

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
KATEDRA DŘEVĚNÝCH VÝROBKŮ A
KONSTRUKCÍ

Vliv vlhkosti na povrchový odpor
dřevovláknitých desek (MDF)

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Miroslav Runštuk
Vedoucí práce: doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Runštuk Miroslav

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vliv vlhkosti na povrchový odpor dřevovláknitých desek (MDF)

Anglický název

The influence of moisture content on the surface resistance of medium density fiberboard (MDF)

Cíle práce

Hlavním cílem práce je zjištění odpovídajícího povrchového odporu dřevovláknitých desek se střední hustotou při různé vlhkosti prostředí. Dílčím cílem práce je vyhodnocení naměřených hodnot a určení vlivu vlhkosti při následné aplikaci povrchové úpravy.

Metodika

1. Vytvoření osnovy a časového harmonogramu zpracování DP
2. Podrobné prostudování uvedené problematiky a metodiky měření povrchového odporu MDF
3. Vypracování literární rešerše
4. Výběr vhodných podmínek prostředí pro experimentální měření takovým způsobem, aby bylo možné porovnání vlivu vlhkosti
5. Provedení zkušebních měření dle časového harmonogramu
7. Vyhodnocení zjištěných výsledků
8. Dokončení a odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě (součástí diplomové práce je abstrakt a klíčová slova v českém a světovém jazyce – angličtině).

Harmonogram zpracování

- 2/2013 - zadání diplomové práce
- 3/2013 - 8/2013 - zpracování literární rešerše
- 10/2013 - 1/2014 - provedení zkušebních měření
- 2/2014 - 3/2014 - vyhodnocování naměřených dat a průběžné zpracovávání výsledků
- 31. 3. 2014 - odevzdání práce ke kontrole vedoucímu
- 20. 4. 2014 - odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě

Rozsah textové části

textová část 40-60 stran, přílohy 5-20 stran

Klíčová slova

elektrický odpor dřeva, vlhkost dřeva, dřevovláknitá deska, MDF

Doporučené zdroje informací

DOLEŽAL, J. Matematickostatistické metody v dřevařském průmyslu. 1. vyd. Praha: Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Středisko interních publikací, 1973. 130 s. ISBN 80-7203-254-2.

GANDELOVÁ L.; HORÁČEK P.; ŠLEZINGEROVÁ J. Nauka o dřevě. 3. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7375-312-2.

HRÁZSKÝ, J.; KRÁL, P. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. 218 s. ISBN 80-7157-428-7.

KOLLMANN, F.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. Principles of wood science and technology: Wood based materials. 3. vyd. Berlin: Springer, 1975. 703 s. ISBN 978-3-540-06467-1.

Příslušné normy ISO ČSN EN.

Vědecké články na dané téma z databází dostupných z <http://infozdroje.sic.czu.cz/>.

Vedoucí práce

Böhm Martin, doc. Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2014

Elektronicky schváleno dne 21.3.2014

doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21.3.2014

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení

"Prohlašuji, že jsem bakalářskou / diplomovou práci na téma Vliv vlhkosti na povrchový odpor dřevovláknitých desek (MDF)“ vypracoval samostatně pod vedením Martina Böhma doc. Ing. Ph.D. a použil/a jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne

.....

Bc. Miroslav Runštuk

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Martinu Böhmovi, doc. Ing. Ph.D. za odborné vedení, ochotu a cenné rady při konzultacích. Dále děkuji za poskytnuté informace, poskytnutý materiál a vynaložený čas Dřevozpracujícímu družstvu v Lukavci. Děkuji VVUD v Praze za umožnění měření na jejich měřicích zařízeních. V neposlední řadě děkuji mé rodině za pevné nervy a psychickou podporu nejen při tvorbě Diplomové práce ale i v celém průběhu mého studia.

Abstrakt:

Tato diplomová práce zpracovává problematiku vlhkosti středně tvrdých dřevovláknitých desek (MDF). Zabývá se časovým intervalem absorpce a desorpce MDF u dvou typů, a to s MDF obsahující aditivum a klasické MDF. Hledá rozdíly mezi těmito dvěma typy a porovnává je. Pomáhá získat více informací o MDF s aditivem, která by se měla v budoucnosti používat pro povrchovou úpravu práškovými nátěrovými hmotami. V teoretické části shrnuje poznatky o práškovém nanášení na materiály na bázi dřeva a popisuje proces výroby dřevovláknitých desek. Výzkumná část práce obsahuje zjištěné výsledky zpracované ve formě tabulek a grafů a rovnic závislostí sledovaných veličin.

Klíčová slova: elektrický odpor dřeva, vlhkost dřeva, dřevovláknitá deska, MDF

Abstract:

This diploma thesis deals with the issue of moisture medium density fibreboard (MDF). It also examines the time interval of absorption and desorption of MDF in two types, namely the MDF-containing additive and classical MDF. Author of the thesis searches for differences between these two types and compares them. In addition, he is trying to gain more information about MDF with an additive, because in the future this MD board should be used for the surface treatment with powder coating materials. The theoretical part summarizes the knowledge about the powder application on wood-based materials and describes the process of manufacturing fiberboard. Research part of thesis contains the results of measurements that are captured graphically, either in the form of tables and graphs, or using equations expressing the dependence of the monitored variables.

Key words: electrical resistance of wood, moisture wood, fibreboard, MDF

Obsah

Seznam obrázků.....	5
Seznam tabulek.....	5
Seznam grafů.....	6
Seznam zkratk a symbolů.....	7
1. Úvod.....	8
2. Cíle.....	8
3. Literární rešerše.....	9
3.1. Středně tvrdá dřevovláknitá deska.....	9
3.1.1. Historie výroby dřevovláknité desky.....	9
3.1.2. Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva.....	10
3.1.3. Dřeviny pro výrobu vlákna.....	11
3.1.4. Lepidla pro MDF materiály.....	12
3.1.5. Přísady lepidel.....	13
3.1.6. Povrch a vzhled DVD.....	14
3.1.7. Povrchové úpravy MDF.....	14
3.1.8. Výroba MDF.....	15
3.2. Elektrostatické nanášení nátěrových hmot.....	17
3.3. Stříkání v elektrickém poli.....	18
3.3.1. Princip a funkce.....	18
3.3.2. Efektivita stříkání práškových hmot.....	21
3.3.3. Větvené rozprašovače.....	21
3.3.4. Elektrostatické nanášení NH na MDF.....	22
3.4. Absorpce a desorpce vody.....	27
4. Metodika a materiál.....	29
4.1. Materiál.....	29
4.2. Stanovení počtu zkušebních těles.....	29
4.3. Rozměry a odběr zkušebních těles.....	30
4.4. Metodika.....	31
4.4.1. Klimatizační zařízení a klimatizace těles.....	31
4.4.2. Použitá měřidla.....	31
4.4.3. Zjišťování obsahu vlhkosti (ČSN EN 322).....	32

5. Výsledky a diskuze	32
5.1.1. Absorpce.....	35
5.1.2. Desorpce	38
5.1.3. Vlhkost v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu	41
6. Závěr	43
Zdroje	45
Seznam norem	47
Seznam příloh	48

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Blokové schéma výroby MDF desek	17
Obrázek č. 2 Schéma práškového nanášení [KREEGER, 1994].....	19
Obrázek č. 3 <i>Ruční stříkací tribo souprava Progress 1ZP pro práškové stříkání.</i> [JEŽEK, 2012]	20
Obrázek č. 4 Mechanizované stříkací tribo pracoviště kde upravované zboží je zavěšeno na průběžném dopravníku. [JEŽEK, 2012]	22
Obrázek č. 5 Životní cyklus nátěrových hmot používaných na dřevo	23
Obrázek č. 6 Zkušební postup prováděný při zjišťování profilu vlhkosti v předehřívacím procesu: IR trouba [JOCHAM et. al., 2011].....	24
Obrázek č. 7 SEM snímky, vlevo měkké dřevo Smrk ztepilý (<i>Picea abies</i>), vpravo MDF [THOEMEN, IRLE, SEMEK, 2010]	28

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Podíl a rozměry technicky využitelných vláken různých lignocelulósových surovin [ŠTEVKA, 2006].....	12
Tabulka č. 2 Základní údaje MDF	29
Tabulka č. 3 Minimální počet n malých zkušebních těles z každé desky [ČSN EN 326-1]	30
Tabulka č. 4 Obsah vlhkosti MDF, tloušťky 16, 25 a 40 mm při absorpci během klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na prostředí 70%RH/23°C	33
Tabulka č. 5 Obsah vlhkosti MDF, tloušťky 16, 25 a 40 mm při desorpci během klimatizace z prostředí 70%RH/23°C na prostředí 20%RH/23°C	34

Seznam grafů

Graf č. 1 Změna teploty povrchu a jádra během předeřívacího procesu; MDF tloušťka 25 mm	25
Graf č. 2 Povrchová a jádrová změna elektrického odporu během předeřívacího procesu a po opuštění	26
Graf č. 3 Distribuce obsahu vlhkosti na třech místech v tloušťce desky v průběhu předeřívání	27
Graf č. 4 Vliv hustoty na obsah vlhkosti při adsorpci různých desek na bázi dřeva ..	28
Graf č. 5 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 16 mm,	35
Graf č. 6 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 25 mm,	36
Graf č. 7 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 40 mm,	37
Graf č. 8 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorpce, tloušťka 16 mm,	38
Graf č. 9 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorpce, tloušťka 25 mm,	39
Graf č. 10 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorpce, tloušťka 40 mm,	40
Graf č. 11 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu,	41
Graf č. 12 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu	42
Graf č. 13 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu	42

Seznam zkratk a symbolů

MDF	Medium Density Fiberboard	MF	melamin-formaldehydové lepidlo
DVD	dřevovláknitá deska	pH	vodíkový exponent (potential of hydrogen)
DTD	dřevotřísková deska	VD	vláknité desky
r.	v roce	UV	ultrafialové (ultraviolet)
n. p.	národní podnik	NH	nátěrová hmota
a kol.	a kolektiv	CNC	computer numeric control
AM	aglomerované materiály	MPa	megapascal
UF	močovino-formaldehydové lepidlo	IR	infračervené záření
et. al.	a kolektiv	RH	relativní vlhkost vzduchu
MUF	melamin-močovino-formaldehydové lepidlo		

viz	vidět
μm	mikrometr
°C	stupeň Celsia
Ω	Ohm
mm	milimetr
kg/m³	kilogram na metr krychlový
cm	centimetr
g	gram
ks	kus
l	délka
d	průměr
m³/rok	metr krychlový za rok
stol.	století
cca	přibližně
%	procent
s/mm	sekund na milimetr

1. Úvod

Vzhledem k stále většímu využití dřevovláknitých desek v dřevozpracujícím průmyslu a nejen v něm, je zapotřebí vyvíjet a zdokonalovat i výrobu těchto desek. Středně tvrdé dřevovláknité desky se již staly běžnou součástí trhu. Své místo si získaly jednak díky svým vlastnostem a také díky stále vyšším cenám deskového řeziva. Dalším důvodem je efektivní využití dřevního odpadu v prvovýrobě dřevního materiálu.

V současné době se již vytváří různé modifikace MDF s přidáním biomasy, především s cílem snížit náklady na vstupní materiál ale také částečně snížit hmotnost MDF desek. Kvalita samotné umožnění elektrostatického nanášení práškových hmot je ovlivňována vlhkostí MDF desky, proto byla zjišťována vlhkost v závislosti na čase, aby se přispělo poznatkům o MDF s přidáním aditiva. Tato práce přispěje poznatky dřevozpracujícímu družstvu Lukavec o jím vyráběné MDF s aditivem.

2. Cíle

Cílem této práce je rozšíření poznatků o středně tvrdé dřevovláknité desce s přidáním aditiva v Dřevozpracujícím družstvu Lukavec. Hlavním úkolem MDF s aditivem je umožnit nanášení hmot pro povrchovou úpravu na středně tvrdou dřevovláknitou desku elektrostaticky, to znamená pomocí elektrostatického pole. Tato metoda nanášení nátěrové hmoty projevuje své výhody hlavně v úspoře rozpouštědel, lepším pracovním prostředím, ale také úsporou času a prostoru, neboť se dosahuje potřebné tloušťky povlaku již při prvním nánosu. Cílem je i potvrzení nebo vyvrácení hypotézy, že u MDF s přidáním aditivem dochází k pomalejšímu navlhání/vysoušení při změnách vlhkosti oproti MDF bez aditiva.

- Zjištění a porovnání průběhu vlhkosti MDF bez aditiva a s aditivem při změně z prostředí 20% relativní vlhkosti vzduchu a teplotou 23 °C na prostředí 70% relativní vlhkosti vzduchu a teplotou 23°C a naopak,
- Rychlost klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na 70%RH/23°C a naopak.

3. Literární rešerše

3.1. Středně tvrdá dřevovláknitá deska

Dřevovláknitá deska (DVD) je deskový materiál vyrobený z lignocelulóзовých vláken použitím ohřevu anebo tlaku.

Soudržnosti vláken je dosahováno dvěma způsoby:

- zplstnatěním vláken a jejich přirozenou lepivostí
- syntetickou pryskyřicí přidávanou na vlákna

MDF (Medium Density Fiberboard)

Jsou to vláknité desky se střední hustotou (často jsou nazývány jako středně tvrdé vláknité desky). Vyznačují se stejnorodou strukturou slisovaných vláken v celém svém průřezu. Jsou vyráběny převážně jako jednovrstvé, ale mohou být i vícevrstvé. Do této skupiny zařazujeme desky s hustotou od 350 do 850 kg/m³. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

3.1.1. Historie výroby dřevovláknité desky

Základem pro výrobu dřevovláknitých desek byla výroba papíru. Proto je historie této výroby delší než historie DTD. Už v roce 1772 Angličan Clay přihlásil patent na výrobu vláknité desky z papíroviny. Průmyslová výroba DVD však začala až v r. 1898, kdy v Sunbury v Anglii vyrobili ze sběrového papíru první polotvrdou desku. Nový způsob výroby vlákna v Laurel (USA) objevil a zavedl v roce 1924, resp. 1926 Manson, který využil objev Lymana z r. 1858. Na základě tohoto objevu zavedl explozivní rozvlákňování, které se později rozšířilo v USA. V r. 1926 začali v USA v Laurel vyrábět lisované vláknité desky pod názvem Masonite. [ŠTEVKA, 2006; ČÍŽEK, 1985]

V Evropě znamenal převrat ve výrobě dřevního vlákna vynález Švéda Asplunda v r. 1931. Jeho návrh byl termomechanický způsob rozvlákňování dřeva pod tlakem nasycené páry. Rozvlákňovací zařízení, které na tomto způsobu pracuje, je známé pod názvem Defibrátor. [ŠTEVKA, 2006]

Do 40. let 20 stol. se DVD vyráběly mokrým způsobem. Tento způsob byl velice náročný na spotřebu vody, proto se začal vyvíjet a využívat suchý způsob výroby. V roce 1914 začala firma Plywood Research Foundation v USA vyvíjet polosuchý způsob výroby DVD s vlhkostí vlákna 22 až 35%. Následoval další vývoj suchého způsobu, který poprvé zavedla firma Coos Lumber Co. Vlhkost vlákna při tomto způsobu byla 8 – 18%. První zmínka o nápadu využít vzduch jako nosné medium však vznikla již v roce 1914 v Leikam-Josephstal ve Vídni. [Fischer, 2000]

V historii dřevovláknitých desek v Československu je považována za výrobu, v které vznikla první měkká DVD firma SOLO Sušice. Ve skutečnosti byla první dřevovláknitá deska vyrobena koncem čtyřicátých let 20. století úpskými papírnami v Broumově pod obchodním názvem Hobra. Rozvlákňování bylo prováděno broušením. Pro vysoké náklady a nedostatek vhodného brusného dřeva se však výroba tímto způsobem nerozšířila. Roku 1951 byla zavedena do provozu první linka na výrobu tvrdé dřevovláknité desky v n. p. Solo Sušice, která využívala pro výrobu mokrou cestou. V roce 1991 byla v DDL Lukavec zahájena výroba MDF desek s dnešní produkcí 90 000 m³/rok. V současné době jiný výrobce MDF krom DDL Lukavec v ČR není. Měkké ani tvrdé DVD se v ČR nevyrábí. Tyto materiály jsou otázkou importu. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012; ČÍŽEK, 1985]

3.1.2. Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva

Na mechanicko-fyzikální vlastnosti materiálů na bázi dřeva a na způsob jejich aplikace mají výrazný vliv téměř všechny výrobní parametry. Jako parametry s nejvýznamnějším vlivem se považují: druh dřeviny, orientace, velikost geometrie, formátování, typ či množství použitého lepidla a dalších přídavných látek. Dále lisovací faktory jako jsou: lisovací čas, teplota a tlak, vlhkost, plastifikace a rychlost uzavírání lisu. Tyto parametry svou vzájemnou interakcí v průběhu lisování usměrňují především výsledek rozložení hustoty v desce, které ukazuje tzv. hustotní profil.

Ve většině případu platí, že pokud se velikost částic zmenšuje, tak se zlepšuje jejich formátování. To má za následek, že hustota vyráběného materiálu stoupá.

Současně ale platí, že se zmenšováním částic u materiálů se stejnou hustotou, klesá pevnost. Materiály, které mají vyšší hustotu, mají i lepší mechanické vlastnosti. Pokud se však změní jejich vlhkost, dochází k většímu bobtnání. [STRICKLER, 1959; BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012; KELLY, 1977; WANG et. al., 2000 a 2003]

3.1.3. Dřeviny pro výrobu vlákna

Pro výrobu vlákna je nejdůležitější parametrem délka vláken, dále pak dobrá rozvláknitelnost a nízký obsah ligninu a hemicelulóz. Proto se jako dřeviny pro výrobu vláknitých desek využívají např. smrk, borovice, topol, buk a bříza.

