

Aureliu-Florin HĂLĂLIȘAN

**Culoarea și densitatea lemnului:
Studiu de caz asupra eșantioanelor
din Xiloteca Facultății de
Silvicultură și Exploatare Forestiere**



Editura
Universității
Transilvania
din Brașov

2024

EDITURA UNIVERSITĂȚII TRANSILVANIA DIN BRAȘOV

Adresa: Str. Iuliu Maniu nr. 41A

500091 Brașov

Tel.: 0268 476 050

Fax: 0268 476 051

E-mail: editura@unitbv.ro

Editură recunoscută CNCSIS, cod 81

ISBN 978-606-19-1742-6 (ebook)

Copyright © Autorul, 2024

Referenți științifici: Prof. dr. ing. Bogdan POPA

Prof. dr. ing. Maria Magdalena VASILESCU

CUPRINS

INTRODUCERE	3
COLECȚIA DE EȘANTIOANE DIN LEMN A FACULTĂȚII DE SILVICULTURĂ ȘI EXPLOATĂRI FORESTIERE DIN BRAȘOV	3
COLECȚIILE DE LEMN LA NIVEL MONDIAL.....	4
SCURT ISTORIC AL XILOTECII DIN CADRUL FACULTĂȚII DE SILVICULTURĂ ȘI EXPLOATĂRI FORESTIERE DIN BRAȘOV	5
DATE DESPRE COLECȚIA FACULTĂȚII	6
IMPORTANȚA XILOTECII	8
SCOPUL ACESTEI LUCRĂRI.....	9
CAPITOLUL 1. PROPRIETĂȚI ALE LEMNULUI	11
1.1. CE ASPECTE RECOMANDĂ LEMNUL CA FIIND UN MATERIAL POTRIVIT PENTRU DIFERITE UTILIZĂRI?	11
1.2. CE ESTE DESENUL LEMNULUI?.....	12
CAPITOLUL 2. MĂSURAREA DENSITĂȚII ȘI A CULORII LEMNULUI	14
2.1. CULOAREA LEMNULUI	14
2.2.1. Cauzele variației culorii la lemn	14
2.1.2. Măsurarea culorii lemnului.....	16
2.2.3. Variația estetică a culorii și importanța ei.....	17
2.2.4. Sistemul de măsurare CIELab al culorii	19
2.2.5. Studii despre culoarea lemnului.....	21
2.2. DENSITATEA LEMNULUI.....	25
2.2.1. Metode de măsurare a densității lemnului	25
2.2.2. Importanța densității lemnului	26
CAPITOLUL 3. METODA DE LUCRU	29
3.1. PREGĂTIREA EȘANTIOANELOR DIN LEMN	29
3.2. DETERMINAREA CULORII.....	30



3.3. DETERMINAREA DENSITĂȚII	31
3.4. PRELUCRĂRI STATISTICE	33
CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRILOR.....	35
4.1. EȘANTIOANE MĂSURATE	35
4.2. DENSITATEA LEMNULUI EȘANTIOANELOR MĂSURATE.....	37
4.2.1. <i>Densități scăzute măsurate</i>	37
4.2.2. <i>Densități ridicate măsurate</i>	37
4.2.3. <i>Comparații ale densității între speciile indigene și exotice</i>	40
4.2.4. <i>Comparații ale densității în funcție de continente</i>	42
4.3. CULOAREA LEMNULUI LA EȘANTIOANELE MĂSURATE.....	44
4.3.1. <i>Variațiile parametrului L*</i>	44
4.3.1.1. <i>Variațiile parametrului L* în alburn</i>	44
4.3.1.2. <i>Variațiile parametrului L* în duramen</i>	45
4.3.2. <i>Variațiile parametrului a*</i>	52
4.3.2.1. <i>Variațiile parametrului a* în alburn</i>	52
4.3.2.2. <i>Variațiile parametrului a* în duramen</i>	55
4.3.3. <i>Variațiile parametrului b*</i>	59
4.3.3.1. <i>Variațiile parametrului b* în alburn</i>	59
4.3.3.2. <i>Variațiile parametrului b* în duramen</i>	62
4.3.4. <i>Variațiile parametrului cromă</i>	68
4.3.5. <i>Variațiile parametrului nuanță</i>	72
4.4. ANALIZA CLUSTER.....	76
4.4.1. <i>Gruparea speciilor în funcție de densitatea lemnului</i>	76
4.4.2. <i>Gruparea speciilor în funcție de nuanța duramenului</i>	77
4.4.3. <i>Corelațiile între parametrii culorii</i>	78
CAPITOLUL 5. CONCLUZII	80
BIBLIOGRAFIE	81
ANEXE	87



INTRODUCERE

Colecția de eșantioane din lemn a Facultății de Silvicultură și exploatări forestiere din Brașov

Mai puțin cunoscute sunt colecțiile cu eșantioane de lemn, reunite într-o bibliotecă a lemnului denumită xilotecă (fig. 1). Poate fi cunoscută și ca *xylarium*, de la grecescul *xylon* = lemn și latinescul *arium* = loc separat.

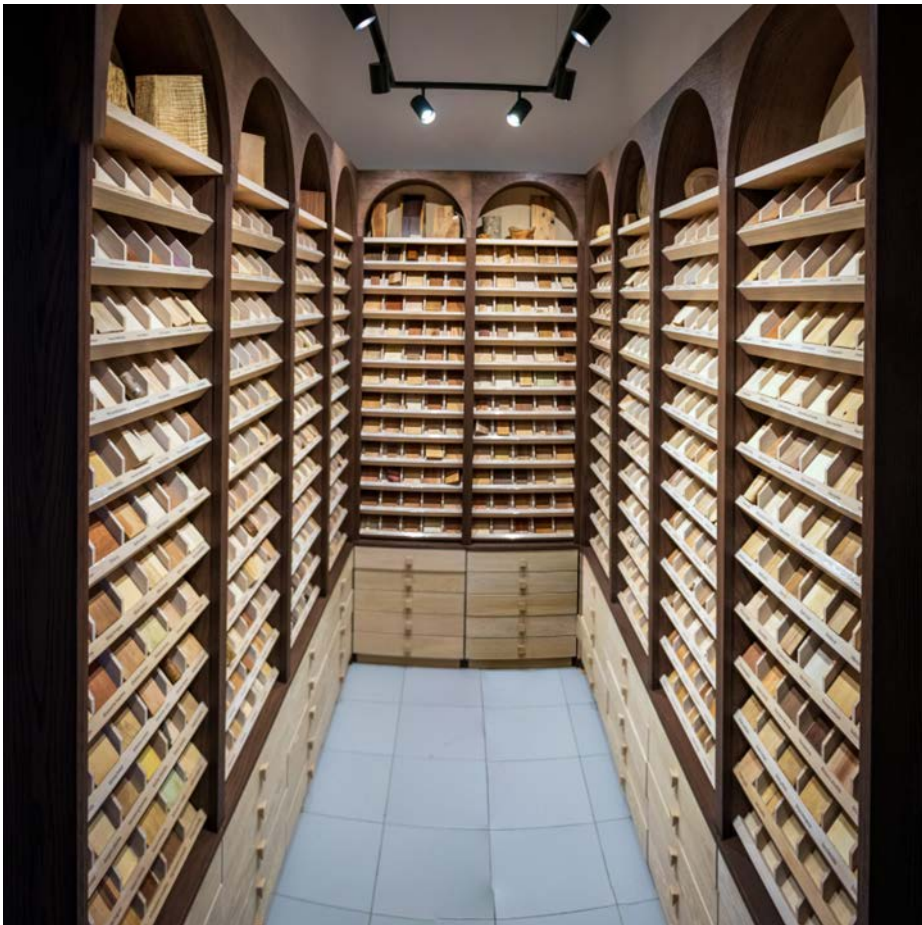


Figura 1. Colecția de eșantioane din lemn a Facultății de Silvicultură și exploatări forestiere din Brașov (foto: Sebastian Popa)



Xiloteca este o sursă valoroasă de informație, destinată în principal expunerii colecțiilor pentru cercetare științifică, învățământ, educație ecologică și alte programe, și este important să fie prezentată ca o colecție separată, din motivul că importanța lemnului are valențe multiple și cultura lui trebuie evaluată de sine stătătoare.

Colecțiile de lemn pot părea în primul rând de interes pentru anatomistii lemnului, botaniști, silvicultori, dar ele dețin și informații aplicabile în multe alte domenii, cum ar fi antichități, restaurarea mobilierului, istoria, paleontologia (există exemplare de lemn fosilizat), arheologia, dendrologia, știința care se ocupă cu observarea schimbărilor climatice etc.

Colecțiile de lemn la nivel mondial

La nivel mondial, există 173 de colecții, care însumează peste 1.5 mil de eșantioane, majoritatea fiind colecții cu sub 1000 de specii (*International Association of Wood Anatomists*). Cea mai veche colecție a unei instituții datează din 1823 și aparține Muzeului Botanic din St. Petersburg. Din colecțiile remarcabile, amintim:

- Xylarium Bogoriense, Bogor (Indonesia): 187.000 eșantioane (6000 specii);
- Colecția Laboratorului de Produse forestiere (Samuel Record), Wisconsin (America): 105.000 eșantioane (3500 specii);
- Colecția Sergio Tavares, Universidade Federal Rural de Pernambuco (Brazilia): 80.000 eșantioane (4500 specii);
- Tervuren Xylarium, Royal Museum for Central Africa, Belgia: 80.000 eșantioane (13.600 specii).



Scurt istoric al Xilotecii din cadrul Facultății de Silvicultură și exploatarea forestieră din Brașov

În România, singura xilotecă cu eșantioane conținând 672 de specii, aparține Facultății de Silvicultură și exploatarea forestieră din Brașov. Ideea a pornit de la dorința de a pune în valoare eșantioane din lemn deținute de Laboratorul de produse forestiere al facultății. De la idee, până la conturarea colecției a fost o muncă de aproximativ 2 ani, care a implicat identificarea spațiului, recondiționarea eșantioanelor, măsurarea și etichetarea lor. Imediat după pregătirea eșantioanelor, s-a inițiat proiectarea unui mobilier în care să fie amenajate aceste eșantioane, proces care s-a derulat la finalul anului 2023, în ianuarie 2024 fiind deja finalizată aranjarea lor (fig. 2).



Figura 2. Spații de expunere a eșantioanelor (foto: Sebastian Popa)

Colecția cuprinde eșantioane din diferite surse, o parte reprezentau deja materialele laboratorului de Produse Forestiere. La acestea s-au adăgat:



- eşantioane achiziționate din America (colecționar Dennis Wilson);
- Eșantioane din colecția profesorului Dumitru Târziu;
- Eșantioane aduse prin implicarea studenților pasionați străini;
- Alte donații.

Date despre colecția facultății

Colecția este cea mai bogată zestre de lemne de pe teritoriul țării, cuprinde 672 de specii de lemn (în august 2024) de pe toate continentele unde crește vegetație lemnoasă. Colecția este compusă din mai multe module, unul în care speciile sunt ordonate după denumirea științifică, în ordine alfabetică, respectiv un modul în care speciile sunt ordonate după continentele de origine.

Marea majoritate a eşantioanelor din lemn (81%) sunt specii exotice, care se disting prin coloritul spectaculos și prin mirosul atrăgător al lemnului lor. Cele mai numeroase eşantioane provin din statele Africii centrale, din America Latină, Pakistan și Vietnam.

Dintre speciile cele mai interesante care se găsesc în colecție, sunt eşantioane de la:

- Lemnul cel mai greu din lume, guaiag (1,6 t/mc, uscat)
- Lemnul cel mai ușor din lume, balsa (200 gr/mc, uscat)
- Lemnul de la cea mai longevivă specie din lume, *Pinus longaeva*, la care arborii pot trăi 5000 de ani.
- Lemn subfosilizat, una din piese având vârsta determinată, în urma datării cu carbon, de 44.500 de ani și provine din Australia.
- Lemn de stejar semifosilizat, descoperit în lunca unor râuri din zonele unde s-au făcut amenajări ale bazinelor hidrografice.



- Cel mai vechi exponat din colecție datează din 1879 și este o rondelă de păducel (*Crataegus monogyna*) tăiată în pădurea Comana (Giurgiu).
- Lemnul cel mai închis la culoare – speciile de *Diospyros*, abanosul (seamănă cu un cărbune)
- Lemn de la speciile cu cele mai mari înălțimi (*Sequoia sempervirens*, *Cedrus deodara* – eșantion adus din Pakistan)
- Eșantioane cu diferite defecte, care le sporesc valoarea decorativă (fibră creată, ochi de pasăre)

Forma eșantioanelor este variabilă (fig. 3), majoritatea păstrând însă dimensiunea standardizată. Există, totuși, și exemplare care sunt reduse ca dimensiune sau prea mari, fiind valoroase a fi păstrate la dimensiunea naturală la care au fost aduse.



Figura 3. Mărimea și forma unor eșantioane din colecție (foto: Sebastian Popa)

Există proprietăți ale unor specii care au fost descoperite în perioada amenajării acestei colecții, și anume proprietățile fluorescente



(fig. 4). Acestea se manifestă prin emisia de radiație luminoasă atunci când ele sunt iluminate cu lumină UV. Sunt câteva specii autohtone care au aceste proprietăți, mai spectaculoase ca și efect sunt – dracila (*Berberis vulgaris*), glădița (*Gleditsia triacanthos* L.), sâmbovina (*Celtis occidentalis*), arborele iudei (*Cercis siliquastrum*), sălcioara (*Elaeagnus angustifolia* L.), ienupărul fenician (*Juniperus phoenicia*), platanul occidental (*Platanus occidentalis*), salcâmul (*Robinia pseudaccacia*) (fig. 4).



Figura 4. Fotoluminescența la unele eșantioane din colecție (expunere la lumina UV) (foto: Sebastian Popa)

Importanța xilotecii

Xiloteca este importantă pentru studenți reprezentând o bază pentru studiul lemnului și observarea/măsurarea unor proprietăți ale lemnului, dar și pentru cercetare, astfel:



- se pot face studii detaliate asupra anatomiei și proprietăților fizice ale lemnului (aspect important în domeniile conexe silviculturii, precum construcțiile sau industria mobilei);
- se poate face o analiză a durabilității și rezistenței lemnului la diferiți factori biotici și abiotici;
- păstrează informații despre speciile de arbori și caracteristicile lor, contribuind astfel la conservarea biodiversității.

Xiloteca reprezintă un interes pentru industrie fiind o bază de studiu pentru diversificarea materialelor de construcții sau pentru industria mobilierului. Mai mult, xiloteca servește și ca resursă educațională pentru publicul larg, care poate observa existența a sute de specii lemnoase din lume, deci poate fi considerată o poartă de călătorie către destinații mai îndepărtate. Diversitatea culorii lemnului are un impact vizual ridicat asupra publicului larg (ca exemple, culori de galben, roșu, negru sau verde).

Scopul acestei lucrări

Lucrarea își propune să analizeze două caracteristici ale lemnului și legătura între acestea: **culoarea** și **densitatea**. Rezultatul acțiunii luminii de diferite lungimi de undă asupra ochiului este senzația de culoare (Mureșan, 2014). Senzația de culoare ce acționează asupra ochiului omenesc este determinată de acțiunea luminii. Radiațiile din spectrul vizibil produc senzația de culoare. Densitatea lemnului reprezintă o caracteristică importantă, atât pentru influența asupra caracteristicilor cantitative ale lemnului, dar și asupra proprietăților fizico-mecanice.

Lemnul și piatra reprezintă materiale de construcții importante fiind folosite frecvent. Aspectele privind estetica lemnului în arhitectură, economia de energie, potențialul lemnului ca resursă regenerabilă,



durabilitatea și ușurința de întreținere recomandă lemnul ca material de construcție (Isopescu, 2012). Lemnul este utilizat în industria mobilei, ambalaje, confecționarea uneltelor și obiectelor de uz casnic, precum și în industria papetară.

Principalele avantaje ale utilizării lemnului sunt:

- durabilitatea și rezistența: lemnul este un material foarte rezistent și durabil, ceea ce îl face potrivit pentru utilizări care necesită rezistență la greutate, șocuri sau uzură;
- durabilitatea ecologică: lemnul este un material reutilizabil, care poate fi reciclat și reutilizat, ceea ce îl face o alternativă ecologică în comparație cu alte materiale sintetice sau care nu se pot regenera;
- izolație termică și fonică: lemnul are proprietăți naturale de izolare termică și fonică, ceea ce îl face un material potrivit pentru construcții și industria mobilei în scopul controlului temperaturii și zgomotului;
- aspectul estetic: lemnul are o frumusețe naturală și deosebită care poate adăuga valoare estetică oricărui proiect de design interior sau exterior;
- ușurința de prelucrare: lemnul poate fi ușor prelucrat, tăiat și modelat în diferite forme și dimensiuni, făcându-l un material versatil pentru diverse utilizări;
- rezistența la foc: lemnul are o rezistență relativ bună la foc și poate încetini propagarea flăcărilor, fiind adesea utilizat în construcții pentru protecția împotriva incendiilor (Bucur, 1973).

Lemnul este un material esențial în diferite aspecte ale vieții noastre și joacă un rol important în industria globală și în mediul înconjurător (Bucur, 1973).



CAPITOLUL 1. PROPRIETĂȚI ALE LEMNULUI

1.1. Ce aspecte recomandă lemnul ca fiind un material potrivit pentru diferite utilizări?

Lemnul este un material natural având o gamă largă de caracteristici care îl fac valoros pentru numeroase utilizări, de la construcții la mobilier și obiecte decorative. Cele mai importante caracteristici ale lemnului sunt:

a) Structura și compoziția:

Densitatea lemnului variază între speciile de lemn. De exemplu, lemnul de balsă este foarte ușor, în timp ce lemnul de stejar este mult mai dens.

Durabilitatea reprezintă rezistența la degradare. Anumite specii de lemn, cum ar fi tecul și stejarul, sunt mai rezistente la insecte și ciuperci, pe când molidul este sensibil la dăunători.

Tratamentul aplicat: lemnul poate fi tratat pentru a-și spori durabilitatea și rezistența la intemperii și atacuri biologice (USDA, 2010).

b) Proprietăți mecanice:

Rezistența la tracțiune și compresiune: lemnul este puternic și rezistent, capabil să suporte sarcini mari fără a se rupe.

Elasticitatea reprezintă capacitatea lemnului de a se întinde sau comprima și de a reveni la forma inițială.

Rigiditatea indică deformarea lemnului sub o anumită sarcină (Hoadley, 2000).

c) Proprietăți termice:

Izolator termic: lemnul este un bun izolator termic, menținând căldura în interiorul construcțiilor.



Comportament bun la temperaturi înalte: La temperaturi foarte ridicate, lemnul se carbonizează în loc să se topească, ceea ce poate fi un avantaj în anumite scenarii de incendiu.

d) Proprietăți acustice:

Absorbție și reflecție a sunetului: lemnul este utilizat în construcția de instrumente muzicale și în amenajările interioare pentru a controla acustica.

e) Aspect și estetică:

Culoare și textură: varietatea culorilor și texturilor, de la alb la negru și de la fin la aspru, face lemnul atractiv pentru finisaje și design (Panshin și de Zeeuw, 1980).

Model natural și desen unic: granulația și modelele unice conferă fiecărei piese de lemn un caracter distinctiv.

Ușurința de prelucrare: lemnul poate fi tăiat, modelat, sculptat și finisat relativ ușor, comparativ cu alte materiale.

Ușurința îmbinărilor: este ușor de îmbinat cu adezivi, șuruburi, cuie și alte sisteme de fixare (Panshin și de Zeeuw, 1980).

1.2. Ce este desenul lemnului?

Desenul lemnului (*engl. figure in wood*) este imaginea redată de forma și gruparea elementelor de structură ale lemnului (aspectul vaselor pe secțiuni, lățimea și regularitatea inelelor anuale, aspectul lemnului timpuriu și lemnului târziu, razelor medulare, vaselor, fibrelor, canalelor rezinifere etc.), culoare (diverse pete, dungi, luciul razelor etc.) sau prezența unor defecte (duramene false, fibră torsă, fibră creață etc.). Ca exemplu, întâlnim un desen deosebit la nuc, cireș, frasin, ulm, mesteacăn, plop (specii indigene), mai ales dacă lemnul prezintă creșteri



neregulate, cu aglomerări de noduri sau cu diverse dungii de culori diferite (Bucur, 1973).

Desenul lemnului este alcătuit dintr-o serie de particularități ale structurii sale, puse în valoare prin secționare după diferite planuri. Secțiunea este importantă deoarece elementele anatomice pot fi puse în valoare pe o anumită secțiune (ex. razele pe secțiunile radiale la cvercinee).

Nodurile pot oferi o valoare decorativă a lemnului, atât prin forma, mărimea și gruparea acestora, dar și prin devierea inelelor anuale în jurul lor denumite și bucle. Desenele cele mai deosebite și vizibile sunt pe secțiunea radială și tangențială. Pentru obținerea unui desen deosebit se recomandă prelucrarea prin derulare, deoarece se pot vedea mult mai bine variațiile de culoare și desen decât prin tăiere plană. Lemnul de foioase cu porii împrăștiați nu prezintă desene impresionante, în schimb lemnul de rășinoase are desene simple, ce se caracterizează prin repetarea regulată a acelorași elemente (Ghelmeziu și Suciu, 1959).



CAPITOLUL 2. MĂSURAREA DENSITĂȚII ȘI A CULORII LEMNULUI

2.1. Culoarea lemnului

2.2.1. Cauzele variației culorii la lemn

Aspectul natural frumos al lemnului și prelucrarea sa ușoară îl recomandă pentru utilizarea în decorațiuni interioare și exterioare, fiind un material funcțional și valoros. Cu toate acestea, datorită nivelului scăzut al rezervelor de lemn și a cererii tot mai mari, este necesar să se utilizeze diferite metode pentru conservarea și creșterea durabilității acestui material important, respectând în același timp principiile silviculturii și gestionării resurselor lemnoase (Naji et al., 2005). Una dintre aceste metode este utilizarea unui strat nano-protector de argint, care oferă proprietăți antimicrobiene și de asemenea, este utilizat ca dezinfectant la frigidere, mașini de spălat, în aplicații medicale și antibiotice, precum și pentru conservarea lemnului și a structurilor din lemn (Moya et al., 2014).

Culoarea este o caracteristică vizuală de bază pentru lemn și produse din lemn. Unele tratamente, cum ar fi uscarea, aburirea, tratamentul de protecție și unele fenomene (energia radiantă și intemperii) pot schimba culoarea lemnului.

Colorimetria este unul dintre testele de control al calității deoarece abaterea culorii este ușor de detectat de către consumatori. Din cauza modificării variației culorii, vederea umană este subiectivă, dar se pot utiliza instrumente electronice de măsurare a culorii. Culoarea lemnului este un factor important atunci când se determină prețul lemnului și poate fi influențată de diferiți factori genetici, condiții de



mediu sau condiții de tratare, cum ar fi lumina, temperatura, umiditatea, aciditatea sau mediul alcalin din timpul aburirii sau uscării.

