

# Plniva pro směsi PVC

Bc. Hana Psíková

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Hana PSÍKOVÁ

Osobní číslo: T09625

Studijní program: N 2808 Chemie a technologie materiálů

Studijní obor: Technologie a management

Téma práce: Plniva pro směsi PVC

Zásady pro vypracování:

Připravte vzorky PVC směsí s plnivý dle zadání, proveďte daná hodnocení a zpracujte výsledky do grafů a tabulek. Výsledky zdiskutujte a na jejich základě napište závěr.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Handbook of PVC formulating, J.Wiskson**

**Plastics Additives Handbook, H.Zweibel**

**články v impaktovaných časopisech**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Dagmar Měřinská, Ph.D.**

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce:

**11. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**30. května 2011**

Ve Zlíně dne 11. února 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně: 16. 5. 2011

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá hodnocením plniv v tvrdých granulátech pro vytlačování, v měkkých granulátech pro vytlačování a v heterogenní podlahovině. Teoretická část je zaměřena na objasnění základních pojmů a vlastností PVC a plniva  $\text{CaCO}_3$ . V praktické části jsou studovány fyzikálně mechanické vlastnosti, termické a optické vlastnosti vzorků fólií s plnivem Calplex 2T, Mikhart C, Omyacarb 2T VA, Calciplast 2M, připravených válcováním, kde vzorek Calplex 2T je používán jako standard. Cílem bylo zjistit vzájemnou souvislost mezi standardem a vzorky a doporučení k provoznímu ověření.

### **Klíčová slova:**

PVC (polyvinylchlorid),  $\text{CaCO}_3$  (uhličitan vápenatý), UV stabilita, dynamická tepelná stabilita, povětrnostní stárnutí.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the evaluation of fillers in the hard granulates for extrusion, of soft granulates for extrusion and heterogeneous floorings. The theoretical part is aimed at clarifying of the basic concepts and properties of PVC and fillers  $\text{CaCO}_3$ . In practical part physical and mechanical properties, thermal and optical properties are studied. There the film sample with fillers Calplex 2T, Mikhart C, Omyacarb 2T VA, Calciplast 2M were used. All of them were prepared by rolling, and the sample Calplex 2T is used as the standard. The aim was to determine the correlation between the standard and samples and recommendations for operational verification.

### **Keywords:**

PVC (polyvinyl chloride),  $\text{CaCO}_3$  (calcium carbonate), UV stability, dynamic thermal stability, weather aging.

## **Poděkování**

*Ráda bych poděkovala Ing. Petru Mertlíkovi za cenné rady, diskuse, pomoc při měření experimentální části a za pomoc během zpracování mé diplomové práce.*

*Vedoucí diplomové práce Ing. Dagmar Měřínské, Ph D.*

*RSDr. Leoši Klofáčovi za možnost uskutečnit tuto práci.*

*V neposlední řadě mé poděkování patří také manželovi, bez jehož podpory a pomoci bych nemohla studovat.*

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>1 POLYVINYLCHLORID</b> .....	<b>15</b>
1.1 Vlastnosti PVC .....	16
1.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti PVC .....	17
1.3 Výroba PVC.....	19
1.3.1 Suspenzní polymerace .....	19
1.3.2 Emulzní polymerace .....	19
1.3.3. Blokovaná polymerace .....	20
1.4 Použití PVC .....	20
1.4.1 Tvrdý, neměkčený PVC (PVC-U).....	21
1.4.2 Měkčený PVC (PVC-P).....	22
<b>2 PLNIVA</b> .....	<b>23</b>
2.1 Charakterizace plniv .....	24
2.2 Rozdělení plniv .....	24
2.2.1 Tvar, velikost částic, zrnitost .....	24
2.2.2 Chemické složení .....	25
2.2.3 Specifický povrch .....	25
<b>3 UHLIČITAN VÁPENATÝ</b> .....	<b>26</b>
3.1 Přírodní uhličitán vápenatý .....	26
3.2 Srážený (syntetický) uhličitán vápenatý .....	27
3.3 Uhličitán vápenatý a jeho formy výskytu .....	27
3.4 Charakteristika minerálů .....	28
3.4.1 Kalcit.....	29
3.4.2 Aragonit .....	30
3.5 Charakteristika mletého vápence .....	31
3.5.1 Vlastnosti částic .....	32
3.5.2 Hustota .....	33
3.5.3 Optické vlastnosti .....	33
3.5.4 Tvrdost .....	33
3.5.5 Tepelné vlastnosti .....	33



3.5.6	Povrchové úpravy .....	34
<b>4</b>	<b>PVC KOMPOZITY .....</b>	<b>35</b>
4.1	Definice kompozitu.....	35
4.2	Kompozit PVC s minerálním plnivem CaCO <sub>3</sub> .....	35
4.2.1	Měkčené PVC s plnivem CaCO <sub>3</sub> .....	36
4.2.2	Neměkčené PVC s plnivem CaCO <sub>3</sub> .....	36
<b>5</b>	<b>CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>POUŽITÉ MATERIÁLY.....</b>	<b>39</b>
6.1	PVC Směsi.....	39
6.2	Příprava PVC směsí .....	40
<b>7</b>	<b>LABORATORNÍ METODY A JEJICH CHARAKTERIZACE .....</b>	<b>41</b>
7.1	Válcování .....	41
7.1.1	Příprava fólií válcováním.....	41
<b>8</b>	<b>FYZILÁKNĚ MECHANICKÉ VLASTNOSTI .....</b>	<b>43</b>
8.1	Tvrдость .....	43
8.1.1	Měření tvrdosti zkušebního tělesa .....	43
8.2	Stanovení hustoty.....	44
8.3	Tahové zkoušky .....	46
8.4	Měření teploty měknutí podle Vicata .....	48
8.5	Vrubová houževnatost .....	49
8.6	Tepelná stabilita.....	51
8.6.1	Expozice vzorků .....	52
8.7	Měření barev .....	53
8.8	Dynamická tepelná stabilita.....	54
8.9	UV stabilita .....	55
8.10	Trvalá deformace .....	57
8.10.1	Podstata zkoušky.....	57
8.10.2	Postup zkoušky .....	58
<b>9</b>	<b>HODNOCENÍ PLNIV V TVRDÝCH GRANULÁTECH PRO VYTLAČOVÁNÍ. .....</b>	<b>59</b>

9.1	Rozpis zkoušek a receptury .....	60
9.2	Zkušební metody a jejich normy .....	60
9.2.1	Fyzikálně mechanické vlastnosti .....	62
9.2.2	Měření barev (spektrofotometr).....	63
9.2.3	UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí .....	65
9.3	Závěr a diskuze .....	68
<b>10</b>	<b>HODNOCENÍ PLNIV V MĚKKÝCH GRANULÁTECH PRO VYTLAČOVÁNÍ</b> .....	<b>71</b>
10.1	Rozpis zkoušek a receptury .....	72
10.2	Zkušební metody a jejich normy .....	73
10.3	Barva 211 (světle šedá).....	74
10.3.1	Fyzikálně mechanické vlastnosti .....	74
10.3.2	Koloristika .....	76
10.3.3	Dynamická tepelná stabilita při 170 °C .....	77
10.3.4	UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí .....	80
10.4	Barva 201 (bílá) .....	83
10.4.1	Fyzikálně mechanické vlastnosti .....	83
10.4.2	Koloristika .....	85
10.4.3	Dynamická tepelná stabilita při 170 °C .....	86
10.4.4	UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí .....	89
10.5	Diskuze a závěr.....	93
<b>11</b>	<b>HETEROGENNÍ PODLAHOVINY.....</b>	<b>97</b>
11.1	Laboratorní podmínky a použité zkušební postupy .....	98
11.1.1	Použité zkušební postupy.....	98
11.2	Testování v modelové receptuře pro podklad podlahovin.....	99
11.2.1	Výsledky hodnocení fyzikálně mechanických vlastností .....	100
11.2.2	Výsledky koloristického hodnocení.....	103
11.2.3	Výsledky tepelné stability.....	104
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>108</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>110</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>115</b>

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>117</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>119</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>121</b>

## ÚVOD

Zvýšením výroby polymerů se na světové trhy dostaly nové materiály, které vykazují výhodnější zpracovatelské vlastnosti, menší hmotnost, odolnost proti korozi, dobré elektroizolační vlastnosti a z těchto důvodů pronikly do mnoha odvětví, kde se z nich staly z původně náhradních materiálů materiály obtížně nahraditelné. Mezi nejvýznamnější řadíme PVC. Požadavky na polymery jsou závislé především od jejich definování a podmínek aplikace. Jiné požadavky jsou kladeny na výrobky krátkodobého použití např. obaly potravinářských výrobků, a jiné na materiály ve stavebnictví.

Cílená modifikace vlastností přísadami umožňuje vznik nových materiálů s téměř neomezenými možnostmi. Z relativně malého množství základních typů polymerů lze připravit velmi rozmanité materiály tzv. "na míru" žádaných vlastností. Zlepšování jejich vlastností je zajištěno odpovídající modifikací současně vyráběných typů. Významné jsou přísady, které výrazně ovlivňují jejich strukturu a přidávají se do polymerů za účelem zlepšení vlastností.

Omezené možnosti rozšiřování sortimentu základních typů polymerů, snaha upravovat vlastnosti výrobků podle požadavků vyplývajících z podmínek aplikací, kde nemalou roli mají i cenové relace, upřednostňují výzkum a vývoj v hledání jiných možností, zabezpečujících dosažení uvedených cílů.

V současnosti je jedním z nejprogresivnějších směrů příprava a zpracování polymerů plněných anorganickými nebo organickými plnivy.

Plniva tvoří skupinu přísad do polymerů, která se svojí strukturou, složením, chemickým charakterem a fyzikálními vlastnostmi podstatně liší od vlastností polymerní matrice.

Kromě toho lze plnivo ve vybraném systému aktivovat vhodným způsobem jeho přípravy, nebo chemickou úpravou jeho povrchu. Použitím neaktivních plniv se ovlivňuje ekonomická oblast výroby - snižuje se cena výrobků, popřípadě se ušetří polymer při stejné spotřebě výchozí suroviny. Vhodnou volbou aktivních plniv lze upravovat a regulovat zvolené vlastnosti původního polymeru. Interaktivní plniva se všeobecně nazývají zpevňujícími látkami.

Při použití plniva v konkrétních polymerech musí být zohledněno především chemické složení, dostupnost na domácím trhu, cena a fyzikální vlastnosti, které jsou určujícím faktorem vhodnosti použití materiálu jako plniva.

Tzv. „ideální“ plnivo můžeme definovat jeho vlastnostmi jako jsou chemická a tepelná stabilita, nehořlavost, dobrá dispergovatelnost, nízký obsah nečistot, nízká navlhavost, vhodná hustota, barevná stabilita během zpracování, malá rozpustnost ve vodě a v organických rozpouštědlech. Žádné reálné plnivo nesplňuje v celém rozsahu všechny uvedené požadavky na vlastnosti a při jeho výběru a aplikaci je nutné zvolit kompromis mezi jeho vlastnostmi a požadovanými vlastnostmi plněného polymerního materiálu.

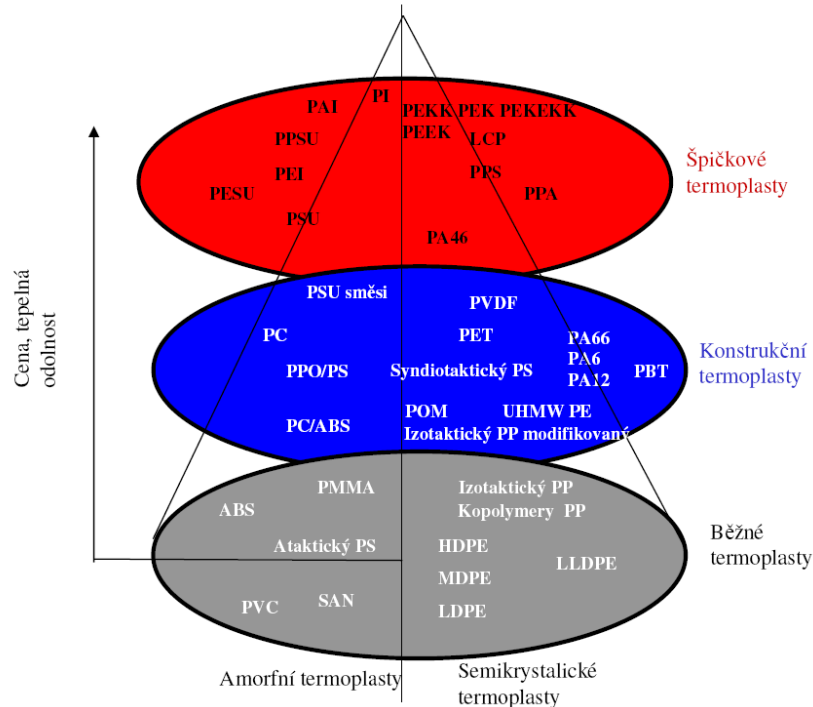
Mezi minerální disperzní plniva patří uhličitan vápenatý a jeho modifikace. Nejčastěji používaným plnivem do termoplastů jsou přírodní vápenaté uhličitany. Používají se také jako plnivo pro PVC kompozity, kde zlepšují tepelnou stabilitu, rázovou houževnatost, zvyšují tuhost, pevnost. Kompozity PVC/CaCO<sub>3</sub> se využívají při výrobě tlakového potrubí pro vodu a plyn, okenních profilů, různých vstřikovaných dílců, vytlačovaných vodičů, kabelů, podlahovin, fólií.

Cílem výzkumu této práce je konkrétně kompozit PVC/CaCO<sub>3</sub>. Do PVC matrice jsou míchány zvolené typy CaCO<sub>3</sub> a pomocí určených zkoušek: FMV- pevnost, tažnost, tvrdost, koloristika jsou v souladu s normami zjišťovány a porovnávány vlastnosti výsledných směsí.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 POLYVINYLCHLORID

Polyvinylchlorid zařazujeme do skupiny vinylových polymerů, představitel termoplastů.

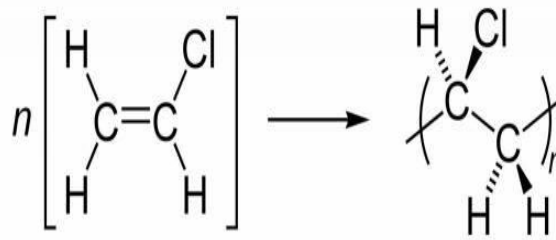


Obr. 1: Přehled termoplastů [1]

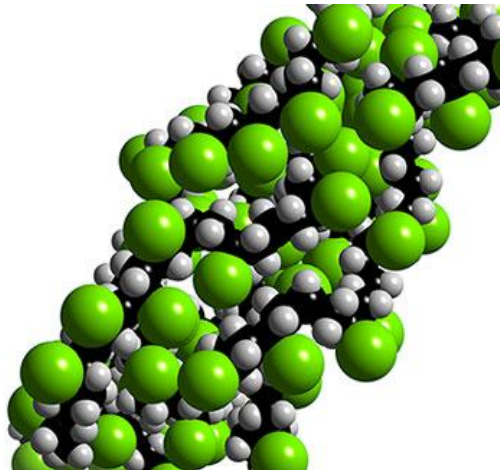
Základní stavební jednotkou polyvinylchloridu je monomer vinylchlorid (VCM), bezbarvý plyn, který se vyznačuje bodem varu ( $13,9 \pm 0,1$  °C) a bodem tuhnutí ( $159,7 \pm 0,1$  °C), využívá se v průmyslu radikálového mechanismu, nejvíce polymerace suspenzní. Nejdůležitější vlastností vinylchloridu je jeho schopnost polymerace za vzniku dlouhých lineárních řetězců. Častější jsou reakce dvojnásobné vazby, protože atom chloru v molekule je poměrně málo reaktivní. Malá reakční schopnost atomu chloru ve skutečnosti umožňuje přípravu vinylchloridu odštěpením jedné molekuly HCl z 1,2-dichlorethanu. [2, 3, 4, 5, 6]

Základní surovinu (vinylchlorid) pro výrobu polyvinylchloridu můžeme získat:

- ✓ termickým krakováním dichlorethylenu
- ✓ adicí chlorovodíku na acetylen [2]



Obr. 2 : Polymerace PVC, n-polymerační stupeň [7]



Obr. 3 : Struktura PVC- 3D model [8]

## 1.1 Vlastnosti PVC

Polyvinylchlorid je syntetická termoplastická látka, která se vyrábí ve formě bílého prášku. Je nerozpustný ve vodě, odolný proti koncentrovaným a zředěným kyselinám a zásadám, minerálním olejům, alifatickým uhlovodíkům, kyslíku, ozónu a je bez zápachu. Jeho typický termoplastický charakter vyjadřuje (teplota skelného přechodu)  $T_g$  je nad  $80\text{ }^\circ\text{C}$ . Při vyšších teplotách vykazuje tendence rozkladu za odštěpení chlorovodíku. [2, 4] Rozpouští se v chlorbenzenu, cyklohexanonu a tetrahydrofuranu. [9, 10]

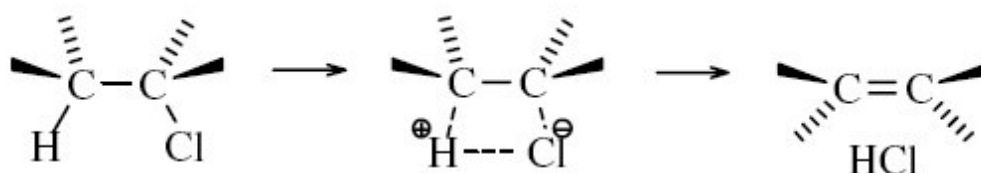
Hodnota  $K$ , která závisí lineárně na viskozimetricky stanovené molekulové hmotnosti, tvaru částic a velikosti molekul je charakteristická vlastnost PVC. U neměkčených typů PVC se pohybuje v rozmezí 55 - 65, u měkčených PVC 65 - 80. [11]



## 1.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti PVC

PVC se vyznačuje amorfni mírně větvenou strukturou s malým podílem krystalické fáze. Amorfni stav je charakterizován náhodným nepravidelným uspořádáním úseků řetězce polymeru, čímž vzniká neuspořádaná spletená struktura (statická klubka). Přítomný chlór v řetězci umožňuje snížení hořlavosti, mísitelnost. [9, 12]

Terciální (tzv. labilní) chlór způsobuje odštěpení nízkomolekulárního produktu HCl (chlorovodíku) a vzniku dvojně vazby mezi atomy uhlíku, vedoucí k dehydrochloraci PVC. [10]



Obr. 4 : Princip odštěpení HCl [11]

Vlivem tepelné nestability dochází k optickým změnám „žloutnutí“, ztrátě hmotnosti, v důsledku síťovacích reakcí nárůstu molekulové hmotnosti. [13]

Tabulka 1 : Fyzikální vlastnosti PVC [10, 14]

<b>Hustota (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1 160 - 1 450
<b>Krystalinita (%)</b>	5,4 – 15
<b>Molární hmotnost (g/mol)</b>	42,08
<b>Teplota tání (°C)</b>	200 – 212
<b>Teplota skelného přechodu (°C)</b>	81
<b>Bod měknutí (°C)</b>	64 – 89
<b>Teplota zpracování (°C)</b>	180 – 210
<b>Index lomu</b>	1,54 – 1,56
<b>Tepelná vodivost (W/mK)</b>	0,16 – 0,29
<b>Měrná tepelná kapacita (kJ/kg·K)</b>	1,36 – 1,45

Tabulka 2 : Mechanické vlastnosti PVC [9, 14]

<b>Pevnost v tahu (MPa)</b>	<b>14 - 80</b>
<b>Pevnost ve smyku (MPa)</b>	17 – 53
<b>Modul pružnosti v ohybu (GPa)</b>	1,29 – 4,7
<b>Tvrдост - Rockwell (R)</b>	79 – 113
<b>Vrubová houževnatost (kJ/m)</b>	0,3 – 12,9
<b>Yongův modul pružnosti (GPa)</b>	1,12 – 4,83
<b>Modul objemové pružnosti (GPa)</b>	4,7 – 4,9
<b>Tažnost (%)</b>	3 – 120
<b>Modul pružnosti ve smyku (GPa)</b>	0,77 – 1,5
<b>Tvrдост - Vickers (HV)</b>	10,6 – 15,6

## 1.3 Výroba PVC

PVC se vyrábí průmyslovým způsobem suspenzní, emulzní a blokovou polymerací. Využívá se radikálového způsobu polymerace, kde jsou použity jako iniciátory organické peroxidy nebo redukčně – oxidační systémy. [3]

### 1.3.1 Suspenzní polymerace

Suspenzní polymerace probíhá diskontinuálním způsobem v reaktorech o velkých objemech

do 200 m<sup>3</sup>. Monomer je rozptýlen ve vodném prostředí za přítomnosti ochranných koloidů jako je želatina, nečastěji PVAL, ve tvaru kapiček, jejichž velikost závisí na viskozitě prostředí a intenzitě míchání. Koloidy zvyšují viskozitu prostředí. Voda, která se vlastní reakce neúčastní, zajišťuje odvod reakčního tepla. Peroxidy (např. dibenzoylperoxid) jsou používány jako iniciátory polymerace a hydrogenfosforečnanem sodným se upravuje pH. Polymerace probíhá při konstantní teplotě 45-75 °C, v inertní atmosféře, po dobu 8-14 hodin, za použitých tlaků 0,5-1,4 MPa. Bílý prášek tvořený zrny, jejichž velikost se pohybuje kolem 200 μm je připravený suspenzí polymerací a vykazuje lepší zpracovatelnost a elektrické vlastnosti v porovnání s PVC získaným emulzní polymerací. Povrchové napětí při suspenzní polymeraci je co největší, aby nevznikala nežádoucí emulze namísto suspenze a byla zachována stabilita suspenzního systému, protože snižováním povrchového napětí mezi fázemi roste schopnost aglomerace dispergovaných částic. [4, 5, 6, 15]

### 1.3.2 Emulzní polymerace

Emulzní polymerace probíhá kontinuálním způsobem ve svislých tlakových reaktorech, při teplotě 20-60 °C a tlaku 0,3-0,8 MPa, do kterých se přivádí za stálého míchání vodný roztok emulgátoru, iniciátoru, stabilizátoru emulze a monomeru. Nejčastěji používaným inertním rozpouštědlem vůči polymeru je voda, která by měla být čistá a bez obsahu solí např. Ca, Mg zejména Fe a Al, které podstatně ovlivňují stabilitu emulze. Jako emulgátory se používají polární sloučeniny charakteristické tím, že na jednom konci molekuly je hydrofobní skupina a na druhém je skupina hydrofilní, což se projevuje ve větší nebo menší povrchové aktivitě těchto molekul. Pro emulzní polymerace se používají většinou ve vodě rozpustné iniciátory, jejichž koncentrace se podle charakteru pohybuje od 0,1 do 1% (peroxid vodíku, persulfáty). Účinek regulátoru se projevuje v oddálení délky řetězce makromolekuly. Udržování optimálního pH během polymerace je nezbytné, protože na něm je

závislá rychlost rozkladu iniciátoru, rychlost polymerace také stálost emulze. Na dně reaktoru, kterým prochází polymerující směs, se odebírá latex. Po přidání stabilizátoru jej můžeme zpracovat rozprášením v horkém vzduchu a tím získáme polymer ve formě bílého prášku. [3, 9, 15]

### 1.3.3. Blokovaná polymerace

Blokovaná polymerace probíhá ve vertikálním autoklávu a představuje nenáročný polymerační systém. Kapalná směs je převedena do horizontálního autoklávu za přidání iniciačního systému a při pomalém míchání dochází k polymeraci do konverze 85%. Konečný polymer závisí na reakčních podmínkách, teplotě, katalyzátoru. Prášek zbavený monomeru je odveden z autoklávu a třídí se proséváním. Potíže působí zejména odvod reakčního tepla a objemové smrštění vznikajícího polymeru. Blokovou polymerací je získán PVC s vysokou sypnou hustotou ( $1400 \text{ kg/m}^3$ ) a úzké distribuci velikosti zrn, která se vyznačují vysokou porézností. [3, 9, 10]

## 1.4 Použití PVC

PVC se vyznačuje dobrou chemickou a tepelnou odolností, nízkou cenou, schopností želatinace se změkčovadly a snadnou zpracovatelností téměř všemi základními postupy, mezi které se řadí např. vstřikování, válcování, vytlačování, vyfukování, vakuové tvarování. Polymer patří mezi nejvíce používané materiály v průmyslových odvětvích např. ve stavebnictví, obalovém, automobilovém průmyslu, lékařství, zemědělství. [15, 16]

PVC se zpracovává buď bez změkčovadel, pouze se stabilizátory, modifikátory a mazivy na tvrdé výrobky (trubky, profily, desky), nebo se změkčovadly na výrobky polotuhé až elastické (fólie, nádoby, hračky).

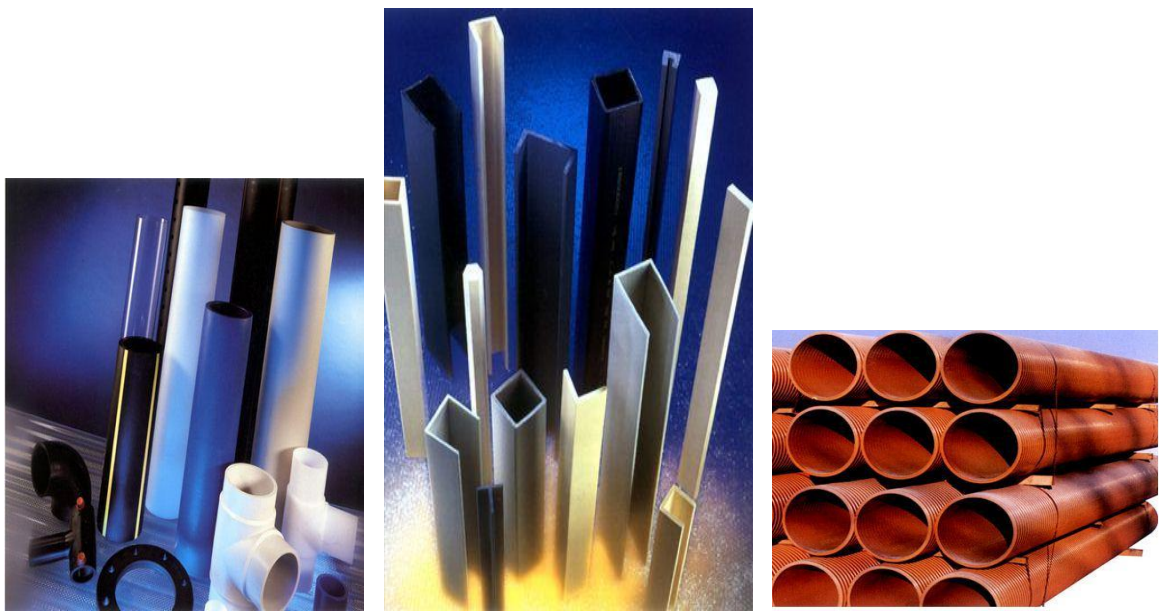
Zpracování *tvrdé PVC směsi (PVC-U)* - probíhá vždy nejdříve plastifikace.

Plastifikace = odstranění primárních struktur ohřevem a působením mechanických napětí - smykem.

