

**EVALUAREA CALITĂȚII SUPRAFETEI
PANOURILOR DIN FIBRE (MDF) ȘI
AȘCHII DE LEMN SUPUSE LA TESTE
CLIMATICE**

**EVALUATION OF SURFACE QUALITY OF
MEDIUM DENSITY FIBERBOARDS (MDF)
AND PARTICLEBOARDS AS FUNCTION
OF WEATHERING**

Aniela GARCIA PEREZ

Polytechnic University of Madrid - Department of Forest Engineering
Adresa/Address: Ciudad Universitaria 28040, Madrid, Spain
E-mail: aniela_88@hotmail.com

Emilia – Adela SALCĂ

Lecturer, dr.eng. – TRANSILVANIA University in Brasov – Faculty of Wood Engineering
Adresa/Address: B-dul Eroilor nr. 29, 50036 Brasov, Romania
E-mail: emilia.salca@unitbv.ro

Ignacio-Bobadilla MALDONADO

Polytechnic University of Madrid - Department of Forest Engineering
Adresa/Address: Ciudad Universitaria 28040, Madrid, Spain
E-mail: i.bobadilla@upm.es

Salim HIZIROGLU

Prof. Ph.D – Oklahoma State University – Department of Natural Resource, Ecology and Management
Adresa/Address: Stillwater, OK 74078-6013
E-mail: salim.hiziroglu@okstate.edu

Rezumat:

Obiectivul studiului a fost de a evalua calitatea suprafeței panourilor comerciale din aşchii și fibre de lemn (MDF) în funcție de diferite condiții climatice. Patru tipuri de panouri au fost supuse la trei cicluri de încercări climatice artificiale prin imersie, înghețare și încălzire, pentru a determina influența acestor condiții asupra rugozității suprafeței. S-a utilizat un echipament de tip palpator pentru determinarea rugozității atât a epruvetelor de control cât și după fiecare ciclu de expunere. Doi parametri de rugozitate acceptați, deviația medie aritmetică a profilului (R_a) și respectiv înălțimea maximă a profilului (R_z), au fost utilizați pentru evaluarea rugozității epruvetelor. Suprafețele ambelor tipuri de panouri au fost influențate nefavorabil, ca urmare a primului ciclu de expunere, apoi ele au fost recondiționate și supuse la încă două cicluri de expunere. În cazul epruvetelor de MDF, prima și a doua expunere au condus la o rugozitate mărită a epruvetelor, dar aceasta s-a remediat la finalul celui de-al treilea ciclu de expunere. Cea mai mare valoare a parametrului R_a de $17.16\mu\text{m}$ s-a determinat pentru epruvetele din aşchii de lemn după primul ciclu de expunere. Calitatea suprafeței epruvetelor din MDF a fost influențată într-o măsură mai mică comparativ cu cea a panourilor din aşchii de lemn. Pe baza rezultatelor acestui studiu, se apreciază că tehnica palpatorului poate fi efectiv utilizată pentru evaluarea calității suprafeței în cazul unor astfel de panouri compozite, supuse la diferite condiții de mediu.

Abstract:

The objective of the study was to evaluate the surface quality of commercially produced particleboard and medium density fiberboard (MDF) panels as function of weathering. Four types of panels were exposed to three weathering cycles of water soaking, freezing, and heat exposures to determine the influence of such conditions on their surface roughness. The stylus type equipment was employed to determine the roughness of control samples as well as after each one of the weathering cycle. Two accepted roughness parameters, namely average roughness (R_a) and mean peak-to-valley height (R_z) were used for the measurement of overall roughness changes of the specimens. Surfaces of both types of particleboard samples were adversely influenced as a result of first cycle of weathering and then they were reconditioned and subjected to two more exposure cycles. In the case of MDF samples the first and the second weathering exposures increased roughness of the samples but they were rebalanced at the end of the third cycle. The highest R_a value of $17.16\mu\text{m}$ was determined for particleboard samples exposed to the first exposure cycle. Overall surface quality of MDF samples were less influenced than those of particleboard specimens. Based on the findings in this work it appears that stylus technique can effectively be used to evaluate surface quality of such composite panels as they are subjected to different weathering exposures.

Cuvinte cheie: expunere la condiții de mediu; compozite din lemn; rugozitate.

INTRODUCERE

Compozitele din lemn, cum sunt panourile din așchii de lemn și MDF-ul, sunt cele mai utilizate produse fabricate din lemn și alte particule și fibre ligno-celulozice prin adăugarea unor lianți în condiții de presiune și temperatură (Hiziroglu 1996, Hiziroglu și Suzuki 2009).