Ze základního hlediska dřevin je výhodnější vlákno získávat z jehličnatých dřevin, nežli z listnatých. Důvodem je větší různorodost struktury listnatého dřeva. Jehličnaté dřevo je vývojově starší a má tudíž jednodušší stavbu, skládá se převážně z cévic, jejichž podíl u jehličnanů tvoří 91 až 95% objemu. Zatímco listnaté dřevo obsahuje i cévy, libriformní vlákna (cca 66%) a větší podíl parenchymatických buněk, ty mohou mít u některých listnatých dřevin podíl až 15%. Dřevo listnatých dřevin obsahuje více hemicelulóz, které se po chemických přeměnách aktivně podílejí svými pojivými vlastnostmi na vzájemném pojení vláken. [EISNER, 1978]

Surovina		Podíl vláken [v %]	Rozměry vláken		Průměrná štíhlost l/d	Průměrná tloušťka buněk stěny	
			délka [mm]	průměr [μm]		jarní dřevo [μm]	letní dřevo [μm]
			Jehličnaté dřevo	Smrk		93...95	1,3...2,8...4,3
	Borovice	91...95	1,8...3,1...4,5	14...65...46	89	3,35	6,5
	Jedle	91...94	3,4...4,3...4,6	18...38...58	115	1,85	4,5
Listnaté dřevo	Buk	37	0,6...1,3	16...22	50	1,8...3,75...5,15	
	Bříza	65	0,34...1,6...1,7	14...40	59	2,1...2,65...3,35	
	Dub	58	0,28...0,88...1,6	10...30	44	1,95...2,1...2,65	
	Topol	59	0,3...1,3...2,1	20...44	41	2,4...3,45...4,75	
Jednorocní rostliny	Řepkový stonek	max. 25	0,8	20	40	4	

Tabulka č. 1 Podíl a rozměry technicky využitelných vláken různých
lignocelulózových surovin [ŠTEVKA, 2006]

U jehličnatých dřevin tento podíl je cca 1%. Počet elementů na prostorovou jednotku je u listnáčů cca 3 - 5x vyšší než u jehličnanů. Bohužel jejich rozměry jsou rozdílné a i díky struktuře není možné vyrobit uniformní vlákno, které je důležité pro produkci vláknitých desek.

Z jehličnatých dřevin je nejlepší dřevinou pro zpracování na vlákno smrk, jehož vlákna mají výhodnější poměr délky buněk k tloušťce buněčných stěn. Tento poměr má lepší než borovice, která navíc obsahuje i více doprovodných látek a pryskyřice. [KOLLMANN a kol., 1975]

Z jehličnatých dřevin nelze využít ani modřín, jelikož obsahuje vyšší množství pryskyřice, má větší tvrdost a velmi tvrdé suky.

V některých případech se lze setkat i s výrobou vlákna z tvrdých listnatých dřevin jako je buk a dub, ty jsou přidávány do směsi k jehličnatým dřevinám. Dřeviny s vyšší hustotou mají tlustější stěny buněk, proto mají větší výtěžnost vlákna. Toto vlákno je však méně kvalitní než u jehličnatých dřevin a i samotná výroba je více energeticky náročná. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

Ve výrobě MDF desek je možné použít jak jehličnaté, tak listnaté dřeviny i proto, že v technologii i technice ve výrobě proběhl určitý pokrok. [DEPPE, ERNST, 1996]

3.1.4. Lepidla pro MDF materiály

Dominantní postavení jako pojiva při výrobě aglomerovaných materiálů mají syntetická lepidla. Tyto lepidla sehrály svými vlastnostmi rozhodující úlohu v dynamickém rozvoji a růstu průmyslové výroby AM.

Nejčastěji užívané lepidlo pro středně tvrdé dřevovláknité desky je močovino-formaldehydové lepidlo (UF). Lepidlo UF se používá při výrobě desek, které jsou určeny jako konstrukční materiál pro výrobky k interiérovému využití. Toto lepidlo není vhodné pro desky, které jsou určeny do prostředí s vyšší vlhkostí. Proto se u desek určených do vlhkého prostředí používá kombinace močovino-formaldehydového lepidla s melamin-formaldehydovým lepidlem, které má podobnou strukturu jako UF a je mnohem odolnější vůči vlhkosti. Kombinace těchto

lepidel ve výsledku nedosahuje požadované odolnosti proti vlhkosti, která je vyžadována pro exteriér.[ŠTEFKA, 2006; BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012; SEDLIČIK, 1998]

Toto mísení se používá za účelem snížení ceny desky, kdy je MF lepidlo modifikováno UF lepidlem, tzv. MUF lepidlo, přičemž váhový poměr z počátku začínal na 70/30. Postupem času se tento poměr měnil a v současné době se používá poměr 40/60. [ZANETTI et. al., 2003]

Množství použitého lepidla ovlivňuje výsledné fyzikální vlastnosti produktu. Pokud se obsah lepidla v materiálu zvýší, tak se zlepší jak tloušťkové bobtnání, tak i odolnost proti vlhkosti. [KELLY, 1977; BEECH, 1975; SUN et. al., 1994]

Tato skutečnost je vysvětlována snížením hygroscopicity, snížením prostupnosti ztenčenin buněčných stěn, a možným vznikem nových vnitrobuněčných vazeb [SUN et. al., 1994]

3.1.5. Přísady lepidel

K samotnému lepidlu jsou přidávány i další látky, jakou jsou například tvrdidla, hydrofobizační přísady, biocidní prostředky a retardéry hoření.

Tvrdidla

Některá lepidla vytvrzují i při použití tepla pomocí tvrdidel nebo katalyzátorů. Patří k nim i UF lepidlo. Tvrdidla se přidávají do směsi pro urychlení procesu vytvrzování. Nejčastěji se používá síran amonný nebo dusičnan amonný. Amonné soli jsou používány proto, že ve vodném roztoku za tepla lehko hydrolyzují. Vzniklý hydroxid amonný se váže s volným formaldehydem na stabilní hexametyléntetramín a kyselina okyseluje prostředí snížením pH, čímž dochází k urychlení kondenzačního procesu. [EISNER, 1978; DEPPE, ERNST, 1996]

Hydrofobizační prostředky

AM obvykle vykazují značné tloušťkové bobtnání, a při použití UF lepidla i nízkou odolnost proti působení vody, případně vlhkého vzduchu. V důsledku nadměrného tloušťkového bobtnání dochází ke zhoršení hladkosti povrchu desek, ale i k poklesu mechanických vlastností.

Jako hydrofobizační přísada se nejčastěji používají látky na bázi parafínu. Tyto látky slouží ke snížení bobtnání a zvýšení odolnosti proti vodě a vodní páře. Parafín

se přidává v množství 0,5 – 1,5% na sušinu dřevních částic a to buď v tekuté (rozpuštěné) nebo ve formě parafínové emulze.

V Evropě jsou tyto přísady používány u VD ve formě emulze o koncentraci 10 – 20% společně s dalšími přísadami ve směsi s lepidlem. [ŠTEVKA, 2006]

3.1.6. Povrch a vzhled DVD

Povrch DVD se během vývoje těchto desek postupně zlepšoval. Ze začátku výroby povrch DVD obsahoval hrubší částice dřeva, které silně reagovaly při vlhkostních změnách v daném prostředí a způsobovaly nerovnosti povrchu. Tyto nerovnosti byly odstraněny zdokonalením rozvlákňování samotné štěpky a zavedením rafinace. Díky tomu se dosáhlo jemnějšího povrchu těchto desek. Zejména desky s tenkou vrstvou celulózy mají velmi jemný povrch. [ČÍŽEK, 1985]

Desky vyráběné mokrou cestou mají jednu plochu hladkou a lesklou a druhou drsnou s otiskem podložného síta. Zatím co plochy desek vyráběné suchým způsobem jsou obě hladké s jemnou vláknitou strukturou.

3.1.7. Povrchové úpravy MDF

Povrchová úprava obecně u materiálů na bázi dřeva a celých dílců je důležitým parametrem, který ovlivňuje životnost a užívání výrobku. Povrchová úprava plní buď funkci konstrukční, estetickou nebo jejich kombinaci (konstrukčně – estetickou).

Zajišťuje ochranu před mechanickým poškozením, před fyzikálními vlivy (jako je vlhkost), dále před chemikáliemi, ochranu před UV zářením apod. Dalším možným kladem je lepší údržba povrchu. Z estetické stránky povrchová úprava zlepšuje vzhled aglomerovaných materiálů, ať už se jedná o polepování povrchu nebo aplikaci tekutých nátěrových hmot. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

Nejčastější rozdělení aplikačních technologií:

- polepování povrchu papírovými nebo plastovými materiály, které mají již dokončený povrch,
- aplikace tekutých materiálů (transparentní nebo pigmentové nátěrové hmoty)

Vakuově lisované plastové fólie

Tento způsob se využívá zejména u čelních ploch dílců, především u úložného nábytku. Plastová folie je na dílec aplikována pomocí vakua ve vakuovém lisu. U tohoto způsobu povrchové úpravy je výhodou, že dílec nevyžaduje další povrchovou úpravu na rozdíl od mokrého procesu nanášení NH. V současné době je na trhu mnoho různých struktur povrchu, barevných provedení a dezénů. Nevýhodou tohoto způsobu je malá tepelná odolnost plastové folie a velké nároky na technologické zařízení ve výrobě. Tato technologie je vhodná pro velkosériovou výrobu. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012; ČÍŽEK, 1985]

Pro tento způsob úpravy se také lícová strana dílce pomocí CNC obráběcího centra plošně frézuje, díky čemuž vzniká plastický povrch (tzv. reliéfování).

Nanášení nátěrových hmot

U MDF materiálů se většinou jako NH používají krycí tzv. pigmentové NH, kdy se skryje povrch materiálu. Transparentní nátěrové hmoty jsou v případě MDF desky neatraktivní pro její neestetickou strukturu. Výsledný nátěrový film může být v provedení: vysoký lesk, pololesk nebo mat. Nejčastější způsob nanášení je pomocí stříkání. Při stříkání však dochází k tzv. prostříku, takže se na plochu dílců, pokud se jedná o rovnou plochu, používají jiné způsoby, jako jsou např. polévání nebo navalování. Při navalování je výhodou možnost využití UV lamp, které značně urychlí vytvrdnutí nátěrové hmoty. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

3.1.8. Výroba MDF

Výroba MDF desek využívá poznatků, které byly získány z výroby celulózy a papíru. Dřevo, které je zbaveno kůry se zpracovává na mezistupňový polotovar, a to na tzv. štěpku. Ta je základní vstupní surovinu pro výrobu dřevovláknité desky. Používá se kvalitní bílá štěpka, většinou z jehličnatého dřeva. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

Optimální velikost štěpky: šířka: 20 – 30 mm

délka: 40 – 50 mm

tloušťka: 3 – 5 mm

Ještě než dojde k rozvláknění, musí být štěpky tříděny na plošných vibračních třídících, na kterých se odstraní hrubá a příliš jemná frakce a pomocí magnetických separátorů se odstraní kovové příměsi. Takto vytríděná štěpka se propírá v pračkách, aby došlo k odstranění drobných nečistot, kterými bývá zejména písek.

Následující fází je rozvláknění štěpky na jednotlivá vlákna nebo shluky vláken. V této fázi se nejdříve štěpky změkčí pomocí tlakového předehříváče a následně se vtlačují do rozvláknovací mlecí komory. V té dojde mezi pevným a rotujícím rýhovaným diskem k rozdělení štěpek na vlákna a vzniká mokrá vodní suspenze.

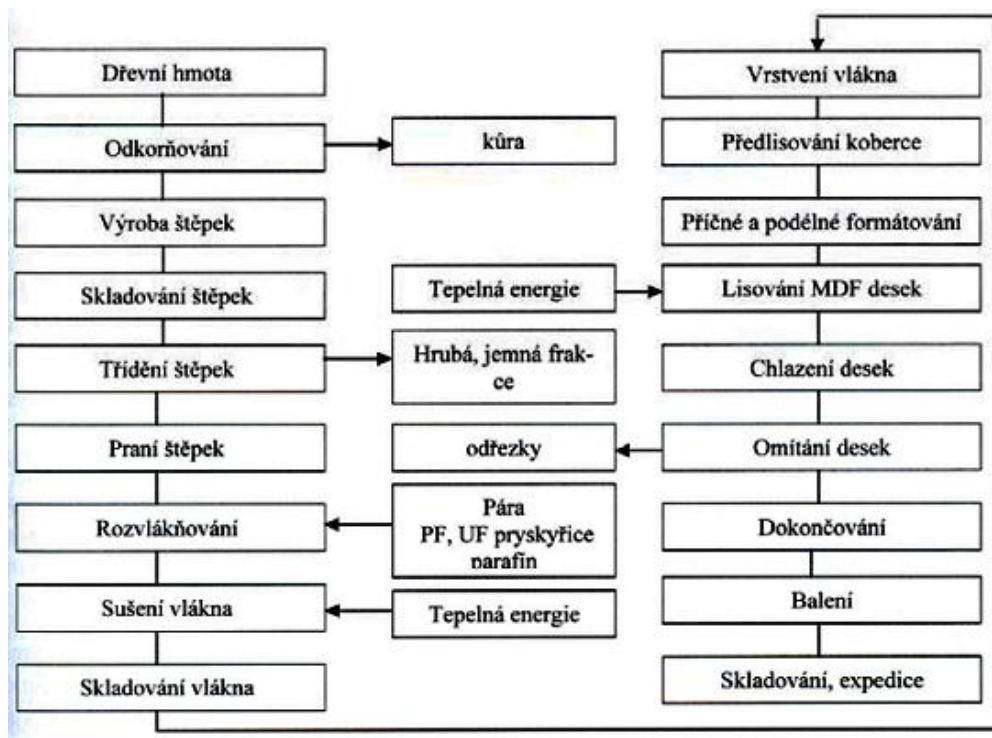
V Evropě se nejčastěji používá k rozvláknování defibrátor. Jedná se o zařízení, ve kterém se štěpka nejdříve napaří. Tím se uvolní lignin, který funguje jako pojivo při lisování. [BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

Dřevní vlákno lze dále zpracovávat dvěma způsoby, tzv. mokrou a suchou cestou. Jelikož je výroba DVD mokrou cestou energeticky náročná, vyrábí se MDF deska suchou cestou. U tohoto způsobu výroby je na mokré, u některých technologií až na suché vlákno, nanášeno lepidlo s dalšími přídatnými látkami. Po usušení na vlhkost 5 -10% je materiál vrstven na pás do koberce, a postupně předlisován a nakonec lisován. Tento způsob byl umožněn a rozšířen díky vývoji kvalitní a bezpečné sušárny vláken a způsobu aplikace lepidla. Poslední fází výroby je egalizace desky na přesnou tloušťku. [ŠTEFKA, 2006; BÖHM, BOMBA, RAISNER, 2012]

Lisovací podmínky: měrný tlak: 2 až 4 Mpa

teplota: 160 až 190°C

lisovací čas: 5 až 20 s/mm tloušťky desky



Obrázek č. 1 Blokové schéma výroby MDF desek

[KRÁL, HRÁZKÝ, 2000]

3.2. Elektrostatické nanášení nátěrových hmot

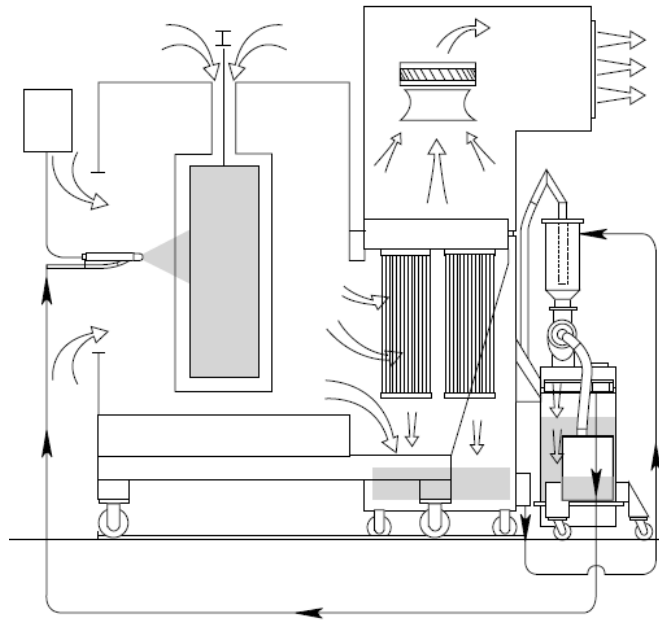
Elektrostatické nanášení se provádí buď na vodorovných plochách, na které aplikujeme práškové částice posypem, anebo na šikmých a svislých plochách. Na těchto plochách musíme práškové částice zachytit na nezbytnou dobu transportu do zalévací nebo vytvrzovací pece. Z důvodu lepší adheze prášku se povrch přehřívá, a proto se práškové částice přilepí. Druhým způsobem je, že částici přidáme elektrický náboj. Elektrický náboj způsobí, že se částice na vodivě uzemněném povrchu udrží pomocí elektrických sil. Na přehřátý povrch se aplikuje prášek více způsoby, nejen posypem, ale také postřikem nebo ponorem do nádoby s načeřeným práškem. Důležitou vlastností materiálu, na který se nátěrová hmota aplikuje, je tepelná odolnost vůči teplotě aplikované nátěrové hmoty, takzvané vytvrzovací nebo zalévací teplotě.[JEŽEK, 2012]

3.3. Stříkání v elektrickém poli

Tento způsob povrchové úpravy patří k nejrozšířenějším v případě, že povrchově upravovaný materiál je kov. Výhody tohoto způsobu nanášení jsou nesporné, především v tom, že se docílí rovnoměrného povlaku při malé tloušťce. Lze také poměrně jednoduše změnit druh nebo odstín práškové hmoty. Limity této technologie představují především elektrizační schopnosti vlastního materiálu práškových částic. Ideální materiály jsou organické izolanty, které lze jemně rozemlít. Jestliže je zapotřebí nanést vodivé (kovové) prachové částice, je nutné nejdříve tyto částice obalit izolantem. [SLEZÁK, 1962; JEŽEK, 2012]

3.3.1. Princip a funkce

Elektrostatické nanášení začíná fluidizací. Fluidizace je proces, při kterém je prášek unášen, spolu se stlačeným vzduchem ze zásobníku, ke stříkací pistoli. Pro práškové nanášení se používají stříkací pistole s principem Corona (prášek získá záporný náboj) nebo na principu Tribocharging (prášek je kladně nabit). Z pistole je unášen prášek, ať kladně nebo záporně nabitý do prostoru, kde je přitahován opačným nábojem, jenž obsahuje dílec určený k nátěrové úpravě. Potažený dílec pak prochází troubou, kde je NH vypálena. Zbylý prášek, jenž se nepřichytil na dílec, je vtážen do filtračních patron pomocí radiálních ventilátorů. Zachycený prášek z filtrů se pročistí a je posléze opět aplikován na dílec. Tento proces je znázorněn na obrázku č. 3. [KREEGER, 1994]



Obrázek č. 2 Schéma práškového nanášení [KREEGER, 1994]

Nevýhody

- špatná oprava zabudovaného dílce
- odolnost dílce proti vytvrzovací teplotě
- velikost dílce je limitována rozměrem a hmotností

Výhody

- úspora času a prostoru
- úspora rozpouštědel
- lepší pracovní prostředí oproti jiným způsobům nanášení
- jednovrstvý nános
- nanesení hmoty do těžko přístupných míst



Obrázek č. 3 *Ruční stříkací tribo souprava Progress 1ZP pro práškové stříkání.*
[JEŽEK, 2012]

Principy vytváření elektrostatického náboje:

1) Přirozený přírodní princip

Funguje na základě triboefektu. To znamená v oddělování či tření dvou izolantů, při kterém vznikají kladně nabitě částice.