Aydin și Colakoglu (2005) au studiat efectul tratamentului termic și al tratamentului de protecție asupra rugozității și culorii suprafeței straturilor din lemn și au constatat că ambele tratamente au crescut rugozitatea și au dus la schimbarea culorii suprafeței lemnului. Green și Arango (2007) au investigat efectul argintului asupra deteriorării provocate de termite într-un test de laborator și au constatat că doar acest tratament nu a putut preveni deteriorarea provocată de termite, dar ar putea fi un aditiv important în vopsirea și protejarea lemnului. În loc să folosească arsenat de cupru cromat (CCA – Pressure Treated Wood) Ellis (2007) a investigat efectul argintului în protejarea lemnului de pe ambarcațiuni și a concluzionat că argintul comercial cu o bază de oxizi a produs un efect protector mai bun. Ellis et al. (2007) a examinat efectul argintului în diferite medii și asupra organismelor vii.

Croma reprezintă saturația unei culori (strălucirea acesteia). În spațiul CIELab, croma este definită ca fiind diferența unei culori față de un gri cu aceeași luminozitate (considerat acromatic și reprezentând centrul imaginar al spațiului definit CIELab). Cu cât saturația culorii este mai mare, cu atât culoarea este mai strălucitoare.

Definiția formală a cromei se bazează pe ideea că atunci când un obiect cromatic care reflectă lumina este din ce în ce mai puternic iluminat, culoarea aspectului său crește, dar luminozitatea unui obiect alb similar iluminat crește proporțional, astfel încât croma poate fi definită ca fiind culoarea judecată în raport cu această luminozitate (Briggs, 2007). O opacitate ridicată (prezența pigmentilor de negru și/sau de alb), exclude o saturație mare (croma presupune prezența mare a pigmentilor de culoare).

Croma este modul în care percepem cantitatea absolută spectrală a reflectanței, adică eficiența acestuia ca reflector (emițător) de lumină



selectiv spectral. Pentru ca un obiect să aibă o cromatică ridicată, acesta trebuie să reflecte/transmită una sau două părți ale spectrului foarte puternic, iar restul foarte slab.

Croma are următoarea formulă de calcul:

$C_{ab}^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$; a^* - valoarea pe axa roșu/verde; b^* - valoarea pe axa galben/albastru.

Nuanța reprezintă însușirea culorii care permite ochiului să distingă diferitele componente ale spectrului luminii albe (lumina zilei). Nuanța unei culori oarecare este dată de poziția în spectrul luminii vizibile a lungimii de undă dominantă (Mureșan, 2014).

Nuanța se calculează cu ajutorul formulei:

$H^* = \arctg(b^*/a^*)$; a^* - valoarea pe axa roșu/verde; b^* - valoarea pe axa galben/albastru.

2.1.2. Măsurarea culorii lemnului

Se disting trei metode de măsurare a culorii (Popa și Popa, 2008):

- metoda spectrală de determinare a componentelor tricromatice: metodă dificilă și costisitoare;
- metoda colorimetrului tricromatic: permite obținerea rapidă a componentelor X, Y, Z;
- măsurarea în sistem computerizat: în funcție de sistemul colorimetric ales, o culoare se exprimă prin diferite intensități ale culorilor de bază (Popa și Popa, 2008).

Sisteme de măsurare și exprimare a culorii:

a) **modelul de culoare aditiv RGB** conține culorile aditive primare *Roșu*, *Verde* și *Albastru* care trebuie adunate la culoarea aditivă



Negru pentru a obține o culoare vizibilă dată (fig. 2.1). Modelul indică componenta pe care trebuie să o aibă lumina emisă în întuneric pentru a crea o anumită culoare.

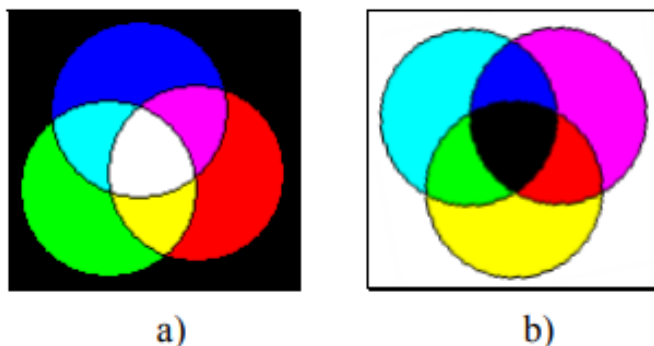


Figura 2.1. a) Modelul RGB b) Modelul CMY (www.scrigroup.com)

b) modelul de culoare CMY (*Cyan, Magenta și Galben*) este denumit model de culoare substractiv și indică componenta pigmenților care se aplică pe o suprafață albă pentru a crea o anumită culoare (fig.2.1b).

Culorile percepute în modelul substractiv sunt deci, rezultatul luminii reflectate de pigmenți pe direcția ochiului uman (www.scrigroup.com). Modelul de culoare CMY folosește valorile **CMY** pentru reprezentarea culorilor din spectrul vizibil.

2.2.3. Variația estetică a culorii și importanța ei

Culoarea lemnului este o caracteristică estetică importantă pentru clienții produselor din lemn. Lemnul folosit la mobilier ce prezintă tendințe mai deschise la culoare variază în funcție de perioadele de aburit mai intense. Astfel, modificările de culoare ale lemnului în timpul uscării și tratamentului termic sunt de interes pentru utilizările practice (Sehlstedt-Persson, 2005).



Uscarea lemnului la temperatură deosebit de ridicată este un proces special de uscare caracterizat prin aplicarea unei temperaturi înalte (temperatură $>100^{\circ}\text{C}$). O caracteristică tipică a acestui proces special este de a ajunge la un timp foarte scurt de uscare și cu modificări ale proprietăților lemnului (culoare, scăderea masei etc.). Nivelul de colorare al lemnului, prelucrarea și evaluarea ulterioară a lemnului depind de conținutul de umiditate, de temperatură și de timpul de expunere. Influența temperaturii este mai pronunțată la un conținut mai mare de umiditate.

Modificările de culoare pot fi nedorite, ceea ce duce la așa numita *decolorare*, pe de o parte, sau ar putea fi intenționate, ca în cazul tratamentului termic are ca obiectiv atingerea de culori închise. Culoarea lemnului caracterizează aspectul lemnului și este determinată de compuși chimici – celuloză, hemiceluloză, lignină și substanțe extractive (rășini, tanini, grăsimi).

Atunci când lemnul este expus la temperaturi ridicate se formează aldehide și fenoli, apoi la formarea de compuși colorați după reacții chimice (McDonald et al., 2000) care duc la colorarea cu nuanțe închise a învelișului exterior al lemnului, rezultat al acumulării de zaharuri spre suprafață în timpul fazei capilare de uscare (Sehlstedt-Persson, 2005). Lemnul uscat la temperatură ridicată își schimbă compoziția chimică prin degradarea atât a compușilor peretelui celular, cât și a substanțelor extractive.

Degradarea termică începe prin deacetilarea hemicelulozelor și a acidului acetic eliberat ce acționează ca un catalizator în reacția polimerizare care crește și mai mult descompunerea polizaharidei. Celuloza amorfă este, de asemenea, degradată, rezultând o creștere a cristalizării celulozei.



Dezvoltarea tratamentelor termice pentru creșterea durabilității lemnului și a stabilității dimensionale a fost stimulată doar recent în preocupările legate de mediu, dar există deja mai multe utilizări comerciale în unele țări europene și America de Nord. Tratamentul termic reduce conținutul de umiditate de echilibru al lemnului și îmbunătățește stabilitatea și durabilitatea dimensională a acestuia, dar poate reduce rezistența mecanică, în principal la îndoire (Kollmann și Schneider, 1963).

2.2.4. Sistemul de măsurare CIELab al culorii

Culorile sunt obținute atunci când obiectele sunt iluminate în intervalul de lungimi de undă între 380-780 nm. Radiația UV (ultraviolet) are o lungime de undă <350 nm, iar radiația IR (infraroșu) are o lungime de undă >750 nm (fig. 2.2).



Figura 2.2. Spectrul vizibil (www.sensorinstruments.de)

Expresia culorii înseamnă adesea o experiență subiectivă în funcție de sursa de lumină disponibilă, proprietățile suprafeței și ochiul privitorului. Pentru a studia modificările de culoare, culoarea trebuie măsurată într-un mod obiectiv. O metodă de exprimare numerică a culorilor a fost dezvoltată de *The International Commission on Illumination* (CIE) (<https://cie.co.at>). Metoda este definită pentru un „*observer standard*” bazat pe un număr mare de experiențe ale indivizilor în culori de bază ale căror distribuții spectrale au fost măsurate cu ajutorul unui spectrometru sau al unui colorimetru. Valorile numerice



ale coordonatelor de culoare pentru o sursă de lumină specifică sunt apoi exprimate în spații de culoare tridimensionale; de exemplu, CIE $L^*a^*b^*$ sau CIE $L^*C^*h^*$ conform standardului CIE.

*Sistemul de exprimare a culorii $L^*a^*b^*$*

Sistemul de culori $L^*a^*b^*$ (CIELab) este cel mai utilizat sistem de măsurare și exprimare a culorii. A fost definit în 1976 de către CIE (<https://cie.co.at>).

Spațiul de culoare al sistemului $L^*a^*b^*$ se definește prin **luminozitatea L^*** și prin coordonatele de culoare a^* și b^* . **Valoarea a^*** se utilizează pentru a defini o trecere **roșu/verde** ($-a^*$ - valorile negative indică o tendință spre verde, $+a^*$ - valorile pozitive indică o tendință spre roșu); **valoarea b^*** definește o trecere **albastru/galben** ($-b^*$ - valorile negative indică o tendință spre albastru, $+b^*$ - valorile pozitive indică o tendință spre galben) (www.sensorinstruments.de) (fig. 2.3).

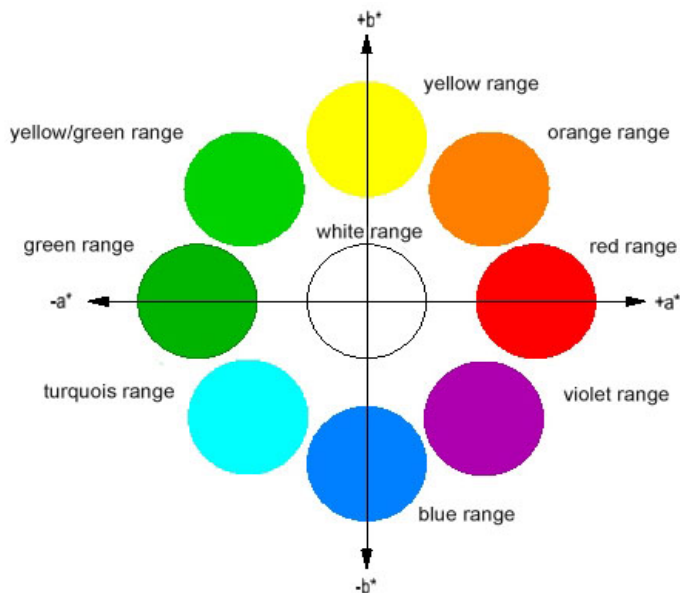


Figura 2.3. Sistemul de culori $L^*a^*b^*$ (www.sensorinstruments.de)



Luminozitatea L^* este exprimată printr-o axă perpendiculară pe axele a^* (verde/roșu) și b^* (albastru/ galben). L^* poate avea valori de la 0 (negru perfect) până la 100 (alb perfect) (fig. 2.3). Croma (C^*) este o mărime care măsoară distanța de la L^* pe axa centrală. Valoarea lui C^* este zero la centru și crește odată cu depărtarea față de centru.

2.2.5. Studii despre culoarea lemnului

Când lumina vizibilă (ochiul uman este sensibil la lungimea de undă de 400–700 nm (Hon și Shiraishi, 2001)) lovește un obiect, aceasta poate fi reflectată, transmisă sau absorbită. În funcție de material, anumite lungimi de undă pot fi absorbite, altele pot fi reflectate - acesta fiind modul în care este creată impresia de culoare de bază. Pe baza sumei lungimilor de undă reflectate, ochiul uman percepe o anumită culoare a materialului. Cu toate substanțele sale conținute, lemnul absoarbe și reflectă lumina vizibilă într-un mod caracteristic. Culorile lemnului apar într-un interval de la aproape alb (ex. plop alb), diferite nuanțe gălbui, roșiatice și maronii până la aproape negru (ex. abanos).

Caracteristicile culorii depind de componentele chimice specifice ale lemnului care interacționează cu lumina. Acest lucru a fost analizat în multe studii (ex. Hon și Shiraishi, 2001). Cercetarea culorilor lemnului a fost inițiată de Onodera (în Sullivan, 1967), care a legat fenomenele vizuale de măsurile spectrofotometrice ale valorii Y și anume luminanța. Sullivan (1967) a oferit o analiză amplă a dezvoltării istorice a măsurării culorii lemnului. Dar, până în ziua de azi nu există date digitale reproductibile despre culoarea lemnului diferitelor specii de lemn.

Nishino et al. (1998) a măsurat culoarea a 97 de specii de lemn din Guyana Franceză cu un colorimetru conform sistemului CIELab.



Folosind aceeași abordare colorimetrică, Pleschberger et al. (2014) a început să caracterizeze speciile europene de lemn de esență tare.

Recent, Csanady et al. (2015) a publicat valorile culorilor și curbele spectrale ale unor specii de lemn selectate, completate de investigații ample privind comportamentul culorii suprafețelor lemnoase. Cu toate acestea, impresia vizuală a lemnului nu este determinată numai de culoare.

Kotradyova et al. (2012) a descris faptul că textura lemnului este esențială pentru valoarea estetică a suprafețelor din lemn, în special în comparație cu plăcile de culoare fără textură. S-au efectuat numeroase cercetări științifice privind decolorarea suprafețelor lemnoase cauzată de iradierea ușoară și procesele tehnologice, ar fi uscarea lemnului sau aburirea (Tolvaj și Faix, 1995; Hon și Shiraishi, 2001; Muller et al., 2003; Mitsui, 2004; Tolvaj și Mitsui, 2005).

Oltean et al. (2008) a încercat să stabilească o clasificare a decolorării suprafeței lemnoase datorită iradierii interioare cu lumină UV prin analizarea dinamicii decolorării și prin construirea a trei grupuri de specii de lemn: cu decolorare puternică, medie și scăzută. În timpul investigării influenței conținutului de substanțe extractive pentru două specii africane asupra culorii lemnului, pe lângă corelația negativă preconizată, Baar et al. (2014) a constatat, de asemenea și o corelație pozitivă între conținutul de substanțe extractive al unei anumite specii și valoarea L^* (luminozitate).

Culoarea suprafețelor lemnoase (de asemenea, lăcuite) este adesea folosită ca indicator pentru alte proprietăți. Într-o altă abordare, Ljuljka (1971) și Forsthuber et al. (2010, 2013, 2014) au folosit colorimetria pentru a caracteriza suprafețele lemnului lăcuit, de exemplu în funcție de degradare sau îmbătrânire după iradierea UV. Această cercetare s-a axat pe o caracterizare spectrofotometrică a diferitelor specii



de lemn din Europa Centrală prin aplicarea colorimetriei și a sistemului de culori CIELab. Un accent deosebit în cadrul acestui studiu a fost pus pe analiza intensificării culorii prin umezirea unei suprafețe de lemn. Umezirea, aplicarea uleiului sau o acoperire clară pe suprafața lemnului duc la o intensificare a impresiei de culoare.

Meichsner et al. (2011) a descris aspectul de culoare diferit al suprafețelor din lemn neacoperite și acoperite prin rugozitatea microscopică a suprafeței respective și a caracteristicilor de reflexie. Datorită legilor de reflecție, o suprafață lăcuită reflectă mai puțină lumină difuză pentru privitor, deoarece cea mai mare parte a luminii difuze împrăștiată este „capturată” în interiorul stratului datorită reflexiei totale interioare și este transformată în energie termică. Prin urmare, o suprafață lăcuită prezintă o cromă mai mare. Acest efect este, de asemenea, cunoscut în știința artei, în special a picturii.

Berns și De La Rie (2004) au descris această reducere a luminii reflectate difuze după aplicarea lacurilor pe picturi. Aici, alegerea diferitelor lacuri și grosimea stratului este esențială pentru aspectul de culoare dorit și impresia generală a operei de artă.

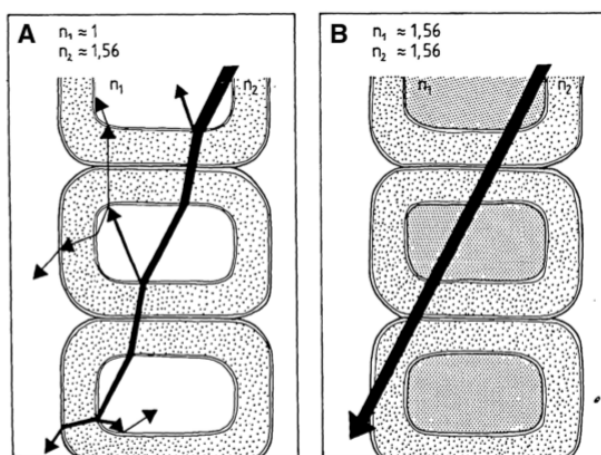


Figura 2.4. Calea unei raze de lumină prin celulele lemnoase umplute cu aer (A) și un material cu același indice de refracție ca materialul celulei (B). Fără conținutul celulelor care absorb lumina, lemnul ar fi transparent



din cauza refracției difuze a luminii (Meints et al., 2017)

Fink (1992) a descris efectul refracției minime a materialelor cu densitate optică similară (figura 2.4). Cu multe modificări ale densității optice, lumina este refractată la fiecare linie limită și apare ca lumină împrăștiată, care este, de exemplu, cazul lemnului uscat.

Dacă lumenul din lemn este umplut cu un material cu densitate optică similară, cantitatea de lumină este mai mică sau deloc refractată și lemnul devine teoretic translucid. Acest efect poate fi găsit la ulei, apă sau lemn lăcuit. Hauptmann et al. (2013) a investigat influența rugozității la scară nanometrică asupra impresiei de culoare a suprafețelor din lemn. Aceștia au descoperit o corelație pozitivă între rugozitatea suprafeței și luminozitate, în timp ce De la Rie (1987) a constatat că rugozitatea influențează, de asemenea, saturația culorilor și luciul.

Hon și Shiraishi (2001) au propus un model simplu pentru factorii de influență ai culorii lemnului, pe lângă spectrul lungimii de undă reflectate și anume: direcția de iradiere a luminii, conținutul de umiditate și rugozitatea suprafeței. Cu toate acestea, direcția de iradiere, discutată de Marschner et al. (2005), nu a prezentat interes pentru cercetarea mai sus menționată, deoarece a fost aplicat întotdeauna același dispozitiv de măsurare a culorilor cu același unghi al observatorului.

Conținutul de umiditate al lemnului afectează aspectul culorii, deoarece suprafețele de refracție ale structurii interioare a lemnului sunt schimbate. În plus, au existat, de asemenea, investigații privind pătrunderea luminii în lemn.

Fink (1992) a produs lamele subțiri din lemn transparent, ceea ce a dovedit că refracția luminii pe suprafețele interioare din lemn joacă un rol dominant în adâncimea de penetrare a luminii.



2.2. Densitatea lemnului

2.2.1. Metode de măsurare a densității lemnului

Densitatea (masa specifică) este o mărime fizică definită ca masa unității de volum. Astfel, densitatea unui corp este egală cu raportul dintre masa și volumul său (kg/m^3 , g/cm^3 , kg/L etc.).

Metodele prin care se poate măsura densitatea sunt:

- metoda stereometrică: aceasta se aplică asupra unor probe stereometrice și se folosesc formule de calcul pentru a putea determina densitatea. Pentru a estima densitatea unor epruvete standard se utilizează formula:

$$\rho = \frac{m}{L \times l \times h}; \quad \rho - \text{densitate } [\text{g}/\text{cm}^3]; m - \text{masa epruvetei } [\text{g}]; L$$

- lungimea [cm]; l – lățimea [cm]; h – grosimea [cm].

Pentru calculul densității carotelor se folosește aceeași formulă a densității, unde volumul se calculează astfel:

$$V = \pi \frac{d^2}{4} \times L; \quad L - \text{lungimea carotei } [\text{cm}]; d - \text{diametrul}$$

carotei [cm].

- metoda densitometrică: principiul acestei metode este de a folosi radiațiile X sau β pentru determinarea densității lemnului. Probele sunt expuse fascicului de raze în direcție radială și/sau tangențială, iar razele sunt absorbite diferențiat pe lungimea probelor în funcție de particularitățile structurii inelelor anuale;

- metoda hidrostatică: principiul acestei metode este de a utiliza o balanță hidrostatică ce este folosită pentru aplicarea metodei de analiză conform legii lui Arhimede - „*un corp scufundat într-un fluid este împins de către fluid, de jos în sus cu o forță egală cu greutatea volumului de apă dislocuit*”.



2.2.2. Importanța densității lemnului

Densitatea lemnului este legată de o serie de trăsături funcționale ale plantelor și este un indicator important al proprietăților mecanice ale arborilor pe picior (Panshin și de Zeeuw, 1980; Chave et al., 2009). Între densitatea lemnului și creșterea arborilor este o relație directă, deoarece volumul de lemn produs pentru o anumită unitate de biomasă este invers proporțional cu densitatea sa (King et al., 2005).

În pădurile tropicale, creșterea, supraviețuirea și reproducerea speciilor de arbori care necesită lumină depind de capacitatea de a evita sau a scăpa de perioade prelungite de lumină slabă (Ackerley et al., 1996). Astfel, speciile care necesită lumină ating o rată rapidă de creștere a înălțimii, parțial investind în lemn cu densitate mică, care este ușor de construit (King et al., 2006), dar, ca o consecință a rezistenței scăzute a tulpinii, au rate ridicate de mortalitate datorită ruperii tulpinii (Putz et al., 1983; van Gelder et al., 2006; Poorter, 2008).

Pe de altă parte, speciile de arbori toleranți la umbră cresc mai încet și investesc în lemn dens, puternic și rezistent la daune, care la rândul lui scade ratele de mortalitate (Putz et al., 1983; Muller-Landau, 2004; van Gelder et al., 2006). Un compromis de creștere-mortalitate este comun la arborii din diverse păduri tropicale, iar densitatea lemnului poate fi unul dintre cei mai buni predictorii ai diferențelor dintre specii de-a lungul acestei axe de variație (Poorter et al., 2008; Chave et al., 2009).

Densitatea este una dintre proprietățile tehnice majore ale lemnului. Este relativ ușor de determinat și este bine corelată cu multe alte proprietăți fizice ale lemnului, cum ar fi rezistența, rigiditatea și performanța în utilizare. Comportamentul de contracție și umflare a



lemnului este, de asemenea, afectat de densitate, deși relația nu este la fel de strânsă ca în cazul proprietăților de rezistență.

Densitatea este utilizată și ca valoare a calității lemnului, adică este legată de potrivirea lemnului la diferite scopuri de utilizare finală. Lemnul pentru construcții are nevoie de o densitate și o rezistență ridicată, iar lemnul cu densitate redusă poate fi mai potrivit pentru produsele din celuloză și hârtie decât pentru construcții (Barnett și Jeronimidis, 2003).

