

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav základního zpracování dřeva

Možnosti hodnocení textury povrchu frézovaných obrobků ze dřeva

Bakalářská práce

2015

Monika Machučová

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Možnosti hodnocení textury povrchu frézovaných obrobků ze dřeva vypracovala samostatně a veškeré použité prameny, informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 30. dubna 2015

.....

Poděkování:

Děkuji panu prof. Ing. Miroslavu Rouskovi, CSc. za pomoc při bakalářské práci, poskytnuté rady a přínosné informace.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Vítu Novákovi a panu doc. Ing. Emilu Svobodovi, CSc. za pomoc při přípravě vzorků a jejich vyhodnocení přístrojem Taylor Hobson – Talysurf CLI 1000 na Univerzitě obrany v Brně.

Machučová Monika

Jméno / Name: Machučová Monika

Název bakalářské práce: Možnosti hodnocení textury povrchu frézovaných obrobků ze dřeva

Bachelor thesis title: Possibilities of evaluation of surface texture milled wooden workpieces

Abstrakt:

Ve své práci se zabývám metodou hodnocení textury 2D profilu a 3D povrchu aplikovaných na reálných vzorcích bukového dřeva, s použitím bezdotykového konfokálního snímače přístroje Talysurf CLI 1000. Pro vyhodnocení a zpracování naměřených hodnot parametrů jak profilových, tak plošných bylo využito programové vybavení Talymap Platinum (3D) a Talyprofile Platinum (2D), které mi umožnilo porovnat parametry 2D a 3D drsnosti povrchů měřených na ofrézovaných vzorcích bukového dřeva za určitých podmínek vlhkosti.

Klíčová slova:

Hodnocení povrchu, vlhkost, frézování, drsnost

Abstract:

In my thesis I deal with method for evaluation texture of 2D profile and 3D surface, which were applied to real beech wood samples.

The contactless sensor was used for the experiment. It is based on the confocal device Talysurf CLI 1000.

For evaluation of measured values were used softwares Talymap Platinum (3D) and Talyprofile Platinum (2D), these softwares allowed compare characteristics of 2D and 3D surface roughness of milled beech samplex under certain humidity condition.

Key words:

Surface evaluation, humidity, milling, roughness

Obsah

01. Seznam tabulek

02. Seznam obrázků

03. Seznam symbolů

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. PROBLEMATIKA HODNOCENÍ POVRCHU	3
4. LITERÁRNÍ PŘEHLED	
4.1. Povrch a jeho vlastnosti	4
4.2 Metody měření drsnosti	6
4.2.1 <i>Dotyková metoda</i>	6
4.2.2 <i>Bezdotyková metoda</i>	6
4.3 Vztah mezi dřevem a vodou	6
4.3.1 <i>Vlhkost</i>	7
4.3.2 <i>Metody měření vlhkosti</i>	10
4.3.2.1 <i>Váhová metoda</i>	10
4.3.2.2 <i>Elektrická metoda</i>	10
4.3.3 <i>Nasákavost</i>	11
4.4 Frézování	11
5. MATERIÁL A METODIKA	13
5.1 Typ dřeviny	13
5.2 Popis měření vlhkosti	13
5.3 Podmínky měření	14
5.4. Statistické zpracování dat	17
6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ	18
6.1 Základní profily a plochy suchého a mokrého vzorku	19
6.2 Výsledky drsností povrchu mokrých a suchých vzorků	21
6.3 Výsledky vlnitostí povrchu mokrých a suchých vzorků	26
7. DISKUZE	32
8. ZÁVĚR	35
9. SUMMARY	36
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37

01. Seznam tabulek

Tab. 4.1.1 Třídy jakosti řeziva AWF (Prokeš 1965)

Tab. 4.3.1.1 Hodnoty opravného koeficientu podle Manžose a Afanasieva (Prokeš 1965)

Tab. 5.3.1 Parametry vzorků

Tab. 5.3.2 Podmínky měření topografie povrchu

Tab. 5.3.3 Podmínky pro vyhodnocení parametrů drsnosti

Tab. 5.3.4 Parametry

Tab. 6.2.1 Drsnost povrchu Ra a Sa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Tab. 6.2.2 Drsnost povrchu Rz a Sz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Tab. 6.3.1 Vlnitost povrchu Wa a SWa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Tab. 6.3.2 Vlnitost povrchu Wz a SWz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

0.2 Seznam obrázků

Obr. 4.1.1 Znázornění drsnosti

Obr. 4.1.2 Znázornění vlnitosti

Obr. 4.3.1.1 Rozložení vlhkosti dřeva po poloměru rostoucího stromu (Horáček 2001)

Obr. 4.4.1 Sousedné frézování (Svatoš 2009)

Obr. 4.4.2 Nesousledn frézování (Svatoš 2009)

Obr. 5.1.1 Vzhled buku

Obr. 5.2.1 Nastavitelnost pozic podle měřené dřeviny

Obr. 5.2.2 Vlhkoměr Merlin WS 25

Obr. 6.1.1 Základní profil suchého vzorku buku 1

Obr. 6.1.2 Základní plocha suchého vzorku buku 1

Obr. 6.1.3 Základní profil mokrého vzorku buku 1

Obr. 6.1.4 Základní plocha mokrého vzorku buku 1

Obr. 6.2.1 Krabicový graf parametru Ra u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV

Obr. 6.2.2 Krabicový graf parametru Sa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.2.3 Krabicový graf parametru Rz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.2.4 Krabicový graf parametru Sz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.2.5 Profil drsnosti suchého vzorku buku 1

Obr. 6.2.6 Povrch drsnosti suchého vzorku buku 1

Obr. 6.2.7 Profil drsnosti mokrého vzorku buku 1

Obr. 6.2.8 Povrch drsnosti mokrého vzorku buku 1

Obr. 6.3.1 Krabicový graf parametru W_a u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.3.2 Krabicový graf parametru S_{aw} u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.3.3 Krabicový graf parametru W_z u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.3.4 Krabicový graf parametru S_{zw} u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Obr. 6.3.5 Profil vlnitosti suchého vzorku buku 2

Obr. 6.3.6 Povrch vlnitosti suchého vzorku buku 2

Obr. 6.3.7 Profil vlnitosti mokrého vzorku buku 2

Obr. 6.3.8 Povrch vlnitosti mokrého vzorku buku 2

03. Seznam symbolů

Označení	Jednotka	Pojmenování
u	m/min	posuv
n	min	počet otáček
z	-	počet zubů
w_{rel}	%	vlhkost relativní
w_{abs}	%	vlhkost absolutní
m_w	g	hmotnost vody
m_0	g	hmotnost dřeva v suchém stavu
w	%	vlhkost
G_w	g	hmotnost vlhkých destiček
G_0	g	hmotnost vysušených destiček
v	$m.s^{-1}$	rychlost
D	mm	průměr
Ra	μm	průměrná aritmetická úchylka profilu drsnosti
Rz	μm	největší výška profilu drsnosti
Sa	μm	průměrná aritmetická úchylka základní plochy
Sz	μm	výška povrchu z deseti bodů základní plochy
Wa	μm	průměrná aritmetická úchylka profilu vlnitosti
Wz	μm	největší výška profilu vlnitosti
Saw	μm	průměrná aritmetická úchylka od střední roviny
Szw	μm	výška povrchů z deseti bodů základní plochy

1. ÚVOD

S dynamickým rozvojem vědy a techniky se klade větší důraz na problematiku jakosti obráběných součástí. Jakost je chápána z hlediska technologie výroby jako přesnost rozměrů, přesnost geometrického tvaru, polohy vlnitosti a drsnosti povrchu, u kterých se sledují chemické a fyzikální změny vlastností materiálu v povrchové vrstvě součásti.

Jedním z hlavních ukazatelů geometrie povrchové vrstvy je hodnocení textury povrchu. Texturou povrchu v technické praxi rozumíme vnitřní uspořádání, složení nebo strukturu. Struktura je obecně způsob složení, vnitřní uspořádání nějaké látky, nebo způsob uspořádání prvků, částí několika složek nějakého celku a souhrn jejich vzájemných vztahů (Petráčková, Kraus 1995).

Posuzování textury povrchu probíhá na základě znalostí rozteče příslušných nerovností, Dle publikace se konstatuje, že složky s nejmenší roztečí drsnosti povrchu, složky zvané vlnitost povrchu a složky s největší roztečí nerovností určují úchyly tvaru a polohy ploch.

V minulosti se drsnost a vlnitost textury povrchu zjišťovala zrakovou a hmatovou kontrolou. Při hmatové kontrole bylo zapotřebí shromáždění velkého množství vzorků k určení rozdílů. Kvůli nárokům na přesnost vývoj postoupil dál a metody byly nahrazeny číselným kvantitativním měřením. Měření nejprve zobrazovalo pouze hodnoty drsnosti a vlnitosti, později bylo doplněno i o další hodnoty profilu drsnosti a vlnitosti.

V současné době probíhá měření drsnosti a vlnitosti povrchu pomocí vysoce přesných měřících přístrojů využívající kontaktní i bezkontaktní snímače. Zařízení obsahují například tyto měřící systémy:

- CLA snímač s vysoce přesným bezkontaktním snímačem
- Laserový triangulační bezkontaktní snímač vyznačující se velkou rychlostí
- Indukční kontaktní snímač s dostatečnou přesností

Zařízení je taky vybaveno specializovaným softwarem pro 2D a 3D analýzy textury profilu a povrchu.

2. CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je zhodnocení parametrů drsnosti a vlnitosti textury povrchu na obrobených reálných vzorcích z bukového dřeva za stanovených podmínek vlhkosti. Pro hodnocení textury 2D profilu a 3D povrchu se obvykle využívá bezdotykový konfokální snímač přístroje.

K zjištění správnosti dosažených výsledků, bylo třeba vyhovět řadě podmínek měření. Bylo třeba zvolit podmínky pro měření, postupy, přístroje a zhotovit souhrn všech výsledků. Hlavními atributy k správnému dokončení práce je znalost hodnocení textury povrchu, charakteristické vlastnosti chování bukového dřeva při obrábění.

Hlavní cíle této práce jsou:

- Vyhodnotit texturu povrchu 2D profilu a 3D povrchu
- Porovnat parametry drsnosti a vlnitosti 2D profilu a 3D povrchu
- Popsat vzájemný vztah parametrů drsnosti vlnitosti mezi hodnocenými vzorky suchými a vlhkými

3. PROBLEMATIKA HODNOCENÍ POVRCHU

Přehled současného stavu hodnocení textury povrchu dřevěných obrobků pomocí bezdotykového konfokálního snímače je publikován v různých odborných časopisech a článcích, které postupně níže cituji.

prof. Ing. Miroslav Rousek, CSc. et al. (2010) v tomto článku představili novou metodu k hodnocení kvality obrobeného povrchu dřeva s použitím nových počítačových metod. Užit je bezdotykový postup snímání povrchu topografickou metodou konfokálním snímačem na zařízení Talysurf CLI 1000.

Ing. Vít Novák, Ph.D. et al. (2011) popisují styl hodnocení kvality povrchu při vysoké rychlosti frézování dřeva. Prováděly se pokusy na vybraných typech dřevin. Na vzorcích byly registrovány účinky specifických parametrů na kvalitu povrchu. Použita je metoda bezkontaktní s přístrojem Talysurf CLI 1000 za podpory konfokálního snímače.

prof. Ing. Miroslav Rousek, CSc. et al. (2012) v tomto dokumentu představují závislost užití základních druhů obráběcích technologií na kvalitu povrchu u nejběžnějších dřev. Hodnocení kvality dřev se měřilo na zařízení Talysurf CLI 1000 s konfokálním snímačem za použití bezdotykové metody. Studie probíhaly na frézovacím standu, kde se měnily otáčky a posuvné rychlosti.

Dr. Ing. Jacek Wilkowski et al. (2013) se zabývají vlivem řezných parametrů na povrchu dřeva po frézování. Použili Taguchiho metodu k vyhodnocení výsledků. Obrobení vzorků probíhalo na CNC řízené frézce. K měření drsnosti využili Mitutoyo stylus jednotku. Aktiva této metody jsou zjištěné vlivy dílčích faktorů při frézování, které působily na kvalitu.

4. LITERÁRNÍ PŘEHLED

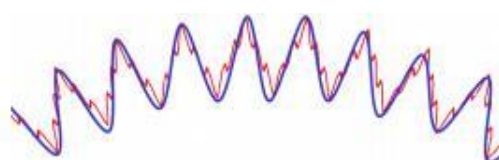
V literárním přehledu je popsán povrch, jeho vlastnosti a používané metody k měření drsnosti. Dále pojednává o vztahu mezi dřevem a vodou a zmiňuje se o frézování.

