

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva



**Vybrané fyzikální vlastnosti dřeva douglasky
z lokalit v České republice**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Chvojka

Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Chvojka

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vybrané fyzikální vlastnosti dřeva douglasky z lokalit v České republice

Název anglicky

Selected Physical Wood Properties of Douglas Fir from Sites in the Czech Republic

Cíle práce

Zhodnotit kvalitu dřeva douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziessii* /MIRBEL /FRANCO) z různých oblastí v České republice prostřednictvím vybraných fyzikálních vlastností. Posoudit vliv polohy v kmeni a stanoviště na posuzované vlastnosti.

Metodika

- Zpracovat literární rešerši o zkoumané dřevině, hodnocených vlastnostech a o faktorech ovlivňujících jejich proměnlivost.
- Zajistit reprezentativní vzorky dřeva pro provedení zkoušek.
- Normalizovanými postupy na zkušebních tělesech stanovit především hustotu a sesychání dřeva.
- Výsledky statisticky zpracovat a interpretovat v textové, tabelární a grafické podobě.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vybrané fyzikální vlastnosti dřeva douglasky z lokalit v České republice“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Aleše Zeidlera, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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 20.4.2016

Jan Chvojka

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především doc. Ing. Alešovi Zeidlerovi, Ph.D. za vstřícný přístup při získávání a zpracovávání dat, za informace a rady, které poskytl. Dále děkuji Ing. Vlastimilu Borůvkovi, Ph.D. za rady poskytnuté během měření v laboratoři a mým spolužákům za asistenci při měření samotném.

V neposlední řadě děkuji za trpělivost a podporu mé rodiny při studiu.

Abstrakt

Tato diplomová práce vznikla za účelem posouzení vybraných fyzikálních vlastností, hustoty a sesychání, dřeva Douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /MIRBEL/FRANCO), pocházející z lokalit Lesy města Písku, s.r.o. a území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy, České zemědělské univerzity. Náplň práce se skládala ze zjištění hodnot hustoty a sesychání. Jejich následného porovnání s domácími dřevinami a příslušnými údaji z oblastí původního rozšíření této dřeviny. Dále bylo posuzováno, zda má na fyzikální vlastnosti vliv lokalita růstu, zda se liší mezi jednotlivými stromy a jaký vliv má na tyto hodnoty vertikální či horizontální pozice ve kmene. Ukázalo se, že hustota dosahuje vyšších hodnot než u borovice lesní. Byl zjištěn vliv lokality a vliv jednotlivých stromů na tyto vlastnosti. Hodnota hustoty se výškou stromu snižuje, naopak s rostoucí šířkou kmene stoupá. Sesychání v tangenciálním směru bylo v porovnání s borovicí lesní nižší, ale vyšší v radiálním směru. Objemové sesychání dosahovalo hodnot nižších než borovice lesní.

Klíčová slova: dřevo, fyzikální vlastnosti, douglaska tisolistá, variabilita

Abstract

This diploma thesis was created to evaluate of selected physical properties, density and shrinkage of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* / Mirbel / FRANCO) wood, coming from areas of Lesy města Písku, s.r.o. and the territory of School Forest Enterprise in Kostelec nad Černými lesy of Czech University of Life Sciences. The work tested density and shrinkage, their subsequent comparison with native species and the relevant data from the regions of original distribution of these species. It was also assessed if these physical properties are affected by location of growth or if they vary between individual trees and what is the effect of horizontal or vertical position in a stem on the tested values. It was shown that the density reaches higher values than our native trees. It was found that location of growth or individual trees have influence on the tested properties. The value of density is decreasing with growing height of the tree and increasing with growing distance from the center of the tree. Shrinkage in tangential direction was lower in comparison with Scotch pine, but higher in radial direction. Volumetric shrinkage reached lower values than Scotch pine.

Keywords: wood, physical properties, Douglas-fir, variability

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce.....	10
3. Literární přehled.....	11
3.1. Zkoumaná dřevina	11
3.1.1. Historie	11
3.1.2. Taxonomické zařazení	12
3.1.3. Rod.....	12
3.1.4. Douglaska tisolistá.....	13
3.1.5. Rozšíření	15
3.1.6. Ekologie.....	15
3.1.7. Upotřebení.....	16
3.1.8. Škůdci.....	16
3.1.9. Douglaska v České republice	18
3.2. Makroskopická charakteristika	18
3.3. Mikroskopická charakteristika.....	19
3.4. Zjišťované fyzikální vlastnosti.....	21
3.4.1. Hustota	21
3.4.2. Vlhkost.....	22
3.4.3. Sesychání.....	24
3.5. Použité statistické ukazatele	27
4. Metodika a zkušební tělesa.....	30
4.1. Původ zkoumaného materiálu.....	30
4.2. Výroba zkušebních těles	30
4.3. Výběr a označení zkušebních těles	31
4.4. Získání potřebných dat.....	32
4.5. Zpracování dat a způsob vyhodnocení	32

5. Výsledky a diskuze	35
5.1. Hustota.....	35
5.2. Tangenciální sesychání	41
5.3. Radiální sesychání.....	47
5.4. Objemové sesychání.....	53
5.5. Podélné sesychání.....	59
6. Závěr.....	64
7. Seznam použitých zdrojů	66
7.1. Literatura.....	66
7.2. Normy	67
7.3. Internetové zdroje	68
8. Seznamy	69
8.1. Obrázky.....	69
8.2. Tabulky	69
8.3. Grafy	70
9. Přílohy.....	72

1. Úvod

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga Menziesii* /MIRBEL/FRANCO), v České republice cizokrajná, introdukovaná konifera, pocházející ze západního pobřeží USA, jedná se o státní dřevinu Oregonu, jeden z nejvyšších amerických druhů, někdy nazývaný jako: „Monarcha lesů pacifického severozápadu“ nebo „Král lesů tichomořského pobřeží“ či „Nejmohutnější a nejstarší žijící organismus na Zemi“, který prozatím čeká na své rozsáhlejší uplatnění ve zdejších podmínkách. Pro většinu ekologů je nevhodnou a nepřipustnou dřevinou pro pěstování. Naopak většina lesníků považuje douglasku za vhodnou alternativu pro pěstování v podmínkách značné části lesních porostů naší republiky.

Douglaska se už několik desítek let úspěšně pěstuje v české republice. Její rychlý růst, schopnost tolerovat i slunné prostranství a odolávat suššímu prostředí v porovnání s domácími dřevinami, např. smrk ztepilý (*Picea abies*) nebo borovice lesní (*Pinus sylvestris*), je dobrým předpokladem k jejímu širšímu začlenění. Další značnou výhodou je i její schopnost růstu na půdách postihnutých požáry.

Skutečnost, že by se mohla v České republice nadále dobře pěstovat i ve větším množství nestačí. Pro její další využití ve stavebnictví a nábytkářském průmyslu, je třeba zjišťovat fakta ohledně jejích fyzikálních a mechanických vlastnostech její dřevní hmoty a zjistit tak, zda bude schopna konkurovat některým domácím dřevinám i v těchto směrech.

Tato diplomová práce se zabývá problémem fyzikálních vlastností a to konkrétně hustotou a sesycháním zjišťovaného na stromech douglasky vypěstovaných v českých lokalitách, srovnáním těchto hodnot s našimi domácími dřevinami a posouzením vlivů na tyto vlastnosti.

2. Cíle práce

- zjistit hodnoty hustoty a sesychání Douglasky tisolisté (*Pseudotsuga Menziesii* /MIRBEL/FRANCO) z různých českých lokalit
- porovnat tyto hodnoty s literárními údaji místními i zahraničními
- porovnat hodnoty s vybranými domácími dřevinami
- zjistit zda má lokalita, vertikální nebo horizontální pozice ve kmeni vliv na tyto vlastnosti

3. Literární přehled

3.1. Zkoumaná dřevina

3.1.1. Historie

V říjnu roku 1830 poslal David Douglas ze Severní Ameriky W. J. Hookerovi, botanikovi a prvnímu řediteli Královské botanické zahrady v Kew, zásilku se vzorky šesti druhů jehličnatých dřevin. S největší pravděpodobností byla v balíku i semena těchto dřevin. Jedním z poslaných druhů byla dřevina, která je dnes běžná v našich lesích a parcích a známe ji jako douglasku (Möllerová 2012).

Douglas se narodil 25. 6. 1799 ve Scone v hrabství Perthshire ve Skotsku do rodiny kameníka. Zahradníkem se začal učit u Perthu, v zahradách hraběte z Mansfieldu ve Scone Palace. Na jaře roku 1820 se dostal do botanické zahrady Glasgowské univerzity, kde měl kromě zaměstnání možnost navštěvovat botanické přednášky. Tak se také seznámil s ředitelem zahrady a profesorem botaniky Williamem Jacksonem Hookerem (1785–1865), (Möllerová 2012).

Během svých několika výzkumných cest Severní Amerikou v letech 1823 až 1834. Kde procestoval Oregon, Britskou Kolumbii, Hudsonův záliv na severovýchodě Kanady, později Kalifornii a oblast kolem řeky Frazer v Britské Kolumbii. Douglas svůj nasbíraný botanický materiál posílal Hookerovi do Královské botanické zahrady v Kew (Möllerová 2012).

Douglaska je tedy pojmenována po Davidu Douglasovi, skotském botanikovi. Slovo *Pseudotsuga* znamená "falešný jedlovec," a *menziesii* je používáno podle dalšího přírodovědce a skotského lékaře Archibalda Menziese (1754-1842), (Alden 1997, Möllerová 2012).

Menzies pocházel ze Skotska, kde se narodil v březnu roku 1754 v Easter Styx v Perthshire. Během jeho výzkumných cest byl první, kdo nasbíral vzorky této dřeviny v roce 1793, později po něm pojmenované latinským názvem *Pseudotsuga menziesii* (Alden 1997, Möllerová 2012).

3.1.2. Taxonomické zařazení

Říše: *Vegetabilia* (rostliny)

Podříše: *Cromobionta* (vyšší rostliny)

Kmen: *Gymnospermae* (nahosemenné rostliny)

Oddělení: *Pinophyta* (jehličnany)

Třída: *Pinopsida* (jehličnany)

Čeleď: *Pinaceae* (borcovitotvaré)

Rod: *Pseudotsuga* (douglaska)

Druh: *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco var. *Menziesii*

(Úřadníček 2003, URL1)

3.1.3. Rod

Vždyzelené stromy, jednodomé. Jehlice jsou zploštělé, hebké, s bělavými proužky průduchů na spodní straně, na bázi zúžené (stopkaté). Ve stáří hluboce rozpraskaná, silná, korkovitá borka. Šišky jsou převislé, s nápadně vyčnívajícími trojklannými podpurnými šupinami, nerozpadavé, dozrávají 1. rokem. Semena okřídlená, trojúhelníková, matná (Úřadníček 2003).

Asi 20 druhů na severní polokouli, známějších je 6 druhů ze Severní Ameriky (např. *Pseudotsuga menziesii*, *Pseudotsuga glauca*, *Pseudotsuga macrocarpa*). V kultuře je dalekosáhle rozšířen západoseveroamerický druh douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*), který je ve své vlasti velmi významnou hospodářskou dřevinou. U nás je douglaska již po několik desetiletí s úspěchem zaváděna do porostů (Úřadníček 2003).

3.1.4. Douglaska tisolistá

Mohutný strom, který v domovině dorůstá do výšky 60 – 100 m. (Alden 1997) uvádí jako nejvyšší nepoškozený strom douglasky, s výškou 100,58 m, strom nedaleko Littlerock, Washington. Dožívá se 400 – 700 let, (Alden 1997, Úředníček 1998, Úředníček 2003) udávají až 800 let. Kmen je přímý, průběžný, plnodřevný s průměrem i více než 2 m, maximálně však 4,7 m, (Úředníček 1998, Úředníček 2003) tvrdí 5 m. Borka je hladká, zelenošedá až hnědošedá, poměrně proměnlivá. Může být tenká a loupe se v nepravidelných šupinách (*var. glauca*) nebo je hluboce podélně rozpukaná (*var. viridis*), tvoří široké ploché obdélníkové plotýnky nebo je velmi hluboko rozpukaná s nápadnými žlutými korkovými vrstvami (Pagan 1999).

Koruna je kuželovitá až široce kuželovitá. Větve vyrůstají v přeslenech, od kmene se šikmo odklánějí a směřují nahoru nebo skoro horizontálně (Pagan 1999). Variabilita v habitu a typu větvení je značná (Úředníček 2003).

Kořenový systém je srdčitého typu s mnoha kořeny směřujícími šikmo do hloubky, takže je dřevina v půdě dobře zakotvena a netrpí vývraty. Vyrovná se v tomto ohledu borovici a jedli (Úředníček 1998).



Obrázek 1 - Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*)
Zdroj: URL8

Pupeny jsou 8 – 10 x 4 – 5 mm velké, vřetenovité, ostře hrotité, slabě pryskyřičnaté. Puppenové šupiny jsou červenohnědé, lesklé (Pagan 1999).

Jehlice mají rozměry 18 – 30 x 1 – 2 mm, úzce čárkovité, ploché, tupě zakončené, na bázi zúžené, přisedají na malé vyvýšené polštářky. Na vrchní straně mohou být tmavězelené, lesklé (*var. viridis*) nebo modrozelené až šedozelené (*var. glauca*), na spodní straně matné, se dvěma bělavými pásky průduchů. Jsou víceméně vodorovně

rozestoupené až dvouřadé (*var. viridis*) nebo k větvi více přiléhají, hrotem směřují dopředu a často takřka na všechny strany odstávají (*var. glauca*). Zůstávají 6 – 8 let (Pagan 1999). Při rozemnutí voní po citrusech (Úřadníček 2003).

Kvete a plodí poměrně brzy, jako solitér už ve věku 12 – 15 let, v porostech okolo 30 let. Kvete skoro každoročně, semenné roky jsou poměrně časté, ale nepravidelné (3 – 4 leté intervaly), (Pagan 1999).

Samčí šištičky jsou 10 – 15 x 5 – 6 mm veliké, podlouhle vejcovité, oranžovožluté, vyrůstající jednotlivě v paždích jehlic na minuloročních výhoncích. Pylová zrnka jsou bez vzdušných váčků (Pagan 1999).

Samičí šištice jsou 20 – 25 x 10 mm, podlouhle vejcovité, s dlouhými trojhrotými podpurnými šupinami, jsou zelené až červenkavé. Vyrůstají jednotlivě za koncovým pupenem na volnějším výhoncích. Ze začátku jsou vzpřímené, později jsou převislé. Dozrávají na podzim 1. roku (Pagan 1999).

Šiška má rozměry (40)50 – 100 x 30 – 40 mm, podlouhle vejcovitá, hnědá, nerozpadavá. Může mít 30 až 50 plodných šupin, které jsou 20 – 25 mm dlouhé, okrouhlé, kožovité. Podpurné šupiny jsou trojhroté, delší než plodné šupiny, ze šišky vyčnívají asi o 10 – 15 mm, můžou být téměř přitisknuté, přímé, směřující k vrcholu (*var. viridis*) nebo jsou delší hrotem odstávají kolmo od šišky nebo jsou až zahnuté zpět (*var. glauca*). Po dozrání (konec října až listopadu) se hned otevírá a semena vypadávají. Po vysemení šišky zůstávají přes zimu na stromě (Pagan 1999).

Semeno je 5 – 7 x 3 – 4 mm, vejcovitě trojhranné, stlačené, červenohnědé. Blanisté křídlo je asi 15 x 7 mm velké, skoro elipsovité, nejširší v dolní třetině, světlohnědé (Pagan 1999).

Douglaska má velmi rychlý růst, rychlejší než naše domácí jehličnaté dřeviny. Výškový růst vrcholí mezi 20. - 30. rokem, potom se mírně zpomaluje až do 100. roku, poté se zpomaluje ještě výrazněji (Pagan 1999).

3.1.5. Rozšíření

Douglaska tisolistá je severoamerická dřevina, rozšířená v horách při pacifickém pobřeží (Úřadníček 2003). Sahá od pohoří Skalistých hor až k pobřeží Tichého oceánu a z Mexika do centrální Britské Kolumbie (Alden 1997). Na severu vystupuje douglaska od moře sotva do výše 1000 m, k jihu zaujímá postupně stále vyšší polohy a stoupá maximálně na 2200 m (Úřadníček 2003).

3.1.6. Ekologie

Douglaska je světlomilný druh, pouze v mládí snese boční zástin. Koruny zástin nesnesou a přistíněné větve s postupujícím zápojem zasychají. Roste v oblastech s velmi vysokými srážkami a vysokou sněhovou pokrývkou. Těžký sníh ji však i u nás poškozují. Nesnáší vysýchavé půdy, vyžaduje vysokou vzdušnou vlhkost. Geologické podloží v areálu je tvořeno kyselými, dobře propustnými horninami, převažují sedimenty, vulkanický materiál a aluviální náplavy (Úřadníček 2003). Hodnotí se jako průkopnická dřevina, protože v domovině se přirozeně zmlazuje na rozsáhlých plochách zničených požáry nebo různými kalamitami. Ve vlhčích oblastech se vyskytuje zejména na slunečných, teplých a suchých stanovištích, přičemž zásoba živin není tolik rozhodující (Hofman 1964). Podle množství popela, obsahu bází v popele a dusíku je douglaska, v porovnání s našimi dřevinami, na předposledním místě, před borovicí, což dokazuje její malé nároky na živiny (Pagan 1999). Při pěstování douglasky se zjistilo, že nejlepší výsledky se dosáhly na středních půdách propustných v celém profilu, vzdušných, čerstvě vlhkých a středně zásobených živinami (Hofman 1964).

Je typickou dřevinou oceánického klimatu s mírnými zimami. Znečištěné prostředí velkých měst a průmyslových oblastí douglasce příliš nevyhovuje (Úřadníček 2003).

3.1.7. Upotřebení

Patří k nejvýznamnějším severoamerickým koniferám, produkující jedno z nejlepších užitkových dřev (URL2). Při porovnání produkce douglasky s jinými – domácími dřevinami z různých oblastí Evropy, zejména z Německa, lze konstatovat, že toto porovnání u nás jednoznačně vyplývá ve prospěch douglasky (Hofman 1964). Například při porovnání se smrkem je produkce douglasky větší o 30 – 60 %, s borovicí lesní o 70 – 90 %, s jedlí asi o 50 %, s modřínem v průměru o 150 %, s bukem o 50 – 160 %, s dubem 90 – 160 % (Pagan 1999).

Dřevo douglasky je pevné, středně tvrdé a velmi tuhé. Jde poměrně obtížně opracovat pomocí ručního nářadí, snadno se štěpí. Obráběcí vlastnosti má dobré. Douglasku je obtížné impregnovat a často je třeba narušit povrch pro umožnění penetrace mořící látky (Alden 1997).

