

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě



Využití recyklovaného dřeva ve výrobě dřevotřískových
desek

Diplomová práce

Brno 2017

Bc. Hana Havelková

podepsané zadání kvalifikační práce

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Využití recyklovaného dřeva ve výrobě dřevotřískových desek** vypracoval/a 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, 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, že předemtná 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

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří se jakkoli podíleli na utváření této práce. Především bych ráda poděkovala vedoucímu své práce doc. Dr. Ing. Pavlu Královi, za cenné rady, připomínky a odborné vedení při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Tomáši Pipíškovi, za pomoc při výrobě zkušebních vzorků a jejich testování. Mé díky patří i firmě Kronospan Jihlava, která mi poskytla dostatečné množství potřebného materiálu. Obrovské díky patří mé rodině a blízkým, kteří pro mě měli nejen morální podporu během celého studia.

Abstrakt

Autor: Bc. Havelková Hana

Název bakalářské práce: Využití recyklovaného dřeva ve výrobě dřevotřískových desek

Výzkum se zabýval výrobou třívrstevných dřevotřískových desek o hustotě přibližně 600 kg/m^3 v různých variantách s použitím recyklovaného dřeva v množství 10, 30, 60 a 90%. Z každé varianty byly vyrobeny dvě desky o rozměrech $600 \times 600 \times 12 \text{ mm}$, dohromady tedy 8 desek. Laboratorně vyrobené třísky z recyklovaného materiálu a ze štěpek z čistého dřeva byly rozděleny na povrchové a středové vrstvy. U těchto třísek byla provedena síťová analýza, následně byly připraveny a zpracovány do desek s odlišným podílem recyklátu. Také byly vylisovány dvě desky kontrolní z třísek od firmy Kronospan Jihlava, která používá ve výrobě smíšené třísky z čisté štěpky s recyklovaným dřevem. Také byly odebrány vzorky desek od již zmíněné firmy, které byly poskytnuty přímo z výroby. Na deseti deskách vyrobených v laboratoři Mendlovy univerzity v Útěchově a na 4 deskách od firmy KRONOSPAN byly zjišťovány rozhodující fyzikální a mechanické vlastnosti tj. vlhkost, hustota, plošná hustota, bobtnání po 24 h uložení ve vodě, pružnost a pevnost v ohybu a pevnost v tahu kolmo na rovinu desky. Tyto výsledky byly následně zpracovány vhodnou statistickou analýzou v programu STATISTICA a také z nich byla zpracována základní popisná analýza v programu EXCEL. Porovnání výsledků bylo nejen mezi deskami s jiným poměrem recyklovaného dřeva, ale také s deskami kontrolními vyrobenými v laboratorních podmínkách a s referenčními deskami, které nám z průmyslové výroby poskytl již zmíněný významný výrobce třískových desek v ČR.

Klíčová slova: bobtnání, dřevotřísková deska, hustota, mez pevnosti a modul pružnosti v ohybu, plošná hustota, recyklované dřevo, rozlupčivost, síťová analýza, třívrstvá dřevotřísková deska

Abstract

Author: Bc. Havelková Hana

Title of thesis: Utilization of recycled wood in the production of particleboards

The research was partially inspired by three-layer particle boards with a density of approximately 600 kg/m^3 in various variants. The recycled wood was used for manufacture these particleboards in different portion: 10, 30, 60 and 90%. Of each variant were produced two boards of dimensions $600 \times 600 \times 12 \text{ mm}$, altogether eight boards. Laboratory produced chips of recycled material and chips of pure wood were separated in the surface and core layer. The chips were separated by sieve analysis. Subsequently they were prepared and processed into boards with different amounts of recycled wood. Also, two boards were pressed from a control chips from Kronospan Jihlava that used in the production mixed chips with recycled wood and which provided a reference desks of industrial production for this research too. The moisture content, density, swelling properties, bending strength, modulus of elasticity and tensile strength were determined on the ten boards produced in laboratories Mendel University in Útěchov and on four boards from Kronospan. Properties were compared with control and reference particleboards as well as between each tested group using Analysis of variance (ANOVA) and descriptive statistics.

Keywords: swelling, particleboards, density, strength and modulus of elasticity in bending, recycled wood, sieve analysis, internal bonding, three layer particle boards

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce	2
3. Literární přehled	3
3.1. Dřevotřískové desky	3
3.1.1. Výroba DTD	4
3.2. Vlastnosti DTD	16
3.2.1. Hustota	16
3.2.2. Plošná hustota	18
3.2.3. Hustotní profil	19
3.2.2. Bobtnání	21
3.2.3. Pevnost	22
3.2.4. Pružnost	23
3.2.5. Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky	24
3.2.6. Faktory ovlivňující vlastnosti TD	25
3.3. Recyklované dřevo - dřevní odpad	27
4. Materiál a metodika	33
4.1. Použité materiály a jejich příprava	33
4.2. Měření vlhkosti třísek	39
4.3. Sušení třísek	40
4.3. Výpočet navážek	40
4.4. Výroba DTD	41
4.4.1. Mísení materiálu:	41
4.4.2. Formování koberce:	42
4.4.3. Lisování:	42
4.4.4. Klimatizování:	43
4.4.5. Formátování desky:	44
4.5. Specifikace mechanických vlastností	45

4.5.1.	EN 326 - 1 Desky ze dřeva - odběr vzorků, nařezávání a kontrola - část 1	45
4.5.2.	EN 323 Zjišťování hustoty.....	46
4.5.3.	EN 317 Stanovení bobtnání po uložení ve vodě	47
4.5.4.	EN 310 Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu.....	48
4.5.5.	EN 319 Zjišťování pevnosti v tahu kolmo na rovinu desky (rozlupčivost)	50
4.5.6.	Zjišťování plošné hustoty	52
4.5.7.	EN 322 Zjišťování vlhkosti.....	52
4.5.8.	Výpočet popisné statistiky	53
4.5.9.	Statistika v programu STATISTICA.....	53
5.	Výsledky	54
5.1.	Hustota.....	54
5.2.	Plošná hustota.....	58
5.3.	Bobtnání po 24 hod.....	62
5.4.	Ohybové vlastnosti.....	66
5.4.1.	Pevnost v ohybu	70
5.4.2.	Modul pružnosti	72
5.5.	Vlhkost	74
5.6.	Rozlupčivost.....	77
Diskuse		80
	Hustota	80
	Plošná hustota	80
	Bobtnání.....	81
	Ohybové vlastnosti	81
	Vlhkost	82
	Rozlupčivost.....	82
	Využití recyklovaného dřeva na výrobu DTD	83
	Jiné využití recyklovaného dřeva.....	84
Závěr		85

Summary	86
Použitá literatura	87
Seznam obrázků	92
Seznam tabulek	95
Seznam příloh	99

1. Úvod

Dřevo patří k nejstarším a nejoblíbenějším přírodním materiálům s nejvšestrannějším využitím. Pro svůj přírodní charakter, přirozenou kresbu, příznivé fyzikální vlastnosti a estetický vzhled, je žadáným prvkem životního prostředí člověka. Představuje pružný, pevný a přitom lehký materiál, který má dobré tepelně-izolační vlastnosti, lehce se opracovává, tlumí vibrace, je odolný vůči některým chemikáliím, je relativně dobře spojitelný a lehce manipulovatelný. (ČÁSLAVA, 2009)

Dřevo má ale také velkou nevýhodu a to je jeho nehomogenita. Je to totiž materiál tvořený z vláken, který sesychá či bobtná nejvíc ve směru kolmém na vlákna. Materiály na bázi dřeva překonávají nehomogenitu přírodního dřeva a rozlišují rozmanitost jednotlivých konstrukčních řešení. Při výrobě aglomerovaných materiálů se dřevo nejdříve dezintegruje na drobné části, které se následně spojují do jednoho celku s uspořádáním podle požadavků na konečný produkt. Tímto výrobním postupem lze dosáhnout nízké vlhkostní roztažnosti což je jejich další výhoda. (BÖHM a kol., 2012)

Přibližně 95 % ligno-celulozového materiálu používaného při výrobě dřevotřískových desek je dřevo. Materiál, který je složitý a těžko rozčasticovatelný není vhodný pro jejich výrobu. (Irla a Barbu, 2010)

Jelikož jsou dřevotřískové desky využívány hlavně v nábytkářském průmyslu, ve stavebně truhlářských výrobcích a samotném stavitelství, ale i v jiných oborech, vzniká velké množství odpadu. Hodně z tohoto dřevního odpadu končí na skládkách, jelikož u nás k těmto účelům nejsou samostatné prostory, jako je tomu například u skla, plastů či papíru. Toto počínání není nejvhodnější pro životní prostředí ani ekonomiku. Je také pravda, že spousta tohoto odpadu obsahuje nežádoucí příměsi například barvy či laky jako součásti povrchové úpravy, dále kovy, sklo, tmel ze starých oken a dveří, pevné plasty a plastové folie, které jsou obsaženy v obalových materiálech, gumy, pěny, tkaniny z povrchů nábytků jako jsou sedačky a chemická ošetření, která chrání dřevo před nepříznivými vlivy počasí. Všechny tyto nežádoucí příměsi se musí před samotným zpracováním starého dřeva odebrat, protože by měly špatný vliv na vlastnosti dřevotřískových desek a některé (v případě chemického ošetření) by měly špatný vliv na zdraví lidí.

2. Cíl práce

Cílem práce je vyrobit třívrstvé třískové desky z třísek, skládajících se ze štěpek z recyklovaného dřeva a dřeva čistého v různém poměru. Oboje štěpky se rozemelou na povrchové a středové třísky, usuší se a bude na nich provedena síťová analýza při použití různých síťových vzorů. Z vytříděných třísek bude vyrobeno osm desek, každé dvě v jiném poměru recyklovaných a čistých částic. Dále budou vyrobeny dvě desky referenční z třísek od firmy KRONOSPAN stejným způsobem. Vzorky budou vyrobeny tím, že se k třískám přidá lepidlo, tvrdidlo a zalisují se do desek za teploty 190°C a tlaku 3,5 MPa po dobu 120 sekund. Takto zhotovené desky se zklimatizují, zformátují a rozřežou podle požezového schématu na jednotlivé části vhodné pro testování v laboratorních podmínkách. Budou testovány vybrané fyzikální a mechanické vlastnosti.

Desky se budou vyrábět v laboratorních podmínkách, která bude napodobovat průmyslovou výrobu referenční desky od firmy KRONOSPAN, která obsahuje asi 50% recyklátu.

Hlavním úkolem této práce je porovnat naměřené fyzikální a mechanické vlastnosti s deskou kontrolní, která bude vyrobena stejně jako desky s různými podíly recyklátu a s deskou referenční, kterou KRONOSPAN poskytne z výroby. Rovněž porovnání desek s různým poměrem recyklátu mezi sebou umožní zjištění vhodného množství použití recyklovaného dřeva do dřevotřískových desek.

Dalším cílem práce je stanovit, do jakého procentuálního množství je možné přidávat recyklované dřevo ke standardním třískám, aniž by došlo k velkému ovlivnění fyzikálních a mechanických vlastností dřevotřískových desek a zároveň aby byl ekonomický přínos co největší.

Výsledky tohoto výzkumu by mohly mít ekonomický i ekologický přínos, jelikož při použití recyklovaného dřeva se šetří nejen životní prostředí, ale snižují se také náklady na vstupní dřevní hmotu a to v závislosti na procentuálním množství použitého recyklovaného dřeva.

3. Literární přehled

V této části práce se objevuje několik kapitol, ve kterých je popsána stručně výroba dřevotřískových desek krok za krokem a jejich obecný popis. Dále také základní fyzikální a mechanické vlastnosti dřevotřískových desek a vliv faktorů na ně. A část zabývající se recyklovaným dřevem.

3.1. Dřevotřískové desky

Dřevotřískové desky jsou aglomerované materiály a ČSN EN 309 (2005): definuje aglomerované materiály jako materiály vyrobené slisováním a ohřevem částic (třísek, hoblin, pilin apod.) nebo jiných lignocelulosových materiálů ve formě částic (např. pazdeří, konopí, bagasa, sláma apod.) s přídavkem polymerního lepidla.

Dřevotřískové desky jsou vyráběné z třísek spojených dohromady přidáním syntetického lepidla a jejich následným slisováním za vysokého tlaku a teploty. (Irle a Barbu, 2010)

Výroba dřevotřískových desek je suchý proces (wood handbook, 2010) a její hlavní kroky jsou roztřískování surového materiálu, třídění podle velikosti, sušení, míchání s pryskyřicí popřípadě vosky, formování do koberce, lisování a dokončování. (U. S. EPA, 2002)

Dřevotřískové desky se vyrábějí v hustotách v rozmezí od asi 590 kg/m^3 do více než 800 kg/m^3 . (U. S. EPA, 2002)

Dřevotřísková deska je panel obvykle používaný pro kuchyňské desky (pulty), jádra dveří, podlahový podklad a nábytek. (Deomano, 2014)

3.1.1. Výroba DTD

Výroba začíná vždy analýzou vstupních surovin. Dřevní hmota se zpracovává do třísek, které jsou spolu s lepidlem a tvrdidlem zalisované do třískové desky. Celý proces výroby desek končí vždy klimatizováním desek a v případě laboratorní výroby, jejich úpravou na vzorky a následné testování vzorků na požadované fyzikální a mechanické vlastnosti. Hlavní kroky při výrobě dřevotřískových desek zahrnují rozštěpkování, roztřískování, klasifikování velikostí, sušení, míchání s lepidlem a někdy s vosky, formování do koberce, lisování za horka a dokončování.

Analýza vstupních surovin

Přes 90 procent hmotnosti suché dřevotřískové desky je složena z dřeva nebo jiných lignocelulosových materiálů. (ONUORAH, 2011)

Mezi nejdůležitější parametry dřevin pro výrobu třískových desek patří hustota, roztřískovatelnost, podíl jádra a běle a pH dřeviny. (Hrázský, Král, 2003)

Při výrobě třískových desek se používá většinou dřeva v podobě kulatiny, menších sortimentů z lesních prořezávek, hrubý a drobný průmyslový odpad, štěpky, truhlářský kusový odpad ze zpracování atd.

Lesní zbytky mohou mít podobu špicí stromů a větví, nebo částice z roztřískovaných pařezů. Lesní zbytky se neukázaly být ale populární, protože obsahují hodně kůry a jehličí. (Irle, Barbu, 2010)

Vhodnou dřevní surovinou pro výrobu třískových desek jsou všechny druhy jehličnanů a listnáčů, z tuzemských druhů zejména smrk, jedle, borovice, buk, dub, topol, kaštan, bříza a olše. (Hrázský, Král, 2003)

Onuorah (2011) říká základní pravidlo pro výběr dřeviny a to je, že hustota dřeviny pro výrobu, by měla být menší nežli hustota samotné třískové desky. Obdobně se k tomu vyjadřují Hrázský a Král (2003), kteří říkají, že pro výchozí surovinu se volí převážně dřeviny o nízké nebo střední hustotě, aby dřevotřískové desky nebyly příliš hmotné. Je to proto, že hustota vylisované třískové desky je o 5 – 40 % vyšší než hustota použitého dřeva.

Odkorňování, výroba štěpek a roztřískování

Kůra obsahuje značné množství minerálních, eventuálně i kovových příměsí, které otupují nástroje sekacích a roztřískovacích strojů. Dále přítomnost kůry v TD všeobecně snižuje fyzikální a mechanické vlastnosti hotových třískových desek a je-li kůra přítomna v povrchových vrstvách, dochází ke značným problémům, při jejich povrchových úpravách. (Hrázský, 1993)

V ideálním případě by kůra neměla být zahrnuta do dřevotřískové desky, neboť snižuje pevnostní vlastnosti a zvyšuje požadavky na pryskyřice (Irle, Barbu, 2010). Je tedy nutné ze dřeva (kulatiny, rovnaného dříví průmyslového) nejdříve odstranit kůru pomocí odkorňovačů např. rotorovým, frézovacím či bubnovým nebo jiným způsobem. Mezi ty můžeme zařadit např. tryskový způsob, kde je používán proud vody k odstranění kůry anebo odírací způsob, kde se kulatina navzájem odírá. (Hrázský, Král, 2004)

Dříví větších rozměrů se většinou zpracovává na třísky jednostupňovým roztřískováním. To vytváří lístkové třísky, které slouží k výrobě mikrotřísky (domíláním) pro hladké a uzavřené povrchové vrstvy vícevrstevných třískových desek. Lístkové třísky jsou vyráběny rotačním krájením nebo frézováním. Při zpracování dvoustupňovým způsobem se nejdříve vyrobí štěpky a ty se zpracovávají na třísky jehlicové, používané pro středové vrstvy. Ty jsou vyráběny většinou v prstencových nebo věncových roztřískovačích. (Hrázský, Král, 2007)

Dvoustupňovým roztřískováním se zpracovávají odpady z lesní manipulace, kusový odpad z pilařské výroby, truhláren a výroben nábytku. Roztřískují se většinou v prstencových roztřískovačích, které poskytují třísky nejednotných rozměrů a horší kvality pro použití pouze ve středových vrstvách třískových desek. (Hrázský, Král, 2003) Štěpka vytvářená dvoustupňovým roztřískováním se vyrábí v diskových a bubnových sekačkách. Tato štěpka je poté roztřískována na menší části jako jsou lístkové, jehlicové třísky a mikrotřísky.

Pokud se použije jemnější dřevařský odpad, tak už nedochází k roztřískování, ale pouze k domílání na třísky a mikrotřísky pro uzavřený povrch (Böhm, 2005).

Skladování





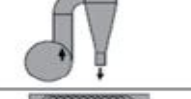

V průmyslové výrobě se mokré, suché nebo třísky s nanesenou lepicí směsí skladují v zásobnících, aby se dali překlenout pauzy v důsledku krátkých výrobních poruch, aby se zabezpečila plynulá výroba. V zásadě se uplatňují dva typy zásobníků třísek: horizontální a vertikální. (Hrázský, Král, 2007)

Sušení třísek

Jakmile jsou částice roztřískované, jejich vlhkost musí být zredukována na 2 až 8 %. Takovýto nízký obsah vlhkosti je povinný, protože zbytková vlhkost se přetváří na páru v horkém lisu. Je-li vytvářeno příliš mnoho páry když se lis otevře, je pravděpodobné, že deska delaminuje náhlým uvolněním tlaku páry. (Irlé, Barbu, 2010)

Třísky jsou vysušovány v různých typech sušáren z počáteční vlhkosti 40 až 120°C na vlhkost 2 – 3 % a 3 – 5 % u povrchových třísek. V zásadě se rozlišují sušárny na přímé a nepřímé vyhřívání. (Böhm, 2005)

Vlastní teplota sušení závisí na druhu sušené suroviny, zejména na její vlhkosti, a pohybuje se v rozmezí 280 – 350 °C (Hrázský, Král, 2007).

Dryer type	Scheme	Temp. range	Drying time	Drying capacity
Rotary bundle dryer		up to 200°C	≤ 20 min	1 ... 9 t/h
Tube bundle dryer		up to 160°C	n.a.	10 ... 18 t/h
Single-pass drum dryer		up to 450°C	20 - 30 min	≤ 40 t/h
Three-pass dryer		up to 400°C	5 - 7 min	≤ 25 t/h
Flash tube pre-dryer		up to 500°C	≈ 20 s	2 ... 14 t/h
Jet tube dryer		approx. 500°C	≈ 0,5 - 3 min	≤ 10 t/h

Obr. 1 – Charakteristiky různých typů sušiček (Deppe, Ernst, 2000).

Zleva je sloupec s typem sušárny, druhý sloupec se schématem sušičky, třetí teplota sušení v °C, čtvrtý sloupec ukazuje přibližný čas sušení a poslední ukazuje kapacitu sušičky v t/h.

Třídění třísek

Pro formování třískového koberce skládajícího se z povrchových a středových vrstev je třídění vysušených částic podle velikosti nezbytné (Irle, Barbu, 2010).

Účelem třídění třísek je odebrat nevhodné části a separovat jádrový materiál od povrchového (U. S. EPA, 2002).

Charakteristiky třísek jsou do jisté míry závislé na anatomii dřeva. Měkké dřevo je preferováno oproti tvrdému, protože má sklon k jednoduššímu rozmělnění a cévy přítomné v tvrdém dřevu způsobují, že třísky mají hrubý povrch. (Irle, Barbu, 2010)

Třídění třísek je velmi důležitá technologická operace. V souladu se schématem technologie výroby TD se třídí společně vysušované jehlicové a lístkové třísky na frakce určené pro povrchové vrstvy, středové, hrubý podíl na domílání a jemný podíl na spálení. (Hrázský, Král, 2007)

Pro separování jednotlivých frakcí třísek se používají třídíče: pneumatické, vibrační, síťové, diskové aj. (Böhm, 2005).

Existují dva způsoby třídění částic: mechanická síta a vzduchové třídění. Jsou tři typy mechanických sít používaných v průmyslu: vibrační nakloněná síta, vibrační horizontální síta, a krouživá síta. Všechny pracují na stejném principu v tom, že částice jsou prosívány řadou sít, částice buď propadají, nebo jsou předávány do sběrné nádoby. (Irle, Barbu, 2010) Základní síťové třídíče jsou vidět na obr. 2.

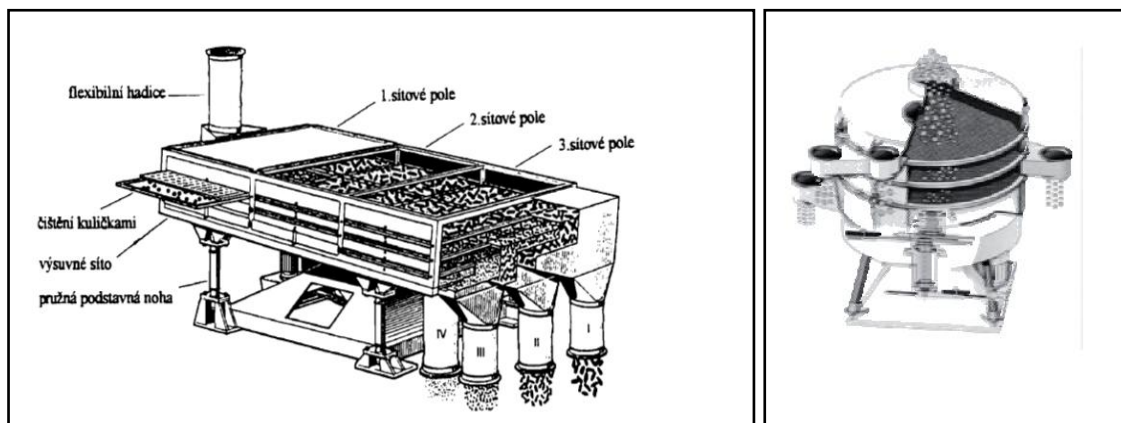
Při síťové metodě jsou částice přiváděny přes vibrační plochu sítě nebo sérií sítí (Forest Products Laboratory, 2010).

(Hrázský, Král, 1998) uvádí jednotlivé sestavy sít s různými průměry ok, které se volí podle druhu analyzovaného materiálu:

- Pro středové třísky 6,3 3,15 2,0 1,0 0,63 0,315 dno (mm)
- Pro povrchové třísky 2,0 1,0 0,63 0,315 0,2 dno (mm)

Všeobecně platí, že síťové třídíče třídí třísky podle plošných rozměrů, zejména u třísek jehlicovitých a lístkových. Rozdělení na jednotlivé frakce je závislé na velikosti otvorů sít.

Bylo prokázáno, že třídíče, které pracují síťovým způsobem, nemohou rozdělit třísky podle tloušťky. (Hrázský, Král, 2007)



Obr. 2- Schéma síťového třídíče třísek vlevo větší vibrační třídíč (Hrázský a Král, 2007) a vpravo menší (Irle, Barbu, 2010).

Pneumatické třídění je třídění částic pomocí vzdušného proudu. U tohoto třídění se částice vloží do proudu vzduchu tak, aby malé částice byly odvedeny vzduchem a těžší částice padaly na dno, kde jsou odstraněny mechanickými prostředky. Jsou nejčastěji používáné ve spojení se síťovým systémem. (Irle, Barbu, 2010)

U rozměrové analýzy třísek se sleduje tloušťka, délka a šířka třísek. Zde se vzorek třísek vybere nahodilým výběrem, aby byl reprezentativní. Měření tloušťky se provádí podle mikrometru nebo jiného typu tloušťkoměru. Měření délky a šířky se provádí pomocí milimetrového papíru. Z naměřených hodnot se provede statistické vyhodnocení. (Hrázský, Král, 1998)

Nanášení lepicí směsi

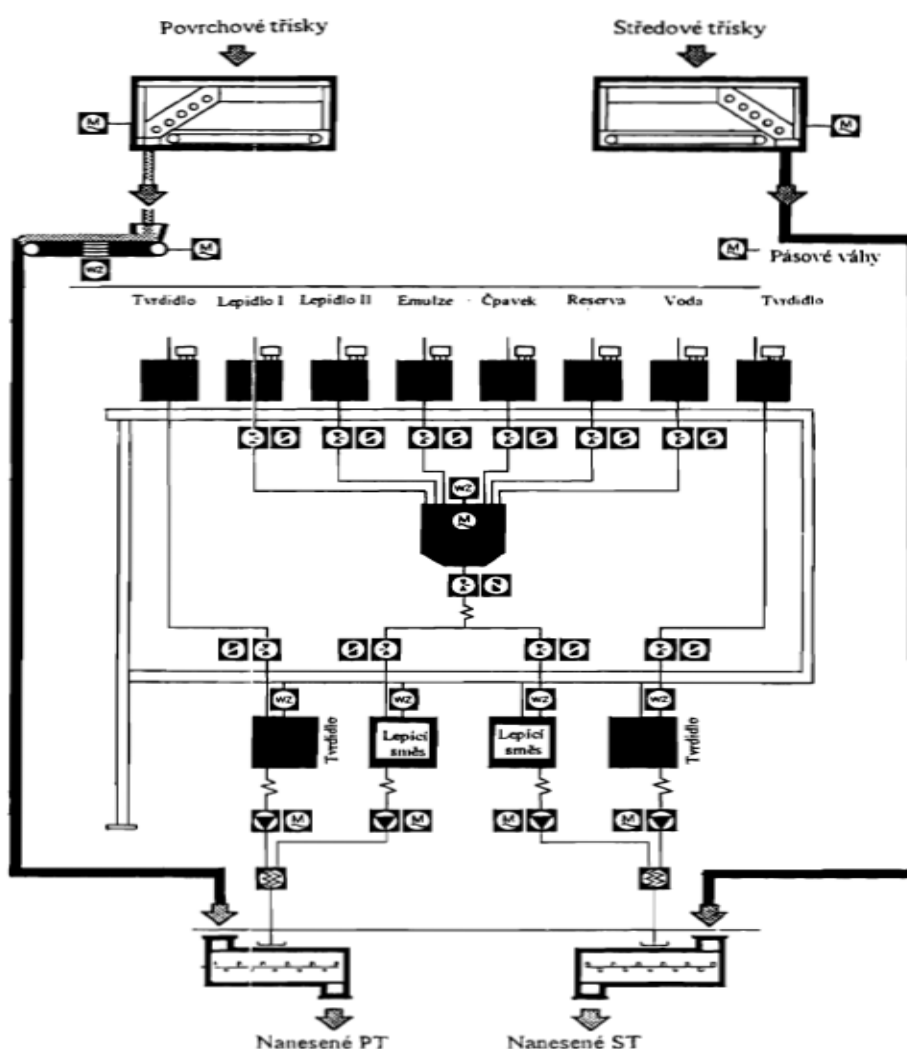
Nanášení lepicí směsi je jednou z rozhodujících operací při výrobě TD, která rozhoduje nejen o vlastnostech výrobku, ale i o hospodárnosti a o výrobních nákladech (Hrázský, Král, 2007).

Typ a množství lepidla závisí na druhu desky (interiérová nebo exteriérová), velikosti částic, zvoleném lisování a další (Irle, Barbu, 2010).

Nejvíce používané lepidlo pro třískové desky je UF - močovino formaldehydové, dále MF - melamine formaldehydové a PF - fenol formaldehydové. UF je relativně levné lepidlo, má dobrou pevnost, ale není vodě odolné, což vylučuje používání v exteriéru. PF jsou mnohem více odolné vodě a neuvolňují formaldehyd, ale jsou až dvakrát dražší než UF. (Irlé, Barbu, 2010)

Vosky jsou přidávány pro dodání odolnosti proti vodě, zvýšení stability za mokra konečného produktu a ke snížení tendence ucpávání zařízení (U. S. EPA, 2002).

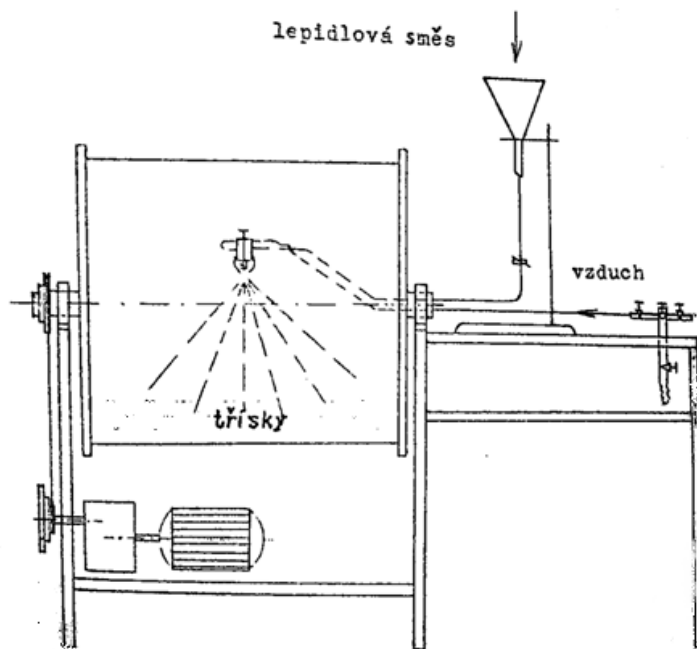
Pomocí katalyzátoru by mohlo být kontrolováno pH, na kterém záleží rychlost vytvrzení pojidla (Onuorah, 2011).



Obr. 3 - Schéma gravimetrické přípravy lepicí směsi (Hrázský, Král, 2007)

Obr. 3 ukazuje mísení lepicí směsi pomocí gravimetrického dávkovacího zařízení spojeného s dávkováním této směsi na třísky. V běžné průmyslové výrobě se vyrábějí převážně třívrstvé dřevotřískové desky, tedy lepicí směs se připravuje odděleně pro středové a povrchové třísky. Do přípravné nádrže opatřené míchadlem, která je na vahách, jsou postupně přidávány jednotlivé složky lepicí směsi – vlastní lepidlo, hydrofobizační prostředek (parafinová emulze – parafin, čpavek, voda) a jiné přísady jako například biocidní nebo fungicidní prostředky nebo retardéry hoření. Po dokonalém promíchání se lepicí směs vypouští do pohotovostní nádrže. Tvrdidlo se k ní přidává až do směšovacího ventilu před nanášečkou lepicí směsi, aby nedošlo k předčasnému vytvrzení lepicí směsi v případě například poruch u linky.

Při laboratorní výrobě třískových desek se používá především bubnová nanášečka. Její schéma je na obr. 4. Pracovní postup popisují Hrázský a Král (1998) tak, že otáčky bubnu, do kterého se nasypou třísky, zajišťuje elektromotor. Rozprášení lepicí směsi je zajištěno pomocí trysek, do kterých je přiveden stlačený vzduch. V důsledku rotace bubnu jsou třísky v neustálém pohybu, při kterém se vzájemně otírají. Díky tomu je nános rovnoměrnější.



Obr. 4 - Schéma bubnové nanášečky pro nanášení lepidla na třísky (Hrázský, Král, 1998; Štefka, 1997).

Vrstvení a lisování třískového koberce

Vrstvení třískového koberce je finální operace přípravy směsi třísek, lepidla a dalších přísad před jejich slisováním do finálního výrobku. Tato operace ovlivňuje rozhodujícím způsobem kvalitu TD, ekonomii výroby, konečnou skladbu, symetrii, tvarovou stálost, rovnoměrnost vlastností a tloušťku TD. Proto se tomuto technologickému úseku věnuje velká pozornost. U vrstvicích systémů je prvořadou otázkou zabezpečení přesnosti a rovnoměrnosti vrstvení. (Hrázský, 1993)

V průmyslových podmínkách se k vrstvení třískového koberce používají vrstvicí zařízení. To se v zásadě skládá z horizontálního dávkovacího zásobníku a vlastní vrstvicí hlavy. Třísky jsou do tohoto vodorovného zásobníku dopraveny svislým přívodem a jsou rozvedeny po celé šířce zásobníku. Dopravu ze zásobníku zabezpečuje spodní pás až k vyprazdňovacímu zařízení. Vlastní vrstvení se uskutečňuje pomocí vrstvicí hlavy volným pádem nebo vrhacími válci či vrstvením pneumatickým. Středové vrstvy, vytvářené z jehlicovitých třísek, jsou vrstveny mechanickými způsoby, bez frakcionování částic. Poměr vrstev povrchových a středových v třískách bývá nejčastěji 1 : 2, za použití kontinuálních lisů ve výrobních linkách i 2 : 3. Tento poměr má významný vliv na hustotní profil třískové desky. (Hrázský, Král, 2007)

Funkce lisování za tepla u třískových desek spočívá ve zpevnění třískového koberce požadované tloušťky a hustoty. Také polymerace lepidla mezi sousedními třískami je důležitá pro zpevnění celého koberce a ustálení v tomto stavu i po vyjmutí z lisu. (Kelly, 1977)

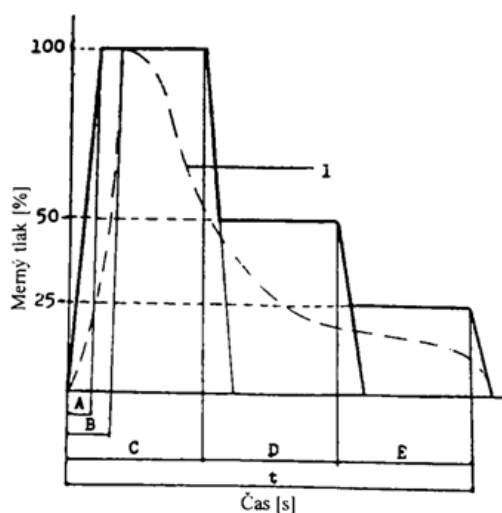
Při výrobě třískových desek je nutné třískový koberec stlačit tlakem, aby se dosáhlo dobrého spojení jednotlivých třísek, na kterých je nanášeno minimální množství pojiva, a aby došlo k eliminaci všech povrchových nerovností a nepravidelností jednotlivých třísek. (Hrázský, Král, 2003)

Před lisováním by měla mít matrace stejnou hustotu, teplotu a vlhkost po celém objemu. U vícevrstevných třískových desek by měly být symetrické přes jádro. (Irle, Barbu, 2010)

Vrstvení povrchových a středových třísek se uskutečňuje na spodní lisovací plech, který leží pod dřevěnou formou příslušných rozměrů. Z polyetylenových pytlů se postupně odvažují třísky na spodní povrchovou vrstvu, poté na středovou vrstvu a nakonec na horní povrchovou vrstvu třívrstvé třískové desky. Odvážený materiál se postupně rozvrstvěje do formy v pořadí povrchové – středové – povrchové třísky, a to rovnoměrně po celé ploše formy. Na navrstvený materiál se přiloží do formy přitlačná deska. Celý tento soubor se předlisuje v ručním předlisu tlakem cca 1 N/mm^2 . Po uplynutí cca 10 s se tlak uvolní a předlisovaný koberec se vyjme z formy. Ponechá se na spodním lisovacím plechu, se kterým se vkládá do vyhřívaného lisu. Na předlisovaný koberec se přiloží horní lisovací plech, mezi tyto dva plechy pak distanční lišty vymezující mez přiblížení se lisovacích desek lisu a tím i konečnou tloušťku TD. (Hrázský, Král, 2004)

Volbou lisovacího tlaku se může změnit stupeň zhuštění, zformování a jakost lepení. Velikost lisovacího tlaku se projeví též v hustotě třískových desek (v hustotním profilu) a v ostatních fyzikálních a mechanických vlastnostech. (Hrázský, Král, 2000)

V laboratorních podmínkách se ve všeobecnosti lisují třískové desky podle třístupňového lisovacího diagramu (obr. 5). Detailní stanovení parametrů lisování je individuální a je závislé na druhu třísek, jejich vlhkosti, stupni předlisování koberce, teplotě lisovacích desek, reaktivitě použitého lepidla. Pro stanovení měrných lisovacích tlaků v jednotlivých stupních lisování se měrné tlaky v jednotlivých stupních lisování přepočítávají na tlaky hydraulické pro použitý lis. (Hrázský, Král, 2004)



Obr. 5 - Schéma lisovacího diagramu pro třískové desky (Štefka, 1997).