Finisarea suprafeței și acoperirea panourilor compozite din lemn, cum sunt panourile din fibre și așchii de lemn, îmbunătățesc aspectul și proprietățile acestora rezultând produse cu valoare adăugată. Este important ca fețele panoului să fie formate din particule fine, așa încât nici o neregularitate de pe suprafață să nu fie vizibilă prin folia de melamină, hârtie impregnată sau alt tip de acoperiri (Hiziroglu 1996, Hiziroglu ș.a. 2004 și 2005). Rugozitatea suprafeței panourilor din așchii de lemn sau MDF ar putea fi ușor determinată în termeni tehnici, dată fiind reprezentarea grafică sau înregistrarea numerică a topografiei suprafeței (Lemaster 1996, Aguilera 2008). Dispozitivele standard de măsurare prin contact cu palpator au fost folosite în industria metalelor și materialelor plastice, dar au fost utilizate cu succes și pentru a evalua caracteristicile de rugozitate ale diferitelor compozite din lemn (Faust 1987, Fujiwara 2004, Funck ș.a. 1992, Gurău ș.a. 2005, Csiha și Gurău 2011). Unul dintre principalele avantaje ale metodei cu palpator este obținerea profilului efectiv al suprafeței, astfel încât, pe baza acestuia, se pot calcula parametri numerici standard. Orice tip de neregularitate și magnitudinea acesteia în straturile de față poate fi cuantificată în mod obiectiv. Expunerea la condiții de mediu este un termen general folosit pentru a defini descompunerea lentă a materialelor expuse în condiții de exterior (Richter ș.a. 1995, Feist și Hon 1984). Atunci când panourile compozite sunt expuse diverselor condiții de mediu, suprafața originală a acestora devine mai rugoasă, poate să apară fibra ridicată, având un rol important nu numai asupra stratului de acoperire dar și asupra caracteristicilor de încliere ale produselor (Williams și Feist 1994). Există multe date rezultate din numeroase studii desfășurate în scopul evaluării proprietăților lemnului masiv ca urmare a expunerii la condiții de mediu (Richter ș.a. 1995, Williams și Feist 1994, Feist și Hon 1984). Tratamentele termice al lemnului și produselor din lemn a fost utilizat de asemenea pentru a reduce efectul acestei expuneri asupra produselor din lemn (Poncsak 2007). Modificările de culoare, ca rezultat al expunerii, joacă de asemenea un rol important în utilizarea produselor din lemn (Williams 2005, Temiz ș.a. 2005, Salcă 2011). Este bine cunoscut faptul că panourile din așchii de lemn și MDF sunt două produse utilizate cu precădere ca substrat pentru folii subțiri, la fabricarea mobilei în multe țări

Key words: weathering; wood composites; roughness.

INTRODUCTION

Wood composites such as particleboard and MDF are the most commonly used panel products manufactured from wood and other ligno-cellulose particles and fibers with addition of various binders under application of pressure and temperature (Hiziroglu 1996, Hiziroglu and Suzuki 2009).

Surface finishing and overlaying of wood composite panels such as fiberboard and particleboard improve their appearances and properties resulting in value-added products. It is important to have fine particles on the faces of the panel so that any irregularities on the surface will not show-through melamine, impregnated thin papers or other kind of overlays (Hiziroglu 1996, Hiziroglu *et al* 2004 and 2005). The surface roughness of particleboard or MDF could readily be determined in technical terms, given a representative graphical or numerical reading of the surface topography (Lemaster 1996, Aguilera 2008).

Standard contact measuring devices having a stylus were used in the metal and plastic industry, they were also successfully employed to evaluate roughness characteristics of various wood composites (Faust 1987, Fujiwara 2004, Funck *et al* 1992, Gurău *et al* 2005, Csiha and Gurău 2011). One of the main advantages of the stylus method is having actual profile of the surface so that standard numerical roughness parameters can be calculated from the profile.

Any kind of irregularities and magnitude of show-through on the overlaid substrates can objectively be quantified.

Weathering is a general term used to define slow decomposition of materials exposed to outdoor conditions (Richter *et al* 1995, Feist and Hon 1984). When composite panels are subjected to weathering their original surface become rougher, fiber raise may take place, playing an important role on not only overlaying but also gluing characteristics of the panel products (Williams and Feist 1994).

There is substantial amount of information from numerous studies carried out to evaluate properties of solid wood species due to weathering (Richter *et al* 1995, Williams and Feist 1994, Feist and Hon 1984).

