

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě



**Smáčivost povrchu dřeva kapalinami
v závislosti na jeho drsnosti**

Bakalářská práce

2015/2016

Zdeněk Kořínek

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

*Prohlašuji, že jsem práci: „**Smáčivost povrchu dřeva kapalinami v závislosti na jeho drsnosti**“ zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím 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 vědom, 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:

podpis bakaláře

PODĚKOVÁNÍ

Tento prostor bych chtěl využít k poděkování mému vedoucímu prof. Dr. Ing. Petru Horáčkovi za pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Dále mé poděkování patří prof. Ing. Jozefovi Kúdelovi CSc. a jeho kolegům za obětavou pomoc při měření na Technické univerzitě ve Zvolenu. Děkuji také doc. Emilu Svobodovi za možnost měření na Univerzitě obrany. A v neposlední řadě bych rád poděkoval všem pracovníkům a vysokoškolským pedagogům ústavu základního zpracování dřeva a ústavu nábytku, designu a bydlení za pomoc, rady i prostředky potřebné při tvorbě této bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o problematice vlastnosti povrchu dřeva. Konkrétně se zabývá smáčením v závislosti na vlivu mechanického opracování respektive vlivu rychlosti otáček při frézování u dubového dřeva. A to experimentálním určením kontaktního úhlu a volné povrchové energie podle metodiky Liptákové a Kúdely (1994).

Z měření bylo zjištěno, že daný vliv rychlosti otáček nástroje způsobuje při zvyšování otáček i zvyšování kontaktního úhlu a snižování povrchové energie a opačně. Otázkou zůstává faktor, který tento vliv způsobuje, neboť měření drsnosti nenaznačovalo hlavní faktor, který by ovlivňoval danou problematiku. Hodnoty povrchové energie dřeva se pohybuje v rozmezí 59-82 mJ/m² v rámci všech měřených rychlostí.

Klíčová slova:

smáčení, kontaktní úhel, dub, volná povrchová energie, frézování, rychlost otáček

ABSTRACT

This work discusses about the problems of surface properties of wood. Specifically engaged wettability depending on the influence of mechanical processing concretely on the influence of rotational speed of the speed during milling of the oak wood. And the experimental determination of contact angle and the surface free energy according to the methodology of Liptakova and Kudela.

From the measurements it was found, that the impact speed of the rotation of the tool causes increase a speed and increase of contact angle and decrease the surface energy and vice versa. The main question remains a factor that causes this effect, because the roughness measurement was no indication the main factor that would influence this issue. The values of the surface energy of wood ranges from 59 to 82 mJ/m² in all the measured speeds.

Keywords:

wettability, contact angle, oak, free surface energy, milling, rotational speed

Obsah

1	Úvod	9
2	Literární přehled	10
2.1	Smáčení	10
2.2	Charakteristika dřeva dubu	13
2.3	Struktura povrchu dřeva	13
2.4	Vliv mechanického opracování	15
3	Cíl práce	17
4	Materiál	18
4.1	Materiály a příprava vzorků	18
4.2	Opracování vzorků před měřením	18
5	Metodika	20
5.1	Měření úhlu smáčení a výpočet povrchové energie	20
5.2	Měření drsnosti	21
6	Výsledky	23
6.1	Kontaktní úhly	23
6.2	Volná povrchová energie	26
6.3	Drsnost	28
	Data měřená drsnoměrem Surfctest SJ-201	28
	Data měřená drsnoměrem Talysurf CLI 1000	29
6.4	Smáčivost v závislosti na drsnosti	31
7	Diskuze	32
8	Závěr	35
9	Seznam použitých symbolů	36
10	Literatura	38
11	Seznam obrázků	40
12	Seznam tabulek	41
13	Přílohy	42

13.1	Hodnoty kontaktních úhlů a povrchových energií při kapalinovém standardu vody	42
13.2	Hodnoty kontaktních úhlů a povrchových energií při kapalinovém standardu diiodmethanu	45
13.3	Povrchová energie dřeva	48
13.4	Technické údaje drsnoměru DSA30S.....	51
13.5	Technické údaje drsnoměru Surfrest SJ-201	51
13.6	Technické parametry drsnoměru Talysurf CLI 1000	52

1 Úvod

Dřevo jako obnovitelná surovina by mělo lidskou populaci zabezpečit, v případě že dojde k vytěžení všech neobnovitelných surovin a zdrojů naší země. Jako obnovitelný materiál bude muset v budoucnosti nahradit různé materiály. Například některé výrobky z ropy a to konkrétně například plasty. Dřevo by mělo uspokojit naše potřeby po další tisíciletí ve všech možných sférách. Tímto důvodem osvětluji svou volbu této bakalářské práce.

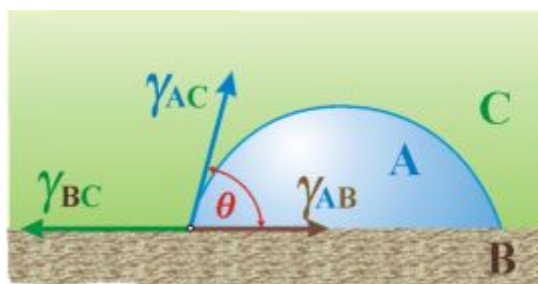
Avšak důvodem toho, že dřevo je dokonalý/nedokonalý materiál. Je nutné zabývat se jeho chemickými, fyzikálními, mechanickými a dalšími vlastnostmi. A v případě jeho nedostatků tyto nedostatky odstraňovat či vylepšovat. Zkoumáním jeho vlastností nám napomáhá k jednodušším možnostem výroby nebo nám tyto vlastnosti výrobu usnadňují.

Velkou překážkou je proto celá řada otázek v oblasti výzkumu povrchu dřeva. Jednou z takových otázek je i smáčivost povrchu dřeva, jejíž vliv ve výrobě je kupříkladu důležitá při nanášení povrchových nátěrových hmot, lepení, modifikaci nebo při zjišťování odolnosti vůči degradaci apod. Zlepšováním adheze nátěrových látek a lepidel může do jisté míry zlepšit vlastnosti tuhých filmů nátěrových hmot nebo lepených spojů.

2 Literární přehled

2.1 Smáčení

Schopnost smáčení se zjišťuje a posuzuje podle velikosti kontaktního úhlu. Posuzuje se ve formě kapky kapaliny na povrchu tuhé nebo kapalné fáze, která zůstane ve formě kapky (obr. 1.), tj. nerozestře se a je-li splněna podmínka rovnováhy: vektorový součet všech tří mezifázových napětí je roven nule: $\gamma_{AC} + \gamma_{BC} + \gamma_{AB} = 0$.



Obr. 1.: kapka kapaliny na povrchu tuhé látky

Při tzv. dobrém smáčení je úhel smáčení ostrý, špatné smáčení je charakterizováno tupým úhlem smáčení (Bartovská a kol. 2005). Hodnoty kontaktního úhlu naměřené na fázovém rozhraní s kapalným standardem jsou východiskem pro stanovení termodynamických charakteristik povrchu dřeva – volné povrchové energie a jejich složek (Kúdeľ, Wesserle. 2013). A je možné získat informace i o tom, jak se bude povrch materiálu chovat například po nanesení tenké vrstvy jiného typu materiálu (Vondra. 2008). Používané metody pro výpočet termodynamických charakteristik se od sebe odlišují charakterem použitého matematického aparátu jako i počtem kapalin důležitých pro vykonání experimentálních prací. Za standardní kapaliny jsou považovány kapaliny, které omezeně smáčejí povrch dřeva. Tím jsou míněny kapaliny nepolární a kapaliny nepolárně-polární, které se vyznačují přídatnou povahou volné povrchové energie. Rozdíl v chemickém složení kapalin ovlivňuje vznik a charakter fázového rozhraní s dřevem a projevují se na rozdílných hodnotách volné povrchové energie a jejich složek.

Základním problémem při studiu procesu smáčení dřeva kapalinami je experimentální stanovení kontaktního úhlu odpovídající podmínkám rovnováhy ve smyslu Youngovy rovnice.

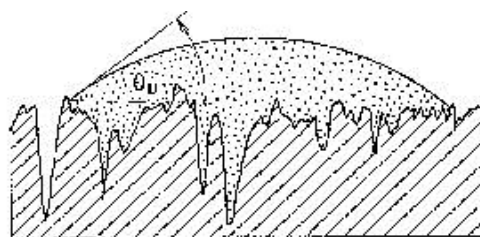
$$\gamma_{BC} = \gamma_{AB} + \gamma_{AC} \cdot \cos \theta$$

Platnost rovnice je omezená pouze na ideálně hladký, homogenní a nedeformovatelný povrch, který je v rovnováze s ostatními fázemi. Pórovitě-kapilární struktura dřeva je příčinou penetrace kapalin do podkladu, což mění charakter fázového rozhraní. Výsledkem penetrace je permanentní změna kontaktního úhlu s časem ve většině případů s kompletním vsáknutím kapaliny dovnitř substrátu. Tato uvedená skutečnost prakticky znemožňuje stanovit rovnovážný kontaktní úhel. V literatuře se tento problém řeší odpočítáváním kontaktního úhlu na začátku procesu smáčení anebo v určitém dopředu stanoveném časovém okamžiku. Celý problém je ještě komplikovaný anizotropním chováním dřeva a nastoluje otázku, který směr brát při smáčení dřeva za východiskový.

Práce publikované během posledních 15 let jsou věnované především stanovením volné povrchové energie dřeva γ_{sv} a jejich složek – disperzního a polárního podílu γ_{sv}^d a γ_{sv}^p a Lifshitz van der Walského podílu γ_{sv}^{LW} a Lewisova acidobazického podílu γ_{sv}^{AB} .

Používané metody vycházejí taktéž z experimentálně stanovených hodnot kontaktního úhlu na fázovém rozhraní dřeva s kapalnými standardy. Většinou se předpokládá současné použití třech a více kapalin s odlišnou volnou povrchovou energií. Kontaktní úhel se odpočítává na začátku procesu smáčení. Zvolený časový interval je u simultánně použitých kapalin vždy stejný a nezohledňují se rozdíly v jejich chemických a fyzikálních vlastnostech. Ve funkci kapalného standardu se většinou používají α -bromnaftalén, diiodmethan, formamid, etylenglykol, glycerin a voda. Jedná se o kapaliny nepolární, resp. nepolárně-polární. Tyto kapaliny omezeně smáčejí povrch dřeva.“ (Kúdela, Wesserle. 2013)).

Na pracovišti TU ve Zvoleně (Liptáková, Kúdela. 1994)) byla vytvořena metoda, podle níž bylo postupováno v této práci. Tato metoda se zaměřuje na kontaktní úhel odpovídající ideálně hladkému povrchu. Kontaktní úhel se stanovuje v okamžiku, kdy dochází na rozhraní dřeva kapalina k charakteristické změně a to, že se kontaktní úhel postupově mění na kontaktní úhel ústupový.



Obr. 2.: kontaktní úhel θ_u v okamžiku zaplnění nerovností na povrchu bukového dřeva kapalinou (Liptáková et al. 1998)

Tento okamžik smáčení považují autoři nejbližší k rovnovážnému stavu a tento úhel označují jako rovnovážný. Kontaktní úhel odpovídající ideálně hladkému povrchu θ_w se počítá na základě experimentálně stanovených hodnot θ_0 a θ_U . Je všeobecně nižší jako kontaktní úhel na začátku procesu smáčení θ_0 a vede k vyšším hodnotám volné povrchové energie a jejího polárního podílu. Tento úhel autoři považují za vhodnější pro výpočet volné povrchové energie dřeva jako i termodynamických charakteristik popisujících interakce na fázovém rozhraní dřeva s kapalinami a tuhými látkami. Jejich práce ukázaly, že hodnoty θ_0 a θ_U jsou výsledkem interakcí na fázovém rozhraní dřeva s kapalinou, morfologických a chemických vlastností povrchu dřeva. Hodnoty θ_w jsou výlučně záležitostí chemického složení dvou sousedních fází. Proto i hodnoty volné povrchové energie dřeva počítané z θ_0 a θ_w se též budou významně lišit, jak po kvantitativní, tak i po kvalitativní stránce. Variabilita kontaktního úhlu θ_w by měla být způsobena jen variabilitou v chemickém složení náhodně přerývaných buňkových elementů jednotlivých druhů dřeva (Liptáková, Kúdela. 1994).

Ke stanovení kompletní volné povrchové energie dřeva není vhodné použít samotně žádnou kapalinu. Protože použitá látka nemá stejně vysoký polární a disperzní podíl povrchové energie jako se předpokládá u hodnot povrchové energie disperzního a polárního podílu dřeva. V důsledku toho se povrchová energie dřeva stanovuje jako součet disperzního podílu nepolární kapaliny a polárního podílu nepolárně-polárního kapalného standardu. Tyto hodnoty jsou pak vyšší, než uvádí literatura, a než se doposud předpokládalo. V souvislosti s tím bude i vyšší koheze a adheze na fázovém rozhraní dřeva s kapalinami a tuhými látkami. (Wesserle. 2012)

Při sumarizaci výsledků Liptákové, Kúdely (1994) se ukázalo, že hodnoty kontaktního úhlu a volné povrchové energie naměřené různými autory na tom stejném materiálu se významně liší. Přitom volná povrchová energie by měla být stejná. Zdroje

variability jsou v tom, že charakteristika materiálu jako celku i jeho povrchu byla různá, byli použité různé kapaliny a podmínky testování byli též rozdílné. (Kúdela, Wesslerle. 2013)

2.2 Charakteristika dřeva dubu

Jako materiál je dřevo dubu heterogenní, tedy je nestejněměrný ve všech směrech jeho struktury. Je také anizotropní, pórovitý a hydrofilní materiál.

Dřevo dubu se řadí mezi listnaté dřeva s kruhovitě pórovitou stavbou dřeva. Tato skupina dřev se vyznačuje zřetelnými hranicemi letokruhů jarního a letního dřeva s větším podílem letního dřeva, makropóry s viditelnou koncentrací v zóně jarního dřeva, mikropóry v zóně letního dřeva a širokými dřeňovými paprsky. Dub je charakteristický z chemického složení obsahem doprovodných složek dřeva konkrétněji tanin. Dále je pro dub důležitá míra zathylování, tedy míra ucpaných lumenů buněk, které snižuje neprůchodnost kapalin. (Gandelová a kol. 2009).

2.3 Struktura povrchu dřeva

Struktura povrchu dřeva je určována morfologií a chemickým složením dřeva. Morfologii povrchu dřeva je potřeba hodnotit z anatomického i fyzikálního hlediska.

Složitá morfologie povrchu dřeva je způsobená jeho heterogenní anatomickou stavbou na úrovni makro-, mikro-, submikro- a nanostruktury. Anatomické elementy dřeva svým rozmanitým tvarem a uspořádáním vytvářejí heterogenní pórovitý systém. Každé dřevo přitom má svoje specifika. Například je každé dřevo specifické svým tvarem pórů, velikostí,... A vzhledem na tyto specifika nelze vytvořit u reálných povrchů dřeva dokonale hladký povrch.

Opakované charakteristické nerovnosti na povrchu dřeva vytvářejí jeho texturu (kresbu), která charakterizuje opakovatelnost (podobnost) struktury ve vícero dimenzích zvětšení. Analýzou spektra nerovností je možné stanovit různé prostorové korelace nerovností. Textura dřeva je specifická pro konkrétní řez a dřevo. (Požgaj a kol. 1997) Z fyzikálního hlediska se vyhodnocuje geometrie povrchu na základě drsnosti a vlnitosti. Pro jejich hodnocení se používají ty samé kritéria jako v případě tuhých látek s kompaktním povrchem. Složitost problematiky je řešená smluvně a základní pojmy a defini-

ce jsou zakotvené v příslušných normách. U reálných povrchů dřeva je potřebné ještě vždy počítat s vlivem pracovního nástroje na geometrii povrchu. Proto je potřebné sledovat primární i sekundární strukturu (Liptáková a kol. 1995, 1997).

V technické praxi se hodnotí většinou jen oblast hrubých až submikroskopických nerovností. Rozlišují se následovné odchylky:

Odchylky 1. řádu – odchylky od geometrického tvaru

Odchylky 2. řádu – vlnitost, označované jako sekundární textura povrchu. Je typická pro frézování a je ovlivněna kvalitou rezného nástroje a kvalitou dřeva.

Odchylky 3. a vyšších řádů – jsou zahrnuty pod drsností. Tyto odchylky jsou označovány jako primární textura a jsou důsledkem interakce stavby dřeva a mechanického opracování povrchu.