Nejdůležitější fyzikální faktory, které působí během lisování na koberec dřevěných částic je tlak a teplo. K nim ještě patří lisovací čas a rychlost stlačování. (Štefka, 2002)

Lisování je nejdražší část v průběhu výroby třískových desek, asi okolo 15 % nákladů. Spousta moderních linek používá předlisování za studena, které stlačí koberec o asi 50 – 70 % jeho výšky. (Irle, Barbu, 2010)

Lisování předlisované matrace je rychlejší, než té, která nebyla předem stlačena, protože předlisování vytlačuje většinu vzduchu z matrace. Tento vzduch může někdy způsobit ofouknutí částic z kraje matrace, pokud je stisknuta příliš rychle. V důsledku toho se celkový lisovací cyklus sníží. Dobrý příklad je i firma Kronospan, která zvýšila výrobu o 20 % jen tím, že v sedmdesátých letech přidala do své výroby předlisování. (Irle, Barbu, 2010)

Lisovací teploty se mohou pohybovat v rozmezí od 132°C do 288°C (U. S. EPA, 2002). Typické lisovací teploty jsou od 200 do 220 °C. Lisovací tlak od 2 do 4 MPa, hlavně záleží na konečné hustotě desky, ale hustota surového materiálu a tloušťka desky mají také určitý dopad. (Irle, Barbu, 2010)

Pokud jde o čas lisování Irle a Barbu (2010) říkají: minimální doba lisování je určena jako potřebná doba k ohřevu a vytvrzení lepidla v jádrové vrstvě desky. Pokud bude doba uzavírání lisu delší, zvýší se plasticita dřeva a bude také potřeba nižšího tlaku ke stlačení desky (Liiri, 1969).

Protože jádro desky má při lisování vždy menší teplotu nežli vrstvy povrchové (kvůli dotyku teplých ploch), čas a teplota lisování musí být upraveny natolik, aby byla zajištěna dostatečná teplota v jádru pro vytvrzení lepidla. To může být dosaženo buďto delším lisovacím časem za konstantní teploty nebo zvýšenou teplotou při konstantním času. (Kelly, 1977)

Volbou lisovacího tlaku se může změnit stupeň zhuštění, zformování a jakost lepení. Velikost lisovacího tlaku se projeví též v hustotě TD (v hustotním profilu) a v ostatních fyzikálních a mechanických vlastnostech (Hrázský, Král, 2007).

Větší komprese vede k většímu kontaktu mezi částicemi a tím se i efektivněji využije lepidlo (Onuorah, 2011).

Klimatizace

Po lisování jsou desky obvykle zchlazovány před skládáním (U. S. EPA, 2002).

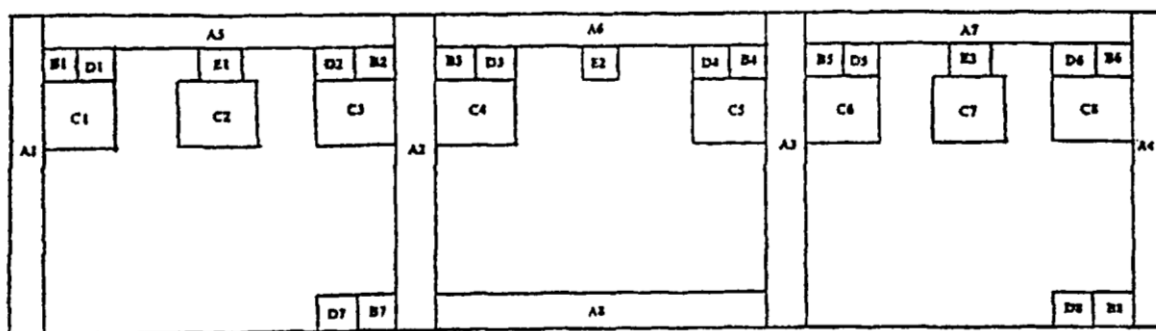
Klimatizací se má dosáhnout stav vlhkostní rovnováhy v podmínkách, ve kterých budou aglomerované materiály používány. Vzhledem k tomu, že se u nás používají především v interiérech, klimatizují se v podmínkách relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 % a při teplotě 20 °C. U třískových desek jde v podstatě o vyrovnání vlhkosti v celém průřezu a objemu desky, protože zbytková vlhkost třískové desky po lisování je koncentrována zejména v oblasti vrstvy středové a je okolo 6 až 8 %. (Hrázský, Král, 2004)



Obr. 6 - příklad ochlazování (hvězdicového)(Irle, Barbu, 2010).

Dokončování

Po klimatizování desek, jsou broušeny a oříznuty do finálních rozměrů, všechny ostatní operace včetně laminování nebo dýhování jsou zhotoveny, a konečný produkt je balen k odeslání (U. S. EPA, 2002). Pokud jde o laboratorní výrobu, jsou desky oříznuty a podle požadovaného schématu rozřezány na zkušební vzorky.



Obr. 7 - Příklad nářezového plánu pro výběr vzorků.

V tomto případě pro výzkum rozložení plošné hustoty na vlastnosti třískových desek Hrázský a Král (2005) použili vzorky A1-A8 pro stanovení pevnosti v ohybu, B1-B8 pro pevnost v tahu kolmo na rovinu desky, C1-C8 Pro stanovení plošné hustoty a hustoty, D1 - D8 pro stanovení bobtnání a nasáklivosti a E1-E8 pro stanovení vlhkosti.

3.2. Vlastnosti DTD

Základní přehled fyzikálních a mechanických vlastností dřevotřískových desek, jejich běžné hodnoty.

Vlastnosti třískových desek závisí na vlastnostech použitých třísek, dále pak na pevnosti a účinnosti vzájemného slepení těchto třísek, to je na tom, jak se přenesou vlastnosti jednotlivých třísek do třískové desky (Hrázský, Král, 2000).

Fyzikální vlastnosti jako hustota, vertikální profil hustoty (hustotní profil) a pružnost mají zásadní vliv na výslednou pevnost a hydroskopické vlastnosti třískových desek (Kelly, 1977).

3.2.1. Hustota

Hustota materiálů na bázi dřeva se mění podle dřeva, které bylo na materiál použito, druhu a množství přidaných látek, druhu a typu výrobku, jeho morfologie, technologie výroby apod. (Matovič, 1993).

Dva nejvíce důležité faktory pro kontrolu průměrné finální hustoty třískových desek jsou hustota suroviny a zhutnění koberce při lisování za tepla. Každý tento faktor může buďto snížit nebo zvýšit hustotu desky. (Kelly, 1977)

Konečná průměrná hustota dřevotřískové desky je závislá nejen na množství dřevní hmoty v koberci, ale také na podmínkách zpracování před lisováním - konkrétně druh částic, příprava a sušení, obsah lepidla a další přísady. (Kelly, 1977)

K výrobě desky adekvátní pevnosti musí být částice stlačeny na nejméně 5 % nad jejich přirozené hustoty. V praxi se surovina obvykle stlačuje na blížících se 50 % jejich přirozené hustoty, tedy pokud má surovina hustotu okolo 400 kg/m^3 konečná dřevotřísková deska bude mít hustoty přibližně 600 kg/m^3 . Tento stupeň komprese je potřebný pro dosažení dobrého kontaktu třísek. (Irle, Barbu, 2010)

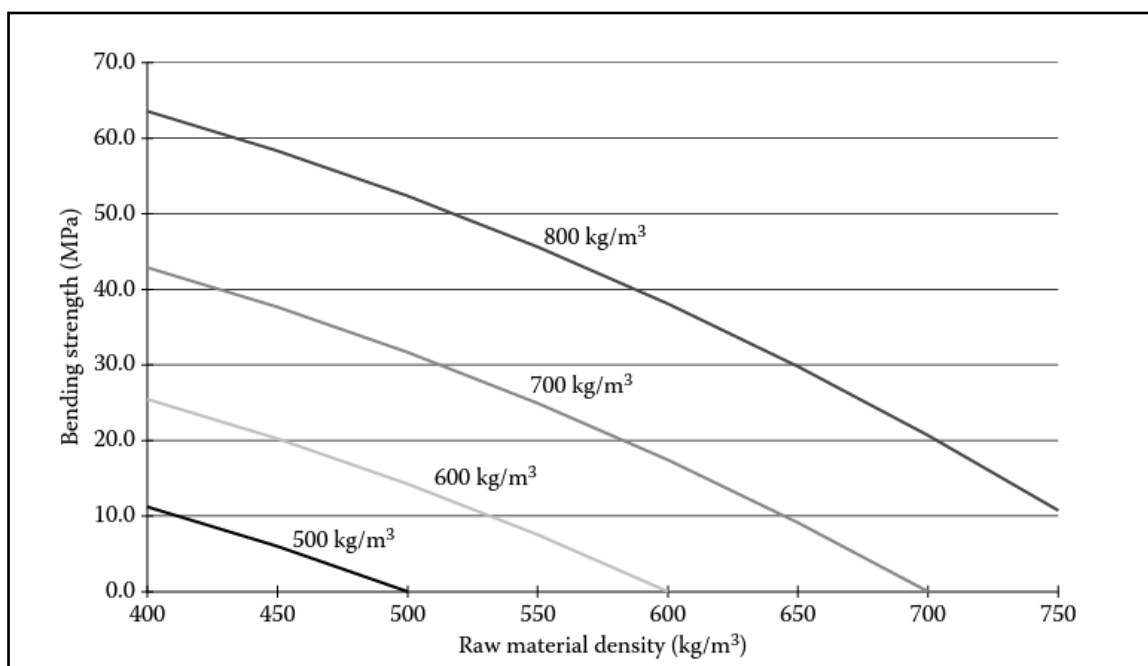
Hustota materiálů na bázi dřeva je definována obdobně jako u dřeva (Matovič, 1993):

$$\rho_{DM} = \frac{m_w}{V_w}$$

Kde ρ_{DM} je hustota materiálu na bázi dřeva v kg/m^3 , m_w je hmotnost materiálu při vlhkosti w v kg a V_w je objem materiálu při vlhkosti w v m^3 .

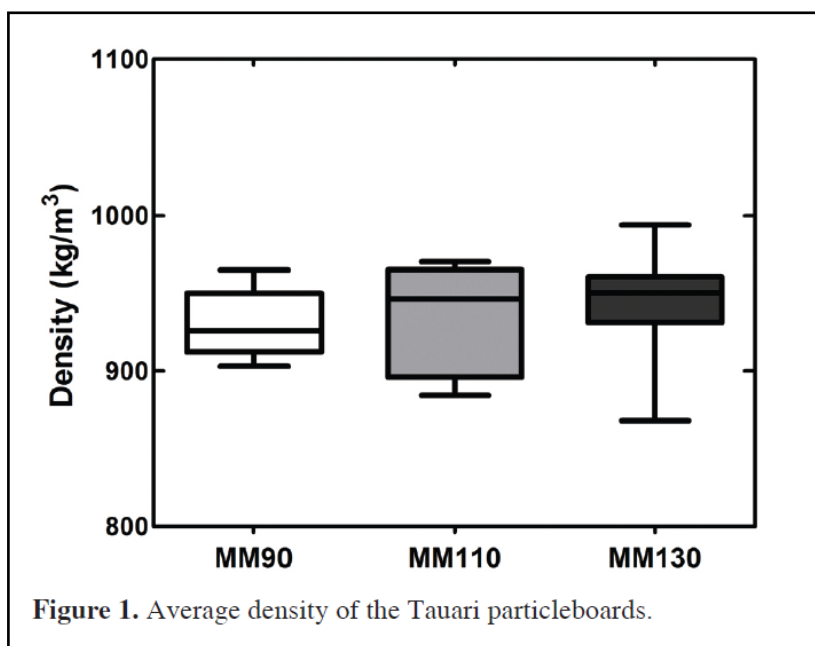
Hustota materiálů na bázi dřeva se nejčastěji udává při jejich výrobní vlhkosti nebo po klimatizaci. Vlhkost pro jednotlivé materiály se může pohybovat v rozpětí od 3 % do 8(12) %. Hustota dřevotřískových desek by měla být maximálně 750 Kg/m^3 . (Matovič, 1993)

V podstatě všechny fyzikální a mechanické vlastnosti dřevotřískových desek souvisejí s hustotou (Irle, Barbu, 2010). Například na obr. 8 je vidět vliv hustoty suroviny na pevnost v ohybu dřevotřískové desky.



Obr. 8 – Vztah mezi hustotou suroviny v kg/m^3 a pevností v ohybu u dřevotřískových desek v MPa (Irle, Barbu, 2010; Rowell 2013).

Všechny fyzikální a mechanické vlastnosti jsou charakterizovány hustotou, pokud je stejný druh třísek, dřeviny, stejný typ lepidla a jsou dodrženy stejné technologické podmínky. (Hrázský, Král, 2000)

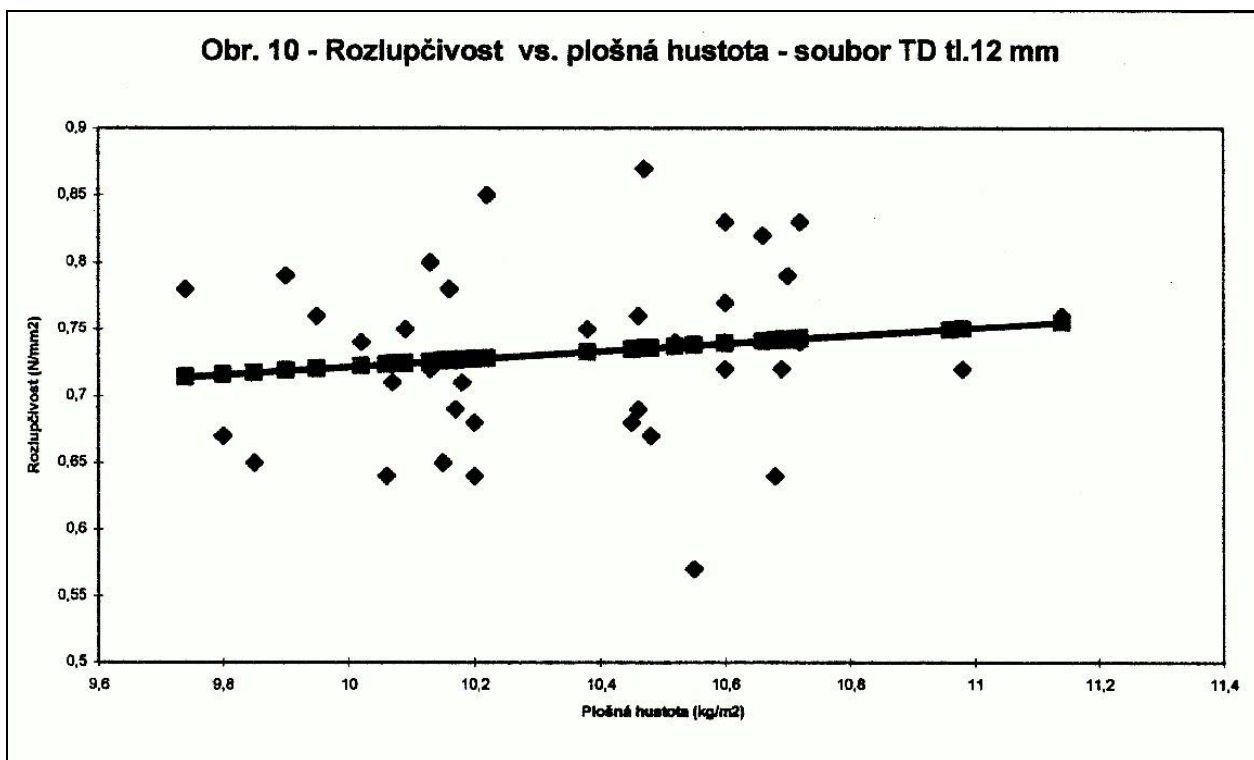


Obr. 9 - Graf ukazující vliv teploty lisování při 90, 110 a 130 °C na konečnou hustotu desky Santos a kol. (2014).

Santos a kol. (2014) vyráběli třískové desky o tloušťce 12 mm s použitím recyklovaného dřeva z Tauari (Amazonie) s použitím ricinového oleje na bázi polyuretanové pryskyřice. Hustota těchto desek se pohybovala v rozmezí 930 - 941 kg/m³. Lisovací faktory: teploty 90, 110 a 130°C, tlak 5 MPa a čas 10 min.

3.2.2. Plošná hustota

Plošná hustota neboli rozložení hustoty v ploše třískové desky je jednou z nestandardních vlastností třískových desek. Při lisování desky dochází ke zmenšení tloušťky koberce na požadovanou tloušťku třískové desky. Tato tloušťka je určena dilatačními lištami. I když se tloušťka změní, tak hmotnost hmoty zůstává na určité ploše stejná. Dochází ale k roztlačení třísek v okrajových zónách desky, což způsobuje sníženou plošnou hustotu v těchto partiích. Ty jsou ale po formátování desky oříznuté. Při nesprávném seřízení hydraulického lisu může třísková deska vykazovat v ploše rozdílnou tloušťku. Dalšími faktory, které ovlivňují plošnou hustotu, jsou přesnost a rovnoměrnost vrstvení, tvar a rozměr třísek nebo druh dřeviny použité pro výrobu třísek. Při minimalizaci těchto faktorů lze docílit minimálního rozptylu plošné hustoty a souvisejících fyzikálních a mechanických vlastností. (Hrázský, Král, 2005)



Obr. 10 - Závislost rozlupčivosti na plošné hustotě (Hrázský a Král, 2005)

3.2.3. Hustotní profil

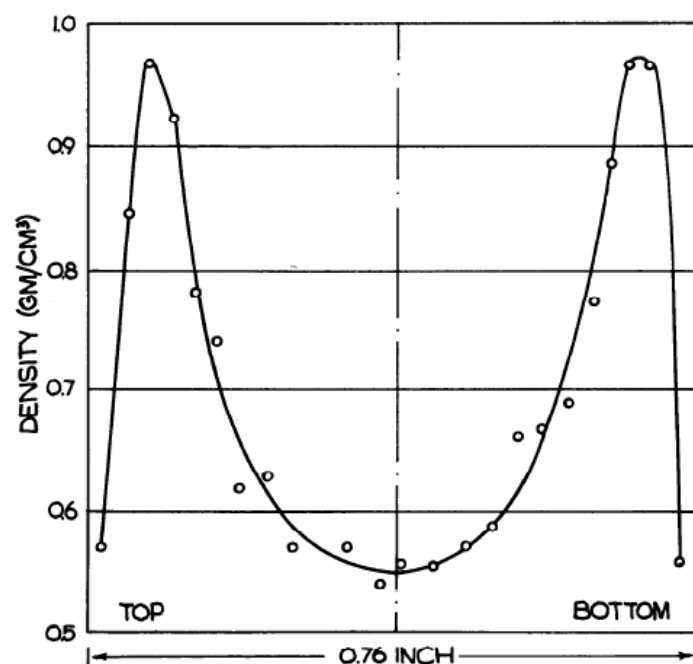
Hustotní profil poskytuje silný a přesný základ pro predikci materiálových vlastností. S hustotou jsou spojovány hlavní vlastnosti jako MOE a MOR. Specifická tuhost poskytuje korelační vztah tuhosti na jednotku hmotnosti. (Král a spol., 2015)

Vertikální profil hustoty je relativně nová technologie ve srovnání s klasickými mechanickými vlastnostmi. Mnoho pokusů bylo provedeno pro korelaci s ostatními parametry a často je publikován empirický vztah s MOR. (Král a spol., 2015)

Způsob, jakým je lisována deska určí její hustotní profil, což je změna hustoty od jednoho povrchu k druhému. Hustotní profil desky může významně ovlivnit její pevnostní vlastnosti a tedy i její konečné použití. (Irlé, Barbu, 2010)

Hustotní profil desky je vysoce závislý na konfiguraci částic, rozložení vlhkosti v koberci vstupujícího do lisu, rychlosti uzavírání lisu, teplotě lisování, reaktivitě pryskyřice a pevností v tlaku jednotlivých částic. (Kelly, 1977)

Irla a Barbu (2010) říkají: Když je deska vložena do lisu její povrchy se začnou ohřívat. Od této doby teplota dřeva negativně koreluje s pevností, poté ohřev povrchu způsobí, že tyto povrchové vrstvy jsou stlačeny radikálněji než jádro. V důsledku toho jednovrstvé desky budou mít vyšší hustotu v povrchových vrstvách. Toto je často vnímáno jako výhoda, protože deska s vysokou hustotou plochy bude mít vyšší pevnost v ohybu. Navíc vysoká hustota povrchu ho činí odolný proti poškrábání a méně náchylné k absorpci barev a lepidel na ně aplikovaných. Nicméně, dřevotřískové desky jsou obvykle vyrobeny na nastavenou tloušťku a hustotu, takže v případě hustších povrchových vrstev musí mít jádrové vrstvy nižší hustotu a tedy vnitřní soudržnost desky bude také nízká.



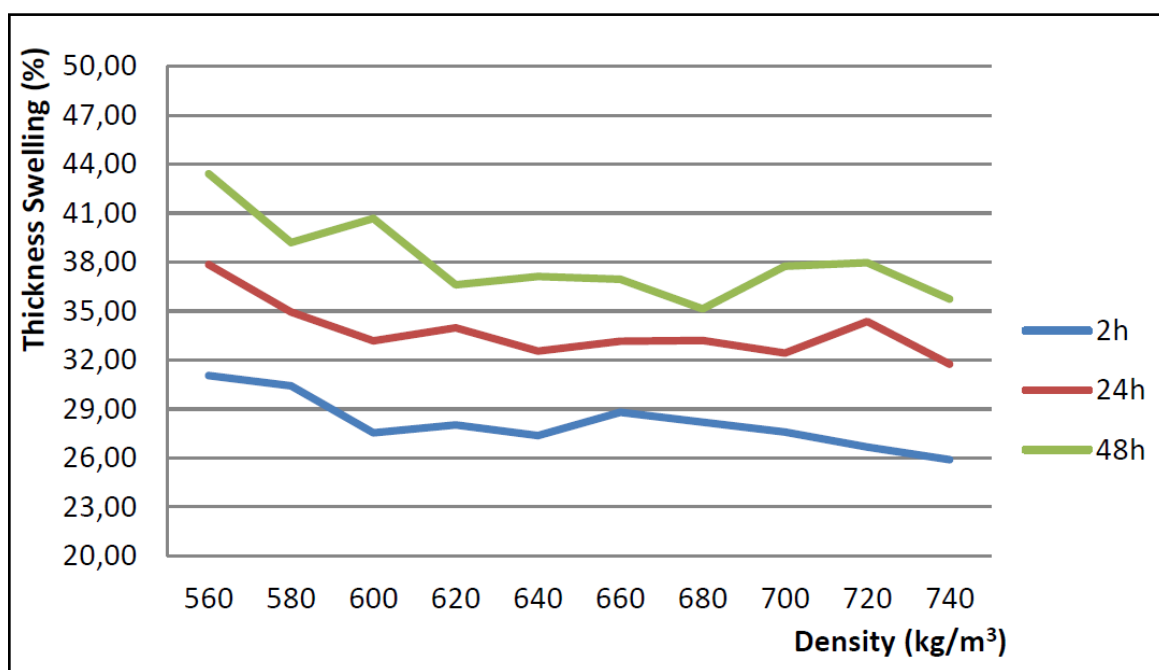
Obr. 11 - Vertikální profil hustoty třívrstvé dřevotřískové desky o tloušťce 0,76 palce tedy 19 mm. (Plath, Schnitzler, 1974)

Poměr hustoty na povrchu desky (TOP) až k druhému povrchu desky - spodku (BOTTOM). Zde je vidět nejnižší hustota v jádru desky. (Plath, Schnitzler, 1974)

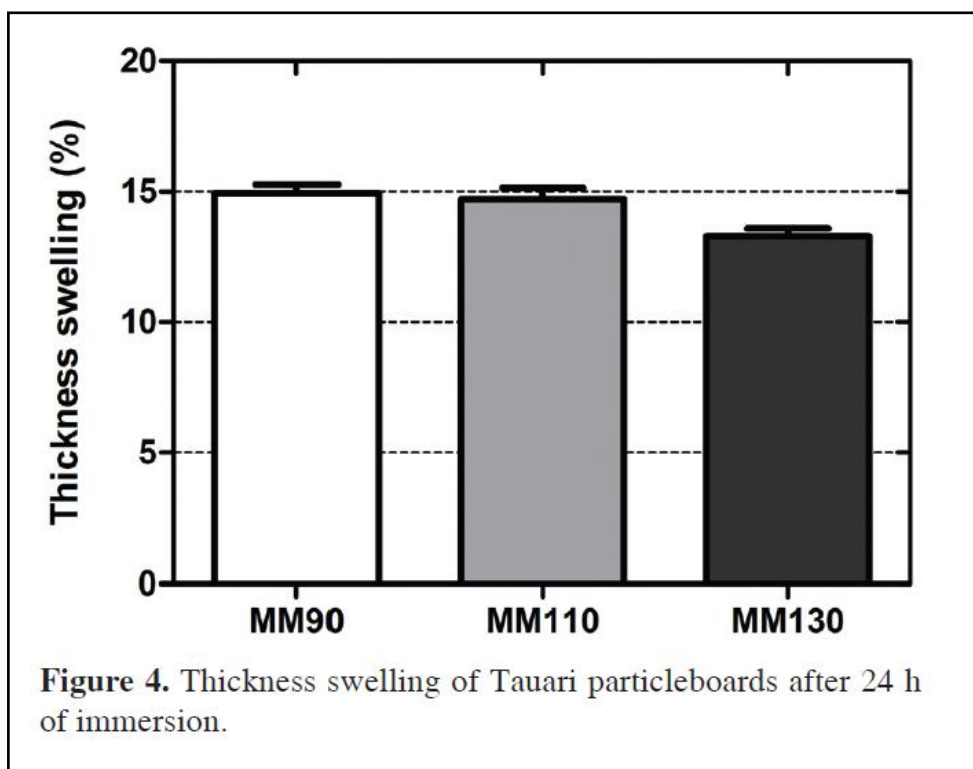
3.2.2. Bobtnání

Obdobně jako dřevo přijímají vlhkost z okolního prostředí i materiály na bázi dřeva zvětšují své rozměry. U překližek, laťovek, dřevotřískových a dřevovláknitých desek dochází při bobtnání na rozdíl od dřeva k trvalé změně tvaru a rozměrů, tedy po vysušení se nevrací do původního stavu. U těchto materiálů se nezjišťují obvykle maxima bobtnání, ale změny po určitém časovém intervalu (po 2, 22 či 24 hodinách). Tloušťkové bobtnání u DTD se stanoví bobtnání za 24 hodin do 10% pro I. Třídu, do 30% pro III. Třídu kvality. Rozměrové změny DTD bobtnání v ploše desky jsou malé, tedy zanedbatelné a blíží se spíše podélnému bobtnání dřeva. (Matovič, 1993)

Bobtnání i sesychání vychází z vlhkostních změn u masivního dřeva. V rovině desky je bobtnání nízké, blíží se spíše podélnému bobtnání dřeva. Tloušťka těchto materiálů se mění podobně jako rozměry dřeva v radiálním směru. (Böhm, 2005)



Obr. 12 – Tloušťkové bobtnání s ohledem na hustotu DTD (Istek a Siradag, 2013).



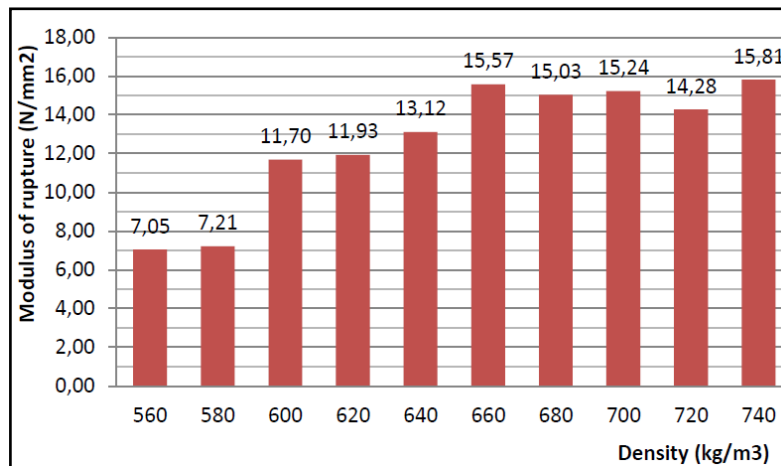
Obr. 13 - Graf od Santos a kol. (2014) ukazující vliv teploty lisování (90, 110 a 130 °C) na tloušťkové bobtnání v %.

3.2.3. Pevnost

Modul pevnosti v ohybu (MOR) je jedna z nejdůležitějších vlastností rozhodující o použitelnosti třískových desek.

Pevnost je schopnost materiálů na bázi dřeva (včetně dřeva) odolávat jejich porušení vlivem mechanických zatížení. Tuto vlastnost ukazuje mez pevnosti, což je maximální hodnota zatížení, které vydrží těleso bez destrukce. (Matovič, 1993)

Bylo zkoumáno již několik parametrů, které mají na pevnost vliv. Nejvíce se objevuje vliv hustoty a konfigurace částic a jejich orientace (Kelly, 1977). Stewart a Lehmann (1973) objevili, že modul pevnosti lineárně stoupá se zvyšující se hustotou třískových desek a klesá se snižující se hustotou částic. Stejně je tomu ukázáno na grafu (obr. 12), kde Istek a Siradag (2013) měřili modul pevnosti v ohybu u desek s různými hustotami.

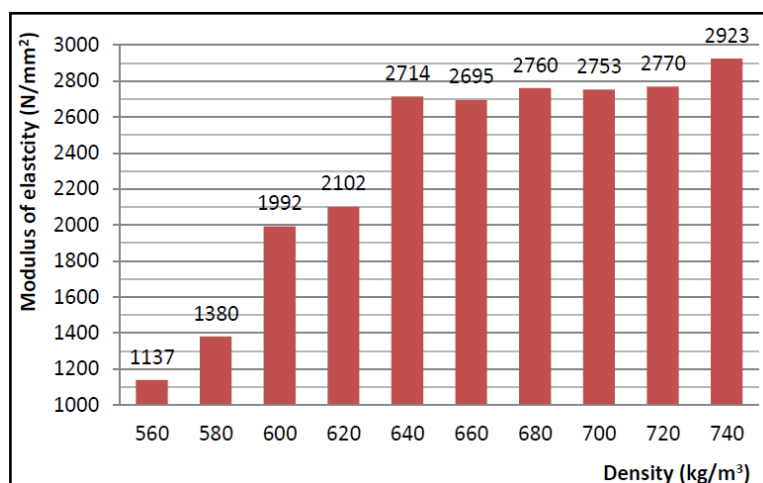


Obr. 14 – Vliv hustoty na MOR (Istek a Siradag, 2013).

3.2.4. Pružnost

Pružnost materiálu je schopnost odolávat deformacím a nabývat počátečního tvaru a rozměrů po přerušení působení síly vnější. Při krátkodobém zatížení materiálů na bázi dřeva je pružnost dřeva charakterizována modulem pružnosti v ohybu, ve smyku a koeficientem příčné deformace tedy Poissonovým číslem. (Matovič, 1993)

Modul pružnosti v ohybu je také jednou z nejdůležitějších vlastností třískových desek, jelikož měří pružnost a odolnost ohybu když je materiál napínán. Stejně jako modul pevnosti v ohybu také jeho hodnoty stoupají se zvyšující se hustotou desky. (Kelly, 1977)



Obr. 15 – Vliv hustoty na MOE (Istek a Siradag, 2013) - stejně jako u MOR i zde se zvětšuje modul pružnosti materiálu s jeho zvyšující se hustotou.

Yang a kol., (2005) - vyráběli třívrstvé třískové desky z recyklovaného dřeva různých druhů pomocí fenol formaldehydového lepidla (koncentrace 4,5 %, 6,5 % a 10 %) pro odolnost proti vodě. Poměry vrstev - povrchové 2×25 %, středová 50 %. Rozměry $500 \times 500 \times 12$ mm. Jejich lisovací parametry: teplota - 453 K ($453 - 273,15 = 179,85^\circ\text{C}$), tlak 2,9 MPa a čas 5 min. Vyráběli dvě skupiny desek, jednu (D1) o hustotě 800 kg/m^3 a druhou (D2) 700 kg/m^3 .

MOR pro skupinu D1 se pohybovalo v rozmezí od 14,6 do 29 MPa a pro skupinu D2 od 11,1 do 18 MPa. MOE pro D1 bylo od 3136,0 do 5331,2 MPa a pro D2 od 1734,6 do 3224,2 MPa. Čím vyšší byl obsah lepidla i jeho koncentrace tím byly hodnoty vyšší. Tloušťkové bobtnání obou skupin desek bylo do 12 %. Pro skupinu o nižší hustotě bylo menší nežli u skupiny s větší hustotou, protože zde byla použita stejná hustota vstupního materiálu, která je v procesu dominantní, poměr zhutnění je tedy vyšší a tím pádem i tloušťkové bobtnání. Také prokázali, že se snižujícím se MOE a MOR se zvyšuje tloušťkové bobtnání. (Yang a kol., 2005)

3.2.5. Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky

Také rozlupčivost nebo internal bond - IB.

Matovič (1993) uvádí, že pevnost v tahu kolmo na rovinu desky má velký význam u plošně lisovaných dřevotřískových desek, kde je určována nejnižší soudržnost desek. U třívrstevných třískových desek o hustotě 750 kg/m^3 se pohybuje od 0,35 – 0,3 MPa podle kvality desek.

Dřevotřískové desky s dobře tuhoucím lepidlem se obvykle nezdaří, pokud je napětí ve středové části desky kolmo na její rovinu. To je část s nejnižší hustotou a také nejmenším kontaktem částic třískového koberce. Největší vliv na rozlupčivost má hustota, obsah lepidla, vyšší lisovací teplota a delší čas. (Kelly, 1977)

3.2.6. Faktory ovlivňující vlastnosti TD

Třískové desky mají mechanické, fyzikální a reologické vlastnosti. Na všechny tyto vlastnosti má vliv zkušební metodika, podmínky životního prostředí, struktura materiálu, prehistorie a okrajové podmínky. Materiálová struktura je nejdůležitější. Zahrnuje vlastnosti komponentů, uspořádání částic či fixaci částic (podíl, druh a rozdělení lepidla). Vlastnostmi komponentů se myslí vlastnosti částic (jejich formát, struktura) a použité lepidlo a přídavné látky. Uspořádání částic je jejich poloha a orientace, struktura průřezu (hustotní profil) a volné prostory mezi částicemi. (HRÁZKÝ, KRÁL 2007)

Chování třískových desek je úzce spojeno s velikostí a orientací třísek a velmi významný vliv má druh použitého lepidla. (STEP 1, 1998)

Vlastnosti TD závisí na vlastnostech použitých třísek, dále pak na pevnosti a účinnosti vzájemného slepení těchto třísek, tj. na tom, jak se přenesou vlastnosti jednotlivých třísek do třískové desky. (Hrázský, Král, 2007)

Vlastnosti TD závisí na vlastnostech použitých třísek, dále pak na pevnosti a účinnosti vzájemného slepení těchto třísek, tj. na tom, jak se přenesou vlastnosti jednotlivých třísek do třískové desky. (Hrázský, Král, 2007)

Jelikož při výrobě TD je přísně dodržována technologie, tj. třísky jsou hladké, vhodného tvaru, pečlivě řezány, nános lepidla je přiměřený, lepicí směs je rovnoměrně rozvrstvena na všechny povrchy třísek, navrstvení třísek je homogenní, vlhkost třísek je správná a rovnoměrná, vytvrzování syntetického lepidla je optimální a dokonalé – pak je možno celý tento systém ovlivňovat obměnou vlastností třísek a dřevinou. (Hrázský, Král, 2007)

Chování třískových desek je úzce spojeno s velikostí a orientací třísek a velmi významný vliv má druh použitého lepidla. (STEP 1, 1998)

Složení jednotlivých třískových vrstev z hlediska rozměru a podílu jednotlivých frakcí třísek je velmi důležité pro kvalitu desek. Jemné třísky ve středové vrstvě snižují mechanicko-fyzikální vlastnosti, hrubé třísky v povrchových vrstvách potom způsobují nerovný povrch, který není vhodný pro další úpravy. (Böhm, 2005)

Velikost mikrotřísek je menší než 1 mm a větší než 0,3 mm. Částice menší než 0,3 mm nazýváme prachovými částicemi (Hrázský, Král, 2003). V jejich výzkumu použily pro výrobu třískových desek také určitý podíl prachových částic. Zde zjistili horší pevnost v ohybu a vnitřní soudržnost při přidání většího obsahu prachových částic.