Densitatea este un indicator util al calității lemnului de celuloză datorită relației sale cu alte proprietăți ale lemnului și fibrelor, cum ar fi grosimea peretelui celular. Randamentul pastei de lemn este direct legat de densitate. Se pot afla multe despre natura unui eșantion de lemn doar determinând densitatea acestuia (Barnett și Jeronimidis, 2003).

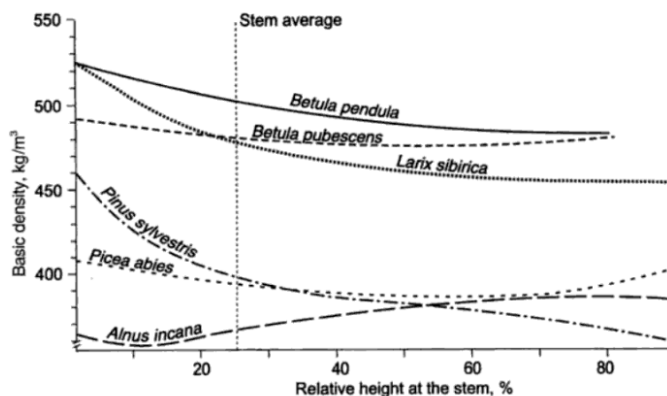


Figura 2.5. Variația densității de bază la rășinoasele finlandeze și lemnul de esență tare de la baza tulpinii arborelui spre vârf (Barnett și Jeronimidis, 2003)

Structura lemnului poate fi simplificată în material solid (pereți celulari) și spațiu cu aer (lumen celular) sau volum gol, rezultând că structura lemnului determină densitatea sa. Densitatea lemnului este, de asemenea, foarte variabilă și apar diferențe mari de densitate între speciile de arbori (fig. 2.5). Datorită variației mari din și între arbori, nu sunt



disponibile valori medii exacte pe specii. Densitatea de bază a speciilor de lemn comun este de 330-600 kg/m³, iar lemnul de esență tare are, de obicei, o densitate mai mare decât a lemnului de esență moale. Figura 2.5 arată clar variația densității de bază de la baza tulpinii până la vârful arborilor din speciile nordice cu lemn moale și lemn tare (Barnett și Jeronimidis, 2003).



CAPITOLUL 3. METODA DE LUCRU

3.1. Pregătirea eşantioanelor din lemn

Pentru a putea fi efectuate măsurătorile privind determinarea culorii și calculul densității se parcurg mai multe etape de lucru.

În prima etapă de lucru s-au prelucrat eşantioanele necesare măsurătorilor prin șlefuire. Pentru șlefuire s-a folosit un șlefuitor cu o bandă de granulație ce a crescut progresiv de la 60x la 120x, astfel toate eşantioanele au fost aduse la o suprafață cât mai uniformă (fig. 3.1).



Figura 3.1. Șlefuirea eşantioanelor (foto original)

În a doua etapă, eşantioanele șlefuite anterior au fost curățate (fig. 3.2). Pentru a fi curățate s-a folosit aspiratorul ca o primă metodă pentru îndepărtarea particulelor macroscopice, urmată de ștergerea lor



utilizând o lavetă umedă pentru îndepărtarea particulelor microscopice, iar la final s-a folosit o lavetă uscată pentru a nu rămâne apă pe eşantioane.



Figura 3.2. Curățarea eşantioanelor (foto original)

În a treia etapă s-au început măsurătorile pentru a putea calcula densitatea probelor de lemn și pentru a determina culoarea acestora.

3.2. Determinarea culorii

Pentru această determinare a fost folosit ca dispozitiv Colorimetrul portabil CR-400 (fig. 3.3). Acesta prezintă un cap de măsurare și un procesor de date, având două opțiuni de măsurare și anume: prima opțiune este de a măsura trei valori consecutive pe aceeași



suprafață și a doua opțiune de a determina spațiul cromatic de culoare L^*a^*b sau CIELab.



Figura 3.3. Colorimetrul și măsurarea culorii (foto original)

Culoarea eșantioanelor de lemn a fost măsurată în patru puncte distincte, atât din alburn, cât și din duramen (fig. 3.3). Toate măsurătorile au fost trecute într-o bază de date în Microsoft Excel, după care aceste informații au fost prelucrate statistic.

3.3. Determinarea densității

Densitatea reprezintă o caracteristică importantă a lemnului, fiind un complex al efectului unor schimbări fiziologice și de creștere grupate într-un factor fizic ușor de determinat. Aceasta este un bun indicator al proprietăților mecanice și un element de apreciere calitativă în domeniul industriilor de transformare în paste mecanice și celuloză a lemnului (Suciu, 1975). Densitatea mai este denumită masa volumetrică a lemnului și este definită ca fiind o mărime fizică, ce este numeric egală cu masa unității de volum. Densitatea medie a unei piese de lemn este raportul



dintre masa (m) și volum său (V): $\rho = m/V$ [kg/m^3 , g/cm^3] (Lunguleasa, 2000).

În prima etapă, s-au început măsurătorile pentru a putea fi calculată densitatea probelor de lemn. Pentru a putea calcula densitatea eşantioanelor de lemn s-a determinat masa lor și dimensiunile acestora (lungimea, lăţimea, grosimea) cu ajutorul cărora s-a calculat volumul.

Pentru calcularea densităţii au fost parcurse două faze:

- Prima fază a acestei etape o reprezintă determinarea masei eşantioanelor utilizând o balanţă electronică de precizie (fig. 3.4). Eşantioanele au fost aşezate pe balanţă, iar valoarea afişată a fost trecută într-o foaie Excel.



Figura 3.4. Cântărirea probelor cu ajutorul balanţei analitice (foto original)

- A doua fază a fost reprezentată de măsurarea eşantioanelor (lungime, lăţime și grosime) cu ajutorul unui şubler electronic, dar și a unei rulete, aceasta din urmă fiind folosită pentru eşantioanele care aveau lungimea mai mare de 200 mm (fig. 3.5).





Figura 3.5. Instrumente folosite la măsurători (foto original)

3.4. Prelucrări statistice

Pentru prelucrările statistice s-a utilizat soft-ul Statistica varianta 8.0 (fig. 3.6). Testarea normalității setului de date s-a realizat prin intermediul testului Kolmogorov-Smirnov. Rezultatul testării arată că diferențele sunt semnificative, deci ipoteza normalității setului de date se respinge.



STATISTICA - [Data: XILOTECA-1* (21v by 1276)]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Denumire științifică	Den. comercială/populară	Indigena/exotica	?ara/locu?ia	Continent	Fumizor	Eprave	Altele	L* album	a* album	b* album	CROMA ALBURN
1	Bocoa provacensis	Boco	Exotica	Guyana	America de Sud	INL	DA					
2	Bocoa provacensis	Boco	Exotica	Guyana	America de Sud	INL	DA					
3	Bocoa provacensis	Boco	Exotica	Guyana	America de Sud	INL	DA					
4	Bocoa provacensis	Boco	Exotica	Guyana	America de Sud	INL	DA					
5	Bulnesia sarmientoi	Palo santo	Exotica	Argentina	America de Sud	INL	DA					
6	Bulnesia sarmientoi	Palo santo	Exotica	Argentina	America de Sud	INL	DA					
7	Bulnesia sarmientoi	Palo santo	Exotica	Argentina	America de Sud	INL	DA					
8	Bulnesia sarmientoi	Palo santo	Exotica	Argentina	America de Sud	INL	DA					
9	Manilkara (Mimusops) sp	Maçaranduba, Balata rouge	Exotica	Guyana franceza	America de Sud	INL	DA					
10	Rhizophora racemosa	Paletuvier, Mangrova	Exotica	Africa	Africa	INL	DA		59.83	10.72	25.73	27.87385
11	Rhizophora racemosa	Paletuvier, Mangrova	Exotica	Africa	Africa	INL	DA		61.58	10.17	23.39	25.50531
12	Rhizophora racemosa	Paletuvier, Mangrova	Exotica	Africa	Africa	INL	DA		61.67	10.09	23.63	25.69407
13	Rhizophora racemosa	Paletuvier, Mangrova	Exotica	Africa	Africa	INL	DA		60.19	10.57	24.37	26.58354
14	Dialium cochinchinensis	Keranj	Exotica	Vietnam	Asia	INL	DA					
15	Dialium cochinchinensis	Keranj	Exotica	Vietnam	Asia	INL	DA					
16	Dialium cochinchinensis	Keranj	Exotica	Vietnam	Asia	INL	DA					
17	Dialium cochinchinensis	Keranj	Exotica	Vietnam	Asia	INL	DA					
18	Astronium graveolens	Goncalo Alves	Exotica	Brazilia / 1999	America de Sud	INL	DA					
19	Astronium graveolens	Goncalo Alves	Exotica	Brazilia / 1999	America de Sud	INL	DA					
20	Astronium graveolens	Goncalo Alves	Exotica	Brazilia / 1999	America de Sud	INL	DA					
21	Astronium graveolens	Goncalo Alves	Exotica	Brazilia / 1999	America de Sud	INL	DA					

STATISTICA - [Data: XILOTECA-1* (21v by 1276)]

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Eprave	Altele	L* album	a* album	b* album	CROMA ALBURN	B/A album	NUANTA ALBURN	L* duramen	a* duramen	b* duramen	CROMA duramen	B/A duramen	NUANTA duramen	Densitate (g/cm3)
1	DA								33.49	7.4	11.48	13.8583454	1.55135135	0.968227104	1.30547971
2	DA								34.6	7.06	10.97	13.0454781	1.55382436	0.968952215	1.30547971
3	DA								32.09	6.45	9.99	11.8912825	1.54883721	0.997488257	1.30547971
4	DA								32.24	6.24	10.46	12.1798686	1.67828205	1.03291132	1.30547971
5	DA								45.97	8.53	24.97	26.3887732	2.92731536	1.24161542	1.18071721
6	DA								44.69	7.75	22.81	24.090633	2.94322581	1.24327004	1.18071721
7	DA								41.22	9.45	22.45	24.3578529	2.37566138	1.17237345	1.18071721
8	DA								46.49	9.44	26.13	27.7829174	2.76800847	1.22411641	1.18071721
9	DA								39.34	11.83	16.69	20.4573948	1.41081995	0.954183602	1.14136682
10	DA		59.83	10.72	25.73	27.87385	2.400187	1.176033	51.14	12.56	21.66	25.0381549	1.72452229	1.04530627	1.09032513
11	DA		61.58	10.17	23.39	25.50531	2.269902	1.160653	49.77	12.89	21.05	24.6830833	1.63304888	1.02134428	1.09032513
12	DA		61.67	10.09	23.63	25.69407	2.341923	1.167233	50.55	12.75	21.13	24.6787236	1.6572549	1.02787509	1.09032513
13	DA		60.19	10.57	24.37	26.58354	2.305582	1.161555	46.13	13.4	21.26	25.1306108	1.58656716	1.00840064	1.09032513
14	DA								36.36	11.52	15.13	19.0165007	1.31368606	0.920036299	1.04972059
15	DA								37.07	12.52	16.13	20.4187977	1.28633666	0.910741068	1.04972059
16	DA								37.15	12.58	16.97	21.1124253	1.35111465	0.933642234	1.04972059
17	DA								34.06	12.04	14.89	18.9936226	1.22009967	0.884214806	1.04972059
18	DA								42.06	11.23	20.27	23.1729541	1.80498664	1.06487143	1.03699919
19	DA								41.53	11.68	20.23	23.3596939	1.73202055	1.04716699	1.03699919
20	DA								35.36	8.87	15.56	17.9106253	1.75422773	1.05268699	1.03699919

Figura 3.6. Baza de date în soft-ul Statistica (foto original)

Pentru testarea diferențelor statistice între două grupuri s-a folosit testul Mann-Whitney U, iar pentru testarea diferențelor statistice între mai multe grupuri s-a folosit testul Kruskal-Wallis Anova. S-a mai realizat o analiză Cluster pentru variabila densitate și pentru nuanță (metoda celor K medii).



CAPITOLUL 4. REZULTATELE CERCETĂRILOR

4.1. Eșantioane măsurate

În cadrul studiului realizat, pentru determinarea densității și a culorii au fost măsurate **319 eșantioane**, cu o varietate mare de specii prelevate din mai multe țări aflate pe mai multe continente. Aceste eșantioane au fost șlefuite și curățate înainte de a fi măsurate, fiecare eșantion având forme și dimensiuni diferite.

Eșantioanele măsurate din cadrul xilotecii au fost distribuite în funcție de continentul de proveniență (Figura 4.1), astfel evidențiindu-se o proporție destul de mare în ceea ce privește eșantioanele din Europa (42%), comparativ cu cele din America de Nord (1%) sau Australia (1%).

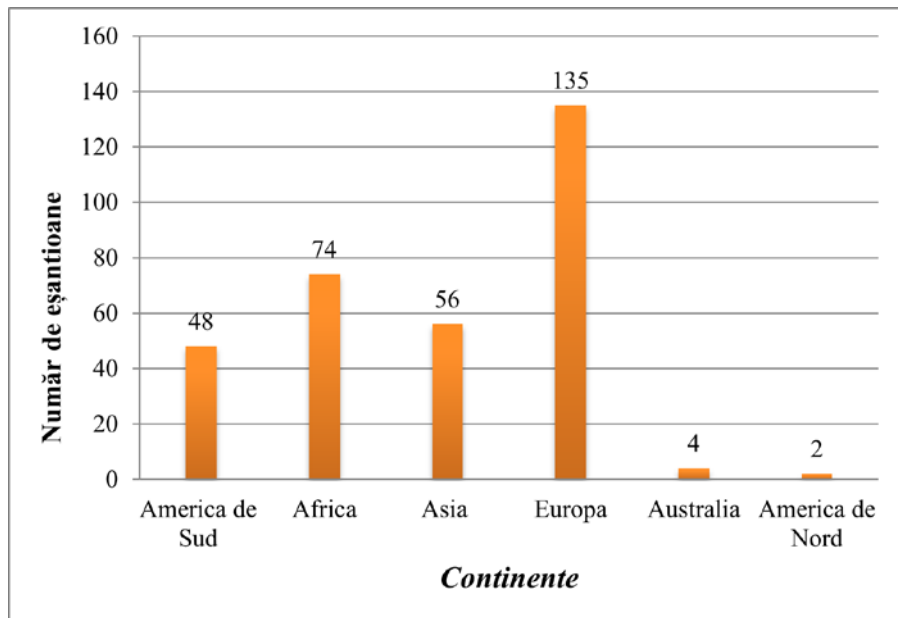


Figura 4.1. Distribuția numărului de eșantioane pe continente



Din tabelului 4.1 se observă distribuția și raportul numărului de eșantioane pe continente, astfel numărul cel mai mare apare pentru cele din Europa, 135 de eșantioane măsurate (42%), urmate de cele din Africa cu 74 de eșantioane (23%), din Asia 56 (18%), din America de Sud 48 (15%), iar la polul opus situându-se cele din Australia cu un număr de 4 eșantioane (1%) și cele din America de Nord cu 2 (1%).

Tabelul 4.1. Raportul numărului de eșantioane pe continente

Continent	America de Sud	Africa	Asia	Europa	Australia	America de Nord
Eșantioane	48	74	56	135	4	2
%	15%	23%	18%	42%	1%	1%

Aceste eșantioane au mai fost caracterizate și din punct de vedere al tipului speciei (figura 4.2). Astfel, s-au evidențiat un număr de 246 eșantioane de specii exotice (77,1%), iar în ceea ce privește eșantioanele de specii indigene acestea sunt într-un număr redus și anume doar 73 (22,9%).

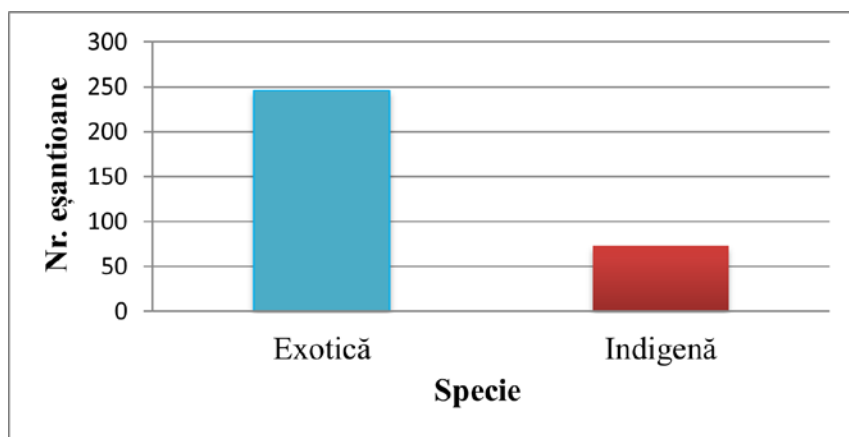


Figura 4.2. Distribuția numărului de eșantioane pe tipuri de specie (exotică/indigenă)



4.2. Densitatea lemnului eşantioanelor măsurate

4.2.1. Densități scăzute măsurate

În figura 4.3 s-au reprezentat grafic cele mai scăzute densități ale eşantioanelor ce au fost măsurate.

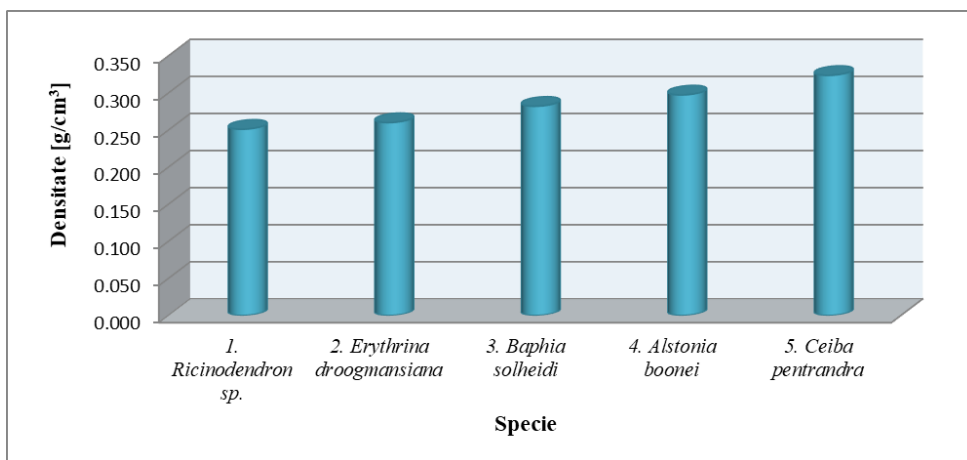


Figura 4.3. Speciile cu cele mai scăzute 5 densități măsurate

Astfel, cea mai mică densitate îi aparține speciei *Ricinodendron sp.*, cu o valoare de 0,251 g/cm³, aceasta fiind o specie exotică, la fel ca toate celelalte specii ce sunt prezente în grafic. Alte câteva specii cu densitate redusă sunt *Erythrina droogmansiana* (0,260 g/cm³), *Baphia solheidii* (0,282 g/cm³), *Alstonia boonei* (0,297 g/cm³) și *Ceiba pentrandra* (0,324 g/cm³). Toate speciile sunt originare din Africa, cu excepția speciei *Alstonia boonei* care este originară din Europa.

4.2.2. Densități ridicate măsurate

În figura 4.4 s-au reprezentat grafic cele mai ridicate valori ale densității eşantioanelor din xiloteca facultății ce au fost măsurate. Cea mai mare densitate măsurată aparține speciei *Bocoa provacensis* cu o



valoare a densității de $1,305 \text{ g/cm}^3$. Aceasta specie este o specie exotică, originară din America de Sud, mai exact din Guyana.

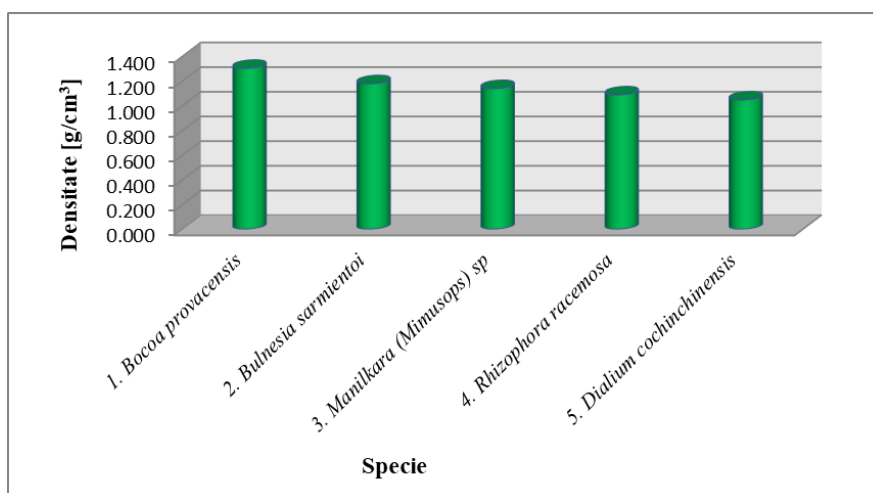


Figura 4.4. Speciile cu cele mai ridicate 5 valori ale densității măsurate

În ceea ce privește densitățile celorlalte specii, acestea sunt relativ apropiate ca valoare și anume *Bulnesia sarmientoi* ($1,181 \text{ g/cm}^3$), *Manilkara (Mimusops) sp.* ($1,141 \text{ g/cm}^3$), *Rhizophora racemosa* ($1,090 \text{ g/cm}^3$) și *Dialium cochinchinensis* ($1,050 \text{ g/cm}^3$).

În urma măsurătorilor efectuate s-a observat că densitatea minimă are o valoare de $0,251 \text{ g/cm}^3$, iar densitatea maximă o valoare de $1,305 \text{ g/cm}^3$. Valoarea medie a densității eșantioanelor măsurate este de $0,624 \text{ g/cm}^3$ (figura 4.5).



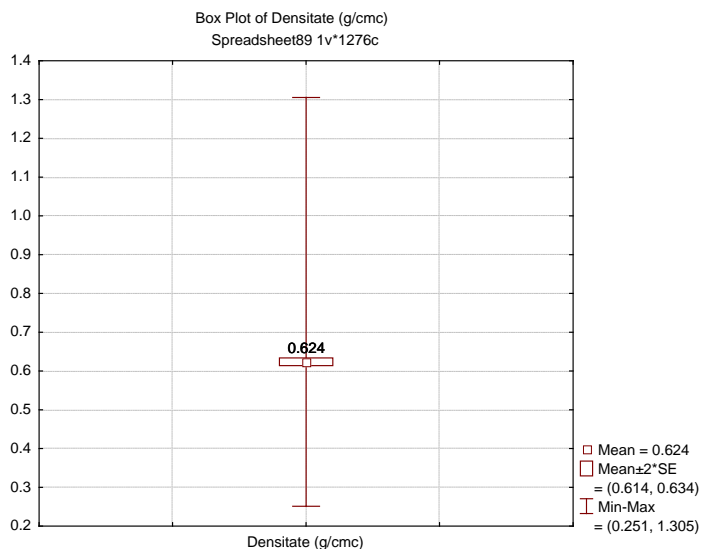


Figura 4.5. Densitatea eşantioanelor măsurate

Conform distribuției numărului de eşantioane în funcție de densitate (figura 4.6), cel mai mare număr de eşantioane se regăsește în intervalul 0,6-0,7 g/cm³ și anume 83 eşantioane.

