UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Diplomová práce

2023 **Bc. Marek Šenfeldr**

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Náhrada koalescentu na bázi butylglykolu ve formulacích určených pro aplikace na vláknocementové střešní krytiny a fasádní desky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR PRÁCE: Bc. Marek Šenfeldr

VEDOUCÍ PRÁCE: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

KONZULTANT: Ing. Jan Spurný

2023

UNIVERSITY OF PARDUBICE

FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

Institute of Chemistry and Technology of

Macromolecular Materials

Replacement coalescent agent based on butylglycol in formulations intended for applications on fiber-cement roofing and facade panels

MASTER THESIS

AUTHOR: **Bc. Marek Šenfeldr**

SUPERVISOR: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**

CONSULTANT: **Ing. Jan Spurný**

2023

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Bc. Marek Šenfeldr**
Osobní číslo:	**C21490**
Studijní program:	**N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor:	**Organické povlaky a nátěrové hmoty**
Téma práce:	**Náhrada koalescentu na bázi butylglykolu ve formulacích určených pro aplikace na vláknocementové střešní a fasádní desky**
Zadávající katedra:	**Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte rešerši na zadané téma.
2. Proveďte charakterizaci vybraných vodoumísitelných, částečně mísitelných a nemísitelných koalescentů a pojiva a zhodnoťte jejich důležité vlastnosti, například teplotní stabilitu při skladování, popřípadě další parametry.
3. Zhotovte jednotlivé nepigmentované koncentrační řady vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí pro koncentrační hodnoty 1%, 2,5%, 5%, 10%, 12,5%, 15%, a 20% vztaženo na sušinu disperze.
4. Sledujte změny v hodnotách MFFT a relativní povrchové tvrdosti akrylátové disperzi pro koncentrační řady vybraných koalescentů.
5. Proveďte vyhodnocení koncentrace jednotlivých koalescentů z hlediska vlivu na vlastnosti nátěrů (nasákavost, bělení filmů).
6. Zhodnoťte mechanické a chemické vlastnosti akrylátových filmů v závislosti na použitém koalescentu a jeho koncentraci.
7. Na základě vyhodnocení modelových nepigmentovaných nátěrů doporučte podle kritických vlastností nátěrů (tvrdost, MFFT) vhodné koalescenty pro formulaci pigmentovaných nátěrů aplikovaných jako nátěry typu tzv. „backcoat, primer a topcoat," určené pro vláknocementové podklady.
8. Připravte a aplikujte vybranými technikami finální nátěry s obsahem vhodných typů koalescentů případně jejich směsí na vláknocementové podklady.
9. Závěrem proveďte finální testování a vyhodnocení jednotlivých typů vybraných koalescentů ve formulacích aplikovaných jako pigmentované optimalizované nátěry na vláknocementové podklady.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Spurný**

Datum zadání diplomové práce: **23. prosince 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **5. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2023

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na mojí práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a o směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019. Pravidla pro odevzdání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne:

Bc. Marek Šenfeldr

Diplomová práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tentoprojekt je spolufinancován Evropskou unií.

EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucí diplomové práce prof. Ing. Andreé Kalendové, Dr., konzultantovi diplomové práce Ing. Janu Spurnému a Ing. Miroslavu Kohlovi, Ph.D. za odborné rady a vedení diplomové práce.

Rovněž bych rád poděkoval své rodině a své ženě za podporu během mého studia.

Seznam použitých symbolů a zkratek

VOC	Těkavé organické látky
MFFT	Minimální filmotvorná teplota [°C]
UV	Ultrafialové záření
$\tau_{1/2}$	Poločas rozpadu [s]
TMA	Termomechanická analýza
CTA	Regulátor molekulové hmotnosti
T_g	Teplota skelného přechodu [°C]
w	Hmotnostní zlomek
M	Molekulová hmotnost [kg/mol]
MEK	Methylethylketon ($CH_3C(O)CH_2CH_3$)
a	Hmotnost víčka bez vzorku, při výpočtu sušiny [g]
b	Hmotnost víčka se vzorkem před sušením, při výpočtu sušiny [g]
c	Hmotnost víčka se vzorkem po sušení, při výpočtu sušiny [g]
DFT	Suchá tloušťka nátěrového filmu [μm]
m_1	Hmotnost volného filmu po expozici ve vodě [g]
m_2	Hmotnost volného filmu před expozicí ve vodě [g]
S	Obsah sušiny [%]
T	Teplota [°C]
S	Entropie [J/K]
H	Entalpie [J]
G	Gibbsova energie [J]
TD	Termodilatometrie
HKE	Hustota kohezní energie
SEM	Skenovací elektronová mikroskopie
TGA	Termogravimetrie
T_c	Stropní teplota [°C]
T_b	Teplota křehnutí [°C]
σ	Parametr rozpustnosti
η	Viskozita roztoku [Pa/s]
K	Experimentálně odvozená konstanta pro dvojici polymer/rozpouštědlo
α	Experimentálně odvozená konstanta pro dvojici polymer/rozpouštědlo
nBuAc	Vztaženo na butylacetát
LVP-VOC	Těkavé organické sloučeniny s nízkým tlakem par

UVA	Dlouhovlnné ultrafialové světlo o vlnové délce 400-315 nm
UVB	Středněvlnné ultrafialové světlo o vlnové délce 315-280 nm
UVC	Krátkovlnné ultrafialové světlo o vlnové délce 280-100 nm
DSC	Diferenciální skenovací kalorimetrie
PVC	Polyvinylchlorid
PUR	Polyurethan
CAS No	Registrační číslo chemické látky
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
F	Odtrhová síla [N]
d	Průměr zkušebního válečku [mm]
σ	Odtrhová pevnost [MPa]
backcoat	Spodní nátěr
primer	Základní nátěr
topcoat	Vrchní nátěr
α, β a γ	Radioaktivní záření
ΔE	Celková barevná změna
L	Osa světelnosti
-a	Osa zelená
+a	Osa červená
-b	Osa modrá
+b	Osa žlutá
T_0	Transmitance filmu před působení destilované vody
T_t	Transmitance filmu po působení destilované vody
W	Rozsah zbělání
N/A	Není dostupné

Anotace

Práce se zabývá náhradou koalescentu na bázi butylglykolu ve formulacích aplikovaných jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady s použitím jako střešní krytiny a fasádní desky. Cílem práce bylo nalézt vhodný a zároveň environmentálně neškodný koalescent ze skupiny testovaných vodou mísitelných, částečně vodou mísitelných a vodou nemísitelných koalescentů takový, který dosáhne lepších filmotvorných vlastností při stejném dávkování, případně stejných filmotvorných vlastností při nižším dávkování a zároveň bude obsahovat menší množství těkavých organických látek. Jednotlivá měření byla provedena ve spolupráci se společností Swisspearl a.s.

Pro splnění cílů práce byla provedena studie nepigmentovaných vzorků nátěrových hmot na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s T_g > 50 °C s postupně zvyšující se koncentrací koalescentu na sušinu této disperze s hodnotou 1; 2,5; 5; 10; 12,5; 15 a 20 %. V průběhu experimentální části práce byly stanoveny fyzikálně-chemické vlastnosti testovaných koalescentů a pojiva. Následně bylo provedeno laboratorní testování a vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností a mechanické a chemické odolnosti nátěrových hmot a filmů.

Koalescenty na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny dosáhly optimálních výsledků a byly použity do pigmentovaných formulací s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady.

Vzhledem k tomu, že vybrané koalescenty dosáhly srovnatelných výsledků při nižším dávkování a neobsahují těkavé organické sloučeniny v porovnání s referencí, kterou byly nátěrové hmoty a filmy obsahující kombinaci koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru bych tyto koalescenty doporučil dalšímu testování typu skladovatelnost, mrazuvzdornost a delší expozici v urychlených povětrnostních testech v QUV komoře, případně expozici v agresivnějším prostředí například xenonová komora.

Klíčová slova

- Vodou ředitelná akrylátová disperze
- Koalescent
- Vláknocement
- Butylglykol
- Nátěrový film

Annotation

The work deals with the replacement of coalescent based on butyl glycol in formulations applied as bottom, base and top coatings for fiber cement substrates with use as roofing and facade panels. The aim of the work was to find a suitable and at the same time environmentally harmless coalescent from the group of tested water-miscible, partially water-miscible and water-immiscible coalescents, one that achieves better film-forming properties at the same dosage, or the same film-forming properties at a lower dosage, and at the same time will contain a smaller amount of volatile organic substances . Individual measurements were made in cooperation with Swisspearl a.s.

In order to fulfill the objectives of the work, a study was carried out of non-pigmented samples of paint materials based on water-dilutable acrylate dispersion with Tg > 50 °C with a gradually increasing coalescent concentration on the dry matter of this dispersion with a value of 1; 2.5; 5; 10; 12.5; 15 and 20%. During the experimental part of the work, the physico-chemical properties of the tested coalescents and the binder were determined. Subsequently, laboratory testing and evaluation of physico-chemical properties and mechanical and chemical resistance of coatings and films was carried out.

Coalescents based on dipropylene glycol monobutyl ether, ethylene glycol monobutyl ether, ketal ester, butyl levulinate and dicarboxylic acid esters achieved optimal results and were used in pigmented formulations with application as bottom, base and top coats for fiber cement substrates.

Given that the selected coalescents achieved comparable results at a lower dosage and do not contain volatile organic compounds compared to the reference, which was paints and films containing a combination of coalescents based on ethylene glycol-monobutyl ether and dipropylene glycol-monobutyl ether, I would recommend these coalescents for further shelf-life testing, frost resistance and longer exposure in accelerated weather tests in a QUV chamber, or exposure in a more aggressive environment, for example a xenon chamber.

Keywords

- Water-based acrylic dispersion
- Coalescent agent
- Fiber cement
- Butyl glycol
- Coating

Seznam obrázků

Obrázek 1 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů válečkováním.....96
Obrázek 2 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů válečkováním.....96
Obrázek 3 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů clonováním 96
Obrázek 4 Vláknocementová deska před a po aplikaci pigmentované nátěrové hmoty s obsahem vybraných koalescentů 96
Obrázek 5 Graf stanovení teploty skelného přechodu akrylátové disperze.....102
Obrázek 6 FTIR spektrum akrylátové disperze 103
Obrázek 7 FTIR spektrum koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru 104
Obrázek 8 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2-Methyl-2,4-pentandiolu.....105
Obrázek 9 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-n-propyletheru 106
Obrázek 10 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru 107
Obrázek 11 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru..108
Obrázek 12 FTIR spektrum koalescentu na bázi ketalesteru 109
Obrázek 13 FTIR spektrum koalescentu na bázi butyllevulinátu 110
Obrázek 14 FTIR spektrum koalescentu na bázi tripropylenglykol n-butyletheru.....111
Obrázek 15 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru 112
Obrázek 16 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru .113
Obrázek 17 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-monobutyletheru.....114
Obrázek 18 FTIR spektrum koalescentu na bázi lineárního esteru 115
Obrázek 19 FTIR spektrum koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny 116
Obrázek 20 FTIR spektrum koalescentu na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny 117
Obrázek 21 FTIR spektrum koalescentu na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru 118
Obrázek 22 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu.....119
Obrázek 23 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu.....120

Obrázek 24 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) propylenglykol-n-propyletheru, b) propylenglykol-monomethyletheru, c) 2-methyl-2,4-pentandiolu, d) ethylenglykol-monobutyletheru a e) dipropylenglykol-monomethyletheru.....170
Obrázek 25 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) dipropylenglykol-monopropyletheru, b) tripropylenglykol n-butyletheru, c) propylenglykol-monobutyletheru, d) dipropylenglykol-monobutyletheru, e) ketalesteru a f) butyllevulinátu 170
Obrázek 26 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) methylesteru přírodní mastné kyseliny, b) lineárního esteru, c) esterů dikarboxylové kyseliny, d) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu, e) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu a f) ethylenglykol 2-ethylhexyletheru 170
Obrázek 27 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou mísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu 173
Obrázek 28 Graf zobrazující závislost koncentrace částečně vodou mísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu.....173
Obrázek 29 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou nemísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu 174
Obrázek 30 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou mísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření.....176
Obrázek 31 Graf zobrazující závislost koncentrace částečně vodou mísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření ...177
Obrázek 32 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou nemísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření.....177
Obrázek 33 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-monomethyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 180
Obrázek 34 Graf zobrazující závislost koncentrace ethylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 181
Obrázek 35 Graf zobrazující závislost koncentrace 2-methyl-2,4-pentandiolu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 181
Obrázek 36 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-n-propyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 182

Obrázek 37 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monomethyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 182
Obrázek 38 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 183
Obrázek 39 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monopropyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 183
Obrázek 40 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 184
Obrázek 41 Graf zobrazující závislost koncentrace tripropylenglykol n-butyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 184
Obrázek 42 Graf zobrazující závislost koncentrace butyllevulinátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě.....185
Obrázek 43 Graf zobrazující závislost koncentrace ketalesteru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 185
Obrázek 44 Graf zobrazující závislost koncentrace ethylenglykol 2-ethylhexyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 186
Obrázek 45 Graf zobrazující závislost koncentrace methylesteru přírodní mastné kyseliny na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě.....186
Obrázek 46 Graf zobrazující závislost koncentrace esterů dikarboxylové kyseliny na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 187
Obrázek 47 Graf zobrazující závislost koncentrace lineárního esteru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě.....187
Obrázek 48 Graf zobrazující závislost koncentrace 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 188
Obrázek 49 Graf zobrazující závislost koncentrace 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě 188
Obrázek 50 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce nátěrových filmů pro vodou mísitelné koalescenty 190

Obrázek 51 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce pro částečně vodou mísitelné koalescenty 190
Obrázek 52 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce nátěrových filmů pro vodou nemísitelné koalescenty 191
Obrázek 53 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty.....194
Obrázek 54 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty 195
Obrázek 55 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty..195
Obrázek 56 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty.....198
Obrázek 57 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty 198
Obrázek 58 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty.....199
Obrázek 59 Závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty 201
Obrázek 60 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty 202
Obrázek 61 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty 202
Obrázek 62 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) 2-methyl-2,4-pentandiolu, c) dipropylenglykol-monomethyletheru, d) propylenglykol-n-propyletheru a e) propylenglykol-monomethyletheru.....204
Obrázek 63 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) butyllevulinátu, b) ketalesteru, c) dipropylenglykol-monobutyletheru, d) dipropylenglykol-monopropyletheru, e) propylenglykol-monobutyletheru a f) tripropylenglykol n-butyletheru.....204

Obrázek 64 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) methylesteru přírodní mastné kyseliny, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) lineárního esteru, d) ethylenglykol 2-ethylhexyletheru, e) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu a f) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu.....205

Obrázek 65 Stanovení minimální filmotvorné teploty pro pigmentované nátěrové hmoty s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) butyllevulinátu a d) ketalesteru 210

Obrázek 66 Stanovení celkové barevné změny na skleněném podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 213

Obrázek 67 Stanovení celkové barevné změny na skleněném podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 214

Obrázek 68 Stanovení mechanické odolnosti vůči odtrhu na vláknocementovém podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 216

Obrázek 69 Stanovení přilnavosti mřížkovou metodou na skleněných podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 216

Obrázek 70 Stanovení přilnavosti mřížkovou metodou na vláknocementových podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 216

Obrázek 71 Stanovení povětrností odolnosti na vláknocementových podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu 218

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vlastnosti polymethakrylátů a polyakrylátů [8]....32
Tabulka 2 Tg pro methakrylátové a akrylátové homopolymery [14]....35
Tabulka 3 Základní charakterizace použitých koalescentů....78
Tabulka 4 Detailnější charakterizace použitých koalescentů....79
Tabulka 5 Koncentrační řada testovaných nátěrových hmot....86
Tabulka 6 Stupnice pro vyhodnocení vzhledu nátěru....88
Tabulka 7 Rozdělení stupňů přilnavosti podle normy ČSN ISO 2409 [86]....93
Tabulka 8 Metoda hodnocení MEK testu podle normy ASTM D 4752-10. [86]....94
Tabulka 9 Dávkování akrylátové disperze a koalescentu pro vrchní nátěry....95
Tabulka 10 Dávkování akrylátové disperze a koalescentu pro spodní a základní nátěry....95
Tabulka 11 Vyhodnocení stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu....98
Tabulka 12 Stupnice pro vyhodnocení chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH....99
Tabulka 13 Fyzikálně-chemické vlastnosti použitého pojiva....102
Tabulka 14 Vyhodnocení FTIR spektra pro použitou akrylátovou disperzi....103
Tabulka 15 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru....104
Tabulka 16 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2-Methyl-2,4-pentandiolu....105
Tabulka 17 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-n-propyletheru....106
Tabulka 18 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru....107
Tabulka 19 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru....108
Tabulka 20 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ketalesteru....109
Tabulka 21 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi butyllevulinátu....110
Tabulka 22 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi tripropylenglykol n-butyletheru....111
Tabulka 23 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru....112

Tabulka 24 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru.....113
Tabulka 25 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-monobutyletheru.....114
Tabulka 26 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi lineárního esteru.....115
Tabulka 27 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny.....116
Tabulka 28 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny.....117
Tabulka 29 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru.....118
Tabulka 30 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu.....119
Tabulka 31 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu.....120
Tabulka 32 Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem po dobu 7 dní při teplotě 50 °C.....121
Tabulka 33 Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem po dobu 14 dní při teplotě 50 °C.....121
Tabulka 34 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze (DFT = 20 ± 5 µm).....122
Tabulka 35 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem částečně vodou mísitelných koalescentů (DFT = 20 ± 5 µm).....123
Tabulka 36 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou nemísitelných koalescentů (DFT = 20 ± 5 µm).....124
Tabulka 37 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze.....125
Tabulka 38 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem částečně vodou mísitelných koalescentů.....126
Tabulka 39 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem vodou nemísitelných koalescentů.....127
Tabulka 40 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm).....128

Tabulka 41 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....129
Tabulka 42 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....130
Tabulka 43 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm) 131
Tabulka 44 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....132
Tabulka 45 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....133
Tabulka 46 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm) 134
Tabulka 47 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....135
Tabulka 48 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm).....136
Tabulka 49 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm).....137
Tabulka 50 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 138
Tabulka 51 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 139
Tabulka 52 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou mísitelné koalescenty a samotné akrylátové disperze 140
Tabulka 53 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty.....141
Tabulka 54 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou nemísitelné koalescenty 142
Tabulka 55 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou mísitelné koalescenty a samotné akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm) 144

Tabulka 56 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm) 145
Tabulka 57 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm).....146
Tabulka 58 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze a samotné akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm).....147
Tabulka 59 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných částečně vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm) 148
Tabulka 60 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou nemísitelných koalescentů a akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm).....149
Tabulka 61 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou mísitelné koalescenty a čisté akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm) 151
Tabulka 62 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm).....152
Tabulka 63 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm).....153
Tabulka 64 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm) 154
Tabulka 65 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm) 155
Tabulka 66 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 156

Tabulka 67 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 157
Tabulka 68 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 158
Tabulka 69 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm) 159
Tabulka 70 Vyhodnocení stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při teplotě 50 °C po dobu 7 dní 160
Tabulka 71 Vyhodnocení stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při teplotě 50 °C po dobu 14 dní 160
Tabulka 72 Vyhodnocení stanovení vzhledu pigmentovaného nátěrového filmu pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm) 161
Tabulka 73 Vyhodnocení stanovení minimální filmotvorné teploty pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí 161
Tabulka 74 Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Perzose pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm) 161
Tabulka 75 Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Königa pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm) 162
Tabulka 76 Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm) 162
Tabulka 77 Výsledky pro stanovení lesku pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm) 163
Tabulka 78 Výsledky pro stanovení absorpce vody pigmentovaných volných filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem 163
Tabulka 79 Výsledky pro stanovení transmitance pigmentovaných nátěrových filmů před a po ponoru do vody pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm) 163
Tabulka 80 Výsledky pro stanovení barevného modulu L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové

filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na skleněném podkladu (DFT = 60 ± 10 µm) 164

Tabulka 81 Výsledky pro stanovení barevného modulu L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na vláknocementovém podkladu (DFT = 60 ± 10 µm) 164

Tabulka 82 Výsledky pro stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na skleněném podkladu (DFT = 60 ± 10 µm) 165

Tabulka 83 Výsledky pro stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na vláknocementovém podkladu (DFT = 60 ± 10 µm) 165

Tabulka 84 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm) 165

Tabulka 85 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm) 166

Tabulka 86 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm) 166

Tabulka 87 Výsledky pro stanovení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm) 166

Tabulka 88 Vyhodnocení stanovení urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření po 500 h expozici 167

Seznam rovnic

Rovnice 1 Teplota skelného přechodu kopolymerů 33
Rovnice 2 Mark-Houwinkova rovnice 36
Rovnice 3 Změna Gibbsovy molární energie při reakci 37
Rovnice 4 Výpočet pro stropní teplotu polymerace 38
Rovnice 5 Stanovení sušiny pojiva 84
Rovnice 6 Stanovení relativní povrchové tvrdosti 89
Rovnice 7 Stanovení absorpce vody pro volné filmy 91
Rovnice 8 Stanovení zbělání nátěrového filmu 92
Rovnice 9 Výpočet celkové barevné změny 92
Rovnice 10 Stanovení odtrhové pevnosti 98

Obsah

1. Úvod 30

2. Teoretická část 31

2.1. Akrylátová polymerní pojiva 31

2.1.1. Teplota skelného přechodu termoplasických akrylátů 33

2.1.2. Molekulová hmotnost akrylátů 36

2.1.3. Radikálová polymerace 37

2.2. Termoplastické pryskyřice 39

2.2.1. Roztoková polymerace 40

2.2.2. Iniciátory roztokové polymerace 40

2.2.3. Teplota 41

2.2.4. Rozpouštědla 41

2.3. Reaktoplastické akrylátové pryskyřice 42

2.3.1 Kyselino-funkční akryláty zesíťované epoxidovou pryskyřicí 43

2.3.2. Akrylátové polymery zesíťované aminopryskyřicemi 45

2.3.3. Isokyanátové akryláty 46

2.4. Reaktoplastické akrylátové emulze 48

2.5. Akrylátové disperze 49

2.5.1. Monomery akrylátových disperzí 51

2.5.2. Emulgátory akrylátových disperzí 51

2.5.3. Iniciátory akrylátových disperzí 52

2.5.4. Voda 53

2.5.5. Ostatní pomocné látky 53

2.5.6. Příprava akrylátových vodných disperzí 54

2.5.7. Emulzní polymerace 54

2.5.8. Rozdělení vodných akrylátových disperzí 55

2.6. Fyzikální, chemické a aplikační vlastnosti akrylátových disperzí 58

2.6.1. Tvorba filmu 58

2.6.2. Obecné složení akrylátové latexové nátěrové hmoty 60

2.6.3. Reologické vlastnosti akrylátových latexů 61

2.6.4. Vlastnosti filmů akrylátových disperzí 61

2.6.5. Vady a nedostatky akrylátových latexů 63

2.6.6. Rozdělení latexových disperzí podle použití 63

2.7. Aditiva 64
2.7.1. Koalescenty 65
2.8. Vláknocement 68
2.8.1. Cement 69
2.8.2. Polyvinylalkoholová vlákna 69
2.8.3. Polypropylenová vlákna 70
2.8.4. Celulózová vlákna 70
3. Experimentální část 71
3.1. Cíl diplomové práce 71
3.2. Použité chemikálie a suroviny 72
3.2.1. Použité koalescenty 72
3.2.2. Použité pojivo 79
3.2.3. Ostatní suroviny 79
3.2.4. Použité chemikálie 80
3.3. Použité přístroje a zařízení 83
3.4. Stanovení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů 83
3.4.1. Stanovení sušiny použitého pojiva 83
3.4.2. Stanovení pH použitého pojiva 84
3.4.3. Stanovení teploty skelného přechodu použitého pojiva 84
3.4.4. Stanovení spektrální analýzy použitého pojiva a testovaných koalescentů pomocí infračervené spektroskopie 85
3.4.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty pro použité pojivo 85
3.5. Příprava koncentračních řad vzorků nátěrových hmot s obsahem testovaných koalescentů 86
3.6. Aplikace nátěrových hmot 86
3.6.1. Aplikace nátěrových hmot na skleněné panely 87
3.6.2. Příprava volných filmů vzorků nátěrových hmot 87
3.6.3. Stanovení suché tloušťky nátěrových filmů na skleněných panelech 87
3.7. Stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů 88
3.7.1. Stanovení kompatibility testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C 88
3.7.2. Stanovení vzhledu nátěrových filmů 88

3.7.3. Stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů.....88
3.7.4. Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Persoze.....89
3.7.5. Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Königa.....90
3.7.6. Buchholzova vrypová zkouška nátěrových filmů.....90
3.7.7. Stanovení lesku nátěrového filmu.....91
3.7.8. Stanovení absorpce vody volného filmu.....91
3.7.9. Stanovení transmitance a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů.....92
3.8. Stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů.....93
3.8.1. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou.....93
3.8.2. Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK).....94
3.9. Příprava a aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů.....95
3.9.1. Příprava pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů.....95
3.9.2. Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů.....95
3.9.3. Výběr vhodných koalescentů a stanovení jejich množství v pigmentovaných nátěrových hmotách.....97
3.10. Testování pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s přídavkem vybraných koalescentů.....97
3.10.1. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou.....97
3.10.2. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu.....98
3.10.3. Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH.....99
3.10.4. Stanovení barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů.....99
3.10.5. Urychlené stanovení povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření.....99
4. Výsledky a vyhodnocení.....101
4.1. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů.....101

4.1.1. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva 101
4.1.2. Vyhodnocení stanovení spektrální analýzy testovaných koalescentů 104
4.2. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů 120
4.2.1. Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem při teplotě 50 °C po dobu 14 dní 120
4.2.2. Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů 121
4.2.3. Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů 124
4.2.4. Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Persoze 127
4.2.5. Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Königa 130
4.2.6. Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů 133
4.2.7. Vyhodnocení stanovení lesku nátěrového filmu 136
4.2.8. Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu 139
4.2.9. Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* a transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody 142
4.3. Vyhodnocení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů 150
4.3.1. Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou 150
4.3.2. Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) 153
4.4. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů 160
4.4.1. Stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C 160
4.4.2. Vyhodnocení stanovení vzhledu nátěrových filmů 160
4.4.3. Vyhodnocení stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů 161
4.4.4. Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze 161
4.4.5. Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Königa 162
4.4.6. Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů 162
4.4.7. Vyhodnocení stanovení lesku nátěrového filmu 162

4.4.8. Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu.....163
4.4.9. Vyhodnocení stanovení transmitance a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů 163
4.5. Vyhodnocení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů.....164
4.5.1. Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou.....164
4.5.2. Vyhodnocení stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK).....165
4.5.3. Vyhodnocení stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH.....166
4.5.4. Vyhodnocení stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu.....166
4.5.5. Vyhodnocení stanovení urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření.....167
5. Diskuse k výsledkům 168
5.1. Diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů 168
5.2. Diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů.....169
5.2.1. Diskuse k výsledkům stanovení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem při teplotě 50 °C po dobu 14 dní.....169
5.2.2. Diskuse k výsledkům stanovení vzhledu nátěrových filmů.....171
5.2.3. Diskuse k výsledkům stanovení minimální filmotvorné teploty 172
5.2.4. Diskuse k výsledkům stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa 175
5.2.5. Diskuse k závislosti koncentrace koalescentu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě.....179
5.2.6. Diskuse k výsledkům stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů 189
5.2.7. Diskuse k výsledkům stanovení lesku nátěrového filmu.....193
5.2.8. Diskuse k výsledkům stanovení absorpce vody volného filmu.....194
5.2.9. Diskuse k výsledkům stanovení barevného prostoru L*a*b* a transmitance před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru nátěrových filmů do vody 197

5.3. Diskuse k výsledkům stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů 206
5.3.1. Diskuse k výsledkům stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou 206
5.3.2. Diskuse k výsledkům stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) 207
5.4. Diskuse k výsledkům stanovení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů 208
5.4.1. Diskuse k výsledkům stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C 209
5.4.2. Diskuse k výsledkům stanovení vzhledu nátěrových filmů 209
5.4.3. Diskuse k výsledkům stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů 209
5.4.4. Diskuse k výsledkům stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa 210
5.4.5. Diskuse k výsledkům stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů 211
5.4.6. Diskuse k výsledkům stanovení lesku nátěrového filmu 211
5.4.7. Diskuse k výsledkům stanovení absorpce vody volného filmu 212
5.4.8. Diskuse k výsledkům stanovení celkové barevné změny dE* nátěrových filmů 212
5.5. Diskuse k výsledkům stanovení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů 214
5.5.1. Diskuse k výsledkům mechanické odolnosti nátěrových filmů 215
5.5.2. Diskuse k výsledkům stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů 217
5.5.3. Diskuse k výsledkům stanovení povětrnostní odolnosti nátěrových filmů 218
6. Přínosy diplomové práce 220
7. Závěr 226
8. Literatura 228

1. Úvod

V poslední době se průmysl nátěrových hmot stále více soustředí na vodou ředitelné systémy. Důvod a vývoj vodou ředitelných systémů je prostý. Z ekologického hlediska je stále větší důraz na snížení obsahu těkavých organických sloučenin (VOC) v průmyslu nátěrových hmot. Tyto požadavky právě splňují vodou ředitelné nátěrové hmoty, mezi které se řadí například akrylátové disperze. Tyto nátěry však propouští vlhkost a jejich povětrnostní odolnost je dána fotochemickou a mikrobiologickou degradací. [1]

Vodou ředitelné nátěrové hmoty se řadí mezi přijatelné systémy z hlediska životního prostředí. Jak již z názvu vyplívá odlišují se od rozpouštědlových nátěrových hmot použitým rozpouštědlem potřebným pro samotnou aplikaci nátěrových hmot. Při použití vodou ředitelných nátěrových hmot se jako ředidlo používá voda. Pro rozpouštědlové nátěrové hmoty se jako rozpouštědlo používají různá organická rozpouštědla, která při tvorbě filmu těkají do ovzduší, což má negativní vliv na životní prostředí z důvodu zvýšení těkavých organických sloučenin v ovzduší. Při správné formulaci lze vytvářet pomocí vodou ředitelných nátěrových hmot ochranné povlaky, které dosahují obdobných vlastností jako povlaky z rozpouštědlových nátěrových hmot [2]

V žádné formulaci průmyslové nátěrové hmoty nesmí chybět aditiva neboli přísady. Použití aditiv ve formulacích nátěrových hmot se pohybuje od stopových množství až po několik jednotek hmotnostních procent. Aditiva se spolupodílí na výsledných vlastnostech nátěrového filmu, jako jsou aplikační vlastnosti, reologické vlastnosti, adheze, koheze, smáčivost, MFFT (minimální filmotvorná teplota), kvalita aj. Existuje široká škála aditiv, jako jsou reologická aditiva, povrchově aktivní látky, dispergační aditiva, změkčovadla, koalescenty, zahušťovadla, odpěňovače aj. [3]

Jak již bylo řečeno, existuje široká škála aditiv a každý typ má svou vlastní úlohu v nátěrových hmotách. Hlavním důvodem použití aditiv je pozitivně ovlivnit a docílit požadovaných vlastností nátěrové hmoty a nátěrového filmu, které by nebylo možné dosáhnout bez jejich použití. Použitím a kombinací aditiv lze dosáhnout široké rozmanitosti aplikačních vlastností nátěrových hmot a povlaků.[4]

2. Teoretická část

2.1. Akrylátová polymerní pojiva

Akrylátové polymery, které se používají jako pojiva do nátěrových hmot, jsou chemickým složením převážně estery kyseliny akrylové a methakrylové a jejich deriváty, které polymerují obvykle pomocí radikálové řetězovité reakce. [5]

Zájem o průmyslové využití akrylátových polymerů sahá až do 20. let 20. století, kdy Dr. Otto Rohm vyvinul praktický postup výroby akrylátových esterů z etylenu. Krátce nato jeho společník Otto Haas založil první komerční výrobu methylakrylátu a ethylakrylátu ve Spojených státech. [6]

První komerční použití akrylátového polymeru bylo jako adhezivní mezivrstva pro vrstvené bezpečnostní sklo. Pravděpodobně nejvyšší vzrůst používání akrylátů začalo v roce 1936 zavedením termoplastické, transparentní methakrylátové desky. S příchodem druhé světové války se methakrylát stal neocenitelným jako houževnatý, povětrnostním vlivům odolný zasklívací materiál pro vojenská letadla. Jelikož se dal snadno tvarovat a měl vynikající optické vlastnosti, jednalo se o průhledný plast, byl použit na překryty letadel, bombardérů a střeleckých věží. [7]

Akrylátová technologie se brzy rozšířila do průmyslu nátěrových hmot ve formě akrylátových roztokových polymerů, později akrylátových emulzí. Akryláty získaly široké uplatnění na trhu jako pojiva pro nátěry, z důvodu jejich vynikajících vlastností, jako je barevná stálost, průhlednost a odolnost vůči povětrnostním vlivům a stárnutí. Dobrá odolnost akrylátových polymerů vůči povětrnostním vlivům je způsobena především jejich odolností vůči hydrolýze a nemožností absorpce ultrafialového (UV) záření, což je světelné spektrum s vyšší energií a kratší vlnovou délkou nežli viditelné světlo, které je nejvíce zodpovědné za degradaci materiálu. [5]

Akrylátové roztokové polymery, jsou termoplastické a reaktoplastické polymerní sloučeniny (často označované jako akrylátové pryskyřice) převážně kopolymery akrylátových a methakrylátových esterů připravené přímou roztokovou polymerací v rozpouštědle, které má parametr rozpustnosti (δ) podobný jako polymer. Typická rozpouštědla používaná při roztokové polymeraci jsou aromatické látky, jako je toluen a xylen, stejně jako ketony a estery. Akrylátové pryskyřice se využívají jako nátěrové hmoty, které vytvářejí film po odpaření rozpouštědla. Jejich předností jsou snadná kombinace s jinými filmotvornými látkami, výrazně vyšší odolnost vůči vodě oproti akrylátovým disperzím, avšak vyznačují se příliš velkou viskozitou a nízkou sušinou, což vyžaduje použití mnoho rozpouštědel a také

mají malou přilnavost. Akrylátové pryskyřice se obvykle dodávaly s 30 až 50 hm. % pevné fáze. V dnešní době se stalo populární dodávat akrylátové pryskyřice se 100 hm. % pevné fáze, protože došlo ke snížení nákladů a zvýšila se bezpečnost spojená s přepravou pryskyřic obsahujících vysoké množství rozpouštědel. Výrobce nátěrových hmot je následně schopen rozpustit pevný akrylát v široké škále rozpouštědel, čímž má větší kontrolu nad složkami formulace. [5]

Pečlivým výběrem typu použitých akrylátových monomerů lze do pojiva akrylátových nátěrů zabudovat širokou škálu vlastností. Některé z důležitých vlastností několika akrylátových homopolymerů jsou uvedeny v tabulce 1 [8].

Povlaky pro širokou škálu aplikací lze proto navrhovat na zakázku. Některé z hlavních aplikací akrylátových roztokových nátěrů zahrnují povrchové úpravy automobilů, tovární a zemědělské nástroje, univerzální pigmentované nátěry, aerosolové laky a čiré nátěry pro velké množství substrátů. Existují dva typy akrylátových roztokových polymerů. Prvním typem jsou termoplastické polymery, které vytvářejí film fyzikální cestou, tedy jednoduše odpařením rozpouštědla. Druhým typem jsou termosetové polymery, jež obsahují funkční skupiny, které reagují s jinou molekulou obsahující funkční skupiny (tj. melaminem, epoxidem, isokyanátem atd.) za vzniku zesíťované molekuly.

Tabulka 1 Vlastnosti polymethakrylátů a polyakrylátů [8]

Typ polymeru	Pevnost v tahu [psi] *	Prodloužení [%]
Polymethakryláty	-	-
Methyl	9000	4
Ethyl	5000	7
Butyl	1000	230
Polyakryláty	-	-
Methyl	1000	750
Ethyl	33	1800
Butyl	3	2000

* Psi = 14.22 kg/cm^2

Akrylátové emulzní polymery (často označované jako akrylátové disperze) se staly jedním z hlavních typů pojiv používaných v současnosti v průmyslu nátěrových hmot. Pro vytvoření emulzního polymeru se akrylátové monomery emulgují a poté polymerují jako malé kapičky v kontinuální vodné fázi. Kapičky jsou typicky stabilizovány povrchově aktivními látkami a obvykle není přítomno žádné rozpouštědlo. Akrylátové emulze jsou obecně spojovány s kvalitními architektonickými nátěry, používají se také k výrobě průmyslových nátěrů. V současné době se použití akrylátových emulzí v průmyslových aplikacích stále rozšiřuje na úkor systémů rozpustných v rozpouštědlech, kvůli potřebě průmyslu kontrolovat organické emise a VOC. Za posledních 20 let výrobci akrylátových

emulzí udělali velké pokroky při zlepšování vlastností akrylátových emulzí tak, že nyní nahrazují nátěrové hmoty na bázi rozpouštědel, protože nabízejí podobné vlastnosti. [5]

Když byla v roce 1953 uvedena první akrylátová emulze navržená pro použití v nátěrových hmotách pro domácnost byla málo zapáchající, rychleschnoucí a snadno se čistící jako její vodou rozpouštědlové konkurenti, styren-butadienové a polyvinylacetátové emulze, ale navíc nabízela i vynikající povětrnostní odolnost, která umožňovala použití ve venkovních barvách. V současnosti tyto akrylátové emulze, jelikož nabízí vynikající povětrnostní odolnost, nahradily rozpouštědlové alkydy jakož to dominantní pojiva průmyslu nátěrových hmot určených pro venkovní barvy budov. [5]

Za posledních 50 let našly pojiva na bázi akrylátových a methakrylátových polymerů rostoucí využití v různých průmyslových aplikacích. K tomuto rozšířenému použití došlo kvůli všestranným a jedinečným vlastnostem těchto polymerů a kvůli vývoji komerčních procesů ve velkém měřítku pro různé monomery, ačkoli kyselina akrylová byla poprvé syntetizována v roce 1843 a polymerována v roce 1847. [9]

2.1.1. Teplota skelného přechodu termoplasických akrylátů

Akryláty jsou jedinečně všestrannou skupinou polymerů, protože pečlivým výběrem kombinací různých akrylátových monomerů lze dosáhnout velmi široké škály vlastností. Každý akrylátový monomer vnáší do polymeru své vlastní individuální vlastnosti založené na jeho molekulární struktuře. To platí zejména pro tvrdost polymeru, jež je určena teplotou skelného přechodu (T_g) monomerů, které vytvářejí homopolymer (pouze jeden monomer) nebo kopolymer (dva nebo více monomerů). Teplota skelného přechodu polymeru je bod měknutí, je to ve skutečnosti teplotní rozsah, kdy polymer prochází přechodem druhého řádu. Při teplotách pod T_g je polymer ve sklovité fázi, ale nad T_g je polymer pryžový materiál. Pro aproximaci T_g pro kopolymerní složení je užitečné použít rovnici číslo 1. navrženou Foxem [10].

$$\frac{1}{T_g} = \frac{W_1}{T_{g1}} + \frac{W_2}{T_{g2}}$$

Rovnice 1 Teplota skelného přechodu kopolymerů

Kde: W_1 a W_2 je hmotnostní zlomek monomerů 1 a 2, T_{g1} a T_{g2} je je T_g homopolymerů monomerů 1 a 2.