Optimální velikost částic není přesně stanovena pro všechny vlastnosti stejná. Vhodná velikost pro co nejvyšší MOR nemusí být stejná jak pro bobtnání nebo rozlupčivost. (Kelly, 1977)

Vlastnosti dřevěných kompozitů mohou být navrženy do určité míry tím, že se upraví geometrie částic. Bohužel důkazy v této oblasti jsou velmi rozporuplné. Nejjasnější vzory jsou, když se vlastnosti desek srovnávají se štíhlostním poměrem třísek. Štíhlostní poměr se vypočítá jako podíl délky pevných částic a jejich tloušťky. Pro většinu vlastností se zdají být lepší dlouhé tenké třísky. Nicméně pro povrchovou kvalitu (hladkost a tvrdost) a vnitřní soudržnost desky jsou lepší široké a malé třísky. To je důvod proč většina výrobců klasifikuje jejich polotovary za použití jemných částic pro povrchové vrstvy a větších pro jádro. (Irle, Barbu, 2010)

Podle Shuler a Kelly (1976) jsou nejlepší výsledky z desek vyrobených z delších a tenčích třísek nežli desky z kratších a tlustších třísek. MOR a MOE se s delšími třískami zvyšuje. MOE se zvyšuje se snižující se tloušťkou třísek.

Naopak Kelly (1977) uvádí: tloušťka částic má větší vliv na modul pevnosti v ohybu nežli jejich délka (alespoň délka více než 2,5 - 5 cm). U modulu pružnosti je tomu naopak, zde má na něj větší vliv délka částic. Efekt tloušťky částic se neukázal jako zásadní. (Stewart a Lehmann, 1973)

Pokud jde o štíhlostní poměr, Arabi a kol. (2011) zjistili, že čím je vyšší, tím se zvyšuje i mez pevnosti v ohybu. Také tím lze nahradit i sníženou hustotu desky nebo obsah pryskyřice či menší objem. Ovšem rozlupčivost se snižuje se zvyšujícím se štíhlostním poměrem.

3.3. Recyklované dřevo - dřevní odpad

Materiály ze dřeva ve stavebním průmyslu jsou často populární v mnoha zemích v důsledku svých výborných vlastností. Kvůli tomu je používán pro výrobu nábytku, v architektuře a pro vnitřní dekoraci. Dřevo mělo vždy velký podíl v používaných materiálech. S pokroky lidské civilizace je spotřeba dřeva vzrůstající. Používání tohoto materiálu obecně, vytváří spoustu odpadu. (YANG a kol., 2005)

Ve světě se čím dále více v průmyslu aglomerovaných materiálů využívá tzv. recyklované dřevo (staré palety, bedýnky, bedny na elektrické kabely, staré dveře a okna, odpady z nábytkářských závodů apod.). Zpracováním uvedených materiálů se docílí značných úspor. (Hrázský, Král, 2000)

Ve výrobě deskových materiálů je tvrdá konkurence a to díky recyklovanému dřevu. V mnoha sektorech výroby desek se tak výrobci soustředí na snižování nákladů, jak jen to jde. (Rowell, 2013)

Také Irle a Barbu (2010) uvádí, že mnoho výrobních závodů na dřevotřískové desky používají odpadové dřevo pro zredukování nákladů na výrobu, protože je to často levnější nežli alternativa z jiných dřevěných zdrojů a jsou sušší, než ostatní zdroje tedy existuje značná úspora za energie při sušení. Používání odpadového dřeva je šetrné k životnímu prostředí a také má smysl z ekonomického hlediska. Zároveň se to neobejde bez jeho problémů, které tato surovina obnáší.

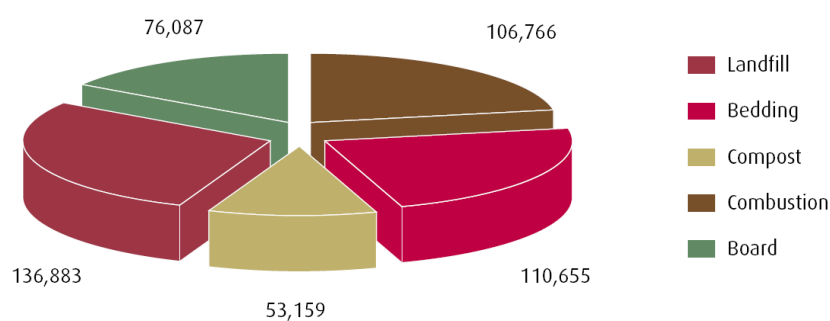
Dřevotřískový průmysl vždy používá mnoho „odpadu“ jako surovinu pro svoji výrobu. To zahrnuje odřezky, brusný prach, nevhodné desky z výrobní linky, odpad z pily nebo druhotné zbytky jako hobliny, piliny a lesní zbytky. Jinými slovy jsou to zbytky vytvořené výrobou jiného produktu jako například nábytku a nebyly předtím použity jako surovina pro jiný produkt, v tomto případě dřevotřísku. (Rowell, 2013)

Používáním recyklovaného dřeva má obecně ekonomický přínos, také poskytuje výrobcům více příležitostí, aby na trh uvedly výrobky, které jsou šetrné k životnímu prostředí, v podstatě stejným způsobem, jak papírenský průmysl úspěšně prosazuje výrobky z recyklovaného papíru. Předpokládá se tedy jeho užívání ve výrobě třískových desek stále více v průběhu několika následujících let. (Rowell, 2013)

Jeho omezení spočívá v nedostatečné infrastruktuře pro sběr, zpracování a doručení v mnoha zemích. Dalším možným omezením je konkurence z nové generace bioenergie rostlin, které jsou často zavedeny s pomocí státních dotací a následně jsou podporované vyšší tržní cenou za každou jednotku vyrobené energie. (Rowell, 2013)

Bylo dobře zdokumentováno, že odpad může představovat 5% obrátu. Redukce, opětovné použití a recyklace mohou generovat úspory nejméně 1% obrátu, přičemž toto číslo je typicky rovnající se 10% ze zisku. (BFM Ltd, 2003)

V dnešní době jsou témata recyklace a opětovného využití dřevního odpadu široce diskutována. Je to z důvodu zvyšování počtu tohoto odpadu každoročně v každé zemi. Například na Taiwanu se ročně sesbírá dřevního odpadu 2 - 3 miliony m³ a to pouze 4. 38 - 5. 13 % z toho je opět použito. (Yang, 2005)



Obr. 16 - Dřevní odpad z výroby nábytků v Británii (odhadnuto v tunách)(BFM Ltd, 2003)
 - Téměř 20 % z tohoto odpadu je z výroby desek a největší množství je za skládek.

Okolo 7 - 10 miliony tun dřevního odpadu je vytvářeno každý rok demolicemi, stavbami, komerčními a výrobními sektory. (BERR, 2008)

Konstruktivní využití dřevního odpadu je důležitá otázka pro výrobce nábytku. Toto je jedno z odvětví, které ukazuje rostoucí dovozy a obtížné tržní podmínky, které omezují potenciál pro zvyšování cen výrobků. Zároveň náklady rostou zejména v oblastech, jako je například management odpadu. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby se minimalizovaly náklady, jako například odpad a náklady na likvidaci odpadu. (BFM Ltd, 2003)

Výroba desek tvoří převážnou část recyklovaného dřeva ve Velké Británii, takže by mohlo být považováno za překvapivé, že tento odpad není významný pro výrobu nábytku z recyklovaného dřeva. Je to většinou tím, že výrobci nábytku by měli velmi vysoké náklady na dopravu, kdyby se pokusili přepracovat svůj dřevní odpad pro výrobu třískových desek. Navíc deskový materiál není oblíbená vstupní surovina pro výrobu nových třískových desek. (BFM Ltd, 2003)



Obr. 17 - zásoby dřevního odpadu na skládkách (www.egger.com - 2017)

Dřevní odpad je produkován v řadě sektorů i jako součást komunálního odpadu. Vzniká v různých frakcích od neošetřeného dřeva, odřezků z výroby, až k ošetřenému dřevu, které obsahují konzervační látky a také z odpadů od spotřebitelů. (DEFRA, 2012) Objevuje se v několika odvětvích jako obecní, obchodní, výrobní, stavební a demoliční a v mnoha odlišných formách.

Trendem dnešní doby je používat starší dřevo od předchozích uživatelů jako například z demolicí, starého nábytku, palet a obalů. (Rowell, 2013)

Dřevní odpad z konstrukcí a demolicí není obvykle zahrnut v žádných recyklačních seznamech. Je poslán buďto do spalovacích zařízení nebo na skládky. Nedávno byl dřevní odpad recyklován na jiné dřevěné produkty ve zvyšující se míře. (YANG a kol., 2005)

Největší využití recyklátu bývá ve výrobě dřevotřískových desek. Dřevotřísková deska vyrobená z recyklovaného dřeva našla typické využití jako podlahoviny, stěnové a stropní panely, kancelářské dělicí přepážky, nástěnky, nábytek, skříně, kuchyňské desky, pulty a desky stolů. (WANG, SUN, 2002)

Ve smíšeném dřevním odpadu se nachází mnoho typů dřeva od neošetřeného dřeva bez jakýchkoli aditiv, přes laminované produkty, produkty chemicky ošetřené, různých velikostí třísek. Krom samotného dřeva či materiálů z něj odpady obsahují také nečistoty jako povrchovou úpravu jako jsou barvy a laky, sklo, tmel, papír či plastové folie obsažené v obalových materiálech a chemická ošetření, která obsahují obvykle dřeva jako ochranu proti nepříznivému počasí a vodě. (<http://www.recyclewood.org.uk/> - 2016). Také zahrnují minerální látky, jako jsou například kameny, betony, půda atd. Železné kovy (železo, ocel) nebo neželezné kovy např. hliník, olovo, mosaz atd.). Dále i organické materiály, jako jsou plasty, nátěrové hmoty, gumy a textilie. (Rowell, 2013) Tyto nečistoty by měly být před samotným recyklováním vyjmuty, aby neměli nepříznivé účinky na budoucí produkty z nich vyrobených, nezničili stroje a také neměli neblahý vliv na lidské zdraví (u chemického ošetření). Některé jdou vyjmout snadno, jako například kovové součástky, jako hřebíky a šrouby, pomocí magnetu, kdežto další se musí manuálně vyjmout z odpadu před jeho roztřískováním.

Kovové částice se vyjmou z dřevního odpadu pomocí pásmového magnetu (BFM Ltd, 2003)

Kovové částice v dřevním odpadu mohou být zařazeny do dvou skupin: železné a neželezné kovy. Železné kovy jako hřebíky a šrouby jsou obvykle vyjmuty relativně snadno pomocí magnetů. Neželezné kovy jako připevňovací prostředky jsou méně snadno recyklovatelné a je potřeba je častěji vyjímat před recyklací. (Northwoods a kol., 2008)

Ve Velké Británii z těchto dřevěných odpadů znovu vyrábějí například produkty jako dřevotřískové desky, stelivo pro koně, kuřata, dobytek i domácí zvířata například pro kočky, dále se využívají na kompostování a jako palivo pro výrobu energie. (<http://www.recyclewood.org.uk/> - 2016)

Velký problém u klasifikací dřevěného odpadu spočívá v tom, že není přesně definováno, z čeho se má tento odpad skládat. (Northwoods a kol., 2008)

Dřevní odpad může být tříděn na nižší a vyšší třídu podle kvality dřeva. Nižší kvalita zahrnuje MDF, melamine, třískové desky a další neškodlivý dřevní odpad vhodný pro kotle na biomasu. Kdežto vyšší třída dřevního odpadu je hlavně recyklována pro dřevařský průmysl např. deskové materiály. (Northwoods a kol., 2008)

(Northwoods a kol., 2008): Podle nashromážděných informací od WRAP, DEFRA a TAG (technical advisory group) může být dřevní odpad tříděn do následujících kategorií:

- čistý dřevní odpad
- mixovaný jako např. třískové desky
- palivová třída
- nebezpečný

Tab. 1 - WRA (The Wood Recyclers Associations) - asociace recyklovaného dřeva rozděluje dřevní odpad do čtyř hlavních tříd. (DEFRA,2012 - www.defra.gov.uk - 2016)

Třídy dřevního odpadu	Typické trhy	Typické zdroje surovin pro recyklaci	Materiály v rámci třídy dřevního odpadu	Typické nedřevěné složky před zpracováním
A - "čisté" recyklované dřevo	Výroba produktů jako zvířecí kůže, zahradnické hnojivo a sektor dřevotřískových desek. Paliva bez spalování odpadů nebo výroba pelet/briket.	Rozdělení, maloobchodní prodej, obalový materiál, sekundární výroba (truhlářství), palety.	Surové měkké a tvrdé dřevo, obalové odpady, odpad z palet, beden. Odřezky z výroby.	Hřebíky a kovové úchyty. Menší množství laku a povrchových nátěrů.
B - průmyslové suroviny	Surovina pro průmyslové zpracování dřeva, jako při výrobě deskových produktů včetně dřevotřískových a dřevovláknitých desek střední hustoty.	Jako třída A plus stavební a demoliční operace.	Může obsahovat až 60% třídy materiálu jako výše a navíc stavební a demoliční materiál a domácí nábytek z masivního dřeva.	Hřebíky/kovové úchyty. Některé barvy, plasty, skla, šterky, tmely a lepidla. Limity na ošetření nebo potažení materiálů jsou definovány směrnici o spalování odpadů.
C - palivová třída	Paliva z biomasy pro výrobu elektřiny nebo tepla v zařízeních na spalování odpadů.	Všechno výše uvedené plus městské skládky, recyklační centra, předávací stanice a občanské vybavenosti recyklačních míst.	Všechny výše uvedené plus ohradníky, nábytek v rozloženém stavu vyrobený z deskových materiálů. Vysoký obsah panelových produktů, jako DTD, MDF, překližky, OSB a DVD.	Hřebíky a kovové úchyty. Barevné nátěry, lepidla, papír, plasty a guma, sklo, šterk. Povrchově upravené a ošetřené dřevo (bez CCA - analýza příčin a následků nebo kreosol)
D - nebezpečný odpad	Vyžaduje likvidaci na speciálních zařízeních.	Vše výše uvedené plus oplocení, kolejnice.	Oplocení, pražce, chladicí věže.	Měď, chrom, arsen, konzervační ošetření. Kreozot.

4. Materiál a metodika

V této kapitole jsou popsány použité materiály pro výrobu dřevotřískových desek v laboratorních podmínkách. Také celý postup výroby od samotného výpočtu navážek až k testování vybraných fyzikálních a mechanických vlastností.

4.1. Použité materiály a jejich příprava

Třísky pro výrobu desek se skládaly ze štěpek recyklovaného dřeva a čistého dřeva smíšeného druhu. Štěpky jsou od firmy KRONOSPAN nacházející se v Jihlavě. Štěpka z recyklovaného dřeva obsahovala také spoustu jiných materiálů jako je sklo, různé provázky, plasty, kovové hřebíky, spony a vruty, kusy vláknitých desek i dřevotřískových desek, které na sobě měly ještě povrchovou úpravu, molitan a další (obr. 18). Je tedy pravděpodobné, že materiál sloužil předtím jako staré palety, bedýnky, staré stavebně truhlářské výrobky, staré dřevotřískové desky s povrchovou úpravou i bez ní, vláknité desky, nábytek atd. Samotnou štěpku bylo před rozemletím nutné probrat, aby příměsi neuškodily stroji, ale také aby příliš neovlivnily vlastnosti vyrobených dřevotřískových desek.



Obr. 18 - Štěpka z recyklovaného materiálu

Vlevo štěpka i s nežádoucími příměsi, vpravo jsou vyjmuté nežádoucí příměsi z této štěpky hlavně kovové části či dřevo s hřebíky nebo vruty, tvrdé plasty atd.

Štěpka byla rozemleta na laboratorním mlýnu RETCH SM300 frézového typu (obr. 19). Množství rozemletých třísek je ukázáno v tabulkách 6 - 13 v podkapitole 4.3 Výpočet navážek. Při výrobě středových třísek bylo použito 2200 otáček a materiál byl vždy rozemlet dvakrát. Při výrobě povrchových vrstev bylo použito 1600 otáček a hrubost těchto třísek byla určena vloženým sítím pod frézou tohoto mlýnu, které mělo otvory o velikosti 4×4 mm.

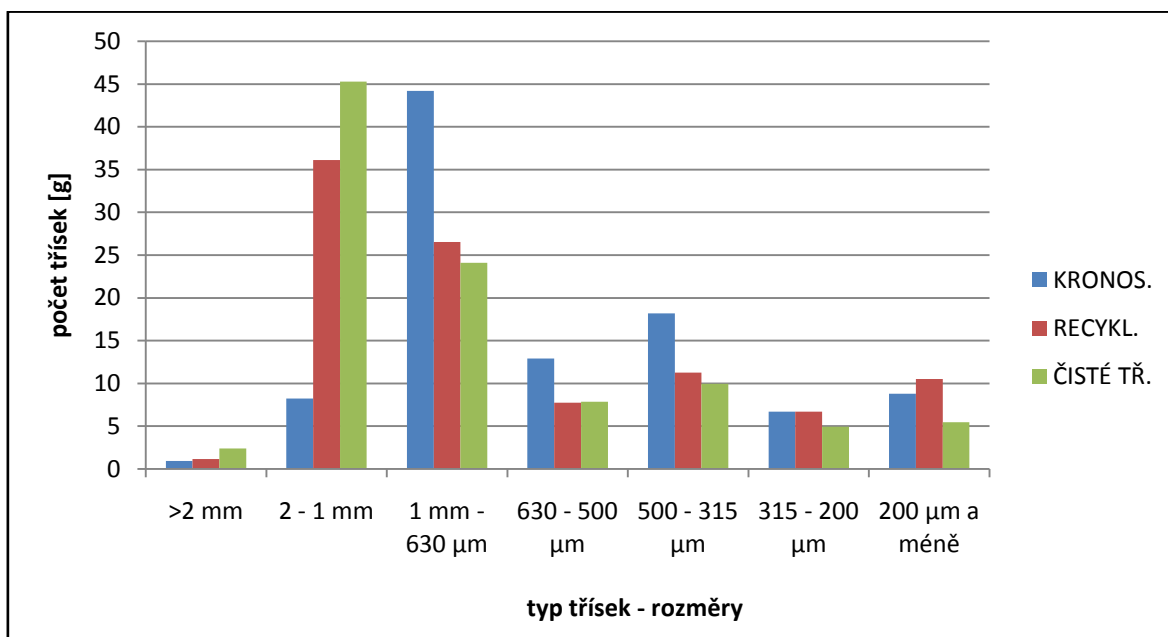


Obr. 19 - Laboratorní mlýn při výrobě středových třísek vlevo a pro povrchové třísky s vloženým sítím vpravo

Rozměrová analýza třísek byla provedena mechanickým tříděním pomocí sítové analýzy na vibračním tříšosém laboratorním tříděči RETSCH AS200 s amplitudou 2 mm a dobou prosévání 3 min. Třísky použité ve výzkumu byly porovnány také s běžnými třískami od firmy KRONOSPAN, které obsahují určitý podíl recyklátu. (tab. 2)

Povrchové třísky

Pro povrchové třísky byla určena hrubost sít s velikostí ok 2 mm, 1 mm, 630 μm , 500 μm , 315 μm a 200 μm . Vždy bylo prosáto přibližně 100 g třísek, z kterých bylo získáno 7 frakcí třísek a to třísky o velikosti 2 a více mm, 1 - 2 mm, 630 μm - 1 mm, 500 μm - 630 μm , 315 μm - 500 μm , 200 μm - 315 μm , a menší než 200 μm . Každá frakce byla zvážena a bylo vypočteno procentuální zastoupení.



Obr. 20 - Graf frakční analýzy 100 g povrchových třísek

Graf ukazuje zastoupení každé frakce vždy ze 100g od firmy KRONOSPAN, třísek z recyklovaných štěpek a štěpek z čistého dřeva. Ukazuje poměr mezi povrchovými třískami od každé frakce třísek. Rozdíly jsou nejvíce viditelné u třísek velikosti 2 - 1mm a 1 mm - 630 μm , kde u 1 mm třísek používající firma KRONOSPAN je až čtyřnásobný a rozměr 630 μm je dvounásobný u KRONOSPAN třísek oproti třískám z čistých štěpek. Jinak jsou frakce více méně podobné.

Protože podíly frakcí jsou velmi odlišné oproti velikostem třísek od firmy KRONOSPAN, bylo potřeba domlít velikost třísek 1 mm - 630 μm , 630 μm - 500 μm a 500 μm - 315 μm z třísek velikosti 2 - 1 mm, jelikož těch bylo až trojnásobek než bylo potřeba. Toto domletí bylo provedeno také na laboratorním mlýnu RETCH SM300 s otáčkami 1500, do kterého bylo vloženo síto pod frézu mlýnu, které mělo otvory o velikosti 4 \times 4 mm.

Na těchto rozemletých třískách byla provedena opět síťová analýza jako v ostatních případech. Zde byly použity síta o velikosti ok 1 mm, 630 µm, 500 µm, 315 µm a 200 µm. Bylo naváženo potřebné množství jednotlivých frakcí (tab. 2) na všechny potřebné desky pro výzkum.

Tab. 2 - Síťová analýza povrchových třísek z recyklovaného dřeva.

síto	KRONOS. [g]	RECYKL. [g]	3,2 kg celkem [g]
>2 mm	0,95	1,15	0,0304
2 - 1 mm	8,25	36,1	0,264
1 mm - 630 µm	44,2	26,55	1,4144
630 - 500 µm	12,9	7,75	0,4128
500 - 315 µm	18,2	11,25	0,5824
315 - 200 µm	6,7	6,7	0,2144
200 µm a méně	8,8	10,5	0,2816

Vlevo jsou použita síta pro tuto frakční analýzu, druhý a třetí sloupec je analýza pro 100 g recyklovaných třísek a třísek referenčních od firmy KRONOSPAN. Poslední sloupec ukazuje množství jednotlivých frakcí pro dohromady 3,2 kg materiálu (zaokrouhleno), který je potřebný k výrobě 8 desek tohoto z výzkumu.

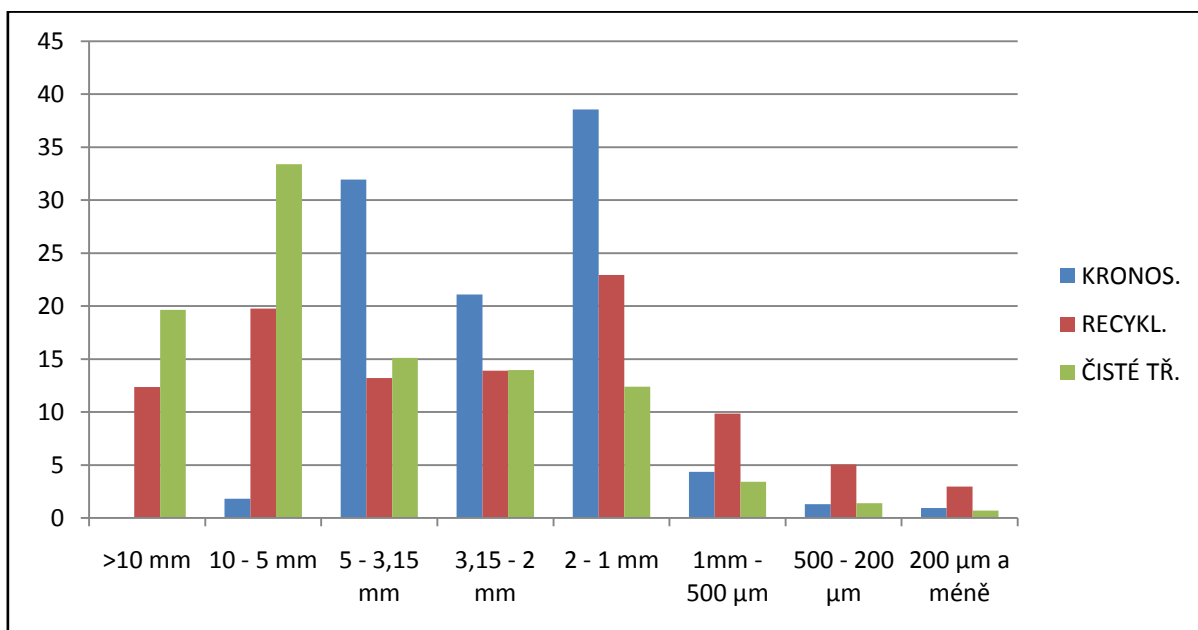
Tab. 3 - Síťová analýza povrchových třísek z čistého dřeva.

síto	KRONOS. [g]	ČISTÉ TŘ. [g]	3,5 kg celkem [g]
>2 mm	0,95	2,4	0,03325
2 - 1 mm	8,25	45,3	0,28875
1 mm - 630 µm	44,2	24,1	1,547
630 - 500 µm	12,9	7,85	0,4515
500 - 315 µm	18,2	9,95	0,637
315 - 200 µm	6,7	4,95	0,2345
200 µm a méně	8,8	5,45	0,308

Vlevo jsou použita síta pro tuto frakční analýzu, druhý a třetí sloupec je analýza pro 100 g třísek z čisté štěpky a třísek referenčních od firmy KRONOSPAN. Poslední sloupec ukazuje množství čistých třísek jednotlivých frakcí pro dohromady 3,5 kg materiálu (zaokrouhleno na desetiny nahoru), který je potřebný k výrobě 8 desek z tohoto výzkumu.

Středové třísky

Pro středové třísky byla určena hrubost sít s velikostí ok 10 mm, 5 mm, 3,15 mm, 2 mm, 1 mm, 500 μm a 200 μm . Vždy bylo prosáto přibližně 100 g třísek, z kterých bylo získáno 8 frakcí třísek a to třísky o velikosti 10 a více mm, 10 - 5 mm, 5 - 3,15 mm, 3,15 - 2 mm, 2 - 1 mm, 1 mm - 500 μm , 500 μm - 200 μm a 200 μm a méně. I zde každá frakce byla zvážena a bylo vypočteno procentuální zastoupení.



Obr. 21 - Graf frakční analýzy 100 g středových třísek.

Graf ukazuje zastoupení každé frakce vždy ze 100g od firmy KRONOSPAN, třísek z recyklovaných štěpek a štěpek z čistého dřeva. V tomto případě největší zastoupení KRONOSPAN třísek je u frakce 5 - 3,15 a 3,15 - 2 a 2 - 1 mm.

Frakce větší jak 10 mm se u třísek od firmy KRONOSPAN nenachází je tedy možno tuto velikost třísek a třísky 10 - 5 mm domlít na menší potřebnou velikost. Toto domílání se provádělo na laboratorním mlýnu stejně jako v předchozích případech, opět bez síta a namleté třísky prošly síťovým třídícím, dokud hmotnost jednotlivých frakcí neodpovídala požadovaným hodnotám.

Tab. 4 - Sítová analýza středových třísek z recyklovaného dřeva.

síto	KRONOS. [g]	RECYKL. [g]	6,5 kg celkem [g]
>10 mm	0	12,35	0
10 - 5 mm	1,8	19,75	0,117
5 - 3,15 mm	31,95	13,2	2,07675
3,15 - 2 mm	21,1	13,9	1,3715
2 - 1 mm	38,55	22,95	2,50575
1mm - 500 µm	4,35	9,85	0,28275
500 - 200 µm	1,3	5,05	0,0845
200 µm a méně	0,95	2,95	0,06175

Vlevo jsou použita síta pro tuto frakční analýzu, druhý a třetí sloupec je analýza pro 100 g třísek referenčních od firmy KRONOSPAN a recyklovaných třísek. Poslední sloupec ukazuje množství jednotlivých frakcí pro dohromady 6,5 kg materiálu.

Tab. 5 - Sítová analýza středových třísek z čistého dřeva.

síto	KRONOS. [g]	ČISTÉ TRĚ. [g]	7,2 kg celkem [g]
>10 mm	0	19,65	0
10 - 5 mm	1,8	33,4	0,1296
5 - 3,15 mm	31,95	15,1	2,3004
3,15 - 2 mm	21,1	13,95	1,5192
2 - 1 mm	38,55	12,4	2,7756
1mm - 500 µm	4,35	3,4	0,3132
500 - 200 µm	1,3	1,4	0,0936
200 µm a méně	0,95	0,7	0,0684

Vlevo jsou použita síta pro tuto frakční analýzu, druhý a třetí sloupec je analýza pro 100 g třísek referenčních od firmy KRONOSPAN a třísek z čisté štěpky. Poslední sloupec ukazuje množství čistých třísek jednotlivých frakcí pro dohromady 7,2 kg materiálu.

4.2. Měření vlhkosti třísek

Po roztřískování obou materiálů na středové i povrchové vrstvy byly třísky rozloženy, aby dosáhly vlhkosti k 4 %. Vlhkost byla změřena pomocí analyzátoru vlhkosti Radwag MAC210 (obr. 22), kam byl vložen asi 1 g třísek. V přístroji dochází k zahřívání, díky kterému se vlhkost z třísek odpařuje a analyzátor vyhodnocuje změnu hmotnosti. Pokud se hmotnost materiálu několikrát za sebou nezmění o 0,001 g, přístroj měření ukončil a vyhodnotil vlhkost třísek. Vždy se použily min. 3 vzorky, které se odebraly z různých míst, a z nich se vyhodnotil průměr.



Obr. 22 - Analyzátor vlhkosti Radwag MAC210

Přístroj měří vlhkost váhovou metodou, zváží vlhký vzorek a ten pak suší při teplotě 120 °C až do konstantní hmotnosti. Po vysušení se vlhkost vypočítá podle vzorce:

$$H_a = \frac{M_H - M_0}{M_0} \cdot 100$$

Kde H_a je absolutní vlhkost v %, M_H je hmotnost třísek před sušením v g, M_0 je hmotnost třísek po sušení v g

Průměrná vlhkost vlhkých třísek z čisté štěpky byla naměřena pro středové vrstvy 13,570 % a pro povrchové vrstvy 9,342 %. Třísky z recyklovaného materiálu měly vlhkost okolo 9,7 %.

4.3. Sušení třísek

Třísky bylo potřeba vysušit na 2 - 4 % absolutní vlhkosti. Jednotlivé frakce se položily na plechy, které se vsunuly do sušičky v Útěchově značce SANYO program oven MOV-212P (obr. 23) a při teplotě 80°C se sušily 1.5 h, než dosáhly vlhkosti u povrchových třísek průměrně 1,799 % a u středových 2,487%. Vlhkost se volila raději nižší, protože třísky si ještě vezmou vlhkost z okolního prostředí, než se zpracují.



Obr. 23 - SANYO program oven MOV-212P

4.3. Výpočet navážek

Jednotlivé materiály jako třísky, lepidlo a tvrdidlo používané pro výrobu jedné desky o hustotě 600 kg/m³, byly spočítány pomocí vzorců v příloze A. Zdrojem pro výpočet jsou zadaná specifika desky, které obsahují hlavní technické parametry (také popsány podrobně v příloze A) jako je hustota, rozměry desek, poměr středové a povrchové vrstvy, vlhkost desek po klimatizaci, stav vlhkostí rovnováhy atd. Výpočty byly prováděny pro středovou a povrchovou vrstvu vždy u jedné desky a hmotnost třísek byla rozdělena na procentuální podíl recyklátu a čistého dřeva ve čtyřech variantách: A - 10 %, B - 30%, C - 60% a D – 90% recyklátu. Pro každý podíl se vyráběly 2 desky a kalkulace se navýšila ještě o 10%, aby nedošlo ke ztrátám v průběhu procesu. Tabulky s jednotlivými vypočtenými variantami jsou v příloze B.

4.4. Výroba DTD

V této kapitole je popsán postup výroby dřevotřískových desek, prováděný v areálu v Útěchově. Výroba by měla simulovat běžnou velkovýrobu v laboratorních podmínkách.

4.4.1. Mísení materiálu:

Před samotným mísením bylo nutné spočítané množství lepidla, tvrdidla i samotných třísek přesně odvážit na jednotlivé desky a vrstvy. Pro povrchové vrstvy bylo nutné odvážit dohromady 832 g třísek, 116 g lepidla a necelé 2 g tvrdidla. Pro středovou vrstvu to bylo 1695 g třísek, 189 g lepidla a téměř 3 g tvrdidla. Toto odvážené množství třísek bylo nasypáno do lopatkového míchače s lopatkami tvaru T (obr. 24) a rychlostí 2 otáčky za sekundu. Lepidlo se smíchalo s tvrdidlem a postupně se nalévalo do míchačky. Celá směs se míchala asi 5 minut v případě středových třísek. Pokud šlo o povrchové třísky, tak bylo nutné míchat směs déle a to až 10 minut. Poté se třísky vždy vyjmuly a zvážili na přesné potřebné množství a povrchové vrstvy byly rozděleny na polovinu (horní a dolní povrch).



Obr. 24 – Lopatkový míchačí stroj s lopatkami

4.4.2. Formování koberec:

Koberec se formoval na lisovací plechy, na nichž byl pečicí papír. Na ten se položila čtvercová krabice jako šablona, do které se nejdříve rozvrstvila polovina povrchové směsi, poté celá středová a nakonec druhá polovina povrchové směsi. Každá vrstva se pečlivě rovnoměrně rozvrstvila. Poté se krabice vyjmula, na nanesený koberec se dal pečicí papír, vedle ní distanční lišty, které zajišťují výšku koberec na 12 mm a nakonec druhý lisovací plech.



Obr. 25 – Naformovaný koberec

V krabici na lisovacím plechu vlevo. Vpravo pohled na navrstvený koberec. Jsou zde jasně viditelné povrchové a středové vrstvy.

4.4.3. Lisování:

Celý výše popsany soubor byl vložen do lisu HL 400 strozatech mendelu. Desky byly lisovány pomocí hydraulického lisu o kapacitě 60 tun za specifického tlaku 3,5 MPa po dobu 120 sekund od uzavření lisu. Lis byl uzavřen do 10 sekund. Teplota lisovacích desek se pohybovala okolo 190°C. Po dvou minutách se soubor vyjmul.



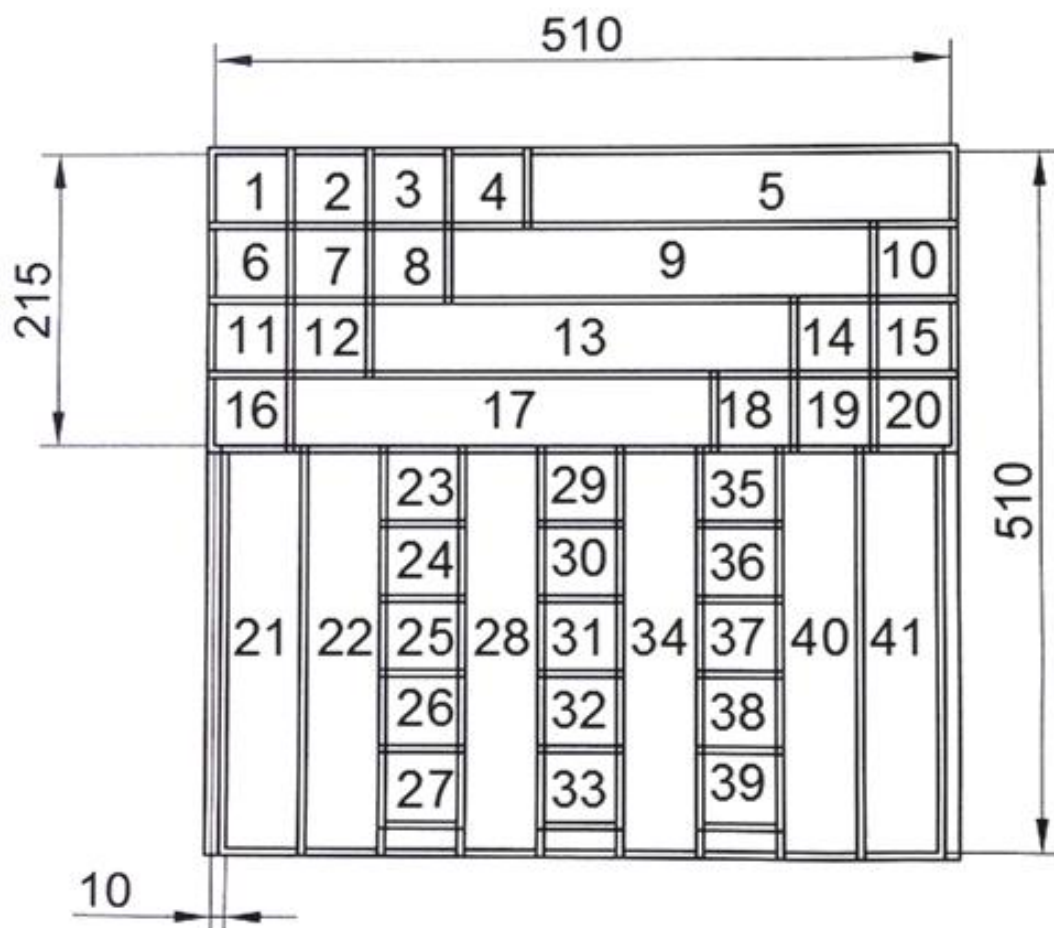
Obr. 26 – Lis HL 400 strozatech mendelu v Útěchově

4.4.4. Klimatizování:

Po vylisování byly nechány desky v místnosti o pokojové teplotě 24°C a relativní vlhkosti 65% po dobu 24 hodin, aby bylo zajištěno řádné vytvrzení lepidla.

4.4.5. Formátování desky:

Desky byly ořezány z každé strany asi o 5 cm na formátovací pile na čistý formát 510 × 510 mm a následně podle požezového schématu (obr. 27) na zkušební tělesa potřebná pro testování.