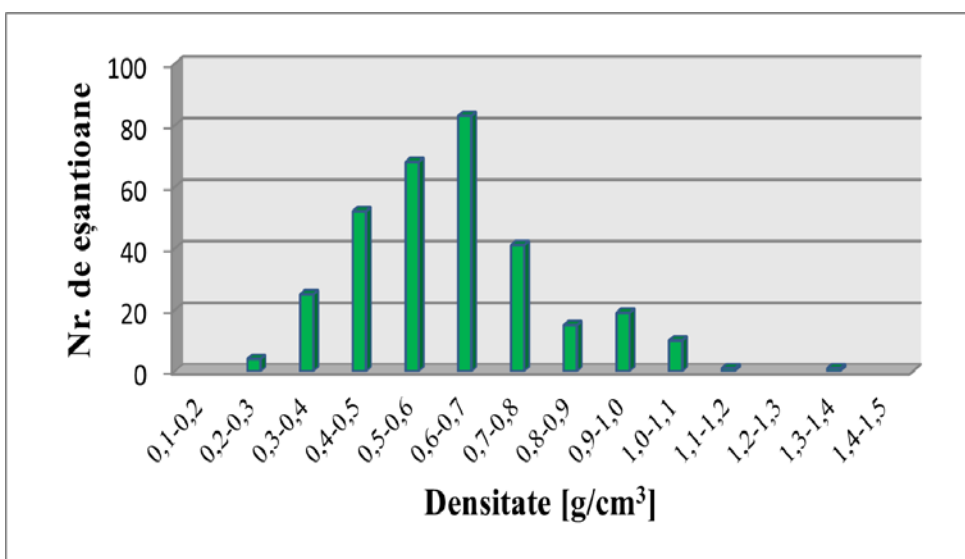


Figura 4.6. Distribuția eşantioanelor în funcție de intervale de densitate



Un număr semnificativ de eșantioane se regăsește și în intervalul 0,5-0,6 g/cm³, respectiv 68 eșantioane, iar cel mai mic număr de eșantioane ce se observă pe grafic este de un eșantion în intervalul 1,1-1,2 și 1,3-1,4 g/cm³ (fig. 4.6).

4.2.3. Comparații ale densității între speciile indigene și exotice

În ceea ce privește distribuția numărului de eșantioane al speciilor indigene în funcție de densitate (figura 4.7) se observă că proporția cea mai mare se găsește între intervalurile 0,4-0,5; 0,5-0,6; 0,6-0,7 g/cm³, cu un număr de 55 de eșantioane (75,4%) dintr-un total de 73 de eșantioane ale speciilor indigene. Valorile densităților sunt destul de apropiate, astfel că numărul de eșantioane este distribuit în intervale cât mai grupate.

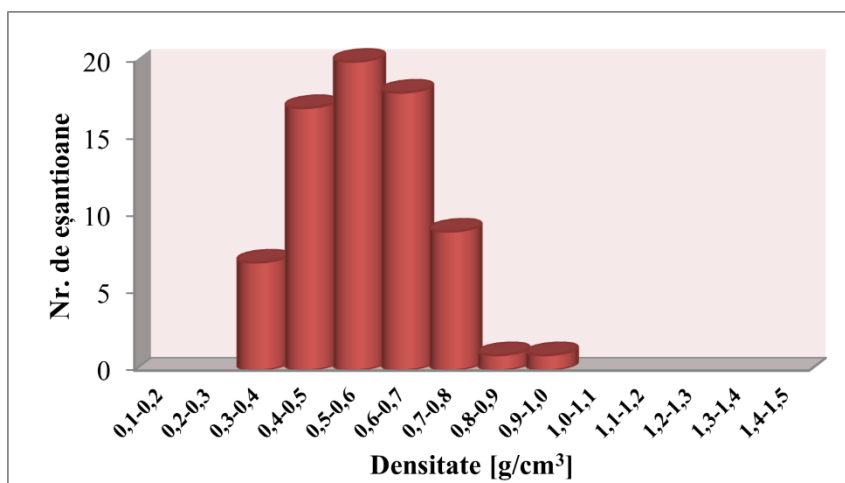


Figura 4.7. Distribuția numărului de eșantioane ale speciilor indigene în funcție de densitate

Numărul de eșantioane al speciilor exotice, vizibil mai mare decât la cele indigene, sunt distribuite în funcție densitate (figura 4.8) între mai multe intervale și mai împrăștiate comparativ cu cele indigene,



cu diferențe destul de evidente între numărul de eșantioane pentru fiecare interval, cele mai multe fiind 65 eșantioane, iar cel mai puține de doar un singur eșantion.

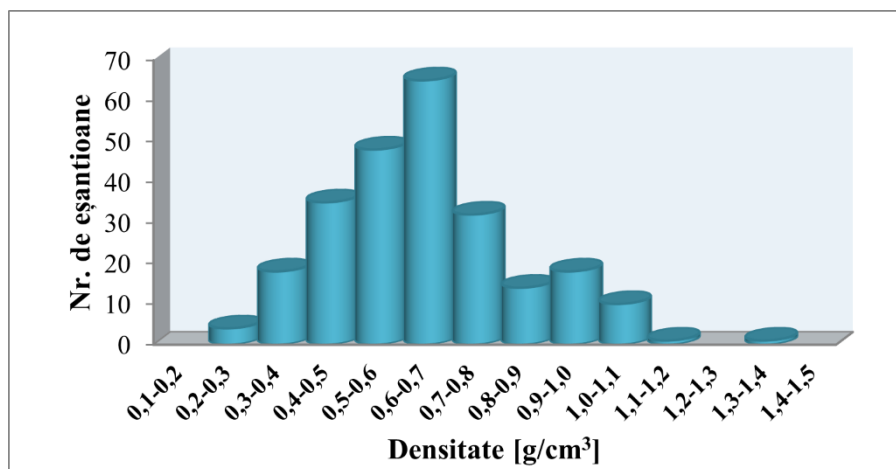


Figura 4.8. Distribuția numărului de eșantioane ale speciilor exotice în funcție de densitate

Valoarea medie a densității numărului de eșantioane în funcție de specie (figura 4.9) este relativ apropiată, având o densitate medie de 0,568 g/cm³ pentru speciile indigene și o densitate medie de 0,640 g/cm³ pentru speciile exotice.

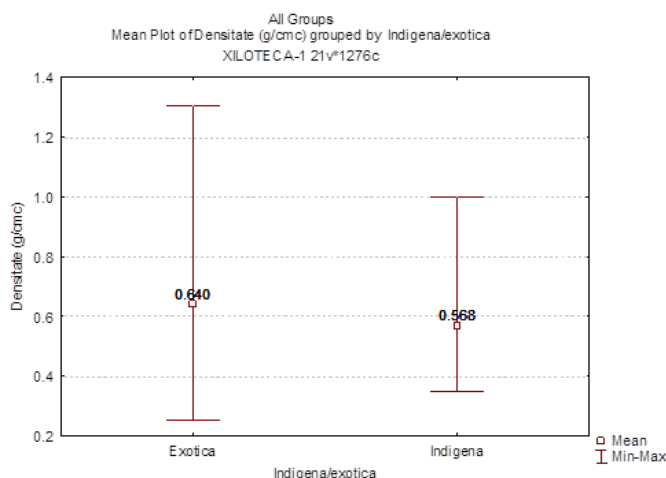


Figura 4.9. Variația densității în funcție de specie



Diferența dintre specii în funcție de densitate apare la minimele și maximele acestora, deoarece la eșantioanele speciilor exotice densitatea minimă este de $0,251 \text{ g/cm}^3$, iar cea maximă de $1,305 \text{ g/cm}^3$, pe când la eșantioanele speciilor indigene densitatea minimă este de $0,351 \text{ g/cm}^3$ și cea maximă este de $1,0 \text{ g/cm}^3$.

4.2.4. Comparații ale densității în funcție de continente

Prin comparația densităților medii ale eșantioanelor măsurate în funcție de continent (figura 4.10) se poate observa că cea mai mare valoare a densității medii se află în America de Sud ($0,747 \text{ g/cm}^3$), urmată de patru continente cu valori apropiate, Africa ($0,654 \text{ g/cm}^3$), Asia ($0,649 \text{ g/cm}^3$), Australia ($0,626 \text{ g/cm}^3$) și America de Nord ($0,624 \text{ g/cm}^3$), iar cea mai mică valoare a densității medii se află în Europa ($0,553 \text{ g/cm}^3$).

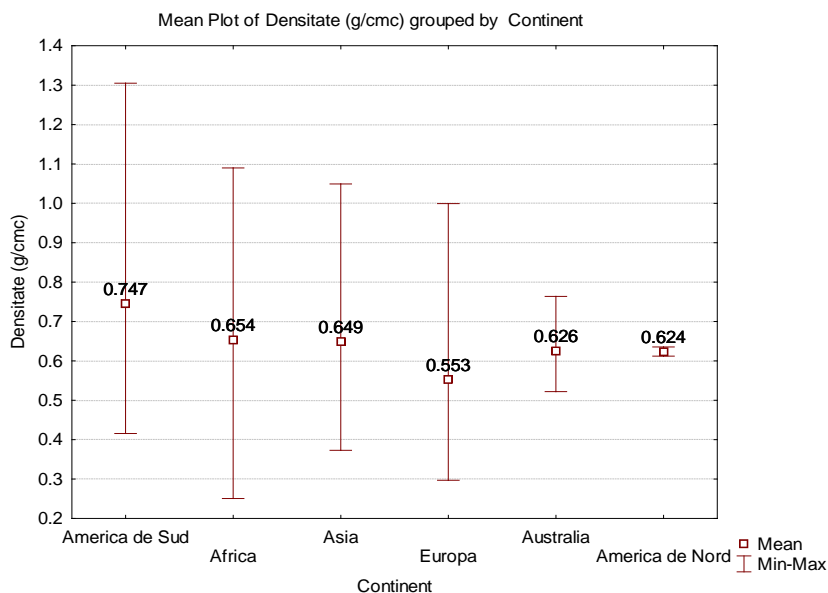


Figura 4.10. Variația densității în funcție continent



Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U (tabel 4.2). Rezultatul ($p < 0,05$) arată că există diferențe între cele două grupuri de specii (exotice și indigene) din punct de vedere al densității.

Tabelul 4.2. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
Densitate (g/cm^3)	661.492,0	153.234,0	110.456,0	6,005	6,005	0,000

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente, din punct de vedere al densității lemnului, s-a aplicat testul Kruskal-Wallis Anova.

Tabelul 4.3. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă - densitatea (g/cm^3), Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N	Suma Rangurilor
America de Sud	101	188	158786
Africa	102	296	213676
Asia	103	224	152804
Europa	104	540	268478
Australia	105	16	10616
America de Nord	106	8	5268

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=1272) = 157,580$; $p = 0,000$) arată că există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.3). Astfel, speciile se diferențiază pe continente din punct de vedere al densității.



4.3. Culoarea lemnului la eșantioanele măsurate

4.3.1. Variațiile parametrului L^*

4.3.1.1. Variațiile parametrului L^* în alburn

Valorile parametrului L^* în alburn prezintă o variație destul de mare (figura 4.11) și anume între 31,01 unități și 87,31 unități, cele mai multe valori fiind înregistrate în intervalul 75-80 unități, mai exact 168 valori (31%) dintr-un total de 548 valori măsurate în alburn.

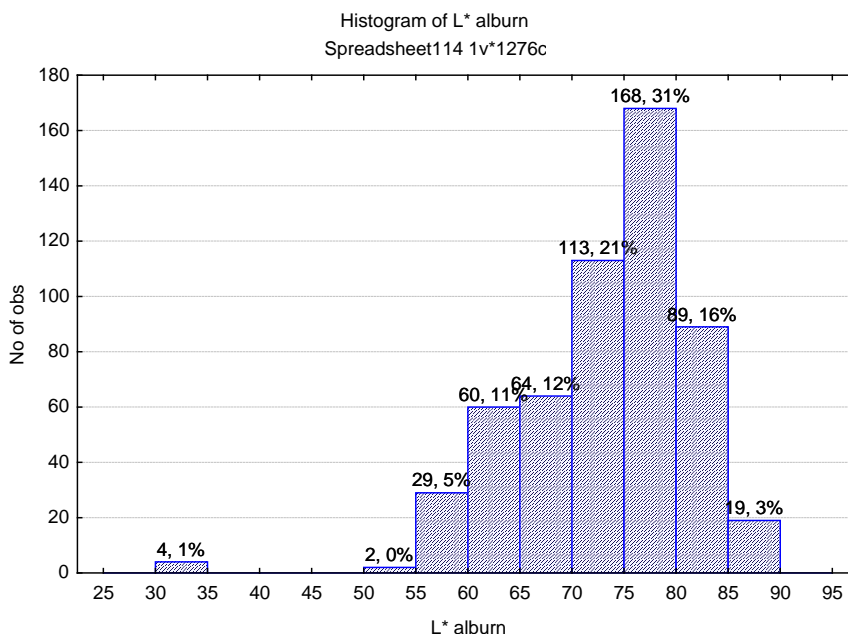


Figura 4.11. Variațiile numărului de valori ale parametrului L^* în alburn

Valoarea medie a parametrului L^* , calculată în urma realizării mediei aritmetice a valorilor măsurate în alburn este de 73,20 unități (fig. 4.12), ceea ce înseamnă ca L^* tinde spre culoarea alb. Valoarea minimă întâlnită la acest parametru este de 31,01 unități, pe când valoarea



maximă regăsită este de 87,31 unități, fiind o diferență considerabilă între cele două extreme care reprezintă luminozitatea eșantioanelor. Înseamnă că alburnul poate să varieze foarte mult în funcție de aceasta, adică poate alterna între o luminozitate destul de mare până spre întunecat.

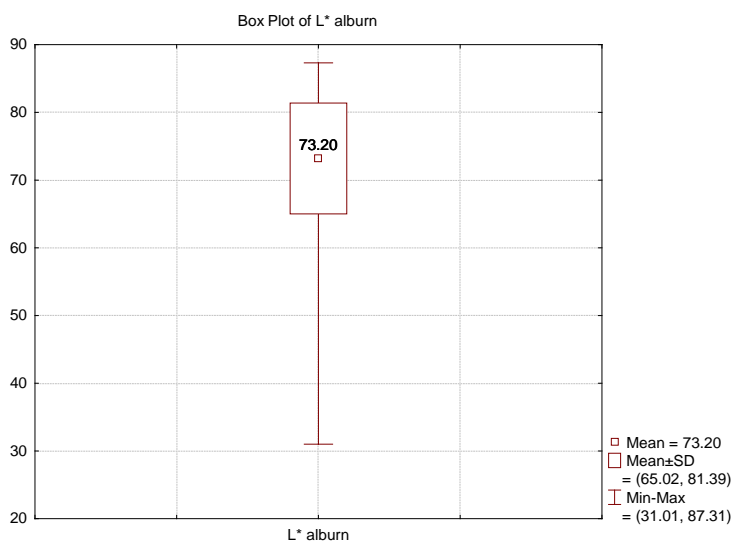


Figura 4.12. Variația valorii parametrului L^* în alburn

4.3.1.2. Variațiile parametrului L^* în duramen

Valorile parametrului L^* în duramen sunt foarte variate după cum se poate observa în figura 4.13, valorile începând de la 25,57 unități și ajungând la 81,87 unități. Cele multe valori se regăsesc în intervalul 50-55 unități, respectiv 152 de valori (fig. 4.13).



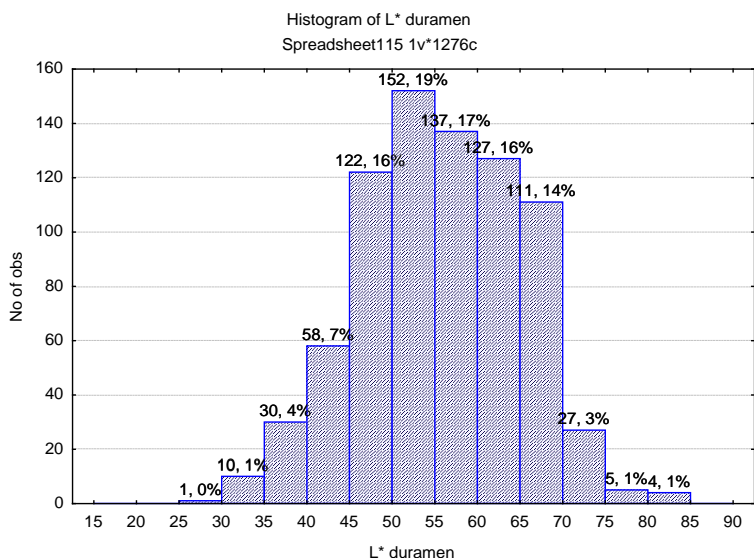


Figura 4.13. Variațiile numărului de valori ale parametrului L^* în duramen

Pentru valoarea medie a parametrului L^* , calculată în urma realizării mediei aritmetice a valorilor măsurate în alburn și duramen, (figura 4.14) se observă o diferență destul de mare la rezultatele dintre alburn și duramen, astfel că valoarea medie a parametrului L^* în alburn este de 72,20 unități, iar valoarea medie a aceluiași parametru în duramen este de 55,80 unități.

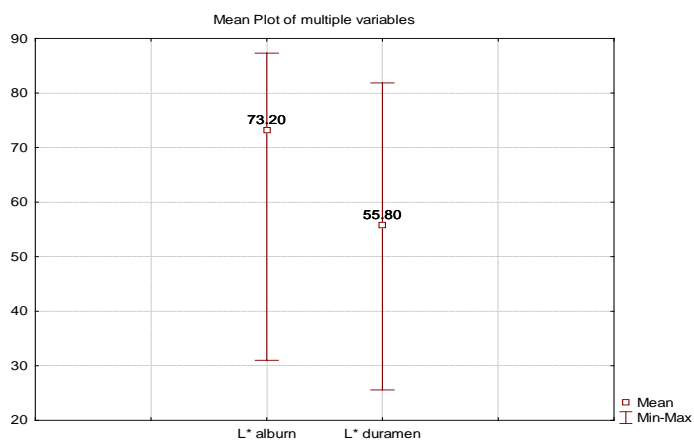


Figura 4.14. Variația parametrului L^* în alburn și duramen



De aici rezultă faptul că speciile care prezintă alburi tind mai mult spre culoarea alb pe axa Z a sistemului de culori $L^*a^*b^*$, iar cele care prezintă duramen sunt undeva la jumătatea axei dintre alb și negru.

În următorul grafic au fost redată primele 5 specii cu valorile parametrului L^* cele mai ridicate în alburi (figura 4.15).

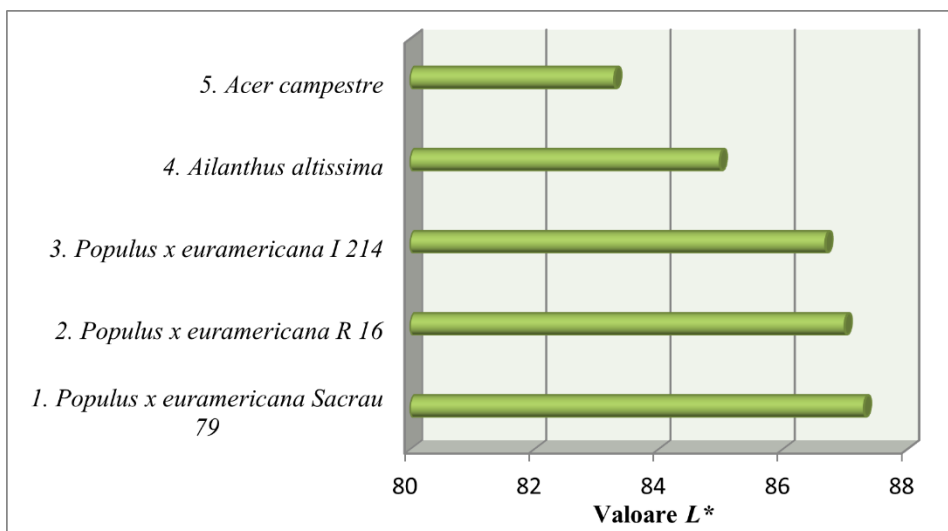


Figura 4.15. Top 5 specii cu valorile cele mai ridicate ale parametrului L^*

Se poate observa că primele 3 locuri sunt ocupate de clonele unor plopi euramericani, cu valori destul de ridicate, de peste 86 unități, urmat apoi de *Ailanthus altissima* cu 84,99 unități și *Acer campestre* cu 83,29 unități.

În următorul grafic au fost redată primele 5 specii cu valorile parametrului L^* cele mai reduse în alburi (figura 4.16).



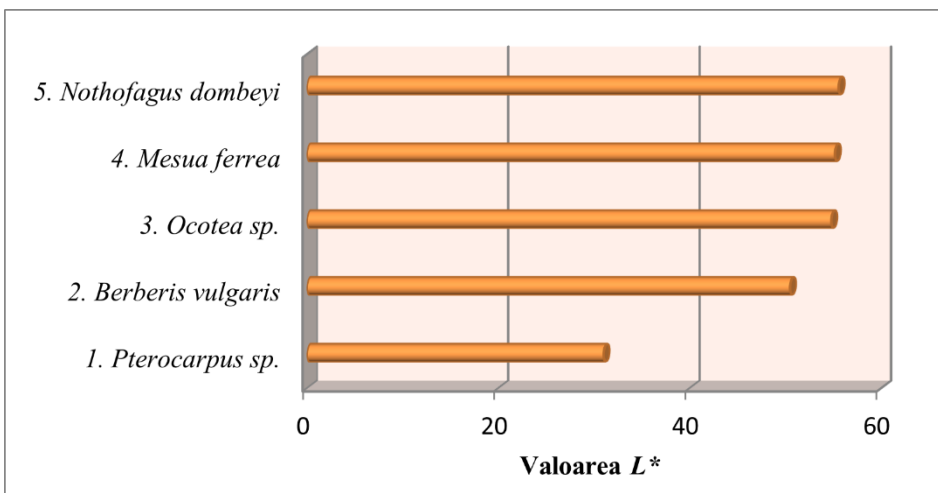


Figura 4.16. Top 5 specii cu valorile cele mai reduse ale parametrului L^*

Se observă că cea mai redusă valoare îi aparține speciei *Pterocarpus sp.* cu o valoare a parametrului L^* de 31,01 unități, vizibil mai mică decât următoarele 4 specii care au valori de peste 50 unități și anume: *Berberis vulgaris* (50,49), *Ocotea sp.* (54,8), *Mesua ferrea* (55,18) și *Nothofagus dombeyi* (55,57) (fig. 4.16).