Douglaska se používá především pro stavební a konstrukční účely ve formě řeziva, trámů, pilot a překližek. Značné množství jde do bednářské výroby, důlních trámů, sloupů a oplocení. Řezivo douglasky se používá při výrobě různých produktů, včetně okenních rámců a dveří, laminovaných nosníků a palet. Malé množství se používá na podlahy, nábytek, lodě a lodní konstrukce či nádrže. Překližky nacházejí stále rostoucí užitečnost ve stavebnictví a nábytkářství (URL7). Na americkém kontinentu je douglaska oblíbeným vánočním stromkem, včetně žádaného okrasného klestí. Také u nás lze počítat s tímto využitím (Úřadníček 2003).

3.1.8. Škůdci

Douglaska tisolistá je ve své domovině na severozápadě USA a západě Kanady hostitelskou dřevinou řady původců chorob. Přestože je z původních porostů douglasek a výsadeb douglasek v USA a Kanadě uváděna široká řada potencionálně patogenních organismů a škůdců, má pouze několik druhů potenciál působit výraznější chřadnutí a poškození dřevin (Neuhöferová 2006).

U douglasek v České republice mohou být problémem choroby jehlic. Především skotská sypavka douglasky (*Rhabdocline pseudotsugae*), která byla na území Evropy zavlečena ze Severní Ameriky, kde byl její

výskyt zaznamenán již v roce 1911. Jejím charakteristickým projevem je opad celých ročníků jehlic na větvičkách a celá defoliace koruny. Výskyt skotské sypavky je v současnosti vázán spíše na výsadby některých okrasných kultivarů a sbírkových variet v arboretech. Pro současné výsadby douglasek v lesích nepředstavuje až na lokální výjimky významný problém, stejně jako pro častá přirozená zmlazení. Druhou, významnou, do Evropy zavlečenou chorobou je švýcarská sypavka douglasky (*Phaeocryptopus gaeimannii*), zjištěná poprvé v roce 1925 ve Švýcarsku. V České republice byla poprvé zjištěna v roce 2002 v jižních Čechách. Tato choroba se projevuje zřetelným propadem jehlic, kdy jednotlivé 2 – 3 leté jehlice postupně žloutnou a propadávají. V ohniscích infekce dochází postupně k výrazné defoliaci, v případě slabé infekce může unikat pozornosti. Infikovány bývají vesměs jednotlivé stromy, infekce se posléze šíří v ohniscích porosty (Neuhöferová 2006).

Z hlediska napadení douglasek dřevními houbami jsou v našich podmínkách relativně stabilní dřeviny. V některých zemích jsou douglasky napadány Václavkou (*Armillaria ostoyae*), ve stejné míře jako smrk v našich podmínkách. Zásadní úlohu zde sehrávají stanovištní a klimatické podmínky. Významnější problém u solitérních výsadeb může představovat hnědá hniloba hnědáku Schweinitzova (*Phaeolus schwenitzii*), která způsobuje mimo jiné znehodnocení dřevní hmoty bazální části kmene hnědou hnilobou (Neuhöferová 2006).

Douglaska je také citlivá na jarní vytranspirování. V dubnu a květnu dochází k zreznutí až zčervenání částí nebo celých korun. Tento jev je označován jako fyziologická sypavka. Příčinou je neschopnost přijímat vodu kořenovým systémem ze zamrzlého substrátu v časně jarních měsících, kdy denní teploty v důsledku silného slunečního záření vystupují vysoko nad nulu (Neuhöferová 2006).

3.1.9. Douglaska v České republice

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) patří ke světově nejvýznamnějším komerčním dřevinám. Zatímco v řadě evropských i mimoevropských zemí je masivně využívána, v České republice je dosud na okraji zájmu, nebo dokonce posuzována v negativním světle. V současné době tato dřevina roste na zhruba 5 600 ha (necelých 0,22 % porostní plochy), ale s výrazným potenciálem na podstatně větším území. Zvýšený zájem jí spíše věnují soukromé a obecní majetky, na rozdíl od státních lesů (Podrázský 2012).

Provedené studie přitom potvrdily její produkční nadřazenost nad domácími dřevinami, z introdukovaných se jí pak na vhodných stanovištích vyrovná pouze jedle obrovská, která však silně zaostává kvalitou produkované dřevní hmoty. Ta se u douglasky uvažuje minimálně na úrovni smrku nebo modřínu. Tato dřevina tak může hrát důležitou roli při náhradě smrku v nižších polohách, při zachování vysoké produkční funkce (dokonce při jejím pronikavém zvýšení) lesních porostů. Tento aspekt může nabýt ještě většího významu, když si uvědomíme, že v několika desetiletích budeme čelit situaci, kdy 5. věková třída, nastupující mýtné smrkové porosty, bude zaujímat zhruba poloviční plochu ve srovnání se současností. Bohužel v lesnickém provozu pak zásadně chybí informace o ekonomických aspektech jejího pěstování a možnostech hospodářského využití této dřeviny, i přes dobré zkušenosti řady subjektů, těžících douglasku a obchodujících s jejím dřevem (Podrázský 2012).

3.2. Makroskopická charakteristika

Bělové dřevo Douglasky je u starších stromů úzké, ale může být až 7 cm široké u mladších stromů. Mladé stromy středně rychlého růstu mají načervenalé jádrové dřevo a jsou nazývány červenými jedlemi. Velmi úzký kruh jádrového dřeva starých rostoucích dřevin může být žlutohnědý a je znám na trhu jako žlutá jedle (URL7).

Pro jedince pěstované v našich klimatických podmínkách je často charakteristické, že letokruhy jsou hlavně v prvních letech značně široké a

navíc pro jehličnan s netypicky vysokým zastoupením letního dřeva. Přechod z jarního dřeva do letního v rámci letokruhu je ostrý (Vavrčík 2010).

Pryskyřičné kanálky pouhým okem špatně rozlišitelné, většinou viditelné na podélných řezech (URL3).

3.3. Mikroskopická charakteristika

Pryskyřičné kanálky zřetelně viditelné na tangenciálním řezu (Obr. 2) a příčném řezu (Obr. 3).

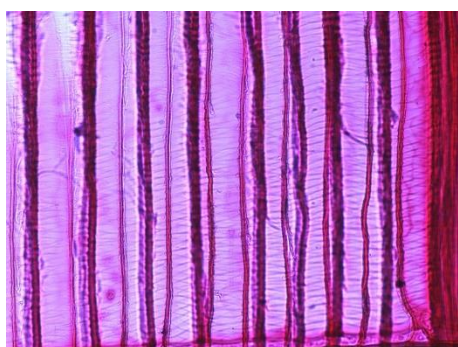


Obrázek 2 - Pryskyřičný kanálek
Zdroj: URL4

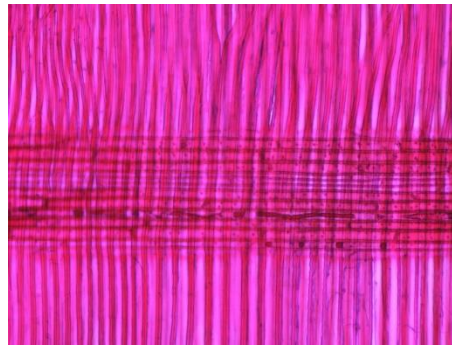


Obrázek 3 - Prykyřičný kanálek,
přechod mezi jarním a letním dřevem
Zdroj: URL4

Na tangenciálním řezu vidíme také spirální ztluštění (Obr. 4). Dřeňový paprsek je heterocelulární což můžeme pozorovat na (Obr. 5).

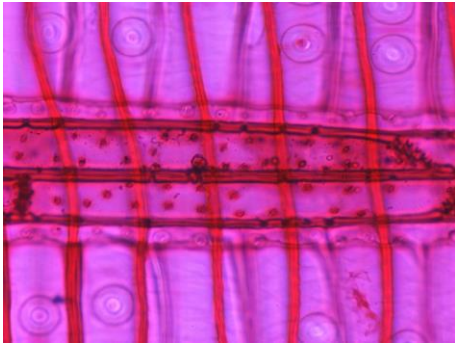


Obrázek 4 - Spirální ztluštění
Zdroj: URL4



Obrázek 5 - Heterocelulární
dřeňový paprsek
Zdroj: URL4

Na (Obr. 6) si můžeme všimnout piceoidních ztenčenin v křížovém poli. Na (Obr. 2) je také vidět ostrý přechod mezi jarním a letním dřevem (URL4).



Obrázek 6 - Piceoidní ztenčeniny
ve křížovém poli
Zdroj: URL4

3.4. Zjišťované fyzikální vlastnosti

3.4.1. Hustota

Hustota dřeva (objemová hmotnost dřeva, dříve také objemová váha nebo specifická váha dřeva) je charakterizována hmotností dřeva v přirozeném stavu k jednotce objemu. Mění se s vlhkostí dřeva.

Obecně ji lze vyjádřit:

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

kde: ρ_w – hustota dřeva při vlhkosti w [kg.m⁻³]
 m_w – hmotnost dřeva při vlhkosti w [kg]
 V_w – objem dřeva při vlhkosti w [m³]

(Matovič 1993)

Hustota dřeva zejména při vlhkosti 12 % nebo 0 % je důležitým kritériem kvality dřeva, zejména jeho fyzikálních a mechanických vlastností. Obecně možno říci, že čím je hustota dřeva vyšší (za předpokladu stejné vlhkosti), tím jsou také vyšší hodnoty některých fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Velikost hustoty dřeva závisí na druhu dřeva, na poloze ve kmeni, na sociálním postavení stromu v porostu, na stanovišti příslušných dřevin a pěstebních opatřeních (Matovič 1993).

Další veličinou je konvenční hustota (redukovaná hustota v čerstvém stavu), která udává kolik suché dřevní hmoty se nachází v maximálně nabobtnalém stavu.

$$\rho_k = \frac{m_0}{V_{\max}} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde: ρ_k – konvenční hustota [kg.m⁻³]
 m_0 – hmotnost dřeva při vlhkosti 0 % [kg]
 V_{\max} – objem maximálně nabobtnalého dřeva [m³]

(Požgaj 1997)

Konvenční hustota dřeva, jak lze z její charakteristiky odvodit, nezávisí na vlhkosti dřeva. Tato veličina je velmi vhodná pro technologické výpočty a má také mimořádný význam v lesním hospodářství, dřevařském a zejména celulózopapírenském průmyslu. Pomocí této veličiny lze například přepočítat zásobu dřeva z m^3 na kg a opačně. Hodnota konvenční hustoty je o něco nižší než hustota dřeva suchého (Matovič 1993).

Hustota dřeva závisí na řadě faktorů, z nichž k nejdůležitějším patří chemické složení dřeva, stavba dřeva a vlhkost dřeva, poloha ve kmeni, stanovištní podmínky a pěstební opatření. Chemické složení kromě hustoty dřevní substance ovlivňuje také samotnou hustotu dřeva, a to zastoupením dalších látek kromě hlavních chemických konstituent. Jedná se zejména o extraktivní látky, které zvyšují hustotu jádrového dřeva. Proto dřeva listnatá kruhovitě-pórovitá, která jsou zpravidla jádrová, mají vyšší hustotu než dřeva listnatá roztroušeně-pórovitá (URL6).

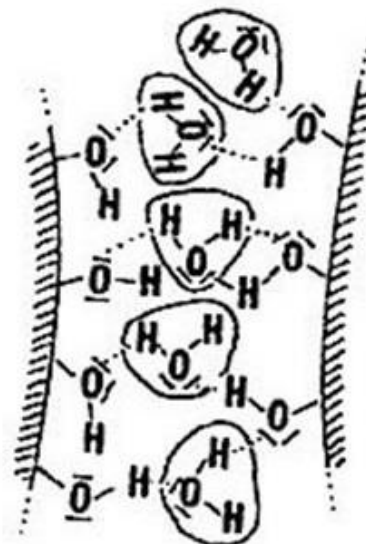
3.4.2. Vlhkost

Přítomnost tekutin (vody) ve dřevě se nazývá vlhkostí dřeva. Z hlediska uložení vody ve dřevě můžeme vodu rozdělit na chemicky vázanou, vázanou – hygroskopickou a volnou – kapilární (Horáček 1998).

Chemicky vázaná voda je součástí chemických sloučenin. Nelze ji ze dřeva odstranit sušením, ale pouze spálením, proto je ve dřevě zastoupena i při nulové vlhkosti dřeva. Zjišťuje se při chemických analýzách dřeva a její celkové množství představuje 1 – 2 % sušiny dřeva. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností nemá žádný vliv (Horáček 1998).

Voda vázaná – hygroskopická se nachází v buněčných stěnách a je vázaná vodíkovými můstky na hydroxylové skupiny OH amorfni části celulózy a hemicelulózy (Obr. 7). Voda vázaná se ve dřevě v průměru vyskytuje při vlhkostech 0 – 30%. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má největší a zásadní význam (Horáček 1998).

Voda volná – kapilární vyplňuje ve dřevě lumeny buněk a mezibuněčné prostory. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má podstatně menší roli než voda vázaná (Horáček 1998).



Obrázek 7 - Voda vázaná vodíkovými můstky
Zdroj: URL5

Vlhkost se vyjadřuje podílem hmotnosti vody dřeva v absolutně suchém stavu – vlhkost absolutní w_{abs} , nebo podílem hmotnosti vody ke hmotnosti mokrého dřeva – vlhkost relativní w_{rel} . Absolutní a relativní vlhkost se nejčastěji vyjadřuje v % a vypočítá pomocí se podle vztahů:

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$w_{rel} = \frac{m_w - m_0}{m_w} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_w} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: m_w – hmotnost vlhkého dřeva [kg, g]
 m_0 – hmotnost absolutně suchého dřeva [kg, g]
 m_v – hmotnost vody [kg, g]

(Horáček 1998)

Absolutní vlhkost dřeva se používá pro charakteristiku fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Relativní vlhkost se využívá tam, kde je nezbytné znát procentuální zastoupení vody z celkové hmotnosti dřeva, například při prodeji nákupu dřeva podle jeho hmotnosti (Horáček 1998).

Na vlhkost dřeva má největší vliv stavba a hustota dřeva, teplota a mechanické namáhání dřeva. Rozložení vlhkosti v kmeni rostoucího stromu je nerovnoměrné a mění se s výškou a po průměru kmene. Rozdílné vlhkosti jádra (vyzrálého dřeva) a bělí je obecně u jehličnanů, kde jádro má 3 – 4 krát menší vlhkost než běl. S výškou stromu se vlhkost u jehličnanů zvyšuje, což neplatí pro listnaté dřeviny, kde se vlhkost s výškou téměř nemění. Stejně tak vlhkost mladých stromů je vyšší než vlhkost starších. Vlhkost dřeva se mění i v průběhu roku. Maximální vlhkost dřeva je dosahována v zimním období, minimální je během léta. Kolísá také během dne (Horáček 1998).

3.4.3. Sesychání

Často se setkáváme se záměnou významem rozdílných pojmů, jako je vysychání, sesychání a seschnutí, je potřeba tyto pojmy dále definovat.

Vysycháním dřeva rozumíme proces, při kterém se ze dřeva vypařuje voda. Sesychání je proces, při kterém se rozměry dřeva zmenšují v důsledku úbytku vody vázané. Seschnutí je kvantitativně vyjádřená změna rozměrů. Plochy nebo objemu dřeva v důsledku úbytku vody vázané. Vyjadřuje se podílem příslušné změny a původní hodnoty veličiny. Pokud tento rozdíl vynásobíme 100, dostaneme sesychání v %, tedy:

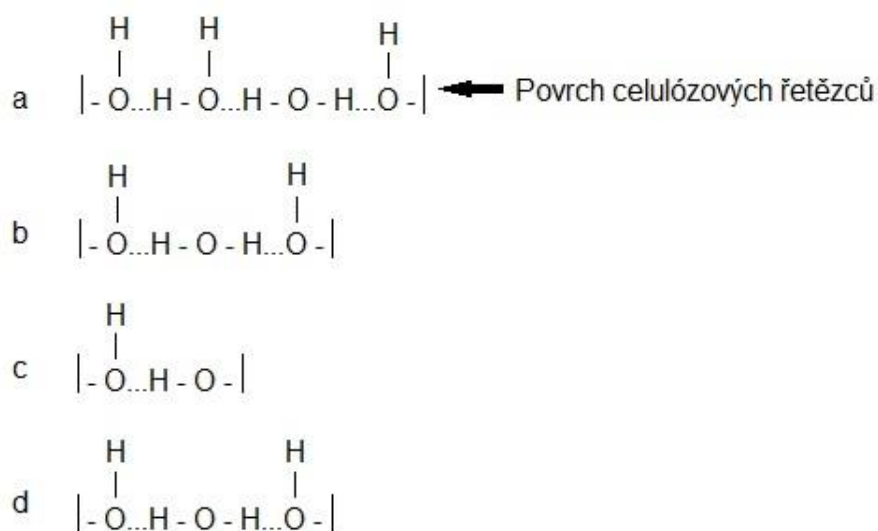
$$\alpha_i = \frac{\alpha_{i\max} - \alpha_i(w)}{\alpha_{i\max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: $\alpha_{i\max}$ – představuje lineární rozměr v libovolném směru, plochu nebo objem před sesycháním

$\alpha_i(w)$ – představuje tu samou veličinu po seschnutí

(Požgaj 1997)

Volná voda se ze dřeva vypařuje poměrně rychle a nevyvolává zmenšování rozměrů, zmenšuje se jen jeho hmotnost. Vypařování vázané vody je mnohem pomalejší a je spojené se sesycháním dřeva, které začíná v okamžiku, kdy vlhkost dřeva začne klesat pod mez nasycení buněčných stěn (MNBS). Sesychání se vysvětluje tím, že vázaná voda v buněčných stěnách je uložena v mezifibrilárních prostorech, přičemž molekuly vody roztahují fibrily. Při unikání vody vázané se fibrily přibližují, čímž se zmenšují buněčné stěny jednotlivých elementů dřeva jako celku. Lze jsi znázornit takto (Obr. 8):



Obrázek 8 - Změna vzdáleností dvou sousedních povrchů celulózoých řetězců v důsledku navázání a vypaření molekul vody
Zdroj: Požgaj 1997

Uvedený model znázorňuje:

- Situace v rostoucím stromě, kde je víc molekul navázaných na přilehlé OH skupiny povrchu celulózoých řetězců.
- Navázání jen jedné molekuly vody na sousední OH skupiny molekul celulózy. Při sesychání dřeva se molekuly vody odpařují do okolního prostředí. Zmenšováním počtu molekul vody se zmenší vzdálenost celulózoých řetězců, což se projeví zmenšením rozměrů dřeva jako celku a dřevo začne sesychat.

- c) Dřevo vysušené do absolutně suchého stavu, kdy se v něm voda už nenachází. Hydroxylové skupiny jsou na sebe přímo navázané sekundárními vazbami přes OH skupiny dvou sousedních povrchů celulóзовých řetězců.
- d) Opětovné navázání molekuly vody mezi povrchy dvou celulóзовých řetězců, které se opět navzájem vzdálí.

(Požgaj 1997)

Sesychání dřeva má anizotropní charakter, čehož důkazem jsou rozdílné hodnoty seschnutí v jednotlivých anatomických směrech. Příčiny anizotropie můžeme hledat především ve struktuře dřeva a to na úrovni jeho makroskopické, mikroskopické i submikroskopické struktury. Jeho rozměry se nejvíce zmenšují napříč vláken a v nepatrné míře podél vláken, to lze z hlediska submikroskopické struktury vysvětlit rozdílným úhlem sklonu fibril od podélné osy buňky. Zřetelně je to vidět (Obr. 9), kde je při větším úhlu sklonu fibril v podélném směru seschnutí menší. V příčných směrech je úhel sklonu fibril menší, proto může dřevo v těchto směrech sesychat ve větší míře (Požgaj 1997).