Obr. 27 - Pořezové schéma.

Vzorky 1, 4, 8, 16, 19, 23, 24, 31 a 36 jsou pro rozlupčivost, vzorky 2, 6, 10, 14, 18, 26, 30, 33, 35 a 37 pro vlhkost, hustotu a plošnou hustotu, vzorky 3, 7, 11, 15, 20, 25, 32, 29, 35 a 38 pro bobtnání. Dlouhé vzorky č. 5, 9, 13, 17 v podélném směru a č. 21, 22, 28, 34, 40 a 41 jsou ve směru příčném pro testování ohybových vlastností.

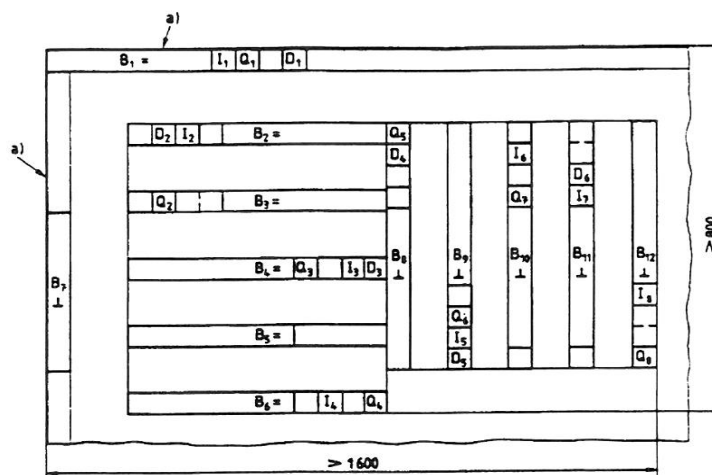
4.5. Specifikace mechanických vlastností

4.5.1. EN 326 - 1 Desky ze dřeva - odběr vzorků, nařezávání a kontrola - část 1

Tato norma určuje pravidla pro odběr vzorků a výrobu zkušebních těles za účelem získávání vlastností desek ze dřeva. Určuje počet vzorků nutný pro jednotlivé zkoušky (tab. 6). Všechny zkušební tělesa z této tabulky jsou odebrána náhodně v rozměrech, které jsou předepsány jednotlivými normami.

Tab. 6 - Tabulka ukazuje minimální počet (m) malých zkušebních těles z každé desky pro jednotlivé normy (EN 326 - 1)

Vlastnost desek	EN	m
Vlhkost Změna rozměrů	EN 322 EN 318	4
Hustota Modul pružnosti a pevnost v ohybu	EN 323 EN 310	6
Rozlupčivost Bobtnání ve vodě Přidrženost povrchu	EN 319 EN 317 EN 311	8
Kvalita lepení překližovaných desek	EN 314-2	10



Obr. 28 - Příklad nářezového plánu v mm (EN 326 - 1)

Jednotlivé vzorky musí být označeny značkou zkoušené desky, pořadovým číslem zkušebního tělesa a směrem výroby. Je dobré, aby vzdálenost těles pro stejné zkoušky byla alespoň 100 mm, pokud to nejde, není to nutné.

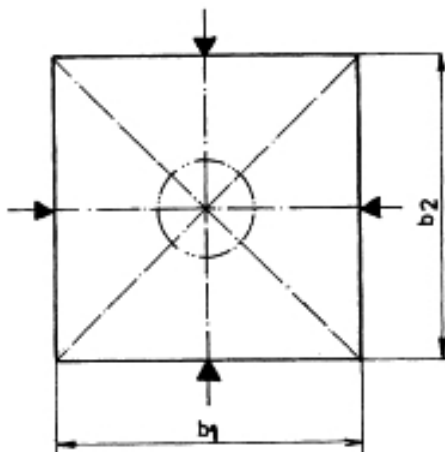
4.5.2. EN 323 Zjišťování hustoty

Tato norma uvádí metodu na zjišťování hustoty zkušebních těles ze dřevních materiálů. Podstata zkoušky je zjištění hustoty jako poměru hmotnosti zkušebního tělesa k jeho objemu, přičemž obě měření se provedou při stejné vlhkosti. Tyto výsledky se použijí pro stanovení hustoty celé desky.

Zkušební zařízení potřebná pro tuto metodu je přístroj na měření délky, tloušťky a šířky a váhy s přesností na 0,01 g.

Zkušební tělesa se odebírají podle EN 326-1. Tělesa musí být tvaru čtverce s nominální délkou 50 mm. Zkušební tělesa se klimatizují v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu $(65\pm 5)\%$ a teplotou $(20\pm 2)^\circ\text{C}$.

Postup zkoušky: Každé těleso se zváží s přesností na 0,01g. Rozměry těles se zjišťují tak, že hloubka t se měří v bodě průsečíků úhlopříček (Obr. 29) s přesností na 0,05 mm a rozměry b_1 a b_2 se měří ve dvou bodech rovnoběžně s hranami zkušebního tělesa nad průsečíkem úhlopříček s přesností na 0,1 mm.



Obr. 29 - Měření rozměrů zkušebních těles (EN 325)

Výsledek se vyjadřuje jako hustota každého vzorku, která se vypočítá podle vzorce:

$$\rho = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \cdot 10^6 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

m – je hmotnost vzorku v g, b_1 , b_2 , t - rozměry těles popsané výše v mm

4.5.3. EN 317 Stanovení bobtnání po uložení ve vodě

Norma určuje metodu stanovení bobtnání plošně nebo výtlačně lisovaných třískových, vláknitých a cementotřískových desek.

Bobtnání se stanoví měřením přírůstkem tloušťky zkušebních těles po úplném ponoření do vody.

Zkušebním zařízením je mikrometr a vodní lázeň. Zkušební tělesa se odebírají a nařezávají podle EN 326-1. Musí být čtvercová o straně 50 ± 1 mm.

Zkušební tělesa se ponoří svisle do čisté, klidné vody s pH (7 ± 1) a teplotou (20 ± 1) °C. Tato teplota se udržuje po celou dobu zkoušky. Během zkoušky musí být zkušební tělesa oddělena od sebe navzájem, a také oddělena ode dna a stěn vodní lázně. Horní boky musí být 25 mm pod hladinou vody po celou dobu zkoušky. Po každé zkoušce se voda vymění. Po uplynutí doby ponoření se vyjmou zkušební tělesa z vody, zbytek vody se odstraní a změří se rozměry zkušebních těles.

Vyjádření výsledku – bobtnání tělesa:

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} 100 [\%]$$

t_1 – tloušťka zkušebního tělesa před ponořením v mm, t_2 – tloušťka zkušebního tělesa po ponoření v mm

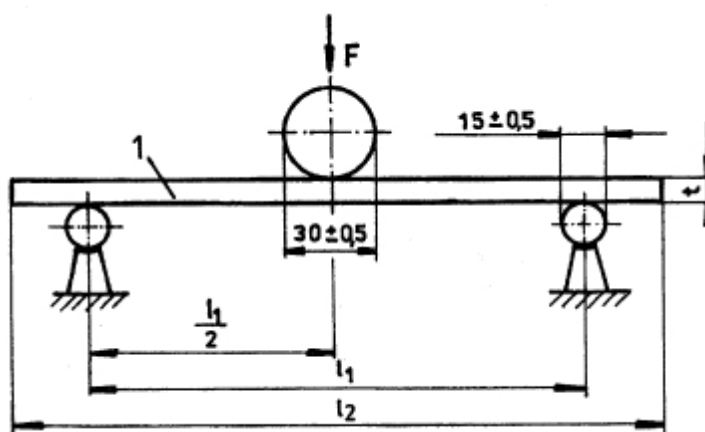
Bobtnání desky je aritmetický průměr výsledků všech zkušebních těles odebraných z desky a vyjádřený v procentech na jedno desetinné místo.

4.5.4. EN 310 Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu

Norma určuje metody stanovení zdánlivého modulu pružnosti při statickém ohybu u desek ze dřeva o jmenovité tloušťce rovné nebo větší než 3 mm.

Modul pružnosti v ohybu a pevnost v ohybu se stanoví zatížením zkušební tělesa v jeho středu uloženého na dvou podpěrách. Ohybová pevnost každého zkušební tělesa se vypočítá stanovením poměru ohybového momentu M při maximálním zatížení F_{\max} k momentu jeho celého průřezu.

Pro tuto metodu je potřeba měřicí přístroj podle EN 325, zkušební zařízení (obr. 32), vhodné měřidlo schopné měření průhybu tělesa ve středu rozpětí s přesností na 0,1 mm a vhodný zatěžovací měřicí systém pro měření zatížení zkušební tělesa s přesností na 1% z naměřené hodnoty.



Obr. 30 - Princip ohybové zkoušky

Zkušební zařízení má dvě rovnoběžné, válcové podpěry o průměru $(15 \pm 0,5)$ mm, s možností volného otáčení kolem osy a délky větší než je šířka zkušební tělesa (EN 310)

1 – zkušební těleso, F – zatížení, t – tloušťka zkušební tělesa

$$l_1 = 20t, l_2 = l_1 \pm 50$$

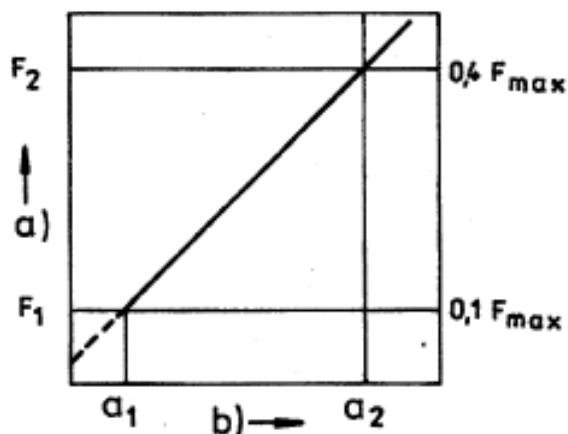
Zkušební tělesa musí být nachystána podle EN 326-1. Vyžadují se soubory příčných a podélných zkušebních těles. Musí být pravoúhlá, šířky b (50 ± 1) mm, délka musí být dvaceti násobkem jmenovité tloušťky + 50 mm, maximálně však 1050 mm a minimálně 150 mm.

Vyjádření výsledků – modul pružnosti:

$$MOE \text{ JE } E_m = \frac{l_t^3 (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 (a_2 - a_1)} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

l_t – vzdálenost středů podpěr v mm, b – šířka zkušebního tělesa v mm, t – tloušťka zkušebního tělesa v mm, $F_2 - F_1$ – přírůstek zatížení v přímkové části zatěžovací křivky v N, F_1 – musí být přibližně 10% a F_2 – přibližně 40% z maximálního zatížení, $a_2 - a_1$ – přírůstek průhybu ve středu délky zkušebního vzorku

Modul pružnosti v ohybu musí být pro každé zkušební těleso vyjádřen na tři platné číslice.



Obr. 31 - Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace (EN 310)

Pevnost v ohybu:

$$MOR \text{ JE } f_m = \frac{3F_{max} l_1}{2bt^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$



Obr. 32 - Stroj ZWICK Z050 pro testování ohybu

4.5.5. EN 319 Zjišťování pevnosti v tahu kolmo na rovinu desky (rozlupčivost)

Stanovuje metodu zjišťování pevnosti v tahu kolmo na rovinu desky třískových vláknitých a cementotřískových desek.

Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky se stanoví při zatížení působícím kolmo na zkušební těleso do jeho porušení ve směru kolmém na rovinu tělesa, shodnou s rovinou desky. Pevnost v tahu kolmo na rovinu desky se určí z maximální síly působící na povrch zkušební tělesa.

Potřebná zkušební zařízení pro zkoušku jsou posuvné měřítko a zkušební stroj s upínacím přípravkem. Zkušební tělesa musí být podle EN 326-1, čtvercového tvaru o straně 50 ± 1 mm. Mají být přesně nařezané, s úhlem 90° a hrany musí být rovné a čisté.

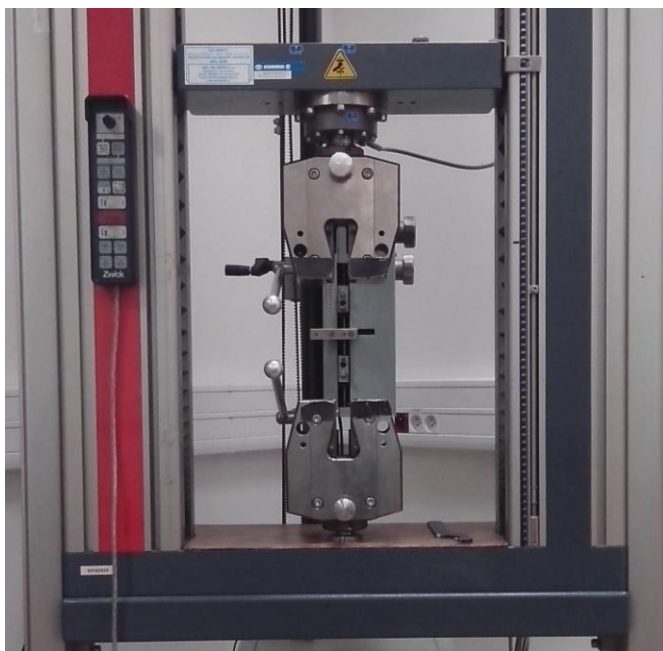
Vyjádření výsledků:

$$R_m = \frac{F_{\max}}{a \cdot b} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

R_m - tahová pevnost, F_{\max} – zatížení působící na zkušební těleso v okamžiku porušení v N, a, b – délka a šířka zkušební tělesa v mm

Pro tento pokus bylo nejdříve použito tavné lepidlo asi 1 g na jeden terčik, který se odtrhává. Toto lepidlo, ale nevyhovovalo, vždy se odtrhly vzorky od terčiku v povrchové vrstvě. Bylo tedy použito polyuretanové lepidlo. To se nanese vždy na dva terčíky, mezi které se vložil vzorek desky, tento komplet se stáhnul svěrkou a nechal se vytvrdit.

Nachystané vzorky desek z výzkumu byly přetíženy silou 5N na stroji jako ohyb ZWICK Z050 posuvem 1mm/min. Skončení testu proběhlo u poklesu síly pod 40 N max. síly.



Obr. 33 - Stroj ZWICK Z050 s hlavicemi, do kterých se zasunou terčíky s přilepeným vzorkem na testování



Obr. 34 - Vzorek po otestování

4.5.6. Zjišťování plošné hustoty

Plošná hustota se řadí mezi nestandardní vlastnosti třískových desek, které nejsou normami předepsány. Hrázský a Král (2005) například použily ve svém výzkumu velikost vzorků 100×100 mm. Pro tento výzkum byly zvoleny vzorky o velikosti 50×50 mm, protože se vzorky poté použily na jinou zkoušku a větší rozměr nebyl možný na navrhovaném požezovém schématu. Je to obdobné jako u klasické hustoty, jen se hmotnost tělesa nevydělí objemem ale pouze plochou tělesa:

$$\rho = \frac{m}{a \cdot b} \cdot 10^6 [kg \cdot m^{-2}]$$

Kde m je hmotnost tělesa v kg, a a b jsou plošné rozměry tělesa v m.

4.5.7. EN 322 Zjišťování vlhkosti

Podstatou zkoušky je zjišťování ztráty hmotnosti těles v čase jejich odběrů a po vysušení na konstantní hmotnost. Vzorky o velikosti 50×50 mm se zváží a poté se vloží do sušárny o teplotě 103 ± 2 °C až do dosažení konstantní hmotnosti a poté se opět zváží. Vlhkost se zjistí po dosažení do vzorce:

$$w = \frac{m_H - m_o}{m_o} \cdot 100[\%]$$

Kde m_H je hmotnost tělesa po odběru vzorku v g, m_o je hmotnost tělesa po jeho vysušení v g.

4.5.8. Výpočet popisné statistiky

Naměřené hodnoty všech výše zmíněných fyzikálních a mechanických vlastností byly statisticky zpracovány. Nejdůležitější popisné statistiky jsou průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

Minimum je minimální naměřená hodnota a maximum zase maximální naměřená hodnota. Pro ostatní statistické charakteristiky využíváme tyto vzorce:

Aritmetický průměr:

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

Kde x_i jsou všechny hodnoty, n je počet těchto hodnot

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Kde x_i jsou všechny hodnoty, N je počet těchto hodnot a \bar{x} je aritmetický průměr

Variační koeficient:

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 [\%]$$

Kde s_x je směrodatná odchylka a \bar{x} je aritmetický průměr

4.5.9. Statistika v programu STATISTICA

V programu STATISTICA byly vyhodnoceny rozdíly desek graficky pomocí ANOVY a Krabicového grafu. Pro tabulkový přehled rozdílů byl použit Scheffeho test.

5. Výsledky

5.1. Hustota

Tabulky s popisnou statistikou zpracovanou v programu Excel. Ukazují vždy průměr, minimum, maximum, směrodatnou odchylku a variační koeficient (podíl mezi směrodatnou odchylku a aritmetickým průměrem v %). Směrodatná odchylka ukazuje navzájem lišící typické případy v souboru zkoumaných čísel. Hustota se v tomto případě neliší o více jak 58 kg/m^3 . Průměrná hustota desek obsahujících recyklát je vždy okolo 600 kg/m^3 . Tedy výpočty i výroba byly přesné.

Tab. 7 - Popisná statistika pro hustoty desek s 10% použitého recyklátu.

10%	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,35	50,51	12,12	30824,55	18,516	600,77
min	50,22	50,19	11,80	30027,28	15,555	500,45
max	50,50	50,90	12,33	31512,82	22,350	722,64
s	0,08	0,18	0,13	344,70	1,771	58,02
v [%]	0,17	0,36	1,06	1,12	9,565	9,66

Tab. 8 - Popisná statistika pro hustoty desek s 30% použitého recyklátu.

30%	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,45	50,41	12,07	30703,86	18,461	601,24
min	50,18	50,07	11,78	29789,74	16,388	529,81
max	50,80	50,85	12,32	31574,19	21,234	696,02
s	0,20	0,19	0,14	433,08	1,457	46,35
v [%]	0,39	0,37	1,18	1,41	7,893	7,71

Tab. 9 - Popisná statistika pro hustoty desek s 60% použitého recyklátu.

60%	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,46	50,41	12,17	30962,67	18,590	601,10
min	50,19	50,21	11,80	29950,00	16,302	511,47
max	50,88	50,93	12,55	31872,66	20,891	692,01
s	0,18	0,15	0,26	685,88	1,294	49,38
v [%]	0,36	0,30	2,12	2,22	6,961	8,22

Tab. 10 - Popisná statistika pro hustoty desek s 90% použitého recyklátu.

90%	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,44	50,40	11,96	30407,33	18,248	600,25
min	50,04	50,21	11,78	29727,03	16,156	530,24
max	50,91	50,81	12,21	31163,08	20,600	686,75
s	0,22	0,13	0,12	377,02	1,461	49,38
v [%]	0,44	0,27	1,03	1,24	8,007	8,23

Tab. 11 - Popisná statistika pro hustoty desek s použitím třísek od firmy Kronospan.

Kronos.	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,41	50,49	12,30	31312,65	19,238	614,64
min	50,23	50,24	11,95	30237,02	16,618	512,28
max	50,86	50,84	12,66	32439,06	22,077	698,87
s	0,15	0,15	0,18	519,99	1,357	45,60
v [%]	0,30	0,30	1,49	1,66	7,054	7,42

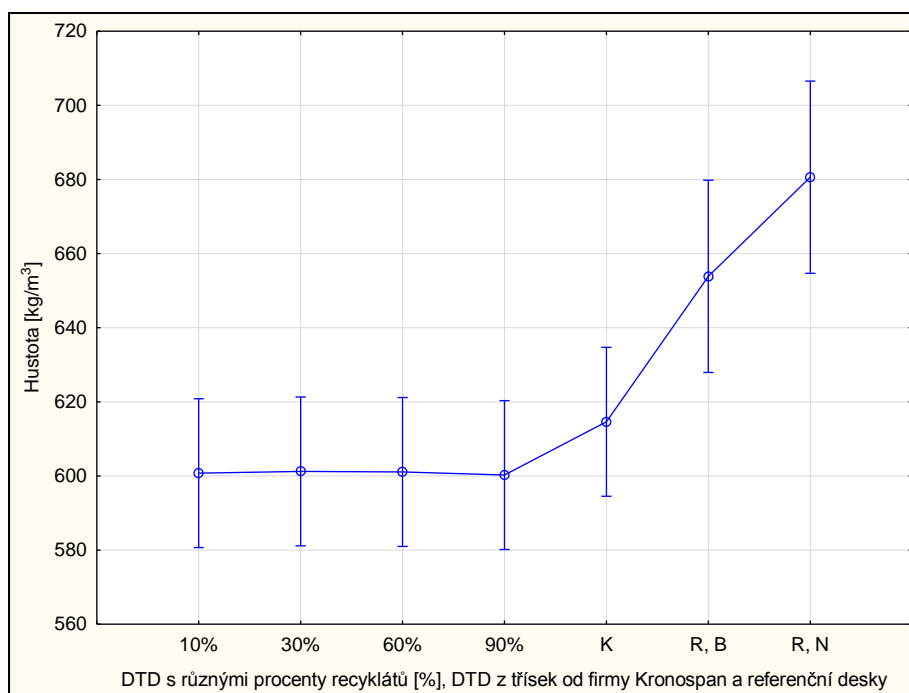
Tab. 12 - Popisná statistika pro hustoty broušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Ref., br.	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,46	50,38	11,93	30331,36	19,83	653,87
min	50,29	50,24	11,89	30094,73	19,14	633,69
max	50,87	50,47	11,96	30642,71	20,41	678,13
s	0,18	0,07	0,02	150,93	0,38	13,72
v [%]	0,36	0,15	0,17	0,50	1,925	2,10

Tab. 13 - Popisná statistika pro hustoty nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Ref., n.	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
x	50,42	50,43	12,21	31037,67	21,13	680,64
min	50,22	50,32	12,18	30816,45	20,56	661,86
max	50,60	50,60	12,23	31194,03	21,68	699,95
s	0,12	0,08	0,02	123,28	0,38	12,66
v [%]	0,24	0,15	0,14	0,40	1,809	1,86

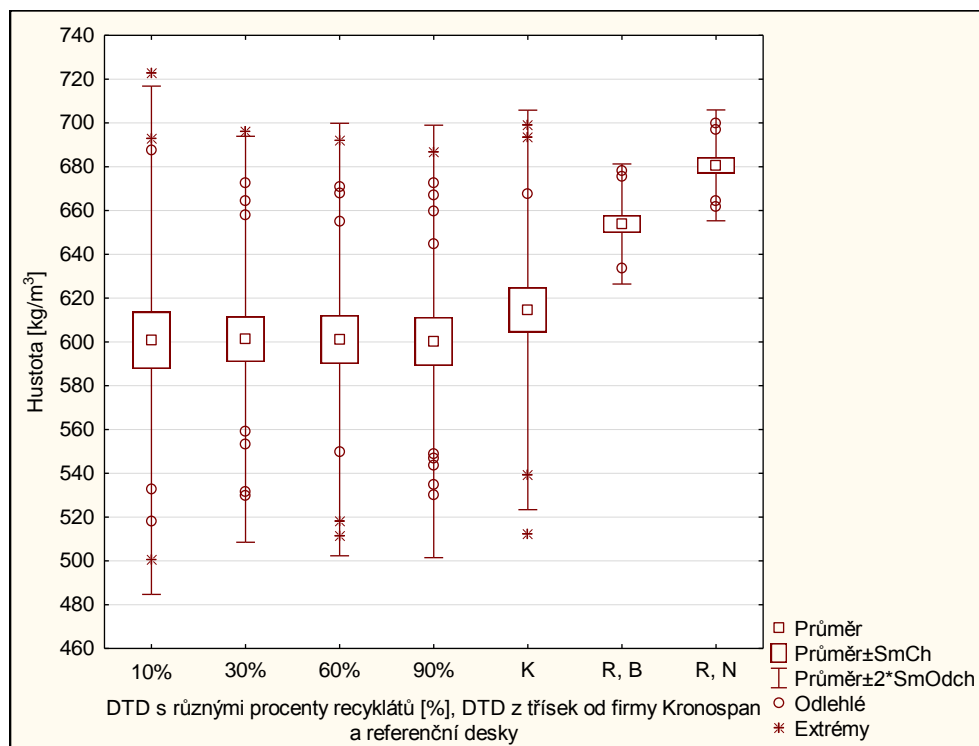
Pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 35) bylo zjištěno, že hodnota $p < 0,05$. Mezi deskami tedy existuje statisticky významný rozdíl v hustotě. Použitím Scheffeho testu (obr. 36) vícenásobného porovnání byly zjištěny podobnosti mezi všemi deskami až na nebroušené referenční a poté podobnost obou referenčních desek. Stejně je tomu vidět i u ANOVY, jak se překrývají jednotlivá data. Nejnižších hustot dosahují desky s použitím recyklátu 10 - 90 % u nich jsou hodnoty stejné, tedy nejsou statisticky významné.



Obr. 35 - ANOVA test pro hustotu desek

Scheffeho test; proměnná Prom2 (Tabulka1)			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = 2057,9, sv = 117,00			
Prom1	Hustota průměr	1	2
90%	600,2521	****	
10%	600,7727	****	
60%	601,0978	****	
30%	601,2415	****	
K	614,6362	****	
R, B	653,8666	****	****
R, N	680,6351		****

Obr. 36 - Scheffeho test pro hustotu (**** ve stejném sloupci znamená statisticky bezvýznamný rozdíl $p > 0,05$)



Obr. 37 - Krabicový graf pro hustotu desek

Popisky: procenta ukazují podíl použitého recyklátu v deskách, K jsou desky vyrobené s třískami od firmy KRONOSPAN. R, B jsou referenční desky broušené a R, N jsou referenční desky nebroušené.

Hustoty desek s obsahem 10ti% recyklátu se pohybují nejvýše $722,64 \text{ kg/m}^3$, nejnižší hodnota byla $500,45 \text{ kg/m}^3$. U desek s obsahem 30ti% recyklátů je rozpětí menší a to od $529,81 \text{ kg/m}^3$ do $696,02 \text{ kg/m}^3$. U 60ti% recyklátu od $511,47 \text{ kg/m}^3$ do $692,01 \text{ kg/m}^3$ a u 90ti% od $530,24 \text{ kg/m}^3$ do $686,75 \text{ kg/m}^3$. Všechny tyto desky měly obdobný aritmetický průměr hodnot okolo 600 kg/m^3 . O něco vyšší průměrnou hustotu (asi o 15 kg/m^3) měli desky, které obsahovaly třísky od firmy Kronospan, ale jinak laboratorní výroba probíhala stejně. Maximální hodnoty referenčních desek byly o hodně vyšší nežli desek z výzkumu a to až $699,95 \text{ kg/m}^3$. Všechny výsledky pro hustotu jsou zaznamenány v tabulkách v příloze C.

5.2. Plošná hustota

Tabulky s popisnou statistikou pro plošnou hustotu. Plošná hustota se v případě laboratorně vyráběných desek liší o cca 0,6 N/mm². V případě referenčních desek, které byly vybrány z výroby firmy, se neliší o více jak 15,75 N/mm².

Tab. 14 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 10ti% použitého recyklátu.

Statist.	10%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,35	50,51	2543,18	18,52	7,28
min	50,22	50,19	2528,58	15,56	6,11
max	50,50	50,90	2560,27	22,35	8,73
s	0,083822	0,180452	9,287216	1,77106657	0,690955
v [%]	0,166463	0,357292	0,365182	9,56531862	9,490958

Tab. 15 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 30ti% použitého recyklátu.

Statist.	30%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,45	50,41	2542,83	18,46	7,26
min	50,18	50,07	2524,55	16,39	6,47
max	50,80	50,85	2566,43	21,23	8,40
s	0,198637	0,188068	13,13942	1,457113	0,561048
v [%]	0,393763	0,373098	0,516725	7,892817	7,72873

Tab. 16 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 60ti% použitého recyklátu.

Statist.	60%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,46	50,41	2543,74	18,59	7,31
min	50,19	50,21	2521,04	16,30	6,42
max	50,88	50,93	2567,38	20,89	8,22
s	0,182101	0,152159	11,3374	1,294119	0,516655
v [%]	0,360871	0,301846	0,445699	6,961241	7,068861

Tab. 17 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 90ti% použitého recyklátu.

Statis.	90%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,44	50,40	2542,08	18,25	7,18
min	50,04	50,21	2523,52	16,16	6,34
max	50,91	50,81	2577,59	20,60	8,12
s	0,22285	0,133925	13,60001	1,46116	0,57904
v [%]	0,441821	0,265729	0,534996	8,007192	8,065966

Tab. 18 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s použitím třísek od firmy Kronospan.

Statist.	K				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,41	50,49	2544,87	19,24	7,56
min	50,23	50,24	2526,07	16,62	6,49
max	50,86	50,84	2563,35	22,08	8,64
s	0,150983	0,1539472	9,404793	1,357128	0,527811
v [%]	0,299521	0,3049335	0,369559	7,054395	6,982317

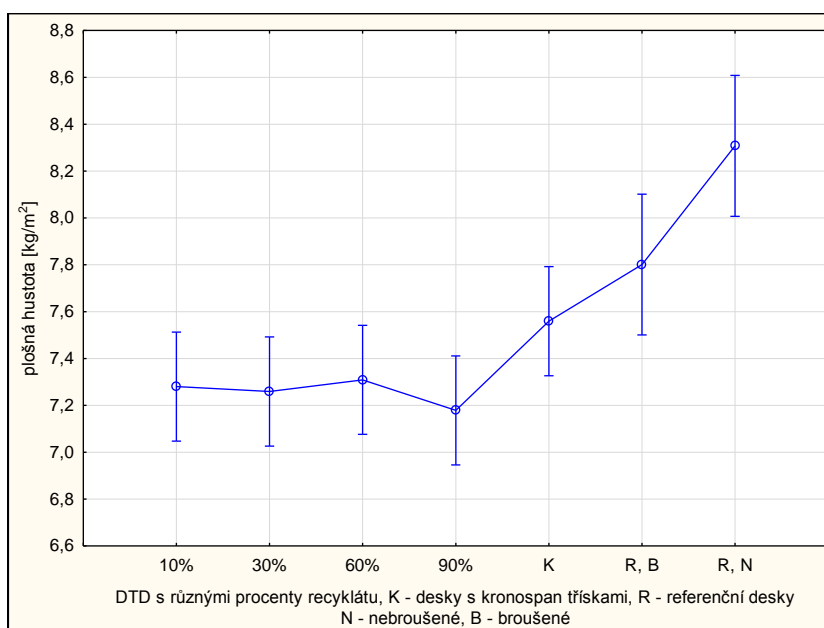
Tab. 19 - Popisná statistika pro plošnou hustotu broušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Statist.	R, B				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,46	50,38	2542,26	19,83	7,80
min	50,29	50,24	2531,09	19,14	7,56
max	50,87	50,47	2566,39	20,41	8,06
s	0,17972	0,07387	10,835783	0,381759	0,157401
v [%]	0,356134	0,146633	0,426226	1,924979	2,017694

Tab. 20 - Popisná statistika pro plošnou hustotu nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Statist.	R, N				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. hust. [kg/m ²]
x	50,42	50,43	2542,85	21,13	8,31
min	50,22	50,32	2530,09	20,56	8,07
max	50,60	50,60	2554,79	21,68	8,53
s	0,119545	0,077028	8,037699	0,382183	0,151663
v [%]	0,237098	0,152733	0,31609	1,809149	1,825582

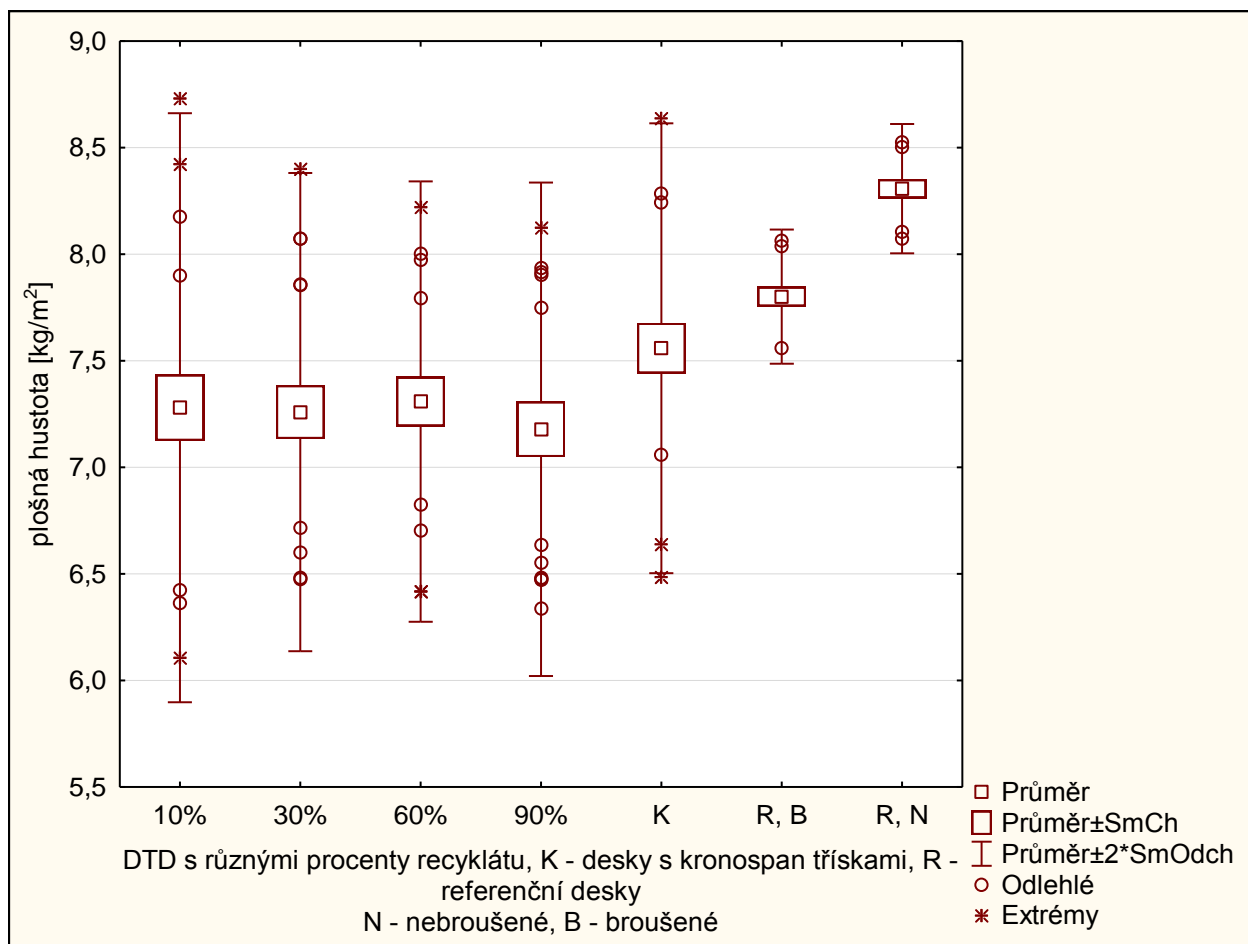
Pomocí jednofaktorové ANOVY (obr. 38) bylo zjištěno, že hodnota $p < 0,05$. Mezi deskami tedy existuje statisticky významný rozdíl v plošné hustotě. Použitím Scheffeho testu (obr. 39) vícenásobného porovnání byly zjištěny podobnosti mezi všemi deskami až na nebroušené referenční a poté podobnost obou referenčních desek stejně jako u hustoty. Stejně je tomu vidět i u ANOVY, jak se překrývají jednotlivá data. Nejnižších hustot dosahují desky s použitím 90ti% recyklátu oproti ostatním deskám. S hodnotami referenční desky broušené se překrývají pouze data desek vyrobených z třísek od firmy Kronospan. Jinak u všech desek vyrobených ve výzkumu jsou rozdíly hodnot statisticky nevýznamné.



Obr. 38 - ANOVA test pro plošnou hustotu

Scheffeho test; proměnná plošná hustota [kg/m ²] (Tabulka2)			
Homogenní skupiny, alfa = ,05000			
Chyba: meziskup. PČ = ,27618, sv = 117,00			
třídění	plošná hustota [kg/m ²] Průměr	1	2
90%	7,178802	****	
30%	7,259258	****	
10%	7,280144	****	
60%	7,308890	****	
K	7,559258	****	
R, B	7,801049	****	****
R, N	8,307664		****

Obr. 39 - Scheffeho test pro plošnou hustotu (**** ve stejném sloupci znamená statisticky bezvýznamný rozdíl $p > 0,05$)



Obr. 40 - Krabicový graf pro plošnou hustotu desek

Popisky: procenta ukazují podíl použitého recyklátu v deskách, K jsou desky vyrobené s třískami od firmy Kronospan. R, B jsou referenční desky broušené a R, N jsou referenční desky nebroušené.