4.1 Povrch a jeho vlastnosti

Drsnost i vlnitost se vyskytují u všech typů povrchů, i když je velmi kvalitně obroušen. Drsnost je charakteristická různými vyvýšeninami, prohlubeninami, rýhami a vytrhanými vlákny na povrchu. Rozdíl mezi drsností a vlnitostí spočívá v tom, že drsnost se vyznačuje nestejnými rozdíly, naopak vlnitost obsahuje rozdíly pravidelné. Drsnost i vlnitost se vyznačují určitým rozdílem od přímé plochy.



Obr. 4.1.1 Znázornění drsnosti



Obr. 4.1.2 Znázornění vlnitosti

Důvody vzniku drsnosti a vlnitosti na povrchu:

- Stopy po obráběcím přístroji, jehož forma vychází z kinematiky nástroje, z nesprávného sevření, kmitání přístroje, ze znaků obráběné plochy atd.
- Znaky obrobené plochy záleží na chování, struktuře a orientaci dřevařského přístroje.
- Nedokonalost obrobeného materiálu, kdy jsou chybou různé vady (suky, odklon vláken) nebo následek chybného spojení materiálu.
- Málo častý důvod je deformace způsobená nástrojem.

V minulosti byly drsnost a vlnitost zjišťovány pouhým okem a dotekem. Byl rozlišován povrch lesklý, hladký, vlnitý, vytrhaný, chlupatý, mechovitý atd.

V současné době je používán postup metody provozní kontroly k vyhodnocování drsnosti a vlnitosti.

V tab. 4.1.1 jsou tři třídy jakosti. První třída jakosti je charakteristická povrchem, který může být dýchován bez dalších úprav. Posuv na zub je nejvíce 0,2 mm a tloušťka hoblované vrstvy je maximálně 0,6 mm. Používaná značka pro první třídu jakosti je ∇ . Druhá třída jakosti popisuje povrch, který lze hoblovat. Posuv na zub se pohybuje v rozmezí 0,2 - 0,4 mm a tloušťka hoblované vrstvy je v rozmezí 0,6 - 1,0 mm. Značka druhé třídy jakosti je \approx . Třetí třída jakosti, používaná pro stavební účely, má posuv na zub vyšší než 0,4 mm a tloušťka hoblované vrstvy je vyšší než 1,0 mm. Značení pro třetí třídu jakosti je $\approx\approx$.

Tab. 4.1.1 Třídy jakosti řeziva podle AWF (Prokeš 1965)

Třída	Charakteristika	Posuv na zub [mm]	Tloušťka hoblované vrstvy [mm]	Značka na výkresu
I	Povrch, který se může dýchovat bez další úpravy - jemně řezaný	max 0,2	max 0,6	∇
II	Povrch, který lze hospodárně hoblovat	0,2 - 0,4	0,6 - 1,0	\approx
III	Pro stavební účely	0,4 +	1,0 +	$\approx\approx$

Vlnitost je popisována hloubkou vln a vzdáleností rozteče vedlejších vrcholů. Pokud je břit nástroje umístěn na kružnici nedochází ke chvění a práce probíhá spolehlivě za stejného posuvu, otáček a počtu zubů (Prokeš 1965).

Vzdálenost dvou nejvyšších bodů se obvykle vypočítá:

$$u_z = \frac{u \cdot 1000}{n \cdot z} \text{ [mm]}, \quad (4.1a)$$

kde u je rychlost posuvu v m/min

n je počet otáček za minutu

z je počet zubů nástroje

4.2 Metody měření drsnosti povrchu

Nejznámější postupy měření drsnosti a vlnitosti jsou dotykové a optické, jinými slovy bezdotykové. V minulosti se používal postup nanášení pasty (Prokeš 1965).

4.2.1 Dotyková metoda

Jak už je výše uvedeno, tento způsob měření je nejrozšířenější. Přínos metody spočívá v přetvoření analogového zápisu v digitální verzi. Získané hodnoty se dále mohou použít k porovnání s dalšími výsledky (Whitehouse 1988).

Nevýhodou metody je vzniklá elastická deformace, ke které dochází kvůli vyvinutému tlaku na hrot a vzniklé vady na povrchu. Samozřejmě u každého dřeva je poškození jiné, vše závisí na jeho tvrdosti (Leonardo et al. 1996).

4.2.2 Bezdotyková metoda

Jiný způsob pro měření drsnosti povrchu je optická metoda, která vyhodnocuje povrch. Povrch se snímá pomocí světelného paprsku. Díky němu nedochází k poškození snímaného povrchu. Světelný paprsek se rozptyluje nebo naopak odráží. Nevýhodou je, že díky hloubce, do které vniká světelný paprsek se mění naměřené hodnoty. Daná hloubka se pozměňuje dle součinitele absorpce materiálu. Součinitel absorpce je u většiny materiálu nízký, kvůli pohlcení světla do materiálu (Bumbálek 2004).

4.3 Vztah mezi dřevem a vodou

Dřevo je hygroskopický materiál, který přijímá i odevzdává vodu ve dvou skupenstvích, pevném a kapalném. Má schopnost měnit svou vlhkost podle toho v jakém okolí se právě vyskytuje. Dřevo může přijímat i jiné látky než vodu, která je ale zpravidla nejdůležitější pro život vyvíjejícího se stromu. Voda je ve dřevě obsažena vždy a značně ovlivňuje i jeho vlastnosti. S klesáním a zvyšováním vody ve dřevě souvisí napadení dřeva různými škůdci a změny fyzikálních a mechanických vlastností (Horáček 2001).

Vnitřní a vnější, tak se dělí fyzikální vlastnosti. K vnitřním vlastnostem patří vlhkost, pórovitost, hustota atd. Typickými vnějšími vlastnostmi jsou vůně, barva, textura atd. (Varkoček et al. 2004).

Voda vyskytující se ve dřevě se dělí:

- Voda chemicky vázaná se ze dřeva odstraní pouze spálením. Jako jediná se vyskytuje i v nulové absolutní vlhkosti. Na určení fyzikálních a mechanických vlastností nemá žádný vliv na rozdíl od vody vázané, neboli hygroskopické, která má na zmíněných vlastnostech největší podíl.
- Voda hygroskopická se vyskytuje v buněčných stěnách při vlhkosti v rozmezí 0-30%.
- Voda volná, kapilární, která se podílí též na změně fyzikálních a mechanických vlastností tvoří mezibuněčné prostory a lumény buněk (Horáček 2001).

4.3.1 Vlhkost

Voda nebo-li kapalina obsažená ve dřevě je vlhkost. Obecně se rozlišuje vlhkost absolutní w_{abs} a relativní w_{rel} . Slovně se absolutní vlhkost označuje podílem hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu, naopak relativní se vyjadřuje podílem hmotnosti vody k hmotnosti mokrého dřeva.

$$w_{rel} = \frac{m_w - m_o}{m_w} * 100[\%] \quad (4.3.1a)$$

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_o}{m_o} * 100[\%] \quad (4.3.1b)$$

Každá vlhkost má jiné využití. Absolutní vlhkost dřeva je charakteristická pro fyzikální a mechanické vlastnosti. Naopak relativní vlhkost dřeva se využívá v místech, kde je potřebné vyjádřit existenci vody v procentech z celkové hmotnosti mokrého dřeva.

Vlhkosti absolutní a relativní se dají navzájem přepočítat podle rovnic:

$$w_{rel} = (100 \cdot w_{abs}) / (100 + w_{abs}) [\%] \quad (4.3.1c)$$

$$w_{abs} = (100 \cdot w_{rel}) / (100 - w_{rel}) [\%] \quad (4.3.1d)$$

Dle výskytu vody ve dřevě rozlišujeme:

- Vlhkost suchého dřeva, která vychází ze vztahu (4.3.1a). Sušení probíhá při teplotě $103 \pm 2^\circ\text{C}$ z čeho vyplývá, že se ve dřevě nenachází ani voda volná ani vázaná. Tato vlhkost se značí w_0 . Je to vlhkost absolutně suchého dřeva.
- Jestliže je mikrokapilární systém v buněčné stěně plně obsažen vodou, nazýváme ho vlhkostí nasycení buněčných stěn. Takle vlhkost se vyskytuje v 22...35% a je vyjádřena mezi hygroskopicity MH nebo mezi nasycení buněčných stěn MNBS.
- V případě, že je dřevo zaplněno zcela vodou i jeho mikro a makrokapilární systém, hovoříme o vlhkosti nasycení dřeva. Vlhkost je ve dřevě maximální v hodnotách $w_{max}=80...400\%$ (Horáček 2001).

Pevnost dřeva klesá se zvyšováním vlhkosti ve dřevě. Růstem parametru vody ve dřevě dochází k bodu nasycení vláken, tzn. $u=30\%$. Stoupání vody nad 30% není pro nás významné.

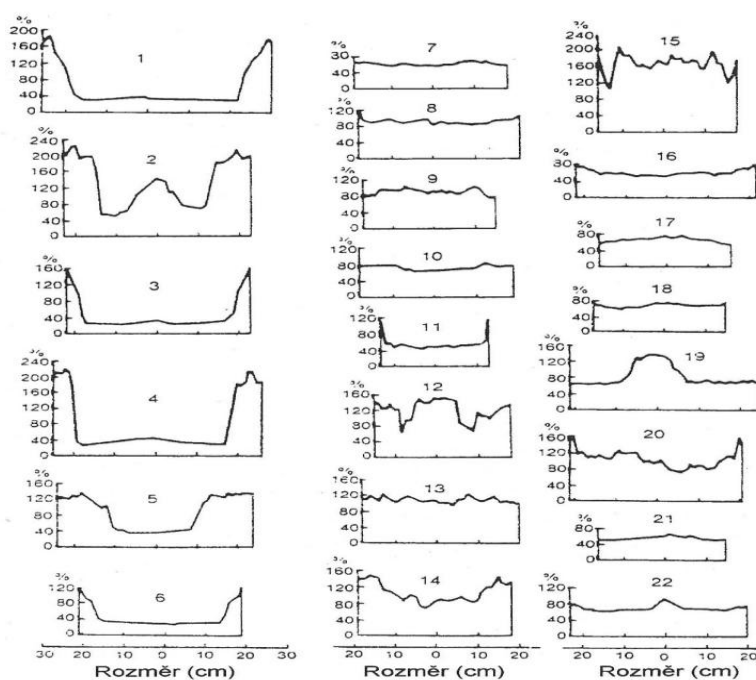
Vlhkost má vliv na pružnou a plastickou deformaci, která ovlivňuje tření o břit. Působením vody volné je zmenšen koeficient tření mezi obrobkem a nástrojem, proto při krácení navlhčeného dřeva je řezný odpor malý. Naopak zvýšený řezný odpor vznikne při uzavřeném řezání kvůli pružným deformacím, které svírají nástroj (Prokeš 1965).

Tab. 4.3.1.1 Hodnoty opravného koeficientu podle Manžose a Afanasieva (Prokeš 1965)

Dřevo	Vlhkost %	Elementární řezání au	Řezání pilou au
Suché	5-8	1,1	0,9
Vyschlé na vzduchu	10-15	1,0	1,00
Polosuché	20-30	0,93-0,95	1,05
Čerstvě poražené	50-70	0,89-0,90	1,1
Plavené	70+	0,85-0,87	1,15

Stavba, hustota, teplota, mechanické namáhání dřeva, to jsou faktory, které ovlivňují vlhkost dřeva. V mladém stromu se vlhkost vyskytuje nerovnoměrně. Jehličnaté dřeviny mají největší rozdíly vlhkosti mezi jádrem a bělí, naopak listnaté dřeviny mají nízké rozdíly. Jehličnany mají 3 – 4krát vlhčí běl než jádro. U listnáčů je vlhkost rozložena rovnoměrně.

Vlhkost ve dřevě nezůstává stejná po celý rok. Nejvyšších hodnot získává dřevina během zimy, nejnižších hodnot v letním období.



Obr.4.3.1.1 Rozložení vlhkosti dřeva po poloměru rostoucího stromu (Horáček 2001).

Dle vlhkosti se dřevo dělí:

- Dřevo vyskytující se v mokřém prostředí. Vlhkost je větší než 100%.
- Dřevo právě pokácené s vlhkostí 50-100%.
- Dřevo vyskytující se na vzduchu s vlhkostí v rozmezí 15-22%.
- Dřevo vysušené na hodnotu 8-15%.
- Dřevo s nulovou vlhkostí (Horáček 2001).