Zpracování *měkčené PVC směsi (PVC-P)* - probíhá nejdříve želatinace.

Želatinace = přechod sol-gel (likvidace primárních struktur rozpouštěním ve změkčovadle). [11, 16]

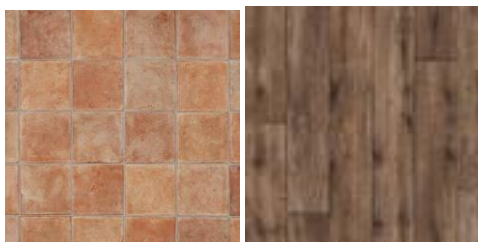
### 1.4.1 Tvrký, neměkčený PVC (PVC-U)



Obr. 5 : Použití a) trubky a tvarovky b) profily

c) kanalizační potrubí [7]

### 1.4.2 Měkčený PVC (PVC-P)



Obr. 6 : Použití a) podlahoviny



b) folie



c) krycí folie



d) bužírky ochranné a rozlišovací [7]

## 2 PLNIVA

Pro úpravu mechanických, fyzikálně chemických nebo optických vlastností přidáváme při zpracování k PVC vhodné pomocné látky jako jsou například plniva, plastifikátory, stabilizátory, barviva, výztuže, antistatická činidla. [3]

Vlastnosti jsou ovlivněny dávkováním plniv. Pokud používáme plniva s vysokou koncentrací, dochází ke zvýšení tvrdosti a pevnosti, ale ke snížení napětí na mezi kluzu, tahové pevnosti a tažnosti vzhledem k porovnání se základním polymerem. Zásadní vliv na mechanické vlastnosti kompozitů má adheze na rozhraní mezi plnivem a polymerem. [17, 18]

Mezi plniva používaná v PVC řadíme  $\text{CaCO}_3$ , který tvoří přes 80% plniv používaných v PVC a je dodáván v různých velikostech. Vyrábí se mletím vápence nebo srážením z roztoku. Mezi další minerální plniva patří sklo, mastek, slída, kaolín, síran barnatý, síran vápenatý (sádrovec), živec. [19]

Plniva ovlivňují vlastnosti výrobku a směsi. Jedná se o granule, prášek, tuhá vlákna. Každý druh plniva je charakteristický velikostí a tvarem částice a je specifický pro dané vlastnosti. Pomocí plniv zlepšujeme mechanické vlastnosti jako například otěruvzdornost, tvrdost, tuhost, dále zvýšení neprůhlednosti, usměrňování ceny. [20]

Plniva používaná jako přísady do polymerů se svým chemickým složením, fyzikálními vlastnostmi, strukturou liší od vlastností polymerní matrice. [6]

Podle základního členění se plniva rozdělují na anorganická a organická, podle výskytu na přírodní a syntetická.

Z hlediska vlivu plniva na rozhodující fyzikálně-chemické vlastnosti směsí se plniva rozdělují na neaktivní (inaktivní) a aktivní (interaktivní). Aktivita plniva se mění se změnou charakteru použité polymerní matrice.

Předpokládá se, že inaktivní plniva se distribuují zejména v amorfních strukturách polymeru. Částice plniva iniciují lom materiálu a snižují celkovou energii potřebnou k destrukci polymerní matrice. [19]

## 2.1 Charakterizace plniv

V závislosti na způsobu zpracování, mohou některé rudy obsahovat značné koncentrace volného oxidu křemičitého, který je mimořádně drsný oproti čistému vápenci, proto by se neměl používat. Tvrdé silikáty mohou být stejně škodlivé jako volný oxid křemičitý, odstraňují se pěnovou flotací zpracováním pro mokré mletí rudy nebo při zpracování vysráženého  $\text{CaCO}_3$ . Jas a odraz plniva negativně ovlivňují zejména nečistoty- zvláště sloučeniny železa (v některých případech) i volný oxid, který vykazuje šedé nebo červené zbarvení plniva. Železo a nečistoty ovlivňují také tepelnou stabilitu a elektrické vlastnosti výsledných směsí. Chemická odolnost je funkcí složení. Vápenec má ve své podstatě špatnou odolnost vůči kyselinám, je rozpustný ve zředěné kyselině chlorovodíkové. Dolomit je za těchto podmínek více odolný. Rozpustnost uhličitanu vápenatého ve vodě při 25 °C je 0,0015 g/100 ml, dolomit je více rozpustný 0,0078 g/100 ml při 18 °C.

Dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] obsahuje 54,3 %  $\text{CaCO}_3$  a 45,7 %  $\text{MgCO}_3$ . [19, 21, 22]

## 2.2 Rozdělení plniv

Plniva rozlišujeme podle tvaru, velikosti, chemického složení

### 2.2.1 Tvar, velikost částic, zrnitost

Existuje pět základních ideálních tvarů částic plniva, mezi které řadíme: sférický (kulový), krychlový, hranolový, lamelový, fibrilární (vláknitý). Většina reálných přísad obsahuje částice, které se navzájem liší tvarem i velikostí. Tvar částic se mění od pravidelných krystalických forem až po zcela nepravidelné zrnité a vláknité formy, které vznikají při zpracování např. přírodních minerálních disperzních plniv drcením a mletím. U přírodních minerálních disperzních plniv je proto těžké jednoznačně definovat rozměry těchto částic. Vzhledem k nepravidelným tvarům většiny částic plniva, je velikost obvykle určována v podmínkách ekvivalentu kulovému průměru, tj. průměr koule o stejném objemu jako částice plniva. [4, 23, 24]

Základními rozměrovými charakteristikami částic plniva jsou délka (L), šířka (Š) a tloušťka (H), respektive průměr částic (D). Často je používán výraz „štíhlost“ částic plniva definována poměrem L/D. Zrnitost je charakterizována kvantitativním zastoupením jednotlivých velikostí částic ve vzorku plniva. Sítová analýza se používá k stanovení velikosti částic větších než 40  $\mu\text{m}$ . Metody sedimentačních rozborů, které využívají měření usazovací



rychlosti částic ve vybraném rozpouštědle, se používají pro zjištění velikosti a distribuce částic od 2  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$ . Částice o rozměrech menších než 0,1  $\mu\text{m}$  lze stanovit mikroskopicky. [19, 20]

Řada plniv se vyznačuje zbytky hrubých částic, které způsobují drsnost povrchu ve fóliích, hrubost při vytlačovacích, vstříkovacích a kalandrovacích procesech. Dokonce i velmi nízké koncentrace hrubých částic mají škodlivý vliv na odolnost proti nárazu. [20, 23]

### 2.2.2 Chemické složení

Chemické složení je jednou ze základních charakteristik plniva a určuje možnosti jeho použití. Posuzuje zejména chemickou odolnost plniva v prostředí kyselin a zásad, ovlivňuje reologické vlastnosti v průběhu zpracování. Plniva téměř vždy obsahují nečistoty, které vyvolávají nežádoucí reakce s polymery, případně s modifikačními přísadami. [6, 19]

Anorganická plniva (minerální)

- částicová: **uhličitan vápenatý**, kaolín, slída, mastek, křemičitany
- vláknová: hliníková a sklená vlákna

Organická plniva

- částicová: dřevní moučka
- vláknová: celulózová, uhlíková a konopná vlákna [23, 24]

### 2.2.3 Specifický povrch

S velikostí a tvarem částic bezprostředně souvisí specifický povrch plniva, který je definován rozměrem v  $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Specifický povrch je součet plochy vnějšího povrchu částic a vnitřní plochy dutin a pórů. Nejčastěji používanými metodami měření specifického povrchu jsou adsorpční metody (BET), které umožňují měřit specifické povrchy v rozsahu  $100\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  až  $1000\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ . Stanoví se množství plynného dusíku spotřebovaného na pokrytí povrchu 1g plniva jednoduchou vrstvou.

Rudy vybrané pro vápencová plniva jsou obvykle z tvrdého kamene s malou nebo žádnou pórovitostí. [16, 19, 25]

### 3 UHLIČITAN VÁPENATÝ

V přírodě se uhličitan vápenatý vyskytuje jako součást křídý, vápence, mramoru.

Nejčastěji používané minerální disperzní plnivo je přírodní a syntetický uhličitan vápenatý. Polarita a reakční schopnost uhličitanu vápenatého omezuje aplikace plněných typů polymerů v prostředí kyselin.

#### 3.1 Přírodní uhličitan vápenatý

Jedna z důležitých vlastností  $\text{CaCO}_3$  je stupeň bělosti, který se mění dle lokality ložiska a způsobu úpravy. Plavené křídý mají míru bělosti až 93%, bílé kalcity a dolomity 96%. Současně s místem výskytu v přírodě se mění tvar částic, olejové číslo a dispergační vlastnosti, zatímco index lomu a hustota jsou obvykle konstantní.

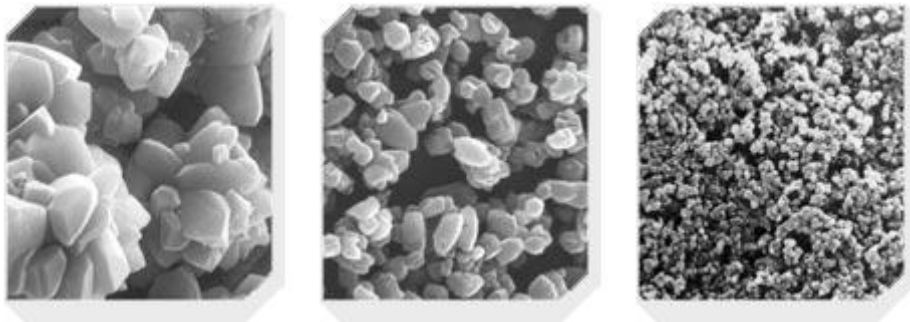
Přírodní  $\text{CaCO}_3$  se po vytěžení upravují praním, plavením, flotací, a nakonec se melou a třídí. [3, 19, 20]



Obr. 7 : Přírodní uhličitan vápenatý [26]

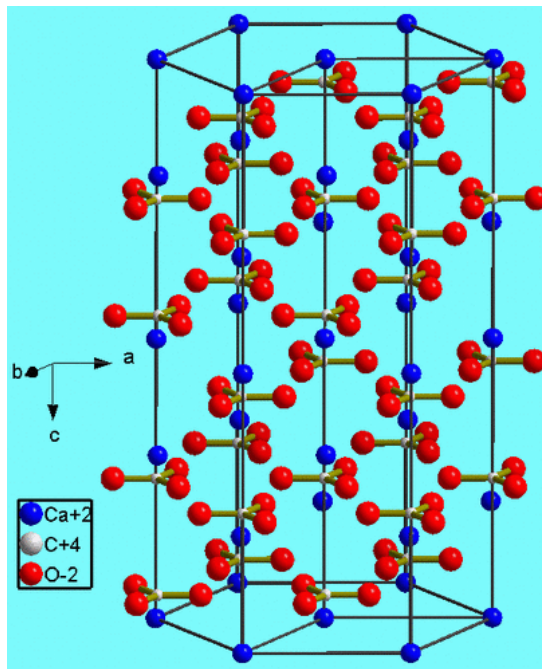
### 3.2 Srážený (syntetický) uhličitan vápenatý

Srážený uhličitan vápenatý je odlišný od přírodních typů menšími rozměry, úzkou distribucí velikostí částic, vyšší chemickou čistotou. Volbou vhodných podmínek srážení, získáme krystalické formy kalcitu nebo aragonitu. Nevýhodou syntetických uhličitanů je menší vybarvovací schopnost a vyšší cena. V důsledku většího specifického povrchu dochází k vyšší interakci plniva s polymerem, a proto přidáváme méně plniva. [19, 27]



Obr. 8 : Srážený uhličitan vápenatý [26]

### 3.3 Uhličitan vápenatý a jeho formy výskytu



Obr. 9 : Molekulární vzorec vápence - uhličitan vápenatý  
( $\text{CaCO}_3$ ) [28]

Krystalický uhličitan vápenatý se vyskytuje v přírodě jako **vápenec**, **aragonit**. Vápence jsou horniny tvořené převážně nerostem **kalcitem** (klencový uhličitan vápenatý  $\text{CaCO}_3$ ). Vytváří celistvé až zrnité sedimentární horniny organického nebo chemického původu, obsah uhličitanu vápenatého bývá 95%. Většina v přírodě se vyskytujících vápenců obsahuje vedle základní složky  $\text{CaCO}_3$  také různé příměsi organických a jílových hmot, nerostů (křemen, grafit, limonit). Barva vápenců závisí na obsahu příměsí, kdy kolísá od bílé přes šedou a hnědou až k tmavě modré (samotný kalcit je bezbarvý). Krystalická struktura a různá velikost částic uhličitanu vápenatého, jsou závislé na podmínkách v průběhu vytváření a následného formování a značně ovlivňují vlastnosti finálního produktu.

Synteticky byla připravena modifikace uhličitanu vápenatého, krystalická struktura – **vaterit** ( $\mu\text{-CaCO}_3$ ), tj. metastabilní hexagonální modifikace krystalizující za normální teploty a atmosférického tlaku nebo v přítomnosti síranů. Nachází se v umělých materiálech, především v hydratovaných maltovinách připravovaných na bázi cementu. [27, 28]

*Výroba uhličitanu vápenatého využívá technologické procesy:*

- mletí
- srážení
- povrchovu úpravu [18]

### 3.4 Charakteristika minerálů

Uhličitan vápenatý má několik polymorfních modifikací. V přírodě se vyskytující **Kalcit** – klencový, vzniká obvykle jako usazenina organického původu. **Aragonit** – kosočtverečný, vylučuje se z roztoků za vyšších teplot (vřídlovec) nebo v přítomnosti síranů. Může mít i biogenní původ (v lasturách některých měkkýšů).

Převážná část v přírodě se vyskytujících vápenců obsahuje vedle  $\text{CaCO}_3$  i různé příměsi, které jsou hlavním rozhodujícím činitelem pro jeho použitelnost, způsob těžby a další úpravu. [29, 30]

### 3.4.1 Kalcit

Kalcit -usazenina organického původu, z latinského slova *calx* – vápno.



Obr. 10 : Kalcit – klencový [30]

*Látka:* kalcit (vápenec)

*Chemický název:* uhličitan vápenatý

*Složení:*  $\text{CaCO}_3$

*Soustava:* klencová

*Vzhled:* krystalovaný (typický tvar je klence), kusový

*Barva:* bezbarvý (čirý), zbarvení ovlivněno obsahem použitých příměsí

*Vryp:* bílý

*Tvrdost* = 3

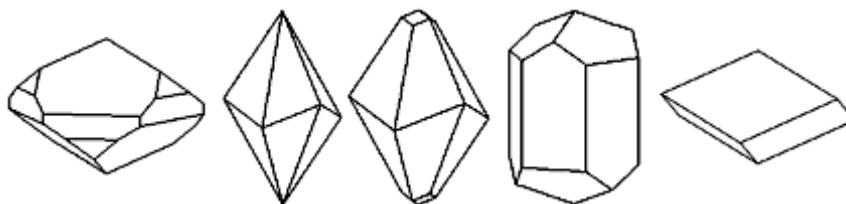
*Hustota* = 2,7

*Vlastnosti:* dokonalá štěpnost podle ploch klence (3 roviny štěpnosti), rozkládá se v běžných kyselinách

*Vznik:* ze schránek mořských živočichů, vysrážením z vod (sladké i mořské) a z hydrotermálních roztoků (vytváření krápníků)

*Výskyt:* hydrotermální rudné žíly (Příbram), v dutinách čedičů (České středohoří), ve vápencích (Český a Moravský kras)

*Použití:* průmysl stavebních hmot (vápenec, mramory), dekorační kámen, sochařství, potravinářský a chemický průmysl.



Obr. 11 : Tvary krystalů kalcitu [29]

### 3.4.2 Aragonit

Aragonit je pojmenován po lokalitě ve Španělsku, kde byl poprvé identifikován. Má stejné složení jako vápenec ( $\text{CaCO}_3$ ), ale jeho atomy jsou uspořádány rozdílně. Z tohoto důvodu se oba minerály liší ve svých vlastnostech.



Obr. 12 : Aragonit [30]

*Látka:* aragonit

*Chemický název:* uhličitán vápenatý

*Složení:*  $\text{CaCO}_3$

*Soustava:* kosočtverečná

*Vzhled:* tvoří krystaly protáhlé ve směru vertikální osy, často pseudošesterečné srostlice, krápníkovité útvary, sintrové povlaky v Hrachovci.

*Barva:* bezbarvý nebo bílý, narůžovělý, vínově žlutý, v ÚV záření zřetelně světélkuje.

*Vryp:* bílý

*Tvrdost* = 3,5 - 4

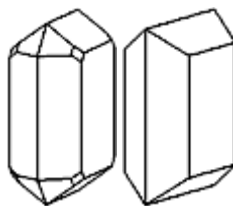
*Hustota* = 2,95

*Vlastnosti:* nedokonalá štěpnost, lasturnatý lom, skelný lesk

*Vznik:* zřídka na rudných žilách, v dutinách čedičů, sedimentární původ (doprovází ložiska síry), odrůdy-hrachovec (Karlovy Vary) železný květ

*Výskyt:* Španělská dolina, Příbram, Hořenec u Bíliny, Hřídelec u Nové Paky

*Použití:* výroba šperků, dekorační kámen [29, 30, 31]



Obr. 13 : Tvar krystalů aragonitu [30]

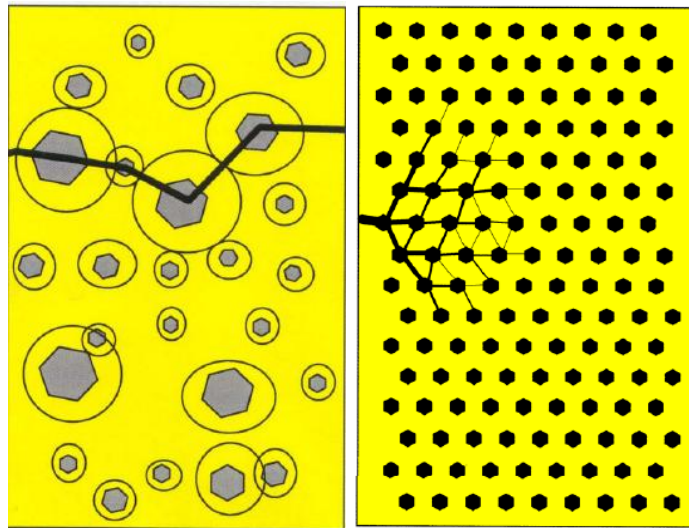
### 3.5 Charakteristika mletého vápence

Fyzikální složení vápence je určeno velikostí distribuovaných částic, která je vyjádřena podle toho, kolik procent daného produktu projde přes síta různých velikostí. Mletí vápence je nákladný proces. Používány jsou dvě metody: suchá a mokrá. Čím je prášek jemnější, tím je produkt dražší.

Důležité chemické charakteristiky mletého vápence jsou uváděny v (% Ca) a (% Mg). Mezi běžné součásti vápence patří uhličitan vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ), oxid vápenatý ( $\text{CaO}$ ), uhličitan hořečnatý ( $\text{MgCO}_3$ ) a oxid hořečnatý ( $\text{MgO}$ ). Množství vápníku v poměru k množství hořčíku udává, zda bude mletý vápenec posuzován jako vápenatý nebo dolomitický.

[20, 27, 32]

## 3.5.1 Vlastnosti částic

Obr. 14 : a) Velké částice CaCO<sub>3</sub> b) Malé částice CaCO<sub>3</sub> [27]

- šíří trhliny
- křehký lom
- lokalizují deformace
- absorbují energii
- způsobují tvárné porušení

Částice mletého vápence jsou nepravidelného tvaru. Mokrý (viz. způsob mletí) vápenec má užší rozsah zrnitosti, než suchý vápenec. Největší rozdíl však je, že mokré částice jsou mnohem jednotnější a mají hladší povrch. Suché částice mají na povrchu rýhy. [19. 23]

Tabulka 3 : Složení plniva vápence (hmotnostní %) [29]

<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b>93-98,5</b>
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	<b>0,7-5</b>
<b>SiO<sub>3</sub></b>	<b>0,1-1,4</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0,1-0,5</b>
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0,02-0,16</b>
<b>Těžké kovy</b>	<b>40-200 ppm</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>0,1-0,2</b>



### 3.5.2 Hustota

*Hustota vápence* je 2,71 při 20/20 °C, zatímco dolomitu je 2,85. Vápenec, který obsahuje do 5 % uhličitanu hořečnatého se specifickou hmotností významně neliší od čistého CaCO<sub>3</sub>. [33]

### 3.5.3 Optické vlastnosti

Index lomu ovlivňuje stupeň transparentnosti výrobků z plněných typů polymerů. Rozhodujícím faktorem je poměr indexu lomu plniva k indexu lomu použitého polymeru. Se zvyšováním rozdílu mezi hodnotami indexu lomu plniva a polymeru se zvyšuje stupeň neprůhlednosti (opacity).

*Index lomu vápence* je 1,66 - zajišťuje neprůhlednost. Jas je měřítkem odrazu. Vybrané rudy poskytují **Brightness** (jas) 92 % - 98 % v porovnání s kouřovým povrchem oxidu hořečnatého. Barva mletého vápence je velmi důležitá, ovlivňuje čistotu tónování pigmentů, proto se používají přednostně rudy s jasnem 90 a vyšším - ovlivňují barvu jen nepatrně. [20, 24, 33]

### 3.5.4 Tvrdost

*Tvrdost* je definována jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Pořadové číslo minerálu v Mohsově stupnici charakterizuje tvrdost materiálu. Materiálem s vyšším číslem lze udělat vryp do materiálu s číslem nižším. Určení tvrdosti podle Mohsovy stupnice tvrdosti se provádí vrypem do zkoušeného materiálu.

Vápenec má podle Mohsovy stupnice tvrdost 3, dolomit 3,5-4. [3, 33]

### 3.5.5 Tepelné vlastnosti

Z tepelných vlastností je nejdůležitější tepelná vodivost, tepelná kapacita a tepelná stabilita plniva. Minerální plniva mají vodivost v rozmezí  $1-8 \times 10^{-3}$  cal /cm. °C. Disponují větší vodivostí než organická plniva nebo polymery. V případě plněných polymerů se používají plniva s nízkou tepelnou vodivostí a vyšší hodnotou specifické tepelné kapacity.

Konečná tepelná vlastnost, je teplota rozkladu. Úplný rozklad (kalcinace)  $\text{CaCO}_3$  nastane při 900 °C, přestože částečná kalcinace nastává i pod touto teplotou. [3, 19, 24]

### 3.5.6 Povrchové úpravy

Ve dvousložkovém systému polymer-plnivo se vyskytují vedle sebe dvě fáze, vzájemně odděleny mezifázovým rozhraním. Rozhraní, kromě toho, že fáze od sebe odděluje, svou povahou výrazně ovlivňuje i vlastnosti plněného polymeru. K dosažení dobrých mechanických vlastností je třeba vhodný stupeň disperze plniva v polymerní matrici během míchání a tím je zajištěn dokonalý přenos napětí z polymerní matrice na plnivo přes mezifázové napětí. Dokonalejší spojení matrice a plnivem zajišťuje přidavek pomocných látek nanesených na povrch plniva. Vazebné látky typu slída, kaolín, mastek, kyselina stearová, stearát vápenatý se používají téměř do všech polymerů a zejména kyselých přísad.

Kyselina stearová reaguje s  $\text{CaCO}_3$  na povrchu vzniká voda, uhlík, oxid uhličitý, a stearan vápenatý- druhé konečné činidlo, chemicky navázané na částice plniva. Kyselina může být použita v roztaveném stavu s plnivem. Úprava plniva se většinou provádí ve fluidních míchačkách. Na začátku procesu úpravy je teplota 70 °C, kdy dochází k tání kyseliny stearové a distribuce na částice, konečná teplota je nejméně 100 °C, při které se odstraňuje z reakce voda. Plniva by měla být zcela hydrofobní. Získávají se velmi jemné částice střední velikosti (0,03-0,6 mikronů). [6, 19, 20]

## 4 PVC KOMPOZITY

### 4.1 Definice kompozitu

Polymerní kompozit je složený z více komponentů, jejichž vlastnosti se vzájemně doplňují a vytvářejí fyzikální vlastnosti výsledného produktu. Spojitá fáze se nazývá matrice, bývá obvykle poddajnější a plní funkci pojiva výztuže. Nespojitá fáze je tužší, pevnější, tvrdší a nazývá se plnivo (výztuž).

Kompozity mohou být lehké a přitom si zachovat pevnost a tuhost. Jsou schopny odolávat rázovému i dynamickému namáhání. Výhoda kompozitů spočívá ve vyšší houževnatosti, tepelné stálosti, odolnosti proti oděru, rozměrové stálosti. Vlastnosti kompozitu jsou ovlivňovány vlastnostmi materiálových složek, jejich distribucí a interakcí mezi nimi. [34]

### 4.2 Kompozit PVC s minerálním plnivem $\text{CaCO}_3$

Pro určení charakteristických vlastností rozdělujeme PVC měkčené-rozhoduje množství změkčovadla a PVC tvrdé. Čisté PVC má omezené aplikace z důvodu relativně nízké odolnosti proti nárazu. [34]

Plniva, mezi která patří vápenec, křída, slída, mastek, kaolín, křemičitany, mohou obsahovat částice, kde jejich průměrná velikost se nachází v rozmezí 1-100  $\mu\text{m}$ , připomínající různé tvary destiček, jehliček apod. Při použití těchto plniv se zlepšují bariérové vlastnosti, tuhost, tepelná vodivost, odolnost proti šíření lomu i zpracovatelské vlastnosti. [19,24,34]

U PVC kompozitu s minerálním plnivem  $\text{CaCO}_3$  se projevuje zvýšení rázové houževnatosti, odolnosti proti přetržení, pružnosti za nízkých teplot, tvrdosti. Mez v kluzu se při tomto plnění snižuje. [24]

#### 4.2.1 Měkčené PVC s plnivem $\text{CaCO}_3$

U měkčeného PVC mají přednostní pozici mleté uhličitany vápenaté z důvodu dobré dispergovatelnosti produktů s vhodně upraveným povrchem vazebnými činidly, nízké adsorpce změkčovadel a ostatních aditiv, vysoké chemické čistoty (bez obsahu kovů inicujících procesy stárnutí) a především z důvodu nízké ceny. Přidáním křídý můžeme zlepšit tvarovou stabilitu za tepla. Mleté uhličitany vápenaté s povrchovou úpravou mají pozitivní vliv na zpracovatelské vlastnosti. Do měkčených PVC se přidává 10-50 hmot. % uhličitany vápenatého. Směs se zpracovává vytlačováním, válcováním. Měkčený PVC lze použít na výrobu desek, fólií, profilů. [35, 36, 37]

#### 4.2.2 Neměkčené PVC s plnivem $\text{CaCO}_3$

Ze sortimentu plniv pro zpracování tvrdého PVC mají prvořadý význam přírodní a srážené typy uhličitany vápenatého. Z přírodních  $\text{CaCO}_3$  se používají plniva s malou velikostí částic, jejichž povrch je upraven vazebnými látkami. Srážený uhličitany vápenatý při použití vykazuje nevýhody, protože jemnost plniva a vyšší specifický povrch způsobuje výrazné snížení tekutosti směsi, čímž se zvýší požadavky na energii během zpracování. Výrobky z tvrdého PVC, plněného sráženým uhličitany vápenatým, vykazují lepší kvalitu povrchu, vyšší lesk a modul pružnosti. Fólie do 0,6 mm se vyrábí válcováním, desky lisováním, na trubky a profily se používají vytlačovací stroje, konstrukční dílce se vyrábí vstřikováním do formy. [38, 39 40]

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Na základě provedené literární rešerše a zadání diplomové práce byly stanoveny následující cíle:

- Příprava vzorků PVC směsi obsahující plnivo  $\text{CaCO}_3$ ,
- Vyhodnocení fyzikálně mechanických, termických a optických vlastností u směsí pro plniva v měkkých granulátech, tvrdých granulátech a heterogenní podlahovině,
- Srovnání vzorků se standardem, doporučení k provoznímu ověření.