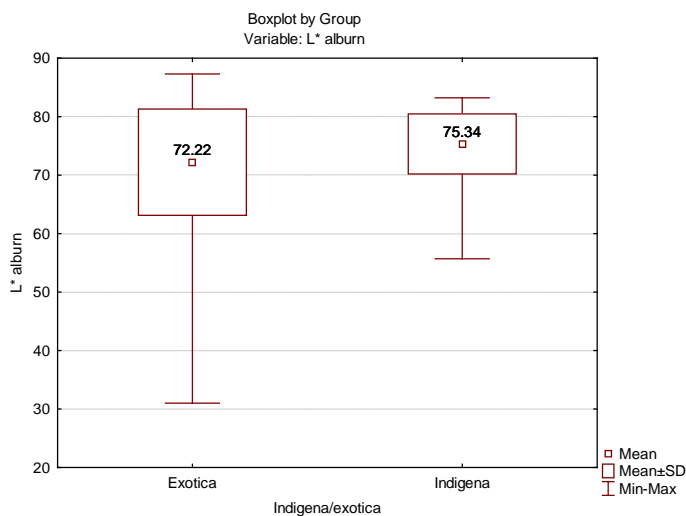


Figura 4.17. Variația valorii parametrului L^* din alburn în funcție de specie



Figura 4.17 redă variația luminozității (parametrul L^*) în alburn în funcție de tipul de specie (exotică-indigenă). Se observă că media parametrului L^* are o valoare mai ridicată (75,34) pentru speciile indigene, explicația fiind dată de culoarea deschisă generală a lemnului acestor specii.

Tabelul 4.4. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
L^* alburn	96.837,50	53.588,50	25.961.50	-3,705	-3,705	0,000

S-a aplicat testul Mann-Whitney U Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice. Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.4) arată că există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului L^* alburn.

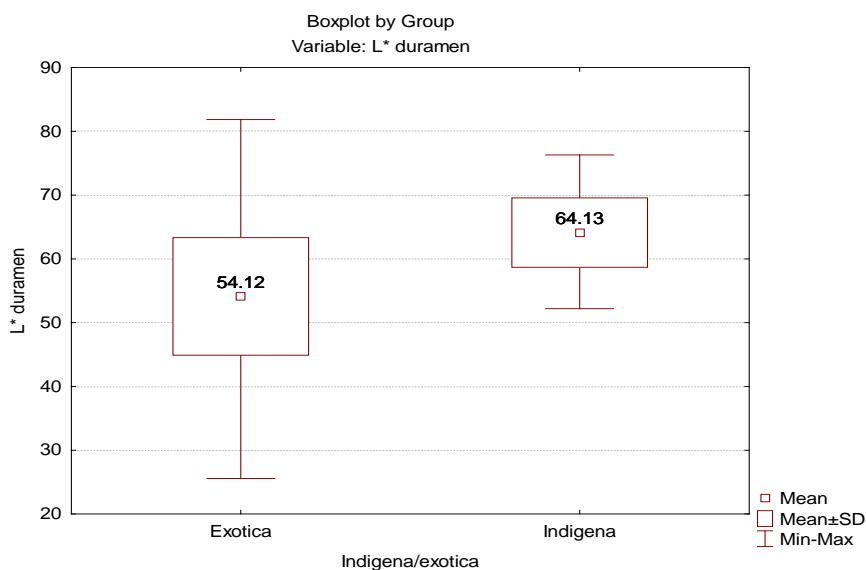


Figura 4.18. Variația valorii parametrului L^* din duramen în funcție de specie



Ca și în cazul alburnului, duramenul speciilor indigene are o valoare medie mai ridicată decât a speciilor exotice ($L^*=64,13$), indicând culoarea deschisă generală a durmamenului acestor specii.

Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U.

Rezultatul ($p<0,05$; tabel 4.5) arată că există diferențe între cele două grupuri de specii, din punct de vedere al parametrului L^* duramen.

Tabelul 4.5. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p<0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor – Specii Exotice	Suma Rangurilor – Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	P
L^* duramen	228197	79523	15319	-11,679	-11,679	0,000

Prin comparația valorilor medii ale parametrului L^* în alburn a eșantioanelor măsurate în funcție de continent (figura 4.19) se poate observa că valoarea medie cea mai ridicată este de 76,12 unități, urmat de 4 continente cu valori apropiate, respectiv Australia (70,19 unități), America de Sud (69,26 unități), Africa (68,85 unități) și Asia (68,47 unități).



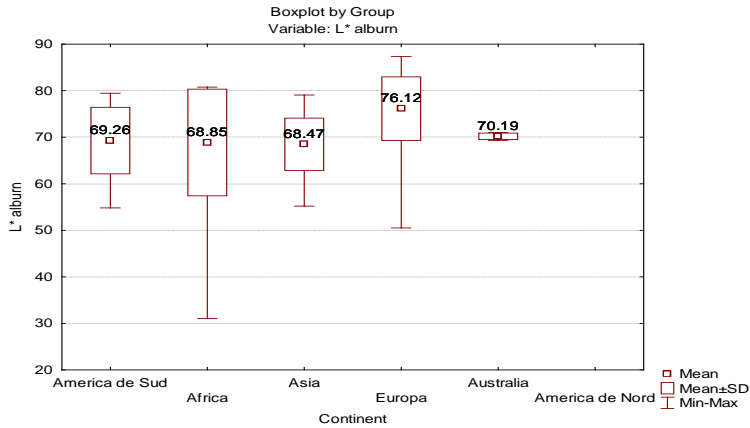


Figura 4.19. Variația valorii parametrului L^* din album în funcție de continent

Dacă se compară valorile medii ale parametrului L^* în duramen a eșantioanelor grupate în funcție de continent (figura 4.20) se poate observa că valoarea medie cea mai ridicată este de 66,18 unități în America de Nord, urmată de 63,91 unități în Europa. Următoarele 3 continente au valori medii relativ apropiate, Asia (52,75 unități), Africa (52,47 unități) și America de Sud (50,47 unități), iar cea mai redusă valoare medie este de 46,03 unități în Australia.

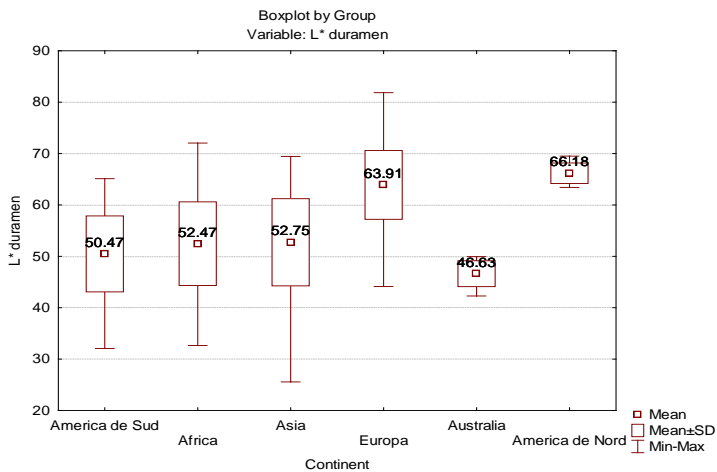


Figura 4.20. Variația valorii parametrului L^* din duramen în funcție de continent



Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente, din punct de vedere al parametrului L^* duramen s-a aplicat testul Kruskal-Wallis Anova.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=784) = 300,1065$; $p=0,000$) arată că există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.6). Astfel, speciile se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului L^* duramen.

Tabelul 4.6. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă - L^* duramen; Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N	Suma Rangurilor
America de Sud	101	140	36.584,5
Africa	102	244	75.945,5
Asia	103	140	44.705,0
Europa	104	244	144.027,5
Australia	105	8	1.154,5
America de Nord	106	8	5303

4.3.2. Variațiile parametrului a^*

4.3.2.1. Variațiile parametrului a^* în alburn

Valorile parametrului a^* în alburn variază considerabil, astfel că se încadrează între intervalele -2 și 20, dar ponderea cea mai însemnată a valorilor măsurate se găsește în 3 intervale și anume în intervalul 2 - 4 se găsesc 138 valori măsurate (35%) (figura 4.21).



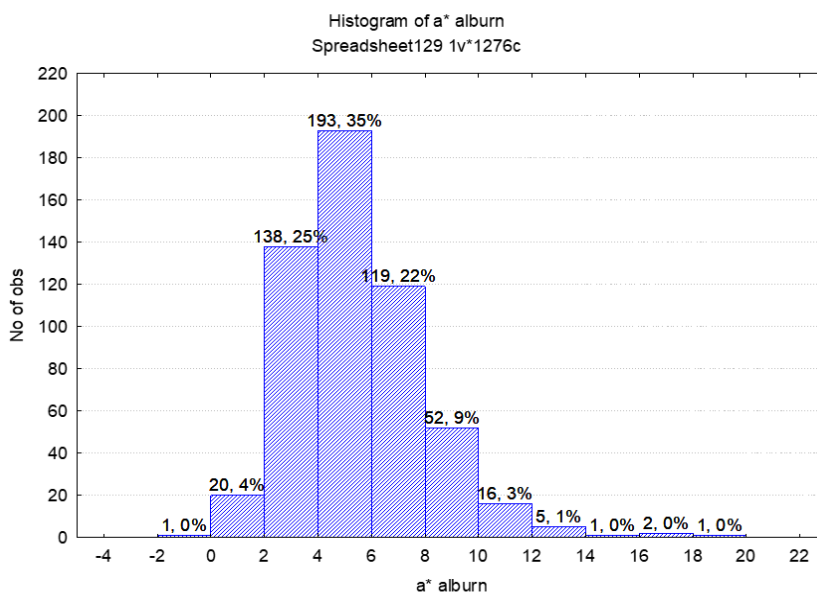


Figura 4.21. Variațiile numărului de valori ale parametrului a^* în alburn
Primele 5 specii cu valoarea parametrului a^* în alburn cea mai ridicată sunt redată în următorul grafic (figura 4.22).

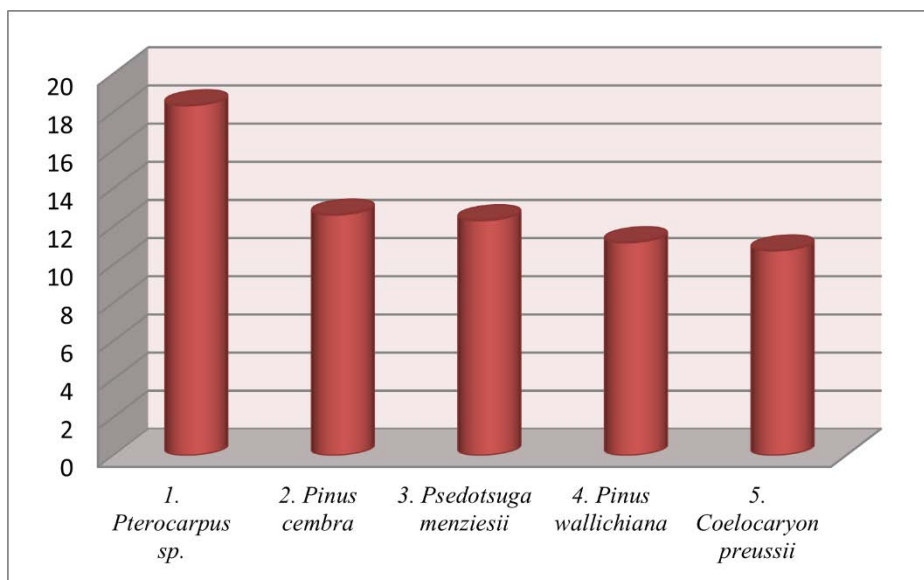


Figura 4.22. Top 5 specii cu valorile cele mai ridicate ale parametrului a^* în alburn

Specia cu valoarea cea mai ridicată este *Pterocarpus sp.* (18,35 unități), aceasta fiind o specie exotică din Africa. Aceasta este urmată de



Pinus cembra (12,62 unități), *Pseudotsuga menziesii* (12,32 unități), *Pinus wallichiana* (11,17 unități) și *Coelocaryon preusii* (10,74 unități).

Valorile parametrului a^* cele mai reduse se regăesc în figura 4.23, unde prima specie prezentă, *Berberis vulgaris*, are o valoare negativă (-0,2 unități). Aceasta este urmată de trei clone ale unor plopi euramericani și anume *Populus x euramericana I 214* (1,14 unități), *Populus x euramericana Sacrau 79* (1,19 unități) și *Populus x euramericana R 169* (1,25 unități), iar ultima valoare prezentă aparține speciei *Ailanthus altissima* (1,74 unități).

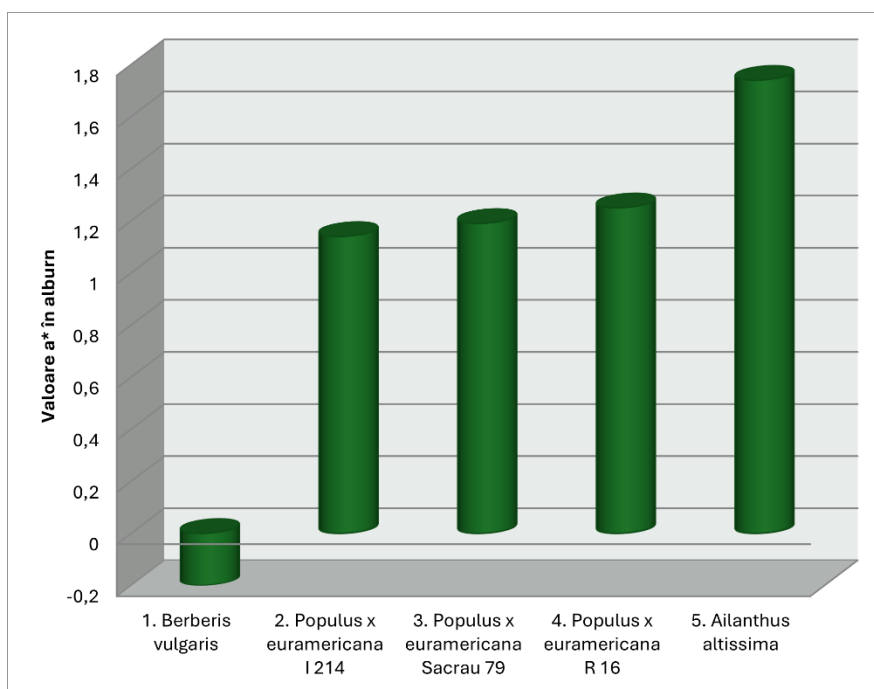


Figura 4.23. Top 5 specii cu valorile cele mai reduse ale parametrului a^* în alburn

Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U. Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.7) arată că nu există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului a^* în alburn.



Tabelul 4.7. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
a^* alburn	104168.0	46.258,00	31.380	0,555	0,555	0,578

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=548) = 0,000$; $p=1,000$) arată că nu există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.7). Astfel, speciile nu se diferențiază pe continente din punctul de vedere al parametrului a^* în alburn.

4.3.2.2. Variațiile parametrului a^* în duramen

Variația valorilor parametrului a^* în duramen este una destul de mare (figura 4.24), acestea regăsindu-se în intervalele 2 - 24, dar prezența cea mai ridicată fiind în intervalul 10 - 12, cu 201 valori măsurate în alburn (26%).

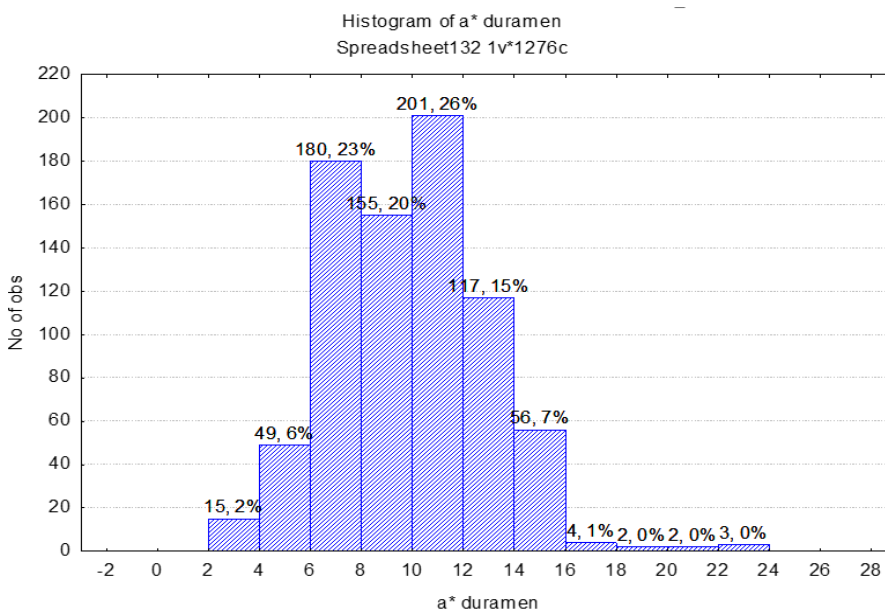


Figura 4.24. Variațiile numărului de valori ale parametrului a^* în duramen

O proporție importantă se regăsește și în intervalul 6 - 8, unde sunt 180 valori măsurate (23%), precum și în intervalul 8 - 10 unde se găsesc 155 valori (20%).

În graficul din figura 4.25 putem observa cele mai ridicate valori măsurate ale parametrului a^* . Cea mai ridicată valoare a parametrului a^* măsurată îi corespunde eșantionului din specia *Cynometra alexandri* cu o valoare de 23,9 unități.

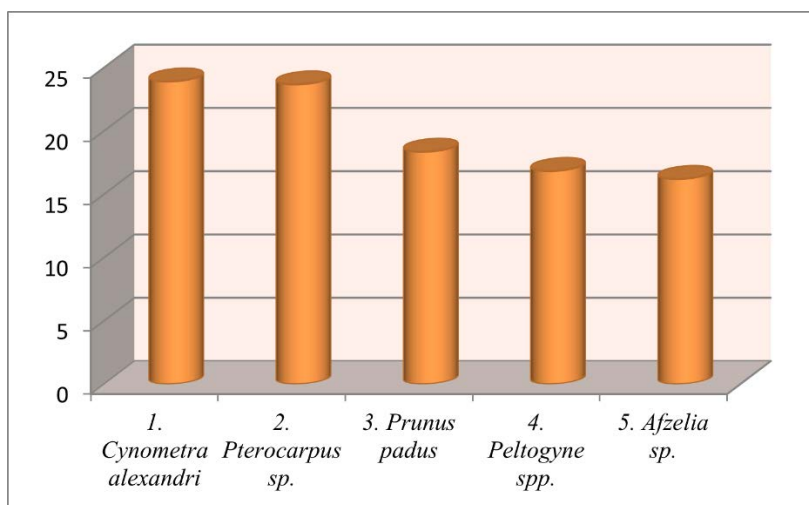


Figura 4.25. Top 5 specii cu valorile cele mai ridicate ale parametrului a^* în duramen

În ceea ce privește celelate valori ridicate măsurate, putem spune că parametrul a^* în duramen variază diferit la celelate specii. Pentru eșantioanele din speciile *Pterocarpus sp.* valoarea parametrului are valoare 23,67 unități, *Prunus padus* cu valoare lui a^* de 18,35 unități, *Peltogyne spp.* cu valoare măsurată de 16,83 unități și *Afzelia sp.* cu valoare măsurată a parametrului a^* de 16,2 unități.



În graficul din figura 4.26 putem observa cele mai reduse valori măsurate ale parametrului a^* .

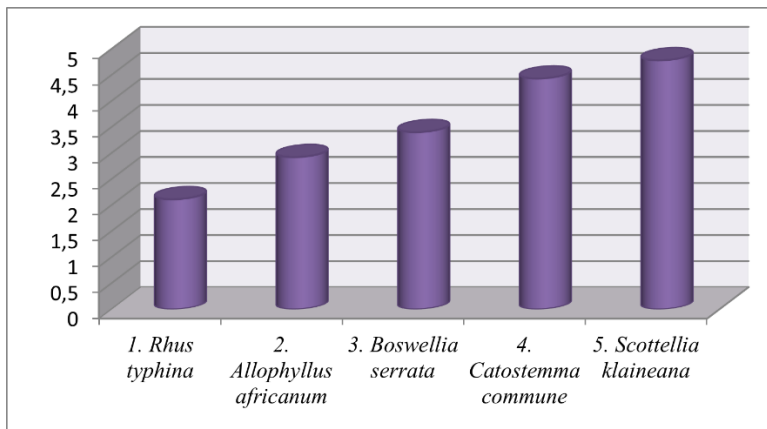


Figura 4.26. Top 5 specii cu valorile cele mai reduse ale parametrului a^* în duramen

Cele mai reduse valori ale parametrului a^* măsurate se găsesc la eșantioanele din speciile *Rhus typhina* (2,11 unități), *Allophyllus africanum* (2,92 unități), *Boswellia serrata* (3,4 unități), *Catostemma commune* (4,43 unități), *Scottellia klaineana* (4,78 unități).

În figura 4.27 se pot observa valorile medii ale parametrului a^* în alburn și duramen. Valoarea medie a parametrului a^* în alburn este de 5,51 unități, iar valoarea în duramen este de 9,88 unități. Valoarea maximă în alburn este de 18,35 unități, iar valoare minimă este de -0,2 unități. În duramen, valoare maximă este de 23,9 unități și valoarea minimă este de 2,11 unități.



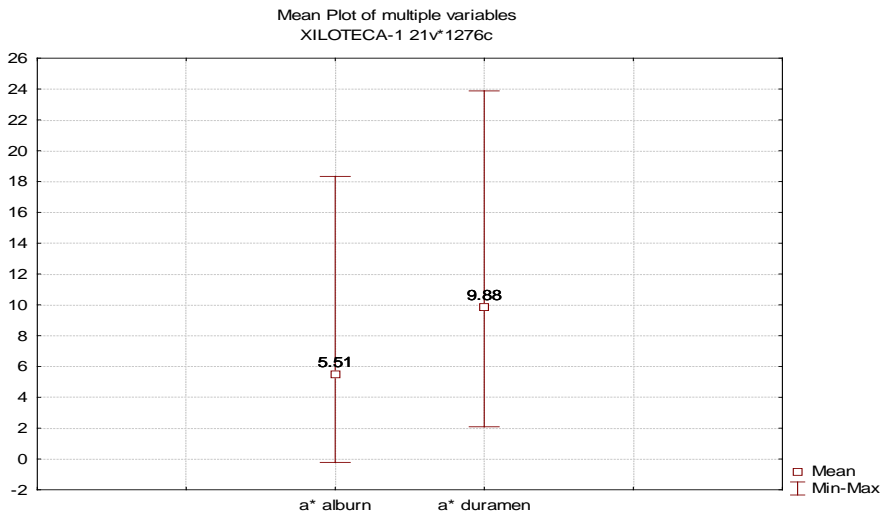


Figura 4.27. Variația parametrului a^* în alburn și duramen

Comparând valoarea medie a parametrului a^* , măsurată atât în alburn, cât și în duramen la speciile exotice (figura 4.28), se observă o diferență considerabilă între cele două, astfel că valoarea medie a parametrului a^* în alburn este de 5,59 unități, iar în duramen este de 10,24 unități. Prin compararea extremelor se vede o diferență între valorile maxime, pe când cele minime sunt destul de apropiate.