4.3.2 Metody měření vlhkosti

Metody na měření vlhkosti jsou dvě, přímé a nepřímé. Do přímých metod patří váhová (gravimetrická) a destilační metoda. Elektrofyzikální, radiometrická a akustická patří do skupiny nepřímých metod.

Nejpoužívanější a nejrychlejší metodou je měření pomocí vlhkoměrů. Nejpoužívanější vlhkoměry současnosti jsou elektrické.

4.3.2.1 Váhová metoda

Metoda váhová, gravimetrická patří do skupiny přímých metod. Metoda se dá považovat za nepřesnější. Prvním krokem k měření je odřezání konce řeziva. Ze zbylého kusu se oddělí vzorky, na kterých může začít měření váhovou metodou. Vzorky by měly být bez vad, protože může dojít ke změně výsledků.

Vzorky se očistí a zváží s přesností 0,1g na váhách. V tu chvíli se zjistí hmotnost vlhkého dřeva m_w . Dále se suší při teplotě 103 ± 2 °C. Délka sušení se stanovuje podle tloušťky vzorku. Sušení končí ve chvíli, kdy vlhkost zůstává stejná. Vzorek se znovu zváží. Konečná hodnota je vlhkost absolutně suchého dřeva m_0 (Jirů, Lysý 1961).

Obsah vlhkosti w se vypočítá s přesností 1 % dle vzorce:

$$w = [G_w - G_0 / G_0] * 100 [\%], \quad (4.3.2.1a)$$

kde G_w je hmotnost vlhkých destiček v g,

G_0 je hmotnost vysušených destiček v g.

4.3.2.2 Elektrická metoda

Měření je založeno na rostoucím elektrickém odporu. Vlhkost klesá a tím pádem se snižuje i jeho kapacita. K měření se využívají elektrické vlhkoměry, které se vyznačují menší přesností.

Elektrické vlhkoměry dělíme:

- Odporové
- Kapacitní

U odporových vlhkoměrů se vlhkost měří v rozmezí 6 – 25%. Vlhkoměry se zabývají změnami ohmického odporu dřeva k vlhkosti. U tohoto typu vlhkoměru nelze měřit vlhkost v celé tloušťce, jen na místech kde se jehly dotýkají dřeva.

Druhým typem jsou kapacitní vlhkoměry, u kterých měření vlhkosti souvisí s dielektrickou konstantou. Elektrická kapacita se pozměňuje s vlhkostí v celé míře stavu dřeva. Při měření se dřevo vloží mezi desky kondenzátoru s vysokofrekvenčním proudem. Ve vysokofrekvenčním okruhu se mění dielektrické vlastnosti dřeva. Poté se zjištěné hodnoty převádějí na vlhkost dřeva (Jírů, Lysý 1961).

4.3.3 Nasákavost

Je vlastnost dřeva, která má za úkol pohlcovat vodu z okolí, ve kterém se nachází. Je-li dřevo plně nasyceno vodou vázanou a volnou, mluvíme o dřevu plně nasáklém. Množství vody volné ve dřevě závisí na rozměru póru (Šlezingerová, Gandelová 1994).

4.4 Frézování

Frézování je proces, kdy materiál je obroben rotujícím nástrojem (frézou). Frézováním můžou vzniknout různé tvary na povrchu materiálu.

Jedná se o frézování:

- Rovinné
- Profilové přímočaré
- Rovinné a profilové křivočaré a kopírování

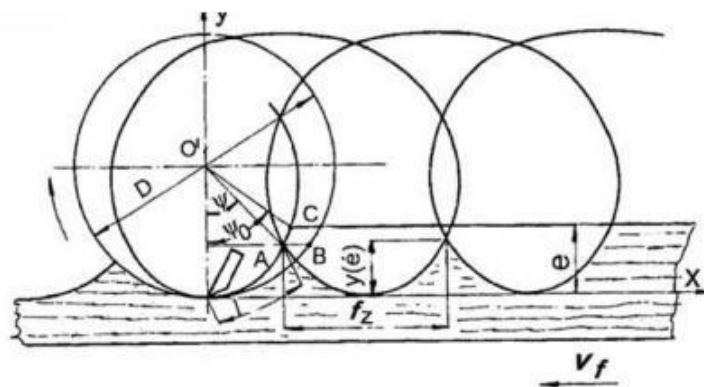
Tloušťkovací frézky, čtyřstranné tvarovací frézky a rovinné srovnávací jsou typické pro frézování rovinné. Na spodních a horních frézkách se zpracovává

frézování profilové přímočaré. Čepováním je označeno frézování u kterého dochází k opracování čelních konců (Král 2009).

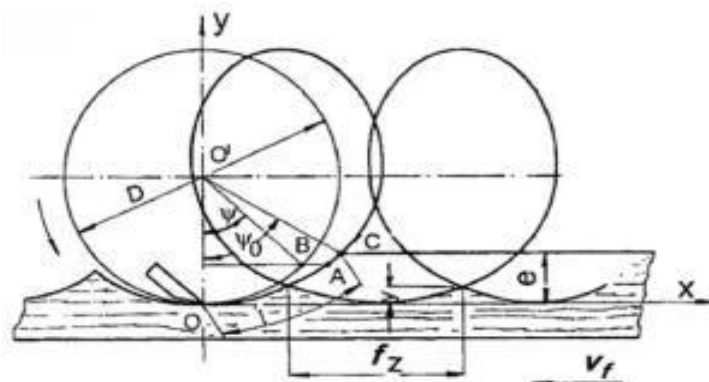
Typy frézování:

- Sousedné
- Nesousedné

U sousledného frézování je obrobek posouván ve směru otáčení frézy viz obr. 4.4.1. Naopak u nesousledného frézování je obrobek posouván proti směru otáčení frézy viz obr. 4.4.2. Frézování nesousledné je klidnější a plynulejší, kvůli postupně se tvořící tříске od nulové tloušťky až po maximální tloušťku. U sousledného frézování začínají zuby odřezávat až v místech s velkou tloušťkou. Jedná se o frézování nárazové (Svatoš 2009).



Obr. 4.4.1 Sousedné frézování (Svatoš 2009)



Obr. 4.4.2 Nesousledné frézování (Svatoš 2009)

5. MATERIÁL A METODIKA

Měření a vyhodnocení textury povrchu obrobků probíhalo ve specializovaných učebnách Univerzity obrany, které jsou pro tyto účely vybaveny přístroji pro hodnocení textury povrchu obrobků.

5.1 Typ dřeviny

Zkušební vzorky byly vyrobeny z dřeviny buk, jak už bylo výše uvedeno. Buk, latinsky *Fagus*, patří do skupiny listnatých roztroušeně pórovitých dřevin. Dřevina je charakteristická přítomností vyzrálého dřeva. Letokruhy a dřeňové paprsky jsou dobře viditelné, na rozdíl od cév, které pouhým okem nevidíme. Nepravé jádro se nachází především u starších dřevin. Barva buku je narůžovělá. Řadí se mezi středně těžké dřeviny a tvrdé.



Obr. 5.1.1 Vzhled buku

5.2 Popis měření vlhkosti

Vlhkost buku byla měřena pomocí bezhrotového vlhkoměru Merlin WS 25. Přístroj má 6 stupňů nastavitelnosti. Stupně se volí dle typu měřené dřeviny. Pro dřevinu buk odpovídala pozice 6.



Obr. 5.2.1 Nastavitelnost pozic podle měřené dřeviny

V každé označené části na vzorku byla změřena požadovaná vlhkost, přiložením přístroje na dřevinu v podélném směru. Přístroj obsahuje displej, na kterém se ihned zobrazila hodnota vlhkosti měřené plochy.



Obr. 5.2.2 Vlhkoměr Merlin WS 25

5.3 Podmínky měření

Vzorky s rozměry 80x380x30mm viz tab. 5.3.1 byly vyrobeny z dřeviny buk, za těchto podmínek obrábění: $n=9000\text{min}^{-1}$ (počet otáček), $v=21\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, $D=125\text{mm}$ a počet břitů $z=6$, které byly předem stanoveny.

První vzorek byl ponořen do lázně po dobu přibližně 3dnů. Druhý vzorek byl zcela suchý. Povrch vzorků (mokrého, suchého) byl rozdělen na 4 oblasti, kde se provádělo měření. V každé oblasti byla změřena vlhkost. Průměrná vlhkost všech oblastí u suchého vzorku je 7,075 % a průměrná vlhkost mokrého vzorku je 9,95 %.

Tab. 5.3.1 parametry vzorků

Oblasti dřeviny a typ	Příčný rozměr [mm]	Délka [mm]	Vlhkost [%]
Buk suchý 1	30x80	380	7
Buk suchý 2	30x80	380	7,1
Buk suchý 3	30x80	380	7,1
Buk suchý 4	30x80	380	7,1
Buk mokrý 1	30x80	380	10,6
Buk mokrý 2	30x80	380	9,7
Buk mokrý 3	30x80	380	9,6
Buk mokrý 4	30x80	380	9,9

Měření textury povrchu 2D a 3D metodou probíhalo na 3D profilometru Talysurf CLI 1000 bezdotykovým konfokálním snímačem viz Tab. 5.3.2.:

- U drsnosti (3D) povrchu bylo provedeno jedno měření plochy ve čtyřech zvolených oblastech.
- U drsnosti (2D) povrchu byly provedeny dvě měření profilu ve čtyřech zvolených oblastech.

Tab. 5.3.2 Podmínky měření topografie povrchu

Snímač	Typ	Rozsah	Frekvence snímání
	konfokální	800 μm	100 Hz
Plocha měření	12,5 mm x 12,5 mm		
Krok snímání dat	20 μm x 20 μm		
Rychlost měření	vpřed/vzad	1 mm.s ⁻¹ /30 mm.s ⁻¹	

U vyhodnocení a zpracování naměřených hodnot parametrů, jak profilových tak plošných, bylo využito programové vybavení Talymap Platinum (3D) a Talyprofile Platinum (2D) za zvolených podmínek viz tab. 5.3.3.

Tab. 5.3.3 Podmínky pro vyhodnocení parametrů drsnosti

Parametr	2D profil	3D plocha
Velikost plochy	–	12,5 mm x 12,5 mm
Vyhodnocovaná délka	12,5 mm	–
Filtr	Gaussův	Plošný Gaussův
Cut off	2,5 mm	2,5 mm
Základní délka pro filtraci	2,5 mm	–
Základní plocha pro filtraci		2,5 mm x 2,5 mm

Vyhodnocení probíhalo tímto postupem:

1. Levelling (Vyrovnání plochy) – plocha se vyrovnává v závislosti na zvolené oblasti.
2. Form removal (Odstranění tvaru) – polynom 3. řádu odstraní tvar.
3. Thresholding (Stanovení prahu citlivosti) – parametry drsnosti se stanoví díky získané základní ploše.
4. Zobrazení parametrů 3D – zobrazení vybraných parametrů 2D drsnosti povrchu.
5. Filtrace mezi vlnitostí a drsností.
6. Zobrazení plochy drsnosti a vlnitosti.

Postup stanovení 3D parametrů má o jeden krok navíc :

0. Extract Profile (Výběr profilu) – z naměřené plochy byl vybrán profil pro další analýzu.

Zvolené parametry drsnosti:

Tab. 5.3.4 Parametry

parametry drsnosti povrchu/plochy		parametry vlnitosti povrchu/plochy	
Ra	průměrná aritmetická úchylka profilu drsnosti [μm]	Wa	průměrná aritmetická úchylka profilu vlnitosti [μm]
Rz	největší výška profilu drsnosti (na základní délce) [μm]	Wz	největší výška profilu vlnitosti (na základní délce) [μm]
Sa	průměrná aritmetická úchylka základní plochy [μm]	Saw	průměrná aritmetická úchylka od střední roviny [μm]
Sz	výška povrchu z deseti bodů základní plochy [μm]	Szw	výška povrchů z deseti bodů základní plochy [μm]

5.4 Statistické zpracování dat

Výsledky drsnosti povrchu Ra, Sa, Rz, Sz a vlnitosti Wa, Saw, Wz, Szw byly vyhodnoceny v programu STATISTICA.

- popisná statistika
- závěrečné vyhodnocení

6. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V následujících kapitolách jsou zobrazeny grafy vyhodnocených vzorků (2D) a povrchy vzorků (3D) dřeviny buk ve formě suché i mokré.

