

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**POROVNÁNÍ HUSTOTNÍHO PROFILU DŘEVA
JEDLE BĚLOKORÉ A JEDLE OBROVSKÉ**

Bakalářská práce

Autor: Petr Horák

Vedoucí práce: Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

**POROVNÁNÍ HUSTOTNÍHO PROFILU DŘEVA
JEDLE BĚLOKORÉ A JEDLE OBROVSKÉ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

Dřevařství

Pracoviště (katedra/ústav):

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Vlastimil Borůvka, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

Praha 2020

Petr HORÁK



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Petr Horák
Studijní program:	Dřevařství
Obor:	Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu
Vedoucí práce:	Ing. Vlastimil Borůvka, PhD.
Garantující pracoviště:	Katedra zpracování dřeva a biomateriálů
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Porovnání hustotního profilu dřeva jedle bělokoré a jedle obrovské
Název anglicky:	Comparison of Wood Density Profile of Silver Fir and Grand Fir
Cíle práce:	Cílem práce je denzitometrické porovnání profilu hustoty po šířce kmene dřeva jedle bělokoré (<i>Abies alba</i> Mill.) a jedle obrovské (<i>Abies grandis</i> Lindl) z lokalit České republiky, ověření hustoty standardní normalizovanou metodikou a následné posouzení případných rozdílů mezi druhy z pohledu užitkových vlastností.
Metodika:	<ol style="list-style-type: none">1) Zpracovat literární rešerši o dané dřevině a posuzované vlastnosti.2) Odebrat reprezentativní vzorníky z vybraných lokalit a připravit zkušební vzorky.3) Provést denzitometrické měření v radiálním směru po šířce kmene.4) Ověřit v relevantním rozsahu průměrnou hustotu standardní normalizovanou metodikou podle ČSN. Ověřit po naskenování zkušebních vzorků i průměrnou šířku ročních kruhů, případně i podíl letního dřeva.5) Výsledky statisticky zpracovat a interpretovat v textové, tabelární a grafické podobě.6) Posoudit případné rozdíly z pohledu užitkových vlastností obou druhů jedle.
Doporučený rozsah práce:	40 - 50 stran
Klíčová slova:	dřevo, jedle bělokorá, jedle obrovská, denzitometrie, hustota, variabilita vlastností

Doporučené zdroje informací:

1. ALDEN, H. A. Softwoods of North America. Madison, WI: U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, 1997. 151 s.
2. BUCUR, V. Nondestructive Characterization and Imaging of Wood, Springer Series in Wood Science, 2003. 354 s.
3. COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A. Methods of Dendrochronology, Springer Netherlands, 1990. 394 s.
4. ČSN 49 0108: Drevo. Zisťovanie hustoty.
5. DINWOODIE, J. M. Timber: Its nature and behavior, Taylor & Francis New York, USA, 2000. 258 s.
6. POŽGAJ, A., CHOVANEC, D, KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydání. Bratislava: Príroda, 1997. 485 s.
7. SCHWEINGRUBER, F. H. Basics and Applications of Dendrochronology, Springer Science & Business Media, 2012. 276 s.
8. TSOUMIS, G. Science and technology of wood – structure, properties, utilization. New York: Chapman and Hall, 1991. 497 s.
9. WAGENFÜHR, R. Holzatlas. Leipzig: Fachbuchverlag, 2000. 707 s.
10. ZOBEL, B. J., VAN BUITENEN, J. P. Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag. Berlin, 1989. 363 s.

Předběžný termín obhajoby: 2019/20 LS - FLD

Konzultant: doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

Elektronicky schváleno: 2. 4. 2019
doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.
Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno: 22. 2. 2020
prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Porovnání hustotního profilu dřeva jedle bělokoré a jedle obrovské“, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetí osoby. 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 20. 4. 2020

.....

Petr Horák

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Vlastimilu Borůvkovi, Ph.D. za vedení během vypracování bakalářské práce a přínosné rady, panu doc. Ing. Aleši Zeidlerovi, Ph.D. za konzultace a rady, Ing. Ondřeji Schönfelderovi za asistenci, rady a obstarání vzorků, dále Ing. Janu Vítámvás, Ph.D. za zaškolení a seznámení s denzitometrem. A také bych chtěl poděkovat České zemědělské univerzitě v Praze za poskytnutí prostoru a vybavení k měření dat potřebných k vypracování této práce.

Abstrakt ve státním jazyce

Tato bakalářská práce se zabývá denzitometrickým měřením hustotního profilu v průřezu kmene dřeva jedle bělokoré (*Abies alba Mill*) ze dvou lokalit České republiky, a to z Kostelce nad Černými lesy a z Rožmitálu a jedle obrovské (*Abies grandis Lindl*) z Kostelce nad Černými lesy. Vyhodnocuje hustotní profil za pomoci denzitometru a gravimetrického standardizovaného měření. Výsledky jsou následně vyhodnocovány a porovnávány, a to jak v rozdílech odlišných dřevin, tak i daných lokalit. Zjištěné rozdíly jsou nakonec vztaženy k možnému využití dřevin. Mezi další zjišťované vlastnosti je zařazena také průměrná hustota a průměrná šířka ročních kruhů.

V porovnání s literaturou a předchozími výzkumy se jedle bělokorá pohybuje v předpokládaných hodnotách, zatímco jedle obrovská svou hustotou a šířkou ročních kruhů poukazuje na její dobré počínání ve zdejších podmínkách a stává se téměř srovnatelnou s původní jedlí bělokorou, nebo se smrkem. A mohla by tak rozšířit diverzitu našich lesů.

Klíčová slova: dřevo, jedle bělokorá, jedle obrovská, denzitometrie, hustota, variabilita vlastností

Abstrakt v cizím jazyce

This bachelor's thesis deals with the densitometric measurement of the density profile in the cross-section of a silver fir trunk (*Abies alba Mill*) from two localities of the Czech Republic, namely from Kostelec nad Černými lesy and from Rožmitál and grand fir (*Abies grandis Lindl*) from Kostelec nad Černými lesy. Evaluates the density profile using a densitometer and gravimetric standardized measurement. The results are evaluated and compared, both in the differences of different tree species and given localities. The founded differences are ultimately related to the possible use of woody plants. Other surveyed properties also include are the average density and the average width of annual rings.

Compared to the literature and previous research, the silver fir is within the expected values, while the grand fir, with its density and width of annual rings, indicates that its good performance in the local conditions and becomes almost comparable to the original silver fir or spruce. And it could expand the diversity of our forests.

Key words: wood, silver fir, grand fir, densitometry, density, variability of properties

Obsah

1 Úvod	11
2. Cíle práce	12
3. Teoretický rozbor problematiky	13
3.1. Jedle bělokorá	13
3.2. Jedle obrovská.....	15
3.3. Hustota dřeva	17
4. Materiál a metodika	20
4.1. Denzitometrické měření.....	21
4.2. Normalizované měření hustoty	24
4.3. Vyhodnocování výsledků.....	24
5. Výsledky	25
5.1. Měření denzitometrem	25
5.2. Normalizované měření.....	33
6. Diskuze	37
7. Závěr	39
8. Seznam použité literatury	41
9. Přílohy	44

Seznam tabulek

- Tab. 1: Hustota hospodářských dřevin (Požgaj et al., 1997)
- Tab. 2: Průměrná šířka ročních kruhů (autor)
- Tab. 3: Přehled vzorků pro denzitometr (autor)
- Tab. 4: Přehled vzorků pro gravimetrickou metodu – Kostelec (autor)
- Tab. 5: Přehled vzorků pro gravimetrickou metodu – Rožmitál (autor)

Seznam obrázků

- Obr. 1: Jedle bělokorá (<https://deti.vls.cz/>)
- Obr. 2: Jedle obrovská (<https://www.atlasrostlin.cz/>)
- Obr. 3: Vzorky pro denzitometr (foto autor)
- Obr. 4: Vstupní údaje pro denzitometr (foto autor)
- Obr. 5: Vzorky pro gravimetrickou metodu (foto autor)
- Obr.6: Schema vzorků-gravimetrická metoda (autor)
- Obr. 7: Výstup denzitometru (foto autor)

Seznam grafů

- Graf 1: Hustota jarního dřeva jedle bělokoré
- Graf 2: Hustota letního dřeva jedle bělokoré
- Graf 3: Hustota jarního dřeva jedle obrovské
- Graf 4: Hustota letního dřeva jedle obrovské
- Graf 5: Podíl letního dřeva u jedle bělokoré a jedle obrovské
- Graf 6: Hustotní rozdíl jedle bělokoré a jedle obrovské
- Graf 7: Hustotní profil jedle bělokoré (Kostelec)
- Graf 8: Hustotní profil jedle bělokoré (Rožmitál)
- Graf 9: Hustotní profil jedle bělokoré
- Graf 10: Hustotní profil jedle obrovské

-
- Graf 11: Hustotní profil jedle bělokoré (Kostelec)- gravimetrická metoda
 - Graf 12: Hustotní profil jedle bělokoré (Rožmitál)-gravimetrická metoda
 - Graf 13: Hustotní profil jedle bělokoré-gravimetrická metoda
 - Graf 14: Hustotní profil jedle obrovské-gravimetrická metoda
 - Graf 15: Hustota jedle bělokoré a jedle obrovské

1 Úvod

Dřevo je velmi charakteristický materiál vytvořen přírodou. Od pradávna se s ním seznamujeme, využíváme ho a stále je co se o této kouzelné hmotě učit.

Dřevo je, bylo a pevně věřím, že nadále bude využíváno ve všemožných odvětvích, od stavebního průmyslu přes truhlářství, bednářství, výrobu sportovních a zdravotních pomůcek, hudebních nástrojů či hraček až po kosmetiku, farmaceutiku a mnohé další. Proto se již naši předkové učili dřevo poznávat, opracovávat, využívat ho a naslouchat mu.

Je to materiál heterogenní, anizotropní a je zastoupen mnoha druhy dřevin po celém světě. Proto nejen že každý druh dřeviny disponuje jinými vlastnostmi, ale i v rámci jednoho druhu nacházíme odlišnosti a co více... dokonce i v rámci jednoho konkrétního stromu/dřeviny. Jednotlivé rozdíly mají různý původ a jsou způsobeny například odlišnou strukturou a složením, obsahem chemických složek v rámci odlišností mezi jednotlivými druhy. Dále hraje svou roli například půda, ve které dřevina roste, podnebí, místo, kde roste a jaké má „sousedy“. Jestli se jedná o podrost či solitér, což se může projevit jak na velikosti ročních přírůstků, podílu jarního a letního dřeva, tak například i na výskytu reakčního dřeva, zapříčiněného například dlouhodobým působením větrů (pokud strom rostl jako solitér a nenacházel se tak pod „ochranou“ okolních dřevin).

V této bakalářské práci se věnuji dvěma druhům dřevin, a to jedli bělokoré (*Abies alba Mill*) a jedli obrovské (*Abies grandis Lindl*). Přičemž vzorky jedle bělokoré jsou porovnávány ze dvou lokalit České republiky (Kostelec nad Černými lesy a Rožmitál). Vzorky jedle obrovské jsou pouze z Kostelce nad Černými lesy.

Na obou dřevinách je zkoumán hustotní profil a to tak, že z každého stromu je vymanipulováno několik vertikálně odlišných sekcí („koláčů“), z nichž jsou dále nařezány tenké pásy radiálního řezu od dřeně ke kůře, na kterých je za pomoci denzitometru měřen profil hustoty dřeva. Denzitometr dokáže určit také zastoupení jarního a letního dřeva. Dále jsou z výřezů vymanipulovány vzorky pro měření hustoty standardní normalizovanou metodikou podle ČSN. Výsledky jsou mezi sebou porovnány, zapsány a vyhodnoceny tak, aby z nich byl patrný závěr.

Věřím, že tato bakalářská práce přispěje k hlubšímu poznávání našich dvou stromů a bude tak přínosem v dalším zkoumání.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je porovnání hustotního profilu po šířce kmene dřeva jedle bělokoré (*Abies alba Mill.*) a jedle obrovské (*Abies grandis Lindl.*).

Vzorky dřeva jedle bělokoré jsou ze dvou lokalit České republiky (Kostelec nad Černými lesy a Rožmitál). Vzorky jedle obrovské jsou pouze z Kostelce nad Černými lesy.

Měření hustoty je prováděno za pomoci denzitometru a normalizované gravimetrické metody. Z obou rozdílných metod jsou sestaveny na základě výsledků grafy, na kterých se sleduje orientace trendu směrem od dřevě ke kůře.

Nakonec jsou grafy popisovány a vzájemně porovnávány. Je popsáno, zda-li spolu výsledky obou metod korespondují, či nikoliv a jak výsledky odpovídají hodnotám uvedeným v literatuře.

3. Teoretický rozbor problematiky

3.1. Jedle bělokorá

Rozšíření

Na základě pylových analýz usuzujeme, že jedle bělokorá (*Abies alba*) se ve střední Evropě objevila jako jedna z posledních domácích dřevin koncem atlantiku (zhruba před 7 000 lety) a brzy zaujala významné postavení ve zdejších lesích. Jejím dalšímu šíření koncem středověku a na počátku novověku významně napomohl člověk svými (často nezáměrnými) zásahy. Lidské aktivity však přispěly také k dramatickému ústupu jedle ve 20. stol. Není to tak dávno, co si řada lesníků myslela, že jedle je druhem odsouzeným k zániku a její úplné vyhynutí je u nás jen otázkou krátké doby. V posledních letech se však zdá, že nabrala „druhý dech“ a není třeba ji považovat za ztracenou. Naopak, zdravotní stav jedlí se na mnoha místech zlepšuje (SKOŘEPA 2006).

Jedlové dřevo

Jedle se vyskytuje ve střední Evropě a Malé Asii. V porovnání se smrkem je u nás její výskyt poměrně malý. Jedle dorůstá až do výšky 40 m, zralosti dosahuje ve věku osmdesáti až sta let (FÁBRYOVÁ, BOŽEKOVÁ 1995). Hustota jedlového dřeva se pohybuje v rozpětí 430 – 560 kg/m³ (Naše stromy 2020).

Charakteristické vlastnosti

Jedlové dřevo je poměrně lehké, pružné a pevné, za sucha dobře štípatelné. Opracovatelnost je celkem dobrá, v porovnání se smrkem však horší. V suchém prostředí a ve vodě je jedlové dřevo velmi trvanlivé, ve venkovním prostředí je jeho trvanlivost horší (FÁBRYOVÁ, BOŽEKOVÁ 1995).

Rozpoznávací znaky

Kůra mladého stromu je hladká, hnědá až šedohnědá, v pozdějším věku šedobílá. Na řezu je červenohnědá, poměrně tlustá. Vrstva lýka je pevně spojena s kůrou. Dřevo jedle se velmi podobá dřevu smrkovému. Je žlutohnědé, s načervenalým až modrohnědým odstínem. Vlivem světla na vzduchu žloutne (FÁBRYOVÁ, BOŽEKOVÁ 1995).