Plošné hustoty desek s obsahem 10ti% recyklátu mají největší rozpětí hodnot a to od 6,11 do 8,73 N/mm². Nejnižších průměrných hodnot dosahovaly desky s použitím 90ti% recyklátu a to 7,18 N/mm². Jinak průměrné hodnoty desek s použitím recyklátu byly obdobné. Nejvyšší plošné hustoty opět dosáhly desky referenční nebroušené stejně jak tomu bylo u hustoty. Všechny výsledky pro plošnou hustotu jsou zaznamenány v tabulkách v příloze D.

5.3. Bobtnání po 24 hod.

Tabulky s popisnou statistikou pro bobtnání po 24 hodinách. Bobtnání se v případě laboratorně vyráběných desek liší min o skoro 4%. Bobtnání referenční desky z průmyslové výroby se liší o max 1%.

Tab. 21 - Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 10ti% použitého recyklátu.

10%	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	m _w [g]	G [%] 24
x	12,23	18,60	16,32	39,43	33,41
min	11,96	16,26	14,95	34,51	21,80
max	12,47	21,61	17,31	44,70	41,60
s	0,15	1,59	0,71	3,10	5,73
v [%]	1,20	8,54	4,37	7,87	17,15

Tab. 22- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 30ti% použitého recyklátu.

30%	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	m _w [g]	G [%] 24
x	12,17	18,47	16,51	39,94	35,67
min	11,89	17,11	15,43	37,47	26,12
max	12,41	21,02	17,10	43,63	42,32
s	0,14	1,30	0,43	2,03	3,59
v [%]	1,16	7,05	2,58	5,07	10,05

Tab. 23- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 60ti% použitého recyklátu.

60%	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	m _w [g]	G [%] 24
x	12,25	18,46	16,29	38,78	32,97
min	11,90	16,05	15,12	34,18	19,67
max	12,66	20,54	17,99	42,31	42,16
s	0,28	1,51	0,67	2,60	5,71
v [%]	2,32	8,16	4,12	6,71	17,32

Tab. 24- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 90ti% použitého recyklátu.

90%	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	m _w [g]	G [%] 24
x	12,07	18,29	16,02	39,09	32,71
min	11,84	16,05	15,04	34,89	24,05
max	12,34	21,23	17,14	43,39	42,38
s	0,14	1,32	0,55	2,15	4,46
v [%]	1,18	7,20	3,42	5,51	13,64

Tab. 25- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s použitím třísek od firmy Kronospan.

Kron.	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	m _w [g]	G [%] 24
x	12,36	18,96	16,19	39,06	30,97
min	11,73	17,21	15,21	33,54	21,16
max	12,61	21,41	17,42	43,34	40,44
s	0,24	1,09	0,58	2,33	4,81
v [%]	1,98	5,74	3,56	5,97	15,54

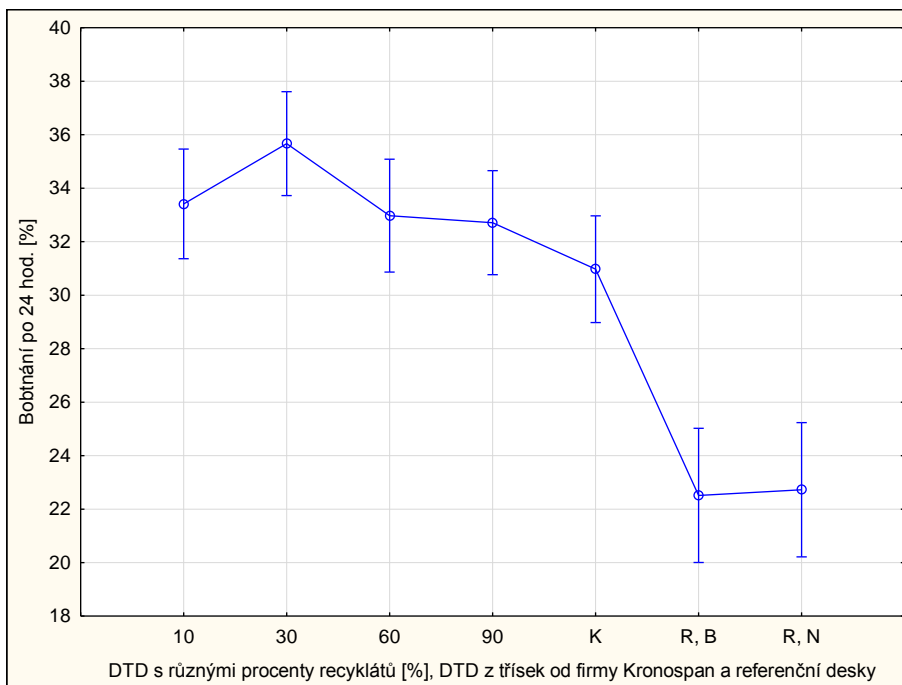
Tab. 26- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s broušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Ref., br.	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	G [%] 24
x	11,94	19,90	14,63	22,51
min	11,89	19,20	14,39	20,82
max	11,97	21,26	14,84	23,98
s	0,021933	0,523781	0,136745	1,038812
v [%]	0,183681	2,632239	0,934743	4,614255

Tab. 27- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.

Ref., neb.	t pr. [mm]	m [g]	t _w pr. [mm]	G [%] 24
x	12,21	21,06	14,99	22,72
min	12,16	20,34	14,81	21,29
max	12,26	21,57	15,09	23,69
s	0,023677	0,437003	0,091187	0,686457
v [%]	0,193889	2,074629	0,608457	3,020839

Graf ANOVA (obr. 41) vyhotovený v programu STATISTICA ukazuje statisticky významný rozdíl $p < 0,05$. Shoda je vidět podle Scheffeho testu (obr. 42) u všech desek vyrobených laboratorní výrobou. Další podobnost mají spolu desky vyrobené průmyslovou výrobou, tedy referenční.

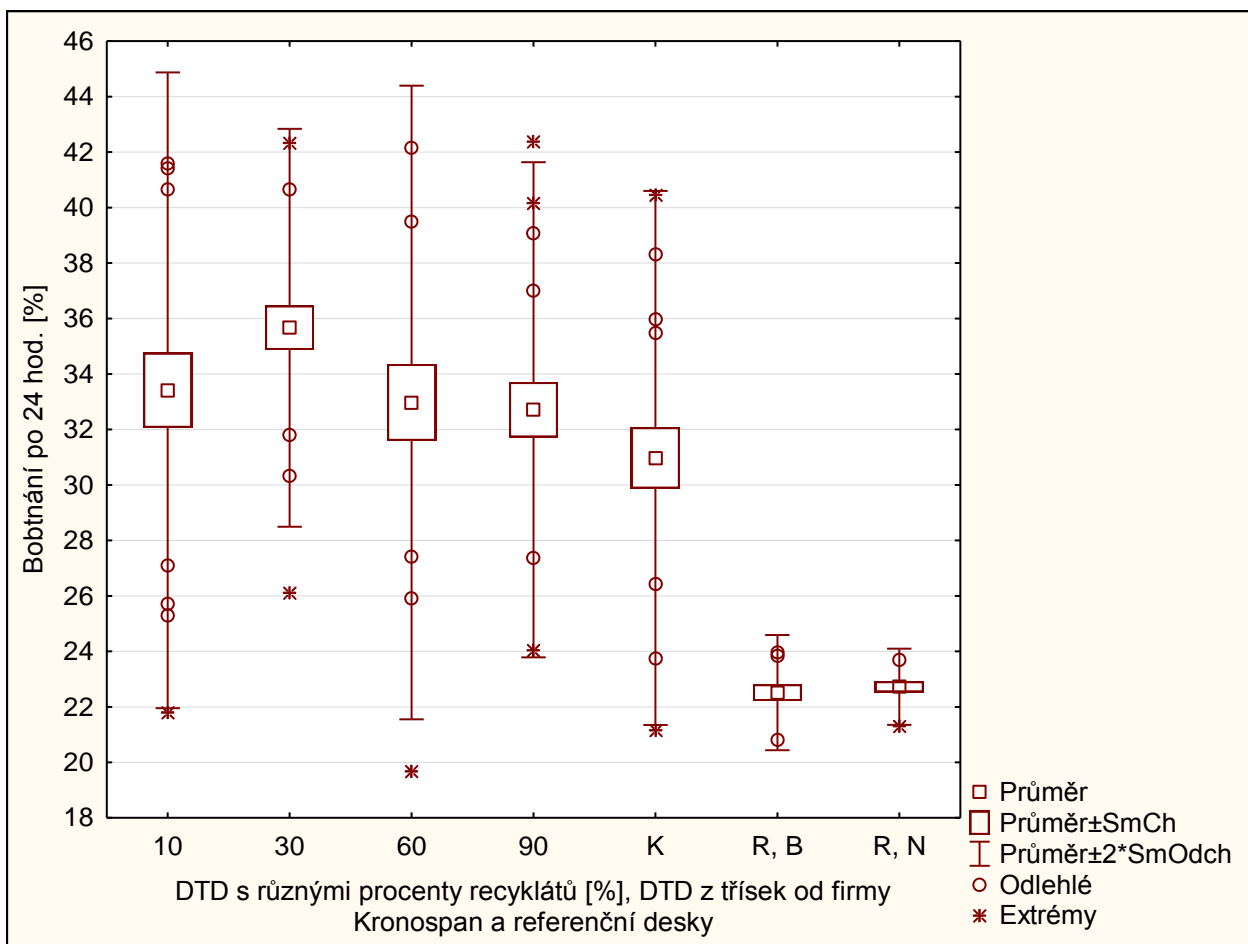


Obr. 41 - ANOVA test pro tloušťkové bobtnání po 24 hod.

Scheffeho test; proměnná Bobtnání po 24 hod. [%] (Tabulka2)
 Homogenní skupiny, alfa = ,05000
 Chyba: meziskup. PČ = 19,251, sv = 111,00

třídění	Bobtnání po 24 hod. [%] Průměr	1	2
R, B	22,51310		****
R, N	22,72406		****
K	30,97312	****	
90%	32,71142	****	
60%	32,97467	****	
10%	33,41287	****	
30%	35,66808	****	

Obr. 42 - Scheffeho test pro tloušťkové bobtnání po 24 hod. (**** ve stejném sloupci znamená statisticky bezvýznamný rozdíl $p > 0,05$)



Obr. 43 - Krabicový graf pro bobtnání po 24 hod.

Na krabicovém grafu (obr. 43) je vidět rozdílné průměrné bobtnání u desek vyrobených s podílem recyklovaného materiálu 30%. Bobtnání je v tomto případě vyšší nežli u ostatních desek s jiným podílem recyklátů. Také rozptyl hodnot u těchto desek je mnohem menší nežli u ostatních. Nejnižšího bobtnání desek z výzkumu dosahují desky vyrobené z třísek od KRONOSPANU, jejich průměrné bobtnání je 30,97%. Rozdíl v referenčních deskách je minimální, jejich průměrné hodnoty bobtnání se pohybují okolo 22,6%. Všechny výsledky pro tloušťkové bobtnání po 24 jsou zaznamenány v tabulkách v příloze E.

5.4. Ohybové vlastnosti

Tabulky s popisnou statistikou pro ohybové vlastnosti desek. Statistika byla provedena i na tloušťkách vzorků, šířkách, délkách a hustotě. Hlavní u ohybových vlastností je pevnost v ohybu (MOR) a modul pružnosti v ohybu (MOE). Vzorky byly odebírány v podélném i příčném směru, jak je to naznačeno v pořezovém schématu (obr. 27). Maximální směrodatná odchylka desek z 60ti a 90ti% recyklátu vždy v podélném směru. Všechny výsledky pro MOR i MOE jsou zaznamenány v tabulkách v příloze F.

Tab. 28 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 10ti% použitého recyklátu v příčném směru.

10%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,19	50,35	295,00	3,58	634,06	604,88
min	12,07	50,26	295,00	1,62	352,40	513,00
max	12,42	50,60	295,00	6,21	961,89	677,00
s	0,11	0,11	0,00	1,32	177,61	50,56
v [%]	0,942	0,215	0,000	36,801	28,012	8,359

Tab. 29 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 10ti% použitého recyklátu v podélném směru.

10%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,28	50,37	295,00	3,62	660,18	617,09
min	12,19	50,27	295,00	0,75	249,40	523,00
max	12,40	50,54	295,00	6,38	1097,62	711,00
s	0,07	0,07	0,00	1,90	269,91	56,93
v [%]	0,60	0,14	0,00	52,42	40,88	9,23

Tab. 30 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 30ti% použitého recyklátu v příčném směru.

30%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,16	50,33	295,00	3,53	612,56	614,38
min	11,98	50,29	295,00	2,51	424,80	567,00
max	12,32	50,47	295,00	5,27	766,72	661,00
s	0,14	0,06	0,00	0,85	115,17	30,55
v [%]	1,187	0,121	0,000	24,061	18,801	4,972

Tab. 31 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 30ti% použitého recyklátu v podélném směru.

30%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,21	50,38	295,00	3,67	646,62	623,17
min	11,92	50,27	295,00	1,89	392,63	575,00
max	12,54	50,53	295,00	6,25	1029,37	702,00
s	0,16	0,06	0,00	1,08	166,31	32,87
v [%]	1,29	0,13	0,00	29,48	25,72	5,27

Tab. 32 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 60ti% použitého recyklátu v příčném směru.

60%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,36	50,36	295,00	3,18	583,59	607,38
min	11,99	50,28	295,00	1,21	305,73	531,00
max	12,76	50,57	295,00	5,20	901,78	666,00
s	0,35	0,09	0,00	1,18	193,52	42,97
v [%]	2,820	0,180	0,000	37,105	33,160	7,074

Tab. 33 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 60ti% použitého recyklátu v podélném směru.

60%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,32	50,37	295,00	3,53	636,96	604,45
min	11,94	50,28	295,00	0,88	184,84	499,00
max	12,69	50,44	295,00	5,80	1011,29	677,00
s	0,31	0,06	0,00	1,43	268,45	54,49
v [%]	2,50	0,11	0,00	40,60	42,15	9,01

Tab. 34 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 90ti% použitého recyklátu v příčném směru.

90%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,16	50,35	295,00	3,44	602,70	625,75
min	12,01	50,28	295,00	2,25	368,88	565,00
max	12,29	50,38	295,00	4,45	832,73	653,00
s	0,10	0,03	0,00	0,73	128,65	26,82
v [%]	0,829	0,064	0,000	21,191	21,345	4,286

Tab. 35 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 90ti% použitého recyklátu v podélném směru.

90%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,32	50,37	295,00	3,53	636,96	604,45
min	11,94	50,28	295,00	0,88	184,84	499,00
max	12,69	50,44	295,00	5,80	1011,29	677,00
s	0,31	0,06	0,00	1,43	268,45	54,49
v [%]	2,50	0,11	0,00	40,60	42,15	9,01

Tab. 36 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s použitím třísek od firmy Kronospan v příčném směru.

Kron	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,45	50,35	295,00	5,22	1010,28	618,88
min	12,16	50,26	295,00	3,55	704,44	573,00
max	12,73	50,46	295,00	7,43	1230,67	676,00
s	0,19	0,06	0,00	1,29	194,35	33,05
v [%]	1,536	0,110	0,000	24,633	19,238	5,340

Tab. 37 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s použitím třísek od firmy Kronospan v podélném směru.

Kron	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,38	50,35	295,00	6,05	1147,64	632,33
min	11,84	50,29	295,00	5,02	923,69	597,00
max	12,76	50,40	295,00	7,60	1447,01	676,00
s	0,27	0,03	0,00	0,84	166,18	27,36
v [%]	2,16	0,06	0,00	13,93	14,48	4,33

Tab. 38 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních broušených desek v příčném směru.

R, B	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	11,92	50,33	290,00	10,10	2135,75	639,67
min	11,89	50,24	290,00	8,70	2012,56	634,00
max	11,99	50,44	290,00	11,43	2319,87	649,00
s	0,03	0,07	0,00	0,86	95,23	5,41
v [%]	0,28	0,13	0,00	8,51	4,46	0,85

Tab. 39 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních broušených desek v podélném směru.

R, B	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	11,89	50,35	290,00	13,64	3173,00	667,56
min	11,85	50,27	290,00	12,44	2990,05	644,00
max	11,93	50,57	290,00	14,58	3313,93	693,00
s	0,03	0,09	0,00	0,69	124,42	13,68
v [%]	0,214	0,178	0,000	5,051	3,921	2,049

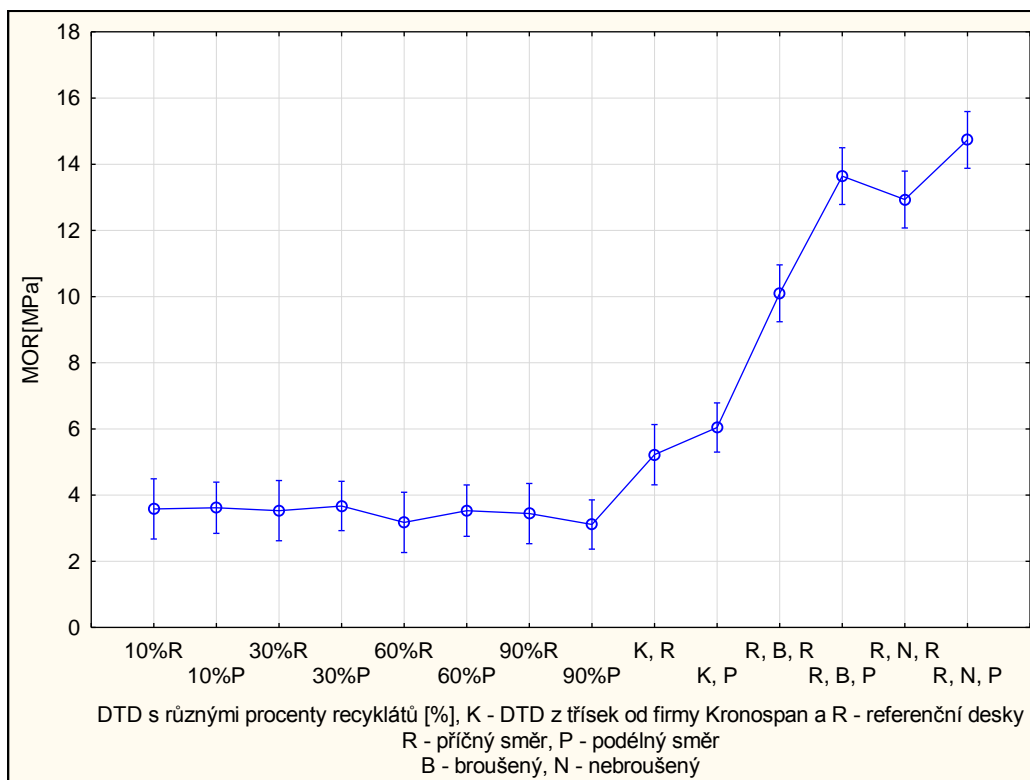
Tab. 40 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních nebroušených desek v příčném směru.

R, N	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,22	50,34	290,00	12,93	2496,71	672,11
min	12,18	50,26	290,00	10,89	2312,84	655,00
max	12,33	50,40	290,00	15,47	2781,74	685,00
s	0,05	0,04	0,00	1,50	146,59	10,71
v [%]	0,42	0,08	0,00	11,62	5,87	1,59

Tab. 41 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních nebroušených desek v podélném směru.

R, N	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
x	12,19	50,45	290,00	14,74	3215,55	672,11
min	12,10	50,36	290,00	11,34	2881,03	651,00
max	12,42	50,50	290,00	17,70	3569,55	701,00
s	0,10	0,04	0,00	2,19	229,38	17,27
v [%]	0,807	0,088	0,000	14,889	7,134	2,569

5.4.1. Pevnost v ohybu



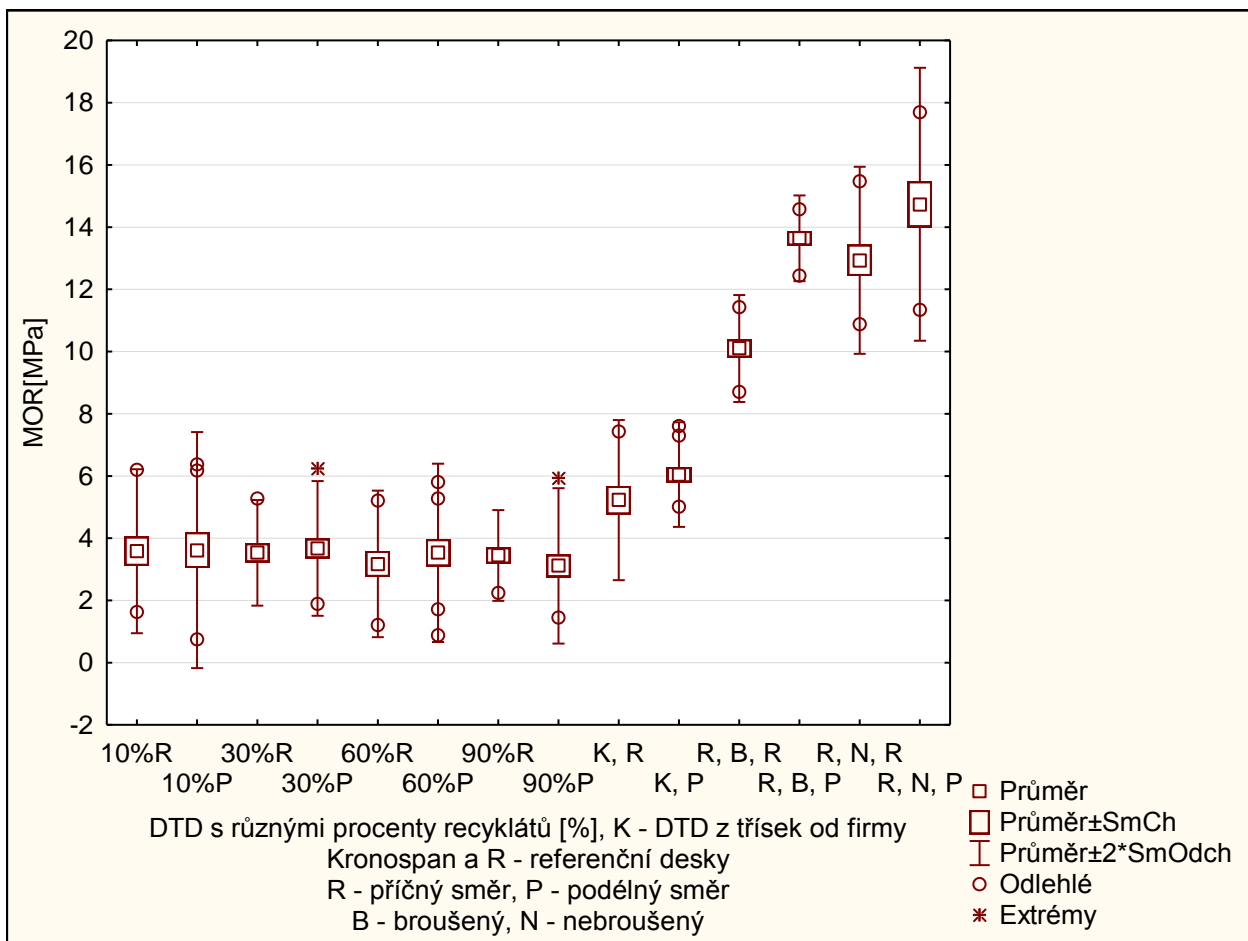
Obr. 44 - Graf ANOVA pro MOR v závislosti na rozdílných deskách

Scheffeho test; proměnná mor (Tabulka1)
Homogenní skupiny, alfa = ,05000 (Neúplné vyhledávání)
Chyba: meziskup. PČ = 1,6911, sv = 120,00

třídění	mor Průměr	1	2	3	4
90% pod.	3,11167	****			
60% př.	3,17500	****	****		
90% př.	3,44375	****	****		
60% pod.	3,53091	****	****		
30% př.	3,53125	****	****		
10% př.	3,58250	****	****		
10% pod.	3,61818	****	****		
30% pod.	3,67250	****	****		
K př.	5,22375	****	****		
K pod.	6,04500		****		
R, Br. př.	10,10000			****	
R, Neb. př.	12,93333			****	****
R, Br. pod.	13,64000				****
R, Neb. pod.	14,73556				****

Obr. 45 - Scheffeho test pro MOR (**** ve stejném sloupci znamená statisticky bezvýznamný rozdíl $p > 0,05$)

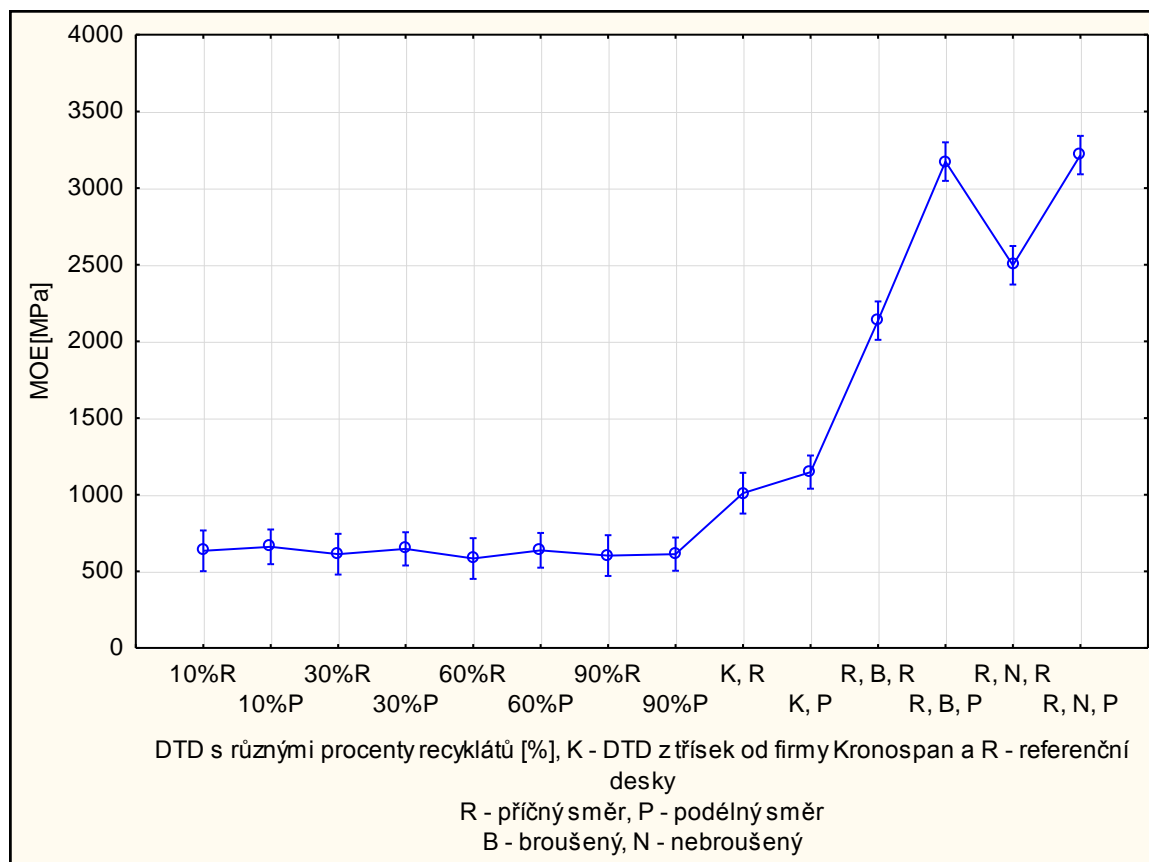
Z Scheffeho testu (obr. 45) i z grafu ANOVA (obr. 44) je patrná podobnost pevnosti v ohybu u desek s procentuálním podílem recyklátu 10, 30, 60 i 90% a to jak v příčném tak i v podélném směru. Scheffeho test ukazuje podobnost desek vyrobených ze třísek od firmy Kronospan testovaných v příčném směru s těmito deskami. Referenční desky mají vždy podobnost v příčném směru a ve směru podélném, které mají podobnost i s deskami referenčními nebroušenými v příčném směru.



Obr. 46 - Krabicový graf pro MOR

Na krabicovém grafu (obr. 46) jsou vidět průměrné hodnoty MOE u desek s procentuálním podílem recyklátů pod 4 MPa. Desky z třísek od Kronospanu vyrobených v laboratorních podmínkách dosahují průměrně až 6 MPa. U referenčních desek dosáhly nebroušené desky až 701 MPa.

5.4.2. Modul pružnosti



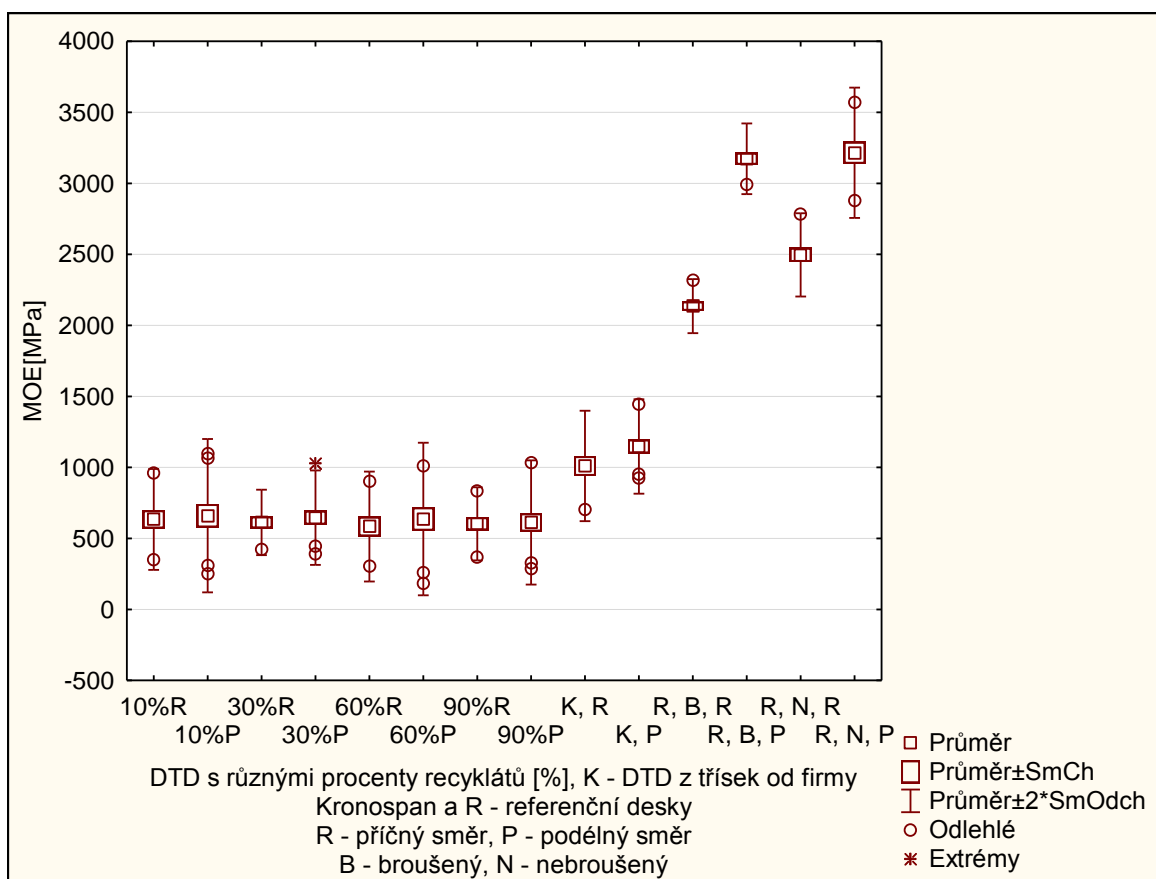
Obr. 47 - Graf ANOVA pro MOE

Podobnost mají opět desky s procentuálním zastoupením recyklátu. Kronospan desky vyrobené v laboratorních podmínkách mají téměř dvojnásobný modul pružnosti v ohybu nežli předchozí zmíněné desky. Další podobnost mají referenční desky vždy v podélním směru a ty mají také nejvyšší hodnoty. Zde není vidět rozdíl mezi broušenými a nebroušenými deskami jako v jiném případě.

Pokud jde o příčný a podélný směr rozdíl je vidět nejvíce u referenčních desek, dále u Kronospan desek. Pokud jde o desky s podílem recyklátu jediný rozdíl v průměrných hodnotách MOE je u desek s 90ti% recyklátu a to asi 20 MPa.

Scheffeho test; proměnná moe (Tabulka1)					
Homogenní skupiny, alfa = ,05000 (Neúplné vyhledávání)					
Chyba: meziskup. PČ = 36065,, sv = 120,00					
třídění	moe Průměr	1	2	3	4
60% př.	583,594	****			
90% př.	602,700	****			
90% pod.	612,170	****			
30% př.	612,564	****			
10% př.	634,059	****			
60% pod.	636,963	****			
30% pod.	646,621	****			
10% pod.	660,178	****			
K př.	1010,275	****	****		
K pod.	1147,638		****		
R, Br. př.	2135,749			****	
R, Neb. př.	2496,711			****	
R, Br. pod.	3172,999				****
R, Neb. pod.	3215,552				****

Obr. 48 - Scheffeho test pro MOE (**** ve stejném sloupci znamená statisticky bezvýznamný rozdíl $p > 0,05$)



Obr. 49 - Krabicový graf pro MOE

5.5. Vlhkost

Tab. 42 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 10ti% použitého recyklátu.

10%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	18,5155	17,55625	5,471591
min	15,555	14,648	4,026065
max	22,35	21,485	6,478686
s	1,771067	1,692775	0,714893
v [%]	9,565319	9,642007	13,06553

Tab. 43 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 30ti% použitého recyklátu.

30%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	18,46125	17,5828	4,981098
min	16,388	15,72	3,904874
max	21,234	20,436	6,318235
s	1,457113	1,350981	0,776138
v [%]	7,892817	7,683537	15,58167

Tab. 44 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 60ti% použitého recyklátu.

60%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	18,59035	17,6365	5,410065
min	16,302	15,35	3,910249
max	20,891	19,867	7,312806
s	1,294119	1,220181	0,944011
v [%]	6,961241	6,918501	17,44917

Tab. 45 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 90ti% použitého recyklátu.

90%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	18,2481	17,3225	5,375975
min	16,156	15,224	4,125129
max	20,6	19,69	6,69269
s	1,46116	1,446171	0,851998
v [%]	8,007192	8,34851	15,84825

Tab. 46 - Popisná statistika pro vlhkost desek vyrobených z Kronospan třísek.

K	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	19,23805	18,27275	5,278203
min	16,618	15,617	3,482824
max	22,077	20,772	6,792657
s	1,357128	1,26063	0,913657
v [%]	7,054395	6,89896	17,31

Tab. 47 - Popisná statistika pro vlhkost referenčních, broušených desek.

R, N	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	21,125	20,15167	4,83058
min	20,56	19,602	4,6875
max	21,68	20,684	4,90636
s	0,382183	0,370487	0,069983
v [%]	1,809149	1,838495	1,448752

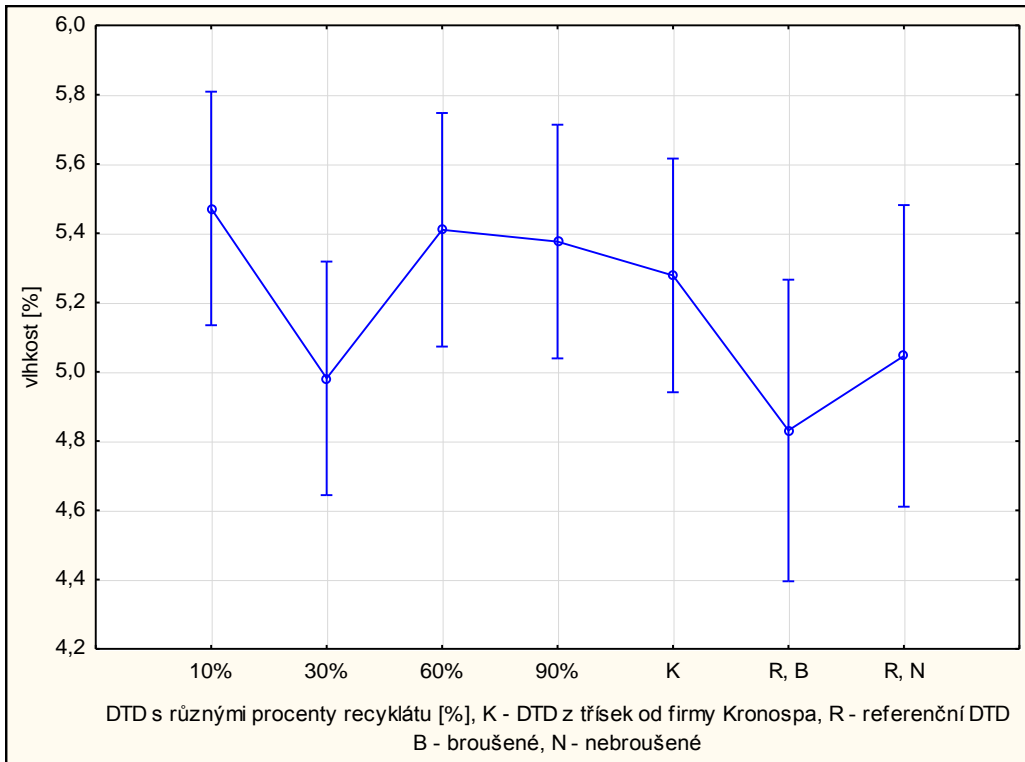
Tab. 48 - Popisná statistika pro vlhkost referenčních, nebroušených desek.