Obrázek 9 - Zmenšování rozměrů dřeva podél a napříč vláken při různém úhlu sklonu mikro fibril:
 1 - podél vláken; 2 - napříč vláken;
 černé pásky - mikro fibrily; bílé pásky - vrstvičky vody
 Zdroj: *Perelygin 1965*

Dřevo sesychá rozdílně i napříč vláken. V tangenciálním směru je seschnutí 1,5 až 2krát větší než v radiálním směru.

Z hlediska mikroskopické struktury si tyto rozdíly můžeme vysvětlit tím, že jednotlivé elementy dřeva neseschnou stejně. Rozměry cév a parenchymatických buněk se obvykle zmenšují v tangenciálním směru. Dřevní vlákna seschnou v obou směrech přibližně stejně. Dřeňové paprsky

sesychají více do šířky – v tangenciálním směru, než po délce – v radiálním směru. Míra seschnutí se v jednotlivých anatomických směrech často vyjadřuje v poměru: tangenciální : radiální : podélný = 20 : 10 : 1 (Požgaj 1997).

Rozměrové změny způsobené změnami vlhkosti v rozsahu vody vázané jsou ovlivňovány zejména vlhkostí, hustotou a anatomickou stavbou dřeva. Vlhkost dřeva ovlivňuje rozměrové změny nejvíce svým rozložením v průřezu tělesa, kdy nerovnoměrné rozložení způsobuje při vysychání dřeva vznik vlhkostních a zbytkových napětí. Tato napětí v důsledku hygroelastického efektu mohou pozměnit výsledné rozměrové změny. Mezi sesycháním a hustotou dřeva je přímo úměrná závislost. Ovlivnění sesychání hustotou dřeva souvisí s větším zastoupením chemických konstituent v jednotkovém objemu hustšího dřeva, tedy s vyšším počtem potenciálních sorpčních míst v tlustších buněčných elementech dřeva. Struktura dřeva na všech úrovních – submikroskopické, mikroskopické a makroskopické, je základním důvodem pro anizotropní charakter rozměrových změn. Na submikroskopické úrovni je rozhodující stavba buněčné stěny a orientace fibrilární struktury v jednotlivých vrstvách. Na mikroskopické úrovni jsou důležité tloušťky buněčné stěny v radiálním a tangenciálním směru a přítomnost dřeňových paprsků (Horáček 1998).

3.5. Použité statistické ukazatele

Aritmetický průměr, charakterizuje hodnotu, okolo níž kolísají jednotlivé prvky souboru. Fyzikálně odpovídá aritmetický průměr těžišti N stejně hmotných bodů umístěných na přímce se souřadnicemi x_i (to jsou jednotlivé hodnoty souboru). Vzorec:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

(Drápela 1999)

Medián, hodnota, kterou nese prostřední prvek ve statistickém souboru uspořádaném podle velikosti. Rozděluje počet hodnot uspořádaného souboru na dvě poloviny.

Neroztříděný soubor je tedy pro určení mediánu vždy nutné uspořádat podle velikosti. Hodnotu mediánu v neroztříděném stavu, pouze vzestupně uspořádaném souboru, určíme takto:

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)} & \text{pro } N \text{ liché} \\ \frac{1}{2} \cdot \left(x_{\left(\frac{N}{2}\right)} + x_{\left(\frac{N}{2}+1\right)} \right) & \text{pro } N \text{ sudé} \end{cases}$$

(Drápela 1999)

Minimum, nejmenší položka ze souboru.

(Doležal 1973)

Maximum, největší položka ze souboru.

(Doležal 1973)

Směrodatná odchylka je nejlepší a nejpoužívanější charakteristikou variability. Splňuje všechny požadavky na dobrou charakteristiku variability. Rozměr směrodatné odchylky je stejný jako rozměr veličiny, což je její hlavní výhodou oproti rozptylu pro účely popisné statistiky. Požadavek dobré a snadno pochopitelné schopnosti podávat informace a variabilitě je u směrodatné odchylky výborně naplněn.

$$S = \sqrt{s^2}$$

kde s^2 – rozptyl souboru

(Drápela 1999)

Variační koeficient je relativní mírou variability a používá se ke vzájemnému porovnání variability různých souborů. Vychází z průměru a směrodatné odchylky, má tedy podobné vlastnosti jako směrodatná odchylka a rozptyl. Čím je V menší, tím je menší variabilita souboru.

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde s – směrodatná odchylka
 \bar{x} – aritmetický průměr

(Drápela 1999)

4. Metodika a zkušební tělesa

4.1. Původ zkoumaného materiálu

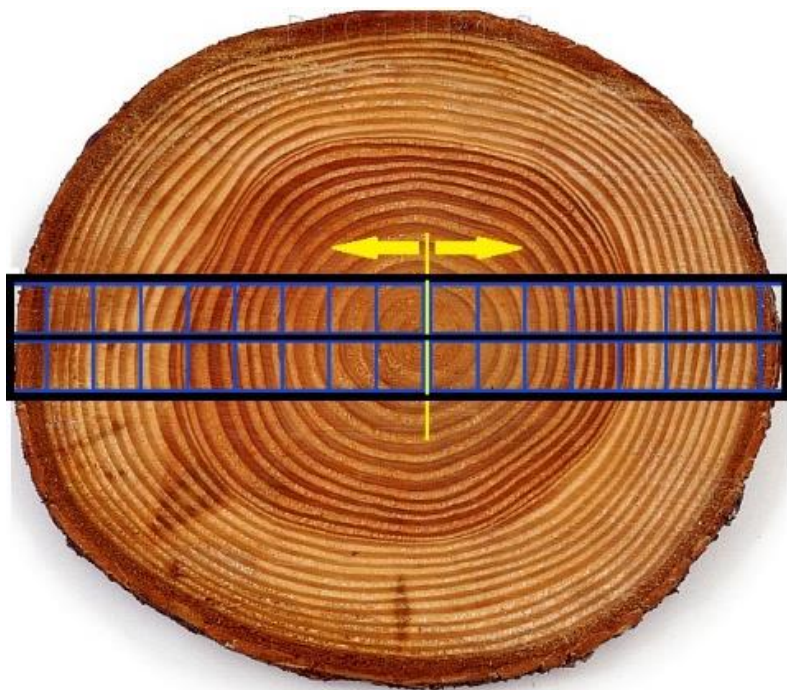
Materiál, tedy stromy, ze kterých bylo použito dřevo pro výrobu zkušebních vzorků, pochází ze dvou různých lokalit v České republice.

První lokalitou (Lokalita 1) jsou Lesy města Písku, s.r.o., oblast se stejnověkými porosty smrku s příměsí douglasky, odběr byl zřízen v části, kde se nachází převaha douglasky, odtud byly použity tři stromy. Druhou lokalitou (Lokalita 2) je území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy, České zemědělské univerzity. Odtud byly v rámci práce odebrány a vyhodnoceny také tři stromy.

4.2. Výroba zkušebních těles

Stromy byly vertikálně rozřezány na sekce o délce 20 % výšky stromu. Z každé této sekce kmene byla odebrána část dlouhá 1 m. Z těchto částí byly vyříznuty dvě fošny souměrně kolem dřeně o tloušťce 20 mm, znázorněno na (Obr. 10). Tím vznikly z každé sekce stromu dvě fošny dlouhé 1 m o tloušťce 20 mm. Fošny byly v místě dřeně rozříznuty po délce a dále rozřezány na latě 20 mm široké a 1 m dlouhé (Obr. 10). Každá z těchto latí 1 m dlouhých následně použita na výrobu 3 zkušebních těles o výsledných rozměrech 20 x 20 x 300 mm.

Tato tělesa byla nejprve podrobena zkouškám zabývajících se mechanickými vlastnostmi, které byly součástí jiné práce, probíhající souběžně s touto diplomovou prací. Z těles, která těmito zkouškami nebyla příliš poškozena, se odřízla dvě zkušební tělesa o délce 30 mm, nejlépe z každého konce jeden vzorek. Odříznuta byla tak, aby v jejich objemu nebyla pokud možno žádná vada (suk, smolník, apod.). Vzniklá výsledná tělesa měla rozměr 20 x 20 x 30 mm dle normy ČSN 49 0128. Jedna třetina těchto těles se vybrala na zkoušku pevnosti v tlaku a zbývající dvě třetiny bylo zpracováno v této diplomové práci.



Obrázek 10 – Znázornění výroby těles: černá – fošny tl. 20 mm; žlutá – znázornění rozříznutí fošen v místě dřene; modrá – jednotlivé latě 20x20x1000 mm

4.3. Výběr a označení zkušebních těles

Vyrobená zkušební tělesa byla vybrána dle normy ČSN 49 0101.

Na označování se už od začátku samotné těžby muselo dbát velké pozornosti. Tělesa byla označena tak, aby bylo zcela jasné: o jaký strom, vertikální sekci kmene, fošnu, lať (pozice od dřene) a o jaké těleso z dané latě se jedná. Vše z důvodu, aby se tělesa vzájemně nezaměnila.

Další značení spočívalo v tom, aby se jednotlivé anatomické směry předpokládaného sesychání nespletly během měření. Označila se tedy čarou vždy tangenciální plocha tělesa, označení je třeba provést voděodolnou barvou.

4.4. Získání potřebných dat

- Pomůcky:
- digitální posuvné měřítko
 - digitální váha
 - plastové nádoby a voda
 - horkovzdušná sušárna

Nejdříve byla všechna zkušební tělesa v klimatických podmínkách laboratoře zvážena s přesností 0,01 g a jejich rozměry byly změřeny s přesností 0,01 mm, všechny hodnoty byly zaznamenány. Dalším krokem bylo, tělesa vysušit do stavu absolutně suchého za pomoci horkovzdušné sušárny při teplotě $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ dle normy ČSN 49 0128. V momentě, kdy se dosáhlo vlhkosti 0 %, se tělesa opět zvážila a změřila se stejnou přesností jako při předchozím měření, hodnoty se zaznamenaly. Takto vysušené tělesa se nechala pár dní vychladnout a poté se ponořila do nádob s vodou, kde byla do té doby, než se jejich rozměry ustálily a dále se neměnily dle ČSN 49 0128. Jakmile se tělesa dostala do tohoto stavu, opět se změřila s přesností 0,01 mm a hodnoty byly zapsány do tabulky. V tuto chvíli byla všechna potřebná data nashromážděna.

4.5. Zpracování dat a způsob vyhodnocení

V tabulkovém editoru Microsoft Excel, byly z naměřených údajů spočteny jednotlivé hodnoty fyzikálních vlastností, dle vzorců pro:

Hustotu při vlhkosti w v laboratorních podmínkách:

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

- kde: m_w – hmotnost zkušební tělesa při vlhkosti w [kg]
 a_w, b_w, l_w – rozměry zkušební tělesa při vlhkosti w [m]
 V_w – objem zkušební tělesa při vlhkosti w [m³]

(ČSN 49 0108)

Hustotu v absolutně suchém stavu:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{a_0 \cdot b_0 \cdot l_0} = \frac{m_0}{V_0} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde: m_0 – hmotnost zkušební tělesa při vlhkosti 0 % [kg]
 a_0, b_0, l_0 – rozměry zkušební tělesa při vlhkosti 0 % [m]
 V_0 – objem zkušební tělesa při vlhkosti 0 % [m³]

(ČSN 49 0108)

Hustotu při 12 % vlhkosti, pro srovnání s údaji v literatuře:

$$\rho_{12} = \rho_w \cdot \left[1 - \frac{(1 - K) - (w - 12)}{100} \right] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde ρ_w – hustota při vlhkosti w [kg·m⁻³]
 K – koeficient objemového sesychání, $K = 0,85 \cdot 10^{-3}$ [kg·m⁻³]
 w – vlhkost zkušební tělesa [%]

(ČSN 49 0108)

Konvenční hustotu:

$$\rho_k = \frac{m_0}{a_{\max} \cdot b_{\max} \cdot l_{\max}} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde: m_0 – hmotnost zkušební tělesa při vlhkosti 0 % [kg]
 $a_{\max}, b_{\max}, l_{\max}$ – rozměry zkušební tělesa při maximálním nabobtnání [m]
 V_{\max} – objem zkušební tělesa při maximálním nabobtnání [m³]

(ČSN 49 0108)

Vlhkost:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: m_1 – hmotnost dřeva před vysušením [kg, g]

m_2 – hmotnost dřeva po vysušení [kg, g]

(ČSN 49 0103)

Sesychání:

$$\beta_{x,\max} = \frac{a_{x,\max} - a_{x,\min}}{a_{x,\max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: $\beta_{x,\max}$ – hodnota maximálního seschnutí v daném směru (radiální, tangenciální, podélné) nebo objemového seschnutí

$a_{x,\max}$ – lineární rozměr v libovolném směru, plocha nebo objem v nabobtnalém stavu

$a_{x,\min}$ – lineární rozměr v libovolném směru, plocha nebo objem ve vysušeném stavu

(ČSN 49 0128)

Zjištěné hodnoty fyzikálních vlastností byly dále zpracovány v softwarovém programu STATISTICA, pomocí analýzy rozptylu (ANOVA), popisné statistiky a bodovými grafy.

Vlastnosti byly vyhodnoceny jako jeden celek. Následně se porovnály jednotlivé lokality mezi sebou. Porovnány byly také hodnoty v jednotlivých stromech. Vyhodnocení vertikálních sekcí bylo provedeno pouze v lokalitě č. 1, z důvodu nedostatečné výšky stromů v druhé lokalitě. A dále se hodnotila pozice od dřeně, pouze u těles z bazálních, oddenkových částí kmene (vertikálních sekcí č. 1).

5. Výsledky a diskuze

5.1. Hustota

Výsledná průměrná hodnota $\rho_{12} = 564 \text{ kg.m}^{-3}$ (Tab. 3) je při porovnání s hodnotami v (Tab. 1) vyšší, nejvíce se blíží hodnotě $\rho_{12} = 540 \text{ kg.m}^{-3}$ z oblastí původního rozšíření (Alden 1997).

Tabulka 1 - Literární hodnoty hustoty Douglasky tisolisté

Dřevina	$\rho_{12} [\text{kg.m}^{-3}]$	Zdroj
Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	440	Novák 1970
	502	Fellner 2007
	510	Wagenführ 2000
	540	Alden 1997
	480	Wood Handbook 2010

V (Tab. 2) jsou uvedeny hodnoty ρ_{12} domácích dřevin, je patrné, že všechny tyto hodnoty jsou znatelně nižší. Modřín se douglasce přibližuje svou hustotou nejvíce. Tyto fakta naznačují, že by douglaska měla mít kvalitnější dřevní hmotu než například borovice nebo smrk.

Tabulka 2 - Literární hodnoty hustoty vybraných domácích dřevin

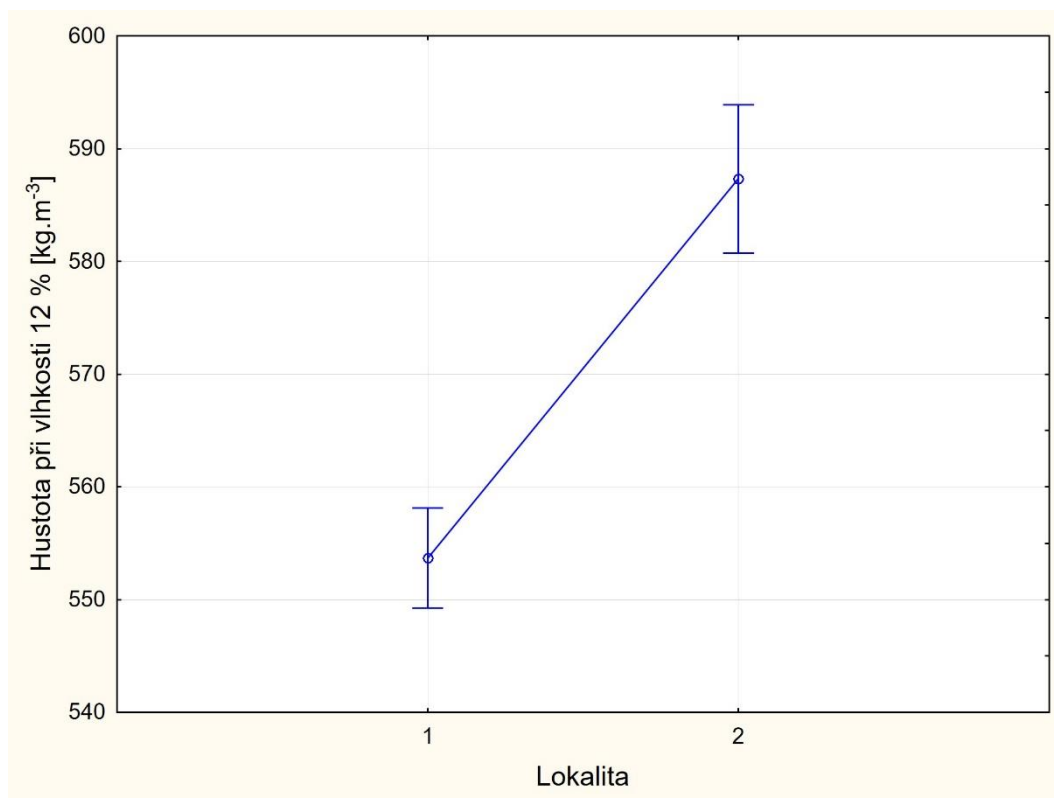
Dřevina	$\rho_{12} [\text{kg.m}^{-3}]$	Zdroj
Borovice lesní (<i>Pinus silvestris</i>)	470	Novák 1970
Jedle (<i>Abies</i>)	390	
Modřín (<i>Larix</i>)	520	
Smrk (<i>Picea</i>)	400	

(Tab. 3) obsahuje kromě hustoty při vlhkosti 12 %, ještě průměrné hodnoty hustoty v absolutně suchém stavu a hodnotu konvenční hustoty.

Tabulka 3 - Hodnoty hustoty Douglasky tisolisté

Hustota	ρ_0	ρ_{12}	ρ_k
Počet vzorků [ks]	1485	1485	1485
Průměr [kg.m⁻³]	521	564	459
Medián [kg.m ⁻³]	510	553	451
Minimum [kg.m ⁻³]	359	395	334
Maximum [kg.m ⁻³]	714	764	609
Směrodatná odchylka [kg.m ⁻³]	70,4	73,8	55,1
Variační koeficient [%]	13,5	13,1	12

(Graf 1), doplněný o konkrétní hodnoty (Tab. 4), znázorňuje rozdíl hodnot hustoty při 12 % vlhkosti mezi testovanými lokalitami. Je vidět, že v 1. lokalitě dosahuje průměrná hustota, nižších hodnot, než 2. lokalita. Což napovídá tomu, že lokalita růstu dřeviny má vliv na její hustotu.