Thermal treatment of wood and wood products was also used to reduce the effect of weathering on wood products (Poncsak 2007).

Color changes, as a result of weathering, also play an important role on the utilization of wood products (Williams 2005, Temiz *et al* 2005, Salcă 2011).

It is well known the fact that particleboard and MDF are two panels products widely used as substrate for thin overlays to manufacture cabinets and furniture pieces in many European countries

din Europa, inclusiv Spania și Portugalia.

Majoritatea proprietăților acestor panouri comerciale au fost investigate în detaliu, cu toate acestea există puține date despre comportamentul acestora în funcție de expunerea la condiții de mediu. Prin urmare, obiectivul principal al acestui studiu a fost de a determina efectul expunerii artificiale la condiții de mediu, la diferite cicluri, asupra calității plăcilor din așchii de lemn și MDF. Este de așteptat ca datele rezultate din acest studiu să ajute la o mai bună înțelegere a comportamentului panourilor în cazul expunerii la condiții de exterior, astfel încât acestea să poată fi utilizate mai eficient în timpul ciclului lor de viață.

OBIECTIV

Obiectivul studiului a fost de a evalua calitatea suprafeței pentru patru panouri comerciale produse din așchii de lemn și fibre de lemn (MDF), exprimată prin doi parametri de rugozitate, deviația medie aritmetică a profilului (R_a) și respectiv înălțimea maximă a profilului (R_z), în funcție de trei cicluri de expunere accelerată în condiții climatice extreme, fiecare ciclu format din imersie, înghețare și respectiv încălzire.

MATERIAL ȘI METODĂ

Materiale și echipamente

Pentru experimente, în acest studiu au fost utilizate panouri comerciale de MDF și din așchii de lemn, produse în Spania și Portugalia.

Un total de 48 de epruvete cu dimensiunile 100x100mm și grosimea de 16mm au fost condiționate în camera climatică, la o temperatură de 20°C și o umiditate relativă a aerului de 65%, până la atingerea umidității de echilibru de 12%. Câte trei epruvete din fiecare tip de panou au fost imersate în apă la temperatura de 20°C timp de 3 zile, apoi au fost înghețate la temperatura de -12°C timp de 1 zi și încălzite la temperatura de 70°C timp de 3 zile.

Au fost repetate și aplicate epruvetelor câte unul, două și trei cicluri consecutive ale expunerilor prezentate mai sus. Au fost considerate epruvete de control panourile neexpuse la condițiile de mediu. În condiții inițiale și la sfârșitul fiecărui ciclu de expunere s-au înregistrat câte patru măsurători de rugozitate, pe fiecare față a epruvetelor, cu ajutorul unui profilometru cu palpator de tip T-500 Hommel, care constă dintr-o unitate principală și un palpator modelul T5E. Palpatorul are un vârf de diamant cu o rază de 5 μ m și unghi la vârf de 90 de grade. Palpatorul traversează suprafața cu o viteză constantă de 1mm/sec, pe lungimea de măsurare de 15.2mm, convertind deplasarea verticală a palpatorului în semnal electric. Acest semnal este amplificat înainte de a fi convertit în informație digitală (Lemaster și Beal 1993, Mitchell și Lemaster 2002). O lungime de undă de prag de 2.54mm, parametru care diferențiază profilele de

including Spain and Portugal.

Most of the properties of such commercially manufactured panels have been investigated in details, however, there is little or no information on surface quality behavior of these panels as function of weathering conditions.

Therefore the main objective of this study was to determine the effect of artificial weathering in terms of various cycles on surface quality of particleboard and MDF. It is expected that data from this work would help better understanding of behavior of the panels in the case of their exposure to outdoor conditions, so that they can be used more efficiently during their service life.

OBJECTIVE

The objective of the study was to evaluate the surface quality of four commercially produced particleboard and medium density fiberboard (MDF) panels, expressed through two roughness parameters, the average roughness (R_a) and the mean peak-to-valley height (R_z), as function of three weathering cycles of water soaking, freezing and heat exposures.

MATERIAL AND METHOD

Materials and equipments

Commercially manufactured MDF and particleboard samples in Spain and Portugal were used for the experiments in this study.

A total of 48 samples in 100 mm by 100 mm in manufacturing thicknesses of 16mm were conditioned in a climate chamber having a temperature of 20°C and a relative humidity of 65% until they reached an equilibrium moisture content of 12%. Three samples from each type of panels were soaked in water at a temperature of 20°C for 3 days, they were frozen at a temperature of -12°C and heated at a temperature of 70°C for 1 day and 3 days, respectively.