R, B	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
x	19,83183	18,87917	5,045967
min	19,135	18,229	4,939328
max	20,408	19,443	5,219665
s	0,381759	0,361609	0,079471
v [%]	1,924979	1,915388	1,574934

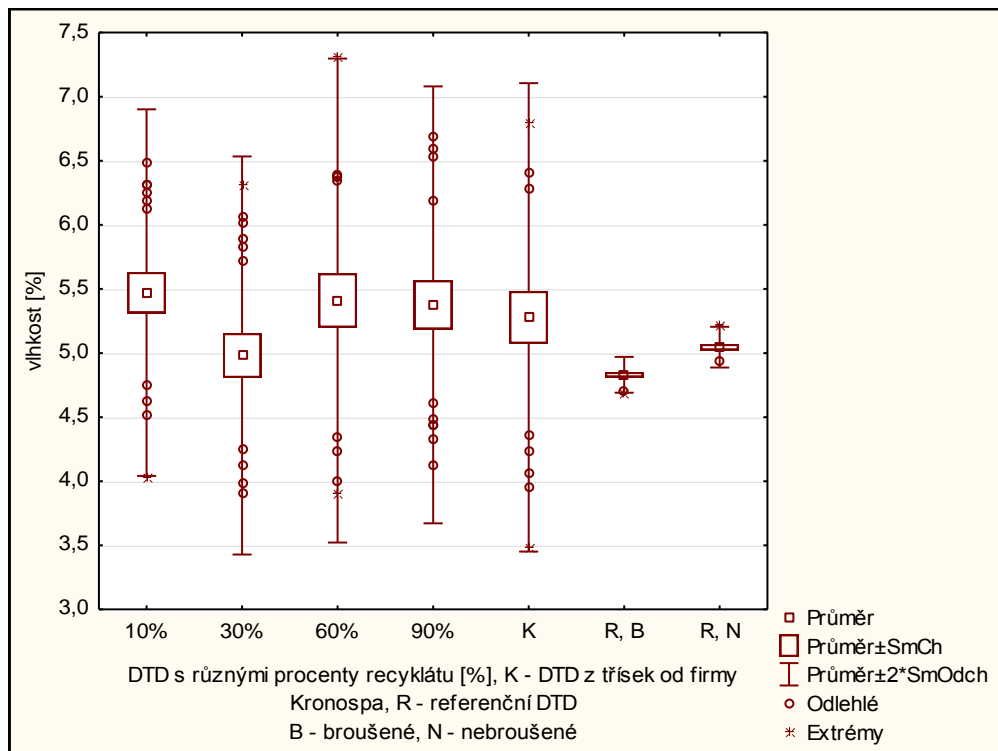
Z popisné statistiky vyplynulo, že směrodatná odchylka nedosáhla ani 1, tedy není mezi jednotlivými daty příliš velký rozdíl. Nejvyšší vlhkosti dosáhli desky 60ti% recyklátu. Nejnižší průměrnou vlhkost mají desky s 30ti% recyklátu a desky referenční.

Podle ANOVY (obr. 50) bylo zjištěno, že $p < 0,05$ tedy je zde statisticky významný rozdíl. Proto nebylo potřeba dělat Scheffeho test. Nejnižších hodnot dosáhly desky referenční nebroušené. Průměrné hodnoty desek s 30ti% recyklátu a referenčních desek broušených je téměř totožná, ale rozptyl hodnot referenčních desek je minimální jak je vidět na krabicovém grafu (obr. 52).

Všechny výsledky vlhkosti desek jsou zaznamenány v tabulkách v příloze G.



Obr. 50- ANOVA test pro vlhkost desek



Obr. 51 - Krabicový graf pro vlhkost desek

5.6. Rozlupčivost

Tab. 49 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 10ti% použitého recyklátu.

10%	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm2
x	1167,998	63742,66	0,467199
min	497,65	5454,98	0,19906
max	1722,09	95906,99	0,688836
s	436,8809	27300,11	0,174752
v [%]	37,40425	42,82863	37,40425

Tab. 50 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 30ti% použitého recyklátu.

30%	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm2
x	1356,695	66987,89	0,542678
min	727,16	14226,09	0,290864
max	1857,55	102236,4	0,74302
s	367,3495	27840,82	0,14694
v [%]	27,07679	41,56097	27,07679

Tab. 51 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 60ti% použitého recyklátu.

60%	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm2
x	1444,086	74816,22	0,577634
min	1117,83	38508,88	0,447132
max	1951,51	95671,23	0,780604
s	275,2302	17785,75	0,110092
v [%]	19,05913	23,77259	19,05913

Tab. 52 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 90ti% použitého recyklátu.

90%	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm2
x	1108,012	60581,15	0,443205
min	584,26	16945,44	0,233704
max	1845,93	101613,2	0,738372
s	480,2665	30747,38	0,192107
v [%]	43,34488	50,75404	43,34488

Tab. 53 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek vyrobených z Kronospan třísek.

Kron.	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm ²
x	1253,612	68909,18	0,501445
min	1001,84	30933,87	0,400736
max	1762,38	95883,5	0,704952
s	243,607	20140,15	0,097443
v [%]	19,43241	29,2271	19,43241

Tab. 54 - Popisná statistika pro rozlupčivost referenčních nebroušených desek.

N	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm ²
x	1305,549	68779,85	0,52222
min	322,1	15215,11	0,12884
max	1881,17	92151,75	0,752468
s	435,0151	23310,55	0,174006
v [%]	33,32048	33,89155	33,32048

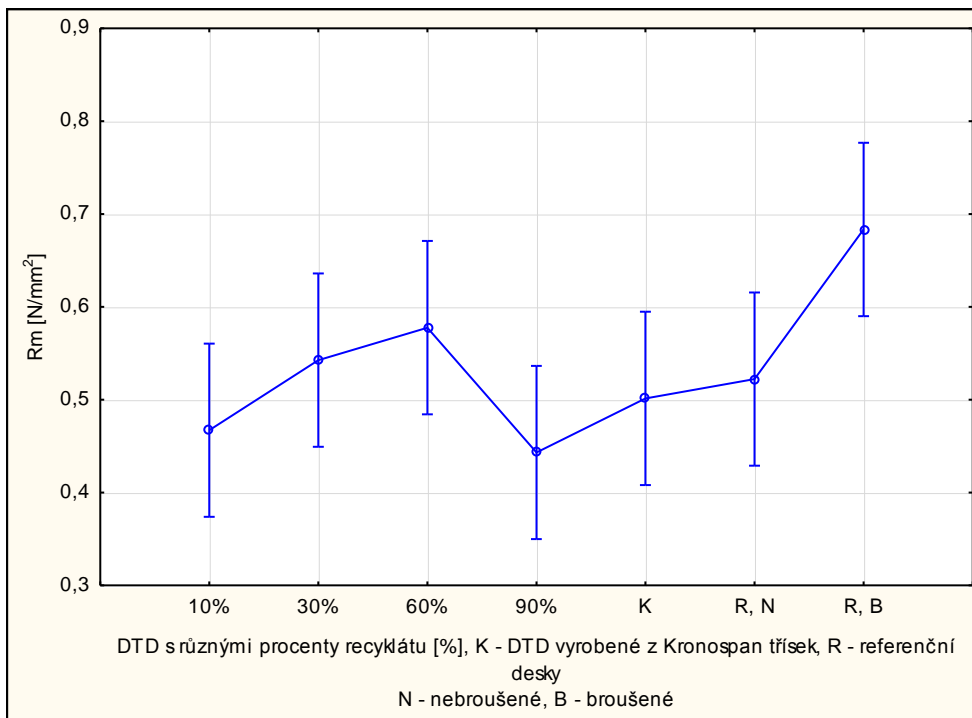
Tab. 55 - Popisná statistika pro rozlupčivost referenčních broušených desek.

B	Fmax	EMod	Rm
č. vzorku	N	MPa	N/mm ²
x	1708,547	58920,47	0,683419
min	1203,89	18316,19	0,481556
max	2075,76	79158,44	0,830304
s	270,8953	19237	0,108358
v [%]	15,8553	32,64909	15,8553

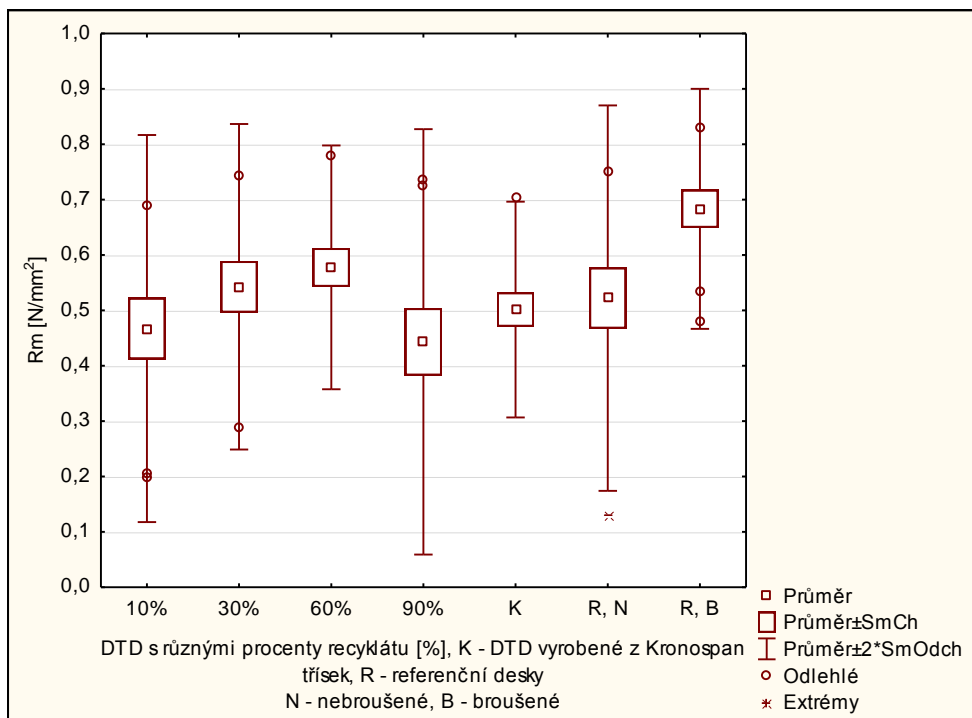
Z popisné statistiky je vidět, že rozdíl mezi hodnotami je minimální. Nejvyšší průměrné rozlupčivosti z vyráběných desek dosáhli desky s obsahem 60ti% recyklátu a to cca 0,58 N/mm².

ANOVA test (obr. 52) dokázal statisticky významný rozdíl $p < 0,05$. Zde dokonce dvoje desky z výzkumu, s 30ti% a 60ti% recyklátu dosáhly vyšších hodnot nežli desky z Kronospan třísek a dokonce i vyšší nežli referenční nebroušené desky.

Všechny výsledky pro rozlupčivost jsou zaznamenány v tabulkách v příloze H.



Obr. 52 - ANOVA pro rozlupčivost desek



Obr. 53 - Krabicový graf pro rozlupčivost

Diskuse

Ve výzkumu se předpokládaly odlišné fyzikální a mechanické vlastnosti u desek vyrobených s rozdílným podílem recyklovaného dřeva. Desky se všemi podíly recyklátů vyšli téměř se stejnými výsledky, většinou i s horšími vlastnostmi nežli desky referenční až na několik výjimek. Spíše byl zjištěn zásadní vliv výroby samotných třísek, tedy jejich konečný štíhlostní poměr.

Hustota

Desky měly být vyrobené s hustotou 600 kg/m^3 . Tato hustota byla v průměrných hodnotách dodržena. Minima i maxima, která se lišila až o 120 kg/m^3 v případě desek s použitím 10ti% recyklátu. Tyto extrémy překonaly i referenční desky nebroušené. Tyto rozdílné hodnoty jsou vlivem nerovnoměrného rozložení vrstev v koberci. Vyšší průměrnou hustotu měly desky, které byly vyráběny za pomoci třísek, které poskytla firma Kronospan, ale byly vyráběny stejným postupem jako desky s recyklátem.

Pokud jde o desky referenční z průmyslové výroby, ty měly v průměru až o 80 kg/m^3 víc než byla předpokládaná hustota. Pokud jde o rozdíl mezi broušenými a nebroušenými deskami, je jasné, že nebroušené desky mají vyšší hustotu, i když rozdíl v průměru činí okolo 30 kg/m^3 . Hustota je jednou z nejdůležitějších vlastností desek na bázi dřeva (Istek a Siradag, 2013) Vyšší hustota referenčních desek tedy má značný pozitivní vliv na mechanické a fyzikální vlastnosti.

Pokud jde o recyklované dřevo, není zde vidět velký vliv tohoto materiálu. Spíše nerovnoměrnost vrstvení způsobuje velký rozptyl hodnot oproti referenčním deskám.

Plošná hustota

Podle Hrázského a Krále (2005) mají třískové desky o tl. 12 mm s hustotou okolo 830 kg/m^3 plošnou hustotu okolo 10 kg/m^2 . Desky z výzkumu o hustotě 600 kg/m^3 mají průměrně plošnou hustotu mezi $7 - 7,3 \text{ kg/m}^2$, desky z dodaných třísek měly plošnou hustotu o něco vyšší a referenční desky mají plošnou hustotu až k 8 kg/m^2 . V podstatě výsledky jsou téměř stejné jako u hustoty, tedy hustota koreluje s plošnou hustotou desky.

Jenom plošná hustota u desek s 90ti% recyklátu vyšla nižší nežli u ostatních desek. To bude tím, že se desky s větším podílem recyklátu drobily, tedy vzorky ztrácely tloušťku a podle Krále a Hrázského (2005) se plošná hustota se zvyšuje s větší tloušťkou desky.

Bobtnání

Hodnoty bobtnání po 24 hodinách namáčení všech desek z tohoto výzkumu vyrobených v laboratorních podmínkách se pohybují v průměru od 30 do 35%. Istek a Siradag (2013) udávají hodnotu bobtnání pro hustotu 600 kg/m^3 32 - 35% (obr. 12). S přibývajícím hustotou se tloušťkové bobtnání snižuje, proto mají referenční desky bobtnání okolo 23 %. Tuto nižší hodnotu také způsobuje lepší, hladší povrch desek. Desky vyráběné laboratorní výrobou totiž neměly dostatečně pevný a hladký povrch, jak již bylo řečeno, spíše se drobil. To bylo způsobeno nedokonalým promícháním třísek s lepidlem. Také kdyby byla přidána parafinová emulze do povrchové vrstvy, bobtnání by se snížilo. Pokud jde o rozdíl mezi broušenými a nebroušenými deskami bobtnání vyšlo téměř stejné. Nejhorší hodnoty vyšli pro desky s obsahem 30ti% recyklátu, ale to mohlo být způsobeno také tím, že tyto desky měly z vyráběných desek také nenižší vlhkost.

Ohybové vlastnosti

Ohybové vlastnosti jako pevnost v ohybu a modul pružnosti v ohybu se měří vždy ve směru podélném a ve směru příčném. V případě průmyslově vyrobených je výroba orientovaná, ale v případě laboratorních podmínek pro tento výzkum přesná orientace třísek nemohla být zajištěna. Přesto se zkoumaly oba směry výroby. Příčný směr vycházel v průměrných hodnotách jak pro pružnost, tak i pro pevnost nižší nežli podélný. Rozdíly samozřejmě nebyly tak velké jako v případě referenčních desek, vyráběných orientovanou průmyslovou výrobou. Zde byl rozdíl MOE až o 1000 MPa.

Pokud jde o obsah recyklovaného materiálu nejvyšších hodnot, dosahovaly desky s obsahem 10ti% recyklátu, naopak nejnižších desky s 60ti% a 90ti% recyklátu. Ve srovnání s referenčními deskami jsou hodnoty pevnosti o 6 - 15 MPa nižší a modul pružnosti mají nižší o více jak 1000 MPa i když se započítají maxima. To může být způsobeno vyšší hustotou, ale určitě i kvalitou výroby, tedy rádným navrstvením, promícháním směsi třísek a lepidla i jinou výrobou třísek.

Ve srovnání s deskami vyrobenými ze třísek od firmy Kronospan mají všechny desky s podíly recyklátu pevnost v ohybu o 2 - 3 MPa nižší a modul pružnosti o 400 - 500 MPa. Zde byla výroba stejná, ale třísky, i když přes síťovou analýzu byly velmi podobné, nedosahovaly štíhlostního poměru jako desky z výroby již zmíněné firmy.

Pro porovnání Yang a kol. (2005), kteří používali recyklované třísky pro výrobu desek o hustotě 700 kg/m^3 s fenol formaldehydovým lepidlem naměřili MOR 11.1 do 18 MPa a MOE od 1734.6 do 3224.2 MPa.

Vlhkost

Vlhkost všech testovaných desek se pohybuje od 3.48 do 5.47 %. Tyto rozdíly jsou způsobeny prodlevami mezi vysušením třísek a smísením s lepidlem a tvrdidlem. Také umístěním v klimatizované místnosti. Rozdíly vlhkosti mezi referenčními deskami a deskami vyrobenými v laboratorních podmínkách jsou způsobeny různými podmínkami v klimatizovaných místnostech a převozem desek.

Rozlupčivost

U rozlupčivosti se ukázal rozdíl v podílech recyklátů a to přesně nízké hodnoty u 10ti% a ještě nižší u 90ti%. U 10ti% desek se většina vzorků roztrhla již v povrchové vrstvě, to mohlo způsobit nedokonalé rozmíchání lepidla s povrchovými třískami. U 90ti% povrchová vrstva spíše odpadávala, což určitě bylo způsobeno i nerovnoměrností rozmíchání lepidla, ale může mít na tom podíl i obsah recyklovaného dřeva. Naopak 30% a 60% se ukázaly jako vhodné podíly recyklovaných materiálů pro pevnost v tahu kolmo na rovinu desky, protože jejich hodnoty byly lepší nežli u desky z třísek od Kronospanu a u referenční nebroušené desky.

Podle Santos a kol. (2014) byla rozlupčivost desek s hustotou asi 930 kg/m^3 1.55 - 1.7 MPa. Naše desky dosahovaly hodnot 0.19 - 0.78 MPa. Je zde samozřejmě závislost na hustotě a také plošné hustotě (obr. 10). Podle EN 319 mají mít dřevotřískové desky tloušťky 12 mm rozlupčivost min. 0.31 - 0.5 MPa.

Využití recyklovaného dřeva na výrobu DTD

Hlavní využití recyklovaného dřeva by mělo být v nábytkářském průmyslu, tedy pro výrobu dřevotřískových desek a to nejen proto, že mnoho odpadu vzniká právě z výroby těchto desek. Navíc tento výzkum prokázal, že používání recyklovaného materiálu nemá takový vliv na vlastnosti desek jako má spíše výroba třísek a tedy i volba štíhlostního poměru. Další plus je i snížení nákladů výroby a ekologický přínos, který je v dnešní době velmi důležitý pro mnoho konzumentů.

Jak je psáno v literárním přehledu Wang a Sun (2002) našli typické využití dřevotřískových desek z recyklovaného materiálu jako podlahoviny, stěnové a stropní panely, kancelářské dělicí přepážky, nástěnky, nábytek, skříně, kuchyňské pracovní desky a jiné. Jelikož na desky z výzkumu bylo použito močovino-formaldehydové lepidlo, nejsou desky vhodné do vlhkého prostředí, mohou být použity tedy pouze do suchého prostředí. (Havířová, 2005) EN 312 definuje suché prostředí, jako prostředí s podmínkami odpovídajícím třídě použití 1, která je charakterizována teplotě 20°C a relativní vlhkostí vzduchu přesahující 65% pouze několik týdnů v roce (EN 1995-1-1). Desky se dají tedy použít v nábytkářském průmyslu, obklady stěn či dekorativní použití v interiéru, ale pouze za předpokladu, že se vždy povrchově upraví a to i s úpravou hran. Povrchová úprava je důležitá z hlediska úniku formaldehydu, který je zdraví škodlivý. Také díky povrchové úpravě se zvýší všechny mechanické vlastnosti desek.

Aby mohly být desky z výzkumu použité jako P1 - všeobecné použití v suchém prostředí nebo P2 - pro vnitřní vybavení do suchého prostředí musely by splňovat vlastnosti: pevnost v ohybu min. 11 MPa, modul pružnosti v ohybu 1800 MPa a rozlupčivost 0.4 N/mm². Při změně štíhlostního poměru popř. vyšší hustotě a při použití povrchové úpravy by tomu měly vyhovovat.

Jiné využití recyklovaného dřeva

Je několik aspektů, na kterých záleží, při výběru využití recyklovaného dřeva. Jeho objem, typ, kvalita, obsah nežádoucích příměsí či umístění. Pro výrobce, který chce ušetřit náklady ve výrobě, je určitě velmi důležité odkud musí odpad dovážet, kolik tun ho je, jakých je velikostí (jestli jsou to odřezky surového dřeva, odpad z pily nebo dřevní prach), zdali je to tvrdé či měkké dřevo a jaké nežádoucí příměsi obsahuje.

V podstatě i rozměrově menší recyklované dřevo by se mohlo využívat v dřevařském průmyslu nejen pro dřevotřískové desky, ale určitě i pro dřevovláknité desky (MDF).

OSB desky jsou vyráběné z velkoplošných třísek, recyklovaný materiál by musel mít velké rozměry a nesměl by obsahovat kusy dřevotřískových desek ani jiných materiálů s malými částicemi, které by znehodnotily vlastnosti těchto desek. Odpad v podobě dřevního prachu je vhodný pro použití povrchové vrstvy v podstatě jakýchkoli desek na bázi dřeva. Tato povrchová vrstva zajišťuje hladkost a tvrdost povrchu. Při přimíchání retardérů hoření ke směsi těchto mikrotřísek a lepidla může tato povrchová vrstva učinit OSB desky odolné proti ohni a zároveň by náklady na retardéry hoření nebyly tak veliké.

Pro energetické účely může sloužit jakýkoli odpad. Tvrdší dřevo bude určitě vhodnější například pro výrobu pelet či briket. Piliny z měkkých dřevin by se také mohly využívat na zvířecí stelivo či jako surovina vhodná pro kompostování (bioodpad).

Závěr

V práci byly testovány vlastnosti desek s různými poměry recyklovaného dřeva a čistého dřeva (10%, 30%, 60% a 90%). Na porovnání mechanických a fyzikálních vlastností měl být zjištěn nejvhodnější poměr. S hustotami desek okolo 600 kg/m^3 žádná z desek nedosáhla hodnot ohybových vlastností kontrolní desky, která byla vyráběna za stejných podmínek s použitím již zhotovených třísek od firmy Kronospan. V tomto případě nezáleželo na množství recyklovaného materiálu, ale na štíhlostním poměru třísek. Naopak v případě rozlupčivosti dopadly desky s obsahem 30ti% a 60ti% lépe než deska kontrolní. A v případě referenčních desek nebroušených, které byly vyráběny v průmyslových podmínkách, dopadly desky s 60ti% recyklátu ještě lépe. Jak již bylo řečeno v literárním přehledu i při výrobě desek se prokázalo, že 90% recyklovaného materiálu je již velké množství tohoto nekvalitního materiálu, jelikož povrchová vrstva u těchto desek již nebyla kvalitní a drolila se.

Zpracování recyklovaného dřeva při výrobě třískových desek má jednoznačně ekonomické přínosy. Je možné snížit podíl zpracovávaného rovného dříví průmyslového, které představuje nákladově nejvýznamnější položku ve výrobě třískových desek. Výzkum neprokázal snížení fyzikálních a mechanických vlastností za použití většího množství recyklovaného materiálu. Naopak prokázal, že více než na kvalitě materiálu záleží na velikostech třísek použitých pro výrobu třískových desek.

Summary

Focus of this thesis was to evaluate effect of the recycled wood used to produce particleboards on the physical and mechanical properties. It was assumed that on bending properties no matter on the amount of recycled wood, but on the amount of area of particles. In the case of internal bond strength the boards containing 30% and 60% of recycled wood had better properties than control boards and the boards containing 60% had even better internal strength properties than the uncut reference boards. The surface of the boards with 90% amount of recycled wood was not so quality like the surface another boards.

Processing of recycled wood in the production of particle boards clearly has an economic benefit. It is possible to reduce costs in production particle boards thanks to it and there is also environmental benefit, because not only particle board industry produced a lot of waste which can be reused. The research did not provide a reduction of physical and mechanical properties by using more recycled wood. It was showed that depends more on the size of chips than the on a quality of material used for the production of particle boards.

Použitá literatura

Odborné publikace:

ARABI, M.; FAEZIPOUR, M.; GHOLIZADEH, H. 2011. Reducing resin content and board density without adversely affecting the mechanical properties of particleboard through controlling particle size, *Journal of Forestry Research*. č. 22, p. (659 - 664)

BERR, 2008. UK Renewable Energy Strategy and the EU Renewable Energy Directive, Written Ministerial Statement, URN 08/688. Dostupné z: <http://www.berr.gov.uk/files/file45024.pdf>

BFM Ltd, 2003. The Waste and Resources Action Programme, The old Academy, ISBN: 1-84405-065-3. Dostupné z: www.wrap.org.uk

BÖHM, M. 2005. Technologie výroby aglomerovaných materiálů, ČZU Praha, s. 97, [online][cit. 2016-1-19]. Dostupné z: http://fld.czu.cz/~bohml/aglomerovane_materialy.pdf

BÖHM, M.; REISNER, J.; BOMBA, J. 2012. Materiály na bázi dřeva - 1.vyd. Praha: ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE, s. 183, ISBN 978-80-213-2251-6

ČÁSLAVA, P. 2009. Kompozitní materiály na bázi dřeva [online][cit. 2016-11-29].

Dostupné z:

http://www.vizage.cz/files/KOMPOZITNI_MATERIALY_NA_BAZI_DREVA_WWW.pdf

DEOMANO, E. 2014. Environmental Product Declaration: Particleboard, Composite Panel Industry Update is a collaboration between, Forest Product Society and Composite Panel Association.

DEPPE, H-J, ERNST, K. (2000): Taschenbuch der Spanplattentechnik, 4. Auflage, DRW-Verlag, Leinfelden- Echterdingen

FOREST PRODUCTS LABORATORY. 2010. Wood handbook - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 508 p. (10 - 11)

- HAVÍŘOVÁ, Z. 2005. Dům ze dřeva. 1. vydání, ERA group, spol. s.r.o., Brno, 99 s.
- HRÁZSKÝ, J. 1993. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. MZLU v Brně
- HRÁZSKÝ, J. KRÁL, P. 1998. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. Cvičení, MZLU v Brně, 134 s.
- HRÁZSKÝ, J. KRÁL, P. 2000. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. 1. vydání, MZLU v Brně, 218 s.
- HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. 2007. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 1.: Aglomerované materiály. 1. vydání, MZLU v Brně, 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3
- HRÁZSKÁ, J.; KRÁL, P. 2005. Vliv rozložení plošné hustoty na fyzikální a mechanické vlastnosti třískových desek. MZLU v Brně, 66 s. ISBN 80-7157-842-8
- HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. 2004. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 1.: Aglomerované materiály. Cvičení, MZLU v Brně, 130 s. ISBN 80-7157-751-0
- HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. 2003. The influence of particle composition in threelayer particleboard on its physical and mechanical properties. Journal of forest science, č. 49, s. 83-93
- IRLE, M., BARBU, M. C. 2010. Wood-Based Panel Technology. Wood-Based Panels. An Introduction for Specialists. Brunel University Press, str. (1-94)
- ISTEK, A.; SIRADAG, H. 2013. The effect of Density on Particleboard Properties, International Caucasian forestry symposium, str. (932-938)
- KELLY, M. W. 1977, Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard, FOREST PRODUCTS LABORATORY, U. S. Government printing office.
- KRÁL, P.; KLÍMEK, P.; MISHRA, P.K.; WIMMER, R.; DĚCKÝ, D. 2015. Specific modulus and density profile as characterization criteria of prefabricated wood composite materials, ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE

MENDELIANAE BRUNENSIS, sv. 63, č. 2, s. 433-438. ISSN 1211-8516. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201563020433>

LIIRI, O. 1969. The Pressure in the Particleboard Production. Holz – Rohwerkst, Vol 27 (10), s. (371 – 378)

MATOVIČ, A. 1993. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva, Brno: VŠZ v Brně, 212 s.

NORTHWOODS, COCKLE PARK, MORPETH, NORTHUMBERLAND, NE61 3EB. August 2008. The potential use of waste wood in then North East as an efficient biomass fuel source. A Report on Behalf of Northwoods: The North East's Woodland Initiative. Dostupné z: http://www.forestry.gov.uk/pdf/The_potential_use_of_waste_wood_in_the_North_East_as_an_efficient_biomass_fuel_source_2008.pdf

ONUORAH, E. O., 2011. The effects of some manufacturing variables on the properties of particleboard. Nigerian Journal of Technology: Vol. 20, No. 1

PLATH, L. SCHNITZLER, E. 1974. The density profile, a criterion for evaluating particleboard. Holz Roh-Werkst. 32(11):443-449.

ROWELL, R M. Handbook of wood chemistry and wood composites. BocaRaton. 2013. ISBN 9781439853818, 9781439853801.

SANTOS, W. L. F.; PARGA DA SILVA, A. J.; CABRAL, A. A.; MERCURY, J. M. R., 2014. Particleboard Manufactured from Tauary (Couratari oblongifolia) Wood Waste Using Castor Oil Based Polyurethane Resin. Materials Research. 2014; 17(3): 657-663. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-14392014005000013> nebo http://www.scielo.br/pdf/mr/v17n3/aop_matres_231413.pdf

SHULER, C.; KELLY R. 1976. Effect of flake geometry on mechanical properties of eastern spruce flake-type particleboard. Forest products journal. č. 6. s. 24 - 27

STEP 1, 1998. Structural Timber Education Programme. Bohumil Koželouh Zlínské tiskárny

STEWART, H. A. LEHMANN, W.F. 1973. High - quality particleboard from cross-frain, knife-planed hardwood flakes. For. Prod. J. 24 (9): 104-106.

ŠTEFKA, V., 2002. Kompozitné drevené materiály – Část II. Technická univerzita vo Zvolene

ŠTEFKA, V. Kompozitné drevené materiály: návody na cvičenia. Technológia aglomerovaných materiálov. Časť II. 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 170 s. ISBN 80-228-0681-1.

U. S. ENBIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2002. chapter 10: Wood Products Industry, Emissions Factors and AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, 6/2002 10.6.2-1

WANG, D.; SUN, X.S., 2002. Low density particleboard from wheat strav and corn pith. INDUSTRIAL CROPS AND PRODUSTRS. 15: 59-65

YANG, T.-H.; LIN, CH.-J.; WANG, S.-Y.; TSAI, M.-J. 2005. Characteristics of particleboard made from recycled wood-waste chips impregnated with phenol formaldehyde resin, Building and Environment 42 (2007) 189-195.

Technické normy:

ČSN EN 309 (490011): třískové desky - Definice a klasifikace. 2005. 8 s.

EN 312: Třískové desky: Požadavky. Evropský výbor pro normalizaci, 2010. 16 s.

ČSN EN 323: Desky z dřeva: Zisťovanie hustoty. Český normalizační institut, 1994. 7 s

EN 310: Desky ze dřeva: Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Praha: Český normalizační institut, 1995. 8 s.

EN 319: Třískové a vláknité desky: Stanovenie pevnosti v ťahu kolmo na rovinu desky. Európska komisia pre normalizáciu, 1993. 9 s.

ČSN EN 317: Třískové a vláknité desky: Stanovení bobtnání po uložení ve vodě. Praha: Český normalizační institut, 1993. 7 s.