Vzhledem k tomu, že termoplastické akryláty nejsou zesíťovaný, tak aby bylo dosaženo požadovaných vlastností, je koncept T_g a schopnost manipulovat s T_g jako prostředek pro řízení vlastností zásadní, při navrhování polymerů, které splňují potřeby průmyslu nátěrových hmot. Značný rozdíl v T_g a následné polymerace charakterizující akryláty lze fenomenologicky vysvětlit teorií volného objemu navrženou Foxem a Florym a později upřesněnou několika dalšími. [11]

Teorie volného objemu uvádí, že T_g pro jakýkoli daný polymer nastává při takové teplotě, kdy dílčí volný objem (tj. neobsazený prostor obsažený v polymeru) dosáhne nějaké univerzálně konstantní hodnoty, která zůstává nezměněna, pokud je teplota pod T_g polymeru. Nad touto teplotou se volný objem zvětšuje, což umožňuje dostatečný molekulární pohyb, takže může docházet k toku polymeru. [12]

Podle studií bylo nezávisle vypočítáno, že při T_g volný objem zaujímá 11 % celkového objemu polymerů. [13]

Na molekulární úrovni lze také snadno vysvětlit rozdíly T_g pro akrylátovou skupinu polymerů. Akryláty mají vedle karbonylové skupiny atom alfa-vodíku, což jim dává větší rotační volnost, a tudíž větší segmentový pohyb řetězce než methakryláty. Methakryláty mají objemnou methylovou skupinu substituovanou za atomem alfa vodíku, která brání rotaci molekul, čímž se zvyšuje tuhost řetězce. Methakryláty mají tedy vyšší T_g, jsou tvrdší, mají vyšší pevnost v tahu a nižší tažnost než analogické akrylátové polymery. [5]

Stejně důležitá pro T_g a tvrdost polymeru je délka esterového postranního řetězce monomeru. Jak se alkoholová část esterového postranního řetězce zvětšuje, tím jsou polymerní řetězce odsunuty dále od sebe, čímž vzniká další volný objem, který podporuje větší rotaci molekul. V důsledku toho se polymery stávají stále měkčími (jak se postranní řetězec esteru zvětšuje), dokud účinky krystalizace postranního řetězce nezpůsobí další vytvrzovací účinky. Tabulka 2 ukazuje velký rozsah T_g, které existují pro akrylátovou a methakrylátovou skupinu homopolymerů [14].

Tabulka 2 Tg pro methakrylátové a akrylátové homopolymery [14]

Polymer	T_g [°C]	Polymer	T_g [°C]
Poly(methyl methakrylát)	105	poly(methylakrylát)	6
Poly(ethyl methakrylát)	65	poly(ethylakrylát)	-24
Poly(n-propyl methakrylát	35	poly(propylakrylát)	-45
Poly(isopropylmethakrylát)	81	poly(isopropylakrylát)	-3
Poly(n-butyl methakrylát)	20	poly(n-butylakrylát)	-55
Poly(sec-butyl methakrylát)	60	poly(sek-butylakrylát)	-20
Poly(isobutyl methakrylát)	53	poly(isobutylakrylát)	-43
poly(t-butylmethakrylát)	107	poly(t-butylakrylát)	43
poly(n-hexylmethakrylát)	-5	poly(hexylakrylát) (křehký bod)	-57
poly(2-ethylbutylmethakrylát)	11	poly(heptylakrylát)	-60
poly(n-oktylmethakrylát)	-20	poly(2-heptylaktylát)	-38
poly(2-ethylhexylmethactylát)	-10	poly(2-ethylhexyl akrylát)	-50
poly(n-decylmethakrylát)	-60	poly(2-cthylbutyl akrylát)	-50
poly(laurylmethakrylát)	-65	poly(dodecyl akrylát) (křehký bod)	-30
poly(tetradccylmethakrylát)	-72	poly(hexadecylakrylát)	35
poly(hexadecylmethakrylát)		poly(2-ethoxyethyl akrylát)	-50
poly(oktadecylmethakrylát)	-100	poly(isobornyl akrylát)	94
poly(stearylmethakrylát)		poly(cyklohexyl akrylát)	16
poly(cyklohexylmethaktylát)	104	poly(benzylmethakrylát)	54
poly(isobomylmethakrylát)	170	poly(ethylthioethylmethakrylát)	-20
poly(fenylmethakrylát)	110	poly(3,3,5-trimethylcyklohexylmethakrylát)	79

Většina termoplastických akrylátových roztokových polymerů je navržena pro univerzální průmyslovou konečnou úpravu (tj. kovový podklad a konečnou úpravu výrobků) a má T_g přibližně 50 °C. Toto T_g se obecně získává kopolymerizací kombinací methylmethakrylátu (MMA), butylmethakrylátu (BMA), ethylakrylátu (EA), butylakrylátu (BA) a ethylhexylakrylátu (EHA). Zatímco existuje mnoho dalších akrylátových a methakrylátových monomerů, jak je uvedeno v tabulce 2, jedná se o primární akrylátové monomery, které jsou komerčně dostupné, a které jsou proto ekonomicky nejvýhodnější. [5]

Při T_g přibližně 50 °C jsou tyto akrylátové polymery poměrně tvrdé. Jsou dostatečně tvrdé, aby rychle zaschly do nelepivého stavu, který umožňuje včasnou manipulaci s natřeným produktem, a také dostatečně tvrdé, aby odolávaly poškození vůči vtisku a blokování a zachycování nečistot. Přesto si zachovávají dostatečnou flexibilitu a prodloužení, aby měly určitou odolnost proti úderu. [5]

Až do poloviny 50. let byly nitrocelulózové laky hlavním používaným automobilovým nátěrem. Nitrocelulózové povrchové úpravy poskytovaly vynikající vzhled, ale měly špatnou životnost, zejména zachování lesku, a vyžadovaly časté leštění, aby bylo dosaženo atraktivního povrchu. Tento problém byl odstraněn v roce 1956, kdy General Motors přijal akrylátové laky na bázi poly(methylmethakrylátu). Akrylátové laky poskytovaly výrazně lepší trvanlivost a umožňovaly použití modernějších používaných kovových pigmentů [15].

Akrylátové laky obecně obsahují vnější změkčovadla, jako jsou ftaláty, které přispívají

ke zlepšené odolnosti proti odlupování a odolnosti proti praskání. V průmyslových akrylátových lacích není obecně obsažen žádný vnitřní plastifikační monomer (tj. akrylát), a proto je jejich T_g přibližně 105 °C. [5]

2.1.2. Molekulová hmotnost akrylátů

Druhým nejdůležitějším parametrem, který ovlivňuje vlastnosti filmu termoplastického akrylátového polymeru, je molekulová hmotnost (M). Většina vlastností suchého filmu pro termoplastické akryláty se zlepšuje se zvyšující se molekulovou hmotností až do M zhruba 100 000 a poté má tendenci se vyrovnávat. Pevnost v tahu, prodloužení, houževnatost, odolnost vůči rozpouštědlům a vnější trvanlivost jsou závislé na molekulové hmotnosti. Tato závislost pevnosti, tažnosti a odolnosti akrylátového polymeru na molekulové hmotnosti je primárně způsobena větším počtem zapletení řetězců (které působí téměř jako příčné vazby), které ukotvují polymerní řetězce s vyšší molekulovou hmotností (tj. větší délka řetězce). [5]

Viskozita polymeru v roztoku je však úměrná molekulové hmotnosti polymeru podle Mark-Houwinkovy rovnice č.2. [16].

$$\eta = K(MW)^{\alpha}$$

Rovnice 2 Mark-Houwinkova rovnice

Kde: η je viskozita roztoku, K a α jsou konstanty odvozené experimentálně pro konkrétní kombinaci polymer/rozpouštědlo.

S rostoucí molekulovou hmotností se také zvyšuje viskozita roztoku, což způsobuje problémy s manipulací a aplikací, pokud je molekulová hmotnost příliš vysoká. Například pro akrylátové laky jsou žádoucí vysoké sušiny ve spreji z důvodu hospodárnosti a emisí. Čím nižší je molekulová hmotnost polymeru, tím nižší je viskozita při daném obsahu pevných látek, nebo naopak, čím vyšší je molekulová hmotnost, tím větší je viskozita polymeru. V důsledku toho je nízká molekulová hmotnost prospěšná pro aplikaci, zatímco vysoká molekulová hmotnost je potřebná pro dobré vlastnosti filmu. [5]

Zjevnou odpovědí na dilema viskozita versus vlastnosti filmu je dosažení optimální rovnováhy výrobou polymeru se střední molekulovou hmotností. Z tohoto důvodu má většina termoplastických akrylátových roztokových polymerů hmotnostní průměr molekulových

hmotností v rozmezí 75 000 až 100 000. Je také užitečné zúžit distribuci molekulové hmotnosti, snížit množství frakcí s nízkou molekulovou hmotností, které mají negativní vliv na odolnost a pevnostní vlastnosti, a zároveň minimalizovat části s vysokou molekulovou hmotností, které zvyšují viskozitu a způsobují aplikační problémy, které se vyskytují například při stříkání akrylátových laků. [5]

Protože jsou průmyslové nátěrové hmoty bez vnitřního plastifikátoru s T_g přibližně 105 °C velmi tvrdé a mají poměrně vysokou molekulovou hmotnost (tj. 100 000), tak termoplastické roztokové polymery navržené pro použití v průmyslu nátěrových hmot nejsou schopny vynikajícího molekulárního toku, který by se očekával od měkčích/nízkomolekulárních polymerů. V důsledku toho vyžadují akrylátové laky leštění anebo vypalování, aby získaly maximální lesk. Tuto nevýhodu sdílely starší nitrocelulózové laky. [5]

Vzhledem k vysoké tvrdosti a vysoké molekulové hmotnosti jsou termoplastické pryskyřice často změkčovány silnými rozpouštědly, jako je toluen nebo aceton. [5]

2.1.3. Radikálová polymerace

Polymerace se řadí mezi řetězové polyreakce. Sloučeniny mohou reagovat polymeračním mechanismem, pokud splňují chemické, termodynamické a kinetické podmínky. Pro splnění chemické podmínky musí být použitá sloučenina dvojfunkční, musí obsahovat dvojnou vazbu anebo heterocyklickou strukturu. Mnoho sloučenin splňuje i termodynamickou podmínku, kdy Gibbsova energie reakce musí být záporná, podle rovnice č. 3. [17]

$$\Delta G_m = \Delta H_m - T\Delta Sm < 0$$

Rovnice 3 Změna Gibbsovy molární energie při reakci

Kde: ΔG_m je změna molární Gibbsovy energie, ΔH_m je změna molární entalpie a $T\Delta S_m$ je součin teploty a změny molární entropie.

Vzhledem k tomu, že reakce sloučenin obsahující dvojnou vazbu je většinou exotermní je změna molární entalpie záporná. Při polymeraci dochází ke zvýšení uspořádanosti což má za následek, že entropický člen rovnice je také záporný. Reakce probíhá, pokud je entropický člen menší než změna entalpie. Polymerace probíhá do tzv.

stropní teploty, která se vypočítá podle rovnice č. 4. V blízkosti stropní teploty se ustanoví rovnováha mezi polymerací a zipovou depolymerací. Pokud je teplota vyšší než stropní teplota, polymerace již není možná. [18]

$$T_c = \Delta H_m / \Delta S_m$$

Rovnice 4 Výpočet pro stropní teplotu polymerace

Kde: T_c je stropní teplota, ΔH_m je změna molární entalpie a ΔS_m je změna molární entropie.

Během polymerace dochází ke kontrakci. Kontrakce je zmenšení objemu v rozmezí od 13 do 35 objemových %. Během polymerace dochází totiž k těsnějšímu uspořádání, což má za následek zmenšení objemu. Tyto změny objemu mohou být pozorovány dilatometrií nebo termomechanickou analýzou (TD, TMA). [18]

Podle mechanismu řetězových reakcí rozdělujeme polymerace na radikálové, kde růstový řetězec je ve formě radikálu, iontové polymerace, kde růstový řetězec je ve formě aniontu nebo kationtu, nebo koordinační (pseudoiontové) polymerace kde růstová reakce probíhá na koordinační sloučenině. [19]

Schopnost radikálové polymerace akrylátových nenasycených sloučenin je dána povahou dvojné vazby. Dvojná vazba je tvořena dvěma typy elektronů. Jednu dvojici vytvářejí elektrony π a druhou dvojici vytvářejí elektrony σ. Elektrony σ vytvářejí pevnou vazbu a zaujímají vnitřní pozici ve vazbě, reakce se neúčastní. Elektrony π vytvářejí labilní vazbu a zaujímají ve vazbě vnější pozici, z toho důvodu se polymerace účastní. Polymerace je zahájena pomocí aktivního centra neboli volného radikálu. Volný radikál reaguje s π elektrony dvojné vazby. Dochází k adici akrylátového monomeru na primární volný radikál. Polymerace je doprovázena uvolněním tepla vlivem rozdílů energií mezi elektrony tvořící vazbu π a σ. Polymerace je rozdělena do tří, respektive čtyř po sobě následujících kroků, tedy iniciaci, propagaci, terminaci a transferu. [18]

Prvním krokem je iniciační reakce. Iniciační reakce je tvořena ze dvou kroků. Prvním krokem iniciační reakce je rozpad iniciátoru na volný radikál. Druhým krokem je adice akrylátového monomeru na primární volný radikál. [20] Druhým krokem je propagační reakce, která je označovaná jako růst polymerního řetězce. Jedná se o mnohonásobně opakovanou reakci mezi nenasyceným akrylátovým monomerem a rostoucím radikálem, který vznikl při iniciační reakci. [18] Třetím krokem je terminační reakce, která je označovaná

jako ukončení růstu polymerního řetězce. Při terminační reakci dochází k zreagování dvou rostoucích radikálů. Tyto radikály mohou zreagovat dvojím způsobem. Prvním způsobem je terminace rekombinací. Při rekombinaci dochází ke spojení dvou rostoucích radikálů kovalentní vazbou. Druhým způsobem je terminace disproporcionací. Při disproporcionaci dojde k přenosu vodíku z jednoho rostoucího radikálu na druhý rostoucí radikál. Vznikají tak dvě makromolekuly, z nichž jedna obsahuje na konci řetězce dvojnou vazbu. [18] Čtvrtým krokem je transfer, ke kterému může, ale nemusí docházet. Při transferu dochází k reakci aktivního růstového centra s různými molekulami, například s rozpouštědlem, monomerem, polymerem aj. Těchto transferových reakcí se dá využívat například při regulaci molekulové hmotnosti. CTA jsou regulátory molekulových hmotnostní a pomocí transferových reakcí s těmito molekulami jsme schopni regulovat výslednou molekulovou hmotnost polymeru. Pokud je nový radikál vzniklý transferovou reakcí schopen reagovat s molekulou akrylátového polymeru a reaktivita je totožná s reaktivitou rostoucího radikálu, tak dochází opět k iniciační reakci a tento krok se na rychlosti polymerace neprojeví. Pokud je reaktivita nového radikálu vzniklého z transferové reakce menší, než reaktivita růstového radikálu dochází k retardaci polymerace a tyto látky označujeme jako retardéry. Pokud vzniká nereaktivní radikál při transferových reakcích, jedná se o inhibici polymerace a tyto látky se nazývají jako inhibitory. Inhibice polymerace se průmyslově využívá pro zabránění nechtěným polymeracím. Běžně průmyslově využívané inhibitory polymerace jsou benzochinon, hydrochinon, monomethylether aj. [18]

2.2. Termoplastické pryskyřice

Termoplastické akrylátové pryskyřice jsou akrylátové polymery, které jsou polymerizovány přímo ve vhodném rozpouštědle a vytvářejí film fyzikální cestou, tedy pouhým odpařováním rozpouštědla. Jako takové nepotřebují být oxidovány nebo zesíťovaný, aby vytvořily tvrdý a odolný povrch. Jsou to rychleschnoucí lakové materiály, ale zůstávají trvale rozpustné. [5]

Akrylátové pryskyřice se obvykle dodávají rozpuštěné v rozpouštědlech, jako je toluen, xylen nebo methylethylketon. Jedná se o čiré, bezbarvé roztoky, a pokud zůstanou bez pigmentu, také zaschnou na čiré bezbarvé filmy. Často se používají v nepigmentované formě jako ochranné povrchové povlaky na vakuově metalizované plasty a leštěné kovy, jako je mosaz. [5]

Akrylátové pryskyřice obecně vytvářejí vynikající brusná média pro dispergování pigmentů. K výrobě jemně dispergovaných mletých pigmentů pro laky s vysokým leskem nejsou potřeba žádná externí pigmentová smáčedla. Také termoplastické akrylátové polymery jsou zcela nereaktivní a v důsledku toho jsou stabilní, v případě smíchání s pigmenty a plnivy. Jako takové neodbarvují práškové kovy, jako je například hliník. [5]

2.2.1. Roztoková polymerace

Akrylátové pryskyřice se obvykle vyrábějí roztokovou polymerací, což je proces polymerace akrylátového monomeru v rozpouštědle. Tento typ polymerace se upřednostňuje pro akrylátové polymery s nižšími molekulovými hmotnostmi, poněvadž použité rozpouštědlo často způsobuje transferové reakce. [21,22]

Akrylátové polymery s vysokou molekulovou hmotností je z tohoto důvodu velmi obtížné připravit roztokovou polymerací. Dalším důvodem je, že akrylátové polymery s vysokou molekulovou hmotností mají i vysokou viskozitu což dovoluje práci jen s malým množstvím polymeru, poněvadž manipulace s vysoce viskózními roztoky je obtížná a v průmyslu těžko zvládnutelná. Z tohoto důvodu často roztoková polymerace nahrazuje blokové polymerace, kdy vznikají vysoce viskózní roztoky. [23]

Polymerace akrylátových monomerů je exotermního charakteru a při roztokové polymeraci je snazší kontrola procesu, kdy použité rozpouštědlo napomáhá odvodu reakčního tepla. Proces roztokové polymerace a výsledná molekulová hmotnost vzniklého akrylátového polymeru závisí na spoustě faktorech. Mezi tyto faktory se řadí typ a poměr rozpouštědla k monomeru / monomerům, typ a množství použitého iniciátoru a reakční teplota. [24]

Výsledkem je viskózní roztok, pokud je polymer rozpustný a oddělí se oddestilováním rozpouštědla případně přidáním srážedla. Pokud je polymer nerozpustný vylučuje se ve formě vloček. [25]

2.2.2. Iniciátory roztokové polymerace

Při roztokové polymeraci se používají iniciátory, které jsou rozpustné v monomeru. Výběr použitých iniciátorů závisí na použitém rozpouštědle, kdy i v něm musí být iniciátor rozpustný. Při použití organických rozpouštědel se využívá nejčastěji dibenzoylperoxid, který se při teplotě 80 °C homolyticky rozkládá na dva volné radikály, jedná se o termolabilní vysoce účinný iniciátor. Dalšími používanými iniciátory jsou terciální butylhydroperoxid, laurylperoxid aj., které jsou v porovnání s dibenzoylperoxidem „pomalejší“. Použití těchto „pomalejších“ iniciátorů má za následek neúplnou polymeraci, což způsobí že výsledný

produkt obsahuje stopy nezreagovaného monomeru. Při roztokové polymeraci ve vodných roztocích se využívá peroxid vodíku, nebo peroxodisíran amonný nebo draselný jako iniciátor polymerace. Koncentrací použitých iniciátorů lze regulovat polymerační rychlost a výslednou molekulovou hmotnost. Při nižších koncentracích iniciátorů se dosahuje vyšší molekulové hmotnosti a nižší polymerační rychlosti. Peroxidové iniciátory se rozpadají na radikály různou rychlostí v závislosti na použitém rozpouštědle. Rychlejší rozpad peroxidových iniciátorů má za následek menší molekulovou hmotnost vzniklého akrylátového polymeru. [18]

2.2.3. Teplota

Vzhledem k exotermní povaze polymerace akrylátových monomerů lze kontrolu požadované teploty provádět dvěma způsoby. Prvním způsobem je vedení reakce za refluxu (vypařování) rozpouštědla. Druhým způsobem regulace reakční teploty je kontrolování rychlosti dávkování monomeru do reakční směsi za přítomnosti účinného chlazení. [21]

Pokud se roztoková polymerace vede při teplotě varu rozpouštědla, vznikající páry zabraňují vzájemnému styku polymerujícího roztoku s kyslíkem, čímž dochází k inhibičnímu účinku. Pokud je nutno použít rozpouštědlo, jehož teplota varu je vyšší než reakční teplota, která je optimální pro výslednou molekulovou hmotnost vzniklého akrylátového polymeru je nutno provádět polymeraci v inertní atmosféře dusíku nebo v přítomnosti oxidu uhličitého. V této atmosféře dojde k vyloučení indukční periody způsobené vzdušným kyslíkem, čímž dojde ke zvýšení polymerační rychlosti. [21]

2.2.4. Rozpouštědla

Protože vlastnosti nanášení a sušení akrylátové pryskyřice jsou z velké části řízeny fyzikálními vlastnostmi rozpouštědla obsaženého v pryskyřici, stejně jako interakcí polymeru a rozpouštědla, je nezbytné pečlivě vybrat rozpouštědlo, ve kterém je akrylát rozpuštěn. Pro zajištění dobré rozpustnosti polymeru je důležité sladit parametr rozpustnosti rozpouštědla s parametrem rozpustnosti polymeru. Parametr rozpustnosti je odhad polarity rozpouštědla nebo polymeru a souvisí s intermolekulární energií molekuly (HKE). [26] Koncepty parametru rozpustnosti jsou tabelované hodnoty v mnoha literaturách pro rozsáhlý seznam rozpouštědel [27] U polymerů lze parametr rozpustnosti vypočítat na základě molekulární struktury opakující se jednotky. [28].

Kromě toho, že je koncept parametru rozpustnosti užitečný při odhadování rozpustnosti, je také užitečný při předpovídání odolnosti polymerů vůči rozpouštědlům nebo

jiným organickým látkám. Obecně platí, že polárnější akrylátové polymery budou mít nejlepší odolnost vůči hydrofobním materiálům, jako je benzín, tuk nebo olej. Více hydrofobní akryláty (s nízkými hodnotami rozpustnosti) budou mít lepší odolnost vůči polárním materiálům, jako je voda a alkohol. [21]

Rychlost odpařování rozpouštědla nebo směsi rozpouštědel musí být rovněž pečlivě zvolena tak, aby vyhovovala předpokládanému použití a podmínkám. Pro aplikaci stříkáním jsou zapotřebí středně rychle se odpařující rozpouštědla, aby se zabránilo stékání nízkoviskózní nátěrové hmoty. Pro nanášení válečkem by se použila nátěrová hmota s mnohem vyšší viskozitou, protože jsou vyžadována pomaleji se odpařující rozpouštědla, aby se zabránilo tvorbě filmu na válečku a umožnilo se vytékání nátěrové hmoty z válečku. Protože termoplastické akryláty zasychají odpařováním samotného rozpouštědla, je třeba se vyhnout extrémně pomalu schnoucím rozpouštědlům, která zpomalují vývoj vlastností. [5]

Kromě technologického hlediska je důležitá i vhodná volba rozpouštědla na základě hospodářského hlediska. Při použití roztokových polymerů dochází k odtěkání rozpouštědla nebo je možno ho pomocí nákladných zařízení zachytit. Cena použitého rozpouštědla by měla být brána v potaz a měla by se volit spíše levnější rozpouštědla (toluen), než drahé (benzen). Mezi další důležité faktory při volbě rozpouštědla je snaha o minimalizaci používání hořlavých rozpouštědel (aceton) nebo rozpouštědel škodlivých lidskému organismu (benzen). [21]

2.3. Reaktoplastické akrylátové pryskyřice

Reaktoplastické akrylátové pryskyřice jsou složením velmi podobné akrylátům termoplastického typu, až na to, že obsahují funkční skupiny, jako je karboxyl nebo hydroxyl, které jsou schopné reagovat s jinou polymerní nebo monomerní vícefunkční skupinou za vzniku trojrozměrné síťové struktury. Jak již bylo zmíněno, mechanické vlastnosti termoplastických akrylátových polymerů pro povlaky se obecně zlepšují zvýšením molekulové hmotnosti, ale polymery s příliš vysokou molekulovou hmotností produkují roztoky s vysokou viskozitou omezující zpracovatelnost. Alternativní cestou ke zlepšení vlastností filmu je použití reaktoplastického akrylátového polymeru, který převádí lineární polymerní řetězce se střední molekulovou hmotností na nekonečnou strukturu střední molekulové hmotnosti. Tato zesíťovací reakce probíhá po nanesení povlaku na substrát, často působením tepla, proto se používá termín "termosetace". Aby byly skutečně zesíťovaný, jedna z reaktivních sloučenin musí mít alespoň dvě reaktivní místa, zatímco druhá sloučenina má

alespoň tři reaktivní místa na molekulu nebo řetězec. [5]

Reaktoplastické akrylátové polymery nabízejí oproti termoplastickým akrylátům následující výhody. V první řadě je to zlepšená tvrdost a houževnatost, dále lepší odolnost proti měknutí při zvýšených teplotách, následuje zlepšená odolnost vůči rozpouštědlům, skvrnám a detergentům a v neposlední řadě je to nižší aplikační molekulová hmotnost, což má za následek nižší viskozitu roztoku a následně vyšší obsah pevné fáze při aplikaci. [5]

V průběhu let byly navrženy četné chemické reakce využívající různé funkční skupiny jako prostředky pro zesíťování akrylátových polymerů. V následujících kapitolách jsou však podrobněji rozváděny jen některé komerčně významnější reaktoplastické akryláty, jmenovitě ty zesíťované aminopryskyřicemi, epoxidy a isokyanáty. [5]

2.3.1 Kyselino-funkční akryláty zesíťované epoxidovou pryskyřicí

Pravděpodobně nejodolnější akrylátové emaily jsou založeny na reaktoplastických akrylátových roztokových polymerech, které obsahují kyselé funkční skupiny a reagují s epoxidovou pryskyřicí. Tyto kyselé funkční skupiny typicky reagují s epoxidovou pryskyřicí vzniklou jako polykondenzační produkt reakce mezi bisfenolem A a epichlorhydrinem, která je katalyzovaná hydroxidem sodným. [5]

Polymer v roztoku akrylátu vzniká jednoduše začleněním kyseliny akrylové nebo methakrylové do hlavního řetězce a při vytvrzení za vhodných podmínek reaguje s epoxidem za vzniku esterových vazeb mezi dvěma polymery. [5]

Alternativním reaktantem k epoxidům na bázi bisfenolu A a epichlorhydrinu je další akrylátový polymer, do kterého byla epoxidová skupina začleněna polymerací glycidylakrylátu, glycidylmethakrylátu nebo allylglycidyletheru do akrylátového hlavního řetězce. Tento přístup je však při průmyslovém použití omezený, protože jak po ekonomické stránce, tak po stránkách výsledných vlastností se stále více upřednostňují epoxidy typu bisfenol A. V posledních letech také výrobci epoxidů vyvinuli mnoho alifatických epoxidů ve snaze napodobit výhody produktů na bázi bisfenolu A (tj. vlastnosti a odolnost) bez doprovodných nevýhod (tj. špatná odolnost vůči UV záření). [5]

Akrylátové pryskyřice s karboxylovými funkčními skupinami mají typicky molekulovou hmotnost v rozmezí 10 000 až 50 000 a obsah karboxylových skupin 5 až 20 %. Některé akryláty s vyšším obsahem pevné fáze mají nižší molekulovou hmotnost a vyšší obsah kyselin. Obsah kyseliny v akrylátovém polymeru určuje ekvivalentní hmotnost epoxidové pryskyřice potřebné k reakci s akrylátem k dosažení důkladně zesíťovaného systému. [5]

Styren nebo vinyltoluen jsou často začleněny do akrylátových polymerů jako akrylátové monomery, protože jejich reakční kinetika s akrylátovými monomery je dostačující, protože často zlepšují odolnost vůči alkáliím, a navíc jsou levné. Síťovací reakce mezi karboxylovou skupinou na akrylátovém polymeru a epoxidovou pryskyřicí je poměrně pomalá a vyžaduje bazický katalyzátor, jako je dodecyltrimethylamoniumchlorid nebo tri(dimethylaminomethyl)fenol. V některých případech jsou melaminoformaldehydové pryskyřice dostatečně zásadité k tomu, aby je bylo možné použít jako katalyzátor a mají další výhodu v tom, že vstupují do zesíťovací reakce. [15]

Pro zlepšenou stabilitu je však výhodné přidat katalyzátor k ostatním složkám těsně před použitím. Dokonce i s katalyzátorem jsou požadavky na vypalování nebo vypalování pro kyselinové/epoxidové systémy poměrně vysoké, přičemž typické jsou 15 až 30 minut při 150 až 190 °C. Jistým faktem je, že čím je vyšší teplota vypalování, tím je potřebná kratší doba vypalování k samotnému vytvrzení. Pro určení optimálních podmínek pro daný systém je nejlepší vytvrdit tento systém za různých podmínek vypalování a poté změřit jeho vlastnosti pro stanovení teploty a času potřebného pro dosažení nejlepších vlastností. [5]

Primární použití kyselofunkčních akrylátů zesíťovaných epoxidovou pryskyřicí jsou smalty a nátěry pro vnitřní kovový podklad. Akrylát/epoxidové emaily splňují především nejdůležitější potřeby průmyslu, což je jejich vynikající odolnost vůči alkáliím/detergentům, která je kritická pro nátěry, které přichází do styku s těmito chemikáliemi. Mezi další vlastnosti, které jsou důležité pro průmysl se řadí například tvrdost, odolnost proti poškrábání, odolnost proti mastnotě, odolnost proti skvrnám, pružnost, odolnost proti nárazu a přilnavost k podkladu. Akrylát/epoxidové emaily nabízejí vynikající rovnováhu mezi těmito průmyslem důležitými vlastnostmi. [5]

Nevýhody spojené s akrylát/epoxidovými nátěry jsou obvykle obavy způsobené aromatickou povahou epoxidového síťovacího činidla na bázi bisfenolu A. Jejich nejvýraznějším omezením je špatná odolnost vůči UV záření, což omezuje jejich použití jako venkovní nátěrové hmoty. Při použití ve venkovních prostředích by aromatická část epoxidu bisfenolu A rychle degradovala a docházelo by k časnému křídování. V některých novějších akrylát/epoxidech s vysokým obsahem pevné fáze je obsah epoxidu velmi vysoký, a proto může způsobit problémy se změnou barvy i v interiéru vlivem UV záření. Tam, kde by degradace povlaku vlivem UV záření mohla být fatální, lze alespoň část epoxidu na bázi bisfenolu A nahradit alifatickým epoxidem, čímž se sníží citlivost vůči UV záření. [5]

2.3.2. Akrylátové polymery zesíťované aminopryskyřicemi

Akrylátové polymery obsahující kyselé nebo hydroxylové funkční skupiny mohou být zesíťovaný aminopryskyřicemi, jako jsou například močovina, melamin a benzoguanaminformaldehydové kondenzáty. [29]

Reakce s aminopryskyřicemi obsahujícími skupinu NH-CH_20H jsou možné, protože tato skupina se liší od jednoduchého alkoholu tím, že je mnohem kyselejší a reaktivnější. Podobně je na tom i methylolether (je-li zakončen alkoholem), protože je reaktivnější než konvenční dialkylether. Podmínky vytvrzování požadované pro akryláty s kyselinofunkční skupinou zesíťované aminopryskyřicemi jsou přibližně 30 minut při 150 °C, zatímco pro akrylátové kyseliny s analogickými funkčními skupinami je reakce snadnější a vyžaduje 30 minut při 125 °C s kyselým katalyzátorem [30].

Vzhledem k tomu, že reakce kyselina-metylol je relativně pomalá, umožňuje samokondenzaci aminopryskyřice, což snižuje celkovou tuhost a odolnost. [31]

Akryláty s hydroxylovými funkčními skupinami jsou proto upřednostňovány místo polymerů s kyselými funkčními skupinami a nejčastěji se používají v kombinaci s methylolovaným nebo butylovaným melaminoformaldehydem nebo benzoguanamin-formaldehydovým kondenzátem. Močovinoformaldehydové kondenzáty jsou méně odolné a bylo zjištěno, že mají nižší lesk a horší chemickou odolnost. Hydroxylová funkční skupina je začleněna do akrylátového polymeru kopolymerací monomerů, jako je hydroxyethylakrylát (HEA) nebo hydroxyethylmethakrylát (HEMA). Tento typ kombinace dává vznik zesíťovaným akryláto-aminovým emailům s mimořádnou povětrnostní odolností, dobrou tvrdostí a odolností proti poškození a rovněž vynikající odolností vůči působení rozpouštědel. Akrylát-aminové reaktoplastické emaily byly proto velmi úspěšné při nahrazování méně odolných alkydových-melaminových systémů například v automobilových aplikacích jako vrchní nátěr a obecné průmyslové povrchové úpravy. Průmysl nátěrových hmot se v průběhu posledních let silně spoléhá na tento typ reaktoplastického akrylátu, protože nabízí vynikající odolnost akrylátových povlaků s lepší odolností vůči rozpouštědlům a zvýšeným teplotám. Nabízí také výrazně vyšší sušiny při aplikaci. [5]

Dalším důvodem, proč se technologie akrylát-aminových pryskyřic stala tak populární, je chemická všestrannost, kdy lze vlastnosti snadno měnit pomocí různých hodnot T_g akrylátových monomerů, akrylátových funkčností a typu a úrovně zesítění. Tyto aspekty jsou velmi důležité při obecném průmyslovém zlepšování, kde musí být povlaky často přizpůsobeny konkrétnímu konečnému použití. [32].

Alternativní přístup k reaktoplastickému akrylátovému polymeru je příprava

akrylátového polymeru, který obsahuje funkční skupinu analogickou kondenzátu melaminoformaldehydu. Methylolové nebo methyloletherové skupiny mohou být připojeny k akrylátovému hlavnímu řetězci, což má za výsledek, že polymer může samovolně kondenzovat, což vede k zesíťované struktuře bez potřeby externího síťovacího činidla. V první fázi se syntetizuje akrylátový polymer obsahující akrylamid (AM). Syntéza probíhá obvykle radikálovou roztokovou polymerací v roztoku alkoholu nebo v kombinaci alkoholu a aromatického rozpouštědla. Při syntéze se často přidává merkaptan, jako u většiny reaktoplastických akrylátových polymerů, z důvodu kontroly výsledné molekulové hmotnosti, který funguje jako regulátor molekulové hmotnosti. Po dokončení polymerace se polymer nechá zreagovat s formaldehydem, kdy vzniká methylolamid. Reakce je kysele katalyzována, kdy katalyzátor způsobí etherifikaci přítomným alkoholem, obvykle butanolem. [33]

Jako alternativní způsob může být akrylátový monomer, který je před polymerací methylován. Finalizované methylolované amidakrylátové polymery snadno kondenzují, pokud jsou kysele katalyzovány, pomocí vypalování po dobu 30 minut při 150 °C. Kondenzační proces methylolovaných amidakrylátových polymerů je dvoufázová reakce, kdy vedlejším produktem je voda. [34]

Pokud byl methylolovaný amid etherifikován butanolem namísto vody, jako vedlejší produkt by se získala směs butanolu a dibutyletheru. Tyto typy samokondenzujících akrylátových pryskyřic mohou také reagovat s aminopryskyřicemi. Použití methylolamidakrylátů spočívá v tom, že nevykazují žádné výrazné nedostatky a jsou z nich velmi odolné povlaky pro všeobecné použití. [5]

2.3.3. Isokyanátové akryláty

Akrylátové roztokové polymery, které jsou zesíťovaný izokyanáty, často označované jako akrylátové urethany, jsou jedinečné mezi různými síťovacími systémy, protože se vytvrzují za běžných podmínek, což znamená, že nevyžadují vypalování. Isokyanátová skupina N=C=O je extrémně reaktivní a síťuje s jakýmkoliv typem funkční skupiny, která má kyselý atom vodíku. Mezi funkční skupiny s kyselým vodíkem se řadí aminy, alkoholy, močoviny, uretany, karboxylové kyseliny a amidy. Akrylátové polymery navržené tak, aby byly zesíťovaný isokyanátovými pryskyřicemi, obecně obsahují hydroxylové funkční skupiny začleněné do hlavního akrylátového řetězce pomocí polymerací hydroxyethylakrylátu (HEA) nebo hydroxyethylmethakrylátu (HEMA). Existuje šest základních typů vytvrzovacích mechanismů pro uretanové povlaky. [5]

Při použití dvousložkových polyisokyanátových/polyhydroxylových pojiv převládají

akrylátové uretany na bázi povětrnostně odolných hydroxylfunkčních akrylátů. Hydroxylfunkční akrylát při reakci s isokyanátovou pryskyřicí poskytuje uretanovou vazbu na které je navázaný akryl. [5]

Používané isokyanáty jsou obvykle alifatické, jako je například adukt hexamethylendiisokyanátu (HMDI), z důvodu horší barvy a vnější trvanlivosti spojené s aromatickými typy isokyanátů. Zatímco aromatické druhy isokyanátů reagují rychleji než alifatické typy, je k dispozici široká škála katalyzátorů, které lze použít k urychlení vytvrzování alifatických isokyanátů. Průmyslově využívané katalyzátory pro urychlení vytvrzovací reakce jsou triethylendiamin, naftenát zinečnatý a dibutylcín-dilaurát. [35]

Akrylátové roztokové polymery zesíťované alifatickými izokyanáty jsou ideální pro aplikace, kde je vyžadován mechanicky a chemicky odolný povlak, ale kde vypalování není možné kvůli velikosti nebo teplotní citlivosti předmětu, který má být povrchově upraven. Akrylátové uretany jsou proto neocenitelné v průmyslu nátěrových hmot, kde jsou vyžadovány vysoce kvalitní nátěry například pro letadla, železniční vozy, nákladní automobily, autobusy, opravárenské nátěry automobilů, nátěry těžkých strojů a vysoce odolné nátěry pro údržbu. Akrylátové uretany kombinují vlastní odolnost akrylátů vůči UV záření a povětrnostní odolnost se schopností zesíťování alifatickými isokyanáty k výrobě tvrdých, houževnatých, chemicky odolných a vysoce kvalitních povlaků. Hlavní nevýhodou akrylátových uretanů je, že se jedná o dvousložkový systém a nelze je tak míchat, dokud nejsou připraveny k aplikaci, protože jsou vysoce reaktivní a mají krátkou dobu zpracovatelnosti. [5]

Vzhledem ke stále větší pozornosti na životní prostředí a větší kontrole emisí, byly pro splnění přísnějších předpisů VOC vyvinuty akryláty s nižší molekulovou hmotností a vyšším obsahem pevné fáze s hydroxylovou funkční skupinou. Se vzrůstajícím obsahem pevné fáze v akrylátu se snižuje množství použitých rozpouštědel ve formulacích nátěrových hmot. Ke kompenzaci nižší molekulové hmotnosti je jedním ze způsobů, jak zlepšit výsledné vlastnosti povlaku, zvýšit obsah hydroxylů, což zase vyžaduje vyšší množství použitého isokyanátu. Alternativním přístupem ke snížení množství použitého rozpouštědla nebo k vyššímu obsahu pevné fáze je zkalení akrylátového uretanu reaktivním ředidlem, který je v kapalné fázi a působí jako rozpouštědlo, ale poté reaguje a naváže se na zesíťovanou síť. [36]

Jedním takovým ředidlem je nízkomolekulární difunkční oxazolidin, který nereaguje s isokyanáty, dokud okolní vlhkost neotevře oxazolidinový kruh a uvolní se jak hydroxylové, tak aminové funkční skupiny. Tento typ systému má tu výhodu, že se jedná o stabilní systém s izokyanáty, v moment, kdy je z nátěrové hmoty vyloučena vlhkost. Protože má každá

molekula čtyři reaktivní místa, dochází ke zvýšení hustoty příčných vazeb a zároveň ke snížení emisí rozpouštědel. [37]

2.4. Reaktoplastické akrylátové emulze

Stejně jako v případě roztokových akrylátů mohou být funkční skupiny začleněny do hlavního řetězce polymeru akrylátové emulze tak, aby po nanesení na substrát mohla reagovat s jinou funkční skupinou za vzniku zesítěného polymeru. Typickými funkčními skupinami jsou hydroxylové nebo hydroxyl/kyselinové a jejich vznikající akrylátové emulze zesíťovaný močovinovými nebo melaminovými pryskyřicemi. Kyselinofunkční akrylátové emulze mohou být zesíťovaný emulgovanými epoxidovými pryskyřicemi. Mechanismus těchto systémů je identický s mechanismem síťování diskutovaným dříve pro akrylátové pryskyřice na bázi rozpouštědla. Po zesítění emulzní „nekonečná“ molekulová hmotnost poskytuje odolnost vůči rozpouštědlům a chemikáliím spolu s tvrdostí a houževnatostí. Vhodnou úpravou úrovně funkčnosti, množství síťovacího činidla a volbou T_g jednotlivých akrylátových monomerů lze navrhnout akrylátové emulze přímo na zakázku pro konkrétní aplikaci. [5]

Reaktoplastické akrylátové disperze poskytují filmy výrazně tvrdší, s lepší odolností vůči rozpouštědlům a detergentům a pružnější než akrylátové disperze. K síťování reaktoplastických akrylátových disperzí s vhodnou síťující sloučeninou dochází při teplotách 150 až 180 °C po dobu 30 minut. Výsledné filmy poskytují 75 až 80 % lesku, což je pro mnoho aplikací dostačující. [5]

Po mnoho let se stavební průmysl spoléhá na akrylátové emulze s hydroxylovými funkčními skupinami, které reagují s močovinou nebo melaminem, aby pokryly produkty, jako jsou sololit, dřevěné panely, šindele a kovové předměty. V interiérových aplikacích, jako jsou dřevěné obklady, nabízejí tyto emulze srovnatelnou rychlost vytvrzování a srovnatelné vlastnosti jako alkyd/močovinové systémy na bázi rozpouštědel. V aplikacích „coil-coating“ nabízejí reaktoplastické akryláty vysoký lesk, vynikající odolnost, dobrou ochranu proti korozi a také dobrou nanášecí schopnost. Obvykle jsou tyto systémy katalyzovány kyselým katalyzátorem, aby se dosáhlo nejrychlejšího a zároveň nejnižší teploty vytvrzení. [38]

Nedávným vývojem v technologii síťování akrylátových emulzí je systém zesíťovaný epoxidem, což je systém, který lze vytvrzovat za běžných podmínek, který má mnoho aplikací, ale bylo zjištěno, že je zvláště užitečný v údržbových nátěrech. Kromě vytvrzování za běžných podmínek jsou atraktivním faktem tohoto systému jeho vynikající ranné vlastnosti

vyplývající z vysokomolekulární akrylátové emulze, která poskytuje dostatečnou odolnost až do úplného zesítění epoxidu. [39]

Silnými stránkami akrylát-epoxidové emulze jsou odolnost vůči skvrnám, rozpouštědlům a chemikáliím spolu s vynikajícími povětrnostními vlivy. Neméně klíčovou vlastností je velmi dobrá korozní odolnost [40].