A single, double and triple sequential cycle of the above exposures were repeated for the samples. Panels having no weathering were also used as control samples.

At initial condition and at the end of each exposure cycle four roughness measurements from each side of the specimens were taken employing T-500 Hommel stylus type profilometer which consists of the main unit and the pick-up model T5E.

The pick-up has a skid-type diamond stylus with 5 μ m tip radius and a 90-degree tip angle. The stylus traverses the surface at a constant speed of 1mm/sec, over 15.2mm tracing length, converting the vertical displacement of the stylus into an electrical signal. This signal is amplified before it is converted into digital information (Lemaster and Beal 1993, Mitchell and Lemaster 2002).

A cut-off length of about 2.54mm, a parameter that differentiates roughness and waviness profiles from each other, was used for the test (Mitchell and

rugozitate și ondulație, a fost utilizat pentru test (Mitchell și Lemaster 2002, Mummery 1993).

Calibrarea instrumentului a fost verificată la fiecare 100 de măsurători prin utilizarea unei referințe plane standard cu valorile pentru R_a de $3.02\mu\text{m}$ și $0.49\mu\text{m}$ (ANSI 1985, Mummery 1993). Fig. 1 și 2 ilustrează epruvetele de control și cele expuse la condiții de mediu cât și profilul de rugozitate tipic al acestora.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Tabelul 1, Fig. 3 și 4 prezintă valorile rugozității suprafețelor epruvetelor supuse la diferite cicluri de expunere. Valorile parametrilor de rugozitate, R_a și R_z , pentru panourile din așchii de lemn au fost semnificativ mai mari comparativ cu cele pentru panourile din MDF, în toate cazurile discutate. Valorile medii ale R_a și R_z pentru epruvetele de control din panouri din așchii de lemn au fost de $9.06\mu\text{m}$ și respectiv $55.91\mu\text{m}$. Valorile medii corespunzătoare panourilor din MDF au fost de $5.72\mu\text{m}$ și respectiv $44.79\mu\text{m}$.

În câteva studii anterioare, valorile parametrului R_a pentru panourile comerciale de MDF și din așchii de lemn au oscilat între $1.28\mu\text{m}$ și $3.6\mu\text{m}$ (Hiziroglu ș.a. 2004).

Panourile din așchii de lemn de tip A au prezentat o creștere de 73.33% a valorii lui R_a atunci când epruvetele au fost supuse primului ciclu de expunere prin imersie, înghețare și încălzire. Această creștere a fost de 147.93% în cazul panourilor de tip B.

Cele două tipuri de panouri din așchii de lemn nu au prezentat nici o creștere după cel de-al doilea și al treilea ciclu de expunere. Este cunoscut faptul că panoul din așchii de lemn este produs din trei straturi având particulele cele mai mari în miez și cele mai fine în fețe. Chiar dacă particulele fine sunt folosite pentru fețe, rămân anumite spații între acestea în timpul presării.

Mărimea acestor goluri a crescut datorită instabilității dimensionale la primul ciclu de expunere, dar după ce s-a atins o anumită saturație, nu s-a mai resimțit nici o influență nefavorabilă a celui de-al doilea și al treilea ciclu de expunere, după cum se poate observa din Fig. 3 și 4. Valorile medii de rugozitate ale epruvetelor supuse celor trei cicluri de expunere nu au arătat nici o diferență semnificativă la nivelul de semnificație de 95%.

Panourile de MDF au prezentat un comportament diferit față de cele din așchii de lemn atunci când au fost supuse celor trei cicluri de expunere. Rugozitatea suprafețelor acestora nu a fost influențată la fel de mult ca în cazul panourilor din așchii de lemn, în urma primului ciclu de expunere.

Panourile de MDF de tip C și D au avut o creștere de 64.80% și respectiv 70.10% a valorilor parametrilor R_a și respectiv R_z . Ambele tipuri de

Lemaster 2002, Mummery 1993).

The calibration of the instrument was checked every 100 measurements by using a standard reference plate with R_a values of $3.02\mu\text{m}$ and $0.49\mu\text{m}$ (ANSI 1985, Mummery 1993).

Fig. 1 and 2 illustrate control samples and those exposed to weathering as well as their typical roughness profile, respectively.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 and Figures 3 and 4 display the surface roughness values of the samples exposed to different cycles of weathering. Overall average roughness (R_a) and mean peak-to-valley (R_z) values of particleboard panels were significantly higher than those of MDF panels in all cases.

