

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

**Hodnocení parametrů ovlivňujících prohýbání výřezů  
v průběhu plastifikace**

Bakalářská práce

Autor: Jan Svoboda

Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Svoboda

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Hodnocení parametrů ovlivňujících prohýbání výřezů v průběhu plastifikace

Název anglicky

The evaluation of factors influencing wood deflection during plastification process

---

Cíle práce

Cílem práce je zhodnocení vlivu metody páskování výřezů na jejich prohýbání při plastifikaci ve varných jámách. Součástí porovnání vlivu jednotlivých metod páskování je kromě zjištění změn v průhybu výřezů také prošetření jejich dopadu na výtěž. Dále pak provedení analýzy faktorů ovlivňujících výtěž, zejména výskyt prasklin a vliv šířky listů.

Metodika

Metodika práce spočívá v provedení rešerše literárních zdrojů týkajících se problematiky plastifikace výřezů pro výrobu podlahovin. Na základě získaných poznatků z literatury budou v součinnosti s výrobním podnikem Danzer navrženy tři různé metodiky páskování výřezů. Bude provedeno experimentální měření průhybu po varném procesu a budou zjišťovány ztráty způsobené odfrézováním. Při experimentálním měření bude prováděna fotodokumentace a budou zaznamenávány případné další změny jednotlivých parametrů. Následně bude provedeno vyhodnocení zjištěných dat. Součástí bakalářské práce je abstrakt v anglickém jazyce, termín odevzdání práce vedoucímu je stanoven na 31. března 2018.

Doporučený rozsah práce  
30-50 stran textu, 10-20 stran příloh

Klíčová slova

Výroba dýh, plastifikace, varný proces, prohýbání výřezů, výtěž

---

Doporučené zdroje informací

- HRÁZSKÝ, J. – KRÁL, P. *Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 2, Dýhy a vrstvené masivní materiály : cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-934-3.
- KOLLMANN, F. *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Bd. 2.: Holzschutz, Oberflächenbehandlung, Trocknung u. Dämpfen, Veredelung, Holzwerkstoffe, spanabhebende u. spanlose Holzbearbeitung, Holzverbindungen*. BERLIN: SPRINGER, 1955.
- Navi, P. – Girardet, F. Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforschung*, 54(3), pp.287-293.
- Navi, P. – Sandberg, D. *Thermo-hydro-mechanical wood processing*. CRC Press, 2012.
- Réh, R. – Víglaský, J. *Kompozitné dřevné materiály: Dýhy a preglejované výrobky. Část 1. Technická univerzita Zvolen*, 2001.
- 

Předběžný termín obhajoby  
2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce  
doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Garantující pracoviště  
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 14. 8. 2017

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.  
vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.  
Děkan

V Praze dne 17. 04. 2018

---

## **Poděkování**

Velké díky patří především rodině za příkladnou podporu a oporu během studia. Děkuji doc. Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D. za vedení, trpělivost a cenné rady při tvorbě této bakalářské práce. Poděkování patří také vedení firmy Danzer Bohemia za možnost zabývat se řešením a měřením aktuální problematiky z praxe.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma hodnocení parametrů ovlivňujících prohýbání výřezů v průběhu plastifikace vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Martina Böhma, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 20.4.2018

## **Abstrakt**

### **Hodnocení parametrů ovlivňujících prohýbání výřezů v průběhu plastifikace**

Tato bakalářské práce se zabývá návrhnutím nových metod páskování dubových výřezů, které by mohly přinést zvýšení výtěže při výrobě silné dýhy určené pro nášlapné plochy. Součástí práce je zhodnocení vlivu jednotlivých metod páskování výřezů na jejich prohýbání při plastifikačním procesu ve varných jámách a s tím spojené měření tloušťky odfrézovaného povrchu. Bylo prokázáno, že metoda páskování přímo ovlivňuje průhyb výřezů a tloušťku odfrézované hmoty. Tento výzkum ukazuje, že užití vhodné metody páskování má vliv na kvalitu výřezů a naznačuje cestu, jak dosáhnout maximalizace výtěže při výrobě dýhy.

**Klíčová slova:** výroba dýh, plastifikace, varný proces, prohýbání výřezů, výtěž

## **Abstract**

### **The evaluation of factors influencing wood deflection during plastification process**

This Bachelor thesis is set to design new strapping methods for Oak flitches, that could increase yield during the process of making thick cut veneers used for flooring. This thesis evaluates different strapping methods used in the cooking process on flitches deflection during plastification in cooking pits. along with measuring of milled mass during milling work. It was proven that strapping method influences wood deflection as well as milled mass. This research indicates that using of appropriate strapping method is beneficial to final quality of flitches plus it points out a path to maximize yield.

**Keywords:** veneer making, plastification, cooking process, deflection of flitches, yield

## Obsah

### Hodnocení parametrů ovlivňujících prohýbání dubových výřezů při varném procesu

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....  | 11 |
| 2. Cíle .....   | 12 |
| 2.1. Dílčí cíle .....                                 | 12 |
| 3. Literární rešerše.....                             | 13 |
| 3.1. Dýha a její charakteristika .....                | 13 |
| 3.1.1. Dřeviny nejvíce používané na výrobu dýhy ..... | 13 |
| 3.1.1.1. Dřeviny mírného pásu .....                   | 13 |
| 3.1.1.2. Exotické dřeviny.....                        | 13 |
| 3.2. Výroba dýhy .....                                | 13 |
| 3.2.1. Řezané dýhy .....                              | 14 |
| 3.2.2. Loupané dýhy .....                             | 14 |
| 3.2.3. Krájené dýhy.....                              | 15 |
| 3.3. Plastifikace .....                               | 16 |
| 3.3.1. Plastifikace ve vodě .....                     | 18 |
| 3.3.2. Plastifikace párou .....                       | 19 |
| 3.3.3. Příčina průhybu kulatiny .....                 | 19 |
| 3.4. Charakteristika dřeviny použité pro měření ..... | 20 |
| 3.4.1. Dub letní (Quercus robur).....                 | 20 |
| 4. Materiál a metodika.....                           | 21 |
| 4.1. Vstupní materiál – Kulatina.....                 | 21 |
| 4.2. Postup výroby .....                              | 22 |
| 4.3. Metody páskování .....                           | 24 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 4.3.1. | Obvyklé páskování .....   | 24 |
| 4.3.2. | Střed ke středu .....   | 25 |
| 4.3.3. | Lat' uprostřed .....  | 26 |
| 4.4.   | Postup měření .....   | 27 |
| 5.     | Výsledky a diskuse.....   | 29 |
| 5.1.   | Průhyb .....  | 29 |
| 5.1.1. | Průhyb před plastifikací.....   | 30 |
| 5.1.2. | Průhyb po plastifikaci.....   | 30 |
| 5.2.   | Úběr dřevní hmoty.....  | 32 |
| 5.3.   | Zhodnocení páskovacích metod .....  | 33 |
| 6.     | Závěr.....  | 35 |
| 7.     | Doporučení .....  | 36 |
| 8.     | Seznam literatury a použitých zdrojů.....   | 37 |
| 8.1.   | Tištěné zdroje .....  | 37 |
| 8.2.   | Internetové zdroje .....  | 39 |
| 8.3.   | Firemní literatura .....  | 39 |
| 9.     | Přílohy .....   | 40 |
| 9.1.   | Fotodokumentace nápadných prasklin před a po plastifikačním procesu podle příslušné metody páskování..... | 40 |
| 9.1.1. | Obvyklé páskování .....   | 40 |
| 9.1.2. | Střed ke středu .....   | 44 |
| 9.1.3. | Lat' uprostřed .....  | 48 |