ČSN EN 326-1: Desky ze dřeva - odběr vzorků, nařezávání a kontrola - část 1: odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky

ČSN EN 1995-1-1 (731701): Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Internetové zdroje:

GUIDANCE ON SEPARATING WOOD FOR RECYCLING AT SOURCE [online][cit. 2016 - 11] Dostupné z: <http://www.recyclewood.org.uk/>

DEFRA - Department for Environment Food and Rural Affairs, 2012. Wood waste: A short review of recent research - [online][cit. 2016-11-17] Dostupné z: www.defra.gov.uk

EGGER - [online][cit. 2017 – 2] www.egger.com

Seznam obrázků

Obr. 1 – Charakteristiky různých typů sušiček (Deppe, Ernst, 2000).	6
Obr. 2- Schéma síťového třídiče třísek	8
Obr. 3 - Schéma gravimetrické přípravy lepicí směsi (Hrázský, Král, 2007)	9
Obr. 4 - Schéma bubnové nanášedky.....	10
Obr. 5 - Schéma lisovacího diagramu pro třískové desky (Štefka, 1997).	12
Obr. 6 - příklad ochlazování (hvězdicového)(Irle, Barbu, 2010).	14
Obr. 7 - Příklad nářezového plánu pro výběr vzorků.	15
Obr. 8 – Vztah mezi hustotou suroviny v kg/m^3 a pevnosti v ohybu u dřevotřískových desek v MPa (Irle, Barbu, 2010; Rowell 2013).	17
Obr. 9 - Graf ukazující vliv teploty lisování při 90, 110 a 130 °C na konečnou hustotu desky Santos a kol. (2014).	18
Obr. 10 - Závislost rozlupčivosti na plošné hustotě (Hrázský a Král, 2005)	19
Obr. 11 - Vertikální profil hustoty třívrstvé dřevotřískové desky o tloušťce 0,76 palce tedy 19 mm. (Plath, Schnitzler, 1974).....	20
Obr. 12 – Tloušťkové bobtnání s ohledem na hustotu DTD (Istek a Siradag, 2013).	21
Obr. 13 - Graf od Santos a kol. (2014) ukazující vliv teploty lisování (90, 110 a 130 °C) na tloušťkové bobtnání v %.....	22
Obr. 14 – Vliv hustoty na MOR (Istek a Siradag, 2013).	23
Obr. 15 – Vliv hustoty na MOE (Istek a Siradag, 2013).....	23
Obr. 16 - Dřevní odpad z výroby nábytků v Británii (BFM Ltd, 2003).	28
Obr. 17 - zásoby dřevního odpadu na skládkách (www.egger.com).....	29

Obr. 18 - Štěpka z recyklovaného materiálu	33
Obr. 19 - Laboratorní mlýn.....	34
Obr. 20 - Graf frakční analýzy 100 g povrchových třísek.....	35
Obr. 21 - Graf frakční analýzy 100 g středových třísek.	37
Obr. 22 - Analyzátor vlhkosti Radwag MAC210.....	39
Obr. 23 - SANYO program oven MOV-212P.....	40
Obr. 24 – Lopatkový míchací stroj s lopatkami	41
Obr. 25 – Naformovaný koberec	42
Obr. 26 – Lis HL 400 strozatech mendelu v Útěchově	43
Obr. 27 - Pořezové schéma.....	44
Obr. 28 - Příklad nářezového plánu v mm (EN 326 - 1)	45
Obr. 29 - Měření rozměrů zkušebních těles (EN 325)	46
Obr. 30 - Princip ohybové zkoušky	48
Obr. 31 - Zatěžovací křivka v oblasti pružné deformace (EN 310)	49
Obr. 32 - Stroj ZWICK Z050 pro testování ohybu.....	50
Obr. 33 - Stroj ZWICK Z050	51
Obr. 34 - Vzorek po testování	51
Obr. 35 - ANOVA test pro hustotu desek	56
Obr. 36 - Scheffeho test pro hustotu.....	56
Obr. 37 - Krabicový graf pro hustotu desek	57
Obr. 38 - ANOVA test pro plošnou hustotu.....	60

Obr. 39 - Scheffeho test pro plošnou hustotu	60
Obr. 40 - Krabicový graf pro plošnou hustotu desek	61
Obr. 41 - ANOVA test pro tloušťkové bobtnání po 24 hod.	64
Obr. 42 - Scheffeho test pro tloušťkové bobtnání po 24 hod.	64
Obr. 43 - Krabicový graf pro bobtnání po 24 hod.	65
Obr. 44 - Graf ANOVA pro MOR v závislosti na rozdílných deskách.....	70
Obr. 45 - Scheffeho test pro MOR	70
Obr. 46 - Krabicový graf pro MOR.....	71
Obr. 47 - Graf ANOVA pro MOE.....	72
Obr. 48 - Scheffeho test pro MOE.....	73
Obr. 49 - Krabicový graf pro MOE	73
Obr. 50- ANOVA test pro vlhkost desek	76
Obr. 51 - Krabicový graf pro vlhkost desek	76
Obr. 52 - ANOVA pro rozlupčivost desek	79
Obr. 53 - Krabicový graf pro rozlupčivost	79

Seznam tabulek

Tab. 1 - WRA (The Wood Recyclers Associations) - asociace recyklovaného dřeva rozděluje dřevní odpad do čtyř hlavních tříd. (DEFRA,2012 - www.defra.gov.uk).....	31
Tab. 2 - Síťová analýza povrchových třísek z recyklovaného dřeva.	36
Tab. 3 - Síťová analýza povrchových třísek z čistého dřeva.	36
Tab. 4 - Síťová analýza středových třísek z recyklovaného dřeva.....	38
Tab. 5 - Síťová analýza středových třísek z čistého dřeva.	38
Tab. 6 - Tabulka ukazuje minimální počet (m) malých zkušebních těles z každé desky pro jednotlivé normy (EN 326 - 1)	45
Tab. 7 - Popisná statistika pro hustoty desek s 10% použitého recyklátu.	54
Tab. 8 - Popisná statistika pro hustoty desek s 30% použitého recyklátu.	54
Tab. 9 - Popisná statistika pro hustoty desek s 60% použitého recyklátu.	54
Tab. 10 - Popisná statistika pro hustoty desek s 90% použitého recyklátu.	55
Tab. 11 - Popisná statistika pro hustoty desek s použitím třísek od firmy Kronospan.	55
Tab. 12 - Popisná statistika pro hustoty broušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	55
Tab. 13 - Popisná statistika pro hustoty nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	55
Tab. 14 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 10ti% použitého recyklátu.	58
Tab. 15 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 30ti% použitého recyklátu.	58
Tab. 16 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 60ti% použitého recyklátu.	58
Tab. 17 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s 90ti% použitého recyklátu.	58

Tab. 18 - Popisná statistika pro plošnou hustotu desek s použitím třísek od firmy Kronospan.....	59
Tab. 19 - Popisná statistika pro plošnou hustotu broušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	59
Tab. 20 - Popisná statistika pro plošnou hustotu nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	59
Tab. 21 - Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 10ti% použitého recyklátu.	62
Tab. 22- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 30ti% použitého recyklátu.	62
Tab. 23- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 60ti% použitého recyklátu.	62
Tab. 24- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s 90ti% použitého recyklátu.	62
Tab. 25- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s použitím třísek od firmy Kronospan.....	63
Tab. 26- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s broušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	63
Tab. 27- Popisná statistika pro bobtnání po 24 h. desek s nebroušených referenčních desek od firmy Kronospan.....	63
Tab. 28 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 10ti% použitého recyklátu v příčném směru.	66
Tab. 29 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 10ti% použitého recyklátu v podélném směru.....	66
Tab. 30 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 30ti% použitého recyklátu v příčném směru.	66
Tab. 31 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 30ti% použitého recyklátu v podélném směru.....	67

Tab. 32 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 60ti% použitého recyklátu v příčném směru.	67
Tab. 33 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 60ti% použitého recyklátu v podélném směru.....	67
Tab. 34 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 90ti% použitého recyklátu v příčném směru.	67
Tab. 35 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s 90ti% použitého recyklátu v podélném směru.....	68
Tab. 36 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s použitím třísek od firmy Kronospan v příčném směru.....	68
Tab. 37 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti desek s použitím třísek od firmy Kronospan v podélném směru.	68
Tab. 38 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních broušených desek v příčném směru.	68
Tab. 39 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních broušených desek v podélném směru.....	69
Tab. 40 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních nebroušených desek v příčném směru.	69
Tab. 41 - Popisná statistika pro ohybové vlastnosti referenčních nebroušených desek v podélném směru.....	69
Tab. 42 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 10ti% použitého recyklátu.....	74
Tab. 43 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 30ti% použitého recyklátu.....	74
Tab. 44 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 60ti% použitého recyklátu.....	74
Tab. 45 - Popisná statistika pro vlhkost desek s 90ti% použitého recyklátu.....	74
Tab. 46 - Popisná statistika pro vlhkost desek vyrobených z Kronospan třísek.	75

Tab. 47 - Popisná statistika pro vlhkost referenčních, broušených desek.	75
Tab. 48 - Popisná statistika pro vlhkost referenčních, nebroušených desek.	75
Tab. 49 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 10ti% použitého recyklátu.	77
Tab. 50 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 30ti% použitého recyklátu.	77
Tab. 51 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 60ti% použitého recyklátu.	77
Tab. 52 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek s 90ti% použitého recyklátu.	77
Tab. 53 - Popisná statistika pro rozlupčivost desek vyrobených z Kronospan třísek.	78
Tab. 54 - Popisná statistika pro rozlupčivost referenčních nebroušených desek.	78
Tab. 55 - Popisná statistika pro rozlupčivost referenčních broušených desek.	78
Tab. 56 - Navážky pro variantu A.	104
Tab. 57- Navážky pro variantu B.	105
Tab. 58 - Navážky pro variantu C.	106
Tab. 59 - Navážky pro variantu D.	107

Seznam příloh

Příloha A - Výpočet navážek surovin.....	100
Příloha B - Navážky pro jednotlivé varianty desek.....	104
Příloha C - Hustota	108
Příloha D - plošná hustota	114
Příloha E - bobtnání po 24 hod.....	120
Příloha F - ohybové vlastnosti	126
Příloha G - vlhkost.....	133
Příloha H - Rozlupčivost	136
Příloha I - Technické listy	138

Příloha A - Výpočet navážek surovin

Výpočet navážek surovin na výrobu TD. Má být vyrobeno 8 třívrstevných desek za podmíněk:

Hustota	600 kg/m ³
Rozměr desky	60 × 60 cm
Tloušťka desky	12 mm
Lepidlo povrchové sušina na a.s. třísky	69 %
Lepidlo středové sušina	69 %
Nános lepidla na povrchové třísky	10 %
Nános lepidla na středové třísky	8 %
Výtah technických listů je v příloze CH	
Tvrdidlo	69 %
Nános tvrdidla	1 % lepidla
Vlhkost vysušených třísek	4%
Vlhkost TD po klimatizaci na SVR	8%
Rozdělení na vrstvy	PV:SV = 1:2

a) Výpočet objemu desky (Vd)

Objem desky se vypočítá pomocí vzorce viz níže, kde A je tloušťka desky, B je šířka desky a C délka desky.

$$Vd = A \cdot B \cdot C [m^3]$$

b) Výpočet hmotnosti částic v desce (Msum)

Celková hmotnost částic v desce se vypočítá jako plánovaná objemová hmotnost desky krát vypočítaný objem desky.

$$M_{sum} = \rho \cdot Vd [kg]$$

Výsledek vyjadřuje hmotnostní zastoupení částic v desce (třísek, lepidla, aditiv) při specifikované vlhkosti a bez rozlišení vrstev desky. Tento výsledek je základem, od kterého se postupně odečítají jednotlivé složky, a také se specifikuje rozdělení na vrstvy.

c) Výpočet částic při odečtu SVR vlhkosti (Msvrminus)

Částice musí být vypočítány při odečtení vlhkost TF po klimatizaci na stav vlhkostní rovnováhy – vyrovnání vlhkosti s okolním prostředím. Do vzorce bude použita získaná hmotnost částic v desce a 8% vlhkost TD po klimatizaci na SVR.

$$M_{svrminus} = \frac{M_{sum} \cdot 100}{100 + SVR} [kg]$$

Hmotnost vyjadřuje hmotnost lepidla, třísek, parafinové emulze a tvrdidla po odpočtu vlhkosti 8 %.

Po tomto výpočtu se rozděluje na vrstvy – středovou a povrchovou v poměru 2:1.

d) Výpočet hmotnosti třísek povrchových (Mpovrch) a středových (Mstřed)

Nejdříve se bude počítat hmotnost povrchových třísek. Pro tento výpočet je potřeba vzít hmotnost částic při odečtu SVR a poměr středové a povrchové vrstvy.

$$M_{povrch} = \frac{M_{svrminus}}{\sum poměr} \cdot poměr povrchová vrstva [kg]$$

Nyní se stejně spočítá hmotnost třísek pro středovou vrstvu.

$$M_{střed} = \frac{M_{svrminus}}{\sum poměr} \cdot poměr středová vrstva [kg]$$

e) Výpočet absolutně suchých třísek bez ostatních látek, opět pro povrchovou vrstvu (a.s.povrch) a pro středové třísky (a.s.střed)

Pro výpočet je potřeba znát hmotnost třísek středových (Mstřed) i povrchových (Mpovrch). Také Procentuální zastoupení nánosu lepidla na povrchových třískách (leppovrch) a na středových třískách (lepstřed)

$$a.s.povrch = \frac{M_{povrch} \cdot 100}{100 + leppovrch} [kg]$$

Tento výpočet se provede i pro středové třísky.

$$a. s. střed = \frac{M_{střed} \cdot 100}{100 + lep_{střed}} [kg]$$

Výpočet absolutně suchých třísek po odečtení nánosu aditiv a nánosu lepidla pro jednotlivé vrstvy z hmotnosti třísek povrchových a středových. Tento výsledek je potřebný ke zjištění hmotností třísek, které musí mít určitou vlhkost. Rovněž jsou k tomuto výsledku vztaženy hodnoty nánosů lepidla a aditiva.

f) Výpočet potřebného množství třísek s určitou vlhkostí

Na tento výpočet je nutno znát hmotnost absolutně suchých třísek z předešlého výpočtu a také vlhkost třísek, což je u zadání stejný jak pro povrchové i pro středové třísky 4%.

Výpočet pro povrchovou vrstvu:

$$M_{třísky\ povrch} = \frac{a. s. povrch}{100} \cdot (4 + 100) [kg]$$

Výpočet pro středovou vrstvu:

$$M_{třísky\ střed} = \frac{a. s. střed}{100} \cdot (4 + 100) [kg]$$

g) Hmotnost lepidla o specifické sušině

Zde je nejlepší udělat mezivýpočty, kde se bude brát sušinu o koncentraci 100% a nános lepidla na jednotlivých vrstvách v % a poté se z toho vypočítá hmotnost lepidla o sušině, která je zadána, což je 55%.

Pro povrchovou:

$$M_{subleppovrch} = \frac{\%lep_{povrch}}{100} \cdot a. s. povrch [kg]$$

$$M_{leppovrch} = \frac{M_{subleppovrch} \cdot 100}{\%sušlep} [kg]$$

Pro středovou:

$$M_{sublepstř} = \frac{\%lep_{stř}}{100} \cdot a. s. střed [kg]$$

$$M_{lepstř} = \frac{M_{sublepstř} \cdot 100}{\%sušlep} [kg]$$

h) Hmotnost aditiva o specifické sušině

Zde se opět provedou mezivýpočty:

$$M_{subaddpovrc h} = \frac{\%add}{100} \cdot a. s. porch [kg]$$

$$M_{addpovrc h} = \frac{M_{subaddpovrc h} \cdot 100}{\%sušadd} [kg]$$

Pro středovou vrstvu:

$$M_{subaddstř} = \frac{\%add}{100} \cdot a. s. stř [kg]$$

$$M_{addstř} = \frac{M_{subaddstř} \cdot 100}{\%sušadd} [kg]$$

Výpočty ukazují hmotnost aditiva, například parafinová emulze, nebo jiné látky na bázi roztoku, pro jednotlivé vrstvy.

i) Hmotnost tvrdidla o spec. Sušině

Opět se použijí mezivýpočty, nános tvrdidla (8%), hmotnost lepidla o specifické sušině (55%) a množství sušiny tvrdidlo NH₄Cl (%suštvrd).

$$M_{subtvrdpovrc h} = \frac{\%tvrd}{100} \cdot M_{leppovrc h} [kg]$$

$$M_{tvrdpovrc h} = \frac{M_{subtvrdpovrc h} \cdot 100}{\%suštvrd} [kg]$$

Pro středovou vrstvu:

$$M_{subtvrdstř} = \frac{\%tvrd}{100} \cdot M_{lepstř} [kg]$$

$$M_{tvrdstř} = \frac{M_{subtvrdstř} \cdot 100}{\%suštvrd} [kg]$$

Hmotnost tvrdidla je poslední potřebná vypočítaná hmotnost na výrobu jedné desky.

Příloha B - Navážky pro jednotlivé varianty desek

Varianta A - 10 % střed			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 90%	1386,666667	3050,666667	1525,333333
recyklát 10%	154,0740741	338,962963	169,4814815
lepidlo	171,7659689	377,8851315	188,9425658
tvrdidlo	2,489361868	5,476596109	2,738298054
Navážka nanesených třísek	1714,996071	3772,991357	1886,495679
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	1370,853526		
Varianta A - 10 % povrch			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 90%	680,7272727	1497,6	748,8
recyklát 10%	75,63636364	166,4	83,2
lepidlo	105,4018445	231,884058	115,942029
tvrdidlo	1,527562964	3,360638521	1,680319261
Navážka nanesených třísek	863,2930439	1899,244696	949,6223482
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	690,0589064		

Tab. 56 - Navážky pro variantu A.

Je zde vidět jednotlivé množství potřebných surovin v g, v druhém sloupci pro jednu desku bez připočtených ztrát, ve třetím pro obě desky i s 10 % ztrát a v posledním pro jednu desku se ztrátami - podle tohoto sloupce se odvažoval materiál před mísením materiálu. Poslední řádek ukazuje váhu směsi, která se má vkládat do lisu. Tabulka je rozdělena na 2 části, vrchní je pro středovou vrstvu a spodní pro povrchové vrstvy desky, ta se poté rozděluje na 2, na spodní a horní povrch.

Varianta B - 30 % střed			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 + 10%
štěpky 70%	1078,518519	2372,740741	1186,37037
recyklát 30%	462,2222222	1016,888889	508,4444444
lepidlo	171,7659689	377,8851315	188,9425658
tvrdidlo	2,489361868	5,476596109	2,738298054
Navážka nanesených třísek	1714,996071	3772,991357	1886,495679
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	1370,853526		
Varianta B - 30 % povrch			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks +10=%
štěpky 70%	529,4545455	1164,8	582,4
recyklát 30%	226,9090909	499,2	249,6
lepidlo	105,4018445	231,884058	115,942029
tvrdidlo	1,527562964	3,360638521	1,680319261
Navážka nanesených třísek	863,2930439	1899,244696	949,6223482
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	690,0589064		

Tab. 57- Navážky pro variantu B.

Varianta C - 60 % střed			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 40%	616,2962963	1355,851852	677,9259259
recyklát 60%	924,4444444	2033,777778	1016,888889
lepidlo	171,7659689	377,8851315	188,9425658
tvrdidlo	2,489361868	5,476596109	2,738298054
Navážka nanesených třísek	1714,996071	3772,991357	1886,495679
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	1370,853526		
Varianta C - 60 % povrch			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 40%	302,5454545	665,6	332,8
recyklát 60%	453,8181818	998,4	499,2
lepidlo	105,4018445	231,884058	115,942029
tvrdidlo	1,527562964	3,360638521	1,680319261
Navážka nanesených třísek	863,2930439	1899,244696	949,6223482
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	690,0589064		

Tab. 58 - Navážky pro variantu C

Varianta D - 90 % střed			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 10%	154,0740741	338,962963	169,4814815
recyklát 90%	1386,666667	3050,666667	1525,333333
lepidlo	171,7659689	377,8851315	188,9425658
tvrdidlo	2,489361868	5,476596109	2,738298054
Navážka nanesených třísek	1714,996071	3772,991357	1886,495679
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	1370,853526		
Varianta D - 90 % povrch			
Surovina	Hmotnost použitých surovin v g	Hmotnost na 2 ks +10% ztráty	na 1 ks + 10 %
štěpky 10%	75,63636364	166,4	83,2
recyklát 90%	680,7272727	1497,6	748,8
lepidlo	105,4018445	231,884058	115,942029
tvrdidlo	1,527562964	3,360638521	1,680319261
Navážka nanesených třísek	863,2930439	1899,244696	949,6223482
Navážka nanesených třísek + 3 %přídavek na roztlačení lisu	690,0589064		

Tab. 59 - Navážky pro variantu D

Příloha C - Hustota

Výsledky pro hustotu všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, první šířka vzorku, druhá šířka vzorku v mm, průměrná tloušťka vzorku v mm, vypočtený objem v mm³, hmotnost v g a vypočtená hustota v kg/m³. Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

č. vzorku	A - 10%					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
2,1	50,27	50,69	11,94	30425,34	18,293	601,24
2,2	50,31	50,47	12,28	31180,71	16,156	518,14
6,1	50,24	50,37	12,00	30367,07	17,204	566,53
6,2	50,35	50,34	12,14	30770,27	17,591	571,69
10,1	50,50	50,37	12,08	30727,71	17,409	566,56
10,2	50,36	50,59	12,20	31082,09	15,555	500,45
14,1	50,35	50,73	12,06	30804,32	16,408	532,65
14,2	50,32	50,75	12,11	30925,79	18,180	587,86
18,1	50,38	50,28	12,06	30549,26	18,090	592,16
18,2	50,39	50,53	12,05	30681,79	17,343	565,25
26, 1	50,22	50,35	12,16	30747,50	19,716	641,22
26, 2	50,47	50,38	12,28	31224,09	17,306	554,25
33, 1	50,40	50,71	12,33	31512,82	19,223	610,01
33, 2	50,43	50,19	12,29	31106,99	19,993	642,72
30, 1	50,33	50,56	11,80	30027,28	20,807	692,94
30, 2	50,24	50,41	12,12	30695,09	18,861	614,46
37,1	50,29	50,50	12,08	30678,91	19,113	623,00
37,2	50,30	50,90	12,08	30928,06	22,350	722,64
35, 1	50,46	50,47	12,10	30815,27	19,235	624,20
35, 2	50,48	50,52	12,25	31240,56	21,477	687,47
x	50,35	50,51	12,12	30824,55	18,516	600,77
min	50,22	50,19	11,80	30027,28	15,555	500,45
max	50,50	50,90	12,33	31512,82	22,350	722,64
s	0,08	0,18	0,13	344,70	1,771	58,02
v [%]	0,17	0,36	1,06	1,12	9,565	9,66

č.	B - 30%
----	---------

vzorku	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
2,1	50,25	50,65	12,27	31229,14	18,677	598,06
2,2	50,25	50,35	11,78	29804,43	17,663	592,63
6,1	50,18	50,39	12,19	30823,27	16,388	531,68
6,2	50,32	50,17	11,80	29789,74	16,661	559,29
10,1	50,64	50,42	12,15	31022,22	17,755	572,33
10,2	50,33	50,44	12,22	31022,24	16,436	529,81
14,1	50,46	50,40	11,97	30441,91	18,145	596,05
14,2	50,31	50,23	12,14	30678,65	16,970	553,15
18,1	50,62	50,33	12,08	30776,27	18,983	616,81
18,2	50,80	50,34	12,11	30968,56	17,701	571,58
26, 1	50,74	50,21	12,08	30775,68	18,308	594,89
26, 2	50,38	50,57	12,17	31005,71	18,503	596,76
33, 1	50,40	50,85	12,32	31574,19	20,137	637,77
33, 2	50,47	50,07	12,08	30526,56	17,336	567,90
30, 1	50,39	50,33	11,94	30281,38	19,922	657,90
30, 2	50,36	50,33	12,15	30795,62	20,462	664,45
37,1	50,20	50,35	12,07	30507,77	21,234	696,02
37,2	50,33	50,68	11,90	30353,62	17,814	586,88
35, 1	50,79	50,41	12,07	30903,11	19,411	628,12
35, 2	50,70	50,62	12,00	30797,21	20,719	672,76
x	50,45	50,41	12,07	30703,86	18,461	601,24
min	50,18	50,07	11,78	29789,74	16,388	529,81
max	50,80	50,85	12,32	31574,19	21,234	696,02
s	0,20	0,19	0,14	433,08	1,457	46,35
v [%]	0,39	0,37	1,18	1,41	7,893	7,71

č. vzorku	C - 60%					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
2,1	50,23	50,40	11,98	30328,47	18,236	601,28
2,2	50,33	50,51	12,26	31166,98	19,517	626,21
6,1	50,24	50,36	12,52	31676,68	18,920	597,28
6,2	50,19	50,23	11,88	29950,00	18,651	622,74
10,1	50,76	50,42	12,02	30763,02	17,158	557,75
10,2	50,38	50,35	12,54	31809,38	18,002	565,93
14,1	50,44	50,35	12,55	31872,66	16,302	511,47
14,2	50,58	50,35	11,99	30534,97	17,459	571,77
18,1	50,88	50,21	12,41	31703,64	17,432	549,84
18,2	50,71	50,30	11,80	30098,41	18,061	600,06
26, 1	50,39	50,43	11,88	30189,07	20,891	692,01
26, 2	50,48	50,40	12,39	31522,54	16,328	517,98
33, 1	50,28	50,41	12,09	30643,49	18,963	618,83
33, 2	50,41	50,93	12,37	31758,51	18,402	579,44
30, 1	50,47	50,27	11,94	30293,30	20,231	667,84
30, 2	50,44	50,34	12,46	31637,80	19,360	611,93
37,1	50,67	50,56	12,37	31690,40	18,002	568,06
37,2	50,42	50,39	11,90	30233,90	19,804	655,03
35, 1	50,50	50,51	11,93	30430,51	20,413	670,81
35, 2	50,43	50,47	12,16	30949,66	19,675	635,71
x	50,46	50,41	12,17	30962,67	18,590	601,10
min	50,19	50,21	11,80	29950,00	16,302	511,47
max	50,88	50,93	12,55	31872,66	20,891	692,01
s	0,18	0,15	0,26	685,88	1,294	49,38
v [%]	0,36	0,30	2,12	2,22	6,961	8,22

č. vzorku	D - 90%					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
2,1	50,23	50,44	12,10	30656,57	16,395	534,80
2,2	50,18	50,57	11,85	30070,59	20,058	667,03
6,1	50,22	50,25	12,13	30610,72	18,829	615,11
6,2	50,26	50,39	11,92	30188,61	16,414	543,72
10,1	50,55	50,47	12,21	31150,87	18,023	578,57
10,2	50,44	50,55	11,95	30469,42	16,156	530,24
14,1	50,59	50,34	11,84	30152,94	18,174	602,73
14,2	50,73	50,81	12,09	31163,08	18,305	587,39
18,1	50,91	50,31	11,89	30453,64	17,862	586,53
18,2	50,28	50,43	12,02	30478,16	19,649	644,69
26, 1	50,50	50,21	11,83	29996,21	20,600	686,75
26, 2	50,24	50,30	11,95	30198,51	17,472	578,57
33, 1	50,66	50,41	12,09	30875,09	16,946	548,86
33, 2	50,64	50,34	12,04	30692,58	19,560	637,29
30, 1	50,40	50,38	12,00	30469,82	20,103	659,77
30, 2	50,71	50,36	11,84	30236,47	16,535	546,86
37,1	50,41	50,28	11,88	30111,22	17,973	596,89
37,2	50,31	50,29	12,02	30411,68	19,178	630,61
35, 1	50,04	50,43	11,78	29727,03	16,533	556,16
35, 2	50,48	50,42	11,80	30033,38	20,197	672,49
x	50,44	50,40	11,96	30407,33	18,248	600,25
min	50,04	50,21	11,78	29727,03	16,156	530,24
max	50,91	50,81	12,21	31163,08	20,600	686,75
s	0,22	0,13	0,12	377,02	1,461	49,38
v [%]	0,44	0,27	1,03	1,24	8,007	8,23

č. vzorku	Kontrolní Kronospan (vyrobený)					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
2,1	50,23	50,72	12,09	30801,28	18,485	600,14
2,2	50,51	50,35	12,52	31840,59	18,574	583,34
6,1	50,38	50,24	12,31	31157,73	16,802	539,26
6,2	50,28	50,24	11,97	30237,02	17,833	589,77
10,1	50,86	50,38	12,66	32439,06	16,618	512,28
10,2	50,26	50,52	12,19	30952,06	18,192	587,75
14,1	50,25	50,61	12,17	30950,17	19,106	617,31
14,2	50,38	50,51	12,53	31885,01	18,809	589,90
18,1	50,59	50,31	12,24	31153,04	19,613	629,57
18,2	50,31	50,50	12,53	31834,41	19,648	617,19
26, 1	50,34	50,45	12,48	31694,87	18,230	575,17
26, 2	50,42	50,84	12,28	31477,97	19,784	628,50
33, 1	50,41	50,51	12,26	31216,52	19,617	628,42
33, 2	50,49	50,31	12,29	31218,47	20,362	652,24
30, 1	50,55	50,56	12,36	31589,79	22,077	698,87
30, 2	50,39	50,49	12,35	31420,76	20,973	667,49
37,1	50,33	50,44	11,95	30336,81	21,035	693,38
37,2	50,49	50,64	12,24	31295,40	19,521	623,77
35, 1	50,46	50,55	12,34	31476,29	19,704	625,99
35, 2	50,23	50,54	12,32	31275,85	19,778	632,37
x	50,41	50,49	12,30	31312,65	19,238	614,64
min	50,23	50,24	11,95	30237,02	16,618	512,28
max	50,86	50,84	12,66	32439,06	22,077	698,87
s	0,15	0,15	0,18	519,99	1,357	45,60
v [%]	0,30	0,30	1,49	1,66	7,054	7,42

č. vzorku	Kronospan referenční - broušené					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
1	50,33	50,46	11,95	30348,84	19,619	646,45
2	50,55	50,35	11,94	30389,60	19,470	640,68
3	50,30	50,32	11,89	30094,73	20,408	678,13
4	50,66	50,46	11,93	30496,70	20,118	659,68
5	50,61	50,40	11,92	30404,87	19,644	646,08
6	50,51	50,29	11,96	30380,17	20,154	663,39
7	50,87	50,45	11,94	30642,71	19,764	644,98
8	50,32	50,34	11,90	30143,99	20,364	675,56
9	50,38	50,24	11,93	30195,92	19,135	633,69
10	50,29	50,38	11,95	30276,64	20,011	660,94
11	50,34	50,47	11,92	30284,66	19,664	649,31
12	50,41	50,37	11,94	30317,47	19,631	647,51
x	50,46	50,38	11,93	30331,36	19,83	653,87
min	50,29	50,24	11,89	30094,73	19,14	633,69
max	50,87	50,47	11,96	30642,71	20,41	678,13
s	0,18	0,07	0,02	150,93	0,38	13,72
v [%]	0,36	0,15	0,17	0,50	1,925	2,10

č. vzorku	Kronospan referenční - nebroušené					
	a [mm]	b [mm]	t pr. [mm]	V [mm ³]	m [g]	hustota [kg/m ³]
1	50,38	50,37	12,22	31009,97	21,130	681,39
2	50,54	50,41	12,23	31158,63	21,440	688,09
3	50,49	50,60	12,21	31194,03	20,900	670,00
4	50,40	50,52	12,20	31063,74	20,560	661,86
5	50,44	50,39	12,23	31084,64	20,790	668,82
6	50,60	50,47	12,21	31181,68	21,140	677,96
7	50,22	50,41	12,18	30834,77	20,950	679,43
8	50,41	50,32	12,20	30946,90	20,560	664,36
9	50,31	50,49	12,22	31040,66	21,270	685,23
10	50,24	50,36	12,18	30816,45	21,570	699,95
11	50,55	50,44	12,20	31106,85	21,680	696,95
12	50,46	50,42	12,19	31013,72	21,510	693,56
x	50,42	50,43	12,21	31037,67	21,13	680,64
min	50,22	50,32	12,18	30816,45	20,56	661,86
max	50,60	50,60	12,23	31194,03	21,68	699,95
s	0,12	0,08	0,02	123,28	0,38	12,66
v [%]	0,24	0,15	0,14	0,40	1,809	1,86

Příloha D - plošná hustota

Výsledky pro hustotu všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, první šířka vzorku, druhá šířka vzorku v mm, průměrná tloušťka vzorku v mm, vypočtený plocha vzorku v mm², hmotnost v g a vypočtená plošná hustota v kg/m². Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

č. vzorku	A - 10%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
2,1	50,27	50,69	2548,186	18,293	7,178831
2,2	50,31	50,47	2539,146	16,156	6,36277
6,1	50,24	50,37	2530,589	17,204	6,798418
6,2	50,35	50,34	2534,619	17,591	6,940294
10,1	50,50	50,37	2543,685	17,409	6,844008
10,2	50,36	50,59	2547,712	15,555	6,105477
14,1	50,35	50,73	2554,256	16,408	6,42379
14,2	50,32	50,75	2553,74	18,180	7,118971
18,1	50,38	50,28	2533,106	18,090	7,141429
18,2	50,39	50,53	2546,207	17,343	6,811309
26, 1	50,22	50,35	2528,577	19,716	7,797271
26, 2	50,47	50,38	2542,679	17,306	6,806208
33, 1	50,40	50,71	2555,784	19,223	7,521371
33, 2	50,43	50,19	2531,082	19,993	7,898994
30, 1	50,33	50,56	2544,685	20,807	8,176651
30, 2	50,24	50,41	2532,598	18,861	7,447292
37,1	50,29	50,50	2539,645	19,113	7,525855
37,2	50,30	50,90	2560,27	22,350	8,729548
35, 1	50,46	50,47	2546,716	19,235	7,552864
35, 2	50,48	50,52	2550,25	21,477	8,421529
x	50,35	50,51	2543,18	18,52	7,28
min	50,22	50,19	2528,58	15,56	6,11
max	50,50	50,90	2560,27	22,35	8,73
s	0,083822	0,180452	9,287216	1,77106657	0,690955
v [%]	0,166463	0,357292	0,365182	9,56531862	9,490958

č. vzorku	B - 30%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
2,1	50,25	50,65	2545,163	18,677	7,338235
2,2	50,25	50,35	2530,088	17,663	6,981181
6,1	50,18	50,39	2528,57	16,388	6,481133
6,2	50,32	50,17	2524,554	16,661	6,599581
10,1	50,64	50,42	2553,269	17,755	6,953831
10,2	50,33	50,44	2538,645	16,436	6,474319
14,1	50,46	50,40	2543,184	18,145	7,134757
14,2	50,31	50,23	2527,071	16,970	6,715283
18,1	50,62	50,33	2547,705	18,983	7,451021
18,2	50,80	50,34	2557,272	17,701	6,921829
26, 1	50,74	50,21	2547,655	18,308	7,186215
26, 2	50,38	50,57	2547,717	18,503	7,262582
33, 1	50,40	50,85	2562,84	20,137	7,857299
33, 2	50,47	50,07	2527,033	17,336	6,860219
30, 1	50,39	50,33	2536,129	19,922	7,85528
30, 2	50,36	50,33	2534,619	20,462	8,073009
37,1	50,20	50,35	2527,57	21,234	8,400954
37,2	50,33	50,68	2550,724	17,814	6,983898
35, 1	50,79	50,41	2560,324	19,411	7,581463
35, 2	50,70	50,62	2566,434	20,719	8,073069
x	50,45	50,41	2542,83	18,46	7,26
min	50,18	50,07	2524,55	16,39	6,47
max	50,80	50,85	2566,43	21,23	8,40
s	0,198637	0,188068	13,13942	1,457113	0,561048
v [%]	0,393763	0,373098	0,516725	7,892817	7,72873

č. vzorku	C - 60%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
2,1	50,23	50,40	2531,592	18,236	7,203372
2,2	50,33	50,51	2542,168	19,517	7,677304
6,1	50,24	50,36	2530,086	18,920	7,478005
6,2	50,19	50,23	2521,044	18,651	7,398126
10,1	50,76	50,42	2559,319	17,158	6,704127
10,2	50,38	50,35	2536,633	18,002	7,096809
14,1	50,44	50,35	2539,654	16,302	6,418985
14,2	50,58	50,35	2546,703	17,459	6,85553
18,1	50,88	50,21	2554,685	17,432	6,823542
18,2	50,71	50,30	2550,713	18,061	7,080765
26, 1	50,39	50,43	2541,168	20,891	8,221024
26, 2	50,48	50,40	2544,192	16,328	6,417755
33, 1	50,28	50,41	2534,615	18,963	7,48161
33, 2	50,41	50,93	2567,381	18,402	7,167615
30, 1	50,47	50,27	2537,127	20,231	7,97398
30, 2	50,44	50,34	2539,15	19,360	7,6246
37,1	50,67	50,56	2561,875	18,002	7,026884
37,2	50,42	50,39	2540,664	19,804	7,794813
35, 1	50,50	50,51	2550,755	20,413	8,002729
35, 2	50,43	50,47	2545,202	19,675	7,730231
x	50,46	50,41	2543,74	18,59	7,31
min	50,19	50,21	2521,04	16,30	6,42
max	50,88	50,93	2567,38	20,89	8,22
s	0,182101	0,152159	11,3374	1,294119	0,516655
v [%]	0,360871	0,301846	0,445699	6,961241	7,068861

č. vzorku	D - 90%				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
2,1	50,23	50,44	2533,601	16,395	6,471026
2,2	50,18	50,57	2537,603	20,058	7,904311
6,1	50,22	50,25	2523,555	18,829	7,4613
6,2	50,26	50,39	2532,601	16,414	6,481083
10,1	50,55	50,47	2551,259	18,023	7,064357
10,2	50,44	50,55	2549,742	16,156	6,336327
14,1	50,59	50,34	2546,701	18,174	7,136292
14,2	50,73	50,81	2577,591	18,305	7,101591
18,1	50,91	50,31	2561,282	17,862	6,973851
18,2	50,28	50,43	2535,62	19,649	7,749188
26, 1	50,50	50,21	2535,605	20,600	8,124294
26, 2	50,24	50,30	2527,072	17,472	6,91393
33, 1	50,66	50,41	2553,771	16,946	6,635678
33, 2	50,64	50,34	2549,218	19,560	7,672942
30, 1	50,40	50,38	2539,152	20,103	7,91721
30, 2	50,71	50,36	2553,756	16,535	6,474778
37,1	50,41	50,28	2534,615	17,973	7,091018
37,2	50,31	50,29	2530,09	19,178	7,579968
35, 1	50,04	50,43	2523,517	16,533	6,55157
35, 2	50,48	50,42	2545,202	20,197	7,935324
x	50,44	50,40	2542,08	18,25	7,18
min	50,04	50,21	2523,52	16,16	6,34
max	50,91	50,81	2577,59	20,60	8,12
s	0,22285	0,133925	13,60001	1,46116	0,57904
v [%]	0,441821	0,265729	0,534996	8,007192	8,065966

č. vzorku	Kontrolní Kronospan				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
2,1	50,23	50,72	2547,666	18,485	7,255662
2,2	50,51	50,35	2543,179	18,574	7,303459
6,1	50,38	50,24	2531,091	16,802	6,638244
6,2	50,28	50,24	2526,067	17,833	7,05959
10,1	50,86	50,38	2562,327	16,618	6,485512
10,2	50,26	50,52	2539,135	18,192	7,164644
14,1	50,25	50,61	2543,153	19,106	7,512723
14,2	50,38	50,51	2544,694	18,809	7,391459
18,1	50,59	50,31	2545,183	19,613	7,70593
18,2	50,31	50,50	2540,655	19,648	7,733439
26, 1	50,34	50,45	2539,653	18,230	7,178146
26, 2	50,42	50,84	2563,353	19,784	7,718017
33, 1	50,41	50,51	2546,209	19,617	7,704395
33, 2	50,49	50,31	2540,152	20,362	8,016056
30, 1	50,55	50,56	2555,808	22,077	8,637973
30, 2	50,39	50,49	2544,191	20,973	8,243485
37,1	50,33	50,44	2538,645	21,035	8,285916
37,2	50,49	50,64	2556,814	19,521	7,634894
35, 1	50,46	50,55	2550,753	19,704	7,724778
35, 2	50,23	50,54	2538,624	19,778	7,790834
x	50,41	50,49	2544,87	19,24	7,56
min	50,23	50,24	2526,07	16,62	6,49
max	50,86	50,84	2563,35	22,08	8,64
s	0,150983	0,1539472	9,404793	1,357128	0,527811
v [%]	0,299521	0,3049335	0,369559	7,054395	6,982317

č. vzorku	Referenční Kronospan, Broušený				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
1	50,33	50,46	2539,6518	19,619	7,725075
2	50,55	50,35	2545,1925	19,470	7,649716
3	50,30	50,32	2531,096	20,408	8,06291
4	50,66	50,46	2556,3036	20,118	7,869957
5	50,61	50,40	2550,744	19,644	7,701282
6	50,51	50,29	2540,1479	20,154	7,934184
7	50,87	50,45	2566,3915	19,764	7,701085
8	50,32	50,34	2533,1088	20,364	8,039134
9	50,38	50,24	2531,0912	19,135	7,55998
10	50,29	50,38	2533,6102	20,011	7,898216
11	50,34	50,47	2540,6598	19,664	7,739722
12	50,41	50,37	2539,1517	19,631	7,731322
x	50,46	50,38	2542,26	19,83	7,80
min	50,29	50,24	2531,09	19,14	7,56
max	50,87	50,47	2566,39	20,41	8,06
s	0,17972	0,07387	10,835783	0,381759	0,157401
v [%]	0,356134	0,146633	0,426226	1,924979	2,017694

č. vzorku	Referenční Kronospan, Nebroušený				
	a [mm]	b [mm]	S [mm ²]	m [g]	pl. Hust. [kg/m ²]
1	50,38	50,37	2537,641	21,130	8,326632
2	50,54	50,41	2547,721	21,440	8,415363
3	50,49	50,60	2554,794	20,900	8,180699
4	50,40	50,52	2546,208	20,560	8,074753
5	50,44	50,39	2541,672	20,790	8,179656
6	50,60	50,47	2553,782	21,140	8,277919
7	50,22	50,41	2531,59	20,950	8,275431
8	50,41	50,32	2536,631	20,560	8,105238
9	50,31	50,49	2540,152	21,270	8,373515
10	50,24	50,36	2530,086	21,570	8,525401
11	50,55	50,44	2549,742	21,680	8,502821
12	50,46	50,42	2544,193	21,510	8,454547
x	50,42	50,43	2542,85	21,13	8,31
min	50,22	50,32	2530,09	20,56	8,07
max	50,60	50,60	2554,79	21,68	8,53
s	0,119545	0,077028	8,037699	0,382183	0,151663
v [%]	0,237098	0,152733	0,31609	1,809149	1,825582

Příloha E - bobtnání po 24 hod.