Average R_a and R_z values of control particleboard samples were $9.06\mu\text{m}$ and $55.91\mu\text{m}$, respectively. Corresponding values of MDF panels were found as $5.72\mu\text{m}$ and $44.79\mu\text{m}$.

In several previous studies, R_a values of commercially produced MDF and particleboard panels were found within the range of $1.28\mu\text{m}$ and $3.6\mu\text{m}$ (Hiziroglu et al 2004).

Particleboard panel type A had an increase of 73.33% in R_a value when the samples were exposed to the first weathering cycle having water soaking, freezing and heating. This increase was 147.93% in the case of the panel type B.

Both types of particleboard did not exhibit any increase when they were exposed to the second and the third cycle of weathering. It is known the fact that particleboard is produced in the form of three layers having the coarse particles in the core and the fine particles on both faces of the panels. Even though fine particles are used on the face layers of the panels, there is still certain amount of gaps between the particles which is compressed during the press.

Magnitude of such gaps increased by springback due to the first weathering cycles but reached certain saturation, so that no more adverse influence of the second and the third weathering cycles on the surface quality of the panels was determined, as can be observed from the Figures 3 and 4. Average roughness values of the samples exposed to three cycles did not show any significant difference from each other at 95% confidence level.

Medium density fiberboard samples showed somehow different behavior than those of particleboard specimens when they were exposed to the three weathering cycles. Their surface roughness was not influenced as much as particleboard panels as a result of the first weathering cycle.

MDF panel types C and D had 64.80% and 70.10% increase in their R_a values and R_z values, respectively. Both types of panel had some increase as they were exposed to the second cycle however the third cycle had rather effect on their surface

panouri au prezentat o creștere a rugozității în urma expunerii la cel de-al doilea ciclu, însă mai degrabă cel de-al treilea ciclu de expunere a avut efect asupra calității suprafeței, după cum se poate observa din Fig. 3 și 4. Panoul de MDF este produs printr-un proces tehnologic diferit de panoul din așchii de lemn. Cel mai mic element al lemnului, care este fibra, este materia primă pentru MDF. Rata de împănare și cantitatea de aer dintre fibre este mult mai uniformă comparativ cu panoul din așchii de lemn. S-a realizat recondiționarea panoului la sfârșitul celui de-al treilea ciclu de expunere, odată cu atingerea punctului de saturație a fibrei, când ambele tipuri de epruvete din MDF au prezentat o calitate mai bună a suprafețelor. În baza rezultatelor acestui studiu, se apreciază că metoda palpatorului poate fi ușor utilizată pentru a evalua rugozitatea suprafețelor unor astfel de panouri după expunerea la diferite cicluri climatice artificiale. Ambele tipuri de panouri sunt des utilizate ca substrat pentru folii subțiri de acoperire.

Rezultatele obținute în acest studiu vor fi utile pentru o mai bună înțelegere a comportamentului suprafețelor ambelor panouri din așchii de lemn și MDF, astfel încât acestea să poată fi efectiv utilizate pe durata ciclului lor de viață.

quality, as can be observed from Figures 3 and 4. MDF is manufactured with completely different process than that of particleboard.

The smallest element of wood, which is fiber, is the raw material of MDF. Compaction ratio and amount air gap between the fibers is much more condensed and uniform as compared to that one of particleboard.

When reaching the saturation point, the recondition of the panel took place at the end of the third exposure cycle, exhibiting better surface quality of both types of MDF samples.

Based on the findings in this study it appears that stylus method can easily be used to evaluate surface roughness of such specimens exposed to different cycle of weathering.

Both types of panel are widely used as substrate for thin overlays.

Results found in this work will be useful to have a better understanding surface behavior of both particleboard and MDF, so that they can be more effectively used during their service life.

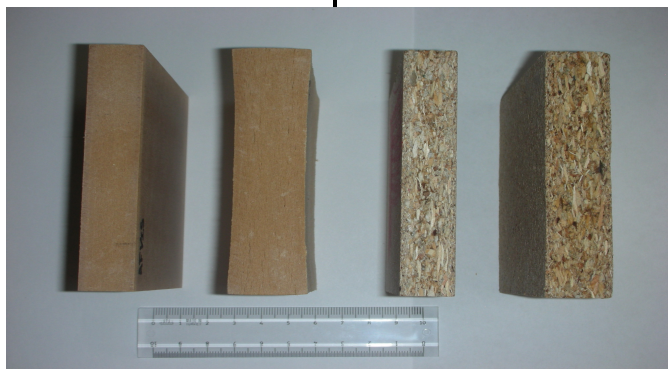


Fig.1.
Epruvete de control și epruvete supuse testelor climatice artificiale /
Control and weathered samples.