2.5. Akrylátové disperze

Akrylátové disperze neboli akrylátové emulze jsou dvoufázový systém, ve kterém jsou kapičky akrylátového polymeru dispergovány ve vnější vodné fázi, obvykle pomocí emulgátoru (tj. povrchově aktivní látky). Na rozdíl od některých polymerních emulzí, jako jsou alkydy nebo epoxidy, které jsou emulgovány jako již existující pryskyřice, jsou akrylátové emulze vytvářeny procesem emulzní polymerací, kde jsou kapičky monomeru emulgovány ve vodě a poté polymerizovány. [41]

Jedná se o disperzi akrylátové a methakrylátové kyseliny, která se do řetězce zabudovává, obvykle v menším množství, do hydrofóbních řetězců akrylátových i jiných polymerů a kopolymerů za účelem dobré hydrofilizace dispergované části. [42]

Akrylátové disperze se řadí mezi vodné disperze syntetických polymerů a vodou ředitelné nátěrové hmoty a jsou do jisté míry speciální formou polymerů. Jedná se o heterogenní systém, v němž vzniká velký mezifázový povrch. Mezifázový povrch je tvořen vodnou fází a dispergovanými kulovými částicemi se submikroskopickými velikostmi. Akrylátové disperze se řadí mezi koloidní roztoky a vyrábí se radikálovou emulzní polymerací. Při tvorbě akrylátových disperzí je tedy nutno brát ohledy i na makromolekulární chemii. Polymer je makromolekulární látka, která se skládá z velkého počtu výchozích jednotek, zvaných jako nízkomolekulární monomery. Pokud je polymer složen ze stejných typů monomerů je nazýván jako homopolymer. Je-li polymer složen z více typů monomerů hovoříme o kopolymeru a jako takový se vyrábí kopolymerací. Disperzní soustava je označení pro částice, které jsou rozptýleny v homogenním prostředí, kdy systém částic a prostředí může zaujímat jakékoliv skupenství. Velikost rozptýlených částic se u akrylátových disperzí pohybuje ve velikostech 10^{-7} až 10^{-6} cm pro molekulární disperze a 10^{-3} až 10^{-1} cm pro hrubé disperze. Vodné disperze akrylátových polymerů je souhrnné označení pro systém stabilní disperze rozptýlených částic akrylátového polymeru ve vodném prostředí. Obecně se vodné disperze polymerů označují také jako latexy případně polymerní emulze. [43]

Na základě aplikačních vlastností se volí samotné složení akrylátové disperze. Akrylátové disperze mají většinou velmi malou viskozitu a velmi malé velikosti částic, řádově 0,2 μm. V této velikosti částic dochází k tomu, že disperze jsou zabarveny do modra. Složení disperzí je voleno tak, aby obsahovala 40-50 hm. % pevné fáze. Vzhledem k tomu, že disperze má příliš malé částice, jedná se o nestabilní systém, který je třeba stabilizovat tenzidy v množství okolo 7 % vztaženo na množství monomerů. Stabilita se dále zvyšuje přídavkem 1-2 % kyseliny akrylové nebo methakrylové, která navíc zvyšuje odolnost vůči mrazu a zvyšuje smáčivost pigmentů. [44]

Mezi hlavní suroviny formulace akrylátové disperze se řadí akrylátové monomery, emulgátory, často zvané jako ochranné koloidy, které fungují jako povrchově aktivní látky a iniciátory. Tyto suroviny jsou základními složkami formulace akrylátových disperzí. Dále se používají „přídavné“ suroviny, kterými mohou být aditiva, regulátory pH, regulátory relativní molekulové hmotnosti, elektrolyty, rozpouštědla aj. [45,46]

Fyzikální chemie akrylátových disperzních polymerů je v podstatě stejná jako u jejich roztokových polymerních analogů a filmotvorné vlastnosti disperzí lze řídit manipulací se složením polymeru a molekulovou hmotností stejně jako u akrylátových roztokových polymerů. Viskozita emulze však není ovlivněna molekulovou hmotností polymeru, protože vlastnosti roztoku se netýkají emulze, polymer je nerozpustný v kontinuální vodné fázi. Pro co nejlepší fyzikální vlastnosti je proto molekulová hmotnost akrylátových emulzí obecně vyšší než molekulová hmotnost akrylátových roztokových polymerů, tedy mezi 100 000 až 1 000 000 pro emulzi versus 75 000 až 100 000 pro akrylátové roztokové polymery. [5]

Velikost částic emulze je také velmi důležitá při určování vlastností a musí být pečlivě kontrolována. Například schopnost emulze tvořit film, stejně jako její schopnost vázat pigment, závisí na velikosti částic, přičemž menší velikosti částic jsou lepší než velké velikosti částic. Velikost částic ovlivňuje viskozitu emulze, přičemž velké velikosti částic jsou obecně spojeny s nízkou viskozitou. [5]

Akrylátové emulzní polymery, také známé jako akrylátové latexy, jsou již dlouhou dobu hlavním pilířem trhu architektonických nátěrů, zejména v exteriérových barvách, kde je velmi důležitá jejich trvanlivost. Regulace čistého vzduchu také v posledních letech posílila pozici akrylátových emulzí, obvykle na úkor rozpouštědlových alkydů. Použití akrylátových emulzí vzrostlo také v aplikaci pro průmyslové nátěry v důsledku omezení a snahu o snížení emisí rozpouštědel. Současně se vlastnosti akrylátových emulzních polymerů na trhu průmyslových nátěrových hmot zlepšily, takže nyní nabízejí výkon podobný jejich protějškům na bázi rozpouštědel. [5]

2.5.1. Monomery akrylátových disperzí

Monomery využívané pro akrylátové disperze lze jednoduše nazvat jako deriváty kyseliny akrylové a methakrylové. Z chemického hlediska se jedná o alifatické estery (akryláty a methakryláty), hydroxyestery, glycidylestery, nitrily (akrylonitril a methakrylonitril), amidy (akryloamid a methakryloamid), methylolamid a alkoxymethylamid případně jiné deriváty. [43]

Syntéza kyseliny akrylové se provádí dvoustupňovou katalytickou oxidací propenu vzdušným kyslíkem ve směsi s vodní párou. Další možností syntézy je dehydratace a esterifikace ethylenkyanhydridu nebo karbonylace acetylenu. [43,47]

Nejběžnějším způsobem syntézy kyseliny methakrylové je reakce acetonkyanohydridu s kyselinou sírovou za vzniku methakrylamidsulfátu. Tento derivát se dále hydrolizuje na kyselinu methakrylovou nebo esterifikuje na methylmethakrylát v jednom kroku. Dalším typem syntézy je oxidace isobutylenu nebo terciálního butanolu na methakrolein a poté na kyselinu methakrylovou. Methakrolein lze také získat z formaldehydu a ethylenu. Dále lze kyselinu methakrylovou získat pomocí dehydrogenace kyseliny izomáselné. [48]

V praxi se však výhradně vyrábí akrylátové disperze pomocí kopolymerů, z důvodu získání požadovaných mechanických a aplikačních vlastností. [43]

2.5.2. Emulgátory akrylátových disperzí

Při emulzní polymeraci jsou částice polymeru stabilizovány emulgátory nebo ochrannými koloidy, které jsou adsorbovány na jejich povrchu. Emulgátory jsou látky, které snižují povrchové napětí na styku obou fází. Mají část hydrofobní, tvořenou zpravidla nerozvětveným uhlíkovým řetězcem, který je nepolární a nerozpustný ve vodě a část hydrofilní, která je tvořena polární částí, většinou zvanou jako hlavička, která je rozpustná ve vodě. Emulgátory se dělí na anionaktivní, kationaktivní a neionogenní. Emulgátory se přidávají v množství 0,1 až 1 hm. % vztaženo na vodnou fázi. Emulgátory umožňují vznik kulovité micely ve vodné fázi, v nichž je solubilizován monomer a uvnitř micely probíhá samotná polymerace. [45,46]

Při emulzní polymeraci se mohou přidávat i ochranné koloidy, přičemž jejich použití má určitý význam. Ochranné koloidy jsou makromolekulární látky rozpustné ve vodě, jako například polyvinylalkohol, želatina, polyvinylpyrrolidon aj. Ochranné koloidy se přidávají ve větší koncentraci, než emulgátory a to ve 4 až 5 hm. %. [45,46]

Anionaktivní emulgátory jsou soli mastných kyselin, alkylsulfáty, alkylsulfonáty, alkylarensulfonáty a alkylfosfáty. [43] Kationaktivní emulgátory se používají zřídka při

emulzních polymeracích. Z chemického hlediska se jedná o primární, sekundární nebo terciální soli aminů nebo kvartérní amoniové soli. [43] Neiongenní emulgátory jsou využívány při emulzních polymeracích nejvíce. Jejich účinnost je nezávislá na hodnotě pH i polyvalentních iontů vázaných ve vodné fázi. Jedná se o sloučeniny, které mají hydrofilní a hydrofobní část molekuly vázanou etherovými, esterovými nebo amidovými vazbami. Mezi neionogenní emulgátory využívané v průmyslovém měřítku se řadí polyethoxylované kyseliny a jejich amidy, alkoholy a alkylfenoly. [43]

Deriváty celulosy, jako je methylcelulosa, karboxymethylcelulosa, hydroxyethylcelulosa a hydroxypropylcelulosa se řadí mezi ochranné koloidy využívané při emulzní polymeraci. [43]

Polyvinylalkohol se využívá taktéž při emulzních polymeracích jako ochranný koloid. Povrchové napětí a viskozita polyvinylalkoholu závisí do značné míry na relativní molekulové hmotnosti a na stupni hydrolýzy, při emulzní polymeraci jsou využívány polyvinylalkoholy se stupněm hydrolýzy 80 % nebo 87 %. [49]

2.5.3. Iniciátory akrylátových disperzí

Při polymeracích se využívají iniciátory, též zvané jako katalyzátory. Jsou to látky, které vytvářejí volné radikály, které následně štěpí labilní vazbu akrylátových derivátů. Primární volné radikály mohou být převedeny z iniciátorů různými způsoby. Prvním způsobem je vytvoření radikálů pomocí redoxního iniciačního systému, kdy iniciátor přejde na aniont a radikál. Druhým způsobem je homolytické termické štěpení termických iniciátorů nebo fotolabilní štěpení fotoiniciátorů vlivem použitého záření, např UV. Radikály se mohou vytvářet i ze samotných monomerů pomocí štěpení dvojných vazeb při termickým nebo fotolytickým štěpení. Toto štěpení nastává, pokud jsou použity urychlené elektrony, nebo elektromagnetické záření o vysoké energii. Elektromagnetické záření o vysoké energii a malé vlnové délce využívané pro štěpení dvojných vazeb monomerů může být například rentgenové záření nebo α, β či γ záření. [18,50]

V praxi se však nejvíce využívá vytváření volných radikálů pomocí iniciátorů. Iniciátory jsou peroxidické sloučeniny (diacylperoxidy, dialkylperoxidy, peroxoestery, hydroperoxidy, peroxid vodíku, peroxodisírany aj.) a azosloučeniny. Peroxidické sloučeniny se rozkládají za vzniku radikálů, a to termolabilním a fotolabilním štěpením nebo redoxním iniciačním systémem. Typickým iniciátorem azoiniciátorů je azo-bis-isobutyronitril (AIBN) a termickým iniciátorem dibenzoxylperoxid. Rozklad peroxosloučenin na volné radikály je urychlen použitím terciálních aromatických aminů. [18,51]

Účinnost jednotlivých iniciátorů je ovlivněna efektem, který se nazývá klecový efekt. Z důvodu pomalé difúze radikálů v systému může docházet k tomu, že část volných radikálů zanikne dříve, než dojde ke štěpení labilní vazby monomerů. Rychlost štěpení iniciátorů je ovlivněna strukturou sloučeniny a teplotou. Rychlost štěpení iniciátorů je charakterizovaná veličinou poločas rozpadu, která je charakteristická symbolem $\tau_{1/2}$. Poločas rozpadu je veličina, která vyjadřuje dobu, kdy se rozpadne ½ množství daného iniciátoru. Tato veličina je závislá na aktivační energii, a jelikož jednotlivé iniciátory vykazují různé hodnoty aktivačních energií při různých teplotách, jsou i jejich hodnoty poločasu rozpadu odlišné. [18]

2.5.4. Voda

Při emulzní polymeraci je voda a její složení velmi důležitým aspektem pro výslednou akrylátovou disperzi. Vodné médium zodpovídá za průběh reakce, umožňuje převod tepla a funguje jako rozpouštědlo pro vodou rozpustné složky. Chemické složení vodné fáze zodpovídá za kvalitu vodného média. Ionty Ca^{2+}, Mg^{2+} a Al^{3+} mohou způsobit koagulaci disperze během polymerace, při skladování nebo při aplikaci, z důvodu možné reakce s povrchově aktivními látkami (tenzidy) za vzniku nerozpustných solí. Ionty Cu^{2+} přítomné ve vodné fázi způsobují inhibici polymerace. Ionty Fe^{2+} mají za následek pozitivní ovlivnění rychlosti redoxních iniciačních reakcí. Tvorba micel a adsorpce stabilizujících tenzidů na povrch částic je ovlivněna jednomocnými ionty Na^{+} a K^{+}. Z výše zmíněných důvodů plyne objasnění, že při emulzní polymeraci se výhradně využívá změkčená či demineralizovaná, nebo častěji destilovaná voda. [43]

2.5.5. Ostatní pomocné látky

Mezi pomocné látky emulzní polymerace se nejčastěji používají regulátory pH a modifikátory relativní molekulové hmotnosti zvané jako regulátory molekulové hmotnosti (CTA). [43]

Hodnota pH reakční směsi má vliv na celkovou rychlost emulzní polymerace, stabilitu koloidního systému i rychlost hydrolýzy nižších akrylátových monomerů. V průmyslu se často využívají peroxodisírany jako iniciátory radikálové polymerace, které vytvářejí hydrogensírany, které však snižují hodnotu pH vodné fáze a akrylátové monomery polymerují převážně v kyselé oblasti. Hodnoty pH reakční směsi lze upravit pomocí přídavku některých alkalických hydroxidů, alkalických uhličitanů, hydrogenuhličitanů, boraxu, kyseliny octové, kyseliny akrylové, aj. [43]

Při emulzní polymerační reakci vznikají polymery o vysoké molekulové hmotnosti, řádově 10^6, pokud je však žádoucí nižší molekulová hmotnost využívají se regulátory molekulové hmotnosti. Regulátory molekulové hmotnosti jsou sloučeniny, které podporují transferové reakce, které způsobí snížení molekulové hmotnosti výsledného polymeru. Mezi průmyslově využívané regulátory molekulové hmotnosti se řadí sloučeniny obsahující halogenovou skupinu a sloučeniny síry, například merkaptany. [52]

2.5.6. Příprava akrylátových vodných disperzí

Akrylátové disperze se vyrábí jako homopolymery, ale výhradně jako kopolymery, které jsou následně využívány jako nátěrové hmoty na širokou škálu podkladů. Volbou vhodných monomerů je dosaženo požadovaných aplikačních a mechanických vlastností. Jedná se o termoplastické polymery, které se po zahřátí stávají plastickými, tvárnými až kapalnými a po ochlazení se stávají zase pevnými. Všechny tyto změny závislé na teplotě mohou nastávat opakovatelně. [53,54]

Mezi jejich přednosti patří vynikající transparentnost, pokud se do formulace nepřidávají pigmenty, a odolnost vůči povětrnosti. Jako takové se vyrábí řetězovou reakcí zvanou jako polymerace a výhradně emulzní polymerací. Princip polymerace je převedení monomerů derivátů kyseliny akrylové a methakrylové na polymery. [53,55]

2.5.7. Emulzní polymerace

Mezi průmyslově používané typy polymerací se řadí blokové polymerace, roztokové polymerace, suspenzní polymerace a emulzní polymerace. Jednotlivé typy polymerací se od sebe odlišují mechanismem a prostředím. Pro výrobu akrylátových disperzí se využívají výhradně emulzní polymerace. Při emulzních polymeracích se vyrábí akrylátové disperze zvané jako latexy, jedná se o termoplastické polymery. [18]

Akrylátové disperze vznikají pomocí emulzní polymerace a nazývají se latexy. Emulzní polymerace je typ radikálové polymerace, který je po mechanických stránkách nejtěžší. Jedná se o proces, kdy je akrylátový monomer emulgován ve vodné fázi a radikálovou polymerací převeden na akrylátový polymer. Během polymerace systém zůstává ve formě emulze. Výsledkem emulzní polymerace je latex, což je disperze kulových částic polymeru, kdy částice mají průměr v řádech μm. [43]

Emulzní polymerace je radikálová polymerace probíhající ve vodném prostředí s přídavkem povrchově aktivních látek, tedy emulgátorů. Vzhledem k tomu, že se vodná fáze účastní polymerace je nutno použít iniciátory rozpustné ve vodné fázi. Při emulzní polymeraci

je možno polymerovat monomery nerozpustné ve vodné fázi. Vzniklá akrylátová disperze musí být stabilizovaná. Vzniká totiž koloidní heterogenní systém, který obsahuje velký mezifázový povrch. Stabilita disperze je ve většině případech zajištěna elektrostatickým nábojem na povrchu povrchově aktivních látek nebo pomocí ochranných koloidů, kde dochází k sférické stabilizaci. [21]

Mezi základní složky emulzní polymerace se řadí vodná fáze, monomer nerozpustný ve vodě, iniciátor rozpustný ve vodě a emulgátor, tedy povrchově aktivní látka. Pro akrylátové disperze se využívá akrylátových a methakrylátových monomerů, jako iniciátory se využívají peroxodisírany nebo oxidačně-redukční systémy a jako emulgátor se používají anionaktivní, kationaktivní a neionogenní povrchově aktivní látky. Vznik akrylátových disperzí lze rozdělit na tři kroky, tedy na nukleaci částic, růst částic a dokončení polymerace uvnitř částic. [18]

Ve vodné fázi dochází ke vzniku micel z důvodu použití povrchově aktivních látek. Povrchově aktivní látka se skládá z hydrofilní a hydrofobní části. Hydrofobní část se naváže na vodnou fázi a hydrofilní část se naváže na monomerní část. Uvnitř micely se vyskytují monomery a proces polymerace je zahájen reakcí této monomerní fáze s radikálem. V každé micele musí být nanejvýš jeden radikál, druhý by způsobil terminaci. [18]

Polymer se získává koagulací, která nastává buď změnou pH nebo přídavkem elektrolytů. Zajímavostí oproti ostatním typům polymerace je, že rychlost polymerace lze zvýšit koncentrací emulgátoru, nikoliv iniciátoru jako u blokové, roztokové nebo suspenzní polymerace. Zvýšením rychlosti polymerace se zvyšuje i polymerační stupeň u ostatních typů polymerace dochází ke snížení polymeračního stupně při zvýšení polymerační rychlosti. [45]

2.5.8. Rozdělení vodných akrylátových disperzí

Vodné akrylátové disperze je možno rozdělit do několika odlišujících se skupin. Tyto jednotlivé druhy akrylátových vodou ředitelných disperzí našly široké uplatnění v průmyslu nátěrových hmot. [56]

První skupinou jsou homopolymerní disperze s vnějším plastifikátorem, jedná se o systém, který obsahuje větší částice polymeru, které musí být stabilizovány ochranným koloidem. Jedním z průmyslově známých akrylátových disperzí je směs akrylátových monomerů, které jsou následně pomocí radikálové polymerace převedeny na polymery s obsahem změkčovadla dibutylftalátu a ochranného polyvinylacetátového koloidu. Vnější plastifikátory jsou taková změkčovadla, která se nezabudují do řetězce výsledného polymeru. [56]

Druhým typem jsou kopolymerní disperze s vnitřním změkčovadlem. Jedná se o kopolymerní disperze akrylátových polymerů s vinylacetátem. Vnitřní změkčovadla se zabudovávají do řetězce. [56]

Třetím typem je „Core-Shell“ disperze. Jako takové jsou připravovány dvoustupňovou emulzní polymerací. „Core-shell“ disperze jsou systémy, kdy vznikají heterogenní částice, které určují konečné vlastnosti polymeru. Vzhledem k rozdílným částicím systém obsahuje oblasti s různými vlastnostmi a složením. Technologie výroby spočívá v přípravě jednoho polymeru o zadaném složení a výroba druhého polymeru v blízkosti prvního s odlišným složením oproti prvnímu polymeru. Dochází ke vzniku systému, kdy „Core“ neboli jádro tvoří jeden polymer a „Shell“ neboli slupku tvoří druhý polymer. O tom, který polymer obsahuje, jakou část systému rozhoduje mnoho parametrů, jako je například polarita jednotlivých fází polymerů, kinetika a termodynamika polymerace, mezifázové napětí polymerů aj. Touto technologií lze vytvořit systémy, jejichž vlastnosti jsou velmi specifické a tvoří velké množství rozdílných struktur částic. [56]

Posledním typem jsou „Power-feed“ disperze. Tyto disperze jsou velmi podobné „Core-Shell“ disperzím, s tím rozdílem, že touto technologií lze připravit systémy, jejichž částice mají kontinuálně proměnné složení, tedy jejichž složení se postupně mění směrem od centra částic k jejich povrchu. Tohoto typu disperze lze dosáhnout postupným měněním složení směsi monomerů v průběhu radikálové polymerace. [56]

Jedním z klíčových důvodů vodou ředitelných akrylátových povlaků je požadavek na menší množství těkavých organických sloučenin (VOC) bez ztráty vlastností tvrdosti. Spojení těchto zdánlivě protichůdných vlastností s dalšími požadavky konečných vlastností, jako je vynikající odolnost proti korozi a odolnost proti povětrnostním vlivům může představovat vážnou výzvu pro dodavatele surovin i výrobce nátěrových hmot. Touto výzvou se zabývají studie, které přišly s unikátní hybridní technologii akryl/uretan, která spojuje tvrdou akrylátovou dominantní fázi s měkkou polyuretanovou minoritní fází, a vývoj nového samozesíťujícího hybridního polymeru, který kombinuje nízkou rovnováhu mezi VOC a mezi rychlým vývojem tvrdosti s vynikající odolností proti korozi a odolností proti povětrnostním vlivům v jednosložkovém vodou ředitelném systému. V hybridu působí měkká polyuretanová fáze jako systém pro rychlou difúzi a uvolňování koalescentu z filmu, což vede ke zlepšenému vývoji tvrdosti ve srovnání se samotným tvrdým akrylem. Měkká polyuretanová fáze také přispívá k dobré tvorbě filmu při snížených hladinách VOC. Mechanismus rychlejšího uvolňování koalescentu umožňuje výrazně lepší odolnost proti blokování, vtisku a nečistotám. Vynikající odolnost proti korozi a trvanlivost jsou důsledkem tvorby částic

polymer-pigmentového kompozitu a procesu tvorby filmu, který nabízí zlepšenou distribuci pigmentu v suchém filmu. Tyto povlaky a detaily mechanismu spolu s výkonnostními vlastnostmi nového hybridního polymeru akryl/uretan jsou zkoumány v korozivzdorných povlacích pro ochranu kovu. [57]

V posledních letech byla vyvinuta metoda podle studií bez těkavých organických sloučenin (VOC) pro syntézu poly(hydroxyuretan)–(meth)akrylátových vodou ředitelných hybridních disperzí. Poly(hydroxyurethan) (PHU) syntetizovaný hromadnou aminolýzou derivátů cyklických karbonátů za použití diaminů na bázi rostlinných olejů z biozdrojů, který byl rozpuštěn v (meth)akrylátových monomerech. Roztok byl dispergován ve vodě a polymerizován v miniemulzi. Byly získány hybridní částice vykazující morfologii jádro-slupka s PHU ve slupce. Byly studovány vlastnosti povlaku odlitého z těchto disperzí a bylo zjištěno, že pouhou změnou obsahu PHU a podmínek lití lze získat velmi odlišné mechanické vlastnosti hybridů PHU–(meth)akryl. Všestrannost syntetické metody, která není omezena na typ (meth)akrylátových monomerů, otevírá cestu k získání široké škály ekologických uretan-akrylátových povlaků a lepidel bez obsahu VOC a izokyanátů. [58]

Dalším typem je podle studií hybridní vodou ředitelná alkyd-akrylátová disperze s obsahem pevné fáze okolo 40 % bez jakýchkoliv povrchově aktivních látek a bez jakéhokoliv organického rozpouštědla. Jedná se o produkt syntetizovaný ko-kondenzační reakcí v tavenině mezi akrylátovým prepolymerem nesoucím karboxylové skupiny a alkydovou pryskyřicí s dlouhým olejem. Spontánní emulgací vzniklé hybridní pryskyřice bylo dosaženo přidáním vodného roztoku amoniaku, který neutralizoval karboxylové skupiny. Byla posouzena klíčová role karboxylových skupin při stabilizačním procesu a při skladovací stabilitě disperze a ukázalo se, že vložení anhydridových skupin do akrylátového prepolymeru zajistilo účinnou vazbu mezi akrylátovou a alkydovou pryskyřicí a zabránilo se tak oddělení fází. Tyto disperze se snadno implementují a lze je použít k přípravě vysoce kvalitních povlaků s nulovým obsahem VOC s dostatečnou stabilitou a leskem. [59]

Dalším typem podle studií byla syntetizována vodou ředitelná hybridní alkyd-akrylátová disperze s 50/50 hm. % bez VOC kondenzačními reakcemi taveniny mezi akrylátovými prepolymery nesoucími karboxylové skupiny s alkydovými pryskyřicemi se střední olejovou délkou s následnou samoemulgací prostřednictvím neutralizace karboxylové kyseliny pomocí vodného roztoku amoniaku. Experimentální nátěrové hmoty byly použity ke zkoumání toho, jak složky formulace hybridní alkyd-akrylátové pryskyřice ovlivňují vlastnosti hybridní disperze. Byla hodnocena viskozita disperze, velikost částic, hydrolytická stabilita a vlastnosti povlaku, konkrétně lesk a tvrdost filmu. Bylo zjištěno, že obsah

ionizovatelných monomerů je dominantním faktorem ovlivňující velikost částic. Viskozita disperze se řídila hlavně obsahem mastné kyseliny sojového oleje, která také řídila tvrdost nátěrového filmu po vysušení. Na základě experimentálních výsledků testování nátěrových hmot byla definována optimální formulace, která odpovídá optimálnímu požadavku na složení nátěrové hmoty z hlediska velikosti částic, viskozity, tvrdosti a lesku. [60]

2.6. Fyzikální, chemické a aplikační vlastnosti akrylátových disperzí

Akrylátové vodné disperze jsou charakterizovány mnoha faktory. Mezi základní faktory patří obsah tuhé fáze, průměrná velikost a distribuce velikostí polymerních částic, tokové vlastnosti, viskozita akrylátů a jejich stabilita při styku s elektrolyty v závislosti na mechanickém namáhání, nebo změně teploty. Z průmyslově-zpracovatelského hlediska jsou velmi důležité následující parametry polymerů: hodnota pH, povrchové napětí, s čímž souvisí i pěnivost, způsob stabilizace a přítomnost organických rozpouštědel, elektrolytů aj. [43]

2.6.1. Tvorba filmu

Na základě studií bylo dokázáno a odhaleno, že odpařování a s ním související teplota do značné míry ovlivňuje a omezuje rychlost tvorby filmu. Toto ovlivnění a omezení rychlosti tvorby filmu se nejvíce projevuje v případě, kdy teplota je 20 °C a více nad T_g latexu. V případě, kdy je teplota blízko T_g latexu je omezujícím krokem při tvorbě filmu deformace latexových částic, která je způsobená pravděpodobně viskózním tokem polymeru, který je poháněný vlivem sníženého povrchového napětí. V tomto druhém případě existuje důkaz, kdy vysychající vrchní strana filmu nejprve vytvoří vzduchové dutiny. Následně se koalescencí pohybují směrem dovnitř od okraje v rovině filmu. Rychlost odpařování se zpomaluje u latexu, který se vyskytuje výrazně nad svou T_g, pravděpodobně v důsledku zmenšené povrchové plochy vody, což je způsobeno rozsáhlou deformací částic. Tyto děje byly ve filmu akrylátového latexu sledovány pomocí technik SEM a elipsometrií, které umožňují „in situ“ pozorování vlhkých a částečně vlhkých latexů. [61]

Bylo dokázáno, že k tvorbě polymerního latexového filmu dochází v moment, kdy je povlak aplikován a existuje jako vodná disperze diskrétních polymerních kuliček obsahujících více polymerních řetězců, které se začínají shlukovat v důsledku toho, že se většina vody začne odpařovat. Pokračující odpařování způsobí, že se částice těsně sbalí a deformují, avšak koalescence filmu je dosaženo pouze tehdy, když dochází k mezičásticové difúzi polymerních řetězců. [62]

Polymerní latexy mohou existovat jako emulze, tak i jako disperze, a zatímco jejich mechanismy tvorby filmu jsou podobné, jejich fyzikální vlastnosti jsou odlišné. Polymerní emulze existuje ve formě kapiček stabilizované kapaliny ve vodě a v důsledku toho má teplotu skelného přechodu (T_g) pod teplotou místnosti. Polymery s hodnotami T_g pod aplikační teplotou mohou tvořit plně uzavřené filmy, protože molekuly polymeru mohou difundovat mezi sousedními kapičkami. I poté může být tvorba filmu a tok polymeru ovlivněna z malého množství koalescenčního činidla – často také označovaného jako koalescent. Polymerní disperze mají hodnoty T_g vyšší, než je teplota místnosti a jako takové vyžadují koalescenční činidla k vytvoření filmu, pokud není možné vytvrzování polymeru při teplotě nad T_g polymeru. Pro polymerní disperze jsou typicky vyžadovány vyšší hladiny koalescenčního činidla, než jsou potřebné pro polymerní emulze. Běžné jsou také složitější polymerní systémy, jako jsou gradientové a polymerní disperze jádro-plášť, kdy tyto polymerní částice se mohou lišit svými vlastnostmi od povrchu ke středu. Vzhledem k tomu, že ke koalescenci obvykle dochází na povrchu částic, je potřeba změkčit povrch, aby se dosáhlo dobré tvorby filmu. [62]

Během zasychání akrylátové disperze dochází k přibližování částic a po překročení určité mezní vzdálenosti nastává spontánní flokulace, která je následována koalescencí za vzniku homogenního filmu. [63]

Koalescence částic je způsobena účinkem povrchového napětí, které se snaží o co nejmenší energii systému, a tedy o zmenšení celkové plochy povrchu. Koalescence částic je způsobena i účinkem kapilárních sil, které se tvoří z povrchového napětí vody na zakřiveních při dostatečném přiblížení částic disperze. Dokonalá koalescence částic, tedy příčina homogenity a dobrých vlastností filmů je autoadheze částic. Autoadheze částic je interdifúze volných konců polymerních řetězců mezi jednotlivými částicemi ve filmu. [43]

Vnější podmínky, jako je například teplota, výrazně ovlivňují tvorbu filmu, ovlivňují rychlost odpařování vody i fyzikální vlastnosti filmu. Při nižší teplotě dochází k pomalejšímu odpaření vody, což vede k delšímu času tvorby filmu a kvalitnějšímu filmu, avšak nižší teplota vede k zvýšení tvrdosti disperze, což má za následek znesnadnění koalescence částic. Ke koalescenci může dojít pouze v případě, že se akrylátová disperze při dané teplotě nachází v platicko-elastickém stavu. Je tedy důležitý vztah mezi teplotou prostředí a T_g. Při nižších teplotách, než je T_g se polymer nachází ve sklovitém stavu, což neumožňuje následnou koalescenci. Další důležitou hodnotou je minimální filmotvorná teplota (MFFT), což je nejnižší teplota, při které se ještě z disperze vytváří čirý film. Pod teplotou MFFT dochází k tvorbě popraskaného, bíle zakaleného filmu nebo jen vrstvy částic v podobě drobných

kousků nátěrového filmu. Hodnoty teplot MFFT jsou velmi často podobné hodnotám teplot T_g. Hodnoty MFFT se často snižují pomoci plastifikátorů a koalescentů. [43]

Relativní vlhkost ovzduší ovlivňuje rychlost odpaření vodné fáze. Se zvyšující se relativní vlhkostí ovzduší dochází ke zpomalení odpařování vodné fáze. Pórovitost substrátu ovlivňuje tvorbu filmu. Pórovité podklady odebírají vodu z disperze rychleji, než je rychlost tvorby koalescence. Z tohoto důvodu na příliš pórovitých podkladech nemohou disperze vytvořit homogenní film. Velikost částic disperze ovlivňuje vznik filmu, kdy menší částice tvoří film snadněji. Povrchové napětí pozitivně ovlivňuje tvorbu filmu, kdy při větším povrchovém napětí je usnadněna koalescence částic, avšak s přiliž velkým povrchovým napětím je disperze nestabilní a náchylná k flokulaci. [64]

Ve vodě rozpustná rozpouštědla, jako je propylenglykol a butylglykol, mohou mít pozitivní vliv na koalescenci, i když pronikají do disperze až po odpaření vody. Koalescence je silně závislá na zbývajícím množství rozpouštědla a často jsou vyžadovány vyšší hladiny rozpouštědla pro uskutečnění koalescence ve srovnání s koalescenčními činidly. Přítomnost ve vodě rozpustného rozpouštědla může zvýšit rozpustnost koalescenčního činidla ve vodné fázi, a tím snížit účinnost koalescenčního činidla. Navíc tato rozpouštědla také přispívají k VOC, takže jejich použití musí být pečlivě zváženo. [65]

Národní a regionální předpisy pro VOC a kvalitu ovzduší jsou stále přísnější a v důsledku toho musí být nátěry s nízkým obsahem VOC. Jedná se o snahu minimalizovat použití těkavých rozpouštědel a koalescenčních činidel. To však může mít za následek horší integritu a vzhled povlaku, pokud je povlak aplikován na hodnotě nebo pod hodnotou své MFFT. Polymerní emulze s nižší T_g lze použít bez koalescenčních činidel, ale tyto polymerní filmy bývají měkčí a méně odolné. [62]

2.6.2. Obecné složení akrylátové latexové nátěrové hmoty

Akrylátová latexová nátěrová hmota obsahuje celou řadu složek, z nichž každá má svůj specifický význam pro dosažení výsledných požadovaných aplikačních vlastností. Při jednotlivých formulacích je nutno hledat kompromis mezi protichůdnými vlastnostmi. Příkladem lze uvést, kdy odolnost proti mrazu se zvyšuje se zvyšující se molekulovou hmotností a s malým obsahem změkčovadel u hrubě disperzních systémů. Filmotvorné vlastnosti se obecně zlepšují se zmenšující se velikostí částic, s klesající velikostí molekulové hmotnosti a zvyšujícím se obsahem změkčovadel. [66,67]

2.6.3. Reologické vlastnosti akrylátových latexů

Reologickými nebo také tokovými vlastnostmi latexu se zabývala celá řada autorů. Reologické vlastnosti akrylátových latexů souvisí s vodnou fází, kterou je možno upravit a docílit tak požadovaných reologických vlastností. U akrylátových latexů lze zlepšit roztíratelnost a rozliv zředěním vodné fáze, většinou pomocí hydroskopických látek, zahušťovadel nebo smáčedel. Tixotropních vlastností se u akrylátových latexů dosahuje přídavkem rozpustných chelátových sloučenin kovů s vyšším oxidačním číslem, jako je titan, zirkon, hliník aj. Tixotropii lze jednoduše definovat jako pokles viskozity v závislosti na napětí. [43,68]

2.6.4. Vlastnosti filmů akrylátových disperzí

Výsledné vlastnosti nátěrového filmu lze příznivě ovlivnit správnou volbou monomeru, částic disperzí, stabilizačního systému aj., což vychází z důkladné znalosti vlastností polymerů i disperzí. Obecně homopolymery mají jen zřídka optimální a požadované aplikační vlastnosti. Z tohoto důvodu se průmyslově volí cesta kopolymerů, tedy mísení homopolymerů v poměru, kdy je dosaženo požadované tvrdosti a elasticity. Tvrdost se často upravuje plastifikací, pomocí nízkomolekulárních změkčovadel, přičemž jejich účinnost je ovlivněna faktory jako jsou chemická povaha, molekulová hmotnost, polarita, rozpouštěcí schopnosti, viskozita aj. Vnější plastifikátory vykazují nevýhodu migrace na povrch, kde se odpařují nebo vymývají. [43]

Akryláty s vysokou hodnotou T_g poskytují filmy tvrdé a křehké, akryláty s nízkou hodnotou T_g poskytují filmy lepivé a tažné. S rostoucím přídavkem plastifikátorů klesá tvrdost filmu, ale roste jeho průtažnost. Obecně platí, že měkké polymery poskytují tažný a kompaktní film s počátečním leskem. Tvrdé polymery poskytují filmy s odolností proti poškrábání a stálostí lesku. Vhodnou volbou monomerů lze korigovat odolnost vůči alkalickému prostředí a vůči vodě. Správnou volbou měkkých polymerů lze dosáhnout lepší stálosti na povětrnosti, barevného odstínu, pigmentovatelnosti a přilnavosti. Naopak správnou volbou tvrdých polymerů lze docílit odolnost proti oděru a lepšího čištění filmu. Pokud disperze obsahuje malé částice, tvoří zpravidla pigmentovatelný, kryvý a kompaktní film s dobrým rozlivem a stékavostí. Disperze tvořená středně velkými částicemi poskytuje filmu vlastnosti jako jsou dobrý rozliv, skladovatelnost, odolnost vůči mrazu, tónovací schopnost a stálost barevného systému. Vhodnou volbou stabilizačního systému u disperzí lze docílit lepšího lesku a odolnosti vůči vodě. [43]

Během výroby i při aplikaci akrylátových disperzí může dojít k jejich koagulaci

působením kyselin, solí kovů s vyšším oxidačním číslem, disperzí opačného náboje, ve vodě rozpustnými kapalinami, mrazem, teplem, odpařením vody, tlakem, aj. [43]