Dřevo v kulatině vystavené dešti dostává špinavé, žlutohnědé skvrny, zejména v části okolo dřeně. Na koncích dlouho skladovaného řeziva se vytvářejí typické tmavohnědé skvrny. Jedlové dřevo má dobře viditelné letokruhy, přechod jarního dřeva do letního je ostrý. Obě vrstvy jsou téměř stejně široké, dřevo má nepatrný lesk. Pryskeřičné kanálky ani jádro jedlové dřeva nemá. V čerstvém stavu nepříjemně zapáchá. Suky jsou typicky tmavohnědé, vypadané a lemované černým prstencem. Jsou uloženy poměrně kolmo k ose kmene. Dřeňové paprsky nejsou viditelné. Při opracování (frézování, hoblování) se dřevěná vlákna třepí, povrch je po opracování mírně chlupatý (FÁBRYOVÁ, BOŽEKOVÁ 1995).

Použití

Jedlové dřevo se používá většinou stejně jako dřevo smrkové, často jako jeho náhrada. Pro stavebnictví je technicky i hospodářsky nejvýhodnější dřevinou. Nejlépe se hodí na vodní stavby, na konstrukce pro zpevnování břehů vodních toků, stavidla aj. V báňském průmyslu, v průmyslu dých a celulózy a také v papírenském průmyslu se uplatňuje stejně jako smrk, ve stavebním truhlářství a nábytkářství se uplatňuje méně. Nehodí se na palubové podlahy, protože při mytí šedne a chlupatí se. Kromě toho se měkké vrstvy jarního dřeva po nějaké době vydírají více než vrstvy letního dřeva, které postupně vystupuje nad povrch a podlaha se stává nevzhlednou. Kůra je dobrým palivem (FÁBRYOVÁ, BOŽEKOVÁ 1995).



Obr. 1: Jedle bělokorá (<https://deti.vls.cz/>)

3.2. Jedle obrovská

Rozšíření

Pochází ze Severní Ameriky, původním areálem je severozápadní část USA (až po sever Kalifornie) a jihozápadní okraj Kanady. Do Evropy poprvé dovezena v roce 1831 Davidem Douglašem, který tento druh jedle v roce 1825 objevil. U nás byla poprvé vysazena v roce 1879 na Sychrově (DORUŠKOVÁ 2011).

Popis dřeva a jeho vlastnosti

Jedle obrovská je jehličnatá dřevina, která nemá pryskyřičné kanálky. Jedná se o dřevinu s vyvrálým dřevem, což znamená, že zóna bělového dřeva je barevně odlišitelná od středové části vyvrálého dřeva jen v čerstvém stavu po pokácení. Po vyschnutí se barevný rozdíl ztrácí. Barva dřeva je bělavá až světle hnědočervená (ZEIDLER et al. 2010). V původních lokalitách dosahuje jedle obrovská průměrné hustoty 370 kg/m^3 v podmínkách České republiky průměrné hustoty 405 kg/m^3 (LUKÁŠEK 2012).

Obchoduje se pod názvem Grand fir. Dřevo se dobře suší i opracovává. Je měkké, lehké, málo pevné a málo houževnaté, s malou odolností proti biotickým činitelům a povětrnostním podmínkám. Problematický může být také výskyt vodnatosti („mokrého jádra“), jejíž přítomnost snižuje kvalitu dřeva.

Nízkými hodnotami hustoty a pevnosti v tlaku se jedle obrovská podobá vejmutovce. Na základě hustoty lze odhadnout, že i další pevnostní charakteristiky budou obdobné. Jedná se tedy o dřevinu, která nedosahuje kvality našich domácích druhů. V úvahu připadají podobné oblasti využití dřeva jako u smrku, samozřejmě se zohledněním menší pevnosti. Jednalo by se především o použití na stavební řezivo, vlákninu, bednění, sloupky, bedny a obaly. Jako plus je možné uvést nepřítomnost pryskyřice, což je z hlediska povrchových úprav nebo lepení, případně i transportních obalů na potraviny, příznivější (ZEIDLER et al. 2010).



Obr. 2: Jedle obrovská (<https://www.atlasrostlin.cz/>)

3.3. Hustota dřeva

Hustota dřeva udává hmotnost jeho objemové jednotky, přičemž se nejčastěji vyjadřuje v kg/m^3 , nebo g/cm^3 . Hustota dřeva byla předmětem výzkumu mnohých prací, protože jde o charakteristiku, která významně ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Například těžké dřevo je pevnější, tvrdší a odolnější proti opotřebování než lehké dřevo. Hustota dřeva nabývá na významu při jeho mechanickém a chemickém zpracování, kde se klade důraz na hmotnostní množství dřevní hmoty a kde je potřebné vědět, kolik dřevní hmoty obsahuje konkrétní objemová jednotka. Dále je ukazatelem vhodnosti použití dřeva na takové účely, kde se vyžaduje například nízká hmotnost při vysoké pevnosti a pružnosti (stavebnictví), při použití dřeva na výrobu hudebních nástrojů a další. Z uvedeného vyplývá, že poznatky o hustotě dřeva mají nejen teoretický, ale i praktický význam (POŽGAJ et al. 1997).

Hustota dřeva udává hmotnost jednotkového objemu dřeva při určité vlhkosti. Vypočítá se z podílu hmotnosti m_w a objemu dřeva V_w . Přičemž hmotnost i objem dřeva jsou při té samé vlhkosti.

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Vzorec 1: Hustota dřeva při vlhkosti w

Pro možnost porovnání výsledků a při různých teoretických výpočtech se počítá s hustotou dřeva v absolutně suchém stavu ρ_0 , když je hmotnost a objem dřeva při nulové vlhkosti. Vypočítá se podle vzorce:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Vzorec 2: Hustota dřeva při nulové vlhkosti

Podle dodnes platné normy ČSN 49 0108 se hustota dřeva uvádí při vlhkosti 12 %.

Za nejtěžší dřevo se považuje guajak (*piratinera quaianensis*) s hustotou v absolutně suchém stavu $\rho_0 = 1363 \text{ kg/m}^3$ a za nejlehčí dřevo balzy (*ochroma lagopus*) s hustotou $\rho_0 = 130 \text{ kg/m}^3$ (POŽGAJ et al. 1997). Hustota tuzemských hospodářských dřevin viz Tab. 1:.

Tab. 1: Hustota hospodářských dřevin (Požgaj et al. 1997)

Dřeviny	Hustota ρ_0 (kg / m ³).
Smrk, jedle, topol	350-400
Limba, lípa, osika	400-450
Borovice	500
Modřín, douglaska, vrba, olše, bříza	500-600
Jasan, javor, kaštan	630
Jilm, dub	640-650
Buk	680
Akát, habr	730-800

Hustotu dřeva ovlivňuje především vlhkost, šířka ročních kruhů a podíl letního dřeva, poloha v kmeni a věk stromu. Rozdílnou hustotu má pak samozřejmě reakční dřevo, větve, a kořeny (POŽGAJ et al. 1997).

Vliv vlhkosti na hustotu dřeva

Hustota dřeva se zvyšuje s vlhkostí, přičemž hmotnost a objem se nemění stejně. Zatímco hmotnost dřeva se zvyšuje se stoupající vlhkostí až do úplného nasycení, objem dřeva se zvětšuje jen do BNV (POŽGAJ et al. 1997).

Vliv šířky ročních kruhů a podílu letního dřeva na jeho hustotu

Vliv šířky letokruhů na hustotu dřeva je u listnatých a jehličnatých dřevin rozdílný. Např. hustota dřeva borovice stoupá s poklesem šířky letokruhů v důsledku vyššího podílu letního dřeva až po rozměr v rozpětí 2-0,4 mm, když nastává náhlý pokles šířky letního dřeva i hustoty. U listnáčů, s výjimkou některých roztroušeně pórovitých, je tomu přesně naopak (POŽGAJ et al. 1997).

Metody stanovení hustoty dřeva

Hustota dřeva podle normy

Podle normy podstata zkoušky spočívá v určení hmotnosti a objemu vzorku dřeva při dané vlhkosti. Z podílu hmotnosti a objemu se hustota dřeva počítá podle vzorce 1. (POŽGAJ et al. 1997).

Hustota dřeva na základě Archimédova zákona

Zkušební těleso naklimatizované na konstantní vlhkost se geometricky rozdělí po délce na 10 stejných dílků a svisle se ponoří do odměrného válce s vodou. Hustota se určí přímo odpočítáním dílků ponořených ve vodě, které udávají hustotu dřeva. Naměřená hustota je zpravidla vyšší, než hustota zjištěna podle normy, neboť těleso ponořené do vody začne okamžitě přijímat vodu a stává se tak těžším. Tato metoda se používá na rychlé stanovení hustoty dřeva, přičemž výsledky mají jen orientační charakter (POŽGAJ et al. 1997).

Hustota dřeva pomocí rtuťového objemoměru

Objem předem zváženého zkušební tělesa se zjistí v uvedeném přístroji. Výhodou této metody je, že není vyžadován pravidelný tvar zkušební tělesa a hustota dřeva ponořeného ve rtuti se nezvyšuje (POŽGAJ et al. 1997).

Hustota dřeva pomocí ultrazvukových vln

Ultrazvuk je mechanické vlnění s frekvencí zpravidla větší než 16 000 Hz (ŠKVOR 2001). Mechanické vlnění je děj, při kterém se kmitání přenáší látkovým prostředím. Měření probíhá pomocí dvou snímačů, kde jeden je budič ultrazvukového signálu a druhý snímač. Rychlost šíření závisí na druhu dřeva, jeho vlastnostech, hustotě, tuhosti a vnějších podmínkách. Rychlost zvuku ve dřevě je anisotropní a je funkcí aktuálního stavu materiálu. Je přímo úměrná hustotě (KLOIBER 2007).

Z nedestruktivních metod stanovení hustoty dřeva se nejméně v laboratorních podmínkách používá χ nebo γ záření, a to na základě absorpce, nebo průniku záření (POŽGAJ et al. 1997).

4. Materiál a metodika

Reprezentativní vzorky

Pro zjišťování hustotního profilu dřeva jedle bělokoré a jedle obrovské bylo zapotřebí odebrat reprezentativní vzorky z těchto dřevin, a to ze dvou lokalit, jimiž jsou Kostelec nad Černými lesy a Rožmitál. Z Kostelce byly odebrány vzorky jak jedle bělokoré, tak jedle obrovské. Z Rožmitálu pak byly odebrány pouze vzorky jedle bělokoré.

Vzorky pro denzitometr

Reprezentativní vzorky jsou výřezy z více výškových sekcí každého stromu. Z těchto výřezů jsou dále vymanipulovány pásky radiálního řezu, které jsou u každého vzorku cca 0,7 mm tlusté, aby mohlo dojít k jejímu ideálnímu prozáření, které je zásadní při měření denzitometrem.

Jednotlivé vzorky mají kódová označení, aby nemohlo dojít k nežádoucí záměně. Vzorky byly uloženy v laboratoři, kde se po celou dobu měření neměnila teplota a vzdušná vlhkost, aby bylo možné jejich vzájemné porovnávání. Přehled vzorků včetně rozměrů viz kapitola 9. Přílohy.



Obr. 3: Vzorky pro denzitometr (foto autor)

4.1. Denzitometrické měření

Denzitometr, jakožto přístroj pro měření hustotního profilu, je propojen s programem v počítači, do kterého se zadají údaje měřeného vzorku, které jsou potřebné pro následné měření. Jsou jimi: délka vzorku, tloušťka vzorku, kód vzorku, předpokládaná hustota, koeficient absorpce hmoty, hustotní rozhraní jarního a letního dřeva, zda-li měříme od dřeně ke kůře, či naopak, krok (vzdálenost bodů, ve kterých je vzorek prozářen) a mnohé další údaje, které ovšem nejsou nezbytně nutné pro náš účel měření (Obr. 4 Vstupní údaje pro denzitometr).

Dále je vzorek vložen do držáku a v něm umístěn do přístroje, který musí být pečlivě uzavřen po dobu měření, neboť vyzařuje zdraví škodlivé radioaktivní záření. Po zahřátí denzitometru je zahájeno měření.

Pro maximální přesnost měření jsem nejprve každý samotný vzorek změřil za pomoci posuvného měřítka, zvážil a vypočetl gravimetrickou metodou hustotu měřeného vzorku. Tuto hodnotu je nutné zadat do programu před zahájením procesu měření. Předpokládaná hustota, koeficient absorpce hmoty a tloušťka vzorku je trojice parametrů, které mají zásadní vliv na výsledek. Dva z nich již známe. Absorpční koeficient je zjištěn po prvním naměření, kdy pro označený vzorek zkalibrujeme denzitometr, který tak přepočte koeficient na, pokud možno, co nejpřesnější hodnotu.

Tuto kalibraci jsem následně prováděl pro každý vzorek zvlášť, aby byla zajištěna nejvyšší přesnost měření. Aby ale bylo možné vzorky mezi sebou vzájemně porovnávat, je potřebné zachovat jeden jediný absorpční koeficient, a proto jsem po prvním naměření všech vzorků a zkalibrování vypočítal pro každou dřevinu jeden průměrný koeficient a s ním opakoval měření. Tento postup zajišťuje možnost porovnání výsledků (což je jeden z cílů této práce) na úkor přesných hodnot, které jsou ale zachyceny v prvním měření a následně v dalším měření gravimetrickou metodou.

V příloze je uveden výstup ze softwaru při měření denzitometrem, v němž jsou viditelné veškeré údaje potřebné pro další zpracování (Obr.7: Výstup denzitometru). V horní části je vyobrazen detailní hustotní profil, v druhé půlce jsou číselné údaje o hustotě jarního a letního dřeva a šířky ročních kruhů vždy pro každý vzorek zvlášť.