2) Koronární princip

Je založen na průchodu částic elektrickým polem vysoké intenzity. Při tomto průchodu získají záporný náboj. Vzniklý povlak a jeho vlastnosti jsou závislé na použitém práškovém materiálu, aplikační technice a kvalitě úpravy povrchu před nánosem.

3.3.2. Efektivita stříkání práškových hmot

Z hlediska ekonomické efektivity jsou při stříkání práškovými hmotami důležité některé základní parametry [JEŽEK, 2012]:

- cena lidské práce,
- spotřeba energií,
- spotřeba stříkaného materiálu a chemikálií.

Za těmito parametry je důležité vidět konkrétního člověka. Lidská práce ovlivňuje zbylé dva parametry. Efektivitu ovlivňují například faktory jako neustálá údržba a úklid zařízení, dodržování technologických parametrů. To vše ovlivňuje výslednou kvalitu výrobků a počet výrobků nedosahující požadované kvality, tzv. zmetkovitosti. Ovlivňuje to také spotřebu elektrické energie. [JEŽEK, 2012]

3.3.3. Větvené rozprašovače

Větvené rozprašovače jsou tvořeny z jednotlivých trysek, jež jsou uspořádány vedle sebe a tvoří tak celistvou postřikovací stěnu. Postřikovací stěna je tvořena sekcemi, v kterých jsou uspořádány výše zmíněné trysky. Jednotlivé sekce se odstavují podle tvaru a velikosti dílce, na něž se povrchová úprava nanáší.

Tento druh nanášení na dílec se používá ve spolupráci se závěsnými dopravníky, kdy dílec zavěšený na tomto dopravníku projíždí postřikovací stěnou. Používá se tedy v mechanizovaných a poloautomatických linkách pro práškové nanášení.

Jejich výhodnost je především u tvarově členitého zboží. Veškeré ovládací prvky těchto linek jsou pneumaticky řízeny, aby linky byly co nejvíce bezporuchové a jednoduché, a také proto, aby nehrozilo riziko výbuchu. [SLEZÁK, 1962; JEŽEK, 2012]



Obrázek č. 4 Mechanizované stříkací tribo pracoviště kde upravované zboží je zavěšeno na průběžném dopravníku. [JEŽEK, 2012]

3.3.4. Elektrostatické nanášení NH na MDF

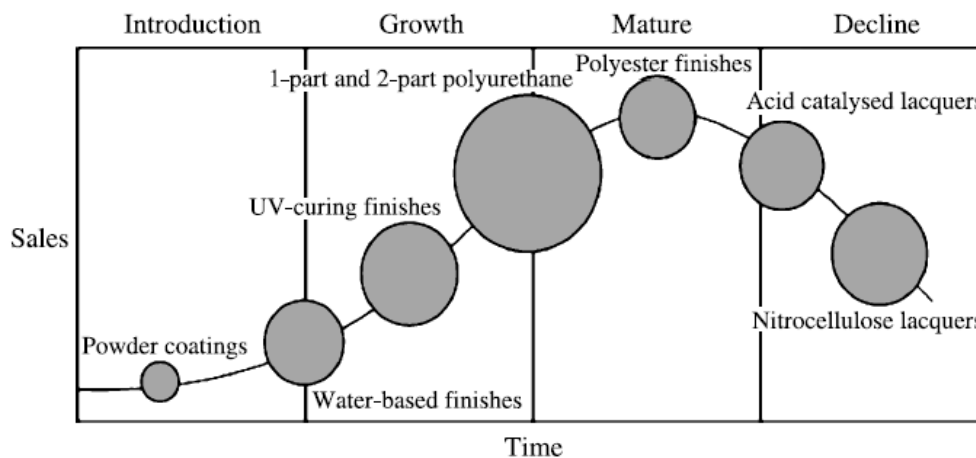
Práškové nanášení na jiné materiály než je kov, jako jsou v tomto případě materiály na bázi dřeva, vyžaduje vyřešení několika technologických problémů. Tyto problémy vyplývají z rozdílných vlastností kovu a těchto materiálů. Na rozdíl od kovů MDF deska vykazuje nízkou teplotní stabilitu, mnohem hrubší a nepravidelnou strukturu povrchu, velkou závislost její rozměrové stability na vlhkost okolního prostředí a podstatně menší elektrickou vodivost. Elektrická vodivost materiálu, na který se NH elektrostaticky nanáší, je hlavní parametr pro samotné uskutečnění aplikace. Druhým důležitým parametrem u MDF desky je pak i správná vlhkost.

Pro zlepšení aplikace prášku na povrch MDF desky byla zkoumána v Rakousku na Univerzitě přírodních zdrojů a biologických věd možnost tepelné úpravy materiálu před nanesením NH. Výsledky tohoto výzkumu ukazují, že elektrická odolnost MDF desky je ovlivněna teplotou desky a jejím obsahem vlhkosti. Dále se potvrzuje, že tepelná úprava před aplikací NH dokáže být efektivním způsobem, jak zlepšit aplikaci na tyto materiály. [JOCHAM et. al., 2011]

Práškové nanášení na dřevovláknité desky se střední hustotou je nově vznikající technologie. Pořád se nachází ve stádiu vývoje, ale má velký potenciál pro využití

v nábytkářském průmyslu vzhledem k dnešnímu trendu ohledně životního prostředí ale i náročnosti na zdroje. [JOCHAM et. al., 2011]

Tento způsob lze využít například na úpravu povrchů používaných v kancelářích, kuchyních ale i na úpravu dílců připravených k montáži části nábytku a podobně. Nátěrové hmoty s vysokým obsahem rozpouštědel jako jsou nitrocelulosevé hmoty, kyselé katalyzované hmoty nebo dvousložkové polyuretanové hmoty jsou stále častěji nahrazovány alternativními hmotami. Vzhledem k nátěru MDF desky práškové hmoty bez obsahu rozpouštědel a NH na vodní bázi s UV vytvrzováním představují slibné alternativy. [JOCHAM et. al., 2011]



Obrázek č. 5 Životní cyklus nátěrových hmot používaných na dřevo

[JOCHAM et. al., 2011]

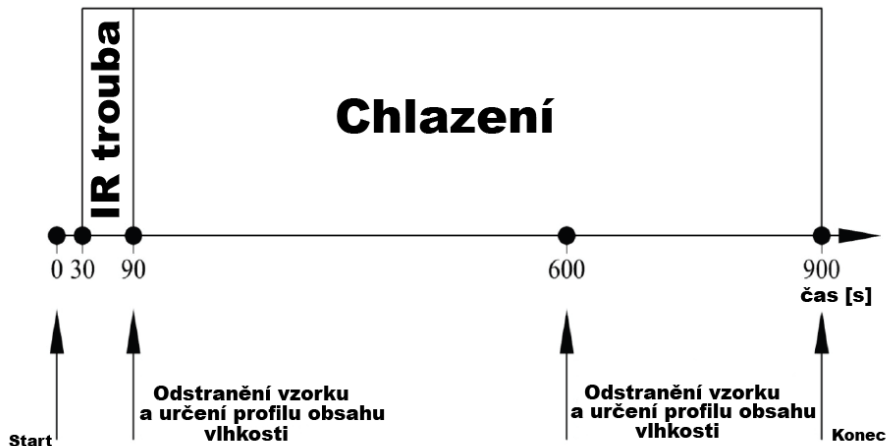
Při procesu nanášení práškových nátěrových hmot je několik parametrů, které mohou mít vliv na kvalitu nátěrového filmu a to jsou [JOCHAM et. al., 2011]:

- příprava povrchu MDF
- chemie aplikované práškové barvy
- nastavení parametrů při aplikaci práškové barvy
- kvalita MDF
- tavící a vytvrzovací podmínky

Tyto parametry nejsou ještě dostatečně prozkoumány, a proto je zapotřebí dalšího výzkumu, aby mohlo být práškové nanášení optimalizováno.

Proces práškového nanášení lze rozdělit do čtyř kroků [JOCHAM et. al., 2011]:

- 1) povrch upravovaného dílu musí být obroušen
- 2) předehřátí v infračervené (IR) troubě
- 3) elektrostatický nános práškové barvy
- 4) roztavení a vytvrzení ve vytvrzovací peci, obvykle také v IR troubě

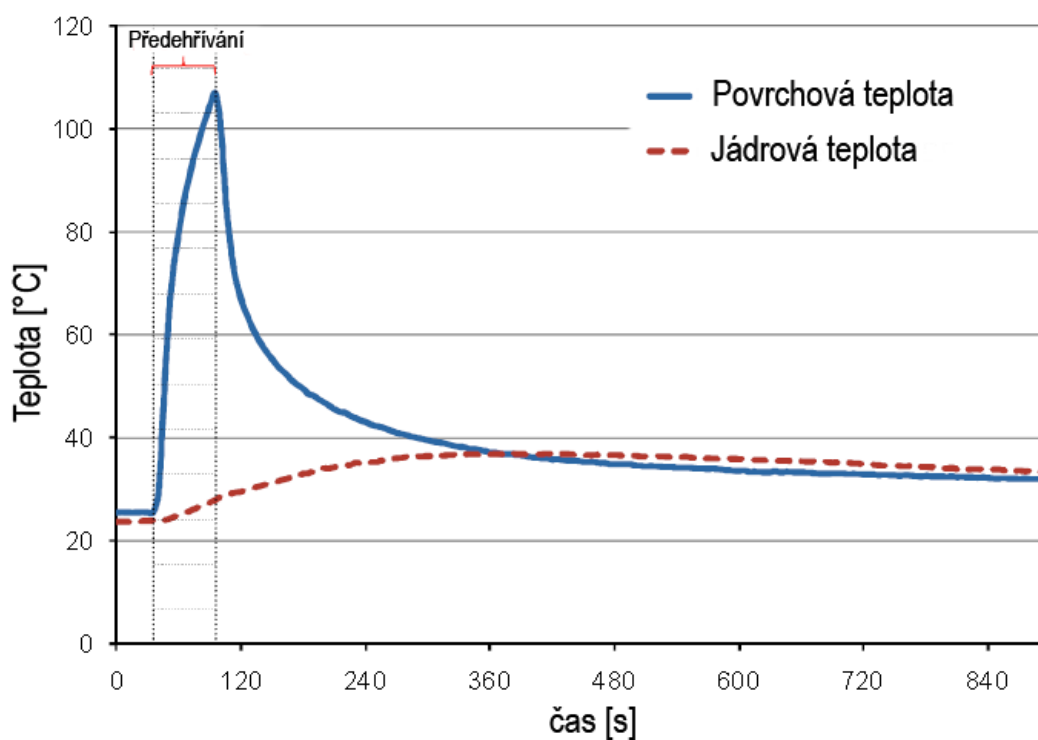


Obrázek č. 6 Zkušební postup prováděný při zjišťování profilu vlhkosti v předehřívacím procesu: IR trouba [JOCHAM et. al., 2011]

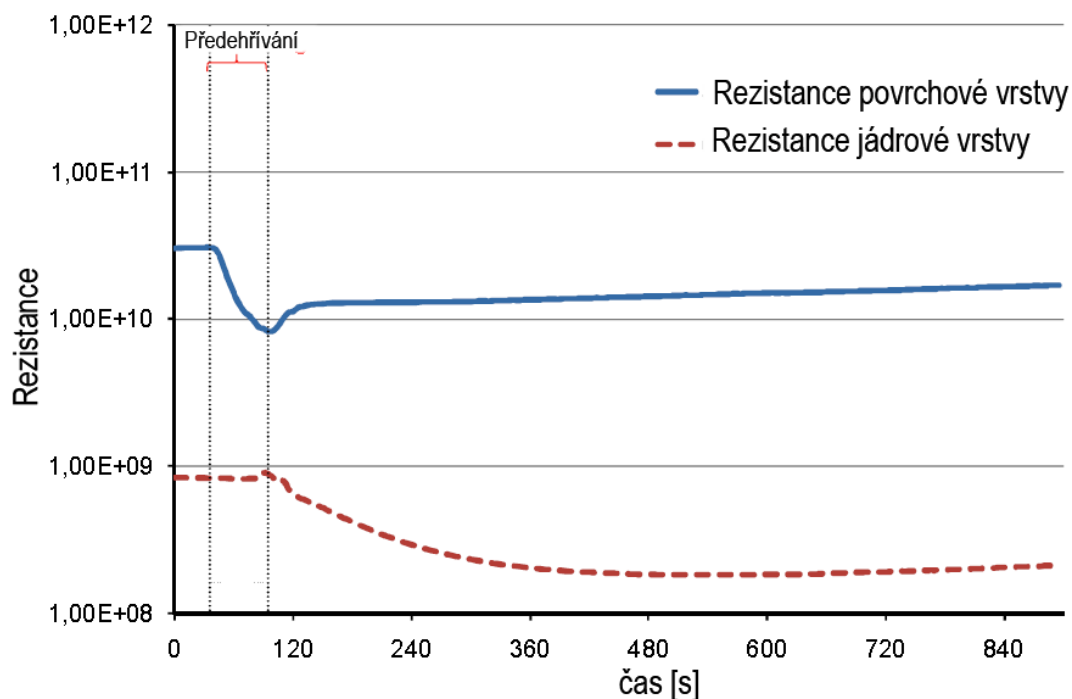
Předpokládá se, že předehřívací proces snižuje elektrický odpor, ten by neměl být na povrchu materiálu větší než 1011 Ω . V důsledku předehřívání se tedy zlepšuje elektrostatické nanášení prášku. Tyto předpoklady zatím nejsou ověřené. Má se za to, že v předehřívacím procesu se aktivuje vlhkost a pohybuje se od základní vrstvy

k povrchu desky. Tento zvýšený obsah na povrchu desky vede ke snížení povrchového odporu. [JOCHAM et. al., 2011]

Na základě tohoto výzkumu bylo zjištěno, že během předehřívacího procesu v IR troubě povrchová teplota MDF okamžitě stoupá a na konci předehřívání dosahuje teploty 105°C. Po vyjmutí z trouby povrchová teplota klesne okamžitě ze 105°C na 50°C za 120 sekund. Na rozdíl od povrchové teploty se teplota jádra zvyšuje mnohem pomaleji a po opuštění trouby se teplota jádra udržuje rostoucí až na teplotu 37°C po dobu 360 sekund. Poté se teploty vyrovnají a jen mírně od sebe klesají. Viz. graf č. 1. [JOCHAM et. al., 2011]



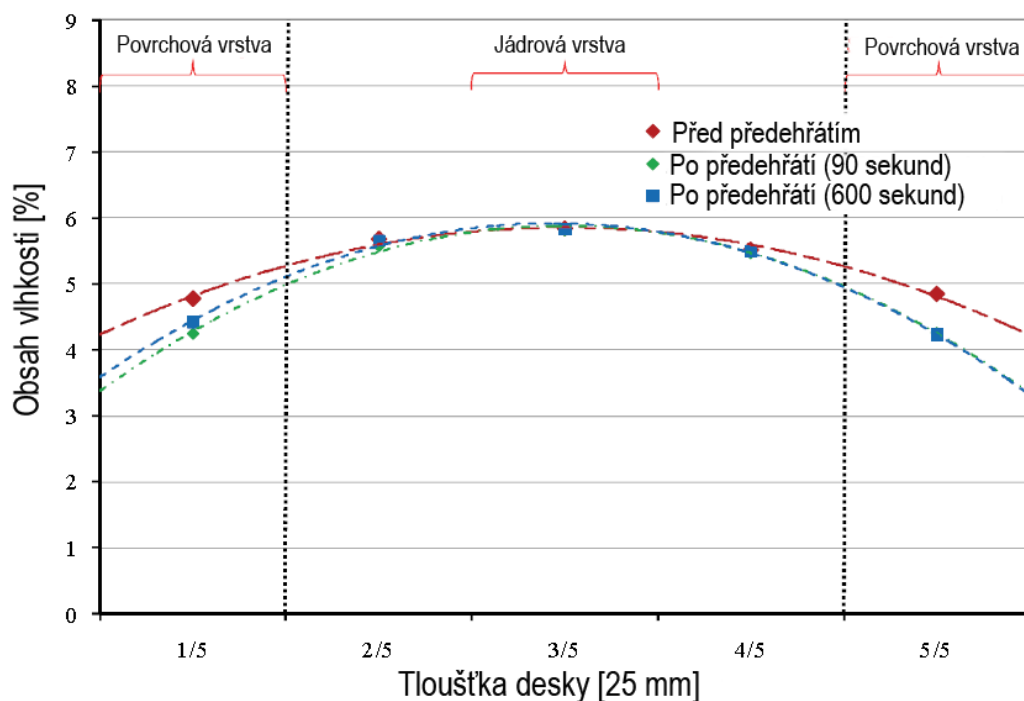
Graf č. 1 Změna teploty povrchu a jádra během předehřívacího procesu; MDF tloušťka 25 mm [JOCHAM et. al., 2011]



Graf č. 2 Povrchová a jádrová změna elektrického odporu během přehřívacího procesu a po opuštění z trouby; MDF tloušťky 25 mm, v rovnovážném stavu při teplotě 23°C a 40% RH před přehřívacím procesem [JOCHAM et. al., 2011]

Graf č. 2 znázorňuje změnu elektrického odporu na povrchu desky a jádru v průběhu přehřívacího procesu. Jedná se o MDF obsahující vodivé přísady. Povrchový odpor klesne ihned, jakmile se zvýší teplota vzduchu a dosáhne minimální hodnoty při opuštění IR trouby. Povrchový odpor klesá z $3 \times 10^{10} \Omega$ na $8 \times 10^9 \Omega$. Při vyjmutí MDF z trouby se mírně zvýší ochlazením povrchové teploty. Ve srovnání s odolností povrchové odporové změny je změna jádrového odporu časově zpožděná. Po dobu 60 sekund v IR troubě udržuje jádro ustálený stav odporu s hodnotou 8×10^8 a po vyjmutí z IR se postupně snižuje až na hodnotu 2×10^8 .