Při vyhodnocení textury povrchu 2D metodou je výsledkem graf zobrazující profil povrchu. Naopak při vyhodnocení drsnosti 3D metodou je výsledkem měřená plocha.

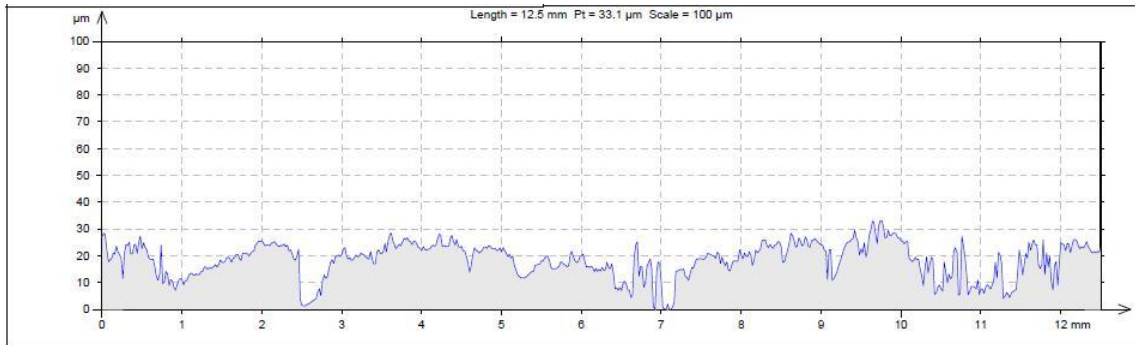
Jednotlivé nedostatky měření textury povrchu jak v 2D řezu tak na 3D ploše jsou zobrazeny v kapitolách 6.2 a 6.3.

V kapitole 6.1 jsou uvedeny základní profily a plochy suchého i mokrého vzorku buku 1, ze kterých vycházela měření.

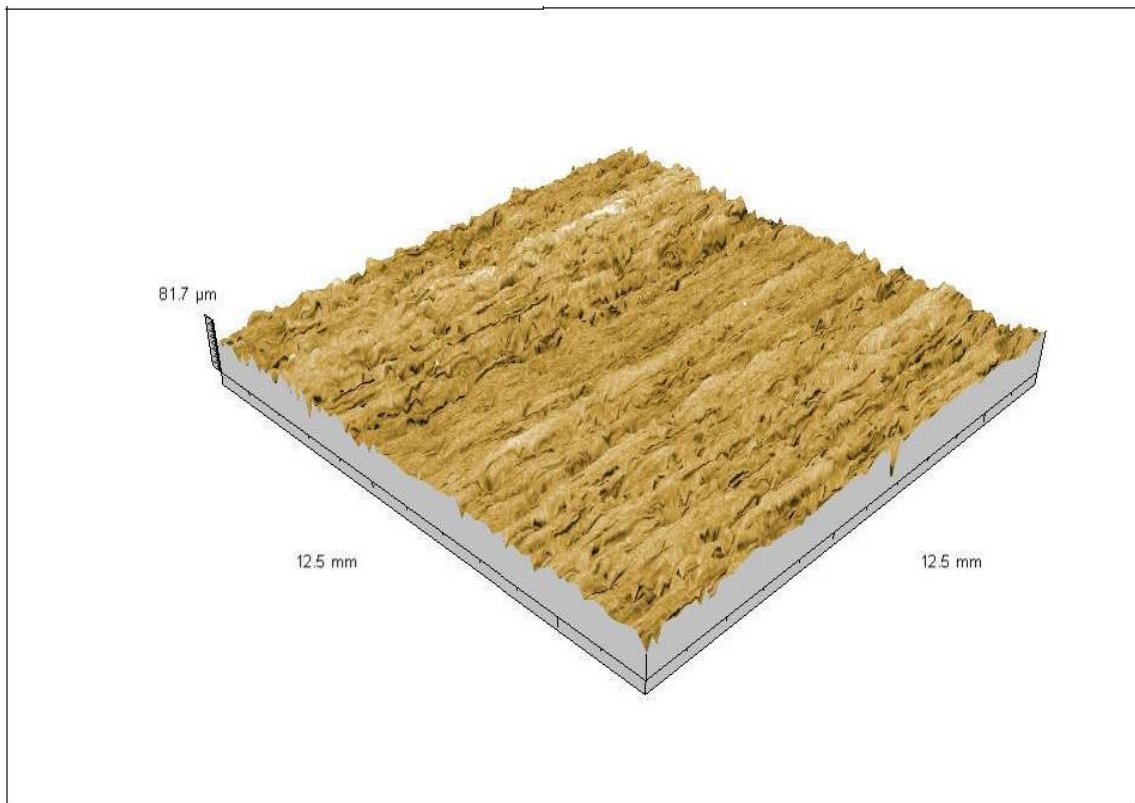
V kapitole 6.2 jsou zobrazeny tabulky (tab. 6.2.1 a tab. 6.2.2) s vypočtenými parametry drsnosti R_a , R_z , S_a , S_z . V tabulkách jsou uvedeny jejich průměrné hodnoty a směrodatné odchylky. Pod tabulkami jsou uvedeny obrázky grafů a ploch vzorku 1 suchého i mokrého.

V kapitole 6.3 jsou v tabulkách (tab. 6.3.1 a tab. 6.3.2) uvedeny vypočtené parametry vlnitosti W_a , W_z , SW_a , SW_z . Dále jsou uvedeny profily a povrchy vlnitosti suchého vzorku 2 a mokrého vzorku 2.

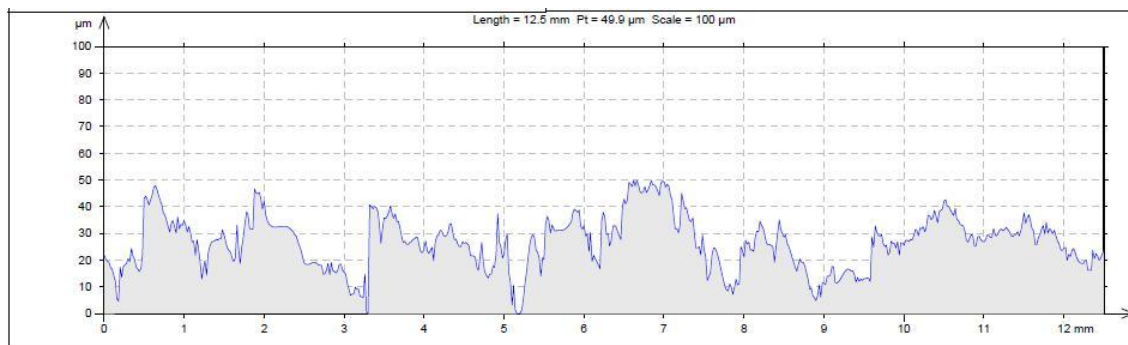
6.1 Základní profily a plochy suchého a mokrého vzorku



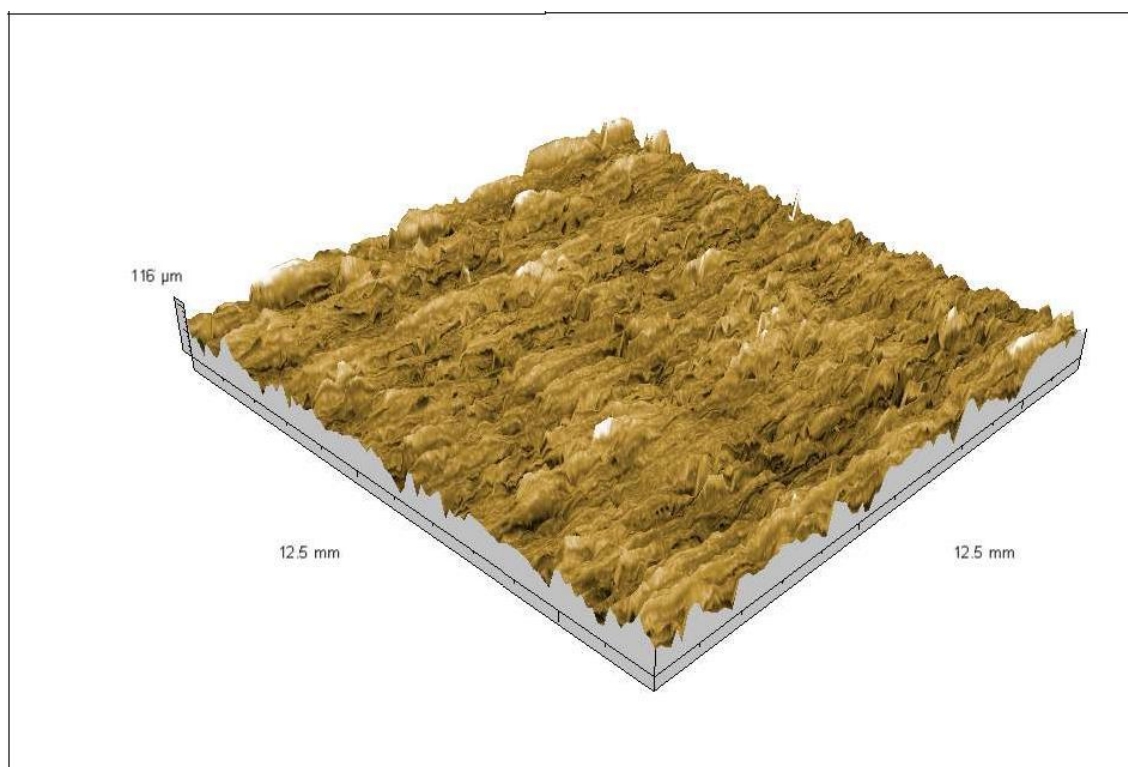
Obr. 6.1.1 Základní profil suchého vzorku buku 1



Obr. 6.1.2 Základní plocha suchého vzorku buku 1



Obr. 6.1.3 Základní profil mokrého vzorku buku 1



Obr. 6.1.4 Základní plocha mokrého vzorku buku 1

6.2 Výsledky drsností povrchu mokrých a suchých vzorků

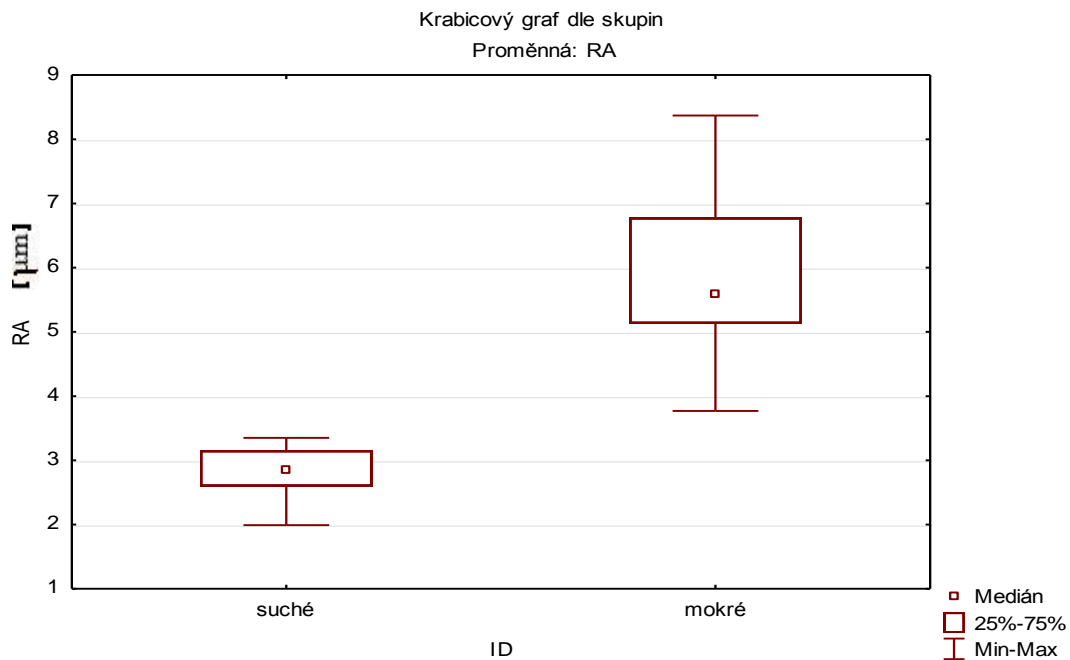
Naměřené hodnoty drsnosti povrchu mokrého a suchého buku jsou uvedeny v tabulce 6.2.1

Tab. 6.2.1 Drsnost povrchu Ra a Sa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Vzorek	Buk 1			
Měřeno	Systém měření 2D a 3D bezdotykovým konfokálním snímačem			
Podmínky	Suché		Mokré	
Profil/plocha[μm]	*Ra	*Sa	*Ra	*Sa
I.oblast	3,350	5,580	6,440	11,000
	2,740	5,570	5,220	11,110
II.oblast	3,030	8,110	8,370	11,500
	2,750	7,890	7,110	11,350
III.oblast	3,270	7,810	5,960	11,800
	1,990	7,900	3,770	11,920
IV.oblast	2,970	7,320	5,130	11,500
	2,460	7,100	5,140	11,450

**Ra-průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu, *Sa-průměrná aritmetická úchylka od střední roviny*

Obr. 6.2.1, obr. 6.2.2 - Krabicové diagramy jsou určeny dvěma porovnávanými vzorky. Můžeme pozorovat rozložení hodnot, které byly naměřeny v experimentu. V případě měření buku jsme nenaměřili žádné odlehlé a extrémní hodnoty.