Na povrchu radiálních a tangenciálních ploch dřeva se vyskytují všechny uvedené nerovnosti a díky tomu se na těchto plochách nejčastěji měří. A také z důvodu, že na nich dochází k lepení a povrchové úpravě. V příčném směru se látky rozprostírají hůře než v podélném směru a to následkem drsnosti. Pro objektivnější zachycení vlivu anatomické stavby dřeva na jeho drsnost, se doporučuje opracování mikrotomem.

Při rovinném frézování dochází k deformování buňkových stěn k jejich stlácení a nedokonalému přeřezání. Vlivem otupení ostří jsou tyto jevy výraznější a následně dochází k vytrhávání dřevních vláken. V místě dotyku rezného nástroje s podkladem vzniká vysoká teplota 600 až 800 °C. V povrchových vrstvách dřeva dochází k plastifikaci a k tavení termoplastických polymerů (přinejmenším ligninu). Buňkové stěny jsou víc deformované a často pokryté amorfni roztavenou látkou. Drsnost povrchu je nižší, než u mikrotomového povrchu.

Chemické vlastnosti povrchu dřeva vyplývají z anatomické stavby dřeva, jejichž složení je celulóza, hemicelulóza, lignin a extraktivní látky. Extraktivní látky se můžou významnou mírou podílet na závažných poškozeních povrchové úpravy, jako jsou například: migrace extraktivních látek do nátěru, nežádoucí barevná změna podkladu, inhibice vytvrzování nátěrových látek na povrchu dřeva. Na studium chemické struktury povrchu se používají metody analýzy povrchu, kterých existuje mnoho. Těmito analýzami bylo dokázáno, že elementární chemické složení povrchu dřeva se liší od chemic-

kého složení vnitřního objemu dřeva. Hlavní změnou na povrchu a uvnitř dřeva je obsah atomů kyslíku a uhlíku a jejich zastoupení. Toto zastoupení závisí také na způsobu opracování povrchu. Větší podíl kyslíku a uhlíku byl na povrchu upraveném mikrotomem, než u frézování. Tento pokles je připisován v důsledku úbytku hydroxylových skupin. Uvedená skutečnost vysvětluje zhoršení smáčivosti a snížení volné povrchové energie u tohoto povrchu. Současně je možné předpokládat i částečné překrytí polárních skupin polysacharidické složky plastifikovaným ligninem, případně některými skupinami extraktivních látek vyplavených v důsledku vysokých teplot na povrchu. Frézovaný povrch se tímto stává hydrofobnější, což zhoršuje jeho smáčení a rozprostírání se nátěrových hmot. (Wesserle. 2013)

2.4 Vliv mechanického opracování

Smáčení má jak už bylo zmíněno v úvodu vliv na nanášení povrchových hmot a lepidel. Do jaké míry má na smáčení a následně na lepení a úpravě povrchu mechanické opracování je známo u procesů broušení, frézování, řezání,...

M. Stehr a kol. (2001) zkoumali smáčení na různých kapalinových standardech a na PRF a PVAC lepidlech v rámci čtyř druhů obrobení (řezání, hoblování, broušení a vzorky upravené mikrotomem). Práce byla prováděna na dřevu jižní borovice a na základě metodiky Shi a Gardner. Výsledky ukázaly, že nejrychlejší smáčení a i nejvyšší velikosti kontaktních úhlů na kapalinových standardech dochází při broušení, což zdůvodňují větší drsností povrchu a většími kapilárními silami. Avšak nejrychlejší smáčení při použití lepidel přisuzují hoblování a vzorkům upravených mikrotomem. To v důsledku větší viskozitě lepidel, která působí na hladší povrchy.

Santoni a kol. (2011) také uvádějí, že povrchy broušené smáčeji opracovaný povrch lépe než povrchy hoblované či řezané. Dále uvádějí, že hoblovaný povrch se homogenizuje a tím odstraňuje rozdíly mezi druhy a vzorky. Tato práce také tvrdí, že během vlivu stárnutí dochází ke zvyšování rozdílu mezi hodnotami na počátku opracování a po působení na vzduchu.

V práci Zhiyong Qin a kol. (2014) prezentují na rychle rostoucím topolu, že hodnoty kontaktního úhlu byly vyšší v případě broušení než u vzorků hoblovaných nebo řezaných. Volná povrchová energie byla stejná jak pro hoblované tak i pro řezané vzor-

ky, ale pro broušený povrch byla hodnota povrchové energie nižší. A také jako Stehr uvádějí, že při použití pryskyřicových lepidel došlo u vzorků hoblovaných a řezaných k rychlejšímu smáčení a penetraci, než u vzorků broušených.

Liptáková a kol. (1995) ve své práci tvrdí, že změny chemického složení u broušených a frézovaných povrchů korelují se změnami hodnot smáčení, tak i volné povrchové energie. Dodává, že hodnoty smáčení i volné povrchové energie jsou nižší. V důsledku plastifikace a komprese buněk při opracování.

Avšak jaký podíl mají na smáčení faktory při opracování (rychlost posuvu, rychlost nástroje, posuv na zub, ...) není nijak doposud známo. Či spíše nebyla nalezena žádná práce, která by se touto problematikou zabývala.

3 Cíl práce

Cílem této práce je určit vlastnosti povrchu dřeva, které jsou ovlivňovány smáčením dřeva kapalinami. Posoudit schopnost kapalin smáčet povrch dřeva podle velikosti úhlu smáčení a následně podle povrchové energie. Experimentálně stanovit úhel smáčení a povrchové energie podle metodiky Liptákové a Kúdely. Analyzovat a zaměřit se na vlastnosti a vliv mechanického opracování respektive vliv rychlosti otáček při frézování. A vyhodnotit vliv faktorů ovlivňujících smáčivost povrchu dřeva.

4 Materiál

4.1 Materiály a příprava vzorků

Materiál použitý v tomto experimentu bylo jádrové dřevo dubu (*Quercus* sp.). Jednotlivé vzorky byly nařezány z fošen o tloušťce 50 mm. Řezivo bylo zakoupeno v prodejní kvalitě A a C. Vzorky byly nařezány nejprve do dlouhých hranolů s velikostí 50 x 50 mm a přibližné délce 2 m.

Vzorky stabilizovány na vlhkost v průměru na 11% relativní vlhkosti dřeva. A tato vlhkost byla dodržována v průběhu všech ostatních měření.

Z jednotlivých hranolů bylo vybráno 5 zástupců, které měly buď nulový, nebo malý odklon vláken. Ty byly posléze hoblovány na 45 x 45 mm a řezány na délku 50 mm. Takto bylo vymanipulováno 15 vzorků rozdělených do 3 skupin po 5. Přičemž v každé skupině se nacházel jeden vzorek z jednotlivého hranolu.

4.2 Opracování vzorků před měřením

Pro sledování vlivu rychlosti řezného nástroje byl pro opracování použit CNC stroj značky SCM (Obr. 1), na kterém bylo možné měnit otáčky nástroje.



Obr. 3.: CNC stroj značky SCM

Pro jednotlivé skupiny byly v rámci možností zvoleny 3 druhy rychlostí a to 20 000, 15 000 a 10 000 o/min. Přičemž 20 000 o/min byly max. otáčky stroje a 10 000 o/min bylo nejnižší možné nastavení otáček stroje. Při opracování byl použit frézovací nástroj firmy BOTO (viz obrázek), jež byl vyroben z nepovlakovaných slinutých karbidů na bázi karbidu wolframu (HW). Jeho parametry byly průměr 20 mm, délka 60 mm.

Při frézování byly dodrženy tyto konstantní podmínky: rychlost posuvu 5 m/min, hloubka úběru 2 mm.



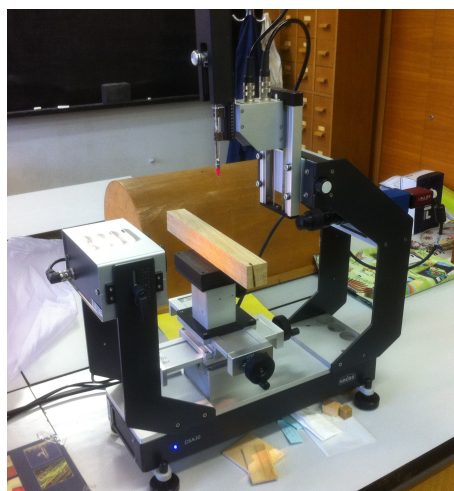
Obr. 4.: frézovací nástroj od firmy BOTO

Vzorky byly frézovány tak, že byly upnuty na koncích do stroje za pomoci svorek. Tyto konce tvořily z každého konce délku 100 mm, které nebyly posléze obráběny. Na všech vzorcích byla frézována radiální a tangenciální plocha. Po frézování byly takto upraveným vzorkům odřezány přečnávající konce (10 mm), které sloužili pro upevnění vzorku k pracovní ploše stroje. Při následné manipulaci se se vzorky zacházelo tak, aby lidský pot nedošel do styku se zkoumanou plochou.

5 Metodika

5.1 Měření úhlu smáčení a výpočet povrchové energie

Kontaktní úhel byl zkoumán za pomoci přístroje DSA30S firmy Kruss provozovaného TU ve Zvoleně, který je ovládaný přes software v počítači. Technické data viz Přílohy. Princip stroje spočívá v kápnutí kapky na daný vzorek a jeho sledování pomocí CCD kamery a zachycování jednotlivých snímků, které jsou posléze vyhodnocovány.



Obr. 5.: přístroj DSA30S se vzorkem

Tímto způsobem bylo na každém vzorku provedeno 6 měření v radiální rovině a 6 v tangenciální rovině a to pro jednu kapalinu. Před každým měřením byl vzorek očištěn štětcem od přebytečného prachu. Nejprve byla použita voda a posléze diiodmethan. Na povrch bylo vždy nanášeno 1,8 μl látky.

Měření proběhlo v čase dvou dní od obrábění a za podmínek, aby nedošlo na vzorcích k fotodegradaci a tedy vlivu stárnutí.

Po nasnímání jednotlivých snímků došlo k jejich vyhodnocení a to tím způsobem, že se na zachyceném snímku našla přesná rovina kapky a posléze software, pomocí kružnicové metody, vypočítal počáteční a rovnovážný úhel. Tento úhel se pak na základě vypočtených dat a grafů vyhodnotil v bodě s nejvyšším průměrem kapky, jak to hodnotí i postup Liptáková a kol. (1994) Hodnoty úhlů a průměru byly zapsány spolu s časem do tabulky.

Volná povrchová energie byla vypočítána s malou úpravou podle rovnice

$$\cos \theta = \frac{(0,015\gamma_S - 2,00)\sqrt{\gamma_S\gamma_L} + \gamma_L}{\gamma_L(0,015\sqrt{\gamma_S\gamma_L} - 1)} \quad (1)$$

a následně byl disperzní a polární podíl volné povrchové energie podkladu vypočítán podle rovnic

$$\sqrt{\gamma_S^d} = \sqrt{\gamma_L^d} \frac{1 + \cos \theta}{2} \pm \sqrt{\gamma_L^p} \sqrt{\frac{\gamma_S}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (2)$$

$$\sqrt{\gamma_S^p} = \sqrt{\gamma_L^p} \frac{1 + \cos \theta}{2} \mp \sqrt{\gamma_L^d} \sqrt{\frac{\gamma_S}{\gamma_L} - \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2} \quad (3)$$

To vše bylo vypočítáno podle výše zmíněné metodiky za pomoci excelovské tabulky.

Testovací kapalina	γ (mJ/m ²)	γ^d (mJ/m ²)	γ^p (mJ/m ²)	γ^+ (mJ/m ²)	γ^- (mJ/m ²)	η (Pa.s)
voda	72,8	21,8	51	25,5	25,5	0,010
dijodmethan	50,8	50,8	0	0	0	0,028

Tab. 1.: hodnoty povrchových energií vody a diiodmethanu potřebné k výpočtu volné povrchové energie (Kúdela, Wesserle. 2013)

5.2 Měření drsnosti

Pro porovnání, zda byla drsnost odlišná při jednotlivých druzích rychlostí, bylo provedeno měření drsnosti, které bylo měřeno na drsnoměru Surfrest SJ-201 od firmy Mitutoyo. Měření proběhlo v laboratoři Povrchové úpravy, technologie lepení a pachového působení VOC na Mendlově univerzitě. Přístroj funguje na principu indukčního snímání povrchu a následného vyhodnocování za pomoci přiloženého softwaru. Každý vzorek byl měřen ve třech různě stanovených bodech ve směru vláken.



Obr. 6.: drsnoměr Surfrest SJ-201 se vzorkem

Jako doplňující měření bylo provedeno měření drsnosti na přístroji Talysurf CLI 1000 od firmy Taylor Hobson. Stroj je provozován Univerzitou obrany v Brně. Tento přístroj funguje na bezdotykovém způsobu měření a to pomocí laserové triangulační sondy a CLA konfokálním snímačem. Měřeny byly 2 vzorky z každého druhu rychlostí.

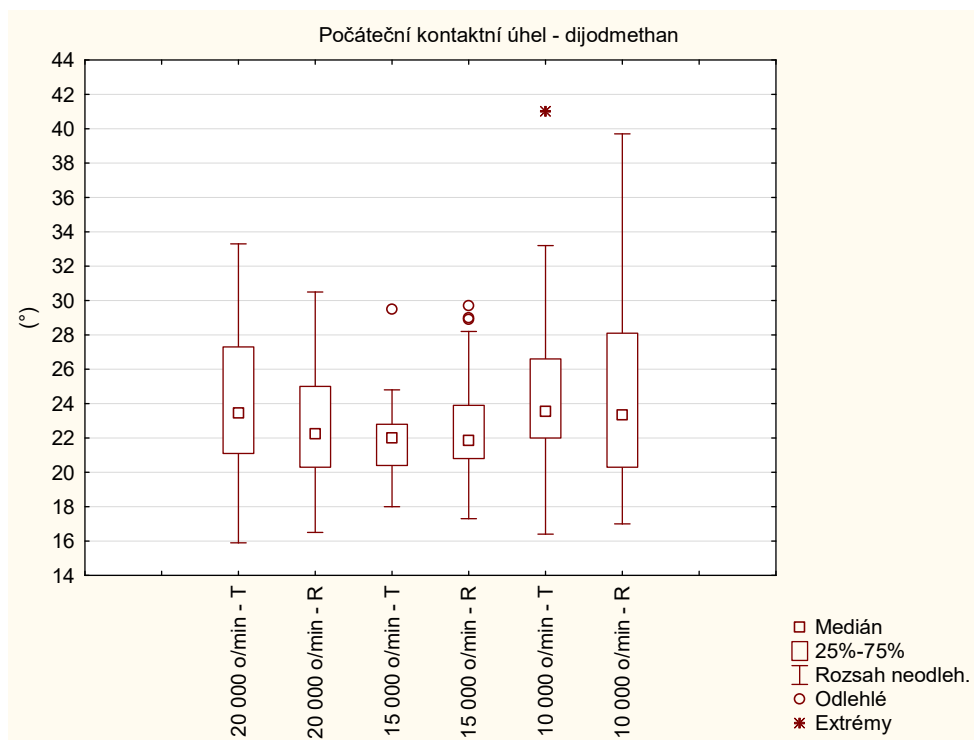


Obr. 7.: drsnoměr Talysurf CLI 1000

6 Výsledky

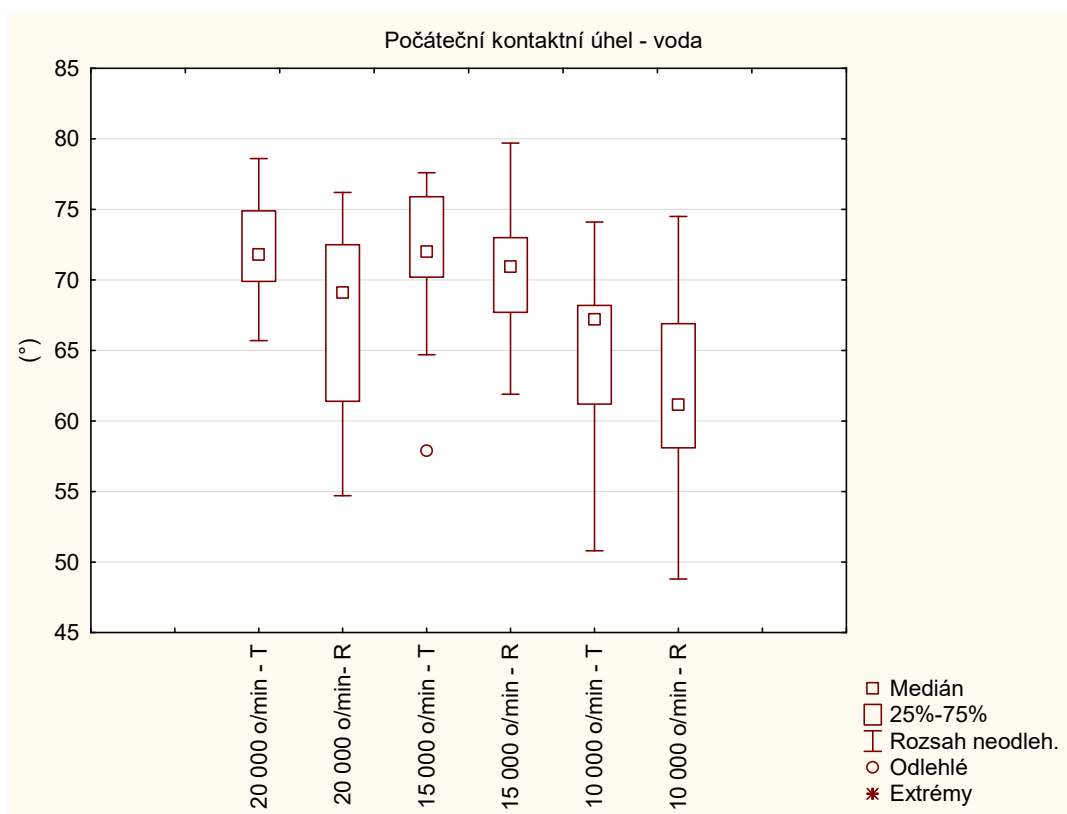
6.1 Kontaktní úhly polárních a nepolárních kapalin

Základní data kontaktních úhlů pro zpracování výsledků viz Přílohy 11.3, 11.4.