Tabelul 1 / Table 1

Valori ale rugozității suprafeței epruvetelor / Surface roughness values of the specimens

Panel Type		Control samples		1st Cycle		2nd Cycle		3rd Cycle	
		Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
PB-A	χ	9.90	55.82	17.16	30.72	16.18	30.26	16.61	32.03
	σ	1.82	8.57	2.58	13.99	2.58	12.24	1.97	11.07
PB-B	χ	8.22	56.00	20.38	18.30	17.40	23.48	17.57	23.38
	σ	1.53	6.60	1.84	9.62	4.13	12.93	2.20	8.60
MDF-C	χ	6.59	50.12	10.86	50.04	11.01	53.65	8.37	48.81
	σ	0.80	5.89	1.95	8.58	2.64	9.30	3.25	12.76
MDF-D	χ	4.85	39.45	8.25	59.52	9.91	53.64	8.55	55.24

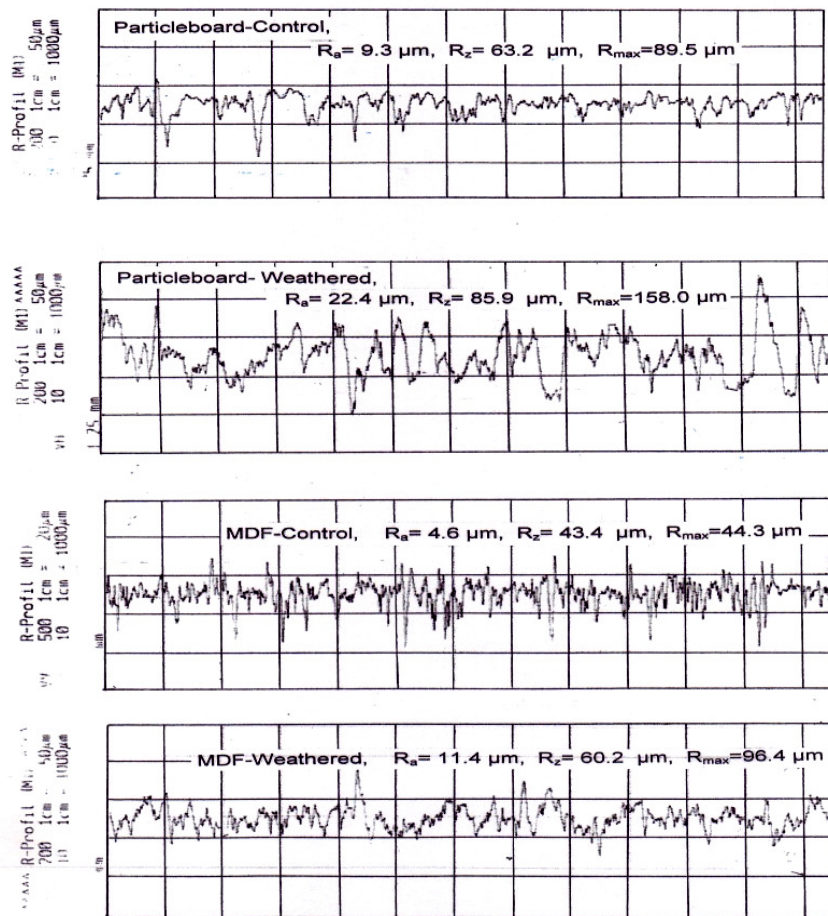


Fig.2.

Profilul tipic de rugozitate al epruvetelor / Typical roughness profile of the samples.