Parameters

Scan Time/Date: 13-Nov-2019 13:22:39

Study ID: 682 Sample ID: 682

File Name: 2019

Species:

Operator: Horak

Description:

Comments:

Calendar Year of First Ring: 1980

First Year Wood Type: EW LW

Target Ring Count: 80

Is Pith Present? Yes No

Missing Rings to Pith: 0

Bark to Pith Pith to Bark

Target Density: 420.0 kg/m³

Mass Absorption Coefficient: 3.16586 cm²/g

Is Sample Extracted? Yes No

Moisture Content: 8.00 %

Linear Resolution Step Size: 1 x0.01 mm

Target Length: 128.0 mm

Thickness: 0.620 mm

Late Wood Method

Peak and Valley Threshold

Threshold: 470 kg/m³

Deadband: 50 kg/m³

Adjust Sample Lighting Save As Defaults Cancel Done

Obr. 4: Vstupní údaje pro denzitometr (foto autor)

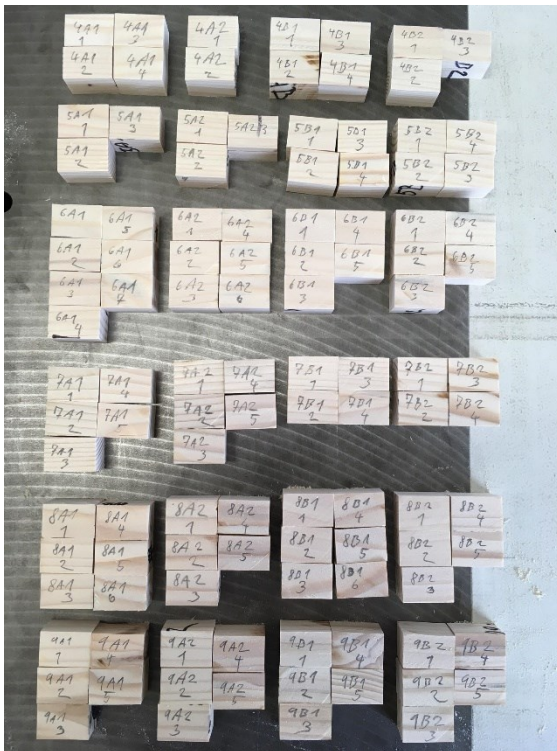
Denzitometr

Denzitometr funguje na principu prozařování vzorku a za pomoci koeficientu absorpce hmoty a zadané předpokládané hustoty vyhodnocuje hustotu vzorku a graficky vyobrazuje hustotní profil. Rychlost měření je závislá na nastaveném „kroku“, který je v našem případě 0,01 mm. Toto je nastavení nejvyšší možné detailnosti měření a profil je tak velmi přesný a podrobný. Denzitometr nám na výstupu vypočítá průměrnou hustotu vzorku, podle zadaného rozhraní nám rozděljuje jarní a letní dřevo a měří jejich šířku a procentuální zastoupení. Je udána také maximální a minimální naměřená hustota.

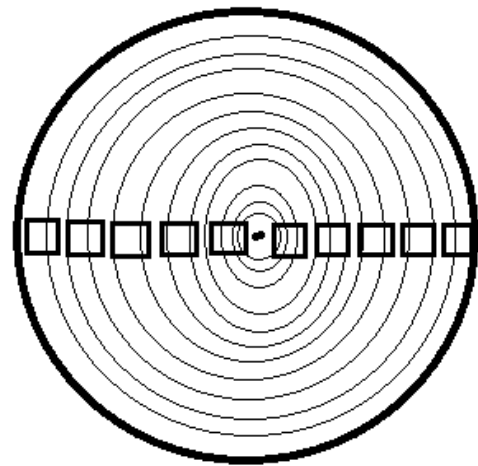
Dále denzitometr měří šířku ročních kruhů na základě rozpoznání jarního a letního dřeva.

Vzorky pro gravimetrickou metodu

Ze zbytků výřezů, ze kterých byly vymanipulovány vzorky pro měření denzitometrem jsem dále vyřezal vzorky pro gravimetrické zjištění hustoty podle ČSN 49 0108. Vzorky mají normalizované rozměry 20x20x30 mm, mají kódové označení jako vzorky předešlé s tou výjimkou, že mají navíc číselné označení (1, 2, 3, 4,...) podle vzdálenosti v řadě od dřene ke kůře. Toto označení nám umožňuje zjištění hustotního profilu v průřezu kmene. Přehled všech vzorků včetně rozměrů viz 9. Přílohy.



Obr.5: Vzorky pro gravimetrickou metodu
(foto autor)



Obr.6: Schema vzorků-gravimetrická metoda
(autor)

4.2. Normalizované měření hustoty

Na toto měření, jak je výše uvedeno, bylo zapotřebí připravit ze zkoumaných dřevin vzorky 20x20x30 mm podle normy ČSN 49 0108, které se po nařezání naklimatizovaly při parametrech 65/20. Po naklimatizování se u každého vzorku změřily rozměry za pomoci posuvného měřítka a následně se zvažily. Po dosazení naměřených hodnot do výše uvedeného vzorce pro výpočet hustoty jsem získal hustotu každého vzorku a dále vyvozují, jak se mění její profil v průřezu kmene.

4.3. Vyhodnocování výsledků

Výsledky měření vzorků oběma metodami jsou tabelárně zpracovány, z tabulek jsou vytvořeny spojnicové grafy ve vztahu: Na ose X vzdálenost od dřeně, v případě denzitometrického měření se jedná o letokruhy, u gravimetrické metody pořadí vzorku. Na ose Y je vyznačena hustota v kg/m^3 .

Vývoj hustotní křivky směrem od dřeně ke kambiu vytváří hustotní profil po průřezu kmene. Pro upřesnění stoupající či klesající tendence hustoty v kmeni je v každém z grafů vyobrazena spojnice trendu, která je vypovídající. Trend nám prozrazuje lineární vývoj hustotního profilu v průřezu kmene směrem od středu ke kůře.

Při porovnávání hustot obou posuzovaných dřevin jsou výsledky, pro názornější představu, vyobrazeny sloupcovými grafy, na nichž je zřetelné srovnání.

Pro vyhodnocení průměrné šířky ročních kruhů jsou zprůměrované údaje pro šířku jednotlivých ročních přírůstů vyhodnocené denzitometrem a následně vypočten jejich průměr. Údaje jsou prezentovány pomocí tabulky, kde je zjištěná hodnota pro každou dřevinu z každé lokality zaznamenána zvlášť plus hodnoty jedle bělokoré z obou lokalit společně.

5. Výsledky

5.1. Měření denzitometrem

Na následujících grafech jsou vyobrazeny informace, které vyhodnocuje denzitometr. Uvedené hodnoty jsou pak průměrem ze všech naměřených vzorků.

Jedle bělokorá

Hustota

Můžeme vidět, že průměrně má jarní dřevo hustotu 338 kg/m^3 (Graf 1: Hustota jarního dřeva jedle bělokoré), zatímco letní dřevo 742 kg/m^3 (Graf 2: Hustota letního dřeva jedle bělokoré). V grafech jsou dále uvedena minima a maxima, kde se také jedná o průměrné hodnoty. Tato čísla jsou ovšem relativní a je třeba brát na vědomí, že všechna data se odvíjí od námi zadaných parametrů před začátkem měření, kde se, mimo jiné, zadává i hranice mezi letním a jarním dřevem, což výrazně ovlivní jejich vzájemný poměr.

Celková průměrná hustota jedle bělokoré pak vychází na 489 kg/m^3 (Graf 6: Hustotní rozdíl jedle bělokoré a jedle obrovské), což je vyšší než uvádí většina literatury, avšak podle webu www.našestromy.cz se hustota jedlového dřeva pohybuje v rozpětí $430 - 560 \text{ kg/m}^3$ (Naše stromy 2020), což přesně odpovídá mým naměřeným hodnotám.

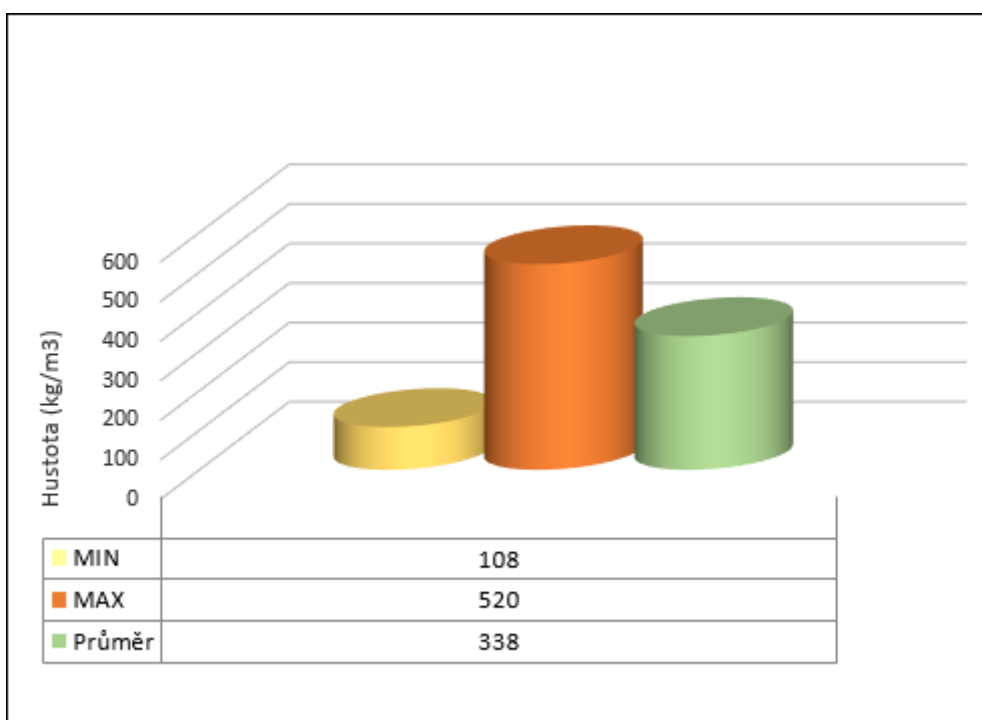
Jedle obrovská

Hustota

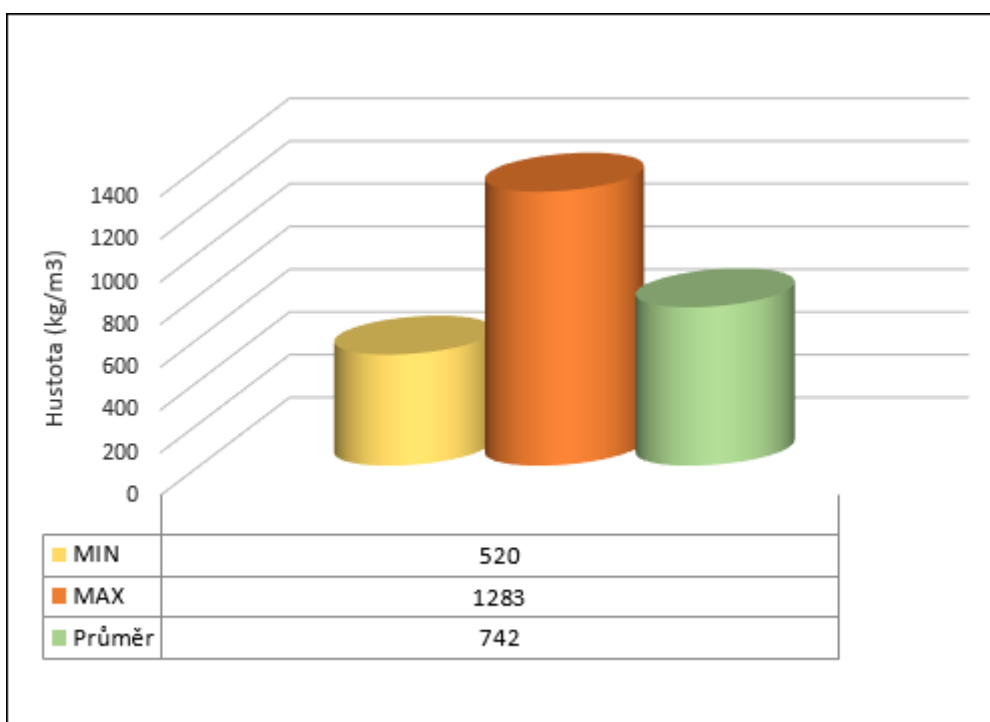
Jedle obrovská má jarní dřevo o průměrné hustotě 352 kg/m^3 (Graf 3: Hustota jarního dřeva jedle obrovské) a letní dřevo 736 kg/m^3 (Graf 4: Hustota letního dřeva jedle obrovské).

Průměrně se její celková hustota naměřila jako 496 kg/m^3 (Graf 6: Hustotní rozdíl jedle bělokoré a jedle obrovské).

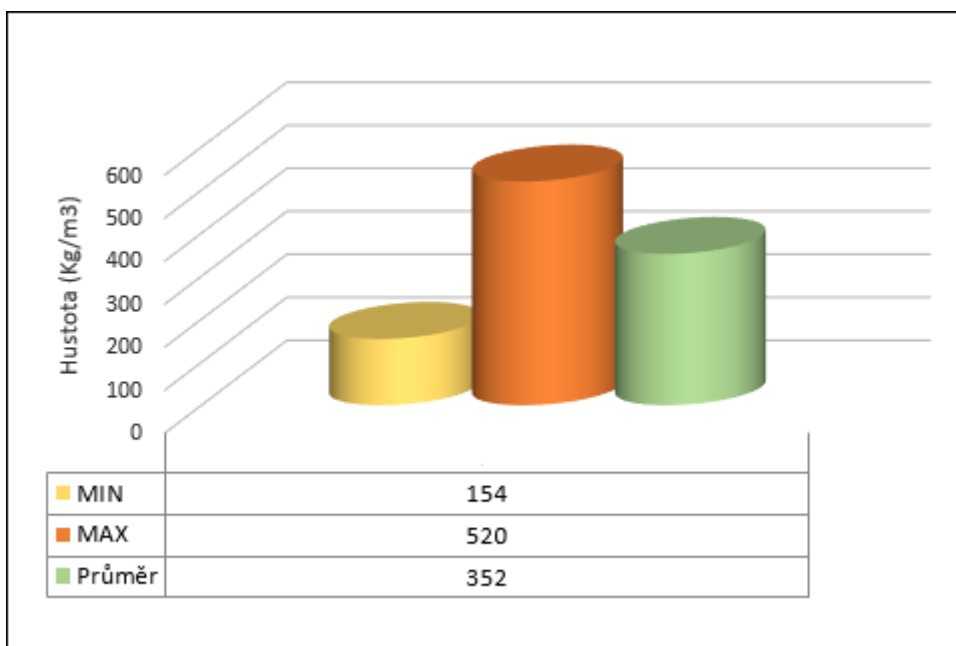
Tyto výsledky už ovšem přesahují tvrzení literatury, kde se uvádí hustota jedle obrovské okolo 410 kg/m^3 a vždy je nižší než hustota jedle bělokoré. V tomto případě ale hodnoty vycházejí přesně opačně a výrazně se vymyká jedle obrovská. Důvod vidím ve větším podílu letního dřeva a dále také vyšší hustotě dřeva jarního.



