

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ**

**VLIV UMĚLÉHO STÁRNUTÍ DŘEVOPLASTOVÝCH
MATERIÁLŮ S PŘÍDAVKEM ČÁSTÍ ZE STONKŮ ŘEPKY
OZIMÉ NA JEJICH FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI**

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ**

**VLIV UMĚLÉHO STÁRNUTÍ DŘEVOPLASTOVÝCH
MATERIÁLŮ S PŘÍDAVKEM ČÁSTÍ ZE STONKŮ ŘEPKY
OZIMÉ NA JEJICH FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program:

Dřevařské inženýrství

Pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing Milan Gaff, PhD

Konzultant diplomové práce:

Ing et. Ing Štěpán Hýsek, PhD

Praha 2020

Bc. Jakub Chaloupecký

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jakub Chaloupecký

Dřevařské inženýrství

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vliv umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů s přídavkem částic ze stonků řepky ozimé na jejich fyzikální vlastnosti

Název anglicky

An affect of artificial wethering of wood-plastic composite filled by particles from rapeseed stems on his properties

Cíle práce

Cílem práce je stanovení vlivu umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů s přídavkem částic ze stonků řepky ozimé na fyzikální vlastnosti těchto materiálů

Metodika

Student formuluje teoretická východiska na základě studia odborné literatury a komparace výsledků jednotlivých autorů, kteří se věnují problematice výroby WPC z alternativních surovin. V praktické části budou testovány fyzikální vlastnosti dřevoplastových kompozitních materiálů před a po umělém stárnutí a výsledky budou vyhodnoceny pomocí statistických metod.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

dřevoplast, řepka ozimá, WPC, umělé stárnutí, kompozitní materiál

Doporučené zdroje informací

- BERGLAND, L. a ROWELL, R.M., 2005. Wood Composites, Handbook of wood chemistry and wood composites. Boca Raton, Fla.: CRC Press, s. 279-303. ISBN 08-493-1588-3
- BLEDZKI, A.K., M. LETMAN, A. VIKSNE a L. RENICE, 2005, A comparison of compounding processes and wood type for wood fibre—PP composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. roč. 36, č. 6, s. 789-797.
- DICKER, M.P.M., DUCKWORTH, P.F., BAKER, A.B, FRANCOIS, G., HAZZARD, M.K. a WEAVER, P.M. 2014, Green composites: A review of material attributes and complementary applications. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, roč. 56, s. 280-289.
- FRIHART, CH. 2005, Wood adhesion and adhesives, Habook of wood chemistry a wood composites. Boca Raton, Fla.: CRC Press, s. 215-279. ISBN 0-8493-1588-3.
- GAJDAČOVÁ, P., HÝSEK, Š., a JARSKÝ V. 2018, Utilisation of winter rapeseed in wood-based materials as a solution of wood shortage and forest protection, BioResources, roč. 13, č. 2, s. 2546-2561.
- HUANG, L., XIA, P., LIU, Y., FU, Y., JIANG, Y., LIU, S. a WANG, X. 2016, Production of biodegradable board using rape straw and analysis of mechanical properties, BioResources, roč. 11, č. 1, s. 772-785.
- KLÍMEK, P., a WIMMER, R. 2017, Alternative Raw Materials for Bio-Based Composites, in: International Conference Wood Science and Engineering in the Third Millennium, Brasov.
- MAHLBERG, R., NIEMI, H.E.-, DENES, F.S. a ROWELL, R.M. 1999, Application of AFM on the adhesion studies of oxygen-plasma-treated polypropylene and lignocellulosics, Langmuir, roč. 15, č. 8, s. 2985-2992.
-

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. et Ing. Štěpán Hýsek

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 10. 06. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů s přídavkem částic ze stonků řepky ozimé na jejich fyzikální vlastnosti“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Milana Gaffa, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že 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. Jakub Chaloupecký

Poděkování

Chtěl bych především poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Milanu Gaffovi Ph.D. za odbornou pomoc, trpělivost a cenné rady při zpracování této práce. Též bych rád poděkoval konzultantovi Ing. et Ing. Štěpánu Hýskovi Ph.D. za cenné rady a pomoc při vedení experimentálního měření. V neposlední řadě bych rád poděkoval mé rodině za psychickou podporu po celou dobu studia.

Abstrakt ve státním jazyce

Tato práce se zabývá stanovením vlivu umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů s přídavkem částic ze stonků řepky ozimé na fyzikální vlastnosti těchto materiálů. Předmětem zkoumání bylo 5 variant vzorků dřevoplastových materiálů kde jako matrice byl použit polyethylen a jako plnivo dub, teak a řepka ozimá. U všech vzorků byly zkoumány fyzikální vlastnosti a to barva, lesk, drsnost, smáčivost, taktéž byla provedena zkouška odlupčivosti a měření tloušťky pro zjištění úbytku materiálu. Hlavním cílem je srovnání zkoumaných fyzikálních vlastností před a po procesu umělého stárnutí, které představuje opotřebení materiálu při jeho používání. Přínosem této práce je otestovat navržené složení WPC materiálu s obsahem alternativního plniva stonků řepky ozimé a tím se ujistit, jestli je to vhodná varianta materiálu, který by zmírnil využívání rostlého dřeva a podpořil recyklaci plastů. Z výsledků vyplývá že dřevoplastový materiál s obsahem stonků řepky ozimé vykazoval při zkouškách podobné výsledky jako kontrolní materiály. Nedostatkem zkoumaného vzorku byla vysoká drsnost povrchu zapříčiněna větší frakcí plniva a velká degradace barviv. Opatřením, které by vedlo ke zlepšení výsledku jsou odolnější barviva a menší frakce plniva.

Klíčová slova: dřevoplast, řepka ozimá, WPC, umělé stárnutí, kompozitní materiál

Abstrakt v cizím jazyce

This work deals with the determination of the influence of artificial weathering of wood-plastic composite materials with the addition of particles from winter oil seed rape stems on the physical properties of these materials. The subject of research was 5 variants of samples of wood-plastic materials where polyethylene was used as polymer and oak, teak and winter oil seed rape were used as filler. All samples were examined for physical properties such as color, gloss, roughness and wettability. Peel and thickness testing to determine material loss were done as well. The main goal is to compare changes in examined physical properties before and after the artificial weathering process, which represents degradation of the material during its use. The benefit of this work is to test the proposed composition of the WPC material, containing the alternative filler of winter rape stems and thus to make sure that it is a suitable

variant of the material that would reduce the use of timber and support the recycling of plastics. The results show that the woodplastic material containing the stems of winter rape showed similar results as the control materials. The disadvantage of the sample was high surface roughness due to larger filler fraction and high dye degradation. More durable dyes and smaller filler fractions are measures to improve the result.

Key words: wood-plastic, rape seed, WPC, artificial weathering, composites

OBSAH

Seznam ilustrací	11
Seznam tabulek.....	13
Seznam zkratk a značek	14
Úvod.....	15
1 Cíle práce	17
2 Současný stav řešené problematiky.....	18
3 Kompozitní materiály	21
4 Materiály na bázi dřeva.....	23
4.1 Dřevo plastové kompozity.....	24
4.2 Složení WPC.....	24
4.3 Termoplastická matrice	25
4.4 Ropa	25
5 Plasty	26
5.1 Příklady využití plastických hmot.....	27
5.2 Druhy polymerů	27
5.3 Polyetylén.....	28
5.4 Polyvinylchlorid.....	29
5.5 Polypropylen.....	30
5.6 Polyethylterftalát	30
6 Dřevní plniva WPC materiálů.....	31
6.1 Dřevní vlákno	33
6.2 Dřevní moučka.....	33
6.3 Alternativní plniva	34
6.4 Konopné vlákno	35
7 Řepka ozimá.....	36
7.1 Přírodní podmínky pro pěstování řepky ozimé.....	37
8 Aditiva a stabilizátory.....	38
8.1 Kompaktibilizátory	38

8.2	Termo oxidační stabilizátor	38
8.3	Modifikátory toku	39
8.4	Modifikátory rázové houževnatosti.....	39
8.5	Pigmenty.....	39
8.6	Retardéry hoření.....	39
8.7	Biocidní látky.....	39
9	Výroba WPC.....	40
9.1	Zpracování suroviny.....	40
9.2	Manipulace s polymerní matricí	41
9.3	Homogenizace	41
9.4	Tvarování finálního produktu (druhý stupeň výroby).....	41
9.5	Vstřikování (injektáž).....	41
9.6	Extruze (vytlačování)	41
10	Vlastnosti WPC.....	42
10.1	Fyzikální vlastnosti	42
10.2	Mechanické vlastnosti	42
10.3	Využití WPC materiálu	43
11	Metodika	44
12	Metodika experimentálních prací	45
12.1	Příprava materiálu	45
12.2	Měření barvy.....	46
12.3	Měření lesku	47
12.4	Měření kontaktního úhlu (smáčivosti)	48
12.5	Měření drsnosti povrchu.....	48
12.6	Umělé stárnutí.....	50
12.7	Měření úbytku materiálu	51
12.8	Zkouška odlupčivosti (křídování)	52
12.9	Vyhodnocení výsledků.....	52
13	Výsledky práce a diskuze.....	53

13.1	Měření barvy před umělým stárnutím.....	53
13.2	Barva po procesu umělého stárnutí.....	54
13.3	Kontaktní úhel.....	58
13.4	Lesk.....	62
13.5	Měření drsnosti povrchu před procesem umělého stárnutí.....	65
13.6	Měření drsnosti povrchu po procesu umělého stárnutí.....	67
13.7	Změna tloušťky po umělém stárnutí.....	69
13.8	Křídování.....	71
14	Závěr.....	73
15	Diskuze.....	75
16	Seznam použité literatury a internetových zdrojů.....	77
	Seznam příloh.....	81
	Přílohy.....	82

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Graf zásoby druhových tříd	19
Obrázek 2: Likvidace plastů	20
Obrázek 3: Kompozitní materiál.....	21
Obrázek 4: Dřevoplastové kompozity	24
Obrázek 5: Celosvětové zásoby ropy	25
Obrázek 6: Přehled produkce plastických hmot	27
Obrázek 7: Polyetylén	29
Obrázek 8: Využití PVC materiálu	29
Obrázek 9: Polypropylen	30
Obrázek 10: Využití PET	30
Obrázek 11: Lignin.....	31
Obrázek 12: Chemická stavba Celulózy.....	32
Obrázek 13: Chemická stavba Hemicelulózy	32
Obrázek 14: Dřevní vlákno.....	33
Obrázek 15: Dřevní moučka	33
Obrázek 16: Zástupci alternativních plniv konopí a len.....	34
Obrázek 17: Konopné vlákno	35
Obrázek 18: Řepka ozimá.....	37
Obrázek 19: Spektrofotometr.....	46
Obrázek 20: Leskoměr	47
Obrázek 21: Goniometr	48
Obrázek 22: Profilometr	49
Obrázek 23: Vzorčky po procesu umělého stárnutí.....	50
Obrázek 24: UV komora.....	51
Obrázek 25: Mikrometr	51
Obrázek 26: Změna souřadnice A_l po procesu umělého stárnutí	55
Obrázek 27: Změna souřadnice A_a po procesu umělého stárnutí	56
Obrázek 28: Změna souřadnice A_b po procesu umělého stárnutí	57
Obrázek 29: Změna souřadnice A_E po procesu umělého stárnutí.....	57
Obrázek 30: Graf účinku typu materiálu na hodnoty kontaktního úhlu.....	59
Obrázek 31: Graf účinku délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu.....	59
Obrázek 32: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu.....	60

Obrázek 33: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu.....	61
Obrázek 34: Graf účinku typu materiálu na hodnoty lesku.....	63
Obrázek 35: Graf účinku délky působení v týdnech na hodnoty lesku.....	63
Obrázek 36: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty lesku.....	64
Obrázek 37: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty lesku.....	64
Obrázek 38: Graf aritmetické odchylky před procesem umělého stárnutí	66
Obrázek 39: Graf průměrné vzdálenosti prvků od profilu před procesem umělého stárnutí.....	66
Obrázek 40: Graf výšky profilů před procesem umělého stárnutí	67
Obrázek 41: Graf pro střední aritmetickou odchylku po umělém stárnutí	68
Obrázek 42: Graf pro průměrnou vzdálenost prvků od profilu po umělém stárnutí.....	68
Obrázek 43: Graf výšky profilů materiálu po umělém stárnutí	69
Obrázek 44: Graf tloušťky před procesem umělého stárnutí.....	70
Obrázek 45: Graf porovnání hodnot tloušťky.....	70
Obrázek 46: Graf porovnání hodnot tloušťky.....	71
Obrázek 47: Výsledky zkoušky odlupčivosti	72

Seznam tabulek

Tabulka 1 Složení zkoumaných vzorků	45
Tabulka 2 Klasifikace změn barevného prostoru (Pánek, 2015).	46
Tabulka 3 Norma EN 927-6.....	50
Tabulka 4 Průměrné hodnoty barvy před procesem umělého stárnutí.....	53
Tabulka 5 Barva po procesu umělého stárnutí.....	54
Tabulka 6 Průměrné hodnoty kontaktního úhlu.....	58
Tabulka 7 Průměrné hodnoty lesku.....	62
Tabulka 8 Výsledky měření drsnosti před procesem umělého stárnutí.....	65
Tabulka 9 Měření drsnosti povrchu po procesu umělého stárnutí	67
Tabulka 10 Změna tloušťky.....	69
Tabulka 11 Výsledky křídování.....	71

Seznam zkratk a značek

WPC	Wood-Plastic Composite – Dřevoplastový kompozit
PE	Polyetylén
PVC	Polyvinylchlorid
PP	Polypropylén

Úvod

Přírodní ekosystémy a obecně planeta země je stále víc znečišťována a zatížena těžbou surovin jak obnovitelných zdrojů, například dřevo a také zdrojů neobnovitelných například ropa. Nadměrná těžba, změny klimatu a biotičtí škůdci, způsobují úbytek lesů a tím klesá nejen biodiverzita, ale i pokles produkce kyslíku. Všechny tyto faktory ovlivňují kvalitu životního prostředí, a to negativním způsobem, dále s následkem klimatických změn

Stav lesů v české republice je v posledních letech neuspokojiví hlavně díky přestárým porostům, kůrovcové kalamitě a obecně klimatickými změnami, jako je růst průměrné roční teploty a úbytek srážek. V budoucnu můžeme očekávat úbytek kvalitní dřevní suroviny a dřevní hmoty obecně.

Dřevo je materiál, který lidstvo využívá už od prvopočátků až do dnes. Zasloužilo si to svými vlastnostmi, které jsou dobrá opracovatelnost, vůně, estetická hodnota, mechanické vlastnosti a především to, že se jedná o obnovitelný a ekologický materiál. Od začátků lidské existence se zvyšují nároky na použití dřeva, a hlavně jeho vlastnosti.

Výsledkem snahy o zlepšení vlastností dřeva a jeho variability jsou kompozitní materiály, jejichž výsledkem je zlepšení žádaných vlastností a potlačení těch negativních. Negativní vlastnosti dřeva jsou například kolísání vlhkosti a nasákavost, nehomogenita a anizotropie, které limitují míru použití dřeva. Jedním z těchto materiálů jsou dřevoplasty, které jsou objektem zkoumání této diplomové práce. Tento trvanlivý materiál je kombinací dřevní hmoty a plastové matrice. Kde se využívá několik druhů plastů například: polypropylen, polyvinylchlorid nebo polyethylen. Dalším přídatkem jsou aditiva pro další zlepšení vlastností (Böhm, 2012).

Plasty jsou makromolekulární látky, které se dají za specifických podmínek tvarovat a jsou odolné vůči chemikáliím, mrazu a vodě. Tyto látky nejsou přírodní, ale uměle vyrobené chemickou reakcí zvanou polymerizace. Plasty jsou nedílnou součástí našeho každodenního života příklady použití: obalové materiály (folie, tašky, lahve, součástky strojů a přístrojů (automobily, mobilní telefony, počítače), hračky, hygienické pomůcky, nábytek a jeho komponenty a mnoho dalších. Kvůli všeobecnému využívání plastů vzniká jejich přebytek a díky nadměrné výrobě plastů vzniká jejich přebytek a tím zatěžování životního prostředí. V posledních letech je spotřeba plastů 300 milionů tun ročně

a dřevoplasty jsou z jednou z možností využití už vyrobeného a použitého plastu, a to procesem zvaným recyklace.

Ochrana životního prostředí, úbytek suroviny a nadprodukce odpadu jsou faktory, kvůli kterým je dobré hledat alternativy a nahradit hojně využívané rostlého dřeva a jedním z řešeních můžou být kompozitní materiály a nahrazení dřevní hmoty v nich jiným lignocelulózovými materiály například stonky řepky ozimé, konopí, len a další.

1 Cíle práce

1. Sumarizovat literární poznatky k dané problematice, které jsou zpracovány v podobě literární rešerše. Literární rešerše obsahuje potřebné informace k pochopení daného tématu.
2. Stanovení vlivu umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů s přídavkem částic ze stonků řepky ozimé na fyzikální vlastnosti těchto materiálu. Pro dosažení těchto cílů je zkoumáno 5 variant vzorků. Jako kontrolní vzorky jsou použity dřevoplastové materiály s obsahem teaku (*Tectona grandis*) a dubu (*Quercus*), které slouží k porovnáním s hlavním vzorkem s obsahem stonků řepky ozimé (*Brassica napus*). Vzorky taktéž obsahují aditiva, které pomáhají zlepšit jejich vlastnosti.
3. Zjistit vliv vybraných faktorů na sledované charakteristiky:
 - barva,
 - lesk,
 - smáčivost,
 - drsnost povrchu,
 - křídování,
 - úbytek materiálu.
4. Podrobení vzorků procesu umělého stárnutí a průběžné měření změn fyzikálních vlastností.

2 Současný stav řešené problematiky

Věc, která spojuje každého žijícího tvora je místo, kde žijeme, a to je planeta země. Jedním z mnoha důvodů, proč je naše planeta obyvatelná a vyvinul se zde inteligentní život, je dostatek přírodních zdrojů a druhová rozmanitost. Jedním z vážných ekologických problému, které mohou způsobit nevratné změny, nebo až zánik ekosystému a následně naší planety, je přemíra plastů a následné zamořování přírody.

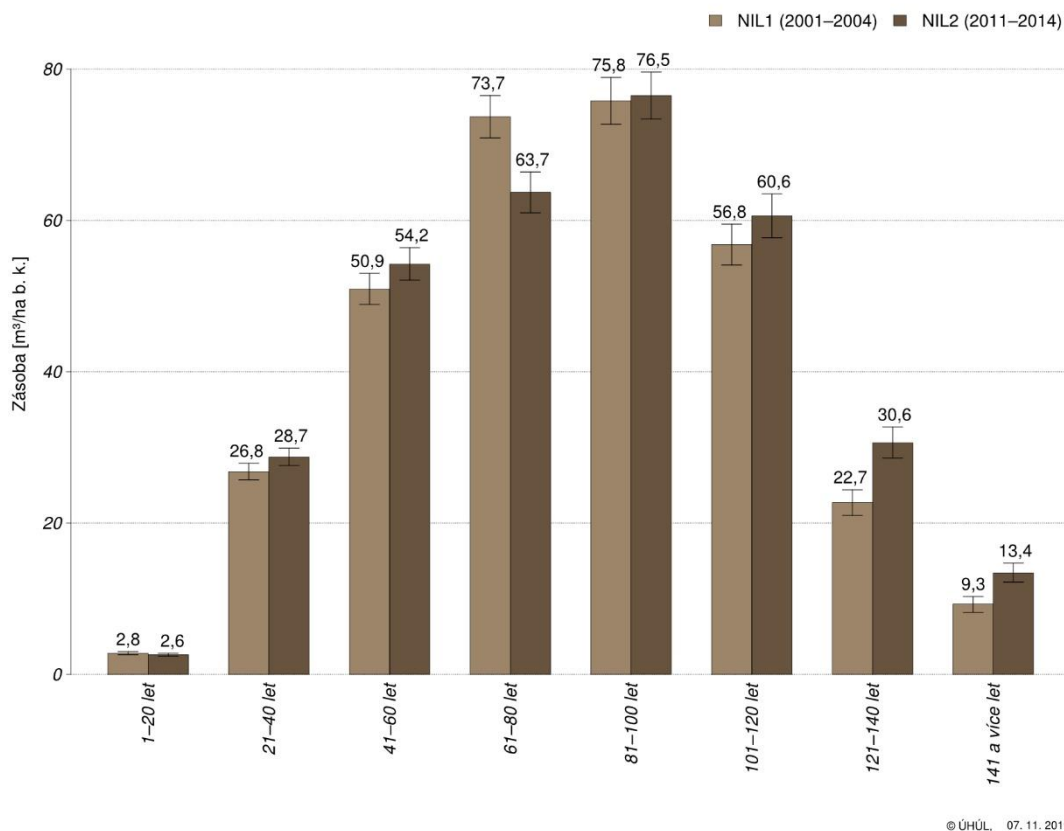
Stav našich oceánů, vodních zdrojů a volné přírody je díky obsahu odpadu, a především toho plastového kritický. Pokud nechceme naši planetu zničit musíme tento a další ekologické problémy řešit. Problémy globálního rázu nemají z pravidla jen jedno řešení.