Obr. 8.: krabicový graf – počáteční kontaktní úhel u diiodmethanu

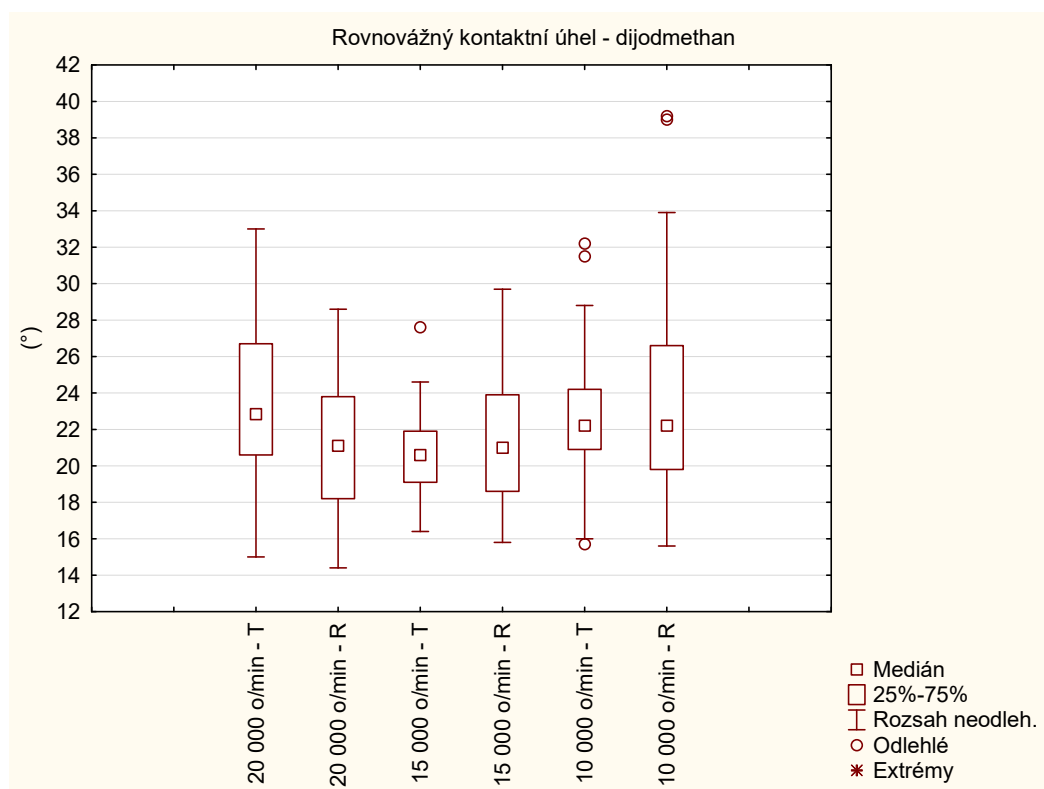
Na obr. 8. je možné vidět počáteční kontaktní úhel u diiodmethanu, který je určen při počátečním odkápnutím na podklad. Trend grafu je vyšší při 20 000 o/min posléze klesá a při 10 000 o/min opět stoupá. V porovnání hodnot v rozdílu ploch je pozorováno, že tangenciální plocha má větší úhel než radiální. I se zvyšujícím se kontaktním úhlem dochází ke zvyšování variability hodnot. Střední velikost hodnot se pohybuje v rozmezí 20-28°.



Obr. 9.: krabicový graf – počáteční kontaktní úhel u vody

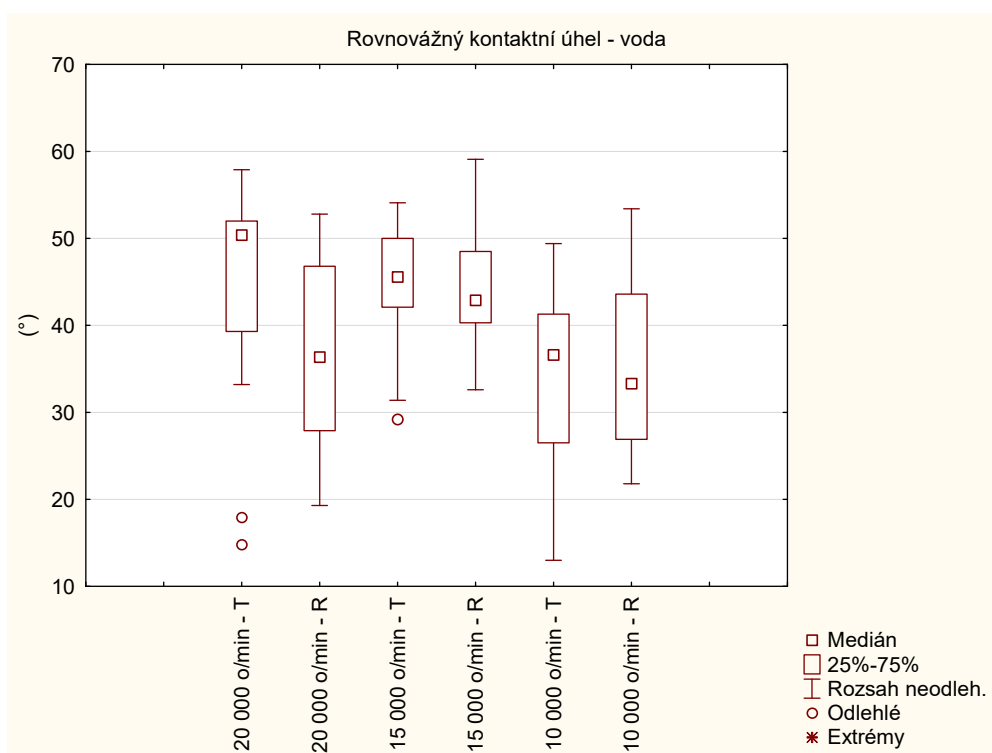
Obrázek 9. naznačuje trend počátečního kontaktního úhlu vody. Na obrázku je patrný stejný rozdíl tangenciální i radiální plochy jako u diiodmethanu. Avšak je pozorován klesající trend grafu se snižující se rychlostí otáček. Hodnoty počátečního kontaktního úhlu vody se pohybují v rozmezí středních hodnot mezi 60-75°.

Z grafů je patrné, že z pohledu radiální a tangenciální plochy jsou hodnoty tangenciální plochy vždy nepatrně vyšší než u radiální. U počátečního kontaktního úhlu vody se snižující rychlostí snižuje i kontaktní úhel, i když hodnota 20 000 o/min – T,R je o něco nižší, než rychlost 15 000 o/min. K většímu poklesu hodnot také dochází až při 10 000 otáčkách.



Obr. 10.: krabicový graf – rovnovážný kontaktní úhel u diiodmethanu

Obrázek 10. zobrazuje rovnovážný kontaktní úhel u diiodmethanu, který je určen v místě, kdy se mění kontaktní úhel postupový na kontaktní úhel ústupový (viz Literární přehled). Je možné opětovně pozorovat vyšší hodnoty u 20 000 o/min, poté se hodnoty snižují a opět se při 10 000 o/min zvyšují. Velikost středních hodnot je v průměru o 2° nižší, než v případě počátečního kontaktního úhlu. Tangenciální plocha má větší hodnoty kontaktního úhlu než radiální.



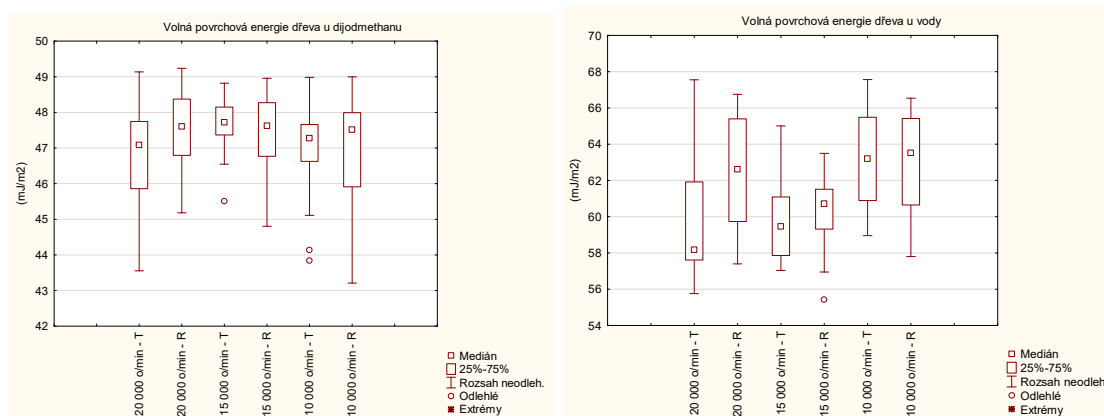
Obr. 11.: krabicový graf – rovnovážný kontaktní úhel u vody

Na obrázku 11. je pozorován rovnovážný kontaktní úhel vody, který je klesající s klesající rychlostí otáček. Střední hodnoty úhlu se pohybují v rozptýlu 28-50°. Opět má tangenciální plocha vyšší hodnoty než radiální.

Z krabicových grafů rovnovážných kontaktních úhlů dochází ke stejným jevům jako u počátečních kontaktních úhlů. S výjimkou vody kdy se odchyluje pouze hodnota 20 000 o/min R, kdy dochází ke kopcovitému trendu grafu.

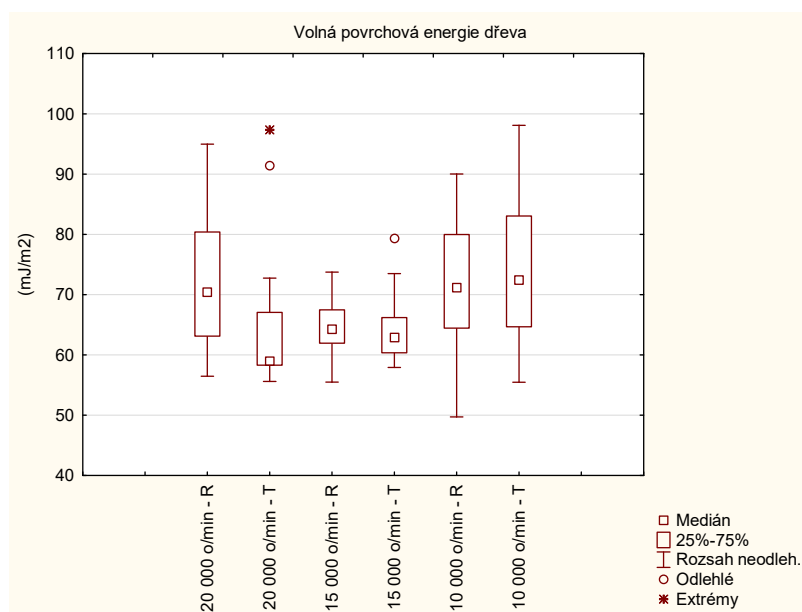
6.2 Volná povrchová energie polárních a nepolárních kapalin a dřeva

Základní data pro zpracování výsledků viz Přílohy 11.5 a vzorce pro výpočet Metodika 5.1.



Obr. 12.: krabicový graf – volná povrchová energie dřeva u diiodmethanu a vody

Výsledky volné povrchové energie diiodmethanu a vody (obr. 12.) vypočtené z povrchové energie a kontaktních úhlů odrážejí protipólově hodnoty a trendy kontaktních úhlů. V případě diiodmethanu dochází ke kopcovitému trendu grafu, tedy vzorky s 15 000 o/min mají nejvyšší povrchovou energii. Kdežto povrchová energie vody má se snižující se rychlostí zvyšující se hodnoty povrchové energie. Hodnoty povrchové energie diiodmethanu jsou v rozmezí 46-48 mJ/m² a vody 54-65,5 mJ/m². Ovšem u vzorku s rychlostí 20 000 o/min dochází k vychýlení hodnot z trendu i variability. U obou zkoumaných kapalin mají hodnoty radiálních ploch větší povrchovou energii než radiální.



Obr. 13.: krabicový graf – volná povrchová energie dřeva

Výsledný trend krabicového grafu z obrázku je spojený z dvou předchozích grafů spojením polární a disperzní složky vody a dijdometanu. Dochází přitom k zvýšení hodnot v oblasti s rychlostí 20 000 o/min v radiální ploše a ruší dojem zvyšujícího se trendu povrchové energie dřeva. Hodnoty povrchové energie dřeva jsou v rozmezí 59-82 mJ/m².

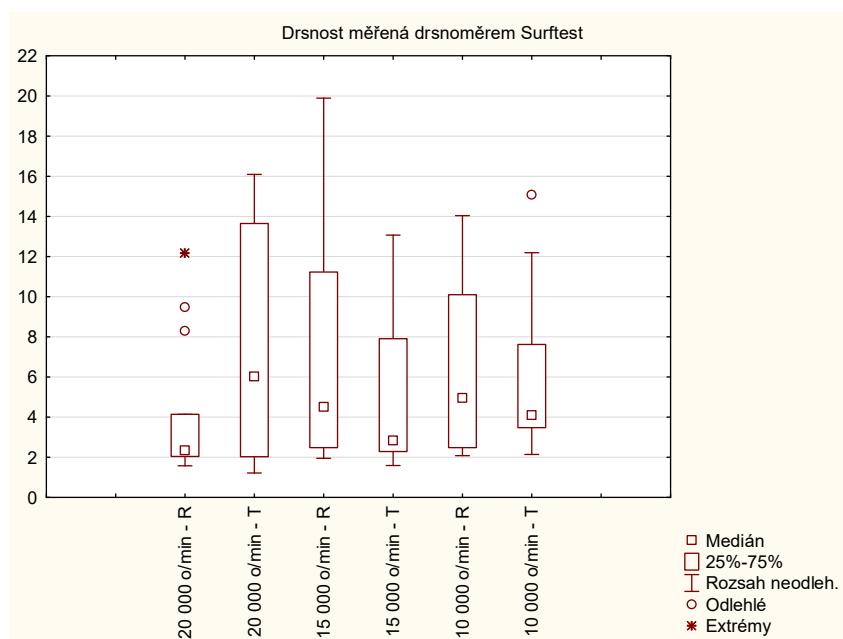
6.3 Drsnost smáčených vzorků

Na následujících tabulkách a obrázcích jsou uvedeny data z měření parametru drsnosti jako významný faktor ovlivňující smáčení.