## 6 POUŽITÉ MATERIÁLY

### 6.1 PVC Směsi

PVC směs se skládá:

PVC polymer – suspenzní, emulzní polymerací, ve formě bílého prášku. Hodnota K pro neměkčené PVC 60, u měkčených typů PVC 65 – 70.

**Změkčovadla** snižují křehkost a pevnost v tahu (estery kyseliny ftalové), zlepšují zpracovatelnost. **DOP-** (di - 2 - etylhexylftalát ) = je bezbarvá (nažloutlá) viskozní kapalina.

**Stabilizátory** zabraňují degradaci PVC působením tepla v průběhu zpracování. Skládají se ze solí kovů alkalických zemin a vyšších mastných organických kyselin (např. typ Ca/Zn, Ba/Zn, kovová mýdla).

**Kostabilizátor DRAPEX 39** = epoxidovaný sojový olej, který se používá v tuhých a měkčených PVC směsích. Zvyšuje účinek stabilizátorů a působí jako „lapač“ uvolněného HCl.

**Maziva** zamezují nalepování částic polymeru na kovové plochy stroje a snižují frikční (třecí) teplo při zpracování. Mazivo **LOXOIL** je vysokomolekulární sloučenina – pentaerytritol adipát – stearát, patřící do skupiny esterů vyšších mastných kyselin.

**Barviva** udávají požadovaný odstín polymeru, některá také zajišťují ochranu před UV zářením (TiO<sub>2</sub>).

**Plniva** charakterizace plniv popsána v kapitole 2. Snižují cenu, dodávají specifické fyzikálně mechanické vlastnosti výrobku.

Každá složka směsi plní určitou funkci. Současně ovlivňuje i vlastnosti výrobku a jeho zpracovatelnost, náklady zpracovatelské a materiálové.

Tabulka 4 : Složení testovaných plniv

<i>Název</i>	<b>CALPLEX 2T</b>	<b>MIKHART C</b>	<b>OMYACARB 2T-VA</b>	<b>CALCIPLAST 2M</b>
<i>Složení</i>	CaCO <sub>3</sub> uprav.	CaCO <sub>3</sub> uprav.	CaCO <sub>3</sub> uprav.	CaCO <sub>3</sub> uprav.
<i>D 50%</i>	2,5 μm	2,5 μm	2,6 μm	1,6 μm
<i>Vlhkost</i>	< 0,2 %	< 0,2 %	0,3 %	0,2 %
<i>Olejová absorp.</i>	13g/100gCaCO <sub>3</sub>	17,4g/100gCaCO <sub>3</sub>	16g/100gCaCO <sub>3</sub>	18g/100gCaCO <sub>3</sub>
<i>DOP absorp.</i>	15g/100gCaCO <sub>3</sub>	20g/100gCaCO <sub>3</sub>	18g/100gCaCO <sub>3</sub>	20g/100gCaCO <sub>3</sub>
<i>Sypná hmotnost</i>	1,2 g/ml	0,9 g/ml	1,3 g/ml	0,8 g/ml
<i>Specifický obsah</i>	Není k dispozici	0,96 m <sup>2</sup> /g	1,3 m <sup>2</sup> /g	Není k dispozici
<i>CaCO<sub>3</sub></i>	99,1 %	98 %	97,5 %	99 %
<i>MgCO<sub>3</sub></i>	0,03 %	-	2 %	0,7 %
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0,03 %	0,01 %	0,03 %	0,04 %
<i>Jas</i>	95,5	93	94-97	94
<i>Úprava %</i>	0,5-0,85	0,5-0,7	0,6-0,8	0,5

## 6.2 Příprava PVC směsí

- navážení komponent
- ruční homogenizace v příruční nádobě
- válcování na laboratorním 2 - válcovém kalandru při definované teplotě
- teplota válců T1 (přední válec) = 170°C, T2 (zadní válec) = 170°C, čas 10 minut



## 7 LABORATORNÍ METODY A JEJICH CHARAKTERIZACE

Folie PVC/CaCO<sub>3</sub> byly vyrobeny v laboratorních podmínkách válcováním. Vzorky byly použity k měření FMV (tvrdost, hustota, pevnost, tažnost, vrubová houževnatost), termických vlastností (dynamická tepelná stabilita, odolnost za tepla-Vicat) a optických vlastností (měření barev) a povětrnostní odolnosti (QUV).

### 7.1 Válcování

Mezi základní technologické postupy při zpracování PVC patří válcování.

Dvouválcové válcovací stroje slouží k míchání - plastikaci nebo želatinaci směsí plastických hmot.

Jde o tvářecí proces, který probíhá ve štěrbině mezi dvěma válci, kde rozdílnou rychlostí jejich otáčení proti sobě se materiál mísí otáčivým pohybem a tím se dokonaleji promíchává. Štěrba určuje tloušťku vzniklého útvaru, jehož vlastnosti závisí na teplotě válců, obvodové rychlosti válců, druhu tvářeného materiálu i na skluzu (rozdíl obvodových rychlostí válců).

Výhodou dvouválců je zpracování materiálu ve formě prášku. [3]

#### 7.1.1 Příprava fólií válcováním

Související normy: ISO 1163-2:1995 a ISO/DIS 2898-2: 1996

Fólie byly připraveny na laboratorním dvouválcí o rozměrech 300 x 600 mm. Byly získány fólie o přibližné tloušťce 0,35 mm - 0,40 mm.



Obr. 15 : Laboratorní 2 – válcový kalandr

### **Postup při práci na dvouválci:**

1. Válce válcovacího stroje se temperují na teplotu u PVC (cca 180 °C, kdy musí být válce povoleny a musí být mezi nimi mezera.
2. Jednotlivé komponenty směsi se naváží a ve vhodné nádobě promíchají.
3. Upraví se štěrbina mezi válci na minimální vzdálenost (maximální stažení válců).
4. Válcovací stroj se uvede do chodu a postupně se do štěrbin mezi válci sype směs promíchaných komponentů.
5. Směs se zpracovává na dvouválci při teplotě  $T_1 = 170\text{ °C}$ , (přední válec),  $T_2 = 170\text{ °C}$  (zadní válec), po dobu  $t = 10$  minut.
6. Po dokonalém zpracování je pás směsi rozřezán ve směru napříč na směr válcování a stažen ve formě fólie.
7. Fólie je v nataženém stavu volně zchlazena.

## 8 FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ VLASTNOSTI

### 8.1 Tvrdost

Při zkoušce tvrdosti se měří odpor celého objemu zkušebního tělesa proti vtláčování tvrdých těles definovaných tvarů. Při měření tvrdosti se vzhledem k viskoelastickému chování měří rovnovážná hloubka vniknutí čidla při určité konstantní síle vtláčování.

Pro zkoušky, které jsou založeny na měření odporu proti vtláčování ocelových hrotů – byl použit jehlan (Shore D), kterým se měří tvrdší polymery. Pro Shore D je průběh zatížení v rozsahu 10,0 – 450,0 N. [3, 41]



Obr. 16 : Digitální tvrdoměr k měření tvrdosti Sh D

#### 8.1.1 Měření tvrdosti zkušebního tělesa

Zkušební vzorky byly připraveny podle normy ČSN EN ISO 868, která určuje minimální tloušťku zkušebního tělesa 6 mm.

Měření tvrdosti Sh D se provádělo na přístroji od firmy BAREISS Shore D s digitálním výstupem HHP-2000.

Zkušební těleso se položí na ocelovou podložku stojánku, páčkou se spustí těleso tvrdoměru až je opěrná patka (spodní plocha) přiložena na zkušebním tělese. S povrchem zkušebního tělesa musí být patka souběžná. Daná přitlačná síla je určena závažím, čímž je zajištěn pevný dotyk opěrné patky se zkušebním tělesem. Tvrdost se odečítá po uplynutí 3s (signál) a hodnota naměřené tvrdosti se odečítá z displeje.

Připravené vzorky neobsahovaly nečistoty, nerovnosti, vzduchové bubliny.

Tvrdost byla měřena na různých místech vzorku 5x, pro měření Shore D byla použita síla odpovídající zatížení 5kg. V tabulce je zaznamenán aritmetický průměr.

## 8.2 Stanovení hustoty

Měření probíhalo v souladu s normou ISO 1183, ČSN 64 0111

Analytické váhy Mettler + nádstavec YDK 01, ke stanovení hustoty.



Obr. 17 : Analytické váhy Mettler + nádstavec YDK 01 pro měření hustoty

**Stanovení hustoty pevných látek**

Vlastní výpočet hustoty z naměřených hodnot hmotnosti vzorku na vzduchu a ve vodě se vypočítá podle rovnice:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{W(a) - W(fl)}$$

-W (a) - hmotnost látky na vzduchu v g, vzorek je vážený na vrchní misce přípravku

- ρ (fl) - hustota kapaliny v g.cm<sup>-3</sup>

-W (fl) - hmotnost látky vážené ve vodě v g, vzorek je vážený na spodní síťce přípravku

- ρ - hustota vzorku v g.cm<sup>-3</sup>

### 8.3 Tahové zkoušky

Související normy:

ČSN EN ISO 527-1

ČSN EN ISO 527-3

Laboratorní trhací stroj Instron 4301



Obr. 18 : Přístroj pro tahové zkoušky – Instron 4301

Laboratorní trhací přístroj se používá pro tahové zkoušky. Při výrobě a zpracování polymerních materiálů se ověřují mechanické vlastnosti. Pracovní diagramy jsou získávány snímáním napětí a deformace a jejich grafickým záznamem. Tahová křivka poskytuje přesnější informace o deformačním chování materiálů za různých podmínek zkoušení. Trhací stroj je vhodný pro kontrolu kvality materiálu.

Základní částí trhacího přístroje je zatěžovací rám pro zkoušky tahem, tlakem aj. Příčnick, pohybující se po vodících šroubech nese snímač síly. Velikost deformace je snímána po-

mocí extenzometru. Pro řízení a měření je využívána mikroprocesorová technika, která umožňuje ovládání stroje a volbu zkoušení z ovládacího panelu. Tahová zkouška se používá i pro vyhodnocování exponovaných vzorků z povětrnostního stárnutí (QUV Tester).

Rozměry vyseknutých mikrotělísek ve tvaru oboustranných lopatek byly dané normou ČSN EN ISO 527, rychlost pohybu čelistí 500mm/min, vzdálenost čelistí 2,5 mm, měřicí hlava 100 N. Od každého vzorku bylo zkoušeno 5kusů a výsledkem je aritmetický průměr, zaznamenaný v tabulce měření.

Podstata zkoušky spočívala v plynulém zatěžování zátěžovou silou na zkušební vzorek při určité rychlosti posunu čelisti a následnému přetržení lopatky.

Mez pevnosti v tahu (pevnost v tahu) je definována jako napětí odpovídající největšímu zatížení, které předchází přetržení zkušební vzorku.

Tažnost (poměrné prodloužení při přetržení) je dána změnou délky vzorku z původní na konečnou délku. [41]

Výsledky tahových zkoušek pro vzorky směsi PVC/CaCO<sub>3</sub> připravené válcováním na laboratorním dvouválci jsou uvedeny v tab. 7, 16, 26, 40 - pevnost (MPa), tažnost (%).



## 8.4 Měření teploty měknutí podle Vicata

Princip zkoušky spočívá ve vtlačování kovového trnu definované geometrie do zkoušeného vzorku. Sleduje se hloubka vtlačení v závislosti na teplotě.

Norma ČSN EN ISO 306



Obr. 19 : Zkušební zařízení FRANK k měření teploty měknutí dle Vicata

Zkušební zařízení FRANK typ 28574 (kapalinový) se skládá:

1. **tyč**- pohyblivá ve směru svislém. Na tyči je připevněna opěra k umístění závaží.
2. **stand. jehla** – připevněna k dolnímu konci tyče o délce 3mm, průřezu 1 mm<sup>2</sup>.
3. **číselníkový úchylkoměr** – dělený po 0,01 mm
4. **závaží**
5. **tepelná lázeň** – obsahuje silikonový olej. Zkušební těleso musí být ponořeno min. 35 mm pod hladinou kapalin.
6. **přečerpávací pumpa** – (pracuje jako míchadlo tepelného média)
7. **programový regulátor a snímač JUMO** – regulace a vyhřívání teploty



## 8. rtuťový teploměr

### 9. zvuková a světelná signalizace – signalizuje vtlačení jehly do zkušební tělesa

Zkušební tělesa o rozměrech 10 mm x 10 mm x 4 mm (délka, šířka, tloušťka) se kondicionují 4 hod. při teplotě 18-28 °C (ČSN EN ISO 291). Povrch musí být bez viditelných vad. Ke zkoušení byla použita 2 tělesa.

Výsledkem zkoušky je aritmetický průměr hodnot naměřených na 2 zkušebních tělesech zaokrouhlený na celé °C. Pokud se naměřené hodnoty vzájemně liší o více jak 2 °C, musí se zkouška opakovat.

## 8.5 Vrubová houževnatost

Použitá norma – ČSN EN ISO 179

Zařízení CONTOUR CUT je kopírovací frézovací zařízení konstruované k výrobě přesných plochých zkušebních těles z polymerních materiálů. Speciální kovová šablona zajišťuje rozměry zkušebních těles. Pomocí tohoto zařízení se z materiálu vysekly pásy, z kterých se vyrobily zkušební tělesa dle normy ČSN EN ISO 179.

Zkušební přístroj – rázové kladivo RESIL 5,5 CEAST - je určen pro stanovení rázové a vrubové houževnatosti Charpy plastů za definovaných podmínek. Různé podmínky zkoušky jsou specifikovány podle materiálu, typu zkušební tělesa a typu vrubu.

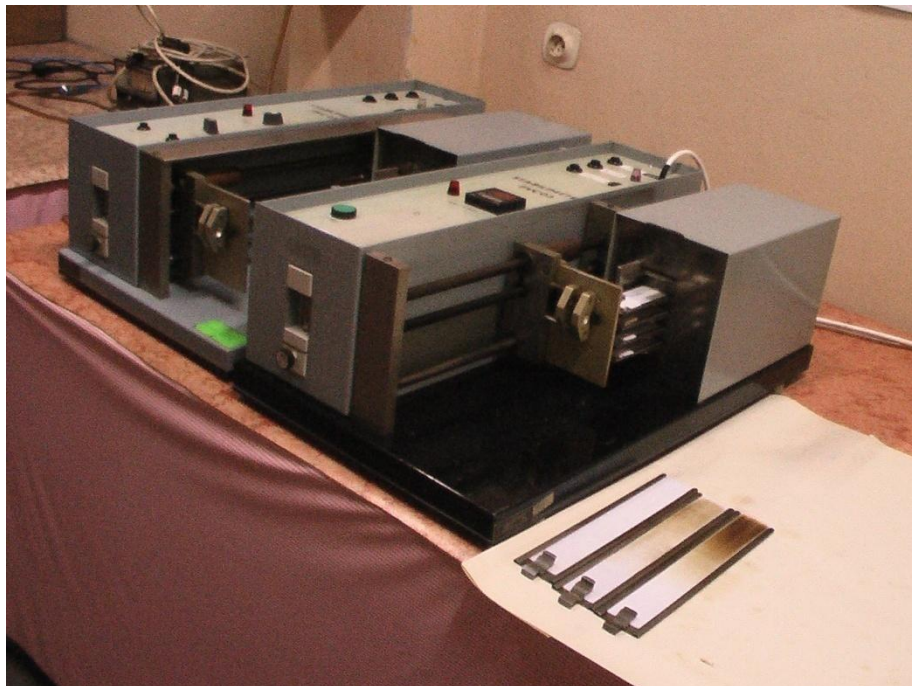


Obr. 20 : Přístroj k měření vrubové houževnatosti – rázové kladivo RESIL 5,5 CEAST

Zkušební stroj je kyvadlové kladivo, které je schopno měřit rázovou energii  $W$  spotřebovanou k přeražení zkušebního tělesa. Hodnota této energie je definována jako rozdíl mezi počáteční energií rázového kyvadla  $E$  a energií zbývající po přeražení zkušebního tělesa. Pro různé materiály jsou výměnná rázová kyvadla. Bylo měřeno 5 vzorků a výsledkem je aritmetický průměr uvedený v tabulce hodnot. Vrubová houževnatost ( $Re$ ) je uvedena v  $\text{kJ/m}^2$ .

## 8.6 Tepelná stabilita

Použitý interní předpis Fatra



Obr. 21 : Stabilimetr PVC 03

Stabilimetr PVC 03 slouží k zjišťování tepelné stability resp. degradace materiálů z PVC vzhledem k jejich nestálosti při vyšší teplotě nad 150 °C. Přitom v polymeru dochází k nevratným změnám, které se projevují hnědým až černým zbarvením v závislosti na rozsahu degradace. Výsledky charakterizují účinnost tepelného stabilizátoru, vliv jednotlivých komponent ve směsi.

Velikost a rychlost těchto změn závisí na teplotě a na době působení sledovaných vlivů.

Přístroj se skládá ze tří vzájemně propojených částí:

- temperanční komora

Teplota v komoře se ověřuje pomocí odporového teploměru od 120-220C. Do vytápěného prostoru je přiváděn tlakový vzduch o průtoku 500ml/min.

- čelní deska

umožňuje ruční zasunutí zásobníku (sada podložek) do vytemperované komory a automatický posun zásobníku z komory. Délka podložek je 240 mm a projetí celé dráhy trvá 120 minut.

- elektrická část

obsahuje tranzistorový dvoupolohový bezkontaktní regulátor teploty s dekadou korekce.

### 8.6.1 Expozice vzorků

Na čelní desku se pomocí kolíků upevní podložky, na kterých jsou zkušební tělesa upevněné pomocí pružných svorek. Čelní deska s podložkami se zatlačí do komory, tělesa se zasunou do vyhřáté pece. Po uplynutí doby potřebné k vyrovnání teplot, se zapne posuv a podložky začnou vyjíždět z komory rychlostí 2 mm/min. Expozice zkušebních těles probíhá samočinně. Po vyjetí podložek z komory se posuv zastaví.

#### Vyhodnocování

Vyhodnocování exponovaných zkušebních těles se provede jejich přiložením na časovou stupnici- je nakreslena na tablech, ke kterým se zkušební tělesa připevní a doplní označení zkoušené suroviny. Určení rozhraní nástupu degradace zkušebního tělesa, zejména, kdy je velmi pozvolný, se provádí na základě srovnáním se standardem.

## 8.7 Měření barev

Použité normy – ČSN 01 1718, ČSN EN 10 105 – A02

Laboratorní přístroj- spektrofotometr ULTRA SCAN PRO



Obr. 22 : Laboratorní přístroj- spektrofotometr ULTRA SCAN PRO

Spektrofotometry: měří barevnost obrazu formou spektrálního grafu. Jedná se o zařízení, která jsou schopna měřit barvy.

Barevný prostor CIE LAB je pravoúhlý souřadnicový systém vymezen třemi osami:

- neutrální osa jasů ( $L^*$ )
- chromatická osa ( $a^*$ ) - zeleno (-) - červená (+)
- chromatická osa ( $b^*$ ) – modro (-) – žlutá (+)

$L^*$  - jas vzorku, hodnota 100 představuje standardní běl, 0 standardní čern

$\Delta L^*$  - se vztahuje k diferenci v jasů

YI – stupeň žlutosti, je užíván k měření žlutosti, která je důsledkem degradace (tepelné či UV), chemického působení a zpracování. Má odpovídající indexovou diferenci  $\Delta YI$ .

Souřadnice  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  určují barvu v jejím odstínu na základě vlnových délek.

Celková barevná diference  $\Delta E^*$  - míra velikosti barevného rozdílu mezi standardem a vzorkem. Slouží pro posouzení barevné shody standardu a vzorku. Výpočet dle vzorce:

$$\Delta E^* = \sqrt{L^{*2} + a^{*2} + b^{*2}}$$

Standard představuje barvu předmětu, k níž jsou barvy ostatních předmětů srovnávány.

Pro měření barev byl použit měřicí (odečítací) režim. Zde byla zvolena metoda PHYSICAL, která se užívá ve spojení se vzorkem produktu, který reprezentuje typovou barevnou hodnotu, s kterou má být vzorek srovnáván. Pod vzorek byla umístěna bílá podložka, aby byl zajištěn správný kontakt se spektrofotometrem a nedocházelo k tvorbě tzv. polštáře v měřicím otvoru.

Všechna měření jsou zobrazována na dvě desetinná místa průměrem, který byl zaznamenán do tabulky.

## 8.8 Dynamická tepelná stabilita

– interní předpis Fatra

PVC směs je tepelně a dynamicky zatěžována na laboratorním dvouválci při definované teplotě. Postupně se odebírají vzorky exponované fólie v definovaném časovém intervalu.

-laboratorní dvouválcový kalandr:  $T_1 = 170\text{ °C}$   $T_2 = 170\text{ °C}$

-odběry vzorků z kalandru po 5min, 10min, 20min, 30 min, 40 min, 50min, 60 min

-vyhodnocení exponovaných vzorků bylo prováděno koloristicky pomocí spektrofotometru.

## 8.9 UV stabilita

Dle ISO 4892

QUV Tester

Zkušební přístroj QUV pro urychlené povětrnostní stárnutí simuluje v laboratoři škodlivé účinky povětrnostních vlivů (UVB záření + vlhkost). Používá se k předpovědi relativní trvanlivosti materiálů vystavených vlivům vnějšího prostředí. Déšť a rosa jsou simulovány kondenzačním systémem. Škodlivé účinky slunečních paprsků jsou simulovány pomocí fluorescenčních UV výbojek. Teplota expozice, denní sled UV dob ozařování a kondenzace jsou automaticky řízeny. Během několika dnů (týdnů) může přístroj QUV vyvolat poškození, které by nastalo během několika měsíců (let) při vystavení materiálu vnějším povětrnostním vlivům. Mezi sledovaná poškození patří vyblednutí, křídovatění, tvorba prasklin a vlasových trhlin, zakalování, ztráta lesku, ztráta pevnosti a křehnutí.

### Postup měření:

Do standardního držáku zkušebních vzorků se vejdou dva panely (destičky) 75x150 mm.

Ploché panely se upevní pomocí kroužků, které zaskočily do držáku. Destičky tvoří boční stěnu zkušební komory a zajišťují uzavření komory, aby z ní nemohla unikát horká vodní pára. Vzduch místnosti na zadní straně panelů je ochlazuje o několik stupňů pod teplotou páry. Tento teplotní rozdíl vyvolá kondenzaci vody na panelech. Nahoru se vysouvající dveře kryjící panely netěsní, ale umožňují, aby se vzduch místnosti dostal na zadní strany zkušebních panelů. Tyto dveře regulují způsob chlazení panelů a snižují kolísání teploty panelů, způsobené průvanem a změnami teplot v místnosti. Pro zvýšení kondenzace se zvyšovala teplota kondenzačního cyklu.



Obr. 23 : QUV Tester

UV stabilita

QUV Tester v režimu

-4 hodiny kondenzace, vlhkost 50 °C - neozařované

-4 hod. UV záření, teplota 60 °C - ozařované

-UVB lampa (vlnová délka záření 313 nm)



## 8.10 Trvalá deformace

Dle normy ČSN EN 433 (91 7824)

### 8.10.1 Podstata zkoušky

Zkušební těleso se vystaví působení statického zatížení. Tloušťka se měří před zatížením a po odlehčení v určitých časových intervalech.



Obr. 24: Zařízení pro měření trvalé deformace

Tabulka 5 : Charakteristika zařízení pro měření deformace heterogenní podlahoviny

Struktura podlahové krytiny	Průměr válce [mm]	Plocha základny [mm <sup>2</sup> ]	Předběžné zatížení [N]	Celkové zatížení [N]	Přítlak [MPa]
Heterogenní	11,30 ± 0,05	100	3,00 ± 0,03	500 ± 0,5	5

### 8.10.2 Postup zkoušky

- označí se místo měření a změří se původní tloušťka zkušebního tělesa  $t_0$ .
- zkušební těleso se umístí na desku, na zkušební těleso se položí prstenec
- aplikuje se předběžné zatížení a komparátor se nastaví na nulu
- po 150 minutách se zjistí hodnota deformace s přesností na 0,01 mm
- zkušební těleso se odlehčí a odstraní se z desky
- změří se konečná tloušťka zkušebního tělesa  $t_1$  na stejném místě

Pro každé zkušební těleso se vypočítá trvalá deformace dle vztahu:  $t_0 - t_1$ .

Z provedených měření se vypočítá aritmetický průměr a výsledek se vyjádří s přesností na 0,01 mm, který se uvede do tabulky měření.

Pro testování jsem použila označení vzorků, jehož pořadí bude zachováno u všech typů zkoušek.

**1 (CALPLEX 2T), 2 (MIKHART C), 3 (OMYACARB 2T-VA), 4 (CALCIPLAST 2M)**

## 9 HODNOCENÍ PLNIV V TVRDÝCH GRANULÁTECH PRO VYTLAČOVÁNÍ

Jedná se o neměkčený granulát PVC-U.

Připraví se Dry Blend (suchá směs). Podle receptury se namíchá ve fluidní míchačce Dry Blend, který se granuluje na granulovací lince, což je vytlačovací stroj s granulovací hlavou.

Tyto granuláty se následně zpracovávají vytlačováním na trubky, profily.

Použití ve stavebnictví (odpadní trubky, okenní profily), nábytkářský průmysl (nábytkové hrany), elektro komponenty (elektro-žlaby), automobilový průmysl.

Důraz je kladen na dobrou rozměrovou stabilitu a houževnatost.