Hlavním bodem znečištění životního prostředí je nadprodukce lidské činnosti a průmyslové výroby. Plastické hmoty nejsou jediným faktorem znečišťování, ale i vedlejší produkty vznikající při jejich výrobě (průmyslový odpad). Dalším faktorem znečištění jsou přeprava, používání chemických látek při výrobě, nadměrné využívání přírodních zdrojů, skladování, výrobní proces, likvidace odpadů. Tyto faktory jsou neodmyslitelnou součástí výrobního procesu plastických hmot a jiných produktů. Produkce plastových hmot je světovým fenoménem a též globálním problémem (Čapek, 2011).

Nejvíce znečištěným ekosystémem plasty jsou oceány. V oceánech plave 268000 tun plastů. Plasty nejen plovají na povrchu a oceánu, ale usazují se i na mořském dně. Dalším problémem jsou mikro plasty, které se usazují v tělech živočichů. Nejvíce zasažen je Tichý oceán, a to zejména jeho severní část, zde se nachází až 57 % veškerého plastového odpadu (Fendrychová, 2018).

Plasty se do moře mohou dostat několika způsoby. Ve velkém měřítku během přírodních katastrof, nepřetržitým zásobovatelem oceánů plasty jsou řeky. Největšími znečišťovateli ekosystému plasty jsou velké rozvojové země: Indonésie, Thajsko, Filipíny, Vietnam, Čína. Dalším způsobem jsou nelegální skládky, nebo skládky umístěny příliš blízko moří a řek (Fendrychová, 2018).

Dalším ekologickým problémem je špatný stav lesů nejen v české republice, ale na celém světě. V České republice je velkým problémem přestárlá skladba lesů, kdy je z grafu vidět, že se české lesy se především skládají z porostů starých 60-100 let (Kučera, 2019).



Obrázek 1: Graf zásoby věkových tříd

http://nil.uhul.cz/data/documents/vysledky_projektu_nil2/zasoba_drivi_lp_leden_2016.pdf

01.04.2020

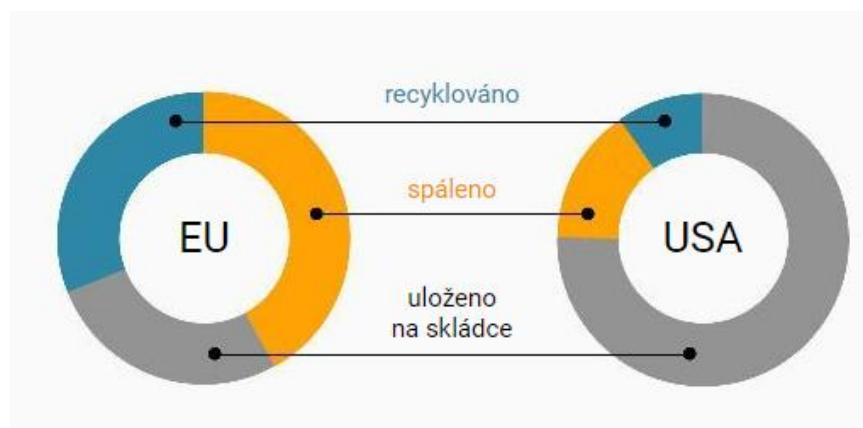
Dalším ohrožením českých i evropských lesů je kůrovcová kalamita, která se zvyšujícími klimatickými změnami (zvýšení teplot a úbytek srážek) každým rokem prohlubuje. Tento jev každoročně zvyšuje objem pokáceného dříví a tím se i snižují plochy lesních porostů.

Celosvětovým problémem v lesním hospodářství je odlesňování tropických lesů. Každoroční úbytek tropických lesů činí přibližně 150 000 km². Důvody tohoto velkého odlesňování je těžba dřeva následně přeměna lesní půdy na zemědělskou, kde nejčastější využití je produkce palmového oleje (Barotošová, 2011).

Produkce řepky ozimé je v České republice a Evropě obrovská a využívá se zejména pro výrobu biopaliv a v potravinářském průmyslu. Stonky řepky ozimé nejsou ve velkém

měřítku průmyslově využívány. Po sklizni plodů jsou stonky zaorávány, nebo spalovány ve formě briket pro energetické účely. Pěstování řepky ozimé zatěžuje životní prostředí díky velké spotřebě hnojiv a pesticidů potřebných k jejímu pěstování, proto je záhodno využít každou část této rostliny. Stonky řepky ozimé se dají využít v papírenském a chemickém průmyslu a je možno je použít jako plnivo do kompozitních materiálů. Stonky této olejiny jsou využívány v dřevotřískových deskách a měli by být i vhodným plnivem pro WPC materiály (Hýsek, 2018).

Jedním z řešení této ekologické situace je recyklace a znovupoužití už vytěžených surovin a vyrobených produktů. Pojem recyklace znamená znovu použití materiálů, neboli jeho znovuzapojení do cyklu spotřeby a využití. Tento způsob zpracování plastů šetří zdroje ropy, které nejsou nevyčerpatelné (Piechaczková, 2011).



Obrázek 2: Likvidace Plastů

<https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/more-plastu-grafika-plastovy-18.8.2019>

Jedním ze způsobů znovuvyužití plastů a dřeva jsou dřevoplasty. Není to jediný způsob, jak vyřešit globální problém nadprodukce plastů, ubývání zdrojů dřeva a nadprodukcí řepky ozimé, ale jedním z možných opatření, které pomůžou zmírnit dopady těchto ekologických problémů

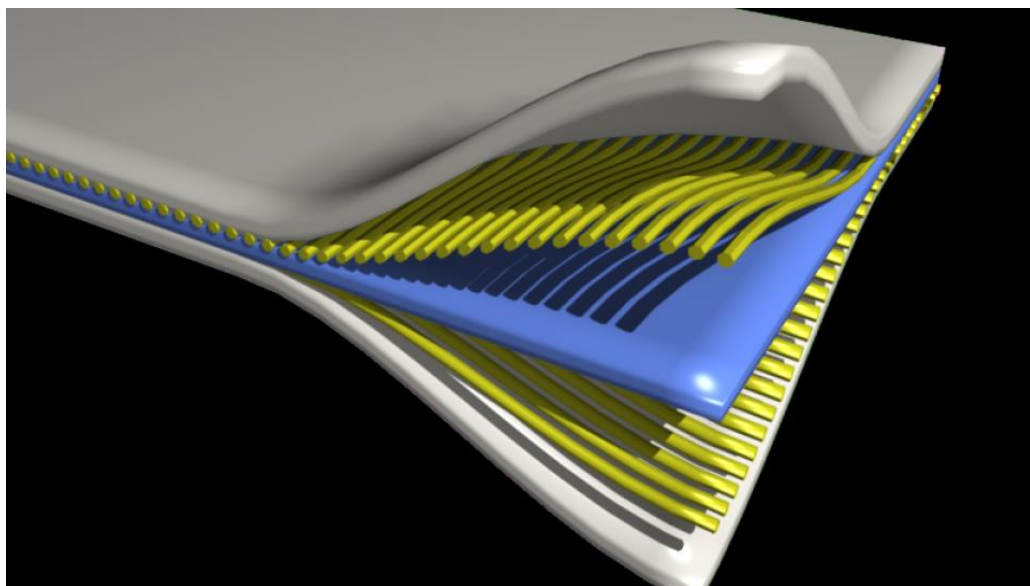
3 Kompozitní materiály

Jednou z možností jak omezit negativní vlastnosti rostlého dřeva, je vytvořit materiál nový. Nový materiál můžeme vyrobit přidáním dalšího materiálu a vytvořit takzvaný kompozit.

Kompozitní materiál je kombinace dvou a více materiálů, jejichž fyzikální a chemické vlastnosti jsou rozdílné (přírodní a umělá látka) (Daďourek, 2008). Kombinací dvou materiálů nám umožňuje využít jejich přednosti a potlačit jejich nedostatky. V praxi to znamená zlepšení fyzikálních, mechanických a chemických vlastností (Daďourek, 2008).

Kompozit se skládá ze dvou částí matrice a disperze někdy označováno jako plnivo či výztuž. Matrice je spojitá fáze, která kompozitní materiál drží pohromadě, jako matrice se používá kov, keramika, plast a další materiály. Disperze je rozptýlená fáze, která je v kompozitním materiálu rozptýlená a můžeme použít tři typy konzistencí: plynné, kapalně a pevné. Právě plnivo bývá hlavním faktorem, které ovlivňuje vlastnosti výsledného materiálu (Daďourek, 2008, Dicker, 2014).

Při výrobě těchto materiálů označovaných jako kompozitní dochází k jevu, který nazýváme synergismus. Podstata synergismu spočívá v tom, že vlastnosti nově získaného materiálu jsou lepší, při porovnání jen se součtem vlastností obsažených složek v materiálu (Kratochvíl, 2005).



Obrázek 3: Kompozitní materiál

<https://plus.rozhlas.cz/co-jsou-kompozitni-materialy-6686673> 16.8 2019

Dělení kompozitu dle druhu matrice

- CMC: keramická matrice,
- PMC: plastová matrice,
- MMC: kovová matrice,
- speciální typ: další materiály například sklo
(Daďourek, 2008).

Dělení kompozitu dle druhu disperze

- prvního druhu: pevná disperze,
- druhého druhu: kapalná disperze,
- třetího druhu: plynná disperze
(Daďourek, 2008).

Dělení kompozitu dle geometrické tvaru

- částicové,
- vláknové

(Kratochvíl, 2005).

Dělení kompozitu dle délky vlákna

- krátká vlákna,
- dlouhá vlákna.

Jak bylo výše uvedeno, kompozitní materiály se skládá z kombinace dvou a více materiálu, které vytváří následný kompozit. V případě tohoto výzkumu jsou zkoumané vzorky kombinace dřeva nebo řepky (lignocelulózový materiál) a plastové matrice, díky tomuto složení spadají do skupiny kompozitních materiálů nazývaných jako materiály na bázi dřeva.

4 Materiály na bázi dřeva

Jak je všeobecné známo rostlé dřevo má určité vlastnosti, které mají až negativní rozsah. Mezi nejzásadnější vlastnosti patří zejména kolísání vlhkosti a nasákavost, nehomogenita a anizotropie (Böhm, 2012). Z tohoto důvodu byly vyvinuty materiály na bázi dřeva, které mají tyto negativní vlastnosti v omezené míře. Jelikož nejsou z rostlého dřeva ale dřevních částic například třísek a dřevo vláknů tak se pomocí orientaci a velikosti těchto dřevních částic můžeme vypořádat s anizotropií dřeva. Dalším způsobem jak zlepšit vlastnosti materiálů na bázi dřeva, je přidání chemických látek. Jedním z příkladů jsou biocidní látky, které chrání dřevo chrání před napadením dřevokazným hmyzem, dřevokaznými a dřevo zbarvujícími houbami které mají destruktivní vliv na dřevo a jeho mechanické a fyzikální vlastnosti. Dalšími látkami, které se používají na zlepšení vlastností materiálů jsou retardéry hoření, které jak už název napovídá snižují hořlavost. V neposlední řadě jsou používány látky nazývané hydrofobní, které odpuzují vodu. Další obrovskou výhodou je, že na výrobu těchto materiálů jsou používány dřevěné sortimenty nízké kvality, a to i větve, a i některé materiály na bázi dřeva se dají rozemlít a tím recyklovat materiál a dřevní hmotu v něm obsaženou. Díky těmto vlastnostem a rozmanitostí druhů materiálů na bázi dřeva jsou hojně využívány ve stavebnictví a nábytkářství, a i v automobilovém průmyslu (Böhm, 2012, Bledzki, 2005).

Jak bylo výše uvedeno, je mnoho možností jak a z jakých látek a surovin udělat materiál na bázi dřeva, a díky tomu vzniká spousta druhů, které je potřeba vyjmenovat pro definování a zařazení zkoumaného materiálu v této práci. Druhy materiálů na bázi dřeva: dřevotřískové desky, dřevovláknité desky, chemicky modifikované dřevo, tepelně modifikované dřevo, lepené dřevo, lisované dřevo, cemento-vláknité desky, cemento-třískové desky, dýhy, překližované materiály a dřevoplasty (Böhm, 2012).

Dle předešlého odstavce je známo, že máme velké množství druhů materiálů na bázi dřeva. Předmětem zkoumání této diplomové práce jsou dřevoplastové materiály, a proto je potřeba dále tyto materiály podrobně popsat.

4.1 Dřevo plastové kompozity

Dřevo-plastový kompozit (WPC) je ekologický, trvanlivý materiál, a to vše je dosaženo bez použití toxických látek. Termín WPC označuje všechny kompozity, které obsahují rostlinné vlákno a termoplasty. Zkratka WPC pochází z anglického jazyka a znamená kompozitní materiály ze dřeva a plastů, v českém jazyce označovány jako dřevo plasty. Rostlinná vlákna jsou velmi vhodná k vyztužení plastů, a to s pozitivním výsledkem ohledně vysoké pevnosti a tuhosti, nízké hustoty, nízkých emisí CO₂, nízkých nákladů a biologické rozložitelnosti. Další výhodou vyztužení plastů rostlinnými vlákny je jejich udržitelnost a poměrně rychlá a snadná výroba (pěstování) na rozdíl od uměle vytvořených polymerů. Ve spoustu odvětví průmyslu se klade důraz na recyklovatelnost a udržitelnost používaného materiálu (Ashori, 2008).



Obrázek 4: Dřevoplastové kompozity

<https://diylinemag.com/product-news/wood-plastic-composites-current-trends-of-processing.html> 17.8 2019

4.2 Složení WPC

Jak bylo výše uvedeno, dřevo plastové kompozity se skládají z dvou základních složek, a to z plniva (dřevní hmota nebo jiný lignocelulózový materiál) a termoplastické matrice. Jako termoplastická matrice může sloužit několik druhů plastů například: polypropylen, polyvinylchlorid nebo polyetylen. Dřevní hmota se používá ve formě pilin, štěpky nebo dřevní moučky a to podílem 30-70 %, dle požadavků na materiál. Pro zlepšení kvality mohou být ještě použity aditiva (Sain, 2008).

Jak bylo v kapitole o kompozitních materiálech popsáno, je možno tvořit matrici kompozitů z několika materiálů. V případě této práce jsou zkoumány materiály s termoplastickou matricí, u které je největší výhodou to, že plastový materiál z terého se vyrábí se může dále recyklovat.

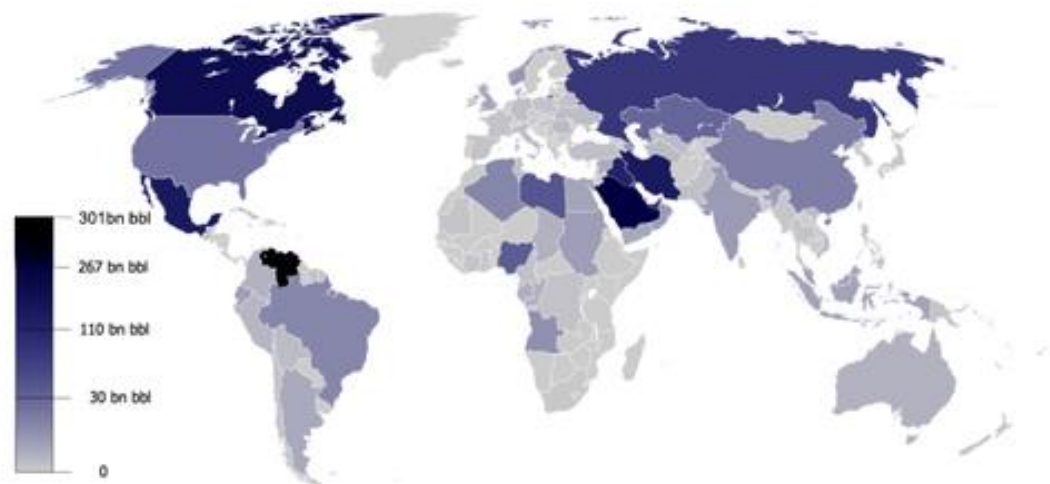
4.3 Termoplastická matrice

První složkou ze které se dřevoplastové kompozity skládají a bude v této části popsána je termoplastická matrice. Nejdříve je nutné definovat její základní složky ze kterých je vyrobena a první z nich je ropa.

4.4 Ropa

Tato kapalina, která je lehčí než voda, má olejovitou strukturu a tmavou barvu. Ropa se nachází ve svrchních vrstvách zemské kůry ve formě ložisek. Dále se zemním plynem a uhlím se řadí mezi fosilní paliva (Maxa, 2019).

Momentální zásoby ropy by měli stačit jen na 30 let (1000 miliard barelů). Ropa je používána jako palivo, a i se z ní vyrábějí plasty které nás obklopují, proto by se měli plasty recyklovat, abychom zamezili brzkému vyčerpání zásob (Novotný, 2018).



Obrázek 5: Celosvětové zásoby ropy

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Ropa> 18.8 2019

Druhá složka, kterou potřebujeme k výrobě termoplastické matrice, je produkt z ropy zvaný jako plasty, kterým se věnuje následující kapitola.

5 Plasty

Tímto názvem se označují makromolekulární látky, které se dají za specifických podmínek tvarovat a jsou odolné vůči chemikáliím, mrazu a vodě. Tyto látky nejsou přírodní, ale uměle vyrobené chemickou reakcí zvanou polymerizace. Jak už název napovídá při polymerizaci vznikají látky zvané polymery. Tento chemický proces, umožňuje vytvořit velké množství druhů tohoto materiálu (Kašparová, 2019).