Obr. 6.2.1 Krabicový graf parametru Ra u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



Obr. 6.2.2 Krabicový graf parametru Sa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

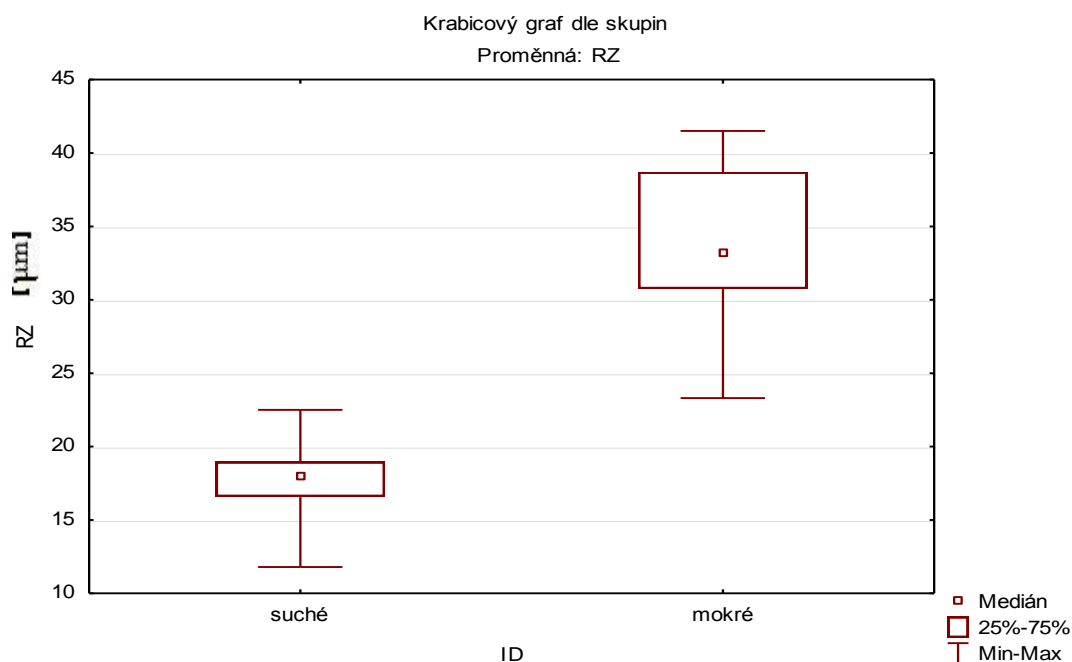
Naměřené hodnoty drsnosti povrchu mokrého a suchého buku jsou uvedeny v **tabulce 6.2.2**

Tab. 6.2.2 Drsnost povrchu Rz a Sz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

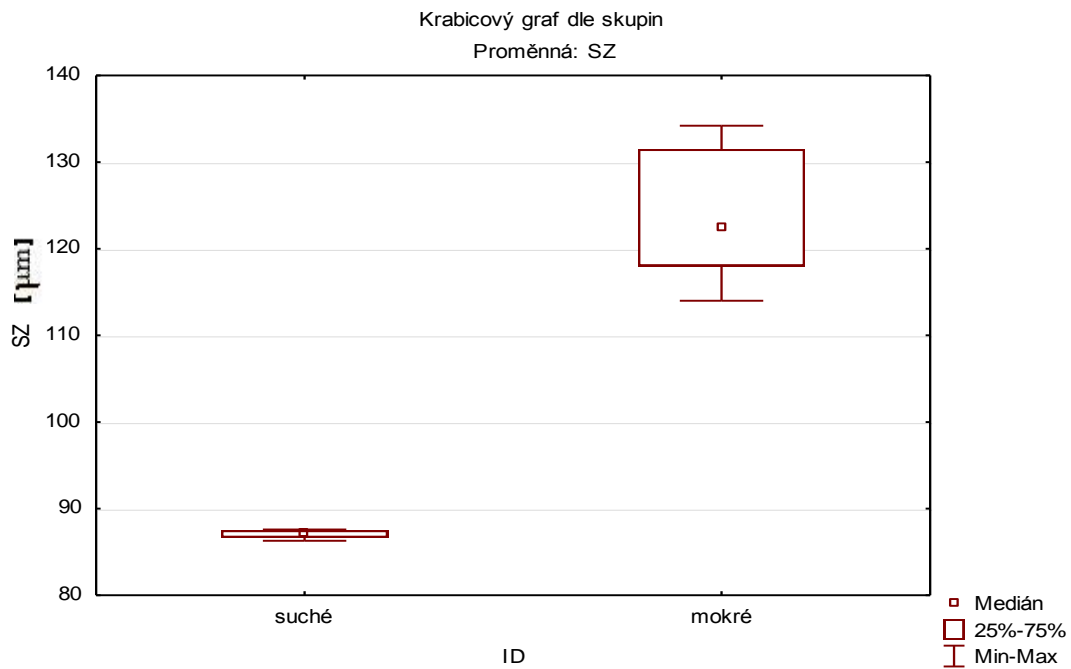
Vzorek	Buk 2			
Měřeno	Systém měření 2D a 3D bezdotykovým konfokálním snímačem			
Podmínky	Suché		Mokré	
Profil/plocha[μm]	*Rz	*Sz	*Rz	*Sz
I.oblast	22,500	87,600	37,400	116,000
	16,400	87,500	31,100	114,000
II.oblast	18,300	87,000	41,500	130,000
	17,700	87,110	40,000	120,000
III.oblast	18,700	86,300	35,300	122,000
	11,800	86,310	23,300	123,000
IV.oblast	19,200	87,500	30,500	133,000
	16,800	87,400	31,000	134,200

**Rz - největší výška profilu drsnosti (na základní délce), *Sz- výška povrchu z deseti bodů základní plochy*

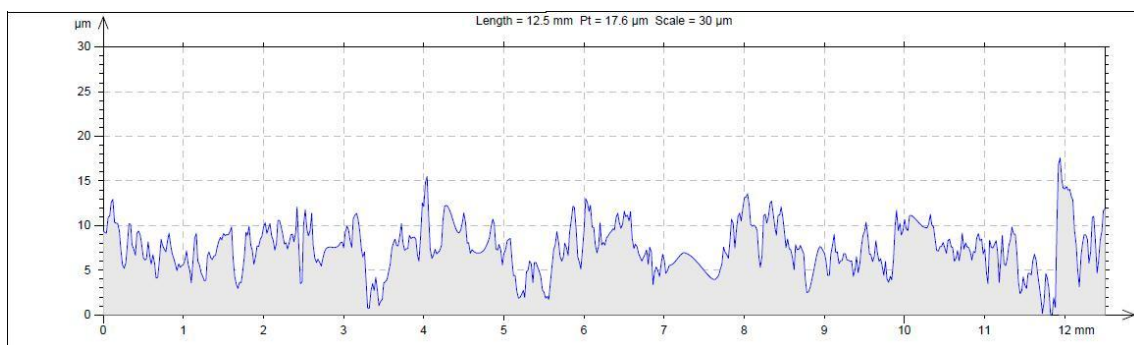
Obr. 6.2.3, obr. 6.2.4 - Krabicové diagramy jsou určeny dvěma porovnávajícími vzorky. Můžeme pozorovat rozložení hodnot, které byly naměřeny v experimentu. V případě měření buku jsme nenaměřili žádné odlehle a extrémní hodnoty.



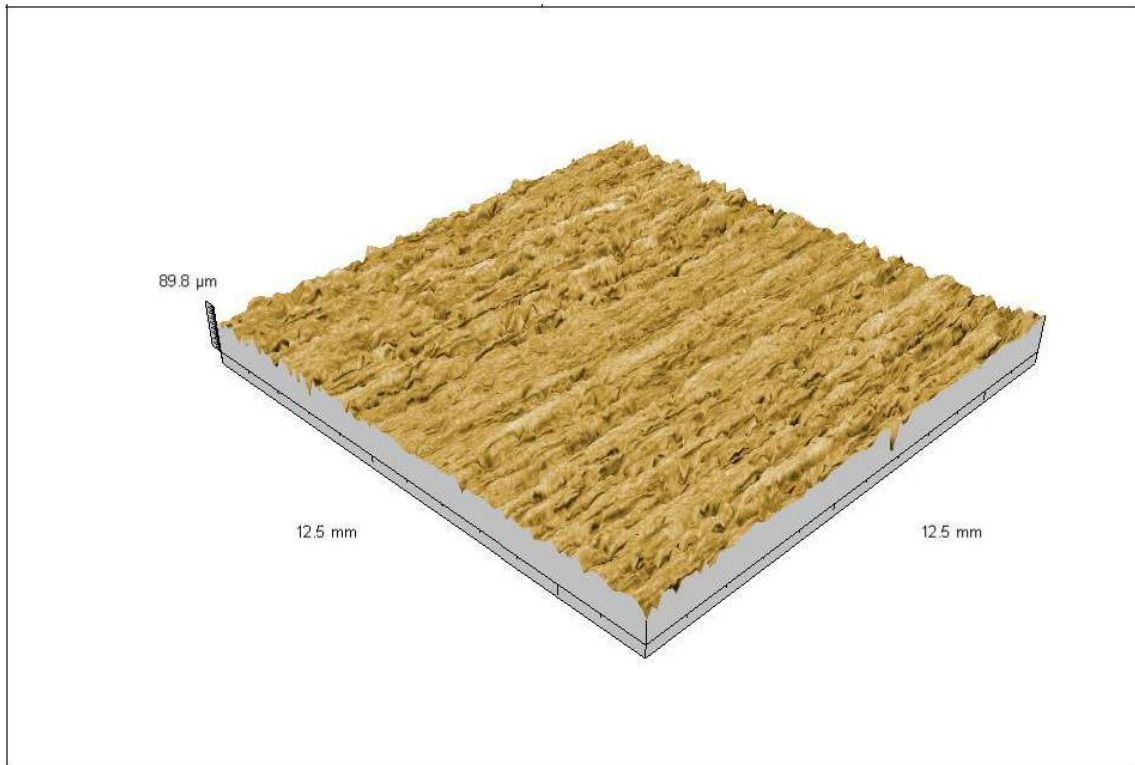
Obr. 6.2.3 Krabicový graf parametru Rz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



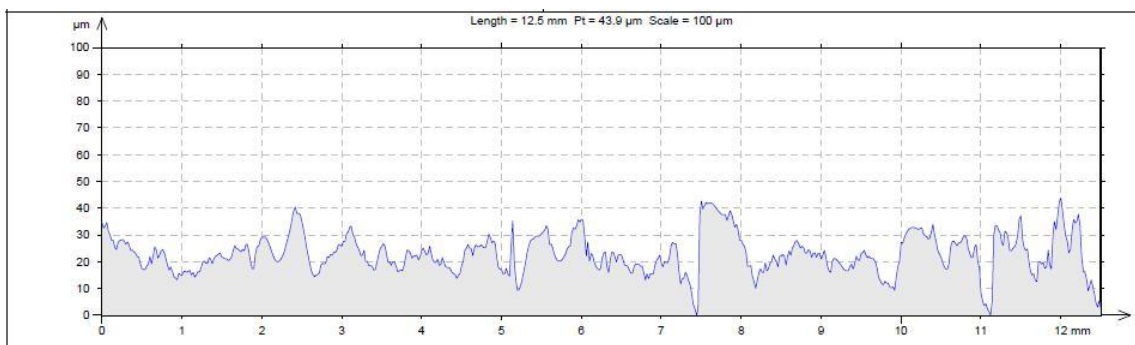
Obr. 6.2.4 Krabicový graf parametru Sz u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