Kritériem nátěrových filmů při posuzování kvality jsou jejich výsledné vlastnosti, které jsou ovlivněny řadou faktorů. V praxi jsou tyto vlastnosti stanovovány pomocí zkušebních metod. Mezi hlavní vlastnosti nátěrových filmů, které se staly zájmem průmyslu nátěrových hmot patří pevnost, tvrdost, torzní modul, oděr za mokra, stárnutí filmů a faktory, které je ovlivňují jako je vliv míšení na mechanické vlastnosti, vliv komonomerů, změkčovadel a koalescentů. Pozornost je věnovaná i viskoelastickým vlastnostem jako jsou zasychání, adheze, morfologické změny filmu, absorpce vody v závislosti na povětrnosti, propustnost filmu pro vodu, vodní páru nebo plyny aj. Při studiu chemických vlastností filmů má význam zejména působení vlhkosti, vliv alkality podkladu nebo polárních skupin pojiva na výsledné vlastnosti filmu. Estetické vlastnosti a konečný vzhled nátěrového filmu jsou dány optickými vlastnostmi filmu, který se hodnotí převážně podle lesku filmu. [43]

Vzhledem k různorodosti monomerů se nabízí i velká různorodost nátěrových filmů. Kopolymerací derivátů kyseliny akrylové a methakrylové lze získat širokou paletu nátěrových filmů od tvrdých po měkké, od lepivých po nelepivé filmy, přičemž methylester poskytuje nejtvrdší, ale slabě lepivé filmy. Jednotlivé monomery jsou charakterizovány teplotou křehnutí T_b, která často nahrazuje teplotu skelného přechodu T_g. Pokud se film nachází pod svou teplotou křehnutí, dochází k jeho křehnutí, lomu a praskání při laboratorních zkouškách. Se vzrůstajícím řetězcem alkylu dochází ke zvýšené odolnosti vůči vodě a rozpustnosti v organických rozpouštědlech. [43]

Polymery tvořené z esterů kyseliny akrylové poskytují čiré filmy, které jsou vysoce odolné vůči UV záření, vzhledem k nevyskytující se aromaticitě. [43]

Filmy akrylátových disperzí vykazují odlišné chování při styku s vodou v porovnání s rozpouštědlovými nátěrovými hmotami z důvodu přítomnosti vodorozpustných látek. Akrylátové disperze při styku s vodou podléhají různým změnám. Filmy akrylátových disperzí při kontaktu s vodou botnají, ztrácí tvrdost, kontinuitu i adhezi k podkladu, dokonce dochází k jejich bělání. Při styku filmu s vodou dochází k penetraci vody filmem pomocí dvojího typu. Dochází k difúzi filmem a kapilárnímu toku v místech s nepravidelnou strukturou. Z počátku dochází k difúzi vody skrz akrylátový film do míst, kde jsou přítomny vodorozpustné látky, přičemž tento jev je řízen osmotickým tlakem. Nasákavost filmu závisí na spoustě faktorech, kterými jsou množství a druh vodorozpustných látek, elasticita akrylátu a jeho chemické složení, velikost částic aj. Přídavkem emulgátoru do disperze lze snížit nasákavost filmů. [43]

Akrylátové disperze jsou rovněž propustné pro plyny, kdy dochází k penetraci par. Penetrace par akrylátových disperzí závisí na pórovitosti filmu a na jeho chemickém složení. [43]

Chemické složení akrylátového filmu ovlivňuje odolnost filmu vůči organickým rozpouštědlům. Akryláty s hydrofilními skupinami jsou odolné vůči nepolárním rozpouštědlům a akryláty s hydrofobními skupinami jsou odolné vůči polárním rozpouštědlům. Kritickým parametrem vyjadřujícím rozpustnost disperzí je parametr rozpustnosti δ. Jako takový vyjadřuje množství kohezních sil mezi molekulami. Disperze jsou nejméně odolné vůči rozpouštědlům s podobnými hodnotami δ. Obecně se odolnost vůči rozpouštědlům zlepšuje zesítěním polymerů v přítomnosti reaktivních funkčních skupin. [43]

2.6.5. Vady a nedostatky akrylátových latexů

Celá řada studií se zabývá aplikací akrylátových nátěrových hmot a odstraňováním a předcházením vad a nedostatků latexových nátěrových hmot a latexových filmů. Typy defektů, vyskytujících se u akrylátových latexů z důvodu stárnutí lze rozdělit do několika skupin. První skupinou je vykvétání neboli eflorescence, která je charakteristická nejednotnou práškovitou inkrustací, která je jen těžko smývatelná, je možná smýt pouze zředěnou minerální kyselinou. Druhou skupinou je mramorování, které je charakteristické nahodilým rozložením ploch o nepravidelném tvaru a vzhledu. Třetí skupinou je „water spotting“, což jsou skvrny, které jsou způsobeny kapkami vody. Předposlední skupinou je tvorba kráterů, označovaná jako „pinholing“, která je charakteristická malými dírkami ve filmu. Poslední skupinou je praskání neboli „mud-cracking“, což je přerušované zhuštění prasklin ve filmu. [43]

2.6.6. Rozdělení latexových disperzí podle použití

Na základě použití jednotlivých akrylátových disperzí je lze charakterizovat do konkrétního prostředí a pro konkrétní aplikaci na konkrétní substrát. [43]

Nátěrové hmoty na podklady jsou všechny pigmentované latexy, které jsou určeny pro pórovité podklady jako je dřevo, cihly, beton aj., sloužící jako dekorativní povrchová úprava. Pro savé pórovité podklady se používají disperze s velikostí částic okolo 1 μm. Nátěrové hmoty pro tento druh použití by měly splňovat požadavky jako jsou dokonalá roztíratelnost, na základě čehož se vytváří hladký povlak. [69]

Vnitřní a venkovní nátěrové hmoty, přičemž z celkové výroby akrylátových disperzí zaujímají největší objem právě tyto typy nátěrových hmot. [69] Lesklých nátěrových hmot lze

dosáhnout použitím tvrdých polymerů, u nichž se filmotvornost upravuje použitím koalescenčních aditiv. [70] Antikorozní nátěrové hmoty, které našly uplatnění při ochraně kovových konstrukcí a zařízení. Akrylát-styrenové disperze s obsahem antikorozních pigmentů jsou vhodnou volbou pro tento typ nátěrových hmot zejména z důvodu vynikající odolnosti vůči povětrnosti a nepatrné degradaci vůči UV záření. [71] Pro nátěrové hmoty pro dřevo se velmi dobře odsvědčily akrylátové disperze spolu s vinylacetátovými. Pro dřevotřísky, které jsou lepeny aminovými pryskyřicemi jsou vhodné nátěrové hmoty s obsahem amoniaku, kaseinu a hydrazinu. [72] Nátěrové hmoty se využívají i pro makromolekulární látky, tedy plasty. Důvod použití plyne z vyplývajících vlastností jako je výborná přilnavost jak na hydrofilní, tak hydrofobní povrch, a navíc při použití nátěrové hmoty na makromolekulární látky se snižuje navlhavost a propustnost. [43] Disperzní nátěrové hmoty získaly vzhledem k široké škále použitelnosti, barevnosti, nehořlavosti, zdravotní nezávadnosti, zpracovatelnosti, čistící schopnosti, vzhledu, dostačujících vlastností filmů a snadné omyvatelnosti širokou průmyslovou oblibu nátěrových hmot. [73]

2.7. Aditiva

Aditiva lze definovat jako přísady, které se přidávají do formulací v malých množstvích vzhledem k ostatním složkám nátěrové hmoty. Aditiva příznivě ovlivňují některé výsledné vlastnosti povlaku, přičemž některé nežádoucí vlastnosti povlaku potlačují. Jejich výhodou je, že se neúčastní chemických reakcí během tvorby nátěrového povlaku. [3]

Aditiva jsou širokou skupinou chemických sloučenin, jejichž užitím můžeme dosáhnout požadovaných vlastností. Aditiva ovlivňují celou řadu specifických vlastností a na základě toho, jakou vlastnost právě ovlivňují jsou rozděleny do jednotlivých skupin. Základní a průmyslově využívané aditiva lze rozdělit na změkčovadla, koalescenty, odpěňovače, ochranné koloidy a zahušťovadla, biocidní prostředky, zhášecí prostředky, dispergační aditiva, aditiva potlačující vyplavování a flotaci pigmentů, aditiva zabraňující sedimentaci pigmentů a plniv, silikonová aditiva, sikativa, aditiva zabraňující oxidaci, fotoiniciátory, UV stabilizátory, fungicidní aditiva, organické inhibitory koroze aj. Formulace nátěrových hmot jisto jistě obsahuje další složky jako je pigment, plniva aj., ale vzhledem k množství ve formulaci nátěrové hmoty nejsou řazeny do této kategorie. [3]

Aditiva jsou svým chemickým složením velmi různorodá skupina. Aditiva mohou být přírodního složení, modifikované přírodní materiály až synteticky připravené chemické sloučeniny velmi různorodé struktury, které v dnešním průmyslu nátěrových hmot převládají.

Velmi specifická je i závislost jednotlivé koncentrace na účinnosti aditiv. Koncentrace aditiv v nátěrových hmotách je v řádech od 10^{-4} až po několik desítek hmotnostních procent. Aditiva se však nejčastěji přidávají do formulací nátěrových hmot v řádech okolo 1 % k celkové hmotnosti nátěrové hmoty. [3]

V dnešní době, vzhledem ke stále zvyšujícím se nárokům na technologické, aplikační a užitné vlastnosti výsledných nátěrových povlaků si již formulaci průmyslové nátěrové hmoty bez aditiv nelze představit. Tyto jednotlivé specifické vlastnosti u nátěrových hmot bez použití aditiv by bylo prakticky nemožné dosáhnout. Z toho důvodu jsou aditiva nezastupitelnou součástí jednotlivých formulací nátěrových hmot ať již ve stádiu přípravy tak i ve zpracování nátěrové hmoty. [3]

Aditiva ovlivňují ve stádiu přípravy nátěrové hmoty samotnou rychlost dispergace pigmentů a plniv pomocí smáčedel a zamezují jejich pěnění pomocí odpěňovačů. V případě skladování je pomocí aditiv dosáhnuto stabilizace nátěrové hmoty, odolnosti proti sedimentaci a tvorbě škraloupu. V případě aplikace nátěrových hmot jednotlivá aditiva ovlivňují reologické vlastnosti jako jsou rozliv, stékání, nanášení aj. V poslední řadě aditiva ovlivňují i technologické a užitné vlastnosti finálního nátěrového povlaku. [3]

2.7.1. Koalescenty

Mechanismus tvorby pevného filmu z disperzí je mnohem komplikovanější než mechanismus tvorby pevného filmu z roztoku. Při tvorbě pevného filmu z disperzí dochází k odpařování vodné fáze použité při emulzní polymeraci a dochází k tomu, že částice polymeru se navzájem přibližují až do momentu, kdy vzdálenost mezi jednotlivými částicemi překročí určitou mezní vzdálenost a nastane spontánní flokulace. Tato spontánní flokulace je následně pomocí vhodných podmínek následovaná koalescencí, čímž vzniká souvislý film. [43]

Vysychání akrylátových disperzí má často za následek gradienty částic na rozhraní akrylát-vzduch. Očekává se, že zvýšením obsahu karboxylových kyselin v akrylátových částicích se změní mezičásticové interakce na jejich rozhraní. Pomocí dilatační reologie je možné detekovat interakce na rozhraní částice-částice v rané fázi procesu vysychání a objasnit povahu těchto interakcí. [74]

Na tvorbě filmu se do jisté míry podílí i povrchové napětí, kapilární síly a difúze mezi jednotlivými volnými konci polymerních řetězců. Tvorba filmu je také závislá na teplotě, která charakterizuje rychlost odpařování vodné fáze a výsledné fyzikální vlastnosti polymeru. Z tohoto důvodu je třeba při aplikaci nátěrové hmoty udržet teplotu prostředí nad minimální

filmotvornou teplotou (MFFT) akrylátového polymeru. Příliš vysoká teplota při aplikaci nátěrové hmoty není také vyhovující, protože dochází k rychlému odpaření vodné fáze a často se tak nestihne vytvořit film bez vad. Podobná závislost se uplatňuje i pro relativní vlhkost okolí a v případě pórovitosti podkladů. Vlastnosti akrylátových disperzí jsou proto závislé na plastickém stavu polymeru, volbou vhodného aditivního systému a v neposlední řade na velikosti jednotlivých částic disperze. Z výše uvedeného textu je objasněná důležitost koalescentů ve formulacích akrylátových disperzí. Koalescenty jsou aditivní prostředky organických kapalin, které snižují minimální filmotvornou teplotu (MFFT) tím, že dočasně změkčí tvrdý polymer. Minimální filmotvorná teplota je teplota, pod kterou nevzniká souvislý film a do jisté míry souvisí i s teplotou skelného přechodu. V případě, že ve formulaci nátěrové hmoty nejsou koalescenční aditivní prostředky, je teplota MFFT téměř rovna teplotě T_g. [43]

Koalescenty jsou vysoko vroucí rozpouštědla, která se do formulací přidávají jako aditivní přísady za účelem zlepšení filmotvorných vlastností za normálních teplot a pro zlepšení koalescence při nízkých teplotách nebo na pórovitých podkladech. Filmotvorné vlastnosti akrylátové disperze jsou určeny viskoelastickým charakterem polymeru. Koalescenty jsou schopny modifikovat viskoelastický charakter polymeru během filmotvorného procesu. Koalescentní aditiva v nátěrových hmotách působí jako těkavý plastifikátor (změkčovadlo), který podporuje vlastnosti jako jsou tok a elastická deformace polymerních částic. Pokud akrylátové disperze obsahují ve formulaci koalescenty, je možno připravit nátěrovou hmotu s větší koalescenční schopností v širokém rozsahu aplikačních teplot, aniž by vytvářeli příliš měkké a lepivé filmy. [43]

Koalescenty dále zlepšují i jiné vlastnosti výsledného filmu jako je adheze ke sklu, odolnost proti oděru, rozliv a odolnost proti mrazu a také prodlužují tzv. otevřenou dobu. Koalescenty se do formulací nemohou přidávat v neomezeném množství. Příliš velká koncentrace koalescentů v nátěrových hmotách způsobí zhoršení koalescentní stability a dojde k prodloužení doby, po kterou je film lepivý a sníží se odolnost filmu vůči vodě. Dokonce při vysokých koncentracích koalescentu se může zvýšit i toxicita nátěrové hmoty. [43]

Mnoho chemických látek vykazuje koalescentní účinky, z nichž průmyslově nejpoužívanější a nejznámější jsou například glykolethery, ethoxydiethylenglykoacetát, butoxyethylenglykolacetát, diethylenglykolethylteher, butoxydiethylenglykolacetát a hexylenglykol, které poskytují nejlepší a nejvyšší účinnost koalescenčních vlastností. [43]

Vodou ředitelné akrylátové nátěry obsahují těkavé a netěkavé koalescenty. Koalescenty těkavých organických sloučenin (VOC) umožňují tvorbu filmu z tvrdých akrylátových polymerů při pokojové teplotě, ale jejich odpařování má za následek znečištění ovzduší a vysokou emisivitu. Dostupné jsou i netěkavé alternativy, které však zůstávají v povlaku dlouhodobě a v důsledku toho jsou filmy často lepkavé a postrádají odpovídající tvrdost. [75]

Jednou z možností je použití propylenglykolfenyletheru (PPh) jako koalescentu. PPh má významný dopad na rychlost odpařování vody během tvorby filmu. Použitím PPh se podle studií snižuje rychlost odpařování vody u systémů s nízkým obsahem latexů, ale zvyšuje se rychlost odpaření vodné fáze u systémů s vysokým obsahem latexů. Různá množství PPh mohou měnit mechanismy deformace latexových částic. Výsledky TGA ukazují, že PPh se stále vyskytuje v latexových filmech během sušení. Mikrostruktury latexového filmu, které schnou pod 70 °C s přídavkem PPh ukazují, že PPh může urychlit pohyb molekul polymeru a rychlost difúzi pro koalescenci latexu. [76]

Vzhledem k enviromentálním požadavkům se průmysl stále více snaží splnit cíle v oblasti nižších těkavých organických sloučenin (VOC), přičemž dosažení dobré tvorby filmu ve vodou ředitelných systémech bez obětování ostatních vlastností nátěrů je obtížné. Přestože byla vyvinuta koalescenční aditiva s nízkým obsahem VOC, často negativně ovlivňují tvrdost a odolnost výsledných povlaků proti blokování, protože zůstávají dlouhodobě ve filmu. Avšak objev jedinečných multifunkčních smáčecích činidel, které také napomáhají koalescenci filmu („koalescenční povrchově aktivní látky“) umožnily vyřešit několik problémů s formulací použitím jedné jediné účinné přísady. Koalescenční povrchově aktivní látky jsou smáčedla, která jsou také schopna snížit MFFT povlaku. Jako takové snižují povrchové napětí vodou ředitelných povlaků při relativně nízkých úrovních použití (0,1 až 1,0 hmot. %). Dále mohou umožnit nahrazení některých nebo všech tradičních koalescentů, čímž je dosaženo cílových úrovní VOC při zachování výkonu a snížení celkového zatížení přísadami. V ideálním případě poskytuje koalescenční povrchově aktivní látka sama o sobě malé nebo žádné množství VOC ve formulacích nátěrových hmot a má minimální vliv na složení povlaku nebo na konečných vlastnostech. [77]

Multifunkčnost koalescenčních povrchově aktivních látek, jako je hydroxythioetherové supersmáčedlo (HTS), poskytuje výrazné výhody v nátěrech s nízkým obsahem VOC. HTS nepřispívá k VOC a je vysoce účinným dynamickým smáčecím činidlem. Jako takový umožňuje rychlé zabudování suchých pevných látek, což umožňuje úplné smáčení. Jeho jedinečná chemická struktura umožňuje zajistit snížení povrchového

napětí nátěrové hmoty. Protože se jedná také o účinný koalescent, použití HTS jako smáčedla umožňuje odstranění části, ne-li veškerého koalescenčního rozpouštědla nebo koalescentu a je tak dosažen nízký obsah VOC. Nepěnově stabilizující, neemulgující, hydrofobní HTS navíc zabraňuje tomu, aby se tvořila pěna v nátěrových hmotách a pozitivně ovlivňuje citlivost k vodné fázi nebo zabraňuje tvorbě některých dalších nedostatků, které lze pozorovat u tradičních povrchově aktivních látek. [77]

Výhody použití koalescenčních povrchově aktivních látek lze maximalizovat tím, že jsou přidány do mletého materiálu, čímž se dosáhne rychlého smáčení suchého pigmentu a odvzdušnění. Toto by mohlo umožnit nahrazení některých povrchově aktivních látek používaných při mletí a mohlo by být umožněno použití menšího množství odpěňovačů při mletí. Koalescenční povrchově aktivní látka by měla být použita v množství potřebném k dosažení suchého smáčení pigmentu, což je typicky ≤ 1 hmot. %. Zlepšené smáčivosti je dosaženo až do konečného smáčení substrátu, čímž se minimalizuje potřeba dalších povrchově aktivních látek. V konečné fázi by měla být změřena MFFT hodnocené formulace a v případě potřeby by se mělo přidat trochu tradičního koalescentu, aby se dosáhlo požadovaného MFFT. [77]

2.8. Vláknocement

Vláknocement je kompozitní materiál, který se skládá z více fází, kdy alespoň jedna je pevná a makroskopicky tvoří rozeznatelné rozhraní mezi jednotlivými fázemi. Kompozit je materiál, jehož výsledné vlastnosti jsou výrazně lepší, jsou ovlivněny všemi přítomnými fázemi a jsou takové, které nelze předpokládat, očekávat dokonce i dosáhnout u jednotlivých fází.

Složka kompozitu, která zaujímá spojitou fázi se nazývá jako matrice a plní funkci pojiva. Matrice zajišťuje mimo jiné geometrické rozložení ostatních složek, v tomto případě vláken, tvarovou stálost výrobku, adhezi na rozhraní vlákno-matrice a chrání vlákna před vnějšími činiteli. Složka kompozitu, která zaujímá nespojitou fázi se nazývá jako výztuž a v tomto případě se jedná o vlákna. Vlákna ve vláknocementu jsou na rozdíl od matrice pevnější, tužší s lepšími mechanickými vlastnostmi. Na druhé straně jsou vlákna obvykle křehká a náchylná vůči agresivnímu prostředí. Vlákna uložená v matrici musí být rovnoměrně rozloženy. [78]

2.8.1. Cement

Cement je práškové anorganické pojivo, vyráběné pálením minerálních surovin. Cement se řadí do skupiny hydraulických pojiv. Hydraulická pojiva jsou taková, která tuhnou a tvrdnou na vzduchu i pod vodou.

Základní surovinou na výrobu cementu je vápenec, zeminy, korigující přísady a zušlechťující přísady. V praxi se často jako cement označuje portlandský cement, což je cement smíchaný se sádrovcem, který se přidává jako regulátor tuhnutí. Hlavní minerály, které se vyskytují ve vypáleném slínku portlandského cementu jsou Alit (C_3S), Belit (C_2S), Trikalciumaluminát (C_3A) a Brownmillerit (C_4AF). Obsah těchto slínkových minerálů má hlavní vliv na výsledné vlastnosti cementů. Každý slínkový minerál má totiž jiné vlastnosti a tím i jiný vliv na cement. Slínkové minerály vznikají výpalem slínku na teplotu cca 1400 °C. Cement je chemicky tvořen převážně oxidy, tedy CaO, SiO_2, Al_2O_3 a Fe_2O_3 a v menším množství obsahuje také MgO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Cr_2O_3 a případně další oxidy. [79, 80]

Po smíchání portlandského cementu s vodou vzniká cementová kaše, která tuhne a tvrdne na vzduchu i ve vodě (hydraulické pojivo). Tento proces je označován jako hydratace cementu, kdy se začíná tvořit nová fáze a pevná prostorová struktura. [79]

2.8.2. Polyvinylalkoholová vlákna

Polyvinylalkohol je bílá práškovitá krystalická látka, která má vynikající vlastnosti jako jsou vysoká pevnost v tahu, flexibilita, vysoká teplotní i chemická stabilita a schopnost tvořit film rozpuštěním ve vodě.

Polyvinylalkohol (PVA) se vyrábí polymerací vinylacetátu (VAc) na polyvinylacetát (PVAc) a následnou hydrolýzou PVAc na PVA. Výsledné vlastnosti polyvinylalkoholu jsou dány jednak délkou polymerního řetězce, tak i uspořádáním polymerního řetězce.

Polyvinylalkoholová vlákna se vyrábí technikou zvanou gelové zvlákňování. Výsledkem jsou velmi pevná PVA vlákna s odolností vůči vysokým teplotám, světelnému záření, UV záření a chemikáliím a jako takové mohou být rozpustné i nerozpustné ve vodě. [81]

Využití PVA vláken v cementových kompozitech využívá výhody PVA vláken, kterými jsou vysoká pevnost v tahu a relativně vysoký modul pružnosti, čímž jsou dosaženy žádané mechanické vlastnosti kompozitů. Vysoká pevnost v tahu PVA vláken podporuje odolnost vůči namáhání trhlinek a odolnost proti vytržení v důsledku silné vazby mezi

vláknem a cementovou matricí. PVA vlákna se prodlužují a přenášejí zatížení na různé části matrice a výsledné zatížení je rovnoměrně rozloženo. [82]

2.8.3. Polypropylenová vlákna

Polypropylenová vlákna (PP) se řadí mezi syntetická vlákna. Syntetická výroba PP vláken nabízí celou škálu vláken v různých tvarech a s různými vlastnostmi. PP vlákna jsou charakterizována svou nízkou elasticitou.

Mezi hlavní výhody PP vláken se řadí odolnost vůči kyselému i zásaditému prostředí, nízká cena, nízká hmotnost a vysoký bod tání (165 °C). Polypropylenová vlákna jsou však citlivá na sluneční záření a mají nízký modul pružnosti. [83]

Polypropylenová vlákna se běžně používají pro vyztužení cementových kompozitů z důvodu jejich dostatečné pevnosti, dobré chemické stabilitě a relativně nízké ceně. Chemicky inertní povrch však způsobuje relativně horší vazbu s cementovou matricí. [84]

2.8.4. Celulózová vlákna

Celulóza se řadí mezi organické sloučeniny. Chemickým složením se skládá z beta-glukózy sestavené z nerozvětvených řetězců proměnných délek. Základní složení odpovídá vzorci $C_6H_{10}O_5$. Tento základní strukturní polysacharid se vyskytuje v buničných stěnách vyšších rostlin, avšak největší výskyt celulózy se nachází v bavlně a jako takový se řadí mezi obnovitelné zdroje.

V důsledku přítomnosti vodíkových můstků dokáže samotná celulóza navázat molekuly vody. Důležitým faktem je, že celulóza se ve vodě nerozpouští, ale vodu do sebe dočasně absorbuje a postupně ji uvolňuje. Hodnota absorpce vody může být až do 80 % hmotnosti vlákna. Díky krystalickým úsekům celulózových makromolekul, které jsou hydrofobní, jsou molekulární síly mezi celulózovými řetězci silnější než přitažlivé síly mezi makromolekulami celulózy a vody. Voda se váže na amorfní podíl vlákna, který následně botná.

Dnešní použití celulózových vláken je nejvíce rozšířeno v textilním průmyslu, v papírenském průmyslu a ve stavebnictví. Celulózová vlákna se používají jako výztuž tvořící kompozity na bázi cementu. Důležité je zajistit dostatečné rozptýlení výztuže v celém průřezu. Na výrobu vláknocementových výrobků se používá několik druhů celulózových vláken. Pro výrobu vláknocementu je používaná celulóza připravená sulfátovým postupem výroby, která poskytuje vysokopevnostní celulózová vlákna. [85]

3. Experimentální část

3.1. Cíl diplomové práce

Cílem práce bylo nalézt vhodný a zároveň environmentálně neškodný koalescent ze skupiny testovaných vodou mísitelných, částečně vodou mísitelných a vodou nemísitelných koalescentů takový, který dosáhne lepších filmotvorných a fyzikálně-mechanických vlastností při stejném dávkování, případně stejných filmotvorných a fyzikálně-chemických vlastností při nižším dávkování a zároveň bude obsahovat menší množství těkavých organických látek, něž používaný butylglykol, neboli ethylenglykol-monobutylether. Cílem práce bylo řešeno ve spolupráci se společností Swisspearl a.s. nahrazení koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, neboli butylglykolu ve formulacích aplikovaných jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady s použitím jako střešní krytiny a fasádní desky.

Koalescent je aditivum pro formulace nátěrových hmot, který ovlivňuje filmotvorné vlastností tím, že usnadňuje koalescenci částic a tím snižuje minimální filmotvornou teplotu nátěrové hmoty. Minimální filmotvorná teplota je taková teplota, kdy částice disperze jsou dostatečně měkké, aby vlivem deformace těchto částic došlo ke koalescenci a vytvoření homogenního filmu. Na druhé straně dočasně změkčuje nátěrové filmy, čímž snižuje relativní povrchovou tvrdost nátěrových filmů. Tato relativní povrchová tvrdost se v závislosti na čase zvyšuje z důvodu postupného uvolňování použitého koalescentu.

Pro splnění cílů práce byla provedena studie nepigmentovaných vzorků nátěrových hmot na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s T_g > 50 °C s postupně zvyšující se koncentrací koalescentu na sušinu této disperze s hodnotou 1; 2,5; 5; 10; 12,5; 15 a 20 %. V průběhu experimentální části práce byly stanoveny fyzikálně-chemické vlastnosti testovaných koalescentů a pojiva. Pro splnění cíle diplomové práce bylo provedeno testování a vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností a mechanické a chemické odolnosti nátěrových hmot a filmů.

Fyzikálně-chemické vlastnosti byly hodnoceny pomocí normovaných laboratorních zkoušek, a tedy pomocí stanovení kompatibility testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí, stanovení vzhledu nátěrových filmů, stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů, stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem podle Persoze a Königa, stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů, stanovení lesku nátěrových filmů, stanovení absorpce vody volného filmu a stanovení transmitance při vlnové délce 500 nm a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů před a po ponoru ve vodě. Mechanická odolnost byla hodnocena pomocí stanovení přilnavosti

nátěrového filmu mřížkovou metodou a chemická odolnost nátěrových filmů byla stanovena pomocí modifikovaného MEK testu.

Na základě získaných výsledků byly vybrány koalescenty, které dosahovaly optimálních výsledků do pigmentovaných formulací s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady. Formulace a dispergace jednotlivých pigmentovaných nátěrových hmot byla provedena v chemickém a průmyslovém závodě v Berouně.

Fyzikálně-chemické vlastnosti a mechanická a chemická odolnost pigmentovaných nátěrových hmot a filmů byla hodnocena stejným způsobem jako je popsáno výše a rozšířeno o stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH na skleněných podkladech a stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou, stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu, stanovení barevného modulu L*a*b* před a po ponoru ve vodě a stanovení urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření na vláknocementových podkladech.

3.2. Použité chemikálie a suroviny

3.2.1. Použité koalescenty

Propylenglykol-monomethylether

Vzorec: $C_4H_{10}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 100%

Popis základních vlastností: Rychle se odpařující rozpouštědlo s vysokou rozpustností ve vodě. Jedná se o aktivní rozpouštědlo používané v různých aplikacích, jako jsou nátěry na bázi rozpouštědel, domácí a průmyslové čističe a zemědělské pesticidy.

Dipropylenglykol-monomethylether

Vzorec: $C_7H_{16}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 100%

Popis základních vlastností: Středně až pomalu se odpařující rozpouštědlo. Má 100% rozpustnost ve vodě a je ideální jako spojovací činidlo v široké škále systémů rozpouštědel. Má vyšší bod vzplanutí, což usnadňuje manipulaci, skladování a přepravu. Často se začleňuje do latexových emulzních povlaků, což lze použít k prevenci šoku (koagulace emulze) při použití hydrofobních rozpouštědel. Obecněji řečeno, jeho hydrofilní povaha z něj činí ideální spojovací prostředek ve vodou

ředitelných nátěrech a čisticích aplikacích. Používají se s čisticími prostředky, protože nabízejí rozsáhlou kombinaci základních fyzikálních a výkonnostních vlastností pro čisticí přípravky. Střední rychlost odpařování umožňuje jeho použití v potenciálně širším rozsahu systémů než mnoho jiných rozpouštědel.

Ethylenglykol 2-ethylhexylether

Vzorec: $C_{10}H_{22}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 0,2%

Popis základních vlastností: Ethylenglykol 2-ethylhexylether se primárně používá pro aplikace výkonných speciálních nátěrů. Nabízí vynikající vyvážení výkonnostních vlastností při použití jako koalescenční činidlo v architektonických a průmyslových údržbových nátěrech. Jako takový má nízkou mísitelnost s vodou, nízké povrchové napětí, dobrou hydrolytickou stabilitu a vysoký elektrický odpor. V elektrolyticky nanášených základních nátěrech snižuje ethylenglykol 2-ethylhexylether těkavost z máčecích nádrží a zajišťuje dobré roztékání a vyrovnávání povlaku v peci.

2,2,4-Trimethyl-1,3pentandioldiisobutyrát

Vzorec: $C_{12}H_{24}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 0%

Popis základních vlastností: 2,2,4-Trimethyl-1,3 pentandiol diisobutyrát je přední koalescent pro latexové barvy. Funguje dobře ve všech typech latexových barev, v různých povětrnostních podmínkách a na podkladech s různou úrovní pórovitosti. Jako takový poskytuje nejvyšší úroveň integrity filmu při nízkých úrovních koalescence, čímž zlepšuje výkonnostní vlastnosti barvy včetně nízkoteplotní koalescence, odolnosti proti oděru, omyvatelnosti, vývoje barvy, tepelné pružnosti a odolnosti proti praskání. 2,2,4-Trimethyl-1,3 pentandiol diisobutyrát také zvyšuje účinnost zahušťování při použití s asociativními zahušťovadly.

Propylenglykol-monobutylether

Vzorec: $C_7H_{16}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 5,2%

Popis základních vlastností: Rychle se odpařující hydrofobní glykolether s vysokou rozpustností a vynikajícími vazebnými schopnostmi. Je částečně rozpustný ve vodě

a mísitelný s většinou organických rozpouštědel. Je také široce používán ve vysoce účinných čisticích prostředcích.

Propylenglykol-n-propylether

Vzorec: $C_6H_{14}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 100%

Popis základních vlastností: Rychle se odpařující hydrofobní glykolether s vysokou rozpustností, vynikajícími vazebnými schopnostmi a vynikající schopností odstraňovat nečistoty. Je částečně rozpustný ve vodě a mísitelný s většinou organických rozpouštědel. Využívá se jako čistič, ve formulacích a aplikacích nátěrů, v průmyslových, automobilových a architektonických nátěrech.

Dipropylenglykol-monobutylether

Vzorec: $C_{10}H_{22}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 4%

Popis základních vlastností: Pomalu se odpařující hydrofobní glykolether s vynikající schopností snižovat povrchové napětí a koalescenčními vlastnostmi. Má téměř střední rovnováhu hydrofobních a hydrofilních vlastností a nabízí významnou rozpustnost ve vodě. Jedná se o jeden z nejúčinnějších koalescentů ve vodou ředitelných latexových systémech. Kombinuje řadu vlastností, které přispívají k velmi vysoké kvalitě latexového filmu jako je vysoká účinnost plastifikace polymeru, velká molekulová velikost, a tudíž větší příspěvek k mobilitě polymeru, tedy silné rozdělování do polymerní fáze a relativně pomalá rychlost odpařování. Tento glykolether je kompatibilní s mnoha různými typy pryskyřic. Poskytuje také vynikající schopnost snižovat povrchové napětí a je užitečný v čisticích prostředcích samostatně nebo ve směsi s jinými prostředky. Používá se samostatně při čištění kovů za studena a je dobrým rozpouštědlem pro odstraňování olejů a mastnot. Tento produkt je vynikající volbou pro nátěrové aplikace a poskytuje vynikající koalescenční a filmotvorné vlastnosti.

2-Methyl-2,4-pentandiol (Hexylenglykol)

Vzorec: $C_6H_{14}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 100%

Popis základních vlastností: Hexylenglykol je syntetická látka s malou molekulovou hmotností, která funguje jako povrchově aktivní látka, ředidlo a extrakční činidlo. Rozpouští určité složky a snižuje povrchové napětí. Hexylenglykol je okysličené rozpouštědlo odvozené od acetonu, které má dvě alkoholové funkční skupiny. Má nízkou rychlost odpařování a je zcela mísitelný s vodou. Hexylenglykol je klíčovým rozpouštědlem v průmyslovém odvětví, jako jsou nátěry, stavebnictví, detergenty, kosmetika a vůně, textil a kůže.

Ethylenglykol-monobutylether (Butylglykol)

Vzorec: $C_6H_{14}O_2$

Rozpustnost ve vodě: 100%

Popis základních vlastností: Vysoce vroucí, málo těkavá kapalina s mírným zápachem, která se používá jako rozpouštědlo a výchozí materiál pro syntézy. Vynikající pomocné rozpouštědlo pro vodou ředitelné nátěrové systémy. Bezbarvá, neutrální, mírně hygroskopická, pohyblivá kapalina s mírným zápachem. Butylglykol je mísitelný s vodou a běžnými organickými rozpouštědly ve všech poměrech při pokojové teplotě. Butylglykol vykazuje reakce typické pro alkohol, jako je esterifikace, etherifikace, oxidace a tvorba acetátů a alkoholátů. Jako většina etherů, tvoří peroxidy v přítomnosti vzdušného kyslíku.

Dipropylenglykol-monopropylether

Vzorec: $C_9H_{20}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 15%

Popis základních vlastností: Glykolether, který nabízí téměř střední rovnováhu mezi hydrofobním a hydrofilním charakterem a také nabízí významnou rozpustnost ve vodě. Využívá se jako rozpouštědlo do pryskyřic a ve formulacích a aplikacích nátěrů pro průmyslové, automobilové a architektonické nátěry.

Tripropylenglykol n-butylether

Vzorec: $C_{13}H_{28}O_4$

Rozpustnost ve vodě: 4%

Popis základních vlastností: Tripropylenglykol n-butylether je velmi pomalu se odpařující hydrofobní glykolether s vynikající schopností snižovat povrchové napětí. Ideální tam, kde je požadovaná vysoká rozpustnost polymeru a doba přítomnosti. Tripropylenglykol n-butylether je vysoce vroucí bezbarvé rozpouštědlo s nízkou viskozitou a prakticky bez zápachu. Vzhledem k jeho délce a hydrofobní struktuře, má vysokou rozpustnost v organických látkách, nízkou rozpustnost ve vodě a vysoký bod varu.

2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát

Vzorec: $C_{12}H_{24}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 0,12%

Popis základních vlastností: 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát je účinné koalescentní rozpouštědlo pro architektonické nátěry na bázi akrylátů, inkoustů a průmyslových nátěrů. Může být snadno přidáván do formulací bez negativních dopadů na některé filmotvorné vlastnosti, jako je zvýšení viskozity, tvorba gelu nebo koagulace.

Ester dikarboxylové kyseliny

Vzorec: N/A

Rozpustnost ve vodě: 0%

Popis základních vlastností: Ester dikarboxylové kyseliny je vysoce účinný koalescent pro interiérové nátěry, venkovní nátěry, elastomerní nátěry, texturované a povrchové úpravy a nátěry na dřevo. Ester dikarboxylové kyseliny poskytuje vysoce účinný koalescenční efekt s velmi slabým zápachem, vysokou odolností proti drhnutí a bez VOC.

Lineární ester

Vzorec: N/A

Rozpustnost ve vodě: 0%

Popis základních vlastností: Lineární ester je vysoce účinný koalescent založený na obnovitelných zdrojích. Bezbarvá až slabě nažloutlá kapalina bez VOC. Mezi přední

vlastnosti tohoto koalescentu se řadí dobré vytvrzování nátěrového filmu při nízkých teplotách, dobrá mísitelnost s barvami, nežloutne, zdravotně nezávadný výrobek na bázi obnovitelných surovin a bez zápachu. Lineární ester je doporučen pro použití v architektonických nátěrech, průmyslových nátěrech, konstrukcích a stavebních výrobcích pro nátěry na bázi čistého akrylátu, styrenakrylátu a dalších.

Methylester přírodních mastných kyselin

Vzorec: N/A

Rozpustnost ve vodě: 0%

Popis základních vlastností: Methylester přírodních mastných kyselin je koalescenční rozpouštědlo bez VOC, s nízkým zápachem a na bázi obnovitelných surovin. Methylester přírodních mastných kyselin je vysoce účinný koalescent na bázi obnovitelných surovin a je doporučen pro použití v architektonických nátěrech, průmyslových nátěrech, stavebních nátěrech a stavebních výrobcích pro pojiva na bázi styrenakrylátu, čistého akrylu a dalších.

Butyllevulinát

Vzorec: $C_9H_{16}O_3$

Rozpustnost ve vodě: 1,3%

Popis základních vlastností: Butyllevulinát je patentovaný butyllevulinátový koalescent. Chemickým složením se jedná o bio deriváty (hemi)celulózových surovin. Butyllevulinát je používán jako koalescent, má nízkou těkavost a je nehořlavý, netoxický, mírně dráždí pokožku a dráždí oči. Má vynikající vlastnosti jako odmašťovací činidlo. Butyllevulinát přináší silnou rozpouštěcí schopnost v celé řadě organických látek s nízkou až žádnou pěnivostí. Je to čirá kapalina s nízkým zápachem. Jedná se o odmašťovač a solubilizátor pro polární i nepolární sloučeniny. Jeho polymerní rozpustnost rozpouští širokou škálu polymerních pojiv, což z něj činí výkonnou složku pro operace čištění a odstraňování pryskyřic a pigmentů. Butyllevulinát lze použít v široké řadě formulací na bázi rozpouštědel i vodných formulací. Aplikace zahrnují odmašťovače, odstraňovače polymerů, nosná nebo procesní rozpouštědla, čističe, detergenty a mnoho dalších.