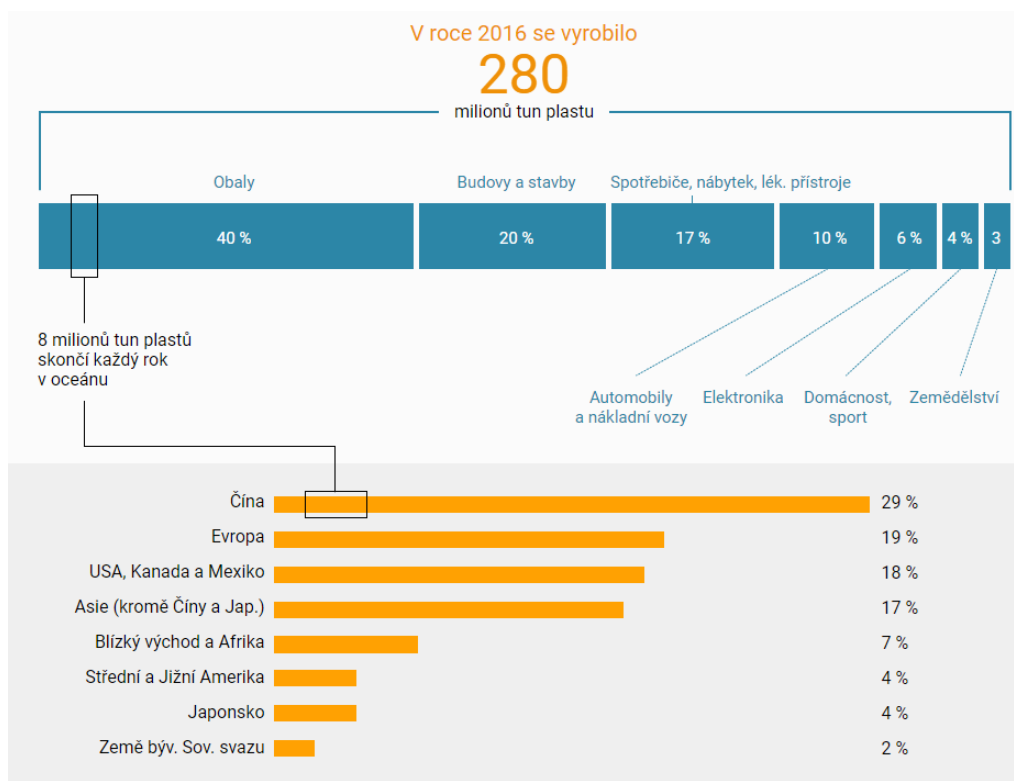
Druhy plastů

- polyestery,
- polyuretany,
- fenoplasty,
- polyamidy,
- polyethyltereftaláty,
- aminoplasty,
- fluoroplasty,
- polysiloxany,
- polypropyleny,
- polyvinylchloridy,
- polyethyleny,
- polymethylmethakryláty,
- polystyreny.

Plastické hmoty mají velkou škálu využití nejen ve dřevozpracujícím průmyslu. Pro lepší pochopení přemíry výroby a potřeby recyklace těchto materiálů, je nutné popsat jakým způsobem a ve kterých průmyslech jsou používány.

5.1 Příklady využití plastických hmot

Obalové materiály (folie, tašky, lahve, součástky strojů a přístrojů (automobily, mobilní telefony, počítače), hračky, hygienické pomůcky, nábytek a jeho komponenty, dřevoplasty a mnoho dalších.



Obrázek 6: Přehled produkce plastických hmot

<https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/more-plastu-grafika-plastovy-18.8-2019>

Pro pochopení vlastností, které mají plasty a následně plastová matrice kompozitních materiálu je důležité podrobněji popsat jednotlivé druhy polymerů.

5.2 Druhy polymerů

Rozeznáváme dva základní druhy polymerů, a to reaktoplastické a termoplastické. Reaktoplasty ke obtížné recyklovat díky vlastnosti, že po vytvrzení jsou na dále netavitelné. Na druhou stranu Termoplasty díky tomu že vytvářejí krystalickou i amorfni strukturu, je možné je znovu uvést do stavu viskózního toku nebo taveniny a poté opět vrátit do pevného stavu pomocí ochlazení, a to umožňuje snadnější recyklaci (Klyosov, 2007).

Jedním z problémů při zpracování dřevoplastových kompozitů je špatná kompatibilita mezi dřevními vlákny a polymerní matricí. Další problémovým faktorem je teplota. Teplota při zpracování WPC směsi nesmí být vyšší než 220 °C, a to kvůli stabilitě dřevní směsi. Tento faktor snižuje výběr termoplastů, které jsou vhodné pro WPC směs. Citlivost na teplotu se dá ovlivnit použitím delignifikované celulózy, částečnou termoizolací celulózy nebo zkrácení doby zpracování celulozových složek ve WPC směsi, protože celulóza je velice citlivá na vysoké teploty (Klyosov, 2007).

Termoplasty vhodné pro výrobu WPC

- polyetylén,
- polyvinylchlorid,
- polystyrén,
- polypropylen.

Polymery vhodné pro výrobu WPC

- polyetylén,
- polyvinylchlorid,
- polypropylen.

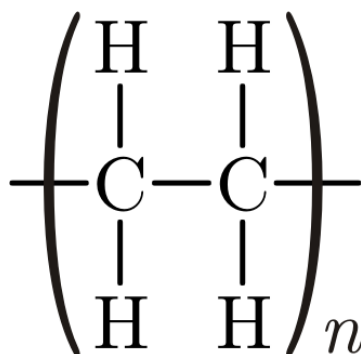
5.3 Polyetylén

Zkráceně označovaný jako PE. Tento termoplast je využíván pro výrobu dřevoplastových desek a patří k nejjednodušším plastickým hmotám. Tato látka je vyráběna procesem zvaným polymerace, a to konkrétně polymerací etylénu, je typický mléčně bělavým zákalem a parafínovým vzhledem. Tento mléčný zákal je zapříčiněn sníženou propustností světla, díky krystalitě polyetylénu. Je to hojně vyráběný polymer jeho roční celosvětová produkce je přibližně 60 mil. Tun. Negativní vlastností polyetylénu je nerozpustnost v organických rozpouštědlech, a to konkrétně kyselinách, vodě a solí za běžných teplot (Ducháček, 2011).

Dle rozvětvení molekul dělíme polyetylén na dva druhy:

- nízko-hustotní (lineární) $\rho=0,918-0,940 \text{ g/cm}^3$,
 - vysoko-hustotní (rozvětvený) $\rho=0,935-0,963 \text{ g/cm}^3$
- (Ducháček, 2011).

Využití polyetylenu není jen ve výrobě WPC desek, ale je využíván v dalších odvětvích průmyslu například: elektrické kabely, folie, potrubí, hračky, obalové materiály a mnoho dalších výrobků (Filipi, 2003).



Obrázek 7: Polyetylen

<https://no.wikipedia.org/wiki/Polveten> 1.9 2019

5.4 Polyvinylchlorid

Zkráceně označovaný jako PVC, je zástupce termoplastických polymerů. PVC je díky svým vlastnostem v ryzí formě těžké zpracovávat, proto jsou při jeho výrobě hojně využívána změkčovadla například ftaláty. Díky přísadám změkčovadel má schopnost želatinovat, a proto ho posléze můžeme zpracovat vyfukováním, vakuováním, válcováním a vystřikováním. Právě kvůli používání ftalátu jako změkčovadel s obsahem až 50 % v PVC materiálech nastává problém se zdravotní zavadností. Jelikož ftaláty nejsou v PVC materiálu pevně vázány, dochází k postupnému uvolňování a tím vznikají i zdravotní rizika. Avšak tento faktor nebrání hojnému využívání PVC, přispívá k tomu hlavně levná výroba a jeho vlastnosti. Tento materiál má velkou škálu využití hlavně ve stavebnictví (plastová okna, potrubí) (Kolouch, 1986).

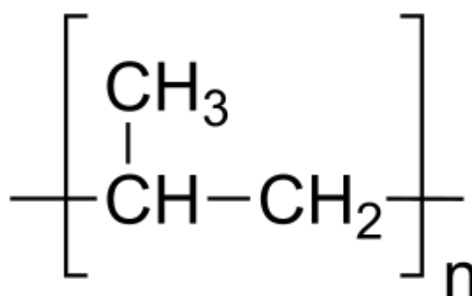


Obrázek 8: Využití PVC materiálu

<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyvinyl-chloride-pvc-plastic> 1.9 2019

5.5 Polypropylen

Další ze zástupců termoplastů, který zkráceně označujeme jako PP je další ze zástupců termoplastů. Základní složkou tohoto plastu je propen a mezi jeho pozitivní vlastnosti patří chemická a mechanická odolnost. Další výhodou je, že při hoření se z něj neuvolňují žádné toxické nebo zdraví škodlivé látky, proto je velice hojně využíván ve zdravotnictví a potravinářském průmyslu (Filipi, 2003, Ducháček, 2011).



Obrázek 9: Polypropylen

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylen> 3.9 2019

5.6 Polyethylenterftalát

Tento materiál zkráceně označujeme jako PET a řadíme ho mezi termoplasty. Je hojně využíván jako obalový materiál v potravinářském průmyslu, nejčastěji s ním přijdeme do styku jako obal limonád a tekutin obecně. Je to chemicky stálý materiál, jehož největší výhodou je jeho úplná recyklovatelnost. (Ducháček, 2011, Filipi, 2003)



Obrázek 10: Využití PET

<https://www.obalcentrum.cz/pet-lahve> 3.9 2019

6 Dřevní plniva WPC materiálů

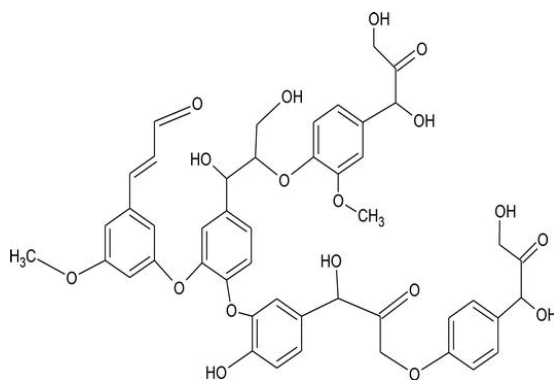
Po popsání matrice, je důležité popsat i druhou složku dřevoplastových kompozitů a to plnivo. U WPC materiálů je pro složku plniva nejčastěji využívána dřevní hmota, která je většinou tvořena třemi chemickými látkami a to: ligninem, celulózu a hemicelulózu.

Dřevní hmota

Dřevo je přírodní materiál, který se skládá ze tří základních složek lignin, celulóza a hemicelulóza. Tyto přírodní polymery jsou ve dřevě zastoupeny 90-97 %, zbylá procenta tvoří doprovodné složky, které označujeme jako akcesorické. Celulóza a hemicelulóza tvoří takzvanou sacharidickou část jež tvoří 70 % dřevní hmoty. Obsah ligninu ve dřevě je 20.27% (Zeidler, 2012).

Lignin

Tento polymer je důležitou součástí dřevní hmoty, zajišťuje pevnost dřeva, a to díky tomu, že obaluje polysacharidy buněčnou stěnou, a spolu pomocí chemických vazeb vytvoří lignopolysacharidový komplex. Bohužel tyto komplexy nebyli ještě přesně chemicky definovány. Obsah ligninu se liší podle druhu dřeviny. Obsah ligninu u jehličnatých druhů je 25-30 %, zatím co u listnatých najdeme druhy které mají průměrně menší podíl ligninu obsažený ve dřevě (15-30 %). Nezáleží jen na druhu dřeviny, ale rozdílný podíl ligninu najdeme i v různých částech stromu (větve, části kmene) (Lauko, 2019).

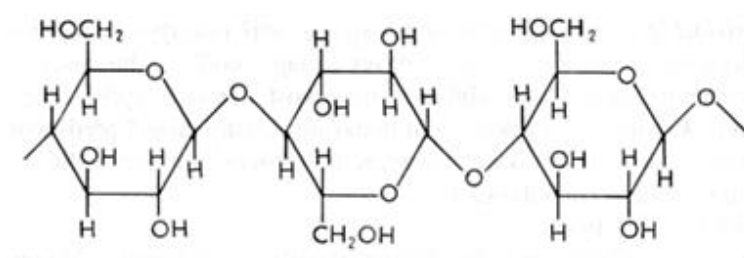


Obrázek 11: Lignin

<https://www.intechopen.com/books/lignin-trends-and-applications/lignin-as-natural-antioxidant-capacity> 4.9 2019

Celulóza

Stejně jako u ligninu se obsah celulózy liší podle druhu dřeviny a opět vyšší obsah je u jehličnatých dřevin 48-56 %, u listnatých dřevin se obsah celulózy pohybuje mezi 45-48 %. Celulóza díky svojí stavbou, kdy je tvořena vláknitými makromolekulami, které vznikají spojením D-glukózy pomocí glykosidických vazeb, a nadmolekulové struktury způsobují anizotropní charakter dřeva. Anizotropní charakter dřeva ovlivňuje nejen mechanické a fyzikální vlastnosti, ale i absorpci vody. Absorpce vody u dřeva je nejvíce ovlivněna podílem amorfnní a krystalické části celulózy, protože voda vnikající do dřeva a jeho buněčných stěn se absorbuje na volné OH skupiny a to v amorfnní části celulózy (Zeidler, 2012, Mahlberg 1999).

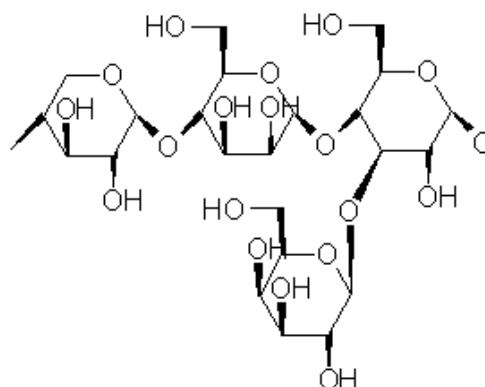


Obrázek 12: Chemická stavba Celulózy

<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2540> 7.9 2018

Hemicelulózy

Tímto pojmem jsou označovány další polysacharidy, které se kromě celulózy nacházejí v dřevní hmotě. Na rozdíl od obou předchozích látek je obsah hemicelulóz vyšší v listnatých dřevinách, avšak průměrně obsahuje dřevní hmota 15-35 % těchto polysacharidů. Rozdíl mezi hemicelulózou a celulózou je především ve stavbě těchto látek. Hemicelulóza neobsahuje jen D-glukózu, ale také další monosacharidy (Larabinózu, D. xylózu a další) (Zeidler, 2012).



Obrázek 13: Chemická stavba Hemicelulózy

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hemicellulose> 7.9 2019

6.1 Dřevní vlákno

Tato forma dřevní hmoty velice zlepšuje mechanické vlastnosti výsledného kompozitu (pevnost a tuhost). Vše je zapříčiněno délkou jejich částic, která ovlivňuje i celkový vzhled kdy při vysokém podílu dřevního vlákna dosáhneme lepší imitace dřeva. Negativním faktorem dřevního vlákna je nízká objemová hmotnost, díky které je obtížné smíchání vlákna a dalších složek, tento proces nazýváme kompaundace (Sain, 2008, Böhm, 2012).



Obrázek 14: Dřevní vlákno

<https://www.millerwastemills.com/materials/wood-fiber/> 9.9 2019

6.2 Dřevní moučka

Dřevní moučka má vyšší objemovou hustotu než vlákno a proto se lépe zpracovává, ale zároveň jsou tím negativně ovlivněny mechanické vlastnosti výsledného kompozitního materiálu. Další problém, který se projevuje v estetických vlastnostech výsledného materiálu, jsou tmavé skvrny. Tvorba těchto skvrn je způsobena obsahem tříslovin, nejvíce problémovou dřevinu je v tomto případě dub. Pomocí dikarboxylových kyselin můžeme tento efekt potlačit (Klyosov, 2007).



Obrázek 15: Dřevní moučka

<https://preklizky.eu/drevni-moucka/> 10.9 2019

6.3 Alternativní plniva

Rostlé dřevo není jedinou variantou plniva pro WPC materiály, jsou tu další ligninocelulózové materiály vhodná pro výrobu WPC materiálů. Mezi tyto alternativní materiály můžeme zařadit jutu, slámu, bavlnu, řepku ozimou, konopí a kokosové a rýžové slupky. Jejich používání není časté, tyto materiály používá jen pár firem zabývajících se výrobou WPC. Největší výhodou těchto materiálů je jejich ekologická udržitelnost, protože například u řepky ozimé a konopí stačí jeden rok na vypěstování a následnou sklizeň. Další výhodou oproti rostlému dřevu je současný stav našich lesů, kdy můžeme v budoucnu předpokládat úbytek dřeva způsobený kůrovcovou kalamitou, a proto je potřeba využívat alternativní zdroje k výrobě kompozitních materiálů. Nevýhodou oproti dřevu je velice nákladný proces získávání dřevního vlákna (Klyosov, 2007, Klímek 2017).



Obrázek 16: Zástupci alternativních plniv konopí a len

<https://myloview.cz/fototapeta-sada-rostlin-pouzivanych-pro-vyrobu-rostlinneho-oleje-olivovy-c-4A8104D> 10.3 2020

6.4 Konopné vlákno

Konopné vlákno se získává z rostliny nazývané konopí seté (*Cannabis sativa*), tato rostlina pochází z území dnešního Kazachstánu a Východní Asie. Konopí je využíváno k výrobě lan, textilií a dříve výrobě papíru. Díky archeologickému výzkumu víme, že lidská civilizace využívala konopné textilie už před 9000 lety. Největší využívání této rostliny k výrobě technických materiálů bylo v 17. století, a to především jako lodní plachty a lana. Díky legislativě, která omezuje pěstování konopí ve většině států Evropských zemí, je jeho produkce čím dál tím menší, na rozdíl od Řepky ozimé, kde se produkce naopak zvyšuje (Pospíšil, 1981).



Obrázek 17: Konopné vlákno

<http://www.ekostavivo.cz/konopne-vlakno-balik-100-kg-3106-01/> 11.9 2019

Konopné vlákno se vyznačuje vysokou pevností a je velice odolné proti povětrnostním podmínkám, možná nejvíce ze všech přírodních vláken, což tento materiál staví jako vhodnou příměs WPC materiálů do externího použití (Pospíšil, 1981).

- rozměry elementárního vlákna: tloušťka 15-25 μm , délka 25-30 mm,
- cena konopného vlákna 2-2,30 USD (v roce 2013).

7 Řepka ozimá

Jedním z cílů této práce, je ověřit, zda mohou být u WPC materiálů použita alternativní plniva a jmenovitě stonky řepky ozimé. Tato plodina je hojně pěstována a je záhodno pro pochopení výzkumu jí podrobně popsat.

Tato rostlina latinským názvem *Brassica napus* je jednoletá až dvouletá rostlina, patří mezi olejninu. Řepka ozimá je jednou z nejpěstovanějších olejnin jak České republiky, tak ve světě a její produkce stále roste. Od konce 20. století se její produkce v České republice ztrojnásobila. Dle statistik evropské unie v roce 2014, bylo na evropském území vyprodukováno 42 milionů tun stonků řepky ozimé (Hýsek 2018, Gajdačová 2018).

Biologická stavba

Řepka se vyznačuje rozvětveným stonkem a žlutými květy. Tato rostlina může dorůst až do výšky dvou metrů. Složení rostliny se vyznačuje heterogenní stavbou, která je způsobena druhovou rozmanitostí buněk, ze kterých se skládá. Rozměry vláken jsou velice podobná rozměrům vláken listnatých dřevin (Hýsek, 2018).

- tloušťka buněčné stěny: 1,8-3 μm ,
- šířka vláken 9-20 μm ,
- délka vláken 0,7-2 mm,
- hustota při vlhkosti 10 %: 270 kg/m^3 ,
- hustota substance 1550 kg/m^3

(Tofanica, 2011).

Chemické složení

Stejně jako o velikosti vláken je chemická stavba řepky ozimé velice podobná chemické stavbě listnatých dřevin. (Hýsek, 2018)

Chemické složení stonku

- lignin 21,5 %,
- celulóza 41 %,
- hemicelulózy 23,4 %,
- extraktiva 6,8 %,
- popeloviny 5,8 %

(Tofanica, 2011).

Chemické složení vláken

- lignin 5,2 %,
- celulóza 61,3 %,
- hemicelulózy 13,9 %,
- extraktiva 1,9 %,
- popeloviny 4,8 %

(Tofanica, 2011).