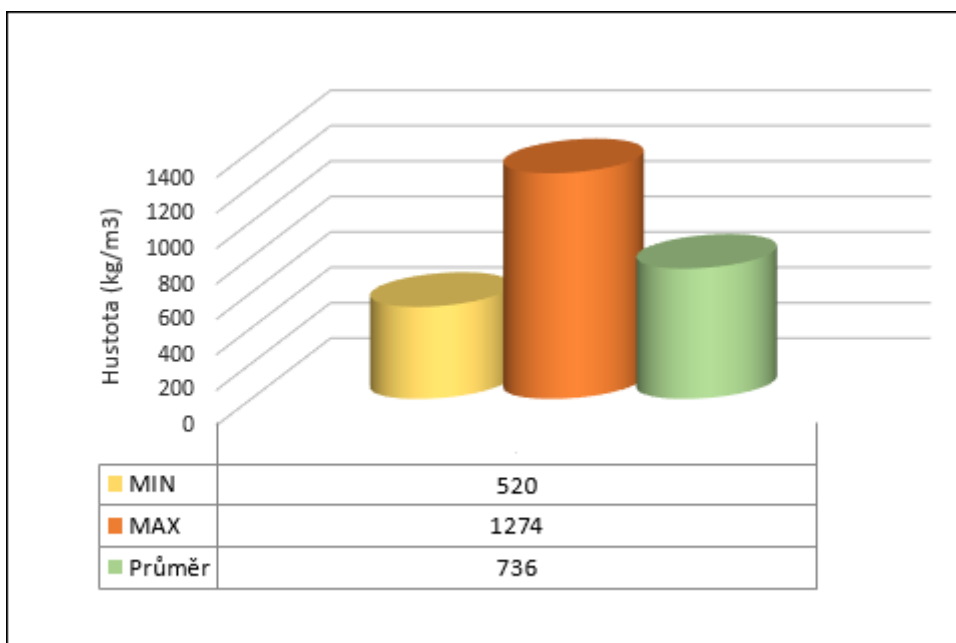
Graf 1: Hustota jarního dřeva jedle bělokoré



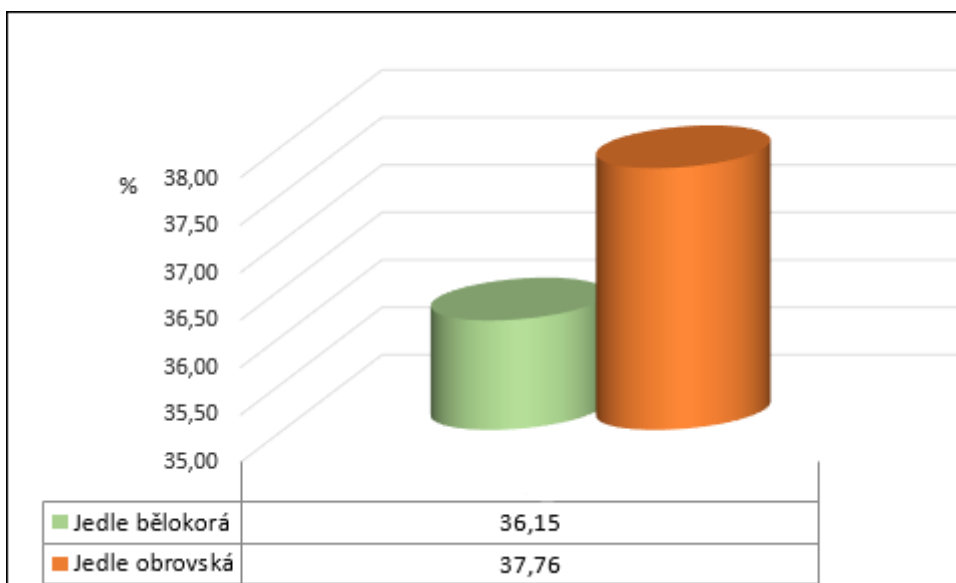
Graf 2: Hustota letního dřeva jedle bělokoré



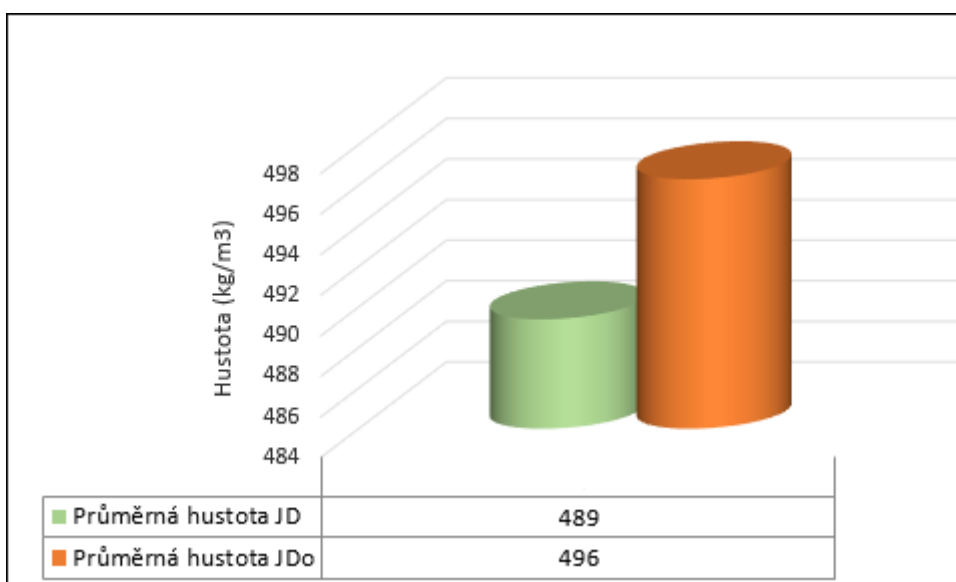
Graf 3: Hustota jarního dřeva jedle obrovské



Graf 4: Hustota letního dřeva jedle obrovské



Graf 5: Podíl letního dřeva u jedle bělokoré a jedle obrovské



Graf 6: Hustotní rozdíl jedle bělokoré a jedle obrovské

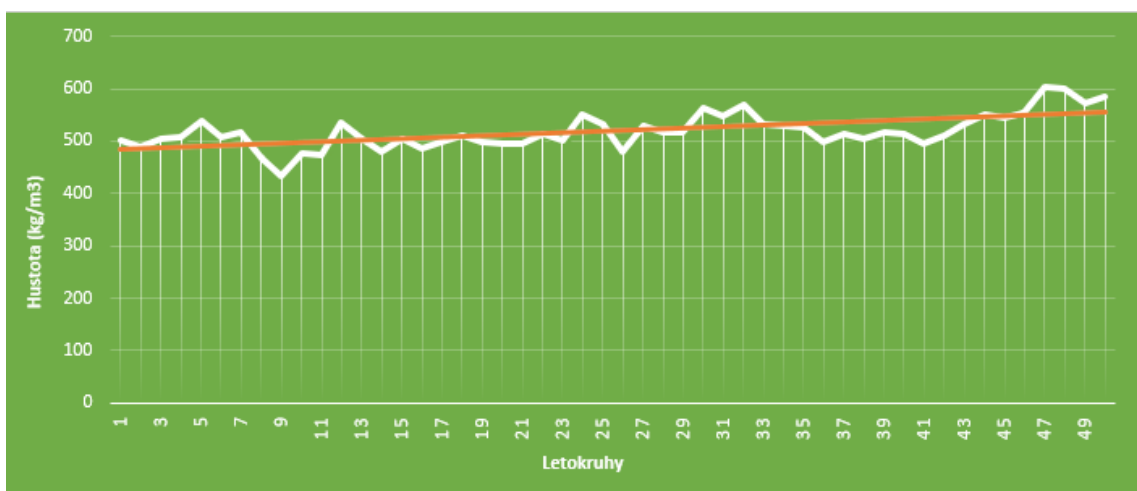
Hustotní profil

Následující grafy znázorňují měnící se průměrnou hustotu dřeva jednotlivých letokruhů směrem od dřene ke kůře. Je na nich patrný hustotní profil v průřezu kmene a spojnice trendu udává lineární vývoj.

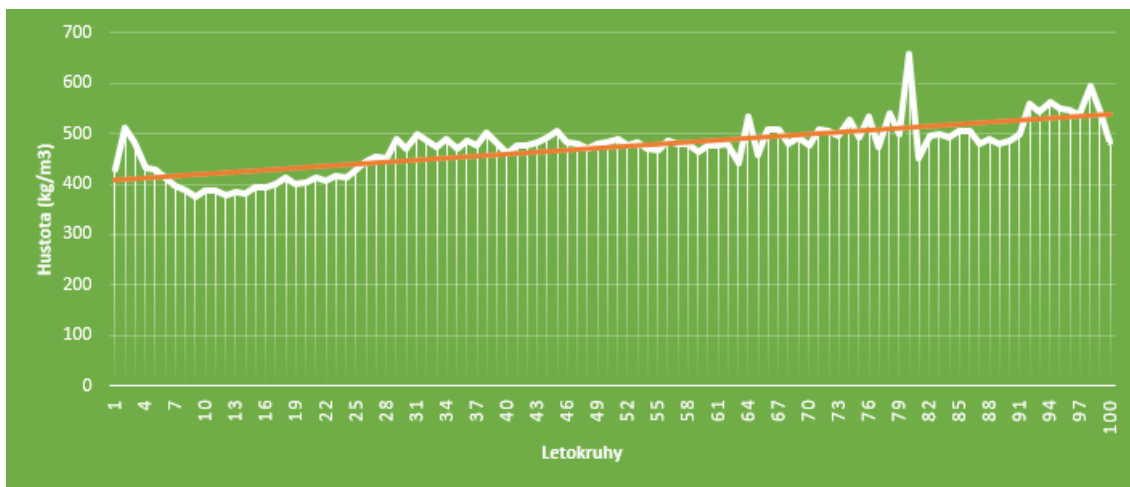
Jedle bělokorá

Hustotní profil

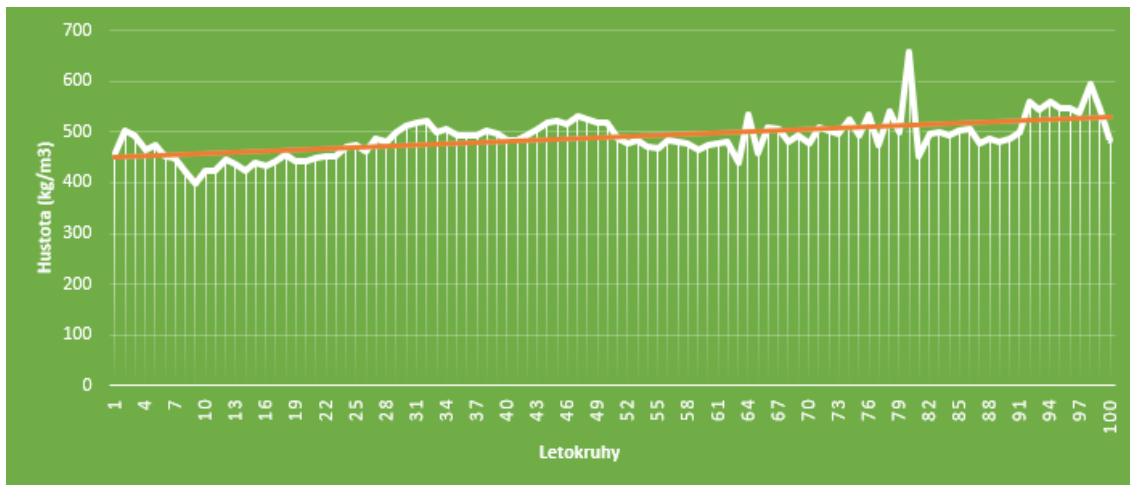
Grafy 7-9 znázorňují změnu hustoty v závislosti na vzdálenosti od středu kmene stromu. V grafech figuruje průměrná hustota ze všech vzorků pro každý jednotlivý letokruh a následně jsou hustoty letokruhů naskládány za sebe, aby vytvořily hustotní profil. Na grafech jsou také vidět spojnice trendu, ze kterých je patrné, že se hustota směrem ke kůře zvětšuje, ačkoliv ne nijak výrazně. Tento výsledek vyšel u jedlí bělokorých z obou lokalit, a tudíž i ve spojení jakožto výsledek pro jedli bělokorou obecně. (Graf 9: Hustotní profil jedle bělokoré).



Graf 7: Hustotní profil jedle bělokoré (Kostelec)



Graf 8: Hustotní profil jedle bělokoré (Rožmitál)

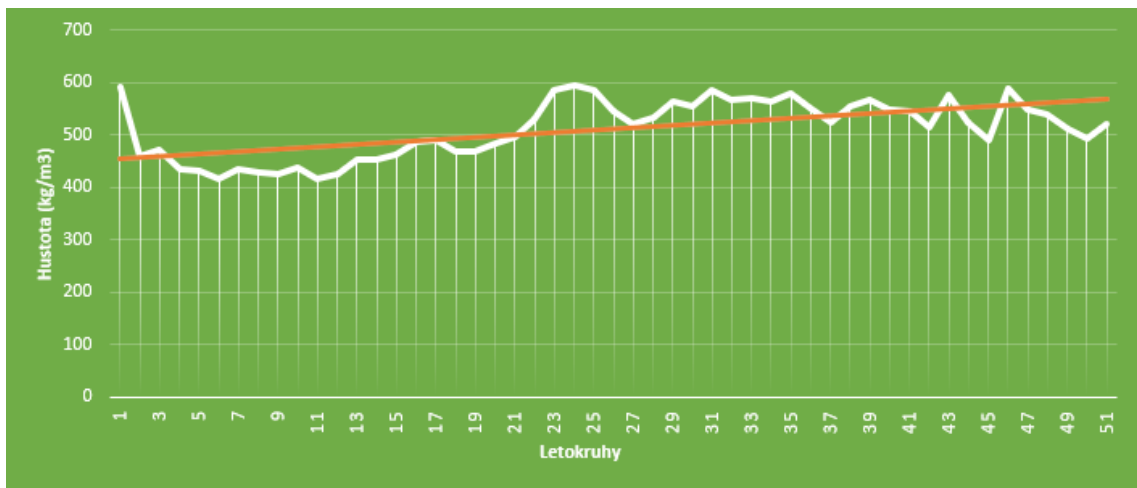


Graf 9: Hustotní profil jedle bělokoré (obě lokality)

Jedle obrovská

Hustotní profil

Graf 10 zobrazuje hustotní profil jedle obrovské na stejném principu jako graf 7-9. Opět jde o naměření hustot každého letokruhu, a tak vytvoření profilu vyvíjející se hustoty se vzdáleností od dřenež ke kůře. I na tomto grafu nám spojnice trendu ukazuje, že hustota směrem ke kůře stoupá a v případě jedle obrovské se jedná o strmější stoupaní než v případě jedle bělokoré.



Graf 10: Hustotní profil jedle obrovské

Šířka ročních kruhů

Z denzitometrického měření je nám, mimo jiné, známa také šířka každého jednoho letokruhu z každého vzorku. Pro vypočtení průměrné šířky ročních kruhů jsem zprůměroval naměřené šířky pro každou dřevinu a lokalitu zvlášť a výsledky jsou uvedené v Tab. 2: Průměrná šířka ročních kruhů.

Jak je patrné, průměrně je roční přírůst u jedle bělokoré široký 2,5 mm u lokality Rožmitál a 2,7 mm v Kostelci, což objektivněji vzato tvoří v průměru obou lokalit průměrnou šířku 2,6 mm pro jedli bělokorou.

Jedle obrovská, která je pouze z lokality Kostelec má naměřenou průměrnou šířku letokruhů 3,0 mm.