Data měřená drsnoměrem Surfrest SJ-201

Měření	20 000 o/min - R	20 000 o/min - T	15 000 o/min - R	15 000 o/min - T	10 000 o/min - R	10 000 o/min - T
1	1,58	14,5	4,46	2,44	2,43	12,19
1	3,12	1,62	2,48	1,73	3,59	6,45
1	2,27	14,51	2,47	1,59	14,04	15,09
2	2,34	11,09	11,23	7,28	4,5	3,5
2	3,56	2,03	13,33	2,29	2,73	3,48
2	4,14	1,81	19,89	13,07	2,48	3,48
3	9,48	6,03	17,75	12,86	12,96	4
3	2,01	16,09	2,2	6,75	10,1	3,66
3	12,17	3,26	4,87	11,54	7,08	6,07
4	1,77	3,28	11,15	2,77	12,27	2,14
4	2,38	6,57	6,4	3,52	9,41	6,64
4	8,29	1,22	1,95	2,84	8,64	7,62
5	2,26	12,88	4,51	2,37	4,95	11,22
5	10,04	2,79	3,28	1,97	2,25	2,26
5	3,13	13,65	2,62	7,91	2,08	4,09
Celkem	68,54	111,33	108,59	80,93	99,51	91,89
Průměr	4,57	7,42	7,24	5,40	6,63	6,13
Směr. o.	3,41	5,47	5,75	4,07	4,14	3,76
Max	12,17	16,09	19,89	13,07	14,04	15,09
Min	1,58	1,22	1,95	1,59	2,08	2,14
Var. k.	74,70	73,70	79,44	75,39	62,44	61,39

Tab. 2.: drsnost měřená drsnoměrem Surfrest (μm)



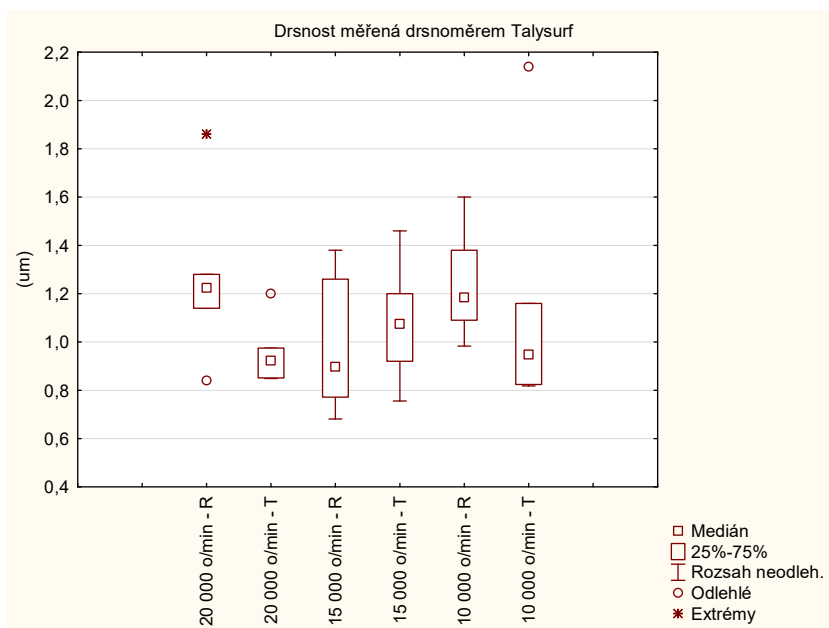
Obr. 14.: krabicový graf z dat tabulky 2

V tab. 2. a obr. 14 jsou data z měření drsnosti přístrojem Surftest. Data naznačují klesající charakter trendu a posléze stoupající v hodnotě 10 000 o/min. Podobný trend naznačoval i kontaktní úhel u dijudmethanu. Opět se vymykají hodnoty 20 000 o/min v radiální ploše. Rozmezí středních hodnot drsnosti jsou od 2-13 μm . Hodnoty drsnosti v radiální ploše jsou vyšší, než v tangenciální ploše, u kontaktního úhlu je tomu naopak.

Data měřená drsnoměrem Talysurf CLI 1000

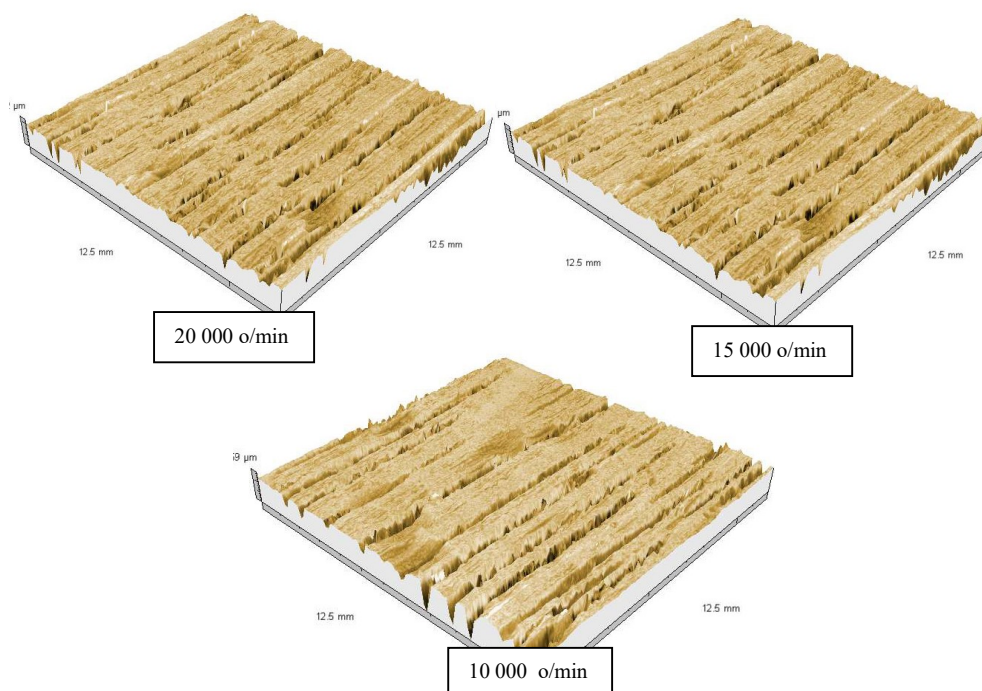
Měření	20 000 o/min - R	20 000 o/min - T	15 000 o/min - R	15 000 o/min - T	10 000 o/min - R	10 000 o/min - T
1	1,28	0,938	1,26	1,01	1,26	0,824
1	1,86	0,908	1,38	0,92	1,11	1,16
1	1,2	1,2	0,932	0,756	1,38	2,14
2	0,84	0,849	0,681	1,14	1,09	0,99
2	1,25	0,851	0,772	1,46	0,983	0,818
2	1,14	0,975	0,864	1,2	1,6	0,905
Celkem	7,57	5,72	5,89	6,49	7,42	6,84
Průměr	1,26	0,95	0,98	1,08	1,24	1,14
Směr. o.	0,30	0,12	0,25	0,22	0,21	0,46
Max	1,86	1,20	1,38	1,46	1,60	2,14
Min	0,84	0,85	0,68	0,76	0,98	0,82
Var. k.	24,10	12,48	25,87	20,61	16,66	40,56

Tab. 3.: drsnost měřená drsnoměrem Talysurf CLI 1000 (μm)



Obr. 15.: krabicový graf z dat tabulky č. 3

U hodnot z obr. 15. a tab. 3. měřené drsnoměrem Talysurf jsou hodnoty nejednoznačné a není možné u nich stanovit nějakou přímou závislost, protože se liší jak v různých rychlostech tak i plochách. S přihlédnutím na výše zmíněné nedostatky v radiální ploše u rychlosti 20 000 o/min lze usuzovat, že by se snižující rychlostí docházelo ke zvyšování hodnot drsnosti. Data se nacházejí v středním rozptylu 0,8-1,4 μm .

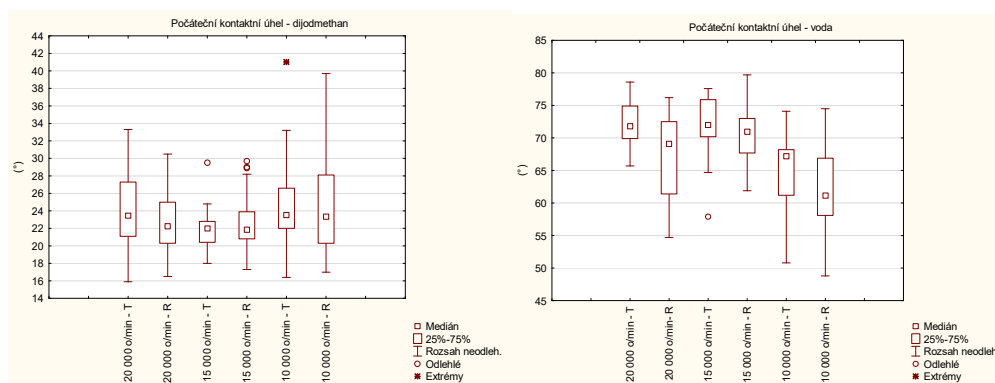


Obr. 16.: 3D obrázky z přístroje Talysurf CLI 1000 s jednotlivými rychlostmi

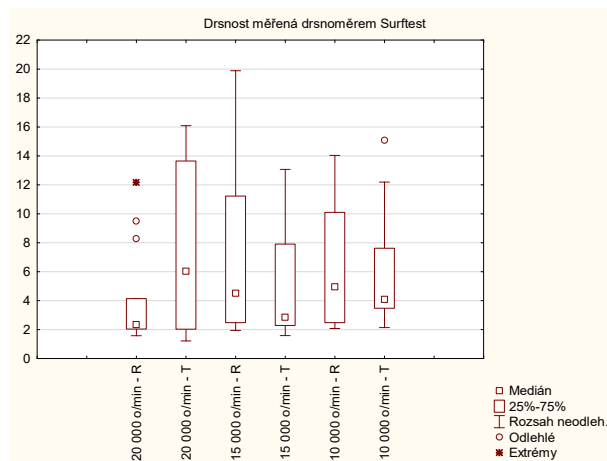
Z obrázků 16. není patrné, zda se drsnost opticky projevuje v rozdílu různých rychlostí nebo ploch.

6.4 Smáčivost v závislosti na drsnosti měřených vzorků

Vliv drsnosti na smáčení vzhledem ke správnosti dat je možné porovnávat výsledky měřené drsnoměrem Surftest.



Obr. 17.: počáteční kontaktní úhel u diiodmethanu a vody



Obr. 18.: drsnost měřená drsnoměrem Surftest

Drsnost (obr. 18.) má stejný trend hodnot jako počáteční kontaktní úhel u diiodmethanu (obr. 17.) S porovnáním počátečního kontaktního úhlu u vody trend není stejný, ale podobají se v klesající tendenci trendu do hodnot 15 000 o/min.

Porovnáním povrchové energie (kap 6.2) s drsností se průběh trendu nikterak nepodobá.

7 Diskuze

Z vyhodnocených dat je patrné, že faktor rychlosti otáčení při frézování má na danou problematiku smáčení vliv. Velikost rozdílu zkoumaných skupin hodnot rychlostí se nachází v jednotkách, jak u kontaktního úhlu, tak i u volné povrchové energie. Tedy vliv faktoru rychlosti obrábění je zřejmý, ale nemá nijak veliký dopad jako je tomu u jiných vlivů, které ovlivňují smáčení.

V otázce zůstává, co je příčinou tohoto vlivu. Z vyhodnocení drsnosti vyplývá, že hodnoty drsnosti ovlivňují ve značném případě pouze kapalinu diiodmethanu. U vody hodnoty drsnosti s hodnotami kontaktních úhlů a povrchových energií nenaznačují obdobný trend. Proto bych faktor drsnosti označil jako nejednoznačný. Určitě se do jisté míry podílí na průběhu smáčení, ale nebude jediným a hlavním faktorem či příčinou, která by smáčení ovlivňovala. Jednou z příčin, které se naskýtají a které by měli být zahrnuty, je vliv míry obrobení. Konkrétněji do jaké míry dochází k plastifikaci mikro vrstvy opracovaného povrchu. Neboť je jasné, že frézování se zvyšující rychlostí bude blížit k broušení, které má podle citovaných pramenů v kapitole 2.4 vždy největší hodnoty kontaktních úhlů a nejnižší povrchovou energii a je tedy ideální pro smáčení nátěrových hmot.

Porovnání R a T ploch lze vyhodnotit, že se navzájem liší. Jak u diiodmethanu tak i u vody je průběh hodnot stejný. Tangenciální plocha má ve většině případů větší hodnoty než radiální. Rozdíl hodnot je mnohdy zanedbatelný, avšak je pozorovatelný. Tento jev může být způsobený tím, že tangenciální plochy mají na své povrchu větší počet otevřených cév, kterými se kapalina může šířit. Ovšem u drsnosti jsou hodnoty radiální větší než tangenciální.

Vybraný druh dřeva dubu je také specifický pro svou anatomickou stavbu a svou míru zathylování cév v jádrovém dřevě. Což se bude určitou měrou podepisovat na hydrofobitě dřeva a na schopnosti šíření kapaliny po povrchu. U tohoto dřeva bude důležitým kritériem i chemické složení zvláště pak extraktivních látek dřeva, které se budou do jisté míry podílet na smáčivosti povrchu dřeva.

Dalším ojedinělostí je, že hodnoty, jak povrchové energie, tak i kontaktních úhlů při rychlosti 20 000 o/min jsou mnohdy menší než 15 000 o/min. A v případě radiální

plochy jsou hodnoty 20 000 o/min mimo trend ostatních hodnot a to způsobuje určitou odchylku od zobrazovaných trendů. U všech naměřených hodnot můžeme pozorovat větší nárůst nebo pokles hodnot při 10 000 o/min. Z toho vyplývá, že smáčivost může mít v závislosti na rychlosti obrábění exponenciální charakter.

U kapalinových standardů vody a dijudmethanu můžeme sledovat úplně rozdílný průběh hodnot u kontaktních úhlů i volných povrchových energií, kdy v případě vody dochází k nepřímé úměrnosti. U dijudmethanu dochází ve středních hodnotách rychlostí obrábění k poklesu nebo zvyšování hodnot. Výsledná volná povrchová energie dřeva je pak spíše výslednicí trendu, která se přibližuje standardu a výsledkům vody.

Porovnání s literaturou Santoni a kol. (2011) uvádějí u dubu průměrnou hodnotu kontaktního úhlu u vody 50° při čerstvém opracování a 64° po 24 hodinách působením na vzduchu. Tyto hodnoty jsou však měřeny při jiné metodice. Jediným vhodným pramenem je Liptáková a kol. (1995), kde je postupováno podle stejné metodiky, avšak je zkoumáno dřevo buku a to v tangenciálním směru. U frézovaného povrchu jsou uváděny průměrné hodnoty počátečního kontaktního úhlu vody 63°. 24,6° je uváděna jako hodnota pro rovnovážný kontaktní úhel. Z citovaných pramenů není zcela možné jednoznačně porovnat hodnoty výše zmíněné s hodnotami naměřenými. Není to možné i z důvodu jak je uváděno v literárním přehledu, že se ukázalo (Liptáková, Kúdela. 1994), že hodnoty kontaktního úhlu a volné povrchové energie naměřené různými autory na tom stejném materiálu se významně liší, ikdyž by měla být volná povrchová energie stejná. Zdroj variability může být v materiálu jako celku, anebo také zdroj variability může být v množství použitých kapalin a v rozdílnosti podmínek testování. (Kúdela, Wesserle. 2013)

U měření drsnosti vidíme, že hodnoty měřené drsnoměrem Talysurf nenaznačují žádný trend a ani nedochází k závislosti mezi radiální a tangenciální plochou. Proto jsou dále tyto výsledky považovány za nevěrohodné.

Z praktického hlediska je otázkou jak by se tyto povrchy chovali v případě lepení, jak tvrdí Stehr a kol. (2001) a Santoni a kol. (2011), že lepidla z důsledku větší viskozity lépe smáčejí hoblované povrchy. V případě povrchové úpravy je jasné, že dřevo opracované s větší rychlostí bude lépe smáčet nátěrové hmoty.

Vzhledem k tomu, že tato práce je jedinou, která se zabývá přímými faktory, které ovlivňují obrábění, lze tedy tuto práci považovat za průkopnickou a její hodnoty a výsledky lze zpochybnit. A to i z důvodu toho, že vzorky možná nebyly dostatečně kvalitní, či v měření můžou být jisté pochybnosti či nepřesnosti. Do jisté míry má na kvalitě práce i čas, který byl potřebný na měření. Tímto důvodem nebylo možné zajistit dostatečné množství měření pro opravdovou věrohodnost. Dalším z mnoha důvodů jsou i kapalinové standardy, které byly v této práci použity pouze dva. Pro lepší věrohodnost výsledků by mělo být použito více těchto kapalinových standardů.

8 Závěr

Cílem práce bylo zkoumat a určit vlastnosti povrchu dřeva, které jsou ovlivňovány smáčením. A tuto schopnost smáčet povrch dřeva posoudit podle velikosti úhlu smáčení a podle volné povrchové energie.

V práci bylo provedeno experimentální měření úhlu smáčení a povrchové energie podle metodiky Liptákové a Kúdely (1994). Měření kontaktního úhlu proběhlo na přístroji DSA30S, který měří kontaktní úhel pomocí CCD kamery.

Byl analyzován vliv různých rychlostí otáček při frézování. To bylo provedeno na vzorcích předem připraveného dřeva dubu, který byl posléze ofrézován na CNC stroji při rychlostech 20 000, 15 000, 10 000 o/min.