7.1 Přírodní podmínky pro pěstování řepky ozimé

Nejvhodnější prostředí pro řepku jsou oblasti s nadmořskou výškou 400-600 metrů nad mořem. Další variantou jsou nížinné oblasti. Výhodou pěstování této olejnin v nížinách, které jsou bohaté na živiny, je snížená potřeba umělého hnojení, ale naopak zvýšená potřeba pesticidů a fungicidů, protože v těchto takzvaných kukuřičných oblastech je řepka náchylná na choroby a málo odolná vůči biologickým škůdcům. Nevhodné oblasti pro pěstování řepky jsou s nadmořskou výškou větší než 700 metrů nad mořem. Dalším kritériem pro pěstování řepky je teplota. Nejvhodnější jsou oblasti s průměrnou roční teplotou 6,8-8,5 °C. V neposlední řadě je potřeba ještě zahrnout dešťové srážky, které by měly být v rozmezí 550-750 mm za rok (Bečka, 2007).



Obrázek 18: Řepka ozimá

<http://www.aros.cz/cs/osiva/repka-ozima/> 13.9 2019

8 Aditiva a stabilizátory

Důležitý faktor, který ovlivňuje výsledné vlastnosti WPC materiálů jsou aditiva. Jelikož objektem zkoumání této práce jsou fyzikální vlastnosti, je důležité rozebrat faktory, které je mohou ovlivňovat.

Tyto činidla zlepšují vlastnosti WPC materiálu, a to konkrétně termo-oxidační vlastnosti, odolnost vůči biotickým škůdcům, zmírňují hořlavost a zvyšují přilnavost mezi polymer a vlákny celulózy (Jež, 2018).

8.1 Kompaktibilizátory

Tato skupina stabilizátorů zlepšuje adhezy na mezifázovém rozhraní plnivo-polymer. Přilnavost polymeru k plnivu je způsobená chemickým spojením s vlákny celulózy. Pro dosažení dobré funkčnosti kompaktibilizátorů by měli obsahovat dvě složky. Jenda složka by měla mít hydrofilní charakter a být přitahována k plnivu a ta druhá naopak charakter hydrofobní a reagovat s použitým polymerem ve WPC (Pokorná, 2013, Jež, 2018).

8.2 Termo oxidační stabilizátor

Tento druh stabilizátorů je u WPC produktu zastoupen jen 1 %, ale to nesnižuje jeho důležitost. Úkol těchto stabilizátorů spočívá ve zpomalení degradačních procesů a tím prodloužit životnost těchto materiálů. Další funkcí je ochránit polymery před zvýšenými teplotami. Tyto stabilizátory můžeme rozdělit na dva typy, organické a na soli organických a anorganických kyselin (Sain, 2008, Jež, 2018).

Organické stabilizátory

- močovinnové,
- epoxidové sloučeniny,
- ester kyseliny β -aminokroton

(Jež, 2018).

Soli organických a anorganických kyselin

Mezi ty chemické sloučeniny patří: Sr, Zn, Mg, Li, Ca, a Na (Jež, 2018).

8.3 Modifikátory toku

Principem toho modifikátoru je ochrana kovových komponentů zpracovatelského zařízení, tím že je vytvořena mazivová vrstva, která zabraňuje přilepení zpracovávané směsi. Další efektem používání modifikátorů toku je snížení viskozity a tím předcházíme přehřívání a následné degradaci. Ovlivněny jsou i fyzikální vlastnosti a to tím, že povrch výsledného produktu je celistvý a vyhlazený. Nejčastěji používanými modifikátory jsou emulgované a dispergované vosky (Sain, 2008, Jež, 2018).

8.4 Modifikátory rázové houževnatosti

Slouží jako nedílná součást WPC směsí pro tvrdé typy PVC a stejně tak směsí, které jsou určeny k extruzi. Mezi nepoužívanější zástupce těchto modifikátorů patří akrylátové a na bázi chlorovaného polyethylenu (Jež, 2018).

8.5 Pigmenty

Tyto aditiva ovlivňují vzhled výrobku jako takového, a i vzhled jeho povrchu. Máme dva druhy pigmentů, které se liší, jakým způsobem ovlivňují vzhled WPC materiálu. První typ ovlivňuje vzhled kompozitu jenom tím, že je v něm obsažen, zatímco druhý typ ovlivňuje interakci mezi roztavenými sloučeninami (Klyosov, 2007).

8.6 Retardéry hoření

Jak název napovídá tyto látky omezují hořlavost výsledného produktu. Jelikož retardéry hoření negativně přispívá do palivového obsahu WPC, je dobré uvážit jestli je nutné je při výrobě kompozitu použít (zohlednění následného využívání výrobku, jestli je možnost kontaktu s ohněm). Nejběžněji používanými látkami jsou kovové hydroxidy, fosfáty a halogeny (Pokorná, 2013, Klyosov, 2007).

8.7 Biocidní látky

Dřevoplastové kompozity jsou velice odolné proti biotickým škůdcům, náchylné jsou jen výrobky s vysokým obsahem dřevní složky Tato odolnost je způsobena malou absorpcí vody WPC materiálu. Obsah biocidních látek u dřevoplastových kompozitů je do 2 % (Rowell, 2013).

9 Výroba WPC

Jak bylo výše zmíněno WPC kompozity je kombinace polymeru a dřevního vlákna nebo jiného ligno-celulozového materiálu. Tato kombinace materiálů, ze které vzniká kompozit s velice dobrými vlastnostmi, se vyrábí vícestupňovou technologií. Tato technologie spočívá v přípravě granulátu ze vstupních surovin, dávkování této suroviny, dále je třeba směs homogenizovat, vytvarovat produkt a jako poslední proces je kontrola kvality finálního výrobku (Sain, 2008).

První stupeň výroby (příprava granulátu)

- zpracování suroviny,
 - homogenizace surovin (promíchání)
- (Sain, 2008).

Druhý stupeň výroby (tvarování finálního produktu)

- extruzí profilů (vytlačování),
 - lisování,
 - vstřikováním
- (Sain, 2008).

9.1 Zpracování suroviny

Po popsání všech složek tvořící dřevoplastové kompozity, je potřebné rozebrat i jakým způsobem z nich vyrobíme požadovaný produkt.

Jak bylo dříve zmíněno dřevo je heterogenní materiál, a proto dřevní vlákna potřebná pro výrobu WPC se liší tvarem, velikostí, a hlavně svojí viskozitou. Proto je potřeba dřevní vlákna vytřídit do skupin s podobnými znaky. Jednu vlastnost mají společnou, že patří do skupiny sypkých materiálů. Po vytřídění se suroviny dále suší (Sain, 2008, Pokorná, 2013).

Pro skladování dřevní hmoty se ve větších provozech používají sila, dále v menším objemu výroby můžeme použít krabice a pytle. Dále je dřevní hmota přepravována pomocí dopravníků. V praxi se využívá několik druhů dopravníků, a to pneumatické a mechanické (šnekové a pásové). Tyto druhy opatření jsou z důvodu hořlavosti a vznětlivosti dřevní hmoty a dřevního prachu. V praxi to znamená, že by dřevní hmota

neměla být vystavena zdroji ohně, měla by být uskladněna s minimálním obsahem kyslíku a být transportována co nejkratší vzdálenost (Klas, 2019, Pokorná, 2013).

9.2 Manipulace s polymerní matricí

Dopravní systém, který se používá na přepravu polymerní matrice jsou nejčastěji systémy pneumatické. Tento systém se skládá z potrubí a funguje na principu proudění vzduchu, který dále přepravuje surovinu. Máme tři druhy tohoto dopravního systému: podtlakový, přetlakový a kombinovaný (Klyosov, 2007, Klas, 2019).

9.3 Homogenizace

Tento proces spočívá ve smíchání dřevní složky a polymerů za účelem vzniku homogenní směsi takzvaného granulátu WPC materiálu. Homogenizace se nejčastěji provádí na zařízení zvaném šnekový extrudér. Důležitou částí toho to procesu je úprava základních složek, aby byli minimalizovány negativní vlivy na výsledný produkt (jak bylo výše uvedeno je potřeba příprava dřevních hmoty) a tím zvýšily kvalitu výroby (Berglund, 2005).

9.4 Tvarování finálního produktu (druhý stupeň výroby)

V druhém procesu výroby je zpracováván finální produkt a k tomuto účelu můžeme použít několik metod: vytlačování (extruze), lisování a vstřikování (Frihart, 2005).

9.5 Vstřikování (injektáž)

Tento proces spočívá ve vstřikování roztavené směsi do forem pomocí hydraulicky tlačných šneků, kde jeden ze šneků má odplyňovací funkci, Formy jsou součástí upínacího stroje. Pro zvýšení kvality výrobku a minimalizaci vad musí mít předem připravená směs nízkou vlhkost (Belková, 2019, Sain, 2008).

9.6 Extruze (vytlačování)

Tento druh výroby PWC materiálu spočívá ve vytlačování směsi do forem. K tomu procesu výroby používáme zařízení zvané vytlačovací šnek. Máme několik druhů tohoto

zařízení: dvou-šnekový extrudér, planetární extrudér, souběžné dvojice šneků, protiběžné dvojice šneků. Při výběru druhu výrobního zařízení nerozhoduje jen druh výrobku ale i báze polymerní matrice (Sain, 2008).

10 Vlastnosti WPC

V předešlých kapitolách bylo zmíněno, že k výrobě WPC materiálu můžeme použít různé druhy materiálu, polymerní matrice, aditiv a druhu výroby. Všechny tyto faktory ovlivňují výsledné vlastnosti dřevoplastového kompozitu. Tento fakt nám dává nepřeborné množství variant vlastností, kterých můžeme dosahovat u výsledného produktu dle jeho využití nebo požadavků zákazníka.

Mezi negativní vlastnosti, nebo spíše nevýhody patří jejich vysoká hustota a křehkost při nízkých teplotách hlavně při použití materiálu v exteriéru (zimní mrazy). Jelikož WPC je variabilní materiál tyto problémy jsou postupně eliminovány. Vysoká křehkost při mrazivých teplotách byla snížena zlepšením profilací a zamezením vniknutí vody dovnitř materiálu a tam díky roztažnosti ledu poškozovat materiál. Další prevencí je kvalitní recyklát a následně směs k výrobě WPC. Negativum s vysokou vlastností se dá řešit pomocí výroby vylehčených profilů (Barnett, 2003).

10.1 Fyzikální vlastnosti

Fyzikální vlastnosti jsou takové, které lze zkoumat bez zásahu do celistvosti, nebo do chemického složení zkoumaného tělesa. Dále tyto vlastnosti můžeme dělit na vnitřní a vnější. Do vnitřních fyzikálních vlastností zařazujeme vlhkost, propustnost, tepelné vlastnosti, zvukové vlastnosti, elektrické vlastnosti. Mezi vnější vlastnosti můžeme zařadit lesk, barva, a textura (Belková, 2019).

10.2 Mechanické vlastnosti

Tento druh vlastností dává materiálu schopnost odolávat vůči působení vnějších sil. Působení těchto sil velice ovlivňuje procentuální vlhkost materiálu, a to kvůli vzniku vodíkových můstků mezi dřevní složkou a vodou obsaženou v materiálu, a následně dochází ke snížení dipólových interakcí mezi dřevní složkou a polymerem (Sain 2008, Huang 2016).

10.3 Využití WPC materiálu

Jelikož už víme, z čeho a jak se dřevoplastové materiály vyrábějí, tak poslední kapitolou co zbývá, je jejich využití v praxi a reálném životě, abychom měli představu jak a kde je můžeme využít.

Jak bylo už zmíněno, tento materiál je vyvinut tak aby potlačoval negativní vlastnosti dřeva jako jsou anizotropie, tvarová nestálost a tak dále. Díky potlačení těchto vlastností vznikl materiál, který je velice odolný vůči vlhkosti a povětrnostním vlivům. WPC má díky svým vlastnostem širokou škálu využití ve stavebnictví, a hlavně pro prvky používané v interiéru. Díky způsobu výroby lze do WPC dílců vytvořit drážky a usnadnit tak montáž. Nevýhodou je cena a barevná nestálost, přesto ale převažují pozitivní vlastnosti (Sain, 2008).

Příklady využití

- plotové plaňky,
- mola u vodních ploch,
- podlahy,
- venkovní terasy,
- stavební dílce

(Sain, 2008).

11 Metodika

Na základě cílů práce je možné práci rozdělit dle následujících bodů.

1. Příprava materiálu.
2. Měření barvy.
3. Měření lesku.
4. Měření Kontaktního úhlu.
5. Měření drsnosti.
6. Proces umělého stárnutí.
7. Měření úbytku materiálu.
8. Měření odlupčivosti.
9. Vyhodnocení.
10. Analýza dat a diskuze.

12 Metodika experimentálních prací

12.1 Příprava materiálu

Předmětem zkoumání byl nový produkt od firmy Plastic two a.s. Hlavním zkoumaným vzorkem je WPC materiál, kde firma jako plnivo nepoužila dřevní složku, ale tato složka byla nahrazena zástupcem lignocelulóзовých materiálů řepkou ozimou, konkrétně stonky této rostliny. Pro porovnání výsledků byly jako další objekty zařazeny WPC materiál, kde bylo použito plnivo ve formě dřevní složky (dub a teak). Největší zastoupení ve vzorcích je dub, kde byly použity varianty lišící se použitým barvivem.

Tabulka č. 1. nám popisuje složení vzorků. Je patrné, že se jednotlivé vzorky nelišily jen druhem plniva, ale podílem plastové matrice a plniva, typem povrchové úpravy, ale také druhem barviva. Varianta s přidavkem stonků z řepky ozimé se liší ve většině specifikacích, se všemi vzorky je identická jen hodnota podílu aditiv a to konkrétně 12 %. Varianta s řepkou ozimou má největší podíl plastové matrice a nebylo zde použito žádné barvivo. Rozměry vzorků, které jsem obdržel od firmy Plastic two a.s. se shodovaly v délce 150 mm a šířce 40 mm. Rozdílná byla tloušťka (výrobce materiály vyrábí v různé tloušťce, rozdíly byly řádově v milimetrech). Po délce vzorků byli vyznačeny 3 pozice na kterých byly prováděny měření (barva a lesk). Od každá varianty byly zkoumány dva vzorky.

Tabulka 1 Složení zkoumaných vzorků

Varianta	lignocelulóзовý materiál	plast	podíl plastu	podíl LC	podíl aditiv	barvivo	povrch
1	stonky řepky	PE	50 %	38 %	12 %	žádné	nebroušený
2	dub	PE	30 %	58 %	12 %	hnědé	nebroušený
3	dub	PE	30 %	58 %	12 %	oranžové	nebroušený
4	dub	PE	30 %	58 %	12 %	černé	nebroušený
5	teak	PE	30 %	58 %	12 %	červené	broušený

12.2 Měření barvy

Barva byla měřena na vyznačených pozicích pomocí spektrofometru typ CM-600d. Měření probíhala podle vědeckého článku publikovaného v časopisu coatings (Pánek, 2017). Měření proběhla v laboratorních podmínkách.

Parametry a nastavení spektrofometru

- pozorovací úhel 10° ,
 - geometrie d / 8,
 - světelný zdroj D65,
 - metoda SCI,
 - hodnocení v barevném prostoru CIE-L * a * b
- (Pánek, 2017).



Obrázek 19: Spektrofotometr (autor)

Dále byly výsledky změny barvy na zkoumaných vzorcích vyhodnocovány podle tabulky klasifikace změn barveného prostoru (Pánek, 2015).

Tabulka 2 Klasifikace změn barevného prostoru (Pánek, 2015).

1	$\Delta E < 0,2$	Neviditelný rozdíl
2	$0,2 < \Delta E < 2$	Malý rozdíl
3	$2 < \Delta E < 3$	Barevná změna viditelná s vysoko kvalitním filtrem
4	$3 < \Delta E < 6$	Barevná změna viditelná se středně kvalitním filtrem
5	$6 < \Delta E < 12$	Vysoká barevná změna
6	$\Delta E < 12$	Odlišná barva

12.3 Měření lesku

Lesk byl měřeno na třech pozicích vyznačených na všech vzorcích pomocí leskoměru KSJ F2. Postup byl prováděn dle normy EN ISO 2813 a vědeckého článku (Miloš Pánek, 2017). Měření proběhla v laboratorních podmínkách.

Parametry a nastavení leskoměru

- úhel měření 60°,
- rozsah 0,0 – 199,9 GU,
- odchylka měření přístroje $\pm 1,5$ GU.



Obrázek 20: Leskoměr (autor)

12.4 Měření kontaktního úhlu (smáčivosti)

Dalším objektem zkoumání byla smáčivost. Měření proběhla v laboratorních podmínkách pomocí goniometru Krüss DSA 30E, kterým jsem měřil kontaktní úhel kapky destilované vody a povrchu daného vzorku. Kontaktní úhel byl měřen na pěti pozicích na každém vzorku.

Parametry a nastavení goniometru

- destilovaná voda,
- dávkovací objem 5 μl ,
- hodnota se zaznamenávala 5 s po umístění kapky na povrch vzorku.



Obrázek 21: Goniometr (autor)

12.5 Měření drsnosti povrchu

Drsnost povrchu byla měřena pomocí dotykového indukčního profilometru Form Talysurf Series. Pro přesnost měření, stability profilometru a eliminaci chvění byla na pracovním stole umístěna leštěná mramorová deska na kterou by následně instalován profilometr. Pro zajištění polohy vzorku vůči profilometru napříč nebo rovnoběžně výrobního směru. Vyhodnocení kvality povrchu byla hodnocena pomocí tří velečin Rsm, Rz a Ra a dle normy ČSN EN ISO 4287 (1999). Zkouška proběhla před procesem i po procesu umělého stárnutí.

Parametry a nastavení profilometru

- úchylka přímosti 0,4 μm na 50 mm,
- chyba měření $\pm 2\%$,
- poloměr raménka 2 μm ,
- dobřh raménka 0,3 mm,
- délka cut off 2,5 mm,
- vyhodnocovaná délka 12,5 mm.



Obrázek 22: Profilometr (autor)

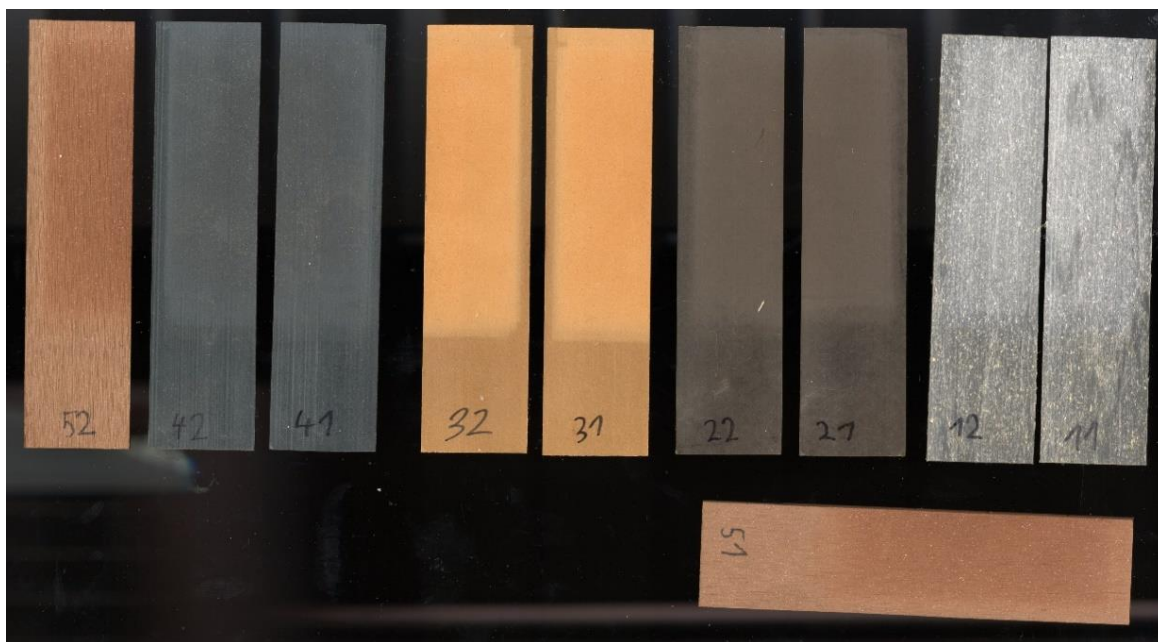
Harmonogram měření

Po provedení výše zmíněných měření jsme dostali vstupní data. Následovně byly vzorky uloženy do UV komory a podrobeny procesu umělého stárnutí. Výše zmíněná měření (měření barvy, lesku a smáčivosti) byla dále opakována po 1, 3 a 8 týdnu umělého stárnutí a dále porovnány s daty vstupními.