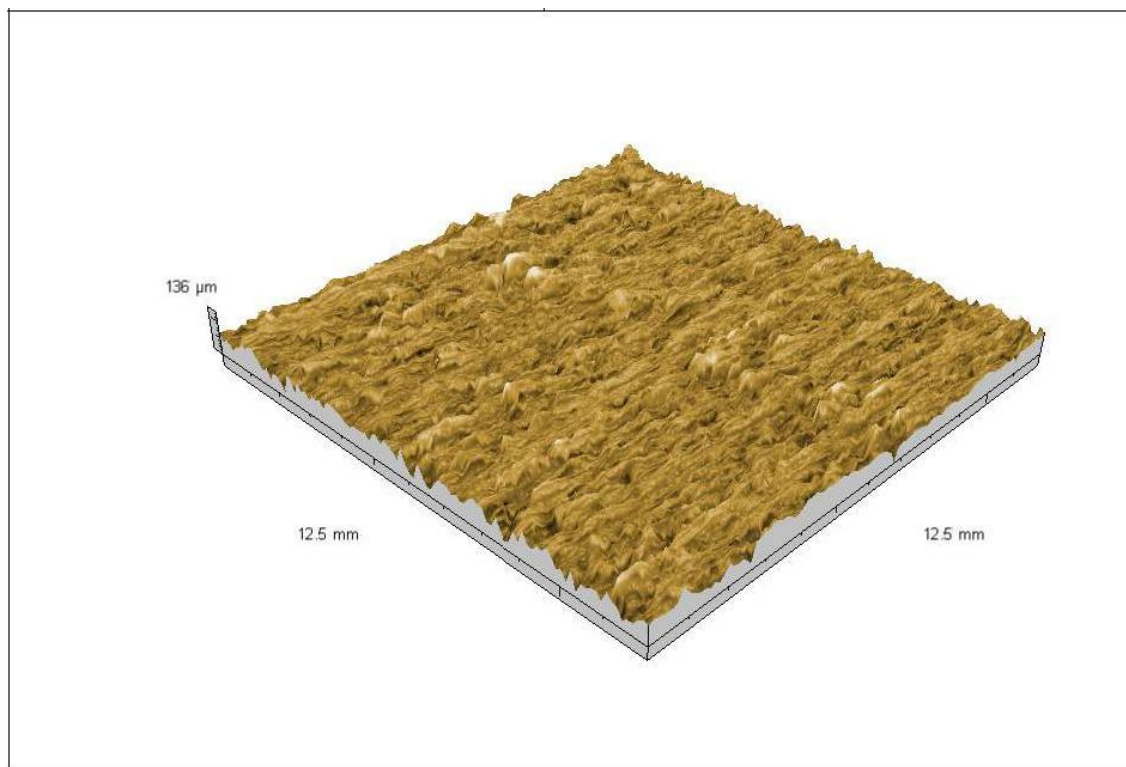
Obr. 6.2.5 Profil drsnosti suchého vzorku buku 1



Obr. 6.2.6 Povrch drsnosti suchého vzorku buku 1



Obr. 6.2.7 Profil drsnosti mokrého vzorku buku 1



Obr. 6.2.8 Povrch drsnosti mokrého vzorku buku 1

6.3 Výsledky vlnitostí mokrých a suchých vzorků

Naměřené hodnoty vlnitosti povrchu mokrého a suchého buku jsou uvedeny v **tabulce**

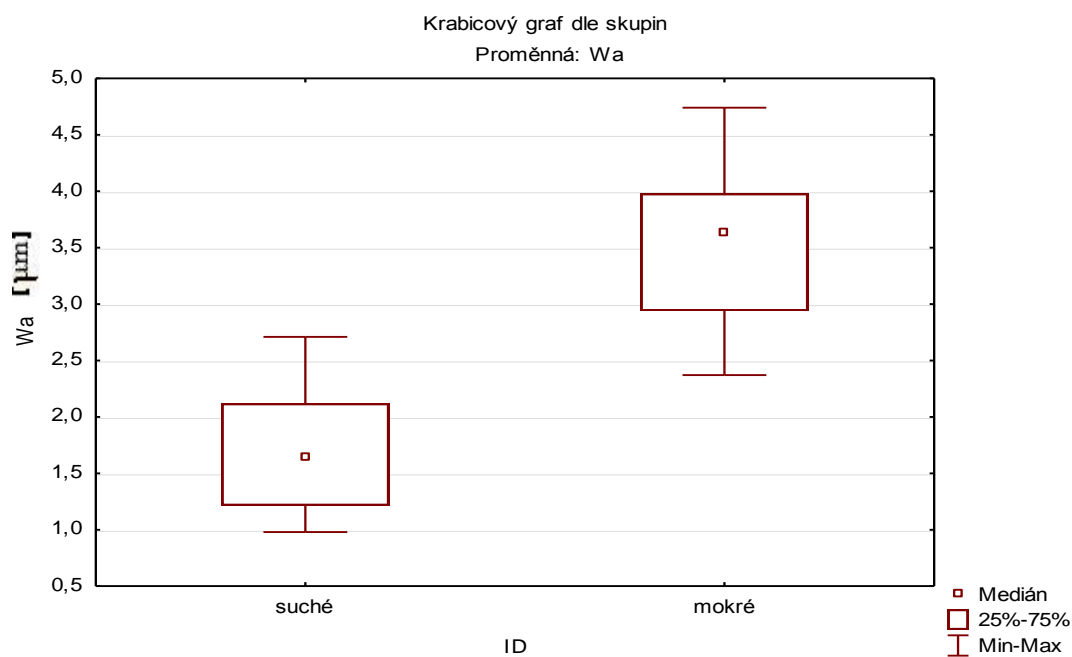
6.3.1

Tab. 6.3.1 Vlnitost povrchu W_a a SW_a u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

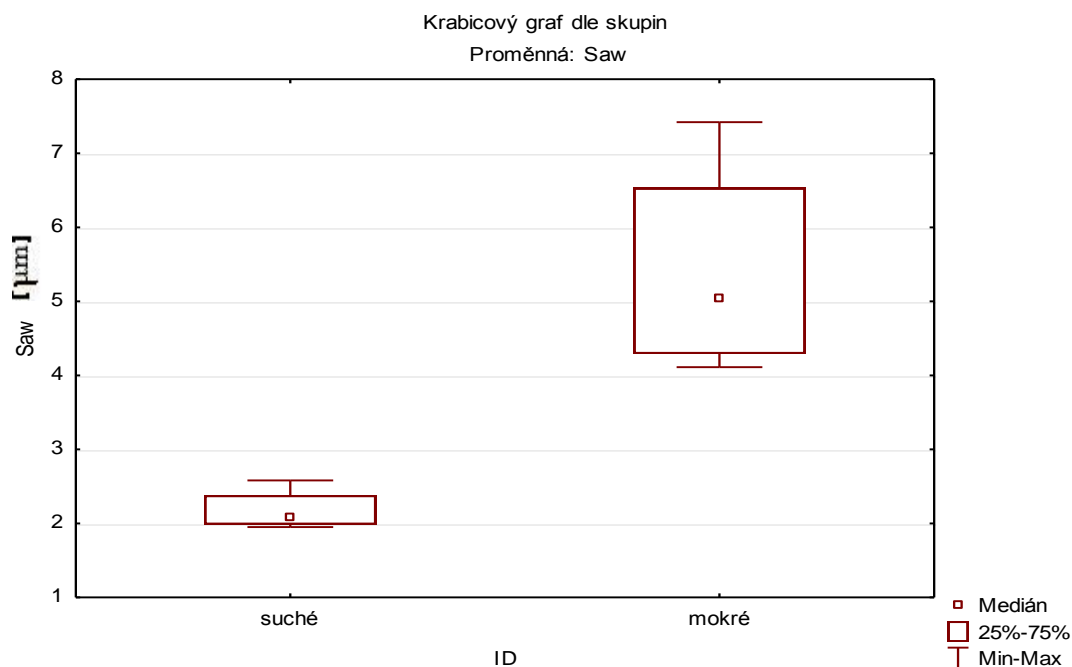
Vzorek	Buk 3			
Měřeno	Systém měření 2D a 3D bezdotykovým konfokálním snímačem			
Podmínky	Suché		Mokré	
Profil/plocha[μm]	* W_a	* Saw	* W_a	* Saw
I.oblast	2,710	1,950	4,070	4,450
	1,760	2,000	3,140	4,500
II.oblast	1,530	2,180	4,740	7,410
	2,300	2,200	3,500	7,420
III.oblast	1,940	1,990	2,370	4,130
	0,979	1,980	2,740	4,110
IV.oblast	1,210	2,560	3,750	5,600
	1,220	2,580	3,890	5,650

* W_a - průměrná aritmetická úchylka profilu vlnitosti, * Saw – průměrná aritmetická úchylka od střední roviny

Obr. 6.3.1, obr. 6.3.2 - Krabicové diagramy jsou určeny dvěma porovnávanými vzorky. Můžeme pozorovat rozložení hodnot, které byly naměřeny v experimentu. V případě měření buku jsme nenaměřili žádné odlehlé a extrémní hodnoty.



Obr. 6.3.1 Krabicový graf parametru Wa u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



Obr. 6.3.2 Krabicový graf parametru Saw u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

Naměřené hodnoty drsnosti povrchu mokrého a suchého buku jsou uvedeny v **tabulce**

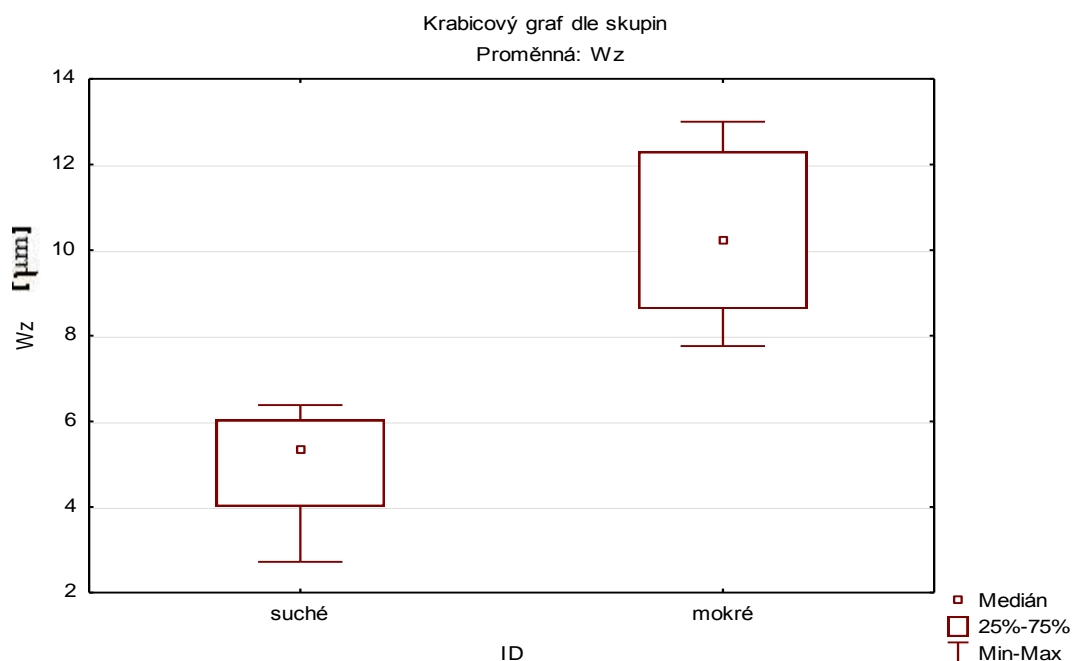
6.3.2

Tab. 6.3.2 Vlnitost povrchu W_z a SW_z u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.