## **Seznam obrázků**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1: Loupací stroj .....                              | 14 |
| Obrázek 2: Ukázka struktury vznikající při loupání .....    | 15 |
| Obrázek 3: Krájecí stroj .....                              | 16 |
| Obrázek 4: Ukázka struktury vznikající při krájení .....    | 16 |
| Obrázek 5: Dřevo dubu letního bez běli .....                | 20 |
| Obrázek 6: Skladový dvůr.....                               | 21 |
| Obrázek 7: Varné jámy .....                                 | 23 |
| Obrázek 8: Výřezy zapáskované obvyklým způsobem .....       | 24 |
| Obrázek 9: Výřezy zapáskované metodou střed ke středu.....  | 25 |
| Obrázek 10: Výřezy zapáskované metodou lat' uprostřed ..... | 26 |

## **Seznam tabulek**

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1: Průměrný průhyb výřezů před a po plastifikaci v závislosti na metodě páskování ..... | 29 |
| Tabulka 2: Průměrný úběr dřevní hmoty v závislosti na metodě páskování .....                    | 32 |

## **Seznam grafů**

|  |    |
|--|----|
| Graf 1: Průměrný průhyb výřezů před a po plastifikaci v závislosti na metodě páskování ..... | 31 |
| Graf 2: Průměrný úběr dřevní hmoty v závislosti na metodě páskování .....                    | 32 |

## **Zkratky a symboly**

V této práci jsou použity běžně používané zkratky a symboly. Jednotky a veličiny jsou uvedeny podle příslušných norem. Vzorce a v nich použité symboly veličin a koeficientů jsou popsány vždy v příslušné kapitole.

## 1. Úvod

V této práci byl sledován průhyb výřezů při plastifikačním procesu v závislosti na metodě páskování. Měření bylo provedeno z iniciativy firmy Danzer za účelem prošetření zda lze proces plastifikace vylepšit jiným způsobem páskování a dosáhnout tak příznivější výtěže.

Měření bylo provedeno na výřezech z dubu letního, které byly zpracovány na dýhu určenou pro nášlapné plochy. Dýha byla vyráběna krájením na 3 mm silné listy.

Současně s měřením průhybu byl změřen i úběr dřevní hmoty, který je nutný proto, aby mohly být výřezy bezpečně uchyceny do krájecích strojů.

## 2. Cíle

Cílem práce je zhodnocení vlivu metody páskování výřezů na jejich prohýbání při plastifikaci ve varných jámách. Součástí porovnání vlivu jednotlivých metod páskování je kromě zjištění změn v průhybu výřezů také prošetření jejich dopadu na výtěž.

Z technologických důvodů bylo prošetření výtěže nerealizovatelné, jelikož bylo potřeba naplnit výrobní plán. Z tohoto důvodu byly výřezy před formátováním rozděleny podle jejich výsledné kvality do oddělených várek pod jiným výrobním příkazem.

Ve spolupráci s firmou Danzer a po konzultaci s vedoucím BP byly navržené cíle upraveny pro potřeby podniku, kdy byl hlavní důraz kladen na vyhodnocení vlivu metody páskování na průhyb výřezů při plastifikačním procesu a následně s tím spojeného úběru dřevní hmoty na frézovací stanici.

### 2.1. Dílčí cíle

1. Na základě literární rešerše navrhnout metody páskování, které by mohly příznivě ovlivnit celkovou výtěž.
2. Změřit průhyb výřezů při varném procesu a následně změřit úběr dřevní hmoty při frézování v závislosti na použité metodě páskování.
3. Zhodnotit vliv jednotlivých páskovacích metod na celkovou výtěž a jejich přínos pro výrobní proces.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1. Dýha a její charakteristika

První dýha byla s největší pravděpodobností vyrobena ve starověkém Egyptě, okolo roku 3000 před naším letopočtem. Získávala se ručním řezáním cenných dřevin na tenké plátky, které bylo nutné následně opracovat broušením. Využívána byla pro výrobu luxusního sedacího nábytku, postelí, truhel a rakví, intarzním způsobem, a to především v kombinaci s kovy a slonovinou.

Staří Římané proces dýhování využívali ke zlepšení pevnostních vlastností dýhy jejím křížením, které našlo uplatnění při výrobě obranných štítů a různých vojenských zařízení.

Z moderního pohledu dýha představuje tenký list dřeva podle Lutze (1978) 0,26-6,35 mm, který se vyrábí především loupáním a krájením. V menší míře řezáním. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

##### 3.1.1. Dřeviny nejvíce používané na výrobu dýhy

###### 3.1.1.1. Dřeviny mírného pásu

- **listnaté:** dub, jasan, jilm, bříza, buk, javor, olše, ořech, topol, třešeň
- **jehličnaté:** smrk, douglaska, borovice, modřín

###### 3.1.1.2. Exotické dřeviny

- bubinga, sapelli, moabi, padouk, palisandr, teak, wenge (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

#### 3.2. Výroba dýhy

Dýha se vyrábí několika způsoby, a to krájením, loupáním (centrickým, excentrickým) a speciálními způsoby (Král a Hrázský, 2001)

Podle způsobu výroby a podle polohy nástroje k letokruhům rozlišujeme tři způsoby výroby:

- Dýhy řezané tangenciálně, polo tangenciálně (polo radiálně), radiálně
- dýhy krájené tangenciálně, polo tangenciálně (polo radiálně), radiálně
- dýhy loupané centricky, excentricky a radiálně (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

### 3.2.1. Řezané dýhy

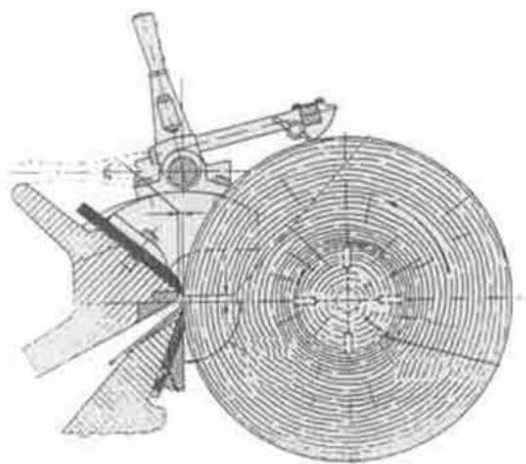
V současné době se řezané dýhy vyrábí a používají pouze k výrobě nástrojů a k různým vědeckým výzkumům. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

### 3.2.2. Loupané dýhy

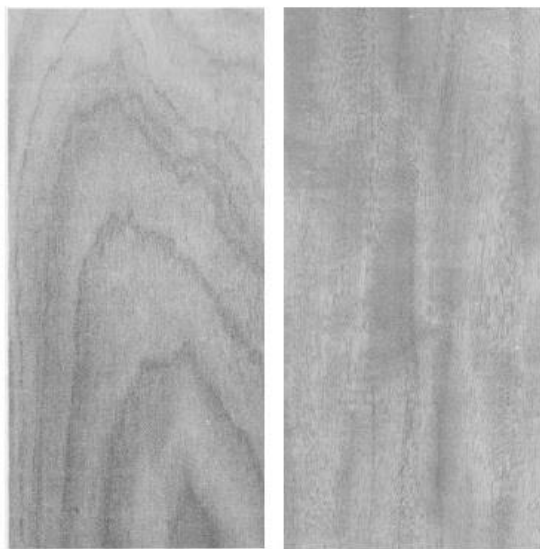
Mahút (1998) odhaduje, že přibližně 95 % produkce dýhy se vyrábí loupáním. Obdobně uvádí i Lutz (1974) a to 80-90 %.