12.6 Umělé stárnutí

Tento proces byl proveden v UV komoře QUV. Proces umělého stárnutí byl proveden dle normy EN 927-6, po dobu 8 týdnů (1344 hodin). Průběžná měření probíhala po 1 a 3 týdnu.

Na obrázku můžeme vidět, jak byly vzorky poškozeny po procesu umělého stárnutí (světlejší místo cca ve dvou třetinách vzorku).



Obrázek 23: Vzorky po procesu umělého stárnutí (autor)

Tabulka 3 Norma EN 927-6

Umělé stárnutí v UV komoře, 1 cyklus (168 h)					
číslo procedury	cyklus	čas	teplota	rozprašování vody	UV záření
1	A	24 h	45 ± 3 °C	vypnuté	vypnuté
2	A	2,5 h	65 ± 3 °C	vypnuté	1.10 E*m-2 na 340 nm
	B	0,5 h	20 ± 1 °C	zapnuté	vypnuté
	A+B	3 h			

(A+B dílčí cyklus), Celkem probíhá 48 cyklů x 3 hodiny, to znamená že probíhá dohromady 144 hodin



Obrázek 24: UV komora (autor)

12.7 Měření úbytku materiálu

Měření proběhlo pomocí mikrometru, a bylo naměřeno 10 hodnot u každého vzorku. Měření proběhlo na části vzorku, která byla vystavena procesu umělého stárnutí (5 měření) a i na části která zasáhnuta nebyla (5 měření).



Obrázek 25: Mikrometr (autor)

12.8 Zkouška odlupčivosti (křídování)

Tato zkouška nazývaná také jako křídování spočívá ve výskytu volně ulpívajícího prášku na povrchu tělesa, způsobeného jeho degradací. Zkouška se provádí pomocí samolepící pásky a dále jsou výsledky vyhodnocovány proti kontrastnímu pozadí dle normy ČSN EN ISO 4628-6.

12.9 Vyhodnocení výsledků

Více-faktorová analýza v softwaru Statistica 12, byla použita pro statistické vyhodnocení naměřených výsledků. Díky této analýze rozptylu se hodnotí účinky jednotlivých faktorů a jejich vzájemnou kombinaci. K ohodnocení vzájemné kombinace faktorů a jejich účinků byl použit Fischerův F test s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Hladinu významnosti nám stanoví hodnota P, dle jeho hodnoty lze testovaný faktor ohodnotit následovně

- $P = 0$ faktor působí,
 - $P = 0,05$ vliv faktoru je na hranici statistické významnosti,
 - $P < 0,05$ vliv faktoru je statisticky významný,
 - $P > 0,05$ vliv faktoru není statisticky významný,
 - $P < 0,001$ vliv faktoru je statisticky velmi významný,
 - $0,01 < P < 0,05$ vliv faktoru je statisticky málo významný,
 - $0,001 < P < 0,01$ vliv faktoru je statisticky středně významný
- (Gaff, 2009).

13 Výsledky práce a diskuze

Surově naměřená data nejsou dostatečným produkt k vyhodnocení práce, proto byly výsledky zpracovány pomocí variačního koeficientu (v tabulkách uvedeno v % a hodnoty jsou umístěny závorkách), aritmetickým průměr a dále vyjádřeny pomocí tabulek a grafů.

13.1 Měření barvy před umělým stárnutím

Dle hodnot je z tabulky vidět, že zkoumané vzorky mají spíš tmavou barvou než světlou. Tyto hodnoty jsou dále porovnávány s měřeními po procesu umělého stárnutí.

Tabulka 4 Průměrné hodnoty barvy před procesem umělého stárnutí

Vzorek	L	a	b
1	45,1	0,23	2,485
2	30,82	1,65	2,69
3	44,61	11,71	17,75
4	29,8	-0,7	-0,67
5	47,3	11,01	14,45

13.2 Barva po procesu umělého stárnutí

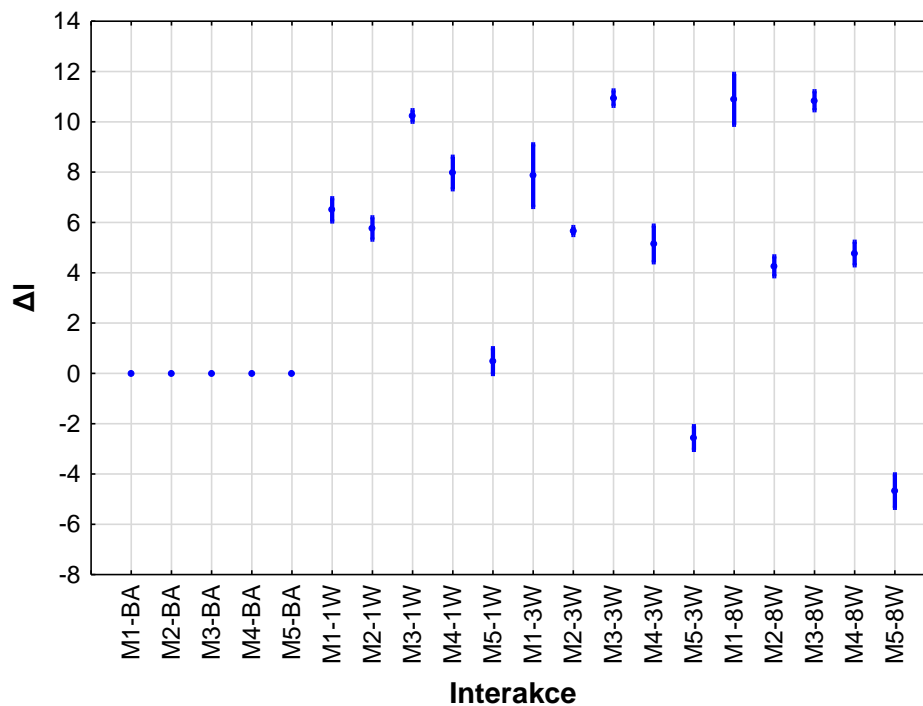
Z tabulky je vidět, že největší změny barveného prostoru nastaly u vzorku č. 3 s obsahem dubu, a to takovou, že po umělém stárnutí se barva zcela změnila. U vzorku číslo jedna nastala vysoká změna barvy. Hodnoty u vzorků 2 a 5 jsou na hranici mezi změnami viditelným se středně kvalitním filtrem. Nejmenší změny nastaly u vzorku 4 a to změny viditelné s vysoce kvalitním filtrem. U hodnoty Δl se u všech vzorků kromě materiálu č.5 se barva stávala světlejší u materiálu s obsahem teaku se barva naopak stávala tmavší. Hodnoty Δa nastali nejmenší změny u vzorku č.4 se barva přiblížila více k zelené, u ostatních vzorků se jejich barva naopak přiblížila více k červené barvě. Hodnoty Δb se vzorky mírně přiblížily k barvě žluté u hlavního vzorku s obsahem stonků řepky ozimé nastaly nepatrné změny, a to lehce k modré barvě. U všech vzorků nastaly největší změny po prvním týdnu umělého stárnutí. Tyto změny nastaly kvůli použitému barvivu u každého vzorku.

Tabulka 5 Barva po procesu umělého stárnutí

Materiál	Čas umělého stárnutí	Interakce	Δl	VR	Δa	VR	Δb	VR	ΔE	VR
M1	před začátkem procesu (BA)	M1-BA	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	(-)
M2	před začátkem procesu (BA)	M2-BA	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	(-)
M3	před začátkem procesu (BA)	M3-BA	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	(-)
M4	před začátkem procesu (BA)	M4-BA	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	(-)
M5	před začátkem procesu (BA)	M5-BA	0	(-)	0	(-)	0	(-)	0	(-)
M1	1 týden	M1- 1 týden	7	(6,8)	0	(1,6)	-1	(11,1)	7	(6,4)
M2	1 týden	M2- 1 týden	6	(7,3)	1	(4,9)	2	(5,3)	6	(5,9)
M3	1 týden	M3- 1 týden	10	(2,1)	0	(14,0)	5	(8,2)	11	(1,3)
M4	1 týden	M4- 1 týden	8	(7,7)	-1	(3,6)	0	(18,0)	8	(7,6)
M5	1 týden	M5- 1 týden	0	(10,2)	2	(15,2)	2	(14,4)	3	(10,3)
M1	3 týdny	M1- 3 týdny	8	(15,1)	0	(10,8)	-1	(18,7)	8	(14,6)
M2	3 týdny	M2- 3 týdny	6	(2,6)	2	(9,0)	3	(5,2)	7	(1,3)
M3	3 týdny	M3- 3 týdny	11	(2,7)	2	(9,0)	9	(5,1)	14	(0,8)
M4	3 týdny	M4- 3 týdny	5	(13,5)	-1	(13,7)	0	(12,5)	5	(12,6)
M5	3 týdny	M5- 3 týdny	-3	(17,4)	3	(7,1)	3	(10,2)	5	(10,3)
M1	8 týdnů	M1- 8 týdnů	11	(8,9)	0	(12,3)	0	(-14,7)	11	(8,8)
M2	8 týdnů	M2- 8 týdnů	4	(8,8)	2	(3,4)	4	(3,3)	6	(3,5)
M3	8 týdnů	M3- 8 týdnů	11	(3,3)	4	(6,7)	11	(3,4)	16	(0,8)
M4	8 týdnů	M4- 8 týdnů	5	(9,4)	-1	(15,5)	1	(15,3)	5	(9,3)
M5	8 týdnů	M5- 8 týdnů	-5	(10,3)	4	(4,4)	3	(9,0)	7	(7,0)

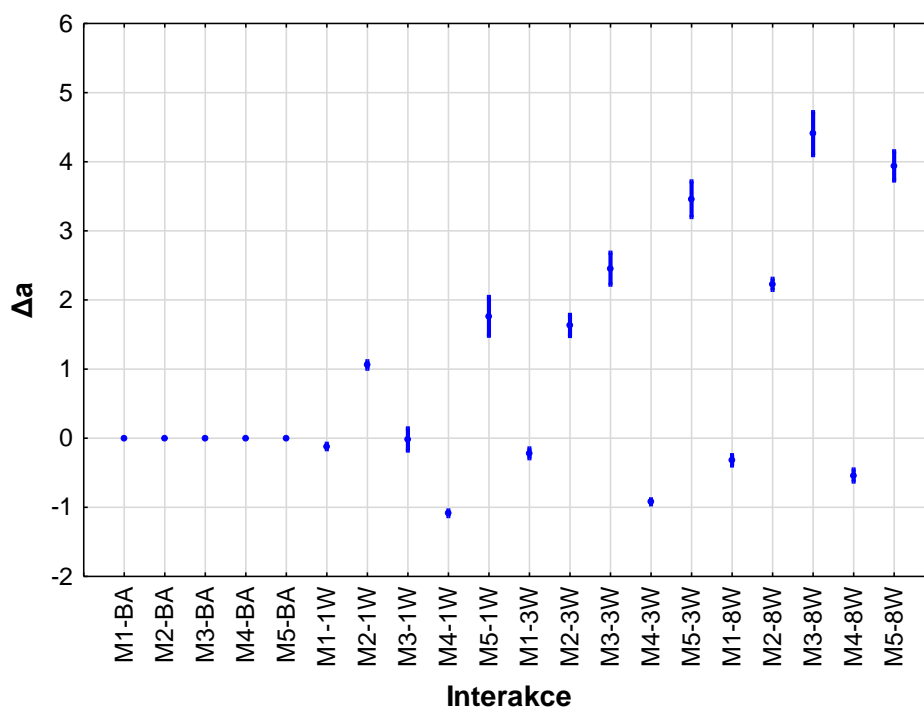
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Z grafu je vidět, že po prvním týdnu umělého stárnutí vykazuje hlavní zkoumaný vzorek s obsahem stonků řepky ozimé statisticky významné hodnoty se vzorky 3,4 a 5 naopak u vzorku číslo dva jsou hodnoty statisticky nevýznamné. Po třetím týdnu procesu jsou hodnoty všech vzorků statisticky významné vzhledem ke vzorku č.1. Po 8 týdnu jsou statisticky nevýznamné hodnoty mezi vzorky 1 a 3.



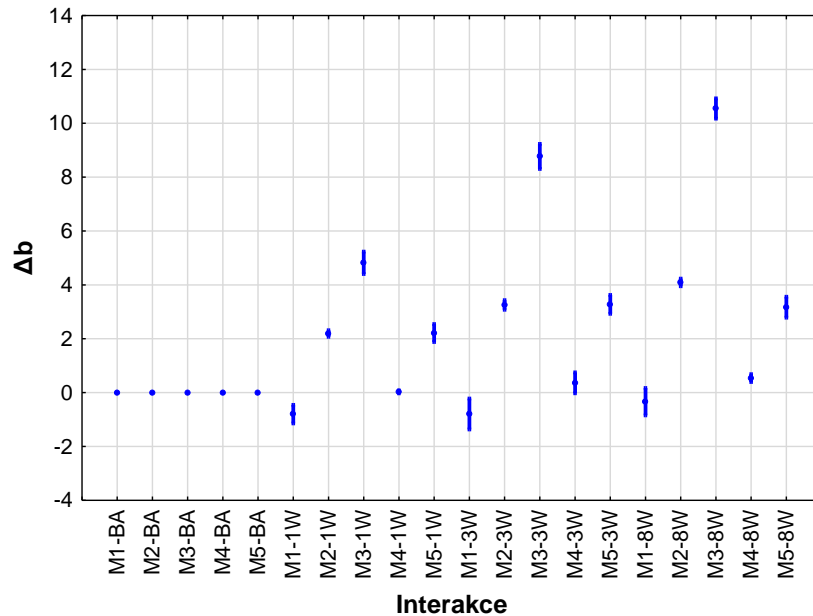
Obrázek 26: Změna souřadnice ΔI po procesu umělého stárnutí

Dle grafu Δa je vidět že hodnoty Δa že naměřené po prvním týdnu umělého stárnutí jsou statisticky nevýznamné mezi vzorky č.1 a č.3. U dalších hodnot je statistická významnost panuje mezi hlavním vzorkem s obsahem řepky ozimé a vzorky 2,4 a 5. Po třetím týdnu umělého stárnutí jsou naměřené hodnoty materiálu č.1 statisticky významné s ostatními materiály. Poslední měření vykázalo statistickou nevýznamnost hlavního vzorku s řepkou ozimou a materiálem č.4 s obsahem dubu, naopak s ostatními vzorky jsou hodnoty vzorku č.1 statisticky významné.



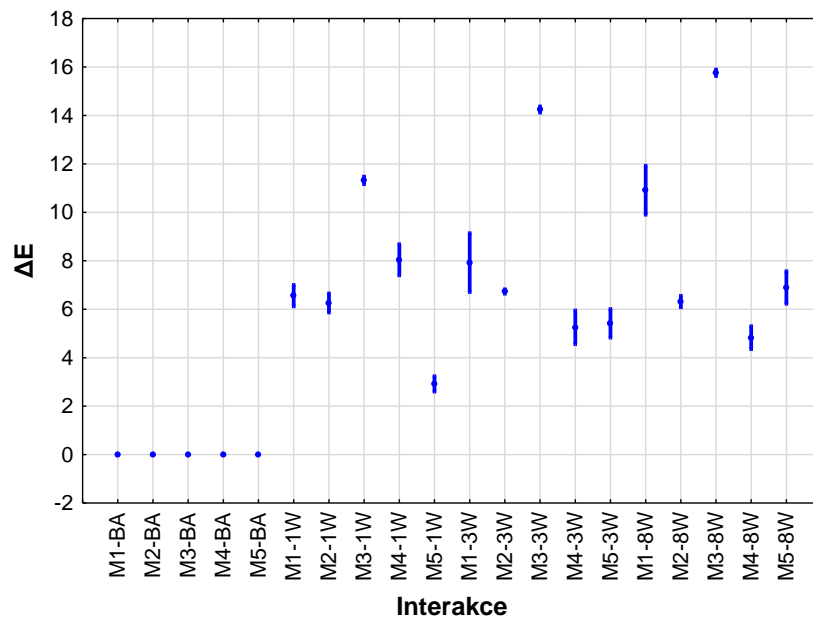
Obrázek 27: Změna souřadnice Δa po procesu umělého stárnutí

Z grafu Δb je vidět, že hodnoty materiálu č.1 jsou po prvním týdnu procesu umělého stárnutí jsou statisticky významné se všemi ostatními vzorky. Po třetím týdnu opět panuje statistická významnost mezi vzorkem č.1 a vzorky č.2, č.3, č.4 a č.5. Po posledním týdnu měření jsou hodnoty vzorků 2,3 a 5 statisticky významné se vzorkem s obsahem řepky ozimé. Mezi vzorkem č.1 a č.4 jsou naměřené hodnoty na hranici statistické významnosti



Obrázek 28: Změna souřadnice Δb po procesu umělého stárnutí

Dle grafu jsou hodnoty po prvním a třetím týdnu procesu umělého stárnutí statisticky významné mezi materiály č.3, č.4 a č.5, naopak statisticky nevýznamné jsou se vzorkem č.2. Po osmém týdnu umělého stárnutí jsou hodnoty kontrolních vzorků 2,3,4 a 5 statisticky významné se vzorkem č.1.



Obrázek 29: Změna souřadnice ΔE po procesu umělého stárnutí

13.3 Kontaktní úhel

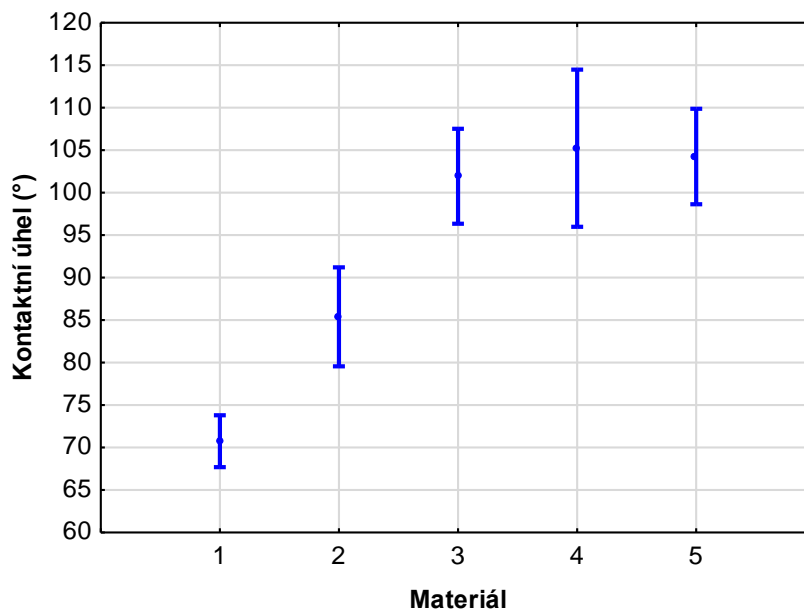
Dalším zkoumaným parametrem byl kontaktní úhel, který nám určuje, jak moc je povrch hydrofobní (vodu odpuzující). V této sekci při kontrolním měření před procesem umělého stárnutí vyšel nejméně hydrofobní povrch u vzorků se stonky řepky ozimé. Naopak nejvíce hydrofobní povrch vykazoval vzorek číslo 5 s teakovým plnivem. Mezi vzorky s dubovým plnivem jsou odchylky v řádech jednotek. Po procesu umělého stárnutí zaznamenaly všechny vzorky růst kontaktního úhlu, kdy největší změny nastaly po posledním týdnu umělého stárnutí, tento trend byl způsoben působením UV záření, které zapříčinilo depolymerizaci plastové matrice a následné uvolnění stopového množství oleje. Kontaktní úhel tím i hydrofobní charakter daného materiálu závisí drsností povrchu, a povrchovým napětím. Hlavním zkoumaný vzorek vykazuje nejnižší hodnoty díky velké frakci plniva (stonky řepky ozimé). Dalším faktorem, který ovlivňuje kontaktní úhel materiálu, jsou použita aditiva.