Pro testování jsem použila vzorky, jejichž pořadí bude zachováno u všech typů zkoušek hodnocení plniv v tvrdých granulátech pro vytlačování:

1 *Calplex 2T* – **standard**

2 *Mikhart C*

3 *Omyacarb 2T VA*

4 *Calciplast 2M*

## 9.1 Rozpis zkoušek a receptury

Tabulka 6 : Receptura PVC - U

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<i>S PVC K 60</i>	129,2	129,2	129,2	129,2
<i>Modifikátor houževnatosti (elastomery)</i>	14	14	14	14
<i>ESO (kostabilizátor)</i>	0,70	0,70	0,70	0,70
<i>Modifikátor toku</i>	2,0	2,0	2,0	2,0
<i>Stearin (mazivo)</i>	0,50	0,50	0,50	0,50
<i>Tepelný stabilizátor Ca/Zn</i>	6,0	6,0	6,0	6,0
<i>PE vosk (mazivo)</i>	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Calplex 2T</b>	<b>9</b>	x	x	x
<b>Mikhart</b>	x	<b>9</b>	x	x
<b>Omyacarb 2T VA</b>	x	x	<b>9</b>	x
<b>Calciplast 2 M</b>	x	x	x	<b>9</b>
<i>CELKEM</i>	161,6	161,6	161,6	161,6
<i>phr.změkč.</i>	12,15	12,15	12,15	12,15
<i>phr.plnivo</i>	6,97	6,97	6,97	6,97
<i>Tloušťka vzorku (fólie) [mm]</i>	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40

## 9.2 Zkušební metody a jejich normy

### *Válcování*

laboratorní dvouválcový kalandr : T1 = 170°C (přední válec), T2 = 170°C (zadní válec),

t = 10 minut

### *Tepelná stabilita*

stabilimetr PVC 03

- interní předpis Fatra
- pásková metoda
- nastavený teplotní režim: 180°C
- doba expozice: 120 minut

---

<i>Měření barev (koloristika)</i>	-	ČSN 01 1718, ČSN EN 10 105 – AO 2
spektrofotometr Ultrascan PRO	-	podložka bílá
	-	kolorimetrický prostor CIELAB
<i>UV stabilita</i>	-	ISO 4892
QUV Tester v režimu	-	4 hod. kondenzace, vlhkost 50°C-
		<i>neozářované</i>
	-	4 hod. UV záření, teplota 60°C <i>-ozářované</i>
	-	UVB lampa (vlnová délka záření 313 nm)
<i>Hustota</i>	-	ISO 1183, ČSN 64 0111
analyt. váhy Mettler		
+ nádstavec YDK 01		
<i>Mez pevnosti v tahu</i>	-	ISO 527-1,3
<i>Poměrné prodloužení na mezi pevnosti v tahu</i>		
trhací stroj Instron 4301	-	rychlost 500mm/min, zkušební těleso č. 5
<i>Tvrдость</i>	-	ISO 868
tvrdoměr digitální	-	3 s., Sh D

*Vrubová houževnatost* - ISO 179

zařízení Resil 5.5

*Vicat* - ISO 306

zařízení Resil 5.5

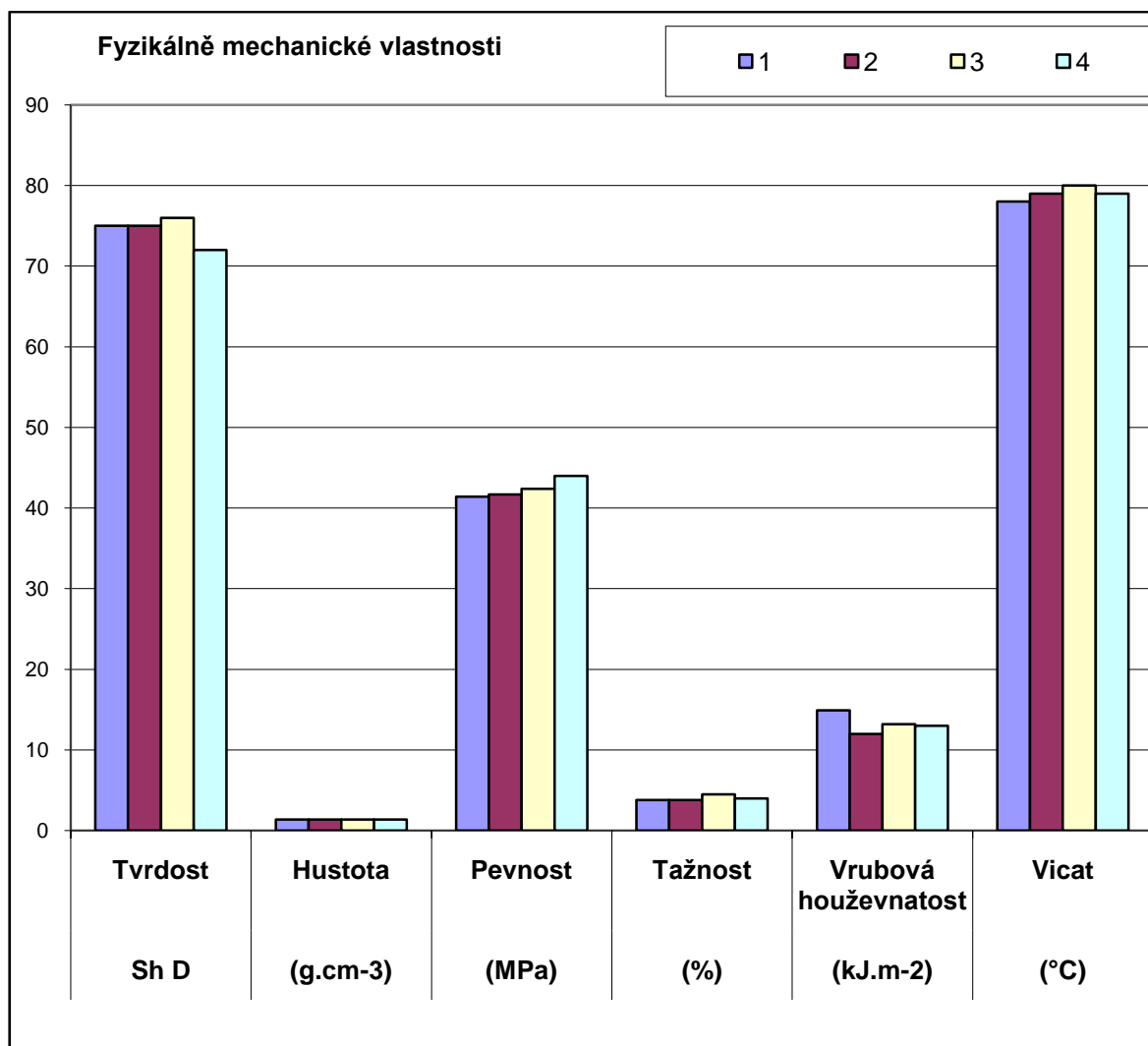
zkušební zařízení Frank 28574

### 9.2.1 Fyzikálně mechanické vlastnosti

Tabulka 7 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - U

Vzorek	Tvrдость (Sh D)	Hustota (g.cm <sup>-3</sup> )	Pevnost (MPa)	Tažnost (%)	Vrubová houževnatost (kJ.m <sup>-2</sup> )	Vicat (°C)
1	75	1,38	41,4	3,8	14,9	78
2	75	1,38	41,7	3,8	12	79
3	76	1,38	42,4	4,5	13,2	80
4	72	1,38	44	4	13	79

Graf 1 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - U

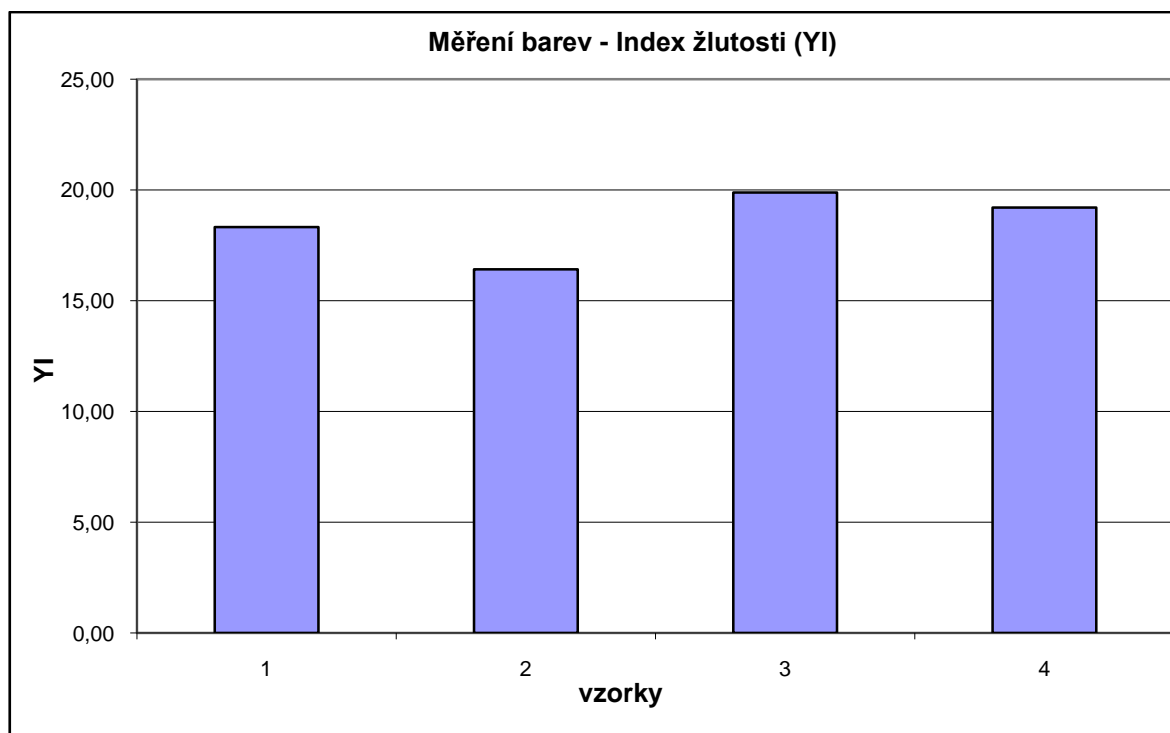


### 9.2.2 Měření barev (spektrofotometr)

Tabulka 8 : Spektrofotometrické měření v PVC - U

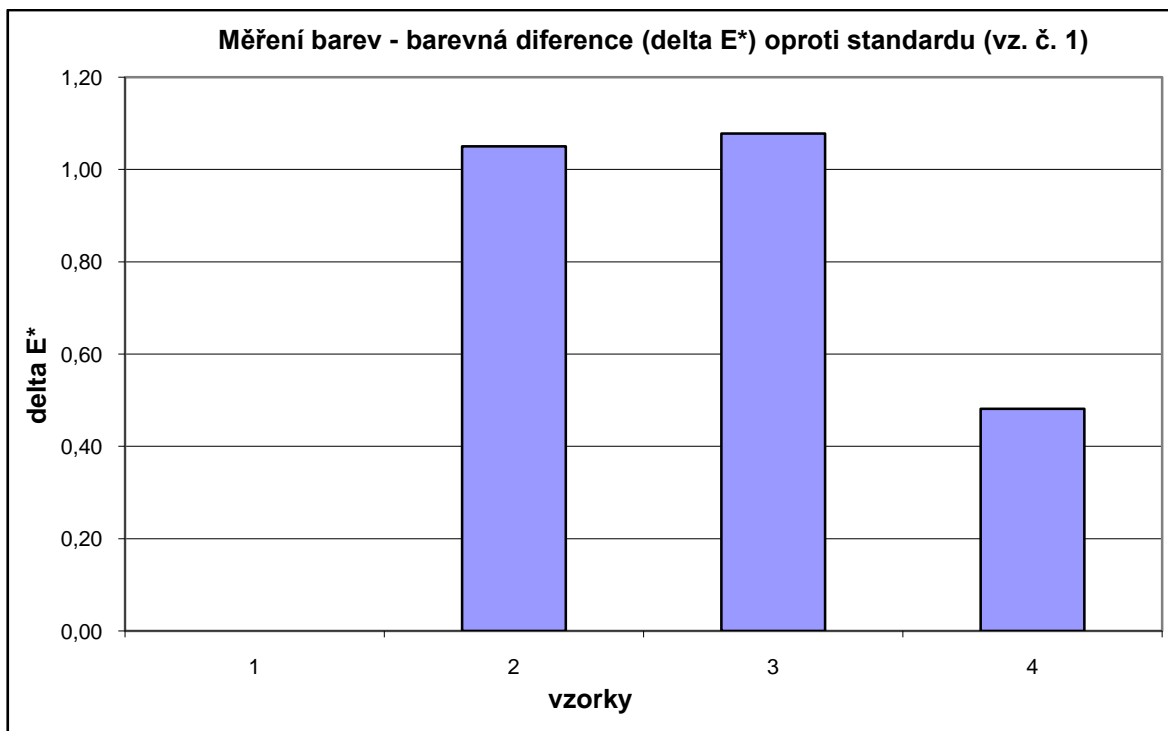
Vzorek	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
1	91,74	-1,52	10,38	18,33	0,00
2	92,07	-1,64	9,39	16,42	1,05
3	92,06	-1,72	11,39	19,89	1,08
4	91,88	-1,31	10,79	19,20	0,48

Graf 2 : Srovnání indexu žlutosti v PVC - U





Graf 3 : Srovnání delta E\* v PVC - U



### 9.2.3 UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí

Tabulka 9 – 12 : UV stabilita v PVC – U

Vzorek č. 1 – Calplex 2T

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
<b>0</b>	91,66	-1,32	9,32	16,61	<b>0,00</b>
<b>95</b>	69,98	17,14	26,55	73,03	<b>33,28</b>
<b>250</b>	66,36	19,05	31,79	86,63	<b>39,49</b>

Vzorek č. 2 – Mikhart C

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
<b>0</b>	91,9	-1,26	10,95	19,5	<b>0,00</b>
<b>95</b>	67,83	18,68	38,97	95,44	<b>41,98</b>
<b>250</b>	59,44	21,05	30,7	93,9	<b>44,06</b>

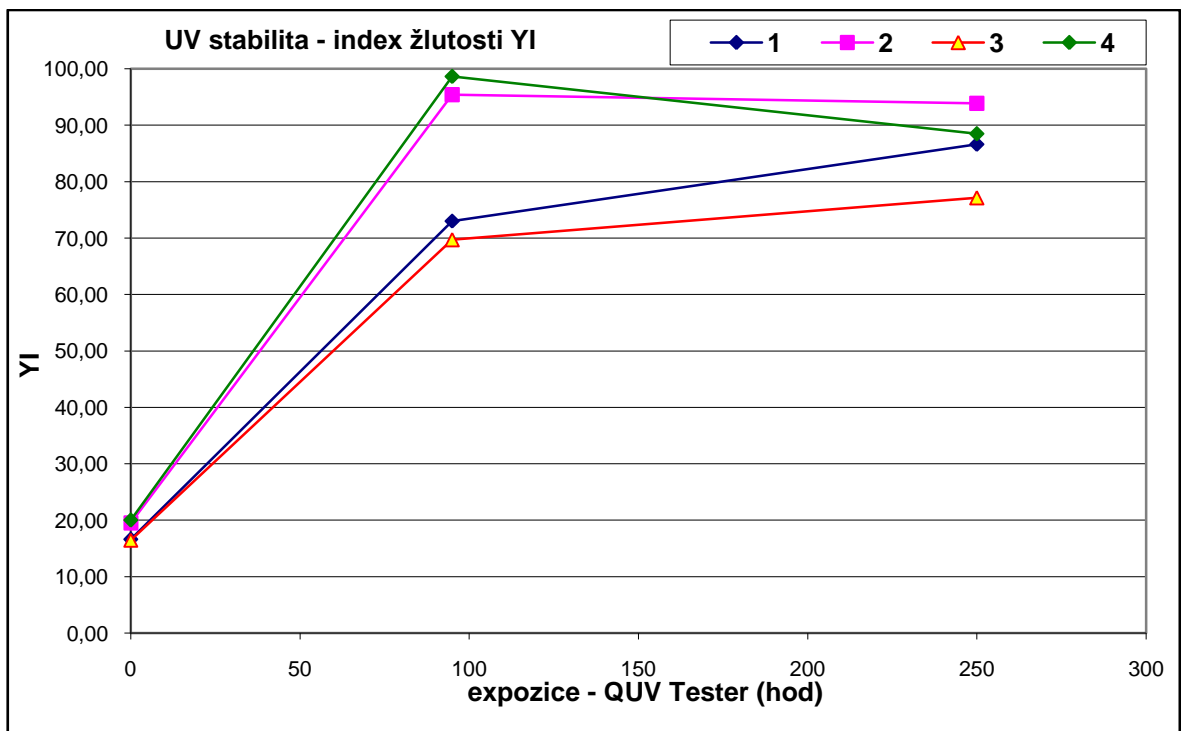
Vzorek č. 3 – Omycarb 2T VA

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
<b>0</b>	92,04	-1,63	9,4	16,45	<b>0,00</b>
<b>95</b>	76,28	13,2	29,71	69,7	<b>29,67</b>
<b>250</b>	74,1	14,49	32,82	77,16	<b>33,61</b>

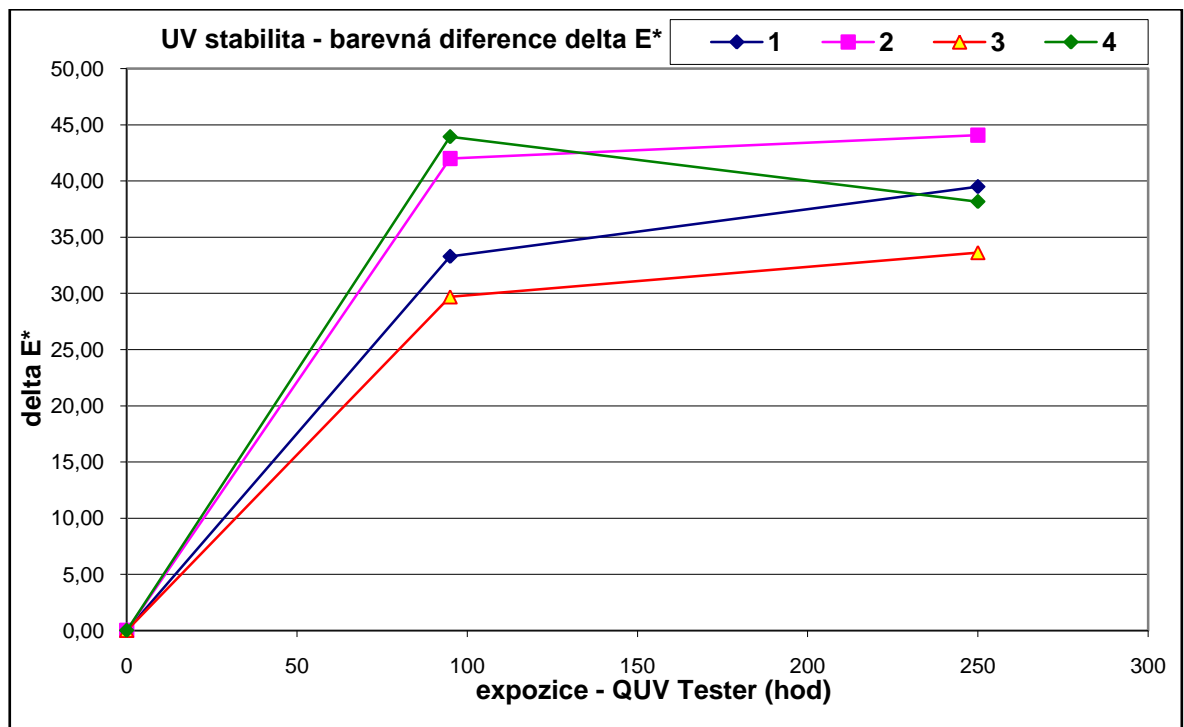
Vzorek č. 4 – Calciplast 2M

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
<b>0</b>	92	-1,69	11,42	19,99	<b>0,00</b>
<b>95</b>	63,83	19,16	38,23	98,67	<b>43,92</b>
<b>250</b>	70,56	17,13	36,89	88,51	<b>38,15</b>

Graf 4 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice na QUV v PVC - U



Graf 5 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E\* v závislosti na čase expozice na QUV v PVC – U



### 9.3 Závěr a diskuze

Tabulka 13 : Vyhodnocení zkoušek porovnáním se standardem v PVC-U

	<i>Calplex 2T</i>	<i>Mikhart C</i>	<i>Omyacarb 2T VA</i>	<i>Calciplast 2M</i>
<i>Tvrдост</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	+	–
<i>Hustota</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pevnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	+	+
<i>Tažnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	+	+
<i>Vrubová houževnatost</i>	<b>0</b>	–	–	–
<i>Vicat</i>	<b>0</b>	+	+	+
<i>Koloristika</i>	<b>0</b>	+	–	<b>0</b>
<i>UV</i>	<b>0</b>	–	<b>0</b>	–

Legenda k tabulce 13 :

**0** - hodnocení srovnatelné se standardem

+

 - lepší hodnocení vůči standardu

– - horší hodnocení vůči standardu

Kapitola 9 se zabývá hodnocením plniv v tvrdých granulátech pro vytlačování, kde byly porovnávány fyzikálně mechanické vlastnosti, koloristika a UV stabilita.

Pro testování byly použity vzorky plniv s následujícím označením: **1** Calplex 2T (standard), **2** Mikhart C, **3** Omyacarb 2T VA, **4** Calciplast 2M.

Tvrdość patří mezi základní fyzikálně mechanické hodnotící vlastnosti. Výsledky naměřených hodnot pro vzorky Calplex 2T (standard), Mikhart C, Omyacarb 2T VA a Calciplast 2M jsou uvedeny v tabulce 7, grafické porovnání vyjadřuje graf 1. Testování tvrdosti probíhalo v intervalu 3s. Na základě provedeného měření lze konstatovat, že vyšší hodnotu vůči standardu vykazuje plnivo Omyacarb 2T VA a horší hodnocení je zřejmé u Calciplastu 2M. Mikhart C udává srovnatelné hodnoty tvrdosti v porovnání se standardem ( Calplex 2T).

Jiný výsledek byl zjištěn u hustoty, která vykazovala podle předpokladu pro všechna plniva stejné hodnoty (viz. tab. 7).

Výsledky tahových zkoušek vzorků (viz. tab. 7, graf 3), prováděné na přístroji Instron 4301 (viz. kapitola 8.3). Z výsledků můžeme posoudit, že u pevnosti i tažnosti se jeví Omyacarb 2T VA a zkoušené plnivo Calciplast 2M lepší oproti standardu. Plnivo Mikhart je srovnatelné se standardem (Calplex 2T).

Vrubová houževnatost, kdy výsledkem je aritmetický průměr hodnot v tabulce 7, graf 1, kde daná plniva oproti standardu vykazují mírně horší vlastnosti, zejména Mikhart C. Naopak zkouška měření teploty měknutí dle Vicata, vykazuje u všech porovnávaných vzorků mírné zlepšení vzhledem ke standardu.

Různé hodnoty tvrdosti a dalších fyzikálně mechanických vlastností (pevnost, tažnost, houževnatost, Vicat) souvisí s úrovní dispergace plniva v PVC směsi a především s velikostí a strukturou jeho částic (množství a typ povrchové úpravy a pórovitost částic). Například se lze domnívat, že naměřené hodnoty u Calciplast 2M mohou být ovlivněny nižší velikostí částic plniva (1,6 $\mu$ m oproti standardu 2,5 $\mu$ m).

Tabulka 8 – měření barev v PVC-U, zde vykazuje  $\Delta E^*$  u Calciplastu 2M nejnižší hodnotu vzhledem ke standardu (viz. graf 3). Odlišnosti v barevném odstínu jsou dány především chemickým složením plniva (např. obsah doprovodných oxidů a hydroxidů železa), které úzce souvisí s lokalitou jeho těžby.

Pro srovnání odolnosti vzorků urychlenému povětrnostnímu stárnutí (viz. zařízení QUV Tester) byly vzorky umístěny v kovových rámečcích a vystaveny UV záření s maximem intenzity v oblasti UV-B (313nm). Popis přístroje QUV Tester (viz. kapitola 8. 9). Tabulky 9-12 shrnují hodnoty  $L^*$   $a^*$   $b^*$  a  $\Delta E^*$  z jednotlivých časových intervalů expozice. Vzorky byly exponovány do 250 hodin. Graf 4 vyjadřuje grafické zobrazení stupně žlutosti

v závislosti na čase expozice na QUV a graf 5 barevnou diferencí  $\Delta E^*$ . Z grafů je patrné, že nejnižší hodnotu  $\Delta E^*$  po expozici 250 hod QUV má vzorek 3 Omyacarb 2T VA. Největší barevnou změnu vykazuje Mikhart C.

Výsledky hodnocení z expozice na QUV Testeru souvisí se schopností testovaného plniva „odstínit“ dopadající UV záření, která je při konstantním obsahu plniva funkcí velikosti částic (menší částice mají lepší schopnost „odstínění“) a především úrovně kvality dispergace částic plniva (čím lepší dispergace, tím lepší „odstínění“).

Laboratorním hodnocením všech testovaných plniv proti standardu (Calplex 2T) byly potvrzeny dobré výsledky a rozdíly v hodnocených parametrech nejsou příliš významné. Všechny hodnocené typy plniv lze doporučit k provoznímu ověření.

## 10 HODNOCENÍ PLNIV V MĚKKÝCH GRANULÁTECH PRO VYTLAČOVÁNÍ

Jedná se o měkčený granulát PVC - P.

Podle receptury se namíchá ve fluidní míchačce Dry Blend, který se granuluje na granulovací lince, což je vytlačovací stroj s granulovací hlavou.

Tyto granuláty se zpracovávají zpravidla vytlačováním.

PVC - P granuláty se zpracovávají vytlačováním na hadice, profily.

Použití ve stavebnictví (svařovací šňůry, pro podlahoviny, podlahové lišty), elektro komponenty (hadice, bužírky), automobilový průmysl (těsnící profily pro okna, dveře).

Jeden z možných výrobků z PVC - P granulátů je tzv. lisovaná homogenní podlahovina.

V ramenové míchačce se míchají dle vzoru podlahoviny granuláty různých odstínů a v případě výroby tzv. elektrostatické podlahoviny se obalují elektrovodivou PVC pastou. Výsledná směs se následně lisuje do bloku tloušťky 25 mm. Vychlazený blok se štípe na konečnou tloušťku a vzniklé dlaždice se vysekávají na finální rozměr 60 mm x 60 mm.