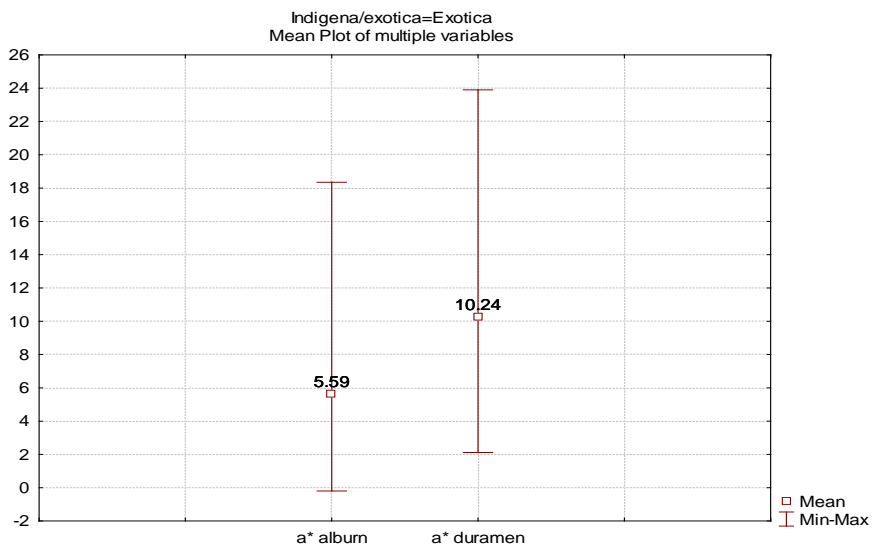


Figura 4.28. Variația parametrului a^* în alburn și duramen pentru speciile exotice



Referitor la comparația valorii medii a parametrului a^* , măsurat atât în alburn, cât și în duramen la speciile indigene (figura 4.29), diferența este mai mică decât la cele exotice, valoarea medie în alburn fiind de 5,34 unități, iar în duramen de 8,12 unități. O diferență vizibilă este la valorile minime din alburn și duramen, în schimb cele maxime sunt foarte apropiate.

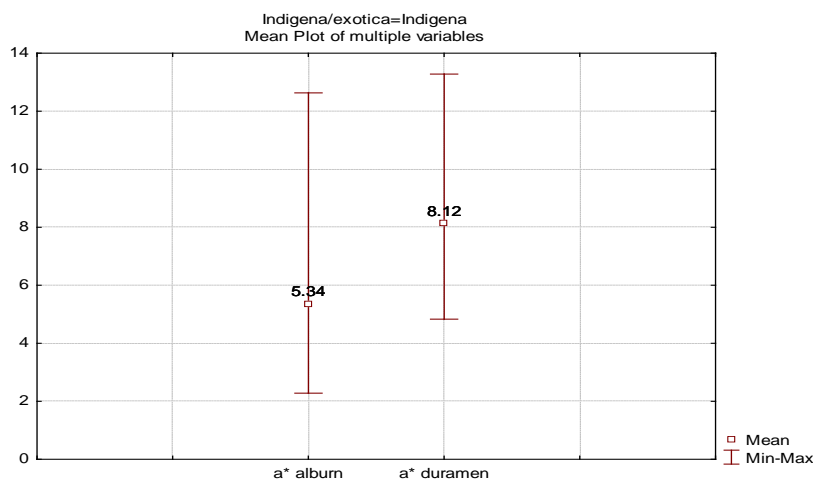


Figura 4.29. Variația parametrului a^* în alburn și duramen pentru speciile indigene

4.3.3. Variațiile parametrului b^*

4.3.3.1. Variațiile parametrului b^* în alburn

Variația valorilor parametrului b^* măsurate în alburn este prezentată în figura 4.30.



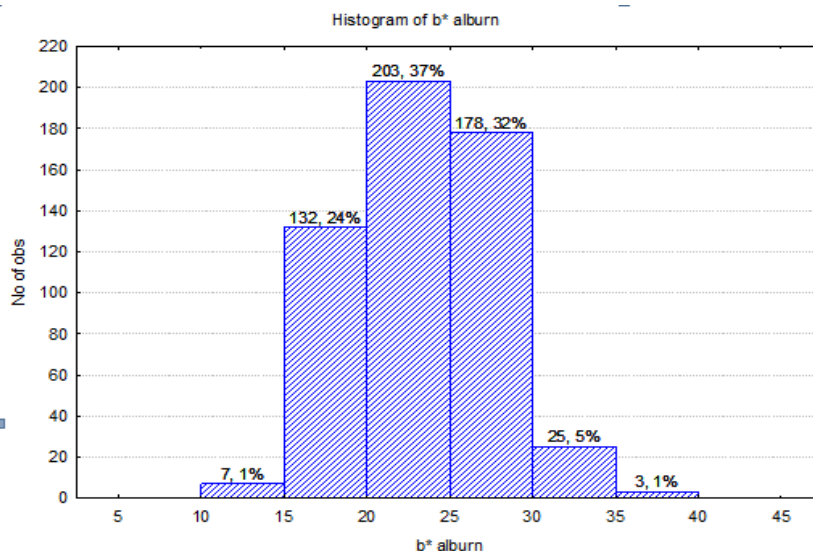


Figura 4.30. Variațiile numărului de valori ale parametrului b^* în alburn

Conform graficului, cele mai multe valori sunt întâlnite în intervalul 22 - 25 unități și cu 203 valori măsurate (37%). Cele mai puține valori măsurate se regăsesc în intervalele 10 - 15 unități și anume 7 valori (1%), intervalul 35 - 40 unități cu 3 valori (1%) și intervalul 30 - 35 unități cu 25 valori (5%). În ceea ce privește celelalte două intervale, valorile sunt relativ apropiate și anume, în intervalul 15 - 20 unități s-au măsurat 132 valori (24%), iar în intervalul 25 - 30 unități 178 valori (32%).

Conform graficului redat în figura 4.31 se pot observa cele 5 specii cu valoarea parametrului b^* , iar cea mai mare valoare îi corespunde eșantionului din specia *Berberis vulgaris* (38,87 unități) care tinde spre culoarea galben.



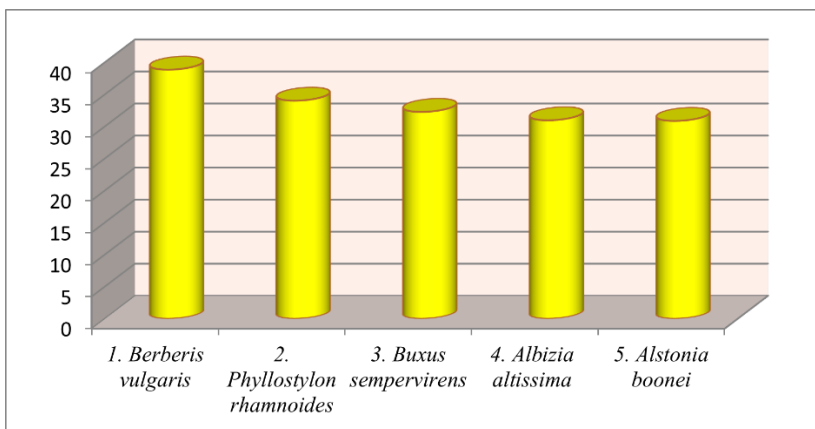


Figura 4.31. Top 5 specii cu valorile cele mai ridicate ale parametrului b^* în album

În ceea ce privește și celelalte măsurători realizate, s-a constatat că valoare parametrului b^* pentru eșantioanele din speciile *Phyllostylon rhamnoides* (34,03 unitați), *Buxus sempervirens* (32,28 unitați), *Albizia altissima* (30,97 unitați) și *Alstonia boonei* (30,87 unitați) tind spre culoarea galben.

În figura 4.32 sunt prezentate cele mai reduse valori măsurate pentru parametrul b^* din album.

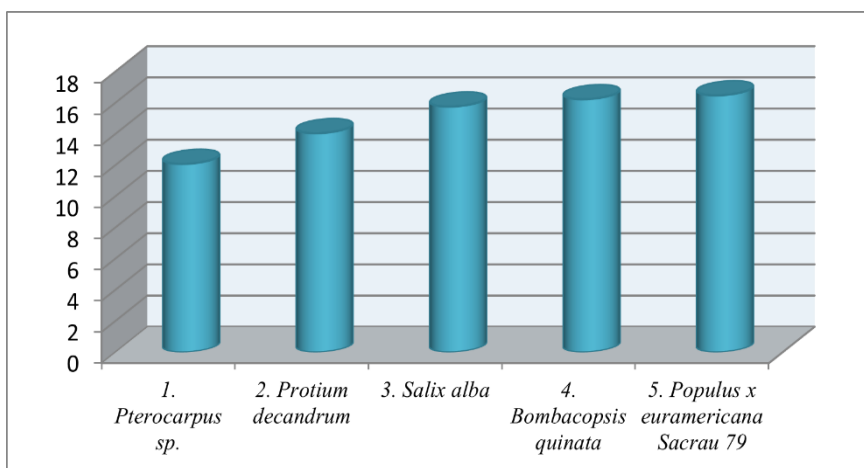


Figura 4.32. Top 5 specii cu valorile cele mai scăzute ale parametrului b^* în album



Așadar, cea mai redusă valoare a parametrului b^* o găsim la eșantioanele din specia *Pterocarpus sp.* având o valoare de 12,07 unități, fiind urmată de specia *Protium decandrum* cu valoare măsurată a parametrului b^* de 14,04 unități. Alte eșantioane care au o valoare a parametrului b^* redusă sunt eșantioanele aparținând speciilor *Salix alba* (15,74 unități), *Bombacopsis quinata* (16,22 unități) și o clonă de plop euramerican, *Populus x euramericana Sacrau 79* (16,47 unități).

4.3.3.2. Variațiile parametrului b^* în duramen

În figura 4.33 sunt prezentate valorile parametrului b^* în duramen. Numărul cel mai mare de valori măsurate pentru parametrul b^* din duramen se află în intervalul 20 -25 unități, acesta fiind de 393 valori.

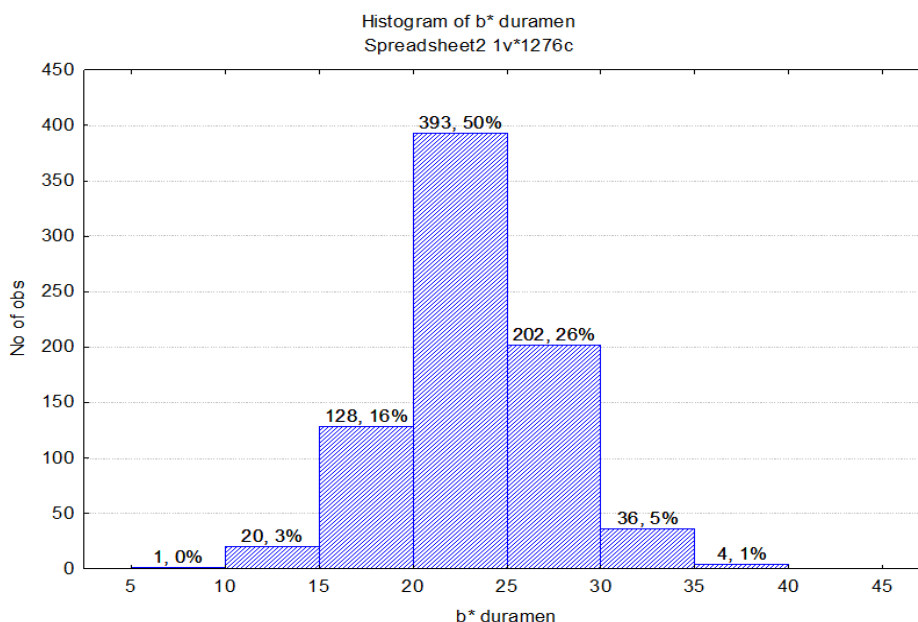


Figura 4.33. Variațiile numărului de valori ale parametrului b^* în duramen

În graficul din figura 4.34 sunt reprezentate primele 5 specii cu cele mai ridicate valori ale parametrului b^* . Specia cu cea mai mare



valoare, de 39,16 unități, este *Nauclea diderrichii*, urmată de *Sambucus racemosa* cu o valoare de 33,4 unități. Următoarele specii sunt *Pinus cembra*, *Adina (Haldina) cordifolia* și *Enterolobium oldemanii* cu valori de 32,47 unități, 32,45 unități și respectiv 32,40 unități.

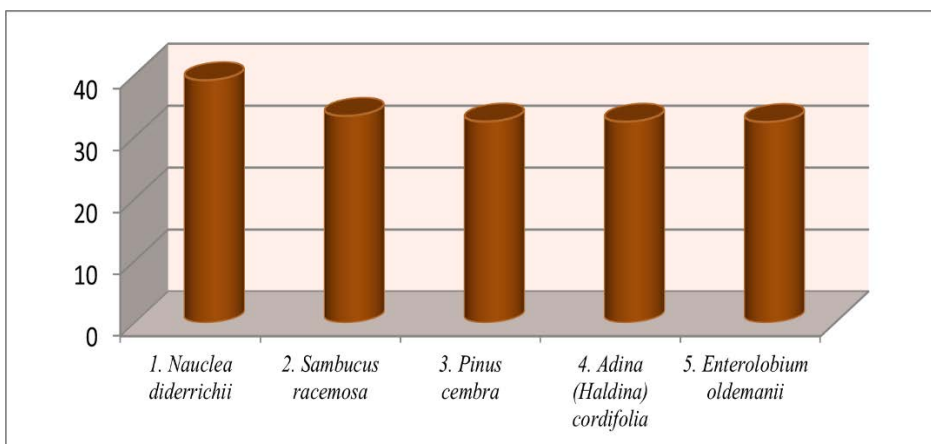


Figura 4.34. Top 5 specii cu valorile cele mai ridicate ale parametrului b^* în duramen

În figura 4.35 este reprezentat topul speciilor cu cele mai mici valori ale parametrului b^* în duramen. Prima dintre cele 5 specii este *Bocoa provacensis* cu o valoare de 9,99 unități, iar pe locul al doilea este *Catalpa speciosa* cu o valoare de 11,05 unități. Ultimele 3 specii din acest top sunt reprezentate de *Bobgunnia fistuloides* (12,85 unități), *Peltogyne spp.* (12,89 unități), *Adansonia sp.* (13,15 unități).

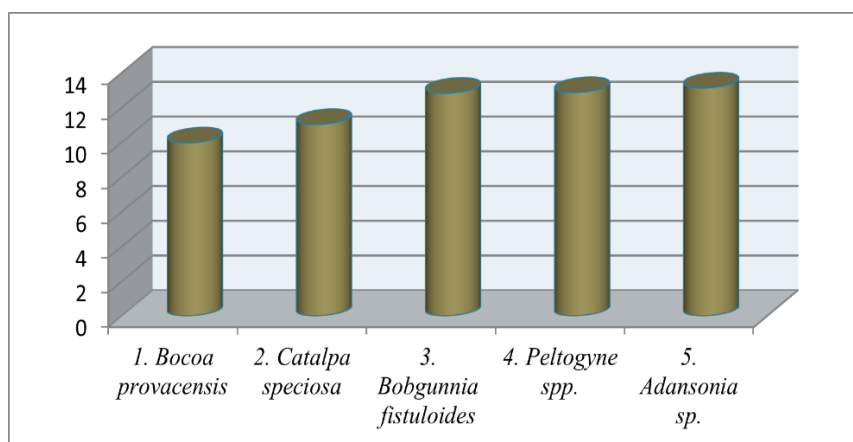


Figura 4.35. Top 5 specii cu valorile cele mai scăzute ale parametrului b^* în duramen



În figura 4.36 este reprezentată valoarea medie a parametrului b^* , atât în alburn, cât și în duramen. Astfel, deducem că între cele două nu valori nu există o diferență considerabilă, valoarea b^* din alburn fiind de 23,41 unități, iar valoarea parametrului b^* din duramen de 23,18 unități. Valorile minime, cât și cele maxime sunt foarte apropiate.

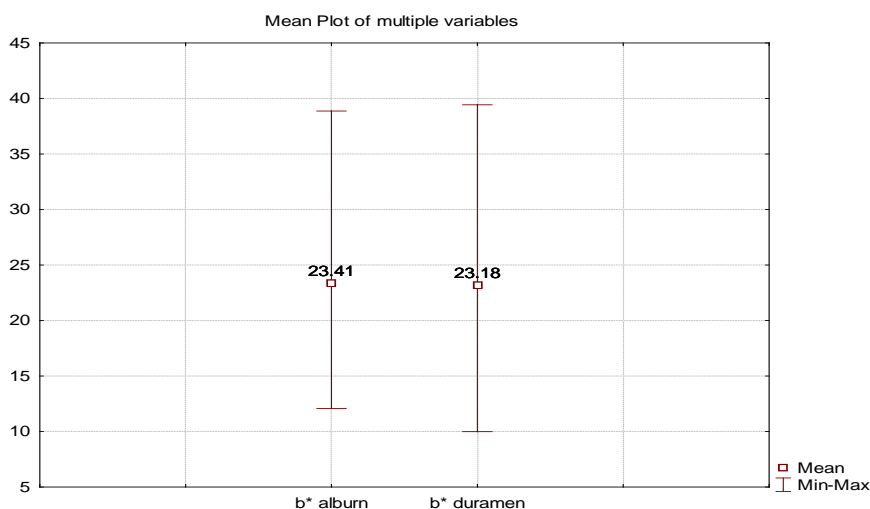


Figura 4.36. Variația parametrului b^* în alburn și duramen

În figura 4.37 este reprezentată valoarea parametrului b^* din alburn, în funcție de variațiile exotic - indigen. Astfel, în cazul speciilor exotice este prezentă o valoare de 23,66 a parametrului, iar în cazul celor indigene o valoare de 22,86, între cele două neexistând o diferență apreciabilă.



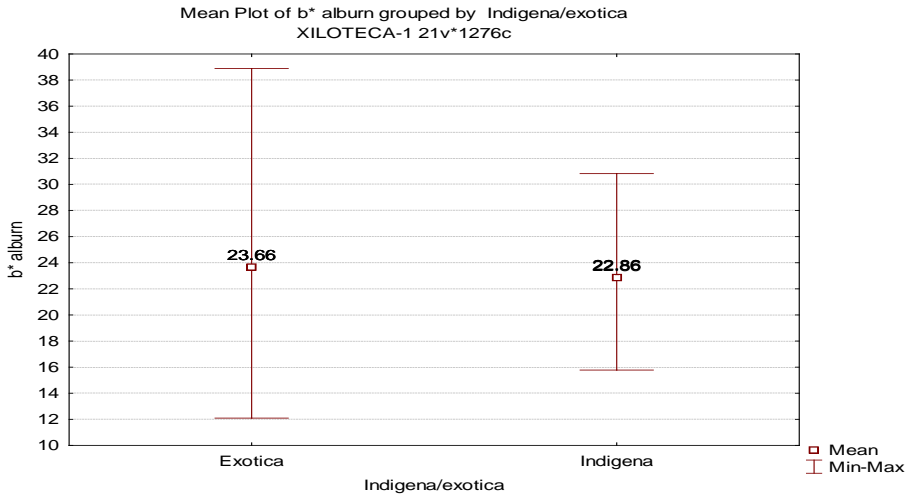


Figura 4.37. Variația valorii parametrului b^* din alburn în funcție de specie

În graficul din figura 4.38 este reprezentată valoarea parametrului b^* din duramen în funcție de variațiile specie exotică – specie indigenă. Astfel, în cazul speciilor exotice este prezentă o valoare de 22,90 a parametrului, iar în cazul celor indigene o valoare de 24,57.

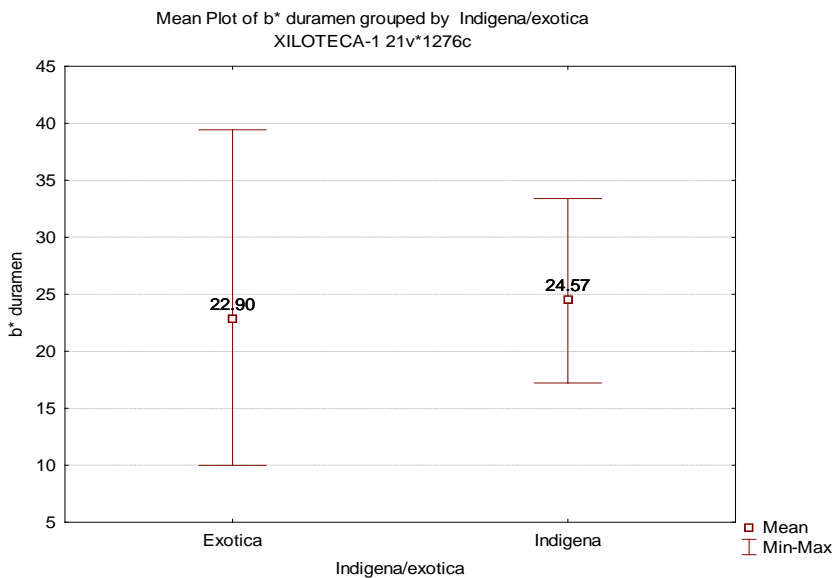


Figura 4.38 Variația valorii parametrului b^* din duramen în funcție de specie



Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U.

Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.8) arată că există diferențe semnificative între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului b^* alburn.

Tabelul 4.8. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
b^* alburn	106583.5	43842.50	28.964,50	1,960	1,960	0,049

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente, din punct de vedere al parametrului b^* în alburn, s-a aplicat testul Kruskal-Wallis ANOVA.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis H (5, N=548) = 0,000; $p=1,000$) arată că nu există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.9). Astfel, speciile nu se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului b^* în alburn.

Tabelul 4.9. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este b^* alburn - Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N
America de Sud	101	56
Africa	102	68
Asia	103	88
Europa	104	328
Australia	105	8
America de Nord	106	0

Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U. Rezultatul



($p < 0,05$; tabel 4.10) arată că există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului b^* în duramen.

Tabelul 4.10. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
b^* duramen	245195.0	62525.00	32.317,00	-4,515	-4,515	0,000

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente, din punct de vedere al parametrului b^* duramen, s-a aplicat testul Kruskal-Wallis Anova.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=784) = 68,176$; $p = 0,000$) arată că există diferențe statistice între cele 6 grupuri de specii (continente) (tabel 4.11). Astfel, speciile se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului b^* în duramen.

Tabelul 4.11. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este b^* duramen-Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N	Suma Rangurilor
America de Sud	101	140	52.096,5
Africa	102	244	92.316,5
Asia	103	140	42.839,0
Europa	104	244	112.704,5
Australia	105	8	1.853,0
America de Nord	106	8	5.910,5



4.3.4. Variațiile parametrului cromă

În figura 4.39 sunt reprezentate variațiile parametrului cromă în funcție de alburn și duramen ale tuturor speciilor studiate. Astfel, în cazul alburnului, valoarea medie este de 24,17 unități, iar în cazul duramenului este prezentă o valoare de 25,40 unități.