Tabulka 6 Průměrné hodnoty kontaktního úhlu

Materiál	Kontaktní úhel (°)			
	týden 0	týden 1	týden 3	týden 8
1	64,2 (14,9)	69,1 (4,3)	70,4 (9,5)	79,4 (13,5)
2	69,6 (9,3)	71,1 (11,3)	93,6 (5,0)	107,2 (13,4)
3	81,2 (9,7)	88,0 (4,7)	103,5 (2,1)	135,0 (5,1)
4	67,8 (6,9)	98,0 (2,6)	111,0 (2,2)	144,1 (11,2)
5	94,3 (5,5)	87,3 (13,1)	107,7(2,9)	128,4 (7,1)

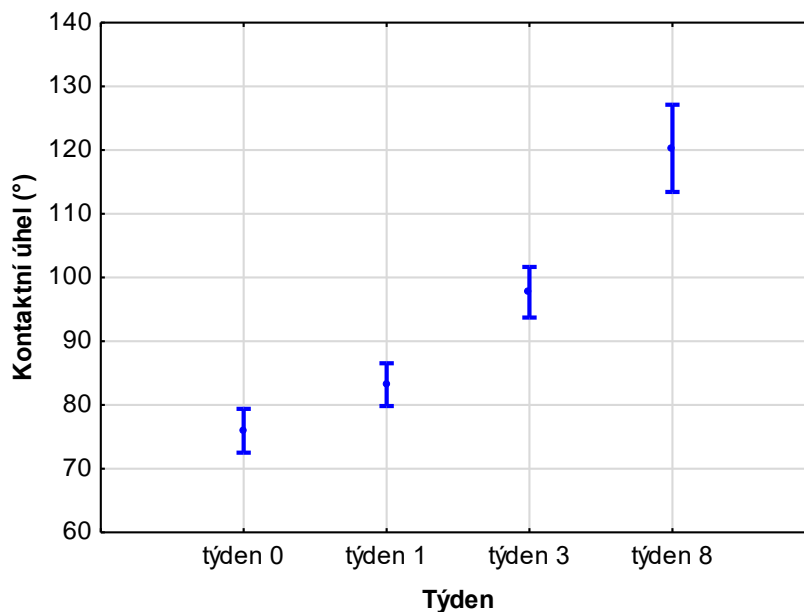
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Z grafu účinku typu materiálu na hodnoty kontaktního úhlu je vidět, že nejmenší rozptyl a tím nejmenší změny hodnot během procesu umělého stárnutí, vykazuje materiál s obsahem stonků řepky ozimé. Největší změny nastaly u vzorku č.4 s obsahem dubu. Hlavní zkoumaný materiál č.1 vykazuje statisticky významné hodnoty s ostatními zkoumanými materiály.



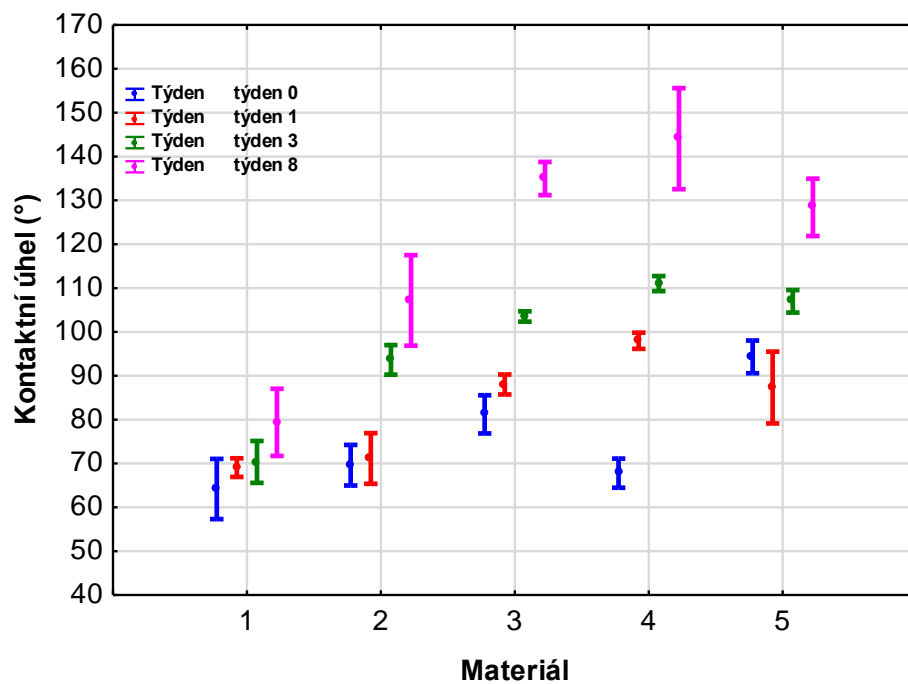
Obrázek 30: Graf účinku typu materiálu na hodnoty kontaktního úhlu

Z grafu lze je vidět jak probíhaly změny na materiálech během procesu umělého stárnutí, kdy mají hodnoty kontaktního úhlu rostoucí charakter na rozdíl od ostatních zkoumaných vlastností. Dalším odlišností je že není rapidní změna vlastností hned po prvním týdnu umělého stárnutí a změna zkoumané vlastnosti je plynulejší.



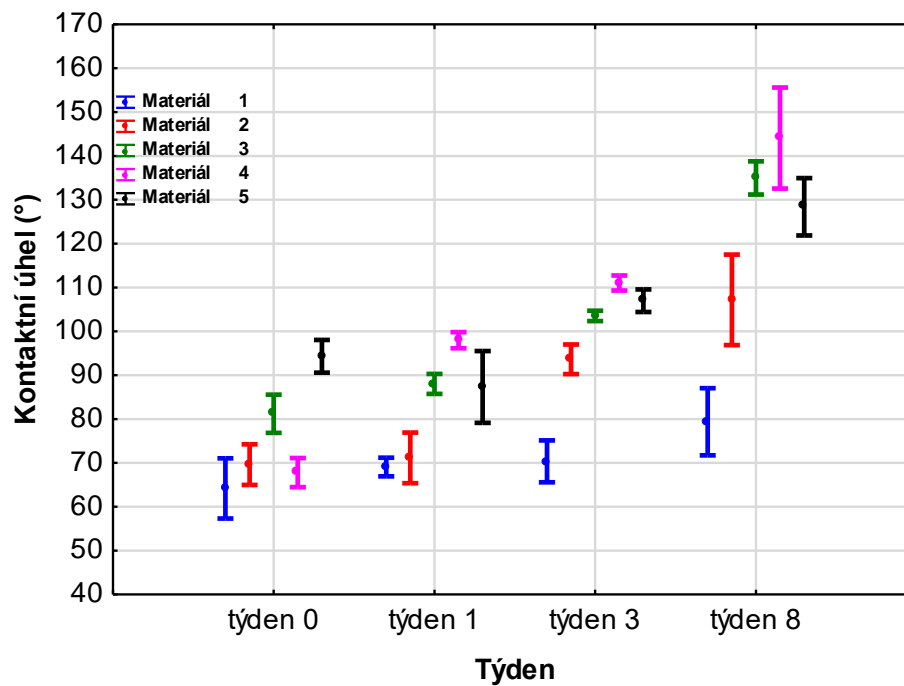
Obrázek 31: Graf účinku délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu

Graf účinku interakce typu materiálů a délky působení v týdnech nám ukazuje srovnání změn během procesu umělého stárnutí jednotlivě u každého materiálu. Jak bylo již výše zmíněné nejmenší změna nastala u vzorku č.1 naopak největší změny vykazoval materiál s obsahem dubu vzorek č.4. Změny u materiálu s obsahem stonků řepky ozimé jsou na hranici statistické významnosti mezi prvním a posledním měřením, ostatní hodnoty u tohoto materiálu neprokazují statistickou významnost, což prokazuje malou změnu charakteru materiálu. U vzorku č.4, kde jsou změny největšího rázu jsou hodnoty navzájem statisticky významné.



Obrázek 32: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech

Dle grafu účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu je vidět srovnání výsledků jednotlivých materiálu v každém období měření. Před procesem umělého stárnutí panuje statistická významnost mezi materiálem s obsahem stonků řepky ozimé a materiály č.3(dub) a č.5(teak), mezi vzorkem č.1(označen modrou barvou) a vzorky č.2 a č.4 nepanuje statistická významnost. Po prvním týdnu jsou hodnoty materiálu 3,4 a 5 statisticky významné s materiálem číslo 1. Mezi hodnotami materiálu č.1(řepka) a materiálem č.2 nepanuje statistická významnost. Po třetím týdnu umělého stárnutí jsou viditelné rapidní změny všech materiálů s výjimkou WPC s obsahem řepky ozimé, díky tomuto jevu panuje statistická významnost mezi hlavním zkoumaným materiálem a materiály 2,3,4 a 5. Po posledním týdnu je to obdobné jako po týdnu třetím, a to že hodnoty materiálu s obsahem stonků řepky ozimé a materiálů dubu a teaku jsou navzájem statisticky významné.



Obrázek 33: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty kontaktního úhlu

13.4 Lesk

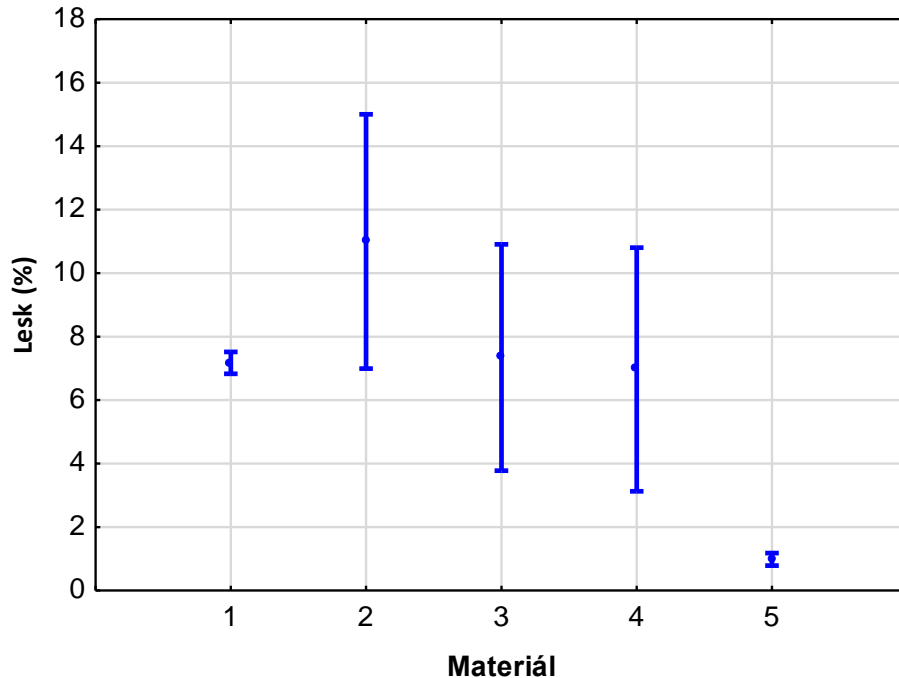
Dle naměřených hodnot, je nejméně lesklým materiálem vzorek číslo 5, u kterého bylo použito dřevo Teak. Takto nízké hodnoty jsou zapříčiněné broušeným povrchem vzorků. Hlavní vzorek číslo 1 vykazuje rovněž nízké hodnoty, a to díky stonkům řepky ozimé, které mají větší frakci než ostatní vzorky, kde bylo použito plniva získané z dřevní hmoty. Ostatní vzorky jsou lesklé a vykazují podobné hodnoty. Během procesu umělého stárnutí nastal největší pokles lesku u všech vzorků po prvním týdnu umělého stárnutí. Největší pokles lesku jsme zaznamenali u vzorků 2,3 a 4, a to tak že z nejlesklejší vzorků patří po umělém stárnutí mezi matné, kde se hodnoty blíží nule. Podobně matným materiálem je vzorek s obsahem teaku, ale tento materiál vykazoval nejmenší lesk už před začátkem procesu. Nejméně degradovaným materiálem, byl vzorek s obsahem stonků řepky ozimé. Snížení hodnot lesku, bylo zapříčiněno umělým stárnutím a následnou degradací barviv.

Tabulka 7 Průměrné hodnoty lesku

Materiál	Lesk							
	týden 0		týden 1		týden 3		týden 8	
1	7,6	(7,8)	6,4	(8,8)	7,5	(9,3)	7,3	(13,4)
2	26,4	(1)	9,9	(6,7)	5,7	(10,5)	2,1	(13,8)
3	21,4	(1,8)	5	(8,7)	1,9	(12)	1,1	(5,2)
4	22,2	(4,3)	4,2	(17,5)	0,9	(11,1)	0,6	(12,2)
5	1,7	(5,8)	1,1	(9,1)	0,6	(8,2)	0,5	(9,7)

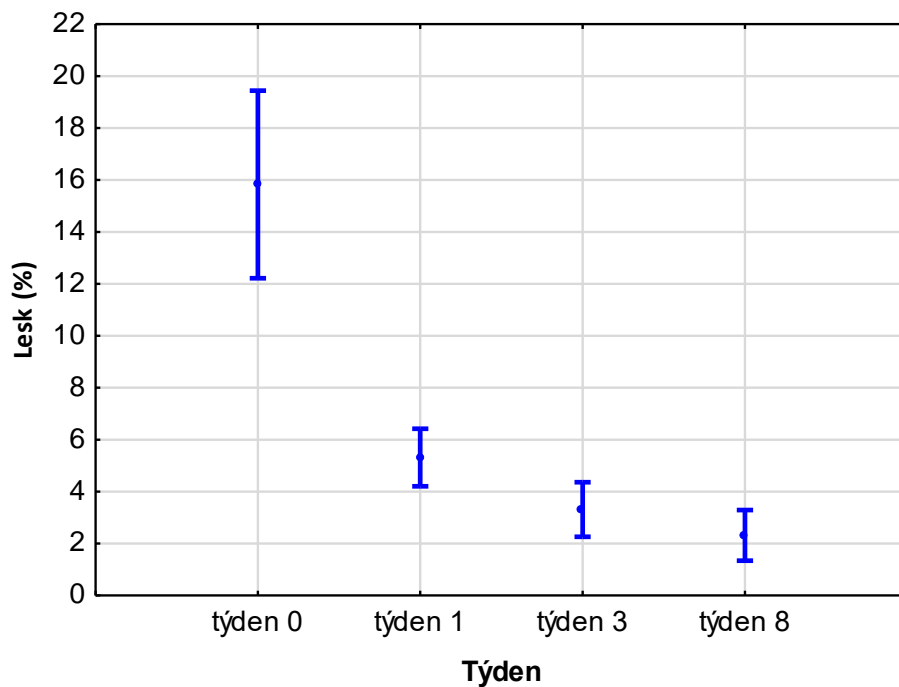
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Graf nám ukazuje že hlavní zkoumaný vzorek s obsahem stonků řepky ozimé a kontrolní vzorek č.5 s obsahem teaku vykazovaly nejmenší změny během procesu umělého stárnutí a jejich hodnoty jsou navzájem statisticky významné. Naopak velký rozptyl hodnot a změny zaznamenaly všechny WPC vzorky, kde byl použit jako plnivo dub.



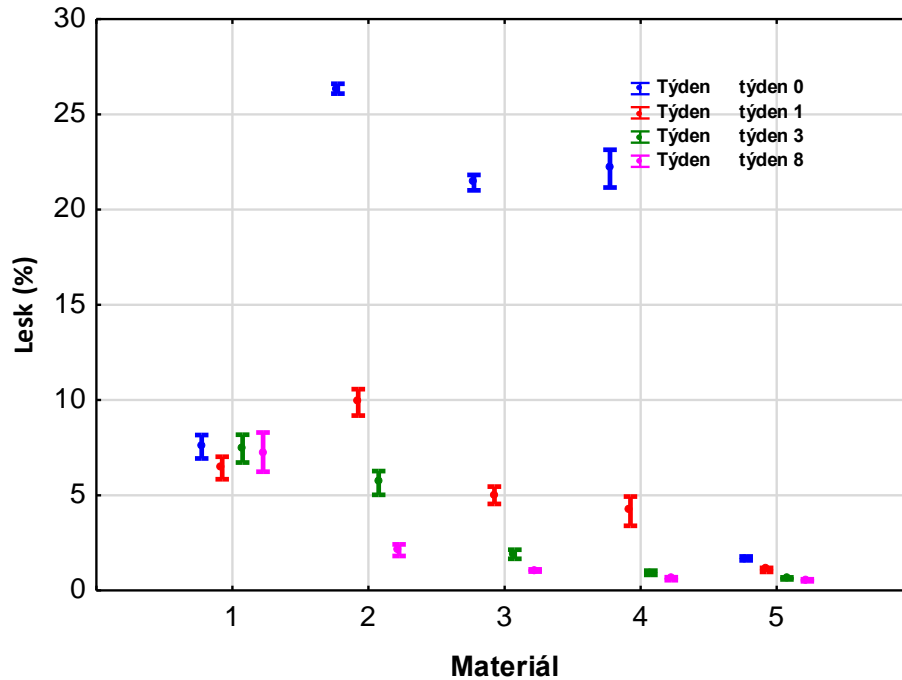
Obrázek 34: Graf účinku typu materiálu na hodnoty lesku

Z grafu je vidět že největší změna lesku nastala hne po prvním týdnu umělého stárnutí. Posléze změny nastávaly v menší měřítku. Obecně vliv umělého stárnutí ovlivnil vzorky ve velké měřítku.



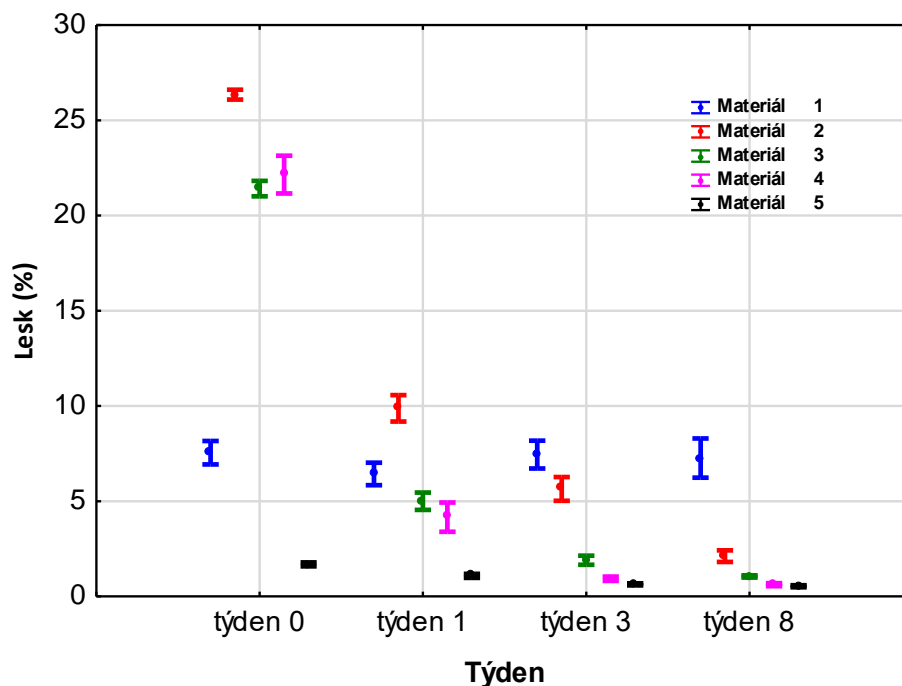
Obrázek 35: Graf účinku délky působení v týdnech na hodnoty lesku

Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty lesku nám vyjadřuje změny jednotlivých materiálů během procesu umělého stárnutí. Zkoumané materiály měly velice odlišné hodnoty proto mezi hlavním zkoumaným vzorkem č.1 a hodnotami ostatních materiálů panuje statistická významnost.