Tab. 2: Průměrná šířka ročních kruhů

Dřevina	Lokalita	Průměrná šířka ročních kruhů (mm)
jedle bělokorá	Kostelec	2,7
jedle bělokorá	Rožmitál	2,5
jedle bělokorá	Kostelec + Rožmitál	2,6
jedle obrovská	Kostelec	3,0

5.2. Normalizované měření

Pro měření gravimetrickou metodou jsou, jak bylo již zmíněno, vyřezány vzorky 20x20x30 mm, které byly naklimatizovány při parametrech 65/20 a následně byla naměřena hustota podle normy ČSN 49 0108 standardizovanou gravimetrickou metodou. Vzorky byly následně rozděleny podle číselného označení určující vzdálenost od středu kmene (1, 2, 3,...), a poté byla vypočtena průměrná hustota všech prvních, všech druhých, až n-tých vzorků. Z těchto hodnot byl následně sestaven spojnicový graf určující hustotní profil na průřezu kmene.

Přehled naměřených hodnot všech vzorků viz 9. Přílohy.

Vyhodnocení grafů normalizovaným měřením

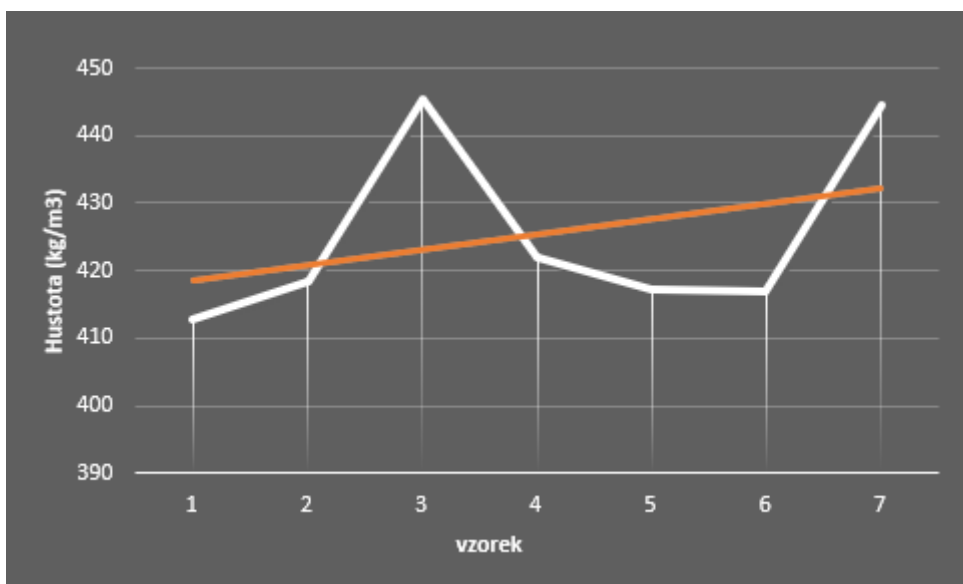
Jedle bělokorá

Jedle bělokorá z oblasti Černokostecka vykazuje nejprve velký nárůst až do 3. vzorku, od něj následně hustota klesá až k 6. vzorku a pak opět stoupá až na cca 450 kg/m³.

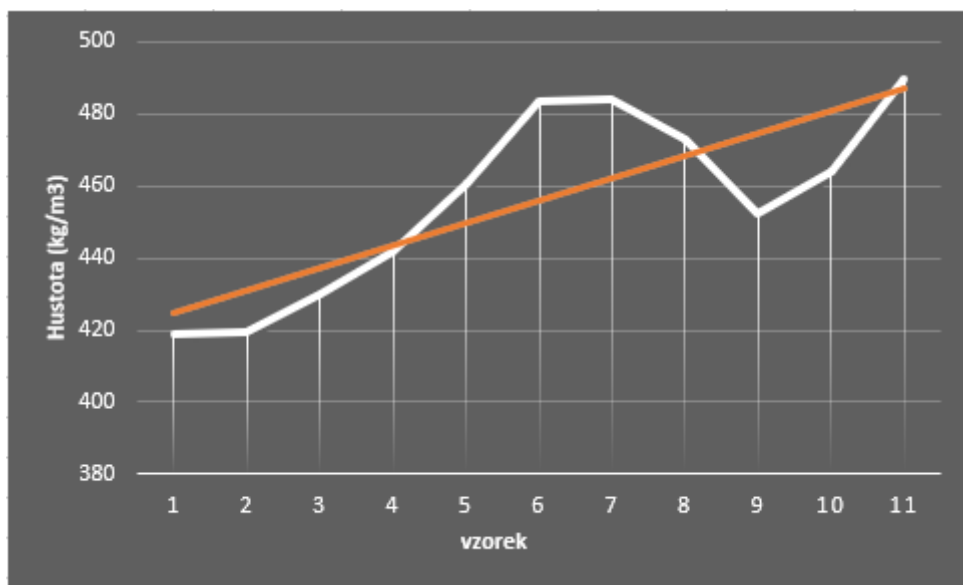
Spojnice trendu vykazuje stoupající tendenci směrem ke kůře. (Graf 11: Hustotní profil jedle bělokoré (Kostelec)- gravimetrická metoda).

Jedle bělokorá z lesů v Rožmitálu (Graf 12) vykazuje ten jistý průběh jako jedle bělokorá z Černokostecka jen s tím rozdílem, že počáteční nárůst je pozvolnější a láme se na 6. vzorku, kde následně začíná klesat a dále se od 9. vzorku hustota opět zvedá až ke konci, kde hustota dosahuje téměř 490 kg/m³. Kmen tohoto stromu měl oproti předešlému větší průměr, z toho důvodu je vzorků více.

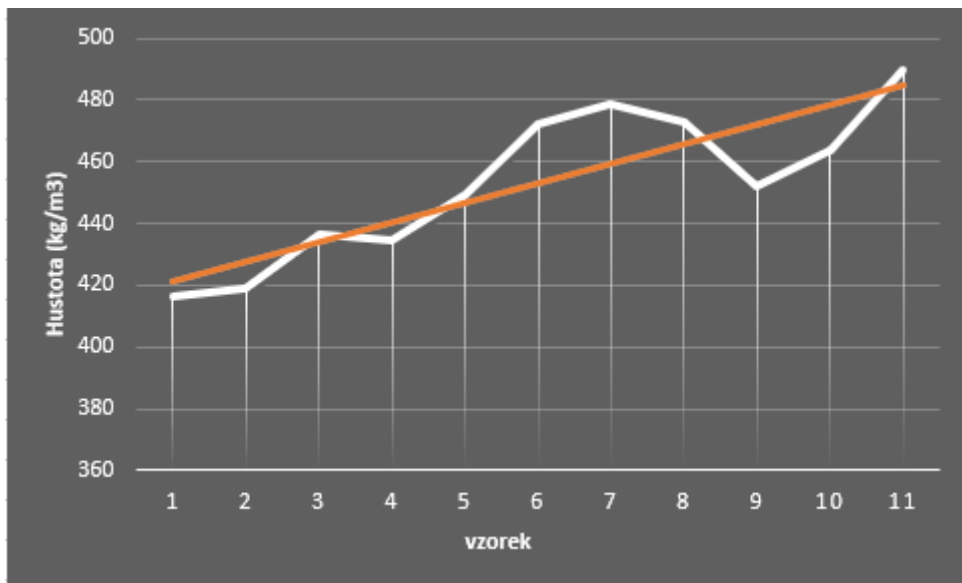
Graf 13 pak znázorňuje hustotní profil jedle bělokoré obecně. Jedná se o zprůměrování hustot jedlí z obou lokalit. Průběh křivky se shoduje s průběhem u obou předchozích grafů jedlí. Trend je taktéž stoupající.



Graf 11: Hustotní profil jedle bělokoré (Kostelec)- gravimetrická metoda



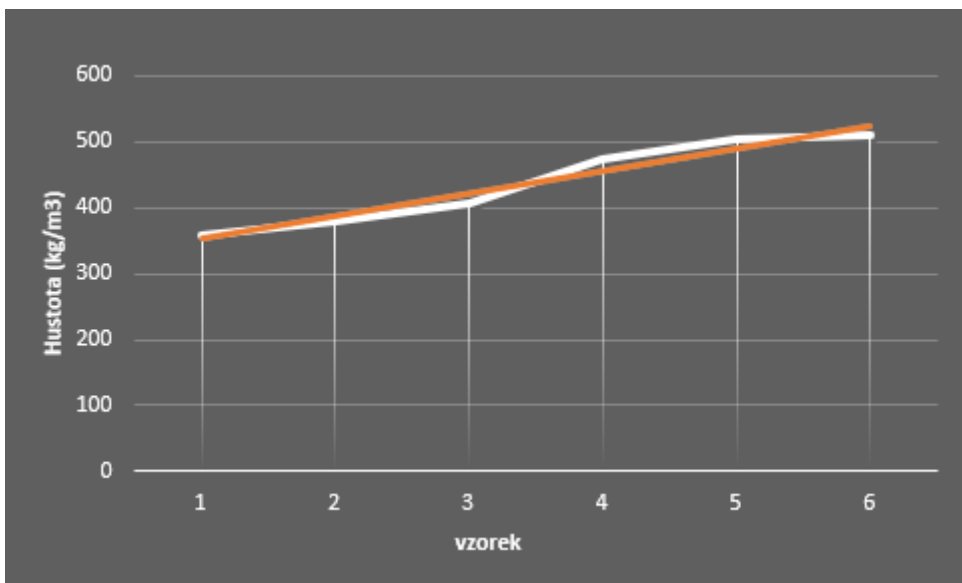
Graf 12: Hustotní profil jedle bělokoré (Rožmitál)-gravimetrická metoda



Graf 13: Hustotní profil jedle bělokoré (obě lokality) - gravimetrická metoda

Jedle obrovská

Jedle obrovská zachycena na grafu 14 z oblasti Černokostelecka má téměř lineárně vzrůstající hustotní profil směrem od dřeně ke kůře. Hustota ve středu je téměř 360 kg/m^3 , zatímco na konci lehce přesahuje 500 kg/m^3 . Trend je nejstrměji stoupající ve srovnání s ostatními grafy.

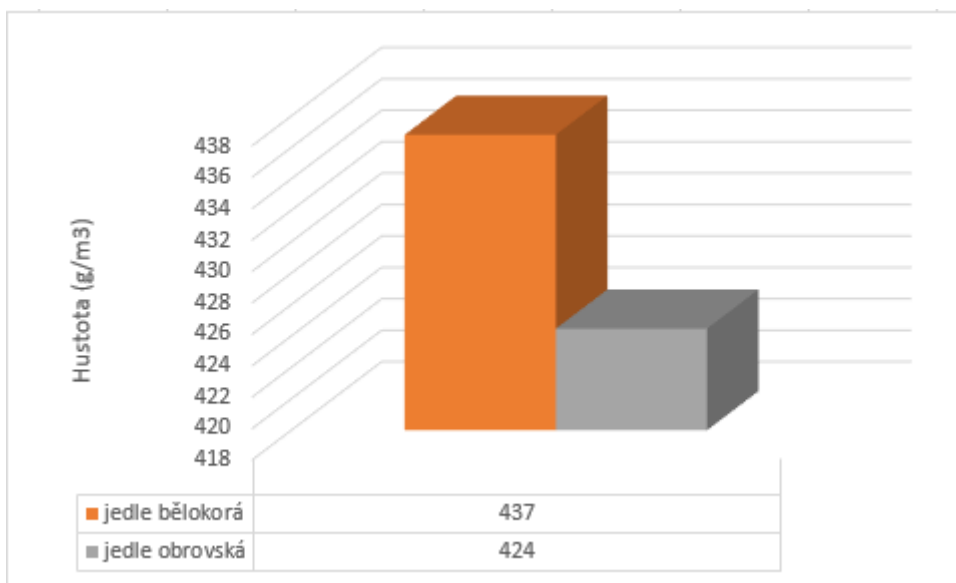


Graf 14: Hustotní profil jedle obrovské-gravimetrická metoda

Porovnání hustot obou jedlí

Graf 15 zachycuje průměrnou hustotu obou druhů jedle naměřenou normalizovanou gravimetrickou metodou. Z grafu je patrné, že průměrná hustota jedle bělokoré převyšuje průměrnou hustotu jedle obrovské.

Jedle bělokorá vykazuje průměrnou hustotu 437 kg/m^3 , kdy se jedná o průměr z obou lokalit. Jedle obrovská má pak hustotu o 13 kg/m^3 nižší, a to 424 kg/m^3 , což je předvídatelnější výsledek než v případě denzitometrického měření.



Graf 15: Hustota jedle bělokoré a jedle obrovské

6. Diskuze

Hlavním předmětem posuzování této práce byl hustotní profil v průřezu kmene jedle bělokoré a jedle obrovské, který se zjišťoval měřením za pomoci denzitometru a gravimetrické normalizované metody. Profil byl vždy posuzován zvlášť na jedli bělokoré z oblasti Černokostecka, zvlášť z oblasti Rožmitálu a zvlášť na jedli obrovské rovněž z Černokostecka. V případě jedle bělokoré byly také vždy vzorky z obou lokalit spojeny do jednoho grafu pro objektivnější porovnání jedle bělokoré s jedlí obrovskou.

Jak je vidět, grafy 7-14 znázorňují velice podobný průběh. Hustota v první polovině až dvou třetinách průřezu stoupá, následně dojde k mírnému poklesu a v závěru jde hustota opět k maximu. Tento průběh byl zejména u jedle bělokoré z obou oblastí. Jedle obrovská (graf 14) vykazovala spíše pravidelný nárůst hustoty směrem ke kambiu. Tuto stoupající tendenci již zmiňuje HOF, HAPLA (2008) a LUKÁŠEK (2012).

Profil vymodelovaný na základě dat získaných gravimetrickou metodou nedosahuje takové podrobnosti, jelikož každý vzorek má šířku 20 mm, což zahrnuje cca 5-8 letokruhů. Z tohoto důvodu nemůže být hustotní profil zobrazen tak podrobně jako u předešlé metody, kdy je rozdělen na spojnice hustot jednotlivých letokruhů.

Bez ohledu na rozdílnou metodu měření se však všechny hustotní profily přibližně shodují, a to jak v průběhu křivky, kde se samozřejmě detailně liší, tak v průběhu obecného trendu, kde je patrné, že hustota v průřezu kmene stoupá od dřene směrem ke kambiu.

Rozdíl ve výsledcích v závislosti na měření je ale patrný v naměřených průměrných hustotách daných dřevin (graf 1-6). S literaturou se více shoduje měření normalizovanou gravimetrickou metodou, kdy hustota jedle bělokoré činí 437 kg/m^3 (graf 15) a pohybuje se v rozmezí $430 - 560 \text{ kg/m}^3$ což uvádí web Naše stromy.cz (2020). Hustota jedle obrovské je o něco vyšší než uvádí většina zdrojů, a to 424 kg/m^3 (graf 15) GREEN et al. (1999), ALDEN (1997) uvádí 370 kg/m^3 , ale naměřená hustota je velmi blízko hodnotě, kterou uvádí USDA FOREST SERVICE, (2000) 420 kg/m^3 . VOS, KHARAZIPOUR (2008) uvádí $400-470 \text{ kg/m}^3$, kde už by se dalo hovořit i o přiblížení naměřených hustot z denzitometru, ale i tak uváděnou hodnotu 470 kg/m^3 převyšují o cca 20 kg/m^3 .