Při tomto postupu vykonává hlavní rotační pohyb výřez. Nůž a tlakovnice jsou stacionární. Výřez se neustále posouvá směrem k noži, takže vzniká nepřetržitý pás dýhy. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

Pokud se řez provádí souběžně s letokruhy jedná se o loupání centrické, které se využívá zejména pro produkci dýhy na výrobu konstrukčních překližek a dekorativních pohledových dých. (Lutz, 1974)



Obrázek 1: Loupací stroj (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)



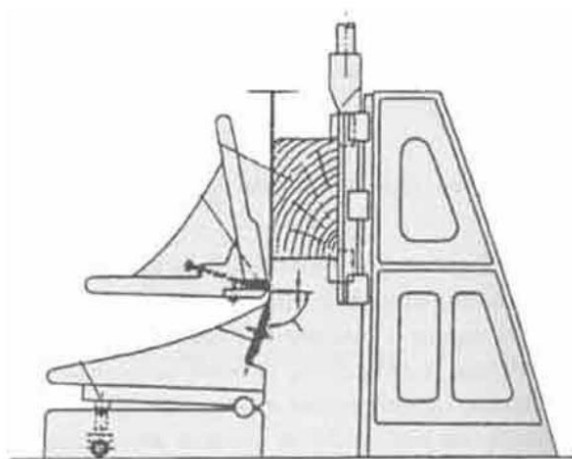
*Obrázek 2: Ukázka struktury vznikající při loupání. Vlevo centricky loupaná bříza a vpravo excentricky rířt způsobem loupání dub (Lutz, 1974, FPL 228, str. 7-8)*

### **3.2.3. Krájené dýhy**

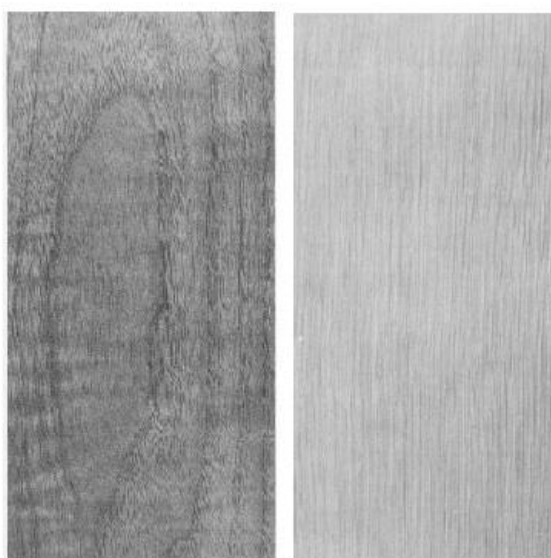
Proces krájení se používá především pro výrobu okrasných dýh, které se užívají při výrobě dražšího a luxusnějšího nábytku. (Böhm, 2005; Lutz, 1974)

Jednotlivé listy dýhy jsou oddělovány ve směru kolmém nebo podélném na směr dřevních vláken. Řez může být veden tangenciálně, radiálně nebo polotangenciálně (poloradiálně). Krájecí stroj může pracovat v horizontální nebo svislé rovině. (Král a Hrázský, 2000)

Hlavní pohyb může vykonávat buď výřez nebo nůž s tlakovnicí, záleží na typu krájecího stroje. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)



Obrázek 3: Krájecí stroj (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)



Obrázek 4: Ukázka struktury vznikající při krájení. Vlevo rovině krájený ořech, vpravo čtvrtkově krájená primavera (Lutz, 1974, FPL 228, str. 7-8)

### 3.3. Plastifikace

Jedná se o hydro-termický proces přípravy výřezů ke zpracování. Jeho použití a správné provedení zajistí, aby dýha dosahovala požadovaných kvalit. Především jednodlosti a hladkosti povrchu. Tedy aby byl sjednocen barevný odstín a zamezilo se tvoření trhlin vznikajících na rubové straně dýhy působením nožů. Zároveň se použitím tohoto procesu zvyšuje plastičnost dřeva, s čímž je spojeno snižování opotřebení nožů v loupacích či krájecích strojích včetně výdajů na



elektrický proud, tedy dochází k celkovému snížení nákladů výroby. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998; Navi a Sandberg, 2012; Resch, Hansmann, Pokorny, 2000)

V závislosti na délce působení teploty a použité metody dochází ke změnám barvy dochází pro tvrdé dřevo od 60 °C a měkké dřevo od 90 °C (MacLean, 1951; Militz, 2002; Kollmann a Cote, 1968)

Mimo barevných změn dochází také ve dřevě k negativním změnám. Jeden z největších problémů je snížení pevnosti způsobené tepelnou degradací a materiálovými ztrátami. (Rusche, 1973)

Další změny ve dřevě při hydro-termické úpravě nastávají v pevnosti a tvrdosti. Při ohřívání dochází k jejich snižování, a naopak při ochlazování dochází k jejich zvyšování. Nejméně je tímto procesem ovlivněn modul pružnosti a nejvíce je ovlivněna rázová houževnatost a statický ohyb. (MacLean, 1953; MacLean 1954; MacLean 1955; Millett and Gerhards 1972)

Od antických dob lidé prokazatelně využívali teplo, vlhkost a sílu pro tvarování a upravování dřeva. Avšak až v 19. století došlo k uvedení tepla a vody do průmyslové výroby. Průkopníkem termo-hydro-mechanické metody úpravy dřeva byl Michael Thonét, který založil dílnu, ve které tento proces používal pro výrobu ohýbaného nábytku. (Sandberg, Kutnar, Mantanis, 2017)

Princip hydro-termické úpravy dřeva spočívá v působení média (páry, vody) které přenáší teplo na dřevo po určitou dobu. Proces plastifikace je jeden z nejdůležitějších procesů pro správnou přípravu výřezu ke zpracování na dýhu. Doba ohřívání výřezů se odvíjí od jejich hustoty.

- pro  $\rho > 580 \text{ kg.m}^{-3}$  je teplota dřeva při krájení 50 až 75 °C
- pro  $\rho > 450 < 580 \text{ kg.m}^{-3}$  je teplota dřeva při krájení 40 až 60 °C
- pro  $\rho < 450 \text{ kg.m}^{-3}$  je teplota dřeva při krájení 25 až 40 °C

Horní hranice teploty se používá hlavně pro zpracování krájených dých silnějších než 1 mm. (Kráal a Hrázský, 2001)

Plastifikačním procesem dosáhneme snížení modulu pružnosti, aniž bychom snížili pevnost dřeva, zároveň při tomto procesu dochází k vyrovnání vnitřních pnutí vznikajících ve dřevě během jeho růstu. Mezi nejčastěji používané procesy plastifikace patří máčení, ohřívání ve vodě, ohřívání parou, paření v autoklávech. (Böhm, 2005; Lutz 1974)

Ve dřevozpracujícím průmyslu je nejvýznamnější a nejpoužívanější hydrotermická plastifikační metoda. Jedná se o metodu fyzikálního typu, při které působí po určitý čas na výřezy zvýšená teplota. Hlavní nevýhodou této metody je nutnost používat vysoké teploty a s tím je spojena její vysoká ekonomická náročnost. Avšak i přes tuto nevýhodu není v současné době známa lepší metoda, která by se dala využít ve dřevozpracujícím průmyslu, a při které by se podařilo dosáhnout stejné nebo lepší kvality plastifikace.