## 10.1 Rozpis zkoušek a receptury

PVC - P pro lisovanou podlahovinu

Granulát (elektrostatic a dynamik), tvrdost 55 Sh D, barva **211 (světle šedá)** - vzorek č. 1

Tabulka 14 : Receptura PVC - P, barva 211 (světle šedá)

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
S PVC K 65	61,04	61,04	61,04	61,04
Tepelný stabilizátor Ca/Zn	2,50	2,50	2,50	2,50
PE vosk (mazivo)	0,40	0,40	0,40	0,40
DOP (změkčovadlo)	14,66	14,66	14,66	14,66
ESO (kostabilizátor)	2,90	2,90	2,90	2,90
Barevný bat. <b>č.211 (světle šedá)</b>	3,50	3,50	3,50	3,50
<b>Calplex 2T</b>	<b>15</b>	x	x	x
<b>Mikhart C</b>	x	<b>15</b>	x	x
<b>Omyacarb 2T VA</b>	x	x	<b>15</b>	x
<b>Calciplast 2 M</b>	x	x	x	<b>15</b>
CELKEM	100	100	100	100
phr.změkč.	31,63	31,63	31,63	31,63
phr.plnivo	24,57	24,57	24,57	24,57
Tloušťka vzorku (fólie) [mm]	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40

Granulát (elektrostatic a dynamik), tvrdost 55 Sh D, barva **201 (bílá)** - vzorek č. 2

Tabulka 15 : Receptura PVC - P, barva 201 (bílá)

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
S PVC K 65	60,91	60,91	60,91	60,91
Tepelný stabilizátor Ca/Zn	2,50	2,50	2,50	2,50
PE vosk (mazivo)	0,40	0,40	0,40	0,40
DOP (změkčovadlo)	14,14	14,14	14,14	14,14
ESO (kostabilizátor)	2,90	2,90	2,90	2,90
Barevný bat. <b>č.201 (bílá)</b>	4,15	4,15	4,15	4,15
<b>Calplex 2T</b>	<b>15</b>	x	x	x
<b>Mikhart C</b>	x	<b>15</b>	x	x
<b>Omyacarb 2T VA</b>	x	x	<b>15</b>	x
<b>Calciplast 2 M</b>	x	x	x	<b>15</b>
CELKEM	100	100	100	100
phr.změkč.	30,85	30,85	30,85	30,85
phr.plnivo	24,63	24,63	24,63	24,63
Tloušťka vzorku (fólie) [mm]	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40	0,35-0,40



## 10.2 Zkušební metody a jejich normy

### *Válcování*

laboratorní dvouválcový kalandr : T1 = 170°C (přední válec) T2 = 170°C (zadní válec)  
t = 10 minut

### *Tepelná stabilita*

- interní předpis Fatra

stabilimetr PVC 03

- pásková metoda

- nastavený teplotní režim: 180°C

- doba expozice: 120 minut

### *Měření barev (koloristika)* -

ČSN 01 1718, ČSN EN 10 105 – AO 2

spektrofotometr Ultrascan PRO

- podložka bílá

- kolorimetrický prostor CIE LAB

### *UV stabilita*

- ISO 4892

QUV Tester v režimu

- 4 hod. kondenzace, vlhkost 50°C-*neozářované*

- 4 hod. UV záření, teplota 60°C -*ozářované*

- UVB lampa (vlnová délka záření 313 nm)

### *Hustota*

- ISO 1183, ČSN 64 0111

analyt. váhy Mettler

**Mez pevnosti v tahu** - ISO 527-1,3

**Poměrné prodloužení na mezi pevnosti v tahu**

trhací stroj Instron 4301 - rychlost 500mm/min, zkušební těleso č.5

**Tvrдост** - ISO 868

tvrdoměr Frank - 3 s., Sh D

**Dynamická stabilita** - interní předpis Fatra

laboratorní dvouválcový kalandr : - T1 = 170°C T2 = 170°C

odběry vzorků z kalandru po : 5 min, 10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 60 min

Označení vzorků:

1 *Calplex 2 T - standard*

2 *Mikhart C*

3 *Omyacarb 2T VA*

4 *Calciplast 2M*

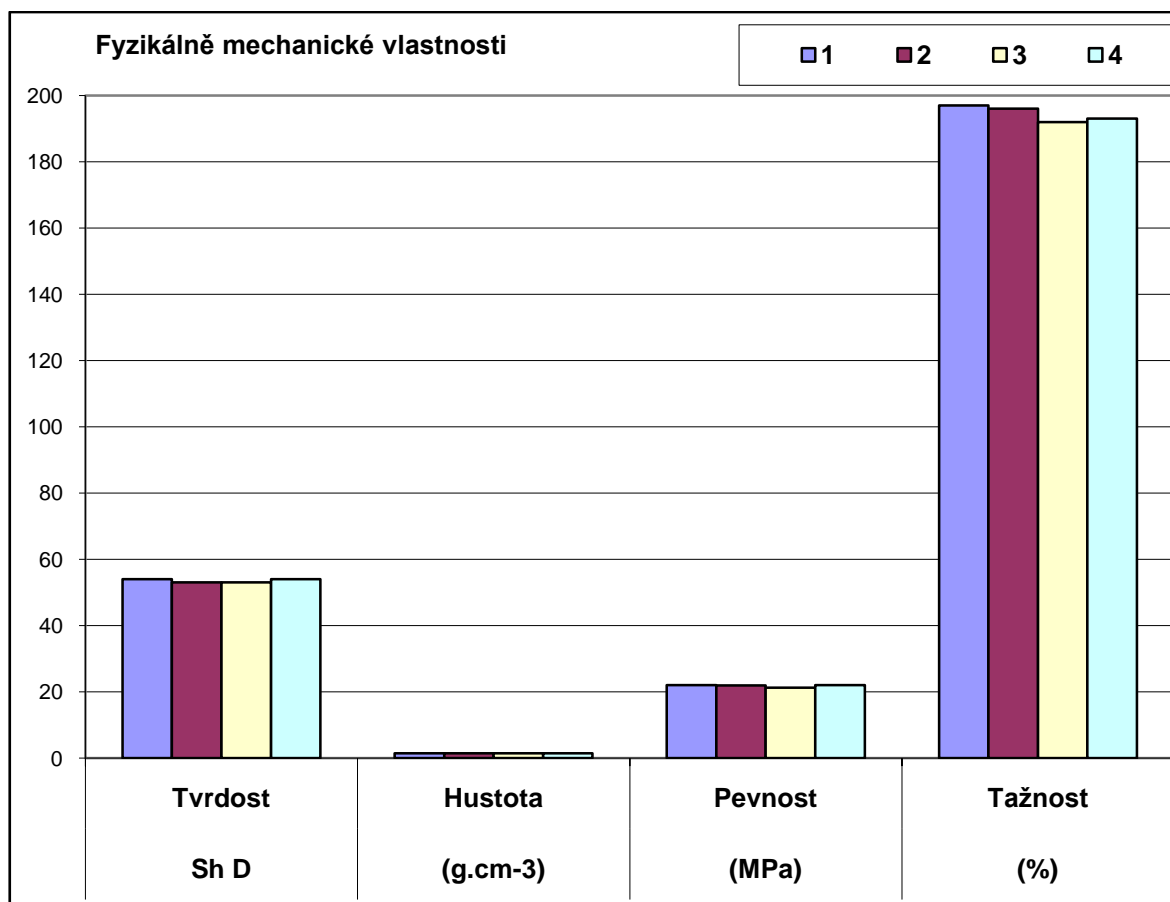
## 10.3 Barva 211 (světle šedá)

### 10.3.1 Fyzikálně mechanické vlastnosti

Tabulka 16 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 211 (světle šedá)

	Tvrдост	Hustota	Pevnost	Tažnost
vzorky	(Sh D)	(g.cm <sup>-3</sup> )	(MPa)	(%)
1	54	1,42	22	197
2	53	1,41	21,9	196
3	53	1,41	21,3	192
4	54	1,42	22	193

Graf 6 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 211 (světle šedá)





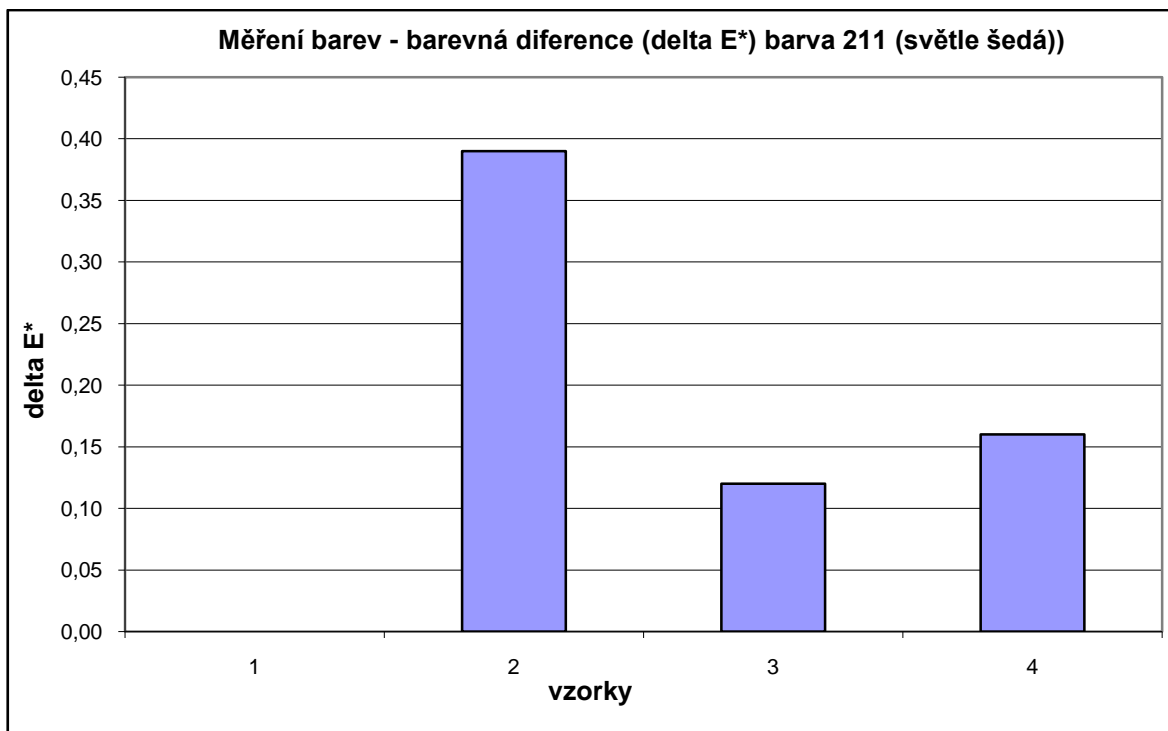
Obr. 25 : Stanovení tepelné stability při 180 °C, barva 211 (světle šedá)

### 10.3.2 Koloristika

Tabulka 17 : Spektrofotometrické měření v PVC - P, barva 211 (světle šedá)

10 min.	1	2	3	4
L*	71,37	71,27	71,26	71,38
a*	-2,91	-2,91	-2,93	-2,91
b*	-4,89	-4,51	-4,84	-4,73
YI	-15,28	-14,30	-15,18	-14,84
$\Delta L^*$		-0,10	-0,11	0,01
$\Delta a^*$		0,00	-0,02	0,00
$\Delta b^*$		0,38	0,05	0,16
$\Delta E^*$		<b>0,39</b>	<b>0,12</b>	<b>0,16</b>
$\Delta YI$		<b>0,98</b>	<b>0,10</b>	<b>0,44</b>

Graf 7 : Srovnání celkové barevné difference delta E\* v PVC - P, barva 211 (světle šedá)



### 10.3.3 Dynamická tepelná stabilita při 170 °C

Tabulka 18 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Calplex 2T

Vzorek č. 1 – Calplex 2T

(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	71,62	71,37	71,22	71,13	71,01	70,91	70,85
<b>a*</b>	-2,91	-2,91	-2,9	-2,9	-2,92	-2,92	-2,87
<b>b*</b>	-5	-4,89	-4,72	-4,61	-4,53	-4,46	-4,63
<b>YI</b>	-15,51	-15,28	-14,85	-14,58	-14,39	-14,24	-14,64
$\Delta L^*$	0,00	-0,25	-0,40	-0,49	-0,61	-0,71	-0,77
$\Delta a^*$	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,04
$\Delta b^*$	0,00	0,11	0,28	0,39	0,47	0,54	0,37
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,27</b>	<b>0,49</b>	<b>0,63</b>	<b>0,77</b>	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,23</b>	<b>0,66</b>	<b>0,93</b>	<b>1,12</b>	<b>1,27</b>	<b>0,87</b>

Tabulka 19 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Mikhart

Vzorek č. 2 – Mikhart C

(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	71,43	71,27	71,12	70,94	70,8	70,7	70,53
<b>a*</b>	-2,91	-2,91	-2,89	-2,9	-2,9	-2,9	-2,89
<b>b*</b>	-4,63	-4,51	-4,36	-4,23	-4,06	-3,99	-3,95
<b>YI</b>	-14,58	-14,3	-13,92	-13,61	-13,2	-13,02	-12,93
$\Delta L^*$	0,00	-0,16	-0,31	-0,49	-0,63	-0,73	-0,90
$\Delta a^*$	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
$\Delta b^*$	0,00	0,12	0,27	0,40	0,57	0,64	0,68
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,20</b>	<b>0,41</b>	<b>0,63</b>	<b>0,85</b>	<b>0,97</b>	<b>1,13</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,28</b>	<b>0,66</b>	<b>0,97</b>	<b>1,38</b>	<b>1,56</b>	<b>1,65</b>

Tabulka 20 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Omyacarb 2T VA

Vzorek č. 3 – Omyacarb 2T VA

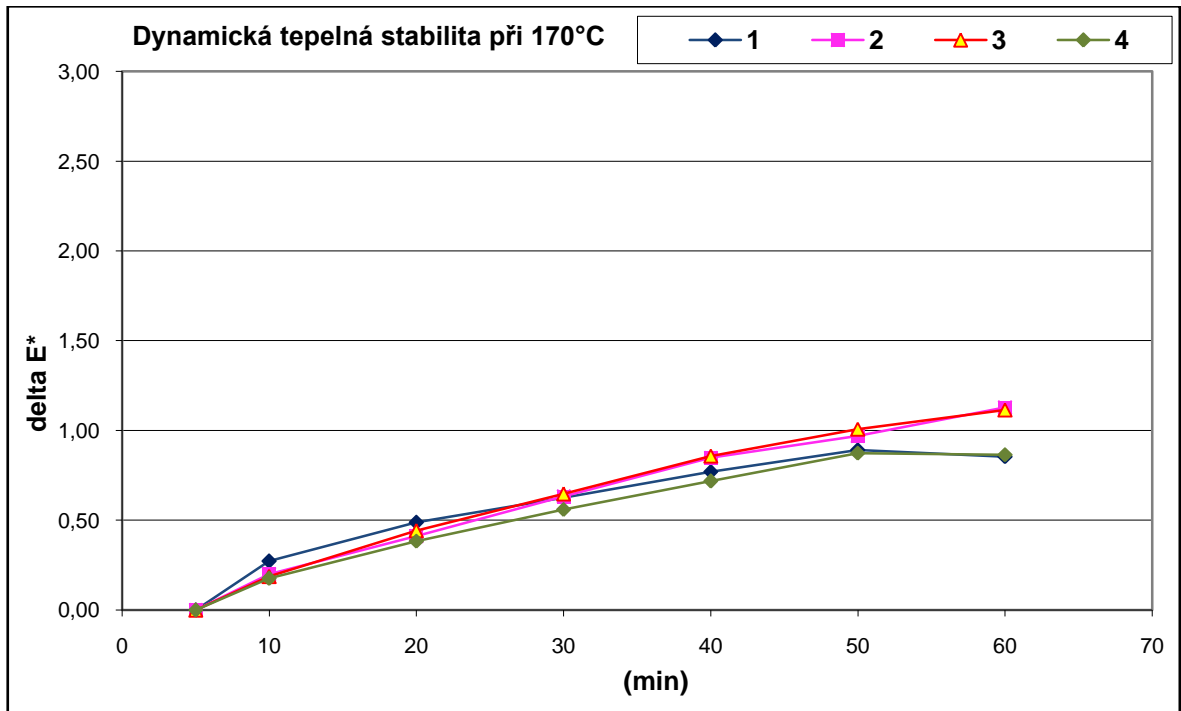
(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	71,41	71,26	71,07	70,92	70,76	70,61	70,48
<b>a*</b>	-2,95	-2,93	-2,91	-2,9	-2,92	-2,88	-2,87
<b>b*</b>	-4,95	-4,84	-4,67	-4,53	-4,39	-4,34	-4,34
<b>YI</b>	-15,46	-15,18	-14,75	-14,41	-14,09	-13,92	-13,95
$\Delta L^*$	0,00	-0,15	-0,34	-0,49	-0,65	-0,80	-0,93
$\Delta a^*$	0,00	0,02	0,04	0,05	0,03	0,07	0,08
$\Delta b^*$	0,00	0,11	0,28	0,42	0,56	0,61	0,61
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,19</b>	<b>0,44</b>	<b>0,65</b>	<b>0,86</b>	<b>1,01</b>	<b>1,12</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,28</b>	<b>0,71</b>	<b>1,05</b>	<b>1,37</b>	<b>1,54</b>	<b>1,51</b>

Tabulka 21 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Calciplast 2M

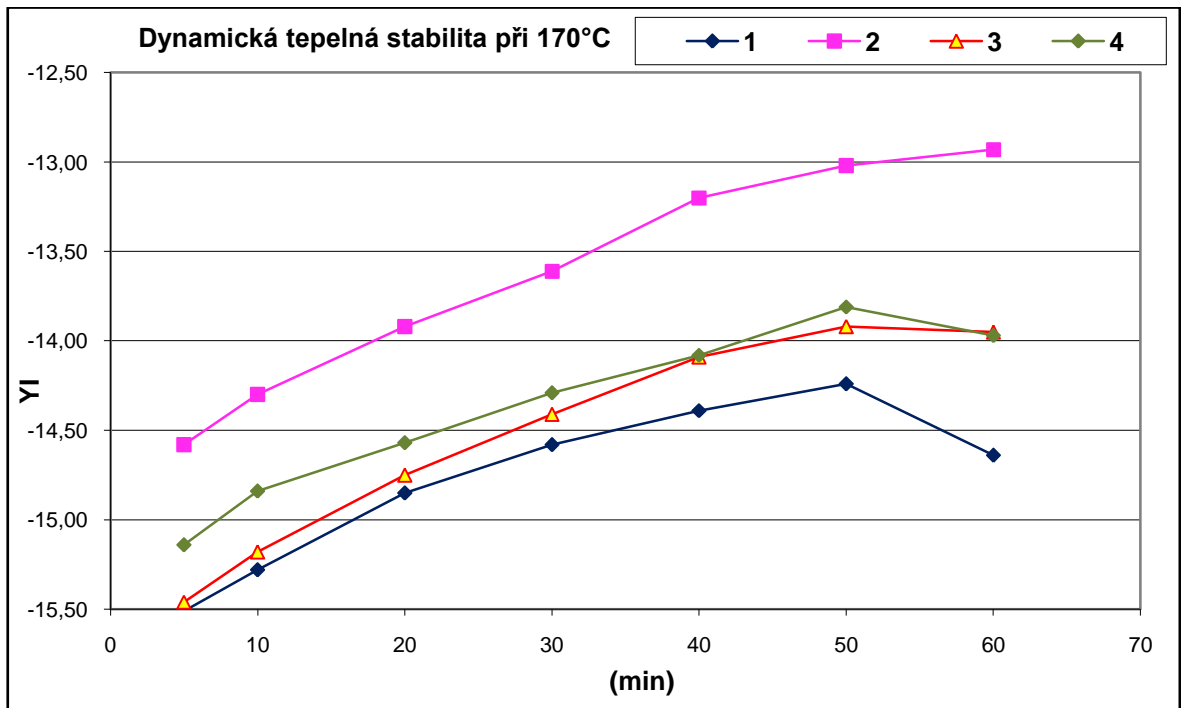
Vzorek č. 4 – Calciplast 2M

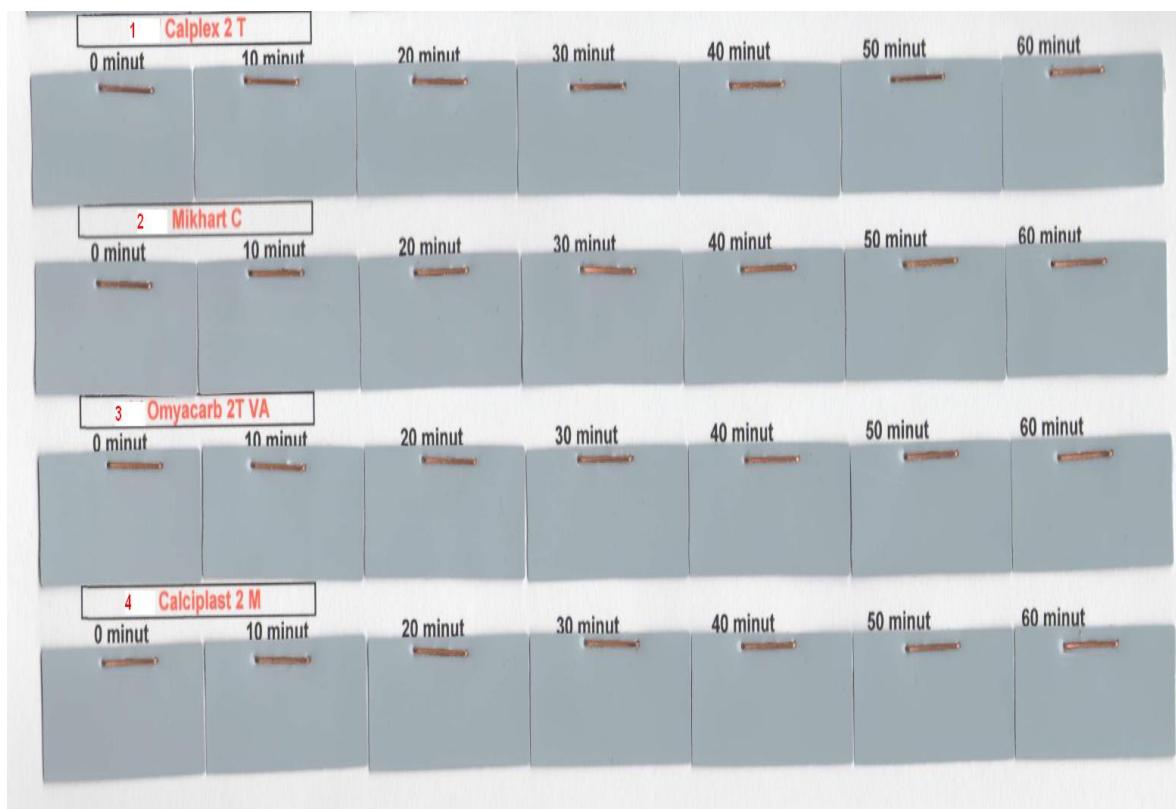
(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	71,51	71,38	71,21	71,08	70,95	70,83	70,79
<b>a*</b>	-2,91	-2,91	-2,92	-2,91	-2,92	-2,91	-2,88
<b>b*</b>	-4,85	-4,73	-4,61	-4,49	-4,4	-4,3	-4,37
<b>YI</b>	-15,14	-14,84	-14,57	-14,29	-14,08	-13,81	-13,97
$\Delta L^*$	0,00	-0,13	-0,30	-0,43	-0,56	-0,68	-0,72
$\Delta a^*$	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	0,00	0,03
$\Delta b^*$	0,00	0,12	0,24	0,36	0,45	0,55	0,48
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,38</b>	<b>0,56</b>	<b>0,72</b>	<b>0,87</b>	<b>0,87</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,57</b>	<b>0,85</b>	<b>1,06</b>	<b>1,33</b>	<b>1,17</b>

Graf 8 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E\* v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 211 (světle šedá)



Graf 9 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 211 (světle šedá)





Obr. 26 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 (světle šedá)

### 10.3.4 UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí

Tabulka 22 – 25 : UV stabilita, barva 211 (světle šedá)

Vzorek č. 1 – Calplex 2T

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	71,59	-2,5	-5,12	-15,44	0,00
100	72,83	-2,48	-2,75	-9,17	2,68
260	73,7	-2,72	-0,51	-3,83	5,08
500	70,73	-2,62	2,84	4,31	8,01

Vzorek č.2 – Mikhart C

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	71,52	-2,49	-5,01	-15,15	0,00
100	72,24	-2,42	-3,06	-9,96	2,07
260	72,67	-2,67	-1	-5,02	4,17
500	70,94	-2,63	2,77	4,1	7,8



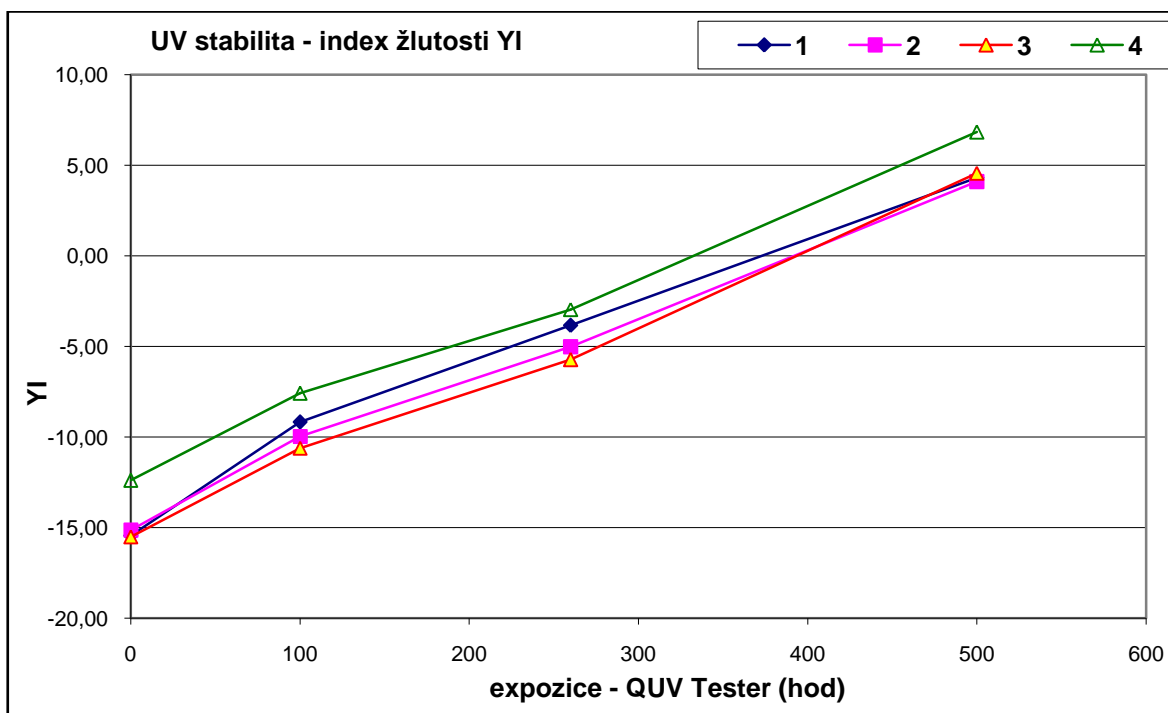
Vzorek č. 3 – Omyacarb 2T VA

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	71,51	-2,5	-5,14	-15,51	0,00
100	72,07	-2,38	-3,32	-10,61	1,91
260	72,42	-2,72	-1,26	-5,73	3,99
500	70,82	-2,79	3,03	4,57	8,2

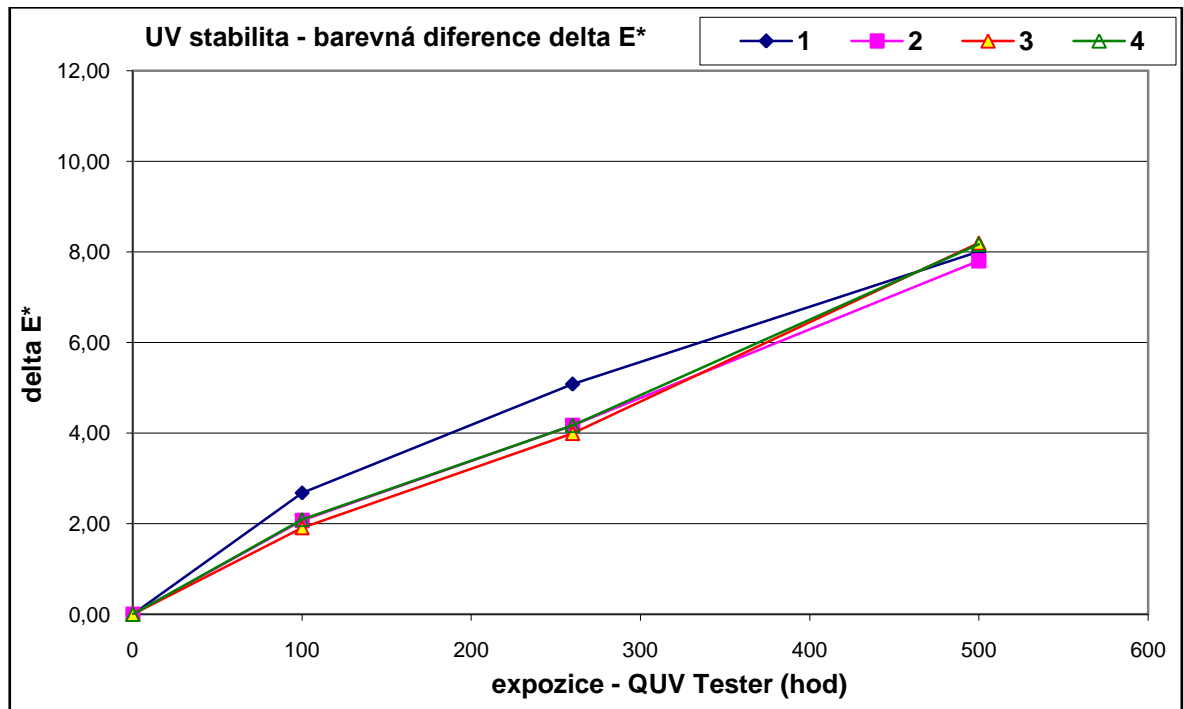
Vzorek č. 4 – Calciplast 2M

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	72,02	-1,71	-4,27	-12,39	0,00
100	72,66	-1,98	-2,3	-7,58	2,09
260	73,12	-2,33	-0,29	-2,96	4,17
500	70,57	-2,25	3,75	6,84	8,17