Obrázek 36: Graf účinku interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty lesku

Z grafu je opět vidět největší propad hodnot po prvním týdnu zejména u dubových materiálu. Hodnoty materiálu č.1 jsou statisticky významné v porovnání s hodnotami ostatních materiálů.



Obrázek 37: Účinek interakce typu materiálu a délky působení v týdnech na hodnoty lesku

13.5 Měření drsnosti povrchu před procesem umělého stárnutí

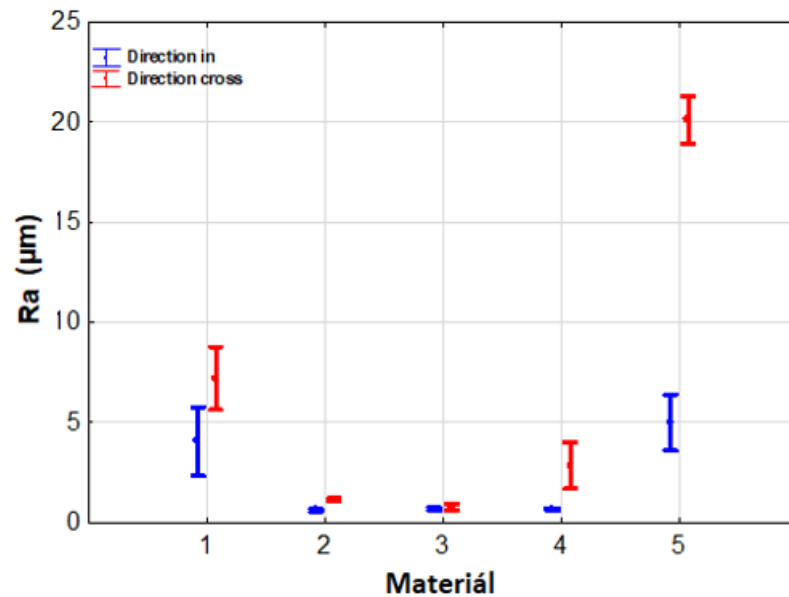
Z tabulky (viz tabulka č.8) je patrné že měření proběhla ve dvou směrech, a to příčném a podélném k výrobnímu směru. Nejdrsnější povrch má zkoumaný materiál č.5 teak. Druhé největší hodnoty dosahoval hlavní zkoumaný vzorek s obsahem stonků řepky ozimé č. 1. U materiálu s obsahem řepky, jsou tyto vyšší hodnoty způsobenou velkou frakcí částí stonků řepky ozimé, které jsou použity jako plnivo. Zkoumané vzorky s obsahem dubu vykazují velmi podobné hodnoty, které jsou způsobeny stejným druhem plniva.

Tabulka 8 Výsledky měření drsnosti před procesem umělého stárnutí

Materiál	Směr	Ra (μm)		RSm (μm)		Rz (μm)	
1	po směru	4,0	(20,48)	127,3	(8,98)	25,5	(32,25)
2	po směru	0,6	(10,04)	582,3	(21,50)	4,7	(15,49)
3	po směru	0,7	(10,79)	563,0	(5,10)	5,1	(10,07)
4	po směru	0,7	(9,57)	747,3	(22,80)	5,2	(9,35)
5	po směru	5,0	(16,93)	1247,8	(29,76)	36,0	(22,66)
1	kolmo	7,2	(20,80)	1699,7	(76,94)	48,3	(30,73)
2	kolmo	1,1	(5,92)	970,1	(21,83)	6,6	(7,13)
3	kolmo	0,8	(19,28)	876,4	(49,88)	5,9	(29,7)
4	kolmo	2,8	(19,10)	1294,5	(15,78)	12,9	(27,56)
5	kolmo	20,1	(5,58)	889,4	(23,25)	101,9	(4,37)

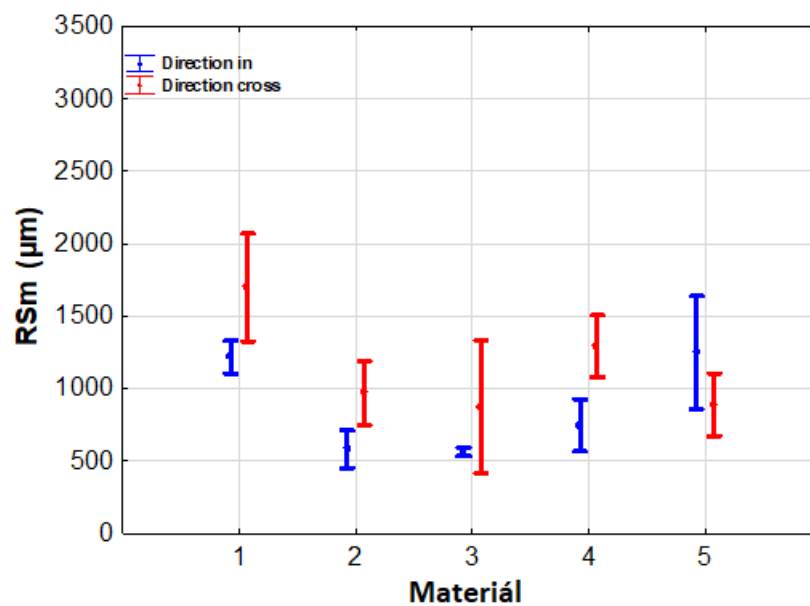
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Tento graf nám znázorňuje střední aritmetickou odchylku v podélném i příčném směru. V příčném směru (označen červenou barvou) jsou výsledné hodnoty u vzorku č.1 vzhledem k ostatním vzorkům 2,3,4 a 5 statisticky významné. V podélném směru jsou statisticky nevýznamné hodnoty mezi vzorkem 1 a 5.



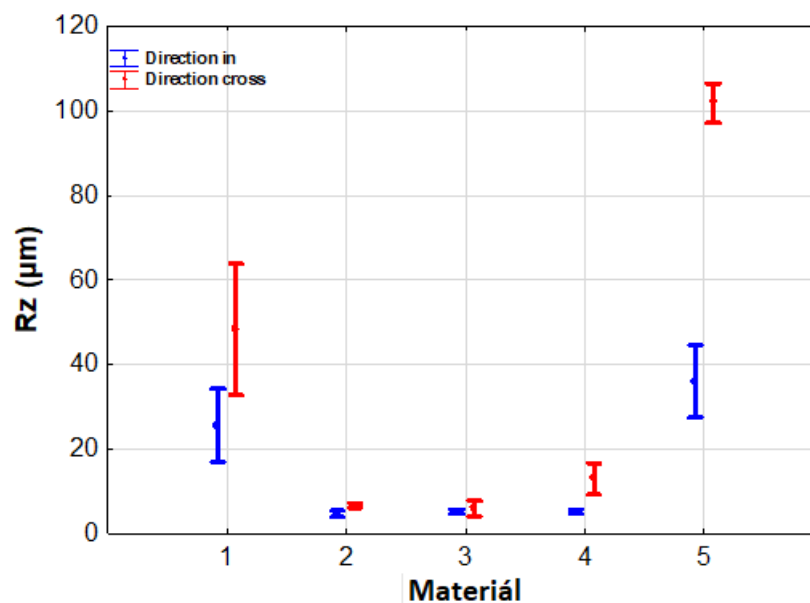
Obrázek 38: Graf aritmetické odchylky před procesem umělého stárnutí

Z grafu prezentující průměrnou vzdálenost prvků od profilu je vidět, že při měření v příčném směru jsou hodnoty vzorku č.1 statisticky významné se vzorkem 2 a 5 naopak statisticky nevýznamné se vzorkem 4. Se vzorkem jsou hodnoty hlavního vzorku na hranici statistické významnosti.



Obrázek 39: Graf průměrné vzdálenosti prvků od profilu před procesem umělého stárnutí

Z grafu výšky profilů materiálu vyplývá, že vzhledem k materiálu s obsahem stonků řepky ozimé v měření napříč výrobního směru jsou statisticky významné hodnoty ke všem ostatním zkoumaným materiálům. V podélném směru je to podobné, až na vzorek č.5, jehož hodnoty jsou vzhledem k hodnotám vzorku č.1 statisticky nevýznamné.



Obrázek 40: Graf výšky profilů před procesem umělého stárnutí

13.6 Měření drsnosti povrchu po procesu umělého stárnutí

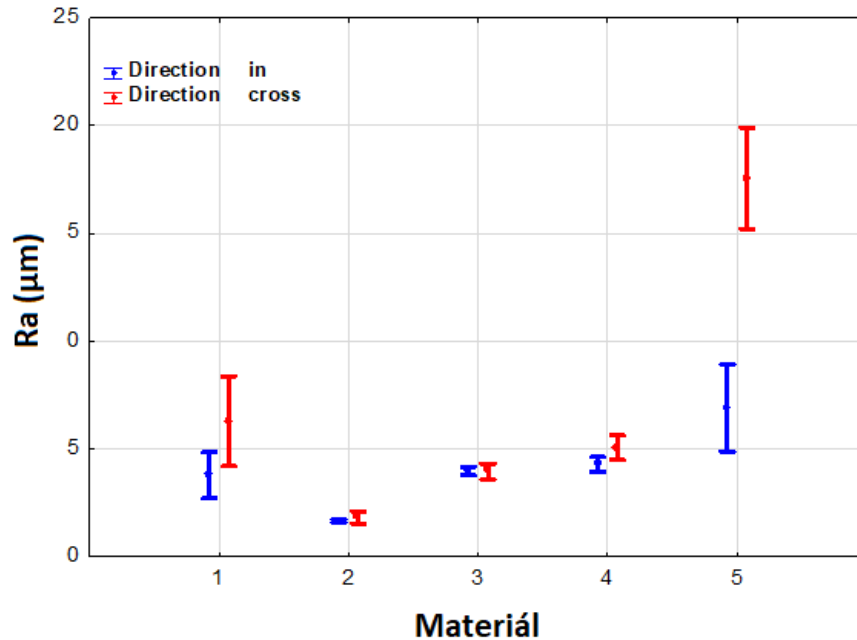
Největší změny nastaly u průměrné vzdálenosti prvků, a to i v řádech stovek. Změny nastaly i v průměrné aritmetické odchylce a výšky profilů nastaly, a to v řádech jednotek a desítek. Změna hodnot je způsobena zpráškovatěním povrchu způsobeným umělým stárnutím.

Tabulka 9 Měření drsnosti povrchu po procesu umělého stárnutí

Materiál	Směr	Ra (μm)		RSm (μm)		Rz (μm)	
		Value	(CV)	Value	(CV)	Value	(CV)
1	po směru	4	(26,9)	1750	(37,5)	25	(28,9)
2	po směru	2	(4,3)	522	(18,2)	13	(8,9)
3	po směru	4	(4,6)	456	(33,6)	33	(9)
4	po směru	4	(7,7)	384	(12,3)	36	(5,9)
5	po směru	7	(27,8)	629	(54,2)	48	(19,5)
1	kolmo	6	(31,7)	1374	(53,1)	43	(31,8)
2	kolmo	2	(15,3)	476	(6)	16	(17,19)
3	kolmo	4	(8,7)	326	(10,6)	30	(9,3)
4	kolmo	5	(10,9)	537	(22,5)	38	(6,5)
5	kolmo	18	(12,8)	793	(18,3)	95	(8,8)

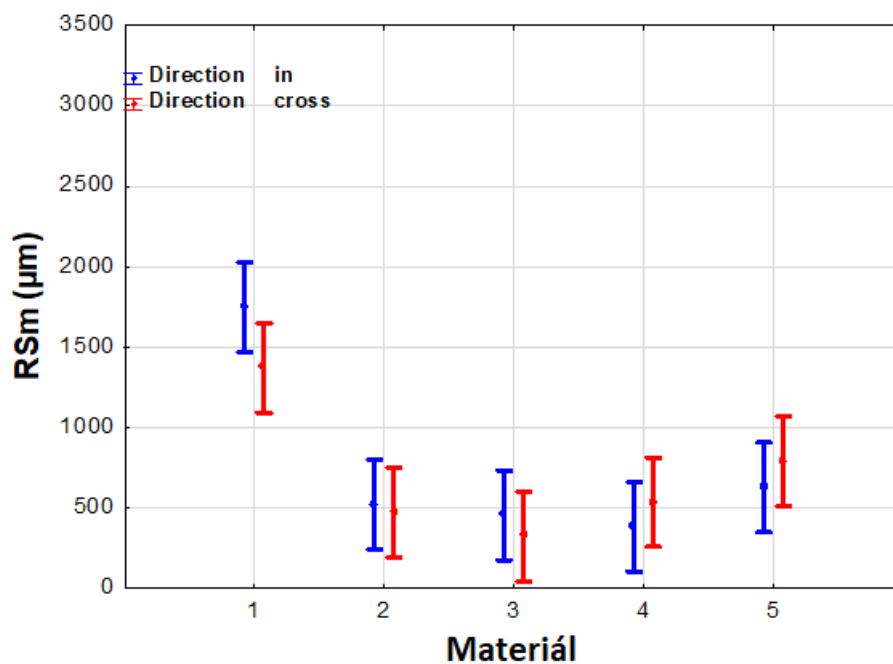
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Graf pro střední aritmetickou odchylku po umělém stárnutí nám ukazuje, že hodnoty hlavního vzorku s obsahem stonků ozimé jsou na hranici statistické významnosti se vzorkem číslo 2, dále jsou statisticky významné s hodnotami materiálu s obsahem teaku, naopak se vzorky 3 a 4 jsou hodnoty vzorku č.1 statisticky nevýznamné.



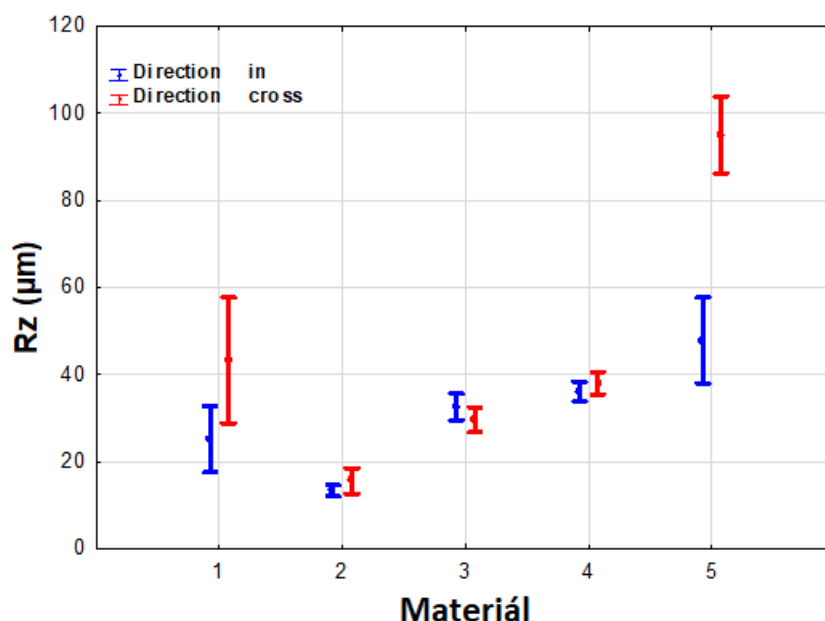
Obrázek 41: Graf pro střední aritmetickou odchylku po umělém stárnutí

Z grafu zobrazující průměrnou vzdálenosti prvků od profilu je zřejmé že ve směru podélném, jsou naměřené hodnoty u prvního vzorku statisticky významné v porovnání s ostatními vzorky, to samé platí u měření v příčném směru.



Obrázek 42: Graf pro průměrnou vzdálenost prvků od profilu po umělém stárnutí

Graf popisující výšku profilů materiálu nám znázorňuje, že ve směru podélné jsou statisticky významnými hodnoty vzorků 2 a 5 vzhledem k porovnání vzorku č.1. Naopak pro vzorek č.1 nepanuje statistická významnost se vzorky 3 a 4.



Obrázek 43: Graf výšky profilů materiálu po umělém stárnutí

13.7 Změna tloušťky po umělém stárnutí

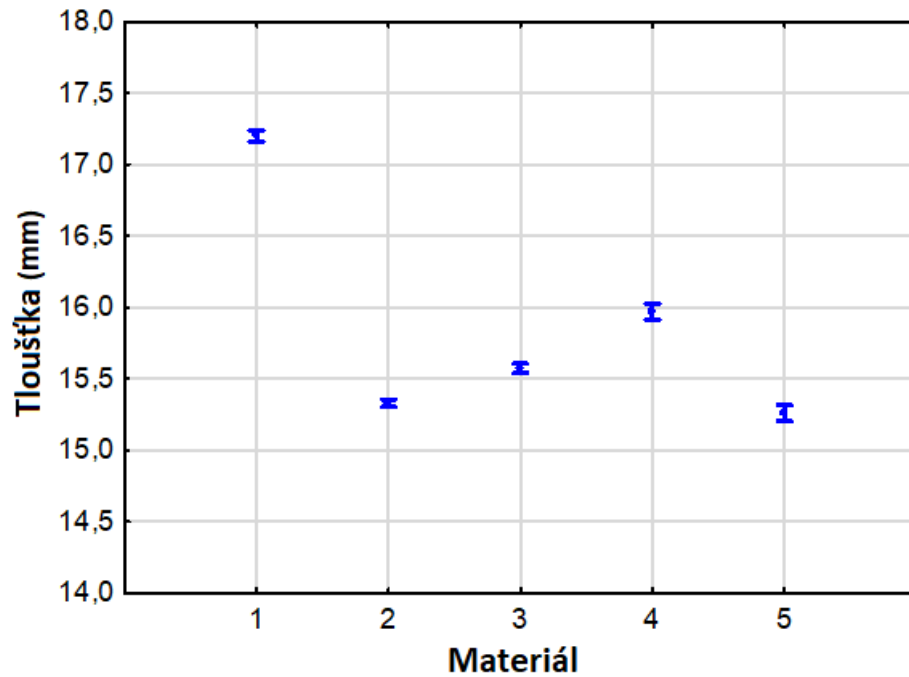
Hodnoty tloušťky se po procesu umělém stárnutí se změnilly maximálně o 0,3 mm, a to v případě vzorku s obsahem teaku. Nejmenší změny nastaly u vzorku č.3 s obsahem dubu. V případě hlavního vzorku změny probíhali jen o 0,1 mm a z toho vyplývá, že materiál s obsahem řepky vyšel z této zkoušky velice dobře, avšak vzorky 2 a 4 vykazují podobné hodnoty.