Na otázku, jakou metodu vybrat při plastifikačním procesu, není zatím stanovena přímá odpověď. Napříč literaturou jsou názory odlišné a nelze jednoznačně určit, které médium je pro plastifikaci příhodnější. Například Kollmann (1968) upřednostňuje procesy, při kterých je nosným médiem tepla pára. Při volbě procesu je potřeba také zohlednit typ dřeviny. Například pro přípravu výřezů z dubu, jasanu a ořechu, zpracovávaných krájením, se považuje stejně vhodné použít jak páru, tak vodu. Oproti tomu se například při plastifikaci eukalyptu použití vody vyloženě nedoporučuje. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998; Lutz 1974)

### **3.3.1. Plastifikace ve vodě**

K hlavním výhodám této metody patří to, že ponoření výřezů do vody zaručuje jejich rovnoměrný ohřev a snadnější regulaci procesu ohřevu. V porovnání s pařením se tato metoda považuje za šetrnější a dokonalejší. Mezi nevýhody se uvádí vyšší ekonomická náročnost a vyšší bezpečnostní riziko. Proces vaření rovněž vyžaduje delšího trvání a vznikají při něm často povrchové trhliny vinou vysokých teplotních rozdílů (ponoření studeného výřezu do velmi horké vody). (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

### **3.3.2. Plastifikace párou**

Jako médium slouží k ohřevu výřezů při této metodě pára. Ta může působit přímým nebo nepřímým způsobem. Při přímém způsobu je do pařící komory či zvonu přiváděna pára potrubím. Na rozdíl od nepřímého způsobu, kdy je v pařící jámě v podlaze uloženo topné těleso, na kterém jsou rošty (aby výřezy zůstaly uloženy nad vodou), ponořeno ve vodě a jeho ohřevem se voda odpařuje a dochází tak k paření. (Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

### **3.3.3. Příčina průhybu kulatiny**

Růstová napětí v podélné rovině mají za následek ohýbání výřezů směrem ke kůře. Tento jev se může při ohřívání během plastifikačního procesu výrazně zhoršovat. Avšak tomuto lze předejít spáskováním jednotlivých výřezů k sobě kůrou ven, tedy tak, že výřez bude mít po té tvar kmene. Tímto se zajistí, že napětí se uvolní, zatím co jsou výřezy drženy mechanicky v rovině a nedojde tak k jejich dalšímu prohýbání. Aby byla zajištěna dostatečná pevnost spoje je potřeba použít široké silné pásy nebo odolné řetězy a šrouby, jelikož síly způsobené růstovým napětím působící při plastifikačním procesu jsou velké. (Lutz, 1974)

### 3.4. Charakteristika dřeviny použité pro měření

#### 3.4.1. Dub letní (*Quercus robur*)

Jedná se o strom nejčastěji dorůstající výšky mezi 20 a 30 metry. Na některých stanovištích může dosahovat výšek okolo 50 metrů. Objem jeho kmene se odhaduje na 40 m<sup>3</sup>. Stáří může dosahovat 400-500 let. Rozšířen je téměř po celé Evropě mimo jižních okrajů. Roste převážně v nížinách podél řek. Jeho dřevo je tvrdé a trvanlivé zvláště pod vodou. (Musil a Möllerová 2005)

Dub letní je dřevina jádrová, běl má úzkou světle hnědou a pro výrobu dýhy se nepoužívá, jádro je zlatohnědé až tmavohnědé. Patří mezi kruhovitě pórovité dřeviny. Cévy má dobře viditelné okem na všech řezech. Na příčném řezu jsou uspořádány podél hranice letokruhů v radiálním seskupení nazývané plaménky. Na řezech podélných tvoří poměrně hluboké rýhy. Dřeňové paprsky jsou viditelné na všech řezech. Na podélném řezu tangenciálním tvoří svislé čárky, na rozdíl od řezu radiálního, kde tvoří různě vysoké pásy až skvrny (rovněž nazývány zrcadla), které jsou kolmé na osu kmene. Jeho dřevo se řadí do dřevin se středně vysokou hustotou. Tedy 550-750 kg.m<sup>-3</sup>. (Gandelová a Šlezingerová, 2014; Mahút, Réh, Víglaský, 1998)

Požgaj (1993) uvádí hustotu v absolutně suchém stavu 640-650 kg.m<sup>-3</sup> stejně jako u jilmu.



Obrázek 5: Dřevo dubu letního bez běli (Wikipedia)

## 4. Materiál a metodika

### 4.1. Vstupní materiál – Kulatina

Vedením firmy Danzer Bohemia bylo rozhodnuto, že pro proces měření se použije dub letní (*Quercus robur L.*). Následně byla vyselektována dubová kulatina z jednoho stanoviště, jež byla podobných dimenzí a obdobné kvality, tak aby nedošlo ke zkreslení vlivem použití dřeva, které pocházelo z jiné lokality, a mělo tak odlišné podmínky pro růst.

Kmeny byly následně svázeny smluvním dopravcem a ukládány do hrání na skladovém dvoře firmy, do té doby, než jich bylo dostatečné množství, aby mohlo být měření provedeno během co nejkratší doby. V tomto případě bylo rozhodnuto, že se s měřením započne v momentě, kdy bude naskladněno zhruba 100 m<sup>3</sup> kulatiny. Jelikož dřevo bylo na dvoře ukládáno od prosince do konce ledna a průměrná denní teplota nestoupala nad 8 °C nebylo nutné použít mokrou ochranu dřeva pomocí postřiků.



Obrázek 6: Skladový dvůr

Každý kmen měl přidělen svůj vlastní štítek s písmenem a číselným i čárovým kódem. Což umožnilo jeho jednoznačnou identifikaci během jeho sledování přes celý výrobní proces od nákupu přes varný proces, krájení, sušení až po svázání do jednotlivých svazků určených k prodeji.

## 4.2. Postup výroby

Kulatina byla z hrání navezena na skládku, kde došlo k jejímu rozměření na požadované rozměry, případně vyřazení kusů, jež nedosahovaly požadované kvality. Následně došlo k jejímu rozmanipulování pomocí ručních motorových pil. Takto připravené výřezy byly uloženy na mezisklad.

Z meziskladu byly výřezy navezeny na pás, který zásobuje frézovací odkornovač, kde došlo k jejich odkornění. Po odkornění pokračovaly výřezy dále řetězovým dopravníkem na vertikální pásovou pilu, kde došlo k jejich rozmítnutí.

Na pile byla nejprve odříznuta krajina z jedné strany a následně výřez rozdělen na poloviny v podélném směru. U druhé poloviny výřezu byla po oddělení první poloviny rovněž oddělena krajina.

Takto připravený výřez následoval po válečkovém dopravníku ke stanovišti, kde došlo k přeměření odklonu od ideální roviny jeho vnitřní části, zanesení naměřených hodnot do připravené tabulky a následnému páskování podle předem dané metody.

Přeměřený a zapáskovaný výřez poté pokračoval po dalším řetězovém dopravníku směrem k varným jámám, do kterých byl ukládán jeřábem. Na tomto dopravníku byl přítomen pracovník, který kontroloval kvalitu výřezů a pořizoval fotodokumentaci v případě, že na kmenu pozoroval něco nápadného. Hlavně praskliny viditelné na koncích výřezu. V momentě, kdy byl objem jámy zcela naplněn došlo k zaklopení jámy víkem a byl zahájen varný proces.