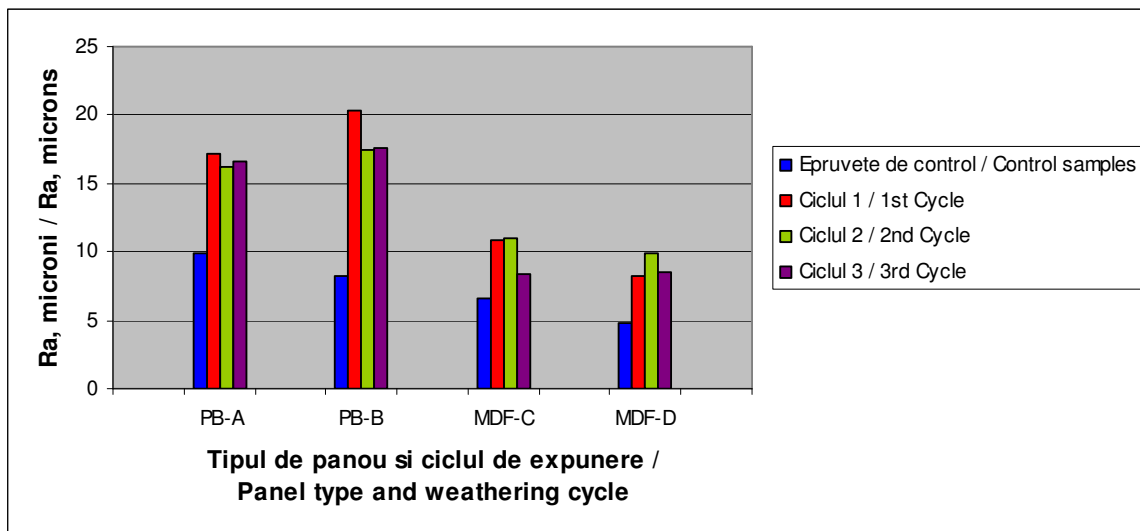


Fig. 3.

Valorile medii ale parametrului de rugozitate R_a pentru panouri în funcție de ciclul de expunere climatică artificială / Average values of R_a roughness parameter for panels as function of weathering cycle.

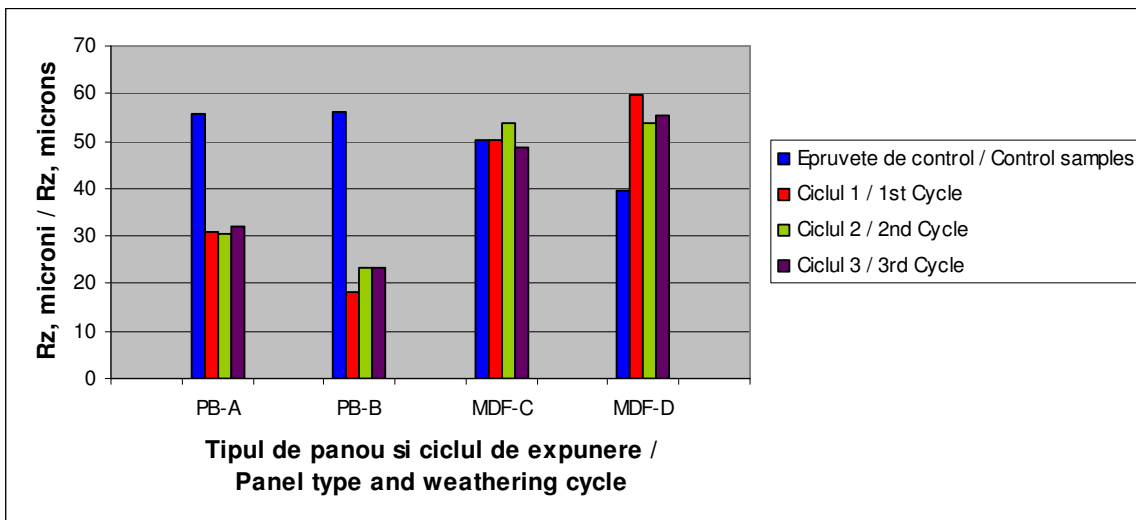


Fig. 4.

Valorile medii ale parametrului de rugozitate R_z pentru panouri în funcție de ciclul de expunere climatică artificială / Average values of R_z roughness parameter for panels as function of weathering cycle.

CONCLUZII

În acest studiu a fost determinată rugozitatea suprafeței panourilor din așchii de lemn și MDF, expuse la condiții climatice artificiale, prin utilizarea metodei cu palpator. Pe baza rezultatelor acestui studiu pot fi rezumate următoarele concluzii preliminare:

- Tehnica palpatorului poate fi efectiv utilizată pentru cuantificarea rugozității suprafeței pentru ambele tipuri de compozite din lemn, pentru evaluarea efectului testelor climatice artificiale asupra calității suprafeței acestora.
- S-a constatat că rugozitatea suprafeței epruvetelor de control din MDF și a celor expuse a fost mai mică decât a epruvetelor din așchii de lemn, ceea ce corespunde rezultatelor studiilor anterioare.

Pentru o mai bună înțelegere a comportamentului acestor două tipuri de produse compozite, studiile viitoare vor include nu numai calitatea suprafeței dar și stabilitatea dimensională, la fel ca și proprietățile de rezistență ale unor astfel de panouri, ca rezultat al ciclurilor climatice artificiale.