Ketalester

Vzorec: $C_{10}H_{18}O_4$

Rozpustnost ve vodě: 31%

Popis základních vlastností: Ketalester je patentovaný koalescent na bázi ketalesteru. Chemickým složením se jedná o bio deriváty celulózových surovin. Ketalester má nízkou těkavost a splňuje podmínky pro (LVP-VOC). Je nehořlavý a netoxický. Ketalester přináší silnou rozpouštěcí schopnost v celé řadě organických látek s nízkou až žádnou pěnivostí. Je to čirá kapalina s nízkým pachovým profilem. Jedná se o velmi silný odmašťovač. Jeho polymerní rozpustnost rozpouští širokou škálu polymerních pojiv, což z něj činí výkonnou složku pro operace čištění a odstraňování pryskyřic a pigmentů. Ketalester lze použít v široké řadě aplikací včetně odmašťovačů, odstraňovačů polymerů, nosných nebo procesních rozpouštědel, čističů, detergentů a mnoha dalších.

Tabulka 3 Základní charakterizace použitých koalescentů

Název	Vzorec	Rozpustnost ve vodě [%]	VOC
Ethylenglykol-monobutylether	$C_6H_{14}O_2$	100	ANO
Dipropylenglykol-monomethylether	$C_7H_{16}O_3$	100	ANO
Dipropylenglykol-monobutylether	$C_{10}H_{22}O_3$	4	NE
Dipropylenglykol-monopropylether	$C_9H_{20}O_3$	15	ANO
Propylenglykol-monomethylether	$C_4H_{10}O_2$	100	ANO
Propylenglykol-monobutylether	$C_7H_{16}O_2$	5,2	ANO
Propylenglykol-n-propylether	$C_6H_{14}O_2$	100	ANO
Tripropylenglykol n-butylether	$C_{13}H_{28}O_4$	4	NE
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	$C_{10}H_{22}O_2$	0,2	NE
2-Methyl-2,4-pentandiol	$C_6H_{14}O_2$	100	ANO
Methylester přírodní mastné kyseliny	N/A	0	NE
Estery dikarboxylových kyselin	N/A	0	NE
Lineární ester	N/A	0	NE
Butyllevulinát	$C_9H_{16}O_3$	1,3	NE
Ketalester	$C_{10}H_{18}O_4$	31	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	$C_{12}H_{24}O_3$	0	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	$C_{12}H_{24}O_3$	0,12	NE

Tabulka 4 Detailnější charakterizace použitých koalescentů

Název	Míra vypařování x 10^{-3} [nBuAc=1]	Bod vzplanutí [°C]	Bod varu [°C]
Ethylenglykol-monobutylether	79	65	171
Dipropylenglykol-monomethylether	35	75	190
Dipropylenglykol-monobutylether	6	100	230
Dipropylenglykol-monopropylether	14	88	213
Propylenglykol-monomethylether	620	31	120
Propylenglykol-monobutylether	93	63	171
Propylenglykol-n-propylether	210	48	149
Tripropylenglykol n-butylether	0,4	126	274
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	3	106	254
2-Methyl-2,4-pentandiol	7	96	196
Methylester přírodní mastné kyseliny	N/A	176,7	N/A
Estery dikarboxylových kyselin	N/A	N/A	N/A
Lineární ester	N/A	150	309
Butyllevulinát	N/A	110	237,8
Ketalester	N/A	93,3	225,2
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	2	120	254
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	10	120	255

N/A – není dostupné

3.2.2. Použité pojivo

Složení: Akrylátová disperze na bázi methylmethakrylátu a butylakrylátu

Sušina: 47,5%

pH: 9,6

Hustota: 1,08g/cm^3

MFFT: 55±2 °C

T_g: 55±2 °C

3.2.3. Ostatní suroviny

Název: ACRYSOL™ RM-8WE Rheologický modifikátor

Výrobce: The Dow Chemical company

Dávkování: 0,1 % na celkovou formulaci

Funkce: Reologický modifikátor na bázi uretanového polymeru pro zlepšení slévatelnosti a kompaktnosti akrylátových filmů

3.2.4. Použité chemikálie

Amoniak

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	7664-41-7
Sumární vzorec:	NH_3
Molekulová hmotnost:	17,03 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,73 $kg.m^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Chloroform

Funkce:	odmašťující látka/látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	67-66-3
Sumární vzorec:	$CHCl_3$
Molekulová hmotnost:	119,38 $g.mol^{-1}$
Hustota:	1,48 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Diethylether

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	60-29-7
Sumární vzorec:	$(C_2H_5)_2O$
Molekulová hmotnost:	74,12 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,71 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Ethanol

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	64-17-5
Sumární vzorec:	C_2H_5OH
Molekulová hmotnost:	46,07 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,79 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Ethyl-acetát

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	141-78-6
Sumární vzorec:	$C_4H_8O_2$
Molekulová hmotnost:	88,11 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,90 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Hydroxid sodný

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	1310-73-2
Sumární vzorec:	NaOH
Molekulová hmotnost:	40,00 $g.mol^{-1}$
Hustota:	2,13 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Kyselina octová

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	64-19-7
Sumární vzorec:	CH_3COOH
Molekulová hmotnost:	60,05 $g.mol^{-1}$
Hustota:	1,05 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Kyselina sírová

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	7664-93-9
Sumární vzorec:	H_2SO_4
Molekulová hmotnost:	98,08 $g.mol^{-1}$
Hustota:	1,83 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Methylethylketon

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	78-93-3
Sumární vzorec:	C_4H_8O
Molekulová hmotnost:	72,11 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,81 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

n-Hexan

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	110-54-3
Sumární vzorec:	C_6H_{14}
Molekulová hmotnost:	86,18 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,66 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Penta, Česká republika

Tetrahydrofuran

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	109-99-9
Sumární vzorec:	C_4H_8O
Molekulová hmotnost:	72,11 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,89 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Lach-Ner, Česká republika

Toluen

Funkce:	látka pro stanovení chemické odolnosti povlaku
CAS No.:	108-88-3
Sumární vzorec:	C_7H_8
Molekulová hmotnost:	92,14 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,87 $g.cm^{-3}$
Výrobce/Dodavatel:	Lach-Ner, Česká republika

Voda

Funkce:	zabránění shock-reakce pro vzorky nátěrové hmoty
CAS No.:	7732-18-5
Sumární vzorec:	H_2O
Molekulová hmotnost:	18,01 $g.mol^{-1}$
Hustota:	0,998 $g.cm^{-3}$

3.3. Použité přístroje a zařízení

Laboratorní váhy (Kern & Sohn GmbH, Německo), analytické váhy (OHAUS, Švýcarsko), laboratorní sušárna (typ Memmert, Německo), přenosný pH metr (WTW 320, Německo), nanášecí krabicová pravítka s velikostí štěrbiny 100, 150, 300 a 350 μm (Česká republika), odtrhový přístroj (COMTEST OP3P, Coming plus a. s., Praha), Bucholzův přístroj BYK (Gardner GmbH, Německo), silikonové formy pro přípravu volných filmů, Leskoměr Micro-Tri-Gloss, BYK GARDNER, Německo, optický mikroskop (NIKON Česká republika), minimum film forming bar MFFT-60 (Rhopoint Instruments, UK), Řezací nůž pro stanovení přilnavosti o rozměrech 6 x 1 mm a 6 x 2 mm, Elcometer Instruments GmbH, Německo, Tříbodové mechanické měřidlo tloušťky, BYK-Gardner, Německo, QUV box LU-0819, Q-LAB, USA, spektrometr UltraScan PRO, HunterLab, USA, kyvadlový přístroj 3034M001 Perzos, König, Elcometer, Německo, Byk-Gardner 5858 Pendulum Hardness Tester With König Pendulum, Německo, laboratorní míchadlo IKA EUROSTAR 40 digital, laboratorní míchadlo EUROSTAR power-b IKA LABORTECHNIK, Dissolver DIAF, Dánsko, spektrometr FTIR Nicolet iS50 ABX (Nicolet, USA), diferenciální skenovací kalorimetr Perkin Elmer precissely Diamond (USA) a software Omnic OMNIC 9.2.86 (Thermo Fisher Scientific, Inc.).

3.4. Stanovení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů

3.4.1. Stanovení sušiny použitého pojiva

Do vysušených víček, které byly předem zváženy na analytických vahách bylo naváženo maximálně 5 g akrylátové disperze. Následně byly připravené víčka se vzorky vloženy do předehřáté sušárny na teplotu 105 °C a sušeny do konstantní hmotnosti. Dále byly víčka se vzorky vyjmuty z předehřáté sušárny, ochlazeny v exsikátoru se silikagelem. Po

ochlazení byly víčka se vzorky opět vážena na analytických vahách a byl vypočten obsah sušiny podle rovnice č. 5. Stanovení sušiny bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 3251.

$$S = \frac{c-a}{b-c} \times 100\ [\%]$$

Rovnice 5 Stanovení sušiny pojiva

Kde: a je hmotnost prázdného víčka [g], b je hmotnost víčka včetně vzorku před vysušením [g] a c je hmotnost víčka včetně vysušeného vzorku [g].

3.4.2. Stanovení pH použitého pojiva

Ke stanovení pH použité akrylátové disperze byl použit pH metr s kombinovanou elektrodou. Před samotným měřením byl tento pH metr kalibrován pomocí technických pufrů. Elektroda byla před každým měřením očištěna destilovanou vodou a následně byla vysušena filtračním papírem. Dále byla elektroda ponořena do kádinky s důkladně promíchanou akrylátovou disperzí a po ustálení pH byla odečtena a zaznamenána hodnota pH disperze z displeje. Měření pH pro akrylátovou disperzi bylo provedeno třikrát a výsledná hodnota byla vypočítána pomocí aritmetického průměru z naměřených hodnot. Stanovení pH bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 787-9.

3.4.3. Stanovení teploty skelného přechodu použitého pojiva

Stanovení teploty skelného přechodu (T_g) bylo provedeno metodou diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC). DSC je metoda termické analýzy, která je založená na udržování stejné teploty ve vzorku a standardu. Zpravidla se měří elektrický příkon, který je potřeba dodávat do vzorku, pokud probíhá endotermní děj, nebo do standardu, pokud probíhá exotermní děj tak, aby se mezi nimi udržel nulový teplotní rozdíl. Teplota skelného přechodu je přechod polymeru ze stavu sklovitého do kaučukovitého, který je charakterizován endotermickým dějem a na DSC křivce se zobrazuje jako „peak“. Teplota skelného přechodu byla určena jako inflexní bod daného „peaku“ pro testovanou akrylátovou disperzi. Měření bylo provedeno na pracovišti fakulty chemicko-technologické ve společné laboratoři chemie pevných látek pomocí diferenciálního skenovacího kalorimetru Perkin Elmer precissely Diamond.

3.4.4. Stanovení spektrální analýzy použitého pojiva a testovaných koalescentů pomocí infračervené spektroskopie

Infračervená spektroskopie patří do skupiny nedestruktivních analytických metod, kdy zkoumaný vzorek není analýzou nikterak poškozen, a přesto poskytuje informaci o chemickém složení. Získané hodnoty vibračních energií souvisí s pevností chemických vazeb a také s molekulovou geometrií a hmotnostmi jader, tedy s molekulovou strukturou. Podstatou infračervené spektroskopie je interakce infračerveného záření se studovanou hmotou, kdy v případě pohlcení fotonu studovanou hmotou mluvíme o absorpční infračervené spektroskopii a v případě vyzáření fotonu o emisní infračervené spektroskopii. Infračerveným zářením rozumíme elektromagnetické záření v rozsahu vlnočtů 12 500 až 20 cm^{-1} a vlnových délek 800 nm až 0,5 mm. Infračervené záření tedy navazuje na záření viditelné na jedné straně a na záření mikrovlnné na straně druhé. Energie fotonů infračerveného záření (1-60 kJ/mol) nepostačuje pro excitaci elektronů v molekulových orbitalech, ale je dostatečná ke změně vibračního stavu či rotačního stavu molekuly.

FTIR spektra byla měřena na spektrometru FTIR Nicolet iS50 ABX (Nicolet, USA) v Technoparku Kralupy VŠCHT. Po změření FTIR spektra pozadí na ATR nástavci byl na krystal nástavce nanesen vzorek potřebný k pokrytí plochy krystalu. Vzorek byl pomocí kopisty a přítlačného šroubu přimáčknut ke krystalu (diamant). FTIR-ATR spektra byla změřena při 128 akumulacích s rozlišením 4 cm^{-1}. Spektrum bylo editováno pomocí software Omnic OMNIC 9.2.86 (Thermo Fisher Scientific, Inc.).

3.4.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty pro použité pojivo

Metoda stanovení minimální filmotvorné teploty je založena na vytvoření teplotního spádu na povrch poniklované desky z mědi. Na přístroji byl nastaven teplotní rozsah, který byl kontrolován pomocí senzorů umístěných pod deskou přístroje. Následně byla na povrch desky přístroje položena fólie z PVC a na ní zhotoven nátěr akrylátové disperze za použití krabicového pravítka se štěrbinou o tloušťce 120 μm. Zasychání filmu pojiva bylo při této metodě urychleno pomocí proudu vzduchu, který procházel přes integrovanou vysoušecí soustavu umístěnou pod krytem přístroje. Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty bylo prováděno pomocí senzorů a posuvným teplotním kurzorem, který podle polohy a teploty desky v daném místě udával výslednou teplotu na displeji. Stanovení minimální filmotvorné teploty pro danou akrylátovou disperzi bylo laboratorně prováděno podle normy ISO 2115 pomocí přístroje MFFT – 60 při laboratorních podmínkách, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %.

3.5. Příprava koncentračních řad vzorků nátěrových hmot s obsahem testovaných koalescentů

Laboratorně byly připraveny koncentrační řady testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí. Pro každý typ koalescentu byly připraveny vzorky nátěrové hmoty s koncentrací 1; 2,5; 5; 10; 12,5; 15; a 20 % koalescentu na sušinu použité akrylátové disperze. Koalescenty byly nejprve kvantitativně smíchány s vodou v laboratorních kádinkách, aby se u vodou nemísitelných koalescentů případně u částečně mísitelných koalescentů předešlo tzv. „shock reakci“ (koagulace pojiva, nevratné poškození daného polymeru). Takto připravená směs byla za pomocí laboratorního míchadla zhomogenizovaná po dobu 15 minut při mírných otáčkách. Následně byla do laboratorní kádinky naváženo odpovídající množství akrylátové disperze a polyurethanové záhustky. Daná směs byla zhomogenizována za pomoci laboratorního míchadla po dobu 15 minut při vyšších otáčkách (1000 otáček/min).

V tabulce 5 jsou uvedené přesné navážky pro koncentrační řady vzorků nátěrových hmot. Jednotlivé navážky byly voleny tak, aby celková hmotnost nátěrové hmoty byla ± 100 g. Ke každému testovanému vzorku byla navážena polyurethanová záhustka za účelem lepšího rozlivu.

Tabulka 5 Koncentrační řada testovaných nátěrových hmot

Koncentrace	1	2,5	5	10	12,5	15	20
Koalescent [g]	0,45	1,1	2,1	3,7	4,5	5,2	6,2
Voda [g]	2,25	5,5	10,5	18,5	22,5	26	31
Disperze [g]	93,75	91,66	87,5	77,08	75	72,22	64,58
PUR záhustka [g]	0,096	0,098	0,1	0,099	0,102	0,103	0,102

3.6. Aplikace nátěrových hmot

Aplikace nátěrových hmot za laboratorních podmínek se provádí pomocí nanášecích pravítek. Nanášecí pravítka jsou používány pro aplikaci nátěrových hmot na tvrdé, ploché a rovné podklady. Nanášecí pravítka mohou být různých tvarů, například šestihranný, čtyřhranný, válečkový, štěrbinový, krabicový nebo spirálový. [86]

Pro aplikaci vzorků nátěrových hmot byly použity krabicová nanášecí pravítka s velikostí štěrbin 100, 150, 300 a 350 μm.

3.6.1. Aplikace nátěrových hmot na skleněné panely

Ke stanovení zbělání nátěrových filmů a transmitance, fyzikálně-chemických vlastností a chemické a mechanické odolnosti pro vzorky nátěrové hmoty byly použity skleněné panely o rozměrech 200 x 100 x 5 mm. Skleněné panely byly před aplikací vzorků nátěrové hmoty vhodně očištěny vodou s tenzidy a následně odmaštěny v laboratorní digestoři chloroformem. Pro aplikaci a stanovení chemické odolnosti a fyzikálně-chemických vlastností vzorků nátěrových hmot na skleněných panelech bylo použito krabicové nanášecí pravítko s velikostí štěrbiny 100 a 150 μm. Pro stanovení zbělání nátěrových filmů a transmitance a mechanické odolnosti byly použity krabicová nanášecí pravítka o velikosti štěrbiny 300 a 350 μm. Skleněné panely byly před aplikací vzorků nátěrové hmoty vyhřáty na 100 °C v sušárně. Aplikaci nátěrových hmot byla prováděna laboratorně při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %. Po aplikaci nátěrových hmot byly skleněné panely opět uloženy do sušárny při teplotě 100 °C po dobu 3 minut. Skleněné panely pro vyhodnocení lesku nátěrových filmů byly před aplikací vzorků nátěrové hmoty černě nalakovány ze spodní strany komerčním lakem z důvodu transparentnosti nátěrových filmů.

3.6.2. Příprava volných filmů vzorků nátěrových hmot

Pro stanovení absorpce vody pro vzorky nátěrové hmoty byly vytvořeny volné filmy. Vzorky nátěrové hmoty byly vylity do předem vyhřátých silikonových forem v sušárně při teplotě 100 °C pomocí plastových pipet za laboratorních podmínek. Silikonové formy byly před použitím vhodně očištěny vodou s tenzidy a následně osušeny. Tvorba těchto volných filmů byla prováděna v sušárně při teplotě 100 °C po dobu 15 minut.

3.6.3. Stanovení suché tloušťky nátěrových filmů na skleněných panelech

Stanovení suché tloušťky nátěrových filmů (DFT) bylo prováděno laboratorně tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 % podle normy ČSN EN ISO 2808. Pro každý typ koalescentu a pro každou koncentraci testovaného nátěrového filmu bylo provedeno celkem deset měření suché tloušťky filmu po celém povrchu nátěrového filmu. Jako výsledná hodnota byl brán jejich aritmetický průměr. Suchá tloušťka filmu na skleněných panelech byla měřena pomocí mechanického tloušťkoměru. Výsledná hodnota suchých tlouštěk testovaných nátěrových filmů určených pro stanovení chemické odolnosti a fyzikálně-chemických vlastností byla 20±5 μm. U nátěrových filmů určených pro stanovení zbělání a transmitance a mechanické odolnosti byla výsledná tloušťka 60±10 μm.

3.7. Stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

3.7.1. Stanovení kompatibility testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C

Stanovení kompatibility při 50 °C bylo laboratorně testováno pro všechny testované koalescenty s akrylátovou disperzí. Do předem umytých a vysušených laboratorních zkumavek byl kvantitativně převeden a předem navážen koalescent a zředěn vodou v poměru 1:5. Následně byla kvantitativně převedena a předem zvážena akrylátová disperze tak, aby koalescent zaujímal v celkové směsi 5 hm. %. Laboratorní zkumavky se vzorky byly následně vloženy do předem vyhřáté sušárny na konstantní teplotu 50 °C. Při této teplotě byly vzorky uloženy a testovány po dobu 14 dní. Po uplynutí 7 a 14 dní byly jednotlivé vzorky hodnoceny, zda vystavení vůči této teplotě mělo vliv na jejich homogenitu.

3.7.2. Stanovení vzhledu nátěrových filmů

Po aplikaci nepigmentované nátěrové hmoty a vytvoření nátěrového filmu byl pro jednotlivé nepigmentované nátěrové filmy s obsahem testovaných koalescentů vyhodnocen vhled podle předem definované stupnice viz tabulka 6.

Tabulka 6 Stupnice pro vyhodnocení vzhledu nátěru

Zákal (Z)	Bubliny (B)	Částice (C)	Povrch (P)
Z1 – bez zákalu	B1 – bez bublin	C1 – žádné	P1 – hladký, slitý povrch
Z2 – slabý zákal	B2 – ojedinělé bubliny	C2 – 3 částice na ploše 1 cm^2	P2 – stopy po štětci
Z3 – silný zákal	B3 – bubliny v celé ploše	C3 – 10 částic na ploše 1 cm^2	P3 – ďolíčky, krátery, pomerančová kůra
Z4 – zbělání nátěru	-	C4 – více částic	-

3.7.3. Stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů

Metoda stanovení minimální filmotvorné teploty je založena na vytvoření teplotního spádu na povrch poniklované desky z mědi. Na povrch desky přístroje byla položena fólie z PVC a na ní zhotoven nátěr akrylátové disperze za použití krabicového pravítka o velikosti 120 µm. Následně byl nastaven na přístroji teplotní rozsah, který je kontrolován pomocí senzorů umístěných pod deskou přístroje. Zasychání filmu pojiva je při této metodě urychleno pomocí proudu vzduchu, který prochází přes integrovanou vysoušecí soustavu umístěnou pod krytem přístroje. Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty bylo prováděno pomocí senzorů a posuvným teplotním kurzorem, který podle polohy a teploty desky v daném místě udává

výslednou teplotu na displeji. Stanovení minimální filmotvorné teploty pro danou akrylátovou disperzi bylo laboratorně prováděno podle normy ISO 2115 pomocí přístroje MFFT – 60 při laboratorních podmínkách, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %.

3.7.4. Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Persoze

Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu bylo prováděno pomocí útlumu kyvadlového přístroje podle Persoze. Kyvadlo Persoz má čtvercový profil zakončený hrotem. Kyvný mechanismus je uložen do 2 kuličkových ložisek o průměru 8 mm. Měkčí nátěrové filmy rychleji pohlcují kinetickou energii kyvadla, a tím se také značně zkracuje výsledná doba oscilace kyvadla. Tato metoda má však tendenci k prokluzům na tvrdších nátěrových filmech. Relativní povrchová tvrdost nátěrového filmu byla převedena na procenta vztažená k tvrdosti skleněnému standardu (100 %) a čisté akrylátové disperzi a byla vypočítána podle rovince č. 6. Stanovení relativní povrchové tvrdosti bylo prováděno laboratorně technologií útlumu kyvadla dle Persoze podle normy ČSN EN ISO 1522 při laboratorních podmínkách, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %. Principem této techniky bylo stanovení počtu kmitu kyvadla do jeho útlumu, působením dosedání dvou kuličkových ložisek na akrylátový film. Relativní povrchová tvrdost podle Persoze se měří na základě sestupné amplitudové výchylky v rozmezí od 12° do 4°. Na začátku každého měření byla stanovena tvrdost skleněného standardu, která podle normy musí být vyšší než 420 kmitů. Po stanovení tvrdosti standardu byly měřeny nátěrové filmy všech testovaných vzorků, přičemž měření probíhalo u každého vzorku vždy třikrát na jiném místě. Po stanovení útlumu kyvadla na vzorcích bylo měření ukončeno opět stanovením skleněného standardu s minimálním počtem kmitů 420. Počty kmitů do útlumu kyvadla byly zaznamenány a stanovovány třikrát po dobu 7 dní. Počet kmitů při stanovení relativní povrchové tvrdosti podle Persoze je přibližně dvojnásobný ve srovnání s metodou Königa. Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů byla vypočítána podle rovnice číslo 6.

$$\text{tvrdost (rel. \%)} = \frac{\text{počet kmitů}_{\text{vzorek}}}{\text{počet kmitů}_{\text{standard (disperze)}}} \times 100$$

Rovnice 6 Stanovení relativní povrchové tvrdosti

3.7.5. Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Königa

Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu kyvadlovým přístrojem dle Königa funguje na principu trojhranného kyvadla s nastavitelným protizávažím. Kyvný mechanismus je uložen do dvou kuličkových ložisek o průměru 5 mm. Nastavitelné protizávaží se používá k doladění oscilační periody. Měkčí nátěrové filmy rychleji pohlcují kinetickou energii kyvadla, a tím se také značně zkracuje výsledná doba oscilace kyvadla. Relativní povrchová tvrdost nátěrového filmu byla převedena na procenta vztažená k tvrdosti skleněnému standardu (100 %) a čisté akrylátové disperzi a byla vypočítána podle rovince č. 6. Stanovení relativní povrchové tvrdosti bylo prováděno laboratorně technologií útlumu kyvadla dle Königa podle normy ČSN EN ISO 1522 při laboratorních podmínkách, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %. Principem této techniky bylo stanovení počtu kmitu kyvadla do jeho útlumu, působením dosedání dvou kuličkových ložisek na akrylátový film. Relativní povrchová tvrdost podle Königa se měří na základě sestupné amplitudové výchylky v rozmezí od 6° do 3°. Na začátku každého měření byla stanovena tvrdost skleněného standardu, která podle normy musí být v rozmezí 179 ± 7 kmitů. Po stanovení tvrdosti standardu byly měřeny nátěrové filmy všech testovaných vzorků, přičemž měření probíhalo u každého vzorku vždy třikrát na jiném místě. Po stanovení útlumu kyvadla na vzorcích bylo měření ukončeno opět stanovením skleněného standardu s počtem kmitů v rozmezí 179 ± 7. Počty kmitů do útlumu kyvadla byly zaznamenány a stanovovány třikrát po dobu 7 dní. Počet kmitů při stanovení relativní povrchové tvrdosti podle Königa je přibližně poloviční ve srovnání s metodou Persoze.

3.7.6. Buchholzova vrypová zkouška nátěrových filmů

Podstatou Buchholzovy vrypové zkoušky je stanovení tvrdosti nátěrového filmu a odolnosti akrylátových povlaků na skleněném podkladu vůči vtisku. Technologie spočívá ve vytvoření vtisku ve filmu nátěrové hmoty pomocí přístroje s ostřím. Přístroj byl položen na film

akrylátového povlaku, kde byl ponechán po dobu 35±1 sekund. Na filmu nátěrové hmoty byl vytvořen vtisk čepele působením vlastní váhy přístroje. Po 35±1 sekundách byl přístroj odebrán z filmu nátěrové hmoty a pomocí mikroskopu s měřítkem byla změřena délka vtisku čepele. Měření bylo provedeno třikrát na každém filmu testovaného akrylátového vzorku, přičemž jako výsledná hodnota byl brán jejich aritmetický průměr a třikrát po dobu 7 dní.

Zkouška byla laboratorně provedena podle normy ČSN EN ISO 2815 při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %.

3.7.7. Stanovení lesku nátěrového filmu

Lesk filmu nátěrové hmoty se řadí mezi optické vlastnosti. Lesk filmu nátěrové hmoty je definován jako množství odražených světelných paprsků od povrchu nátěrového filmu. Stanovení lesku nátěrového filmu se provádí pomocí leskoměru a je definován veličinou čísla lesku. Čím vyšších hodnot čísla lesku dosahuje nátěrový film, tím větší množství světelných paprsků je odraženo a naopak. [86]

Lesk testovaných nátěrových filmů byl prováděn laboratorně, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 % pomocí leskoměru tri-gloss. Leskoměr byl nejprve kalibrován a následně přiložen na film testované nátěrové hmoty na skleněném podkladu, kde bylo měřeno číslo lesku filmu testované nátěrové hmoty pod úhly 20°, 60°a 85°, přičemž jednotlivé skleněné podklady byly potažené černou matnou barvou z důvodu jejich transparentnosti. Stanovení čísla lesku bylo prováděno vždy na třech místech testovaného nátěrového filmu a jako výsledná hodnota byl brán jejich aritmetický průměr pro každý úhel zvlášť. Číslo lesku bylo stanovováno celkem třikrát po dobu 7 dní. Vyhodnocení čísla lesku pro testované nátěrové filmy bylo prováděno podle normy ČSN 67 3063.

3.7.8. Stanovení absorpce vody volného filmu

Stanovení absorpce vody bylo provedeno u testovaných nátěrových hmot odlitím do silikonových forem a vytvořením volných filmů. Volné filmy byly dále zváženy na analytických vahách a kvalitativně převedeny do kelímků s destilovanou vodou. Měření bylo provedeno třikrát pro každý typ testované nátěrové hmoty a jako výsledná hodnota byl brán jejich aritmetický průměr. Stanovení absorpce vody volného filmu je založeno na zvýšení hmotnosti zkoumaného volného filmu z důvodu absorpce vody. Stanovení absorpce vody bylo provedeno pro každý typ testované nátěrové hmoty po 2hodinové expozici v destilované vodě. Absorpce vody byla vypočítána podle rovnice č. 7.

$$\text{Absorpce vody } [\%] = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

Rovnice 7 Stanovení absorpce vody pro volné filmy

Kde: m_1 je hmotnost vzorku po expozici ve vodě a m_2 je hmotnost vzorku před expozicí ve vodě.

3.7.9. Stanovení transmitance a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů

Transmitance a barevný modul L*a*b* nátěrových filmů (DFT = 60±10 μm) byly stanovovány laboratorně tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %, pomocí transmitance při vlnové délce 500 nm použitím spektrometru UltraScan PRO. Skleněné panely s testovanými nátěrovými filmy byly pokryty po dobu 2 hodin vatou nasáklou destilovanou vodou, která byla následně přikryta Petriho miskou. Následně bylo ihned provedeno měření transmitance testovaného nátěrového filmu v místě působení vaty nasáklé destilovanou vodou. Rozsah zbělání a změna transmitance nátěrového filmu W bylo vypočítáno podle rovnice č. 8.

$$W = 100 \times \frac{(T_0 - T_t)}{T_0}$$

Rovnice 8 Stanovení zbělání nátěrového filmu

Kde: T_0 je transmitance filmu před působení destilované vody a T_t je transmitance filmu po působení destilované vody.

Zbělání a změna transmitance testovaných nátěrových filmů bylo stanoveno třikrát pro každý typ testovaného nátěrového filmu a jako výsledná hodnota byl brán jejich aritmetický průměr.

U jednotlivých testovaných nátěrových filmů byla stanovena i změna barevného modulu L*a*b*. L*a*b* je barevný prostor, kde je barva definována barevným modelem založeným na třech osách, kdy L – lightness, světelnost {0–100} a – osa zelená (-a) – červená (+a) a b – osa modrá (−b) – žlutá (+b). Celková barevná změna byla zjištěna dle následující rovnice č. 9. [87]

$$\Delta E = [(\Delta \mathrm{L})^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]$$

Rovnice 9 Výpočet celkové barevné změny

Kde: ΔE je celková barevná změna, L je osa světelnosti, -a je osa zelená, +a je osa červená, -b je osa modrá a +b je osa žlutá.

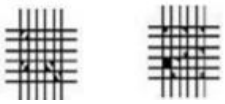
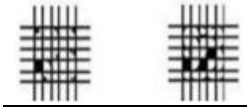
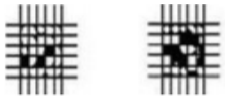
3.8. Stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

3.8.1. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Stanovení přilnavosti filmu mřížkovou metodou spočívá ve zhotovení dvou řezů kolmo na sebe na nátěrovém filmu, které vytvářejí tvar mřížky. Stanovení přilnavosti je následně podrobeno hodnocení nátěrového filmu podle stupnice normy ČSN ISO 2409. Touto metodou lze určit odolnost nátěrového filmu vůči oddělení filmu při prořízntutí a proniknutí až k podkladu. [86]

Zkouška přilnavosti filmu mřížkovou metodou byla provedena laboratorně podle normy ČSN ISO 2409. Mřížkové metodě (cross cut test) byly podrobeny testované filmy vzorků na skleněném podkladu. Na každém filmu testovaných vzorků z koncentrační řady byl proveden mřížkový řez, za pomocí speciálního nože obsahující šest čepelí, přičemž řez dosahoval až na podklad materiálu. Mřížkového řezu bylo dosaženo pomocí jednoho vodorovného řezu a následného druhého řezu kolmého na řez první. Podle normy byl použit řezací nůž o rozměrech 6x1 mm a 6x2 mm pro jednotlivé testované nátěrové filmy o DFT= 60±10 μm. Vyhodnocení mřížkového řezu na zkušebních vzorcích bylo vizuální pomocí normy ČSN ISO 2409 a podle tabulky 7 rozděleno do šesti stupňů podle přilnavosti.

Tabulka 7 Rozdělení stupňů přilnavosti podle normy ČSN ISO 2409 [86]

	stupeň 0 – řezy jsou hladké, žádný čtverec není poškozen
	stupeň 1 – nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží, poškozená plocha nesmí přesahovat 5 %
	stupeň 2 – nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení, povrch mřížky smí být poškozen o více než 5 % a méně než 15 %
	stupeň 3 – nátěr je poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně, nebo celý, na různých místech mřížky, poškození je větší než 35 %
	stupeň 4 – na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny, plocha mřížky
	stupeň 5 – změny, které jsou větší než u stupně 4

3.8.2. Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK)

Metoda MEK test hodnotí odolnost testovaných nátěrových filmů na skleněném podkladu vůči rozpouštědlu methylethylketonu. Princip stanovení odolnosti využívá lehkou tlakovou sílu při laboratorních podmínkách, tj. při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti 50±5 %. V první fázi této metody byla vatová tyčinka smočena v methylethylketonu a následně byla otírána o testovaný nátěrový film metodou tzv. dvojtahů. Dvojtah je kyvadlový systém, kdy jedna perioda dvojtahu trvá jednu sekundu. Vatová tyčinka byla zprvu otírána o testovaný nátěrový film po dobu 50 sekund. Po 50 sekundách byla vyhodnocena odolnost nátěrového filmu vůči methylethylketonu. Pokud během prvních 50 sekundách došlo k obnažení až na skleněný podklad zkouška byla ukončena, pokud nedošlo k obnažení na podklad zkouška pokračovala dalších 250 sekund, celkem tedy 300 sekund. Po 250 sekundách, nebo v moment kdy došlo k obnažení až na skleněný podklad byla odolnost testovaného nátěrového filmu vůči methylethylketonu opět vyhodnocena. V moment, kdy došlo k obnažení až na skleněný podklad byla zkouška ukončena, čas byl zaznamenán a odolnost testovaného nátěrového filmu byla vyhodnocena stupněm 0. Stanovení odolnosti testovaného nátěrového filmu vůči methylethylketonu byla prováděna podle normy ASTM D 4752-10 a vyhodnocena podle tabulky č. 8. Tato norma byla dále modifikována použitím jiných chemikálií a rozpouštědel než MEK jako zástupce ketonů. Chemická odolnost byla tedy stanovena i pro n-hexan jako zástupce alifatických uhlovodíků, toluen jako zástupce aromatických uhlovodíků, chloroform jako zástupce halogenovaných uhlovodíků, ethanol jako zástupce alkoholů, ethyl-acetát jako zástupce esterů, diethylether jako zástupce etherů, tetrahydrofuran jako zástupce cyklických etherů, kyselina sírová jako zástupce anorganických kyselin, kyselina octová jako zástupce organických kyselin, amoniak jako zástupce azanů a hydroxid sodný jako zástupce hydroxidů. Každý test byl proveden třikrát, přičemž výsledná hodnota byla brána jako jejich aritmetický průměr.

Tabulka 8 Metoda hodnocení MEK testu podle normy ASTM D 4752-10. [86]

Stupeň	Slovní hodnocení MEK testu
0	Úplné obnažení podkladu
1	Značné a hluboké narušení nátěrového filmu, ale již ne podkladu
2	Viditelné a zřetelné poškození (poškrábání) nátěrového filmu
3	Lehké poškození (poškrábání) nátěrového filmu
4	Vyleštění nátěru a uvolnění malého množství pigmentu (povrch není poškozen)
5	Na povrchu není patrné ani vyleštění, neuvolňuje se žádný pigment

3.9. Příprava a aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů

3.9.1. Příprava pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů

Ve spolupráci se společností Swisspearl a.s. byly naformulovány a dispergovány pigmentované nátěrové hmoty v chemickém a průmyslovém závodě v Berouně. Byly formulovány a dispergovány celkem čtyři pigmentované nátěrové hmoty s aplikací jako spodní a základní nátěry a čtyři pigmentované nátěrové hmoty s aplikací jako vrchní nátěry. První systém nátěrových hmot obsahoval kombinaci koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru a byl brán jako reference, druhý obsahoval koalescent na bázi ketalesteru, třetí na bázi butyllevulinátu a čtvrtý na bázi esteru dikarboxylové kyseliny. Jednotlivé formulace jsou uvedeny v tabulce číslo 9 a 10.

Tabulka 9 Dávkování akrylátové disperze a koalescentu pro vrchní nátěry

Disperze [hm. %]	Koalescent [hm. %]
60	3,5 % Ethylenglykol-monobutylether + 0,5 % Dipropylenglykol-monobutylether
	2,83 % Ketalester
	2,83 % Butyllevulinát
	2,83 % Estery dikarboxylové kyseliny

Tabulka 10 Dávkování akrylátové disperze a koalescentu pro spodní a základní nátěry

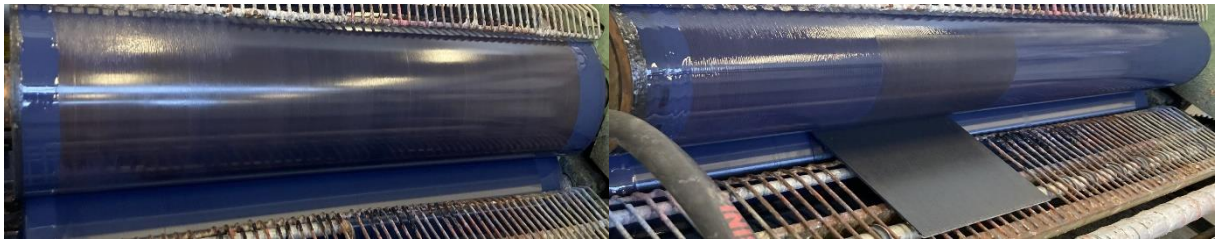
Disperze [hm. %]	Koalescent [hm. %]
88,7	2,25 % Ethylenglykol-monobutylether + 2,25 % Propylenglykol-monobutylether
	4,22 % Ketalester
	4,22 % Butyllevulinát
	4,22 % Estery dikarboxylové kyseliny

3.9.2. Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s přídavkem vybraných koalescentů

Tyto jednotlivé pigmentované nátěrové hmoty byly následně aplikovány na pilotní lince umístěné v laboratoři společnosti Swisspearl a.s. na vláknocementové podklady jako základní, spodní a vrchní nátěry, které byly následně laboratorně hodnoceny.

Na horní stranu desky byl nejprve aplikován základní nátěr (primer) pomocí válečku a následně vrchní nátěr (topcoat) za pomoci aplikace nazývané odborně clonování. Na spodní stranu desky byla aplikována jedna vrstva spodního nátěru (backcoat) za pomoci válečku.

Obrázek 1 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů válečkováním

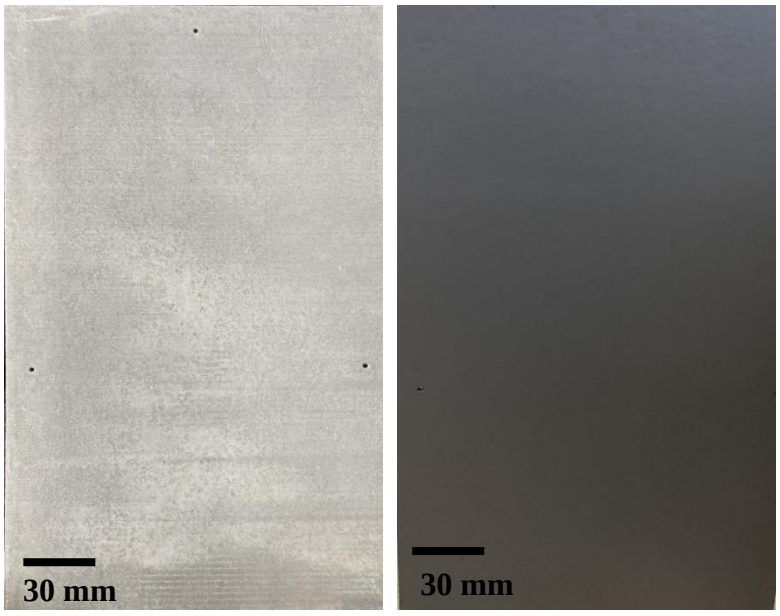


Obrázek 2 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů válečkováním

Obrázek 3 Aplikace pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů clonováním

Vláknocementová deska před aplikací

Vláknocementová deska po aplikaci



Obrázek 4 Vláknocementová deska před a po aplikaci pigmentované nátěrové hmoty s obsahem vybraných koalescentů

3.9.3. Výběr vhodných koalescentů a stanovení jejich množství v pigmentovaných nátěrových hmotách

Na základě výsledků stanovení minimální filmotvorné teploty v předchozí kapitole této práce bylo vypočítáno takové množství koalescentu aby výsledná minimální filmotvorná teplota daných nátěrových hmot byla cca 20 °C, která byla vybrána záměrně s ohledem na teplotní profily barvicích linek, kde se tato disperze používá.