Graf 10 : Srovnání indexu žlutosti YI v závislosti na čase expozice na QUV, barva 211 (světle šedá)



Graf 11 : Srovnání delta E\* v závislosti na čase expozice na QUV, barva 211 (světle šedá)





Obr. 27 : UV stabilita - expozice 500 hodin/zařízení QUV Tester, barva 211 (světle šedá)

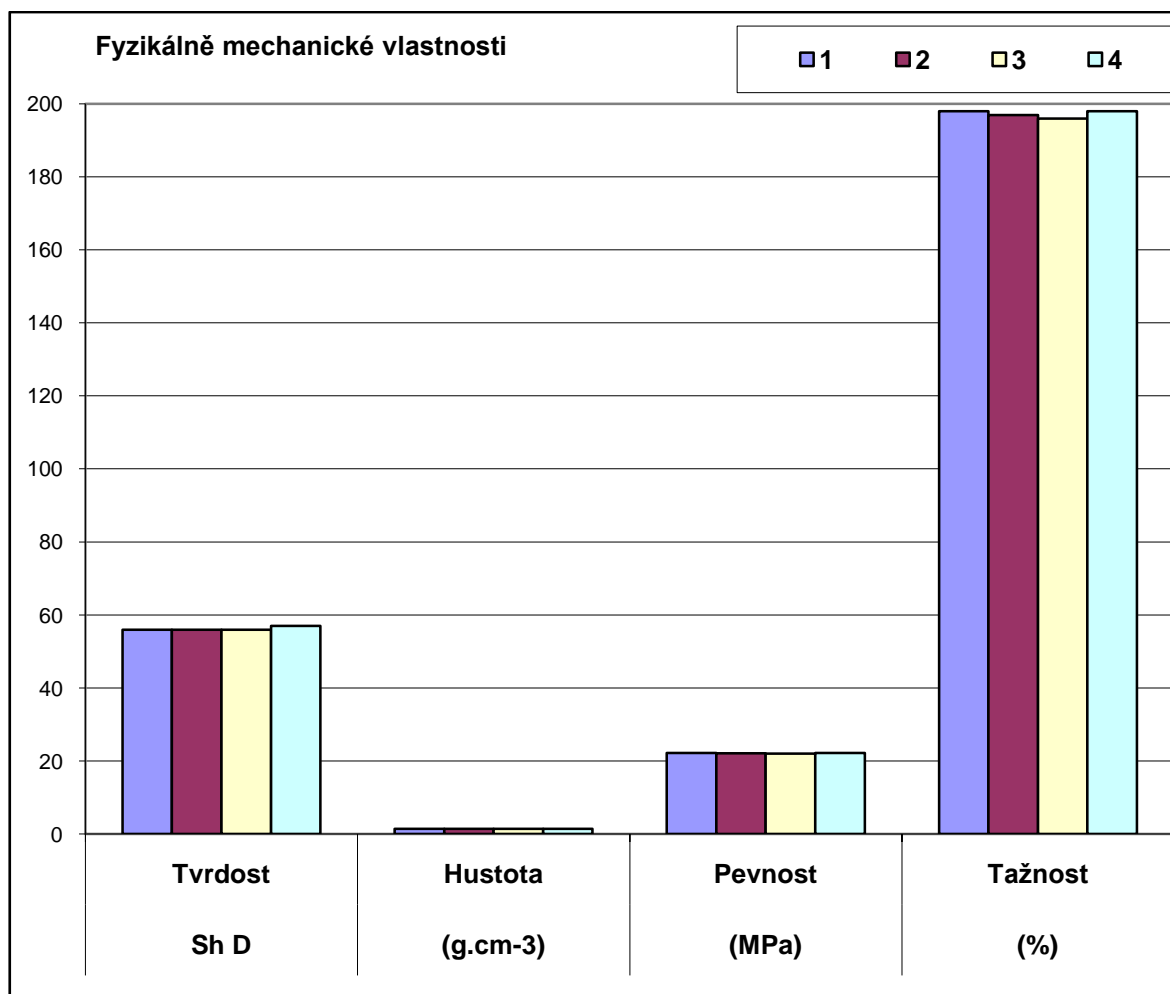
## 10.4 Barva 201 (bílá)

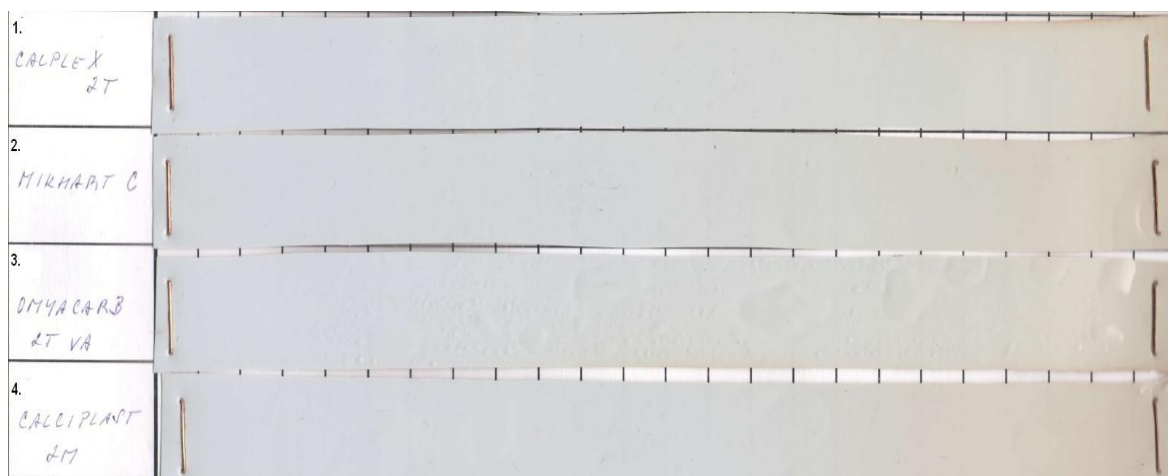
### 10.4.1 Fyzikálně mechanické vlastnosti

Tabulka 26 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 201 (bílá)

	Tvrдость	Hustota	Pevnost	Tažnost
vzorky	(Sh D)	(g.cm <sup>-3</sup> )	(MPa)	(%)
1	56	1,42	22,2	198
2	56	1,42	22,1	197
3	56	1,42	22	196
4	57	1,42	22,2	198

Graf 12 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC – P, barva 201 (bílá)





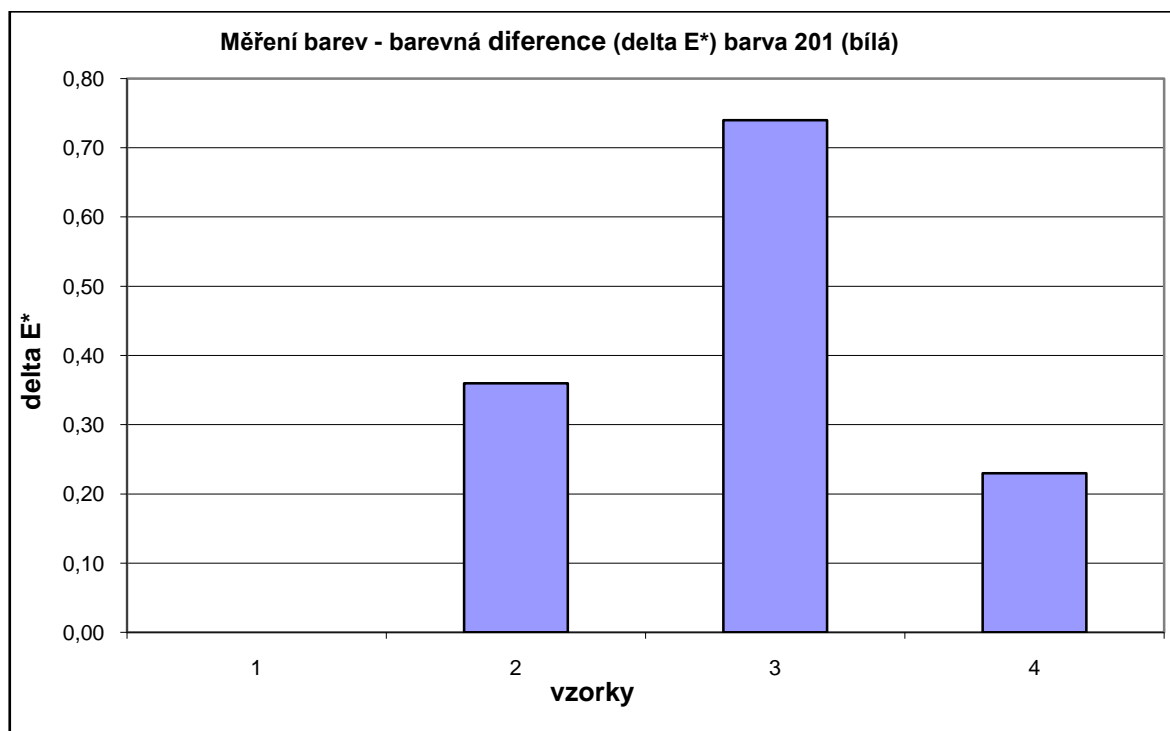
Obr. 28 : Stanovení tepelné stability při 180 °C, barva 201 (bílá)

### 10.4.2 Koloristika

Tabulka 27 : Spektrofotometrické měření v PVC – P, barva 201 (bílá)

10 min.	1	2	3	4
L*	84,25	83,96	84,85	84,36
a*	-0,68	-0,66	-0,68	-0,70
b*	-2,01	-1,79	-1,57	-1,81
YI	-4,96	-4,46	-3,98	-4,53
$\Delta L^*$		-0,29	0,60	0,11
$\Delta a^*$		0,02	0,00	-0,02
$\Delta b^*$		0,22	0,44	0,20
$\Delta E^*$		<b>0,36</b>	<b>0,74</b>	<b>0,23</b>
$\Delta YI$		<b>0,50</b>	<b>0,98</b>	<b>0,43</b>

Graf 13 : Srovnání celkové barevné difference delta E\* v PVC - P, barva 201 (bílá)



### 10.4.3 Dynamická tepelná stabilita při 170 °C

Tabulka 28 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Calplex 2T

Vzorek č. 1 – Calplex 2T

(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	84,33	84,25	84,07	83,9	83,79	83,71	83,63
<b>a*</b>	-0,66	-0,68	-0,74	-0,79	-0,84	-0,88	-0,91
<b>b*</b>	-2,21	-2,01	-1,76	-1,51	-1,3	-1,16	-1,15
<b>YI</b>	-5,37	-4,96	-4,48	-3,97	-3,55	-3,29	-3,3
$\Delta L^*$	0,00	-0,08	-0,26	-0,43	-0,54	-0,62	-0,70
$\Delta a^*$	0,00	-0,02	-0,08	-0,13	-0,18	-0,22	-0,25
$\Delta b^*$	0,00	0,20	0,45	0,70	0,91	1,05	1,06
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,22</b>	<b>0,53</b>	<b>0,83</b>	<b>1,07</b>	<b>1,24</b>	<b>1,29</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,41</b>	<b>0,89</b>	<b>1,40</b>	<b>1,82</b>	<b>2,08</b>	<b>2,07</b>

Tabulka 29 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Mikhart

Vzorek č. 2 – Mikhart C

(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	84,09	83,96	83,78	83,63	83,48	83,33	83,24
<b>a*</b>	-0,63	-0,66	-0,69	-0,73	-0,77	-0,81	-0,88
<b>b*</b>	-1,95	-1,79	-1,51	-1,29	-1,05	-0,88	-0,72
<b>YI</b>	-4,78	-4,46	-3,89	-3,45	-2,97	-2,63	-2,35
$\Delta L^*$	0,00	-0,13	-0,31	-0,46	-0,61	-0,76	-0,85
$\Delta a^*$	0,00	-0,03	-0,06	-0,10	-0,14	-0,18	-0,25
$\Delta b^*$	0,00	0,16	0,44	0,66	0,90	1,07	1,23
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,21</b>	<b>0,54</b>	<b>0,81</b>	<b>1,10</b>	<b>1,32</b>	<b>1,52</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,32</b>	<b>0,89</b>	<b>1,33</b>	<b>1,81</b>	<b>2,15</b>	<b>2,43</b>

Tabulka 30 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Omyacarb 2T VA

Vzorek č. 3 – Omyacarb 2T VA

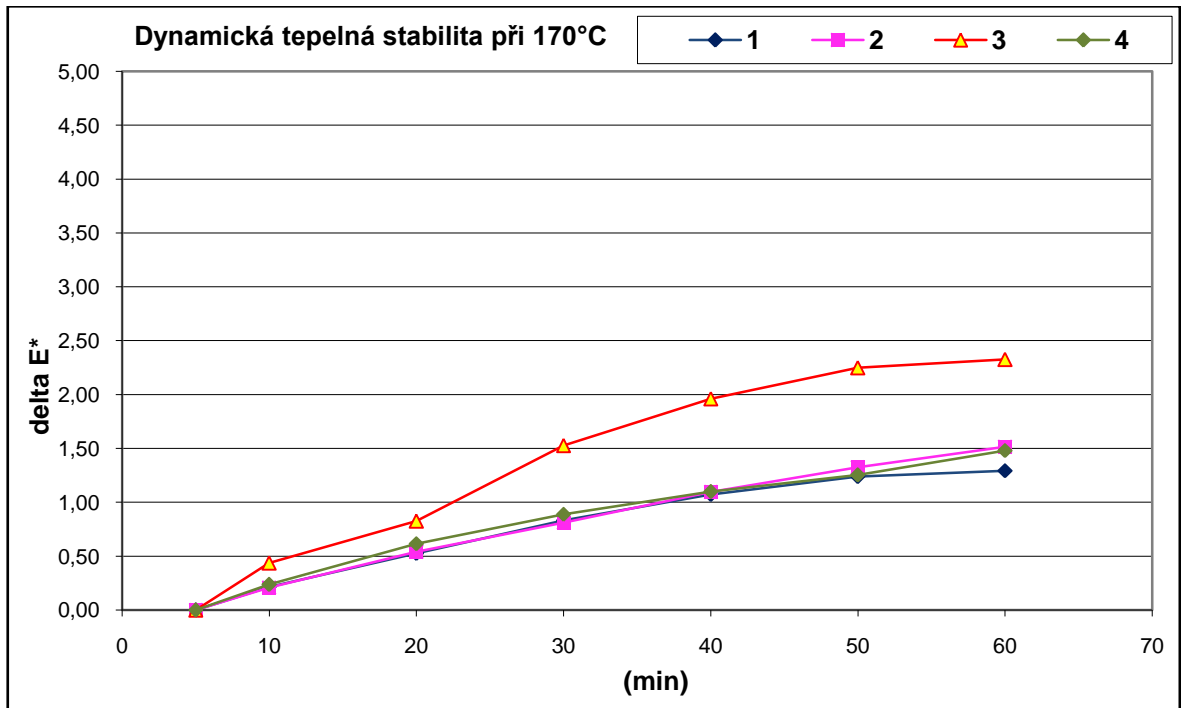
(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	85,08	84,85	84,6	84,24	83,97	83,68	83,71
<b>a*</b>	-0,65	-0,68	-0,71	-0,76	-0,81	-0,85	-0,93
<b>b*</b>	-1,94	-1,57	-1,27	-0,67	-0,33	-0,19	-0,08
<b>YI</b>	-4,73	-3,98	-3,35	-2,1	-1,42	-1,17	-1
$\Delta L^*$	0,00	-0,23	-0,48	-0,84	-1,11	-1,40	-1,37
$\Delta a^*$	0,00	-0,03	-0,06	-0,11	-0,16	-0,20	-0,28
$\Delta b^*$	0,00	0,37	0,67	1,27	1,61	1,75	1,86
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,44</b>	<b>0,83</b>	<b>1,53</b>	<b>1,96</b>	<b>2,25</b>	<b>2,33</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,75</b>	<b>1,38</b>	<b>2,63</b>	<b>3,31</b>	<b>3,56</b>	<b>3,73</b>

Tabulka 31 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Calciplast 2M

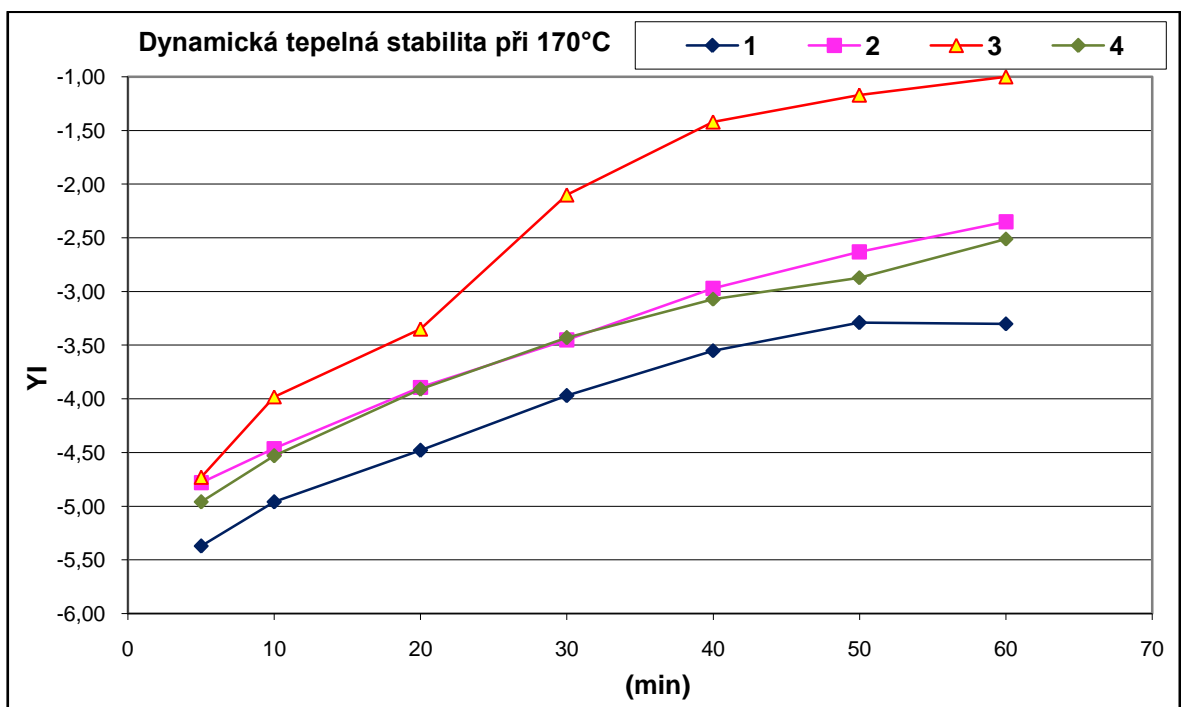
Vzorek č. 4 – Calciplast 2M

(min)	5	10	20	30	40	50	60
<b>L*</b>	84,47	84,36	84,15	84,05	83,95	83,87	83,76
<b>a*</b>	-0,67	-0,7	-0,76	-0,82	-0,86	-0,93	-0,99
<b>b*</b>	-2,02	-1,81	-1,5	-1,25	-1,07	-0,95	-0,76
<b>YI</b>	-4,96	-4,53	-3,91	-3,43	-3,07	-2,87	-2,51
$\Delta L^*$	0,00	-0,11	-0,32	-0,42	-0,52	-0,60	-0,71
$\Delta a^*$	0,00	-0,03	-0,09	-0,15	-0,19	-0,26	-0,32
$\Delta b^*$	0,00	0,21	0,52	0,77	0,95	1,07	1,26
$\Delta E^*$	<b>0,00</b>	<b>0,24</b>	<b>0,62</b>	<b>0,89</b>	<b>1,10</b>	<b>1,25</b>	<b>1,48</b>
$\Delta YI$	<b>0,00</b>	<b>0,43</b>	<b>1,05</b>	<b>1,53</b>	<b>1,89</b>	<b>2,09</b>	<b>2,45</b>

Graf 14 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E\* v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 201 (bílá)



Graf 15 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 201 (bílá)







Obr. 29 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 (bílá)

#### 10.4.4 UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí

Tabulka 32 – 35 : UV stabilita, barva 201 (bílá)

Vzorek č. 1 – Calplex 2T

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	84,83	-0,59	-1,89	-4,59	0,00
100	84,36	-1,19	-0,17	-1,4	1,89
260	83,74	-1,74	3,4	5,66	5,52
500	82,38	-1,74	7,58	14,27	9,84

Vzorek č. 2 – Mikhart C

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	84,64	-0,56	-1,65	-4,05	0,00
100	84,15	-1,21	0,12	-0,81	1,94
260	83,59	-1,8	3,62	6,07	5,51
500	82,68	-1,77	6,74	12,53	8,7

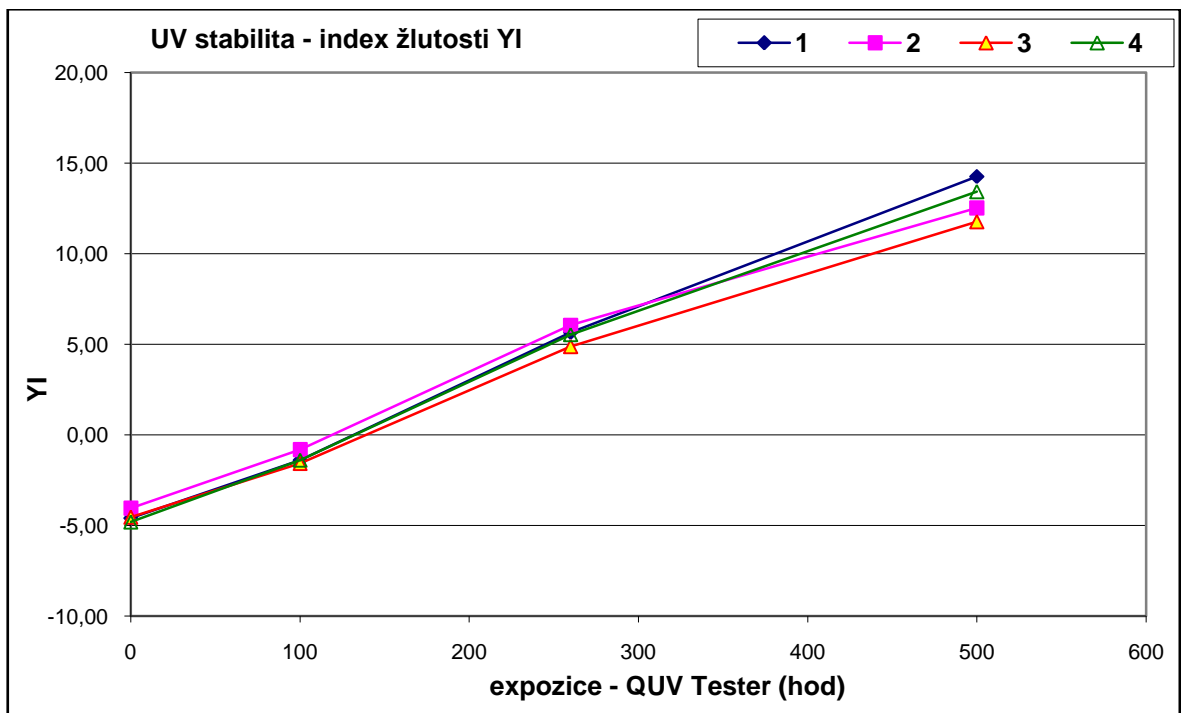
Vzorek č. 3 – Omyacarb 2T VA

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	84,88	-0,62	-1,86	-4,54	0,00
100	84,39	-1,22	-0,24	-1,58	1,79
260	83,89	-1,81	3,06	4,88	5,15
500	82,89	-1,98	6,46	11,77	8,66

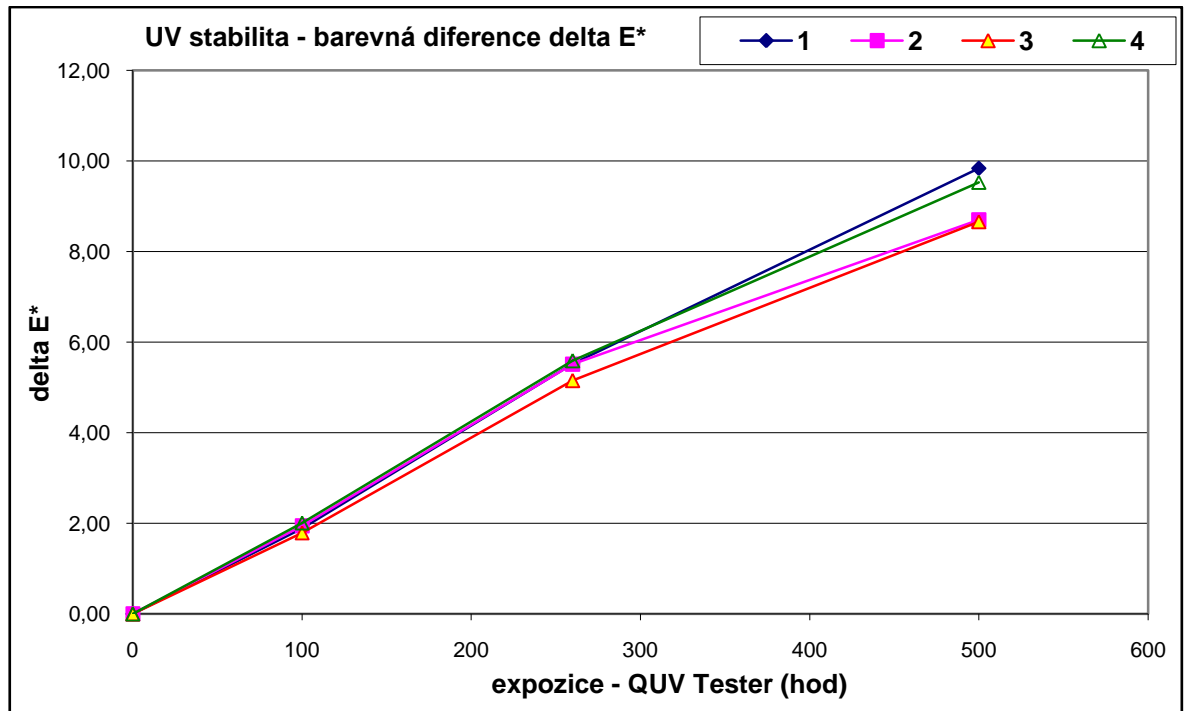
Vzorek č. 4 – Calciplast 2M

(hod)	L*	a*	b*	YI	$\Delta E^*$
0	84,44	-0,64	-1,96	-4,81	0,00
100	83,96	-1,28	-0,12	-1,39	2,01
260	83,37	-1,86	3,38	5,54	5,59
500	82,21	-1,9	7,21	13,43	9,53

Graf 16 : Srovnání indexu žlutosti YI v závislosti na čase expozice na QUV, barva 201 (bílá)



Graf 17 : Srovnání delta E\* v závislosti na čase expozice na QUV, barva 201 (bílá)





Obr. 30 : UV stabilita - expozice 500 hodin/zařízení QUV Tester, barva 201 (bílá)

## 10.5 Diskuze a závěr

Tabulka 36 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu barva 211 (světle šedá)

	<i>Calplex</i> <i>2T</i>	<i>Mikhart</i> <i>C</i>	<i>Omyacarb</i> <i>2T VA</i>	<i>Calciplast</i> <i>2M</i>
<i>Tvrдость</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Hustota</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pevnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Tažnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Dynamická</i> <i>tepel.</i> <i>stabilita – E*</i>	<b>0</b>	–	–	<b>0</b>
<i>Dynamická</i> <i>tepel.</i> <i>stabilita - YI</i>	<b>0</b>	–	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Koloristika</i>	<b>0</b>	–	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>UV</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Legenda k tabulce 36 :

**0** - hodnocení srovnatelné se standardem

+ - lepší hodnocení vůči standardu

– - horší hodnocení vůči standardu

Tabulka 37 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu barva 201 (bílá)

	<i>Calplex</i> <i>2T</i>	<i>Mikhart</i> <i>C</i>	<i>Omyacarb</i> <i>2T VA</i>	<i>Calciplast</i> <i>2M</i>
<i>Tvrдость</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Hustota</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pevnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Tažnost</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Dynamická tepel. stabilita – E*</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	–	<b>0</b>
<i>Dynamická tepel. stabilita - YI</i>	<b>0</b>	–	–	–
<i>Koloristika</i>	<b>0</b>	+	+	+
<i>UV</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Legenda k tabulce 37 : .