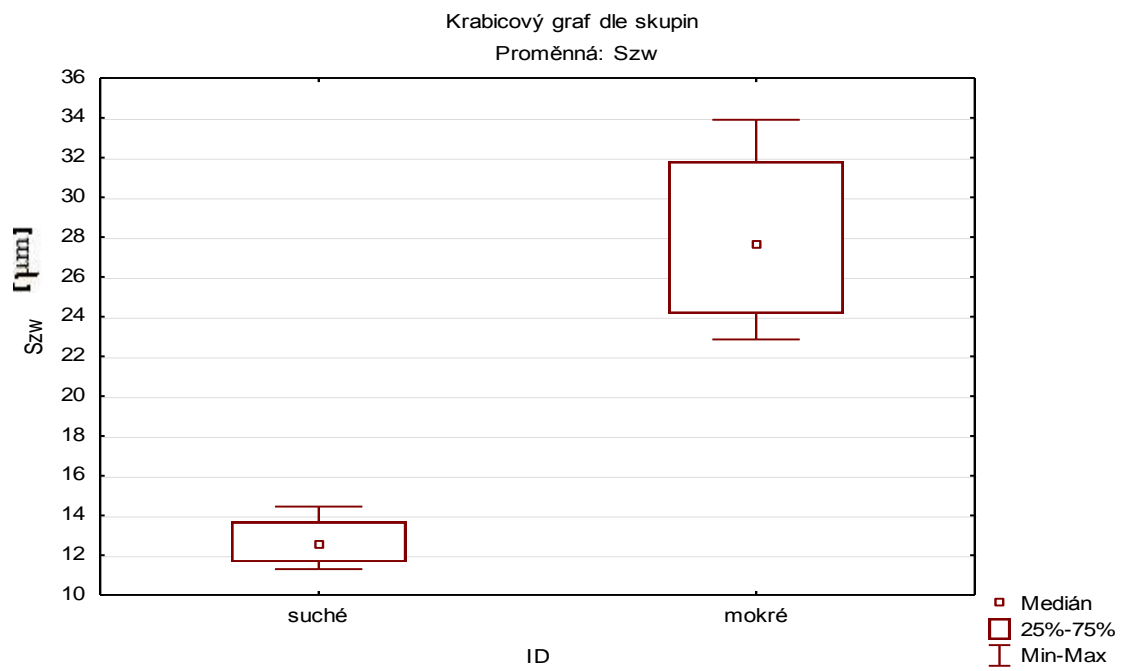
Vzorek	Buk 4			
Měřeno	Systém měření 2D a 3D bezdotykovým konfokálním snímačem			
Podmínky	Suché		Mokré	
Profil/plocha[μm]	* W_z	* Sz_w	* W_z	* Sz_w
I.oblast	6,380	11,300	9,720	22,900
	5,240	11,320	8,960	22,850
II.oblast	5,400	12,900	12,300	33,900
	6,020	12,950	10,700	33,890
III.oblast	6,050	12,000	7,760	25,500
	2,720	12,100	8,290	25,430
IV.oblast	4,020	14,400	13,000	29,700
	4,000	14,45	12,300	29,620

* W_z - největší výška profilu vlnitosti (na základní délce), * Sz_w - výška povrchu z deseti bodů základní plochy

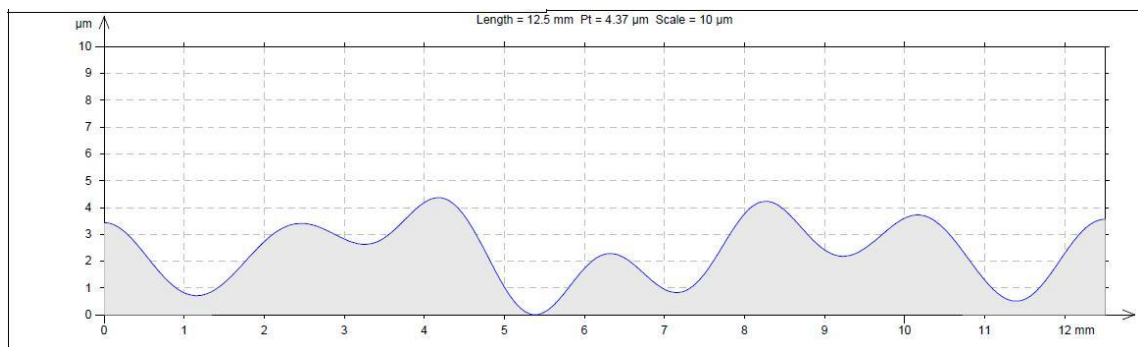
Obr. 6.3.3, obr. 6.3.4 - Krabicové diagramy jsou určeny dvěma porovnávanými vzorky. Můžeme pozorovat rozložení hodnot, které byly naměřeny v experimentu. V případě měření buku jsme nenaměřili žádné odlehle a extrémní hodnoty.



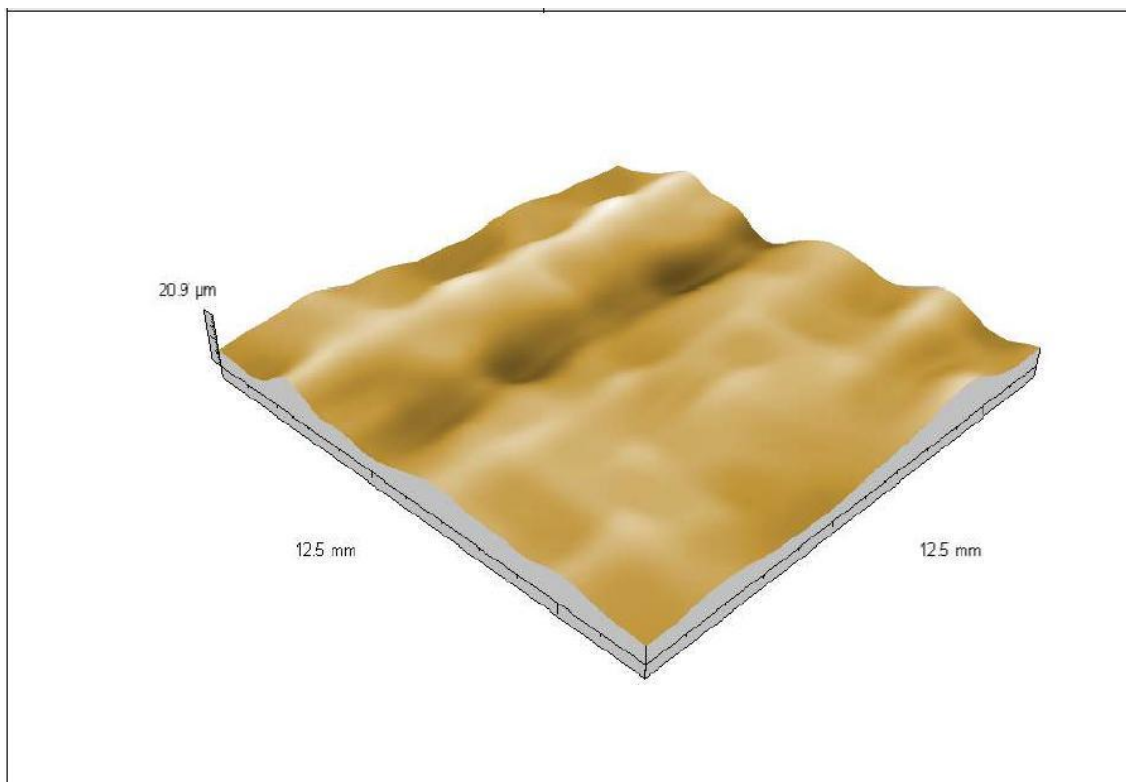
6.3.3 Krabicový graf parametru W_z u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



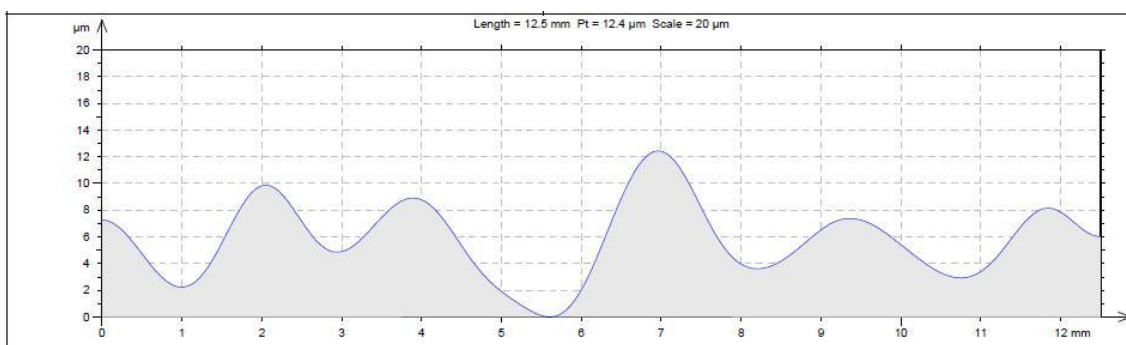
Obr. 6.3.4 Krabicový graf parametru Szw u suchého a mokrého vzorku s oblastmi I.-IV.



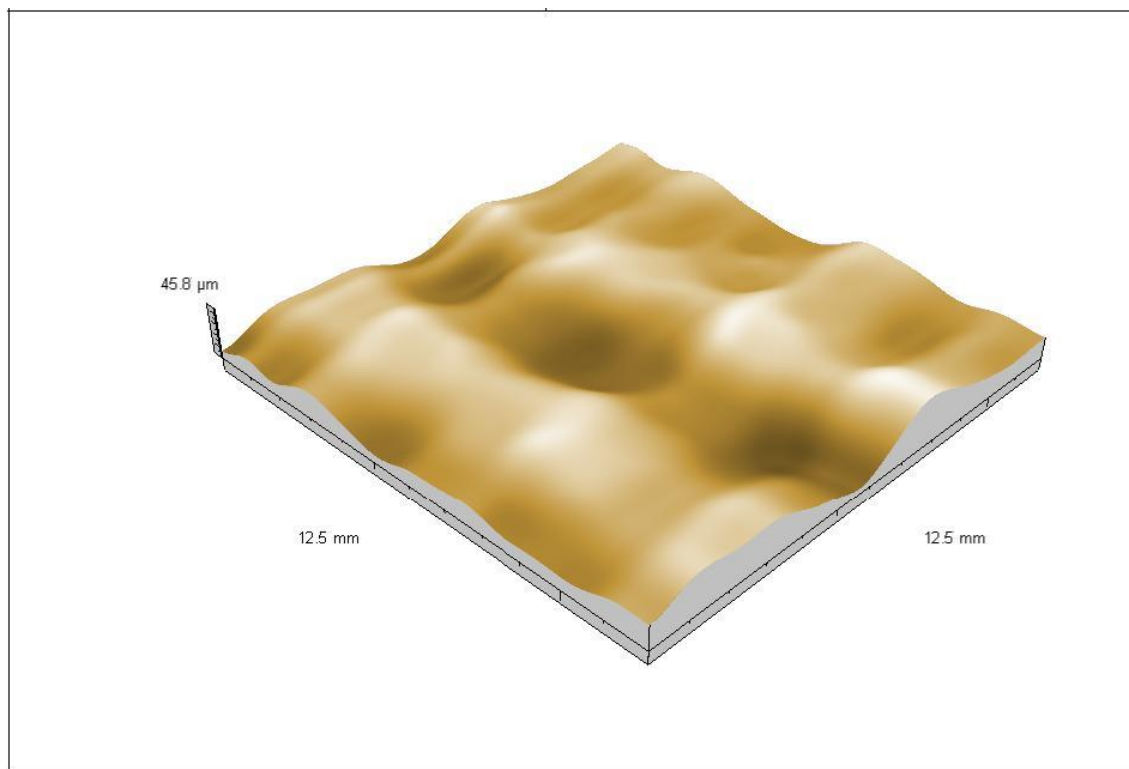
Obr. 6.3.5 Profil vlnitosti suchého vzorku buku 2



Obr. 6.3.6 Povrch vlnitosti suchého vzorku buku 2



Obr. 6.3.7 Profil vlnitosti mokrého vzorku buku 2



Obr. 6.3.8 Povrch vlnitosti mokrého vzorku buku 2

7. DISKUZE

Vyhodnocení experimentu měřeného na zkušebních vzorcích buku nám přinesly výsledky, které vykazovaly značnou problematiku u vlhkého dřeva buku.

Z výše uvedených výsledků můžeme prokázat, že suché dřevo má lepší povrch po obrábění než mokré dřevo. Vzorky byly obráběny za stejných podmínek. Je pravděpodobné, že u mokrého vzorku se změnil průběh šíření plastické deformace při obrábění v místě styku obrobku s nástrojem. Následkem docházelo k jiné mechanice oddělování třísky od obrobku a to mělo vliv na kvalitu povrchu mokrého vzorku.