Tabulka 10 Změna tloušťky

Materiál	Metoda	Tloušťka(mm)	Materiál	Metoda	Tloušťka(mm)
1	U	17,2 (0,2)	3	U	15,5 (0,6)
1	P	17,3 (0,2)	3	P	15,6 (0,5)
1	U	17,1 (0,1)	4	U	15,8 (0,1)
1	P	17,2 (0,1)	4	P	16,1 (0,4)
2	U	15,3 (0,4)	4	U	16,0 (0,8)
2	P	15,3 (0,4)	4	P	16,0 (0,2)
2	U	15,3 (0,3)	5	U	15,2 (0,2)
2	P	15,4 (0,3)	5	P	15,4 (0,7)
3	U	15,6 (0,3)	5	U	15,1 (0,2)
3	P	15,6 (0,4)	5	P	15,3 (0,3)

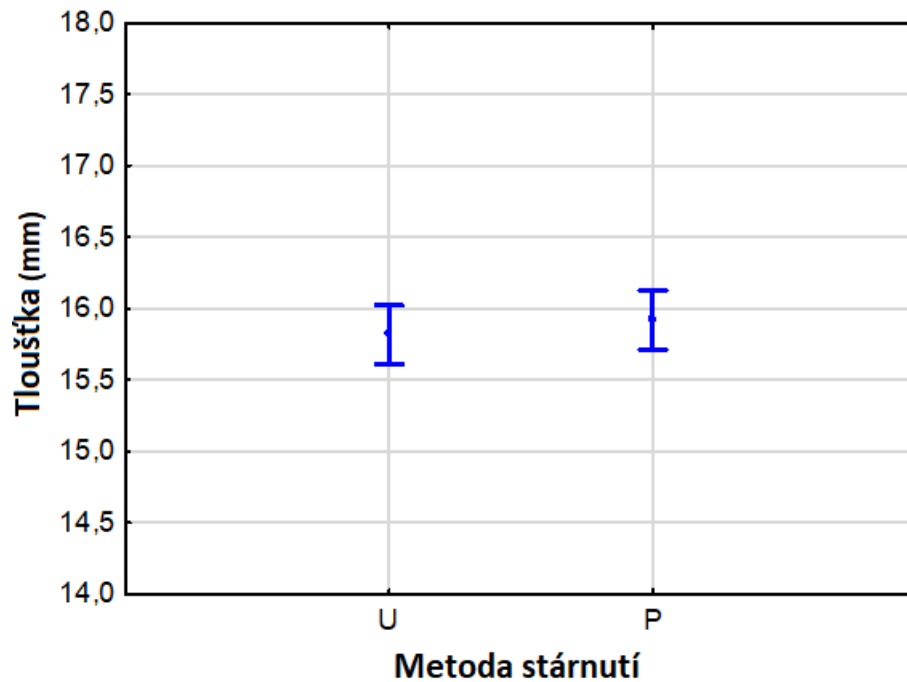
Hodnoty v závorkách jsou variační koeficienty (CV) v %.

Tloušťky zkoumaných vzorků byly už před počátkem umělého stárnutí rozdílné. Všechny zkoumané vzorky vykazují statisticky významné hodnoty ke vzorku č.1



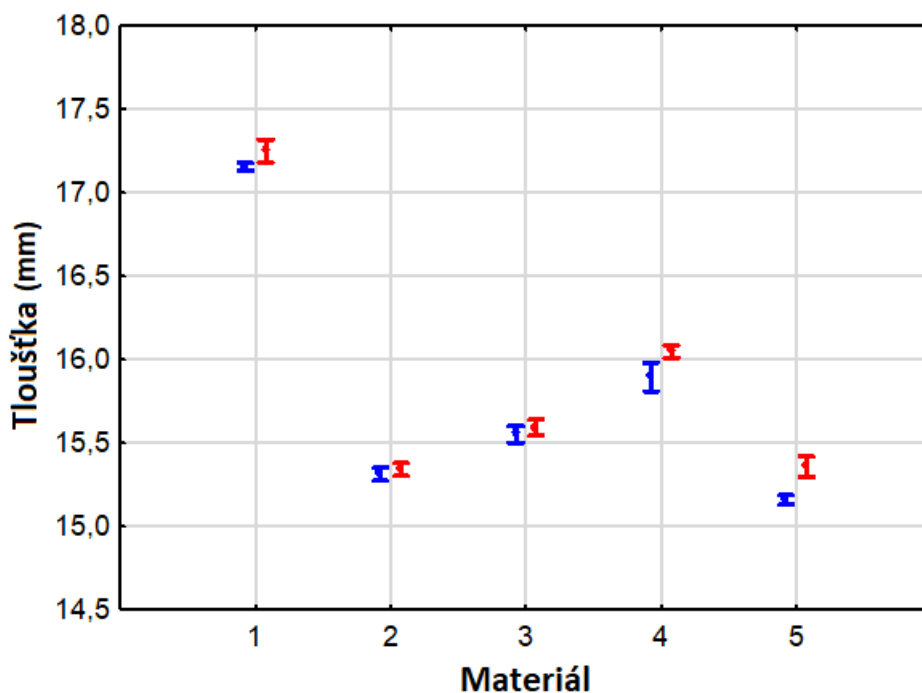
Obrázek 44: Graf tloušťky před procesem umělého stárnutí

Porovnání tloušťky před a po procesu umělého stárnutí nevykazuje statisticky významné hodnoty. Písmeno P zastupuje hodnoty před procesem umělého stárnutí a písmeno U zastupuje hodnoty po procesu umělého stárnutí.



Obrázek 45: Graf porovnání hodnot tloušťky

Stejně tak jako před umělým stárnutím, jsou hodnoty naměřené u vzorků 2,3, 4 a 5, po ukončení procesu statisticky významné k hodnotám vzorku s řepkou ozimou.



Obrázek 46: Graf porovnání hodnot tloušťky

13.8 Křídování

Z tabulky č.11 je vidět, že nejmenší odlupčivost povrchové vrstvy vykazoval hlavní vzorek s obsahem stonků řepky ozimé a kontrolním materiálem s obsahem teaku. Nejhůře dopadli vzorky č.4 a č.2. Odlupčivost materiálu byla ovlivněna procesem umělého stárnutí, který způsobil zpráškovatění povrchu.

Tabulka 11 Výsledky křídování

Materiál	Č. varianty	klasifikace
1	1	2
1	2	2
2	1	4
2	2	4
3	1	3
3	2	3
4	1	4
4	2	4
5	1	2
5	2	2



Obrázek 47: Výsledky zkoušky odlupčivosti (autor)

14 Závěr

Na základě naměřených výsledků a následného vyhodnocení na hlavním vzorku WPC s obsahem stonků řepky ozimé a následným porovnáním s kontrolními vzorky, kde byly použity jako plnivo dřeviny dub a teak, můžeme vyvodit následovné závěry u každé zkoumané vlastnosti a provedené zkoušky.

Barva

Největší změny nastaly u všech vzorků po prvním týdnu umělého stárnutí, barva se měnila dále, ale ne tak velkými skoky. U hlavního zkoumaného materiálu s obsahem řepky ozimé nastaly vysoké změny barevného prostoru a to $\Delta E = 11$. Tato změna byla druhá největší, kde největší změny nastaly u vzorku č.3 u kterého byla použita jako plnivo dřevina dub. Proces umělého stárnutí nejméně ovlivnil vzorek č.4 kde jsou změny viditelné s vysoce kvalitním filtrem. Barva hlavního zkoumaného vzorku byla velice ovlivněna procesem umělého stárnutí, ale změny nebyly největší ze všech zkoumaných vzorků. Změna barvy byla nejvíce ovlivněna druhem použitého barviva, druh plniva WPC materiálů nebyl rozhodující faktor.

Lesk

Další vlastnost, kde největší změny nastaly po prvním týdnu procesu umělého stárnutí. Nejméně degradovaným materiálem (nejmenší pokles lesku), zaznamenal vzorek č.1, kde byly jako plnivo použity části stonků řepky ozimé.

Lesk byl umělým stárnutím ovlivněn, protože nastaly barevné změny a poškození povrchu vzorků (Badji, 2017).

Kontaktní úhel (smáčivost)

U této zkoumané vlastnosti nenastaly největší změny hodnot po první týdnu umělého stárnutí, ale naopak až po osmém posledním týdnu procesu. Kontaktní úhel vykazoval nárůst u všech vzorků. Největší hodnoty vykazoval vzorek č.4 a nejmenší kontaktní úhel vykazoval materiál s obsahem řepky, kde byli naměřené hodnoty nejmenší ze všech vzorků již před započítáním procesu umělého stárnutí.

Umělé stárnutí ovlivnilo kontaktní úhel, že se měnila drsnost povrchu, povrchové napětí a depolymerizace plastové matrice. Depolymerizace zapříčiňuje postupné odštěpování jednotek monomerů od konce řetězců, a tím i tvorbu stopové množství oleje, které zapříčinilo růst kontaktního úhlu. Tento jev byl způsoben vlivem UV záření během procesu umělého stárnutí (Krams, 2017).

Drsnost

Proces umělého stárnutí způsobil zvýšení hodnot a obecně drsnost povrchu zkoumaných vzorků. Nejdrsnější povrch vykazoval vzorek č.1, kde byly použity jako plnivo části stonků řepky ozimé, které mají větší frakci než dřevní plniva, které jsou používány ve formě dřevní moučky, nebo dřevního vlákna (Jarusombuti, 2010). Procesem byly nejvíce ovlivněny hodnoty průměrné vzdálenosti prvků. Umělé stárnutí způsobilo degradaci povrchu a tím se i zvětšila drsnost vzorků.

Křídování

Nejlepší výsledky této zkoušky vykazovaly vzorky s obsahem řepky a teaku, vzorky 2 a 3 naopak dopadli o poznání hůře jejich klasifikace odlupčivosti byla 4. Proces umělé stárnutí degradoval barvivo i povrch materiálu, a to způsobilo velkou odlupčivost materiálů.

Proces umělého stárnutí ovlivnil všechny zkoumané vlastnosti, a to i ve velké míře. Hlavní zkoumaný vzorek vykazoval v některých zkouškách nejlepší hodnoty ale i hodnoty nejhorší. Celkově můžeme říct, že obstál srovnání s ostatními komerčně vyráběným WPC materiály, a je tedy vhodnou variantou kompozitních materiálů s alternativními plnivem, která mohou zvýšit procento recyklace odpadních materiálů (plasty, stonky řepky ozimé) a tím ulehčit životnímu prostředí.

15 Diskuze

Barva

V této sekci byli výsledky nejvíce ovlivněny druhem použitého barviva, druh plniva tuto sekci neovlivnil. Použité barvivo u hlavního vzorku s obsahem stonků řepky ozimé vykazovalo velkou degradaci, proto navrhuji použití kvalitnějšího barviva, jako například u vzorků 2,4 a 5.

Lesk

Tato zkoumaná vlastnost byla po procesu umělého stárnutí nejméně ovlivněna u vzorku č.1. Tento výsledek je sice pozitivní, ale lesklost materiálu není zásadní parametr a závisí na tom, kde bude materiál použit, jestli jako konstrukční materiál, kde nebo jako materiál dekorační. U dekoračního materiálu závisí na vkusu zákazníka, někdo může preferovat materiál lesklý a někdo naopak matný.

Lesk můžeme ovlivnit použitými barvivy, aditivy a materiály ze kterých se výsledný kompozit skládá, a jejich následnou modifikací (Ozdemir, 2008).

Kontaktní úhel

Výsledky tohoto měření po procesu umělého stárnutí vykazují opačný charakter než ostatní zkoumané vlastnosti, a to rostoucí hodnoty hydrofobního charakteru a neustálý vývoj změny během procesu umělého stárnutí.

Tento trend byl způsoben obsahem plastu ve zkoumaných vzorcích, protože když se podíváme na výsledky této zkoušky v porovnání s rostlým dřevem, zjistíme že umělé stárnutí snižuje kontaktní úhel a tím i hydrofobní charakter materiálu (Sikora, 2016).

Přítomnost plastové matrice má zásadní vliv na výsledky této zkoušky, a to i její obsah v daném polymeru (při stejném druhu plniva a velikosti její frakce) (Jarusombuti, 2010).

Drsnost

Tato sekce byla ovlivněna velkou frakcí stonků řepky ozimé, pro hladší povrch navrhuji větší rozemletí plniva, dalším aspektem, který by měl zamezit drsnému povrchu by bylo zvýšení obsahu polymeru, ale ne ve velkém měřítku, protože hlavní zkoumaný materiál s obsahem stonků řepky ozimé se již skládá z 50 % z polymeru a rapidní zvýšení by zapříčinilo změnu mechanických vlastností (Arnandha, 2017).

Křídování

V této sekci dopadl hlavní zkoumaný vzorek velmi dobře v porovnání s kontrolními materiály. Volba kvalitnějších barviv by mohl zlepšit výsledky v této zkoušce.

16 Seznam použité literatury a internetových zdrojů

- Arnandha, Y. (2017). Physical and mechanical properties of WPC board from Sengon sawdust and recycled HDPE plastic. *Procedia engineering*, stránky 695-704.
- Ashori, A. (2008). *Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries*.
- Badji, C. S. (1. Březen 2017). Influence of weathering on visual and surface aspect of wood plastic composites: Correlation approach with mechanical properties and microstructure. *Polymer Degradation and Stability*, stránky 162-172.
- Barotošová, M. (2011). *Tropické deštné lesy: dynamika vývoje a vlivy lidské společnosti*. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
- Bečka, D. (2007). *Řepka ozimá pěstitelský rádce*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Belková, B. (2019). *Vliv umělého stárnutí dřevoplastových kompozitních materiálů (WPC) s přidavkem částic ze stonků řepky ozimé na jejich mechanické vlastnosti*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Bledzki, A. M. (2005). A comparison of compounding processes and wood type for wood fibre—PP composites. *Applied Science and Manufacturing*, 789-797.
- Čapek, R. (2011). *Plasty jako zdroj globálního znečištění*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati.
- Daďourek, D. I. (25. Únor 2008). *Kompozitní materiály*. Načteno z ktm.tul: http://www.kmt.tul.cz/edu/podklady_kmt_magistri/KM/Kompozity%20Dad/02defrozd.pdf?fbclid=IwAR3q6tR8lRTkF8OMsQHufsE7AcOZZ2u2Fm_MWNgg86dOUf52OalR9RN0AcI
- Dicker, M. D. (2014). A review of material attributes and complementary applications. *Applied Science and Manufacturing*, 280-289.
- Ducháček, V. (2011). *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Praha: Vysoká škola Chemicko Technologická.
- Fendrychová, S. (22. Červen 2018). *Více plastů než ryb*. Načteno z Aktuálně.cz: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/more-plastu-grafika-plastovy-odpad-oceany-mikroplasty/r~a9f499305cf611e885e30cc47ab5f122/?redirected=1551355028>
- Filipi, B. (2003). *Plasty*. Ostrava: sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství.
- Frihart, C. R. (2005). *Wood adhesion and adhesives*. Boca Raton: CRC Press.

-
- Huang, L. X. (2016). Production of biodegradable board using rape straw and analysis of mechanical properties. *BioResources*, 772-785.
- Hýsek, Š. (2018). *Zhodnocení vlivu vazby lignocelulózový materiál/adhesivum na vlastnosti materiálů na bázi ligninu a celulózy a hodnocení parametrů ovlivňujících kvalitu lepeného spoje u těchto materiálů*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Ing. Daniel Maxa, P. (26. Únor 2019). *Patroleum*. Načteno z Petroleum.cz: <http://www.petroleum.cz/ropa/>
- Jarusombuti, S. a. (11. Květen 2010). Surface characteristics and overlaying properties of flat-pressed wood plastic composites. *European Journal of Wood and Wood Products*, stránky 375-385.
- Jež, L. (20. Zář 2018). *WPC kompozity na bázi PVC*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. Načteno z http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/42660/je%C5%BE_2018_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- John Barnett, G. J. (2003). *Wood quality and its biological basis*. London: CRC Press.
- Kašparová, M. (26. Únor 2019). *Plasty*. Načteno z [slideplayer.cz: https://slideplayer.cz/slide/11192940/](https://slideplayer.cz/slide/11192940/)
- Klas, M. (2019). *WOOD-PLASTIC COMPOSITE S PŘÍDAVKEM ČÁSTIC ZE STONKŮ ŘEPKY OZIMÉ A JEHO FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Klímeček, P. a. (2017). Alternative Raw Materials for Bio-Based Composites. *International Conference Wood Science and Engineering in the Third Millennium, Brasov*. Brasov.
- Klyosov, A. A. (2007). *Wood-plastic composites*. John Wiley & Sons.
- kol., H. L. (2013). *Improving Process the Efficiency of WPC Extrusion by a Production Loss Monitoring System*. Lahti: Lahti University of Applied Sciencis.
- Kolouch, J. (1986). *Strojírenské výrobky z plastiků vyráběné vstříkáním*. Praha: Statní nakladatelství technické literatury.
- Krams, J. (2017). *Vliv klimatického Stárnutí na vlastnosti PP výstřiků s podílem recyklátu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci.
-

-
- Kratochvíl, B. V. (2005). *Úvod do studia materiálů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická .
- Lars Berglund, R. M. (2005). *"Wood composites" Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press.
- Lauko, P. (11. Zář 2019). *Termický roklad dřeva*. Načteno z Mendelova Zemědělská univerzita:
http://pavel.lauko.org/download/studium/chemie/ch2horeni_dreva.pdf (accessed May 11, 2017).
- Mahlberg, R. N.-. (1999). Application of AFM on the adhesion studies of oxygen-plasma-treated polypropylene and lignocellulosics. *Langmuir*, 2985-2992.
- Martin Böhm, J. R. (2012). *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká Zemědělská Univerzita.
- Milan Gaff, J. G. (2009). *Shrinkage of the thermo-mechanically modified aspen wood*. Warsaw: University of life Sciences-SGGW.
- Miloš Kučera, R. A. (2019). *Národní inventarizace lesů v České republice-výsledky druhého cyklu 2011-2015*. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů .
- Miloš Pánek, E. O. (15. 7 2017). *Coatings*. Načteno z Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering:
<http://www.mdpi.com/2079-6412/7/10/172>
- Novotný, M. (4. 11 2018). *National-geographic*. Načteno z National-geographic.cz:
<https://www.national-geographic.cz/clanky/kdy-dojde-ropa-v-optimisticke-verzi-za-60-let-a-v-pesimisticke.html>
- P. Gajdačová, Š. H. (2018). Utilisation of Winter Rapeseed in Wood-based Materials as a Solution of Wood Shortage and Forest Protection. *BioResources*, 2546-2561.
- Pánek, M. (2015). *Testování barevných změn vybraných druhů nátěrů a jejich*. Praha: Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Piechaczková, R. (25. Únor 2011). *Global recycling*. Ostrava: Vysoká škola Báňská.
Načteno z Global recycling:
http://www.globalrecycling.cz/plasty.html?fbclid=IwAR141EuW_muNAIzVMqA5l7DYoSd5sCVUJ1Yecifd9cuRS4cZRPCltolungU
-

-
- Pokorná, S. (20. září 2013). *Metodika zkoušení obkladového výrobku z modifikovaného dřevoplastového kompozitu (WPC)*. Načteno z Vysoké učení technické v Brně. Fakulta Stavební: <http://hdl.handle.net/11012/29203>
- Pospíšil, Z. (1981). *Příručka textilního odborníka*. Praha: Nakladatelství technické literatury.
- Rowell, R. (2013). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press.
- Sain, K. N. (2008). *Wood-polymer composites*.
- Síkora, A. (2016). *Vliv urychleného stárnutí na kvalitu povrchové úpravy*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolne.
- Tofanica, B. (2011). *Properties of rapeseed (Brassica napus) stalks fibers*. Journal of Natural Fibers.
- Turgay Ozdemir, F. M. (9. prosinec 2008). Some Properties of Composite Panels Made from Wood Flour. *International journal of molecular sciences*, stránky 2559-2569.
- Zeidler, A. (11. Září 2012). *Lexikon dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita. Načteno z Lesnická xylologie.