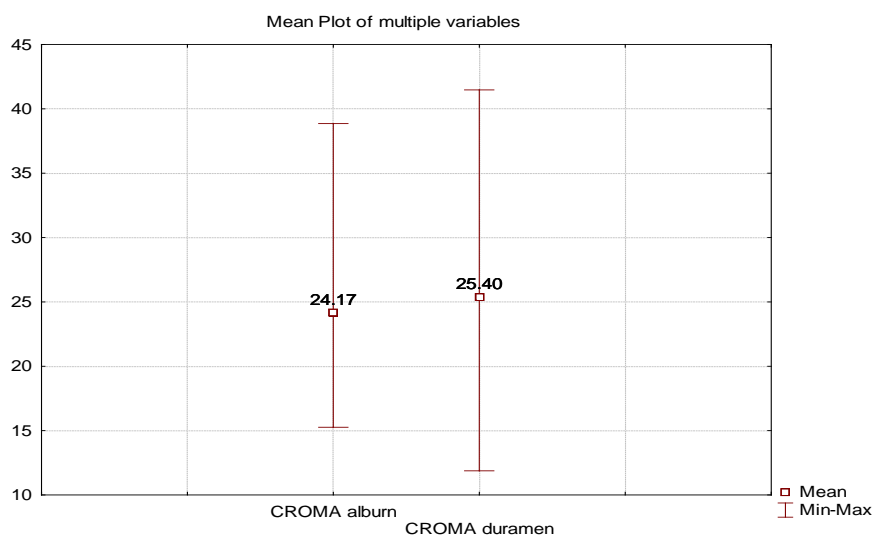


Figura 4.39. Variația valorii parametrului cromă în alburn și duramen

În figura 4.40 sunt reprezentate variațiile parametrului cromă în funcție de alburn și de separarea acestora în funcție de proveniența lor (exotice/indigene). Astfel, valoarea medie a parametrului cromă în alburn pentru speciile exotice este de 24,47 unități, iar pentru speciile indigene de 23,52 unități.



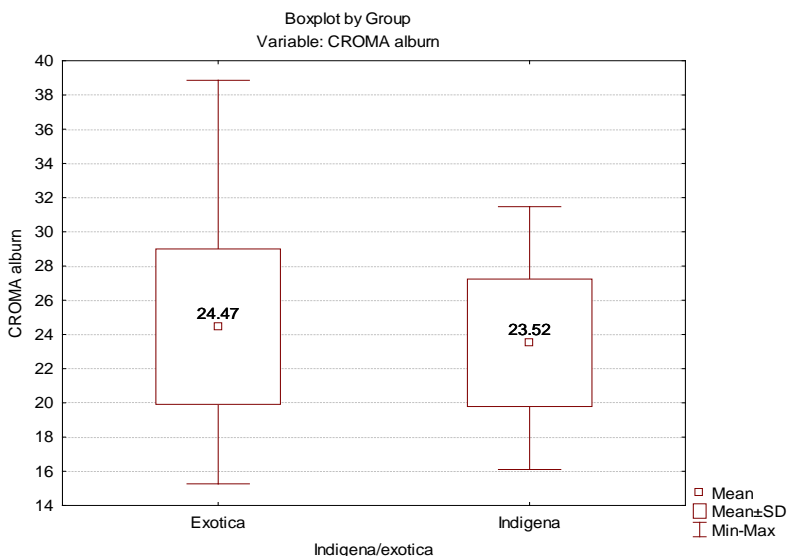


Figura 4.40. Variația valorii parametrului cromă din alburn în funcție de specie

Pentru a testa dacă există diferențe statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U.

Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.12) arată că există diferențe semnificative între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului cromă din alburn.

Tabelul 4.12. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
cromă alburn	106813.0	43613.00	28.735	2,093	2,093	0,036

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente din punct de vedere al parametrului cromă în alburn s-a aplicat testul Kruskal-Wallis ANOVA.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=784) = 300,106$; $p = 0,000$) arată că există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente)



(tabel 4.13). Astfel, speciile se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului cromă în alburn.

Tabelul 4.13. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este CROMA alburn - Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N
America de Sud	101	56
Africa	102	68
Asia	103	88
Europa	104	328
Australia	105	8
America de Nord	106	0

Variația valorii medii a parametrului cromă în duramen pentru speciile exotice și indigene este una ne semnificativă, astfel că valoarea medie a parametrului pentru speciile exotice este de 25,29 unități și pentru cele indigene de 25,93 unități.

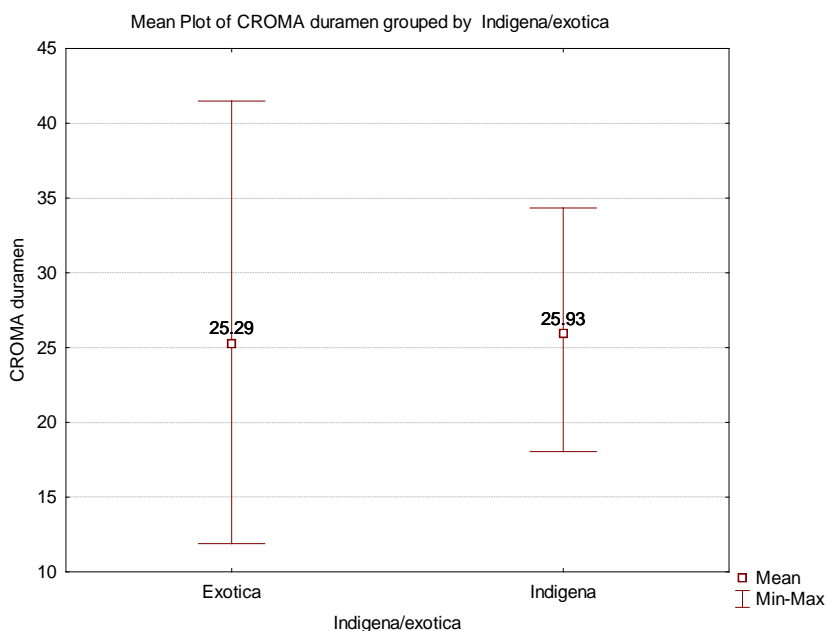


Figura 4.41. Variația valorii parametrului cromă din duramen în funcție de specie



Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U.

Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.14) arată că nu există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului cromă în duramen.

Tabelul 4.14. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
Cromă duramen	252.285,0	55.435,00	39.407,00	-1,527	-1,527	0,126

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente din punct de vedere al parametrului cromă în duramen s-a aplicat testul Kruskal-Wallis ANOVA.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=784) = 35.846$; $p = 0.000$) arată că există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.15). Astfel, speciile se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului cromă în duramen.

Tabelul 4.15. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este CROMĂ duramen-Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N	Suma Rangurilor
America de Sud	101	140	53.549
Africa	102	244	100.006
Asia	103	140	45.954
Europa	104	244	100.292
Australia	105	8	2.040
America de Nord	106	8	5.879



4.3.5. Variațiile parametrului nuanță

Valorile medii ale parametrului nuanță, calculate pentru alburn și duramen (figura 4.42) sunt apropiate ca valoare, pentru alburn valoarea medie este de 1,33 unități, iar pentru duramen valoarea medie este de 1,16 unități. Valoarea minimă din alburn și duramen prezintă o variație semnificativă, astfel că valoarea minimă a parametrului nuanță în alburn este de -1,57 unități, iar cea din duramen este de 0,65 unități.

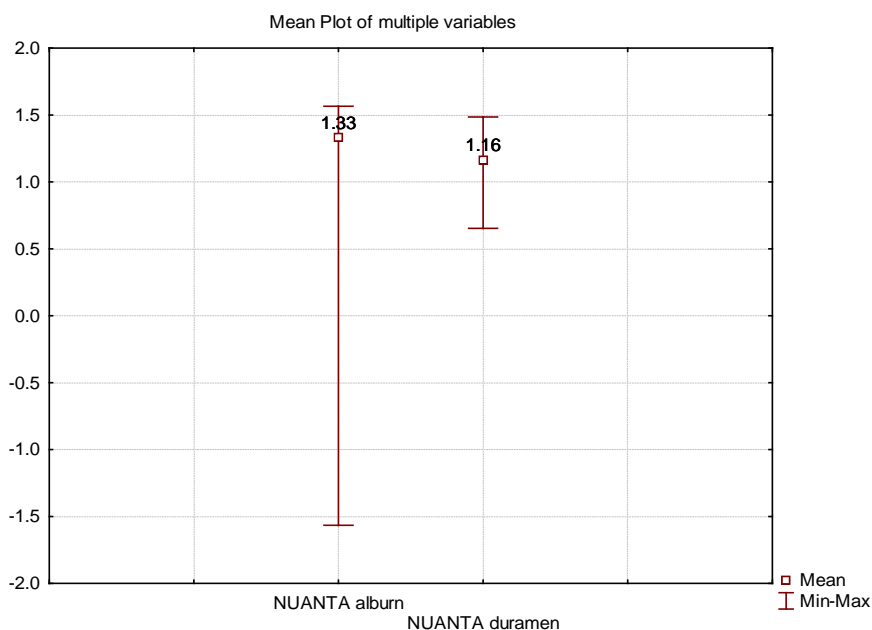


Figura 4.42. Variația parametrului nuanță în alburn și duramen

Valorile medii ale parametrului nuanță măsurate în alburn și duramen pentru speciile indigene sunt prezentate în figura 4.43, observându-se că valoarea medie a parametrului nuanță în alburn este de 1,34 unități, iar cea din duramen este de 1,25 unități.



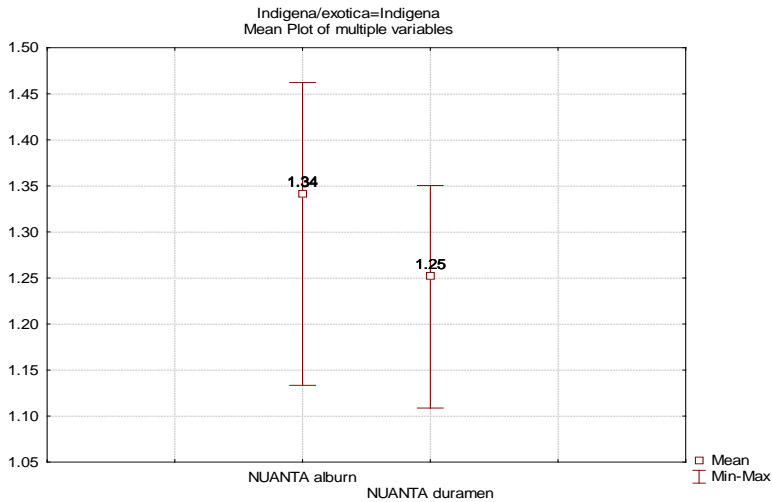


Figura 4.43. Variația parametrului nuanță pentru speciile indigene în alburn și duramen

Pentru speciile exotice, valorile medii ale parametrului nuanță calculate pentru alburn și duramen (figura 4.44) sunt 1,33 unități pentru alburn și 1,15 unități pentru duramen. Tot la speciile exotice se mai diferențiază și minimele acestui parametru, astfel că în alburn minima este de -1,57 unități, iar în duramen este de 0,65 unități.

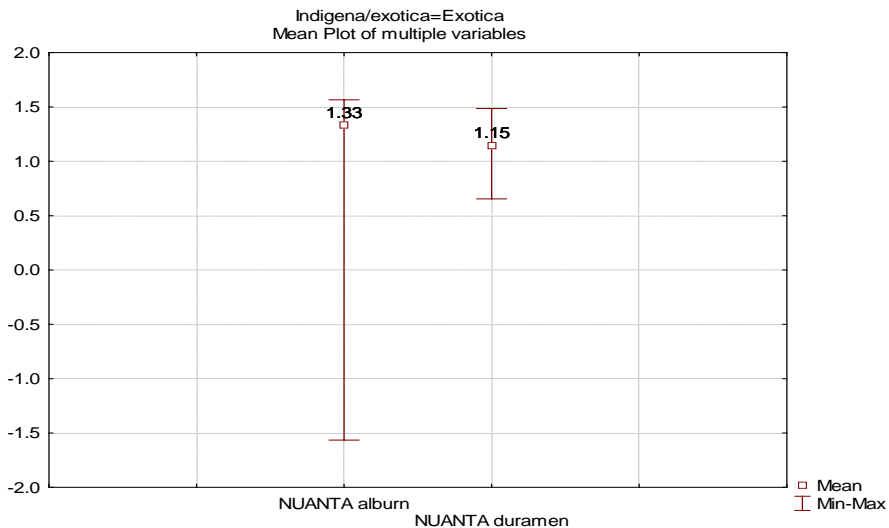


Figura 4.44. Variația parametrului nuanță pentru speciile exotice în alburn și duramen



Pentru a testa diferențele semnificative între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U. Rezultatul ($p > 0,05$; tabel 4.16) arată că nu există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului nuanță în alburn.

Tabelul 4.16. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
nuanță alburn	104.187	46.239	31.361	0,566	0,566	0,570

Pentru a testa diferențele statistice între grupurile de specii indigene și exotice s-a aplicat testul Mann-Whitney U.

Rezultatul ($p < 0,05$; tabel 4.17) arată că există diferențe între speciile exotice și indigene din punct de vedere al parametrului nuanță în duramen.

Tabelul 4.17. Testul Mann-Whitney U – grupuri: specii indigene-specii exotice (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Suma Rangurilor Specii Exotice	Suma Rangurilor Specii Indigene	U	Z	Z - ajustat	p
nuanță duramen	233.606	74.114	20.728	-9,400	-9,400	0,000

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente din punct de vedere al parametrului nuanță în alburn s-a aplicat testul Kruskal-Wallis Anova.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=548) = 0,000$; $p=1,000$) arată că nu există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente)



(tabel 4.18). Astfel, speciile nu se diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului nuanță în alburn.

Tabelul 4.18. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este nuanță alburn-Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N
America de Sud	101	56
Africa	102	68
Asia	103	88
Europa	104	328
Australia	105	8
America de Nord	106	0

Pentru testarea diferențelor statistice între speciile de pe continente din punct de vedere al parametrului nuanță în duramen s-a aplicat testul Kruskal-Wallis Anova.

Rezultatul (testul Kruskal-Wallis $H(5, N=548) = 0,000$; $p=1,000$) arată că nu există diferențe statistice între cele 6 grupuri (continente) (tabel 4.19). Astfel, speciile se nu diferențiază pe continente din punct de vedere al parametrului nuanță în duramen.

Tabelul 4.19. Testul Kruskal-Wallis ANOVA (variabila dependentă este nuanță duramen-Grupuri: Continentele)

Grupuri	Coduri	N	Suma Rangurilor
America de Sud	101	140	51466
Africa	102	244	75073
Asia	103	140	44641
Europa	104	244	130408
Australia	105	8	2322
America de Nord	106	8	3810



4.4. Analiza cluster

4.4.1. Gruparea speciilor în funcție de densitatea lemnului

Pentru a realiza analiza Cluster a variabilei densitatea lemnului s-a folosit soft-ul Statistica, adoptându-se soluția cu 3 cluster. Astfel, cele 3 cluster obținute reunesc speciile după densitate în jurul centrozilor stabiliți de soft.

Primul cluster reunește speciile cu densitatea apropiată de valoarea 0,937 (figura 4.45). Acest cluster reunește un număr de 47 specii.

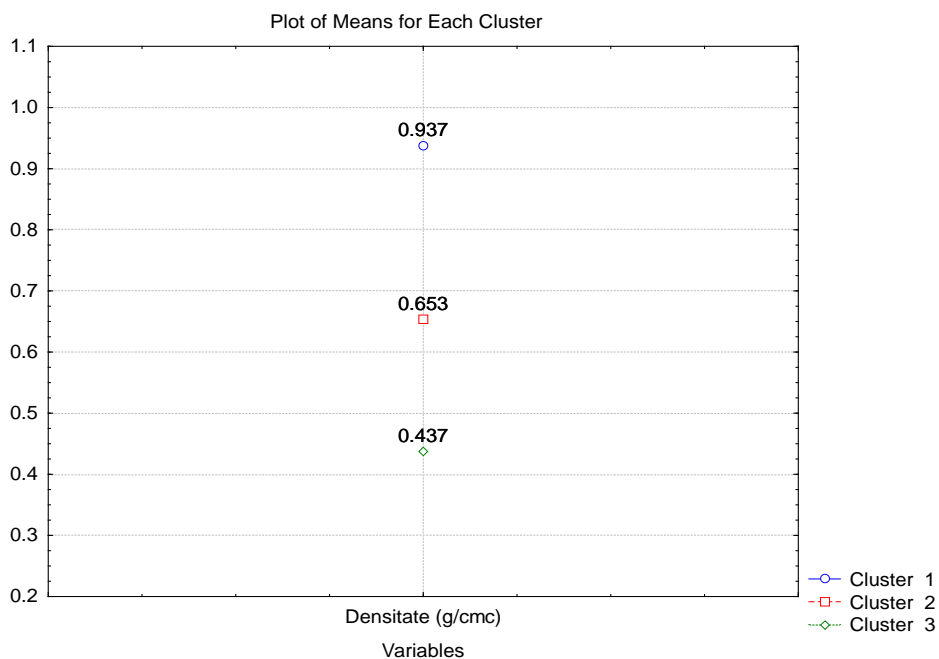


Figura 4.45. Analiza Cluster a variabilei densitatea lemnului

Pentru a testa diferența statistică între cele 3 cluster s-a realizat analiza varianței. Rezultatul (tabelul 4.20) arată că cele 3 cluster rezultate se diferențiază statistic.



Tabelul 4.20. Analiza variației clusterelor (semnificativ pentru $p < 0,05$)

Variabilă	Între cluster - SS	df	În interiorul clusterelor - SS	df	F	signif. - p
Densitate (g/cm ³)	33.677	2	6.769	1273	3.166,413	0,00

Tabelul 4.21. Exemple de specii pentru analiza Cluster a variabilei densitatea lemnului

Cluster	Nr. specii în cluster	Exemple specii
Cluster 1	47	<i>Enterolobium schomburgkii / oldemanii, Platonina insignis, Moronobea coccinea, Baikiaea insignis, Afzelia sp., Carpinus betulus</i>
Cluster 2	167	<i>Samanea saman, Nauclea (Sarcocephalus) diderrichii, Morus alba, Pterocarpus marsupium, Quercus palustris, Platanus occidentalis</i>
Cluster 3	105	<i>Psedotsuga menziesii, Prunus avium, Populus alba, Salix alba</i>

4.4.2. Gruparea speciilor în funcție de nuanța duramenului

Pentru a realiza analiza Cluster a variabilei nuanța duramenului s-a folosit soft-ul Statistica, adoptându-se soluția cu 3 cluster.

Primul cluster conține 248 de cazuri și are o valoare de 1,30 pentru această variabilă, cel de-al doilea cluster are o valoare de 1,17 și conține 309 cazuri, iar de-al treilea are valoarea 1,00 și prezintă 227 de cazuri.



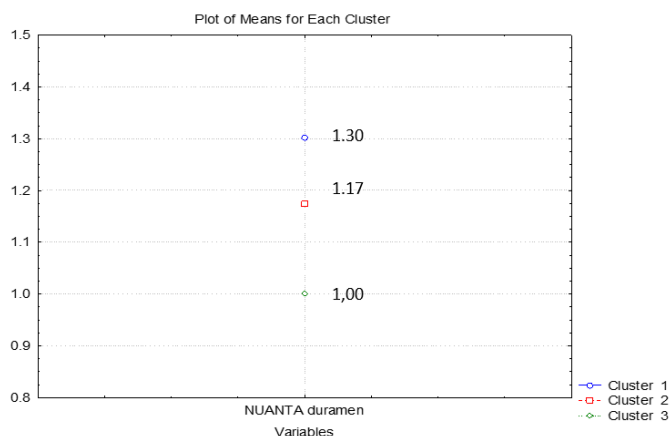


Figura 4.46. Analiza Cluster a variabilei nuanța duramenului

Tabelul 4.22. Exemple de specii pentru analiza Cluster a variabilei nuanța duramenului

Clustere	Nr. specii în cluster	Exemple specii
Cluster 1	62	<i>Sambucus racemosa</i> , <i>Platonia insignis</i> , <i>Scottellia klaineana</i> , <i>Quercus pubescens</i> , <i>Morus alba</i>
Cluster 2	77	<i>Nauclea (Sarcocephalus) diderrichii</i> , <i>Enterolobium schomburgkii / oldemanii</i> , <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus ponderosa/resinosa</i>
Cluster 3	70	<i>Afzelia sp.</i> , <i>Acacia arabica</i> , <i>Cynometra alexandri</i> , <i>Brachystegia spiciformis</i> , <i>Calophyllum sp.</i>

4.4.3. Corelațiile între parametrii culorii

Conform datelor prezentate în tabelul 4.23 există o corelație pozitivă între L^* alburn și L^* duramen (0,845) și între b^* alburn și croma în alburn (0,987). Corelație negativă se regăsește în cazul parametrului a^* în duramen și nuanța în duramen (-0,856), precum și între a^* în alburn și L^* alburn (-0,838). Cu ajutorul acestei corelații se poate observa că nu există nicio legătură între culoarea lemnului și densitatea acestuia.



Tabelul 4.23. Corelația Spearman între parametrii culorii și densitate

Variabilă	<i>L*</i> alburn	<i>a*</i> alburn	<i>b*</i> alburn	CROMA alburn	NUANȚA alburn	<i>L*</i> duramen	<i>a*</i> duramen	<i>b*</i> duramen	CROMA duramen	NUANȚA duramen	Densitate (g/cm ³)
<i>L*</i> alburn	1,000	-0,838	-0,369	-0,464	0,773	0,845	-0,468	0,636	0,407	0,650	-0,343
<i>a*</i> alburn		1,000	0,391	0,498	-0,898	-0,756	0,793	-0,487	-0,135	-0,824	0,310
<i>b*</i> alburn			1,000	0,987	-0,028	0,044	0,125	0,377	0,301	0,099	0,093
CROMA alburn				1,000	-0,141	-0,052	0,211	0,325	0,302	0,004	0,139
NUANȚA alburn					1,000	0,800	-0,712	0,655	0,294	0,866	-0,324
<i>L*</i> duramen						1,000	-0,590	0,462	0,236	0,754	-0,404
<i>a*</i> duramen							1,000	0,042	0,360	-0,856	0,218
<i>b*</i> duramen								1,000	0,932	0,413	-0,186
CROMA duramen									1,000	0,107	-0,088
NUANȚA duramen										1,000	-0,261
Densitate (g/cm ³)											1,000



CAPITOLUL 5. CONCLUZII

- ✓ În realizarea studiului s-a măsurat un număr considerabil mai mare de eşantioane a unor specii exotice;
- ✓ Distribuția eşantioanelor speciilor indigene este mult mai grupată pe intervale comparativ cu cele exotice în funcție de densitatea acestora;
- ✓ Clonele plopilor euramerici prezintă valorile parametrului L^* cele mai ridicate dintre toate speciile măsurate;
- ✓ Variație foarte mare a valorilor parametrului L^* în duramen;
- ✓ Valoarea medie a parametrului a^* prezintă o variație mare între alburn și duramen;
- ✓ Există diferențe între grupurile de specii exotice și indigene din punct de vedere al parametrului cromă în alburn, pe când din punct de vedere al parametrului cromă în duramen nu există diferențe;
- ✓ Valoarea minimă a parametrului nuanță din alburn și duramen prezintă o variație semnificativă, astfel că valoarea minimă a parametrului nuanță în alburn este de -1,57 unități, iar cea din duramen este de 0,65 unități;
- ✓ Există diferență statistică între cele 3 clustere realizate pentru analiza Cluster a densității lemnului.



