

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Bakalářská práce  
Tropická dřeva využívaná na podlahy a terasy

Autor: Jiří Hrdina  
Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Autor práce:             | Jiří Hrdina  |
| Studijní program:        | Dřevařství   |
| Specializace:            | Zpracování dřeva   |
| Vedoucí práce:           | doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.  |
| Garantující pracoviště:  | Katedra zpracování dřeva a biomateriálů  |
| Jazyk práce:             | Čeština  |
| Název práce:             | <b>Tropická dřeva využívaná na podlahy a terasy</b>  |
| Název anglicky:          | <b>Tropical timbers used for flooring and terraces</b>   |
| Cíle práce:              | Cílem práce je zmapovat současný stav a trendy ve využívání tropických dřev na podlahy a venkovní terasy. Popsat tyto dřeva a poukázat na vlastnosti, které jednotlivé dřeviny předurčují pro uvedené účely. U vybraných dřev ověřit měřením, zda dosahují vlastností deklarované v literatuře.  |
| Metodika:                | 1) Udělat průzkum trhu a zpracovat přehled v současnosti využívaných tropických dřev využívaných na podlahy a venkovní terasy.<br>2) Popsat tyto dřeva především z pohledu vlastností, které je předurčují pro využití na podlahové materiály.<br>3) U vybraných zástupců (Garapa, Ipé, Merbau, Bangkirai a Massaranduba) provést experimentální měření hustoty, sesychání a tvrdosti zaměřené na ověření uváděných vlastností.<br><br>časový harmonogram práce:<br>- shromáždění textových a obrazových podkladů: duben - září 2021<br>- experimentální měření: říjen – prosinec 2021<br>- vyhodnocení dat a tvorba vlastní práce: leden 2022 - březen 2022 |
| Doporučený rozsah práce: | 40 – 50 stran  |
| Klíčová slova:           | tropická dřeva, vlastnosti, podlahy, terasy  |

Doporučené zdroje informací:

1. GRÜN, K., HURDA, B. Lexikon tropických dřevin – 2. část. Praha: VVÚD, 1972. 380 s.
2. GRÜN, K., Lexikon tropických dřevin. Praha: VVÚD, 1971. 336 s.
3. Normy ČSN 49 0103, ČSN 49 0108, ČSN 49 0128 a ČSN EN 1534
4. POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda, 1993. 485 s. ISBN 80-07-00600-1
5. ROČEK, I. Dřeva tropických oblastí. Praha: ČZU, 2005. 327 s. ISBN 80-213-1346-3
6. WAGENFÜHR, R. Holzatlas. 6. vyd. Leipzig: Fachbuchverlag, 2000. 707 s. ISBN 978-3-446-40649-0
7. ZEIDLER, A., BORŮVKA, V. Stavba a vlastnosti dřeva exotických dřevin. 1. vyd. Praha ČZU, 2019. 108 s. ISBN 978-80-213-2992-8

Předběžný termín obhajoby: 2021/22 LS - FLD

Konzultant: Ing. Vlastimil Borůvka, PhD.

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma tropická dřeva využívaná na podlahy a terasy zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Aleše Zeidlera, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne . . . . .

. . . . .

.

Jiří Hrdina

## Poděkování

Rád bych touto cestou velice poděkoval doc. Ing. Aleši Zeidlerovi, PhD. a Ing. Vlastimilu Borůvkovi, PhD., Dipl. Mgmt. za podporu, ochotu, odborné vedení a cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

# Abstrakt

Cílem práce je zmapovat současný stav a trendy ve využívání tropických dřev na podlahy a venkovní terasy. Popsat tato dřeva a poukázat na vlastnosti, které jednotlivé dřeviny předurčují pro uvedené účely. U vybraných dřev měření ověřit, zda dosahují vlastností deklarovaných v literatuře.

Hustota byla měřena u 280 vzorků, podle normy ČSN 49 0108. Stanovení tvrdosti bylo provedeno na 25 vzorcích pomocí automatického tvrdoměru Falcon řady 500, metodou zkoušení tvrdosti podle Brinella při zatížení 500 kgf a průměrem kuličky 10 mm. Objemové, radiální, tangenciální a axiální bobtnání bylo stanoveno v souladu s normou ČSN 49 0126. Na zkoušku bobtnání bylo použito 255 vzorků.

Výsledky měření byly graficky znázorněny do podoby krabicových grafů pomocí programovacího jazyka R a knihovny ggplot2. Vyhodnocení dat proběhlo v tabulkovém editoru Microsoft Excel.

Nejvyšší hustota ( $999 \text{ kg/m}^3$ ), tvrdost (7,9 MPa), i bobtnání (18,5 %) bylo zjištěno u massaranduby. Naopak nejnižší hustotu ( $814 \text{ kg/m}^3$ ), tvrdost (6,8 MPa), a bobtnání (9,5 %) mělo Merbau.

Hustota všech dřev, kromě garapy, jejíž hustota byla trochu vyšší, se shodovala s údaji v literatuře. Tvrdost nebylo možné přesně porovnat, ale v případě ipe a massaranduby byla hodnota oproti očekávání asi o polovinu nižší. Dřevo merbau bobtná asi dvakrát méně, než ostatní dřeviny.

Klíčová slova: tropická dřeva, vlastnosti, podlahy, terasy

# Abstract

The aim of this work is to investigate the current state and trends in the use of tropical wood for floors and outdoor terraces. Describe these woods and point out the properties that make them ideal material for this use. For selected woods, verify by measuring whether they achieve the properties declared in the literature.

The density was measured on 280 samples, according to the ČSN 49 0108 standard. The hardness was determined on 25 samples by use of an automatic Falcon 500 series hardness tester, using brinell hardness test method at a load of 500 kgf and a ball diameter of 10 mm. Volumetric, radial, tangential and axial swelling were determined in accordance with standard ČSN 49 0126. For the swelling test were used 255 samples.

The measurement results were graphically represented in the form of box plot using the programming language R and the library ggplot2. The data were evaluated in a Microsoft Excel spreadsheet editor.

The highest density (999 kg / m<sup>3</sup>), hardness (7.9 MPa) and swelling (18.5%) were found in massaranduba. Merbau had the lowest density (814 kg / m<sup>3</sup>), hardness (6.8 MPa), and swelling (9.5%).

The density of all woods, except for the garage, which was slightly higher, matched the data in the literature. The hardness could not be accurately compared, but in the case of ipe and massaranduba, the value was about half lower than expected. Merbau swells about twice as much as other woods.

Keywords: tropical wood properties, floors, terraces

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| Úvod  | 11        |
| <b>1 ROZBOR PROBLEMATIKY</b>                            | <b>12</b> |
| 1.1.1 <i>Vlastnosti dřeva vhodného na podlahu</i>       | 12        |
| 1.1.2 <i>Dostupné exotické dřeviny</i>                  | 13        |
| 1.2 BANGKIRAI (SHOREA GLAUCA, SH. LAEVIS, SH. SPP.)     | 14        |
| 1.3 GARAPA (APULEIA LEIOCARPA)                          | 17        |
| 1.4 IPE (HANDROANTHUS SPP., TABEBUIA SPP.)              | 20        |
| 1.5 MASSARANDUBA (MANILKARA BIDENTA)                    | 23        |
| 1.6 MERBAU (INTSIA BIJUGA, AFZELIA BIJUGA, INTSIA SPP.) | 27        |
| <b>2 METODIKA</b>                                       | <b>30</b> |
| 2.1 PŘÍPRAVA VZORKŮ                                     | 30        |
| 2.1.1 <i>Vzorky pro stanovení bobtnání</i>              | 30        |
| 2.1.2 <i>Vzorky pro stanovení tvrdosti</i>              | 30        |
| 2.2 STANOVENÍ HUSTOTY                                   | 30        |
| 2.3 STANOVENÍ TVRDOSTI                                  | 31        |
| 2.4 STANOVENÍ BOBTNÁNÍ                                  | 31        |
| 2.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT                          | 32        |
| <b>3 VÝSLEDKY</b>                                       | <b>33</b> |
| 3.1 HUSTOTA   | 33        |
| 3.2 TVRDOST   | 34        |
| 3.3 BOBTNÁNÍ  | 37        |
| 3.4 VZTAH MEZI HUSTOTOU, TVRDOSTÍ A BOBTNÁNÍM           | 40        |
| <b>DISKUSE</b>  | <b>41</b> |
| HUSTOTA   | 41        |
| TVRDOST   | 41        |
| BOBTNÁNÍ  | 42        |
| <b>ZÁVĚR</b>  | <b>44</b> |
| <b>POUŽITÉ ZDROJE</b>                                   | <b>45</b> |
| <b>Přílohy</b>  | <b>56</b> |



## **Seznam tabulek a obrázků:**

**Tabulka 1.** Přehled používaných dřevin a jejich původ

**Tabulka 2.** Srovnání výsledků měření hustoty při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

**Tabulka 3.** Srovnání výsledků měření tvrdosti radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

**Tabulka 4.** Srovnání výsledků měření tvrdosti tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

**Tabulka 5.** Tvrdost transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

**Tabulka 6.** Srovnání výsledků měření objemového bobtnání s literaturou

**Tabulka 7.** Srovnání výsledků měření bobtnání v radiálním směru s literaturou

**Tabulka 8.** Srovnání výsledků měření bobtnání v tangenciálním směru s literaturou

**Tabulka 9.** Bobtnání v axiálním směru

**Obrázek 1.** Makroskopická stavba *Shorea glauca*

**Obrázek 2.** Mikroskopická stavba *Shorea glauca*

**Obrázek 3.** Makroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*

**Obrázek 4.** Mikroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*

**Obrázek 5.** Makroskopická stavba *Handroanthus* spp.

**Obrázek 6.** Mikroskopická stavba *Handroanthus heptaphyllus*

**Obrázek 7.** Makroskopická stavba *Manilkara bidenta*

**Obrázek 8.** Mikroskopická stavba *Manilkara bidenta*

**Obrázek 9.** Makroskopická stavba *Intsia bijuga*

**Obrázek 10.** Mikroskopická stavba *Intsia bijuga*

**Obrázek 11.** Hustota při vlhkosti dřeva 12 %

**Obrázek 12.** Tvrdost radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

**Obrázek 13.** Tvrdost tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

**Obrázek 14.** Tvrdost transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

**Obrázek 15.** Objemové bobtnání

**Obrázek 16.** Bobtnání v radiálním směru

**Obrázek 17.** Bobtnání v tangenciálním směru

**Obrázek 18.** Bobtnání v axiálním směru

# Úvod

## 1 Rozbor problematiky

Mikroskopický popis je založený na systému pro identifikaci dřeva uvedeného ve vědeckém časopisu IAWA journal v publikaci "IAWA list of microscopic features for hardwood identification (Wheeler, 1989)". Pokud je pod stejným obchodním názvem prodáváno několik různých druhů, je popsán pouze jeden.

Trvanlivost dřeva je uvedena podle britské normy BS EN 350-2016, protože český ekvivalent této normy (ČSN EN 350-2) neobsahuje všechny vybrané dřeviny. Jelikož se v obou případech jedná o mezinárodní evropskou normu, jsou zkušební metody a jejich vyhodnocení stejné. Norma řadí dřeva do pěti tříd podle jejich odolnosti vůči hnilobě. První třída je nejméně náchylná k poškození a s rostoucím číslem tato odolnost klesá. Podle odolnosti vůči napadení hmyzem se dřevo řadí do dvou tříd (Odolné (D), neodolné (S)). Odolnost proti napadení termity a odolnost vůči mořským organismům mají 3 třídy (odolné (D), poměrně odolné (M), neodolné (S)). Podle obtížnosti impregnace se dřevo řadí do 4 tříd. První třída znamená nejsnazší impregnaci, čtvrtá nejobtížnější).

### 1.1. Vlastnosti dřeva vhodného na podlahu

Jedním z hlavních ukazatelů vhodnosti použití dřeva jako podlahoviny je jeho hustota. Dřevo s vyšší hustotou má zpravidla lepší mechanické vlastnosti, je pevnější, odolnější vůči opotřebením (Požgaj, 1997) a dosahuje delší životnosti (Coelho, 2021). Hustota dřeva je dána zejména jeho anatomickou stavbou (De Mil, 2018; Ziemińska, 2013) a obsahem extraktivních látek, které zvyšují jeho hmotnost, ale na mechanické vlastnosti vliv nemají (Walker, 2016).

Tropické dřeviny mají zpravidla mnohem vyšší objemovou hmotnost než tuzemské, ale zároveň mají obvykle nižší bod nasycení vláken (BNV), což je do jisté míry způsobeno extraktivními látkami (Jankowska, 2017). Menší hodnotu celkového objemového seschnutí u tropických dřevin oproti tuzemským je možné vysvětlit tím, že mají nižší BNV a proto sesychají v kratším intervalu (Achmadi, 1991; Jankowska, 2017).

Další důležitou vlastností dřeva na podlahu je tvrdost. I její hodnota stoupá s hustotou dřeva (Požgaj, 1997). Nutno však podotknout, že se vzrůstající vlhkostí v intervalu od 0 % do BNV se sice hustota dřeva zvyšuje, ale hodnota tvrdosti klesá asi o 1 až 2 % na každé procento vlhkosti dřeva (Wang, 1999; Forest Products Laboratory, 2021). Tvrdost určuje obrusnost nášlapné vrstvy podlahy a tím i její životnost (Coelho, 2021).

Obrusnost vyjadřuje náchylnost podlahy k úbytku materiálu z nášlapné vrstvy vlivem působení abraziva (nejčastěji prachu a písku) v kombinaci s třením podrážek bot a stanovuje se dle ČSN 91 0276. V případě měkkých dřev je vhodné opatřit podlahu povrchovou úpravou, která převeze roli obrusnosti a zvýší tvrdost nášlapné vrstvy.

### 1.1.2 Dostupné exotické dřeviny

V České republice působí několik firem dovážejících exotické dřevo pro podlahy i terasy. Na základě nabídky největších z nich, jako jsou JAF HOLZ s. r. o., DLH Hrdina s. r. o., Au-Mex s. r. o., Pechar s. r. o., byl sestaven přehled dostupných druhů dřev, který ukazuje tabulka 1. Mezi nejprodávanější dřeva patří bangkirai, garapa, ipe, massaranduba a merbau.