Z měření vyplynulo, že daný vliv rychlosti otáček nástroje způsobuje při zvyšování otáček i zvyšování kontaktního úhlu a snižování povrchové energie a opačně. Otázkou zůstává faktor, který tento vliv způsobuje, neboť měření drsnosti nenaznačovalo hlavní faktor, který by ovlivňoval danou problematiku. Při smáčení radiálních a tangenciálních ploch bylo zjištěno, že tangenciální plochy dosahují vyšších hodnot než radiální u kontaktních úhlů a nižších hodnot dosahují u volné povrchové energie. Hodnoty povrchové energie dřeva se pohybuje v rozmezí 59-82 mJ/m² v rámci všech měřených rychlostí.

Závěrem je možné konstatovat, že daná problematika je možným úvodem do dané problematiky vlivu mechanického opracování na smáčení a postrádá tedy literární zdroje pro kontrolu a správnost výsledků.

9 Seznam použitých symbolů

γ_c	kritické povrchové napětí
γ_i	acidobazická složka volné povrchové energie
γ_i^+	akceptor (Lewisuv acidický parametr)
γ_i^-	donor (Lewisuv bazický parametr)
γ_{AB}	mezifázové napětí kapalina-povrch
γ_{AC}	mezifázové napětí kapalina-vzduch
γ_{BC}	mezifázové napětí vzduch-povrch
γ_i^{AB}	Lewisova acidobazická složka
γ_i^{LW}	Lifshitz-van der Waalsova složka
γ_{LV}	volná povrchová energie kapaliny
γ_{SL}	volná povrchová energie na fázovém rozhraní tuhá látka – kapalina
γ_{SV}	volná povrchová energie tuhé látky
γ_{SVD}	volná povrchová energie tuhé látky – disperzní podíl
γ_{SVP}	volná povrchová energie tuhé látky – polární podíl
γ^d	disperzní podíl volné povrchové energie
γ^p	polární podíl volné povrchové energie
η	viskozita kapaliny
θ_0	kontaktní úhel
θ_u	rovnovážný kontaktní úhel
θ_w	kontaktní úhel ideálně hladkého povrchu
μl	mikro litr
μm	mikro metr
$^{\circ}C$	teplota
%	procento
PVAC	polyvinylacetát
PRF	fenolrezorcínolformaldehyd
mm	milimetr
m	metr
o/min	otáčky/minuta

m/min	metr/minuta
T	tangenciální plocha
R	radiální plocha

10 Literatura

- BARTOVSKÁ, Lidmila, ŠIŠKOVÁ, Marie. *Co je co v povrchové a koloidní chemii: Smáčení* [online]. 2005. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/smaceni.html
- GANDELOVÁ, Libuše, Jarmila ŠLEZINGEROVÁ a Petr HORÁČEK. *Nauka o dřevě*. 3. vyd. /. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-312-2.
- HORÁČEK, Petr. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. 2. vyd. /. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
- KÚDELA, J., WESSERLE, F. *Zmáčanie bukového dreva o rôznej vlhkosti kvapalinami rôznej polariry*. In Transfer inovácií [online]. vol. 27, p. 76-82. 2013. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/27-2013/pdf/076-082.pdf>
- KÚDELA, Jozef; LIPTÁKOVÁ, Eva. *Adhesion of coating materials to wood*. Journal of adhesion science and technology, 2006, 20.8: 875-895.
- LIPTÁKOVÁ, E., KÚDELA, J., BASTL, Z. *Thermodynamics and chemistry of real wood surfaces*. Wood structure, properties and quality '96. Moscow – Mytischki: Moscow State Forestry University, 1997, s. 323-327.
- LIPTÁKOVÁ, Eva, et al. *Influence of mechanical surface treatment of wood on the wetting process*. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 1995, 49.4: 369-375.
- LIPTÁKOVÁ, Eva; KÚDELA, Jozef. *Analysis of the wood-wetting process*. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 1994, 48.2: 139-144.
- LIPTÁKOVÁ, Eva; KÚDELA, Jozef. *Study of the system wood-coating material. Part 2. Wood-solid coating material*. Holzforschung, 2002, 56.5: 547-557.
- LIPTÁKOVÁ, Eva; KÚDELA, Jozef; SARVAS, Jan. *Problems Concerning the Equilibrium State on the Wood-Liquid Phase Boundary*. Wood Structure and Properties, 1998, 109-114.
- POŽGAJ, A., KURJATKO, S., CHOVANEC, D., BABIAK, M. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda, 1997. ISBN 80-07-00600-1.

- QIN, Zhiyong, et al. Surface free energy and dynamic wettability of differently machined poplar woods. *BioResources*, 2014, 9.2: 3088-3103.
- SANTONI, Ilaria; PIZZO, Benedetto. *Effect of surface conditions related to machining and air exposure on wettability of different Mediterranean wood species*. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 2011, 31.7: 743-753.
- STEHR, Micael; GARDNER, Douglas J.; WÅLINDER, Magnus EP. *Dynamic wettability of different machined wood surfaces*. *The Journal of Adhesion*, 2001, 76.3: 185-200.
- VONDRA, Milan. *Úprava vlastností modifikovaného dřeva*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nauky o dřevě
- WESSERLE, František. *Vplyv vybraných faktorov na zmáčanie a termodynamické charakteristiky dreva*. Zvolen, 2013. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, Drevarska fakulta, Katedra náuky o dreve
- WESSERLE, František. *Zmáčanie dreva kvapalinami a jeho termodynamické charakteristiky*. In: Interná projektová agentura TUZVO: Závěrečná správa projektu za rok 2012 [online]. 2012. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.tuzvo.sk/files/Rektorat/veda_vyskum/IPA/ing-f-wesserle.pdf

11 Seznam obrázků

Obr. 1.: kapka kapaliny na povrchu tuhé látky	10
Obr. 2.: kontaktní úhel θ_u v okamžiku zaplnění nerovností na povrchu bukového dřeva kapalinou (Liptáková et al. 1998)	12
Obr. 3.: CNC stroj značky SCM	18
Obr. 4.: frézovací nástroj od firmy BOTO	19
Obr. 5.: přístroj DSA30S se vzorkem	20
Obr. 6.: drsnoměr Surfrest SJ-201 se vzorkem	21
Obr. 7.: drsnoměr Talysurf CLI 1000	22
Obr. 8.: krabicový graf – počáteční kontaktní úhel u diiodmethanu	23
Obr. 9.: krabicový graf – počáteční kontaktní úhel u vody	24
Obr. 10.: krabicový graf – rovnovážný kontaktní úhel u diiodmethanu	25
Obr. 11.: krabicový graf – rovnovážný kontaktní úhel u vody	26
Obr. 12.: krabicový graf – volná povrchová energie dřeva u diiodmethanu a vody	27
Obr. 13.: krabicový graf – volná povrchová energie dřeva	27
Obr. 14.: krabicový graf z dat tabulky 2	29
Obr. 15.: krabicový graf z dat tabulky č. 3	30
Obr. 16.: 3D obrázky z přístroje Talysurf CLI 1000 s jednotlivými rychlostmi	31

12 Seznam tabulek

Tab. 1.: hodnoty povrchových energií vody a diiodmethnu potřebné k výpočtu volné povrchové energie.....	21
Tab. 2.: drsnost měřená drsnoměrem Surftest (μm)	28
Tab. 3.: drsnost měřená drsnoměrem Talysurf CLI 1000 (μm)	29

13 Přílohy

13.1 Hodnoty kontaktních úhlů a povrchových energií při kapalinovém standardu vody

Měření	RYCHLOST 20 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA									RYCHLOST 20 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA										
	Kontaktní úhel			γ - Liptáková			0,01	γ - Neumann			Kontaktní úhel			γ - Liptákovéj			0,01	γ - Neumann		
	θ -O	θ -U	θ -W	γ_{sv}	γ_{svD}	γ_{svP}	γ_{sv}	γ_{svD}	γ_{svP}	θ -O	θ -U	θ -W	γ_{sv}	γ_{svD}	γ_{svP}	γ_{sv}	γ_{svD}	γ_{svP}		
	(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)							
1	72,7	50,4	55,73	58,13	45,46	12,67	52,07	35,48	16,59	62,3	28,1	31,7	65,11	32,61	32,51	65,52	33,74	31,78		
2	69,8	51,6	55,91	58,06	45,50	12,56	51,95	35,46	16,49	59,4	32,9	36,1	64,07	36,15	27,92	63,47	34,70	28,77		
3	71,8	33,2	38,85	63,36	38,00	25,36	62,09	35,15	26,93	63,8	29,3	33,2	64,77	33,90	30,88	64,85	34,10	30,75		
4	70,4	17,9	21,56	67,03	20,30	47,49	69,31	30,63	38,68	61,4	25,9	29,2	65,64	30,23	35,42	66,56	33,10	33,46		
5	76	47,9	54,51	58,55	45,12	13,43	52,87	35,60	17,27	66,4	33,6	38,1	63,56	37,52	26,04	62,47	35,04	27,43		
6	73,5	53,2	58,39	57,18	46,09	11,09	50,29	35,13	15,15	63,4	25,8	29,4	65,60	30,43	35,18	66,48	33,15	33,33		
7	76	55,9	61,49	56,04	46,65	9,39	48,18	34,60	13,57	72,5	24,9	29,9	65,49	30,97	34,53	66,26	33,30	32,96		
8	70,4	14,8	17,91	67,55	20,76	48,56	70,34	29,22	41,12	71,1	19,3	23,3	66,75	20,06	46,93	68,75	31,24	37,51		
9	77,8	53,1	59,74	56,69	46,36	10,33	49,37	34,92	14,46	71,3	39,1	44,8	61,69	41,32	20,37	58,86	35,76	23,10		
10	77	50,5	57,19	57,61	45,82	11,79	51,10	35,30	15,80	76,2	30,5	37	63,85	36,74	27,11	63,05	34,85	28,19		
11	77,4	49,7	56,60	57,82	45,68	12,14	51,49	35,38	16,11	76,2	41,1	48,1	60,67	42,84	17,83	56,91	35,87	21,04		
12	73,6	55,4	60,27	56,49	46,45	10,04	49,01	34,83	14,18	72,6	40,6	46,6	61,14	42,18	18,96	57,80	35,84	21,96		
13	69,9	52,1	56,36	57,90	45,62	12,28	51,65	35,41	16,24	58,9	29,6	32,7	64,88	33,50	31,39	65,07	33,99	31,08		
14	74,4	57,5	62,25	55,76	46,76	9,00	47,65	34,45	13,20	54,7	27,9	30,4	65,40	31,40	34,00	66,08	33,41	32,67		
15	65,7	39,3	43,63	62,03	40,75	21,28	59,51	35,68	23,82	59	24,7	27,6	65,97	28,39	37,58	67,19	32,64	34,55		
16	66	51,6	54,85	58,43	45,22	13,21	52,64	35,57	17,07	57	30,1	32,9	64,83	33,68	31,15	64,96	34,04	30,93		
17	65,8	38,1	42,49	62,36	40,14	22,22	60,14	35,59	24,56	58,7	48,2	50,2	59,99	43,69	16,31	55,61	35,85	19,76		
18	71,2	41,9	47,47	60,86	42,58	18,28	57,27	35,86	21,41	59,7	24,3	27,3	66,03	27,96	38,07	67,32	32,54	34,78		
19	74,7	33,2	39,54	63,18	38,42	24,75	61,73	35,25	26,48	67,3	46,9	51,1	59,70	44,02	15,68	55,05	35,82	19,23		
20	71,8	38,2	43,99	61,92	40,93	20,99	59,30	35,71	23,59	74,5	51,8	57,5	57,49	45,90	11,60	50,88	35,26	15,62		
21	68,4	49,1	53,35	58,95	44,77	14,18	53,62	35,70	17,92	69,8	40,1	45,4	61,51	41,62	19,89	58,51	35,79	22,72		
22	78,6	48	55,45	58,22	45,38	12,84	52,25	35,51	16,74	70,8	50,1	54,9	58,41	45,23	13,18	52,61	35,56	17,05		
23	71,8	51,2	56,15	57,98	45,57	12,41	51,79	35,43	16,36	69,6	46,8	51,6	59,53	44,20	15,33	54,72	35,80	18,92		
24	74,9	50,4	56,41	57,89	45,63	12,25	51,62	35,40	16,22	72,6	52,8	57,8	57,40	45,96	11,45	50,71	35,22	15,48		
25	75,2	52	57,91	57,35	45,99	11,36	50,61	35,20	15,41	67,2	25,9	30,1	65,45	31,15	34,30	66,18	33,35	32,84		
26	72,5	57,9	61,95	55,87	46,72	9,15	47,86	34,51	13,35	72,6	45,2	51	59,74	43,98	15,76	55,12	35,83	19,29		
27	70,7	51,5	56,08	58,00	45,55	12,45	51,83	35,44	16,39	72,5	48,5	54	58,73	44,96	13,77	53,21	35,65	17,56		
28	68	49,6	53,67	58,84	44,87	13,96	53,41	35,67	17,74	68,6	44,8	49,5	60,21	43,43	16,79	56,02	35,86	20,16		
29	68,3	37,4	42,35	62,39	40,07	22,33	60,22	35,58	24,64	71,2	47,3	52,5	59,23	44,51	14,72	54,15	35,75	18,40		
30	70,7	50,8	55,48	58,21	45,39	12,82	52,23	35,51	16,73	71	44,6	50	60,07	43,60	16,46	55,74	35,86	19,89		
Celkem	2165	1383	1538	1781	1283	501	1633	1049	584	2012	1101	1234	1873	1132	741	1811	1038	771		
Průměr	72,2	46,1	51,25	59,35	42,75	16,69	54,45	34,97	19,47	67,1	36,7	41,1	62,43	37,74	24,70	60,34	34,63	25,71		
Směr. o.	3,54	10,4	10,69	3,01	6,44	9,56	5,78	1,41	6,70	6,11	9,94	10,6	2,93	6,83	9,68	5,66	1,29	6,80		
Max	78,6	57,9	62,25	67,55	46,76	48,56	70,34	35,86	41,12	76,2	52,8	57,8	66,75	45,96	46,93	68,75	35,87	37,51		
Min	65,7	14,8	17,91	55,76	20,30	9,00	47,65	29,22	13,20	54,7	19,3	23,3	57,40	20,06	11,45	50,71	31,24	15,48		
Var. k.	4,9	22,5	20,86	5,08	15,07	57,30	10,62	4,02	34,42	9,1	27,1	25,7	4,69	18,09	39,20	9,38	3,71	26,46		