Jako vhodné byly vybrány koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Tyto koalescenty vykazovaly optimální filmotvorné a fyzikálně-chemické vlastnosti při laboratorním testování a hodnocení.

3.10. Testování pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s přídavkem vybraných koalescentů

Laboratorní testování a vyhodnocení pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s přídavkem vybraných koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny bylo prováděno na vláknocementových a skleněných podkladech. Byly testovány a vyhodnoceny fyzikálně-chemické vlastnosti a mechanická a chemická odolnost pigmentovaných nátěrových hmot a filmů. Laboratorní testování bylo provedeno stejně jako je popsáno v kapitolách 3.7. Stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů a 3.8. Stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů. Jednotlivé testování a vyhodnocení bylo provedeno laboratorně a v chemickém a průmyslovém závodě společnosti Swisspearl a.s. v Berouně. Jiné nebo modifikované experimentální metody hodnocení pigmentovaných nátěrových hmot a filmů, než jsou popsány v kapitolách 3.7. a 3.8. jsou vysvětleny níže.

3.10.1. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou bylo provedeno na skleněných a vláknocementových podkladech postupem stejným, jako je popsáno v kapitole 3.8.1. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou.

3.10.2. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu

Odtrhová zkouška definuje přilnavost jednovrstvých, ale i vícevrstvých nátěrů nanesených na ocelovém podkladu. Hodnota odtrhu udává minimální tažné napětí, které je potřebné k odtržení nátěru kolmo k danému podkladu. Výsledkem zkoušky může být adhezní lom, tj. rozrušení nejslabší mezifáze, kohezní lom, tj. rozrušení nejslabší složky zkušebního uspořádání nebo adhezní-kohezní lom. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu je hodnoceno podle normy ČSN EN ISO 4624.

Při stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu byla tato norma modifikována a jako podklad byl použit vláknocement. Před zahájením odtrhového testu byly vláknocementové podklady s nátěrovým filmem opatřeny ocelovými panenkami, tj. válečky o průměru 20–30 mm, které byly na vláknocementový podklad nalepeny LOCTITA EA 9466 epoxidovým lepidlem a byly ponechány ke schnutí po dobu 24 hodin. Zkouška byla provedena za pomoci přístroje určeného pro tahově–pevnostní zkoušky CONTEST®OP3, jehož nástavec byl upevněn na příslušnou panenku na vláknocementovém podkladu a bylo stanoveno tažné napětí postačující k poškození nátěrového filmu. Následně byla vyhodnocena plocha lomu a výsledek byl udán jako procenta podílu plochy panenky, příslušející určité hodnotě lomu daného systému podle tabulky 11. Zkouška byla provedena na nátěrovém filmu o tloušťce 60±10 μm při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Měření bylo provedeno třikrát pro každý vzorek a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Následně byla naměřená odtrhová síla převedena na odtrhovou pevnost dle rovnice 10.

$$\sigma\,[MPa] = \frac{4F}{\pi \times d^2}$$

Rovnice 10 Stanovení odtrhové pevnosti

Kde: F je odtrhová síla [N], d je průměr zkušebního válečku [20 mm] a σ je odtrhová pevnost.

Tabulka 11 Vyhodnocení stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu

Typ lomu	Symbol
Kohezní lom v podkladu	A
Adhezní lom mezi podkladem a 1. nátěrem	A/B
Kohezní lom 1. nátěru	B
Adhezní lom mezi 1. a 2. nátěrem	B/C
Kohezní lom 2. nátěru	C
Adhezní lom mezi posledním nátěrem a lepidlem	-/Y
Kohezní lom v lepidle	Y
Adhezní lom mezi lepidlem a zkušebním válečkem	Y/Z

3.10.3. Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH

Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH bylo provedeno na skleněných panelech o rozměrech 200 x 100 x 5 mm. Na skleněné panely byly za pomoci epoxyesterové pryskyřice upevněny skleněné válečky, do kterých byly nality pufry o dané hodnotě pH, tedy 2, 4, 6, 8, 10 a 12. Pufry byly připraveny pomocí 0,2 mol/l roztoku NaOH a 0,04 mol/l roztoků H_3PO_4, H_3BO_3 a CH_3COOH. Pufry ve válečkách byly ponechány na nátěrovém filmu o tloušťce 60±10 μm při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 % po dobu 24 hodin. Následně byly pufry vylity a byla hodnocena změna nátěrového filmu. Vyhodnocení vzhledu nátěrového filmu po této zkoušce byl proveden podle tabulky č. 12.

Tabulka 12 Stupnice pro vyhodnocení chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH

Stupeň odolnosti	Vzhled nátěrového filmu
0	Film beze změny
1	Slabý zákal, ztráta lesku, puchýře <2 mm
2	Zřetelná změna zákalu, puchýře 2-3 mm
3	Silný zákal, puchýře 3-4 mm
4	Ztráta adheze, puchýře >5 mm

3.10.4. Stanovení barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů

Stanovení barevného modulu L*a*b* a celkové barevné změny dE* nátěrového filmu před a po expozici ve vodě bylo provedeno na skleněných a vláknocementových podkladech postupem stejným, jako je popsáno v kapitole 3.7.9. Stanovení transmitance a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů.

3.10.5. Urychlené stanovení povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření

Urychlené stanovení povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UV záření se hodnotí pomocí QUV komory. Tato komora simuluje poškození způsobené slunečním zářením, deštěm a rosou. Tato komora je schopna během několika dnů reprodukovat poškození, ke kterému dochází až po několika měsících nebo letech ve venkovním prostředí. Pro simulaci venkovního povětrnostního prostředí QUV komora vystavuje vzorky střídavým cyklům UV světla a vlhkosti při kontrolovaných zvýšených teplotách. Simuluje účinky přirozeného slunečního záření a umělého záření pomocí speciálních fluorescenčních UV lamp

v UVA, UVB a UVC části spektra. Simuluje rosu a déšť s kondenzující vlhkostí nebo vodní sprchou.

Nátěrové filmy na bázi akrylátové vodou ředitelné disperze s vybranými koalescenty byly hodnoceny po 500hodinové expozici v QUV komoře. U nátěrových filmů byly hodnoceny barevný modul L*a*b* a celková barevná změna dE* před a po expozici v QUV komoře. Nátěrové filmy na vláknocementových podkladech byly vystaveny cyklické 4hodinové expozici vůči UVA záření a 4hodinové kondenzaci při 50 °C. Energie použitého UVA záření je vhodné pro destrukci řetězce použité disperze. Měření testovaných vzorků bylo provedeno v chemickém a průmyslovém závodě společnosti Swisspearl a.s. v Berouně za použití přístroje QUV box LU-0819.

4. Výsledky a vyhodnocení

Tato kapitola je věnovaná výsledkům výše zmíněných zkušebních metod pro testované koalescenty a akrylátovou disperzi, dále pro nepigmentované nátěrové hmoty a filmy s obsahem testovaných koalescentů a v poslední řadě pro pigmentované nátěrové hmoty a pigmentované spodní, základní a vrchní nátěrové povlaky s obsahem vybraných koalescentů, kterými byly koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Podkapitoly výsledků a vyhodnocení jsou řazeny ve stejném pořadí jako zkušební metody v experimentální části práce. V podkapitole 4.1. jsou zpracovány výsledky stanovení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů. V podkapitole 4.2. jsou zpracovány výsledky stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů. V podkapitole 4.3. jsou zpracovány výsledky stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů. V podkapitole 4.4. jsou zpracovány výsledky stanovení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů. V podkapitole 4.5. jsou zpracovány výsledky stanovení chemické, mechanické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů.

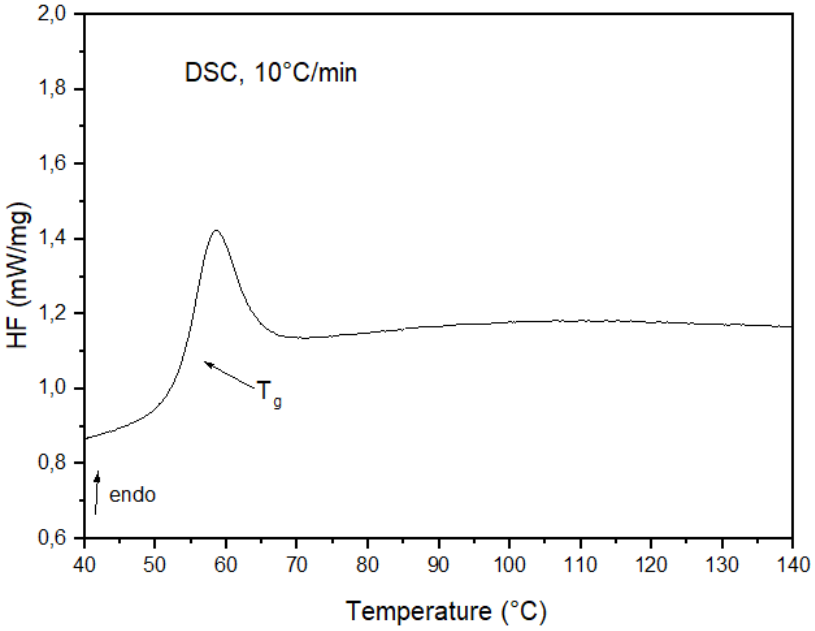
4.1. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů

4.1.1. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva

V tabulce 13 jsou uvedeny základní charakteristické vlastnosti použitého pojiva, které byly získány pomocí technik a metod popsaných v kapitolách 3.4.1.-3.4.5., tedy stanovení sušiny použitého pojiva, stanovení pH použitého pojiva, stanovení teploty skelného přechodu použitého pojiva, stanovení spektrální analýzy použitého pojiva a stanovení minimální filmotvorné teploty pro použité pojivo. Na obrázku číslo 5 je zobrazeno měření teploty skelného přechodu použité akrylátové disperze.

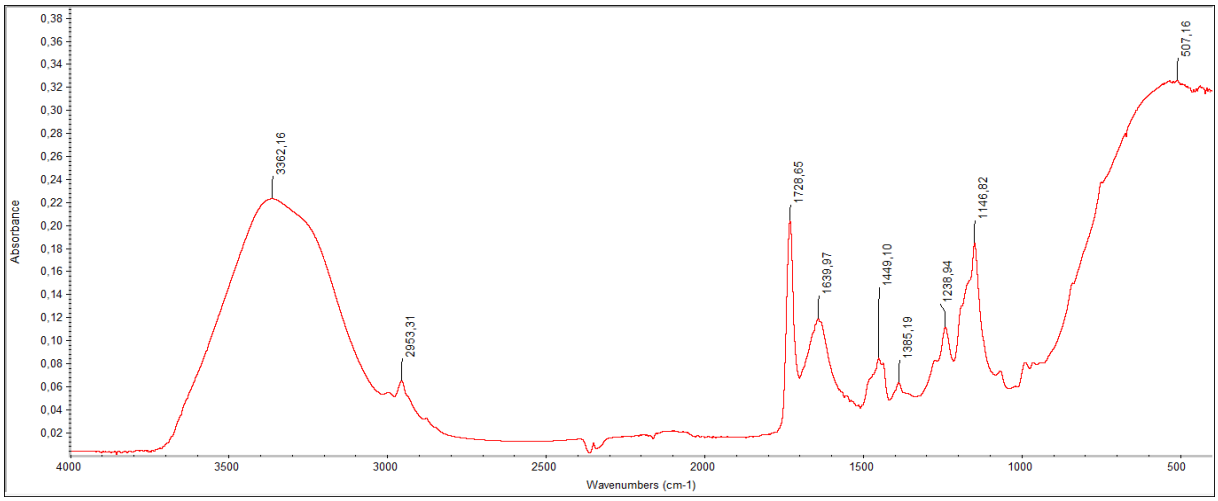
Tabulka 13 Fyzikálně-chemické vlastnosti použitého pojiva

Surovina	Sušina [%]	pH	Minimální filmotvorná teplota [°C]	T_g [°C]
Akrylátová disperze	48,5	9,11	56,8	56,0



Obrázek 5 Graf stanovení teploty skelného přechodu akrylátové disperze

Na obrázku číslo 6 je uvedeno spektrum akrylátové disperze za pomocí techniky infračervené spektroskopie. V tabulce číslo 14 je interpretace FTIR spektra použité akrylátové disperze.



Obrázek 6 FTIR spektrum akrylátové disperze

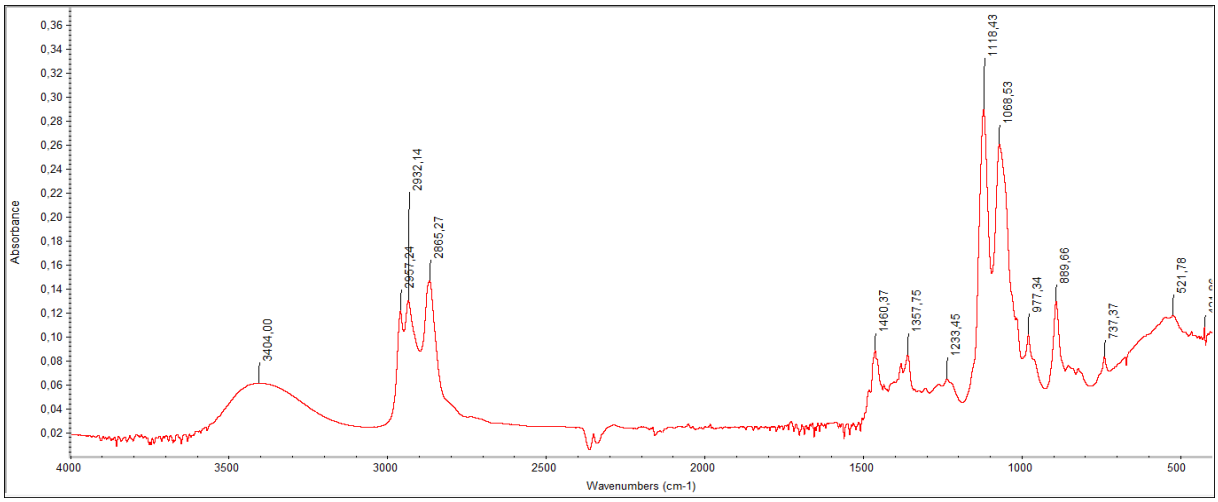
Tabulka 14 Vyhodnocení FTIR spektra pro použitou akrylátovou disperzi

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3362	ν_{as} (H_2O)	voda v rozpouštědle, vodíkové vazby
2953	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
1728	ν (C=O)	-C-O-O- nasycené estery
1640	ν_{as} (H_2O)	H_2O v rozpouštědle
1449	δ (CH_2)	-C-CH_2
1385	δ_s (CH_3)	-C-CH_3, -O-CH_3
1238	δ_s (CH_3)	dublet na konci řetězce
1146	ν_s (COC)	R-C-O-O-R_1 nasycené estery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

4.1.2. Vyhodnocení stanovení spektrální analýzy testovaných koalescentů

Na následujících obrázcích jsou uvedeny FTIR spektra testovaných koalescentů za pomocí techniky infračervené spektroskopie. V následujících tabulkách jsou uvedeny interpretace jednotlivých FTIR spekter. Měření byla provedena ve spolupráci s Technoparkem Kralupy VŠCHT pomocí spektrometru FTIR Nicolet iS50 ABX (Nicolet, USA).

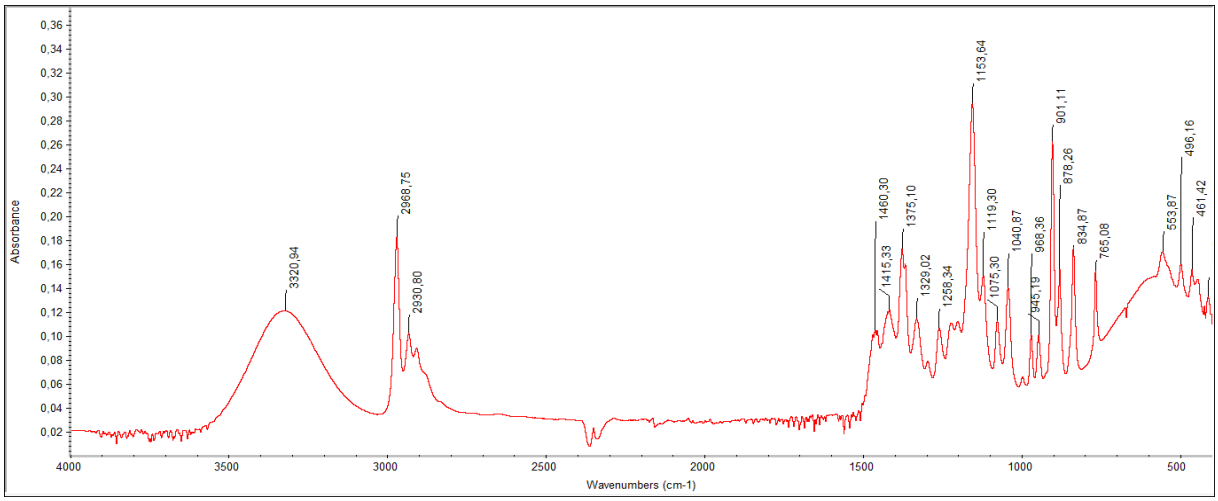


Obrázek 7 FTIR spektrum koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru

Tabulka 15 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3404	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2957	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2932	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2865	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1118	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

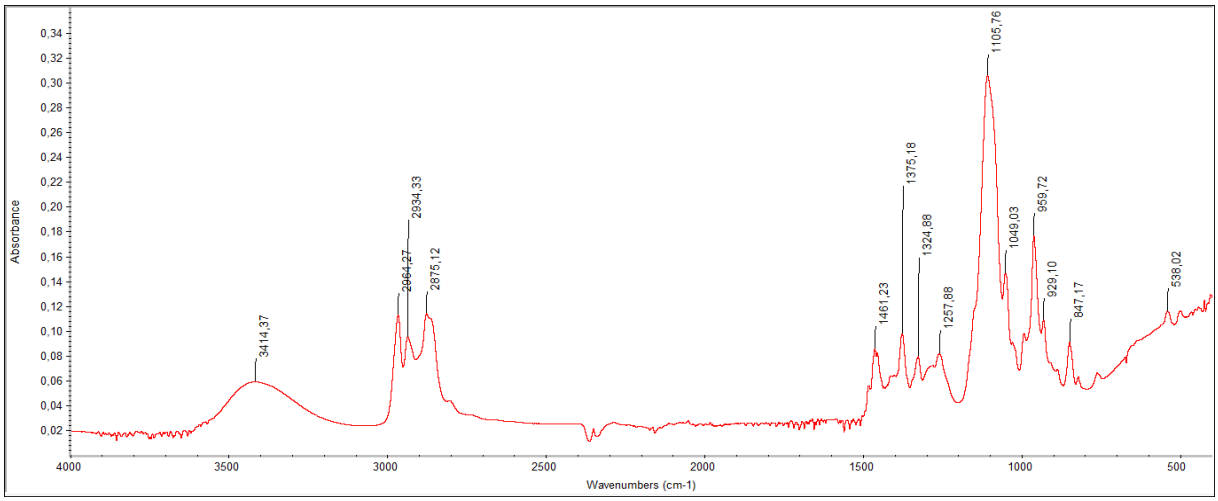


Obrázek 8 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2-Methyl-2,4-pentandiolu

Tabulka 16 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2-Methyl-2,4-pentandiolu

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3320	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2968	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2930	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1375	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1329	δ (CH)	-C – CH
1258	ν (OH)	-OH, izolované
1153	ν (CO)	R-OH, terciální alkoholy
1100	ν (CO)	R-OH, sekundární alkoholy

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

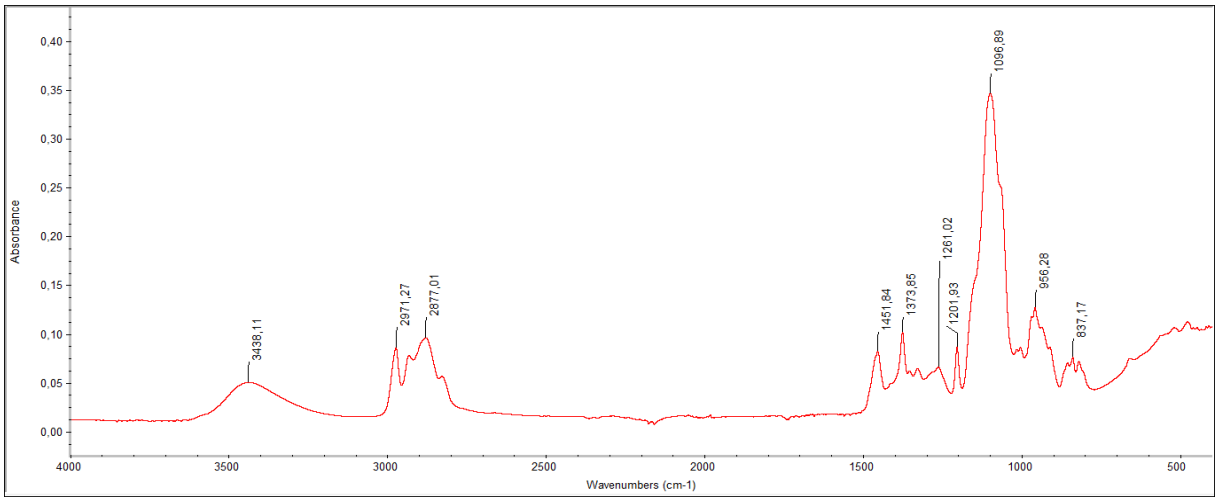


Obrázek 9 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-n-propyletheru

Tabulka 17 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-n-propyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3414	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2964	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2934	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2875	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1375	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1324	δ (CH)	-C – CH
1258	ν (OH)	-OH, izolované
1105	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

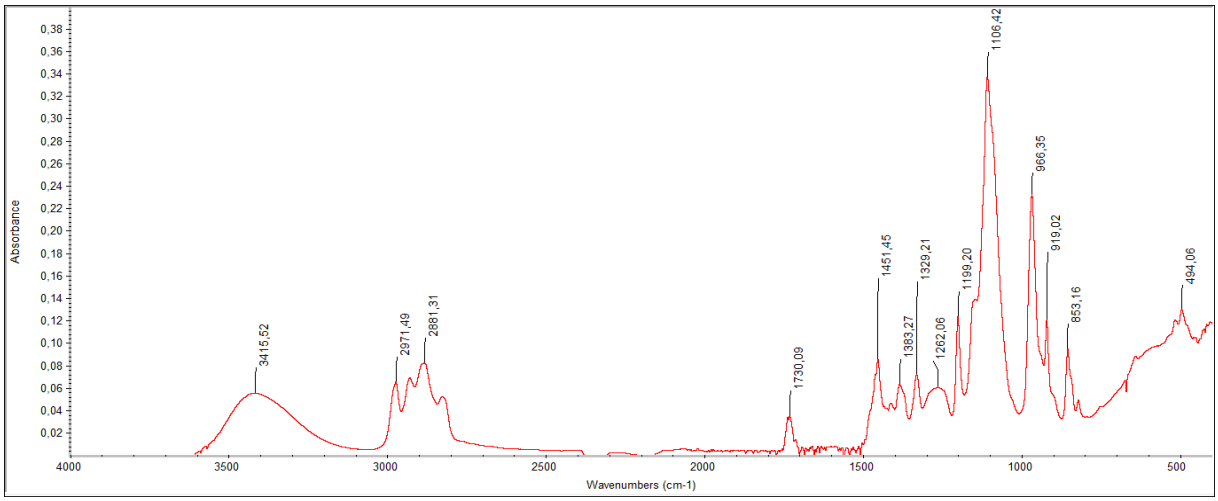


Obrázek 10 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru

Tabulka 18 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3438	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2971	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2877	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1451	δ (CH_2)	-C – CH_2
1373	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1260	ν (OH)	-OH, izolované
1096	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

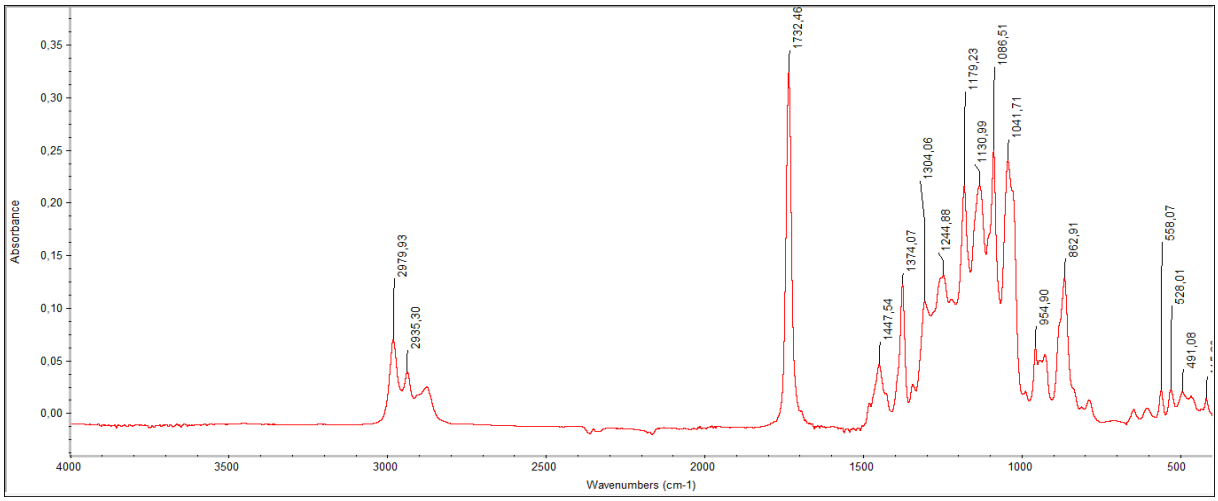


Obrázek 11 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru

Tabulka 19 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3415	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2971	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2920	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2881	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
2830	ν_s (CH_2)	-C – CH_2
1730	ν (C=O)	znečištění esterem, ketonem nebo karboxylovou kyselinou
1106	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery
1450	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1380	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1329	δ (CH)	-C – CH
1260	ν (OH)	-OH, izolované

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

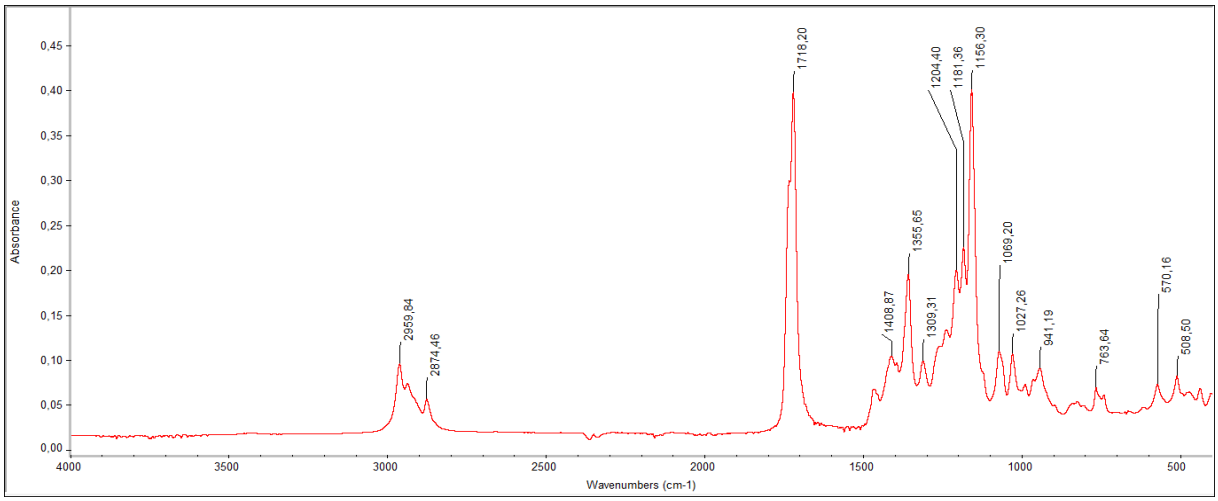


Obrázek 12 FTIR spektrum koalescentu na bázi ketalesteru

Tabulka 20 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ketalesteru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
2979	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2935	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
1730	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1447	δ_{as} (CH_2)	-C – CH_2
1374	δ_s (CH_3)	-C – CH_3

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

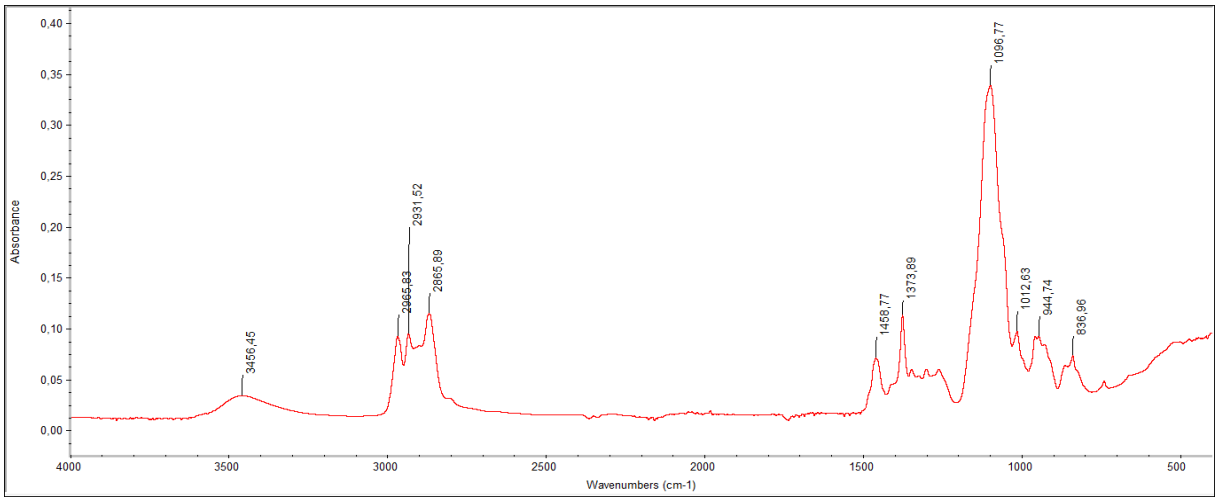


Obrázek 13 FTIR spektrum koalescentu na bázi butyllevulinátu

Tabulka 21 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi butyllevulinátu

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
2959	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2874	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1718	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1156	ν_{as} (COC)	R-CO-O-R_1

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

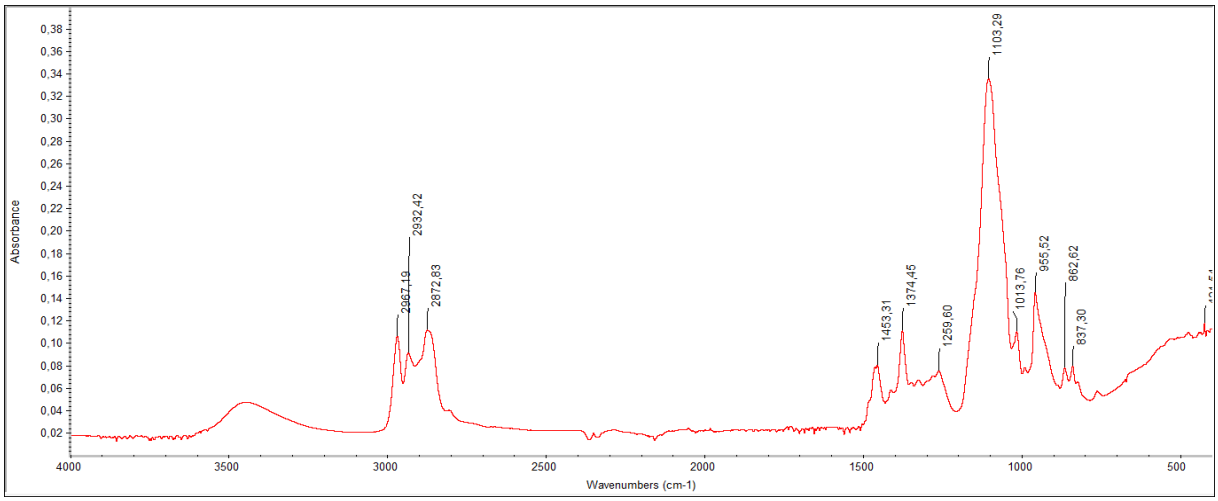


Obrázek 14 FTIR spektrum koalescentu na bázi tripropylenglykol n-butyletheru

Tabulka 22 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi tripropylenglykol n-butyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3456	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2965	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2931	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2865	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1459	δ (CH_2)	-C – CH_2
1374	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1097	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

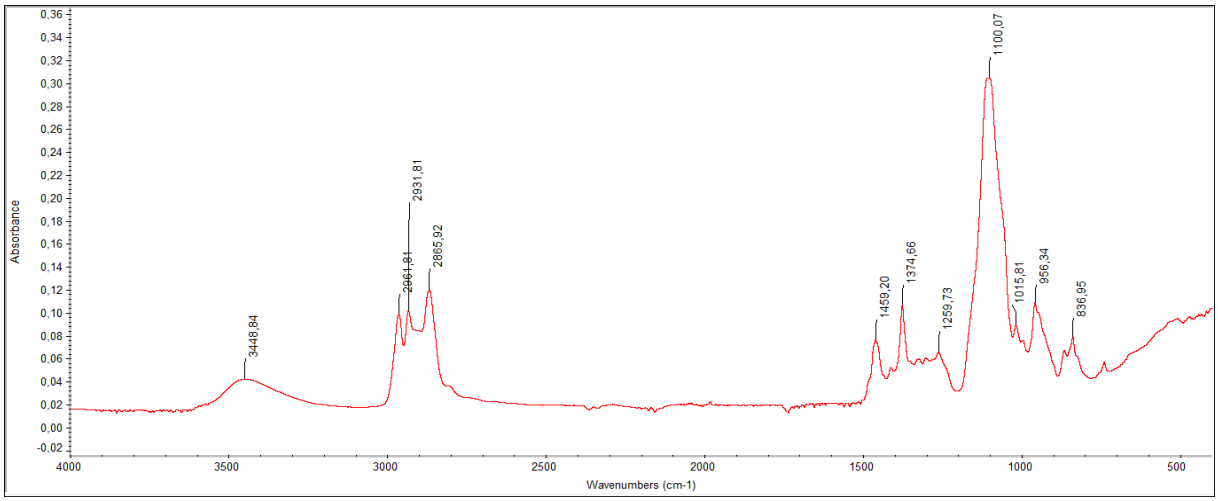


Obrázek 15 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru

Tabulka 23 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3500-3600	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2967	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2932	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2872	ν_s (CH_2)	-C – CH_2
1459	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1375	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1260	ν (OH)	-OH, izolované
1100	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

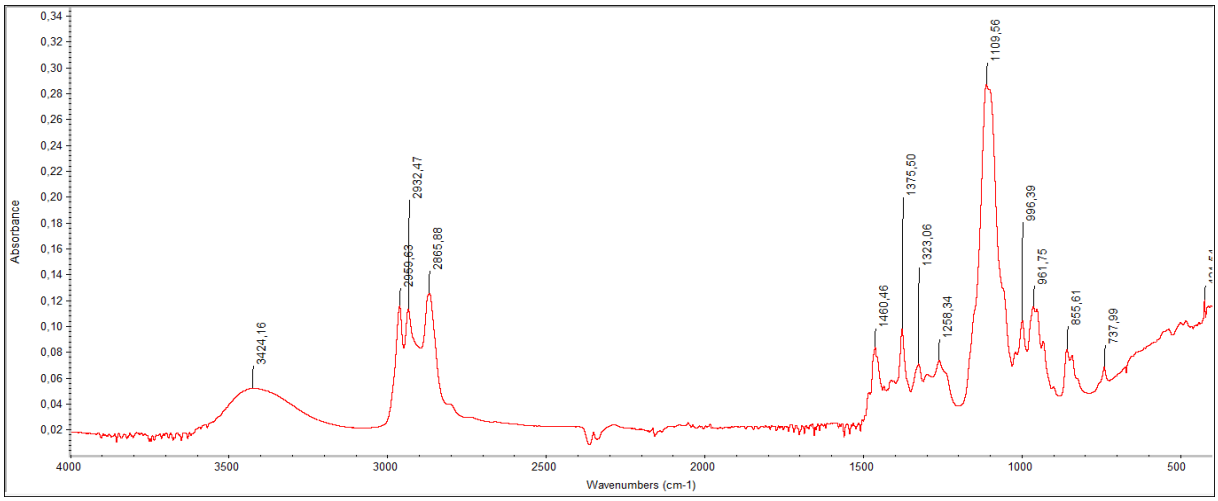


Obrázek 16 FTIR spektrum koalescentu na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru

Tabulka 24 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3449	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2961	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2931	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2865	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1460	δ (CH_2)	-C – CH_2
1375	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1260	ν (OH)	-OH, izolované
1100	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

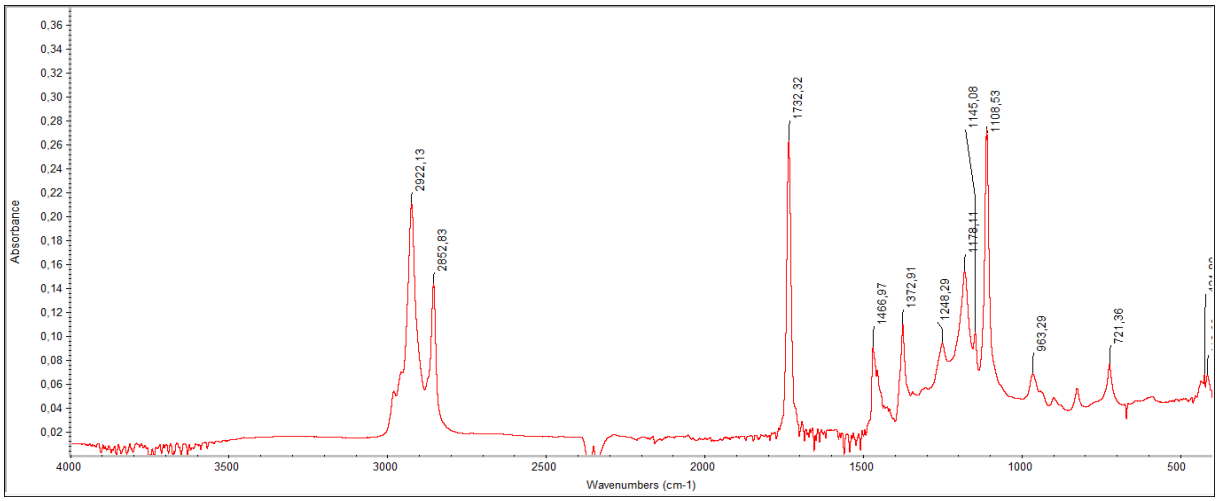


Obrázek 17 FTIR spektrum koalescentu na bázi propylenglykol-monobutyletheru

Tabulka 25 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi propylenglykol-monobutyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3424	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2960	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2932	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2866	ν_s (CH_2)	-C – CH_2
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1375	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1323	δ (CH)	-C – CH
1258	ν (OH)	-OH, izolované
1109	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