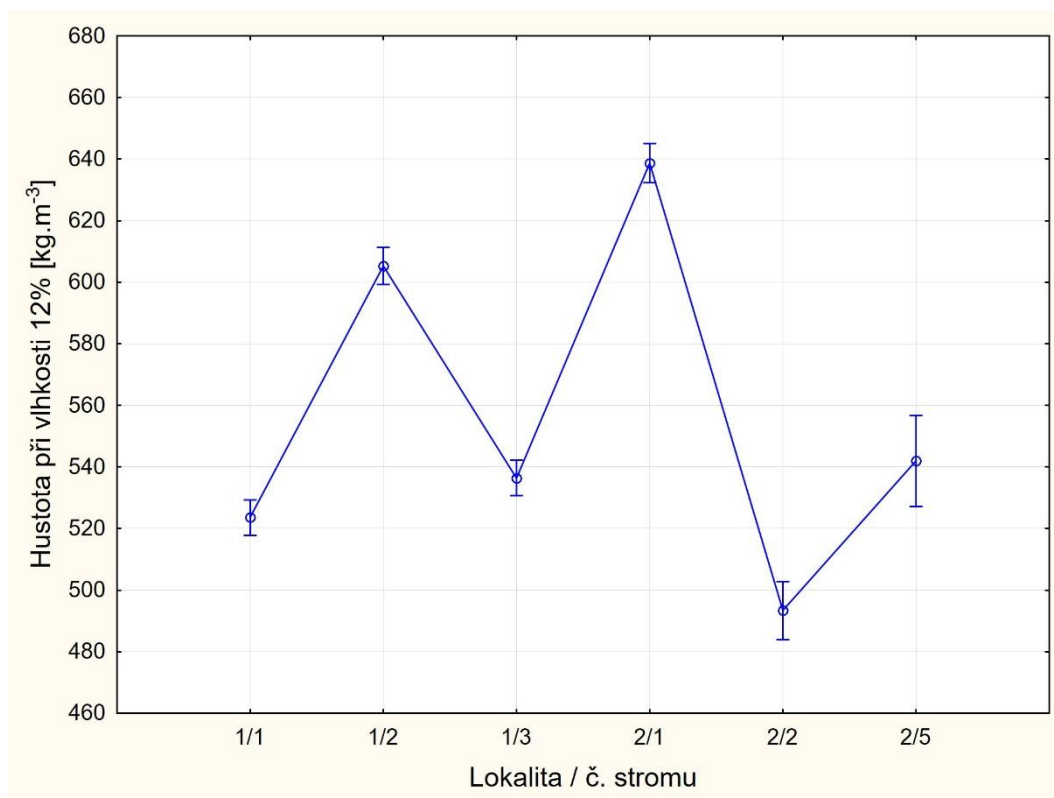


Graf 1 - Hustota při vlhkosti 12 % dle lokalit

Tabulka 4 - Hustota při vlhkosti 12 % dle lokalit

	Lokalita 1	Lokalita 2
Počet vzorků [ks]	1020	465
Průměr [kg.m⁻³]	554	587
Medián [kg.m ⁻³]	544	587
Minimum [kg.m ⁻³]	434	395
Maximum	721	764
Směrodatná odchylka [kg.m ⁻³]	57,1	97,4
Variační koeficient [%]	10,3	16,6

Zde (Graf 2) ukazuje, zda se hodnoty hustoty při 12 % vlhkosti liší mezi stromy. Ukazuje se, že jednotlivé stromy mají na hustotu také vliv. Podíváme-li se do (Tab. 5), uvidíme, jak veliké rozdíly zde jsou, nejvyšší hodnota dosahuje 639 kg.m⁻³ a nejnižší 493 kg.m⁻³.

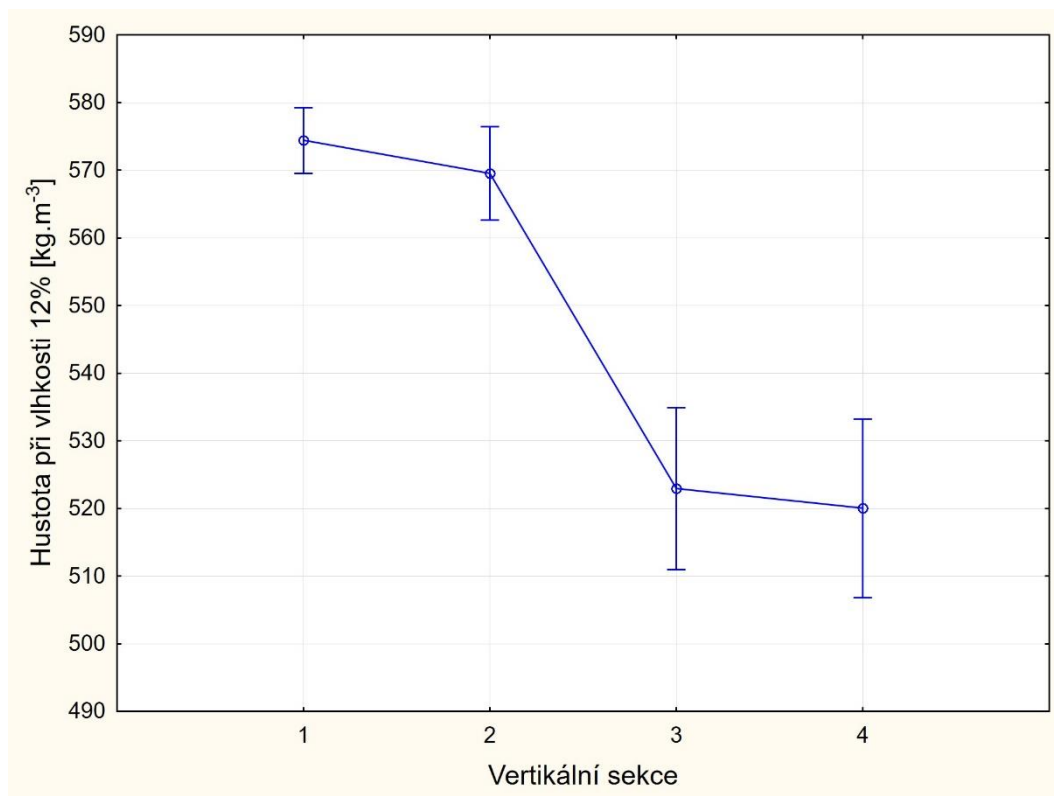


Graf 2 - Hustota při vlhkosti 12 % dle jednotlivých stromů

Tabulka 5 - Hustota při vlhkosti 12 % dle jednotlivých stromů

	Lokalita 1			Lokalita 2		
	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 3	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 5
Počet vzorků [ks]	345	320	355	283	129	53
Průměr [kg.m⁻³]	524	605	536	639	493	542
Medián [kg.m ⁻³]	523	609	533	656	485	536
Minimum [kg.m ⁻³]	434	453	441	427	395	437
Maximum [kg.m ⁻³]	687	721	715	764	597	662
Sm. odchylka [kg.m ⁻³]	39,7	49,6	45,2	78,1	61,7	61,3
Variační koeficient [%]	7,6	8,2	8,4	12,2	12,5	11,3

(Graf 3) ukazuje průběh hustoty s 12 % vlhkostí mezi jednotlivými vertikálními sekcemi (1 – spodní sekce). Podle naměřených hodnot se hustota s výškou stromu zmenšuje, což může být v důsledku vyššího podílu juvenilního dřeva ve vyšších částech kmene (Zobel 2012).

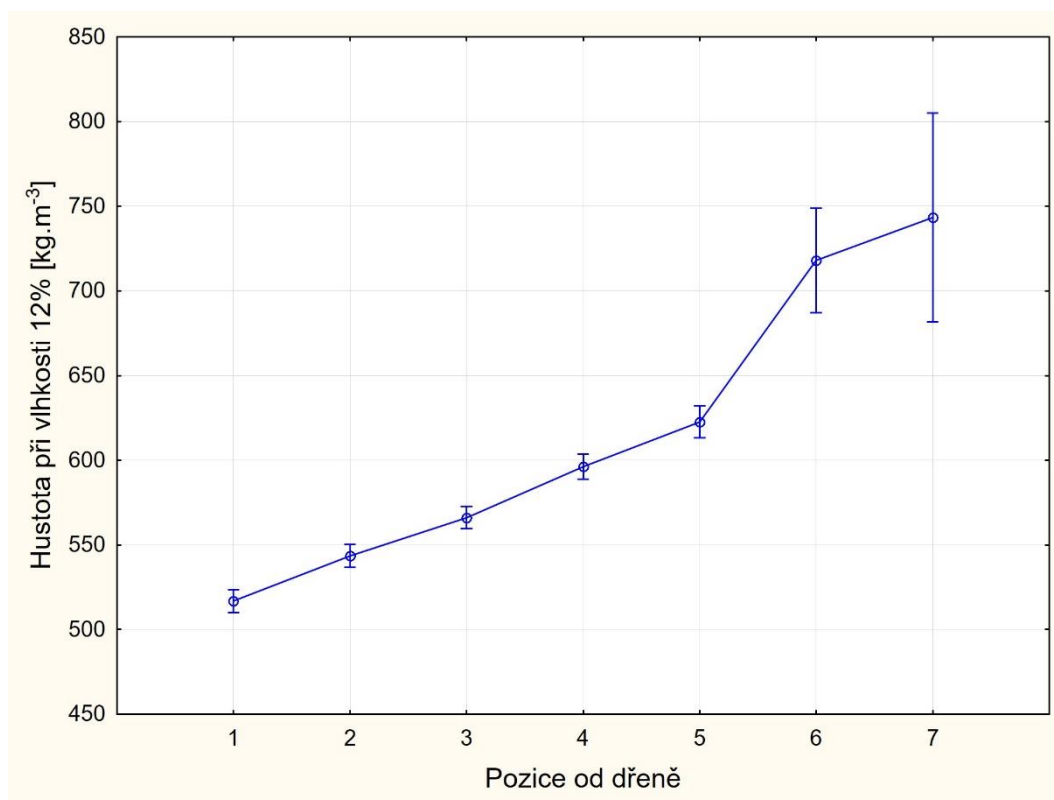


Graf 3 - Hustota při vlhkosti 12 % dle vertikální sekce

Tabulka 6 - Hustota při vlhkosti 12 % dle vertikální sekce

	Vertikální sekce			
	1	2	3	4
Počet vzorků [ks]	827	409	137	112
Průměr [kg.m⁻³]	574	570	523	520
Medián [kg.m ⁻³]	567	565	522	516
Minimum [kg.m ⁻³]	395	427	434	441
Maximum [kg.m ⁻³]	764	721	654	687
Směrodatná odchylka [kg.m ⁻³]	78,6	68,2	48,0	44,2
Variační koeficient [%]	13,7	12,0	9,2	8,5

(Graf 4) ukazuje, že hodnoty hustoty při 12 % vlhkosti zkoumané dřeviny po vzdálenosti od dřeně vzrůstají. Konkrétní hodnoty v (Tab. 7).



Graf 4 - Hustota při vlhkosti 12 % dle pozice od dřeně

Tabulka 7 - Hustota při vlhkosti 12 % dle pozice od dřene

	Pozice od dřene						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet vzorků [ks]	328	337	350	285	165	16	4
Průměr [kg.m⁻³]	517	543	566	596	623	718	743
Medián [kg.m ⁻³]	511	537	557	585	605	720	741
Minimum [kg.m ⁻³]	395	415	418	471	514	664	737
Maximum	721	712	720	755	764	752	755
Směrodatná odchylka [kg.m ⁻³]	55,6	60,0	68,6	68,7	61,7	22,6	7,9
Variační koeficient [%]	10,8	11,0	12,1	11,5	9,9	3,1	1,1

5.2. Tangenciální sesychání

Pomocí (Tab. 8) můžeme porovnat zjištěnou průměrnou hodnotu tangenciálního sesychání 6,6 % (Tab. 10) s literárními hodnotami. Ukázalo se, že všechny hodnoty uvedené literaturou jsou zhruba o 1 procento vyšší a to včetně hodnot z oblastí původního rozšíření.

Tabulka 8 - Literární hodnoty tangenciálního sesychání Douglasky tisolisté

Dřevina	[%]	Zdroj
Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	7,4	Novák 1970
	7,4 - 7,5	Fellner 2007
	7 - 7,7	Wagenführ 2000
	7,6	Alden 1997
		Wood Handbook 2010

Hodnoty domácích dřevin (Tab. 9) jsou také vyšší minimálně o 1 procento, než zjištěná hodnota tangenciálního sesychání. Dřevo douglasky v tangenciálním směru sesychá méně, než naše domácí dřeviny, což je bezpochyby její výhodou.

Variační koeficient uvedený v literatuře pro sesychání v tangenciálním směru je pro jehličnaté rostliny 14 % (Novák 1970), což je o 5,6 % méně oproti zjištěným 19,6 %.

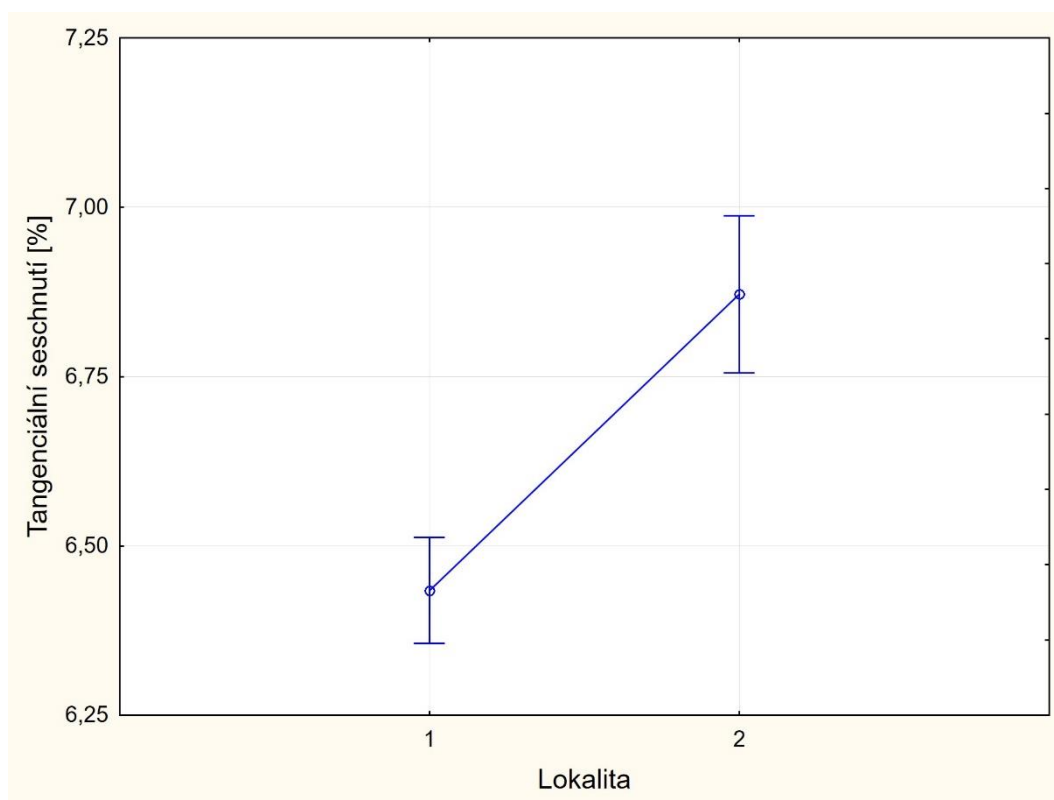
Tabulka 9 - Literární hodnoty tangenciálního sesychání vybraných domácích dřevin

Dřevina	[%]	Zdroj
Borovice lesní (<i>Pinus silvestris</i>)	7,7	Novák 1970
Jedle (<i>Abies</i>)	7,6	
Modřín (<i>Larix</i>)	7,8	
Smrk (<i>Picea</i>)	7,8	

Tabulka 10 - Tangenciální sesychání

Počet vzorků [ks]	1485
Průměr [%]	6,6
Medián [%]	6,6
Minimum [%]	2,8
Maximum [%]	10,3
Směrodatná odchylka [%]	1,3
Variační koeficient [%]	19,6

V grafu (Graf 5) je znázorněn patrný rozdíl v hodnotách tangenciálního sesychání mezi testovanými lokalitami růstu douglasky. Lokalita č. 2 vykazuje vyšší hodnoty. Dá se tedy předpokládat, že lokalita má vliv na tangenciální sesychání.

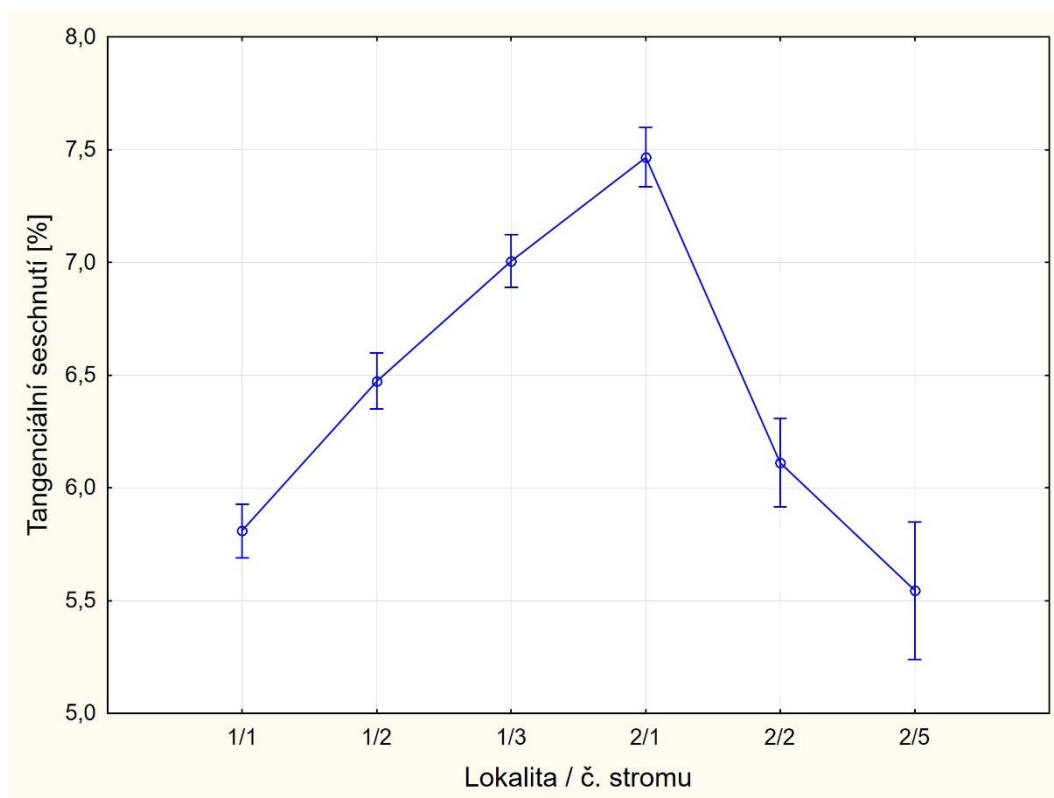


Graf 5 - Tangenciální sesychání dle lokalit

Tabulka 11 - Tangenciální sesychání dle lokalit

	Lokalita 1	Lokalita 2
Počet vzorků [ks]	1020	465
Průměr [%]	6,4	6,9
Medián [%]	6,4	7,0
Minimum [%]	2,8	3,1
Maximum [%]	10,0	10,3
Směrodatná odchylka [%]	1,2	1,4
Variační koeficient [%]	19,1	19,9

Zde je vidět vliv jednotlivých stromů na tangenciální sesychání (Graf 6). V (Tab. 12) se můžeme podívat na konkrétní hodnoty v jednotlivých stromech.