Varný proces trvá kolem 48 hodin a teplota se neustále zvyšuje až na 90 °C. V případě potřeby je možné proces prodloužit. Nejčastěji dochází k prodlužování varného procesu během zimních měsíců, z důvodu, že dřevo bývá zmrzlé. (Danzer Bohemia)



*Obrázek 7: Varné jámy*

Po ukončení varného procesu byly výřezy postupně vyndávány po čtyřech až šesti kusech na řetězový dopravník, kde byly rozpáskovány a následovaly po válečkovém dopravníku na rovný stůl před frézovací stanicí kde došlo k přeměření a zaevidování jejich průhybu a výšky. Po průchodu frézou byla změřena a zaevidována už pouze výška výřezu. Pokud byl výřez po varném procesu nápadně prohnutý či popraskaný byla pořízena fotodokumentace.

Ofrézovaný výřez byl následně ručně dočištěn, aby se při krájení zbytečně netupily a nezanášely nože. Takto připravený výřez byl upevněn pomocí podtlaku na pohyblivou část krájecího stroje a bylo zahájeno krájení.

Výřezy byly krájeny na tloušťku 3 mm. A to rovinným krájením od kůry směrem k centrální části výřezu.

Nakrájená dýha byla rovnána do sloupců po jednotlivých výřezech a převezena k sušičce kde probíhalo sušení na požadovanou vlhkost. Pokud tato vlhkost nebyla dosažena jedním průchodem sušárnou musel se tento proces opakovat.

Po dosažení požadované vlhkosti byly jednotlivé sloupce převezeny k pile, kde došlo k jejich formátování na dané rozměry a jejich následnému páskování do svazků.

Tyto svazky byly poté skládány na palety podle jejich struktury a kresby tak, aby v konečném důsledku složily věrný obraz původního výřezu.

### 4.3. Metody páskování

Po výsledcích pokusů firmy Danzer Veneer Americas na výřezech červeného dubu (*Quercus rubra*) s použitím silnější pásky. Kdy běžně používaná plastová páska byla nahrazena páskou kovovou. A rovněž se vyzkoušelo páskování heart to heart, tedy páskování středové části kmene ke středové. Se vedení firmy Danzer Veneer Europe rozhodlo uskutečnit podobné pokusy v rámci firmy Danzer Bohemia Dýhárna s.r.o. Vzhledem k objemu výroby jednotlivých dřevin bylo rozhodnuto, že pro tento test se nejvíce hodí dub letní (*Quercus robur*) zpracovávaný jako silný řež a používaný pro nášlapné plochy.

Na poradě vedení bylo stanoveno, že se vyzkouší tři způsoby páskování výřezů. A od každého se naplní jedna jáma o kapacitě 25 m<sup>3</sup>. (Danzer Bohemia)

#### 4.3.1. Obvyklé páskování



Obrázek 8: Výřezy zapáskované obvyklým způsobem

Poloviny výřezu jsou na obou koncích zapáskovány kovovou páskou každá zvlášť. Tato páska má zabránit praskání výřezu při plastifikačním procesu. Následně jsou obě poloviny položeny na sebe tak, že pravá strana je vždy otočena směrem nahoru. Poté jsou na koncích spáskovány dohromady plastovou páskou tak,



aby obě poloviny výřezu zůstaly při manipulování a varném procesu u sebe. Jedná se tedy o metodu šesti pásků na výřez (čtyři kovové a dva plastové).

Při této metodě byla během jejího praktikování vyzorována tendence výřezů prohýbat se od pravé strany směrem k levé. Tedy od středu kmene směrem k jeho vnější části, což má za následek nutnost ofrézovat pravou část výřezů tak, aby bylo možné je správně upevnit do krájecího stroje. (Lutz, 1974)

#### 4.3.2. Střed ke středu



Obrázek 9: Výřezy zapáskované metodou střed ke středu

Metoda páskování, při které dosáhli v Danzer Veneer Americas příznivých výsledků. (Danzer Bohemia)

Poloviny výřezu jsou k sobě otočeny pravou stranou a spáskovány na obou koncích použitím kovové pásky jako kmen.

Použitím této metody zajistíme jednou páskou to, že obě poloviny kmene jsou chráněny před praskáním, zůstanou u sebe během varného procesu a je předpoklad, že síly vzniklé při růstu způsobující prohýbání výřezů při plastifikaci

budou působit proti sobě a z větší části se tak vyruší. Z tohoto důvodu by se značně měla snížit nutnost úběru dřevní hmoty na frézovací stanici a zároveň by mohlo dojít ke zmenšení celkových ztrát. (Lutz, 1974)

### 4.3.3. Lat' uprostřed



Obrázek 10: Výřezy zapáskované metodou lat' uprostřed. Na výřezu vpravo, v červeném kolečku, je patrná lat' umístěná kolmo na podélnou osu kmene.

Metoda páskování, která vychází z metody střed ke středu. Poloviny výřezu jsou k sobě rovněž otočeny pravou stranou, avšak před položením horní poloviny se na spodní polovinu výřezu vloží doprostřed jeho délky lat', kolmo na jeho podélný směr, o šířce 30 mm, tloušťce 20 mm a délce odpovídající průměru kmene.

Použitím této metody zajistíme rovněž jednou páskou obě poloviny proti praskání a jejich vzájemnou fixaci k sobě. Předpoklad u tohoto způsobu páskování je, že se konce polovin stáhnou páskou k sobě a tím vznikne pnutí, které bude působit proti růstovým silám způsobujícím prohýbání při varném procesu. Tedy nutnost úběru dřevní hmoty na frézovací stanici a s tím spojené ztráty by měly být úplně minimální.

#### 4.4. Postup měření

Měření bylo prováděno na dvou stanovištích. První stanoviště bylo hned za pásovou pilou, kde jsou poloviny výřezu páskovány k sobě. Na pravou stranu každé polovinu kmene zde byla položena hliníková lať, která určovala rovinu. Na koncích výřezu bylo metrem změřeno a zaneseno do připravených tabulek o kolik milimetrů se vnitřní část kmene (pravá strana) odchyluje od ideální roviny. Takto změřený výřez byl spáskován vybranou metodou a pokračoval dále do výroby.

Druhé stanoviště bylo u frézovací stanice, kde poloviny výřezu ležely pravou stranou na rovném stole před frézou. Zde představoval stůl rovinu, kde došlo k přeměření a zaevidování průhybu a výšky pravé strany jednotlivých polovin výřezu do tabulky. Po průchodu frézou byla změřena a zaevidována už pouze výška výřezu.

K měření byl použit skládací metr Gravemat Stanley 0-35-312 z hliníkové slitiny a třídou přesnosti II. Tato třída určuje maximální povolenou odchylku  $\pm 0,5$  mm do délky 1 m.

Naměřené hodnoty byly zpracovány v programu Excel od společnosti Microsoft, a byly u nich sledovány základní statistické ukazatele jako minimum, maximum, aritmetický průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient.

Hodnoty průhybu byly zaneseny zvlášť pro čelo a čep a následně z nich byl pro každý výřez spočten aritmetický průměr. Tedy hodnota průhybu čela byla sečtena s hodnotou průhybu čepu a vypočtená hodnota byla vydělena dvěma. Tato hodnota byla použita pro následné vypočtení průhybu průměrného průhybu před i po plastifikaci.

Hodnota úběru dřevní hmoty byly vypočtena z rozdílu výšky výřezu před frézovací stanicí a po frézovací stanicí. Z tohoto rozdílu bylo zjištěno, kolik dřevní hmoty bylo odfrézováno. Z těchto hodnot byl následně vypočítán aritmetický průměr.