BIBLIOGRAFIE

1. Ackerly, D.D., Mulkey, S.S., Chazdon, R.L., Smith, AP., 1996 Canopy structure and dynamics: integration of growth processes in tropical pioneer trees, *Tropical Forest plant ecophysiology.*, New York, NY Chapman and Hall, p. 619-659.
2. Aydin, I., Colakoglu, G., 2005. Effects of surface inactivation, high temperature drying and preservative treatment on surface and colour of alder and beech wood. *Applied Surface Science*, nr. 252, p. 430-440.
3. Baar, J., Wimmer, R., D'Amico, S., 2014. Dependence of colour and discolouration on total extractive content of African Padauk and Jatoba. *Wood Sci Technol.*, nr. 48, p.1155-1165;
4. Barnett, J.R., Jeronimidis, G., 2003. *Wood Quality and its Biological Basis*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, pp. 87-89
5. Berns, R.S., De La Rie, E.R., 2004. The effect of the refractive index of a varnish on the appearance of oil paintings. *Stud Conserv.*, nr. 48, p. 251-262;
6. Briggs, D.J.C., 2007. *Modern colour theory for traditional and digital painting media.*
7. Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G., Zanne, A.E., 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum, *Ecology Letters*, vol. 12 p. 351-366.
8. Csanady, E., Magoss, E., Tolvaj, L., 2015. *Quality of machined wood surfaces.* Springer International Publishing, New York;



9. De la Rie, E.R., 1987. The influence of varnishes on the appearance of paintings. *Stud Conserv.*, nr. 32, p.1–13;
10. Ellis, J., 2007. Silver as a wood preservative environmental Requirements and concerns. 38th Annual Meeting Jackson Lake Lodge, Wyoming. USA 20-24 May 2007.
11. Ellis, J., Jayachandran, K., Nicholas, D. 2007 silver the next generation wood preservative. 38th Annual Meeting Jackson Lake Lodge, Wyoming. USA 20-24 May 2007.
12. Fink, S., 1992. Transparent wood—a new approach in the functional study of wood structure. *Holzforschung* 46:403–408.
13. Forsthuber, B., Grull, G., Tscherne, F., 2010. Farblose Beschichtungen. Sonnenschutzmittel für Holz im Außenbereich? (Transparent coatings. Sunscreen for wood in outdoor use?). În: *Wiener Holzschutztage*. Wien, pp. 105–112.
14. Forsthuber, B., Illy, A., Grull, G. 2014. Photo-scanning colorimetry of wood and transparent wood coatings. În: *Eur. J. Wood. Prod.*, nr. 72, p. 487–495.
15. Forsthuber, B., Schaller, C., Grull, G., 2013. Evaluation of the photo stabilising efficiency of clear coatings comprising organic UV absorbers and mineral UV screeners on wood surfaces. În: *Wood Sci. Technol.*, nr. 47, p.281–297.
16. Ghelmeziu, N., Suciu, P.N., 1959. *Identificarea lemnului*, Ed. Tehnică, București.
17. Green, F., Arango, R.A., 2007. Wood protection by commercial silver formulations against Eastern subterranean termites, 38th Annual Meeting Jackson Lake Lodge, Wyoming. USA 20-24 May 2007.
18. Hauptmann, M., Muller, U., Obersriebnig, M., Gindl-Altmutter, W., Beck, A., Hansmann, C. 2013. The optical appearance of wood



- related to nanoscale surface roughness. *În: BioResources*, nr. 8, vol. 4038–4045.
19. Hon, D.N.S., Shiraishi, N., 2001. Color and Discoloration. In: Hon DNS, Minemura N (eds) *Wood and Cellulosic chemistry*, 2nd edn. Marcel Dekker, Basel, p. 385–442.
 20. King, D.A., Davies, S.J., Supardi, M.N.N., Tan, S., 2005. Tree growth is related to light interception and wood density in two mixed dipterocarp forests of Malaysia, *Functional Ecology*, vol. 19, p. 445-453.
 21. King, D.A., Davies, S.J., Tan, S., Noor, N.S.M., 2006. The role of wood density and stem support costs in the growth and mortality of tropical trees, *Journal of Ecology*, vol. 94, p. 670-680.
 22. Kollmann, F., Schneider, A., 1963. Über das sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer. *Holz als Roh-und Werkstoff*, nr. 21(3), p. 77-85.
 23. Kotradyova, V., Teischinger, A., Ebner, G., 2012. Aesthetic performance of different wood species—visual interaction of human being and wood (by analyzing the colour and the texture of wood separately). *În: Innov. Woodwork Ind. Eng. Des.*, nr. 1, p.25–30.
 24. Ljuljka, B., 1971. The effect of light on lacquered wood surfaces. *În: Eur. J. Wood Prod.*, nr. 29, p.224–231.
 25. Marschner, S.R., Westin, S.H., Arbree, A., Moon, J.T., 2005. Measuring and modeling the appearance of finished wood. *În: ACM Trans Graph*, nr. 24, p.727.
 26. McDonald, A.G., Lee, B., James, B., 2000. Influence of fiber length on the mechanical properties of wood- fiber/polypropylene prepreg sheets. In: *Polychar-8: 8 th International Conference on Polymer Characterization*.



27. Meichsner, G., Hiesgen, R., Esslinger, A., Schottka, A., 2011. Richtig Anfeuern, farbmetrische Charakterisierung von Holzoberflächen (Proper colour enhancement, colourimetric characterisation of wood surfaces) (In German). În: Farbe Lack, nr. 117, p. 24–29.
28. Meints, T., Teischinger, A., Stingl, R., Hansmann, C., 2017. Wood colour of central European wood species: CIELAB characterisation and colour intensification. În: European Journal of Wood and Wood Products, nr. 75 (4), p. 499-509.
29. Mitsui, K., 2004. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment: part 2. Effect of light-irradiation time and wavelength. În: Eur. J. Wood Prod., nr. 62, p. 23–30.
30. Moya, R., Berrocal, A., Rodriguez-Zuniga, A., Vega-Baudrit, J., Noguera, S.C., 2014. Effect of silver nanoparticles on white-rot wood decay and some physical properties of three tropical wood species. În: Wood and Fiber Science, nr. 46(4), p. 527-538.
31. Muller, U., Ratzsch, M., Schwanninger, M., Steiner, M., Zobl, H., 2003. Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV irradiation. În: J. Photochem. Photobiol. B. Biol., nr. 69, p. 97–105.
32. Muller-Landau, H., C., 2004. Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees În: Biotropica, vol. 36, p. 20-32).
33. Mureșan, A., 2014. Curs Evaluarea culorii. Disponibil la <http://www.tex.tuiasi.ro/biblioteca/carti/CURSURI/Prof.%20Dr.%20Ing.%20Augustin%20Muresan/Curs%2014.%20Evaluarea%20culorii.pdf>
34. Naji, H.R., Parsa Pajouh, D., Karimi, A.N., 2005. An investigation of effects of moisture content in high of tree on degree and depth of



- penetration of preservative celcure (A.C.C.) in poplar wood. În: Iranian Journal of Natural Resources, nr. 58(2), p.415-421.
35. Nishino, Y., Janin, G., Chanson, B., Detienne, P., Gril, J., Thibaut, B., 1998. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. În: J. Wood Sci., nr. 44, p.3–8.
36. Oltean, L., Teischinger, A., Hansmann, C., 2008. Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure. În: Eur. J. Wood Prod., nr. 66, p.51–56.
37. Panshin, A.J., de Zeeuw, C., 1980. Textbook of wood technology. New York, NYMcGraw-Hill Publishing Co.
38. Pleschberger, H., Teischinger, A., Müller, U., Hansmann, C., 2014. Change in fracturing and colouring of solid spruce and ash wood after thermal modification. În: Wood Material Science & Engineering, nr. 9(2), p. 92-101.
39. Poorter, L., 2008. The relationships of wood-, gas- and water fractions of tree stems to performance and life history variation in tropical trees În: Annals of Botany, vol. 102, p. 367-375.
40. Poorter, L., Wright, S.J., Paz, H. et al., 2008. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. În: Ecology, vol. 89, p. 1908-1920.
41. Popa, E., Popa, V., 2008. Measuring wood color by means of the coreldraw program. În: Pro Ligno, nr. 4(2).
42. Putz, F.E., Coley, P.D., Lu, K., Montalvo, A., Aiello, A., 1983. Uprooting and snapping of trees- structural determinants and ecological consequences. În: Canadian Journal of Forest Research, vol. 13, p. 1011-1020.



43. Sehlstedt-Persson, M., 2005. Properties of solid wood: responses to drying and heat treatment (Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet).
44. Sullivan, J.D., 1967. Color characterization of wood: spectrophotometry and wood color. În: For. Prod. J., nr. 17, p. 43–48.
45. Teischinger, A., Zukal, M.L., Meints, T., Hansmann, C., Stingl, R., 2012. Colour characterization of various hardwoods. În: The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Sopron, p.180-188.
46. Tolvaj, L., Faix, O., 1995. Artificial Ageing of Wood Monitored by DRIFT Spectroscopy and CIE L*a*b* Color Measurements. 1. Effect of UV Light. În: Holzforschung, vol. 49, p. 397-404.
47. Tolvaj, L., Mitsui, K., 2005. Light source dependence of the photodegradation of wood. În: J. Wood. Sci., nr. 51, p. 468-473.
48. van Gelder, H.A., Poorter, L., Sterck, F.J., 2006. Wood mechanics, allometry, and life-history variation in a tropical rain forest tree community. În: New Phytologist, vol. 171, p. 367-378.
49. *<https://cie.co.at>
50. *https://ro.wikipedia.org/wiki/Densitate#Metode_de_măsurare
51. *https://www.researchgate.net/figure/CIELAB-color-system_fig1_310836551
52. *<https://www.scrigroup.com/calculatoare/webdesign/Sisteme-de-reprezentare-si-mas35475.php>
53. *<https://www.sensorinstruments.de>



ANEXE

Anexa 1. Culoarea lemnului unor specii și valorile măsurate ale acesteia



Alstonia congensis
 $\rho=0,297$ $L^*=70,7$ $a^*=6,97$ $b^*=30,87$





Acer campestre
 $\rho=0,558$ $L^*=83,02$ $a^*=3,15$ $b^*=18,38$





Afzelia spp.

$\rho=0759$ $L^*=49,05$ $a^*=16,2$ $b^*=27,9$





Ailanthus altissima
 $\rho=0,556$ $L^*=84,99$ $a^*=1,74$ $b^*=19,79$





Buxus sempervirens
 $\rho=0,773$ $L^*=72,78$ $a^*=5,05$ $b^*=32,28$





Nauclea diderrichii

$\rho=0,715$ $L^*=55,47$ $a^*=12,9$ $b^*=39,16$





Catalpa speciosa
 $\rho=0,336$ $L^*=62,36$ $a^*=9,33$ $b^*=11,05$





Salix alba

$\rho=0,504$ $L^*=79,98$ $a^*=3,41$ $b^*=15,75$





Dalbergia nsisso





Dalbergia melanoxylon





Daniellia sp.





Juniperus procera





Microberlinia brazzavillensis





Albitzia hasslerii



Anexa 2. Inventar specii măsurate în laborator

Denumire științifică	Țara/locația
1. <i>Abies alba</i>	RO
2. <i>Abies pindrow</i>	Pakistan
3. <i>Acacia arabica</i>	Pakistan
4. <i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia melanoxylon
5. <i>Acacia mildbraedii</i>	Zair/Yangambi/1976
6. <i>Acer caesium</i>	Pakistan
7. <i>Acer campestre</i>	RO
8. <i>Acer platanoides</i>	RO
9. <i>Acer pseudoplatanus</i>	Acer pseudoplatanus
10. <i>Acer pseudoplatanus</i>	Acer pseudoplatanus
11. <i>Adansonia sp.</i>	Madagascar
12. <i>Adina (Haldina) cordifolia</i>	India
13. <i>Aesculus indica</i>	Pakistan
14. <i>Afrormosia (Pericopsis) elata</i>	Zair/Yangambi/1976
15. <i>Afzelia quanzensis</i>	Mozambic
16. <i>Afzelia sp.</i>	Africa
17. <i>Aglaiia (Amoora) sp.</i>	Vietnam
18. <i>Ailanthus altissima</i>	RO, 1980
19. <i>Albizia hasslerii</i>	Brazilia / 1969
20. <i>Albizia altissima (Cathormion altissimum)</i>	Zair/Yangambi/1976
21. <i>Albizia ferruginea</i>	Zair/Yangambi/1976
22. <i>Albizia obliquifoliolata (Cathormion obliquifoliolatum)</i>	Zair/Yangambi/1976
23. <i>Albizzia ferruginea</i>	Africa de vest
24. <i>Albizzia lebbeck</i>	Pakistan
25. <i>Allophyllus africanum</i>	Zair/Yangambi/1976



26. <i>Alnus glutinosa</i>	RO
27. <i>Alnus incana</i>	RO
28. <i>Alstonia boonei</i>	Coasta de Azur
29. <i>Amburana cearenala</i>	Brazilia / 1969
30. <i>Androstachys johnsonii</i>	Mozambic
31. <i>Aningeria altissima</i>	Angola
32. <i>Anogeissus latifolia</i>	Pakistan
33. <i>Antiaris toxicaria (africana)</i>	Africa
34. <i>Araucaria bidwillii</i>	Australia
35. <i>Araucaria cunninghamii</i>	Australia
36. <i>Aspidosperma olivaceum</i>	Argentina
37. <i>Astronium graveolens</i>	Brazilia / 1969
38. <i>Aucoumea klaineana</i>	Africa Centrală
39. <i>Autranella congolensis</i>	Zair
40. <i>Baikiaea insignis</i>	Zair/Yangambi/1976
41. <i>Baphia solheidi</i>	Zair/Yangambi/1976
42. <i>Beilschmiedia congolana</i>	Africa
43. <i>Beilschmiedia corbisieri</i>	Africa
44. <i>Berberis vulgaris</i>	RO
45. <i>Berlinia sp.</i>	Africa vestică
46. <i>Betula pendula</i>	RO
47. <i>Bobgunnia fistuloides</i>	Africa
48. <i>Bocoa provacensis</i>	Guyana
49. <i>Bombacopsis quinata</i>	Guyana
50. <i>Bombax (Rhodognaphalon) brevicuspe</i>	Africa
51. <i>Bombax ceiba (Salmalia malabarica)</i>	India
52. <i>Boswellia serrata</i>	India/Pakistan



53. <i>Bowdichia sp.</i>	Guyana franceză
54. <i>Brachystegia laurentii</i>	Zair/Yangambi/1976
55. <i>Brachystegia sp.</i>	Africa
56. <i>Brachystegia spiciformis</i>	Mozambic
57. <i>Brosimum rubescens</i>	Guyana
58. <i>Buchenavia fanshawei</i>	Guyana
59. <i>Bulnesia sarmientoi</i>	Argentina
60. <i>Buxus sempervirens</i>	Asia
61. <i>Calophyllum parviflorum</i>	Madagascar
62. <i>Calophyllum sp.</i>	Asia sud-estică/ 1982
63. <i>Calophyllum tomentosum</i>	Asia
64. <i>Canarium schweinfurthii</i>	Africa
65. <i>Carapa guianensis</i>	Guyana
66. <i>Carapa procera</i>	Zair/Yangambi/1976
67. <i>Cariniana pyriformis</i>	Guyana franceză
68. <i>Carpinus betulus</i>	RO
69. <i>Catalpa speciosa</i>	RO
70. <i>Catostemma commune</i>	Guyana
71. <i>Cedrela odorata (mexicana)</i>	Mexic
72. <i>Cedrus deodara</i>	Pakistan
73. <i>Ceiba pentrandra</i>	Africa
74. <i>Chrysophyllum lacourtianum</i> (<i>Gambeya lacourtiana</i>)	Zair/Yangambi/1976
75. <i>Chrysophyllum pruniforme</i>	Zair/Yangambi/1976
76. <i>Chrysophyllum (Gambeya) beguei</i>	Zair/Yangambi/1976
77. <i>Cinnamomum camphora</i>	China
78. <i>Coelocaryon botryoides/preussii</i>	Africa centrală
79. <i>Colubrina faralaotra</i>	Madagascar
80. <i>Copaifera sp.</i>	Brazilia / 1969



81. <i>Corylus colurna</i>	RO
82. <i>Cylicodiscus gabunensis</i>	Africa
83. <i>Cynometra alexandri</i>	Zair/Yangambi/1976
84. <i>Dacryodes buettneri</i>	Africa
85. <i>Dacryodes igaganga</i>	Africa
86. <i>Dialium cochinchinensis</i>	Vietnam
87. <i>Dipterocarpus alatus</i>	Vietnam
88. <i>Dipterocarpus sp</i>	Asia
89. <i>Dipterocarpus turbinatus</i>	Asia
90. <i>Entandrophragma angolense</i>	Zair/Yangambi/1976
91. <i>Entandrophragma candolei</i>	Zair/Yangambi/1976
92. <i>Entandrophragma cylindricum</i>	Zair/Yangambi/1976
93. <i>Entandrophragma palustre</i>	Zair/Yangambi/1976
94. <i>Entandrophragma utile</i>	Zair/Yangambi/1976
95. <i>Enterolobium schomburgkii / oldemanii</i>	Guyana
96. <i>Erythrina droogmansiana</i>	Zair/Yangambi/1976
97. <i>Erythrophleum guineense</i>	Zair/Yangambi/1976
98. <i>Gallesia integrifolia</i>	Brazilia / 1969
99. <i>Mangifera indica</i>	Pakistan
100. <i>Manilkara (Mimusops) sp</i>	Guyana franceză
101. <i>Markhamia stipulata</i>	Asia
102. <i>Melia azedarach</i>	Pakistan
103. <i>Mesua ferrea</i>	Asia
104. <i>Michelia champaca</i>	Asia
105. <i>Mitragyna (Fleroya) ciliata</i>	Africa
106. <i>Monopetalanthus spp.</i>	Africa
107. <i>Mora excelsa</i>	Guyana
108. <i>Moronobea coccinea</i>	Guyana



109. <i>Morus alba</i>	Pakistan
110. <i>Morus nigra</i>	RO
111. <i>Myroxylon balsamum/peruiferum</i>	America de sud
112. <i>Nauclea (Sarcocephalus) diderrichii</i>	Africa
113. <i>Nectandra grandiflora</i>	Brazilia
114. <i>Nectandra saligna</i>	Argentina
115. <i>Nesogordonia sp</i>	Africa
116. <i>Newtonia leucocarpa</i>	Congo
117. <i>Nothofagus dombeyi</i>	Argentina
118. <i>Nothofagus pumilio</i>	Argentina
119. <i>Ocotea (Nectandra) rodiei</i>	Guyana
120. <i>Olea capensis</i>	Africa
121. <i>Ougeinia dalbergioides</i>	Asia
122. <i>Palaquium ellipticum</i>	Asia
123. <i>Parahancornia amapa</i>	Guyana
124. <i>Parapiptadenia rigida</i>	Argentina
125. <i>Paratecoma peroba</i>	Brazilia
126. <i>Peltogyne spp.</i>	Guyana
127. <i>Pericopsis elata</i>	Africa
128. <i>Phyllostylon rhamnoides</i>	Argentina
129. <i>Picea abies</i>	RO
130. <i>Picea smithiana</i>	Pakistan
131. <i>Pinus cembra</i>	RO
132. <i>Pinus jeffreyi</i>	RO, prov. Hemeiuş
133. <i>Pinus nigra</i>	RO
134. <i>Pinus ponderosa</i>	RO, prov. Hemeiuş
135. <i>Pinus ponderosa/resinosa</i>	Canada
136. <i>Pinus roxburghii (longifolia)</i>	Pakistan



137. <i>Pinus sp.</i>	China
138. <i>Pinus strobus</i>	RO
139. <i>Pinus sylvestris</i>	RO
140. <i>Pinus wallichiana</i>	Pakistan
141. <i>Piptadeniastrum africanum</i>	Africa
142. <i>Platanus occidentalis</i>	RO
143. <i>Platanus orientalis</i>	RO
144. <i>Platanus x acerifolia</i>	RO
145. <i>Plathymenia reticulata</i>	Brazilia
146. <i>Platonia insignis</i>	Guyana franceză
147. <i>Platymiscium polystachyum</i>	America de Sud
148. <i>Podocarpus imbricatus</i>	Vietnam
149. <i>Poga oleosa</i>	Africa
150. <i>Populus alba</i>	RO, Păd. Comana/1985
151. <i>Populus euphratica</i>	Pakistan
152. <i>Populus nigra</i>	RO, Păd. Comana/1985
153. <i>Populus x euramericana I 214</i>	RO, lunci interioare / 1976
154. <i>Populus x euramericana R 16</i>	RO, lunci interioare / 1977
155. <i>Populus x euramericana Sacrau 79</i>	RO, lunci interioare / 1977
156. <i>Protium decandrum</i>	Guyana
157. <i>Prunus avium</i>	RO
158. <i>Prunus padus</i>	Pakistan
159. <i>Prunus serotina</i>	RO, Simeria/1982
160. <i>Prunus virginiana</i>	RO, Parcul Kiselef/1881
161. <i>Psedotsuga menziesii</i>	RO
162. <i>Pterocarpus angolensis</i>	Mozambic



163. <i>Pterocarpus marsupium</i>	Asia
164. <i>Pterocarpus sp.</i>	Africa
165. <i>Pterocarpus vernalis</i>	Brazilia
166. <i>Pterygota macrocarpa/bequaertii</i>	Africa
167. <i>Pycnanthus angolensis</i>	Africa
168. <i>Pyrus communis/pyraster</i>	RO
169. <i>Pyrus pyraster</i>	RO
170. <i>Qercus petraea</i>	RO
171. <i>Qualea sp.</i>	Guyana
172. <i>Quercus cerris</i>	RO
173. <i>Quercus dentata</i>	Coreea de Nord
174. <i>Quercus floribunda (dilatata)</i>	Pakistan
175. <i>Quercus palustris</i>	RO/Parcul Dendr Hemeiuș (BC)/1981
176. <i>Quercus pedunculiflora</i>	RO
177. <i>Quercus pubescens</i>	RO
178. <i>Quercus robur</i>	RO
179. <i>Rhizophora racemosa</i>	Africa
180. <i>Rhus typhina</i>	RO
181. <i>Ricinodendron sp.</i>	Africa
182. <i>Robinia pseudacacia</i>	RO
183. <i>Salix alba</i>	RO/arborete naturale, 9 ani/1977
184. <i>Samanea saman</i>	America latină
185. <i>Sambucus racemosa</i>	RO/Muntele Furnica/1883
186. <i>Scottellia klaineana</i>	Africa
187. <i>Simarouba amara</i>	Guyana engleză
188. <i>Solanum auriculatum</i>	Argentina



<i>189. Sophora japonica</i>	RO
<i>190. Staudtia kamerunensis</i>	Africa
<i>191. Swartzia leiocalycina</i>	Guyana franceză
<i>192. Symphonia globulifera</i>	Guyana engleză
<i>193. Syncarpia laurifolia</i>	Australia
<i>194. Terminalia januariensis / australis</i>	Brazilia / 1969
<i>195. Terminalia lucida</i>	-