**0** - hodnocení srovnatelné se standardem

+

– - horší hodnocení vůči standardu

Kapitola 10 popisuje hodnocení plniv v měkkých granulátech pro vytlačování.

Pořadí vzorků plniv zůstalo se stejným označením jako v kapitole 9.

Pro lepší orientaci byl vzorek č. 1 označen barva 211 (světle šedá), receptura (viz. tab. 14) a vzorek č. 2 označen jako barva 201 (bílá), receptura (viz. tab. 15).

Zde byly hodnoceny fyzikálně mechanické vlastnosti, koloristika, dynamická tepelná stabilita a UV stabilita – urychlené povětrnostní stárnutí, dynamická tepelná stabilita  $\Delta E^*$  a YI.

Ve výše uvedených tabulkách 10.3.1 a 10.4.1 jsou shrnuty výsledky tvrdosti, hustoty, pevnosti a tažnosti. Lepší přehlednost zajišťuje rozdělení výsledků měření vzorku č. 1 barva 211 (světle šedá) v kapitole 10.3 a kapitola 10.4 pojednává o vlastnostech vzorku č. 2 barva 201 (bílá).

Co se týká fyzikálně mechanických vlastností, nejsou mezi oběma vzorky (211 - světle šedá a 201 - bílá) patrné rozdíly.

Z koloristického vyhodnocení je patrné, že u barvy 211 (světle šedá), která byla více pigmentovaná, se projevily menší rozdíly ve vybarvení než u barvy 201 (bílá). Pouze u plniva Mikhart C je patrné u barvy 211 (světle šedá) posunutí zbarvení do žluta (viz.  $\Delta b^*$  v tab. 17 a graf 9).

U více pigmentovaných odstínů barev se barevné rozdíly stírají i v případě dynamické tepelné stability, která byla též vyhodnocována koloristicky pomocí  $\Delta E^*$  a YI. Závislosti  $\Delta E^*$  na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání (viz. tab. 18-21 a graf 8) na kalandru vykazují u všech sledovaných plniv stejný průběh a nejsou mezi nimi patrné výraznější rozdíly. Závislost YI (viz. graf 9) je u dynamické tepelné stability vzorku 211 (světle šedá) obdobná, pouze vzorek s plnivem Mikhart C má křivku posunutou směrem k vyšším hodnotám žlutosti (YI), což odpovídá i koloristickému vyhodnocení (viz. předchozí odstavec).

U barvy 201(bílá) jsou rozdíly ve vybarvení mezi jednotlivými typy plniv patrnější. Největší barevnou diferencí zde jevil Omyacarb 2T VA (viz. tab. 27 a graf 13). Barva plniva je funkcí jeho chemického složení.

Vzhledem k tomu, že barevné změny jsou u barvy 201 (bílá) patrnější, má větší vybarvovací schopnost i hodnocení dynamické tepelné stability (viz. koloristické vyhodnocení v tab. 28-31 a graf 14, 15). Ze závislosti  $\Delta E^*$  a YI na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání u barvy 201 (bílá) je zřejmé rozdílné chování vzorku s Omyacarb 2T VA, které je sice částečně dáno i větším rozdílem v počátečním vybarvení (viz. koloristické hodnocení graf 13), ale vzhledem k tomu, že křivky závislosti jak  $\Delta E^*$ , tak YI (viz. graf 14, 15) mají strmější průběh než u ostatních plniv je zde zřejmě patrný vliv plniva na reologické chování směsi s plnivem Omyacarb 2T VA. Reologie výsledných směsí souvisí

s velikostí a strukturou částic plniva (množstvím a typem povrchové úpravy a pórovitostí částic).

Reologické chování výsledných směsí se kromě dynamické tepelné stability úzce odráží i ve výsledcích tepelné stability směsí u barvy 201(bílá), (viz. výsledky na obr. 28). Tepelná stabilita (tzv. pásková metoda) na obr. 28 vyjadřuje v minutách zbytkovou tepelnou stabilitu směsi, která směsi zůstala z tepelného zatížení po přípravě fólií (10 min / 170°C). I z těchto výsledků vychází mírně horší plnivo Omyacarb 2T VA.

U více pigmentované barvy 211 (světle šedá) nejsou rozdíly ve výsledcích tepelné stability příliš patrné (viz. obr. 25).

Při porovnání odolnosti vzorků vystavených urychlenému povětrnostnímu stárnutí - expozice do 500 hodin/zařízení QUV Tester jsou výsledky srovnatelné se standardem (viz. graf 10, 11, 16, 17). Zjevně zde nejsou příliš velké rozdíly mezi jednotlivými typy v kvalitě dispergace částic plniva (čím lepší je dispergace, tím lepší je „odstínění“ UV záření).

Porovnáním zkoušek barvy 211 (světle šedá) a barvy 201 (bílá) lze z tabulky 36 a 37, kdy hodnocení charakterizuje legenda, vyhodnotit pro obě barvy jako nejlepší plnivo Calciplast 2M, které má shodu se standardem u většiny hodnocených parametrů.

Laboratorními zkouškami byly potvrzeny dobré výsledky všech testovaných plniv proti standardu (Calplex 2T), lze je doporučit k provoznímu ověření.



## 11 HETEROGENNÍ PODLAHOVINY

Jedná se o měkčený granulát - PVC - P.

Zamíchaná, zželatínovaná, zplastifikovaná směs se válcuje na lince se 4 válcovým kalandrem. Výstupem je fólie, která slouží jako polotovar pro laminaci finálního výrobku.

Heterogenní podlahovina se skládá z 3 vrstev:

- **horní (nášlapná)** - transparentní vrstva je ze spodní části opatřena potiskem a z vrchní dezénem.
- **střední (podkladní)**-plněná (60%) a pigmentována
- **spodní (plněná)**- (60%) + vratný materiál *PVC-P*

Dle konstrukce tloušťky podlahoviny se příslušný počet jednotlivých vrstev spojuje za tepla na laminační lince.

Kromě fyzikálně mechanických vlastností, vzhledu a dobré zpracovatelnosti, je kladen důraz na rozměrovou stabilitu a nízkou trvalou deformaci, odolnost opotřebení.

Pro testování jsem použila vzorky, jejichž pořadí bude zachováno u všech typů zkoušek hodnocení plniv v heterogenní podlahovině

1 *Calplex 2T* – **technologický standard**

2 *Mikhart C*

3 *Omyacarb 2T VA*

4 *Calciplast 2M*

## 11.1 Laboratorní podmínky a použité zkušební postupy

### Válcování :

laboratorní dvouválcový kalandr :  $T_1 = 165\text{ °C}$      $T_2 = 165\text{ °C}$      $t = 6\text{ minut}$

tloušťka vykalandrovaných fólií : 0,35 – 0,40 mm

### 11.1.1 Použité zkušební postupy

Tabulka 38 : Zkušební metody a normy pro heterogenní podlahoviny

		<b>Metodika</b>	<b>Zařízení</b>	<b>Podmínky</b>
<i>Tvrдость ShD</i>		ČSN ISO 868	Digitální tvrdoměr	3 s, tl. 5 mm
<i>Trvalá deformace</i>	mm	ČSN EN 433	Zařízení pro trvalou deformaci	150 min
<i>Tepelná stabilita</i>		Interní předpis	PVC 03 stabilimetr	180 °C
<i>Hustota</i>	g/cm <sup>3</sup>	EN ISO 1183	Lab. váhy Mettler + nádstavec YDK01	
<i>Spektrofotometrie</i>		ČSN 01 1718 ČSN EN 20 105- AO 2	Ultra ScanPRO (Hunter Lab)	podložka bílá
<i>Pevnost v tahu</i>	MPa	ČSN EN ISO 527	Trhací stroj Instron 4301	tělíska 5, 500 mm/min
<i>Tažnost</i>	%			
<i>E-modul*</i>	MPa			

Modul stanoven ze softwerové reanalýzy tahové křivky, čili hodnoty modulu jsou spíše jen orientační.

## 11.2 Testování v modelové receptuře pro podklad podlahovin

Tabulka 39 : Receptura PVC pro heterogenní podlahoviny

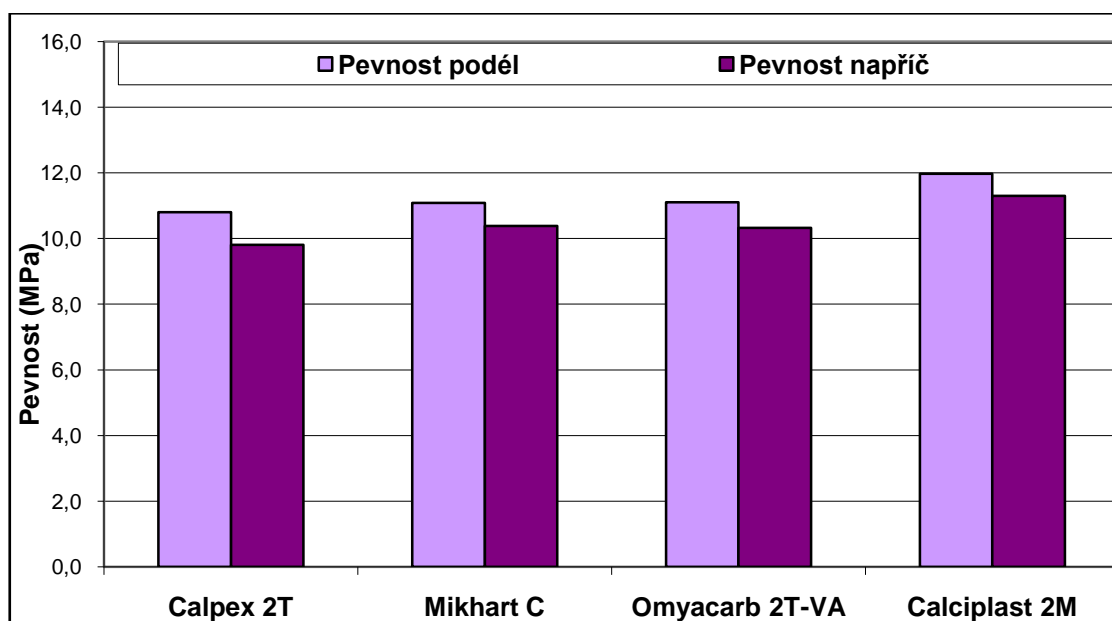
<b>PK b. 201/</b>	<b>Calplex 2T</b>	<b>Mikhart C</b>	<b>Omyacarb 2T-VA</b>	<b>Calciplast 2M</b>
<i>S-PVC, K 65</i>	207,000	207,000	207,000	207,000
<i>E-PVC, K 67</i>	60,000	60,000	60,000	60,000
<i>Ba/Zn</i>	5,000	5,000	5,000	5,000
<i>Stearin</i>	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Calplex 2T</b>	<b>598,400</b>	0,000	0,000	0,000
<b>Mikhart C</b>	0,000	<b>598,400</b>	0,000	0,000
<b>Omyacarb 2T-VA</b>	0,000	0,000	<b>598,400</b>	0,000
<b>Calciplast 2M</b>	0,000	0,000	0,000	<b>598,400</b>
<i>DOP (celkem)</i>	106,600	106,600	106,600	106,600
<i>Titanová běloba</i>	17,000	17,000	17,000	17,000
<i>Ca Stearát (celkem)</i>	5,000	5,000	5,000	5,000
<b>CELKEM</b>	1000,000	1000,000	1000,000	1000,000
<i>phr změkč.</i>	39,93	39,93	39,93	39,93
<i>phr stab.</i>	3,75	3,75	3,75	3,75
<i>phr plnivo</i>	224,12	224,12	224,12	224,12

## 11.2.1 Výsledky hodnocení fyzikálně mechanických vlastností

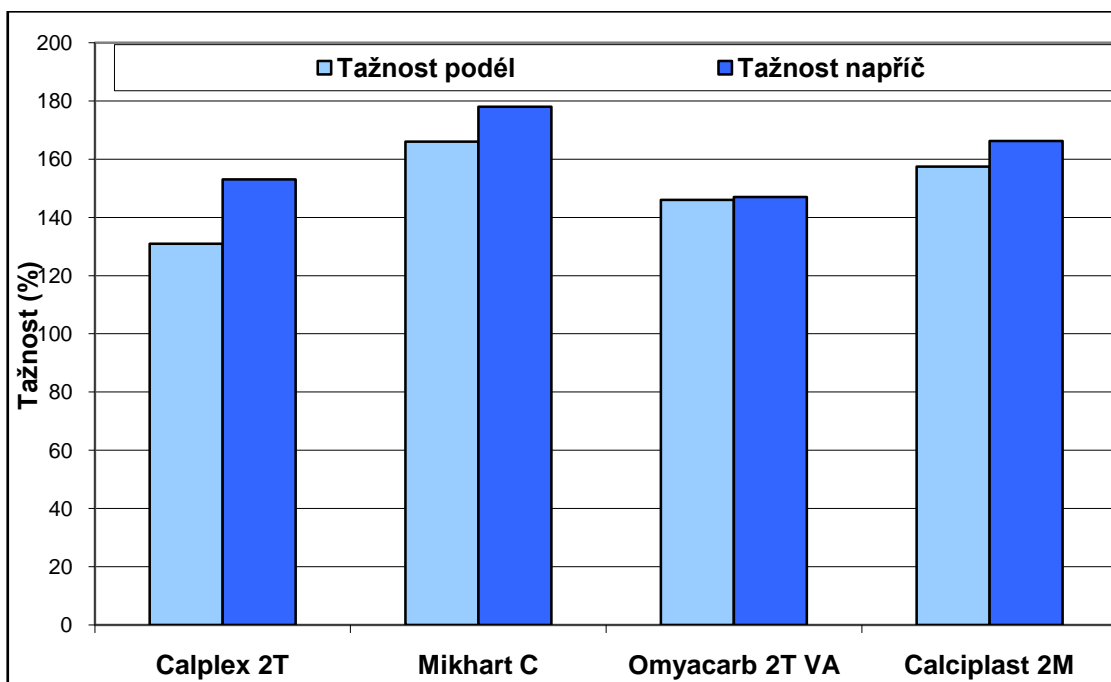
Tabulka 40 : Testování fyzikálně mechanických vlastností vápenců ve směsích pro podklad podlahovin

			<i>Calplex 2T</i>	<i>Mikhart C</i>	<i>Omyacarb 2T-VA</i>	<i>Calciplast 2M</i>
<i>Tvrdość Sh D</i>	23,0°C		55,9	55,7	55,0	57,7
<i>Hustota</i>	(g/cm <sup>3</sup> )		1,867	1,870	1,861	1,871
<i>Pevnost</i>	podél (MPa)		10,8	11,1	11,1	12,0
	napříč		9,8	10,4	10,3	11,3
<i>Tažnost</i>	podél (%)		131	166	146	157
	napříč		153	178	147	166
<i>Modul</i>	podél (MPa)		113	74	88	256
	napříč		101	74	98	239
<i>Trvalá deformace</i>	(mm)		0,010	0,010	0,016	0,006
<i>Spektrofotometrie</i>	L*		88,90	88,3	90,19	88,21
	a*		0,66	1,39	-0,38	-0,88
	b*		10,24	14,09	11,27	15,88
	$\Delta L^*$			-0,60	1,29	-0,69
	$\Delta a^*$			0,73	-1,04	-1,54
	$\Delta b^*$			3,85	1,03	5,64
	$\Delta E^*$			<b>3,96</b>	<b>1,95</b>	<b>5,89</b>

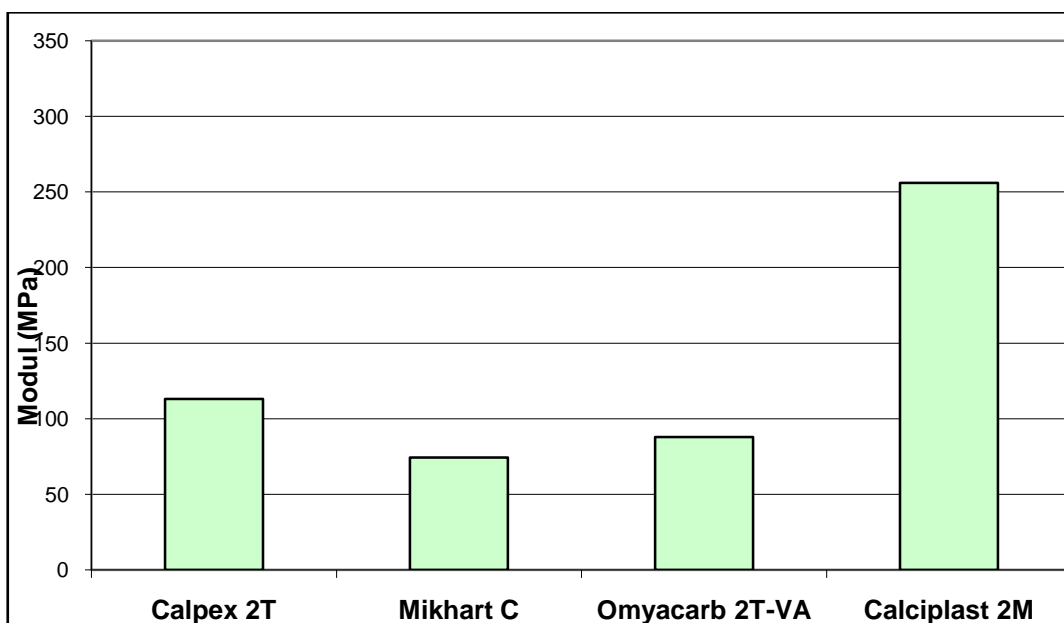
Graf 18 : Závislost podélné a příčné pevnosti v tahu u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin



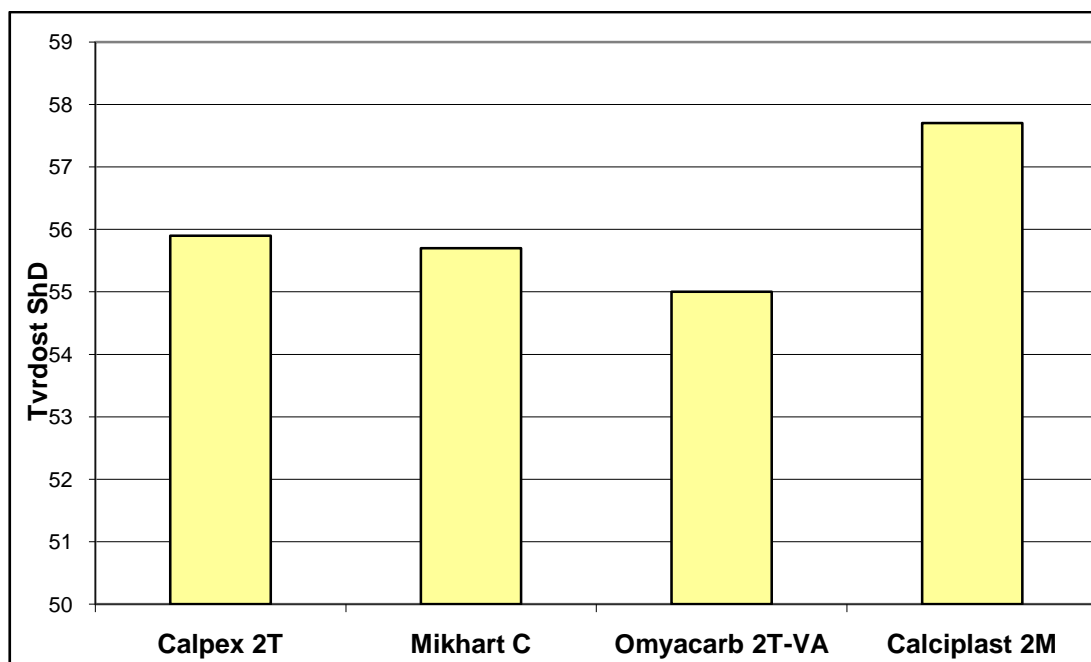
Graf 19 : Závislost podélné a příčné tažnosti u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin



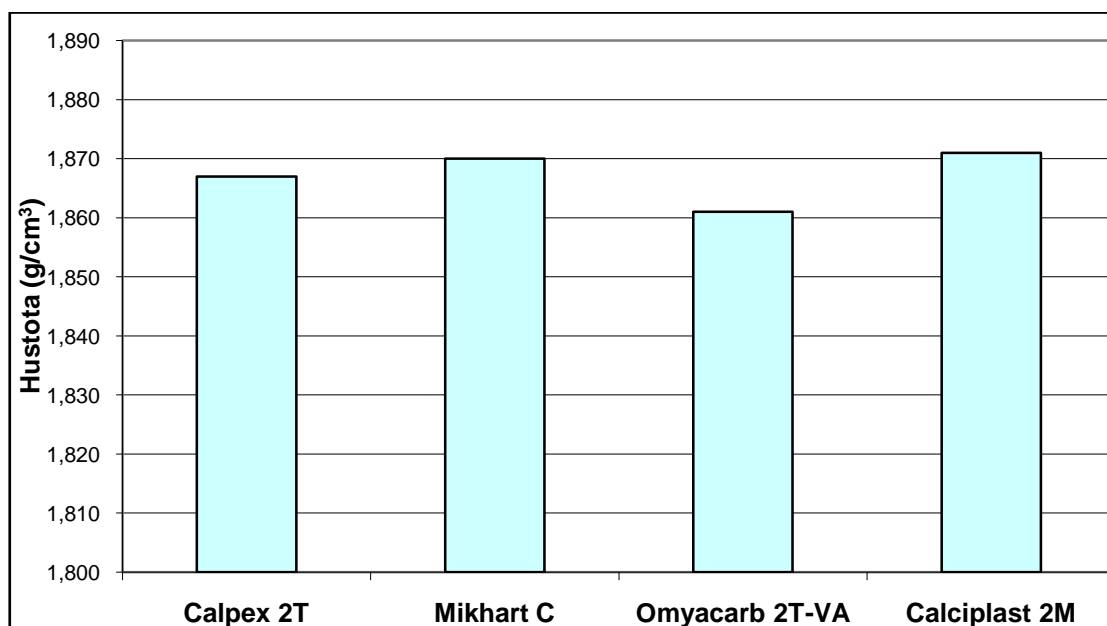
Graf 20 : Závislost modulu u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin



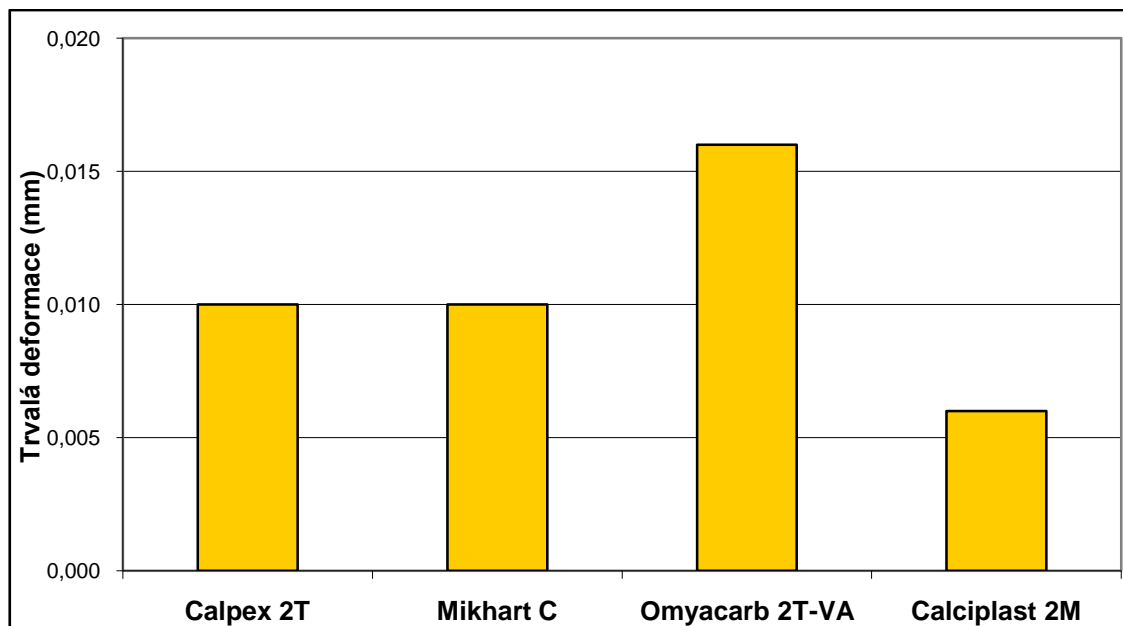
Graf 21 : Závislost tvrdosti u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin



Graf 22 : Závislost hustoty u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin



Graf 23 : Závislost trvalé deformace u testovaných vápenců

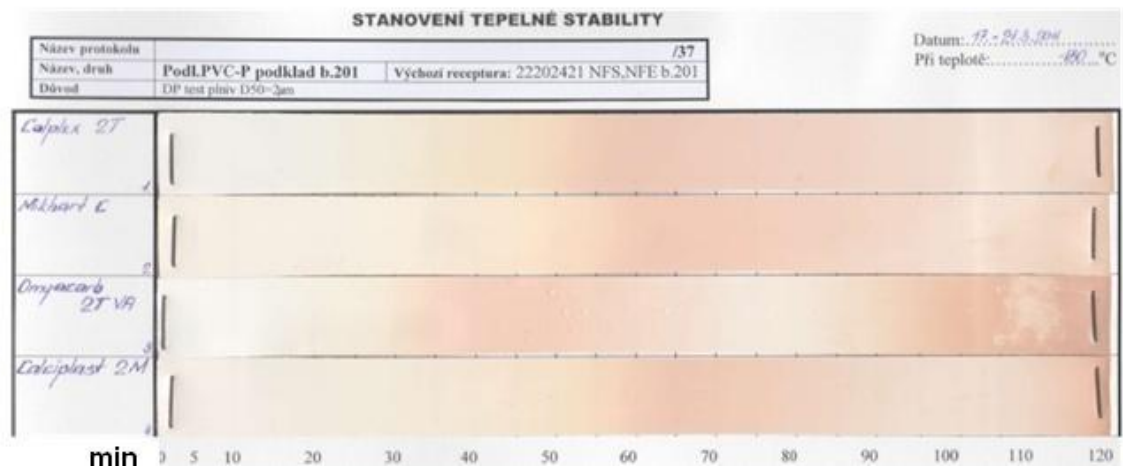


### 11.2.2 Výsledky koloristického hodnocení

Tabulka 41 : Koloristika - vápence ve směsích pro podklad podlahovin

	<b>Calplex 2T</b>	<b>Mikhart C</b>	<b>Omyacarb 2T VA</b>	<b>Calciplast 2M</b>
L*	88,90	88,30	90,19	88,21
a*	0,66	1,39	-0,38	-0,88
b*	10,24	14,09	11,27	15,88
$\Delta L^*$		-0,60	1,29	-0,69
$\Delta a^*$		0,73	-1,04	-1,54
$\Delta b^*$		3,85	1,03	5,64
$\Delta E^*$		<b>3,96</b>	<b>1,95</b>	<b>5,89</b>

## 11.2.3 Výsledky tepelné stability



Obr. 31 : Tablo tepelné stability při 180 °C – vápence ve směsích pro podklad podlahovin



### 11.3 Závěr a diskuze

Tabulka 42 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu v heterogenních podlahovinách

	<i>Calplex 2T</i>	<i>Mikhart C</i>	<i>Omyacarb 2T VA</i>	<i>Calciplast 2M</i>
<i>Tvrдость</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	+	–
<i>Hustota</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Pevnost (podél)</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	+
<i>Pevnost (napříč)</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	+
<i>Tažnost (podél)</i>	<b>0</b>	+	<b>0</b>	+
<i>Tažnost (napříč)</i>	<b>0</b>	+	<b>0</b>	+
<i>Modul (podél)</i>	<b>0</b>	+	+	–
<i>Modul (napříč)</i>	<b>0</b>	+	+	–
<i>Koloristika</i>	<b>0</b>	–	<b>0</b>	–
<i>Trvalá deformace</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	–	+
<i>Tepelná stabilita</i>	<b>0</b>	–	–	<b>0</b>

Legenda k tabulce 42 :

- 0** - hodnocení srovnatelné se standardem
  - +
  -
- - lepší hodnocení vůči standardu
- - horší hodnocení vůči standardu

Poslední kapitola 11 nám přibližuje testování vápenců v modelové receptuře pro podklad podlahovin. Pro snazší orientaci se pořadí testovaných vápenců nezměnilo a zůstalo zachováno stejně jak v kapitole 9 a 10. Testování vlastností vápenců ve směsích pro podklad podlahovin se zabývalo porovnáváním tvrdosti Sh D, trvalé deformace, tepelné stability, hustoty, spektrofotometrie a tahovými zkouškami. Pro testování vápenců v modelové receptuře pro podklad podlahovin je uvedena receptura PVC pro heterogenní podlahoviny v tabulce 39, kdy byla pro testování vybrána barva s označením 201 (bílá) – méně pigmentovaná.