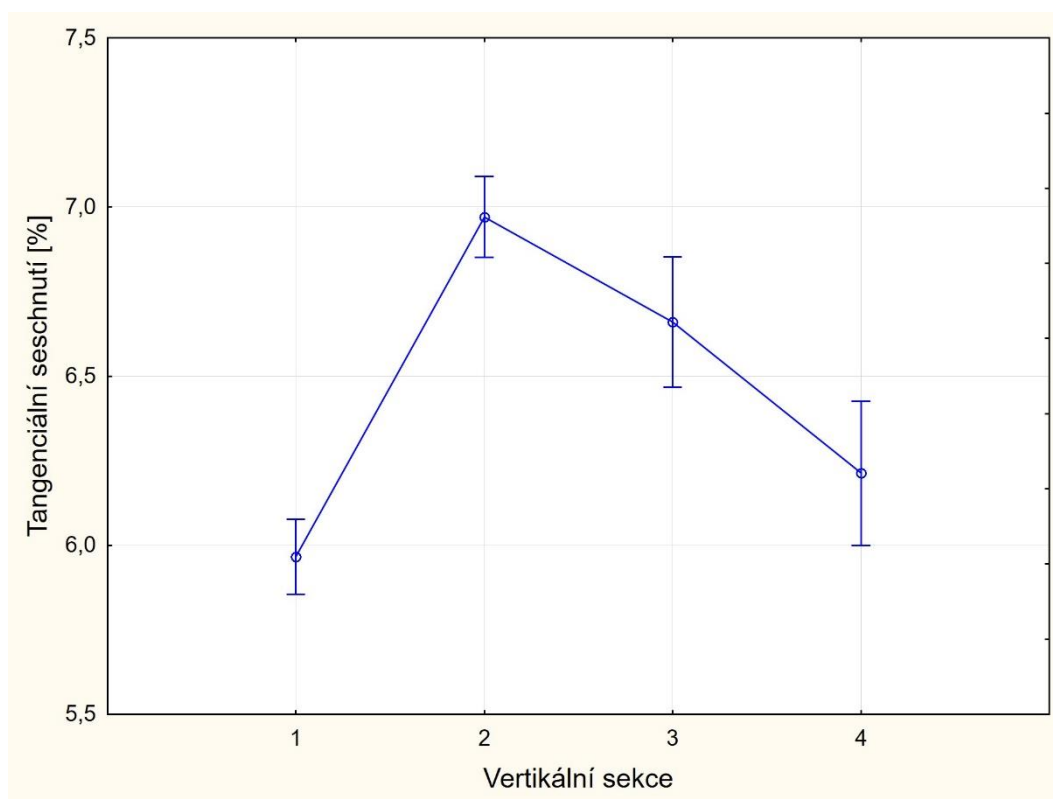


Graf 6 - Tangenciální sesychání dle jednotlivých stromů

Tabulka 12 - Tangenciální sesychání dle jednotlivých stromů

	Lokalita 1			Lokalita 2		
	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 3	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 5
Počet vzorků [ks]	345	320	355	283	129	53
Průměr [%]	5,8	6,5	7,0	7,5	6,1	5,5
Medián [%]	5,8	6,6	7,0	7,6	6,3	5,6
Minimum [%]	2,8	3,0	3,8	3,4	3,4	3,1
Maximum [%]	8,6	8,8	10,0	10,3	9,3	8,5
Sm. odchylka [%]	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
Variační koeficient [%]	20,6	16,6	15,8	15,4	17,9	21,3

Průběh tangenciálního sesychání mezi jednotlivými vertikálními sekcemi vyjadřuje (Graf 7). Je zde vidět, že nejnižších hodnot nabývá nejspodnější oddenková část, v druhé sekci výrazně stoupne a poté začne pozvolně klesat.

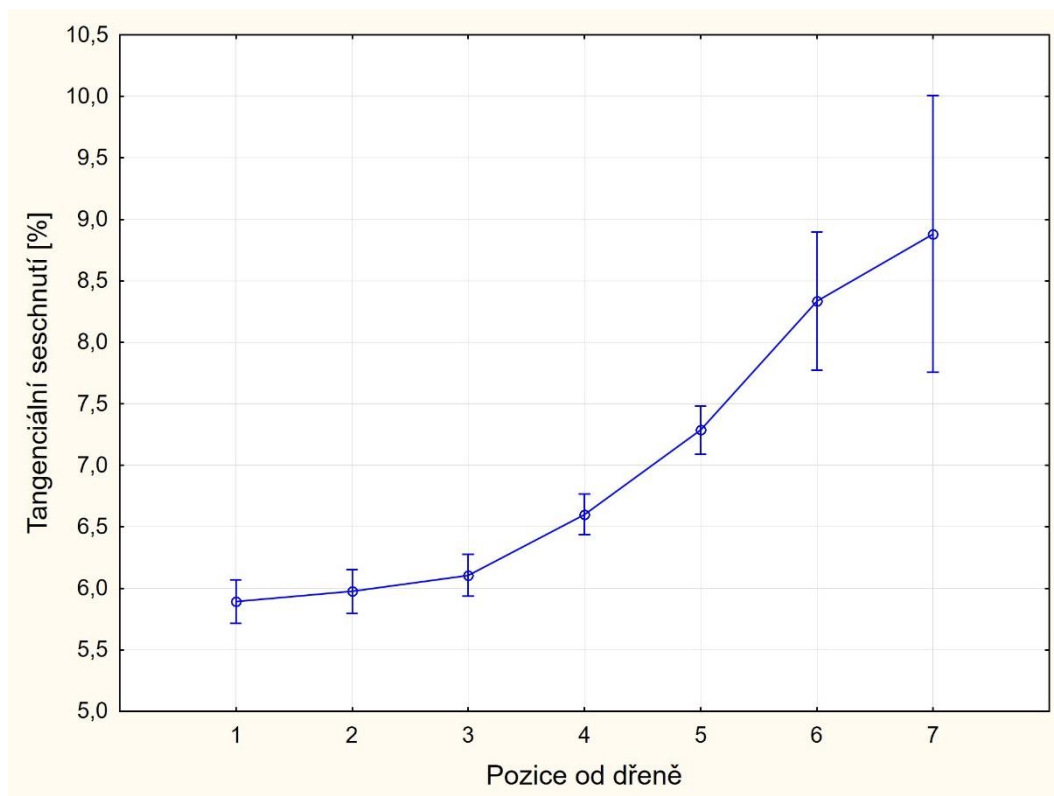


Graf 7 - Tangenciální sesychání dle vertikální sekce

Tabulka 13 - Tangenciální sesychání dle vertikální sekce

	Vertikální sekce			
	1	2	3	4
Počet vzorků [ks]	418	353	137	112
Průměr [%]	6,0	7,0	6,7	6,2
Medián [%]	6,1	7,0	6,8	6,0
Minimum [%]	3,0	3,1	3,2	2,8
Maximum [%]	9,4	10,0	8,4	8,9
Směrodatná odchylka [%]	1,1	1,2	1,1	1,3
Variační koeficient [%]	17,8	17,1	17,1	21,3

Tangenciální sesychání s ohledem na pozici směrem od dřevě, lze pozorovat na grafu (Graf 8), hodnoty s přibývajícím průměrem kmene stoupají. Což souvisí s hustotou dřeva, která také směrem od dřevě, své hodnoty zvyšuje.



Graf 8 - Tangenciální sesychání dle pozice od dřevě

Tabulka 14 - Tangenciální sesychání dle pozice od dřevě

	Pozice od dřevě						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet vzorků [ks]	161	160	174	182	130	16	4
Průměr [%]	5,9	6,0	6,1	6,6	7,3	8,3	8,9
Medián [%]	6,0	6,0	6,2	6,6	7,2	8,4	8,8
Minimum [%]	3,0	3,1	3,0	3,2	3,2	6,9	8,1
Maximum [%]	8,3	9,3	8,7	9,5	9,7	9,5	9,8
Směrodatná odchylka [%]	1,3	1,1	1,1	1,2	1,1	0,9	0,8
Variační koeficient [%]	21,7	17,6	18,3	17,7	15,5	10,5	8,5

5.3. Radiální sesychání

(Tab. 15) ukazuje literární hodnoty radiálního sesychání douglasky. V oblastech původního rozšíření jsou dle autorů hodnoty vyšší, než hodnoty z našich lokalit. Výsledná hodnota radiálního sesychání zjištěná v této práci 5,1 % (Tab. 17) je vyšší, než hodnoty v literatuře.

Tabulka 15 - Literární hodnoty radiálního sesychání Douglasky tisolisté

Dřevina	[%]	Zdroj
Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	4,2	Novák 1970
	4,2 - 4,5	Fellner 2007
	4 - 4,8	Wagenführ 2000
	4,8	Alden 1997 Wood Handbook 2010

Radiální sesychání domácích dřevin uvedeno v (Tab. 16) je výrazně nižší, než dosažených 5,1 %. V radiálním směru tedy douglaska sesychá znatelně více, než naše domácí dřeviny.

Variační koeficient sesychání v radiálním směru 20,7 % (Tab. 17) je vyšší, než uvádí literatura pro jehličnaté dřeviny v radiálním sesychání 15 % (Novák 1970).

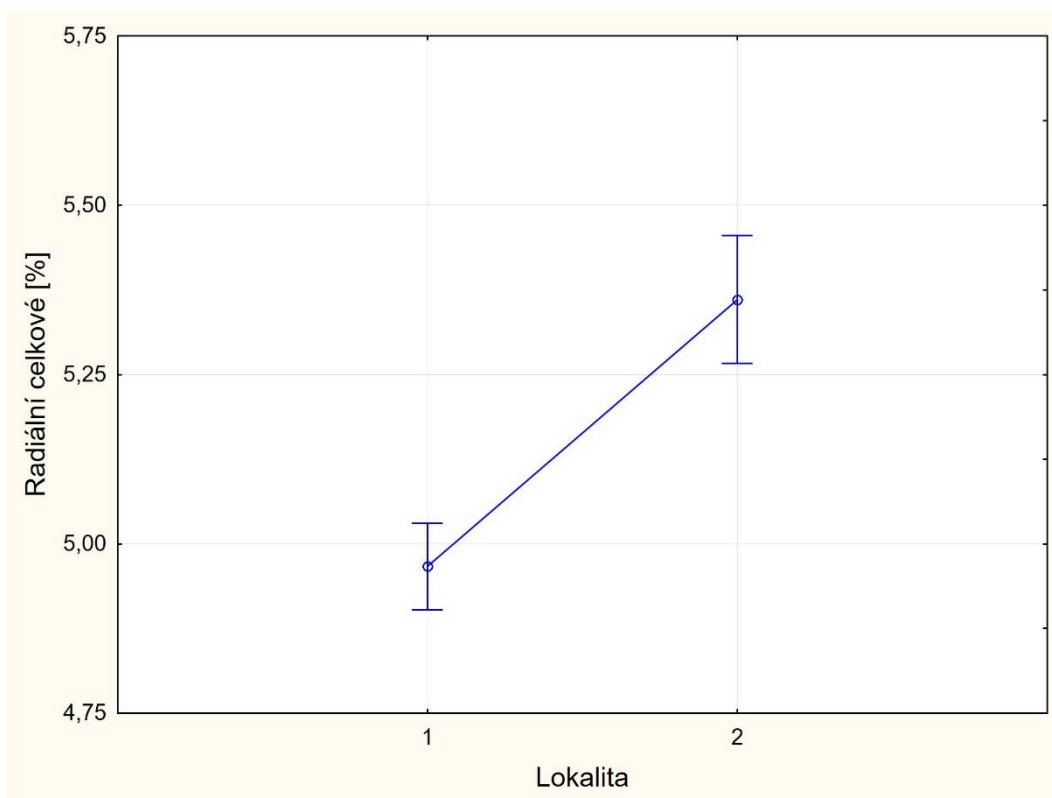
Tabulka 16 - Literární hodnoty radiálního sesychání vybraných domácích dřevin

Dřevina	[%]	Zdroj
Borovice lesní (<i>Pinus silvestris</i>)	4	Novák 1970
Jedle (<i>Abies</i>)	3,8	
Modřín (<i>Larix</i>)	3,3	
Smrk (<i>Picea</i>)	3,6	

Tabulka 17 - Radiální sesychání

Počet vzorků [ks]	1485
Průměr [%]	5,1
Medián [%]	5,1
Minimum [%]	1,7
Maximum [%]	8,0
Směrodatná odchylka [%]	1,1
Variační koeficient [%]	20,7

V grafu (Graf 9) lze opět pozorovat, že s odlišnou lokalitou růstu se liší i radiální sesychání. Podle průměrných hodnot 5,0 a 5,4 % (Tab. 18) se hodnoty liší méně, než v případě tangenciálního sesychání (Tab. 11). Lokalita č. 2 také dosahuje vyšších hodnot než lokalita č. 1.

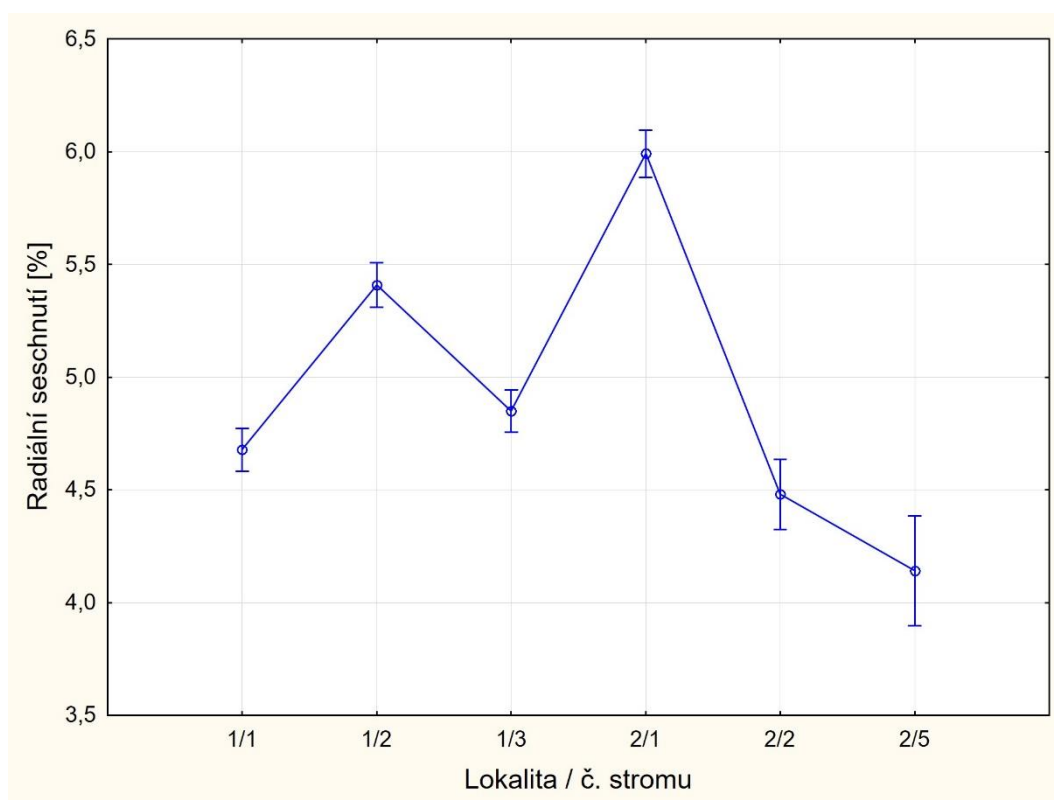


Graf 9 - Radiální sesychání dle lokalit

Tabulka 18 - Radiální sesychání dle lokalit

	Lokalita 1	Lokalita 2
Počet vzorků [ks]	1020	465
Průměr [%]	5,0	5,4
Medián [%]	5,0	5,5
Minimum [%]	2,1	1,7
Maximum [%]	7,2	8,0
Směrodatná odchylka [%]	0,9	1,3
Variační koeficient [%]	18,2	23,9

V případě radiálního sesychání mezi na jednotlivými stromy je na grafu (Graf 10), vidět významnost tohoto faktoru.

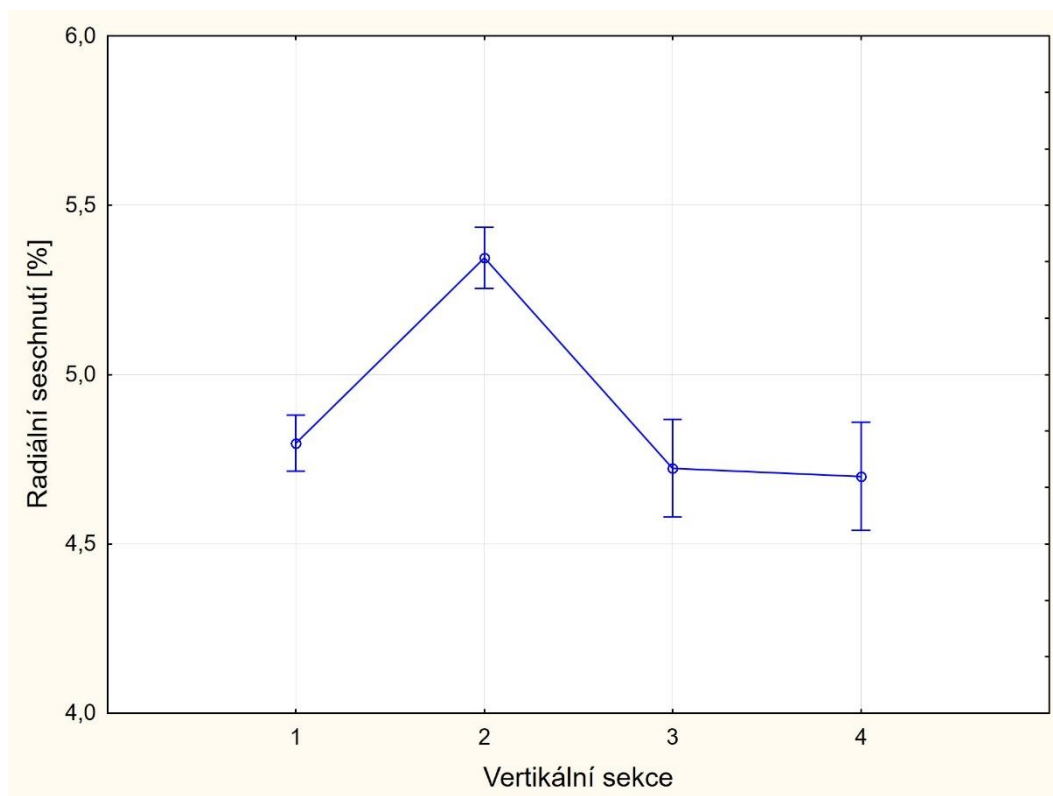


Graf 10 - Radiální sesychání dle jednotlivých stromů

Tabulka 19 - Radiální sesychání dle jednotlivých stromů

	Lokalita 1			Lokalita 2		
	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 3	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 5
Počet vzorků [ks]	345	320	355	283	129	53
Průměr [%]	4,7	5,4	4,8	6,0	4,5	4,1
Medián [%]	4,7	5,5	4,9	6,0	4,4	4,1
Minimum [%]	2,1	2,6	2,5	1,7	2,2	2,6
Maximum [%]	6,6	7,2	7,1	8,0	6,8	6,0
Sm. Odchylka [%]	0,8	0,9	0,9	1,1	1,0	0,8
Variační koeficient [%]	17,0	16,6	17,7	17,7	21,8	19,4

Tento graf (Graf 11) znázorňuje průběh radiálního sesychání po vertikálních sekcích kmene. S výškou stromu radiální sesychání nejprve stoupne a poté zpět poklesne a pokračuje mírným klesáním. Oproti tangenciálnímu sesychání není nárůst mezi první a druhou vertikální sekcí, tak výrazný.