Tabulka 1. Přehled používaných dřevin a jejich původ

|            |  |
|------------|--|
| Afrika     | Adadua, Azobe, Badi, Bosse, Dousite, Garapa, Gombeira, Havea, Iroko, Makore, Merbau, Okan, Okoume, Padouk, Sapele, Tali, Teak, Wenge |
| Amerika    | Americký ořech, Cumaru, Havea, Ipe, Jatoba, Mahagon, Massaranduba, Sucupira, Tatajuba, Tauari, Teak                                  |
| Asie       | Bangkirai, Havea, Merbau, Teak   |
| Austrálie  | Merbau   |
| Indie      | Bangkirai, Jatoba  |
| Madagaskar | Palisandr  |

## 1.2 Bangkirai (*Shorea glauca*, *Sh. laevis*, *Sh. spp.*)

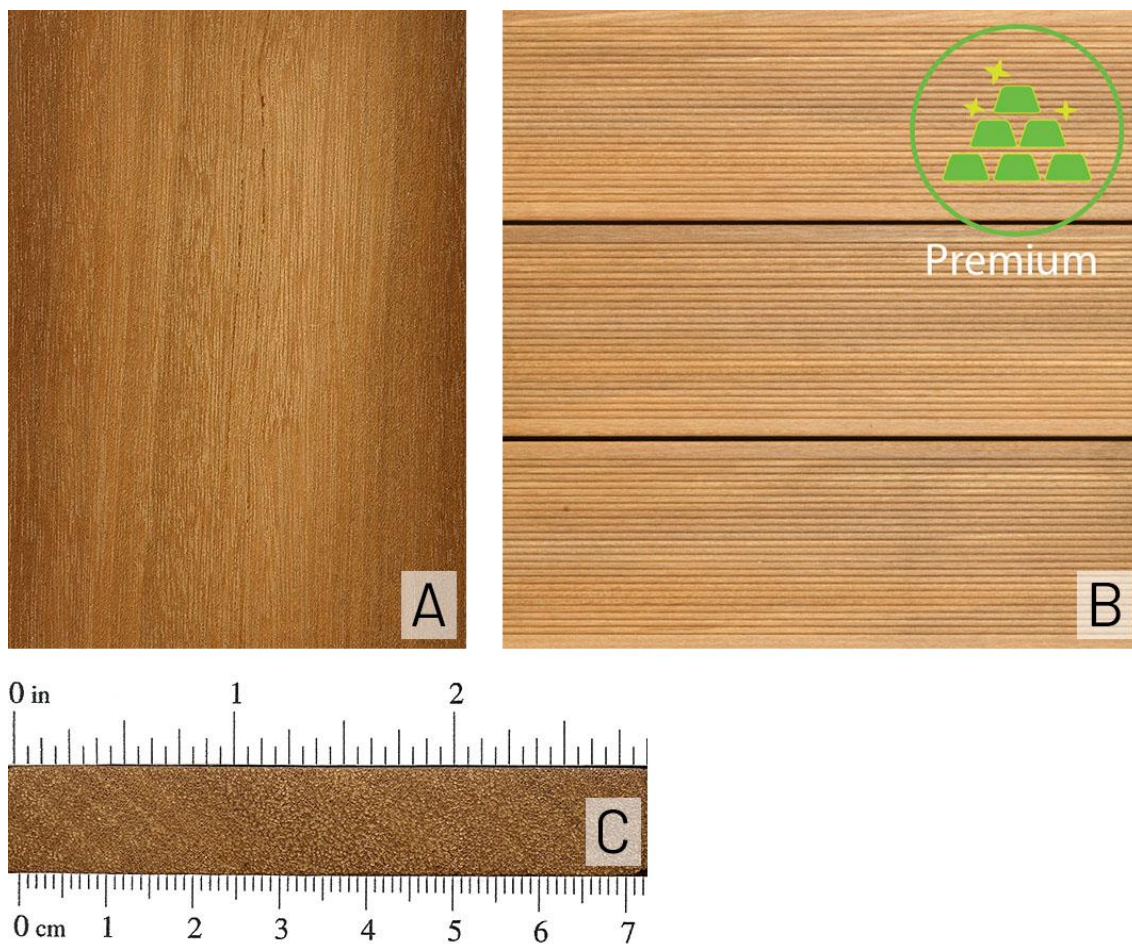
### Základní informace

|                 |   |
|-----------------|---|
| Rodina:         | Dipterocarpaceae (angiosperm)   |
| Vědecký název:  | <i>Shorea glauca</i> (King), <i>Sh. laevis</i> (Ridl), <i>Sh. spp.</i>  |
| Obchodní názvy: | Bangkirai, Balau (TROPIX, BANGKIRAI, 2022)  |
| Místní názvy:   | <b>Indie</b> – Sal<br><b>Indonésie</b> – Agelam, Balau, Bangkirai, Benuas, Kedawng, Kumus, Pooti, Selangan batu<br><b>Malajsie</b> – Balau, Balau kumus, Balau simantok, Damar laut, Selangau batu, Sengkawang, Sengkawan darat, Yellow balau<br><b>Myanmar</b> – Thitya<br><b>Filipíny</b> – Gisok, Malaykal, Yakal<br><b>Thajsko</b> – Ak, Aek, Chan, Pa-Yom dong |
| Výskyt:         | Thajsko, Malajsie, Indonésie (Newman, 2017)   |

Bangkirai je vždyzelený listnatý strom rostoucí v tropických oblastech Asie a Oceánie. Název Yellow Balau se používá pro dřevo dovezené z Malajsie, název Bangkirai pro dřevo z Indonésie (Forest Products Laboratory, 2021; TROPIX, BANGKIRAI, 2022; Gérard et al., 2017). Rod *Shorea* zahrnuje asi 200 různých druhů. Dorůstá výšky až 28 m. Má rovný, válcovitý kmen, který je do výšky 15 - 20 m bez větví. Průměr kmene dosahuje až 0,8 m. Kůra je šedá, asi 3 cm tlustá (Wagenführ, 2000). V IUCN červeném listu ohrožených druhů jsou některé druhy uvedeny jako "Endangered", ohrožené v kategorii A2cd (Newman, 2017) nebo „Critically endangered“, kriticky ohrožené v kategorii B1ab (Rivers, 2019). Jeho dřevo se používá na podlahy do náročných provozů, výrobu lodí, nábytek a konstrukce v exteriéru a stavbu mostů.

### Makroskopická stavba

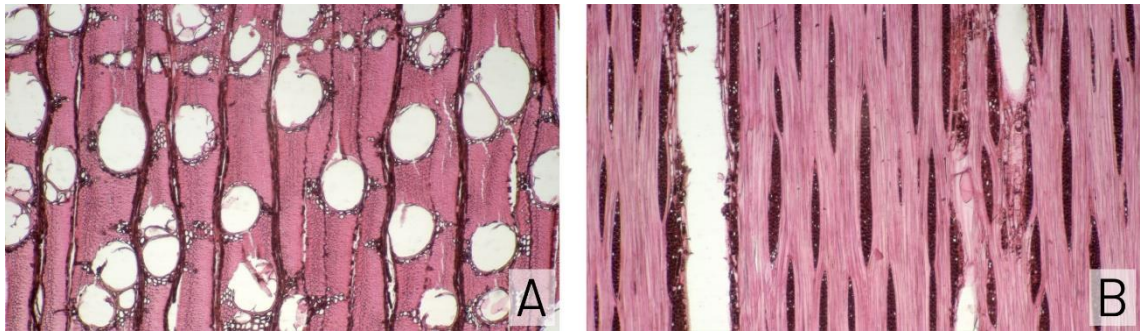
Bangkirai je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Běl je široká 2 až 8 cm a není od jádra výrazně odlišená. Jádro má žluto-hnědou až červeno-hnědou barvu. Textura tangenciálního řezu není moc výrazná. Na radiálním řezu je textura pruhovaná. Letokruhy jsou nevýrazné. Cévy jsou obklopeny parenchymatickými buňkami. Dřeňové paprsky jsou na transverzálním řezu špatně viditelné. Na radiálním i tangenciálním řezu jsou vidět bílé pryskyřičné kanálky. Na řezu se mohou objevovat černé díry. Dřevo je tak těžké, že na vodě neplave (TROPIX, BANGKIRAI, 2022; Gérard et al., 2017; Wagenführ, 2000).



Obrázek 1. Makroskopická stavba *Shorea glauca*. A – radiální řez (wood-database, 2022), B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.), C – transverzální řez (wood-database, 2022)

### Mikroskopická stavba

Bangkirai je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Hranice letokruhu jsou nevýrazné. Velkou část povrchu axiálního řezu pokrývají fibrily s tlustou buněčnou stěnou. Cévy mají na transverzálním řezu průměr lumenu 100 – 200  $\mu\text{m}$  a shlukují se kolem nich parenchymatické buňky, které mohou obklopit celou cévu (vazicentrický parenchym), častěji však tvoří krátké shluky rozšiřující se z jedné strany cévy v tangenciálním směru (aliformní, křídlový parenchym). V parenchymatických buňkách se mohou vyskytovat prizmatické krystaly. Dřeňové paprsky jsou nehomogenní, široké 4 až 10 buněk a více než 1 mm vysoké. Na konci dřeňových paprsků jsou 2 až 4 řady stojících buněk (InsideWood, 2022; Wheeler, 1989).



Obrázek 2. Mikroskopická stavba *Shorea glauca*. A – Transverzální řez, B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022)

### Vlastnosti

Jedná se o těžké dřevo s objemovou hmotností  $910 \text{ kg / m}^3$  při 12 % vlhkosti. V surovém stavu má větší hustotu než voda (až  $1100 \text{ kg / m}^3$ ) a neplave. Při nulové vlhkosti se jeho hustota pohybuje v intervalu  $800$  až  $900 \text{ kg / m}^3$ . Tomu odpovídá i jeho vysoká tvrdost dosahující průměrné hodnoty  $7,3 \text{ MPa}$  podle Monina. Pevnost v tlaku se uvádí  $85 \text{ MPa}$ , ohybová pevnost  $150 \text{ MPa}$  a modul pružnosti  $22940 \text{ MPa}$ . Celkově lze říci, že se jedná o těžké, pevné a odolné dřevo s dobrými mechanickými vlastnostmi.

Tvarově je poměrně stabilní, koeficient objemového sesychání je celkem vysoký  $0,68 \%$ . Objemově sesychá o  $8,1$  až  $14 \%$ , radiálně o  $4,2 \%$ , tangenciálně o  $9,5 \%$  a poměr radiálního k tangenciálnímu seschnutí je  $2,3 \%$ . Sušení je obtížné a musí probíhat pomalu. Během sušení dochází k tvorbě trhlin, borcení a úniku pryskyřice (TROPIX, BANGKIRAI, 2022; Wagenführ, 2000).

Navzdory vysoké objemové hmotnosti se obrábí poměrně snadno. Musí se však počítat s vyšším otupením nástrojů a doporučuje se používat řezné nástroje s břity ze slinutého karbidu. Nepravidelný průběh vláken může působit potíže při hoblování. I přes obsah pryskyřice ve dřevě je lepení možné, jsou-li dodrženy doporučené technologické podmínky. Lepení by mělo být použito pouze pro výrobky do interiéru. V kontaktu s kovem se na dřevě rychle tvoří výrazně zbarvené skvrny (TROPIX, BANGKIRAI, 2022; Wagenführ, 2000).

Dřevo je velice trvanlivé. Odolností proti hnilobě se řadí do druhé třídy. Je odolné proti hmyzu (D), termitům (D) i mořským organismům (D). Jádro je extrémně obtížně impregnovatelné (4) (BS EN 350-2016, 2016).

## 1.3 Garapa (*Apuleia leiocarpa*)

### Základní informace

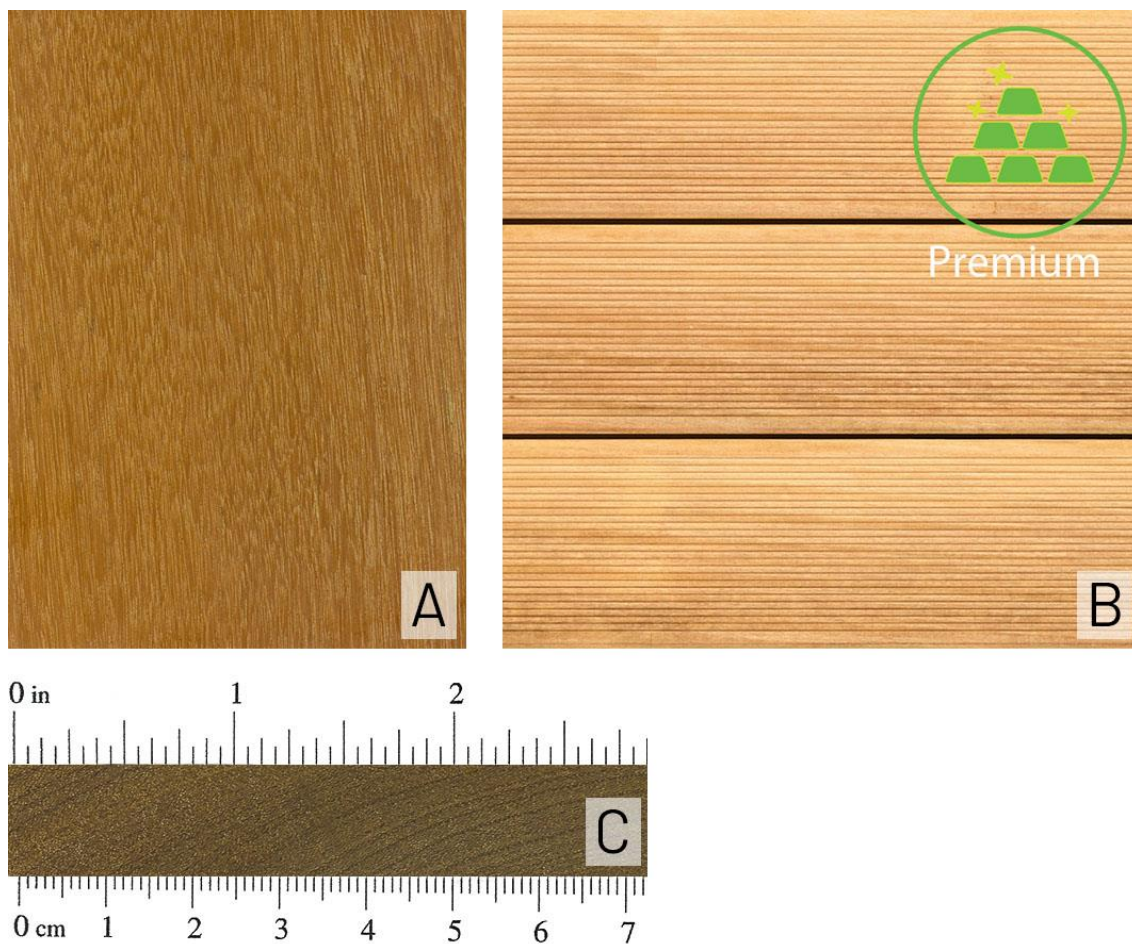
|                 |   |
|-----------------|---|
| Rodina:         | Fabaceae-caesalpinioideae (angiosperm)  |
| Vědecký název:  | <i>Apuleia leiocarpa</i> (J. Vogel)   |
| Obchodní názvy: | Garapa, Grapia  |
| Místní názvy:   | <b>Argentina</b> – Ibira pere<br><b>Bolívie</b> – Amarillo, Almendrillo<br><b>Brazílie</b> – Barajuba, Garapa, Grapia, Muirajuba, Amarelao, Ferro, Gema-de-ovo, Jatai-amarelo, Muirataua<br><b>Kolumbie</b> – Cobre<br><b>Paraguay</b> – Yvira-pere, Grapia<br><b>Peru</b> – Ana<br><b>Venezuela</b> – Gateado, Mapurite (TROPIX, GARAPA, 2022) |
| Výskyt:         | Jižní Amerika (Canteiro, 2021)  |

Garapa je vždyzelený listnáč rostoucí v tropických deštných pralesích Jižní Ameriky. *Apuleia leiocarpa* var. *molaris* se nachází v Amazonském pralese v záplavových oblastech. *Apuleia leiocarpa* se nachází zejména na jihu Brazílie, převážně v lesích na pobřeží Atlantiku. Garapa dorůstá výšky 25 až 30 m. Má válcovitý, obvykle křivě rostoucí kmen o průměru 0,6 až 1 m, který vytváří nízké kořenové náběhy. Koruna je široce rozvětvená, nepřilíš hustá. Její průměr je 6 až 8 m. Kůra je tenká, příčně šupinatá a má hnědo-žlutou barvu (ITTO LESSER USED SPECIES, *grapiagarapagarapeira-apuleia-leiocarpa*, 2022). V IUCN červeném listu ohrožených druhů je vedený jako “least concern”, nejmenší obavy (Canteiro, 2021). Jeho dřevo se používá na podlahy, stavebně-truhlářské výrobky, mořská díla, stavbu lodí, soustružené předměty, truhlářské výrobky do interiéru i exteriéru, madla nástrojů.

### Makroskopická stavba

Garapa je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Běl je široká 5 až 11 cm, dobře odlišená od jádra. Dřevo má oranžovo-žlutou barvu, která s věkem dřeviny tmavne až do světle-hnědé. Má zajímavou strukturu. Průběh vláken může být rovný nebo nepravidelný, s lehce stuhovitým vzhledem. Letokruhy jsou nevýrazné. Cévy jsou hustě zastoupené po celém průřezu a mají úzký lumen. Jsou vidět jako světlé tečky.