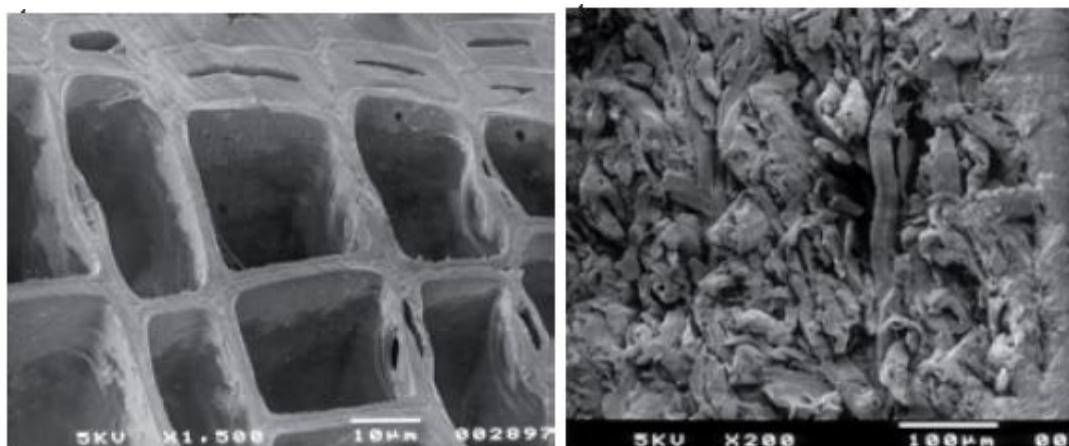
Výzkumem bylo zjištěno, že v příčném profilu neexistuje jednotné rozdělení elektrického odporu, jak je znázorněno v grafu č. 2. Bylo zjištěno, že jádrový odpor je přibližně o 1,5 řádu nižší než odpor povrchový. [JOCHAM et. al., 2011]



Graf č. 3 Distribuce obsahu vlhkosti na třech místech v tloušťce desky v průběhu přehřívání zelená křivka znázorňuje vlhkost ihned po přehřátí; v rovnovážném stavu při teplotě 23°C a 40% RH [JOCHAM et. al., 2011]

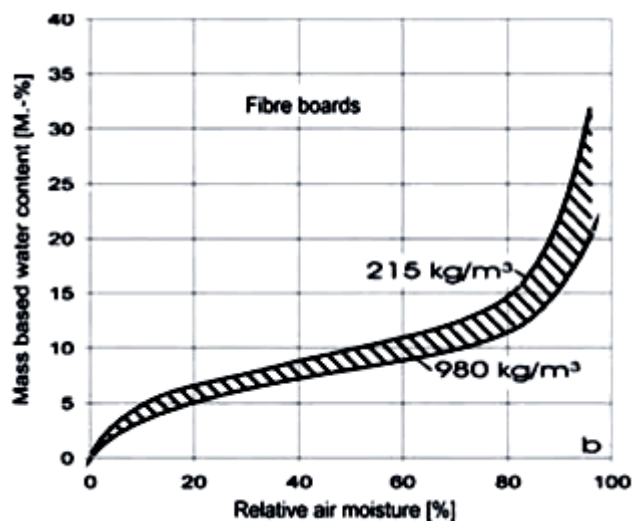
3.4. Absorpce a desorpce vody

Dřevo a materiály na bázi dřeva absorbují vodu ze vzduchu sorpcí a od kapalin pomocí kapilárních sil. Sorpční chování masivního dřeva závisí kromě jiných faktorů na množství extrahovatelných látek. Rychlost absorpce vody závisí silně na směru řezu a na anatomické struktuře dřeva. Je zřetelně vyšší ve směru podél vláken než-li kolmo na vlákna. Materiály na bázi dřeva mají tendenci absorbovat více vody přes hrany desky než-li plochou. Rovnovážný obsah vlhkosti u materiálů na bázi dřeva je nižší než u masivního dřeva. Tento rozdíl je přisuzován způsobu zpracování desky. [THOEMEN, IRLE, SEMEK, 2010]



Obrázek č. 7 SEM snímky, vlevo měkké dřevo Smrk ztepilý (*Picea abies*), vpravo MDF [THOEMEN, IRLE, SEMEK, 2010]

Vlastnosti u materiálů na bázi dřeva ovlivňují především použitá lepidla, která mají odlišné sorpční a desorpční chování v porovnání se dřevem, dále struktura materiálu a technologie výroby (defibrace, sušení, lepení). Rozdíl mezi masivním dřevem a DVD deskou z hlediska vlhkosti je především v hustotě. Materiály na bázi dřeva mají větší hustotu, a proto už nejsou tolik hydrokopickým materiálem jako masivní dřevo. [THOEMEN, IRLE, SEMEK, 2010]



Graf č. 4 Vliv hustoty na obsah vlhkosti při adsorpci různých desek na bázi dřeva [THOEMEN, IRLE, SEMEK, 2010]

4. Metodika a materiál

V této kapitole je popsán pracovní postup praktické části této diplomové práce. Jsou zde popsány metody zjišťování vlastností, které byly použity při zpracování.

4.1. Materiál

Pro porovnání změny vlhkosti mezi 20% a 70% relativního vzduchu a pro stanovení rozměrových změn v závislosti na změnách relativní vlhkosti vzduchu dvou typů MDF byl materiál dodán firmou DDL Lukavec. Složení se liší pouze přidáním aditiva, které je know how firmy, takže nemůže být publikováno.

Měřené parametry

Tloušťka	16, 25, 40
Základní formát	2 750 x 1 840
Objemová hmotnost	660, 760, 770 kg/m ³
Lepidlo	UF, 8%
Parafín	1,5%
Emisní třída úniku formaldehydu podle ČSN EN 636	E 1
Třída reakce na oheň	D-s2, d0

Tabulka č. 2 Základní údaje MDF

4.2. Stanovení počtu zkušebních těles

Vzhledem k proměnlivosti uvnitř a mezi deskami je pro dosažení spolehlivých výsledků pro dané záměry zapotřebí zkoušet určitý počet n desek a určitý počet m zkušebních těles (dle ČSN EN 326-1). Účelem této práce není kontrola jakosti desky MDF, ale porovnání určitých průměrných hodnot zkoumaných vlastností dvou typů desek navzájem. Norma ČSN EN 326-1 uvádí minimální počet malých zkušebních těles z každé desky viz. Tabulka č. 2.

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

Tabulka č. 3 Minimální počet n malých zkušebních těles z každé desky [ČSN EN 326-1]

Tato tabulka uvádí jak pro zkoušení vlhkosti, tak pro zkoušení změny rozměrů jako minimální počet 4 vzorky z každé desky.

Počet odebraných zkušebních těles po konzultaci s firmou DDL Lukavec, pro kterou budou výsledná data zpracovávány, a s vedoucím práce, byl počet vzorků stanoven na počet 25 ks.

4.3. Rozměry a odběr zkušebních těles

Zkušební tělesa byla z desky odebrána náhodně, tak aby tělesa zastupovala co největší plochu a minimálně 5 z každé skupiny bylo odebráno na kraji, tak aby přiléhala k formátované hraně této desky. Tělesa byla odebrána tak, aby jejich boky byly čisté, bez opálení a byly kolmé k rovině desky.

Při zjišťování vlhkosti zkušebního tělesa není důležitá velikost ani tvar. Zkušební těleso podle normy ČSN EN 322 musí mít minimální hmotnost 20g a musí být očištěné od třísek a pilin. Rozměry zkušebních těles byly stanoveny na rozměr 5x5 cm.

4.4. Metodika

Zkušební tělesa byla klimatizována ve vlhkostním prostředí s 20% relativní vlhkostí vzduchu při teplotě 23°C. Po ustálení hmotnosti těles v tomto prostředí byla relativní vlhkost vzduchu změněna na 70 %. Teplota prostředí zůstala stejná. Tělesa byla během klimatizace v prostředí s vyšší relativní vlhkostí každé 4 hodiny (4x denně) vážena až do ustálení hmotnosti. Z tohoto prostředí byla opět změněna hodnota relativní vlhkosti vzduchu znovu na 20% při teplotě 23°C. Tělesa byla po 4 hodinách (4x denně) vážena taktéž do ustálení hmotnosti. Následně byla tělesa vysušena a byla zjištěna hmotnost pro výpočet vlhkosti těles. Vážení byla prováděna vyjmutím skupiny těles jedné tloušťky a jednoho druhu MDF desky. Tyto skupiny byly zváženy bezprostředně po vyjmutí z komory a ihned po té umístěny zpět do klimatizační komory. Vážení jedné skupiny trvalo v průměru 5 minut.

V každém prostředí, po ustálení hmotnosti těles, byla zjišťována vlhkost.

4.4.1. Klimatizační zařízení a klimatizace těles

Zkušební tělesa byla klimatizována v klimatizační komoře WTB Binder KBF 240 s rozpětím měření 10 až 80% relativní vzdušné vlhkosti při povrchu těles do konstantní hmotnosti v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu s odchylkou $\pm 0,3$ %. Za konstantní byla hmotnost považována, když výsledky dvou po sobě následujících vážení vykonaných v intervalu 24h, se nelišily o více než 0,1% hmotnosti zkušebního tělesa.

4.4.2. Použitá měřidla

Rozměry byly měřeny posuvným digitálním měřidlem Mitutoyo NTD12-15C s přesností měření 0,01 mm. Hmotnost těles byla zjišťována laboratorní vahou Sartorius HF 1200G.

4.4.3. Zjišťování obsahu vlhkosti (ČSN EN 322)

Stanovení vlhkosti spočívá v zjištění ztráty hmotnosti zkušebního tělesa vážením mezi jeho stavem v čase, kdy bylo klimatizováno na rovnovážnou vlhkost v daném prostředí a po jeho vysušení v sušárně na konstantní hmotnost při teplotě (103 ± 2) °C. Těleso je považováno za vysušené, když se jeho výsledky dvou vážení, které byly provedeny v časovém intervalu 6 hodin, neliší o více než 0,1 % hmotnosti zkušebního tělesa. Po vysušení byly vzorky ochlazeny v exsikátoru na teplotu místnosti. Poté byly vzorky váženy laboratorní váhou Sartorius HF 1200G rychlostí zabráňující zvýšení vlhkosti o více jak 0,1%.

Vlhkost byla vypočtena podle vzorce:

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

w - vlhkosti zkušebního tělesa [%]

m_1 – hmotnost zkušebního tělesa před vysušením [g]

m_0 – hmotnost zkušebního tělesa po vysušení [g]

5. Výsledky a diskuze

V této části diplomové práce jsou v tabulkách a grafech znázorněny získané výsledky z jednotlivých měření, které byli v rámci diplomové práce provedeny. Z důvodu přehlednosti jsou zde uváděny již zpracované výsledky jednotlivých měření.

Pro danou zkoušku jsou zde uváděny údaje:

\bar{x} - aritmetický průměr

s – směrodatná odchylka

v – variační koeficient

\tilde{x} - medián

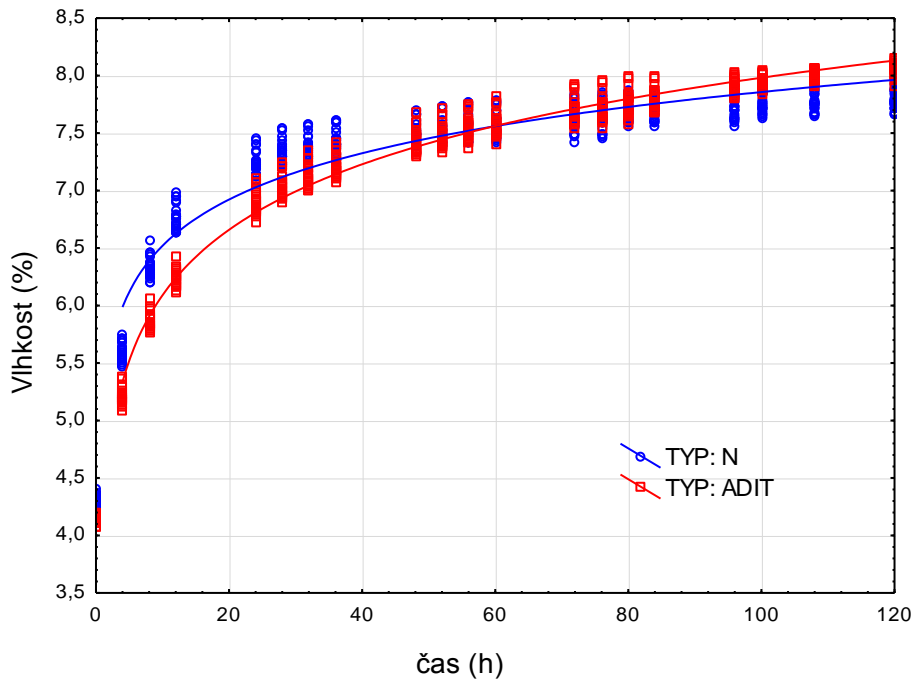
16 mm Sorbce		čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	80	84	96	100	108	120
Medián		N	4,29	5,59	6,31	6,76	7,22	7,32	7,37	7,41	7,49	7,53	7,54	7,58	7,62	7,62	7,69	7,70	7,71	7,74	7,76	7,78
ADIT		N	4,15	5,19	5,85	6,24	6,87	7,01	7,11	7,21	7,42	7,46	7,53	7,56	7,67	7,70	7,77	7,80	7,90	7,93	8,01	8,08
Aritmetický průměr		N	4,30	5,60	6,33	6,77	7,24	7,34	7,39	7,43	7,51	7,54	7,56	7,59	7,62	7,63	7,70	7,70	7,72	7,76	7,78	7,79
ADIT		N	4,15	5,21	5,87	6,24	6,89	7,03	7,13	7,21	7,43	7,48	7,54	7,57	7,70	7,72	7,76	7,80	7,91	7,94	8,00	8,07
Rozptyl		N	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ADIT		N	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Směrodatná odchylka		N	0,06	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
ADIT		N	0,03	0,07	0,07	0,07	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,06	0,06	0,05	0,06
Variační koeficient		N	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ADIT		N	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
25 mm Sorbce		čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	80	84	96	100	108	120
Medián		N	4,37	5,48	6,03	6,44	7,00	7,19	7,27	7,35	7,55	7,61	7,65	7,68	7,78	7,81	7,95	7,96	7,99	8,03	8,07	8,11
ADIT		N	4,48	5,46	6,12	6,54	7,17	7,27	7,37	7,44	7,63	7,67	7,71	7,75	7,84	7,85	7,90	7,93	7,98	8,01	8,03	8,08
Aritmetický průměr		N	4,35	5,47	6,03	6,45	7,01	7,20	7,29	7,37	7,56	7,62	7,67	7,70	7,79	7,82	7,94	7,96	8,02	8,05	8,09	8,13
ADIT		N	4,47	5,48	6,11	6,53	7,16	7,27	7,37	7,44	7,61	7,65	7,69	7,72	7,80	7,83	7,89	7,92	7,98	8,01	8,06	8,09
Rozptyl		N	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ADIT		N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Směrodatná odchylka		N	0,07	0,09	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13
ADIT		N	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,12	0,11	0,11	0,12
Variační koeficient		N	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
ADIT		N	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
40 mm Sorbce		čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	80	84	96	100	108	120
Medián		N	4,42	5,68	6,39	6,85	7,63	7,82	7,94	8,05	8,29	8,37	8,42	8,47	8,59	8,62	8,69	8,71	8,77	8,81	8,84	8,83
ADIT		N	4,59	5,75	6,50	6,92	7,58	7,70	7,79	7,87	8,01	8,04	8,08	8,10	8,16	8,16	8,19	8,22	8,29	8,30	8,34	8,36
Aritmetický průměr		N	4,41	5,65	6,35	6,83	7,61	7,81	7,95	8,06	8,32	8,39	8,46	8,51	8,63	8,65	8,72	8,73	8,78	8,81	8,83	8,85
ADIT		N	4,59	5,74	6,48	6,90	7,57	7,70	7,79	7,86	8,00	8,04	8,06	8,09	8,15	8,16	8,19	8,22	8,28	8,29	8,32	8,34
Rozptyl		N	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
ADIT		N	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Směrodatná odchylka		N	0,05	0,09	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,15	0,17	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,17	0,16	0,14	0,14	0,14	0,15
ADIT		N	0,04	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Variační koeficient		N	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
ADIT		N	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabulka č. 4 Obsah vlhkosti MDF, tloušťky 16, 25 a 40 mm při absorpci během klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na prostředí 70%RH/23°C