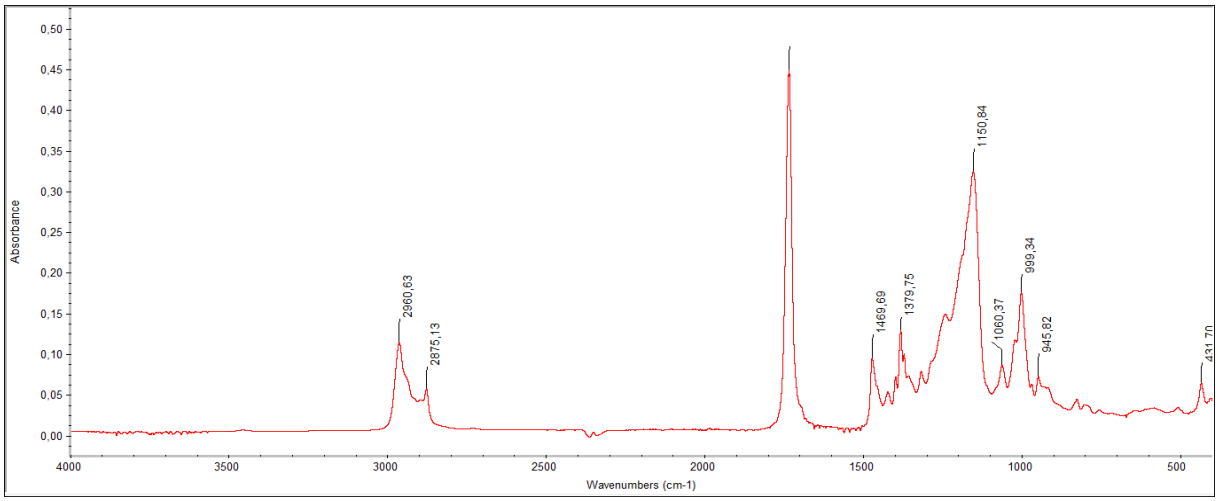


Obrázek 18 FTIR spektrum koalescentu na bázi lineárního esteru

Tabulka 26 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi lineárního esteru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
2922	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2852	ν_s (CH_2)	-C – CH_2
1732	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1466	δ (CH_2)	-C – CH_2
721	ρ (CH_2)	(-CH_2-)n , dlouhé řetězce

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

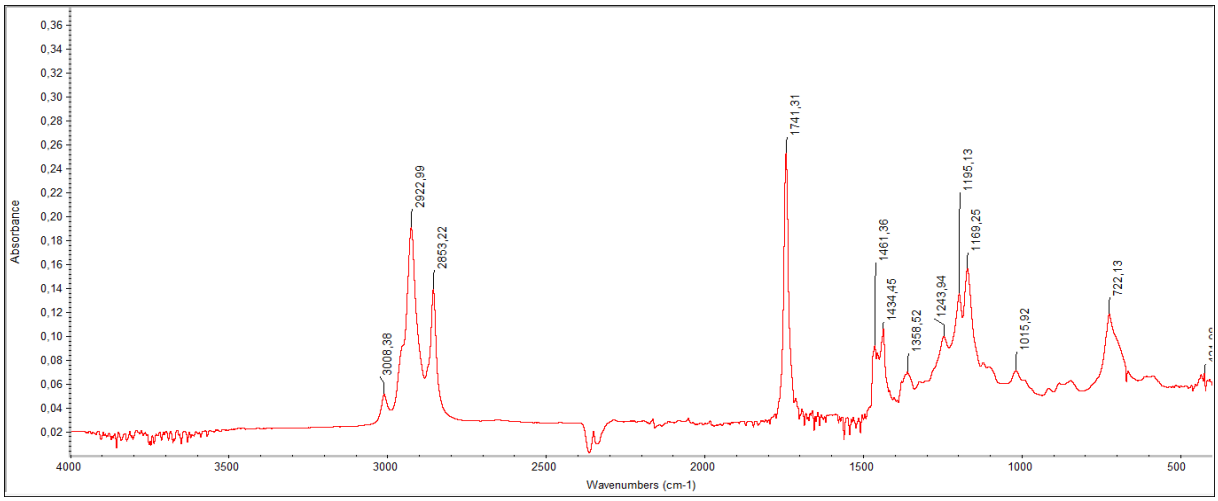


Obrázek 19 FTIR spektrum koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny

Tabulka 27 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
2960	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2875	ν_{s} (CH_3)	-C - CH_3
1730	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1380	δ_{s} (CH_3)	-C – CH_3
1150	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

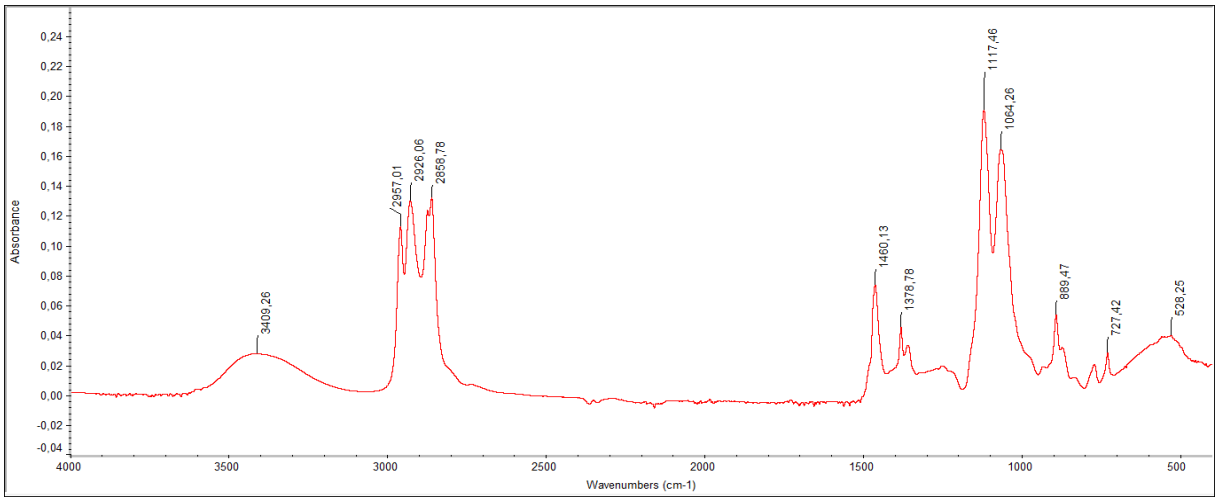


Obrázek 20 FTIR spektrum koalescentu na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny

Tabulka 28 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3008	ν (CH)	=CH-, izolované dvojné vazby
2923	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2853	ν_{a} (CH_2)	-C – CH_2
1741	ν (C=O)	-C-O-O- nenasycené estery
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1460	δ (CH_2)	-C -CH_2
1435	δ (CH_2)	-CH=CH_2
1360	δ_{s} (CH_3)	-C - CH_3
1244	ν_{as} (COC)	R-CO-O-R
1169	ν_{as} (COC)	R-CO-O-R
722	ρ (CH_2)	(-CH_2-)n , dlouhé řetězce

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

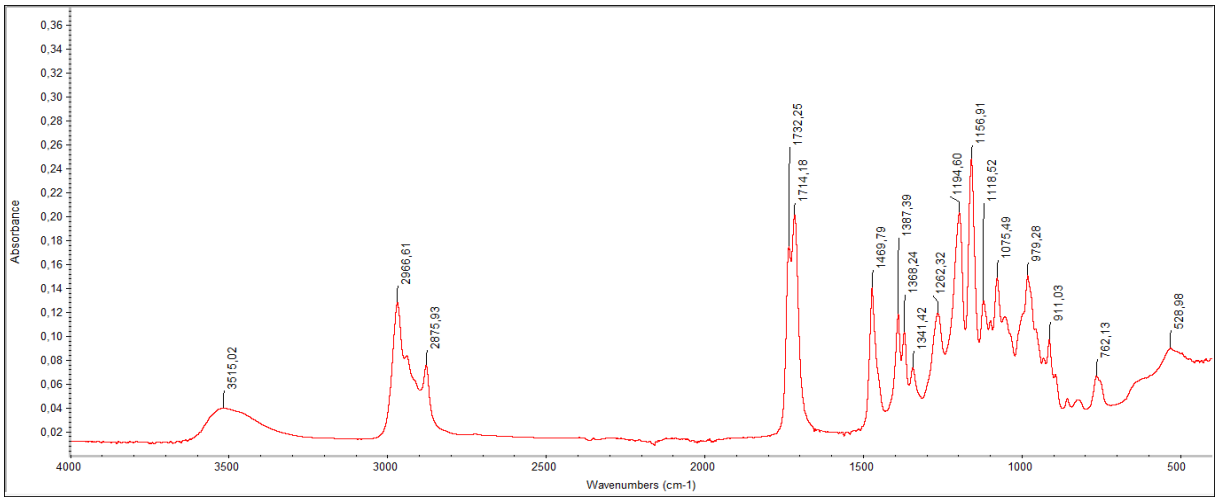


Obrázek 21 FTIR spektrum koalescentu na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru

Tabulka 29 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3409	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2957	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2926	ν_{as} (CH_2)	-C – CH_2
2852	ν_s (CH_2)	-C – CH_2
1460	δ_{as} (CH_3)	-C – CH_3
1380	δ_s (CH_3)	-C – CH_3
1117	ν_{as} (COC)	-O-, alifatické ethery
1064	ν (CO)	R-OH primární alkoholy

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

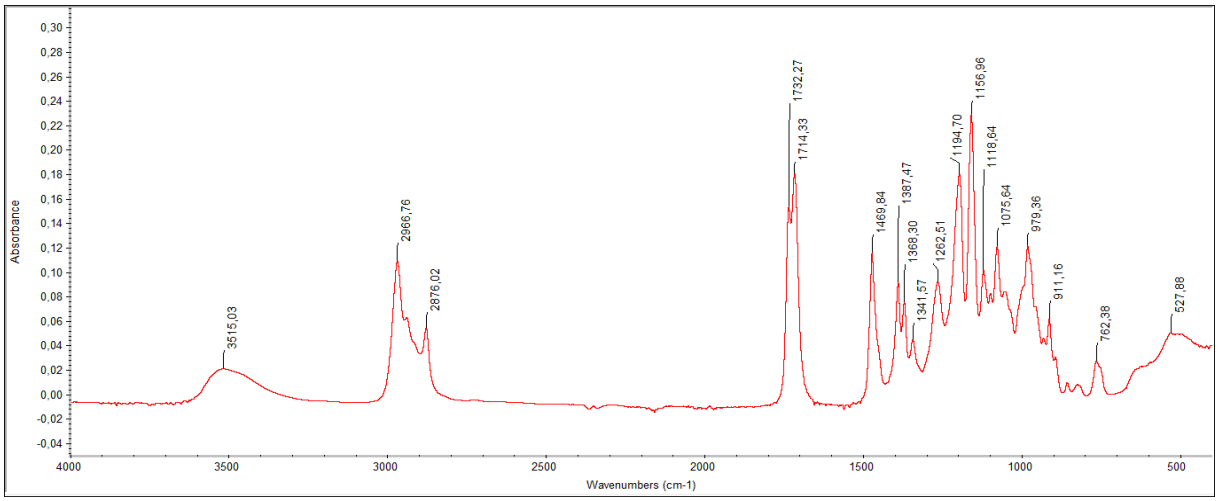


Obrázek 22 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu

Tabulka 30 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3515	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2967	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2876	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1714	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1470	δ_{as} (CH_2)	-C – CH_3
1387	δ_s (CH_2)	-C – CH_3

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.



Obrázek 23 FTIR spektrum koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu

Tabulka 31 Vyhodnocení FTIR spektra koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu

Vlnočet pásu	Přiřazení	Funkční skupina
3515	ν (OH)	- OH, vodíkové vazby
2967	ν_{as} (CH_3)	-C - CH_3
2876	ν_s (CH_3)	-C - CH_3
1714	ν (C=O)	-C-O-O- , estery
1470	δ_{as} (CH_2)	-C – CH_2
1387	δ_s (CH_2)	-C – CH_3

Popis vibračních kmitů: ν - valenční, δ - deformační, γ - mimorovinný, ω - kývavý, ρ - kolébavý, as - antisymetrický, s – symetrický.

4.2. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

V této kapitole jsou zaznamenány výsledky získané z laboratorních zkoušek, které jsou popsány v kapitole 3.7. stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů.

4.2.1. Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem při teplotě 50 °C po dobu 14 dní

V tabulce 32 jsou uvedeny výsledky kompatibility pro testované koalescenty s použitým pojivem po dobu 7 dní při 50 °C a v tabulce 33 jsou uvedeny výsledky po dobu 14 dní při teplotě 50 °C.

Tabulka 32 Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem po dobu 7 dní při teplotě 50 °C

Koalescent	Homogenita	Olejové skvrny	Sraženiny
Ethylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monomethylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monopropylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-monomethylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-n-propylether	ANO	NE	NE
Tripropylenglykol n-butylether	ANO	NE	NE
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	ANO	NE	NE
2-Methyl-2,4-pentandiol	ANO	NE	NE
Methylester přírodní mastné kyseliny	ANO	ANO	NE
Estery dikarboxylové kyseliny	ANO	NE	NE
Lineární ester	ANO	NE	NE
Butyllevulinát	ANO	NE	NE
Ketalester	ANO	NE	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	ANO	NE	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	ANO	NE	NE

Tabulka 33 Vyhodnocení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem po dobu 14 dní při teplotě 50 °C

Koalescent	Homogenita	Olejové skvrny	Sraženiny
Ethylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monomethylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Dipropylenglykol-monopropylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-monomethylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Propylenglykol-n-propylether	ANO	NE	NE
Tripropylenglykol n-butylether	ANO	NE	NE
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	ANO	NE	NE
2-Methyl-2,4-pentandiol	ANO	NE	NE
Methylester přírodní mastné kyseliny	ANO	ANO	NE
Estery dikarboxylové kyseliny	ANO	NE	NE
Lineární ester	ANO	NE	NE
Butyllevulinát	ANO	NE	NE
Ketalester	ANO	NE	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	ANO	NE	NE
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	ANO	NE	NE

4.2.2. Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů

V tabulce 34 je vyhodnoceno stanovení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze. V tabulce 35 je vyhodnoceno stanovení vzhledu nátěrových filmů s obsahem částečně vodou mísitelných koalescentů. V tabulce 36 je vyhodnoceno stanovení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou nemísitelných koalescentů.

Tabulka 34 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Zákal (Z)	Bubliny (B)	Částice (C)	Povrch (P)
-	-	Z1	B1	C1	P1
Ethylenglykol-monobutylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Dipropylenglykol-monomethylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P3
	20	Z1	B1	C1	P3
Propylenglykol-monomethylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Propylenglykol-n-propylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P3

Z1 – bez zákalu, B1 – bez bublin, C1 – bez částic, P1 – hladký, slitý povrch, P3 – ďolíčky, krátery, pomerančová kůra

Tabulka 35 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem částečně vodou mísitelných koalescentů (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Zákal (Z)	Bubliny (B)	Částice (C)	Povrch (P)
Propylenglykol-monobutylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Tripropylenglykol n-butylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Dipropylenglykol-monopropylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Dipropylenglykol-monobutylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Butyllevulinát	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1
Ketalester	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P1

Z1 – bez zákalu, B1 – bez bublin, C1 – bez částic, P1 – hladký, slitý povrch

Tabulka 36 Vyhodnocení vzhledu nátěrových filmů s obsahem vodou nemísitelných koalescentů (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Zákal (Z)	Bubliny (B)	Částice (C)	Povrch (P)
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P3
	15	Z1	B1	C1	P3
	20	Z1	B1	C1	P3
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P3
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P3
	15	Z1	B1	C1	P3
	20	Z1	B1	C1	P3
Estery dikarboxylové kyseliny	1	Z1	B1	C1	P1
	2,5	Z1	B1	C1	P1
	5	Z1	B1	C1	P1
	10	Z1	B1	C1	P1
	12,5	Z1	B1	C1	P1
	15	Z1	B1	C1	P1
	20	Z1	B1	C1	P3
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	Z1	B1	C1	P3
	2,5	Z2	B1	C1	P3
	5	Z2	B1	C1	P3
	10	Z2	B1	C1	P3
	12,5	Z2	B2	C1	P1
	15	Z2	B2	C1	P1
	20	Z2	B1	C1	P3
Lineární ester	1	Z1	B1	C1	P3
	2,5	Z1	B1	C1	P3
	5	Z2	B1	C1	P3
	10	Z2	B1	C1	P3
	12,5	Z2	B1	C1	P3
	15	Z2	B1	C1	P3
	20	Z2	B1	C1	P3

Z1 – bez zákalu, Z2 – slabý zákal, B1 – bez bublin, B2 – ojedinělé bubliny, C1 – bez částic, P1 – hladký, slitý povrch, P3 – ďolíčky, krátery, pomerančová kůra

4.2.3. Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 37 jsou výsledky pro stanovení minimální filmotvorné teploty pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 38 jsou výsledky pro stanovení minimální filmotvorné teploty pro

testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 39 jsou výsledky pro stanovení minimální filmotvorné teploty pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

Tabulka 37 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze

Koalescent	Koncentrace [%]	MFFT [°C]
-	-	56,8
Ethylenglykol-monobutylether	1	47,9
	2,5	43,1
	5	39,8
	10	27,8
	12,5	21,4
	15	17,7
	20	8,0
Dipropylenglykol-monomethylether	1	54,9
	2,5	48,0
	5	42,7
	10	36,2
	12,5	34,1
	15	22,7
	20	18,0
Propylenglykol-monomethylether	1	55,1
	2,5	52,8
	5	49,9
	10	49,0
	12,5	47,4
	15	45,5
	20	44,3
Propylenglykol-n-propylether	1	55,3
	2,5	47,7
	5	45,8
	10	40,1
	12,5	34,8
	15	32,7
	20	30,1
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	56,2
	2,5	47,9
	5	45,3
	10	34,2
	12,5	31,6
	15	26,1
	20	18,8

Tabulka 38 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem částečně vodou mísitelných koalescentů

Koalescent	Koncentrace [%]	MFFT [°C]
Propylenglykol-monobutylether	1	54,2
	2,5	43,4
	5	39,2
	10	29,4
	12,5	23,2
	15	21,1
	20	12,5
Tripropylenglykol n-butylether	1	55,2
	2,5	41,6
	5	33,0
	10	23,9
	12,5	15,9
	15	12,8
	20	5,1
Dipropylenglykol-monopropylether	1	53,2
	2,5	42,9
	5	32,7
	10	26,1
	12,5	20,3
	15	14,9
	20	4,7
Dipropylenglykol-monobutylether	1	55,2
	2,5	40,0
	5	32,3
	10	22,6
	12,5	17,7
	15	11,4
	20	2,5
Butyllevulinát	1	47,4
	2,5	42,7
	5	35,6
	10	24,0
	12,5	8,8
	15	3,3
	20	-4,5
Ketalester	1	47,4
	2,5	42,3
	5	36,1
	10	23,3
	12,5	12,6
	15	10,7
	20	1,5

Tabulka 39 Vyhodnocení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů s obsahem vodou nemísitelných koalescentů

Koalescent	Koncentrace [%]	MFFT [°C]
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	53,8
	2,5	47,8
	5	39,7
	10	27,5
	12,5	19,7
	15	12,3
	20	6,0
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	54,8
	2,5	47,2
	5	36,4
	10	26,5
	12,5	17,9
	15	10,7
	20	3,2
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	52,1
	2,5	50,1
	5	33,3
	10	22,8
	12,5	15,6
	15	7,3
	20	1,9
Estery dikarboxylové kyseliny	1	52,8
	2,5	47,6
	5	39,0
	10	27,3
	12,5	19,4
	15	17,3
	20	7,3
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	56,0
	2,5	47,7
	5	41,4
	10	39,1
	12,5	37,3
	15	30,0
	20	25,9
Lineární ester	1	56,6
	2,5	50,8
	5	48,6
	10	43,9
	12,5	40,8
	15	36,2
	20	30,0

4.2.4. Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Persoze

V následující tabulce číslo 40 jsou uvedeny výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 41 jsou uvedeny výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 42 jsou uvedeny

výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. Jednotlivé výsledky jsou vztaženy jak na skleněný standard přístroje, tak na čistou disperzi.

Tabulka 40 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
-	-	76,44	76,71	76,94	100,00	100,00	100,00
Ethylenglykol-monobutylether	1	70,67	72,13	75,34	92,45	94,03	97,92
	2,5	68,82	70,13	73,97	90,03	91,42	96,14
	5	68,59	69,06	73,87	89,73	90,03	96,01
	10	62,96	65,02	73,76	82,37	84,76	95,87
	12,5	58,66	60,36	72,99	76,74	78,69	94,87
	15	45,21	47,31	57,99	59,14	61,67	75,37
	20	25,22	29,44	46,81	32,99	38,38	60,84
Dipropylenglykol-monomethylether	1	69,75	71,38	74,89	91,25	93,05	97,34
	2,5	65,21	67,43	72,15	85,31	87,90	93,77
	5	63,51	65,82	68,58	83,08	85,80	89,13
	10	58,73	60,91	65,08	76,83	79,40	84,59
	12,5	38,03	40,11	43,74	49,75	52,29	56,85
	15	24,72	30,63	37,03	32,34	39,93	48,13
	20	23,56	27,29	36,64	30,82	35,58	47,62
Propylenglykol-monomethylether	1	71,36	72,77	76,48	93,35	94,86	99,40
	2,5	68,36	71,61	75,57	89,43	93,35	98,22
	5	67,67	70,45	74,20	88,53	91,84	96,44
	10	65,21	68,83	73,06	85,31	89,73	94,96
	12,5	64,67	66,05	71,46	84,60	86,10	92,88
	15	62,82	63,73	70,78	82,18	83,08	91,99
	20	61,05	61,65	67,47	79,87	80,37	87,69
Propylenglykol-n-propylether	1	73,84	74,42	76,37	96,60	97,01	99,26
	2,5	70,60	70,89	73,11	92,36	92,41	95,02
	5	68,98	69,89	72,18	90,24	91,11	93,81
	10	64,36	67,66	70,08	84,20	88,20	91,08
	12,5	61,44	65,05	68,22	80,38	84,80	88,67
	15	60,19	62,68	65,33	78,74	81,71	84,91
	20	59,02	60,39	62,44	77,21	78,73	81,15
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	71,99	72,65	73,59	94,18	94,71	95,65
	2,5	70,53	71,81	72,97	92,27	93,61	94,84
	5	63,51	66,02	67,12	83,08	86,06	87,24
	10	39,60	41,77	42,07	51,81	54,45	54,68
	12,5	30,86	35,23	36,47	40,37	45,93	47,40
	15	22,54	26,57	30,18	29,49	34,64	39,23
	20	19,29	22,50	29,48	25,24	29,33	38,32

Tabulka 41 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
Propylenglykol-monobutylether	1	73,23	74,03	75,67	95,80	96,51	98,35
	2,5	72,84	73,88	74,27	95,29	96,31	96,53
	5	70,69	72,73	74,04	92,48	94,81	96,23
	10	62,37	63,89	65,94	81,59	83,29	85,70
	12,5	58,19	60,30	61,03	76,13	78,61	79,32
	15	54,87	55,54	58,03	71,78	72,40	75,42
	20	48,84	49,71	52,58	63,89	64,80	68,34
Tripropylenglykol n-butylether	1	72,17	73,56	75,12	94,41	95,89	97,63
	2,5	71,79	73,15	74,19	93,92	95,36	96,43
	5	66,18	68,73	71,35	86,58	89,60	92,73
	10	32,49	35,52	36,93	42,50	46,30	48,00
	12,5	32,17	34,99	35,47	42,09	45,61	46,10
	15	29,95	32,99	34,94	39,18	43,01	45,41
	20	17,15	22,98	32,55	22,44	29,96	42,31
Dipropylenglykol-monopropylether	1	73,25	75,85	76,12	95,83	98,88	98,93
	2,5	71,41	73,97	74,27	93,42	96,43	96,53
	5	60,36	61,02	64,66	78,96	79,55	84,04
	10	42,45	43,18	49,31	55,53	56,29	64,09
	12,5	34,78	38,64	42,85	45,50	50,37	55,69
	15	28,72	30,93	36,72	37,57	40,32	47,73
	20	26,36	28,16	34,33	34,48	36,71	44,62
Dipropylenglykol-monobutylether	1	73,84	73,88	75,9	96,60	96,31	98,65
	2,5	70,76	71,04	72,81	92,57	92,61	94,63
	5	65,91	67,02	68,94	86,22	87,37	89,60
	10	38,54	39,48	41,92	50,42	51,47	54,48
	12,5	30,69	32,35	34,54	40,15	42,17	44,89
	15	22,72	25,51	33,98	29,72	33,26	44,16
	20	15,01	20,22	32,51	19,64	26,36	42,25
Butyllevulinát	1	70,61	72,5	75,91	92,37	94,51	98,66
	2,5	67,45	68,58	74,27	88,24	89,40	96,53
	5	64,84	65,66	67,99	84,82	85,60	88,37
	10	57,81	59,51	62,82	75,63	77,58	81,65
	12,5	54,74	55,61	56,59	71,61	72,49	73,55
	15	49,33	50,23	53,37	64,53	65,48	69,37
	20	42,31	43,62	46,91	55,35	56,86	60,97
Ketalester	1	74,07	74,34	76,37	96,90	96,91	99,26
	2,5	71,61	72,96	74,74	93,68	95,11	97,14
	5	64,83	68,58	70,25	84,81	89,40	91,30
	10	45,21	46,39	50,04	59,14	60,47	65,04
	12,5	44,62	46,01	47,62	58,37	59,98	61,89
	15	38,93	40,63	43,15	50,93	52,97	56,08
	20	30,53	32,26	35,76	39,94	42,05	46,48

Tabulka 42 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Persoze pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	70,21	71,38	75,57	91,85	93,05	98,22
	2,5	69,75	70,68	73,59	91,25	92,14	95,65
	5	51,13	54,28	67,62	66,89	70,76	87,89
	10	42,65	43,91	55,74	55,80	57,24	72,45
	12,5	32,57	37,56	40,12	42,61	48,96	52,14
	15	24,57	37,08	38,61	32,14	48,34	50,18
	20	11,47	13,23	15,64	15,01	17,25	20,33
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	72,52	73,46	75,81	94,87	95,76	98,53
	2,5	69,67	70,92	74,66	91,14	92,45	97,04
	5	65,05	68,22	73,37	85,10	88,93	95,36
	10	46,35	47,01	50,05	60,64	61,28	65,05
	12,5	35,53	37,72	39,66	46,48	49,17	51,55
	15	30,32	32,26	33,96	39,67	42,05	44,14
	20	17,31	19,74	20,68	22,65	25,73	26,88
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	68,92	71,15	74,46	90,16	92,75	96,78
	2,5	68,44	70,46	73,31	89,53	91,85	95,28
	5	61,67	62,26	68,06	80,68	81,16	88,46
	10	40,26	42,49	43,51	52,67	55,39	56,55
	12,5	35,57	37,54	37,67	46,53	48,94	48,96
	15	23,13	25,18	29,79	30,26	32,82	38,72
	20	18,94	20,21	26,45	24,78	26,35	34,38
Estery dikarboxylové kyseliny	1	72,02	76,09	76,35	94,22	99,19	99,23
	2,5	71,13	73,73	75,27	93,05	96,12	97,83
	5	67,72	69,79	71,12	88,59	90,98	92,44
	10	44,78	46,64	48,99	58,58	60,80	63,67
	12,5	44,19	46,48	47,66	57,81	60,59	61,94
	15	40,27	45,42	46,07	52,68	59,21	59,88
	20	15,87	20,27	24,11	20,76	26,42	31,34
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	63,72	66,48	67,98	83,36	86,66	88,35
	2,5	62,02	63,83	65,54	81,14	83,21	85,18
	5	54,28	55,05	58,86	71,01	71,76	76,50
	10	44,92	45,04	48,52	58,77	58,71	63,06
	12,5	37,55	38,39	40,95	49,12	50,05	53,22
	15	34,57	35,09	38,18	45,23	45,74	49,62
	20	8,41	10,92	11,67	11,00	14,24	15,17
Lineární ester	1	61,85	65,66	67,82	80,91	85,60	88,15
	2,5	55,71	57,76	63,47	72,88	75,30	82,49
	5	50,36	55,69	60,78	65,88	72,60	79,00
	10	36,23	37,74	49,17	47,40	49,20	63,91
	12,5	29,01	30,67	42,25	37,95	39,98	54,91
	15	28,26	30,33	35,18	36,97	39,54	45,72
	20	24,47	25,26	33,96	32,01	32,93	44,14

4.2.5. Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem dle Königa

V následující tabulce číslo 43 jsou výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 44 jsou výsledky pro stanovení relativní

povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 45 jsou výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. Jednotlivé výsledky jsou vztaženy jak na skleněný standard přístroje, tak na čistou disperzi.

Tabulka 43 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
-	-	77,13	77,21	77,01	100,00	100,00	100,00
Ethylenglykol-monobutylether	1	69,15	70,24	76,47	89,65	90,97	99,30
	2,5	68,09	68,63	75,87	88,28	88,89	98,52
	5	67,55	68,10	74,87	87,58	88,20	97,22
	10	63,83	64,34	74,32	82,76	83,33	96,51
	12,5	57,45	58,98	73,80	74,48	76,39	95,83
	15	43,62	43,97	57,22	56,55	56,95	74,30
	20	23,40	28,95	45,99	30,34	37,50	59,72
Dipropylenglykol-monomethylether	1	67,55	71,31	74,33	87,58	92,36	96,52
	2,5	64,89	66,49	71,66	84,13	86,12	93,05
	5	62,23	64,66	69,52	80,68	83,75	90,27
	10	58,51	59,52	66,31	75,86	77,09	86,11
	12,5	37,77	39,68	42,78	48,97	51,39	55,55
	15	23,94	28,95	36,36	31,04	37,50	47,21
	20	22,87	26,81	35,83	29,65	34,72	46,53
Propylenglykol-monomethylether	1	73,40	73,99	75,94	95,16	95,83	98,61
	2,5	68,09	69,71	75,40	88,28	90,29	97,91
	5	65,96	69,17	73,80	85,52	89,59	95,83
	10	64,36	64,88	71,66	83,44	84,03	93,05
	12,5	63,30	64,34	69,52	82,07	83,33	90,27
	15	62,77	63,81	68,98	81,38	82,64	89,57
	20	62,23	62,81	67,91	80,68	81,35	88,18
Propylenglykol-n-propylether	1	73,32	74,11	75,02	95,06	95,98	97,42
	2,5	70,08	71,93	72,39	90,86	93,16	94,00
	5	69,54	69,75	70,84	90,16	90,34	91,99
	10	63,61	68,66	68,96	82,47	88,93	89,55
	12,5	61,99	64,31	67,57	80,37	83,29	87,74
	15	61,46	63,22	66,49	79,68	81,88	86,34
	20	59,84	59,95	62,67	77,58	77,65	81,38
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	71,16	71,39	75,20	92,26	92,46	97,65
	2,5	70,08	70,84	71,93	90,86	91,75	93,40
	5	63,24	65,57	66,49	81,99	84,92	86,34
	10	38,38	41,53	41,62	49,76	53,79	54,04
	12,5	29,19	33,33	34,05	37,85	43,17	44,22
	15	22,70	25,68	29,19	29,43	33,26	37,90
	20	17,84	21,31	28,65	23,13	27,60	37,20

Tabulka 44 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
Propylenglykol-monobutylether	1	72,78	73,02	75,75	94,36	94,57	98,36
	2,5	71,70	72,48	74,11	92,96	93,87	96,23
	5	69,00	71,06	73,02	89,46	92,03	94,82
	10	61,46	62,67	64,31	79,68	81,17	83,51
	12,5	57,68	59,40	61,04	74,78	76,93	79,26
	15	53,91	55,04	57,22	69,89	71,29	74,30
	20	47,98	49,05	51,77	62,21	63,53	67,23
Tripropylenglykol n-butylether	1	71,89	73,22	74,05	93,21	94,83	96,16
	2,5	70,81	72,68	73,51	91,81	94,13	95,46
	5	65,41	68,85	70,35	84,80	89,17	91,35
	10	33,51	34,62	36,22	43,45	44,84	47,03
	12,5	31,89	33,88	34,59	41,35	43,88	44,92
	15	29,73	32,24	33,51	38,55	41,76	43,51
	20	16,76	21,31	32,43	21,73	27,60	42,11
Dipropylenglykol-monopropylether	1	72,97	74,86	76,22	94,61	96,96	98,97
	2,5	70,27	72,13	73,89	91,11	93,42	95,95
	5	59,46	61,20	63,78	77,09	79,26	82,82
	10	41,62	42,08	47,57	53,96	54,50	61,77
	12,5	35,68	37,16	41,62	46,26	48,13	54,04
	15	27,03	29,51	36,22	35,04	38,22	47,03
	20	26,49	27,87	33,51	34,34	36,10	43,51
Dipropylenglykol-monobutylether	1	73,32	74,66	75,57	95,06	96,70	98,13
	2,5	69,54	70,21	70,84	90,16	90,93	91,99
	5	65,77	66,85	67,57	85,27	86,58	87,74
	10	37,74	39,24	40,33	48,93	50,82	52,37
	12,5	30,19	31,06	35,42	39,14	40,23	45,99
	15	22,10	24,52	33,24	28,65	31,76	43,16
	20	14,56	20,71	31,61	18,88	26,82	41,05
Butyllevulinát	1	70,08	71,75	73,02	90,86	92,93	94,82
	2,5	66,31	67,03	72,31	85,97	86,82	93,90
	5	63,61	64,31	66,76	82,47	83,29	86,69
	10	57,14	58,31	61,58	74,08	75,52	79,96
	12,5	53,37	54,41	55,13	69,19	70,47	71,59
	15	50,67	51,23	52,86	65,69	66,35	68,64
	20	41,51	41,96	46,32	53,82	54,35	60,15
Ketalester	1	73,32	75,20	76,29	95,06	97,40	99,07
	2,5	71,16	72,30	73,93	92,26	93,64	96,00
	5	65,77	67,03	71,39	85,27	86,82	92,70
	10	45,82	46,87	49,87	59,41	60,70	64,76
	12,5	44,20	45,78	46,87	57,31	59,29	60,86
	15	38,81	40,33	42,78	50,32	52,23	55,55
	20	30,19	32,15	34,33	39,14	41,64	44,58

Tabulka 45 Vyhodnocení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dle Königa pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		Na standard			Na disperzi		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	70,21	71,31	75,94	91,03	92,36	98,61
	2,5	69,15	70,24	72,73	89,65	90,97	94,44
	5	51,06	53,62	67,38	66,20	69,45	87,50
	10	41,49	42,36	54,71	53,79	54,86	71,04
	12,5	32,98	37,53	39,97	42,76	48,61	51,90
	15	23,94	36,46	37,43	31,04	47,22	48,60
	20	11,70	12,33	14,44	15,17	15,97	18,75
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	71,28	74,53	76,47	92,42	96,53	99,30
	2,5	68,62	71,31	74,87	88,97	92,36	97,22
	5	64,36	67,56	73,26	83,44	87,50	95,13
	10	46,81	47,18	49,20	60,69	61,11	63,89
	12,5	35,58	37,60	38,15	46,13	48,70	49,54
	15	30,19	31,61	32,70	39,14	40,94	42,46
	20	17,25	19,07	20,16	22,36	24,70	26,18
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	68,09	70,24	75,40	88,28	90,97	97,91
	2,5	67,02	69,17	73,80	86,89	89,59	95,83
	5	61,70	62,73	67,91	79,99	81,25	88,18
	10	39,36	41,29	43,11	51,03	53,48	55,98
	12,5	36,70	37,53	38,50	47,58	48,61	49,99
	15	22,62	24,66	28,88	29,33	31,94	37,50
	20	18,09	20,77	25,13	23,45	26,90	32,63
Estery dikarboxylové kyseliny	1	71,89	75,41	76,14	93,21	97,67	98,87
	2,5	70,27	74,32	75,51	91,11	96,26	98,05
	5	67,03	69,40	70,27	86,91	89,88	91,25
	10	44,86	46,45	47,57	58,16	60,16	61,77
	12,5	44,32	45,90	46,41	57,46	59,45	60,26
	15	40,54	44,81	45,32	52,56	58,04	58,85
	20	15,14	19,13	23,92	19,63	24,78	31,06
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	63,24	66,67	67,57	81,99	86,35	87,74
	2,5	61,62	63,39	65,95	79,89	82,10	85,64
	5	54,05	55,19	58,38	70,08	71,48	75,81
	10	44,32	44,81	48,11	57,46	58,04	62,47
	12,5	36,76	37,70	40,00	47,66	48,83	51,94
	15	34,05	35,52	38,38	44,15	46,00	49,84
	20	8,11	10,38	10,81	10,51	13,44	14,04
Lineární ester	1	62,16	65,03	67,57	80,59	84,22	87,74
	2,5	55,68	57,92	63,78	72,19	75,02	82,82
	5	50,81	56,83	60,00	65,88	73,60	77,91
	10	36,22	37,70	48,11	46,96	48,83	62,47
	12,5	29,73	30,60	43,78	38,55	39,63	56,85
	15	29,19	29,51	35,14	37,85	38,22	45,63
	20	24,86	25,68	34,05	32,23	33,26	44,22

4.2.6. Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 46 jsou výsledky pro stanovení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 47 jsou výsledky pro stanovení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty

s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 48 jsou výsledky pro stanovení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

Tabulka 46 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Délka vtisku [mm]		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.
-	-	1,00	1,02	1,01
Ethylenglykol-monobutylether	1	1,10	1,09	1,01
	2,5	1,12	1,11	1,03
	5	1,12	1,12	1,04
	10	1,17	1,17	1,04
	12,5	1,26	1,24	1,09
	15	1,43	1,43	1,26
	20	1,70	1,63	1,40
Dipropylenglykol-monomethylether	1	1,12	1,08	1,04
	2,5	1,16	1,14	1,07
	5	1,19	1,15	1,10
	10	1,24	1,23	1,14
	12,5	1,51	1,49	1,44
	15	1,69	1,63	1,53
	20	1,70	1,65	1,54
Propylenglykol-monomethylether	1	1,05	1,04	1,01
	2,5	1,12	1,10	1,02
	5	1,15	1,10	1,04
	10	1,17	1,16	1,07
	12,5	1,18	1,17	1,10
	15	1,19	1,17	1,10
	20	1,19	1,18	1,12
Propylenglykol-n-propylether	1	1,05	1,04	1,03
	2,5	1,09	1,07	1,05
	5	1,10	1,10	1,08
	10	1,18	1,11	1,11
	12,5	1,20	1,17	1,12
	15	1,20	1,18	1,14
	20	1,22	1,21	1,19
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	1,08	1,08	1,02
	2,5	1,09	1,08	1,07
	5	1,18	1,15	1,14
	10	1,50	1,46	1,46
	12,5	1,62	1,57	1,56
	15	1,71	1,67	1,62
	20	1,77	1,72	1,63

Tabulka 47 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Délka vtisku [mm]		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.
Propylenglykol-monobutylether	1	1,06	1,05	1,02
	2,5	1,07	1,06	1,04
	5	1,11	1,07	1,05
	10	1,20	1,19	1,17
	12,5	1,25	1,23	1,21
	15	1,30	1,29	1,26
	20	1,38	1,37	1,33
Tripropylenglykol n-butylether	1	1,07	1,05	1,04
	2,5	1,08	1,06	1,05
	5	1,15	1,11	1,09
	10	1,57	1,56	1,53
	12,5	1,59	1,57	1,55
	15	1,62	1,58	1,57
	20	1,78	1,72	1,58
Dipropylenglykol-monopropylether	1	1,05	1,03	1,01
	2,5	1,09	1,07	1,04
	5	1,23	1,21	1,17
	10	1,46	1,46	1,38
	12,5	1,54	1,52	1,46
	15	1,65	1,62	1,53
	20	1,66	1,64	1,57
Dipropylenglykol-monobutylether	1	1,05	1,03	1,03
	2,5	1,10	1,09	1,08
	5	1,15	1,13	1,12
	10	1,51	1,49	1,48
	12,5	1,61	1,60	1,54
	15	1,71	1,68	1,57
	20	1,81	1,73	1,59
Butyllevulinát	1	1,09	1,07	1,05
	2,5	1,14	1,13	1,09
	5	1,18	1,17	1,14
	10	1,26	1,25	1,20
	12,5	1,31	1,30	1,24
	15	1,34	1,34	1,31
	20	1,46	1,46	1,40
Ketalester	1	1,05	1,03	1,01
	2,5	1,08	1,06	1,05
	5	1,15	1,13	1,07
	10	1,41	1,39	1,38
	12,5	1,43	1,41	1,39
	15	1,50	1,48	1,44
	20	1,61	1,58	1,55