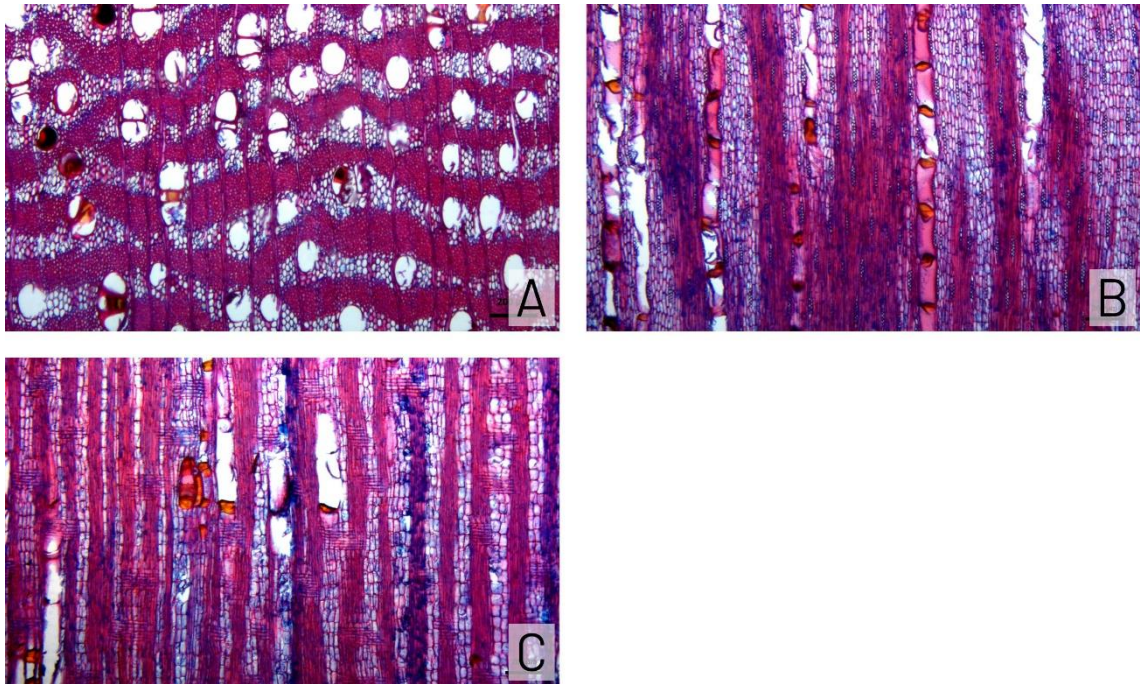




Obrázek 3. Makroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*. A – tangenciální řez (wood-database, 2022), B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.), C – transverzální řez (wood-database, 2022)

### Mikroskopická stavba

*Garapa* je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Hranice letokruhu jsou nevýrazné. Na axiálním řezu pozorujeme velké množství axiálního parenchymu v marginálních pásech do tří buněk širokých. Šířka buněčné stěny fibril je tenká až tlustá. Cévy mají na transverzálním řezu průměr lumenu 50 – 200  $\mu\text{m}$  a shlukují se kolem nich parenchymatické buňky tvořící krátké shluky rozšiřující se z jedné strany cévy v tangenciálním směru (aliformní, křídlový parenchym). Parenchymatické buňky mohou okolo cév tvořit i vzor připomínající diamant. V parenchymatických buňkách se mohou vyskytovat prizmatické nebo křemíkové krystaly. Dřeňové paprsky jsou nehomogenní, široké 1 až 3 buňky a mohou se v nich vyskytovat křemíkové krystaly. Na konci dřeňových paprsků jsou 2 až 4 řady stojících buněk (InsideWood. 2022; Wheeler, 1989)



Obrázek 4. Mikroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*. A – Transverzální řez, B – Tangenciální řez, C – Radiální řez (InsideWood, 2022)

### Vlastnosti

Jedná se o středně-těžké až těžké dřevo s objemovou hmotností  $790 \text{ kg / m}^3$  při 12 % vlhkosti. V surovém stavu má větší hustotu než voda a neplave. Při nulové vlhkosti se jeho hustota pohybuje kolem  $740 \text{ kg / m}^3$ . Je tvrdé, tvrdost podle monina v průměru dosahuje 6,7 Mpa. Pevnost v tlaku se uvádí 63 MPa, ohybová pevnost 116 MPa a modul pružnosti 15880 MPa. Celkově lze říci, že se jedná o poměrně těžké, pevné a odolné dřevo s relativně dobrými mechanickými vlastnostmi. (TROPIX, GARAPA, 2022; Gérard et al., 2017)

Tvarově je celkem stabilní, koeficient objemového sesychání je 0,52 %. Objemově sesychá o 11,4 %, radiálně o 4,2 %, tangenciálně o 7,5 % a poměr radiálního k tangenciálnímu seschnutí je 1,8 %. Sušení by mělo probíhat pomalu, při dodržení vhodných technologických podmínek nedochází k přílišnému praskání ani borcení. (TROPIX, GARAPA, 2022; Gérard et al., 2017)

Vzhledem k vysokému obsahu oxidů křemíku a nepravidelnému průběhu vláken se doporučuje nižší rychlost posuvu a menší úhel řezu. Rychle otupuje nástroje. Doporučuje se používat řezné nástroje s břity ze slinutého karbidu. Lze snadno lepit. Spojování vruty a hřebíky je spolehlivé, ale je potřeba nejprve předvrtat otvory. (TROPIX, GARAPA, 2022; Gérard et al., 2017)

Dřevo je poměrně trvanlivé. Odolností proti hnilobě se řadí do třetí třídy. Je odolné proti hmyzu (D), středně odolné proti termitům (M) a odolné proti mořským organismům (D). Jádru i bělu jsou obtížně impregnovatelné (3) (BS EN 350-2016, 2016).

## 1.4 Ipe (Handroanthus spp., Tabebuia spp.)

### Základní informace

|                 |   |
|-----------------|---|
| Rodina:         | Bignoniaceae (angiosperm)   |
| Vědecký název:  | Handroanthus spp., Tabebuia spp. (synonymum)  |
| Obchodní názvy: | Ipe, Lapacho, Bethabara   |
| Místní názvy:   | <b>Argentina</b> – Lapacho<br><b>Bolívie</b> – Ipe, Lapacho, Tajibo<br><b>Brazílie</b> – Ipe, Ipe roxo, Pau d'arco<br><b>Kolumbie</b> – Canaguante, Polvillo, Roble morado<br><b>Guyana</b> – Hakia, Ironwood, Ebene verde<br><b>Paraguay</b> – Lapacho negro<br><b>Peru</b> – Ebano verde, Tahuari<br><b>Suriname</b> – Groenhart<br><b>Trinidad a Tobago</b> – Puy, Yellow poui<br><b>Venezuela</b> – Acapro, Araguaney, Puy<br>(Chudnoff, 1984; TROPIX, IPE, 2022) |
| Výskyt:         | Střední a Jižní Amerika (Hills, 2021)   |

Ipe je vždyzelený listnatý strom rostoucí v tropických oblastech Ameriky na různých stanovištích od nejnvýše postavených kopců přes břehy řek a lesy. Název ipe se používá pro skupinu lapacho rodu Handroanthus, která obsahuje asi 20 druhů. Ipe může dorůst do výšky až 45 m, ale běžně dosahuje 36 m. Má rovný, válcovitý kmen, který je do výšky 15 až 20 m bez větví. Průměr kmene se nejčastěji pohybuje okolo 0,5 m, nicméně 2m průměr je možný. Často tvoří malé až středně velké kořenové náběhy (Forest Products Laboratory, 2021; Chudnoff, 1984; ITTO LESSER USED SPECIES, ipe-tabebuia-impetiginosa, 2022). V IUCN červeném listu ohrožených druhů je uvedený jako "Near threatened", blízko ohrožení v kategorii A3cd+4cd (Hills, 2021). Jeho dřevo se používá na podlahy do náročných provozů, madla nástrojů, těžké konstrukce, tunelářské práce, stavební konstrukce v kontaktu s vodou, soustružené předměty, truhlářské výrobky do interiéru i exteriéru.

### Makroskopická stavba

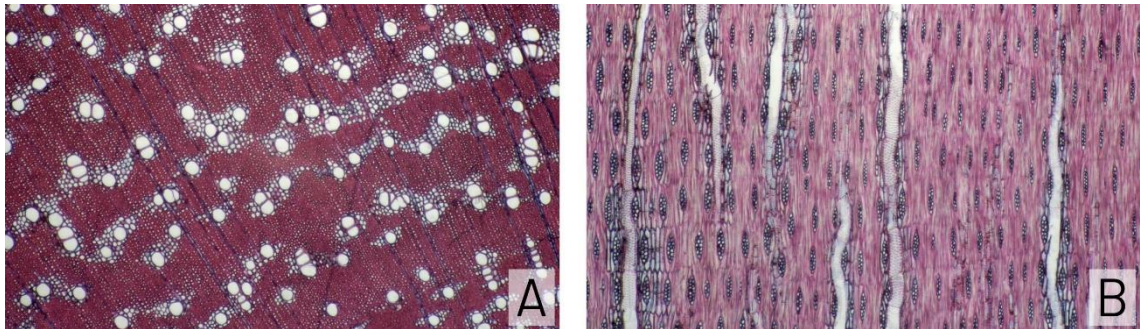
Ipe je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Běl je široká 3 až 9 cm, má světle-žlutou barvu a je od jádra výrazně odlišená náhlým barevným přechodem. Jádro má olivově-hnědou až načernalou barvu, často se světlejšími či tmavšími pruhy, často je pokryté žlutým prachem. Průběh vláken je přímý až velmi nepravidelný. Hranice letokruhu jsou nezřetelné. Cévy společně s axiálním parenchymem tvoří nápadné vlnovky probíhající v tangenciálním směru.



Obrázek 5. Makroskopická stavba *Handroanthus* spp. A – tangenciální řez (wood-database, 2022), B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.), C – transverzální řez (wood-database, 2022)

### Mikroskopická stavba

Ipe je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Hranice letokruhu jsou nevýrazné. Fibrily mají tlustou buněčnou stěnu. Cévy mají na transverzálním řezu průměr lumenu 50 – 100  $\mu\text{m}$  a shlukují se kolem nich parenchymatické buňky, které mohou obklopit celou cévu (vazicentrický parenchym), častěji však tvoří krátké shluky rozšiřující se z jedné strany cévy v tangenciálním směru (aliformní, křídlový parenchym). Parenchymatické buňky mohou okolo cév tvořit i vzor připomínající diamant. Dále parenchymatické buňky tvoří marginální pásy. Ve fibrilách a parenchymatických buňkách se mohou vyskytovat prizmatické krystaly. Dřeňové paprsky jsou homogenní, široké 1 až 3 buňky (InsideWood, 2022; Wheeler, 1989)



Obrázek 6. Mikroskopická stavba *Handroanthus heptaphyllus*. A – Transverzální řez, B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022)

### Vlastnosti

Jedná se o mimořádně těžké dřevo s objemovou hmotností  $1040 \text{ kg / m}^3$  při 12 % vlhkosti. I vysušené na 12% má větší hustotu než voda a neplave. Při nulové vlhkosti se jeho hustota pohybuje okolo  $850 \text{ kg / m}^3$ . Tomu odpovídá i jeho značně vysoká tvrdost dosahující průměrné hodnoty  $14,6 \text{ MPa}$  podle Monina. Pevnost v tlaku se uvádí  $95 \text{ MPa}$ , ohybová pevnost  $166 \text{ MPa}$  a modul pružnosti  $22760 \text{ MPa}$ . Celkově lze říci, že se jedná o jedno z nejtěžších a nejtvrdějších dřev. Je odolné a má dobré mechanické vlastnosti.

Přestože má vysoký koeficient objemového seschnutí s průměrnou hodnotou 0,68, uvádí se jako tvarově stabilní v provozních podmínkách. Objemově sesychá o 13,2 %, radiálně o 5,1 až 6,6 %, tangenciálně o 6,4 až 8 % a poměr radiálního k tangenciálnímu seschnutí je 1,3 %. Na vzduchu schne rychle, bortí se a praská jen málo (Chudnoff, 1984; TROPIX, IPE, 2022).

Vzhledem k vysoké hustotě se poměrně obtížně obrábí a rychle otupuje nástroje. Doporučuje se používat řezné nástroje s břity ze slinutého karbidu. Dřevní prach vznikající během obrábění způsobuje podráždění pokožky (Chudnoff, 1984). Nepravidelný průběh vláken může působit potíže při hoblování. Vrutý a hřebíky se spojuje dobře, ale je nutné nejprve předvrtat otvory. Lepení je možné pouze pro interierové aplikace a musí být pečlivě provedeno, jelikož se jedná o dřevo s mimořádnou hustotou (TROPIX, IPE, 2022).

Dřevo je velice trvanlivé. Odolností proti hnilobě se řadí do první třídy. Je odolné proti hmyzu (D), termitům (D) i mořským organismům (D). Jádru je extrémně obtížně impregnovatelné (4) (BS EN 350-2016, 2016).

## 1.5 Massaranduba (Manilkara bidentata)

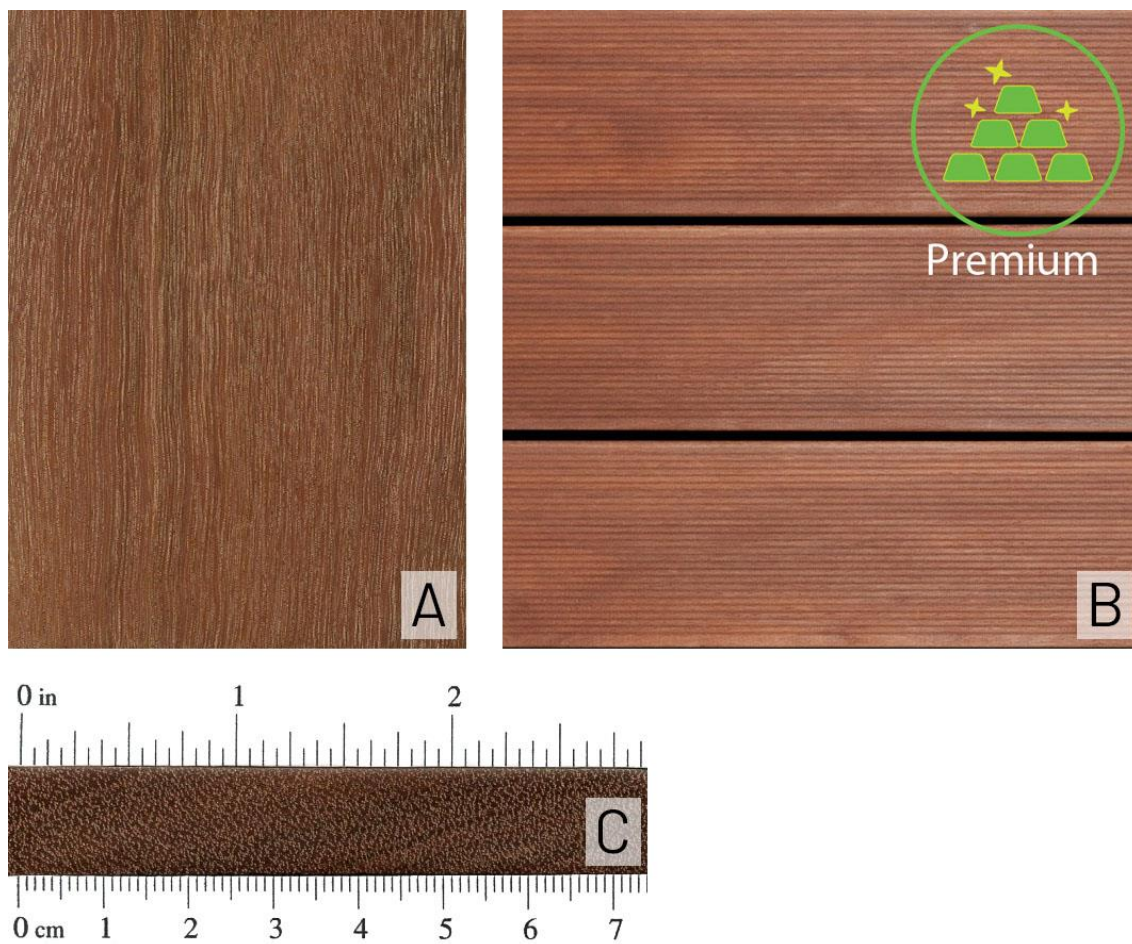
### Základní informace

|                 |  |
|-----------------|--|
| Rodina:         | Sapotaceae (angiosperm)  |
| Vědecký název:  | Manilkara bidentata (A. Chev.), Manilkara spp.   |
| Obchodní názvy: | Massaranduba, Macaranduba, Balata, Bulletwood  |
| Místní názvy:   | <b>Brazílie</b> – Maparajuba, Macaranduba, Paraju<br><b>Kolumbie</b> – Balata, Nispero<br><b>USA</b> – Beefwood, Bullet wood<br><b>Guyana</b> – Balata, Beefwood, Bulletwood, Balata franc, Balata gomme, Balata rouge, Bois abeille<br><b>Panama</b> – Nispero<br><b>Peru</b> – Pamoshto, Quinilla colorada<br><b>United Kingdom</b> – Bulletwood<br><b>Suriname</b> – Bolletrie<br><b>Venezuela</b> – Balata, Massarandu<br>(TROPIC, MACARANDUBA, 2022; Gérard et al., 2017) |
| Výskyt:         | Jižní Amerika (BGCI, 2021)   |

Massaranduba je vždyzelený listnatý strom rostoucí v západní Indii, Centrální Americe, a na severu Jižní Ameriky. Vyskytuje se v různých lesních typech, není vázaný na konkrétní typ půdy ani umístění v krajině. Rod Manilkara zahrnuje asi 50 různých druhů. Dorůstá výšky 30 až 45 m. Má rovný, válcovitý kmen, který je do výšky 15 až 25 m bez větví. Průměr kmene dosahuje 0,7 - 1,2 m, výjimečně až 2 m. Oddenek je často zbytnělý. Kůra je asi 1 až 3 cm tlustá, hnědo-šedá. Massaranduba se pěstuje i za účelem těžby latexu (Forest Products Laboratory, 2021; Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984). V IUCN červeném listu ohrožených druhů je uvedený jako "least concern", nejmenší obavy (BGCI, 2021). Jeho dřevo se používá na podlahy do náročných provozů, stavbu lodí, mosty, stavební díla přicházející do kontaktu s vodou, truhlářské výrobky do interiéru i exteriéru, soustružené předměty.