Aritmetický průměr  $\bar{x}$  byl vypočítán pomocí funkce PRŮMĚR, podle následujícího vzorce.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_1 + \dots + x_n)$$

Směrodatná odchylka  $\sigma$  byla vypočtena pomocí funkce SMODCH.VÝBĚR.S, podle následujícího vzorce. Tato veličina vyjadřuje míru rozptýlení hodnot od průměrné střední hodnoty.

$$\sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})}{(n - 1)}}$$

Variační koeficient  $v_x$  charakterizuje variabilitu rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny a byl spočten podle následujícího vzorce.

$$v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} * 100 \quad [\%]$$

## 5. Výsledky a diskuse

### 5.1. Průhyb

V tabulce níže jsou zobrazeny získané hodnoty týkající se průhybu výřezů.

*Tabulka 1: Průměrný průhyb výřezů před a po plastifikaci v závislosti na metodě páskování*

| Fáze procesu      | Metoda páskování  | počet výřezů | průměr (mm)  | minimum (mm) | maximum (mm) | směrodatná odchylka | variační koeficient (%) |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| Před plastifikací | obvyklé páskování | 58           | <b>4,18</b>  | 1,50         | 13,00        | 1,93                | 46,17                   |
| Před plastifikací | střed ke středu   | 57           | <b>6,43</b>  | 0,50         | 17,00        | 3,32                | 51,65                   |
| Před plastifikací | lať uprostřed     | 61           | <b>3,61</b>  | 1,50         | 9,50         | 1,44                | 39,79                   |
| Po plastifikaci   | obvyklé páskování | 41           | <b>12,88</b> | 7,75         | 30,50        | 5,56                | 43,15                   |
| Po plastifikaci   | střed ke středu   | 57           | <b>10,31</b> | 5,50         | 17,00        | 2,55                | 24,75                   |
| Po plastifikaci   | lať uprostřed     | 61           | <b>10,45</b> | 4,75         | 24,00        | 4,01                | 38,37                   |

Při přípravě první várky na obvyklou metodu páskování bylo změřeno 58 výřezů. Jejich průměrné prohnutí bylo 4,18 mm, kdy minimální hodnota byla 1,5 mm a maximální 13 mm.

Po plastifikačním procesu bylo změřeno 41 výřezů. Tato nesrovnalost vznikla při následném třídění kontrolorem kvality po zapáskování. Těchto 17 výřezů mohlo být vyřazeno pro nevyhovující kvalitu a parametry. Nebo přeráženo do jiné varné jámy z důvodu naplnění kapacity jámy určené pro toto měření.

U dalších metod páskování už se počet změřených výřezů shodoval před i po plastifikačním procesu. Tedy pro metodu páskování střed ke středu bylo změřeno celkem 57 výřezů a pro metodu páskování lať uprostřed 61.

### **5.1.1. Průhyb před plastifikací**

Z tabulky nahoře je zřejmé, že průměrný průhyb výřezů byl naměřen nejmenší při přípravě výřezů pro metodu páskování lat' uprostřed, a to 3,61 mm. Naopak největší byl naměřen u výřezů připravovaných pro metodu páskování střed ke středu, a to 6,43 mm. Pro metodu obvyklého páskování byly hodnoty naměřeny mezi těmito, a to 4,18 mm.

Variace těchto hodnot je vzhledem ke vznikajícím průhybům při varném procesu zanedbatelná. A vznikat může hned z několika příčin. Největší dopad na tento původní průhyb mají pravděpodobně napětí vznikající ve dřevě při jeho růstu. Dalším důležitým faktorem je roční doba, ve které je dřevo zpracováváno, jelikož je ve firmě zpracováváno, vyjma odstávky, nepřetržitě celý rok. V zimním období mohou tento rozptyl způsobit především velké mrazy, jelikož je dřevo skladováno venku. V neposlední řadě tento rozptyl může být způsoben špatným napnutím, ostřením či ztupením nebo ohnutím, až ulomením zubu z pilového pásu. Proto je potřeba vysoká znalost obsluhy rozmítací pily a technika jenž odpovídá za stav pilového pásu, aby zavčas rozpoznali, že výsledná kvalita řezu není odpovídající a patřičně na to zareagovali.

Z pozorování na stanovišti, kde byly výřezy páskovány k sobě vyplynulo, že nejrychlejší metoda páskování je střed ke středu. Jako hlavní důvod zrychlení práce je použití dvou pásek na výřez oproti obvyklému páskování, kde je použito šest pásek na výřez. Z tohoto důvodu by se při používání této metody mohly snížit i náklady na pásku a svorky.

### **5.1.2. Průhyb po plastifikaci**

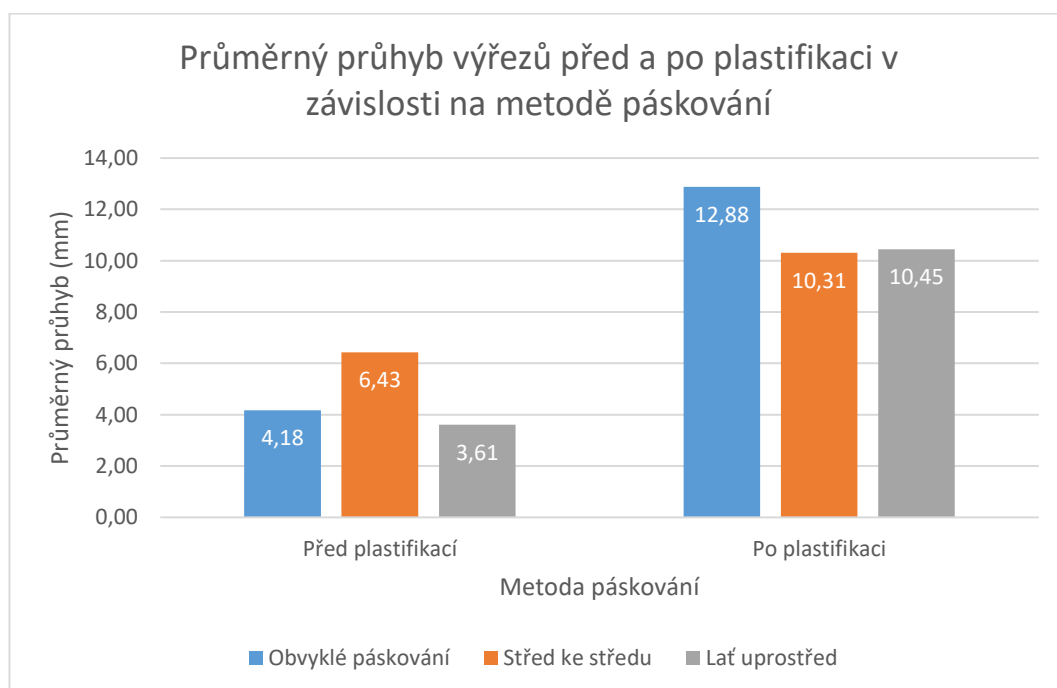
Nejmenší průměrný průhyb byl naměřen při metodě páskování střed ke středu, a to 10,31 mm. Což je o 0,14 milimetru méně než u metody páskování s latí uprostřed, která nabyla hodnoty 10,45 mm. Nejvyšší průměrný průhyb byl naměřen u obvykle používané metody, a to 12,88 milimetru.