U tvrdosti (a stejně tak E-modulu, který je mírou tuhosti materiálu) mírně vyšší hodnoty vykazoval Calciplast 2M (menší částice plniva  $1,6\mu\text{m}$ ) a jak je patrné (viz. graf 21) Omyacarb 2T VA a Mikhart C vykazují stejné nebo mírně nižší hodnoty tvrdosti (velikost částic  $2,5\text{--}2,6\mu\text{m}$ ) s porovnáním se standardem (Calplex 2T-  $2,5\mu\text{m}$ ). Lze konstatovat, že velikost částic ovlivňuje testované vzorky.

U tahových zkoušek pevnost (podél, napříč) znázorňuje graf 18, tažnost (podél, napříč)- graf 19 a modul (podél, napříč) - graf 20, jsou výsledky v obdobném duchu jako u tvrdosti - Calciplast 2M vykazuje vyšší hodnoty, které jsou zřejmě ovlivněny velikostí částic, vzorky s tímto vápencem se jeví tužší a pevnější než u ostatních plniv. Měřením vzorků podél a napříč je zohledněna orientace vzorků při jejich přípravě (stahování fólií z kalandru). Výsledky se však v podélném a příčném směru příliš neliší ani u jednoho testovaného plniva.

Stejně tak se vyšší tuhost materiálu s plnivem Calciplast 2M projevuje v nižších a tedy lepších hodnotách trvalé deformace (viz. graf 23), kdy zkušební těleso je vystaveno působení statického zatížení.

Obecně je možno říci, že fólie s obsahem plniva Calciplastu 2M jsou mírně tvrdší a tužší.

Hustota opět dle předpokladu nevykazuje zásadní rozdíly u zkoušených vápenců, hodnoty pro všechna plniva téměř stejné (viz. graf 22).

Tepelnou stabilitu prezentuje horší vlastnosti testovaného vápence - Mikhart C a Omyacarb 2T VA (viz. obr. 31).

Koloristické vyhodnocení ve vykalandrované fólii - testované vápence Mikhart C ( $\Delta b = 3,85$ ,  $\Delta E = 3,96$ ) a Omyacarb 2T VA ( $\Delta L = 1,29$ ,  $\Delta E = 1,95$ ) jsou v dobré shodě se standardem (Calplex 2T). Testovaný vápenec Calciplast 2M vykazuje vyšší žlutost ( $\Delta b = 5,64$ ,

$\Delta E = 5,89$ ) a pro použití do aplikací s vyššími nároky na barevnou shodu, by se musel ověřit vliv na vybarvení.

Všechny testované vápence lze doporučit k provoznímu ověření, nevykazují zásadní rozdíly ve srovnání se standardem (Calplex 2T).

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení vlastností testovaných plniv Mikhart C, Omyacarb 2T VA, Calciplast 2M vzhledem ke standardu (Calplex 2T) a jejich doporučení k provoznímu ověření. Do PVC matrice byly vmíchány zvolené typy plniv a pomocí určených zkoušek, které byly v souladu s příslušnými normami, byly zjišťovány a porovnávány vlastnosti výsledných směsí.

Testování plniv bylo rozděleno do tří částí. První část se zabývala hodnocením plniv v neměkčených granulátech PVC-U pro vytlačování, v druhé části se jedná o hodnocení plniv v měkkých granulátech PVC-P a třetí část se zabývá testováním pro heterogenní podlahoviny.

Hodnocení plniv v tvrdých granulátech PVC-U pro vytlačování spočívalo v porovnání FMV, koloristiky a UV stability se standardem. Z výsledků uvedených v tabulce 12 je zřejmé, že nejlepší shodu vykazuje plnivo Omyacarb 2T VA. Měřené vlastnosti ostatních plniv jsou srovnatelné se standardem.

V PVC-P byly zkoušky zaměřeny na FMV, dynamickou tepelnou stabilitu, koloristiku a UV stabilitu. U vyhodnocení plniv v měkkých granulátech PVC-P byl první vzorek, jehož receptura je uvedena v tabulce 14, označen pro rozlišení jako barva 211 (světle šedá) více pigmentovaná a druhý vzorek, jehož receptura je uvedena v tabulce 15, označen jako barva 201 (bílá).

Pro barvu 211 (světle šedá) vyplývá z vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu z tabulky 36, že shodné vlastnosti se standardem vykazuje plnivo Calciplast 2M.

Pro barvu 201 (bílá), viz. tabulka 37, při vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu vykazuje opět plnivo Calciplast 2M téměř shodné vlastnosti.

Hodnocením fyzikálně mechanických vlastností plniv v PVC-P směsích pro heterogenní podlahoviny byly prokázány srovnatelné vlastnosti testovaných typů plniv. Naměřené rozdíly hodnot fyzikálně mechanických vlastností směsí s testovanými plnivami vzhledem ke standardu (Calplex 2T) nejsou významné. Nejlepší shodu se standardem vykazuje plnivo Calciplast 2M.

Tabulka 42 charakterizuje vyhodnocení zkoušek FMV, koloristiky, trvalé deformace, tepelné stability a reologického chování vzhledem ke standardu v heterogenních podlahovinách, kde téměř shodné vlastnosti vykazuje plnivo Omyacarb 2T VA a Mikhart C.

V tabulkách 13, 36 37, 42 jsou porovnávány výsledky jednotlivých plniv vzhledem ke standardu Calplex 2T, kde jsou použity pro srovnání se standardem symboly 0 (hodnocení srovnatelné se standardem), + (vykazují lepší hodnocení vůči standardu), – (horší hodnocení vůči standardu). V závěru kapitol 9.3, 10.5 a 11.3 je shrnuto zhodnocení zkoušek testovaných vápenců vzhledem ke standardu (Calplex 2T).

Závěrem lze shrnout, že laboratorními zkouškami byly potvrzeny dobré výsledky testovaných plniv. V PVC-U a pro testované vápence ve směsích pro podklad heterogenních podlahovin vykazoval nejlepší shodu Omyacarb 2T VA. Calciplast 2M vykazoval nejlepší vlastnosti vzhledem ke standardu Calplex 2T v PVC-P pro první vzorek barva 211 (světle šedá), zároveň i pro druhý vzorek 201 barva (bílá).

Testovaná plniva nevykazovala zásadní rozdíly proti standardu (Calplex 2T) a lze je doporučit k provoznímu ověření a následnému vyhodnocení výběru plniva.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KOŘÍNEK, CSC., Z. *Kompozity* [online]. 2005 [cit. 2011-02-07]. Polymerní matrice. Dostupné z WWW: <http://www.volny.cz/zkorinek/>
- [2] MLEZIVA, J., *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2 vyd. Praha: Sobotáles, 2000. 529 s. ISBN 80-901570-4-21
- [3] KUBÍK, JOSEF; GŘUNDĚL, FRANTIŠEK. *PVC výroba, zpracování a použití*. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958. 660 s. DT 679.574.125.1
- [4] WILKES, CH. E., SUMMERS, J. W., DANIELS, CH. A. *PVC Handbook*. Munich: Hanser Gardner, 2005. 701 s. ISBN 1-56990-379-4
- [5] MLEZIVA, J; ŠŇUPÁREK, J. *Polymery-výroba, vlastnosti, zpracování a použití*. 2.přepřac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. 544 s. ISBN 80-85920-72-7
- [6] ZWEBEL, H. *Plastics Additives Handbook*. 5th ed. Munich: Hanser, 2001. 1148 s. ISBN 156990295X
- [7] *Polyvinylchlorid (PVC)* [online]. 2006 [cit. 2011-02-06]. Dostupné z WWW: <http://matnet.sav.sk/index.php?ID=483>
- [8] HARRISON, K. *PVC Molecule* [online]. 2007 [cit. 2009-02-18]. Dostupný z WWW: <[www.3dchem.com/imagesofmolecules](http://www.3dchem.com/imagesofmolecules)>

- [9] ŠTĚPEK, J; ZELINGER, J; KUTA, A. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha: SNTL/Alfa, 1989. 638 s.
- [10] SPERLING, L.H. *Introduction to Physical Polymer Science* . 3rd ed. New.York : John Wiley & Sons, 2001. VII-XI,671 s. ISBN 0-471-32921-5
- [11] STOKLASA, K. *Makromolekulární chemie II*. 2006. 87 s. Interní studijní materiály [skriptum] UTB Zlín, Fakulta technologická
- [12] ZORN, R.; MONKENBUSCH, M.; RITER, D.; ALERGIA, A.; COLMENERO, J.; FARAGO, B.; *J.Chem.Phys.*, 125, 15, 2006. 154904/1-154904/13 s.
- [13] MULDER, K; KNOT, M. *Technology in Society*. 23. 2001, s. 265-286
- [14] *Polyvinylchlorid (PVC)* [online]. 2006 [cit. 2010-11-11]. Dostupné z WWW: <http://matnet.sav.sk/data/files/798pdf>
- [15] GOMEZ, I.L. *Engineering with Rigid PVC: Processability and Applications (1)*. Editor: I. Luis Gomez : Taylor & Francis Inc (United States), , 1984. 480 s. ISBN - 10:0824770803
- [16] SOVA, MILOŠ ; KREBS, JOSEF. *Termoplasty v praxi*. 5.aktual. vyd. Praha : Verlag Dashofer, 1999-2004. 98 s. ISBN 80-86229-15-7
- [17] SAAD, A., *Preparation and Properties of Some Filled Poly(vinylchloride)*. *Journal of Applied Polymer Science*. 1999, vol. 73 s. 2657-2670

- [18] BARCHARDT, J. *PVC-calcium carbonate nanocomposites*. Materialstoday: Polymers. 2004, no. 26
- [19] ČAUČÍK, P. A KOLEKTIV. *Prísady do plastov*. Bratislava: Alfa, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1985. 480 s.
- [20] WICKSON, Edward J. *Handbook of PVC FORMULATING*. Canada : John Wiley & Sons, 1993. 935 s. ISBN 0-471-601182-9
- [21] WIEBKING, H. *Fillers in PVC. Speciality Mineral*. 1998, vol. 13, no. 640
- [22] WAN, C.Y.; QIAO, X.Y.; ZHANG, Y. *Effect of nano-CaCO<sub>3</sub> on mechanical properties of PVC and PVC/Blendex blend*. *Polymer testing*. 2004, 23, s. 169-174
- [23] ROTHON, R. N. *Particulate Fillers for Polymers*. Shawbury: Rapra Technology, 2002. 154 s. ISBN 978-1-85957-310-5
- [24] WYPYCH, G. *Handbook of fillers*. New York: ChemTec Publishing, 1999. 895 s. ISBN 1-895198-19-4
- [25] NAKATANI, A. I.; HJELM, R. P. *Filled and Nanocomposite Polymer Materials*. 1st ed. Warrendale : Materials Research Society, 2001. 214 s. ISBN 1-55899-571-4.
- [26] TĚHNÍK, V. *Studie-Využívání vápenců z významných ložisek*. Brno : Výzkumný ústav stavebních hmot, 1997. 48 s.



- [27] Specialty Minerals. *Flexible Polyvinyl Chloride (PVC) Using Specialty Minerals Calcium Carbonates* [online]. 2009 [cit. 2010-12-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.specialtyminerals.com>>
- [28] *Calcium Carbonate Chemical Structure* [online]. 2011 [cit. 2011-02-09]. Dostupný z WWW:<http://chemistry.about.com/od/factsstructures/ig/Chemical-Structures---C/Calcite-Crystal-Structure.htm>
- [29] VÁVRA, VÁCLAV ; LOSOS CSC, ZDENĚK. *Studijní texty z mineralogie pro bakalářské studium*, Brno: Fakulta informatiky Masarykovy univerzity, Ústav geologických věd, 2009. 71 s.
- [30] *Morfologie uhličitanu vápenatého* [online]. [cit. 2010-12-30]. Dostupné z WWW: [http://www.vustah.cz/civak/vysledky/tehnik\\_necas\\_kubatova.pdf](http://www.vustah.cz/civak/vysledky/tehnik_necas_kubatova.pdf)
- [31] BEVAN, D.J.M.; ROSSMANITH, ELISABETH; MYLREA, DARREN.K ; NESS, SHARON.E ; MAX, R. *On the structure of aragonite-Lawrence Bragg revisited*. Structural Science. 2002, B58, s. 448-456
- [32] Vápenka Vitoul s.r.o. *Vápenec velmi jemně mletý, druh č. 11* [online]. 2005 [cit. 2010-12-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.vitoul.cz>>
- [33] MIKULČÁK, J. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 4 vyd : Prometheus, 06/2010. 206 s. ISBN 80-85849-84-4
- [34] BAREŠ, R. A. *Kompozitní materiály*. SNTL, Praha 1988, 325 s.

- [35] STUART, PATRIK.G. *PVC Compounds and Processing*. Rapra Technology Ltd. April 2004. 176 s. ISBN 978-1-85957-472-0
- [36] Ning Chen et kol., *Effect of nano-CaCO<sub>3</sub> on mechanical properties of PVC and PVC/Blendex blend*, Polymer Testing, č. 23, 2004, s. 169-174
- [37] FRAS., I., BOUDEULLE, M., CASSAGNAU, P., MICHEL, A.: *Mechanical properties of plasticized poly(vinylchloride): effect of drawing and filler orientation*, Polymer Vol. 39 No. 20, p. 4773-4783, Great Britain 1998
- [38] SVĚRÁK, T; SCHWARZEROVÁ-GACHOVÁ, L; MALYSZ, K. *Calcium hydrate grinding as the part of the nanostructure process technology*. Brno : In Chemické listy, Symposia, vol 96. 2nd Meeting on Chemistry & Life, 2002. 218-222 s.
- [39] WAN, C.Y.; QIAO, X.Y.; ZHANG, Y. *Effect of nano-CaCO<sub>3</sub> on mechanical properties of PVC and PVC/Blendex blend*. Polymer testing. 2004, 23, s. 169-174
- [40] NING, CHEN; CHAOYING, WAN; YONG, ZHANG; YINXI ZHANG. *Effect of nano-CaCO<sub>3</sub> on mechanical properties of PVC and PVC/Blendex blend*. Polymer Testing, Volume 23, Issue 2, April 2004. 169-174 s.
- [41] VŠCHT. *Mechanické zkoušení* [online]. 2006 [cit. 2011-03-09]. Dostupný z WWW:[http://www.vscht.cz/met/sranky/vyuka/labor/fm\\_mechanicke\\_zkouseni/teorie.htm](http://www.vscht.cz/met/sranky/vyuka/labor/fm_mechanicke_zkouseni/teorie.htm)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PVC	Polyvinylchlorid
ppm	Part per milion
$\mu\text{m}$	Mikrometr
g	Gram
$\text{cm}^3$	Centimetr krychlový
hm%	Hmotnostní procenta
$\text{CaCO}_3$	Uhličitan vápenatý.
PVC	Měkčené PVC.
VCM	Vinylchloridový monomer.
$\text{PVC}/\text{CaCO}_3$	Kompozit polymer/uhličitan vápenatý
$T_g$	Teplota skelného přechodu
nm	Nanometr
Ca	Vápník
Mg	Hořčík
Fe	Železo
Al	Hliník
MPa	Mega Pascal
PVAL	Polyvinylalkohol
$\text{m}^3$	Metr krychlový
$\text{MgCO}_3$	Uhličitan hořečnatý
$[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$	Dolomit
BET	Specifický povrch
L	Délka plniva
Š	Šířka plniva

H	.....	Tloušťka plniva
D	.....	Průměr plniva
CaO	.....	Oxid vápenatý
MgO	.....	Oxid hořečnatý
L*	.....	Jas vzorku
a*	.....	(+) červenost, (-) zelenost
b*	.....	(+) žlutost, (-) modrost
YI	.....	Stupeň žlutosti
DOP	.....	Dioktylfthalát
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	Oxid železitý
Sh D	.....	Shore D
ΔE*	.....	Celková barevná diference
MPa	.....	Mega Pascal
%	.....	Procenta
ml	.....	Mililitr
W	.....	Rázová energie
TiO <sub>2</sub>	.....	Oxid titaničitý
t	.....	Čas
tl	.....	Tloušťka
S PVC	.....	Suspenzní polyvinylchlorid
E PVC	.....	Emulzní polyvinylchlorid
ESO	.....	Kostabilizátor
phr	.....	Koncentrace přísad
PVC – P	.....	Měkčený granulát
PVC – U	.....	Tvrký granulát
Δ	.....	Směrodatná odchylka

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Přehled termoplastů .....	15
Obr. 2 : Polymerace PVC, n-polymerační stupeň.....	16
Obr. 3 : Struktura PVC- 3D model .....	16
Obr. 4 : Princip odštěpení HCl.....	17
Obr. 5 : Použití a) trubky a tvarovky b) profily c) kanalizační potrubí .....	21
Obr. 6 : Použití a) podlahoviny.....	22
Obr. 7 : Přírodní uhličitán vápenatý.....	26
Obr. 8 : Srážený uhličitán vápenatý.....	27
Obr. 9 : Molekulární vzorec vápence - uhličitán vápenatý.....	27
Obr. 10 : Kalcit – klencový.....	29
Obr. 11 : Tvary krystalů kalcitu.....	30
Obr. 12 : Aragonit.....	30
Obr. 13 : Tvar krystalů aragonitu.....	31
Obr. 14 : a) Velké částice CaCO <sub>3</sub> b) Malé částice CaCO <sub>3</sub> .....	32
Obr. 15 : Laboratorní 2 – válcový kalandr.....	42
Obr. 16 : Digitální tvrdoměr k měření tvrdosti Sh D.....	43
Obr. 17 : Analytické váhy Mettler + nádstavec YDK 01 pro měření hustoty .....	44
Obr. 18 : Přístroj pro tahové zkoušky – Instron 4301.....	46
Obr. 19 : Zkušební zařízení FRANK k měření teploty měknutí dle Vicata .....	48
Obr. 20 : Přístroj k měření vrubové houževnatosti – rázové kladivo RESIL 5,5 .....	50
Obr. 21 : Stabilimetr PVC 03.....	51
Obr. 22 : Laboratorní přístroj- spektrofotometr ULTRA SCAN PRO .....	53
Obr. 23 : QUV Tester .....	56
Obr. 24: Zařízení pro měření trvalé deformace .....	57
Obr. 25 : Stanovení tepelné stability při 180 °C, barva 211 (světle šedá) .....	76

---

Obr. 26 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 (světle šedá) .....	80
Obr. 27 : UV stabilita - expozice 500 hodin/zařízení QUV Tester, barva 211 (sv. šedá) ..	83
Obr. 28 : Stanovení tepelné stability při 180 °C, barva 201 (bílá).....	85
Obr. 29 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 (bílá).....	89
Obr. 30 : UV stabilita - expozice 500 hodin/zařízení QUV Tester, barva 201 (bílá) .....	92
Obr. 31 : Tablo tepelné stability při 180 °C – vápence ve směsích pro podklad podl.....	104

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 : Fyzikální vlastnosti PVC .....	18
Tabulka 2 : Mechanické vlastnosti PVC.....	18
Tabulka 3 : Složení plniva vápence (hmotnostní %) .....	32
Tabulka 4 : Složení testovaných plniv .....	40
Tabulka 5 : Charakteristika zařízení pro měření deformace heterogenní podlahoviny .....	57
Tabulka 6 : Receptura PVC - U .....	60
Tabulka 7 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - U .....	62
Tabulka 8 : Spektrofotometrické měření v PVC - U .....	63
Tabulka 9 – 12 : UV stabilita v PVC – U .....	65
Tabulka 13 : Vyhodnocení zkoušek porovnáním se standardem v PVC-U .....	68
Tabulka 14 : Receptura PVC - P, barva 211 (světle šedá).....	72
Tabulka 15 : Receptura PVC - P, barva 201 (bílá) .....	72
Tabulka 16 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 211 (světle šedá).....	74
Tabulka 17 : Spektrofotometrické měření v PVC - P, barva 211 (světle šedá).....	76
Tabulka 18 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Calplex 2T .....	77
Tabulka 19 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Mikhart .....	78
Tabulka 20 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Omyacarb 2T VA . .....	78
Tabulka 21 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 211 - plnivo Calciplast 2M ...	78
Tabulka 22 – 25 : UV stabilita, barva 211 (světle šedá).....	80
Tabulka 26 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 201 (bílá) .....	83
Tabulka 27 : Spektrofotometrické měření v PVC – P, barva 201 (bílá).....	85
Tabulka 28 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Calplex 2T .....	86
Tabulka 29 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Mikhart .....	87

Tabulka 30 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Omyacarb 2T VA . .....	87
Tabulka 31 : Dynamická tepelná stabilita při 170 °C, barva 201 - plnivo Calciplast 2M ...	87
Tabulka 32 – 35 : UV stabilita, barva 201 (bílá) .....	89
Tabulka 36 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu barva 211 (světle šedá).....	93
Tabulka 37 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu barva 201 (bílá) .....	94
Tabulka 38 : Zkušební metody a normy pro heterogenní podlahoviny .....	98
Tabulka 39 : Receptura PVC pro heterogenní podlahoviny .....	99
Tabulka 40 : Testování fyzikálně mechanických vlastností vápenců ve směsích pro podklad podlahovin.....	100
Tabulka 41 : Koloristika - vápence ve směsích pro podklad podlahovin.....	103
Tabulka 42 : Vyhodnocení zkoušek vzhledem ke standardu v heterogenních podlahovinách .....	105



**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - U.....	63
Graf 2 : Srovnání indexu žlutosti v PVC - U.....	64
Graf 3 : Srovnání delta E* v PVC - U.....	65
Graf 4 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice na QUV v PVC - U.....	66
Graf 5 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E* v závislosti na čase expozice na QUV v PVC – U.....	67
Graf 6 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC - P, barva 211 (světle šedá).....	75
Graf 7 : Srovnání celkové barevné difference delta E* v PVC - P, barva 211 (světle šedá)	77
Graf 8 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E* v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 211 (světle šedá).....	79
Graf 9 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 211 (světle šedá).....	79
Graf 10 : Srovnání indexu žlutosti YI v závislosti na čase expozice na QUV, barva 211(světle šedá).....	81
Graf 11 : Srovnání delta E* v závislosti na čase expozice na QUV, barva 211 (světle šedá).....	82
Graf 12 : Fyzikálně mechanické vlastnosti v PVC – P, barva 201 (bílá).....	84
Graf 13 : Srovnání celkové barevné difference delta E* v PVC - P, barva 201 (bílá).....	86
Graf 14 : Grafické zobrazení celkové barevné difference delta E* v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 201 (bílá).....	88
Graf 15 : Grafické zobrazení YI v závislosti na čase expozice při dynamickém tepelném namáhání, barva 201 (bílá).....	88
Graf 16 : Srovnání indexu žlutosti YI v závislosti na čase expozice na QUV, barva 201(bílá).....	90
Graf 17 : Srovnání delta E* v závislosti na čase expozice na QUV, barva 201 (bílá).....	91
Graf 18 : Závislost podélné a příčné pevnosti v tahu u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin.....	100

---

Graf 19 : Závislost podélné a příčné tažnosti u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin.....	101
Graf 20 : Závislost modulu u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin .	101
Graf 21 : Závislost tvrdosti u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin .	102
Graf 22 : Závislost hustoty u testovaných vápenců ve směsích pro podklad podlahovin .	102
Graf 23 : Závislost trvalé deformace u testovaných vápenců .....	103