### Makroskopická stavba

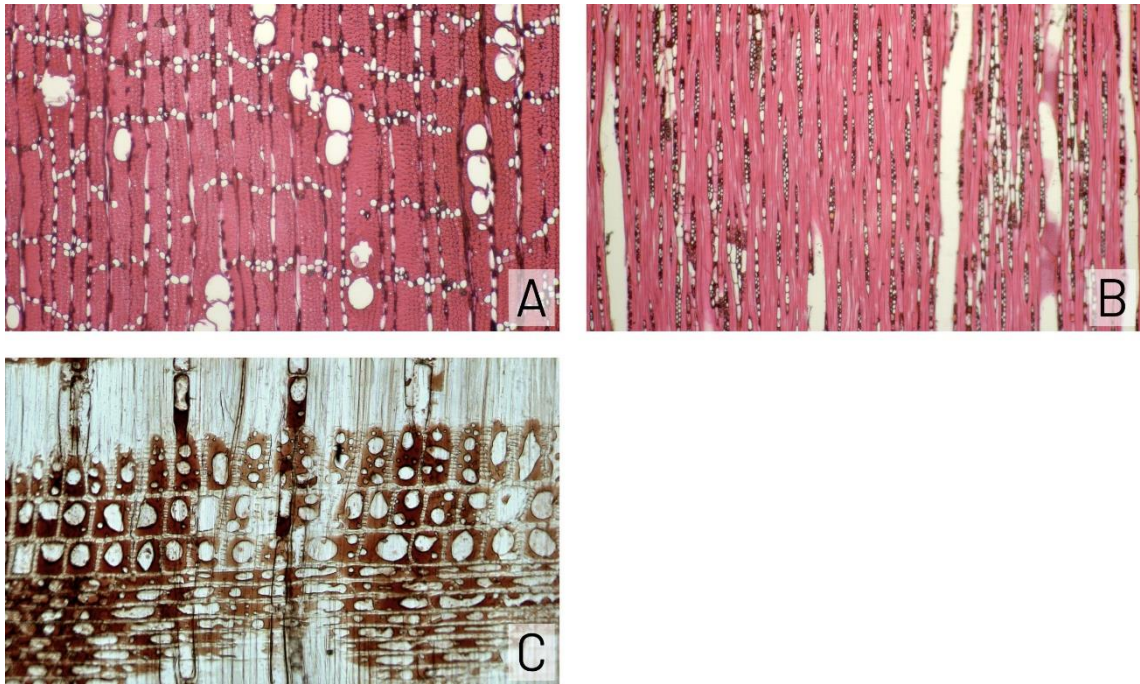
Massaranduba je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Běl je široká 4 až 6 cm, má světle-hnědou barvu, je od jádra odlišitelná, ale barevný rozdíl není moc výrazný. Jádro má světle až tmavě červeno-hnědou barvu. Struktura je nevýrazná a rovnoměrná. Průběh vláken je rovný. Letokruhy jsou nevýrazné. Cévy se shlukují do krátkých radiálních skupin. Dřevní parenchym tvoří tangenciální řady. Dřeňové paprsky jsou okem neviditelné.



Obrázek 7. Makroskopická stavba *Manilkara bidentata*. A – radiální řez (wood-database, 2022), B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.), C – transverzální řez (wood-database, 2022)

### Mikroskopická stavba

*Massaranduba* je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Hranice letokruhu jsou nevýrazné. Velkou část povrchu axiálního řezu pokrývají fibrily s tlustou buněčnou stěnou. Cévy se shlukují a tvoří krátké radiální řady. Na transverzálním řezu mají průměr lumenu 50 – 200  $\mu\text{m}$  a mohou být ucpané thilami. Parenchymatické buňky tvoří úzké tangenciální pásy široké nejvíce 3 buňky. V parenchymatických buňkách se mohou vyskytovat prizmatické krystaly. Dřeňové paprsky jsou široké 1 až 3 buňky se 4 a více stojícími buňkami na konci (InsideWood, 2022; Wheeler, 1989)



Obrázek 8. Mikroskopická stavba *Manilkara bidentata*. A – Transverzální řez, B – Tangenciální řez, C – Radiální řez (InsideWood, 2022)

### Vlastnosti

Jedná se o mimořádně těžké dřevo s objemovou hmotností  $1100 \text{ kg / m}^3$  při 12 % vlhkosti. Má větší hustotu než voda a neplave. V surovém stavu hustota dosahuje až  $1300 \text{ kg / m}^3$ , což se přibližuje hmotnosti dřevní substance (Asi  $1560 \text{ kg / m}^3$ ). Při nulové vlhkosti se jeho hustota pohybuje kolem  $850 \text{ kg / m}^3$ . Tomu odpovídá i jeho mimořádně vysoká tvrdost dosahující průměrné hodnoty 12,9 MPa podle Monina. Pevnost v tlaku se uvádí 89 MPa, ohybová pevnost 170 MPa a modul pružnosti 24410 MPa. Celkově lze říci, že se jedná extrémně těžké, tvrdé a odolné dřevo s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi.

Tvarově není moc stabilní, koeficient objemového sesychání je vysoký 0,75 %. Objemově sesychá o 16,9 %, radiálně o 6,3 až 7,1 %, tangenciálně o 9,4 % a poměr radiálního k tangenciálnímu seschnutí je 1,3 %. Během přirozeného sušení hodně praská a bortí se, proto se doporučuje kulatinu nařezat a sušit pomalu. (TROPIX, MACARANDUBA, 2022; Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984; Gérard et al., 2017).

Obrábění obtížné, kvůli vysoké hustotě a obsahu oxidů křemíku,  $\text{SiO}_2$ , ve dřevě dochází k rychlému otupení nástrojů. Doporučuje se používat řezné nástroje s břity ze slinutého karbidu. Vruty a hřebíky se spojuje dobře, ale je potřeba nejprve předvrtat otvory. Dobře se brousí a lakuje. Dřevo má výborné vlastnosti pro ohýbání v páře. Lepení není snadné, jelikož lepidlo nesnadno proniká do povrchu dřeva a vyžaduje speciální zacházení. Kyselost dřeva je 4,9 - 5,2 pH. Dřevní prach vznikající při obrábění dráždí sliznice (Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984).



Dřevo je velice trvanlivé. Odolností proti hnilobě se řadí do první třídy. Je odolné proti hmyzu (D), termitům (D) i mořským organismům (D). Jádru je extrémně obtížně impregnovatelné (4) (BS EN 350-2016, 2016).

## 1.6 Merbau (*Intsia bijuga*, *Afzelia bijuga*, *Intsia* spp.)

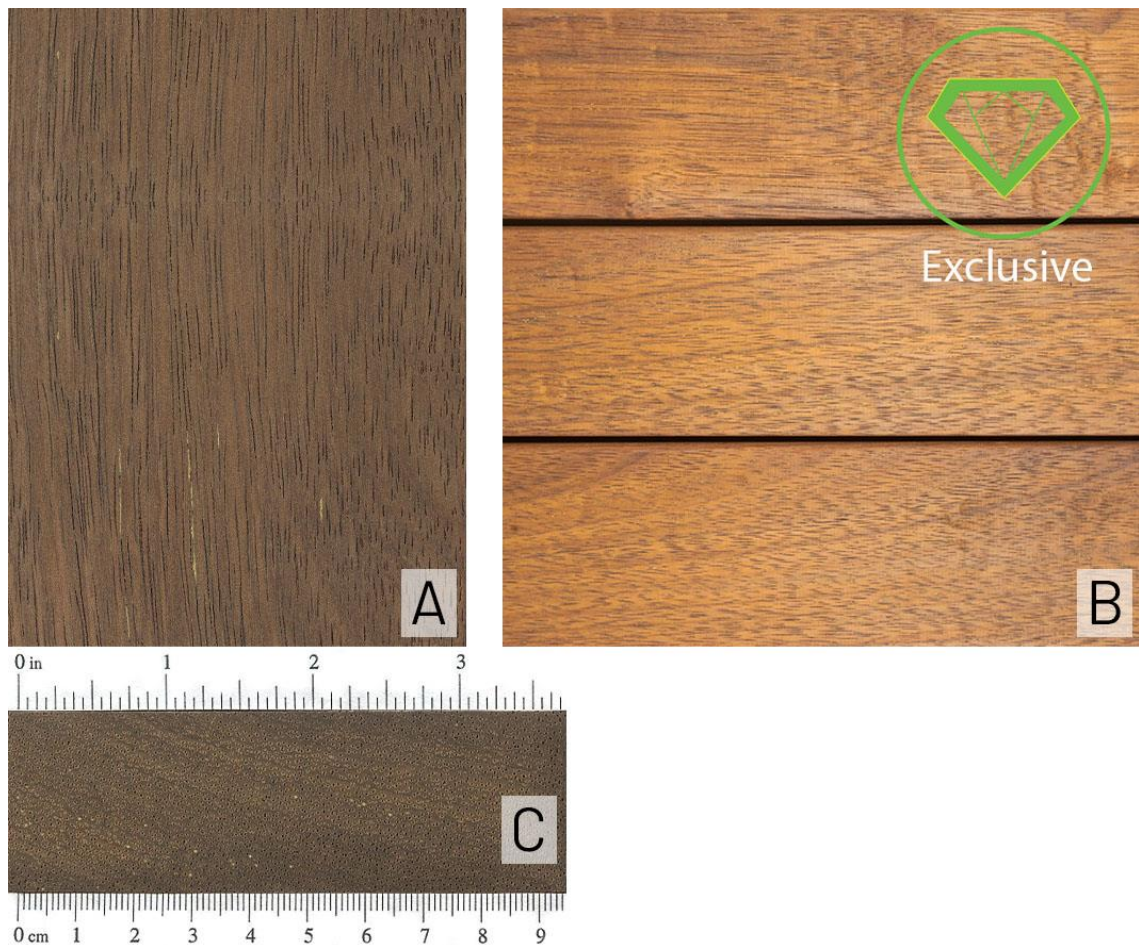
### Základní informace

|                 |   |
|-----------------|---|
| Rodina:         | Fabaceae-caesalpinioideae (angiosperm)  |
| Vědecký název:  | <i>Intsia bijuga</i> (Kuntze), <i>Afzelia bijuga</i> (synonymum), <i>Intsia palembanica</i> , <i>Intsia</i> spp.  |
| Obchodní názvy: | Merbau  |
| Místní názvy:   | <b>Austrálie</b> – Kwilau<br><b>Čína</b> – Kalabasu<br><b>Fiji</b> – Vesi<br><b>Indonésie</b> – Merbau<br><b>Madagaskar</b> – Hintsy<br><b>Malajsie</b> – Merbau, Mirabow<br><b>Nová Caledonie</b> – Kohu<br><b>Filipíny</b> – Ipil, Ipil laut<br><b>Thajsko</b> – Lum-paw, Lumpha, Lumpho<br><b>Vietnam</b> – Gonuoc |
| Výskyt:         | Východní Afrika, Madagaskar, Jihovýchodní Asie, Indie<br>Austrálie, Malajsie, Thajsko (Barstow, 2020).  |

Merbau je vždyzelený listnatý strom rostoucí v Indomalajské oblasti, Indonésii, Filipínách, a v dalších západo-pacifických ostrovech a v Austrálii. Může se vyskytovat i v nížinatých lesích v přechodových zónách mangrovovů. Dorůstá výšky 30 - 45 m. Má křivě rostoucí, obvykle krátký a tlustý kmen, který je do výšky 15 až 30 m bez větví. Průměr kmene dosahuje 0,7 - 1,5 m. Kmen je žebrovaný, s velkými kořenovými náběhy (Forest Products Laboratory, 2021; Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984). V IUCN červeném listu ohrožených druhů je uveden jako "near threatened" blízko ohrožení (Barstow, 2020). Jeho dřevo se používá na podlahy do náročných provozů, stavbu lodí, konstrukce ve styku s vodou, nábytek do interiéru i exteriéru a na soustružené předměty.

### Makroskopická stavba

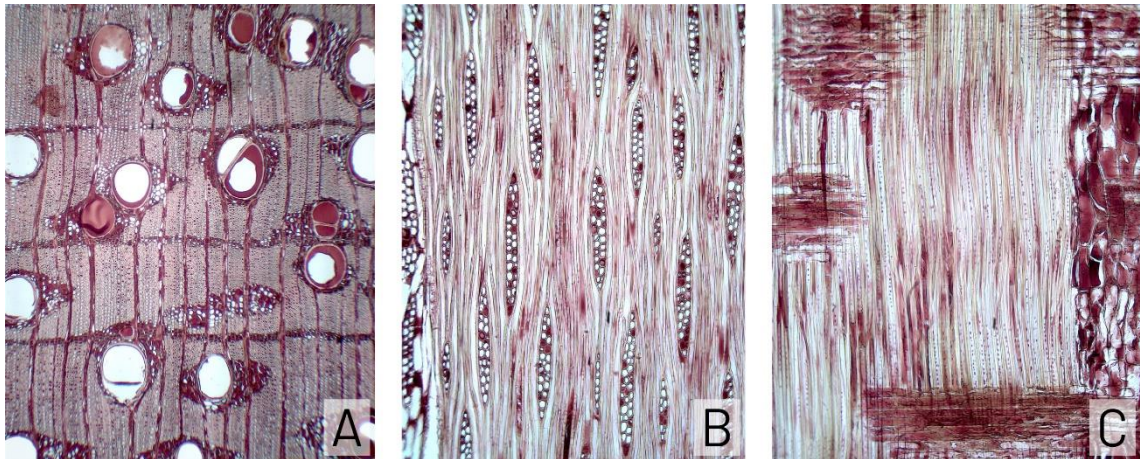
Merbau je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Běl je široká 5 až 8 cm, má žlutou až světle-hnědou barvu a je od jádra výrazně odlišná. Čerstvě pořezané jádro má žluto až oranžově hnědou barvu a na vzduchu postupně mění barvu na hnědou nebo tmavě-červeně-hnědou. Textura je nezajímavá, jednolitá. Průběh vláken je rovný nebo nepravidelný, někdy vlnitý. Hranice letokruhu nejsou moc výrazné. Okolo cév je křídlovitý axiální parenchym (Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984).



Obrázek 9. Makroskopická stavba *Intsia bijuga*. A – radiální řez (wood-database, 2022), B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.), C – transverzální řez (wood-database, 2022)

### Mikroskopická stavba

Merbau je listnatá, roztroušeně cévnatá dřevina. Hranice letokruhu jsou částečně rozeznatelné. Fibrily mají tenkou až tlustou buněčnou stěnu. Cévy na transverzálním řezu mají průměr lumenu 100 – 200  $\mu\text{m}$ , někdy i více. Cévy jádrového dřeva bývají ucpané gumami a dalšími jádrovými látkami. Parenchymatické buňky tvoří úzké marginální tangenciální pásy. V parenchymatických buňkách se mohou vyskytovat prizmatické krystaly. Dřeňové paprsky jsou široké 1 až 3 buňky (InsideWood, 2022; Wheeler, 1989).



Obrázek 10. Mikroskopická stavba Intsia bijuga. A – Transverzální řez, B – Tangenciální řez, C – Radiální řez (InsideWood, 2022)

### Vlastnosti

Jedná se o těžké dřevo s objemovou hmotností  $830 \text{ kg / m}^3$  při 12 % vlhkosti. V surovém stavu má větší hustotu než voda a neplave. Při nulové vlhkosti se jeho hustota pohybuje okolo  $680 \text{ kg / m}^3$ . Tomu odpovídá i jeho vysoká tvrdost dosahující průměrné hodnoty  $8,8 \text{ MPa}$  podle Monina. Pevnost v tlaku se uvádí  $74 \text{ MPa}$ , ohybová pevnost  $115 \text{ MPa}$  a modul pružnosti  $15440 \text{ MPa}$ . Celkově lze říci, že se jedná o těžké dřevo s relativně dobrými mechanickými vlastnostmi.