Možná odchylka při měření denzitomentrem, a tudíž získání vyšších hustot, mohla být zapříčiněna více aspekty. Jako první bych uvedl nastavení samotného denzitometru. Jak uvádím v kapitole 4.1. Denzitometrické měření. Výsledek zásadně ovlivní tloušťka

vzorku, koeficient absorpce hmoty a uvedená předpokládaná hustota. Především tato trojice parametrů hraje velkou roli a dokáže zásadně ovlivnit výsledek. Všechny vzorky nebyly nařezány na naprosto přesnou tloušťku, ovšem pokud by se tloušťka měnila, musel by se s ní měnit i koeficient absorpce hmoty, a to v našem případě nebylo možné, protože právě zachování jednoho průměrného koeficientu nám umožňuje následné porovnávání jednotlivých lokalit a dřevin mezi sebou. Značnou nepřesnost mohl zavinit také malý „nedořez“ na některých vzorcích, které pak na profilu připomínaly písmeno „L“, tento nadbytek na vzorku samozřejmě nebyl započten do objemových rozměrů, ale na váze vzorku se jistě projevil. Při malém vzorku zdánlivě nepatrná nadmíra může ale v přepočtu na m³ zapříčinit i několik desítek kilogramů navíc. Tyto nepřesnosti zejména při řezání vzorků pro denzitometrické měření mohou být původem nepřesnosti v měření hustoty, a tak zapříčinily vyšší hodnoty zjištěných průměrných hustot u obou dřevin.

Podobným nepřesnostem se naštěstí vyhýbá měření hustoty gravimetrickou metodou, kde jsou naměřené hodnoty v očekávaných intervalech. I přesto hustota jedle obrovské vyšla o něco vyšší, než uvádí většina literatury (GREEN et al. 1999), (ALDEN 1997).

Její předešlý výzkum z lokality Černokostelecka dosahuje průměrné hustoty 405 kg/m³ (LUKÁŠEK 2012). Ovšem vzorky jedle obrovské ze Sokolovska měly hustotu 425 kg/m³ (LUKÁŠEK 2012) a to je prakticky shodné s naměřenými vzorky z Kostelce.

Tento výsledek poukazuje na její dobré počínání v tuzemsku a její velký hospodářský význam jakožto introdukované dřeviny, která může do budoucna zvětšit diverzitu našich výsadeb.

Předmětem této práce ale není měření hustoty, nýbrž hustotního profilu. A právě pro posuzování tohoto faktu je denzimetr nejvhodnější a v kombinaci s normalizovanou gravimetrickou metodou bylo možné uchopit tuto problematiku v širokém rozsahu.

Další porovnávanou a posuzovanou vlastností byla šířka ročních kruhů, viz Tab. 2. V lese Rožmitálu byla průměrná šířka ročních kruhů pro jedli bělokorou 2,5 mm, zatímco na Černokostelecku byla 2,7 mm. S tímto výsledkem souvisí také vyšší průměrná hustota naměřená u jedle bělokoré z oblasti Rožmitálu, neboť čím je větší šířka letokruhů, tím nižší je hustota (do jisté meze) v důsledku nižšího podílu letního dřeva. U listnáčů, s výjimkou některých roztroušeně pórovitých, je tomu přesně naopak (POŽGAJ et al. 1997).

U jedle obrovské byla naměřena průměrná šířka přírůstů 3,0 mm. Tato hodnota je vzhledem k probírané velké šířce ročních kruhů u jedle obrovské neobvykle malá. HOF, HAPLA (2009); SCHWAB (2003) udává hodnotu 5 mm a HOF et al. (2008) dokonce nad 8 mm, což je více jak jednou taková hodnota. Bližší výsledky vykazuje LUKÁŠEK (2012) 4,13 mm a nejbližší hodnoty uvádí VOS, KHARAZIPOUR (2008) a to 3,6 mm. V porovnání jsou tedy obě jedle velmi blízko a potvrzuje to i jejich průměrná hustota a podíl letního dřeva (Graf 5).

7. Závěr

Shrnutí

Z denzitometrického měření máme k dispozici více údajů, se kterými lze laborovat a vytvářet z nich závěry. Tohoto jsem využil pro rozbor hustot letního a jarního dřeva obou dřevin, z čehož je patrné v grafech 1-4, že jedle obrovská disponuje vyšší hustotou jarního dřeva, a to v průměru o cca 10 kg/m³. U letního dřeva je tomu naopak, to znamená, že jedle bělokorá má v průměru o cca 5 kg/m³ hustější letní dřevo. Dále je z grafu 5 zřejmé, že jedle obrovská má kupodivu větší podíl letního dřeva, a to přibližně o 1,5 %. Tento fakt jaksi kompenzuje nižší hustotu letního dřeva a ve spojení s vyšší hustotou jarního dřeva pak vychází průměrná hustota jedle obrovské nad očekávání vysoká, což ukazuje graf 6, kde je v poměru průměrná hustota jedle bělokoré a jedle obrovské. Nečekaně vysokou hustotu také potvrzuje jen o málo větší šířka ročních kruhů jedle obrovské v porovnání s jedlí bělokorou. Takto úzké přírůsty nebyly v minulosti u tohoto druhu zaznamenány.

Co se hustoty týče, v našem případě lépe odpovídá měření normalizovanou metodou, kde hodnoty lépe korespondují s literaturou (viz 6. Diskuze). Pro hustotní profil je však denzitometr mnohem detailnější. Nejen že zobrazuje po 0,01 mm zaznamenávaný profil, takže je na výstupu vidět průběh hustoty v přechodech z jarního do letního dřeva a opakovaně vytvářený jakýsi „hřebínek“, ale z vyhodnocených číselných dat jsem vypočítal průměrné hodnoty každého z letokruhů vztaženo na všechny měřené vzorky dané dřeviny a graficky tak zobrazil hustotní profil po jednotlivých letokruzích, na čemž je více patrný vývoj hustoty, zda-li je trend klesající, či stoupající. Jak je vidět na grafech 7-10, trend má vždy stoupající tendenci od dřeně směrem ke kambiu, a i přes jemné

kolísání hustoty mají obě dřeviny i obě sledované oblasti ČR velice podobný průběh, kdy nejprve do první poloviny hustota pozvolně stoupá a ke konci druhé části dojde k mírnému poklesu a následnému prudkému nárůstu hustoty. Tento průběh již také popsal LUKÁŠEK (2012).

Hustotní profil byl následně potvrzen i v měření hustoty normalizovanou metodikou podle ČSN 49 0108 (Graf 11-14). V grafu 15 je zřejmý výsledek vypočtených průměrných hustot obou dřevin normalizovanou metodou, kde hustota jedle bělokoré činí 437 kg/m^3 a hustota jedle obrovské 424 kg/m^3 . Tyto hodnoty jsou velice blízké hodnotám uváděným v literatuře (viz 6. Diskuze), ale i tak je hustota jedle obrovské poněkud vyšší, což potvrzuje výpočty denzitometru a svědčí o jejím dobrém prospívání jakožto introdukované dřeviny a poukazuje na její velký potenciál ve využití, neboť se hustotou téměř vyrovná jedli bělokoré ($430 - 560 \text{ kg/m}^3$ Naše stromy, 2020), či smrku (400 kg/m^3 ; GRYC et al. 2008) a začíná se tak přibližovat kvalitám našich domácích druhů.

Přínos pro vědu

Věřím, že tato práce napomohla rozšíření databází a znalostí hustotních profilů obou dřevin, a především jedle obrovské, která je introdukovanou dřevinou, a tak se s ní stále ještě seznamujeme a informace o jejím pěstování v našich podmínkách nejsou zdaleka tak rozšířené jako u tuzemských dřevin, které u nás tvoří lesní plochy od pradávna.

Tato bakalářská práce tak alespoň malou část ze všech možných vlastností těchto dřevin doplnila, nebo alespoň potvrdila.

Přínos pro praxi

Z výsledků této práce je zřejmé, že obě jedle jsou relativně kvalitními dřevinami a ve srovnání s ostatními jehličnany by mohly s klidem nahrazovat například smrk, pokud by byla potřeba. Především bych pak poukázal na stále se zvyšující hustotu jedle obrovské pěstované v našich podmínkách, která v tomto případě dosahovala velmi vysokých hustot na svůj druh (424 kg/m^3), a i ona by se mohla měřit například se smrkem (400 kg/m^3 ; GRYC et al. 2008) a mohla by tak být spolu s jedlí bělokorou využívána například i na vodní stavby či stavební řezivo, nebo na lehké pomocné konstrukce (HOFMAN 1963). Dále mají obě jedle využití ve výrobě aglomerovaných materiálů a dřevotřískových desek (MÖHRING 2008), anebo ve výrobě buničiny (FOILES et al. 1991).

8. Seznam použité literatury

- ALDEN, H. A. Softwoods of North America. Madison, WI: U.S.D.A., Forest Service, Forest Products Laboratory, 1997.
- FOILES M.W., GRAHAM R.T., OLSON D.F.. Grand Fir. In Silvics of North America: Conifers. United States: Forest Service, 1991.
- FÁBRIOVÁ, G.; BOŽEKOVÁ, O.; 1995. Materiály pro 1. ročník SOU učebního oboru Tesař. Praha : Sobotáles, 1995.
- GREEN, D.W.; WINANDY, J.E.; KRETSCHMANN, D.E. Wood Handbook: Mechanical Properties of Wood. Madison : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, 1999.
- HOF, CH.; KIELMANN, B. C.; HAPLA, F. Verwendungsorientierte Untersuchungen am Schnittholz der Abies grandis. Holztechnologie. 2008.
- HOFMAN, J.; Pěstování jedle obrovské. Vydání první. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963.
- KLOIBER, M. Nedestruktivní zjišťování vlastností dřeva. Brno, 2007
- LUKÁŠEK, J.; 2012. Posouzení variability vybraných vlastností dřeva jedle obrovské (Abies grandis (Douglas) Lindl.) z oblasti Černokostelecka. Praha, 2012
- MÖHRING, C. Ein Neubürger auf dem Prüfstand: Küstentannen aus Nordamerika als leistungsstarke Bäume, die dem Klimawandel trotzen?. Leipzig, 2008. Laborgespräch. Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung GmbH-UFZ.
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D, KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydání. Bratislava: Príroda, 1997. 485 s. ISBN 80-07-009960-4.
- SCHWAB, Eckart. Sammlung technologischer Untersuchungen an Holz und Holzwerkstoffen. Hamburg, 2003. Arbeitsbericht. Universität Hamburg.
- SKOŘEPA, H.; Jedle bělokorá v našich lesích. 2006, Živa, str. 108.
- ŠKVOR, Z. Akustika a elektroakustika, Praha 2001

-
- VENCLOVÁ, S. Vliv rozdílných stanovišť na charakteristiky průměrných chronologií jedle bělokoré (*Abies alba* Mill.) na vybraných lokalitách v jižních Čechách. České Budějovice, 2008.
 - ZEIDLER, A.; GRYC, V.; VAVRČÍK, H.; LUKÁŠEK, J.; 2010. Dřevo jedle obrovské. Lesnická práce. 2010, 12/10.
 - ČSN 49 0108: Dřevo. Zisťovanie hustoty.

Internet

- *Abies grandis* Douglas Lindl.. In USDA FOREST SERVICE, . Technology transfer fact sheet [online]. [s.l.] : Center of Wood Anatomy Research, 2000 [cit.12. 2. 2020.]
<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/TechSheets/SoftwoodNA/pdf_files/abiesgrndmet.pdf>.
- DORUŠKOVÁ, V.; 2011. www.botany.cz. BOTANY.CZ. [Online] 1. 5. 2011. [Citace: 3. 3. 2020.] <https://botany.cz/cs/abies-grandis/>.
- HOF CH., HAPLA F. Schlussbericht des BMBF-Projektes „Buche-Küstentanne“ Teilprojekt 2: Verwendungs- und holzproduktorientierte Untersuchungen der zukunftsfähigen Baumart *Abies Grandis* aus nachhaltig unterschiedlich bewirtschafteten Buchen – Mischbeständen [online]. Burckhardt–Institut, 2009 [cit. 12. 2. 2020]. Dostupné z <http://www.kompetenznetzholz.de/bukueta/tp6/ErgebnisseTeilprojekt6.pdf>
- <http://www.nasestromy.cz/>. [Online] 2020. [Citace: 12. 2. 2020.] <http://www.nasestromy.cz/objemova-hmotnost-dreva/>.
- VOS, H., KHARAZIPOUR, A., Eigenschaften von leichten, industriell hergestellten Spanplatten aus *Abies grandis* (grand fir). Forst und Holz. 2010.
- VOS, H., KHARAZIPOUR A., Verwertungsorientierte Untersuchungen der Hölzer der Baumarten *Fagus sylvatica* (Buche) und *Abies grandis* (Küstentanne) aus naturnah bewirtschafteten Mischwäldern zur Herstellung innovativer und zukunftsfähiger Holzprodukte und- werkstoffe. Teilprojekt 4: Holzwerkstoffe.