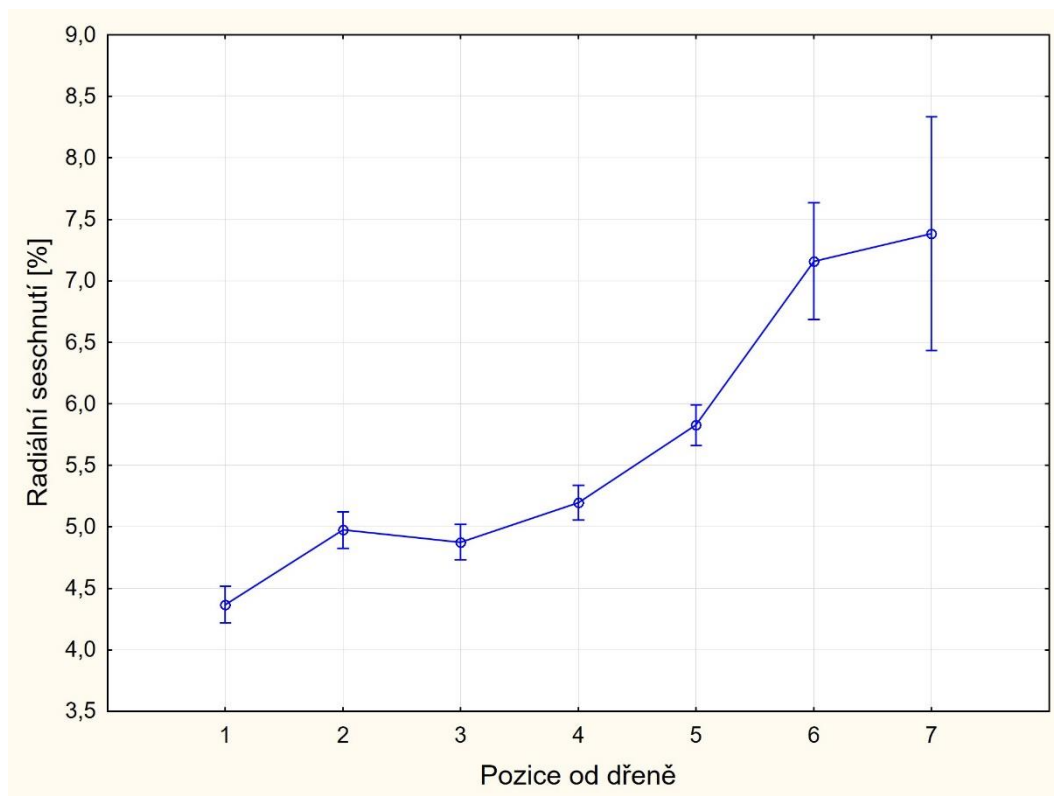


Graf 11 - Radiální sesychání dle vertikální sekce

Tabulka 20 - Radiální sesychání dle vertikální sekce

	Vertikální sekce			
	1	2	3	4
Počet vzorků [ks]	418	353	137	112
Průměr [%]	4,8	5,3	4,7	4,7
Medián [%]	4,8	5,4	4,8	4,7
Minimum [%]	2,5	2,1	2,4	3,1
Maximum [%]	7,1	7,2	6,6	6,4
Směrodatná odchylka [%]	0,8	0,9	0,9	0,8
Variační koeficient [%]	16,7	17,4	19,0	17,2

Na tomto grafu (Graf 12) vidíme průběh radiálního sesychání podle pozice od dřevě, kde můžeme pozorovat zvyšování hodnoty sesychání, stoupajícího směrem od dřevě, jen méně rovnoměrně, než tomu bylo v případě tangenciálního sesychání (Graf 8). Tuto stoupající tendenci můžeme připsat hustotě, která se také směrem od dřevě zvyšuje (Graf 4).



Graf 12 - Radiální sesychání dle pozice od dřevě

Tabulka 21 - Radiální sesychání dle pozice od dřevě

	Pozice od dřevě						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet vzorků [ks]	161	160	174	182	130	16	4
Průměr [%]	4,4	5,0	4,9	5,2	5,8	7,2	7,4
Medián v	4,4	4,9	4,8	5,1	5,6	7,4	7,3
Minimum [%]	2,2	1,7	2,9	2,9	4,5	6,1	7,0
Maximum [%]	6,4	7,7	7,6	7,9	7,8	8,0	7,8
Směrodatná odchylka [%]	0,9	1,1	1,0	1,0	0,9	0,6	0,3
Variační koeficient [%]	21,4	21,1	19,8	19,6	15,0	8,8	4,5

5.4. Objemové sesychání

Hodnota průměrného objemového sesychání 11,6 % (Tab. 24) je nižší než uvádějí autoři z našich oblastí. Větší rozdíl v objemovém sesychání vykazuje oproti oblastem původního rozšíření, kde uvádějí hodnotu 12,4 % (Alden 1997). To znamená, že douglaska rostoucí v našich podmínkách sesychá v menší míře, než v její domovině.

Tabulka 22 - Literární hodnoty objemového sesychání Douglasky tisolisté

Dřevina	[%]	Zdroj
Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	11,9	Novák 1970
	-	Fellner 2007
	11,5 - 12,5	Wagenführ 2000
	12,4	Alden 1997
		Wood Handbook 2010

Pokud porovnáme zjištěnou hodnotu objemového sesychání s domácími dřevinami (Tab. 23), zjistíme, že dosahuje velice podobných výsledků. Největší rozdíl vykazuje s borovicí lesní 12,1%, oproti které sesychá méně.

Variační koeficient pro jehličnaté dřeviny v objemovém sesychání 16 % (Tab. 24) není od 16,9 % příliš odlišný.

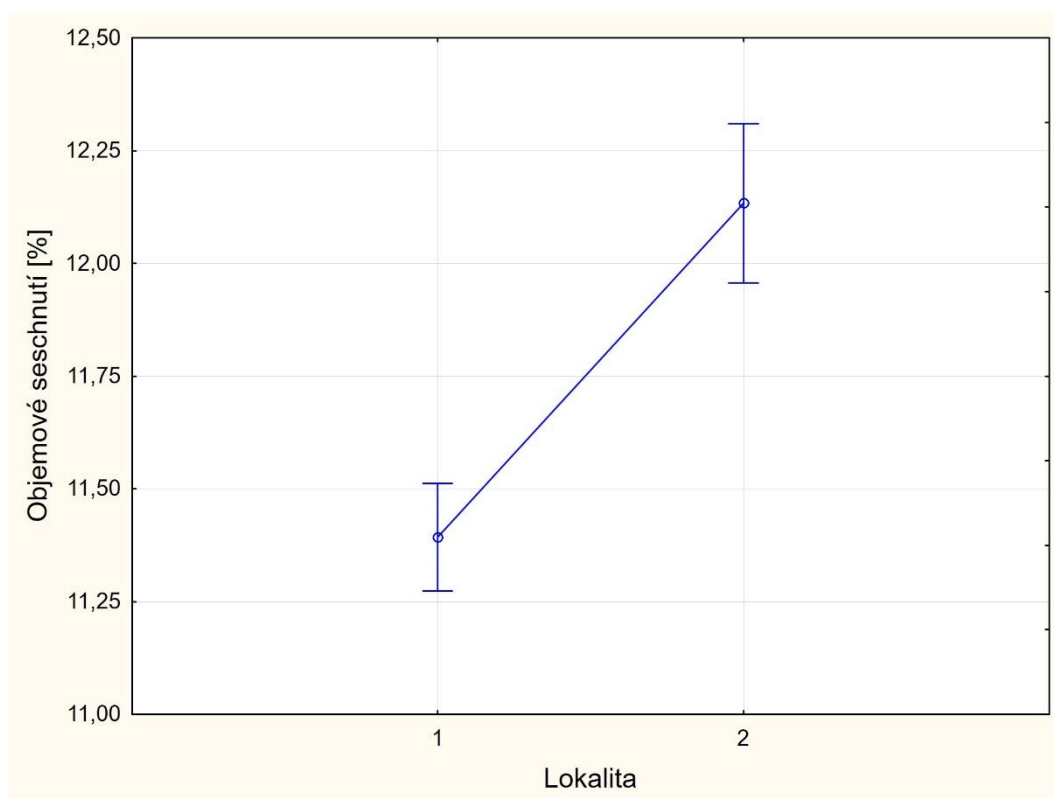
Tabulka 23 - Literární hodnoty objemového sesychání vybraných domácích dřevin

Dřevina	[%]	Zdroj
Borovice lesní (<i>Pinus silvestris</i>)	12,1	Novák 1970
Jedle (<i>Abies</i>)	11,5	
Modřín (<i>Larix</i>)	11,4	
Smrk (<i>Picea</i>)	11,9	

Tabulka 24 - Objemové sesychání

Počet vzorků	1485
Průměr [ks]	11,6
Medián [%]	11,6
Minimum [%]	6,1
Maximum [%]	17,2
Směrodatná odchylka [%]	2,0
Variační koeficient [%]	16,9

Lokalita růstu má rovněž vliv i na objemové sesychání, což je vidět (Graf 13). Lokalita 2 dosahuje vyšších hodnot.

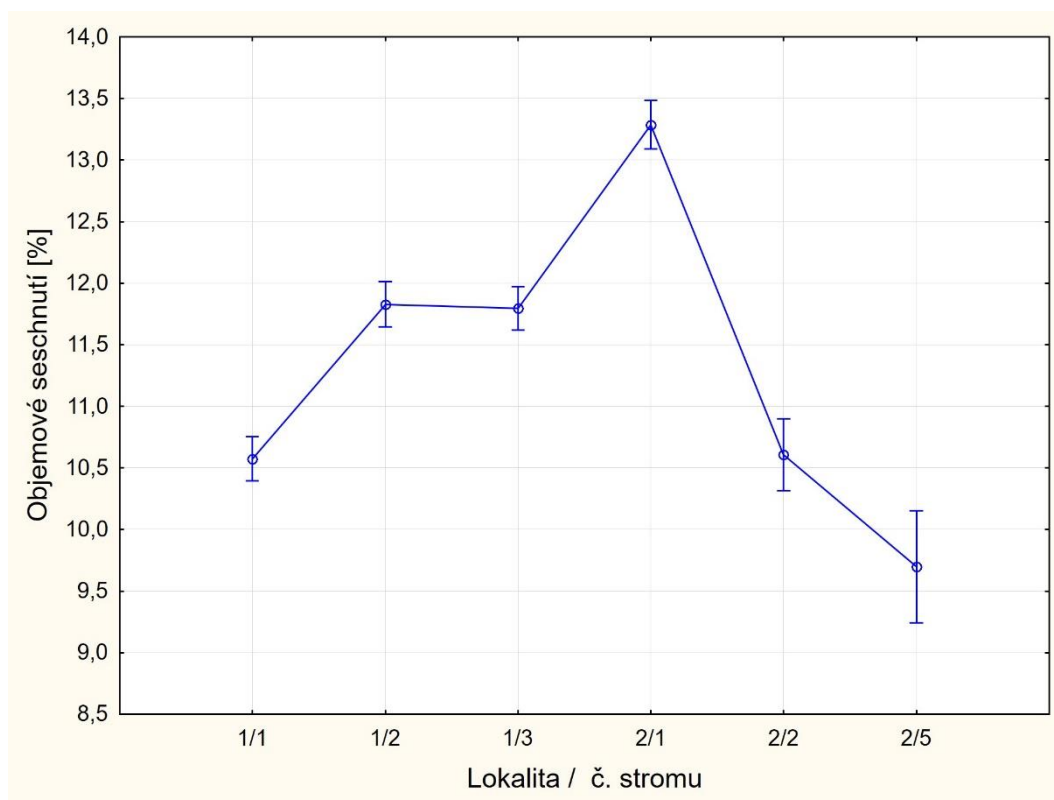


Graf 13 - Objemové sesychání dle lokalit

Tabulka 25 - Objemové sesychání dle lokalit

	Lokalita 1	Lokalita 2
Počet vzorků [ks]	1020	465
Průměr [%]	11,4	12,1
Medián [%]	11,4	12,3
Minimum [%]	6,3	6,1
Maximum [%]	16,1	17,2
Směrodatná odchylka [%]	1,7	2,3
Variační koeficient [%]	15,3	19,0

Jak v případě tangenciálního a radiálního sesychání, tak i objemové sesychání závisí na tom, z jakého zkoušeného stromu dřevo pochází (Graf 14).

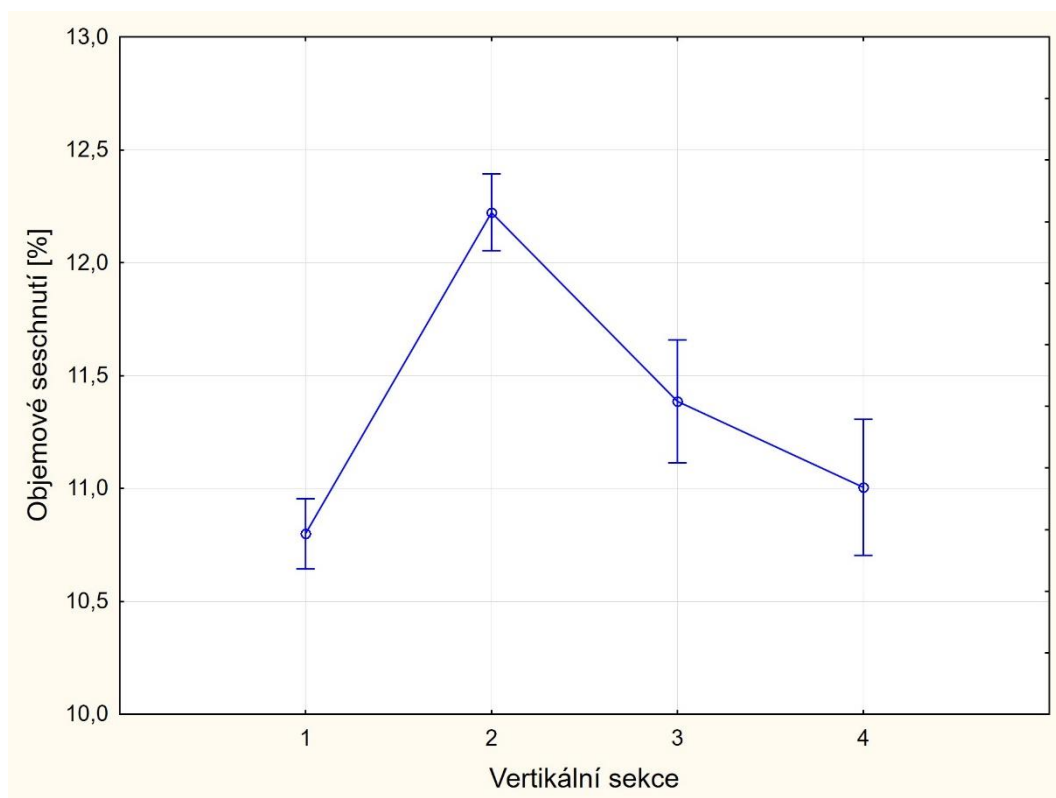


Graf 14 - Objemové sesychání dle jednotlivých stromů

Tabulka 26 - Objemové sesychání dle jednotlivých stromů

	Lokalita 1			Lokalita 2		
	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 3	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 5
Počet vzorků [ks]	345	320	355	283	129	53
Průměr [%]	10,6	11,8	11,8	13,3	10,6	9,7
Medián [%]	10,5	11,9	11,9	13,3	10,6	9,7
Minimum [%]	6,3	6,4	7,4	7,0	6,1	6,3
Maximum [%]	14,5	15,7	16,1	17,2	14,6	13,5
Sm. Odchylka [%]	1,7	1,7	1,6	1,9	1,7	1,6
Variační koeficient [%]	15,7	14,3	13,4	14,0	16,0	16,4

Objemové sesychání s výškou stromu, tedy po vertikálních sekcích, podobně jako při tangenciálním a radiálním sesychání, dosahuje nejnižších hodnot ve spodní části, dále vzroste a poté postupně klesá (Graf 15).

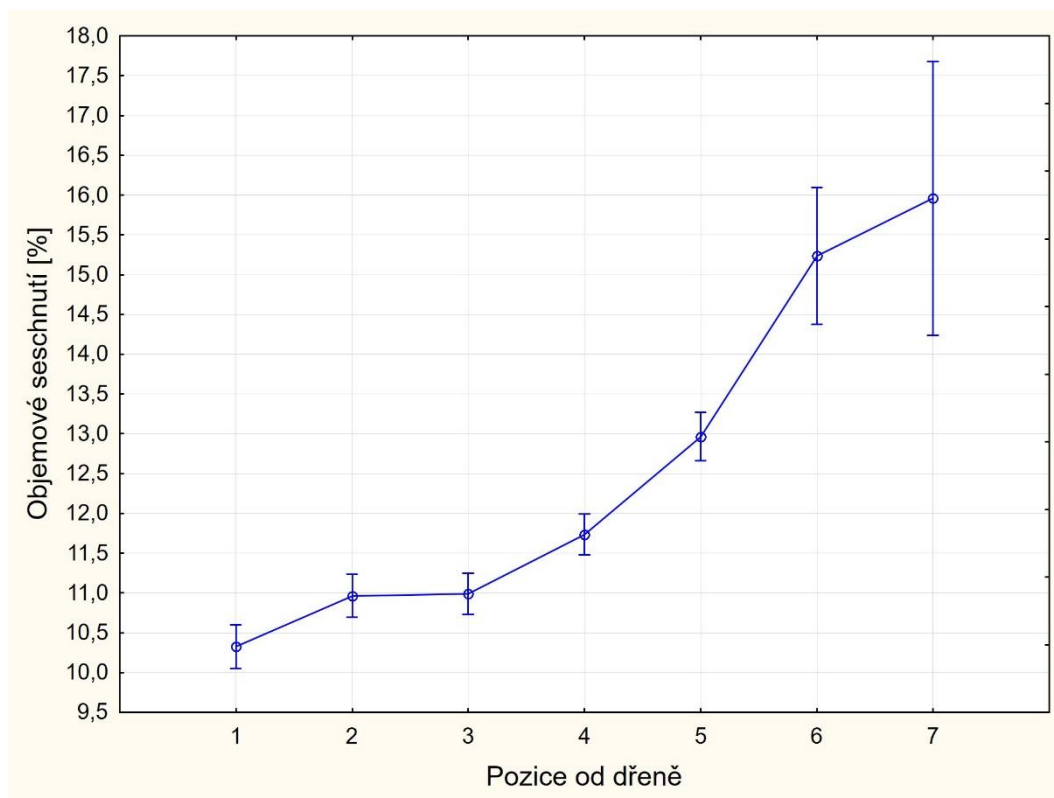


Graf 15 - Objemové sesychání dle vertikální sekce

Tabulka 27 - Objemové sesychání dle vertikální sekce

	Vertikální sekce			
	1	2	3	4
Počet vzorků [ks]	418	353	137	112
Průměr [%]	10,8	12,2	11,4	11,0
Medián [%]	11,0	12,4	11,6	10,7
Minimum [%]	6,3	6,7	6,4	6,9
Maximum [%]	14,3	16,1	14,3	14,2
Směrodatná odchylka [%]	1,5	1,7	1,7	1,7
Variační koeficient [%]	13,6	14,2	15,0	15,7

Graf (Graf 16) ukazuje, že objemové sesychání se vzdalováním od dřene, zvyšuje. Rozdíl je značný, když se podíváme na hodnotu nejbližší dřeni a naopak na hodnotu nejvzdálenější, rozdíl činí téměř 6 %.