CONCLUSIONS

In this study surface roughness of particleboard and MDF exposed to artificial weathering conditions was determined by using a stylus tracing method. The following preliminary conclusive remarks can be summarized based on the findings of the work:

- A fine stylus technique can be effectively used to quantify surface roughness for both types of wood composites, to evaluate effect of weathering in terms of their surface quality.
- It was found that surface roughness of MDF control and exposed specimens was smoother than those of particleboard which is in line with the findings of past studies.

Further study would include not only surface quality but also dimensional stability as well as strength properties of such specimens, as a result of weathering cycles, to have a better understanding behavior of these two types of value-added composite panel products.

BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

Aguilera A (2008) Roughness profile and cutting energy in MDF rip sawing. In: Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology, November 10-12, Concepcion, Chile.

ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE). (1985). Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, And Lay) B46.1. The American Society of Mechanical Engineers, New York.

Csiha Cs, Gurău L (2011) Study on the influence of surface roughness on the adhesion of water based PVAC. In: Proceedings of International Conference „Wood Science and Engineering”, ICWSE 2011,

- Braşov, România, 2 - 4 November 2011, pp. 411-419.
- Faust TD (1987) Real time measurement of veneer surface roughness by image analysis. *Forest Products Journal* (37):34-40.
- Feist WC, Hon DNS (1984) Chemistry of weathering and protection. *The Chemistry of Solid Wood. Advances in Chemistry Series*. 207 Rowell R.M. (Ed) American Chemical Society. pp. 401-451.
- Fujiwara Y (2004) Evaluation of wood surface roughness as related to tactile roughness. Ph.D. thesis. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto.
- Funck JW, Forrer JB, Butler DA, Bruner CC, Maristany AG (1992) Measuring surface roughness of wood: a comparison of laser scatter and stylus tracing approaches. In: *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers*. Bellingham, Washington (182):73-183.
- Gurău L, Mansfield-William H, Irle M (2005) Processing roughness of sanded wood surface. *Holz als Roh- und Werkstoff* (63):43-52.
- Hiziroglu S (1996) Surface roughness analysis of wood composites: a stylus method. *Forest Products Journal* 46(7/8):67-72.
- Hiziroglu S, Jarusombuti S, Fueanvivat V (2004) Surface characteristics of wood composites manufactured in Thailand. *Journal of Building and Environment* (39):1359-1364.
- Hiziroglu S, Suzuki S (2009) Surface characteristics of overlaid wood composites. *Journal of Tropical Forest Science* 21(3):272-276.
- Hiziroglu S, Jarusombuti S, Fueanvivat V, Bauchongkol P, Soontonbura W, Darapak T (2005) Some important properties of bamboo-rice straw-eucalyptus composite panels. *Forest Products Journal* (55):221-225.
- Lemaster RL, Beall FC (1996) The use of an optical profilometer to measure surface roughness in medium density fiberboard. *Forest Products Journal*, 46(11/12):73-78.
- Lemaster RL, Beal FC (1993) The use of dual sensors to measure surface roughness of wood-based composites. In: *Proceedings of the 9th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood*. Forest Products Society Madison. pp.123-130.
- Mitchell P, Lemaster RL (2002) Investigation of machine parameters on the surface quality in routing soft maple. *Forest Products Journal* (52):85-90.
- Mummery L (1993) Surface texture analysis. *The Handbook*. Hommelwerke, Muhlhausen.
- Poncsak S, Shi S, Kocafe D, Miller G (2007) Effect of thermal treatment of wood lumber on their adhesive strength and durability. *Journal of Adhesion Science Technology* 21(8):745-754.
- Richter K, Feist WC, Knaebe M (1995) The effect of surface roughness of the performance of finishes. Part 1. Roughness characterization and stain performance. *Forest Prod. Journal* 45(7/8):91-97.
- Salcă E, Cismaru I (2011) Colour changes evaluation of freshly cut alder veneers under the influence of indoor sunlight. *PRO LIGNO, ISSN 1841-4737*, 7(1):15-24.
- Temiz A, Yildiz UC, Aydin I, Eikenes M, Alfredsen G, Colakoglu G (2005) Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test. *Applied Surface Science* (250):35-42.
- Williams S, Feist WC (1994) Effect of pre-weathering surface roughness and wood species on the performance of paint and stains. *Journal of Coatings Technology* 66(828):109-121.
- Williams RS (2005) *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Chapter 7: Weathering of wood. CRC Press, pp. 50.