Tvarově je celkem stabilní jak během sušení, tak v provozních podmínkách. Koeficient objemového sesychání je nízký 0,39 %. Objemově sesychá o 7,8 %, radiálně o 2,7 %, tangenciálně o 4,4 % a poměr radiálního k tangenciálnímu seschnutí je 1,6 %. Během sušení moc nepraská, doporučuje se pomalé sušení (Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984).

Při řezání dochází k zanášení zubů obsahem gum ve dřevě. Rychle otupuje nástroje a doporučuje se používat řezné nástroje s břity ze slinutého karbidu. Vruty a hřebíky se spojuje dobře, ale je nutné nejprve otvory předvrtat. Po napaření se dobře ohýbá. Snadno se lepí. Dobře se brousí a lakuje. Při kontaktu vlhkého dřeva s železem dochází ke vzniku černých oxidačních skvrn. Obsah oxidů křemíku ve dřevě je variabilní. (Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984; TROPIX, MERBAU, 2022).

Dřevo je velice trvanlivé. Odolností proti hnilobě se řadí do druhé třídy. Je odolné proti hmyzu (D), termitům (D) i mořským organismům (D). Jádru je extrémně obtížně impregnovatelné (4), běl lze impregnovat snadno (1-2) (BS EN 350-2016, 2016).

## 2 Metodika

### 2.1 Příprava vzorků

Vzorky byly připraveny z terasových prken dodaných firmou DLH Hrdina s. r. o. Materiál, ze kterého byly vzorky vyrobeny byl rozmítnut na hrubý rozměr s přídavkem na další opracování a následně srovnán na srovnávací frézce. Čistých rozměrů bylo dosaženo pomocí protahovací frézky. Poté byly vzorky zkráceny na požadovanou délku pomocí pokosové pily.

#### 2.1.1 Vzorky pro stanovení bobtnání

Norma ČSN 49 0126, metoda zjišťování bobtnání, nařizuje použít vzorky o rozměru základny 20 x 20 mm a výškou 10 až 30 mm. Odklon vláken nesmí být větší než 10°.

Bylo vyrobeno asi 350 vzorků dlouhých 30 mm. Nevhodné vzorky byly vyřazeny a od každé dřeviny bylo pro měření vybráno 51 zkušebních vzorků, celkem tedy 255 vzorků. Ty byly označeny číslem, které sloužilo jako jejich identifikátor.

#### 2.1.2 Vzorky pro stanovení tvrdosti

Od každé dřeviny bylo vyrobeno 5 kusů zkušebních těles, jejichž rozměr byl 16 mm v tangenciálním směru, 52 mm v radiálním směru a 67 až 147 mm v axiálním směru. Celkem bylo pro zkoušku tvrdosti vyrobeno 25 vzorků.

## 2.2 Stanovení hustoty

Hustota byla stanovena v souladu s normou ČSN 49 0108.

Všechny vzorky (určené na zkoušku tvrdosti i bobtnání, celkem 280 ks) byly klimatizovány na vlhkost dřeva 12 % a následně zváženy a změřeny pomocí digitálního posuvného měřítka Kmitex EAN: 8595192302893 s připojením do počítače a dovolenou chybou měření 0,01 mm a digitální laboratorní váhy KERN PCB 2500-2 s dovolenou chybou měření 0,01 g. Pro výpočet hustoty byla použita následující rovnice:

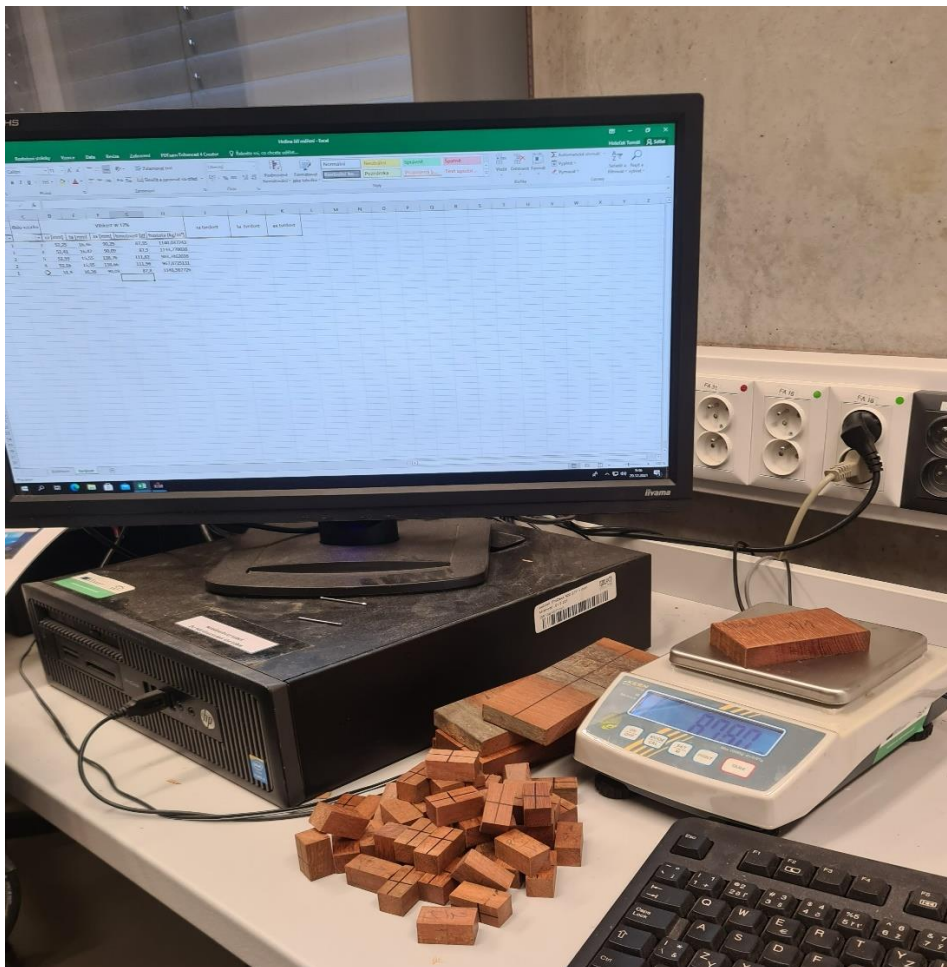
$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} [g \cdot cm^{-3}]$$

Kde:

$\rho_w$  je hustota vzorku při vlhkosti  $w$  [ $g \cdot cm^{-3}$ ]

$m_w$  je hmotnost vzorku při vlhkosti  $w$  [g]

$V_w$  je objem vzorku při vlhkosti  $w$  [ $cm^3$ ]



Obrázek 11. Stanovení hustoty (vlastní foto)

## 2.3 Stanovení tvrdosti

Tvrdość vzorků byla stanovena pomocí automatického tvrdoměru Falcon řady 500 metodou zkoušení tvrdosti podle Brinella, jejíž podstatou je vtlačování kuličky do dřeva konstantní silou a vyhodnocení průměru otačené plochy. Průměr vtiskové kuličky byl 10 mm a nominální hodnota zkušebního zatížení byla 4,903 kN (500 kgf). Vlhkost vzorků během zkoušky byla 12 %. U všech 25 vzorků bylo provedeno deset měření v každém anatomickém směru (radiálním, tangenciálním a axiálním). Měření se nikdy neopakovalo na stejném místě, ale bylo umístěno jinde na ploše vzorku. Pro úplnost uvádíme rovnici na stanovení tvrdosti podle Brinella:

$$H_{BS} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ [MPa]}$$

Kde:

F je síla působící na plochu [N]

D je průměr vtiskové kuličky [mm]

d je průměr otačené plochy [mm]



Obrázek 12. Měření tvrdosti vzorku garapa (vlastní foto)

## 2.4 Stanovení bobtnání

Bobtnání bylo stanoveno stereotomickou metodou podle normy ČSN 49 0126.

Nejprve bylo provedeno měření vzorků v absolutně suchém stavu. Vzorky byly vysušeny při teplotě  $103\pm 2$  °C na vlhkost 0 %. Následně byly, pomocí posuvného měřítka Kmitex EAN: 8595192302893 s chybou měření 0,01 mm, změřeny jejich rozměry v radiálním, tangenciální a axiálním směru.

Druhé měření proběhlo při vlhkosti nad bodem nasycení vláken. Vzorky byly po dobu 14 dnů umístěny ve vodě o teplotě  $20\pm 2$  °C a následně změřeny. Během procesu se na žádném vzorku neobjevily trhliny ani výrazné deformace.



Obrázek 13. vzorky v sušárně (vlastní zdroj)

Úplného bobtnání se vypočítá podle následujících rovnic:

V radiálním směru

$$\alpha_{r \max} = \frac{l_{r \max} - l_{r \min}}{l_{r \min}} \cdot 100 [\%]$$

V tangenciálním směru

$$\alpha_{t \max} = \frac{l_{t \max} - l_{t \min}}{l_{t \min}} \cdot 100 [\%]$$



V axiálním směru

$$\alpha_{a \max} = \frac{l_{a \max} - l_{a \min}}{l_{a \min}} \cdot 100 [\%]$$

Kde:

$\alpha_{\max}$  je největší bobtnání vyjádřené v procentech [%]

$l_{\min}$  je rozměr vzorku v absolutně suchém stavu [mm]

$l_{\max}$  je rozměr vzorku při vlhkosti vyšší než BNV [mm]

Úplné objemové bobtnání bylo vypočítáno pomocí rovnice:

$$\alpha_{V \max} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\min}} \cdot 100 [\%]$$

Kde:

$\alpha_{V \max}$  je největší objemové bobtnání vyjádřené v procentech [%]

$V_{\min}$  je objem vzorku v absolutně suchém stavu [ $cm^3$ ]

$V_{\max}$  je objem vzorku při vlhkosti vyšší než BNV [ $cm^3$ ]

## 2.5 Statistické zpracování dat

U pěti druhů tropických dřev, konkrétně bangkirai, garapa, ipe, massaranduba a merbau bylo provedeno experimentální měření hustoty, tvrdosti a bobtnání. Měření bobtnání obsahovalo 51 zkušebních vzorků od každé dřeviny, celkem bylo tedy prozkoumáno 255 vzorků. Měření tvrdosti proběhlo na 25 vzorcích, každá dřevina byla zastoupena v počtu 5 ks vzorků. Hustota byla stanovena u všech vzorků, celkově tedy na 280 vzorcích. Výsledky měření byly statisticky

vyhodnoceny pomocí programu Microsoft Excel, korelační koeficient byl získán použitím funkce „CORREL“.

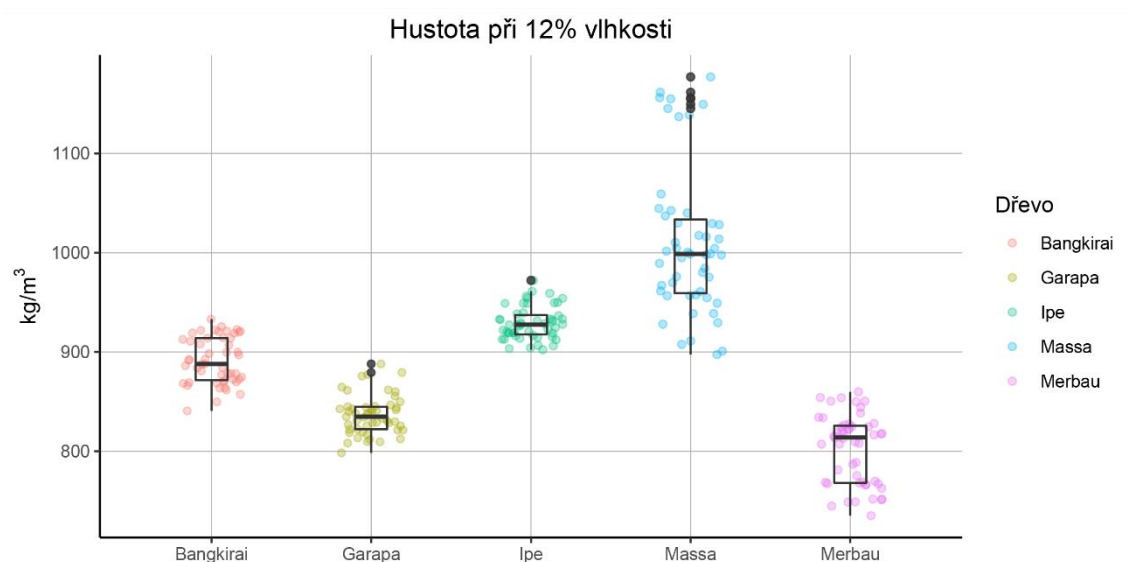
Grafické zpracování naměřených hodnot do podoby krabicových grafů bylo provedeno použitím programovacího jazyka R a knihovny ggplot2. Tlustá čára uvnitř obdélníku je medián. Obdélník ohraničuje první a třetí kvartil. Svislé čáry dotýkající se obdélníku jsou minimální a maximální hodnoty. Plášť je hustota pravděpodobnosti vyhlazena a odhadnuta pomocí „kernel density estimator“. Černé tečky jsou odlehlé hodnoty. Barevné tečky jsou naměřené hodnoty.

### 3 Výsledky

#### 3.1 Hustota

Porovnání naměřených hodnot hustoty vybraných dřevin je zobrazeno na obrázku 11. Dřevo s největší hustotou je massaranduba. Její nejnižší naměřená hodnota při vlhkosti dřeva 12 % je  $897 \text{ kg/m}^3$ , nejvyšší  $1177 \text{ kg/m}^3$  a medián  $999 \text{ kg/m}^3$ . Nejnižší hustota byla zjištěna u merbau, s nejnižší hodnotou  $735 \text{ kg/m}^3$ , nejvyšší  $860 \text{ kg/m}^3$  a mediánem  $814 \text{ kg/m}^3$ .

Z tabulky 2 je patrné, že výsledky měření hustoty se u všech dřev s výjimkou ipe shodují s literaturou, tedy že naměřený medián leží v intervalu ohraničeném nejnižší a nejvyšší průměrnou hodnotou z literatury. Medián hustoty ipe je o  $97$  až  $172 \text{ kg/m}^3$  nižší, než průměrné hodnoty uvedené v literatuře. V případě garapy je sice medián o  $15$  až  $45 \text{ kg/m}^3$  vyšší v porovnání s literaturou, ale hodnoty z literatury leží v intervalu mezi minimální a maximální naměřenou hodnotou. Nejvyšší variabilita hustoty byla pozorována u massaranduby, kde rozdíl minimální a maximální hodnoty činil  $280 \text{ kg/m}^3$ . I při porovnání literatury mezi sebou byl rozdíl veliký –  $340 \text{ kg/m}^3$ .