16 mm Desorbce	čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	84	96	108	
		N	27,21	7,91	6,83	6,16	5,70	4,93	4,85	4,76	4,66	4,39	4,36	4,33	4,32	4,19	4,18	4,18	4,14
	Medián	ADIT	29,23	8,13	7,04	6,50	6,05	5,22	5,08	4,98	4,86	4,53	4,50	4,46	4,43	4,26	4,25	4,23	4,19
		N	27,15	7,90	6,81	6,16	5,70	4,91	4,84	4,75	4,66	4,39	4,35	4,33	4,32	4,19	4,19	4,18	4,15
	Aritmetický průměr	ADIT	28,94	8,16	7,06	6,51	6,04	5,19	5,07	4,96	4,86	4,53	4,49	4,46	4,44	4,27	4,26	4,22	4,19
		N	27,15	7,90	6,81	6,16	5,70	4,91	4,84	4,75	4,66	4,39	4,35	4,33	4,32	4,19	4,19	4,18	4,15
	Rozptyl	ADIT	0,22	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	0,22	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Směrodatná odchylka	ADIT	0,53	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	0,47	0,12	0,10	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04
Variační koeficient	ADIT	0,73	0,11	0,09	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	
	N	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
ADIT	ADIT	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	N	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
25 mm Desorbce	čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	84	96	108	
		N	44,92	8,12	7,15	6,57	6,14	5,29	5,15	5,06	4,96	4,62	4,57	4,52	4,49	4,32	4,32	4,29	4,22
	Medián	ADIT	46,76	8,21	7,16	6,63	6,25	5,47	5,31	5,20	5,09	4,77	4,69	4,65	4,65	4,47	4,47	4,39	4,34
		N	44,82	8,13	7,16	6,58	6,13	5,29	5,16	5,05	4,94	4,62	4,56	4,51	4,49	4,32	4,31	4,28	4,21
	Aritmetický průměr	ADIT	46,48	8,16	7,15	6,65	6,25	5,43	5,31	5,20	5,09	4,76	4,69	4,65	4,62	4,45	4,45	4,39	4,35
		N	44,82	8,13	7,16	6,58	6,13	5,29	5,16	5,05	4,94	4,62	4,56	4,51	4,49	4,32	4,31	4,28	4,21
	Rozptyl	ADIT	0,17	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
		N	0,17	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
	Směrodatná odchylka	ADIT	1,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	0,42	0,13	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08	0,06	0,05
Variační koeficient	ADIT	1,03	0,16	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,05	0,05	
	N	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	
ADIT	ADIT	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
	N	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
40 mm Desorbce	čas (h)	0	4	8	12	24	28	32	36	48	52	56	60	72	76	84	96	108	
		N	56,96	8,83	7,69	6,94	6,39	5,41	5,26	5,13	5,01	4,66	4,60	4,55	4,53	4,36	4,41	4,35	4,31
	Medián	ADIT	64,54	8,33	7,27	6,73	6,29	5,43	5,29	5,18	5,06	4,73	4,69	4,63	4,60	4,42	4,46	4,41	4,35
		N	57,37	8,86	7,67	6,93	6,40	5,41	5,26	5,12	5,01	4,66	4,60	4,55	4,52	4,35	4,40	4,36	4,31
	Aritmetický průměr	ADIT	63,78	8,33	7,26	6,72	6,28	5,43	5,30	5,18	5,07	4,75	4,69	4,64	4,61	4,43	4,46	4,41	4,35
		N	57,37	8,86	7,67	6,93	6,40	5,41	5,26	5,12	5,01	4,66	4,60	4,55	4,52	4,35	4,40	4,36	4,31
	Rozptyl	ADIT	2,11	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		N	2,68	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Směrodatná odchylka	ADIT	1,45	0,20	0,13	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
		N	1,64	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
Variační koeficient	ADIT	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	N	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
ADIT	ADIT	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
	N	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	

Tabulka č. 5 Obsah vlhkosti MDF, tloušťky 16, 25 a 40 mm při desorbci během klimatizace z prostředí 70%RH/23°C na prostředí 20%RH/23°C

5.1.1. Absorpce

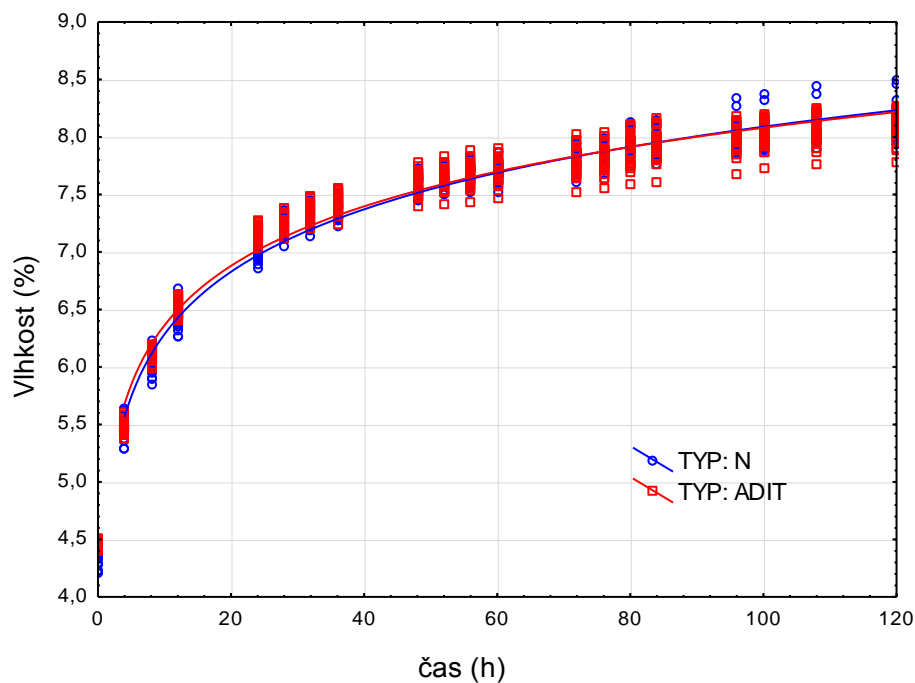


Graf č. 5 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 16 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na prostředí 70%RH/23°C

$$\text{TYP: N Vlhkost (\%)} = 5,1815 + 1,3377 \cdot \log_{10}(x)$$

$$\text{TYP: ADIT Vlhkost (\%)} = 4,1969 + 1,8923 \cdot \log_{10}(x)$$

Na grafu č. 5 je vidět znatelný rozdíl mezi typy MDF tloušťky 16 mm, který je viditelný ze začátku absorpce. MDF s aditivem navlhala ze začátku pomaleji než-li MDF bez aditiva. Tento rozdíl se postupně zmenšuje až k hranici 60hodin. Poté naopak MDF s aditivem vlhkost absorbuje více než-li MDF bez aditiva. Tento rozdíl by se nejspíše při delší klimatizaci v daném prostředí ustálil a oba typy MDF by byly na stejné úrovni. V celkovém měřeném čase ale MDF s aditivem absorbovala více vlhkosti než MDF bez aditiva.

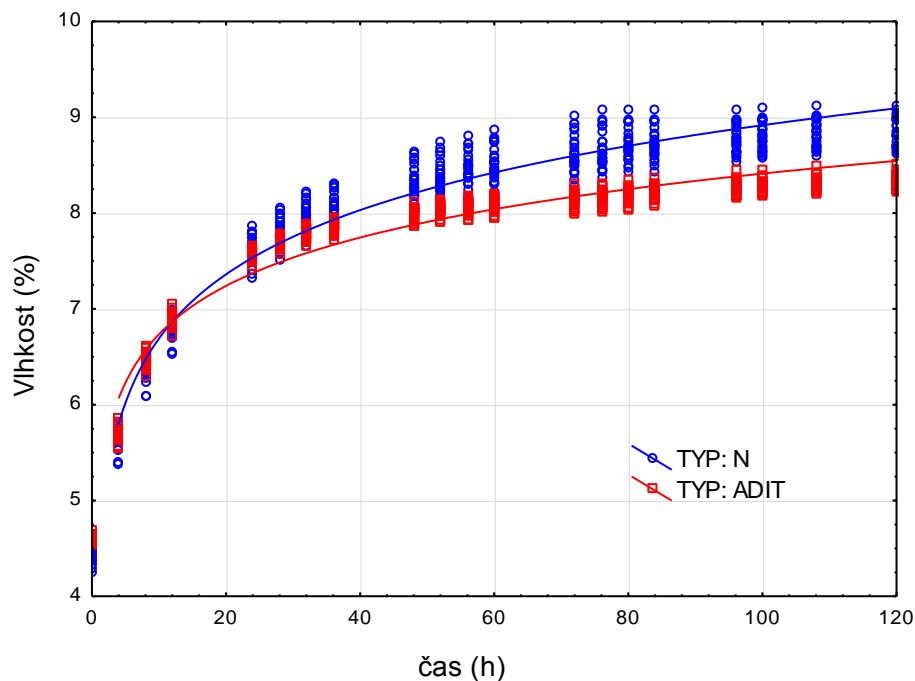


Graf č. 6 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 25 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na prostředí 70%RH/23°C

$$\text{TYP: N Vlhkost (\%)} = 4,4796 + 1,8049 \cdot \log_{10}(x)$$

$$\text{TYP: ADIT Vlhkost (\%)} = 4,6434 + 1,7185 \cdot \log_{10}(x)$$

U MDF tloušťky 25 mm nebyl zjištěn výrazný rozdíl při absorpci obou typů MDF jak je vidět na grafu č. 6. Oba typy jsou během celého průběhu ustálení v klimatizovaném prostředí na stejných hodnotách. Doba ustálení v daném prostředí probíhala u obou typů MDF stejně dlouho.



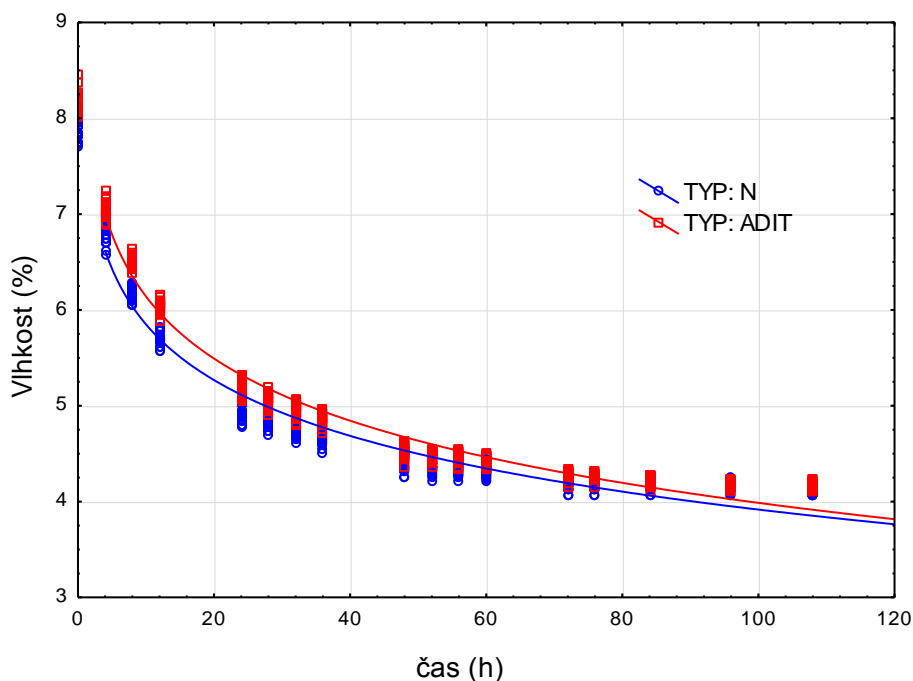
Graf č. 7 Závislost vlhkosti MDF v čase, Absorpce, tloušťka 40 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 20%RH/23°C na prostředí 70%RH/23°C

$$\text{TYP: N Vlhkost (\%)} = 4,4621 + 2,2273 \cdot \log_{10}(x)$$

$$\text{TYP: ADIT Vlhkost (\%)} = 5,057 + 1,6774 \cdot \log_{10}(x)$$

Na grafu č. 7 je viditelné, že MDF tloušťky 40 mm s aditivem absorbovala méně vlhkosti než v měřeném časovém rozsahu než MDF bez aditiva. Normální MDF zpočátku absorbovala více vlhkosti až do hranice 40 hodin, kdy se razantní stoupání vlhkosti zpomalilo a pak se jen mírně lišilo od MDF s aditivem.

5.1.2. Desorpce

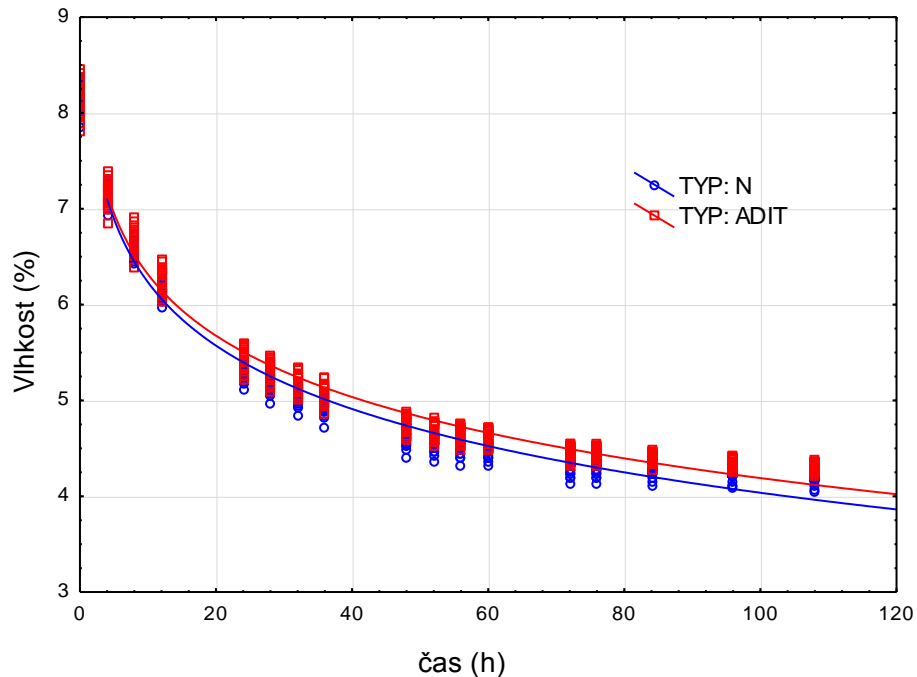


Graf č. 8 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorpce, tloušťka 16 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 70%RH/23°C na prostředí 20%RH/23°C

$$\text{TYP: N Vlhkost (\%)} = 7,783 - 1,9332 \cdot \log_{10}(x)$$

$$\text{TYP: ADIT Vlhkost (\%)} = 8,295 - 2,1542 \cdot \log_{10}(x)$$

Graf č. 8 s desorpcí MDF tloušťky 16 mm znázorňuje téměř stejné křivky MDF s aditivem a bez aditiva. Minimální rozdíl je čitelný ze začátku měření do 5 hodin. Poté se MDF s aditivem zpomaluje o něco rychleji až do časové hranice 60 hodin, kdy vlhkost obou typů MDF klesá stejnou rychlostí. Desorpce obou typu trvala stejnou dobu. Při delším měření by se vlhkosti nejspíše vyrovnali na stejnou vlhkost.

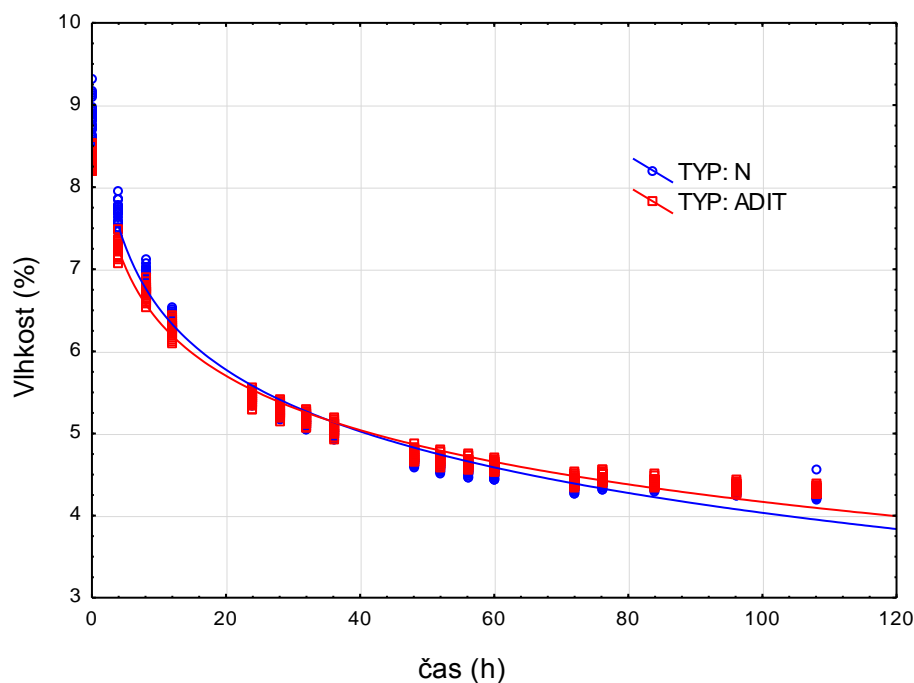


Graf č. 9 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorpce, tloušťka 25 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 70%RH/23°C na prostředí 20%RH/23°C

$$\text{TYP: N Vlhkost (\%)} = 8,4303 - 2,1969 \cdot \log_{10}(x)$$

$$\text{TYP: ADIT Vlhkost (\%)} = 8,4413 - 2,1259 \cdot \log_{10}(x)$$

MDF tloušťky 25 mm byla už od začátku měření rozdílná. Oba dva typy na začátku měli podobnou vlhkost, poté se ale vlhkost uvolňovala rychleji z MDF bez aditiva. Rozdíl mezi oběma typy se zvětšoval až do časové hranice 60 hodin. Po této hranici se rozdíl křivek MDF nijak nelišil. Doba desorpce MDF s aditivem v klimatizovaném prostředí trvala stejně dobu jako desorpce MDF bez aditiva.