Graf 16 - Objemové sesychání dle pozice do dřene

Tabulka 28 - Objemové sesychání dle pozice do dřevě

	Pozice od dřevě						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet vzorků [ks]	161	160	174	182	130	16	4
Průměr [%]	10,3	11,0	11,0	11,7	13,0	15,2	16,0
Medián [%]	10,5	10,9	10,8	11,4	12,7	15,4	15,7
Minimum [%]	6,1	6,3	6,3	7,3	8,0	13,0	15,3
Maximum [%]	14,2	14,8	15,0	16,9	17,1	16,9	17,2
Směrodatná odchylka [%]	1,8	1,6	1,7	1,9	1,7	1,4	0,9
Variační koeficient [%]	17,8	14,8	15,7	16,0	13,3	9,0	5,5

5.5. Podélné sesychání

Hodnota průměrného podélného sesychání 0,3 % (Tab. 31) je totožná s hodnotami uváděných v domácích oblastech (Tab. 29). Zahraniční literatura tuto hodnotu neuvádí.

Tabulka 29 - Literární hodnoty podélného sesychání Douglasky tisolisté

Dřevina	[%]	Zdroj
Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	0,3	Novák 1970
		Fellner 2007
		Wagenführ 2000
	-	Alden 1997
		Wood Handbook 2010

V porovnání s domácími dřevinami, je na tom douglaska podobně. Nejvíce se odlišuje od hodnoty jedlového dřeva 0,1 % (Tab. 30).

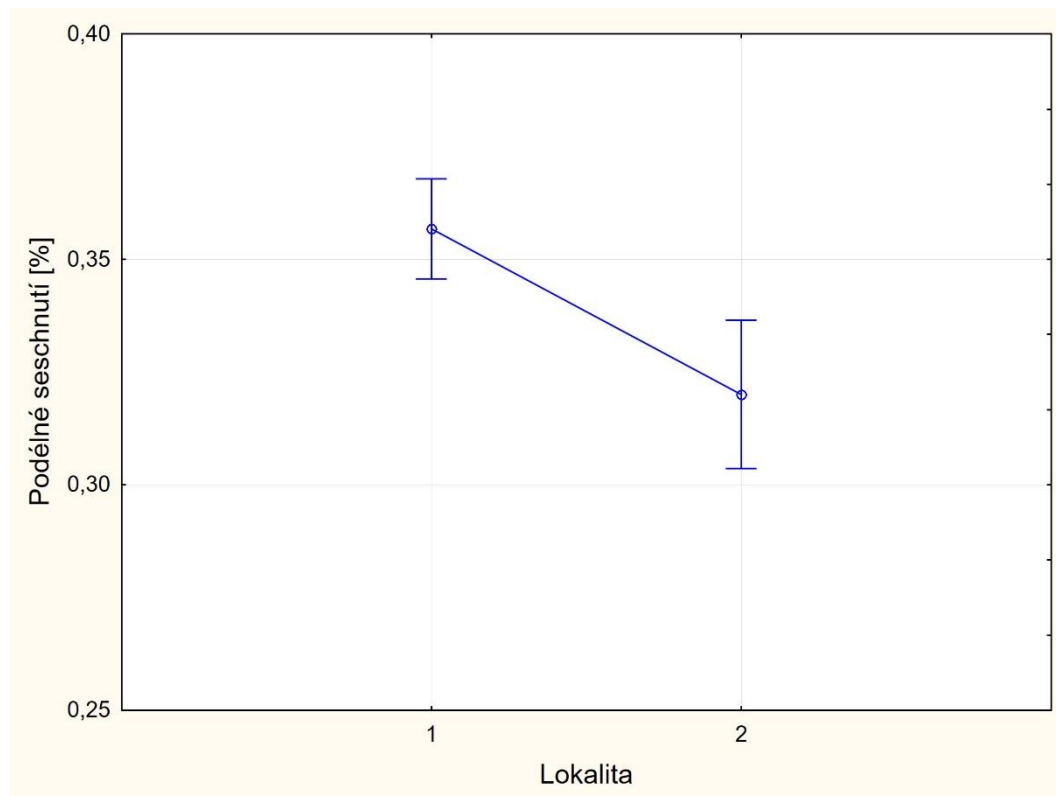
Tabulka 30 - Literární hodnoty podélného sesychání vybraných domácích dřevin

Dřevina	[%]	Zdroj
Borovice lesní (<i>Pinus silvestris</i>)	0,4	Novák 1970
Jedle (<i>Abies</i>)	0,1	
Modřín (<i>Larix</i>)	0,3	
Smrk (<i>Picea</i>)	0,3	

Tabulka 31 - Podélné sesychání

Počet vzorků [ks]	1485
Průměr [%]	0,3
Medián [%]	0,3
Minimum [%]	0,0
Maximum [%]	1,7
Směrodatná odchylka [%]	0,2
Variační koeficient [%]	52,6

Na grafu (Graf 17) je znázorněný rozdíl podélného sesychání v rámci lokalit. Zde je také prokázán vliv na sesychání způsobený lokalitou. Vyšších hodnot nabývá v lokalitě č. 1 oproti sesychání tangenciálnímu a radiálnímu, které nabývalo vyšších hodnot v lokalitě č. 2.

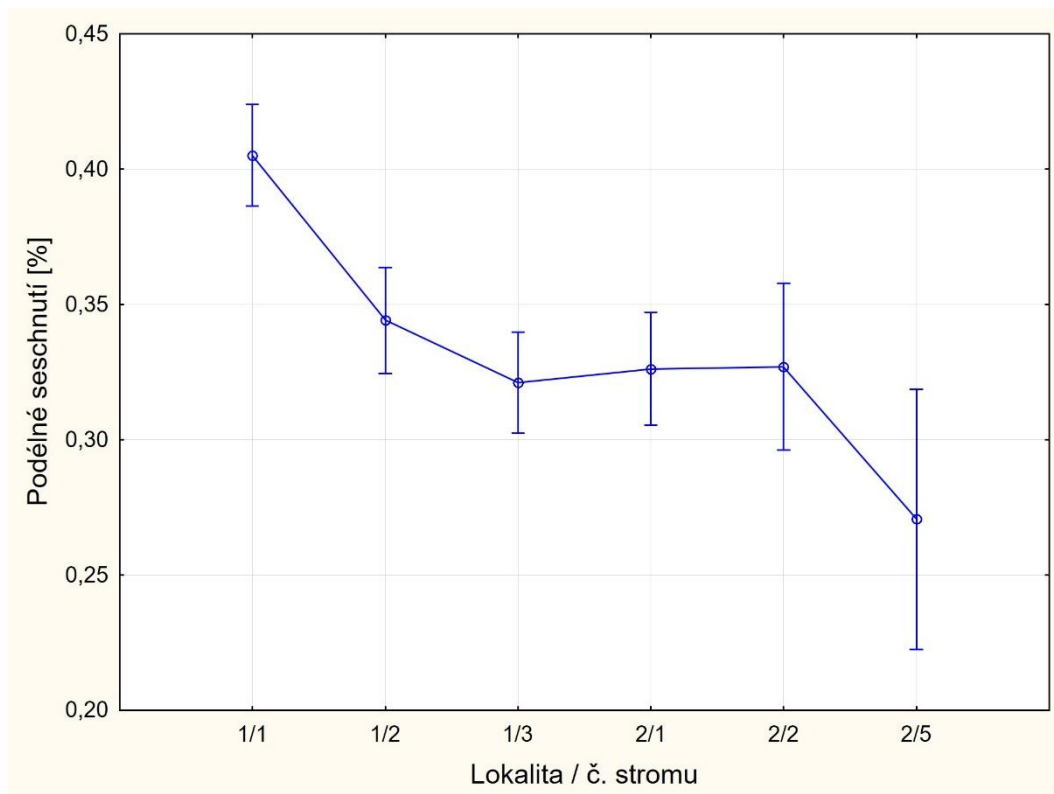


Graf 17 - Podélné sesychání dle lokalit

Tabulka 32 - Podélné sesychání dle lokalit

	Lokalita 1	Lokalita 2
Počet vzorků [ks]	1020	465
Průměr [%]	0,4	0,3
Medián [%]	0,3	0,3
Minimum [%]	0,0	0,0
Maximum [%]	1,7	1,2
Směrodatná odchylka [%]	0,2	0,1
Variační koeficient [%]	55,4	43,0

Dle grafu (Graf 18) nemají jednotlivé stromy, tak veliký význam na podélné sesychání, jako na sesychání v ostatních směrech.

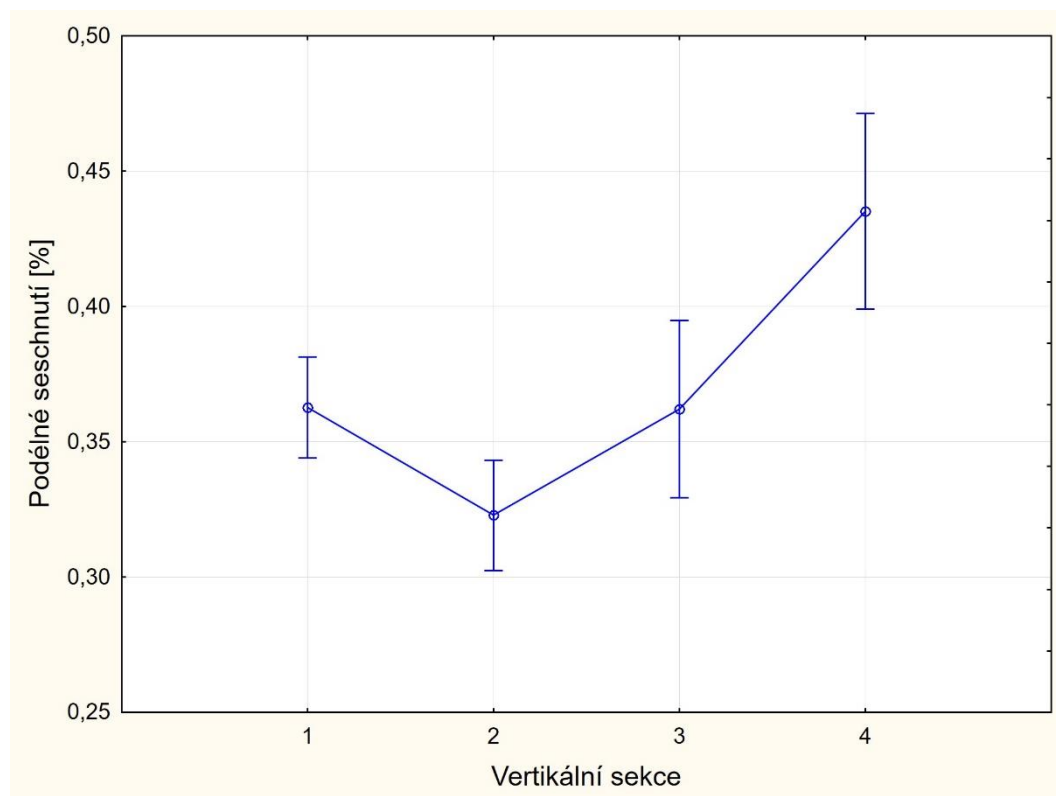


Graf 18 - Podélné sesychání dle jednotlivých stromů

Tabulka 33 - Podélné sesychání dle jednotlivých stromů

	Lokalita 1			Lokalita 2		
	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 3	Strom č. 1	Strom č. 2	Strom č. 5
Počet vzorků [ks]	345	320	355	283	129	53
Průměr [%]	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Medián [%]	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Minimum [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Maximum [%]	1,7	1,0	0,9	0,9	0,9	1,2
Sm. Odchylka [%]	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
Variační koeficient [%]	61,7	49,4	46,2	36,7	42,6	74,8

Podélné sesychání podle grafu (Graf 19) s vertikální sekci nejdříve lehce poklesne a poté mírně stoupá. Vliv bychom mohli připsat většímu podílu juvenilního dřeva, které vykazuje vyšší hodnoty podélného sesychání dle (Zobel 2012).

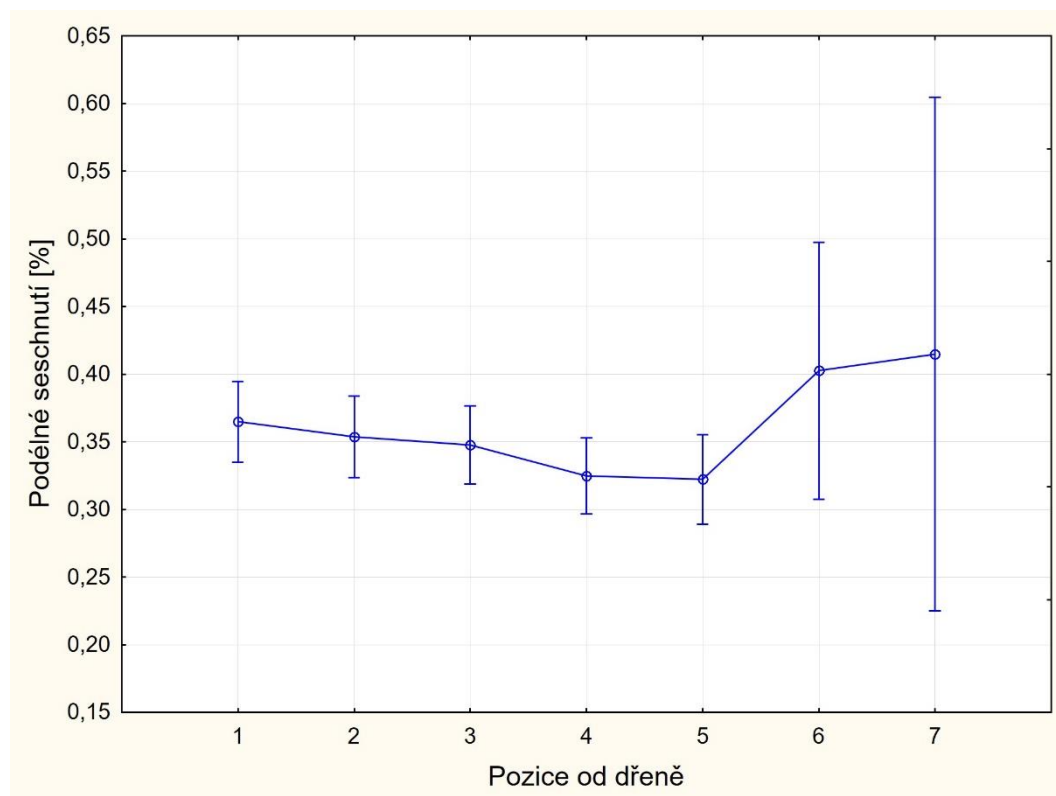


Graf 19 - Podélné sesychání dle vertikální sekce

Tabulka 34 - Podélné sesychání dle vertikální sekce

	Vertikální sekce			
	1	2	3	4
Počet vzorků [ks]	418	353	137	112
Průměr [%]	0,4	0,3	0,4	0,4
Medián [%]	0,3	0,3	0,3	0,4
Minimum [%]	0,0	0,0	0,0	0,1
Maximum [%]	1,5	0,9	0,9	1,7
Směrodatná odchylka [%]	0,2	0,1	0,2	0,2
Variační koeficient [%]	64,0	43,2	45,5	52,0

Graf (Graf 20) ukazuje, že u testovaných těles, nemá pozice od dřene významný vliv na podélné sesychání. Pokud bychom měli k dispozici více těles z krajních částí kmene, mohla by se prokázat přesnější hodnota podélného sesychání v těchto pozicích.



Graf 20 - Podélné sesychání dle pozice od dřene

Tabulka 35 - Podélné sesychání dle pozice od dřene

	Pozice od dřene						
	1	2	3	4	5	6	7
Počet vzorků [ks]	161	160	174	182	130	16	4
Průměr [%]	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Medián [%]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
Minimum [%]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2
Maximum [%]	1,3	1,5	1,1	1,2	0,9	0,5	0,5
Směrodatná odchylka [%]	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Variační koeficient [%]	68,7	66,0	46,0	51,5	41,0	27,0	35,4

6. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjistit a porovnat hodnoty fyzikálních vlastností, hustoty a sesychání Douglasky tisolisté (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*). Zjistit vliv lokality, jednotlivých stromů a pozice ve kmeni na tyto vlastnosti. Během vyhodnocování byli zjištěny následující poznatky.

Průměrná hodnota hustoty při vlhkosti 12 % byla $564 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a hustota v absolutně suchém stavu dosahovala průměrné hodnoty $564 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Sesychání v tangenciálním směru bylo 6,6 %, radiální sesychání dosáhlo hodnoty 5,1 %. Hodnota objemového sesychání byla 11,6 % a v podélném směru bylo zjištěno sesychání 0,3 %.

Výsledná hustota je vyšší, než je udávaná hodnota pro douglasku místními autory, zahraniční autoři se hodnotou hustoty pro douglasku odlišují méně. Tangenciální sesychání je, při porovnání s literárními hodnotami domácích i zahraničních autorů, nižší. Naopak hodnota radiálního sesychání byla zjištěna vyšší. Objemové sesychání je s hodnotami pro douglasku v místní literatuře srovnatelné, zahraniční literatura udává hodnotu vyšší. Hodnota podílného sesychání je stejná jakou uvádí místní autoři, zahraniční literatura tuto hodnotu neuvádí.