Obrázek 14. Hustota při vlhkosti dřeva 12 %

Tabulka 2. Srovnání výsledků měření hustoty při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

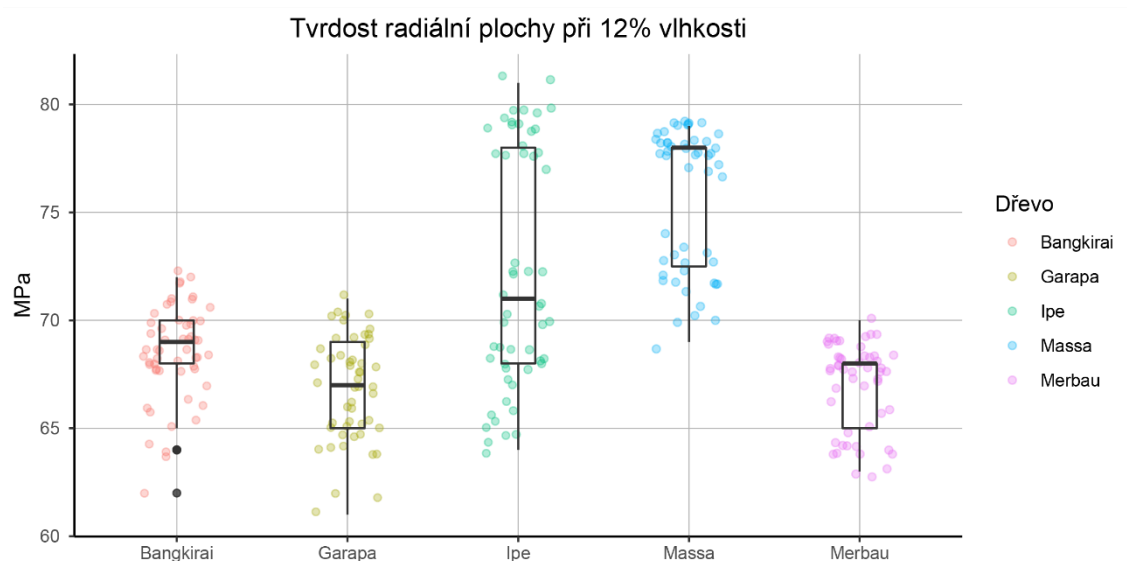
| Hustota při 12 % vlhkosti [kg/m <sup>3</sup> ] |     |      |        |                 |                    |              |                    |                     |
|--|-----|------|--------|-----------------|--------------------|--------------|--------------------|---------------------|
|  | min | max  | medián | TROPIX,<br>2022 | Meier<br>,<br>2015 | FPL,<br>2021 | Chudnoff<br>, 1984 | Wagenfüh<br>r, 2000 |
| bangkirai                                      | 841 | 933  | 888    | 910             | 850                | 920          | 849                | 1000                |
| garapa   | 798 | 888  | 835    | 790             | 820                | -            | -                  | -                   |
| ipe  | 902 | 972  | 928    | 1040            | 1100               | 1025         | 1057               | -                   |
| massa  | 897 | 1177 | 999    | 1290            | 1080               | 1060         | 1057               | 950                 |
| merbau   | 735 | 860  | 814    | 830             | 815                | 800          | 801                | -                   |

### 3.2 Tvrdost

Zkušební metoda tvrdosti není mezinárodně unifikovaná a tak není možné výsledky měření přesně porovnat s literaturou, ve které byla použita moninova nebo Jankova metoda. Lze však pozorovat trend mezi dřevinami. Uvedená literatura nerozlišuje mezi tvrdostí v radiálním a tangenciálním směru.

Na radiální ploše byla nejvyšší tvrdost naměřena u ipe, které zde má také nejširší interval hodnot v rozsahu 64 až 81 MPa. Medián ipe je 71 MPa. Nejvyšší medián byl zjištěn u massaranduby s hodnotou 78 MPa. Výsledky měření tvrdosti lze porovnat na obrázku 12.

V tabulce 3 je srovnání výsledků měření s literaturou. U ipe a massaranduby se uvádí asi dvojnásobná tvrdost, než u ostatních dřevin. Na tom se shodují všichni uvedení autoři. Všechny naměřené hodnoty jsou však téměř stejně vysoké. Podíl mediánů nejvíce a nejméně tvrdého dřeva je 1,07.



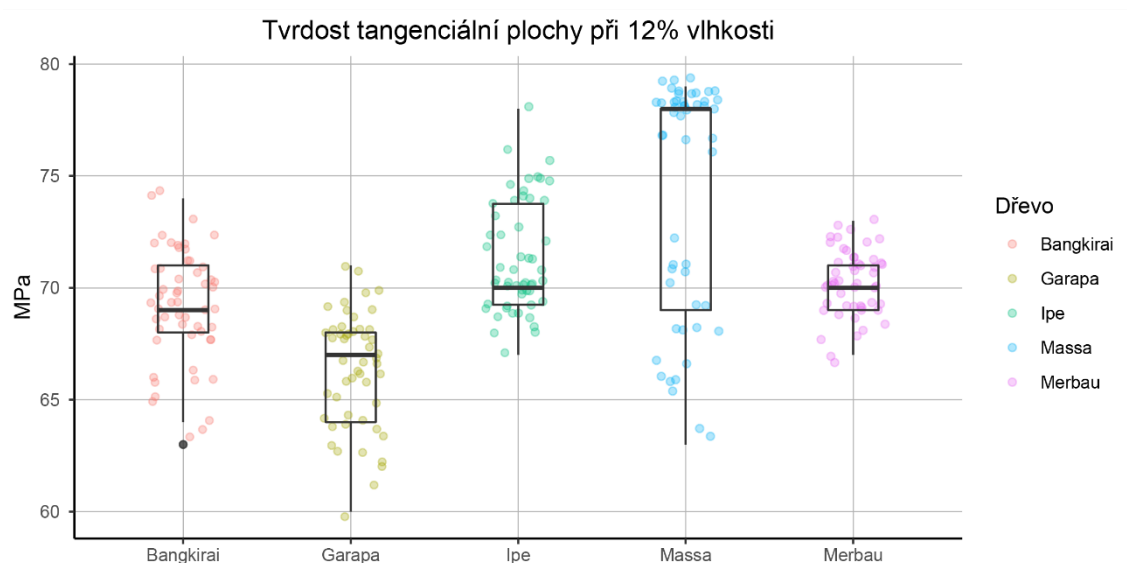
Obrázek 15. Tvrdost radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

Tabulka 3. Srovnání výsledků měření tvrdosti radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

| Tvrdost radiální plochy při 12 % vlhkosti |               |         |         |                  |                |              |                   |
|---|---------------|---------|---------|------------------|----------------|--------------|-------------------|
|   | Brinell [MPa] |         |         | Monin            | Janka [N]      |              |                   |
|   | mi<br>n       | ma<br>x | me<br>d | TROPI<br>X, 2022 | Meier,<br>2015 | FPL,<br>2021 | Chudnoff,<br>1984 |
| bangkirai                                 | 62            | 72      | 69      | 73               | 7120           | 7900         | 6939              |
| garapa                                    | 61            | 72      | 68      | 67               | 7350           | -            | -                 |
| ipe                                       | 64            | 81      | 71      | 146              | 15620          | 16400        | 16369             |
| massa                                     | 64            | 79      | 73      | 129              | 13920          | 14200        | 14190             |
| merbau                                    | 63            | 79      | 68      | 88               | 7620           | 6700         | 7618              |

Na tangenciální ploše dosáhla nejvyšší tvrdosti massaranduba s hodnotou 79 MPa a mediánem 78 MPa. Ipe a merbau zde mají medián 70 MPa a jsou druhé nejtvrdší dřeva. Nejnižší tvrdost byla naměřena u garapy s mediánem 67 MPa. Tvrdost u vybraných dřevin není moc variabilní. Pohybuje se pod 10 Mpa. Graficky vyjádřené výsledky měření tvrdosti na tangenciální ploše ukazuje obrázek 13. Číselné výsledky včetně údajů z literatury ukazuje tabulka 4.

Porovnáním tvrdosti v radiálním a tangenciálním směru bylo zjištěno, že rozdíl mediánů stejných dřev se pohybuje mezi 0 až 3 MPa. Největší rozdíl byl u merbau, nejmenší u bangkirai.



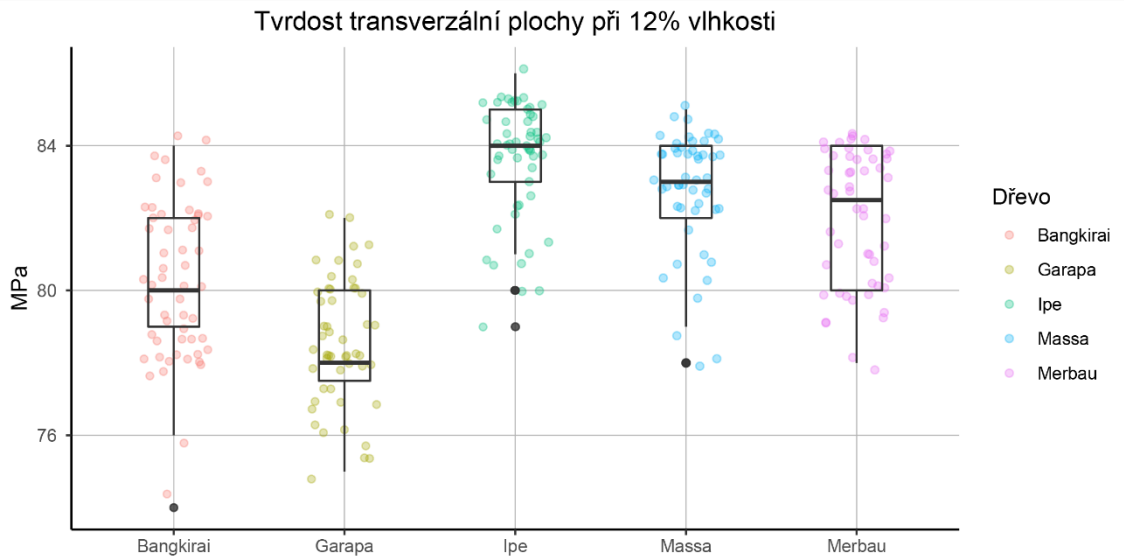
Obrázek 16. Tvrđost tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

Tabulka 4. Srovnání výsledků měření tvrđosti tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře

| Tvrđost tangenciální plochy při 12 % vlhkosti |               |         |         |                  |                |              |                   |
|---|---------------|---------|---------|------------------|----------------|--------------|-------------------|
|   | Brinell [MPa] |         |         | Monin            | Janka [N]      |              |                   |
|   | mi<br>n       | ma<br>x | me<br>d | TROPI<br>X, 2022 | Meier,<br>2015 | FPL,<br>2021 | Chudnoff,<br>1984 |
| bangkirai                                     | 63            | 74      | 69      | 73               | 7120,0         | 7900         | 6939              |
| garapa  | 60            | 72      | 67      | 67               | 7350,0         | -            | -                 |
| ipe   | 64            | 78      | 70      | 146              | 15620,0        | 16400        | 16369             |
| massa   | 63            | 79      | 75      | 129              | 13920,0        | 14200        | 14190             |
| merbau  | 67            | 79      | 71      | 88               | 7620,0         | 6700         | 7618              |

Na transversální ploše byla nejvyšší hodnota (86 MPa) a medián (84 MPa) naměřen u ipe. Nejnižší hodnota byla naměřena u bangkirai (74 MPa) a nejnižší medián u garapy (82 MPa). Ani zde není rozdíl tvrđosti vybraných dřev výrazný a porovnáním mediánů získáme největší rozdíl 6 MPa. Grafické znázornění výsledků měření tvrđosti na transversální ploše ukazuje obrázek 14. Číselné údaje měření jsou uvedeny v tabulce 5.

Tvrdość transversální plochy je v závislosti na druhu dřeva o 10 až 15 MPa větší, než tvrdość radiální či tangenciální plochy. Největší rozdíl byl naměřen u merbau (15 MPa) a ipe (13 MPa), nejmenší u garapa a massaranduby (10 MPa).



Obrázek 17. Tvrdość transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

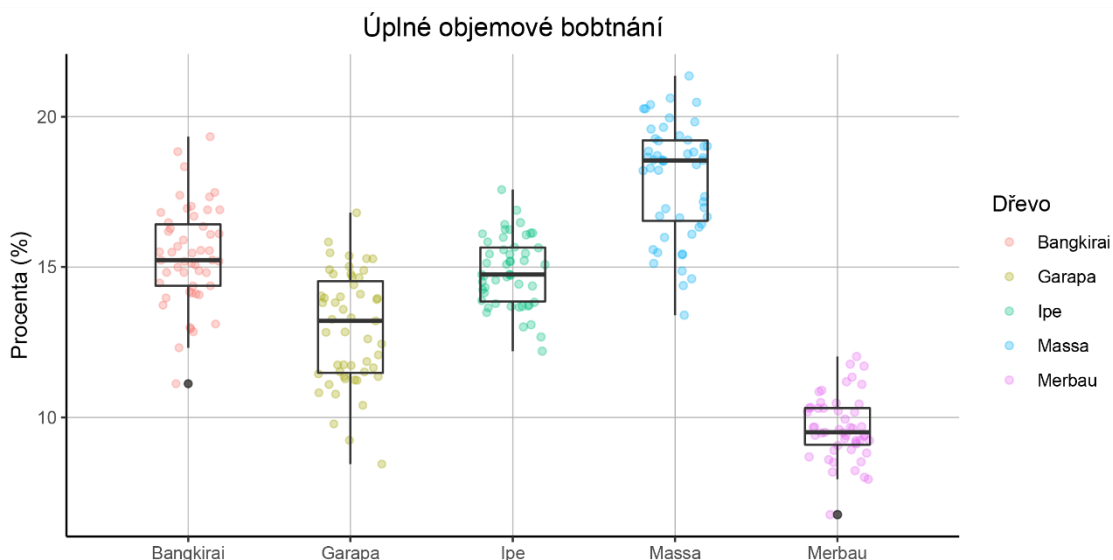
Tabulka 5. Tvrdość transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %

| Tvrdość trans. plochy při 12 % vlhkosti |               |     |     |
|---|---------------|-----|-----|
|   | Brinell [MPa] |     |     |
|   | min           | max | med |
| bangkirai                               | 74            | 84  | 80  |
| garapa                                  | 75            | 82  | 78  |
| ipe                                     | 78            | 86  | 84  |
| massa                                   | 78            | 85  | 83  |
| merbau                                  | 78            | 85  | 83  |

### 3.3 Bobtnání

Porovnáním mediánů lze konstatovat, že nejméně tvarově stabilní dřevo je massaranduba, která s hodnotou 18,5 % mění své rozměry asi dvojnásobně oproti tvarově nejstabilnějšímu dřevu, merbau, s hodnotou bobtnání 9,5 %. Rozdíl mediánů bobtnání vybraných dřev byl v intervalu 0,5 až 9,0 %. Pokud bychom do porovnání nezahrnuli nejvíce a nejméně bobtnající dřevo, pohyboval by se interval mezi 0,5 až 2,0 %. Rozdíl minimální a maximální naměřené hodnoty v rámci dřeviny je 5,3 až 8,3 % v závislosti na druhu. Naměřené hodnoty úplného objemového bobtnání zobrazuje obrázek 15.

Z tabulky 6 lze vyhodnotit, že naměřené údaje se shodují s literaturou. Medián byl sice vždy vyšší o 1,5 až 3,4 % bobtnání, ale množina naměřených hodnot se u každého dřeva alespoň částečně protínala s intervalem ohraničeným nejnižší a nejvyšší hodnotou uvedenou v literatuře.



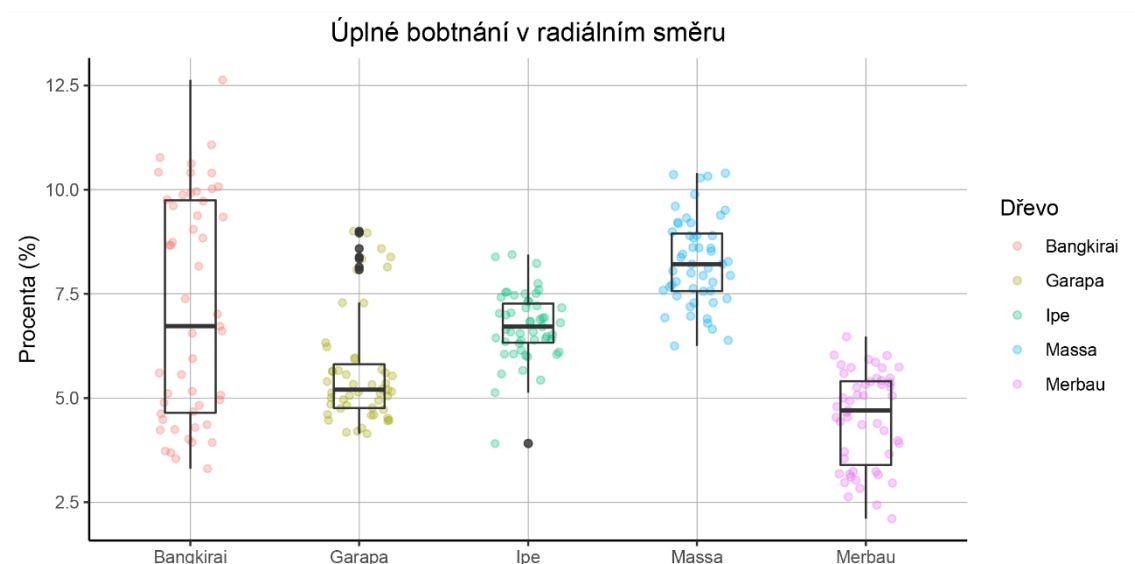
Obrázek 18. Objemové bobtnání

Tabulka 6. Srovnání výsledků měření objemového bobtnání s literaturou

| Objemové bobtnání [%] |      |      |      |                      |                |              |                    |                     |
|-----------------------|------|------|------|----------------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|
|                       | min  | max  | med  | Achma<br>di,<br>1989 | Meier,<br>2015 | FPL,<br>2021 | Chudnoff<br>, 1984 | Wagenführ<br>, 2000 |
| bangkirai             | 11,1 | 19,3 | 15,2 | 10,7                 | 15,7           | -            | -                  | 11,5                |
| garapa                | 8,5  | 16,8 | 13,2 | -                    | 11,4           | -            | -                  | -                   |
| ipe                   | 12,2 | 17,6 | 14,8 | -                    | 12,4           | 13,2         | 13,2               | -                   |
| massa                 | 13,4 | 21,4 | 18,5 | -                    | 16,8           | 16,9         | 16,9               | -                   |
| merbau                | 6,8  | 12,0 | 9,5  | -                    | 8,0            | 7,8          | 7,8                | 6,1                 |

Na obrázku 16 je srovnání naměřených hodnot bobtnání v radiálním směru. Bangkirai má v porovnání s ostatními dřevy nejširší interval naměřených hodnot s rozsahem od druhé nejmenší naměřené hodnoty 3,3 % až k nejvyšší naměřené hodnotě 12,6 %. Jeho medián je v porovnání s ostatními dřevy průměrný a má hodnotu 4,2 %. Nejvyšší medián bobtnání má massaranduba s hodnotou 8,2 % a nejnižší merbau s hodnotou 4,7 %.