Měření	RYCHLOST 15 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA									RYCHLOST 15 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA										
	Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann			Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann		
	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}		
(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)								
1	70,9	43,3	48,7	60,47	43,11	17,36	56,51	35,87	20,64	72,8	46,5	52,2	59,32	44,42	14,90	54,32	35,77	18,55		
2	76,9	44,1	51,2	59,66	44,06	15,60	54,97	35,82	19,15	71,9	43,4	49,1	60,35	43,26	17,09	56,29	35,87	20,42		
3	71,4	31,4	36,9	63,88	36,67	27,21	63,10	34,83	28,27	73,5	41,7	47,9	60,73	42,76	17,97	57,01	35,87	21,15		
4	70,4	34,1	39,5	63,19	38,39	24,81	61,76	35,24	26,52	69,3	43,4	48,4	60,57	42,97	17,60	56,71	35,87	20,84		
5	70,9	48,6	53,6	58,86	44,85	14,01	53,45	35,68	17,78	73,2	59,1	63,1	55,43	46,87	8,55	47,04	34,26	12,77		
6	74,9	44	50,5	59,89	43,81	16,08	55,41	35,84	19,57	73	52,9	58	57,33	46,00	11,32	50,57	35,19	15,37		
7	77,6	43,4	50,8	59,81	43,89	15,92	55,26	35,83	19,42	75,5	41,2	48	60,71	42,80	17,91	56,97	35,87	21,10		
8	75,9	50,5	56,8	57,74	45,74	12,00	51,34	35,35	15,99	75,5	48,7	55,1	58,35	45,28	13,07	52,49	35,55	16,95		
9	76,9	50	56,7	57,78	45,71	12,07	51,42	35,36	16,06	79,7	51,5	59	56,95	46,22	10,74	49,87	35,04	14,83		
10	71,3	43,3	48,8	60,43	43,15	17,28	56,45	35,87	20,58	76,4	39,1	46,1	61,28	41,98	19,30	58,07	35,82	22,24		
11	77,3	49,6	56,5	57,86	45,65	12,21	51,57	35,39	16,18	72,3	32,6	38,3	63,50	37,66	25,84	62,36	35,08	27,28		
12	76,8	47	53,9	58,75	44,95	13,80	53,24	35,65	17,59	73,7	38,8	45,1	61,59	41,48	20,11	58,67	35,78	22,90		
13	72,1	47,2	52,7	59,17	44,56	14,61	54,04	35,74	18,30	67,5	42,8	47,4	60,89	42,54	18,35	57,32	35,86	21,46		
14	75,7	48,9	55,3	58,27	45,35	12,92	52,33	35,52	16,81	70,9	40,3	45,8	61,37	41,84	19,52	58,23	35,81	22,42		
15	70,2	47,5	52,4	59,26	44,47	14,79	54,21	35,76	18,46	71,1	46,3	51,6	59,54	44,19	15,35	54,75	35,80	18,94		
16	70	52,2	56,5	57,86	45,65	12,21	51,57	35,39	16,18	72,4	48,6	54	58,71	44,98	13,73	53,17	35,64	17,53		
17	72,3	54,1	58,8	57,04	46,17	10,87	50,03	35,08	14,95	71,5	50,2	55,2	58,31	45,31	13,00	52,42	35,53	16,89		
18	64,7	37,7	41,9	62,54	39,79	22,74	60,49	35,53	24,96	68,1	40,5	45,3	61,52	41,61	19,91	58,53	35,79	22,73		
19	73	32	37,9	63,62	37,35	26,28	62,60	35,00	27,60	71	42,2	47,7	60,79	42,68	18,11	57,13	35,86	21,26		
20	74	51,4	57	57,68	45,78	11,90	51,22	35,33	15,89	67,7	37,8	42,6	62,32	40,21	22,11	60,07	35,60	24,47		
21	67,5	42,1	46,7	61,10	42,25	18,85	57,71	35,84	21,87	68,3	41,6	46,4	61,18	42,12	19,06	57,88	35,84	22,04		
22	74,3	43,7	50,1	60,04	43,63	16,41	55,70	35,85	19,84	69,2	37,9	43,1	62,19	40,45	21,74	59,83	35,64	24,19		
23	77,6	43,6	51	59,75	43,97	15,78	55,14	35,83	19,31	66,8	43	47,4	60,89	42,55	18,34	57,31	35,86	21,45		
24	71,9	49,6	54,8	58,46	45,20	13,26	52,69	35,58	17,11	70,4	45,5	50,7	59,85	43,85	15,99	55,33	35,84	19,49		
25	67	37	41,7	62,59	39,68	22,91	60,60	35,51	25,09	62,1	44,9	48	60,68	42,83	17,86	56,92	35,87	21,06		
26	69,7	39,1	44,4	61,81	41,12	20,68	59,09	35,74	23,35	67,7	49,7	53,7	58,83	44,87	13,96	53,40	35,67	17,73		
27	71,7	54	58,5	57,14	46,12	11,02	50,21	35,12	15,10	61,9	41,6	45	61,63	41,43	20,19	58,73	35,77	22,96		
28	77,4	51,2	57,9	57,34	45,99	11,35	50,59	35,20	15,39	64	36,1	40,1	63,01	38,79	24,22	61,42	35,33	26,09		
29	57,9	29,2	32,1	65,01	33,02	31,99	65,31	33,86	31,46	66,2	48,5	52,2	59,32	44,41	14,91	54,33	35,77	18,56		
30	68,7	53	56,8	57,76	45,72	12,03	51,37	35,36	16,02	64,1	36,4	40,5	62,93	38,98	23,94	61,25	35,37	25,88		
Celkem	2167	1343	1510	1795	1296	499	1659	1064	595	2108	1313	1467	1810	1285	524	1688	1068	620		
Průměr	72,2	44,8	50,3	59,82	43,19	16,63	55,31	35,47	19,85	70,3	43,8	48,9	60,34	42,85	17,49	56,28	35,63	20,65		
Směr. o.	4,34	6,82	7,09	2,19	3,25	5,40	4,19	0,41	4,34	4,14	5,61	5,64	1,83	2,20	3,99	3,48	0,35	3,34		
Max	77,6	54,1	58,8	65,01	46,17	31,99	65,31	35,87	31,46	79,7	59,1	63,1	63,50	46,87	25,84	62,36	35,87	27,28		
Min	57,9	29,2	32,1	57,04	33,02	10,87	50,03	33,86	14,95	61,9	32,6	38,3	55,43	37,66	8,55	47,04	34,26	12,77		
Var. k.	6	15,2	14,1	3,66	7,51	32,46	7,58	1,17	21,88	5,9	12,8	11,5	3,03	5,13	22,83	6,18	0,98	16,19		

Měření	RYCHLOST 10 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA									RYCHLOST 10 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA										
	Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann			Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann		
	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}		
	(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)							
1	72,3	41,2	47,1	60,98	42,41	18,57	57,50	35,85	21,65	69,8	43,3	48,4	60,56	42,99	17,57	56,69	35,87	20,82		
2	68	32,9	37,7	63,66	37,26	26,40	62,67	34,98	27,69	73,5	39,5	45,7	61,40	41,79	19,61	58,30	35,81	22,49		
3	67,7	44,5	49	60,38	43,23	17,15	56,34	35,87	20,47	72,5	33,4	39,2	63,26	38,23	25,03	61,90	35,21	26,69		
4	67,2	43,4	47,9	60,74	42,75	17,99	57,03	35,87	21,16	68,9	33,2	38,2	63,53	37,59	25,94	62,42	35,06	27,36		
5	67,4	40,9	45,6	61,45	41,71	19,74	58,40	35,80	22,60	74,5	50,8	56,6	57,81	45,69	12,12	51,47	35,37	16,09		
6	72	46,5	52	59,39	44,34	15,06	54,47	35,78	18,69	67,9	32,7	37,5	63,72	37,10	26,61	62,78	34,94	27,84		
7	56,1	30,5	33,2	64,77	33,91	30,86	64,84	34,10	30,74	70,9	44,9	50,2	59,98	43,70	16,29	55,59	35,85	19,74		
8	61,1	27,9	31,3	65,20	32,25	32,95	65,69	33,64	32,05	58,1	22,3	93,6	27,98	25,88	2,10	25,24	22,41	2,83		
9	63,3	21,1	24,3	66,58	22,07	44,51	68,42	31,58	36,83	61,3	26,9	30,3	65,42	31,29	34,14	66,13	33,38	32,74		
10	67,4	25,7	29,9	65,49	30,96	34,53	66,26	33,30	32,97	60,3	33,1	36,5	63,98	36,40	27,58	63,29	34,76	28,53		
11	62,8	29,1	32,8	64,86	33,58	31,28	65,02	34,01	31,01	55,1	23,9	26,3	66,22	26,57	39,65	67,70	32,24	35,46		
12	60	32,5	35,8	64,14	35,93	28,21	63,61	34,64	28,97	58,2	25,6	28,5	65,80	29,39	36,41	66,86	32,89	33,98		
13	62,7	24	27,4	66,01	28,08	37,94	67,29	32,57	34,72	58,4	34,2	37,2	63,78	36,93	26,86	62,91	34,90	28,02		
14	50,8	26,5	28,5	65,79	29,41	36,38	66,86	32,89	33,96	53,5	36,3	38,5	63,46	37,74	25,72	62,29	35,10	27,20		
15	30,9	13,2	13,6	65,61	21,19	49,58	71,34	27,40	43,94	48,8	29,9	31,6	65,12	32,57	32,55	65,54	33,73	31,80		
16	51,3	16,2	17,8	67,57	20,77	48,60	70,38	29,16	41,22	59,1	21,8	24,5	66,54	22,98	43,56	68,33	31,67	36,66		
17	50,9	16,4	18	67,55	20,75	48,55	70,33	29,24	41,10	59,9	26,4	29,5	65,58	30,55	35,02	66,43	33,19	33,24		
18	34,8	13	13,5	65,60	21,20	49,59	71,35	27,37	43,99	56,8	26,2	28,9	65,71	29,88	35,83	66,69	33,01	33,67		
19	64,8	40,4	44,5	61,77	41,18	20,59	59,02	35,74	23,28	60,5	37,4	40,7	62,85	39,14	23,71	61,10	35,40	25,70		
20	61,3	28,3	31,7	65,10	32,66	32,45	65,50	33,76	31,74	57,9	31,6	34,6	64,44	35,00	29,44	64,21	34,40	29,81		
21	73	41,3	47,4	60,89	42,54	18,36	57,33	35,86	21,47	61	31,9	35,4	64,25	35,61	28,64	63,82	34,56	29,26		
22	74,1	45,8	52	59,41	44,33	15,08	54,49	35,78	18,71	57,4	27,3	30,1	65,45	31,15	34,31	66,18	33,35	32,84		
23	69,4	45,9	50,7	59,82	43,89	15,93	55,27	35,83	19,43	62,3	36,9	40,6	62,89	39,06	23,83	61,18	35,39	25,79		
24	72,2	44,4	50,1	60,02	43,66	16,36	55,66	35,85	19,80	55,8	26,3	28,9	65,71	29,85	35,86	66,70	33,00	33,69		
25	67,8	36,7	41,5	62,62	39,61	23,01	60,66	35,49	25,17	64,5	44,4	48,1	60,65	42,87	17,79	56,87	35,87	21,00		
26	61,2	38,3	41,7	62,57	39,72	22,86	60,56	35,51	25,05	65,1	53,4	56,1	57,99	45,56	12,43	51,81	35,43	16,37		
27	66,6	36,6	41,2	62,73	39,41	23,32	60,86	35,45	25,40	64,3	49,9	53	59,08	44,65	14,43	53,86	35,72	18,14		
28	68,2	40,3	45,2	61,57	41,52	20,04	58,62	35,78	22,84	66,9	45,9	50,1	60,03	43,65	16,38	55,67	35,85	19,82		
29	67,3	49,4	53,3	58,96	44,76	14,20	53,64	35,70	17,94	65	43,6	47,5	60,85	42,60	18,24	57,24	35,86	21,37		
30										64,8	46,6	50,2	59,99	43,69	16,31	55,61	35,85	19,76		
Celkem	1813	973	1085	1896	1057	861	1872	1007	866	1873	1260	1237	1854	1100	754	1805	1026	779		
Průměr	62,5	33,5	37,4	63,15	35,69	27,93	62,05	33,96	28,09	62,4	42	41,2	61,80	36,67	25,13	60,16	34,20	25,96		
Směr. o.	10,2	10,6	11,9	2,60	8,11	11,44	5,50	2,56	7,86	6,16	34,7	13,3	6,76	6,32	9,43	8,09	2,50	7,30		
Max	74,1	49,4	53,3	67,57	44,76	49,59	71,35	35,87	43,99	74,5	223	93,6	66,54	45,69	43,56	68,33	35,87	36,66		
Mín	30,9	13	13,5	58,96	20,75	14,20	53,64	27,37	17,94	48,8	21,8	24,5	27,98	22,98	2,10	25,24	22,41	2,83		
Var. k.	16,3	31,5	31,8	4,12	22,73	40,95	8,86	7,55	27,97	9,86	82,5	32,4	10,94	17,22	37,53	13,45	7,31	28,11		

13.2 Hodnoty kontaktních úhlů a povrchových energií při kapalinovém standardu diiodmethanu

Měření	RYCHLOST 20 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA									RYCHLOST 20 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA								
	Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01 γ- Neumann			Kontaktní úhel			γ- Liptákovéj			0,01 γ- Neumann		
	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}
(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)						
1	33,3	33	33,02	43,56	42,92	0,63	43,41	42,92	0,48	20,8	20,4	20,4	47,80	47,66	0,14	47,75	47,66	0,09
2	23,5	23,1	23,12	47,01	46,80	0,21	46,95	46,80	0,15	23,7	22,7	22,7	47,13	46,93	0,20	47,07	46,93	0,14
3	25,6	25,3	25,31	46,32	46,04	0,28	46,24	46,04	0,20	30,5	27,6	27,8	45,49	45,12	0,37	45,39	45,12	0,28
4	32,2	30,6	30,71	44,43	43,92	0,51	44,31	43,92	0,38	29,4	28,6	28,6	45,18	44,77	0,41	45,08	44,77	0,31
5	28,7	28,4	28,42	45,26	44,86	0,40	45,16	44,86	0,30	27,9	25,9	26	46,09	45,79	0,30	46,01	45,79	0,22
6	24,8	24,4	24,42	46,61	46,36	0,25	46,54	46,36	0,18	22,1	19,9	20	47,92	47,79	0,13	47,88	47,79	0,09
7	15,9	15	15,02	49,14	49,08	0,06	49,11	49,08	0,03	16,9	14,9	14,9	49,15	49,10	0,06	49,13	49,10	0,03
8	18,1	16,2	16,24	48,86	48,79	0,07	48,83	48,79	0,04	19,1	19,1	19,1	48,16	48,04	0,12	48,12	48,04	0,07
9	21,5	19,2	19,27	48,11	47,99	0,12	48,07	47,99	0,08	18,5	16,6	16,6	48,77	48,69	0,08	48,74	48,69	0,04
10	21,1	20,2	20,23	47,85	47,72	0,14	47,81	47,72	0,09	18,5	17,9	17,9	48,46	48,37	0,09	48,43	48,37	0,06
11	23,4	22,6	22,63	47,16	46,96	0,20	47,10	46,96	0,14	16,5	15,2	15,2	49,09	49,03	0,06	49,07	49,03	0,03
12	22,4	21,5	21,53	47,48	47,32	0,17	47,43	47,32	0,11	18,1	17,3	17,3	48,61	48,52	0,09	48,57	48,52	0,05
13	19,4	17,2	17,25	48,62	48,54	0,08	48,59	48,54	0,05	21,2	14,4	14,5	49,24	49,19	0,05	49,21	49,19	0,03
14	20,9	20,6	20,61	47,75	47,60	0,15	47,70	47,60	0,10	25	24,3	24,3	46,63	46,39	0,25	46,56	46,39	0,18
15	30,3	25,8	26,05	46,08	45,77	0,31	45,99	45,77	0,22	28,3	28,1	28,1	45,37	44,98	0,39	45,27	44,98	0,29
16	26,7	26,7	26,70	45,86	45,53	0,33	45,77	45,53	0,24	23,3	19,3	19,4	48,07	47,95	0,12	48,03	47,95	0,08
17	20,6	20,6	20,60	47,75	47,60	0,15	47,70	47,60	0,10	20,4	19,6	19,6	48,02	47,89	0,13	47,97	47,89	0,08
18	27,3	26,7	26,73	45,85	45,52	0,33	45,76	45,52	0,24	24,2	23,8	23,8	46,80	46,57	0,23	46,73	46,57	0,16
19	20,9	19,2	19,25	48,12	48,00	0,12	48,08	48,00	0,08	21,7	21,1	21,1	47,60	47,44	0,16	47,55	47,44	0,11
20	21,1	20,7	20,71	47,72	47,57	0,15	47,67	47,57	0,10	28,4	28,4	28,4	45,27	44,87	0,40	45,17	44,87	0,30
21	31,2	30,3	30,36	44,56	44,07	0,49	44,44	44,07	0,37	20,3	18,2	18,3	48,38	48,28	0,10	48,34	48,28	0,06
22	26,7	26,7	26,70	45,86	45,53	0,33	45,77	45,53	0,24	22,4	21,9	21,9	47,37	47,19	0,18	47,32	47,19	0,12
23	29,1	28	28,07	45,39	45,00	0,39	45,29	45,00	0,29	21,1	21,1	21,1	47,61	47,45	0,16	47,56	47,45	0,11
24	24,9	24,3	24,33	46,64	46,39	0,25	46,57	46,39	0,18	21,2	20,9	20,9	47,66	47,51	0,15	47,61	47,51	0,10
25	22,1	21	21,04	47,63	47,47	0,16	47,58	47,47	0,11	26,9	23,3	23,5	46,91	46,69	0,22	46,84	46,69	0,16
26	22,8	22,4	22,42	47,22	47,03	0,19	47,17	47,03	0,13	22,4	21,1	21,1	47,60	47,44	0,16	47,54	47,44	0,11
27	27	25,1	25,19	46,36	46,08	0,28	46,28	46,08	0,20	24,4	23,8	23,8	46,79	46,56	0,23	46,73	46,56	0,16
28	22,4	20,7	20,76	47,71	47,56	0,15	47,66	47,56	0,10	27,4	26,8	26,8	45,81	45,48	0,34	45,72	45,48	0,25
29	28,1	27,8	27,82	45,47	45,10	0,38	45,38	45,10	0,28	23,2	22,2	22,2	47,28	47,09	0,19	47,22	47,09	0,13
30	23	21,8	21,84	47,39	47,22	0,18	47,34	47,22	0,12	19,1	17,7	17,7	48,51	48,41	0,09	48,47	48,41	0,06
Celkem	735	705	706	1404	1396	7,42	1402	1396	5,32	683	642	643	1423	1417	5,59	1421	1417	3,89
Průměr	24,5	23,5	23,54	46,79	46,55	0,25	46,72	46,55	0,18	22,8	21,4	21,4	47,43	47,24	0,19	47,37	47,24	0,13
Směr. o.	4,2	4,3	4,30	1,34	1,48	0,14	1,37	1,48	0,11	3,77	4,01	4,01	1,17	1,28	0,11	1,19	1,28	0,08
Max	33,3	33	33,02	49,14	49,08	0,63	49,11	49,08	0,48	30,5	28,6	28,6	49,24	49,19	0,41	49,21	49,19	0,31
Min	15,9	15	15,02	43,56	42,92	0,06	43,41	42,92	0,03	16,5	14,4	14,5	45,18	44,77	0,05	45,08	44,77	0,03
Var. k.	17,1	18,3	18,28	2,86	3,17	55,59	2,93	3,17	60,93	16,6	18,7	18,7	2,47	2,70	56,90	2,52	2,70	63,63