Zde se potvrdil předpoklad, že kmeny svázané obvyklou metodou páskování se prohýbají při varném procesu směrem ke kůře. Jelikož jsou poloviny svázané

pravou stranou k levé tak síly vznikající při růstu, které se uvolňují při plastifikačním procesu způsobují průhyb výřezů, jelikož mají stejný směr působení a nedochází tak k jejich zmenšení jako se předpokládalo a potvrdilo u metod páskování střed ke středu a lať uprostřed.

Z těchto údajů tedy vyplývá, že průhyb při použití metody páskování střed ke středu je o 2,57 mm menší než u obvyklé metody páskování a zároveň je srovnatelný s metodou lať uprostřed. Jedná se o poměrně příznivý výsledek, avšak při požadované tloušťce listu 3 mm se nedá hovořit o cíleném zisku. Tedy získat vyšší výtěž z jednotlivých polovin výřezu v podobě alespoň jednoho listu dýhu z každé poloviny.

V grafu níže je zobrazeno porovnání průměrného průhybu výřezů v závislosti na metodě páskování.



*Graf 1: Průměrný průhyb výřezů před a po plastifikaci v závislosti na metodě páskování*

## 5.2. Úběr dřevní hmoty

V tabulce níže jsou získané hodnoty týkající se úběru dřevní hmoty

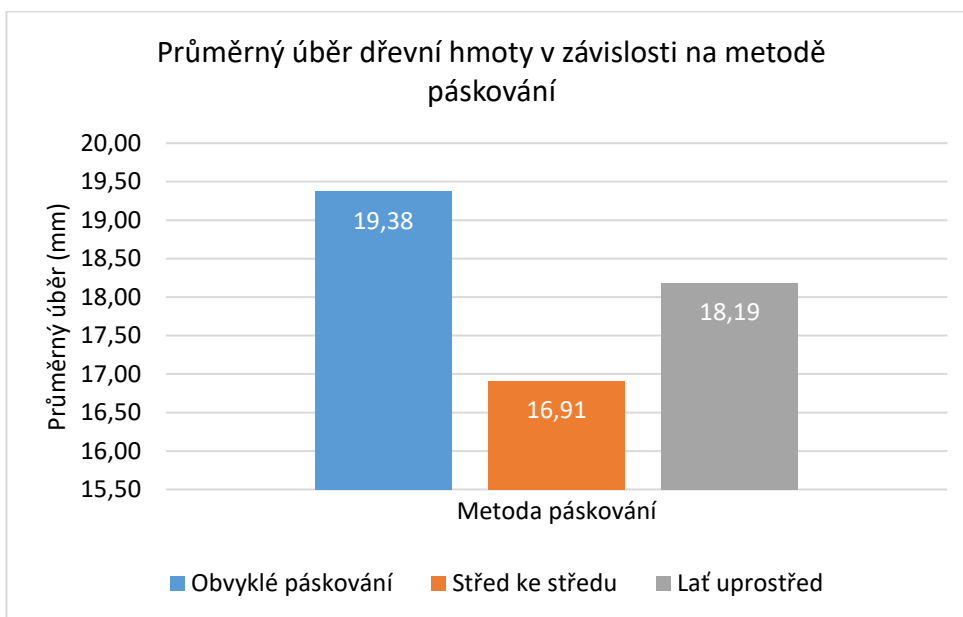
Tabulka 2: Průměrný úběr dřevní hmoty v závislosti na metodě páskování

| Metoda páskování  | počet výřezů | průměr (mm)  | minimum (mm) | maximum (mm) | směrodatná odchylka | variální koeficient (%) |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| obvyklé páskování | 41           | <b>19,38</b> | 9,00         | 53,50        | 7,87                | 40,62                   |
| střed ke středu   | 57           | <b>16,91</b> | 10,00        | 32,00        | 4,36                | 25,76                   |
| lať uprostřed     | 61           | <b>18,19</b> | 8,50         | 94,50        | 10,80               | 59,40                   |

Z tabulky výše je patrné, že nejvyšší úběr dřevní hmoty byl nutný při metodě obvyklého páskování, a to v průměru 19,38 mm. Nejmenší pak u metody střed ke středu, a to 16,91 mm. Mezi těmito hodnotami byl úběr hmoty v průměru 18,19 mm při metodě páskování s latí uprostřed.

Tyto naměřené hodnoty korespondují s výsledky měření průhybu jednotlivých výřezů.

V následujícím grafu je znázorněn průměrný úběr dřevní hmoty na frézovací stanici v závislosti na metodě páskování.



Graf 2: Průměrný úběr dřevní hmoty v závislosti na metodě páskování



### 5.3. Zhodnocení páskovacích metod

Při porovnání naměřených hodnot průhybu a úběru dřevní hmoty bylo zjištěno, že jako nejvýhodnější v tomto směru vychází metoda páskování střed ke středu. A nejméně vhodná naopak metoda obvyklého páskování, která byla v rámci firmy používána od doby, kdy se se zpracováním dubu letního na nášlapné plochy začalo.

Analýzou naměřených údajů se potvrdila tendence výřezů ohýbat se při plastifikačním procesu směrem ke kůře, kterou lze výrazně omezit spáskováním výřezů střed ke středu za použití silných kovových pásek, jak o tom píše Lutz (1974).

V rámci měření bylo pozorováno několik dalších faktorů ovlivňujících vhodnost použití páskovacích metod, na které tato práce nebyla cílena a stály by tak za další prošetření.

Při obvyklé páskovací metodě se používá šest pásků na výřez. Tedy čtyři kovové a dva plastové. Oproti metodám střed ke středu a lat' uprostřed, kdy se používají na jeden výřez pásky pouze dvě, a to kovové. Jde tedy o značně časově náročnější a tím pádem i nákladnější metodu páskování.

Tato metoda má ovšem také velkou výhodu v tom, že nedojde k uzavření výřezu. Pracovník, který kontroluje kvalitu výřezů tak nemusí být nutně přítomen při páskování kmenů na páskovacím stanovišti. Tato skutečnost mu poskytuje vyšší časovou variabilitu a dostatečný čas na to, důkladně prozkoumat jednotlivé výřezy i po zapáskování na dopravníku a změnit jejich výrobní plán. Může takto vybrat kmeny vyšší kvality a zařadit je do jiného výrobního programu a maximalizovat tak zisk. Stejně tak může případně vyřadit kmeny nevyhovující kvality a předejít tak ztrátám, které by vznikly v případě jejich zbytečného zařazení do výrobního procesu.

U metody páskování s latí uprostřed byl pozorován velký problém spojený s vložením latě mezi poloviny výřezu. Po umístění latě na spodní polovinu výřezu a následném zavření kmene horní polovinou nastal problém v tom, že horní

polovina nebyla stabilní a při páskování se posouvala. Tato skutečnost pak velmi komplikovala až znemožňovala ideální dotažení pásek. Pokud obsluha dotahovala pásky současně tak docházelo téměř pokaždé k přetržení pásky na jednom konci výřezu. Pokud byla páska přetržena pracovník musel pásku vyjmout z utahovacího stroje, připravit si nové oko a opakovat proces páskování znovu, s tím souviselo časové zdržení a docházelo ke ztrátám zbytečně použité, prasklé pásky. Pokud byl výřez nejdříve zapáskován na jednom konci, tak na druhém vznikla velká díra a většinou se horní polovina výřezu posunula od ideální osy kmene. Tímto došlo i ke zhoršení bezpečnosti práce.