Porovnáním naměřených hodnot s literaturou, jak ukazuje tabulka 7, lze konstatovat, že medián je u každého dřeva o 1 až 3,9 % bobtnání vyšší, než průměrné hodnoty udávané ostatními autory.



Obrázek 19. Bobtnání v radiálním směru

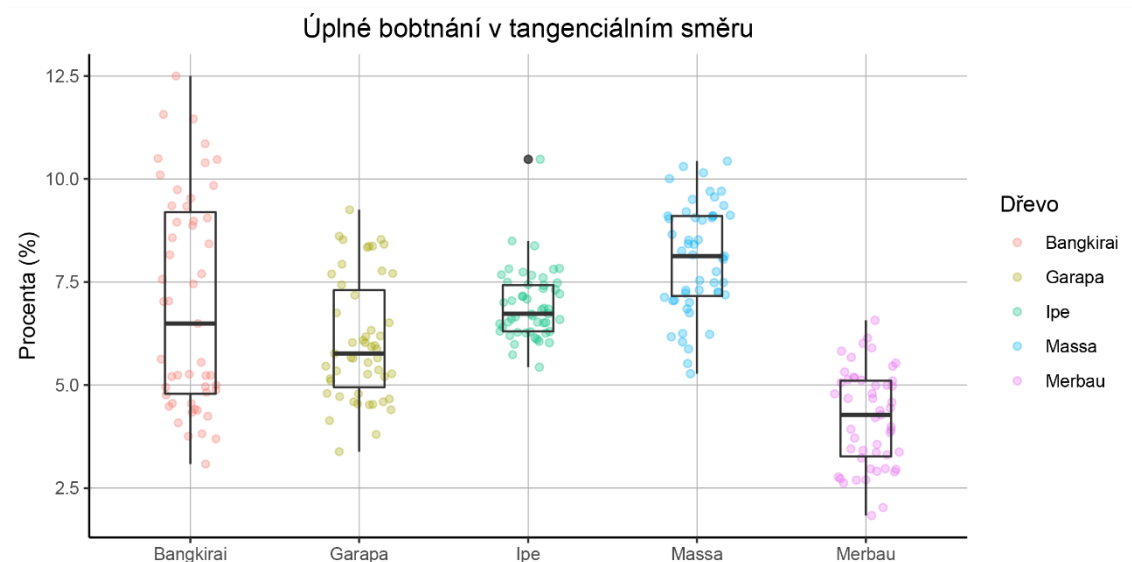


Tabulka 7. Srovnání výsledků měření bobtnání v radiálním směru s literaturou

| Bobtnání v radiálním směru [%] |     |      |     |       |             |           |          |         |         |
|--------------------------------|-----|------|-----|-------|-------------|-----------|----------|---------|---------|
|                                | min | max  | med | CIRAD | Meier, 2015 | FPL, 2021 | Ch, 1984 | W, 2000 | J, 2017 |
| bangkirai                      | 3,3 | 12,6 | 6,7 | 4,2   | 5,5         | -         | 6,2      | -       | 3,88    |
| garapa                         | 4,1 | 9,0  | 5,2 | 4,2   | 4,2         | -         | -        | -       |         |
| ipe                            | 3,9 | 8,4  | 6,7 | 5,1   | 5,9         | 6,6       | 6,6      | -       | 5,3     |
| massa                          | 6,3 | 10,4 | 8,2 | 7,1   | 6,7         | 6,3       | 6,3      | 7,1     |         |
| merbau                         | 2,1 | 6,5  | 4,7 | 2,7   | 2,9         | 2,7       | 2,7      | 0,8     | 4,1     |

FPL - Forest Product Laboratory, Ch - Chudnoff, W - Wagenführ, J - Jankowska

Naměřené hodnoty bobtnání v tangenciálním a radiálním směru jsou téměř identické. Medián tangenciálního bobtnání byl oproti radiálnímu směru větší pouze u garapy a ani u ní nebyl rozdíl moc výrazný (0,6 %). V případě merbau byl medián dokonce o 0,4 % nižší. Toto pozorování se neshoduje s literaturou, kde minimální rozdíl bobtnání v tangenciálním a radiálním směru byl 1,3 % u dřeva ipe a největší rozdíl u dřeva bangkirai s hodnotou 5,3 %. Všechna dřeva uvedená v literatuře bobtnala více v tangenciálním směru. Naměřené hodnoty bobtnání v tangenciálním směru jsou na obrázku 17.



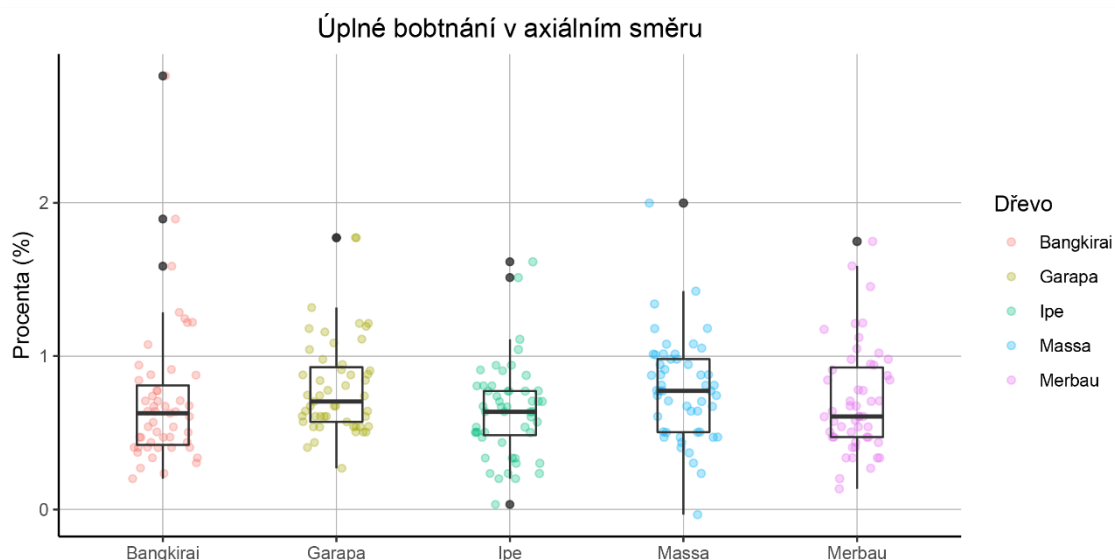
Obrázek 20. Bobtnání v tangenciálním směru

Tabulka 8. Srovnání výsledků měření bobtnání v tangenc. směru s literaturou

| Bobtnání v tangenciálním směru [%] |     |      |     |               |             |           |          |         |         |
|------------------------------------|-----|------|-----|---------------|-------------|-----------|----------|---------|---------|
|                                    | min | max  | med | TROPI X, 2022 | Meier, 2015 | FPL, 2021 | Ch, 1984 | W, 2000 | J, 2017 |
| bangkirai                          | 3,1 | 12,5 | 6,5 | 9,5           | 10,1        | -         | 11,4     | -       | 8,87    |
| garapa                             | 3,4 | 9,3  | 5,8 | 7,5           | 7,5         | -         | -        | -       | -       |
| ipe                                | 5,4 | 10,5 | 6,7 | 6,4           | 7,2         | 8,0       | 8,0      | -       | 6,7     |
| massa                              | 5,3 | 10,4 | 8,1 | 9,4           | 9,4         | 9,4       | 9,4      | 9,4     | -       |
| merbau                             | 1,8 | 6,6  | 4,3 | 4,4           | 4,8         | 4,6       | 4,6      | 1,7     | 6,1     |

FPL - Forest Product Laboratory, Ch - Chudnoff, W - Wagenführ, J - Jankowska

Měření ukázalo, že bobtnání v axiálním směru je nepatrné a obvykle se pohybuje pod 1 %. Mezi jednotlivými druhy měřených dřev není v podstatě rozdíl ve velikosti axiálního bobtnání. Medián se v závislosti na druhu dřeva pohybuje v intervalu od 0,6 do 0,8 %. Výsledky měření jsou zobrazeny na obrázku 18. Číselné údaje výsledků jsou v tabulce 9.



Obrázek 21. Bobtnání v axiálním směru

Tabulka 9. Bobtnání v axiálním směru

| Bobtnání v axiálním směru [%] |     |     |     |
|-------------------------------|-----|-----|-----|
|                               | min | max | med |
| bangkirai                     | 0,2 | 2,8 | 0,6 |
| garapa                        | 0,3 | 1,8 | 0,7 |
| ipe                           | 0,0 | 1,6 | 0,6 |
| massa                         | 0,0 | 2,0 | 0,8 |
| merbau                        | 0,1 | 1,7 | 0,6 |

### 3.4 Vztah mezi hustotou, tvrdostí a bobtnáním

Byla potvrzena pozitivní korelace mezi hustotou a tvrdostí s korelačním koeficientem 0,77 pro radiální plochu, 0,63 pro tangenciální plochu a 0,51 pro transverzální plochu.

U objemového bobtnání byla potvrzena pozitivní korelace s hustotou. Vypočítaná hodnota korelačního koeficientu byla 0,75, znamenající statisticky významnou závislost veličin.

# Diskuse

## Hustota

Různí autoři (Sopushynskyy, 2017; Walker, 2006; Požgaj, 1997; Kollmann, 1941) tvrdí, že hustota dřeva je velice variabilní. Závisí na umístění stromu, prostředí ve kterém rostl, z jaké části kmenu vzorek pocházel i na jeho anatomické stavbě. V této práci se rozdíl maximální a minimální naměřené hodnoty v rámci jedné dřeviny pohyboval v intervalu 70 až 280 kg/m<sup>3</sup>. Rozdíl průměrných hodnot uváděných různými autory se pohyboval mezi 30 až 300 kg/m<sup>3</sup>. Největší variabilita byla zjištěna u massaranduby.

Nejvyšší průměrná hustota byla naměřena u massaranduby (999 kg/m<sup>3</sup>) a ipe (928 kg/m<sup>3</sup>), nejnižší u merbau (814 kg/m<sup>3</sup>). Hustota ipe nedosahuje hodnot uváděných v literatuře minimálně o 40 kg/m<sup>3</sup>. Vzhledem k variabilitě hustoty to však nepovažujeme za významné. Hustota všech ostatních dřev se s literaturou shoduje.

## Tvrdość

Tvrdość je závislá na hustotě (Požgaj, 1997) a kopíruje rozložení hustoty na ploše (Hirata, 2001). Vybraná tropická dřeva jsou roztroušeně cévnatá, obvykle mají nezřetelné hranice letokruhů a jejich struktura je velice homogenní. Proto je rozdíl tvrdosti radiální a tangenciální plochy malý – námi naměřený rozdíl nepřekračoval 3 MPa. To je důvod, proč se v literatuře u exotických dřevin obvykle uvádí pouze tvrdost kolmo na vlákna a anatomický směr se nerozlišuje. Tvrdość rovnoběžně s vlákny je podle výsledků měření o 10 až 15 MPa vyšší.

Nejvyšší tvrdosti v radiálním směru dosáhlo dřevo massaranduby s mediánem 73 MPa a ipe s mediánem 71 MPa. Medián bangkirai byl 69 MPa, u garapy a merbau vyšel medián 68 MPa. Co je příčinou velké variability hodnot u ipe v radiálním směru a u massaranduby v tangenciálním směru není zřejmé. Rozdíl maximální a minimální naměřené hodnoty u ipe je 17 MPa a u massaranduby 16 MPa. Pokud porovnáme hustotu vzorků massaranduby, pohybující se mezi 897 až 1177 kg/m<sup>3</sup>, je možné rozdíly v tvrdosti obhájit na základě závislosti na hustotě. Toto pravidlo však nelze použít v případě ipe, které mělo nejužší interval hodnot hustoty, ani v případě Merbau, které mělo interval hustoty asi poloviční než massaranduba a dvojnásobný než ipe. Je možné, že za variabilitu může špatné určení anatomického směru, nebo nepřesnost vzorků.

Podle údajů v literatuře by tvrdost kolmo na vlákna u ipe a massaranduby měla být asi dvojnásobná oproti ostatním dřevům. Naměřené hodnoty tomu však neodpovídají a rozpor nebude způsobený špatnou orientací anatomických směrů vzorků, protože ta by nezpůsobila tak velký rozdíl, ale pohybovala by se v rámci několika málo MPa. Nedodržení postupu stanovení tvrdosti nebo chybná interpretace je také nepravděpodobná, jelikož tvrdost byla stanovena automatickým tvrdoměrem bez zásahu člověka a hodnoty u ostatních dřevin se s literaturou shodují. Tvrdość dřeva závisí i na jeho vlhkosti (Peng, 2016; Wang,

1999), avšak i kdyby vlhkost vzorků byla blízko bodu nasycení vláken, tvrdost by se snížila asi o desetinu hodnoty při vlhkosti 12 % (Forest Product Laboratory, 2021).

## Bobtnání

Průměrné hodnoty objemového bobtnání se u vybraných dřevin pohybují mezi 9,5 a 18,5 %. Tvarově nejstabilnější dřevo je merbau. Nejméně stabilní je massaranduba. Bangkirai, garapa a ipe bobtnají přibližně stejně. Variabilita bobtnání v rámci jedné dřeviny je poměrně vysoká, rozdíl maximální a minimální naměřené hodnoty objemového bobtnání je 8,2 u bangkirai, 8,3 u garapy a 7,9 u massaranduby.

V souladu s literaturou (Forest Product Laboratory, 2021; Jankowska, 2017; Požgaj; 1997; Achmadi, 1989) byla mezi hustotou a bobtnáním zjištěna pozitivní korelace. Hodnota korelačního koeficientu naměřená v této práci je 0,75 znamenající významný vliv. Jankowska uvádí, že u tropických dřev má na bobtnání větší vliv obsah extraktivních látek a došla k závěru, že hustota se na bobtnání podílí pouze ze 40 % (Jankowska, 2017).

Porovnáním obrázků 16 (bobtnání v radiálním směru) a 17 (bobtnání v tangenciálním směru) se může zdát, že mezi bobtnáním v radiálním a tangenciálním směru není rozdíl. Dále byla u bangkirai zjištěna veliká variabilita naměřených hodnot. Rozdíl nejnižší a nejvyšší naměřené hodnoty v radiálním směru u bangkirai činil 9,3 %. Při zahrnutí pouze hodnot v intervalu mezi prvním a třetím kvartilem bobtná radiálně v rozsahu 4,5 až 9,5 %, tedy s rozdílem 5 %, zatímco u ostatních dřevin byl rozdíl (pro hodnoty mezi prvním a třetím kvartilem) 1 až 2 %.

Jedno z možných vysvětlení takto nepravděpodobných hodnot bobtnání bangkirai je, že během přípravy vzorků nebyly přesně dodrženy anatomické směry dřeva, nebo mohlo dojít k mylnému určení anatomického směru během měření a / nebo pomíchání výsledků. Této myšlence nasvědčují tři ukazatele.

Zprvé průměrné hodnoty získané z literatury u bangkirai uvádí bobtnání v radiálním směru 4,2 až 5,5 % a v tangenciálním směru 9,5 až 10,1 %, což je podobné rozsahu naměřených hodnot.