RYCHLOST 15 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA										RYCHLOST 15 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA								
Měření	Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01 γ- Neumann			Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01 γ- Neumann		
	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}
	(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)					
1	22,4	21,4	21,4	47,51	47,35	0,17	47,46	47,35	0,11	21,8	21,2	21,2	47,57	47,41	0,16	47,52	47,41	0,11
2	22,8	22,2	22,2	47,28	47,10	0,19	47,22	47,10	0,13	22,8	21,1	21,2	47,59	47,43	0,16	47,54	47,43	0,11
3	24,6	24,6	24,6	46,55	46,29	0,26	46,48	46,29	0,18	29	26,7	26,8	45,81	45,48	0,34	45,72	45,48	0,25
4	29,5	27,6	27,7	45,51	45,14	0,37	45,41	45,14	0,27	29,7	29,7	29,7	44,81	44,35	0,46	44,69	44,35	0,34
5	18	16,4	16,4	48,82	48,75	0,07	48,79	48,75	0,04	23,7	22,7	22,7	47,13	46,93	0,20	47,07	46,93	0,14
6	22	22	22	47,35	47,17	0,18	47,29	47,17	0,12	18,3	16,2	16,2	48,86	48,79	0,07	48,83	48,79	0,04
7	20,5	20,3	20,3	47,83	47,69	0,14	47,78	47,69	0,09	19	18,3	18,3	48,36	48,26	0,10	48,32	48,26	0,06
8	20,2	19,4	19,4	48,07	47,95	0,12	48,03	47,95	0,08	24,8	24,8	24,8	46,49	46,22	0,26	46,41	46,22	0,19
9	20,4	18,6	18,6	48,27	48,17	0,11	48,24	48,17	0,07	19,1	17,8	17,8	48,48	48,39	0,09	48,45	48,39	0,06
10	20	18,9	18,9	48,20	48,09	0,11	48,16	48,09	0,07	20,4	18,6	18,6	48,27	48,17	0,11	48,24	48,17	0,07
11	19,7	18	18	48,43	48,33	0,10	48,39	48,33	0,06	20	19,6	19,6	48,02	47,90	0,13	47,98	47,90	0,08
12	23	20,8	20,9	47,67	47,52	0,15	47,62	47,52	0,10	23,9	23,9	23,9	46,77	46,54	0,23	46,70	46,54	0,17
13	20,6	19,4	19,4	48,07	47,95	0,12	48,03	47,95	0,08	21,9	21,5	21,5	47,49	47,32	0,17	47,44	47,32	0,11
14	22,1	21	21	47,63	47,47	0,16	47,58	47,47	0,11	20,9	18,2	18,3	48,37	48,27	0,10	48,33	48,27	0,06
15	19,5	18,4	18,4	48,33	48,23	0,10	48,29	48,23	0,07	27,3	26,9	26,9	45,78	45,44	0,34	45,69	45,44	0,25
16	21,7	20,4	20,4	47,79	47,65	0,14	47,75	47,65	0,10	20,9	20,9	20,9	47,67	47,51	0,15	47,62	47,51	0,10
17	22,7	20,4	20,5	47,78	47,64	0,14	47,74	47,64	0,10	21,2	20,7	20,7	47,72	47,57	0,15	47,67	47,57	0,10
18	23,1	22,2	22,2	47,28	47,09	0,19	47,22	47,09	0,13	21,5	20,9	20,9	47,66	47,51	0,15	47,61	47,51	0,10
19	22,9	22,7	22,7	47,14	46,94	0,20	47,08	46,94	0,14	28,2	26,9	27	45,77	45,42	0,34	45,67	45,42	0,25
20	22,8	21,9	21,9	47,37	47,19	0,18	47,31	47,19	0,12	26,8	25,5	25,6	46,24	45,95	0,29	46,16	45,95	0,21
21	22	21,4	21,4	47,52	47,35	0,17	47,46	47,35	0,11	28,9	28,3	28,3	45,29	44,90	0,40	45,19	44,90	0,30
22	19,4	18,1	18,1	48,41	48,31	0,10	48,37	48,31	0,06	22,1	21,5	21,5	47,49	47,32	0,17	47,43	47,32	0,11
23	19,9	19,1	19,1	48,15	48,04	0,12	48,11	48,04	0,07	17,3	15,8	15,8	48,96	48,89	0,07	48,93	48,89	0,04
24	22,3	21,6	21,6	47,46	47,29	0,17	47,40	47,29	0,12	22,9	22,3	22,3	47,25	47,06	0,19	47,19	47,06	0,13
25	21,2	19,6	19,6	48,01	47,89	0,13	47,97	47,89	0,08	22,4	21,4	21,4	47,51	47,35	0,17	47,46	47,35	0,11
26	23	21,1	21,2	47,59	47,43	0,16	47,54	47,43	0,11	21,2	17,2	17,3	48,61	48,53	0,09	48,58	48,53	0,05
27	20,7	19,6	19,6	48,02	47,89	0,13	47,97	47,89	0,08	19,6	19	19	48,18	48,07	0,11	48,14	48,07	0,07
28	24,8	23,7	23,7	46,82	46,59	0,23	46,75	46,59	0,16	23	18,7	18,8	48,23	48,12	0,11	48,19	48,12	0,07
29	22,4	21,4	21,4	47,51	47,35	0,17	47,46	47,35	0,11	20,8	17	17,1	48,66	48,58	0,08	48,63	48,58	0,05
30	21,8	18	18,1	48,41	48,32	0,10	48,38	48,32	0,06	21,2	20,3	20,3	47,83	47,69	0,14	47,78	47,69	0,09
Celkem	656	620	621	1431	1426	4,64	1429	1426	3,14	681	644	645	1423	1417	5,52	1421	1417	3,83
Průměr	21,9	20,7	20,7	47,69	47,54	0,15	47,64	47,54	0,10	22,7	21,5	21,5	47,43	47,25	0,18	47,37	47,25	0,13
Směr. o.	2,1	2,22	2,22	0,64	0,70	0,06	0,66	0,70	0,04	3,27	3,64	3,63	1,08	1,18	0,10	1,11	1,18	0,08
Max	29,5	27,6	27,7	48,82	48,75	0,37	48,79	48,75	0,27	29,7	29,7	29,7	48,96	48,89	0,46	48,93	48,89	0,34
Min	18	16,4	16,4	45,51	45,14	0,07	45,41	45,14	0,04	17,3	15,8	15,8	44,81	44,35	0,07	44,69	44,35	0,04
Var. k.	9,58	10,7	10,7	1,35	1,47	36,76	1,38	1,47	42,12	14,4	17	16,9	2,29	2,51	55,16	2,34	2,51	61,92

Měření	RYCHLOST 10 000 o/min, TANGENCIÁLNÍ PLOCHA									RYCHLOST 10 000 o/min, RADIÁLNÍ PLOCHA										
	Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann			Kontaktní úhel			γ- Liptáková			0,01	γ- Neumann		
	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	θ-O	θ-U	θ-W	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}		
	(°)			(mJ/m ²)						(°)			(mJ/m ²)							
1	24,6	23,9	23,9	46,76	46,53	0,23	46,69	46,53	0,17	25,1	22,8	22,9	47,08	46,88	0,20	47,02	46,88	0,14		
2	23,2	22,2	22,2	47,28	47,09	0,19	47,22	47,09	0,13	17	16,1	16,1	48,89	48,82	0,07	48,86	48,82	0,04		
3	22,2	20,8	20,8	47,68	47,53	0,15	47,63	47,53	0,10	18,3	15,6	15,7	49,00	48,93	0,06	48,97	48,93	0,04		
4	22,4	21,2	21,2	47,57	47,41	0,16	47,52	47,41	0,11	18,5	17,2	17,2	48,63	48,55	0,08	48,60	48,55	0,05		
5	16,7	15,7	15,7	48,98	48,92	0,06	48,95	48,92	0,04	19,8	18,2	18,2	48,38	48,28	0,10	48,34	48,28	0,06		
6	26,7	24,4	24,5	46,58	46,33	0,25	46,51	46,33	0,18	22,8	21,6	21,6	47,45	47,28	0,17	47,40	47,28	0,12		
7	22	22	22	47,35	47,17	0,18	47,29	47,17	0,12	20,3	19,6	19,6	48,02	47,89	0,13	47,98	47,89	0,08		
8	21,5	20,9	20,9	47,66	47,51	0,15	47,61	47,51	0,10	21,1	20,5	20,5	47,77	47,63	0,14	47,72	47,63	0,10		
9	20,6	19,1	19,1	48,15	48,03	0,12	48,10	48,03	0,07	21,8	20,9	20,9	47,66	47,50	0,15	47,61	47,50	0,10		
10	18,4	17,3	17,3	48,61	48,52	0,09	48,57	48,52	0,05	20,1	20	20	47,91	47,78	0,13	47,87	47,78	0,09		
11	20,4	18,8	18,8	48,22	48,11	0,11	48,18	48,11	0,07	19,4	18,9	18,9	48,21	48,09	0,11	48,17	48,09	0,07		
12	16,4	16	16	48,92	48,85	0,07	48,89	48,85	0,04	20	18,6	18,6	48,28	48,17	0,11	48,24	48,17	0,07		
13	23,8	23,8	23,8	46,80	46,57	0,23	46,73	46,57	0,16	28	26,4	26,5	45,93	45,61	0,32	45,84	45,61	0,24		
14	29,6	28,8	28,9	45,11	44,69	0,42	45,00	44,69	0,31	29,5	28,9	28,9	45,08	44,66	0,42	44,97	44,66	0,32		
15	22,4	21,4	21,4	47,51	47,35	0,17	47,46	47,35	0,11	21,6	21,2	21,2	47,58	47,42	0,16	47,52	47,42	0,11		
16	26	23,9	24	46,74	46,51	0,24	46,67	46,51	0,17	26,6	24	24,1	46,70	46,46	0,24	46,63	46,46	0,17		
17	23,9	22,1	22,2	47,30	47,11	0,18	47,24	47,11	0,13	27,9	26,6	26,7	45,87	45,54	0,33	45,78	45,54	0,24		
18	24,5	23,3	23,4	46,94	46,72	0,22	46,88	46,72	0,15	26,8	25,1	25,2	46,36	46,09	0,28	46,28	46,09	0,20		
19	31,5	31,5	31,5	44,14	43,59	0,55	44,01	43,59	0,42	30,7	30,4	30,4	44,54	44,05	0,49	44,42	44,05	0,37		
20	26,8	26,6	26,6	45,89	45,56	0,33	45,80	45,56	0,24	34	33,9	33,9	43,21	42,53	0,68	43,05	42,53	0,52		
21	26,6	26,6	26,6	45,89	45,57	0,33	45,80	45,57	0,24	39,1	39	39	41,12	40,10	1,01	40,90	40,10	0,80		
22	23,3	22,8	22,8	47,10	46,90	0,20	47,04	46,90	0,14	23,9	23,3	23,3	46,95	46,73	0,22	46,89	46,73	0,15		
23	33,2	32,2	32,3	43,84	43,25	0,59	43,70	43,25	0,45	31,6	31	31	44,31	43,78	0,53	44,18	43,78	0,40		
24	41	41	41	40,26	39,10	1,16	40,02	39,10	0,92	39,7	39,2	39,3	41,01	39,98	1,03	40,79	39,98	0,81		
25	24,6	23,6	23,6	46,85	46,63	0,23	46,78	46,63	0,16	20,6	19,8	19,8	47,96	47,83	0,13	47,92	47,83	0,09		
26	20,4	17,1	17,2	48,64	48,56	0,08	48,61	48,56	0,05	21,6	19,8	19,9	47,95	47,82	0,13	47,91	47,82	0,09		
27	25,5	24,5	24,5	46,57	46,31	0,25	46,49	46,31	0,18	24,9	24,8	24,8	46,48	46,22	0,26	46,41	46,22	0,19		
28	22,5	21,2	21,2	47,57	47,41	0,16	47,52	47,41	0,11	28,7	28,7	28,7	45,16	44,75	0,41	45,06	44,75	0,31		
29	27,5	24,2	24,4	46,63	46,38	0,25	46,56	46,38	0,18	22,2	20,1	20,2	47,87	47,73	0,14	47,82	47,73	0,09		
30	23,1	22,2	22,2	47,28	47,09	0,19	47,22	47,09	0,13	28,1	26,5	26,6	45,90	45,57	0,33	45,81	45,57	0,24		
Celkem	731	699	700	1405	1397	7,52	1403	1397	5,43	750	719	720	1397	1389	8,58	1395	1389	6,28		
Průměr	24,4	23,3	23,3	46,83	46,58	0,25	46,76	46,58	0,18	25	24	24	46,58	46,29	0,29	46,50	46,29	0,21		
Směr. o.	4,83	5,07	5,06	1,71	1,91	0,21	1,75	1,91	0,17	5,78	6,06	6,06	2,04	2,29	0,25	2,09	2,29	0,20		
Max	41	41	41	48,98	48,92	1,16	48,95	48,92	0,92	39,7	39,2	39,3	49,00	48,93	1,03	48,97	48,93	0,81		
Min	16,4	15,7	15,7	40,26	39,10	0,06	40,02	39,10	0,04	17	15,6	15,7	41,01	39,98	0,06	40,79	39,98	0,04		
Var. k.	19,8	21,7	21,7	3,64	4,10	82,68	3,74	4,10	92,05	23,1	25,3	25,3	4,39	4,94	85,98	4,50	4,94	94,10		

13.3 Povrchová energie dřeva

RYCHLOST 20 000 o/min													
T							R						
Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann			Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann		
	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}		γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}	γ _{SVD}	γ _{SVP}	γ _{SV}
1	42,92	12,67	55,59	42,92	16,59	59,51	1	47,66	32,51	80,17	47,66	31,78	79,44
2	46,80	12,56	59,36	46,80	16,49	63,29	2	46,93	27,92	74,85	46,93	28,77	75,69
3	46,04	25,36	71,40	46,04	26,93	72,97	3	45,12	30,88	75,99	45,12	30,75	75,87
4	43,92	47,49	91,42	43,92	38,68	82,60	4	44,77	35,42	80,19	44,77	33,46	78,23
5	44,86	13,43	58,29	44,86	17,27	62,13	5	45,79	26,04	71,83	45,79	27,43	73,22
6	46,36	11,09	57,44	46,36	15,15	61,51	6	47,79	35,18	82,97	47,79	33,33	81,12
7	49,08	9,39	58,47	49,08	13,57	62,65	7	49,10	34,53	83,62	49,10	32,96	82,06
8	48,79	48,56	97,35	48,79	41,12	89,91	8	48,04	46,93	94,97	48,04	37,51	85,55
9	47,99	10,33	58,32	47,99	14,46	62,45	9	48,69	20,37	69,06	48,69	23,10	71,79
10	47,72	11,79	59,50	47,72	15,80	63,51	10	48,37	27,11	75,47	48,37	28,19	76,56
11	46,96	12,14	59,10	46,96	16,11	63,08	11	49,03	17,83	66,87	49,03	21,04	70,07
12	47,32	10,04	57,36	47,32	14,18	61,50	12	48,52	18,96	67,48	48,52	21,96	70,48
13	48,54	12,28	60,82	48,54	16,24	64,78	13	49,19	31,39	80,57	49,19	31,08	80,27
14	47,60	9,00	56,60	47,60	13,20	60,80	14	46,39	34,00	80,39	46,39	32,67	79,05
15	45,77	21,28	67,05	45,77	23,82	69,59	15	44,98	37,58	82,56	44,98	34,55	79,54
16	45,53	13,21	58,74	45,53	17,07	62,60	16	47,95	31,15	79,10	47,95	30,93	78,88
17	47,60	22,22	69,82	47,60	24,56	72,16	17	47,89	16,31	64,20	47,89	19,76	67,65
18	45,52	18,28	63,80	45,52	21,41	66,92	18	46,57	38,07	84,63	46,57	34,78	81,35
19	48,00	24,75	72,75	48,00	26,48	74,48	19	47,44	15,68	63,13	47,44	19,23	66,67
20	47,57	20,99	68,55	47,57	23,59	71,16	20	44,87	11,60	56,47	44,87	15,62	60,49
21	44,07	14,18	58,25	44,07	17,92	62,00	21	48,28	19,89	68,17	48,28	22,72	70,99
22	45,53	12,84	58,36	45,53	16,74	62,27	22	47,19	13,18	60,38	47,19	17,05	64,24
23	45,00	12,41	57,41	45,00	16,36	61,36	23	47,45	15,33	62,78	47,45	18,92	66,37
24	46,39	12,25	58,64	46,39	16,22	62,61	24	47,51	11,45	58,95	47,51	15,48	62,99
25	47,47	11,36	58,83	47,47	15,41	62,88	25	46,69	34,30	80,99	46,69	32,84	79,53
26	47,03	9,15	56,19	47,03	13,35	60,38	26	47,44	15,76	63,20	47,44	19,29	66,73
27	46,08	12,45	58,53	46,08	16,39	62,48	27	46,56	13,77	60,33	46,56	17,56	64,13
28	47,56	13,96	61,52	47,56	17,74	65,29	28	45,48	16,79	62,26	45,48	20,16	65,64
29	45,10	22,33	67,43	45,10	24,64	69,74	29	47,09	14,72	61,81	47,09	18,40	65,49
30	47,22	12,82	60,04	47,22	16,73	63,94	30	48,41	16,46	64,88	48,41	19,89	68,30
Celkem	1349	488	1837	1349	567	1917	Celkem	1369	725	2093	1369	751	2120
Průměr	46,52	16,82	63,34	46,52	19,57	66,09	Průměr	47,20	24,99	72,19	47,20	25,91	73,11
Směr. o.	1,50	9,70	9,70	1,50	6,80	6,85	Směr. o.	1,28	9,73	9,74	1,28	6,83	6,89
Max	49,08	48,56	97,35	49,08	41,12	89,91	Max	49,19	46,93	94,97	49,19	37,51	85,55
Min	42,92	9,00	55,59	42,92	13,20	59,51	Min	44,77	11,45	56,47	44,77	15,48	60,49
Var. k.	3,22	57,65	15,32	3,22	34,74	10,37	Var. k.	2,71	38,92	13,49	2,71	26,37	9,42