Vzhledem k naměřeným hodnotám a výše popsaným jevům se tak jako nejvhodnější způsob páskování jeví metoda střed ke středu. Při této metodě byl naměřen nejmenší průhyb a úběr dřevní hmoty a zároveň bylo pozorováno značné zrychlení práce a úspora pásky na páskovacím stanovišti stejně jako se usnadnila práce jeřábníkům, protože výsledný výřez byl zapáskován jako kmen. Tyto vzniklé výhody však při zavedení této metody páskování připraví firmu o možnost dodatečné kontroly kvality. Tento nedostatek se dá vyřešit přesunutím pracovníka zodpovědného za výběr výřezů na páskovací stanoviště, kde však bude muset být po celou dobu řezání výřezů k naplnění jámy a bude mít značně zkrácený čas na zhodnocení kvality daného kmene.

## 6. Závěr

Po plastifikačním procesu byl naměřen nejvyšší průměrný průhyb u metody obvyklého páskování, a to 12,88 mm, tedy o 20 % více než u metody střed ke středu, kde byl naměřen průměrný průhyb nejnižší, a to 10,31 mm. U metody lat' uprostřed bylo naměřeno 10,45. Tedy o 1 % více než u metody střed ke středu.

Naměřené hodnoty potvrdily dřívější pozorování a hypotézu, že výřezy mají tendenci se prohýbat při varném procesu směrem ke kůře, jak o tom píše Lutz (1974).

Z naměřených údajů dále vyplývá, že metoda páskování přímo ovlivňuje výsledný průhyb výřezů vznikající při varném procesu. V návaznosti na velikost průhybu se potvrdilo, že metoda páskování rovněž ovlivňuje potřebu úběru dřevní hmoty při frézování.

Při použití metod páskování střed ke středu a lat' uprostřed dojde ke značnému snížení průhybu a nutnosti úběru dřevní hmoty u jednotlivých výřezů proti obvyklému páskování. Avšak dojde tím ke ztrátě možnosti následně selektovat výřezy vyšší nebo špatné kvality předtím, než budou uloženy do varné jámy k plastifikačnímu procesu.

## 7. Doporučení

Vzhledem k naměřeným hodnotám a pozorování jevů výše zmíněných ve zhodnocení metod páskování bych doporučil metodu lat' uprostřed z budoucích měření vynechat a provést detailnější měření týkající se metod střed ke středu a obvyklého páskování.

Pro budoucí měření by bylo vhodné vyselektovat dřevo z několika dalších lokalit a vždy z dané lokality naplnit alespoň jednu varnou jámu od každé metody.

Při těchto měřeních by bylo žádoucí provést chronometráž procesů plnění, aby se prokázalo, zdali u jedné z těchto metod dojde k významné úspoře času. Dále by bylo vhodné změřit spotřebu pásky a rozpočítat její cenu do nákladů na výrobu jednoho listu dýhy. Včetně prozkoumání praskání výřezů a jeho vlivu na finální šířku listu a provést porovnání s cenou, za které se prodávají různé šířky listu.

## 8. Seznam literatury a použitých zdrojů

### 8.1. Tištěné zdroje

- 1) BÖHM, Martin. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. V Praze: Česká Zemědělská Univerzita, 2005
- 2) GANDELOVÁ, Libuše a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Stavba dřeva. 2.*, nezměněné vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7375-966-7.
- 3) KOLLMANN, Franz F. P. a Wilfred A. COTÉ. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer, 1968. ISBN 978-3-642-87930-2.
- 4) KRÁL, Pavel a Jaroslav HRÁZSKÝ. *Výroba dýh a překližovaných materiálů - cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-7157-484-8.
- 5) LUTZ, John F. Techniques for peeling, slicing and drying veneer (Research paper - Forest Products Laboratory, Forest Service; 228), USDA Forest Service, 1974
- 6) LUTZ, John Francis. *Wood veneer: Log selection, cutting, and drying*. Department of Agriculture, Forest Service, 1978.
- 7) MACLEAN, J.D. 1951. Rate of Disintegration of Wood under Different Heating Conditions, Am.Wood Preserves Assoc; Proc. 47: pp. 155-168.
- 8) MACLEAN, J.D. 1953. Effect of Steaming on the Strength of Wood, Am.Wood Preserves Assoc. Proc.; 49: pp. 88-11.
- 9) MACLEAN, J.D. 1954. Effect of Heating in Water on the Strength Properties of Wood, Am.Wood Preserves Assoc. Proc.; 50: pp. 253-280.
- 10) MACLEAN, J.D. 1955. Effect of Oven-Heating and Hot-Pressing on Strength Properties of Wood, Am.Wood Preserves Assoc. Proc.; 51: pp. 227-250.

- 11) MAHÚT, Juraj, Roman RÉH a Jozef VÍGLASKÝ. *Kompozitné drevné materiály*. Zvolen: Technická univerzita, 1998. ISBN 80-228-0679-X.
- 12) MILITZ, H. 2002. Thermal Treatment of Wood: European Processes and their Background, IRG/WP 02-40241, 33<sup>rd</sup> Annual Meeting 12-17 May 2002; Cardiff-Wales, Section 4: pp.1-17.
- 13) MILLET, M. A.; GERHARDS, C. C. Accelerated aging: residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115 C to 175 C. *Wood Sci*, 1972, 4.4: 193-201.
- 14) MUSIL, Ivan a Jana MÖLLEROVÁ. *Lesnická dendrologie*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-213-1367-6.
- 15) NAVI, Parvis; SANDBERG, Dick. *Thermo-hydro-mechanical wood processing*. CRC Press, 2012. 15-18.
- 16) NAVI, Parviz; GIRARDET, Fred. Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforschung*, 2000, 54.3: 287-293.
- 17) POŽGAJ, Alexander. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. BRATISLAVA: PRÍRODA, 1993. ISBN 80-07-00600-1.
- 18) RESCH, H, Hansmann, C.; Pokorny, M. The Colour of Wood from White Oak. *Holzforschung* 2000, vol 54(1): 13-15.
- 19) RUSCHE, H. Thermal-degradation of wood at temperatures up to 200 degrees C. 2, Reaction-kinetics of loss of mass during heat-treatment of wood. *Holz als Roh-und werkstoff*, 1973, vol 31.8: 307-312.
- 20) SANDBERG, D.; KUTNAR, A.; MANTANIS, G. Wood modification technologies—a review. *iForest*, 2017, vol 10, 895–908.

## 8.2. Internetové zdroje

Wikipedia, Dřevo dubu letního [online]. Dostupné z: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Quercus\\_robur\\_MHNT.BOT.2010.6.75.jpg/1280px-Quercus\\_robur\\_MHNT.BOT.2010.6.75.jpg?1522431770083](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Quercus_robur_MHNT.BOT.2010.6.75.jpg/1280px-Quercus_robur_MHNT.BOT.2010.6.75.jpg?1522431770083) (cit. 2018-03-30)

Narex - Makita, Skládací metr stanley [online]. Dostupné z: [www.narex-makita.cz/merici-technika/metry-pasma/skladaci-metry/stanley-0-35-312/](http://www.narex-makita.cz/merici-technika/metry-pasma/skladaci-metry/stanley-0-35-312/) (cit. 2018-03-18)

## 8.3. Firemní literatura

Danzer Bohemia – Vnitřní předpis Danzer Bohemia s.r.o.

## 9. Přílohy

### 9.1. Fotodokumentace nápadných prasklin před a po plastifikačním procesu podle příslušné metody páskování

#### 9.1.1. Obvyklé páskování













### 9.1.2. Střed ke středu











### 9.1.3. Lat' uprostřed