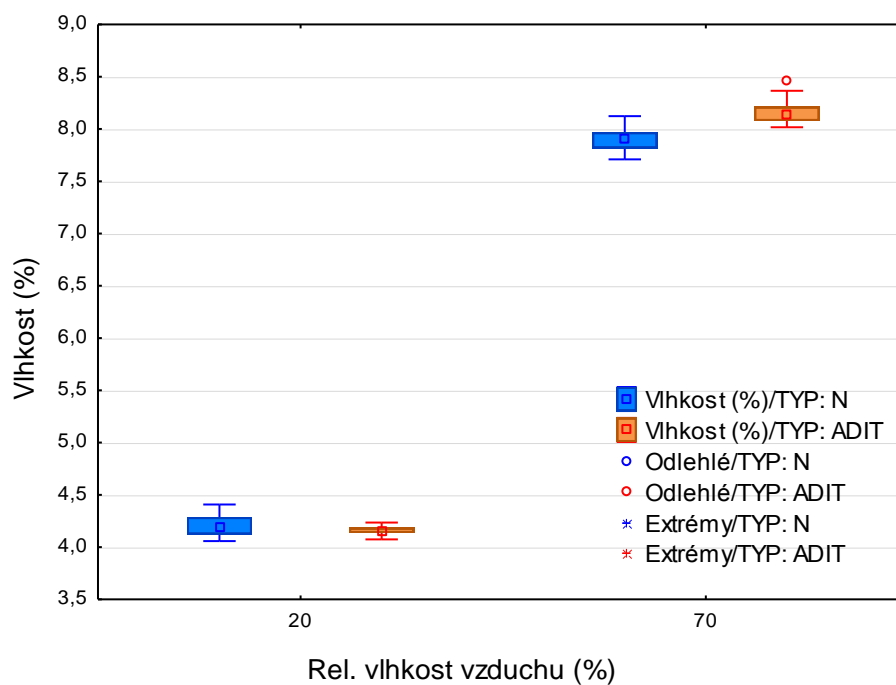


Graf č. 10 Závislost vlhkosti MDF v čase, Desorbce, tloušťka 40 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem; klimatizace z prostředí 70%RH/23°C na prostředí 20%RH/23°C
 TYP: N Vlhkost (%) = $9,0189 - 2,4923 \cdot \log_{10}(x)$
 TYP: ADIT Vlhkost (%) = $8,5588 - 2,1956 \cdot \log_{10}(x)$

Z grafu č. 10 je patrné, že vlhkost z celkové desorpce MDF tloušťky 40 mm klesala více u MDF bez aditiva. Vlhkost aditiva klesala pomaleji, nejen v tomto grafu ale i v ostatních. To bude nejspíše způsobeno právě přidáním aditiva při výrobě MDF.

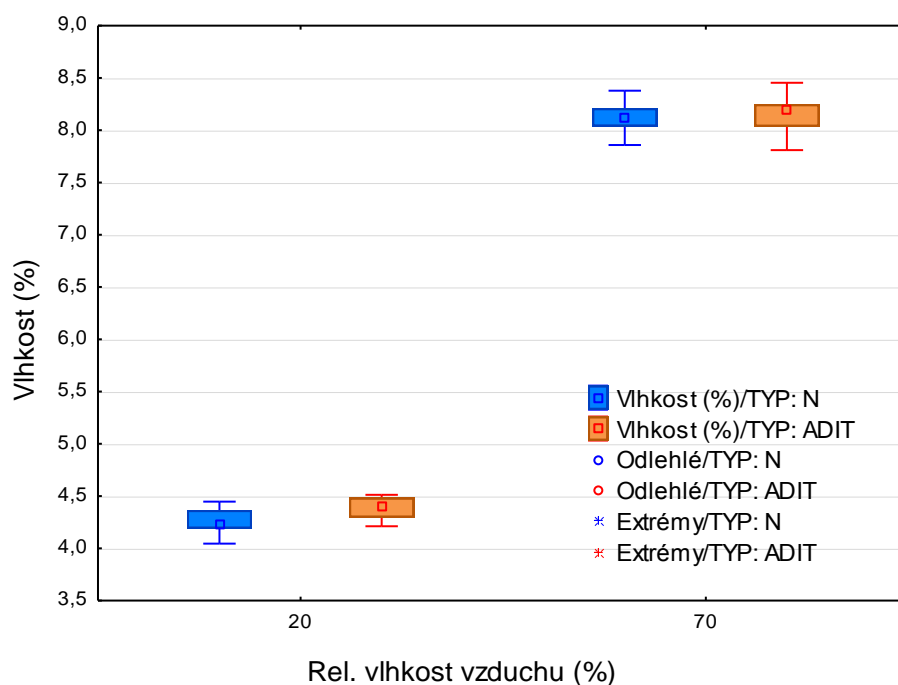
Z grafů je patrné, že nižší vlhkosti dosahují MDF desky bez aditiva. To může být způsobeno přidávkem množstvím lepidla používaného při výrobě (8 až 10 % UF na sušinu vlákna). Může to být také způsobeno větším množstvím parafínu přidávaného při mletí na vlákno (2 až 2,5 % na sušinu vlákna). Vliv na stav rovnovážné vlhkosti má také síran hlinitý Al_2SO_4 , který se přidává pro snížení pH před odvodněním vlákna. To má za následek vysrážení parafínové emulze na vlákně. Jako vedlejší efekt tohoto procesu je pak snížení navlhavosti. [Kollman a kol., 1975; Hrázský a Král, 2000; Štefka 2006]

5.1.3. Vlhkost v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

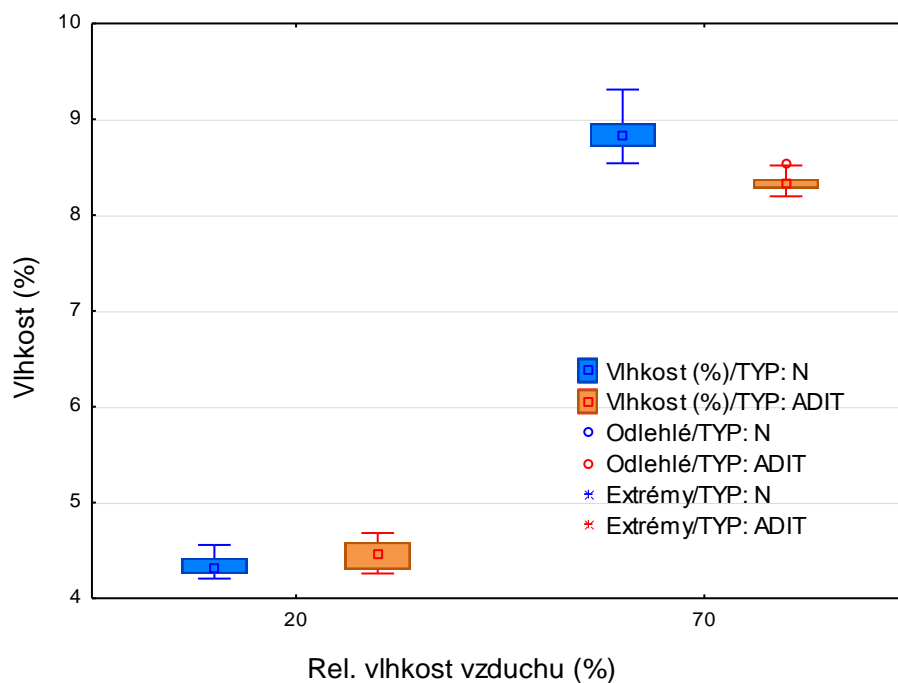


Graf č. 11 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu, v ustáleném prostředí 20% a 70% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 23°C, tloušťka 16 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem;

V grafu č. 11 můžeme při změně z 20% relativní vlhkosti vzduchu na 70% relativní vlhkost pozorovat zvýšení vlhkosti ze přibližných 4% na 8%. Nedá se uvažovat o dvojnásobku vlhkosti, ale o zvýšení vlhkosti o 90%.



Graf č. 12 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu, v ustáleném prostředí 20% a 70% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 23°C, tloušťka 25 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem;



Graf č. 13 Závislost vlhkosti MDF na rel. vlhkosti vzduchu v ustáleném prostředí 20% a 70% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 23°, tloušťka 40 mm, N- bez aditiva, ADIT- s aditivem;

6. Závěr

Diplomová práce byla původně zaměřena na vliv vlhkosti na povrchový odpor. Po prozkoumání literatury a zjištění dat do literární rešerše a to, že povrchový odpor je ovlivňován vlhkostí desky, bylo hlavní zaměření práce přeorientováno na zjišťování průběhu vlhkosti. Zaměření práce bylo pozměněno i na základě zájmu dřevozpracujícího družstva Lukavec, které projevilo zájem porovnat desky vyrábějící v tomto družstvu, aby získalo porovnání MDF bez aditiva a s aditivem. Cílem bylo zjištění a porovnání průběhu vlhkosti MDF bez aditiva a s aditivem při změně prostředí z 20% relativní vlhkosti vzduchu a teplotou 23 °C na prostředí 70% relativní vlhkosti vzduchu a teplotou 23°C a naopak. Dále se práce zabývala zjišťováním a porovnáváním rychlosti klimatizace z 20%RH/23°C na 70%RH/23°C a naopak.

Teoretická část je držena ve smyslu prvotního směru práce. Je zde popsán výzkum již prováděný v oblasti elektrického povrchového odporu a možnosti nanášení práškových nátěrových hmot elektrostatickým způsobem. Dále je zpracován přehled o možnostech elektrostatického nanášení a přehled o výrobě MDF.

Rychlost klimatizace MDF z prostředí 20% relativní vlhkosti vzduchu a teploty 23°C na 70% relativní vlhkosti vzduchu s teplotou 23°C trvala 120 hodin. Oba dva typy se ustálily během této doby. Teorie, že MDF s aditivem se klimatizuje déle byla vyvrácena. Při desorpci z prostředí 70% relativní vlhkosti vzduchu s teplotou 23°C na prostředí 20% relativní vlhkosti vzduchu s teplotou 23°C se taktéž čas obou typů nelišil a zkušební tělesa byla v daném prostředí aklimatizována v časovém úseku 108 hodin.

Absorpce

Průběh vlhkosti v závislosti na čase se u adsorpce významně statistky liší do 28 hodin. Vyplývá to ze statistické analýzy rozptylu ANOVA a na jejím základě provedeného Tukeyova HSD testu. Analýza a test jsou přiloženy v příloze DP. Rychlý vzestup vlhkosti je viditelný i na grafech u jednotlivých tloušťek MDF desek.

Desorpce

Průběh vlhkosti v závislosti na čase se u desorpce významně statisticky liší do 48 hodin. Poté už rozdíl měření v intervalu 4 hodin není statisticky významný. Vyplyvá to opět ze statistické analýzy rozptylu ANOVA a na jejím základě provedeného Tukeyova HSD testu. Analýza a test jsou též přiloženy v příloze DP. Opět je v grafech jednotlivých tloušťek MDF desek viditelný rychlý spád vlhkosti do časového úseku 48 hodin.

V jednotlivých grafech tloušťek MDF desek, jak u absorpce, tak i u desorpce je viditelný rozdíl mezi průběhem křivky MDF s aditivem a bez aditiva. Tento rozdíl je zřejmě způsoben použitím aditiva.

U každé tloušťky a typu MDF byla určena závislost pomocí nelineární regrese. Dané údaje jsou uvedeny ve výsledcích u grafů příslušných tloušťek MDF.

V poslední řadě byla zjišťována vlhkost v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Bylo zjištěno, že vlhkost se zvětšila z klimatizovaného prostředí 20% relativní vlhkosti vzduchu v klimatizovaném prostředí 70% relativní vlhkosti přibližně o 90%.

Zdroje

Knihy

BÖHM, M. – BOMBA, J. – RAISNER, J. *Materiály na bázi dřeva*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. 183 s. ISBN 987-80-213-2251-6

KELLY, Myron W. *Critical literature review of relationship between processing parameters and physical properties of particleboard*. Gen. Tech. Rep. FPL-10. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1977. 65. s.

ŠTEFKA, Vilém. *KOMPOZITNÉ DREVNÉ MATERIÁLY Časť II. Technologie aglomerovaných materiálů*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 204 s. ISBN 80-228-1705-8

DEPPE, H. J. – ERNST, K. *MDF- Mitteldichte Faserplatten*. DRW – Verlag Weinbrenner GmbH u. Co, Leinfelden- Echterdingen, 1996. 200 s.

EISNER, K. *Technológia výroby konštrukčných veľkoplošných materiálov. časť II. Technológia aglomerovaných materiálov*. Zvolen: Vysoká škola lesnícka a drevárska vo Zvolene, 1978. 214 s.

KOLLMANN, Franz F. P. – KUENZI, E. W. – STAMM, A.J. *Principles of wood science and technology*. Wood based materials. Springer, Berlin: Springer Verlag, 1975. 703 s. ISBN 978-3-642-87931-9

SEDLIAČIK, M. – SEDLIAČIK, J. *Chemické látky v drevárskom priemysle*. TUZDFNDV – Katedra nábytku a drevárskych výrobkov. Zvolen: technická univerzita vo Zvolene, 1998. 286 s. ISBN 80-228-0745-1

ČÍŽEK, J. et. al. *Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek*. Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, 1985. 352 s.

HRÁZSKÝ, J. – KRÁL, P. (1949) *Technologie výroby aglomerovaných materiálů*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. 218 s.

SLEZÁK, O. Stříkání nátěrů v elektrostatickém poli. Knižnice strojírenské výroby, svazek 85. 1. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. 80 s.

THOEMEN, H. – IRLE, M. – SERNEK, M. *Wood-Based Panels*. An Introduction for Specialists. Brunel University Press, London: Brunel University Press, 2010. 283 s. ISBN 978-1-902316-82-6

Vědecké články

FISCHER, J. Seigeszug angetreten. *HK Holz- und Kunststoffverarbeitung*, 2000, č. 4, s. 62-64

STRICKLER, M. D. Effect of press cycle and MC on properties of Douglas-fir flakeboard. *Forest Products Journal*, 1959, 9 (7), s. 203-215

ZANETTI, M. – PIZZI, A. – KAMOUN, C. Upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 2003, 61, 55-65 ISSN: 0018-3768.

BEECH, J. The thickness swelling of particleboard. *Holzforschung*, 1975, 29, 1, 11 - 18

SUN, B.C.H. – HAWKE, R.N. – GALE, M.R. Effect of polyisocyanate level on physical properties of wood fiber composite materials. *Forest Products Journal*, 1994, 44, 4, 53 – 5

JOCHAM, C. – SCHMIDT, T. – WUZELLA, G. – TEISCHINGER, A. – KANDELBAUER, A. Adhesion Improvement of Powder Coating on Medium Density Fibreboard (MDF) by Thermal Pre-treatment. *J ADHES SCI TECHNOL.*, 2011, 25, 15, 1937-1946

Webové stránky

JEŽEK, J. Když se řekne práškování. Jevan Ledec nad Sázavou: galerie/články [online] 13. 3. 2012 [vid. 27. 2. 2014] Dostupné z WWW: <http://www.jevan.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=12:kdy-se-ekne-pakovani&catid=1:lanky&Itemid=14&lang=cs>

KREEGER, K. Application variables for powder coating systems. [online] 2012 [vid. 16. 4. 2014] Dostupné z WWW: <<http://www.nordson.com/en-us/divisions/industrial-coating/Literature/Powder%20Documentation/White%20Papers/PWR0669.pdf>>

Seznam norem

ČSN EN 316 (2009) Dřevovláknité desky – Definice, klasifikace a značky. Úřad pro technickou normalizaci

ČSN EN 322 (1994) Desky z dřeva. Zjišťování vlhkosti. Český normalizační institut

ČSN EN 323 (1994) Desky z dřeva. Zjišťování hustoty. Český normalizační úřad

ČSN EN 325 (2012) Desky na bázi dřeva – Stanovení rozměrů zkušebních těles. Úřad pro technickou normalizaci

ČSN EN 326-1 (1997) Desky ze dřeva - Odběr vzorků, nařezávání a kontrola – Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky. Český normalizační úřad

ČSN EN 622-5 (2010) Vlákenné desky – Požadavky – Část 5: Požadavky na desky vyrobené suchým procesem (MDF). Úřad pro technickou normalizaci