RYCHLOST 15 000 o/min													
T							R						
Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann			Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann		
	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}		γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}
1	47,35	17,36	64,71	47,35	20,64	67,99	1	47,41	14,90	62,32	47,41	18,55	65,97
2	47,10	15,60	62,69	47,10	19,15	66,25	2	47,43	17,09	64,53	47,43	20,42	67,85
3	46,29	27,21	73,50	46,29	28,27	74,56	3	45,48	17,97	63,44	45,48	21,15	66,63
4	45,14	24,81	69,95	45,14	26,52	71,66	4	44,35	17,60	61,94	44,35	20,84	65,19
5	48,75	14,01	62,76	48,75	17,78	66,52	5	46,93	8,55	55,48	46,93	12,77	59,70
6	47,17	16,08	63,25	47,17	19,57	66,74	6	48,79	11,32	60,12	48,79	15,37	64,16
7	47,69	15,92	63,61	47,69	19,42	67,12	7	48,26	17,91	66,17	48,26	21,10	69,36
8	47,95	12,00	59,95	47,95	15,99	63,94	8	46,22	13,07	59,29	46,22	16,95	63,17
9	48,17	12,07	60,24	48,17	16,06	64,22	9	48,39	10,74	59,13	48,39	14,83	63,22
10	48,09	17,28	65,37	48,09	20,58	68,67	10	48,17	19,30	67,47	48,17	22,24	70,41
11	48,33	12,21	60,54	48,33	16,18	64,51	11	47,90	25,84	73,73	47,90	27,28	75,18
12	47,52	13,80	61,32	47,52	17,59	65,11	12	46,54	20,11	66,65	46,54	22,90	69,43
13	47,95	14,61	62,56	47,95	18,30	66,25	13	47,32	18,35	65,67	47,32	21,46	68,79
14	47,47	12,92	60,39	47,47	16,81	64,28	14	48,27	19,52	67,79	48,27	22,42	70,69
15	48,23	14,79	63,02	48,23	18,46	66,68	15	45,44	15,35	60,80	45,44	18,94	64,39
16	47,65	12,21	59,86	47,65	16,18	63,83	16	47,51	13,73	61,24	47,51	17,53	65,04
17	47,64	10,87	58,51	47,64	14,95	62,60	17	47,57	13,00	60,57	47,57	16,89	64,45
18	47,09	22,74	69,84	47,09	24,96	72,06	18	47,51	19,91	67,42	47,51	22,73	70,24
19	46,94	26,28	73,22	46,94	27,60	74,54	19	45,42	18,11	63,53	45,42	21,26	66,69
20	47,19	11,90	59,09	47,19	15,89	63,08	20	45,95	22,11	68,06	45,95	24,47	70,42
21	47,35	18,85	66,20	47,35	21,87	69,22	21	44,90	19,06	63,95	44,90	22,04	66,94
22	48,31	16,41	64,72	48,31	19,84	68,15	22	47,32	21,74	69,06	47,32	24,19	71,51
23	48,04	15,78	63,82	48,04	19,31	67,35	23	48,89	18,34	67,23	48,89	21,45	70,34
24	47,29	13,26	60,54	47,29	17,11	64,40	24	47,06	15,99	63,06	47,06	19,49	66,55
25	47,89	22,91	70,79	47,89	25,09	72,97	25	47,35	17,86	65,20	47,35	21,06	68,40
26	47,43	20,68	68,12	47,43	23,35	70,78	26	48,53	13,96	62,49	48,53	17,73	66,26
27	47,89	11,02	58,91	47,89	15,10	62,99	27	48,07	20,19	68,26	48,07	22,96	71,03
28	46,59	11,35	57,94	46,59	15,39	61,98	28	48,12	24,22	72,34	48,12	26,09	74,20
29	47,35	31,99	79,34	47,35	31,46	78,81	29	48,58	14,91	63,49	48,58	18,56	67,14
30	48,32	12,03	60,35	48,32	16,02	64,33	30	47,69	23,94	71,63	47,69	25,88	73,56
Celkem	1378	487	1865	1378	579	1957	Celkem	1370	501	1870	1370	594	1963
Průměr	47,51	16,79	64,30	47,51	19,98	67,49	Průměr	47,23	17,27	64,50	47,23	20,47	67,70
Směr. o.	0,70	5,42	5,13	0,70	4,36	4,08	Směr. o.	1,20	3,87	3,97	1,20	3,26	3,37
Max	48,75	31,99	79,34	48,75	31,46	78,81	Max	48,89	25,84	73,73	48,89	27,28	75,18
Min	45,14	10,87	57,94	45,14	14,95	61,98	Min	44,35	8,55	55,48	44,35	12,77	59,70
Var. k.	1,47	32,29	7,98	1,47	21,81	6,04	Var. k.	2,55	22,44	6,15	2,55	15,90	4,98

RYCHLOST 10 000 o/min													
T							R						
Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann			Měření	γ - Liptáková			γ - Neumann		
	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}		γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}	γ _{svd}	γ _{svp}	γ _{sv}
1	46,53	18,57	65,10	46,53	21,65	68,17	1	46,88	17,57	64,45	46,88	20,82	67,69
2	47,09	26,40	73,49	47,09	27,69	74,78	2	48,82	19,61	68,43	48,82	22,49	71,31
3	47,53	17,15	64,68	47,53	20,47	68,00	3	48,93	25,03	73,96	48,93	26,69	75,62
4	47,41	17,99	65,39	47,41	21,16	68,57	4	48,55	25,94	74,49	48,55	27,36	75,90
5	48,92	19,74	68,66	48,92	22,60	71,52	5	48,28	12,12	60,39	48,28	16,09	64,37
6	46,33	15,06	61,38	46,33	18,69	65,01	6	47,28	26,61	73,90	47,28	27,84	75,12
7	47,17	30,86	78,03	47,17	30,74	77,91	7	47,89	16,29	64,18	47,89	19,74	67,63
8	47,51	32,95	80,46	47,51	32,05	79,55	8	47,63	2,10	49,73	47,63	2,83	50,45
9	48,03	44,51	92,54	48,03	36,83	84,86	9	47,50	34,14	81,64	47,50	32,74	80,25
10	48,52	34,53	83,05	48,52	32,97	81,49	10	47,78	27,58	75,36	47,78	28,53	76,31
11	48,11	31,28	79,39	48,11	31,01	79,12	11	48,09	39,65	87,74	48,09	35,46	83,55
12	48,85	28,21	77,06	48,85	28,97	77,82	12	48,17	36,41	84,58	48,17	33,98	82,15
13	46,57	37,94	84,51	46,57	34,72	81,29	13	45,61	26,86	72,46	45,61	28,02	73,62
14	44,69	36,38	81,07	44,69	33,96	78,65	14	44,66	25,72	70,37	44,66	27,20	71,85
15	47,35	49,58	96,93	47,35	43,94	91,29	15	47,42	32,55	79,97	47,42	31,80	79,22
16	46,51	48,60	95,10	46,51	41,22	87,72	16	46,46	43,56	90,02	46,46	36,66	83,12
17	47,11	48,55	95,66	47,11	41,10	88,21	17	45,54	35,02	80,56	45,54	33,24	78,78
18	46,72	49,59	96,32	46,72	43,99	90,71	18	46,09	35,83	81,91	46,09	33,67	79,76
19	43,59	20,59	64,18	43,59	23,28	66,87	19	44,05	23,71	67,76	44,05	25,70	69,75
20	45,56	32,45	78,01	45,56	31,74	77,30	20	42,53	29,44	71,97	42,53	29,81	72,34
21	45,57	18,36	63,92	45,57	21,47	67,04	21	40,10	28,64	68,74	40,10	29,26	69,36
22	46,90	15,08	61,98	46,90	18,71	65,61	22	46,73	34,31	81,04	46,73	32,84	79,57
23	43,25	15,93	59,18	43,25	19,43	62,69	23	43,78	23,83	67,61	43,78	25,79	69,58
24	39,10	16,36	55,46	39,10	19,80	58,91	24	39,98	35,86	75,84	39,98	33,69	73,67
25	46,63	23,01	69,64	46,63	25,17	71,79	25	47,83	17,79	65,62	47,83	21,00	68,83
26	48,56	22,86	71,42	48,56	25,05	73,61	26	47,82	12,43	60,25	47,82	16,37	64,20
27	46,31	23,32	69,63	46,31	25,40	71,72	27	46,22	14,43	60,65	46,22	18,14	64,36
28	47,41	20,04	67,45	47,41	22,84	70,25	28	44,75	16,38	61,13	44,75	19,82	64,57
29	46,38	14,20	60,58	46,38	17,94	64,32	29	47,73	18,24	65,98	47,73	21,37	69,11
30	47,09	51,00	98,09	47,09	51,00	98,09	30	45,57	16,31	61,88	45,57	19,76	65,33
Celkem	1350	810	2160	1350	815	2165	Celkem	1343	738	2081	1343	759	2102
Průměr	46,56	27,93	74,49	46,56	28,09	74,65	Průměr	46,31	25,44	71,75	46,31	26,17	72,49
Směr. o.	1,94	11,44	12,08	1,94	7,86	8,58	Směr. o.	2,32	9,45	9,20	2,32	7,33	7,12
Max	48,92	49,59	96,93	48,92	43,99	91,29	Max	48,93	43,56	90,02	48,93	36,66	83,55
Min	39,10	14,20	55,46	39,10	17,94	58,91	Min	39,98	2,10	49,73	39,98	2,83	50,45
Var. k.	4,17	40,95	16,22	4,17	27,97	11,49	Var. k.	5,02	37,14	12,82	5,02	28,01	9,82

13.4 Technické údaje drsnoměru DSA30S

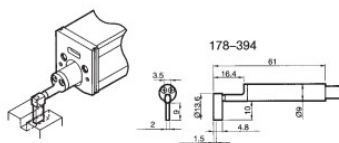
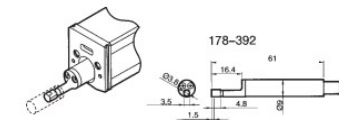
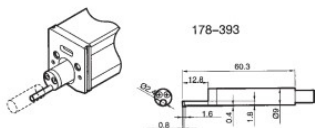
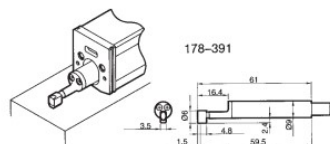
Technické údaje	
Rozsah merania	
Kontaktný uhol	1–180°
Povrchové napätie	0,01–1000 mN/m
Rozlíšenie (presnosť) merania	
Kontaktný uhol	0,1°
Povrchové napätie	0,01 mN/m
Video systém	<ul style="list-style-type: none"> • CCD fotoaparát s IEEE 1394b rozhraním • 60 fps (1000 fps voliteľné) • Video sekvencia • Automatické spúšťanie merania
Optika	<ul style="list-style-type: none"> • 6.5x zoom • FOV 3,5- 23mm diagonalne • Integrované zameranie • Vysoký výkon osvetlenia pola
Rozsah teplôt	-60– 400°C
Pohyb vzoriek	Manuálny, pohyblivé v smere x-y-z
Max. veľkosť vzorky	300 x ∞ x 50 mm (š x h x l)
Vonkajšie rozmery	660 x 240 x 610 mm (š x h x l)
Hmotnosť	Cca 25 kg
Napájanie	110/220 V, 50/60 Hz
Rozhranie	RS232, IEEE 1394b

13.5 Technické údaje drsnoměru Surftest SJ-201

Rozsah měření: osa Z: 300 mm
osa X: 12,5 mm

Posunová jednotka:
Rychlost měření: 0,25 mm/s,
0,5mm/s
zpětný chod: 1 mm/s
Délka kabelu: 1 m
Hmotnost: 190g

Standardní snímací dotek (178-395)
Snímací metoda: indukční metoda
Rozsah měření: 300µm
Snímací hrot: diamantový hrot
Poloměr hrotu: 2µm
Poloměr měřicí pátky: 40mm
Měřicí/přítlačná síla: 0,75mN
Hmotnost: 18g



Zobrazovací jednotka:

Profily: nefiltrovaný profil (P), profil drsnosti (R)
Parametry: Ra, Ry, Rz, Rt, Rp, Sm, S, Pc, R3z, mr
Normy drsnosti DIN, ISO
Měřicí dráha (l): 0,25 - 0,8 - 2,5 mm
Cut-off (délka posuvu): λc: 0,25 - 0,8 - 2,5 mm
λs: 2,5 - 8 µm
Počet měřicích drah: x1, x3, x5
Rozsah rozbavení: Ra, Rq, 0,01 - 75µm
Ry, Rz, Rt, R3z, 0,02 - 300µm
S, Sm, Z - 4000µm
Pc, 2,5/cm - 5000/cm
Filtr: 2CR-75%, 2CR-75% (fázové korig.), Gausův
Vyhodnocení tolerance: dolní/horní tolerance
Autom. vypínání po 30s
Kalibrace: automatická kalibrace zadáním hodnot a změněním etalonu drsnosti, který je součástí dodávky
Napájení: síťový adaptér nebo vestavěný akumulátor
Hmotnost: 290g

Zvláštní příslušenství (pro SJ-201 a SJ-301):

178-391 - snímací dotek pro měkké povrchy
178-392 - snímací dotek pro malé otvory (Ø 4,5 mm)
178-393 - snímací dotek pro velmi malé otvory (Ø 2,8 mm)
178-394 - snímací dotek pro hluboké drážky

Další příslušenství na poptávku.

13.6 Technické parametry drsnoměru Talysurf CLI 1000

Přesnost posuvového mechanismu :

- přímost profil (L)	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm
(1 profil) výstupek-prohlubeň	± 0,3 μm	± 0,4 μm	± 0,7 μm	± 1,2 μm

Rozteč datových údajů v osách X ; Y ; Z 0,5 μm

Rychlost měření 30 ; 15 ; 10 ; 5 ; 1 ; 0,5 mm/s

Rychlost polohování (X-Y) max. 30 mm/s

Měřicí systémy	Typ	Rozsah	Rozlišení	
			vertikální	příčné
Laserový	Triangulační laser (2000 Hz)	10 mm	1,0 μm	30 μm
		30 mm	3,0 μm	70 μm
Konfokální (CLA)	Chromatic Length Aberration (5000 Hz) HE	3 mm	100 nm	5 μm
		1 mm	30 nm	2 μm
		300 μm	10 nm	1 μm
Indukční	Form Talysurf DIA hrot R2μm	2,5 mm	40 nm	2 μm
		500 μm	10 nm	2 μm
		100 μm	2 nm	2 μm
Celk. rozměry / hmotnost přístroje		800 x 600 x 800 mm / 280 kg		