Z **obr. 6.2.1-6.2.4 a 6.3.1-6.3.4** je patrné, že p hodnota (pravděpodobnost, že při H_0 by testová statistika T nabyla hodnoty, jaká vyšla z dat, nebo hodnoty ještě extrémnější) je vždy menší než alfa (hladina významnosti), která se rovná 0,05. Z toho plyne, že zamítáme nulovou hypotézu o shodě rozdělení veličin X a Y , tzn. stejnému vlivu pokusných zásahů na zkoumanou veličinu.

Jedním z nejznámějších parametrů povrchu je střední aritmetická úchylka označována R_a . Z krabicového grafu (**obr. 6.2.1**) suchého a mokrého vzorku je zřetelné, že u suchého vzorku je menší hodnota mediánu (2,9), rozptyl hodnot je od 2 do 3,2. Hodnoty jsou výrazně nižší oproti mokrému vzorku, kde medián má hodnotu 5,5 a rozptyl hodnot je od 3,8 do 8,4. Je tedy zřetelné, že za stejných podmínek obrábění je kvalitnější povrch u suchého vzorku.

Naopak prostorové parametry drsnosti S_a (**obr. 6.2.2.**) mají u suchého vzorku hodnotu mediánu 8,8 a rozptyl od 5,5 do 8,1. Hodnota mediánu u mokrého vzorku je 11,5 a hodnoty rozptylu jsou výrazně nižší od 11 do 11,9. Jelikož se u parametrů R_a a S_a jedná o střední aritmetickou úchylku, kde nezáleží na tvaru nerovností, nejsou tyto parametry dostačující pro vyjádření jakosti povrchu. Parametry R_a a S_a mají tendenci vyhlazovat povrch obrobku a tím zkreslovat nerovnosti povrchu obrobku.

Dalším parametrem drsnosti, který je využíván v Německu je parametr R_z . Oproti parametru drsnosti R_a lépe charakterizuje profil drsnosti a dá se využít při posuzování vhodnosti přilnavosti povrchů pro různé nanášení barev laků mořidel.

Z **obr. 6.2.3** je patrné, že suchý vzorek vykazuje rovnoměrný rozptyl kolem mediánu a mokrá vzorek má vyšší hodnoty s větším nerovnoměrným rozptylem hodnot.

U parametru drsnosti S_z (**obr. 6.2.4**) suchého vzorku je zřejmé, že rozptyl hodnot je minimální a u mokrého vzorku jsou hodnoty parametrů drsnosti daleko vyšší s větším rozptylem hodnot.

V **tab. 6.2.1** parametr R_a znamená průměrnou aritmetickou úchylku posuzovaného profilu. Průměrná hodnota parametru drsnosti profilu R_a je $2,820 \mu\text{m}$ u suchého vzorku vykazuje nižší hodnoty R_a , než je tomu u hodnoty $5,893 \mu\text{m}$ parametru R_a mokrého vzorku viz tab. 6.2.1. Hodnota směrodatné odchylky $0,444 \mu\text{m}$ u parametru R_a suchého vzorku je nižší oproti směrodatné odchylce $1,416$ u mokrého vzorku, příčinou mohou být vyskytující se defekty na povrchu mokrého vzorku č.1.

V **tab. 6.2.1** je uveden parametr S_a , který označuje průměrnou aritmetickou úchylku od střední roviny. Jeho průměrná hodnota S_a u suchého vzorku je $7,205 \mu\text{m}$. U mokrého vzorku vyšla průměrná hodnota parametru S_a $11,450 \mu\text{m}$, tedy vyšší než u vzorku suchého. Hodnota směrodatné odchylky parametru S_a u suchého vzorku je $1,131 \mu\text{m}$, naopak u mokrého vzorku je směrodatná odchylka parametru S_a nižší $0,332 \mu\text{m}$. Naměřené parametry povrchu drsnosti mohly být změřeny v místě, kde se vyskytují rýhy na povrchu mokrého vzorku č.1, tudíž směrodatná odchylka měření může vykazovat nižší hodnoty povrchu než u suchého vzorku.

Parametr R_z - největší výška profilu drsnosti viz **tab. 6.2.2**. Průměrná hodnota parametru R_z u suchého vzorku je nižší $17,675 \mu\text{m}$, než průměrná hodnota parametru R_z u mokrého vzorku $33,763 \mu\text{m}$. Směrodatná odchylka parametru R_z vyšla vyšší u vzorku mokrého $5,967 \mu\text{m}$, než u vzorku suchého $3,023 \mu\text{m}$. Hodnoty profilu drsnosti mohly být změřeny v místě, kde se vyskytují vady na povrchu mokrého vzorku č.2, tudíž směrodatná odchylka měření může vykazovat vyšší hodnoty povrchu, než u suchého vzorku.

Z **tab. 6.2.2** parametr S_z označuje výšku povrchu z deseti bodů základní plochy. Jeho průměrná hodnota u suchého vzorku je $87,100 \mu\text{m}$, naopak u mokrého vzorku je

125,250 μm . Směrodatná odchylka parametru Sz je vyšší u mokrého vzorku 7,719 μm oproti vzorku suchém 0,594 μm .

Obr 6.2.1 (2D), 6.2.2 (3D), 6.2.3 (2D), 6.2.4 (3D) profil drsnosti suchého a mokrého vzorku buku 1 zobrazuje prohlubně a vyvýšenin, které mohou být způsobeny nedodržením obráběcích podmínek nebo vadou materiálu.

V **tab. 6.3.1** parametr W_a označuje průměrnou aritmetickou úchylku profilu vlnitosti. Průměrné hodnoty parametru W_a jsou u suchého vzorku 1,706 μm , u mokrého vzorku 3,525 μm . Směrodatná odchylka parametru W_a je vyšší u mokrého vzorku 0,761 μm , oproti suchému vzorku 0,593 μm . Zjištěné hodnoty mohou být ovlivněny měřením na mokrého vzorku v místech, na kterých se nacházely rýhy.

V **tab. 6.3.1** parametr S_{aw} určuje průměrnou aritmetickou úchylku od střední roviny. Průměrná hodnota parametru vlnitosti S_{aw} u suchého vzorku je 2,170 μm a u mokrého vzorku je 5,398 μm . Hodnota směrodatné odchylky parametru S_{aw} je o hodně vyšší u mokrého vzorku 1,483 μm vůči vzorku suchému 0,279 μm . Vlivem mohou být vyskytující se defekty na povrchu mokrého vzorku.

Parametr W_z je největší výška profilu vlnitosti viz **tab. 6.3.2**. U suchého dřeva je průměrná hodnota parametru vlnitosti W_z téměř dvojnásobně menší 4,979 μm než u mokrého vzorku 10,379. Hodnota směrodatné odchylky je 1,277 μm u suchého vzorečku oproti vzorku mokrého 2,001 μm .

V **tab. 6.3.2** parametr S_{zw} označuje výšku povrchu z deseti bodů základní plochy. Z tabulky vyčteme, že průměrná hodnota suchého vzorečku je 12,650 μm , oproti vzorku mokrého, který má průměrnou hodnotu dvojnásobně vyšší 28,000 μm . Hodnota směrodatné odchylky parametru vlnitosti S_{zw} je u suchého vzorku nižší 1,338 μm ve srovnání se vzorkem mokrým 4,829 μm . Důvodem mohou být vady na povrchu mokrého vzorku.

U **obr. 6.3.1 (2D), 6.3.2 (3D), 6.3.3 (2D) 6.3.4 (3D)** profil vlnitosti suchého a mokrého vzorku buku 2 vykazuje prohlubeň, které se nachází uprostřed grafu. Prohlubně mohly vzniknout kvůli nedodržení obráběcích podmínek. Tyto faktory mají vliv na parametry vlnitosti.

8. ZÁVĚR

Hlavní cílem bakalářské práce bylo zhodnocení profilových a plošných parametrů drsnosti a vlnitosti na obrobených reálných vzorcích z bukového dřeva za stanovených podmínek vlhkosti. Využit byl přístroj pro hodnocení textury 2D profilu a 3D povrchu bezdotykovým konfokálním snímačem. Tyto parametry nám určují kvalitu povrchu obrobku.

Výsledky parametrů drsnosti prokázaly, že suchý vzorek dřeva má kvalitnější povrch po obrábění, než je tomu u vzorku dřeva mokrého za stejných podmínek obrábění. Je tedy zřejmé, že u mokrého vzorku se změnil průběh šíření plastické deformace při obrábění v místě styku s obrobku s nástrojem.

Z diskuze vyplývá, že zvolené parametry Ra, Rz, Sa, Sz, Wa, Wz, Saw, Szw nám pomohly popsat jakost povrchu a zároveň se nám podařilo odhalit vhodné parametry drsnosti Sz, Szw, které lépe popisují kvalitu obráběného povrchu bukového dřeva. U ostatních parametrů drsnosti Ra, Rz, Sa, Wa, Wz, Saw byly naměřeny větší rozptyly hodnot od mediánu. Lze tedy konstatovat, že tyto parametry mají větší náchylnost na okolní vlivy při samotném obrábění.

Na závěr své práce bych chtěla konstatovat, že veškeré cíle práce jsou splněny a zjištěné informace jsou přesné. Hodnocení textury povrchu se stává nedílnou součástí dřevovýroby. Proto je nutné klást důraz na kvalitu povrchu obrobků. Je taky důležité popsat možné vztahy mezi jednotlivými parametry drsnosti povrchu suchého a mokrého dřeva. Toto téma by mohlo být využito na další navazující práci.

9. SUMMARY

The main goal of my bachelor thesis was the evaluation of skid resistance and corrugations parameters of profiled and areal real samples from beechen wood under specified conditions. For my research the texture 2D profile and 3D surface contactless sensor evaluating machine was used.

The admeasuring of the surface was proceeded by the measuring machine Talysurf CLI 1000 by to programs, which evaluated the texture of surface and the profile Talymap Platinu, (3D) Talyprofile Platinum (2D). The machine's software allowed evaluating single parameters of the surface texture.

At the conclusion I would like to enunciate that the evaluating of the surface's texture became an unnecessary part of the wood production. That's why it is necessary to emphasis the work piece's surface quality. It is also very important to describe possible relation between the single parameters of skid resistance of dry wood and wet wood. This topic can be used for the following thesis.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BUMBÁLEK, L., Brno, 2004. Vlastnosti povrchové vrstvy a jejich vliv na únavu. CERM Brno.

HORÁČEK, P., 2008. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. Brno, 2vyd. MZLU, 124 s. ISBN 978-80-7375-169-2.

KRÁL, P. 2009. Obrábění dřevařských materiálů. Brno, MZLU, ISBN 978-80-7375-267-5.

LEONARDO, P.M., Trumpold, H., De Chiffre, L., 1996. Progress in 3D surface microtopography characterization. Annals of CIRP, Vol. 45/2, s. 589 – 598.

LYSÝ, F., JÍRŮ, P., 1961. Nauka o dřevě 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha, Státní nakladatelství technické literatury. s. 165.

PETRÁČKOVÁ, V., Kraus J., a kol., 1995. Akademický slovník cizích slov. ISBN 80-200-0982-5

PROKEŠ, S., 1965. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva, vyd. Státní nakladatelství technické literatury Praha n.p., 372s.

VARKOČEK, J., et al. 2004. Dělení, obrábění a tváření materiálů. 2vyd. MZLU, s. 1-4. ISBN 80-7157-759-6

WHITEHOUSE, D.J., 1988. Comparison between stylus and optical methods for measuring surfaces. Annals of CIRP, Vol. 37/2, s. 649-653.

Internetové zdroje:

SVATOŠ, M. Brno, 2009. Kvalita povrchu při frézování. Bakalářská práce. MZLU v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta.

WILKOWSKI, J. et al., 2013. Analysis of the influence of cutting parameters on surface roughness of milled wood based on Taguchi techniques. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology. č. 84, s. 321--325. ISSN 1898-5912.

ROUSEK, M. et al., 2012. Analiza wpływu parametrów frezowania na stan struktury geometrycznej powierzchni wybranych gatunków drzewna. In: KOPECKÝ, Z. Obrábka skrawaniem efektywne wytwarzanie. 6. vyd. Wrocław: Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji, s. 537--544. ISBN 978-83-917677-7-1.

NOVÁK, V. et al. 2011. Assessment of Wood Surface Quality Obtained During High Speed Milling by Use of Non-Contact Method. Drvna Industrija. sv. 62, č. 2, s. 105--113. ISSN 0012-6772

ROUSEK, M. et al. 2010. Dodržení kvality obrábění dřeva frézováním ve vazbě na povrchové úpravy. In Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2010. 1. vyd. Zvolen: TU vo Zvolene, s. 141--150. ISBN 978-80-228-2143-8