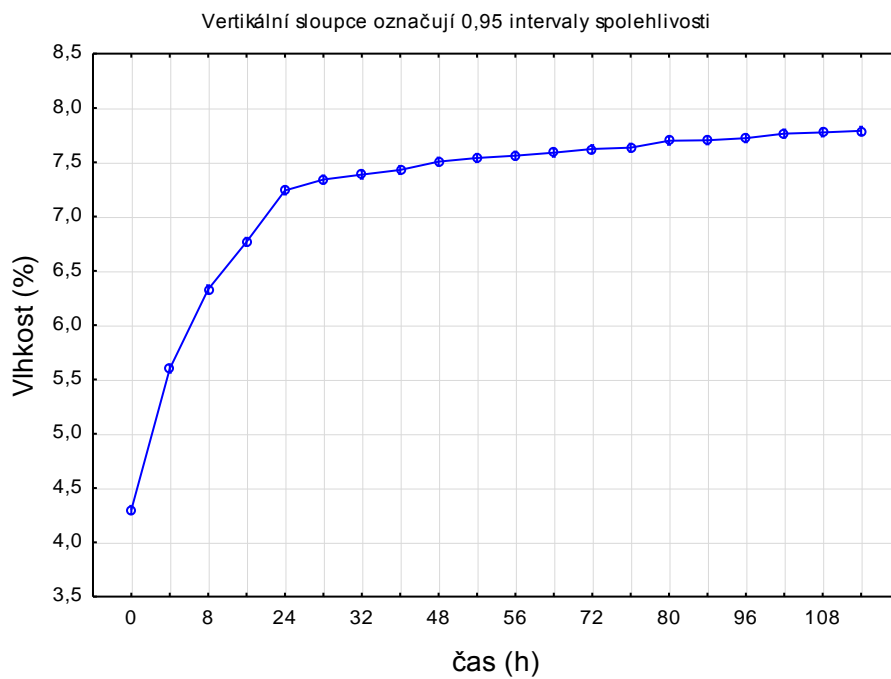
ČSN EN 318 (2003) Desky ze dřeva – Stanovení rozměrových změn v závislosti na změnách relativní vlhkosti vzduchu. Český normalizační institut

Seznam příloh

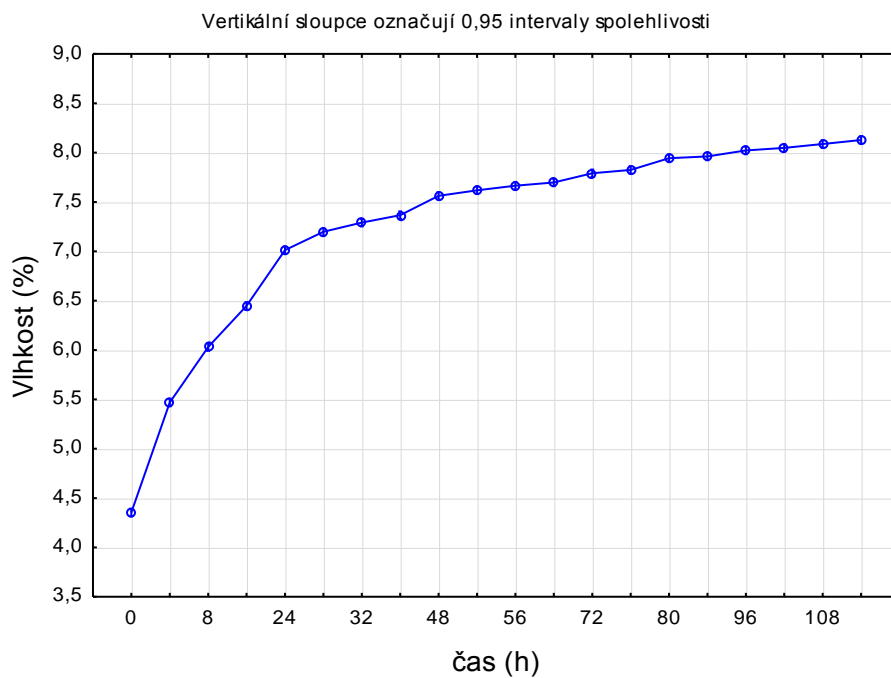
Příloha č. 1 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 16 mm	50
Příloha č. 2 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 25 mm	50
Příloha č. 3 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 40 mm	51
Příloha č. 4 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 16 mm	51
Příloha č. 5 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 25 mm	52
Příloha č. 6 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 40 mm	52
Příloha č. 7 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 16 mm	53
Příloha č. 8 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 25 mm	53
Příloha č. 9 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 40 mm	54
Příloha č. 10 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 16 mm	54
Příloha č. 11 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 25 mm	55
Příloha č. 12 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 40 mm	55
Příloha č. 13 Tukeyův HSD test, vlevo Absorpce, vpravo Desorpce	56
Příloha č. 14 Technické údaje klimatizační komory Binder KBF 240	57
Příloha č. 15 Diagram pracovních teplot a vlhkostí komory Binder KBF 240	58
Příloha č. 16 Klimatizační komora Binder KBF 240	59
Příloha č. 17 Průběh zkoušky: Povrchové měření odporu (levý sloupec - přední strana, levý sloupec - zadní strana); připravené vzorky MDF (horní fotografie); čelní pohled na uspořádání elektrod (fotografie uprostřed); měření el. odporu (dolní fotografie) [JOCHAM et. al., 2011]	60

Příloha č. 18 Posuvné digitální měřidlo Mitutoyo NTD12-15C.....	61
Příloha č. 19 Laboratorní váha Sartorius HF 1200G	61
Příloha č. 20 Desorpční izoterma DVD	62
Příloha č. 21 Sorpční izoterma dřeva	62
Příloha č. 22 Zkušební tělesa uložené v klimatizační komoře Binder KBF 240	63

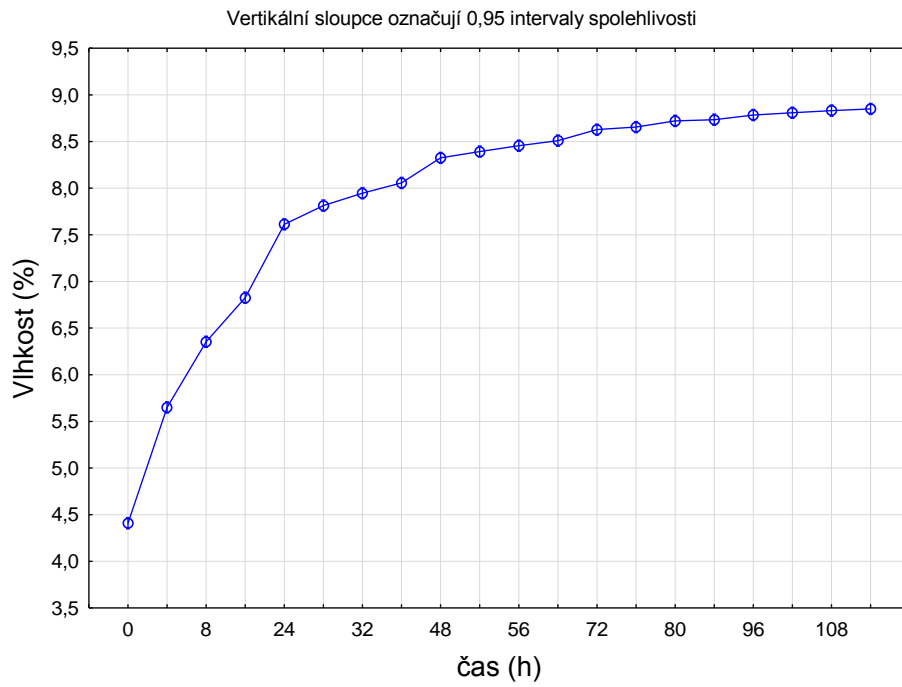
Příloha č. 1 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 16 mm



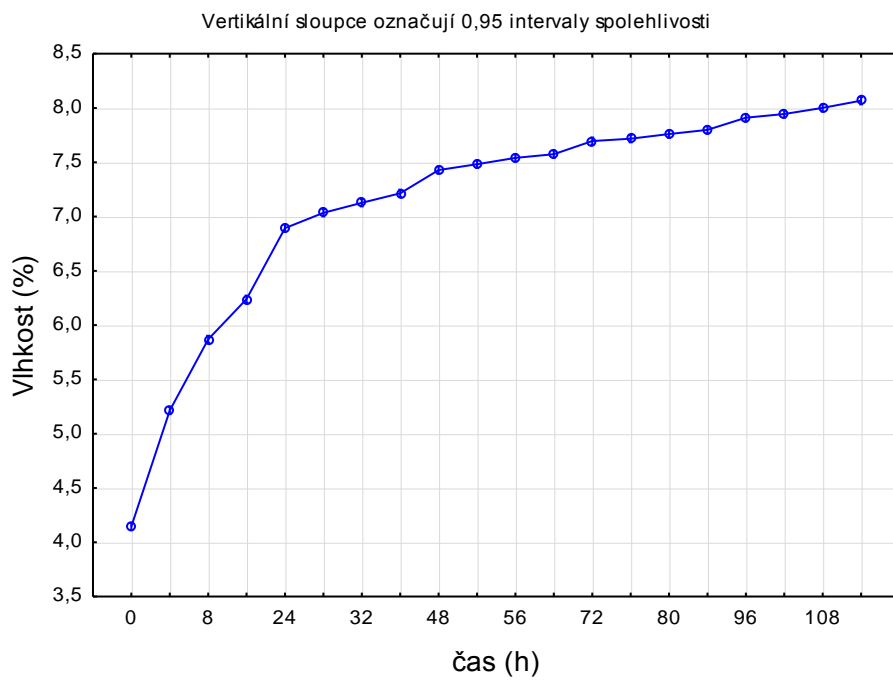
Příloha č. 2 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 25 mm



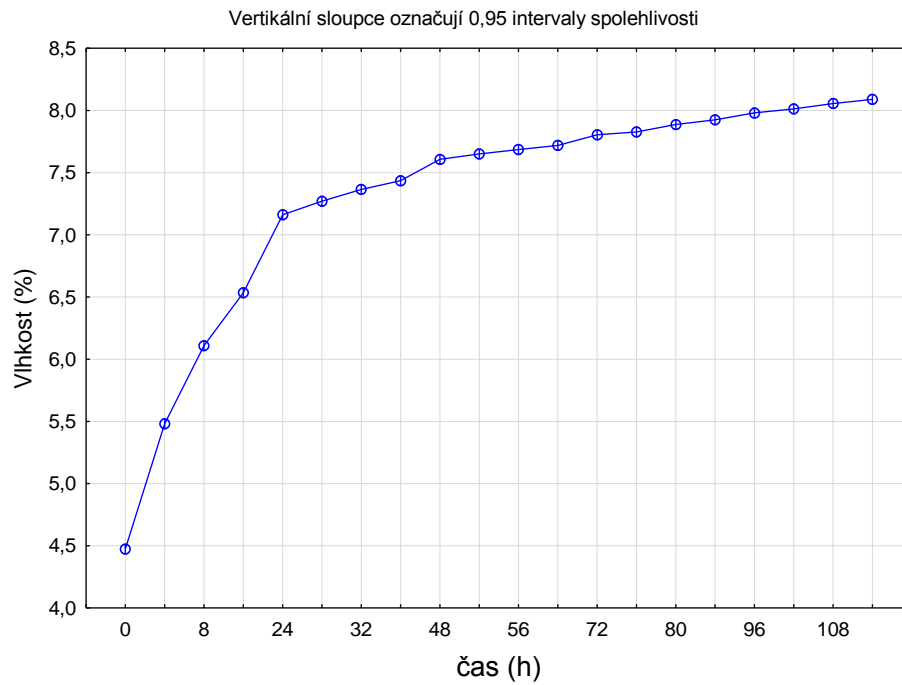
Příloha č. 3 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 40 mm



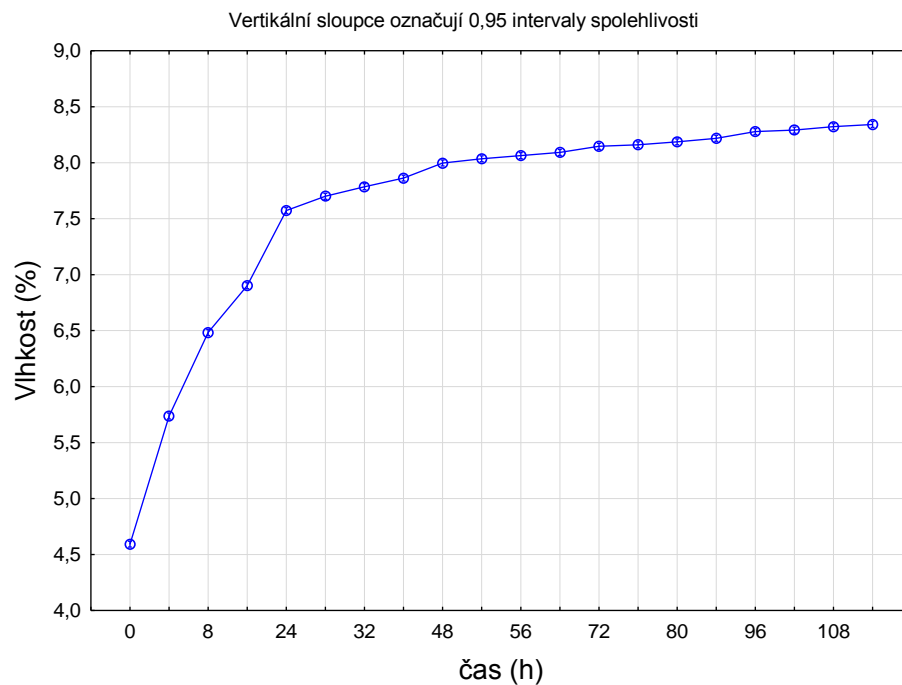
Příloha č. 4 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 16 mm



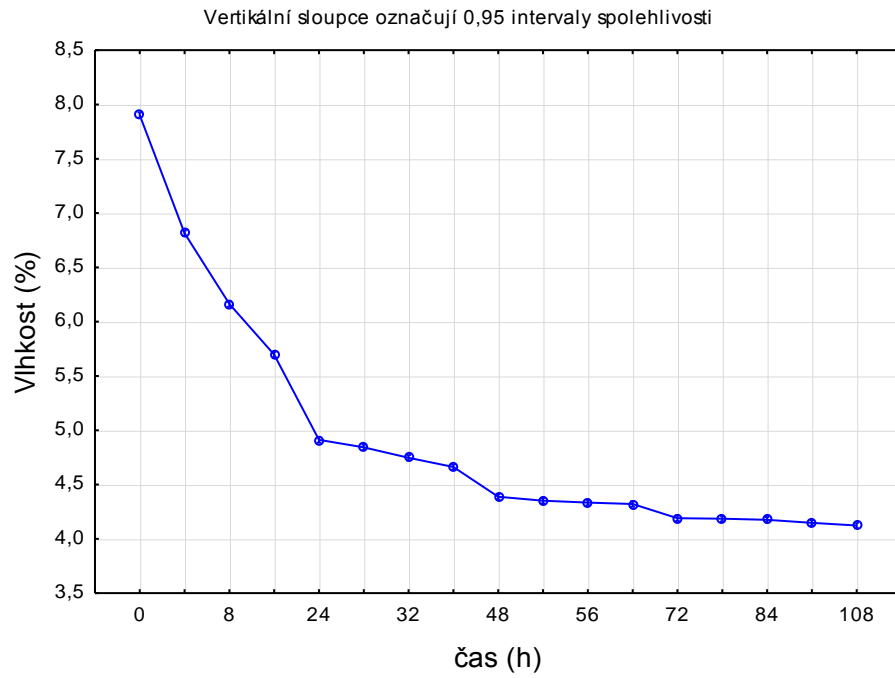
Příloha č. 5 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 25 mm



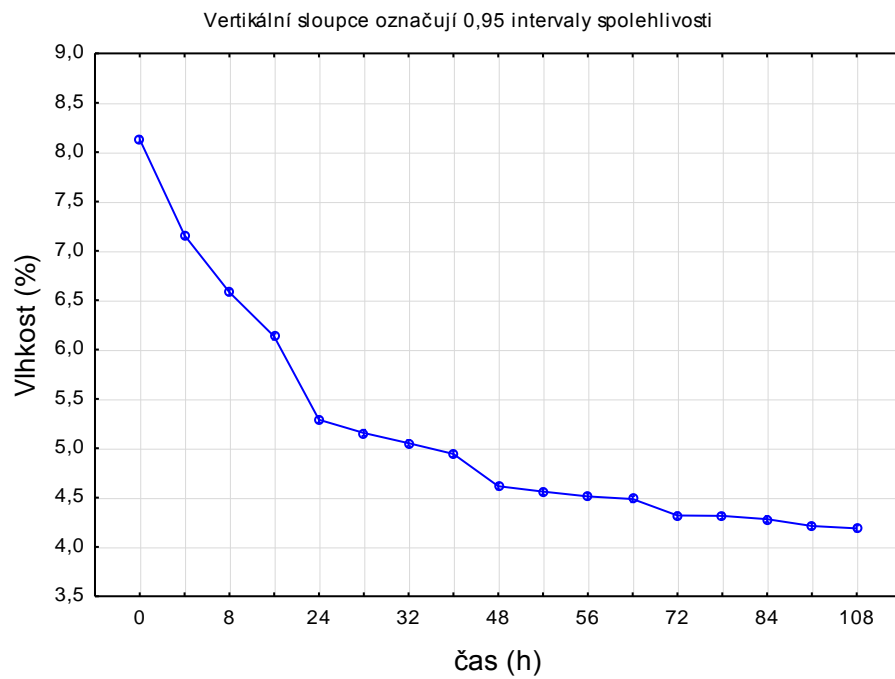
Příloha č. 6 Analýza rozptylu ANOVA, Absorpce, MDF s aditivem, tloušťka 40 mm