Druhým ukazatelem je fakt, že hodnoty naměřené v tangenciálním směru jsou téměř shodné s hodnotami naměřenými v radiálním směru, což je v rozporu s literaturou, ve které je několikrát potvrzeno, že dřevo v tangenciálním směru bobtná více. V případě vybraných dřev o 1,2 až 5,3 %, v závislosti na druhu dřeva (Forest Product Laboratory, 2021; Jankowska, 2017; Meier, 2015; Wagenführ, 2000; Chudnoff, 1984). Výsledky experimentu anizotropii popírají, takže v tomto okamžiku již uvažujeme o chybě měření u všech testovaných dřev.

Třetím ukazatelem je, že v radiálním směru byly u všech dřev naměřeny trochu vyšší hodnoty, než jaké uvádí literatura a v tangenciálním směru naopak o trochu nižší. To lze vysvětlit tak, že anatomické směry vzorku na sebe nebyly kolmé, a tak se část vektoru tangenciálního bobtnání promítla do radiálního směru. Jelikož

vzorky o rozměru základny 20 x 20 byly vyrobeny z prken o průřezu 21 x 140 mm a 25 x 145 mm, byl anatomický směr dán umístěním prkna ve výřezu kmenu.

## Závěr

Z velkého množství dovážených exotických dřev bylo vybráno 29 druhů vhodných na stavbu podlahy a běžně dostupných. Jejich seznam, rozdělený podle původu dřeviny, je uveden v tabulce 1. Druhy dovážené z více oblastí jsou zastoupeny několikrát, ale do celkového počtu se nezahrnují.

U pěti nejvíce žádaných dřevin (bankirai, garapa, ipe, massaranduba, merbau) bylo provedeno měření hustoty, tvrdosti a bobtnání. Naměřená tvrdost byla u všech dřev podobná a rozdíl nepřekročil 0,5 MPa, což je v rozporu s údaji v literatuře. Nepodařilo se správně stanovit bobtnání v radiálním ani tangenciálním směru, proto jsou hodnoty bobtnání v těchto směrech pouze přibližné. Níže uváděné hodnoty hustoty a tvrdosti jsou měřeny při 12 % vlhkosti dřeva.

**Bangkirai** má v porovnání s ostatními dřevy průměrnou hustotu (888 kg/m<sup>3</sup>). Její tvrdost dosahuje (6,9 MPa). Má druhou nejvyšší hodnotu bobtnání (15,2 %), ale přesto je tvarově stabilní. Trvanlivostí a odolností proti hnilobě se řadí do druhé třídy. Naměřené hodnoty jsou shodné s literaturou. Tato dřevina je vhodná pouze do exteriéru, protože během užívání podlahy dochází k tvorbě malých třísek.

**Garapa** má hustotu (835 kg/m<sup>3</sup>), což je ve srovnání s ostatními dřevy průměrná hodnota. Je nejméně tvrdá (6,8 MPa). Bobtnání dosahuje nízké hodnoty (13,2 %), je tedy tvarově stabilní. Je nejméně odolná proti hnilobě, řadí se do třetí třídy. Oproti údajům v literatuře byla naměřena vyšší hustota. Toto dřevo je vhodné pro použití v exteriéru i do interiéru.

**Ipe** má druhou nejvyšší hustotu (928 kg/m<sup>3</sup>) a tvrdost 7,1 MPa. Je celkem tvarově stabilní, hodnotu bobtnání má 14,8 %. Je velice trvanlivá. Odolností proti hnilobě se řadí do první třídy. V porovnání s hodnotami uvedenými v literatuře má asi poloviční tvrdosti a o trochu nižší hustotu. Toto dřevo je vhodné pro použití v exteriéru i do interiéru.

**Massaranduba** má v porovnání s ostatními zkoumanými dřevy největší hustotu (999 kg/m<sup>3</sup>), je nejtvrdší (7,9 MPa), nejvíce bobtná (18,5 %) a je nejméně tvarově stabilní. Odolností proti hnilobě se řadí do první třídy trvanlivosti. V porovnání s literaturou byla naměřená hodnota tvrdosti asi poloviční. Ostatní vlastnosti odpovídají uvedeným údajům. Tato dřevina je vhodná pro použití v exteriéru. Vzhledem k vysoké míře sesychání se do interiéru nehodí.

**Merbau** má v porovnání s ostatními dřevy nejnižší hustotu (814 kg/m<sup>3</sup>), která je však stále vyšší, než jaké dosahují tuzemské dřeviny. Je nejméně tvrdá (6,8 MPa) a bobtná pouze minimálně (9,5 %), je tvarově nejstabilnější. Své rozměry mění asi 1,5 až 2 krát méně, než ostatní dřeva. Odolností proti hnilobě se řadí do první třídy. Všechny vlastnosti se shodují s literaturou. Je vhodná pro použití v exteriéru i do interiéru.

# Použité zdroje

## Literatura:

ACHMADI, S. Suminar a Elvin T. CHOONG. Effect of extractives on moisture sorption and shrinkage in tropical woods. *Wood and Fiber Science*. 1991, roč. 23, č. 2.

CHUDNOFF Martin. *Tropical Timbers of the World. Agriculture Handbook 607*. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1984.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Wood handbook—wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-282*. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2021.

GÉRARD, Jean, Daniel GUIBAL, Sebastien PARADIS, Jean-Claude CARRE, et al. *Tropical Timber Atlas – Technological characteristics and uses*. Éditions Quae, 2017. ISBN: 978-2-7592-2770-9.

MEIER, Eric 2015. WOOD! Identifying and Using Hundreds of Woods Worldwide by Eric Meier (2015-10-10)

POŽGAJ, Alexander, Dušan CHOVANEC, Stanislav KURJATKO a Marián BABIAK. *Štruktúra a vlastnosti DREVA*. Druhé vydání. Bratislava: Príroda a.s., 1997. ISBN 80-07-00960-4.

WAGENFÜHR, Rudi. *Holzatlas*. 6. vyd. Leipzig: Fachbuchverlag, 2000. ISBN 978-3-446-40649-0.

WHEELER, Elizabeth, Pieter BAAS, Peter GASSON. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification: with an Appendix on non-anatomical information. *IAWA journal / International Association of Wood Anatomists*. 1989, roč. 10, č. 3. ISBN 9784906165773.

## Internetové zdroje:

BARSTOW, M. 2020. *Intsia bijuga*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T32310A2813445 [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T32310A2813445.en>.

BOTANIC GARDENS CONSERVATION INTERNATIONAL (BGCI) a IUCN SSC GLOBAL TREE SPECIALIST GROUP. 2021. *Manilkara salzmannii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T149180283A149210464 [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T149180283A149210464.en>.



CANTEIRO, C., a G LEWIS. 2021. *Apuleia leiocarpa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T61220263A61220266 [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T61220263A61220266.en>.

COELHO, P., A. SILVA a J. de BRITO. How Long Can a Wood Flooring System Last? *Buildings* [online]. 2021, roč. 11, č. 1 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/buildings11010023>

DE MIL, Tom, Yegor TARELKIN, Stephan HAHN, Wannas HUBAU, Victor DEKLERCK, Olivier DEBEIR, Joris VAN ACKER, Charles DE CANNIÈRE, Hans BEECKMAN, Jan VAN DEN BULCKE. Wood Density Profiles and Their Corresponding Tissue Fractions in Tropical Angiosperm Trees. *Forests* [online]. 2018, roč. 9, č. 12. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f9120763>

HILLS, R. 2021. *Handroanthus chrysanthus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T146784568A146784570 [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-3.RLTS.T146784568A146784570.en>.

HIRATA, Seiji, Masamitsu OHTA a Yasuo HONMA. Hardness distribution on wood surface. *Journal of Wood Science* [online]. 2001, roč. 47. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF00776637>

InsideWood [online]. ©2014-2022 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>

ITTO LESSER USED SPECIES. *grapiagarapagarapeira-apuleia-leiocarpa*. *tropicaltimber.info* [online]. ©2022. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <http://www.tropicaltimber.info/specie/grapiagarapagarapeira-apuleia-leiocarpa/>

ITTO LESSER USED SPECIES. *ipe-tabebuia-impetiginosa*. *tropicaltimber.info* [online]. ©2022. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <http://www.tropicaltimber.info/specie/ipe-tabebuia-impetiginosa/>

JANKOWSKA, A., M. DROŹDŹEK, P. SARNOWSKI, a J. HORODEŃSKI. Effect of extractives on the equilibrium moisture content and shrinkage of selected tropical wood species. *BioRes* [online]. 2017, roč. 12 č. 1. Dostupné z: <https://doi.org/10.15376/biores.12.1.597-607>

KOLLMANN, Franz. *Die Esche und ihr Holz. Schriftenreihe Eigenschaften und Verwertung der deutschen Nutzholzer*. Berlin: Heidelberg, 1941. ISBN 13:978-3-642-89059-8. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-90915-3>

NEWMAN, M.F. a R. POOMA, 2017. *Shorea glauca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T33113A2832740 [online]. [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T33113A2832740.en>.

PENG, Hui, Jiali JIANG, Tianyi ZHAN a Jianxiong LU. Influence of density and equilibrium moisture content on the hardness anisotropy of wood. *Forest*

*Products Journal* [online]. 2016, roč. 11, č. 1. Dostupné z:  
<https://doi.org/10.13073/FPJ-D-15-00072>

RIVERS, M.C. a M. BARSTOW. 2019. *Shorea lumutensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T31435A123288722 [online]. Dostupné z:  
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T31435A123288722.en>.  
Accessed on 06 April 2022.

SOPUSHYNSKYI, Ivan, Ivan KHARYTON, Alfred TEISCHINGER, et al. Wood density and annual growth variability of *Picea abies* (L.) Karst. growing in the Ukrainian Carpathians. *European Journal of Wood and Wood Products* [online]. 2017, roč. 75. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1079-1>

TROPIX. IPE. Tropix.cirad.fr [online]. ©1998-2011 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/Asia/BANGKIRAI.pdf>

TROPIX. BANGKIRAI. Tropix.cirad.fr [online]. ©1998-2011 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:  
<https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/America/GARAPA.pdf>

TROPIX. GARAPA. Tropix.cirad.fr [online]. ©1998-2011 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/America/IPE.pdf>

TROPIX. MACARANDUBA. Tropix.cirad.fr [online]. ©1998-2011 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:  
<https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/America/MACARANDUBA.pdf>

TROPIX. MERBAU. Tropix.cirad.fr [online]. ©1998-2011 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:  
<https://tropix.cirad.fr/FichiersComplementaires/EN/Asia/MERBAU.pdf>

WALKER, John C.F. *Primary Wood Processing: Principles and Practice*. Druhé vydání. Dordrecht: Springer, 2006. ISBN 978-1-4020-4393-2. Dostupné také z:  
<https://doi.org/10.1007/1-4020-4393-7>

WANG, Song-Yung a Hon-Lin WANG. Effects of moisture content and specific gravity on static bending properties and hardness of six wood species. *Journal of Wood Science* [online]. 1999, roč. 45. Dostupné z:  
<https://doi.org/10.1007/BF01192329>

ZIEMIŃSKA Kasia, Don W. BUTLER, Sean M. GLEASON, Ian J. WRIGHT, Mark WESTOBY. Fibre wall and lumen fractions drive wood density variation across 24 Australian angiosperms. *AoB PLANTS* [online]. 2013, roč. 5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/aobpla/plt046>

## Normy:

BS EN 350-2016. *Durability of wood and woodbased products Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials*. The British Standards Institution Standards Limited, 2016. ISBN 978 0 580 87895 4.

ČSN EN 1534 (492124) Dřevěné podlahoviny - Stanovení odolnosti proti vtisku - Metoda zkoušení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020. Třídící znak: 492124.

ČSN 49 0108 *Drevo. Zisťovanie hustoty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1993. Třídící znak: 490108.

ČSN 49 0126 Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania napúčavosti. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1988. Třídící znak: 490126.

## Obrázky:

Obrázek 1. Makroskopická stavba *Shorea glauca*.

A – radiální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z <https://www.wood-database.com/balau/>

B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.)

C – transverzální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/balau/>

Obrázek 2. Mikroskopická stavba *Shorea glauca*.

A – Transverzální řez. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Fluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E6965%7E107607%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Fluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-323%2C-109%2C3957%2C2168>

B – Tangenciální řez. [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Fluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E6964%7E107606%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Fluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=369%2C138%2C3926%2C1927>

Obrázek 3. Makroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*.

A – tangenciální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/garapa/>

B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.)

C – transverzální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/garapa/>

Obrázek 4. Mikroskopická stavba *Apuleia leiocarpa*.

A – Transverzální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E66868%7E288255%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-143%2C-771%2C2844%2C3460>

B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E66864%7E288259%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-151%2C-769%2C2844%2C3460>

C – Radiální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E66865%7E288258%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-143%2C-771%2C2844%2C3460>

Obrázek 5. Makroskopická stavba *Handroanthus* spp.

A – tangenciální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://www.wood-database.com/ipe/>

B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.)

C – transverzální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://www.wood-database.com/ipe/>

Obrázek 6. Mikroskopická stavba *Handroanthus heptaphyllus*.

A – Transverzální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E5931%7E106566%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-333%2C-103%2C3976%2C2157>

B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E5930%7E106565%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-333%2C-103%2C3976%2C2157>

Obrázek 7. Makroskopická stavba *Manilkara bidenta*.

A – radiální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://www.wood-database.com/bulletwood/>

B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.)

C – transverzální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z:

<https://www.wood-database.com/bulletwood/>

Obrázek 8. Mikroskopická stavba Manilkara bidenta.

A – Transverzální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E11143%7E110978%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-111%2C-87%2C3361%2C1823>

B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E11142%7E110977%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-333%2C-103%2C3976%2C2157>

C – Radiální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E64673%7E286134%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-1683%2C-459%2C5308%2C2879>

Obrázek 9. Makroskopická stavba Intsia bijuga.

A – radiální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/merbau/>

B – terasová prkna (DLH Hrdina s. r. o.)

C – transverzální řez (wood-database, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/merbau/>

Obrázek 10. Mikroskopická stavba Intsia bijuga.

A – Transverzální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E67716%7E290234%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-149%2C-145%2C2240%2C2880>

B – Tangenciální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E67721%7E290229%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-206%2C-145%2C2355%2C2880>

C – Radiální řez (InsideWood, 2022). [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: <https://images.lib.ncsu.edu/II/detailView.html?manifestUrl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fiiif%2Fm%2FNCSULIB%7E2%7E2%7E67722%7E290228%2Fmanifest&lc=NCSULIB%7E2%7E2&baseurl=https%3A%2F%2Fimages.lib.ncsu.edu%2Ffluna%2Fservlet%2Fas%2Fsearch#?c=0&m=0&s=0&cv=0&r=0&xywh=-206%2C-145%2C2355%2C2880>

Obrázek 11. foto měření hustoty (vlastní zdroj)

Obrázek 12. Měření tvrdosti vzorku garapa (vlastní zdroj)

Obrázek 13. vzorky v sušárně (vlastní zdroj)

Obrázek 14. Hustota při vlhkosti dřeva 12 %. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 15. Tvrdost radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 %. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 16. Tvrdost tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 %. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 17. Tvrdost transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 18. Objemové bobtnání. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 19. Bobtnání v radiálním směru. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Obrázek 20. Bobtnání v tangenciálním směru. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování

Obrázek 21. Bobtnání v axiálním směru. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

### **Tabulky:**

Tabulka 1. Přehled dostupných dřevin a jejich původ. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 2. Srovnání výsledků měření hustoty při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 3. Srovnání výsledků měření tvrdosti radiální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 4. Srovnání výsledků měření tvrdosti tangenciální plochy při vlhkosti dřeva 12 % s hodnotami uvedenými v literatuře. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 5. Tvrdost transversální plochy při vlhkosti dřeva 12 %. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 6. Srovnání výsledků měření objemového bobtnání s literaturou. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 7. Srovnání výsledků měření bobtnání v radiálním směru s literaturou. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 8. Srovnání výsledků měření bobtnání v tangenc. směru s literaturou. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

Tabulka 9. Bobtnání v axiálním směru. HRDINA, Jiří. Vlastní zpracování. 2022

## Přílohy

Příloha A: Foto terasy Bangkirai

Příloha B: Foto terasy Garapa

Příloha C: Foto terasy Merbau

Příloha D: Foto terasy Ipe

Příloha E: Foto terasy Massaranduba

### Příloha A: Foto terasy Bangkirai



Zdroj vlastní

### Příloha B: Foto terasy Garapa



Zdroj vlastní



Příloha C: Foto terasy Merbau



Zdroj vlastní

Příloha D: Foto terasy Ipe



Zdroj vlastní

Příloha E: Foto terasy Massaranduba



Zdroj vlastní