Göttingen, 2008 [cit.12.4.2020]. 32 s. Schlussbericht des BMBF-Projektes. Buisen-Institut, Georg-August Universität Göttingen. Dostupné z <WWW:
http://www.google.cz/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.komptenznetzholz.de%2Fbukueta%2Ftp4%2FergebnisseTeilprojekt4.pdf&ei=NvtbTZbKGJ2sga_2NGGBw&usg=AFQjCNFMMJRrUq8g8Cq_xfGD4mrdkXmW7Q>

9. Přílohy

Přehled vzorků:

Pro denzitometr

Tab. 3: Přehled vzorků pro denzitometr (autor)

Kod vzorku	dřevina	hustota vzorku (kg/m ³)	délka vzorku	šířka vzorku	tloušťka vzorku	hmotnost (g)	Průměrný koeficient
4A1	JD	488	123,7	17,2	0,70	0,732	3,1476
4A2	JD	520	112,9	17,5	0,70	0,719	3,1476
4B1	JD	444	97,0	17,0	0,70	0,513	3,1476
4B2	JD	437	118,0	17,0	0,70	0,613	3,1476
5A1	JD	585	126,2	17,6	0,65	0,843	3,1476
5A2	JD	598	130,2	18,4	0,60	0,860	3,1476
5B1	JD	435	121,0	17,0	0,70	0,626	3,1476
5B2	JD	479	112,0	17,5	0,70	0,657	3,1476
6A1	JD	492	153,0	17,6	0,60	0,792	3,1476
6A2	JD	410	168,0	17,5	0,65	0,782	3,1476
6B1	JD	390	137,0	17,0	0,70	0,636	3,1476
6B2	JD	358	125,5	17,0	0,70	0,535	3,1476
7A1	JDo	497	131,0	17,3	0,65	0,732	3,1639
7A2	JDo	533	151,5	17,0	0,65	0,893	3,1639
7B1	JDo	466	131,0	16,1	0,75	0,755	3,1639
7B2	JDo	425	119,7	16,8	0,80	0,683	3,1639
8A1	JDo	498	167,0	16,8	0,65	0,909	3,1639
8A2	JDo	477	156,5	16,9	0,65	0,821	3,1639
8B1	JDo	429	158,7	17,0	0,70	0,811	3,1639
8B2	JDo	375	142,0	17,0	0,70	0,633	3,1639
9A1	JDo	466	139,0	17,5	0,65	0,736	3,1639
9A2	JDo	544	150,0	16,9	0,65	0,892	3,1639
9B1	JDo	434	130,0	17,2	0,70	0,680	3,1639
9B2	JDo	428	136,0	17,7	0,70	0,722	3,1639
Rožmitál							
A 1,5B	JD	478	267,5	18,9	0,70	1,698	3,1476
A11A	JD	419	176,0	18,5	0,70	0,957	3,1476
A 20,5A	JD	450	162,0	17,5	0,70	0,895	3,1476
A 20,5B	JD	477	141,5	18,0	0,70	0,852	3,1476
B 21,3A	JD	462	177,0	17,0	0,70	0,937	3,1476
B 11,8A2	JD	496	137,5	17,0	0,70	0,812	3,1476
B 11,8B	JD	463	223,0	18,0	0,70	1,300	3,1476
B 1,4A	JD	469	291,0	15,7	0,70	1,499	3,1476
C 1,3 B (2)	JD	464	186,0	17,5	0,70	1,059	3,1476

Pro gravimetrickou metodu

Kostelec nad Černými lesy

Tab. 4: Přehled vzorků pro gravimetrickou metodu – Kostelec (autor)

Kód vzorku	A	B	C	Objem (mm ³)	Hmotnost (g)	Hustota (kg/m ³)
4A1-1	20,4	20,9	30,5	12964,4	5,78	446
4A1-2	20,3	20,8	30,5	12849,2	6,33	493
4A1-3	20,9	20,4	30,1	12865,1	6,24	485
4A1-4	20,8	20,3	30,2	12772,8	5,72	448
4A2-1	20,4	21,0	30,6	13164,1	6,36	483
4A2-2	20,2	20,8	30,3	12704,4	5,79	456
4B1-1	20,4	20,7	30,5	12895,9	5,12	397
4B1-2	20,7	20,5	30,4	12873,1	5,54	430
4B1-3	20,9	20,2	30,7	12948,7	5,77	446
4B1-4	20,2	20,8	30,6	12873,9	5,28	410
4B2-1	20,5	20,7	30,4	12908,4	5,20	403
4B2-2	20,4	20,8	30,5	12917,0	5,64	437
4B2-3	20,8	20,3	30,7	12952,3	5,94	459
5A1-1	20,4	20,6	30,5	12871,7	5,93	461
5A1-2	20,6	20,4	30,5	12819,4	6,09	475
5A1-3	20,6	20,4	30,5	12819,3	6,73	525
5A2-1	20,3	20,6	30,8	12894,6	6,91	536
5A2-2	20,3	20,5	30,7	12786,1	5,96	466
5A2-3	20,4	20,5	30,7	12778,1	6,49	508
5B1-1	20,3	20,8	29,9	12606,4	5,20	412
5B1-2	20,8	20,3	30,0	12646,4	5,54	438
5B1-3	20,4	20,8	30,2	12791,1	6,18	483
5B1-4	20,9	19,9	30,3	12605,1	6,36	505
5B2-1	20,8	20,4	29,9	12691,9	5,37	423
5B2-2	20,8	20,4	30,1	12726,1	5,26	413
5B2-3	20,8	20,5	30,3	12901,3	5,96	462
5B2-4	20,9	20,4	30,5	12930,5	6,50	503
6A1-1	20,7	20,4	30,2	12742,1	4,73	371
6A1-2	20,3	20,6	30,6	12791,8	4,54	355
6A1-3	20,7	20,2	30,3	12632,8	5,13	406
6A1-4	20,2	20,7	30,6	12813,6	5,06	395
6A1-5	20,7	20,3	30,6	12847,5	5,47	426
6A1-6	20,6	20,3	30,8	12871,3	5,76	448
6A1-7	20,8	20,0	30,7	12798,5	5,69	445
6A2-1	20,4	20,7	30,2	12773,8	4,38	343
6A2-2	20,6	20,4	30,1	12630,4	4,86	385
6A2-3	20,4	20,3	30,0	12392,9	4,80	387
6A2-4	20,3	20,3	30,5	12504,9	4,88	390

6A2-5	20,4	20,1	30,5	12522,9	5,41	432
6A2-6	20,7	20,3	30,9	12919,4	4,99	386
6B1-1	20,4	20,8	30,8	13046,0	4,43	340
6B1-2	20,8	20,3	30,4	12881,9	4,31	335
6B1-3	20,7	20,3	30,4	12801,3	4,67	365
6B1-4	20,7	20,3	30,8	12957,4	4,67	360
6B1-5	20,7	20,4	30,5	12874,9	5,18	402
6B2-1	20,2	20,6	30,7	12766,4	4,32	338
6B2-2	20,2	20,7	30,5	12769,9	4,35	341
6B2-3	20,7	20,3	30,5	12858,1	4,82	375
6B2-4	20,3	20,8	30,6	12918,3	4,71	365
6B2-5	20,7	20,3	30,6	12858,6	5,26	409
7A1-1	20,3	20,9	30,1	12795,3	5,39	421
7A1-2	20,3	20,8	30,2	12766,4	5,08	398
7A1-3	20,3	20,8	30,2	12720,9	5,56	437
7A1-4	20,7	20,2	30,4	12701,4	6,52	513
7A1-5	20,5	20,3	30,5	12659,2	6,47	511
7A2-1	20,7	20,4	30,2	12742,6	5,50	432
7A2-2	20,7	20,3	30,2	12709,5	5,11	402
7A2-3	20,8	20,4	30,4	12890,4	5,84	453
7A2-4	20,3	20,8	30,4	12843,9	5,84	455
7A2-5	20,8	20,3	30,7	12935,1	5,75	445
7B1-1	30,4	20,5	30,3	18852,4	4,77	253
7B1-2	20,3	20,4	31,0	12817,0	4,65	363
7B1-3	20,3	20,7	30,8	12913,4	5,39	417
7B1-4	20,7	20,3	30,8	12925,6	5,34	413
7B2-1	20,6	20,3	30,1	12531,9	4,69	374
7B2-2	20,7	20,3	30,1	12615,5	4,70	373
7B2-3	20,7	20,3	30,5	12783,0	5,62	440
7B2-4	20,7	20,2	30,5	12759,7	5,28	414
8A1-1	20,5	20,3	30,7	12753,0	4,86	381
8A1-2	20,4	20,3	30,8	12719,4	5,09	400
8A1-3	20,3	20,6	30,8	12846,4	5,35	416
8A1-4	20,2	20,5	30,9	12779,3	5,26	412
8A1-5	20,5	20,2	30,7	12773,2	6,17	483
8A1-6	20,1	20,5	30,7	12689,4	6,35	500
8A2-1	20,6	20,3	30,5	12723,1	5,04	396
8A2-2	20,7	20,3	30,6	12850,4	4,94	384
8A2-3	20,4	20,2	30,6	12597,0	5,16	410
8A2-4	20,3	20,3	30,9	12683,6	6,12	483
8A2-5	20,4	20,3	30,8	12734,2	6,30	495
8B1-1	20,3	20,9	30,4	12910,5	4,52	350
8B1-2	20,9	20,3	30,4	12859,9	4,71	366
8B1-3	20,8	20,2	30,9	12982,8	4,74	365
8B1-4	20,4	20,3	30,4	12605,8	5,22	414

8B1-5	20,3	20,2	30,5	12504,8	5,77	461
8B1-6	20,2	20,2	30,5	12469,8	6,48	520
8B2-1	20,7	20,3	30,6	12829,2	4,46	348
8B2-2	20,9	20,4	30,6	12987,8	4,92	379
8B2-3	20,3	20,9	30,7	12980,3	4,71	363
8B2-4	20,4	20,9	30,4	12994,9	5,67	436
8B2-5	20,7	20,2	30,5	12761,2	6,81	534
9A1-1	20,6	20,3	30,0	12598,9	4,33	344
9A1-2	20,8	20,3	30,0	12626,2	5,10	404
9A1-3	Vypadavý suk-nezměřeno					
9A1-4	20,5	20,3	30,6	12746,7	9,19	721
9A1-5	20,4	20,2	30,7	12671,6	7,00	552
9A2-1	20,6	20,3	30,1	12597,4	4,52	359
9A2-2	20,3	20,8	30,2	12781,3	4,73	370
9A2-3	20,2	20,8	30,4	12808,1	5,10	398
9A2-4	20,8	20,4	30,3	12813,1	6,08	475
9A2-5	20,3	20,8	30,4	12792,6	6,05	473
9B1-1	20,4	20,8	30,4	12889,0	4,05	314
9B1-2	20,1	20,8	30,3	12695,1	4,51	355
9B1-3	20,2	20,9	30,4	12809,9	4,92	384
9B1-4	20,8	20,3	30,5	12899,7	6,11	474
9B1-5	20,2	20,8	30,4	12816,8	7,20	562
9B2-1	20,8	20,8	30,5	13166,1	4,13	314
9B2-2	20,3	20,9	30,5	12994,8	4,52	348
9B2-3	20,9	20,3	30,6	12970,2	5,23	403
9B2-4	20,6	20,3	30,4	12725,0	5,91	464
9B2-5	20,5	20,5	30,6	12792,8	6,69	523

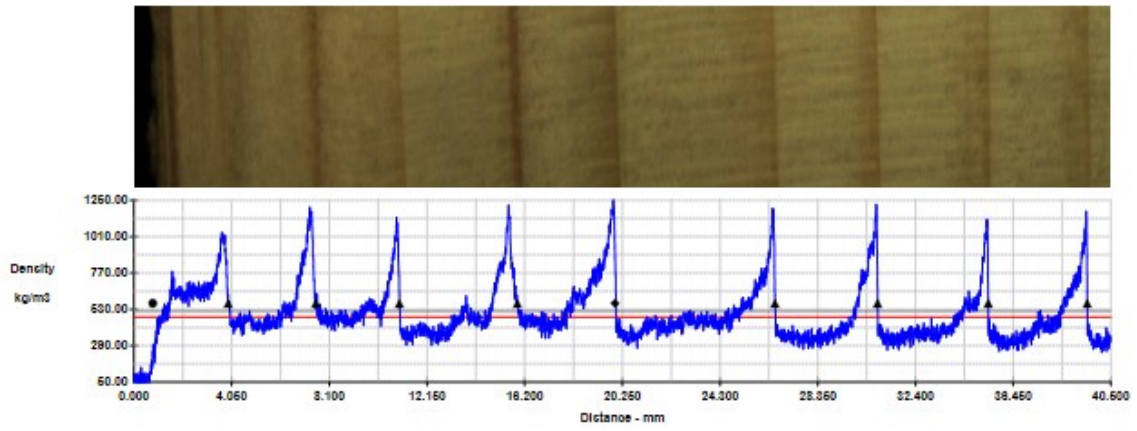
Rožmitál

Tab. 5: Přehled vzorků pro gravimetrickou metodu – Rožmitál (autor)

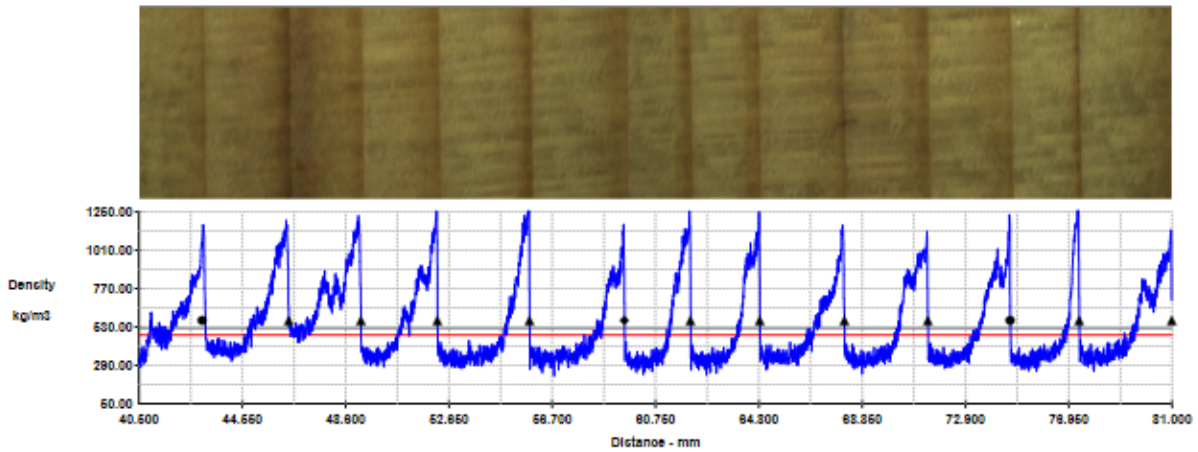
A1,5A-1	20,1	20,3	30,4	12445,0	4,86	391
A1,5A-2	20,1	20,2	30,3	12292,3	5,18	421
A1,5A-3	20,3	20,3	30,0	12364,6	5,84	472
A1,5A-4	20,3	20,2	30,0	12309,9	5,98	486
A1,5A-5	20,2	20,3	30,0	12324,2	6,41	520
A1,5A-6	20,1	20,4	30,1	12329,8	6,49	526
A1,5A-7	20,2	20,3	30,3	12406,3	5,71	460
A1,5A-8	20,3	20,3	30,4	12521,4	6,28	502
A1,5B-1	19,8	20,3	29,2	11727,9	4,64	396
A1,5B-2	19,8	20,3	29,6	11907,3	4,69	394
A1,5B-3	19,9	20,2	29,8	11981,2	5,06	422
A1,5B-4	20,1	20,2	29,7	12029,1	5,83	485
A1,5B-5	20,1	20,2	29,7	12069,1	6,07	503