Dosažená hustota je značně vyšší, než hodnoty vybraných domácích dřevin. Tangenciální sesychání je oproti domácím dřevinám nižší. Výsledná hodnota sesychání v radiálním směru dosahuje vyšších hodnot oproti domácím dřevinám. Objemové sesychání se od hodnot domácích dřevin nějak výrazně neliší. Z domácích dřevin se podélné sesychání výrazněji liší pouze od jedle.

Bylo zjištěno, že vliv lokality, jednotlivých stromů, vertikální sekce a horizontální pozice ve kmeni, mají významný vliv na hodnocené fyzikální veličiny, s výjimkou podélného sesychání, na které se neprokázal významný vliv jednotlivých stromů a horizontální pozice ve kmeni.

Dále se potvrdilo, že existuje závislost mezi sesycháním a hustotou, což je vidět na grafech přiložených v přílohách.

Z těchto poznatků si troufám říci, že douglaska má, podle mého názoru, šanci uspět jako alternativa našich domácích dřevin ve

zpracovatelském průmyslu. Z důvodu zjištěných fyzikálních vlastností - celkového sesychání srovnatelného s našimi domácími dřevinami, a vyšší hustotou, předpokládající lepší některé mechanické vlastnosti a lepší kvalitu dřevní hmoty. A v neposlední řadě hraje ve prospěch douglasky údajně větší produkce dřevní hmoty a rychlejší růst této dřeviny.

7. Seznam použitých zdrojů

7.1. Literatura

Alden H.A. 1997. *Softwoods of North America*. Madison. U.S. Department of Agriculture. 151 str.

Zobel B. J., Sprague J.R. 2012. *Juvenile Wood in Forest Trees*. New York. SUNY Collage of Environmental Science and Forestry. 304 str.
ISBN: 3642721265

Doležal J. 1973. *Matematicko-statistické metody v dřevařském průmyslu*. SNTL. Praha. 204 str.

Drápela K., Zach J. 1999. *Statistické metody I. (Pro obory lesního, dřevařského a krajinného inženýrství)*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 160 str. Brno. ISBN: 80-7157-416-3

Fellner J., Teischinger A., Zschokke W. 2007. *Spektrum dřevin vyobrazení, popis a srovnávací údaje. proHolz Austria*. Vídeň. 111 str. ISBN 978-3-902320-44-5

HOFMAN J. 1964. *Pěstování douglasky*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 253 s.

Horáček P. 1998. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 128 str. ISBN: 80-7157-347-7

Matovič A. 1993. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva*. Vysoká škola zemědělská. Brno. 212 str. ISBN: 80-7157-086-9

Möllerová J. 2012. *Po kom se jmenuje douglaska*. Lesnická práce. 5.

Möllerová J. 2012. *Ještě jednou douglaska*. Lesnická práce. 8.

Novák V. 1970. *Dřevařská technická příručka*. SNTL. Praha. 748 str.

Neuhöferová P. 2006. *Douglaska a jedle obrovská – opomíjené giganti*. České zemědělská univerzita. Praha. 146 str. ISBN: 80-213-1532-6

Pagan J. 1999. *Lesnická dendrológia*. Technická univerzita vo Zvolene. Zvolen. 378 str. ISBN: 80-228-0821-0

- Perelygin L. M. 1965. *Náuka s dreve*. SVTL. Bratislava, 444 str.
- Podrázský V., Zahradník D., Pulkrab K., Kouba J. 2012. *Srovnání produkce douglasky tisolisté s domácími dřevinami*. Lesnická práce. 12.
- Požgaj A., Chovanec D., Kuriatko S., Babiak M. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. PRIRODA. Bratislava. 488 str. ISBN: 80-07-00960-4
- Úředníček L., Chmelař J. 1998. *Dendrologie lesnická 1. část Jehličnany*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 246 str. ISBN: 80-7157-162-8
- Úředníček L. 2003. *Lesnická dendrologie I. (Gymnospermae)*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 102 str. ISBN: 80-7157-643-3
- Vavřík H., Gryc V., Zeilder A. 2010. *Dřevo douglasky tisolisté*. Lesnická práce. 10.
- Wagenführ R. 2000. *Holzatlas*. Fachbuchverlag. Leipzig. 707 str.

7.2. Normy

- ČSN 49 0101. *Dřevo: Všeobecné požiadavky na fyzikálne a mechanické skúšky*. 1980. ÚNM. Praha
- ČSN 49 0103. *Dřevo: Zisťovanie vlhkosti při fyzikálních a mechanických skúškách*. 1979. ÚNM. Praha
- ČSN 49 0108. *Dřevo: Zisťovanie hustoty*. 1993. ÚNM. Praha
- ČSN 49 0128. *Skúšky vlastností rastlého dreva: Metóda zisťovania zosýchavosti*. 1989. ÚNM. Praha

7.3. Internetové zdroje

URL1 - <http://www.biolib.cz/cz/taxon/id2388/> (2.4.2016)

URL2 - <http://botany.cz/cs/pseudotsuga-menziesii> (30.3. 2016)

URL3 - http://fld.czu.cz/~zeidler/lexikon_dreva/lexikon_dreva.pdf
(30.3.2016)

URL4 -
http://fld.czu.cz/~zeidler/atlas_drev/index0f9c.html?sekce=atlas&drevina=DOUGLASKA (30.3.2016)

URL5 - http://images.slideplayer.cz/11/3003455/slides/slide_15.jpg
(28.3.2016)

URL6 -
https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9179;lang=cz
(18.4.2016)

URL7 – Wood Handbook
http://www.woodweb.com/Resources/wood_eng_handbook/wood_handbook_fpl_2010.pdf (18.4.2016)

URL8 -
http://www.treeseedonline.com/uploads/1/0/2/3/10233208/s468003859194629765_p102_i1_w1440.jpeg (18.4.2016)

8. Seznamy

8.1. Obrázky

Obrázek 1 - Douglaska tisolistá (<i>Pseudotsuga menziesii</i>).....	13
Obrázek 2 - Prskyřičný kanálek.....	19
Obrázek 3 - Prskyřičný kanálek, přechod mezi jarním a letním dřevem...	19
Obrázek 4 - Spirální ztluštění 19	19
Obrázek 5 - Heterocelulární dřevový paprsek.....	19
Obrázek 6 - Piceoidní ztenčení ve křížovém poli.....	20
Obrázek 7 - Voda vázaná vodíkovými můstky	23
Obrázek 8 - Změna vzdáleností dvou sousedních povrchů celulósových řetězců v důsledku navázání a vypaření molekul vody	25
Obrázek 9 - Zmenšování rozměrů dřeva podél a napříč vláken při různém úhlu sklonu mikrofibril.....	26
Obrázek 10 – Znázornění výroby těles	31

8.2. Tabulky

Tabulka 1 - Literární hodnoty hustoty Douglasky tisolisté	35
Tabulka 2 - Literární hodnoty hustoty vybraných domácích dřevin	35
Tabulka 3 - Hodnoty hustoty Douglasky tisolisté.....	36
Tabulka 4 - Hustota při vlhkosti 12 % dle lokalit.....	37
Tabulka 5 - Hustota při vlhkosti 12 % dle jednotlivých stromů	38
Tabulka 6 - Hustota při vlhkosti 12 % dle vertikální sekce	39
Tabulka 7 - Hustota při vlhkosti 12 % dle pozice od dřevě.....	40
Tabulka 8 - Literární hodnoty tangenciálního sesychání Douglasky tisolisté	41
Tabulka 9 - Literární hodnoty tangenciálního sesychání vybraných domácích dřevin.....	41
Tabulka 10 - Tangenciální sesychání.....	42
Tabulka 11 - Tangenciální sesychání dle lokalit.....	43
Tabulka 12 - Tangenciální sesychání dle jednotlivých stromů	44
Tabulka 13 - Tangenciální sesychání dle vertikální sekce	45
Tabulka 14 - Tangenciální sesychání dle pozice od dřevě	46
Tabulka 15 - Literární hodnoty radiálního sesychání Douglasky tisolisté .	47

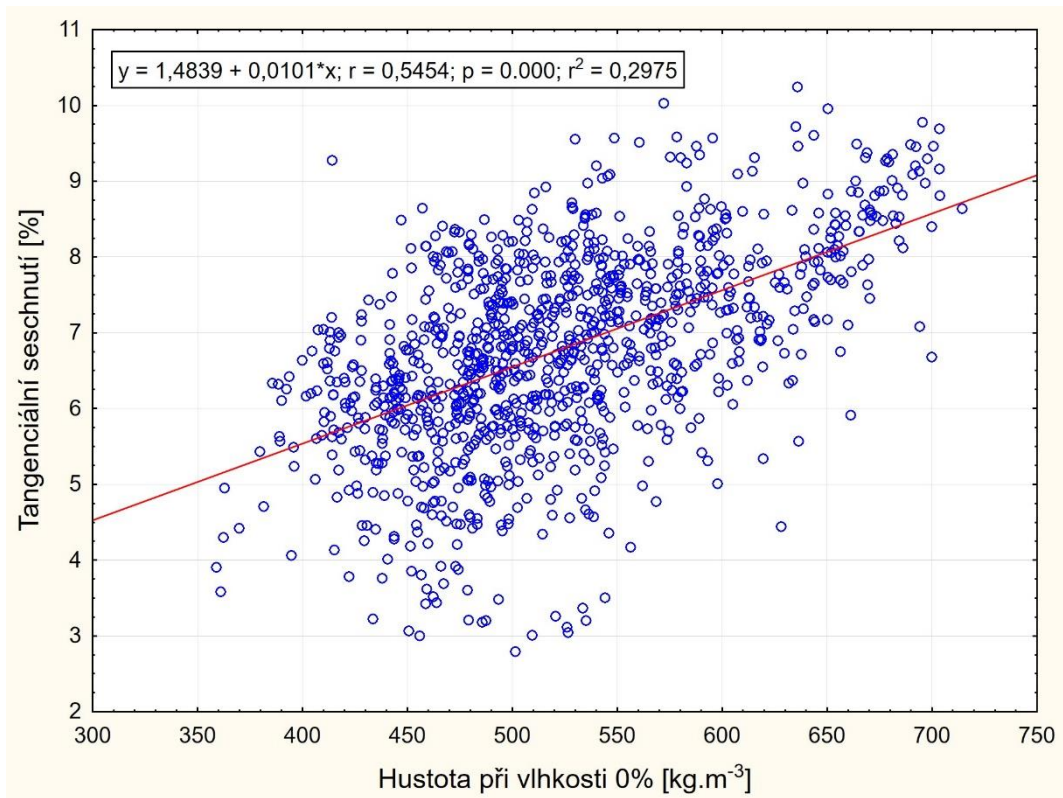
Tabulka 16 - Literární hodnoty radiálního sesychání vybraných domácích dřevin	47
Tabulka 17 - Radiální sesychání	48
Tabulka 18 - Radiální sesychání dle lokalit	49
Tabulka 19 - Radiální sesychání dle jednotlivých stromů.....	50
Tabulka 20 - Radiální sesychání dle vertikální sekce.....	51
Tabulka 21 - Radiální sesychání dle pozice od dřeně	52
Tabulka 22 - Literární hodnoty objemového sesychání Douglasky tisolisté	53
Tabulka 23 - Literární hodnoty objemového sesychání vybraných domácích dřevin	53
Tabulka 24 - Objemové sesychání	54
Tabulka 25 - Objemové sesychání dle lokalit	55
Tabulka 26 - Objemové sesychání dle jednotlivých stromů	56
Tabulka 27 - Objemové sesychání dle vertikální sekce	57
Tabulka 28 - Objemové sesychání dle pozice do dřeně.....	58
Tabulka 29 - Literární hodnoty podélného sesychání Douglasky tisolisté	59
Tabulka 30 - Literární hodnoty podélného sesychání vybraných domácích dřevin	59
Tabulka 31 - Podélné sesychání	59
Tabulka 32 - Podélné sesychání dle lokalit	60
Tabulka 33 - Podélné sesychání dle jednotlivých stromů.....	61
Tabulka 34 - Podélné sesychání dle vertikální sekce.....	62
Tabulka 35 - Podélné sesychání dle pozice od dřeně	63

8.3. Grafy

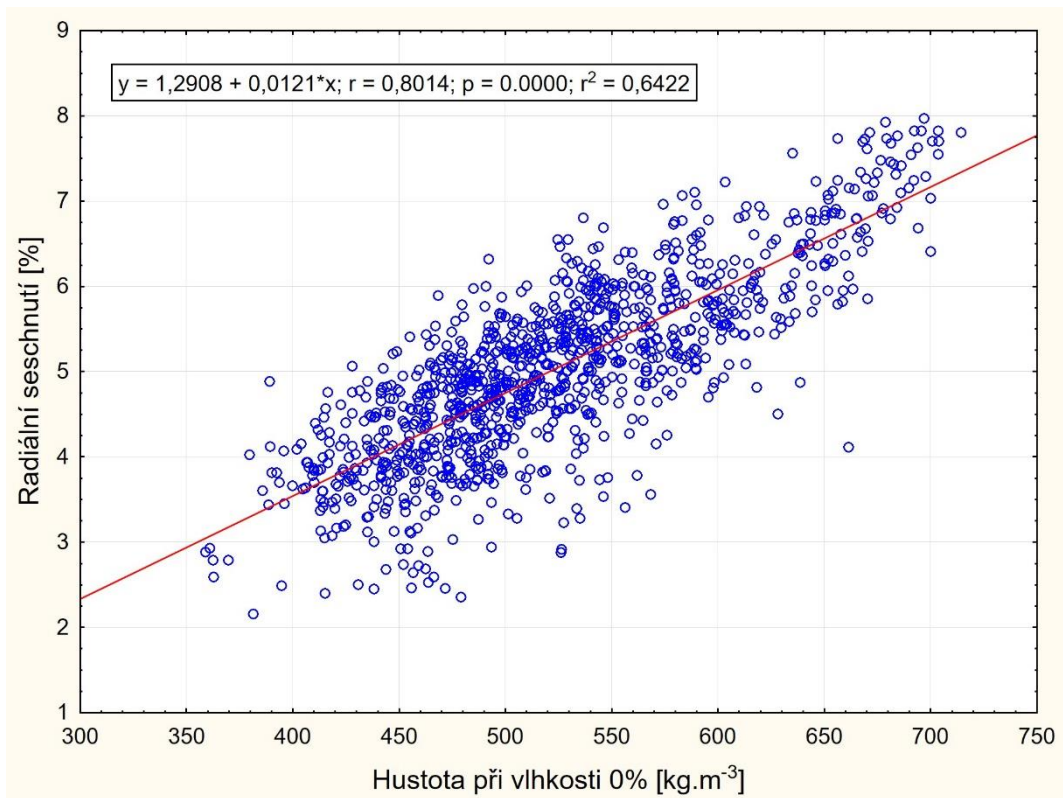
Graf 1 - Hustota při vlhkosti 12 % dle lokalit.....	36
Graf 2 - Hustota při vlhkosti 12 % dle jednotlivých stromů	37
Graf 3 - Hustota při vlhkosti 12 % dle vertikální sekce	38
Graf 4 - Hustota při vlhkosti 12 % dle pozice od dřeně	39
Graf 5 - Tangenciální sesychání dle lokalit	42
Graf 6 - Tangenciální sesychání dle jednotlivých stromů	43
Graf 7 - Tangenciální sesychání dle vertikální sekce	44

Graf 8 - Tangenciální sesychání dle pozice od dřene	45
Graf 9 - Radiální sesychání dle lokalit	48
Graf 10 - Radiální sesychání dle jednotlivých stromů	49
Graf 11 - Radiální sesychání dle vertikální sekce	50
Graf 12 - Radiální sesychání dle pozice od dřene	51
Graf 13 - Objemové sesychání dle lokalit	54
Graf 14 - Objemové sesychání dle jednotlivých stromů	55
Graf 15 - Objemové sesychání dle vertikální sekce	56
Graf 16 - Objemové sesychání dle pozice do dřene	57
Graf 17 - Podélné sesychání dle lokalit	60
Graf 18 - Podélné sesychání dle jednotlivých stromů	61
Graf 19 - Podélné sesychání dle vertikální sekce	62
Graf 20 - Podélné sesychání dle pozice od dřene	63
Graf 21 - Závislost tangenciálního sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %	72
Graf 22 - Závislost radiálního sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %	72
Graf 23 - Závislost objemového sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %	73

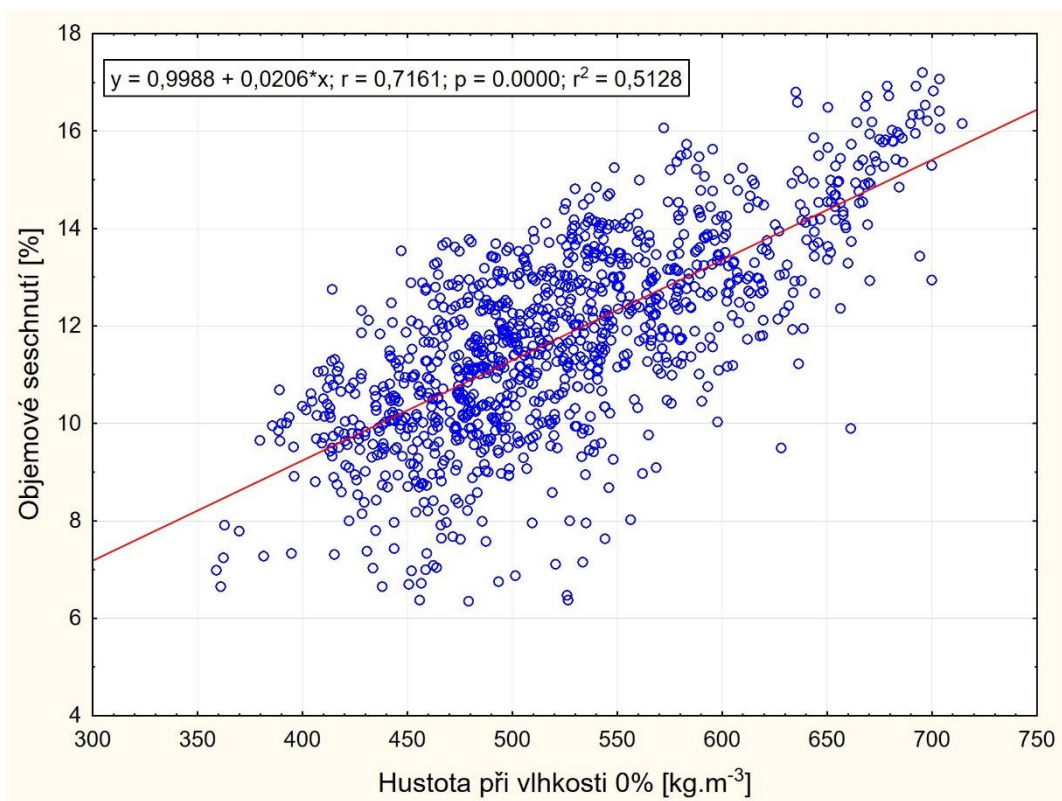
9. Přílohy



Graf 21 - Závislost tangenciálního sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %



Graf 22 - Závislost radiálního sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %



Graf 23 - Závislost objemového sesychání na hustotě při vlhkosti 0 %