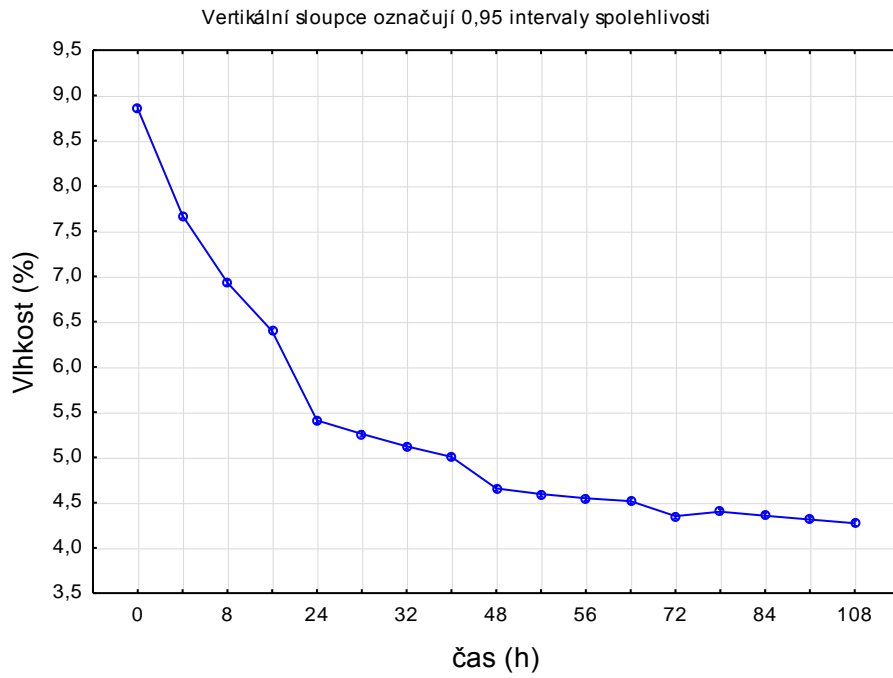
Příloha č. 7 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 16 mm



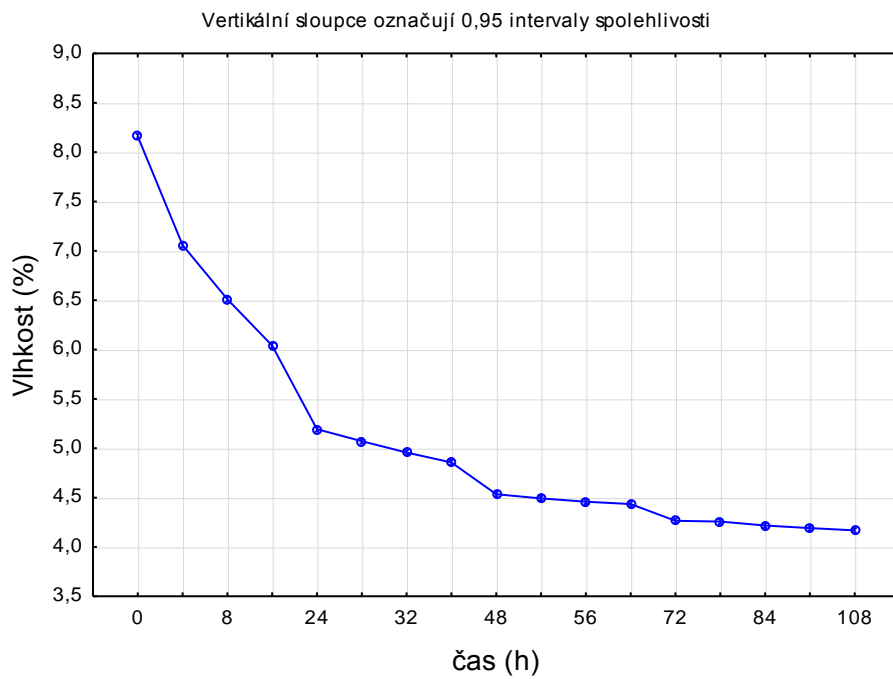
Příloha č. 8 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 25 mm



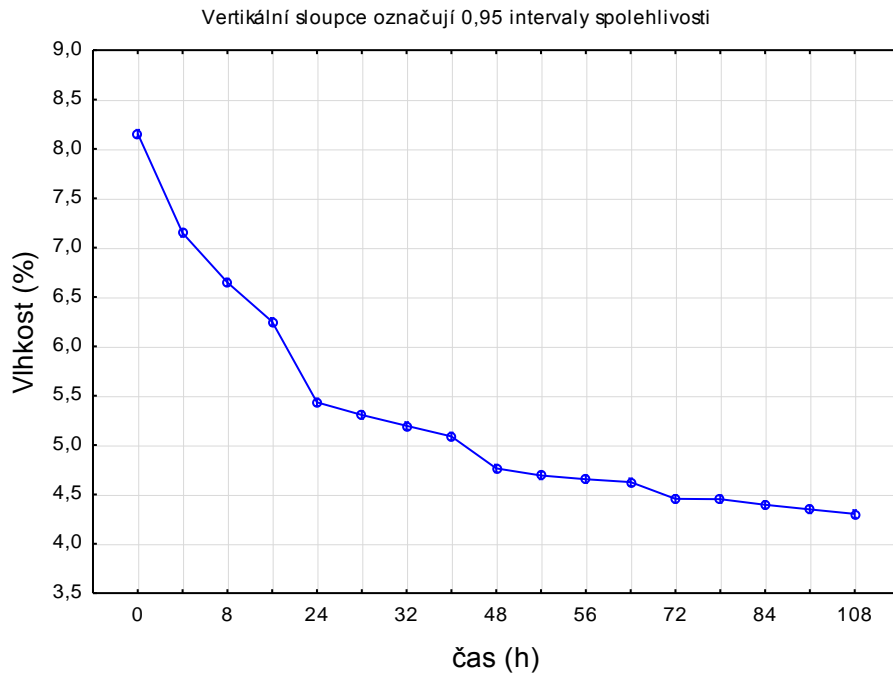
Příloha č. 9 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF bez aditiva, tloušťka 40 mm



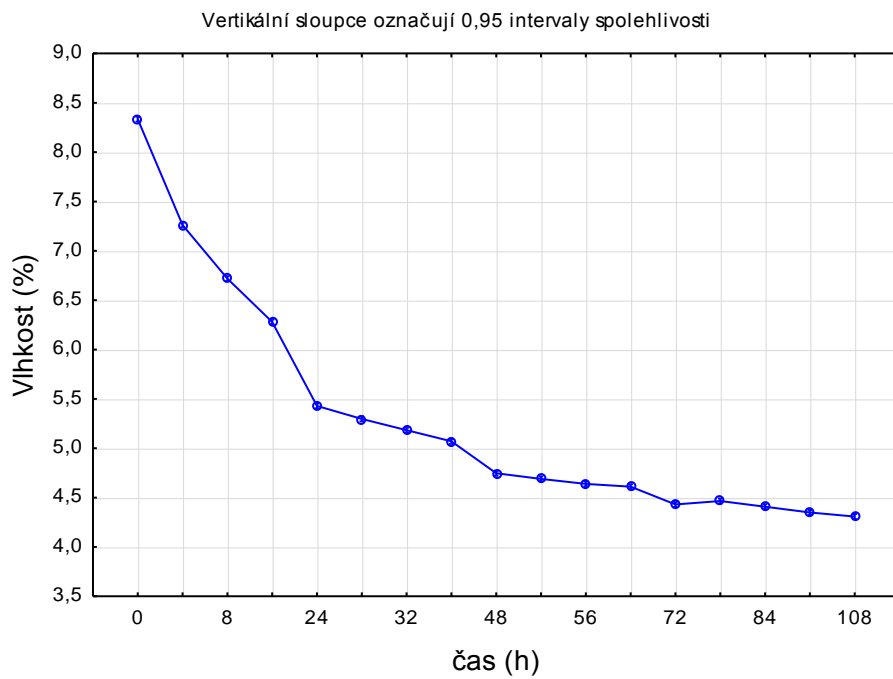
Příloha č. 10 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 16 mm



Příloha č. 11 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 25 mm



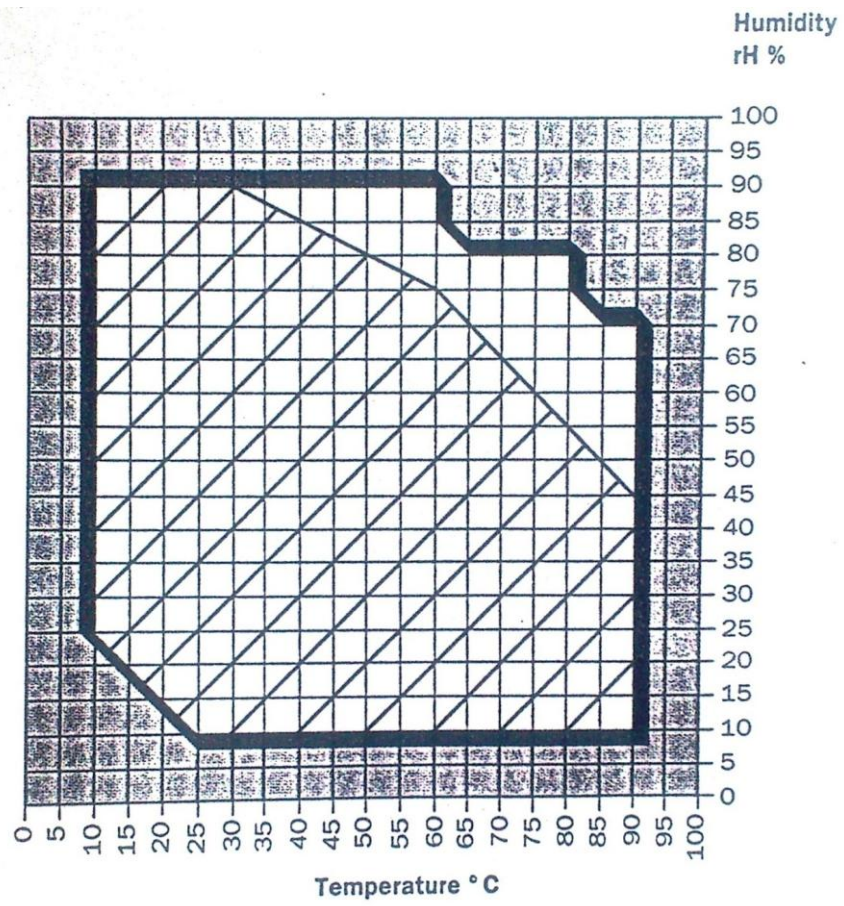
Příloha č. 12 Analýza rozptylu ANOVA, Desorpce, MDF s aditivem, tloušťka 40 mm



Příloha č. 14 Technické údaje klimatizační komory Binder KBF 240

Vnější rozměry	
Šířka (mm)	930
Výška (mm)	1460
Hloubka (mm)	800
Vnitřní rozměry	
Šířka (mm)	650
Výška (mm)	785
Hloubka (mm)	485
Objem (l)	247
Počet polic	
v dodávce	2
možný	9
Zatížení police	30
Zatížení komory	100
Počet dveří	2
Rozsah teplot	
bez zap. vlhk. a světla (°C)	0 až 70
se zap. vlhkostí (°C)	10 až 70
Teplotní odchylka	
prostor., při 25 °C, bez zap. vlhk. (±°C)	0,2
prostor., při 40 °C, bez zap. vlhk. (±°C)	0,3
prostor., se zap. vlhkostí (±°C)	0,3
časová	0,1
Rozsah reg. vlhkosti, % rel.	10 až 80
Citlivost nast. vlhkosti, ± %	3
Krytí IP	20
Napájení (V)	230
Příkon (W)	2100

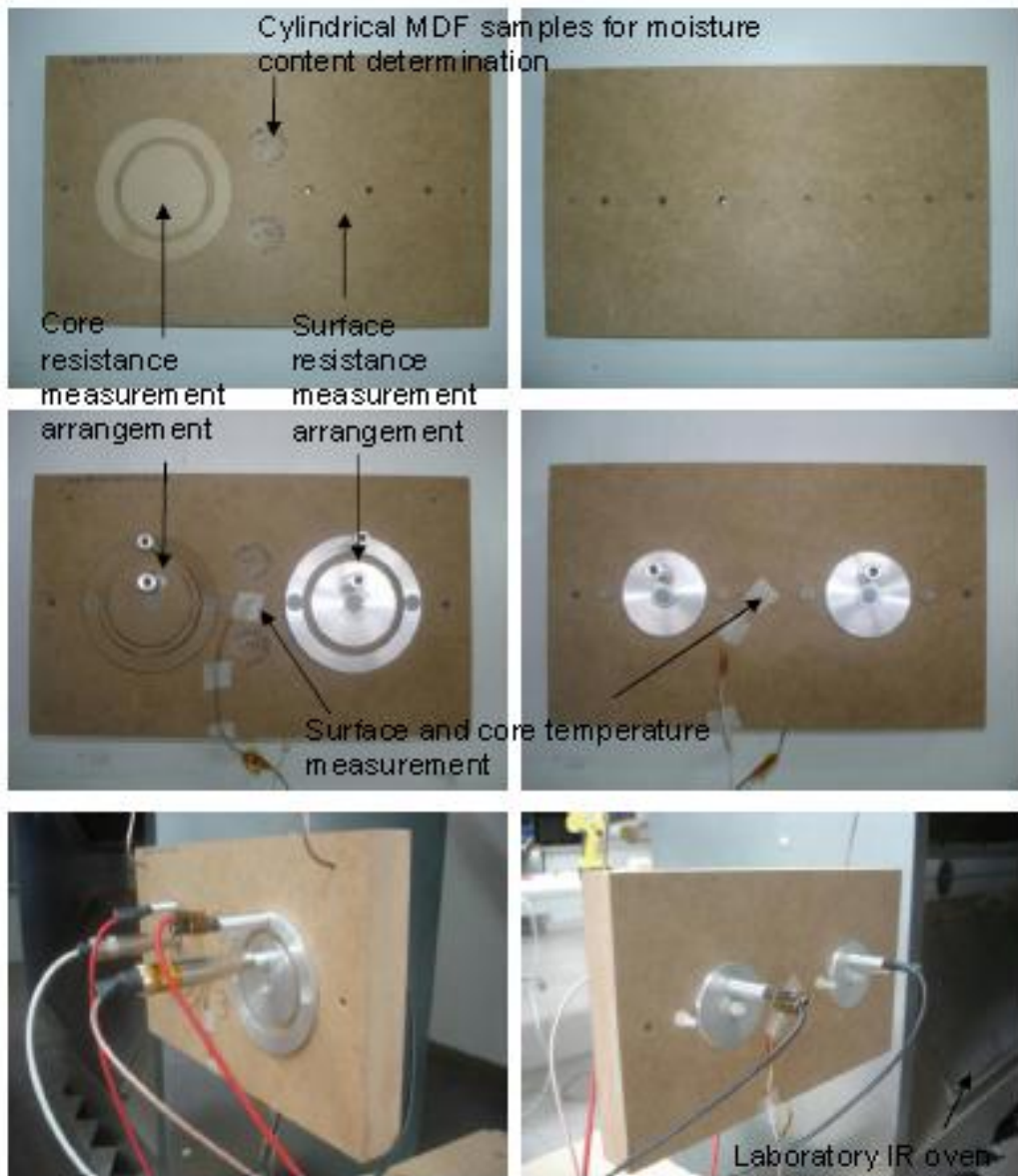
Příloha č. 15 Diagram pracovních teplot a vlhkostí komory Binder KBF 240



Příloha č. 16 Klimatizační komora Binder KBF 240



Příloha č. 17 Průběh zkoušky: Povrchové měření odporu (levý sloupec - přední strana, levý sloupec - zadní strana); připravené vzorky MDF (horní fotografie); čelní pohled na uspořádání elektrod (fotografie uprostřed); měření el. odporu (dolní fotografie) [JOCHAM et. al., 2011]



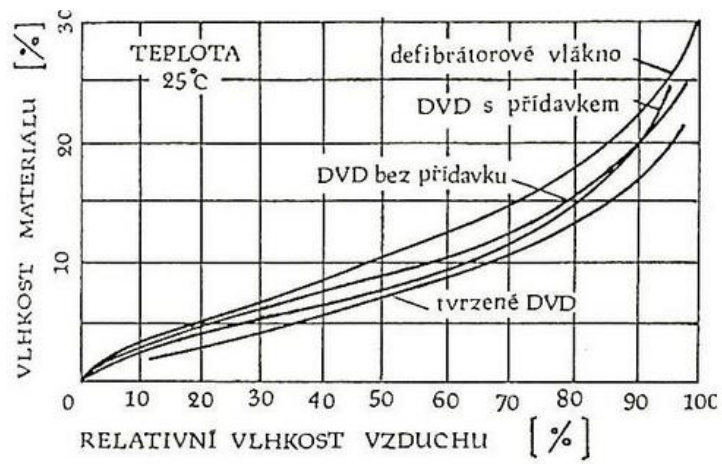
Příloha č. 18 Posuvné digitální měřidlo Mitutoyo NTD12-15C



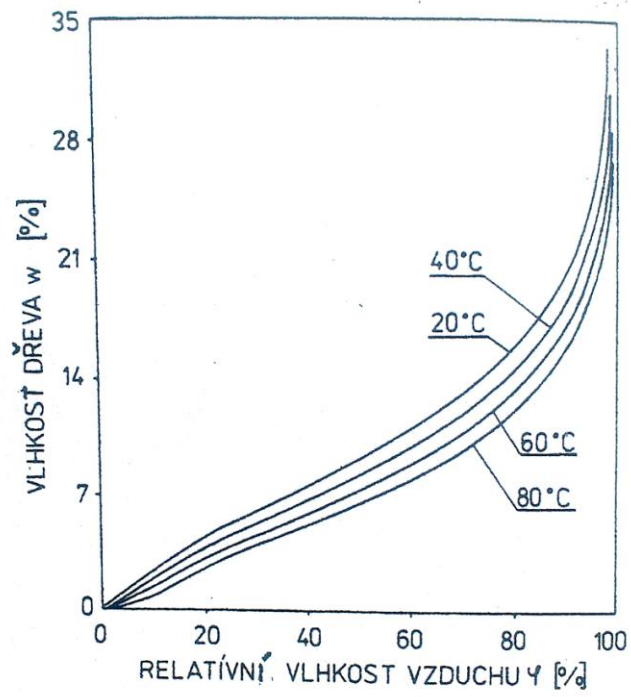
Příloha č. 19 Laboratorní váha Sartorius HF 1200G



Příloha č. 20 Desorpční izoterma DVD



Příloha č. 21 Sorpční izoterma dřeva



Příloha č. 22 Zkušební tělesa uložené v klimatizační komoře Binder KBF 240