A1,5B-6	20,1	20,1	29,8	12077,4	5,90	489
A1,5B-7	20,1	20,2	29,9	12159,9	6,03	496
A1,5B-8	20,1	19,9	30,1	12039,7	5,98	497
A1,5B-9	20,2	20,2	30,1	12302,3	6,15	500
A1,5B-10	20,2	20,2	30,3	12355,4	6,39	517
A1,5B-11	20,2	20,2	30,3	12375,9	6,06	490
A20,5A-1	20,2	20,2	30,0	12237,1	5,53	452
A20,5A-2	20,2	20,2	30,2	12345,2	5,37	435
A20,5A-3	20,3	20,2	30,3	12388,0	5,82	470
A20,5A-4	20,3	20,1	30,6	12465,3	6,50	521
A20,5A-5	20,2	20,3	30,5	12484,3	6,47	518
A20,5A-6	20,2	20,1	30,5	12381,7	6,06	489
A20,5B-1	20,3	20,5	30,6	12719,7	6,13	482
A20,5B-2	20,3	20,4	30,5	12597,6	5,58	443
A20,5B-3	20,5	20,3	30,4	12644,9	5,77	456
A20,5B-4	20,4	20,4	30,5	12653,5	5,92	468
A20,5B-5	20,4	20,3	30,5	12610,0	5,69	451
B11,8B-1	20,4	20,2	29,1	11947,3	4,94	413
B11,8B-2	20,2	20,4	29,5	12164,4	5,22	429
B11,8B-3	20,2	20,3	29,8	12236,0	4,99	408
B11,8B-4	20,3	20,3	30,1	12401,9	5,03	406
B11,8B-5	20,2	20,2	30,4	12377,9	5,22	422
B11,8B-6	20,2	20,3	30,5	12510,9	6,80	544
B11,8B-7	20,2	20,3	30,5	12550,1	5,90	470
B11,8B-8	20,4	20,3	30,7	12649,2	5,84	462
B1,4A-1	20,2	20,0	30,2	12186,6	4,99	409
B1,4A-2	20,3	20,2	29,8	12201,4	5,94	487
B1,4A-3	20,3	20,3	30,6	12597,5	5,41	429
B1,4A-4	20,3	20,4	30,6	12632,8	5,53	438
B1,4A-5	20,2	20,2	30,1	12296,2	5,82	473
B1,4A-6	20,3	20,1	30,3	12302,3	5,49	446
B1,4A-7	20,0	20,3	30,4	12336,6	5,58	452
B1,4A-5	20,3	20,2	30,3	12467,9	6,43	516
B1,4B-1	20,1	20,3	29,1	11871,6	5,18	436
B1,4B-2	20,1	20,2	29,6	12022,0	4,55	378
B1,4B-3	20,1	20,2	29,9	12117,5	4,60	380
B1,4B-4	20,0	20,3	30,1	12198,6	5,11	419
B1,4B-5	20,0	20,2	30,3	12240,9	5,62	459
B1,4B-6	19,9	20,2	30,5	12276,8	5,96	485
B1,4B-7	19,7	20,2	30,4	12075,8	6,03	499
B1,4B-8	19,7	20,2	30,3	12066,0	5,86	486
B1,4B-9	20,4	19,7	30,2	12114,5	5,30	437
B1,4B-10	20,3	19,4	29,9	11741,8	4,82	410
B21,3B-1	20,0	20,3	30,5	12376,7	5,95	481
B21,3B-2	19,9	20,3	30,5	12307,0	5,90	479

B21,3B-3	19,9	20,2	30,6	12307,1	6,68	543
B21,3B-4	20,1	19,9	30,5	12187,6	5,99	491
B21,3B-5	19,7	20,2	30,4	12105,2	5,95	492
B21,3B-6	19,8	20,3	30,5	12222,4	6,36	520
B21,3B-7	19,9	20,3	30,4	12323,3	5,70	463
B21,3B-8	19,9	20,2	30,6	12337,5	5,65	458
B21,3B-9	20,1	20,2	30,6	12461,1	5,39	433
B11,8A-1	20,1	20,4	29,0	11841,6	5,01	423
B11,8A-2	20,3	20,2	29,3	11987,3	5,22	435
B11,8A-3	20,1	20,3	29,7	12164,9	5,11	420
B11,8A-4	20,2	20,3	30,1	12358,9	4,99	404
B11,8A-5	20,2	20,3	30,3	12453,4	5,24	421
B11,8A-6	20,3	20,2	30,5	12564,5	6,81	542
B11,8A-7	20,1	20,2	30,6	12434,7	6,80	547
B11,8A-8	20,2	20,3	30,5	12486,4	5,42	434
B11,8A-9	20,3	20,2	30,1	12296,1	5,40	439
B21,3A-1	19,9	20,2	30,4	12260,7	5,77	471
B21,3A-2	19,9	20,2	30,4	12230,5	5,61	459
B21,3A-3	19,8	20,3	30,3	12207,2	5,41	443
B21,3A-4	19,9	20,1	30,5	12185,8	5,26	432
B21,3A-5	20,0	20,2	30,5	12319,6	4,81	390
B21,3A-6	20,1	20,2	30,5	12375,5	4,88	394
C18,5A-1	20,3	20,1	29,9	12224,5	4,73	387
C18,5A-2	20,3	20,2	30,3	12355,4	4,60	372
C18,5A-3	20,3	20,3	30,2	12434,8	5,33	429
C18,5A-4	20,2	20,3	30,4	12459,7	5,09	409
C18,5B-1	20,2	20,1	30,0	12213,0	4,71	386
C18,5B-2	20,3	20,3	30,0	12350,3	4,49	364
C18,5B-3	20,3	20,3	30,0	12389,0	5,07	409
C18,5B-4	20,4	20,2	30,2	12408,1	5,18	417
C8,8B-1	20,4	20,2	30,6	12580,8	4,92	391
C8,8B-2	20,2	20,3	30,5	12558,3	5,07	404
C8,8B-3	20,2	20,4	30,5	12572,8	4,78	380
C8,8B-4	20,3	20,3	30,7	12705,1	4,84	381
C8,8B-5	20,3	20,4	30,5	12572,8	5,56	442
C8,8B-6	20,3	20,3	30,3	12461,8	4,97	399
C8,8A-1	20,3	20,2	30,2	12394,0	4,71	380
C8,8A-2	20,3	20,4	30,2	12500,3	4,86	389
C8,8A-3	20,2	20,3	30,5	12527,5	4,40	351
C8,8A-4	20,3	20,3	30,6	12618,3	4,92	390
C8,8A-5	20,3	20,3	30,6	12647,2	5,48	433
C1,3A-1	20,3	20,3	30,5	12566,6	4,84	385
C1,3A-2	20,4	20,3	30,3	12578,8	5,08	404
C1,3A-3	19,5	20,2	30,6	12057,9	5,32	441
C1,3A-4	20,3	20,1	30,5	12481,9	5,94	476



Scan time and date: 05-Feb-2020 15:10:14	Operator: Horak
File Name: 2019	Species:
Description:	
Comments:	
Year of most recent ring: 1980	Wood type: EW
Is pith present? Yes	
Sample MC: 8.00	Sample extracted? No
Estimated rings in sample: 80	Measured ring count: 49



Scan time and date: 05-Feb-2020 15:10:14

Operator: Horak

File Name: 2019

Species:

Description:

Linear Resolution Step Size: 1

Target Length: 154.00

Measured Length: 152.66

Thickness: 0.60

Target Density: 492.00

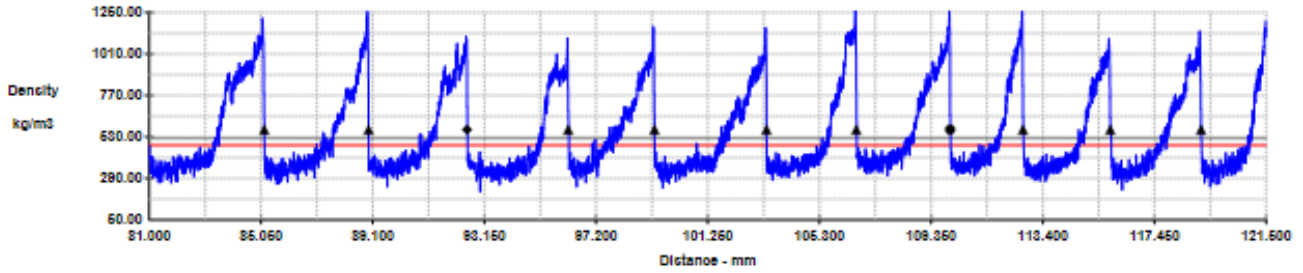
Mass Absorption Coefficient: 3.1476

LATE WOOD METHOD

Threshold

Threshold: 520.00

Deadband: 50.00



Scan time and date: 05-Feb-2020 15:10:14

Operator: Horak

File Name: 2019

Species:

Description:

SAMPLE OVERALL VALUES

AVG Earlywood Density: 343.76

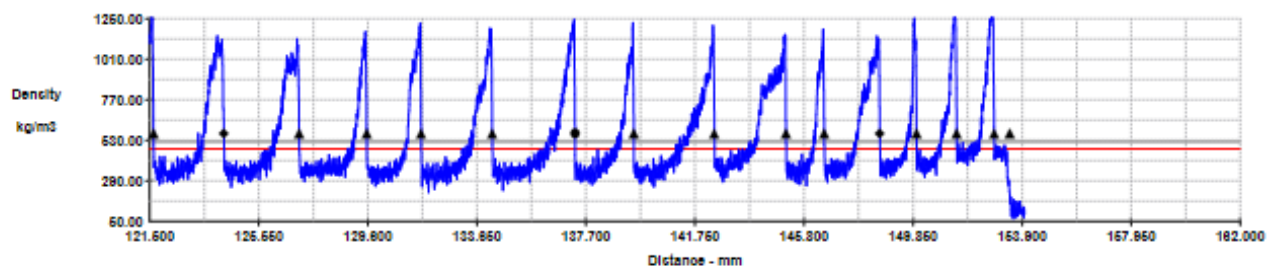
AVG Latewood Density: 779.64

Total Radial Growth: 152.66

AVG % Latewood: 30.87

Earlywood Density: Min: 131.42 Max: 519.78

Latewood Density: Min: 520.06 Max: 1341.25



Scan time and date: 05-Feb-2020 15:10:14

Operator: Horak

File Name: 2019

Species:

Description:

QMS Tree Ring System - QTRS

CORE RING SUMMARY

Study ID: 6A1 JD
 File Name: 2019
 Description:
 Average Density: 478.29

Sample ID: 6A1 JD

Ring No.	Year	End mm	Start mm	Late Wood Width mm	Ring Width mm	Late Wood Percent	Early Wood Density	Late Wood Density	Ring Average Density
1	1980	0.78	3.91	2.41	3.13	77.00	383.75	650.55	589.18
2	1981	3.91	7.54	0.90	3.63	24.79	409.14	796.06	505.07
3	1982	7.54	11.01	0.78	3.47	22.48	437.39	712.34	499.19
4	1983	11.01	15.90	1.05	4.89	21.47	368.47	759.77	452.49
5	1984	15.90	19.95	1.72	4.05	42.47	410.78	728.10	545.54
6	1985	19.95	26.58	1.13	6.63	17.04	383.94	711.29	439.73
7	1986	26.58	30.83	0.84	4.25	19.76	320.90	781.96	412.03
8	1987	30.83	35.42	0.64	4.59	13.94	342.51	702.34	392.68
9	1988	35.42	39.52	0.94	4.10	22.93	330.21	706.96	416.59
10	1989	39.52	42.98	1.14	3.46	32.95	349.05	673.51	455.95
11	1990	42.98	46.37	1.37	3.39	40.41	369.25	793.46	540.69
12	1991	46.37	49.20	1.88	2.83	66.43	460.81	763.45	661.86
13	1992	49.20	52.20	1.31	3.00	43.67	338.15	762.20	523.32
14	1993	52.20	55.81	0.87	3.61	24.10	312.54	852.62	442.70
15	1994	55.81	59.53	0.86	3.72	23.12	324.70	771.54	428.01
16	1995	59.53	62.12	0.77	2.59	29.73	291.86	870.52	463.90
17	1996	62.12	64.84	0.76	2.72	27.94	306.45	864.94	462.50
18	1997	64.84	68.15	1.04	3.31	31.42	329.00	726.24	453.82
19	1998	68.15	71.43	1.10	3.28	33.54	308.53	803.73	474.60
20	1999	71.43	74.66	1.10	3.23	34.06	322.71	785.04	480.65
21	2000	74.66	77.36	0.44	2.70	16.30	311.62	909.74	408.73
22	2001	77.36	80.99	1.35	3.63	37.19	327.38	756.84	487.54
23	2002	80.99	85.17	1.64	4.18	39.23	325.54	839.01	526.52
24	2003	85.17	88.95	1.22	3.78	32.28	333.97	767.91	474.03
25	2004	88.95	92.53	1.18	3.58	32.96	340.19	802.82	492.68
26	2005	92.53	96.20	0.95	3.67	25.89	310.67	793.95	435.77
27	2006	96.20	99.32	1.31	3.12	41.99	362.68	733.21	518.25
28	2007	99.32	103.38	1.42	4.06	34.98	328.26	732.00	469.47
29	2008	103.38	106.64	1.00	3.26	30.67	332.39	848.53	490.71
30	2009	106.64	110.05	1.33	3.41	39.00	360.90	821.31	540.47

QMS Tree Ring System - QTRS

CORE RING SUMMARY

Study ID: 6A1 JD
 File Name: 2019
 Description:
 Average Density: 478.29

Sample ID: 6A1 JD

Ring No.	Year	End mm	Start mm	Late Wood Width mm	Ring Width mm	Late Wood Percent	Early Wood Density	Late Wood Density	Ring Average Density
31	2010	110.05	112.69	0.79	2.64	29.92	355.30	840.52	500.50
32	2011	112.69	115.86	0.93	3.17	29.34	334.58	792.95	469.05
33	2012	115.86	119.15	1.24	3.29	37.69	329.97	761.39	492.57
34	2013	119.15	121.64	0.68	2.49	27.31	320.88	861.60	468.54
35	2014	121.64	124.25	0.75	2.61	28.74	324.74	864.60	479.87
36	2015	124.25	127.05	0.85	2.80	30.36	328.47	815.20	476.22
37	2016	127.05	129.56	0.44	2.51	17.53	326.11	816.96	412.16
38	2017	129.56	131.58	0.50	2.02	24.75	313.20	902.08	458.96
39	2018	131.58	134.22	0.70	2.64	26.52	319.24	821.97	452.54
40	2019	134.22	137.30	0.76	3.08	24.68	331.68	820.05	452.19
41	2020	137.30	139.48	0.47	2.18	21.56	331.80	806.81	434.68
42	2021	139.48	142.46	0.95	2.98	31.88	337.04	741.45	465.53
43	2022	142.46	145.13	1.08	2.67	40.45	361.37	813.96	544.44
44	2023	145.13	146.55	0.34	1.42	23.94	323.74	840.53	447.48
45	2024	146.55	148.61	0.82	2.06	39.81	337.89	819.16	529.46
46	2025	148.61	149.98	0.28	1.37	20.44	351.72	826.27	449.42
47	2026	149.98	151.47	0.56	1.49	37.58	358.57	818.55	530.30
48	2027	151.47	152.86	0.52	1.39	37.41	409.61	909.29	596.54
49	2028	152.86	153.44	0.01	0.58	1.72	372.77	559.26	375.93

Obr. 7 Výstup denzitometru (foto autor)