Výsledky pro tloušťkové bobtnání po 24 hod. všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, průměrná tloušťka vzorku před ponořením v mm, hmotnost suchého vzorku před ponořením v g, průměrná tloušťka vzorku po 24 hod. bobtnání v mm, hmotnost po bobtnání v g a G - vypočtené bobtnání v %. Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

č. vzorku	A - 10%				
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	mw [g]	G [%] 24
35	12,46	19,81	17,02	43,29	36,61
35	12,47	21,57	16,61	44,19	33,21
7	12,08	18,45	16,42	38,99	35,93
7	12,35	18,50	15,53	38,95	25,71
3	11,96	18,66	16,12	39,20	34,84
3	12,31	16,98	16,01	36,79	30,02
33	12,21	21,61	17,18	40,45	40,66
33	12,16	19,36	15,89	37,34	30,69
30	12,29	19,59	16,98	44,70	38,12
30	12,23	20,46	17,31	41,26	41,60
11	12,10	17,58	16,21	40,58	34,02
11	12,33	18,31	16,63	40,79	34,89
15	12,21	16,76	15,52	34,51	27,11
15	12,18	16,69	15,26	35,96	25,30
23	12,47	18,98	17,07	42,04	36,85
25	12,27	17,86	14,95	34,58	21,80
20	12,07	16,26	17,07	35,99	41,43
20	12,10	17,35	16,05	40,06	32,66
x	12,23	18,60	16,32	39,43	33,41
min	11,96	16,26	14,95	34,51	21,80
max	12,47	21,61	17,31	44,70	41,60
s	0,147107	1,587731	0,71282348	3,101148	5,730089
v [%]	1,202486	8,537006	4,36764228	7,865655	17,14935

č. vzorku	B - 30%				
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	mw [g]	G [%] 24
35	12,14	17,42	16,00	38,37	31,80
35	12,34	21,02	16,88	43,43	36,75
7	11,91	18,23	16,32	40,03	37,04
7	12,22	17,95	16,85	40,16	37,89
3	12,27	17,55	16,39	37,71	33,58
3	11,89	17,52	15,99	40,02	34,44
33	12,02	20,59	17,10	43,01	42,32
33	12,25	20,10	16,92	43,29	38,18
30	12,17	17,58	15,86	38,50	30,33
30	12,27	20,54	16,45	41,58	34,03
11	11,98	17,81	16,56	38,56	38,29
11	12,27	17,39	16,75	38,45	36,53
15	12,17	18,57	16,49	39,30	35,55
15	12,29	17,11	16,62	37,47	35,29
23	12,41	19,00	16,80	39,49	35,37
23	12,29	17,34	16,48	38,59	34,11
25	12,23	17,37	15,43	37,72	26,12
25	12,09	19,55	17,01	43,63	40,65
20	12,10	19,61	16,70	40,62	38,02
20	12,21	17,21	16,73	38,80	37,07
x	12,17	18,47	16,51	39,94	35,67
min	11,89	17,11	15,43	37,47	26,12
max	12,41	21,02	17,10	43,63	42,32
s	0,14	1,30	0,43	2,03	3,59
v [%]	1,16	7,05	2,58	5,07	10,05

č. vzorku	C - 60%				
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	mw [g]	G [%] 24
35	12,39	16,54	16,05	34,764	29,54
35	12,03	18,461	15,60	37,844	29,68
3	11,98	16,692	15,93	37,296	32,99
3	12,64	19,739	15,12	35,13	19,67
33	12,00	20,114	16,04	39,543	33,68
33	12,65	19,535	17,45	39,643	37,96
30	11,91	19,65	16,62	41,796	39,50
30	12,29	17,364	16,26	37,631	32,26
11	11,90	20,448	16,47	42,305	38,40
11	12,66	19,651	17,99	42,279	42,16
15	12,60	16,048	15,87	34,18	25,91
15	12,05	17,541	16,53	37,661	37,18
23	12,51	17,048	16,11	39,434	28,74
23	12,21	19,122	16,65	38,643	36,38
25	11,98	20,541	15,90	41,652	32,72
25	12,46	16,849	15,88	37,92	27,41
20	12,08	18,508	16,47	41,544	36,40
x	12,25	18,46	16,29	38,78	32,97
min	11,90	16,05	15,12	34,18	19,67
max	12,66	20,54	17,99	42,31	42,16
s	0,284627	1,507269	0,671717	2,603213	5,711303
v [%]	2,322869	8,164249	4,124012	6,71272	17,32027

č. vzorku	D - 90%				
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	mw [g]	G [%] 24
35	12,23	17,906	16,21	41,104	32,50
35	12,15	18,325	15,73	39,135	29,42
7	12,12	16,07	15,04	37,121	24,05
7	11,86	19,014	15,60	39,896	31,49
3	12,13	16,43	16,40	40,29	35,26
3	11,84	19,192	15,68	34,886	32,39
33	11,92	17,881	15,36	39,42	28,87
33	12,11	20,283	15,86	40,256	30,97
30	11,94	18,492	15,82	38,465	32,50
30	12,04	18,657	16,50	39,918	37,00
11	12,12	16,05	15,70	37,099	29,54
11	11,90	18,833	15,53	35,084	30,56
15	12,01	17,716	17,10	37,674	42,38
15	12,22	17,744	15,57	38,302	27,37
23	12,34	17,754	16,00	39,954	29,71
23	12,23	21,233	17,14	43,393	40,16
25	12,06	18,277	16,12	37,035	33,62
25	11,99	20,094	16,19	41,767	35,04
20	12,26	18,311	16,22	41,086	32,30
20	11,98	17,516	16,66	39,92	39,08
x	12,07	18,29	16,02	39,09	32,71
min	11,84	16,05	15,04	34,89	24,05
max	12,34	21,23	17,14	43,39	42,38
s	0,14	1,32	0,55	2,15	4,46
v [%]	1,18	7,20	3,42	5,51	13,64

č. vzorku	Kontrolní Kronospan				
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	mw [g]	G [%] 24
35	12,55	18,99	16,49	39,6	31,39
35	12,55	20,392	16,43	40,986	30,88
7	12,18	19,286	16,84	41,899	38,32
7	12,58	17,35	16,05	37,324	27,54
3	12,55	18,536	15,21	33,54	21,16
3	12,08	18,281	16,36	37,957	35,49
33	12,40	21,413	17,42	43,338	40,44
33	12,41	18,246	15,71	37,666	26,59
30	12,39	19,416	16,48	40,983	33,06
30	11,73	19,8	15,28	39,62	30,26
11	12,47	17,205	15,43	36,48	23,74
11	12,25	18,809	16,22	41,181	32,42
15	12,61	17,735	15,94	37,031	26,42
15	12,32	19,866	16,49	41,137	33,81
23	11,92	18,917	15,82	39,069	32,77
23	12,57	20,107	16,40	39,495	30,43
25	12,51	19,643	17,01	40,169	35,97
20	12,58	18,183	16,26	37,312	29,26
20	12,29	18,125	15,79	37,412	28,53
x	12,36	18,96	16,19	39,06	30,97
min	11,73	17,21	15,21	33,54	21,16
max	12,61	21,41	17,42	43,34	40,44
s	0,24	1,09	0,58	2,33	4,81
v [%]	1,98	5,74	3,56	5,97	15,54

č. vzorku	Referenční Kron., Broušený			
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	G [%] 24
1	11,93	19,67	14,52	21,70997
2	11,95	19,892	14,63	22,42678
3	11,91	19,2	14,39	20,82284
4	11,95	19,769	14,66	22,67782
5	11,97	20,209	14,84	23,97661
6	11,96	21,256	14,81	23,82943
7	11,95	19,762	14,61	22,25941
8	11,95	19,727	14,78	23,68201
9	11,94	20,402	14,67	22,86432
10	11,89	19,63	14,64	23,12868
11	11,95	19,695	14,51	21,42259
12	11,94	19,572	14,49	21,35678
x	11,94	19,90	14,63	22,51
min	11,89	19,20	14,39	20,82
max	11,97	21,26	14,84	23,98
s	0,021933	0,523781	0,136745	1,038812
v [%]	0,183681	2,632239	0,934743	4,614255

č. vzorku	Referenční Kron., Nebroušený			
	t pr. [mm]	m [g]	tw pr. [mm]	G [%] 24
35	12,22	20,34	14,95	22,34043
35	12,2	21	14,93	22,37705
7	12,16	21,57	14,95	22,94408
7	12,21	20,59	14,81	21,29402
3	12,21	20,43	14,91	22,11302
3	12,26	21,47	15,09	23,0832
33	12,21	21,14	15,07	23,42342
33	12,23	21,27	15,08	23,30335
30	12,23	21,24	15,02	22,81276
30	12,21	21,54	15,04	23,17772
11	12,2	21,42	15,09	23,68852
11	12,2	20,76	14,9	22,13115
x	12,21	21,06	14,99	22,72
min	12,16	20,34	14,81	21,29
max	12,26	21,57	15,09	23,69
s	0,023677	0,437003	0,091187	0,686457
v [%]	0,193889	2,074629	0,608457	3,020839

Příloha F - ohybové vlastnosti

Výsledky ohybových vlastností všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, tloušťka vzorku v mm, šířka vzorku v mm, délka vzorku v mm, pevnost v ohybu v MPa, pružnost v ohybu MOE v MPa a hustota v kg/m^3 . Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

Příčný směr

A - 10%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m^3
13	12,08	50,36	295	3,88	695,46	631
13	12,19	50,39	295	3,97	706,79	628
17	12,26	50,26	295	6,21	961,89	677
17	12,23	50,6	295	3,66	679,29	625
9	12,18	50,29	295	2,95	509,23	557
9	12,07	50,34	295	3,66	617,35	617
5	12,42	50,28	295	1,62	352,4	513
5	12,11	50,31	295	2,71	550,06	591
x	12,19	50,35	295,00	3,58	634,06	604,88
min	12,07	50,26	295,00	1,62	352,40	513,00
max	12,42	50,60	295,00	6,21	961,89	677,00
s	0,11	0,11	0,00	1,32	177,61	50,56
v [%]	0,942	0,215	0,000	36,801	28,012	8,359

B - 30%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m^3
17	12,32	50,29	295	3,22	584,6	634
17	12,32	50,29	295	5,27	766,72	634
13	11,98	50,32	295	3,81	735,32	661
13	12,05	50,32	295	4,03	691,22	627
5	12,2	50,47	295	2,51	424,8	567
5	12,02	50,35	295	3,13	581,11	583
9	12,1	50,29	295	3,36	608,02	606
9	12,32	50,3	295	2,92	508,72	603
x	12,16	50,33	295,00	3,53	612,56	614,38
min	11,98	50,29	295,00	2,51	424,80	567,00
max	12,32	50,47	295,00	5,27	766,72	661,00
s	0,14	0,06	0,00	0,85	115,17	30,55
v [%]	1,187	0,121	0,000	24,061	18,801	4,972

C - 60%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
17	12,03	50,32	295	5,2	901,78	666
17	12,62	50,28	295	3,77	624,39	648
13	12,69	50,3	295	3,27	584,25	614
13	11,99	50,34	295	3,88	773,72	634
9	12,11	50,36	295	2,66	567,5	579
9	12,66	50,37	295	3,01	536,04	599
5	12,76	50,57	295	2,4	375,34	588
5	12,02	50,32	295	1,21	305,73	531
x	12,36	50,36	295,00	3,18	583,59	607,38
min	11,99	50,28	295,00	1,21	305,73	531,00
max	12,76	50,57	295,00	5,20	901,78	666,00
s	0,35	0,09	0,00	1,18	193,52	42,97
v [%]	2,820	0,180	0,000	37,105	33,160	7,074

D - 90%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
17	12,29	50,37	295	3,82	630,74	627
17	12,07	50,35	295	2,92	584,71	624
13	12,22	50,35	295	3,12	550,23	630
13	12,01	50,38	295	4,45	832,73	641
9	12,18	50,35	295	3,04	568,57	622
9	12,12	50,38	295	4,12	641,08	644
5	12,1	50,28	295	3,83	644,66	653
5	12,28	50,34	295	2,25	368,88	565
x	12,16	50,35	295,00	3,44	602,70	625,75
min	12,01	50,28	295,00	2,25	368,88	565,00
max	12,29	50,38	295,00	4,45	832,73	653,00
s	0,10	0,03	0,00	0,73	128,65	26,82
v [%]	0,829	0,064	0,000	21,191	21,345	4,286

Kontr.	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
17	12,49	50,26	295	4,12	966,13	606
17	12,52	50,35	295	7,43	1230,67	644
13	12,22	50,37	295	5,44	1127,15	626
13	12,34	50,35	295	3,55	704,44	627
5	12,16	50,32	295	5,62	1191,65	676
5	12,73	50,35	295	4,53	798,07	573
9	12,56	50,46	295	6,5	1149,98	617
9	12,55	50,36	295	4,6	914,11	582
x	12,45	50,35	295,00	5,22	1010,28	618,88
min	12,16	50,26	295,00	3,55	704,44	573,00
max	12,73	50,46	295,00	7,43	1230,67	676,00
s	0,19	0,06	0,00	1,29	194,35	33,05
v [%]	1,536	0,110	0,000	24,633	19,238	5,340

Ref., B	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
10	11,9	50,27	290	10,26	2251,59	649
11	11,89	50,44	290	11,43	2319,87	647
12	11,99	50,4	290	10,09	2058,76	634
13	11,91	50,31	290	10,53	2145,51	634
14	11,9	50,33	290	9,5	2092,43	636
15	11,95	50,27	290	8,7	2099,91	642
16	11,9	50,38	290	9,77	2134,84	638
17	11,92	50,32	290	11,15	2106,27	637
18	11,95	50,24	290	9,47	2012,56	640
x	11,92	50,33	290,00	10,10	2135,75	639,67
min	11,89	50,24	290,00	8,70	2012,56	634,00
max	11,99	50,44	290,00	11,43	2319,87	649,00
s	0,03	0,07	0,00	0,86	95,23	5,41
v [%]	0,278	0,132	0,000	8,508	4,459	0,845

Ref., N č. vzorku	Tloušťka mm	Šířka mm	Délka mm	MOR MPa	MOE MPa	Hustota kg/m ³
28	12,22	50,37	290	15,47	2781,74	684
29	12,2	50,4	290	14,41	2558,47	671
30	12,23	50,34	290	10,89	2312,84	664
31	12,28	50,31	290	13,62	2515,51	681
32	12,2	50,32	290	11,56	2352,69	655
33	12,18	50,36	290	11,47	2370,82	660
34	12,18	50,26	290	12,92	2614,83	685
35	12,33	50,38	290	13,65	2510,84	677
36	12,19	50,36	290	12,41	2452,66	672
x	12,22	50,34	290,00	12,93	2496,71	672,11
min	12,18	50,26	290,00	10,89	2312,84	655,00
max	12,33	50,40	290,00	15,47	2781,74	685,00
s	0,05	0,04	0,00	1,50	146,59	10,71
v [%]	0,415	0,084	0,000	11,623	5,871	1,593

Podélný směr

A - 10% č. vzorku	Tloušťka mm	Šířka mm	Délka mm	MOR MPa	MOE MPa	Hustota kg/m ³
41	12,24	50,33	295	2,66	609,16	607
40	12,36	50,4	295	5,84	1097,62	699
40	12,36	50,3	295	3,15	654,34	626
21	12,35	50,27	295	0,75	249,4	523
21	12,29	50,39	295	3,78	628,03	574
22	12,23	50,42	295	4,49	745,54	598
22	12,19	50,37	295	1,63	310,04	552
28	12,27	50,31	295	6,18	844,48	646
28	12,22	50,37	295	2,24	514,45	612
34	12,4	50,54	295	2,7	541,72	640
34	12,2	50,38	295	6,38	1067,18	711
x	12,28	50,37	295,00	3,62	660,18	617,09
min	12,19	50,27	295,00	0,75	249,40	523,00
max	12,40	50,54	295,00	6,38	1097,62	711,00
s	0,07	0,07	0,00	1,90	269,91	56,93
v [%]	0,601	0,144	0,000	52,420	40,885	9,225

B - 30%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
41	11,92	50,27	295	4,14	660,91	617
41	12,33	50,38	295	3,89	608,37	602
22	12,1	50,4	295	3,77	735,14	637
22	12,15	50,42	295	2,69	443,49	575
40	12,24	50,53	295	4,72	793,43	640
40	12,12	50,38	295	3,23	568,56	620
21	12,39	50,31	295	1,89	392,63	578
21	12,54	50,35	295	3,58	649,82	613
28	12,14	50,37	295	3,52	695,88	635
28	12,22	50,33	295	3,36	646,62	632
34	12,16	50,4	295	3,03	535,23	627
34	12,26	50,4	295	6,25	1029,37	702
x	12,21	50,38	295,00	3,67	646,62	623,17
min	11,92	50,27	295,00	1,89	392,63	575,00
max	12,54	50,53	295,00	6,25	1029,37	702,00
s	0,16	0,06	0,00	1,08	166,31	32,87
v [%]	1,293	0,128	0,000	29,484	25,721	5,274

C - 60%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
41	11,99	50,28	295	3,81	785,65	647
41	12,63	50,4	295	2,96	568,9	578
40	11,98	50,37	295	4,37	930,15	660
40	12,69	50,4	295	3,16	493,59	605
21	12,13	50,44	295	4,19	751,13	620
21	12,62	50,3	295	0,88	184,84	499
22	12,01	50,44	295	5,27	906,7	641
22	12,54	50,43	295	1,71	260,04	527
28	11,94	50,39	295	5,8	1011,29	677
28	12,54	50,35	295	2,97	523,35	602
34	12,5	50,32	295	3,72	590,95	593
x	12,32	50,37	295,00	3,53	636,96	604,45
min	11,94	50,28	295,00	0,88	184,84	499,00
max	12,69	50,44	295,00	5,80	1011,29	677,00
s	0,31	0,06	0,00	1,43	268,45	54,49
v [%]	2,505	0,111	0,000	40,596	42,146	9,015

D - 90%	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
22	12,1	50,35	295	3,14	606,24	641
22	12,13	50,32	295	4,46	771,19	649
40	11,98	50,39	295	2,23	454,42	583
40	12,1	50,37	295	2,38	478,18	566
21	12,12	50,32	295	3,2	737,23	615
21	12,36	50,4	295	2,89	497,96	621
28	12	50,36	295	3,6	759,83	655
28	12,1	50,39	295	3,91	815,19	648
34	12,12	50,38	295	5,93	1034,8	644
34	11,92	50,38	295	2,43	573,99	608
41	12,22	50,28	295	1,45	288,22	519
41	11,98	50,33	295	1,72	328,79	593
x	12,09	50,36	295,00	3,11	612,17	611,83
min	11,92	50,28	295,00	1,45	288,22	519,00
max	12,36	50,40	295,00	5,93	1034,80	655,00
s	0,12	0,04	0,00	1,25	218,50	40,96
v [%]	0,980	0,073	0,000	40,151	35,693	6,694

Kontr.	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
41	12,25	50,36	295	5,02	953,85	604
41	12,5	50,33	295	5,51	1086,47	613
40	12,24	50,36	295	5,57	923,69	616
40	12	50,36	295	6,82	1325,32	653
21	12,76	50,29	295	5,45	974,09	597
21	12,4	50,31	295	6,67	1261,99	660
22	12,65	50,36	295	5,51	1041,65	621
22	12,65	50,35	295	5,89	1101,85	606
28	12,46	50,32	295	7,29	1137,26	651
28	11,84	50,39	295	5,27	1328,52	667
34	12,4	50,34	295	7,6	1447,01	676
34	12,37	50,4	295	5,94	1189,95	624
x	12,38	50,35	295,00	6,05	1147,64	632,33
min	11,84	50,29	295,00	5,02	923,69	597,00
max	12,76	50,40	295,00	7,60	1447,01	676,00
s	0,27	0,03	0,00	0,84	166,18	27,36
v [%]	2,157	0,063	0,000	13,928	14,480	4,326

Ref., B	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
1	11,89	50,27	290	12,98	2990,05	667
2	11,89	50,31	290	13,38	3093,4	672
3	11,91	50,27	290	12,44	3112,37	675
4	11,93	50,57	290	14,58	3303,78	693
5	11,89	50,33	290	14,07	3127,24	653
6	11,89	50,33	290	13,85	3313,93	666
7	11,85	50,35	290	14,07	3292,76	669
8	11,85	50,38	290	13,17	3277,28	669
9	11,89	50,35	290	14,22	3046,18	644
x	11,89	50,35	290,00	13,64	3173,00	667,56
min	11,85	50,27	290,00	12,44	2990,05	644,00
max	11,93	50,57	290,00	14,58	3313,93	693,00
s	0,03	0,09	0,00	0,69	124,42	13,68
v [%]	0,214	0,178	0,000	5,051	3,921	2,049

Ref., N	Tloušťka	Šířka	Délka	MOR	MOE	Hustota
č. vzorku	mm	mm	mm	MPa	MPa	kg/m ³
19	12,12	50,5	290	17,7	3569,55	688
20	12,12	50,36	290	17,12	3478,96	678
21	12,1	50,48	290	16,54	3302,07	674
22	12,18	50,46	290	13,09	3061,13	665
23	12,21	50,42	290	12,79	2933,4	651
24	12,14	50,48	290	16,03	3205,28	658
25	12,2	50,41	290	11,34	2881,03	651
26	12,25	50,48	290	14,09	3242,38	683
27	12,42	50,45	290	13,92	3266,17	701
x	12,19	50,45	290,00	14,74	3215,55	672,11
min	12,10	50,36	290,00	11,34	2881,03	651,00
max	12,42	50,50	290,00	17,70	3569,55	701,00
s	0,10	0,04	0,00	2,19	229,38	17,27
v [%]	0,807	0,088	0,000	14,889	7,134	2,569

Příloha G - vlhkost

Výsledky vlhkosti všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, hmotnost vlhkého vzorku v g, hmotnost absolutně suchého vzorku v g a vypočtená vlhkost v %. Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

A - 10%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
2,1	18,293	17,297	5,758224
2,2	16,156	15,379	5,052344
6,1	17,204	16,244	5,909874
6,2	17,591	16,767	4,914415
10,1	17,409	16,548	5,203046
10,2	15,555	14,648	6,191972
14,1	16,408	15,665	4,743058
14,2	18,18	17,161	5,937882
18,1	18,09	17,016	6,311707
18,2	17,343	16,543	4,835882
24,1	19,716	18,844	4,627468
24,2	17	16	5,31889
29,1	19,223	18,231	5,441281
29,2	19,993	18,958	5,459437
32,1	20,807	19,541	6,478686
32,2	18,861	17,75	6,259155
37,1	19,113	18,286	4,522586
37,2	22,35	21,485	4,026065
39,1	19,235	18,092	6,317709
39,2	21,477	20,238	6,122146
x	18,5155	17,55625	5,471591
min	15,555	14,648	4,026065
max	22,35	21,485	6,478686
s	1,771067	1,692775	0,714893
v [%]	9,565319	9,642007	13,06553

B - 30%	m_w [g]	m_o [g]	w [%]
2,1	18,677	17,881	4,451653
2,2	17,663	16,916	4,415938
6,1	16,388	15,72	4,249364
6,2	16,661	16,023	3,981776
10,1	17,755	16,992	4,490348
10,2	16,436	15,739	4,42849
14,1	18,145	17,425	4,131994
14,2	16,97	16,203	4,733691
18,1	18,983	18,138	4,658728
18,2	17,701	16,912	4,665326
24,1	18,308	17,22	6,318235
24,2	18,503	17,446	6,058695
29,1	20,137	19,017	5,889467
29,2	17,336	16,406	5,668658
32,1	19,922	18,845	5,715044
32,2	20,462	19,335	5,828808
37,1	21,234	20,436	3,904874
37,2	17,814	16,984	4,886952
39,1	19,411	18,308	6,024689
39,2	20,719	19,71	5,119229
x	18,46125	17,5828	4,981098
min	16,388	15,72	3,904874
max	21,234	20,436	6,318235
s	1,457113	1,350981	0,776138
v [%]	7,892817	7,683537	15,58167

C - 60%	m _w [g]	m _o [g]	w [%]
2,1	18,236	17,415	4,714327
2,2	19,517	18,724	4,235206
6,1	18,92	18,001	5,105272
6,2	18,651	17,826	4,628071
10,1	17,158	16,498	4,000485
10,2	18,002	16,957	6,162647
14,1	16,302	15,406	5,815916
14,2	17,459	16,802	3,910249
18,1	17,432	16,538	5,405732
18,2	18,061	17,309	4,344561
24,1	21	20	5,154276
24,2	16,328	15,35	6,371336
29,1	18,963	17,823	6,39623
29,2	18,402	17,148	7,312806
32,1	20,231	19,056	6,166037
32,2	19,36	18,205	6,344411
37,1	18,002	17,13	5,090485
37,2	19,804	18,855	5,033148
39,1	20,413	19,325	5,630013
39,2	19,675	18,495	6,380103
x	18,59035	17,6365	5,410065
min	16,302	15,35	3,910249
max	20,891	19,867	7,312806
s	1,294119	1,220181	0,944011
v [%]	6,961241	6,918501	17,44917

D - 90%	m _w [g]	m _o [g]	w [%]
2,1	16,395	15,464	6,020435
2,2	20,058	19,198	4,479633
6,1	18,829	17,959	4,844368
6,2	16,414	15,608	5,164018
10,1	18,023	16,972	6,192552
10,2	16,156	15,224	6,121913
14,1	18,174	17,454	4,125129
14,2	18,305	17,498	4,611956
18,1	17,862	16,954	5,355668
18,2	19,649	18,814	4,438184
24,1	20,6	19,69	4,621635
24,2	17,472	16,504	5,865245
29,1	16,946	15,883	6,69269
29,2	19,56	18,591	5,212199
32,1	20,103	18,955	6,056449
32,2	16,535	15,522	6,526221
37,1	17,973	17,226	4,336468
37,2	19,178	18,363	4,438273
39,1	16,533	15,623	5,824746
39,2	20,197	18,948	6,591725
x	18,2481	17,3225	5,375975
min	16,156	15,224	4,125129
max	20,6	19,69	6,69269
s	1,46116	1,446171	0,851998
v [%]	8,007192	8,34851	15,84825

Kontr.	m _w [g]	m _o [g]	w [%]
2,1	18,485	17,733	4,240681
2,2	18,574	17,797	4,365904
6,1	16,802	15,843	6,053147
6,2	17,833	17,154	3,95826
10,1	16,618	15,617	6,409682
10,2	18,192	17,483	4,055368
14,1	19,106	18,14	5,325248
14,2	18,809	17,829	5,496663
18,1	19,613	18,494	6,050611
18,2	19,648	18,533	6,016295
24,1	18	17,316	5,278355
24,2	20	18,82	5,12221
29,1	19,617	18,757	4,584955
29,2	20,362	19,337	5,300719
32,1	22,077	20,772	6,282496
32,2	20,973	19,778	6,042067
37,1	21,035	19,949	5,443882
37,2	19,521	18,864	3,482824
39,1	19,704	18,719	5,262033
39,2	19,778	18,52	6,792657
x	19,23805	18,27275	5,278203
min	16,618	15,617	3,482824
max	22,077	20,772	6,792657
s	1,357128	1,26063	0,913657
v [%]	7,054395	6,89896	17,31

Ref., N	m _w [g]	m _o [g]	w [%]
2,1	21,13	20,18	4,707631
2,2	21,44	20,48	4,6875
6,1	20,9	19,932	4,856512
6,2	20,56	19,602	4,887256
10,1	20,79	19,824	4,872881
10,2	21,14	20,157	4,876718
14,1	20,95	19,98	4,854855
14,2	20,56	19,603	4,881906
18,1	21,27	20,291	4,824799
18,2	21,57	20,583	4,795219
24,1	21,68	20,684	4,815316
24,2	21,51	20,504	4,90636
x	21,125	20,15167	4,83058
min	20,56	19,602	4,6875
max	21,68	20,684	4,90636
s	0,382183	0,370487	0,069983
v [%]	1,809149	1,838495	1,448752

Ref., B	m _w [g]	m _o [g]	w [%]
2,1	19,619	18,688	4,981807
2,2	19,47	18,524	5,106888
6,1	20,408	19,443	4,963226
6,2	20,118	19,12	5,219665
10,1	19,644	18,692	5,093088
10,2	20,154	19,183	5,061773
14,1	19,764	18,816	5,038265
14,2	20,364	19,385	5,050297
18,1	19,135	18,229	4,970103
18,2	20,011	19,055	5,017056
24,1	19,664	18,708	5,110113
24,2	19,631	18,707	4,939328
x	19,83183	18,87917	5,045967
min	19,135	18,229	4,939328
max	20,408	19,443	5,219665
s	0,381759	0,361609	0,079471
v [%]	1,924979	1,915388	1,574934

Příloha H - Rozlupčivost

Výsledky rozlupčivosti všech desek z výzkumu i referenčních desek. Zleva: č. vzorku podle požezového schématu, maximální zatěžující síla F_{max} v N, plocha vzorku v mm^2 a vypočtená pevnost v tahu kolmo na rovinu desky v N/mm^2 . Pod tabulkami je popisná statistika (průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a variační koeficient.

A - 10%	F_{max}	S_0	R_m
č. vzorku	N	mm^2	N/mm^2
36	1246,48	2500	0,498592
8	516,27	2500	0,206508
16	1384,39	2500	0,553756
24	1232,41	2500	0,492964
23	1617,45	2500	0,64698
31	724,97	2500	0,289988
23	1381,85	2500	0,55274
31	1722,09	2500	0,688836
19	1356,42	2500	0,542568
4	497,65	2500	0,19906
x	1167,998		0,467199
min	497,65		0,19906
max	1722,09		0,688836
s	436,8809		0,174752
v [%]	37,40425		37,40425

C - 60%	F_{max}	S_0	R_m
č. vzorku	N	mm^2	N/mm^2
36	1196,4	2500	0,47856
23	1601,1	2500	0,64044
4	1117,83	2500	0,447132
31	1951,51	2500	0,780604
23	1162,13	2500	0,464852
8	1790,52	2500	0,716208
31	1282,13	2500	0,512852
19	1495,64	2500	0,598256
16	1386,84	2500	0,554736
16	1456,76	2500	0,582704
x	1444,086		0,577634
min	1117,83		0,447132
max	1951,51		0,780604
s	275,2302		0,110092
v [%]	19,05913		19,05913

B - 30%	F_{max}	S_0	R_m
č. vzorku	N	mm^2	N/mm^2
4	912,7	2500	0,36508
23	1611,42	2500	0,644568
23	1508,92	2500	0,603568
8	1417,07	2500	0,566828
31	998,52	2500	0,399408
31	1857,55	2500	0,74302
19	1740,09	2500	0,696036
12	727,16	2500	0,290864
24	1399,51	2500	0,559804
24	1394,01	2500	0,557604
x	1356,695		0,542678
min	727,16		0,290864
max	1857,55		0,74302
s	367,3495		0,14694
v [%]	27,07679		27,07679

D - 90%	F_{max}	S_0	R_m
č. vzorku	N	mm^2	N/mm^2
1	1028,87	2500	0,411548
1	617,97	2500	0,247188
4	584,26	2500	0,233704
23	1507,94	2500	0,603176
31	664,75	2500	0,2659
38	715,45	2500	0,28618
31	1146,75	2500	0,4587
23	1845,93	2500	0,738372
31	1812,54	2500	0,725016
19	1155,66	2500	0,462264
x	1108,012		0,443205
min	584,26		0,233704
max	1845,93		0,738372
s	480,2665		0,192107
v [%]	43,34488		43,34488

Kont.	Fmax	S0	Rm
č. vzorku	N	mm ²	N/mm2
8	1136,35	2500	0,45454
8	1356,68	2500	0,542672
1	1045,73	2500	0,418292
4	1023,44	2500	0,409376
19	1358,51	2500	0,543404
19	1455,7	2500	0,58228
31	1001,84	2500	0,400736
31	1326,61	2500	0,530644
23	1762,38	2500	0,704952
23	1068,88	2500	0,427552
x	1253,612		0,501445
min	1001,84		0,400736
max	1762,38		0,704952
s	243,607		0,097443
v [%]	19,43241		19,43241

Ref., N	Fmax	S0	Rm
č. vzorku	N	mm ²	N/mm2
1	1404,52	2500	0,561808
2	956,62	2500	0,382648
3	322,1	2500	0,12884
4	1155,98	2500	0,462392
5	1693,69	2500	0,677476
6	1501,23	2500	0,600492
7	1419,55	2500	0,56782
8	1506,56	2500	0,602624
9	1881,17	2500	0,752468
10	1214,07	2500	0,485628
x	1305,549		0,52222
min	322,1		0,12884
max	1881,17		0,752468
s	435,0151		0,174006
v [%]	33,32048		33,32048

Reb., B	Fmax	S0	Rm
č. vzorku	N	mm ²	N/mm2
11	1558,99	2500	0,623596
12	1826,24	2500	0,730496
13	1203,89	2500	0,481556
14	1930,33	2500	0,772132
15	1812,44	2500	0,724976
16	1898,35	2500	0,75934
17	1720,67	2500	0,688268
18	1722,24	2500	0,688896
19	2075,76	2500	0,830304
20	1336,56	2500	0,534624
x	1708,547		0,683419
min	1203,89		0,481556
max	2075,76		0,830304
s	270,8953		0,108358
v [%]	15,8553		15,8553

Příloha I - Technické listy

Výpis z technického listu k lepidlu pro povrchové vrstvy

UF - Močovino-formaldehydové lepidlo

Název produktu: KRONORES CB 1100

CAS: 9011-05-06 (25036-13-9)

Pojmenované dle CAS: Močovinové lepidlo s formaldehydem

(Urea lepidlo s formaldehydem a 1,3,5triazine - 2,4,6 - triamine)

KRONORES je používán ve dřevařském průmyslu především pro výrobu aglomerovaných materiálů (DTD, MDF, OSB). Je používán v kombinaci s tvrdidlem za zvýšené teploty. Je vhodný pouze pro použití do vnitřního prostředí, kde není přílišná vlhkost vzduchu.

Výrobce: DUKOL Ostrava, s.r.o., Chemická 1/2039, 709 03 Ostrava – Mariánské hory, Czech Republic, Tel.: +420 596 643 504, Fax: +420 596 643 504, hpopovova@dukol.cz

Informace o základních fyzikálních a mechanických vlastnostech:

Barva a konzistence - průhledná až mléčná tekutina

Vůně - po formaldehydu

pH - 7,5 - 10,5

Sušina - max. 69 %

Relativní hustota - cca 1250 kg/m³

Škodlivost:

H350 - může způsobit rakovinu

EUH208 - obsahuje formaldehyd, může způsobit alergickou reakci

Výpis z technického listu k lepidlu pro středové vrstvy

UF - Močovino-formaldehydové lepidlo

Název produktu: KRONORES CB 1637

CAS: 9011-05-06 (25036-13-9)

Pojmenované dle CAS: Močovinové lepidlo s formaldehydem

(Urea lepidlo s formaldehydem a 1,3,5triazine - 2,4,6 - triamine)

KRONORES je používán ve dřevařském průmyslu především pro výrobu aglomerovaných materiálů (DTD, MDF, OSB). Je používán v kombinaci s tvrdidlem za zvýšené teploty. Je vhodný pouze pro použití do vnitřního prostředí, kde není přílišná vlhkost vzduchu.

Výrobce: DUKOL Ostrava, s.r.o., Chemická 1/2039, 709 03 Ostrava – Mariánské hory, Czech Republic, Tel.: +420 596 643 504, Fax: +420 596 643 504, hpopovova@dukol.cz

Informace o základních fyzikálních a mechanických vlastnostech:

Barva a konzistence - průhledná až mléčná tekutina

Vůně - po formaldehydu

pH - 7,5 - 10,5

Sušina - max. 69 %

Relativní hustota - cca 1250 kg/m³

Škodlivost:

H350 - může způsobit rakovinu

EUH208 - obsahuje formaldehyd, může způsobit alergickou reakci