Tabulka 48 Vyhodnocení délky vtisku Buchholzovou metodou nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Délka vtisku [mm]		
		Den 1.	Den 2.	Den 7.
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	1,09	1,08	1,01
	2,5	1,10	1,09	1,06
	5	1,34	1,31	1,13
	10	1,46	1,45	1,42
	12,5	1,57	1,51	1,51
	15	1,69	1,53	1,51
	20	1,85	1,81	1,74
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	1,08	1,04	1,01
	2,5	1,11	1,08	1,03
	5	1,17	1,13	1,05
	10	1,39	1,34	1,26
	12,5	1,54	1,51	1,51
	15	1,61	1,59	1,58
	20	1,78	1,75	1,74
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	1,12	1,09	1,02
	2,5	1,13	1,10	1,04
	5	1,20	1,19	1,12
	10	1,49	1,47	1,43
	12,5	1,52	1,51	1,50
	15	1,76	1,68	1,63
	20	1,77	1,76	1,67
Estery dikarboxylové kyseliny	1	1,07	1,02	1,01
	2,5	1,09	1,04	1,03
	5	1,13	1,10	1,09
	10	1,42	1,40	1,38
	12,5	1,43	1,41	1,40
	15	1,47	1,42	1,40
	20	1,80	1,75	1,71
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	1,18	1,14	1,12
	2,5	1,20	1,18	1,14
	5	1,30	1,29	1,24
	10	1,43	1,42	1,38
	12,5	1,52	1,51	1,48
	15	1,56	1,54	1,50
	20	1,90	1,87	1,86
Lineární ester	1	1,19	1,16	1,12
	2,5	1,28	1,25	1,17
	5	1,34	1,26	1,22
	10	1,53	1,51	1,38
	12,5	1,62	1,60	1,43
	15	1,62	1,62	1,54
	20	1,68	1,67	1,56

4.2.7. Vyhodnocení stanovení lesku nátěrového filmu

V následující tabulce číslo 49 jsou výsledky pro stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 50 jsou výsledky pro stanovení lesku nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 51 jsou výsledky pro

stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

Tabulka 49 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Lesk při 20°, 60° a 85°								
		Den 1.			Den 2.			Den 7.		
-	-	124	136	102	126	138	104	127	139	104
Ethylenglykol-monobutylether	1	129	133	96	131	134	96	131	134	97
	2,5	136	140	101	136	140	102	137	141	102
	5	123	133	95	125	133	95	125	133	95
	10	114	125	86	116	124	89	117	125	89
	12,5	114	122	87	114	123	89	115	124	90
	15	132	136	97	134	138	98	134	138	98
	20	79	96	67	79	98	69	80	98	70
Dipropylenglykol-monomethylether	1	132	127	100	133	129	101	133	131	102
	2,5	127	130	95	129	132	97	130	132	98
	5	95	116	91	98	118	91	98	121	93
	10	111	120	90	113	121	90	114	123	91
	12,5	106	124	92	107	126	93	110	128	94
	15	85	114	88	87	115	89	89	115	90
	20	100	123	88	101	124	89	102	126	89
Propylenglykol-monomethylether	1	106	122	94	108	123	96	110	123	97
	2,5	105	123	96	106	126	97	108	127	97
	5	139	136	100	140	138	100	142	140	101
	10	127	132	97	129	133	98	129	135	98
	12,5	98	121	91	100	122	91	100	123	92
	15	124	127	93	126	129	95	128	131	95
	20	93	109	84	94	110	86	95	111	86
Propylenglykol-n-propylether	1	117	125	97	118	126	98	120	128	98
	2,5	149	140	100	152	141	101	153	143	102
	5	144	140	101	145	142	103	147	143	104
	10	116	120	93	118	121	95	120	123	95
	12,5	130	136	96	131	137	97	133	139	97
	15	106	121	92	107	123	93	107	124	94
	20	108	116	86	109	117	88	110	118	89
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	110	122	91	113	125	92	115	127	94
	2,5	137	136	99	140	138	100	142	139	101
	5	119	125	87	120	126	89	122	127	89
	10	115	117	93	116	119	95	117	121	95
	12,5	100	113	86	102	115	87	104	117	87
	15	114	124	88	116	126	88	118	128	91
	20	111	123	86	112	124	87	112	126	88

Tabulka 50 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Lesk při 20°, 60° a 85°								
		Den 1.			Den 2.			Den 7.		
Propylenglykol-monobutylether	1	103	116	86	105	117	88	106	117	89
	2,5	127	125	95	128	126	97	129	128	97
	5	133	136	102	136	137	103	139	137	104
	10	140	136	98	142	138	99	144	139	100
	12,5	136	133	96	137	135	96	138	138	98
	15	114	130	94	116	131	95	117	132	96
	20	116	123	78	120	124	79	121	126	80
Tripropylenglykol n-butylether	1	132	133	100	133	134	100	135	136	101
	2,5	108	125	91	110	126	92	111	128	93
	5	134	133	100	135	134	101	137	134	102
	10	91	116	92	92	118	93	93	119	94
	12,5	110	125	93	112	126	93	113	126	94
	15	113	127	92	114	128	93	115	130	93
	20	127	130	99	128	132	100	129	133	101
Dipropylenglykol-monopropylether	1	115	127	92	117	128	93	118	130	93
	2,5	114	117	90	116	119	92	117	121	92
	5	121	130	96	123	132	97	125	134	98
	10	133	131	100	134	133	100	135	135	101
	12,5	114	128	94	116	131	95	117	131	97
	15	122	123	95	125	126	95	127	127	97
	20	113	121	96	116	124	97	117	124	98
Dipropylenglykol-monobutylether	1	145	140	100	147	142	100	149	143	102
	2,5	153	141	104	156	145	105	157	146	106
	5	144	140	103	148	142	104	149	144	104
	10	108	118	88	110	119	89	112	120	89
	12,5	121	131	95	122	132	96	124	133	96
	15	102	113	86	103	115	87	105	115	88
	20	133	135	100	134	137	100	135	137	101
Butyllevulinát	1	123	129	97	126	130	97	127	131	99
	2,5	118	127	96	121	129	98	121	131	98
	5	119	132	98	120	133	100	122	134	100
	10	99	111	82	100	113	82	100	114	83
	12,5	130	132	94	133	135	95	135	136	95
	15	129	130	96	130	133	97	133	134	97
	20	115	123	92	117	126	93	118	127	93
Ketalester	1	117	130	90	120	130	90	120	131	92
	2,5	120	130	98	121	132	98	123	133	99
	5	113	128	94	114	129	96	116	130	97
	10	126	130	96	128	132	97	129	133	98
	12,5	134	135	97	138	136	98	140	137	98
	15	110	120	94	111	122	95	113	124	96
	20	118	127	94	120	128	95	121	130	95

Tabulka 51 Vyhodnocení stanovení lesku nátěrových filmů pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Lesk při 20°, 60° a 85°								
		Den 1.			Den 2.			Den 7.		
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	118	125	96	120	129	97	122	130	98
	2,5	129	130	100	130	132	102	131	137	104
	5	109	122	95	111	123	96	112	127	96
	10	89	113	90	90	114	91	91	115	91
	12,5	74	98	63	75	99	64	76	99	65
	15	77	107	67	78	108	67	79	109	69
	20	68	83	63	69	83	63	70	84	63
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	120	128	94	122	130	95	124	130	95
	2,5	135	133	101	136	136	100	138	137	102
	5	152	141	100	154	144	102	156	145	101
	10	137	136	100	139	138	100	141	138	101
	12,5	120	129	94	121	130	94	122	130	95
	15	126	127	88	128	128	89	129	129	89
	20	70	96	68	71	96	68	71	97	68
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	91	108	89	92	110	89	93	111	90
	2,5	130	132	98	132	134	99	133	135	100
	5	140	135	96	141	137	99	142	138	99
	10	126	130	96	128	133	97	129	136	98
	12,5	45	74	57	46	74	57	46	75	58
	15	44	71	53	44	72	54	45	72	54
	20	53	79	53	54	79	54	54	79	55
Estery dikarboxylové kyseliny	1	120	129	100	122	131	101	123	132	101
	2,5	133	130	99	134	133	99	136	135	99
	5	110	124	95	111	125	96	112	127	96
	10	126	133	98	127	134	99	127	134	100
	12,5	125	131	93	126	131	94	126	131	94
	15	94	110	82	95	111	83	97	111	84
	20	79	102	76	80	103	76	80	104	76
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	75	102	69	75	103	70	76	104	70
	2,5	39	65	51	40	65	53	40	66	51
	5	51	80	59	52	81	60	52	81	60
	10	33	65	51	33	66	52	33	66	52
	12,5	22	49	45	22	50	46	22	50	46
	15	39	65	52	40	66	52	40	66	53
	20	37	60	45	38	61	46	38	61	47
Lineární ester	1	80	103	75	80	100	76	79	101	76
	2,5	68	92	69	68	92	64	68	91	64
	5	51	80	62	52	78	61	52	79	61
	10	56	82	61	55	84	60	56	82	61
	12,5	74	93	64	74	92	63	74	92	64
	15	91	105	64	93	103	66	92	104	64
	20	96	108	74	95	110	75	94	109	76

4.2.8. Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu

V následující tabulce číslo 52 jsou výsledky pro stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a samotné akrylátové disperze. V tabulce číslo 53 jsou výsledky pro stanovení absorpce vody volného filmu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 54

jsou výsledky pro stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

Tabulka 52 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou mísitelné koalescenty a samotné akrylátové disperze

Koalescent	Koncentrace [%]	Absorpce vody [%]
-	-	2,34
Ethylenglykol-monobutylether	1	1,15
	2,5	2,02
	5	2,36
	10	3,69
	12,5	4,23
	15	4,75
	20	5,23
Dipropylenglykol-monomethylether	1	1,36
	2,5	1,42
	5	2,58
	10	2,60
	12,5	4,39
	15	4,74
	20	6,26
Propylenglykol-monomethylether	1	0,82
	2,5	1,38
	5	1,73
	10	1,80
	12,5	2,59
	15	2,73
	20	3,36
Propylenglykol-n-propylether	1	0,56
	2,5	1,37
	5	1,79
	10	3,15
	12,5	3,22
	15	4,16
	20	4,42
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	1,96
	2,5	2,30
	5	3,04
	10	4,99
	12,5	5,54
	15	6,94
	20	9,06

Tabulka 53 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty

Koalescent	Koncentrace [%]	Absorpce vody [%]
Propylenglykol-monobutylether	1	1,23
	2,5	1,70
	5	3,22
	10	3,74
	12,5	4,10
	15	4,22
	20	6,78
Tripropylenglykol n-butylether	1	1,56
	2,5	1,67
	5	1,84
	10	2,90
	12,5	2,96
	15	3,48
	20	4,81
Dipropylenglykol-monopropylether	1	1,86
	2,5	1,87
	5	2,77
	10	2,90
	12,5	3,20
	15	5,59
	20	7,23
Dipropylenglykol-monobutylether	1	1,45
	2,5	2,10
	5	2,51
	10	3,42
	12,5	4,56
	15	4,70
	20	5,21
Butyllevulinát	1	2,41
	2,5	3,20
	5	3,69
	10	4,23
	12,5	4,89
	15	5,75
	20	6,31
Ketalester	1	2,24
	2,5	2,83
	5	3,73
	10	4,10
	12,5	5,47
	15	5,49
	20	6,09

Tabulka 54 Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu pro testované vodou nemísitelné koalescenty

Koalescent	Koncentrace [%]	Absorpce vody [%]
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	1,67
	2,5	2,89
	5	3,81
	10	4,47
	12,5	4,56
	15	4,91
	20	5,43
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	1,54
	2,5	1,72
	5	2,33
	10	2,80
	12,5	4,62
	15	4,96
	20	5,20
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	1,81
	2,5	2,06
	5	2,21
	10	2,29
	12,5	2,72
	15	4,02
	20	6,42
Estery dikarboxylové kyseliny	1	1,47
	2,5	1,98
	5	2,13
	10	2,44
	12,5	2,52
	15	4,07
	20	5,66
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	1,47
	2,5	1,74
	5	2,15
	10	2,52
	12,5	2,83
	15	3,16
	20	4,88
Lineární ester	1	1,31
	2,5	1,94
	5	2,93
	10	3,01
	12,5	5,34
	15	7,73
	20	7,74

4.2.9. Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* a transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody

V následující tabulce číslo 55 jsou výsledky pro stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a samotné akrylátové disperze. V tabulce číslo 56 jsou výsledky pro stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 57 jsou výsledky pro stanovení

transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

V následující tabulce číslo 58 jsou výsledky pro stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze a samotné akrylátové disperze. V tabulce číslo 59 jsou výsledky pro stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných částečně vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze. V tabulce číslo 60 jsou výsledky pro stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou nemísitelných koalescentů a akrylátové disperze.

Tabulka 55 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou mísitelné koalescenty a samotné akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	T_0 [%]	T_t [%]	W [%]
-	-	89,53	87,05	2,77
Ethylenglykol-monobutylether	1	90,17	88,57	1,77
	2,5	89,42	86,69	3,05
	5	90,67	87,70	3,28
	10	90,21	84,90	5,89
	12,5	89,87	83,45	7,14
	15	89,81	81,55	9,20
	20	89,78	79,74	11,18
Dipropylenglykol-monomethylether	1	88,21	86,95	1,43
	2,5	89,74	88,08	1,85
	5	88,32	86,20	2,40
	10	90,81	87,11	4,07
	12,5	89,95	81,75	9,12
	15	89,69	75,04	16,33
	20	90,19	70,24	22,12
Propylenglykol-monomethylether	1	89,74	88,74	1,11
	2,5	89,84	88,75	1,21
	5	90,24	88,62	1,80
	10	89,82	87,89	2,15
	12,5	90,07	88,10	2,19
	15	89,76	87,79	2,19
	20	90,67	87,70	3,28
Propylenglykol-n-propylether	1	89,32	86,41	3,26
	2,5	90,16	87,05	3,45
	5	89,74	86,59	3,51
	10	89,83	85,37	4,96
	12,5	90,06	84,03	6,70
	15	90,43	83,74	7,40
	20	90,13	83,11	7,79
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	89,77	88,09	1,87
	2,5	90,12	87,20	3,24
	5	89,94	86,93	3,35
	10	89,46	82,45	7,84
	12,5	90,14	74,86	16,95
	15	90,39	69,24	23,40
	20	90,23	62,74	30,47

Tabulka 56 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	T_0 [%]	T_t [%]	W [%]
Propylenglykol-monobutylether	1	90,21	88,14	2,29
	2,5	89,94	87,63	2,57
	5	90,20	86,04	4,61
	10	89,80	82,57	8,05
	12,5	90,14	81,00	10,14
	15	90,30	80,10	11,30
	20	89,44	69,89	21,86
Tripropylenglykol n-butylether	1	89,01	88,10	1,02
	2,5	90,11	88,58	1,70
	5	90,02	86,14	4,31
	10	90,43	84,69	6,35
	12,5	89,84	83,66	6,88
	15	90,35	80,62	10,77
	20	89,97	78,50	12,75
Dipropylenglykol-monopropylether	1	89,91	88,34	1,75
	2,5	90,09	88,31	1,98
	5	90,08	86,38	4,11
	10	89,41	76,27	14,70
	12,5	90,99	77,42	14,91
	15	90,21	75,51	16,30
	20	90,05	66,19	26,50
Dipropylenglykol-monobutylether	1	88,31	87,18	1,28
	2,5	90,09	86,75	3,71
	5	90,25	86,42	4,24
	10	89,66	84,12	6,18
	12,5	89,80	82,57	8,05
	15	90,41	81,59	9,76
	20	89,78	77,96	13,17
Butyllevulinát	1	89,99	87,97	2,24
	2,5	89,83	85,55	4,76
	5	90,05	84,80	5,83
	10	89,91	83,82	6,77
	12,5	89,89	83,08	7,58
	15	90,06	79,78	11,41
	20	90,53	74,58	17,62
Ketalester	1	88,59	87,63	1,08
	2,5	90,40	89,23	1,29
	5	90,14	88,39	1,94
	10	90,95	89,03	2,11
	12,5	90,17	86,34	4,25
	15	90,48	82,00	9,37
	20	90,29	78,17	13,42

Tabulka 57 Vyhodnocení stanovení transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	T_0 [%]	T_t [%]	W [%]
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	90,16	89,14	1,13
	2,5	90,19	88,41	1,97
	5	90,83	88,41	2,66
	10	89,72	87,12	2,90
	12,5	89,74	85,93	4,25
	15	89,61	85,38	4,72
	20	90,21	81,55	9,60
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	89,98	88,33	1,83
	2,5	90,28	88,18	2,33
	5	90,29	87,16	3,47
	10	89,94	85,70	4,71
	12,5	90,19	85,55	5,14
	15	90,05	85,05	5,55
	20	90,04	81,64	9,33
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	86,67	84,19	2,86
	2,5	88,16	85,55	2,96
	5	88,86	85,16	4,16
	10	88,12	82,79	6,05
	12,5	88,93	81,86	7,95
	15	89,77	80,81	9,98
	20	89,17	73,96	17,06
Estery dikarboxylové kyseliny	1	89,96	88,57	1,55
	12,5	90,44	87,96	2,74
	5	90,00	86,47	3,92
	10	90,23	86,10	4,58
	12,5	90,39	86,05	4,80
	15	89,62	83,98	6,29
	20	90,33	81,54	9,73
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	89,91	88,70	1,35
	2,5	90,09	88,29	2,00
	5	90,11	87,38	3,03
	10	89,83	86,61	3,58
	12,5	90,17	83,84	7,02
	15	90,44	82,89	8,35
	20	90,21	82,18	8,90
Lineární ester	1	88,14	85,85	2,60
	2,5	85,48	83,00	2,90
	5	89,20	84,92	4,80
	10	88,61	83,07	6,25
	12,5	88,09	77,23	12,33
	15	86,45	74,73	13,56
	20	87,86	70,64	19,60

Tabulka 58 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze a samotné akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Před ponorem			Po ponoru			
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
-	-	91,38	-2,42	2,73	88,80	-2,27	3,29	2,65
Ethylenglykol-monobutylether	1	91,94	-2,21	2,27	91,14	-2,13	2,64	0,89
	2,5	91,53	-2,21	2,19	90,75	-2,10	2,62	0,90
	5	91,71	-2,22	2,43	90,80	-2,12	3,40	1,33
	10	91,61	-2,27	2,38	90,29	-1,72	1,04	1,96
	12,5	91,86	-2,22	2,19	89,91	-1,92	2,20	1,97
	15	91,97	-2,22	2,18	89,68	-1,64	1,77	2,40
	20	91,66	-2,22	2,28	89,03	-1,83	4,29	3,33
Dipropylenglykol-monomethylether	1	89,51	-4,68	2,51	89,01	-4,63	3,49	1,10
	2,5	91,37	-2,33	1,80	90,55	-2,23	2,65	1,19
	5	90,92	-2,25	2,44	89,93	-2,11	3,41	1,39
	10	91,32	-2,20	2,37	88,58	-1,58	2,59	2,82
	12,5	92,29	-1,66	2,24	90,49	-1,48	4,89	3,21
	15	91,66	-2,21	2,30	89,13	-1,63	4,51	3,41
	20	91,95	-2,03	2,25	87,15	-0,74	4,86	5,61
Propylenglykol-monomethylether	1	91,77	-2,22	2,40	91,31	-2,23	2,78	0,60
	2,5	91,08	-2,05	1,68	90,42	-1,92	2,18	0,84
	5	91,52	-2,25	2,29	91,25	-2,24	3,10	0,85
	10	91,89	-2,23	2,28	91,00	-2,14	2,52	0,93
	12,5	91,69	-2,13	1,96	90,74	-2,05	2,56	1,13
	15	91,90	-2,03	2,49	90,60	-1,90	2,38	1,31
	20	91,44	-2,44	1,80	90,80	-2,38	2,94	1,31
Propylenglykol-n-propylether	1	91,48	-2,19	2,29	90,59	-2,11	2,61	0,95
	2,5	91,59	-2,19	2,41	90,90	-2,13	3,42	1,22
	5	92,02	-1,97	2,10	90,41	-1,76	3,26	2,00
	10	91,86	-2,26	2,27	90,39	-2,11	3,81	2,13
	12,5	91,79	-2,26	2,34	90,40	-2,12	4,01	2,18
	15	91,68	-2,18	2,10	90,20	-1,97	3,79	2,26
	20	91,69	-2,16	2,19	88,80	-1,91	2,96	3,00
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	91,56	-2,17	2,07	90,95	-1,89	1,69	0,77
	2,5	91,68	-2,24	2,32	90,80	-2,15	3,82	1,74
	5	90,93	-2,13	2,22	87,04	-2,36	2,61	3,92
	10	91,61	-2,44	2,19	89,09	-2,10	5,21	3,95
	12,5	91,63	-2,19	2,12	86,95	-1,16	2,83	4,84
	15	91,91	-2,26	2,32	88,16	-1,56	6,02	5,31
	20	91,97	-2,26	2,23	85,26	-0,76	4,79	7,34

Tabulka 59 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných částečně vodou mísitelných koalescentů a akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Před ponorem			Po ponoru			
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
Propylenglykol-monobutylether	1	91,00	-2,18	1,62	90,42	-2,16	2,09	0,75
	2,5	91,76	-2,24	2,33	90,45	-2,10	3,89	2,04
	5	91,94	-2,24	2,38	90,31	-2,15	4,57	2,73
	10	91,55	-2,20	2,16	88,20	-1,58	5,57	4,82
	12,5	91,57	-2,31	2,53	87,72	-1,65	6,09	5,29
	15	91,85	-2,21	2,44	86,29	-2,22	2,54	5,56
	20	90,90	-2,43	2,59	84,47	-1,55	4,99	6,92
Tripropylenglykol n-butylether	1	90,21	-2,11	2,52	90,01	-2,10	2,72	0,28
	2,5	91,75	-2,20	2,32	91,25	-2,14	2,78	0,68
	5	91,59	-2,23	2,41	90,67	-2,14	3,67	1,56
	10	91,81	-2,20	2,15	89,33	-1,68	4,40	3,39
	12,5	91,81	-2,33	2,24	88,31	-1,56	4,27	4,12
	15	91,89	-1,94	1,67	88,62	-1,41	4,91	4,63
	20	92,05	-2,25	2,24	88,50	-1,66	5,46	4,83
Dipropylenglykol-monopropylether	1	91,85	-2,24	2,24	91,01	-2,18	3,09	1,20
	2,5	91,79	-2,22	2,21	90,76	-2,10	3,27	1,48
	5	91,62	-2,51	2,11	90,33	-2,34	3,62	1,99
	10	91,70	-2,27	2,38	87,52	-1,45	3,36	4,37
	12,5	91,54	-2,46	2,50	86,97	-1,82	2,11	4,63
	15	91,69	-1,95	1,83	86,71	-0,76	2,04	5,12
	20	92,52	-1,67	1,99	86,46	-0,19	5,33	7,08
Dipropylenglykol-monobutylether	1	91,54	-2,13	1,86	90,60	-2,04	2,62	1,21
	2,5	91,97	-2,26	2,26	91,05	-2,17	3,24	1,35
	5	91,81	-2,25	2,36	89,80	-2,08	3,63	2,38
	10	91,82	-2,22	2,39	89,46	-1,82	4,89	3,46
	12,5	91,78	-2,20	2,02	88,86	-1,52	4,17	3,69
	15	91,56	-2,45	2,14	87,15	-1,55	3,43	4,68
	20	91,65	-2,46	2,04	87,32	-1,46	5,65	5,73
Butyllevulinát	1	91,56	-2,09	1,70	91,10	-2,12	2,55	0,97
	2,5	91,99	-2,20	2,26	91,19	-2,12	3,04	1,12
	5	89,62	-4,79	2,95	89,15	-4,80	4,05	1,20
	10	92,47	-1,68	2,13	91,50	-1,60	3,17	1,42
	12,5	91,85	-2,20	2,24	89,10	-1,75	5,56	4,33
	15	91,79	-2,67	1,87	88,24	-2,04	5,38	5,03
	20	91,46	-2,08	2,32	86,01	-1,06	5,23	6,26
Ketalester	1	91,60	-2,11	1,89	90,81	-2,06	2,51	1,01
	2,5	92,27	-1,64	2,21	91,43	-1,59	3,13	1,25
	5	91,64	-2,24	2,31	90,43	-2,10	3,92	2,02
	10	91,22	-2,38	2,21	89,95	-2,23	3,81	2,05
	12,5	91,38	-2,46	2,19	87,96	-1,79	5,87	5,07
	15	91,83	-2,20	2,13	88,47	-1,55	5,91	5,10
	20	91,48	-2,42	1,76	86,20	-1,67	4,13	5,84

Tabulka 60 Vyhodnocení stanovení barevného prostoru L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro nátěrové filmy s obsahem testovaných vodou nemísitelných koalescentů a akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Před ponorem			Po ponoru			
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	91,69	-2,19	2,45	91,34	-2,17	2,45	0,35
	2,5	91,65	-2,23	2,37	91,15	-2,19	3,16	0,94
	5	91,13	-1,41	2,57	90,22	-1,31	3,01	1,02
	10	91,97	-1,67	2,09	90,97	-1,60	4,20	2,34
	12,5	91,20	-1,45	2,76	89,47	-1,25	5,17	2,97
	15	91,49	-2,18	2,06	89,79	-1,97	4,68	3,13
	20	91,70	-2,52	2,06	89,32	-2,19	5,23	3,98
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	91,72	-2,19	2,32	91,27	-2,13	2,92	0,75
	2,5	91,83	-2,24	2,33	91,26	-2,22	3,04	0,91
	5	91,86	-2,41	2,30	90,49	-2,28	4,77	2,83
	10	91,85	-2,20	2,22	88,95	-1,97	2,91	2,99
	12,5	91,71	-2,19	1,97	89,87	-1,95	4,51	3,15
	15	91,76	-2,22	2,34	89,34	-1,82	5,62	4,10
	20	92,09	-2,06	2,28	89,09	-1,55	5,65	4,54
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	91,56	-2,18	2,39	91,12	-2,17	2,17	0,49
	2,5	91,86	-2,21	2,30	91,26	-2,15	2,91	0,86
	5	91,70	-2,25	2,41	89,80	-1,99	4,32	2,71
	10	91,76	-2,18	1,92	90,23	-2,05	4,74	3,21
	12,5	91,68	-2,42	2,06	89,35	-2,01	5,06	3,82
	15	91,93	-2,72	1,88	88,76	-2,20	5,59	4,91
	20	91,81	-2,25	2,36	88,42	-1,59	6,16	5,13
Estery dikarboxylové kyseliny	1	91,57	-2,26	2,01	90,93	-2,20	2,50	0,81
	2,5	92,09	-2,06	2,34	91,17	-1,96	3,46	1,45
	5	91,79	-2,20	2,31	90,77	-2,06	3,48	1,56
	10	92,10	-2,12	2,24	90,79	-2,00	4,48	2,60
	12,5	91,72	-2,26	2,40	90,22	-2,11	4,66	2,72
	15	92,07	-2,28	2,10	90,03	-2,04	4,64	3,27
	20	92,06	-2,24	2,22	89,10	-1,73	5,71	4,60
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	88,09	-2,25	2,23	87,45	-2,12	3,03	1,03
	2,5	90,64	-2,12	2,11	89,66	-2,03	2,59	1,09
	5	89,00	-2,20	2,12	88,10	-1,96	2,82	1,17
	10	88,15	-2,21	2,14	86,98	-2,04	2,75	1,33
	12,5	88,28	-2,29	2,12	87,24	-2,11	2,93	1,33
	15	87,19	-2,34	2,21	88,73	-2,22	2,90	1,69
	20	90,45	-2,01	2,31	87,93	-1,65	3,45	2,79
Lineární ester	1	90,76	-2,43	2,44	90,51	-2,31	2,52	0,29
	2,5	88,60	-2,34	2,82	89,20	-2,32	3,04	0,64
	5	88,28	-2,33	2,71	87,64	-2,29	3,45	0,98
	10	88,67	-3,26	5,82	87,60	-3,16	7,45	1,95
	12,5	91,02	-1,70	2,30	89,24	-1,63	3,19	1,99
	15	88,65	-3,02	5,75	87,08	-2,86	7,53	2,38
	20	90,53	-2,37	2,94	85,26	-2,46	3,01	5,27

4.3. Vyhodnocení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

4.3.1. Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

V následující tabulce číslo 61 jsou výsledky pro stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 62 jsou výsledky pro stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 63 jsou výsledky pro stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí.

Tabulka 61 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou mísitelné koalescenty a čisté akrylátové disperze (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Stupeň přilnavosti [st.]	
		Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
-	-	5	5
Ethylenglykol-monobutylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	5	5
	15	5	5
	20	5	5
Dipropylenglykol-monomethylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	4	5
	10	3	4
	12,5	0	2
	15	0	2
	20	0	0
Propylenglykol-monomethylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	5	5
	15	4	5
	20	4	5
Propylenglykol-n-propylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	5	5
	15	4	5
	20	0	2
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	5	5
	2,5	5	5
	5	3	5
	10	2	5
	12,5	2	5
	15	0	4
	20	0	0

Tabulka 62 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Stupeň přilnavosti [st.]	
		Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Propylenglykol-monobutylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	5	5
	15	4	5
	20	4	5
Tripropylenglykol n-butylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	4	5
	10	3	5
	12,5	2	4
	15	0	4
	20	0	0
Dipropylenglykol-monopropylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	4	5
	10	4	5
	12,5	3	5
	15	0	4
	20	0	0
Dipropylenglykol-monobutylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	3	4
	15	3	4
	20	0	4
Butyllevulinát	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	4	5
	15	3	5
	20	2	4
Ketalester	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	4	5
	12,5	0	3
	15	0	3
	20	0	3

Tabulka 63 Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Stupeň přilnavosti [st.]	
		Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	3	5
	15	2	5
	20	0	4
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	3	5
	12,5	0	3
	15	0	3
	20	0	1
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	5	5
	12,5	5	5
	15	5	5
	20	3	5
Estery dikarboxylové kyseliny	1	5	5
	2,5	5	5
	5	4	5
	10	3	5
	12,5	0	0
	15	0	0
	20	0	0
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	5	5
	2,5	5	5
	5	5	5
	10	4	5
	12,5	3	5
	15	3	5
	20	0	0
Lineární ester	1	5	5
	2,5	5	5
	5	4	5
	10	4	5
	12,5	4	5
	15	2	4
	20	0	3

4.3.2. Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK)

V tabulce číslo 64 a 65 jsou výsledky pro stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí a čisté akrylátové disperze. V tabulce číslo 66 a 67 jsou výsledky pro stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro

testované částečně vodou mísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. V tabulce číslo 68 a 69 jsou výsledky pro stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou nemísitelné koalescenty s akrylátovou disperzí. Metoda stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) byla modifikována za použití i jiných chemikálií.

Tabulka 64 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		MEK	n-Hexan	Toluen	Chloroform	Ethanol	Ethyl-acetát
-	-	17 (0)	> 300 (5)	40 (0)	14 (0)	> 300 (5)	35 (0)
Ethylenglykol-monobutylether	1	18 (0)	> 300 (5)	40 (0)	12 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	16 (0)	> 300 (5)	39 (0)	11 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	5	20 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	10	12 (0)	> 300 (5)	38 (0)	11 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	12,5	11 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	9 (0)	> 300 (5)	35 (0)	11 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	20	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	10 (0)	> 300 (5)	31 (0)
Dipropylenglykol-monomethylether	1	13 (0)	> 300 (5)	39 (0)	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	2,5	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	11 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	5	11 (0)	> 300 (5)	39 (0)	10 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	10	14 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	12,5	15 (0)	> 300 (5)	35 (0)	9 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	15	14 (0)	> 300 (5)	37 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	20	12 (0)	> 300 (5)	34 (0)	9 (0)	> 300 (5)	31 (0)
Propylenglykol-monomethylether	1	8 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	12 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	5	10 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	10	14 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	12,5	14 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	15	7 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	20	6 (0)	> 300 (5)	33 (0)	10 (0)	> 300 (5)	34 (0)
Propylenglykol-n-propylether	1	12 (0)	> 300 (5)	38 (0)	14 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	8 (0)	> 300 (5)	36 (0)	13 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	5	11 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	10	8 (0)	> 300 (5)	38 (0)	10 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	12,5	9 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	15	6 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	20	5 (0)	> 300 (5)	35 (0)	9 (0)	> 300 (5)	30 (0)
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	12 (0)	> 300 (5)	39 (0)	12 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	15 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	5	16 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	10	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	13 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	12,5	16 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	8 (0)	> 300 (5)	35 (0)	11 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	20	10 (0)	> 300 (5)	34 (0)	10 (0)	> 300 (5)	32 (0)

Tabulka 65 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou mísitelné koalescenty a čistou akrylátovou disperzi (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		Diethylether	THF	k. sírová	k. octová	Amoniak	Hydroxid sodný
-	-	> 300 (5)	76 (0)	> 300 (5)	35 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Ethylenglykol-monobutylether	1	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Dipropylenglykol-monomethylether	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	28 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Propylenglykol-monomethylether	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Propylenglykol-n-propylether	1	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	28 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
2-Methyl-2,4-pentandiol	1	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)

Tabulka 66 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		MEK	n-Hexan	Toluen	Chloroform	Ethanol	Ethyl-acetát
Propylenglykol-monobutylether	1	10 (0)	> 300 (5)	40 (0)	14 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	10 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	5	12 (0)	> 300 (5)	38 (0)	10 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	10	9 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	12,5	12 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	15	6 (0)	> 300 (5)	34 (0)	10 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	20	7 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
Tripropylenglykol n-butylether	1	15 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	2,5	16 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	5	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	10	11 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	12,5	8 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	15	7 (0)	> 300 (5)	35 (0)	9 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	20	6 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	27 (0)
Dipropylenglykol-monopropylether	1	15 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	2,5	15 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	5	10 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	10	12 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	12,5	12 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	15	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	20	10 (0)	> 300 (5)	36 (0)	9 (0)	> 300 (5)	29 (0)
Dipropylenglykol-monobutylether	1	12 (0)	> 300 (5)	39 (0)	14 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	2,5	15 (0)	> 300 (5)	39 (0)	13 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	5	15 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	10	15 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	12,5	14 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	15	14 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	20	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
Butyllevulinát	1	8 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	2,5	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	5	8 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	10	14 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	12,5	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	15	8 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	20	7 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
Ketalester	1	12 (0)	> 300 (5)	39 (0)	13 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	10 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	5	13 (0)	> 300 (5)	39 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	10	9 (0)	> 300 (5)	37 (0)	10 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	12,5	9 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	9 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	20	13 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	29 (0)

Tabulka 67 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		Diethylether	THF	k. sírová	k. octová	Amoniak	Hydroxid sodný
Propylenglykol-monobutylether	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Tripropylenglykol n-butylether	1	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	68 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Dipropylenglykol-monopropylether	1	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	67 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Dipropylenglykol-monobutylether	1	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	68 (0)	> 300 (5)	28 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Butyllevulinát	1	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Ketalester	1	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	34 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	68 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)

Tabulka 68 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		MEK	n-Hexan	Toluen	Chloroform	Ethanol	Ethyl-acetát
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	14 (0)	> 300 (5)	39 (0)	14 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	2,5	10 (0)	> 300 (5)	39 (0)	13 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	5	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	10	12 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	12,5	11 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	15	10 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	20	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	13 (0)	> 300 (5)	38 (0)	14 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	2,5	10 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	5	10 (0)	> 300 (5)	37 (0)	13 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	10	9 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	12,5	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	15	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	20	10 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	27 (0)
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	14 (0)	> 300 (5)	39 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	2,5	13 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	5	13 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	10	14 (0)	> 300 (5)	35 (0)	12 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	12,5	12 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	10 (0)	> 300 (5)	34 (0)	10 (0)	> 300 (5)	27 (0)
	20	10 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	26 (0)
Estery dikarboxylové kyseliny	1	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	2,5	12 (0)	> 300 (5)	38 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	5	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	10 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	10	8 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	12,5	7 (0)	> 300 (5)	37 (0)	11 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	15	11 (0)	> 300 (5)	35 (0)	11 (0)	> 300 (5)	29 (0)
	20	8 (0)	> 300 (5)	34 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	10 (0)	> 300 (5)	39 (0)	12 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	2,5	9 (0)	> 300 (5)	38 (0)	13 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	5	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	10	11 (0)	> 300 (5)	36 (0)	10 (0)	> 300 (5)	33 (0)
	12,5	8 (0)	> 300 (5)	37 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	8 (0)	> 300 (5)	35 (0)	11 (0)	> 300 (5)	27 (0)
	20	8 (0)	> 300 (5)	34 (0)	9 (0)	> 300 (5)	25 (0)
Lineární ester	1	11 (0)	> 300 (5)	38 (0)	14 (0)	> 300 (5)	34 (0)
	2,5	9 (0)	> 300 (5)	37 (0)	13 (0)	> 300 (5)	35 (0)
	5	9 (0)	> 300 (5)	38 (0)	10 (0)	> 300 (5)	32 (0)
	10	10 (0)	> 300 (5)	36 (0)	11 (0)	> 300 (5)	31 (0)
	12,5	9 (0)	> 300 (5)	36 (0)	12 (0)	> 300 (5)	30 (0)
	15	8 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	28 (0)
	20	6 (0)	> 300 (5)	35 (0)	10 (0)	> 300 (5)	29 (0)

Tabulka 69 Vyhodnocení stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu pro testované vodou nemísitelné koalescenty (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Koncentrace [%]	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
		Diethylether	THF	k. sírová	k. octová	Amoniak	Hydroxid sodný
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrát	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	35 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	34 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrát	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	34 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	68 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Ethylenglykol 2-ethylhexylether	1	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	28 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Estery dikarboxylové kyseliny	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	76 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	68 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Methylester přírodní mastné kyseliny	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	70 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	29 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Lineární ester	1	> 300 (5)	74 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	2,5	> 300 (5)	75 (0)	> 300 (5)	33 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	5	> 300 (5)	71 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	10	> 300 (5)	72 (0)	> 300 (5)	32 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	12,5	> 300 (5)	73 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	15	> 300 (5)	69 (0)	> 300 (5)	31 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
	20	> 300 (5)	65 (0)	> 300 (5)	30 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)

4.4. Vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů

Jako vhodné byly vybrány koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Tyto koalescenty vykazovaly optimální filmotvorné a fyzikálně-chemické vlastnosti při laboratorním testování a hodnocení. V této kapitole byly porovnávány koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru.

4.4.1. Stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C

V následující tabulce číslo 70 jsou uvedeny výsledky pro stanovení kompatibility vybraných koalescentů s použitým pojivem při teplotě 50 °C po dobu 7 dní a v tabulce číslo 71 jsou uvedeny výsledky po dobu 14 dní.

Tabulka 70 Vyhodnocení stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při teplotě 50 °C po dobu 7 dní

Koalescent	Homogenita	Olejové skvrny	Sraženiny
Ethylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Ketalester	ANO	NE	NE
Butyllevulinát	ANO	NE	NE
Estery dikarboxylové kyseliny	ANO	NE	NE

Tabulka 71 Vyhodnocení stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při teplotě 50 °C po dobu 14 dní

Koalescent	Homogenita	Olejové skvrny	Sraženiny
Ethylenglykol-monobutylether	ANO	NE	NE
Ketalester	ANO	NE	NE
Butyllevulinát	ANO	NE	NE
Estery dikarboxylové kyseliny	ANO	NE	NE

4.4.2. Vyhodnocení stanovení vzhledu nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 72 jsou uvedeny výsledky pro stanovení vzhledu pigmentovaného nátěrového filmu pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 72 Vyhodnocení stanovení vzhledu pigmentovaného nátěrového filmu pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Zákal (Z)	Bubliny (B)	Částice (C)	Povrch (P)
Ethylenglykol-monobutylether	Z1	B1	C1	P1
Ketalester	Z1	B1	C1	P1
Butyllevulinát	Z1	B1	C1	P1
Estery dikarboxylové kyseliny	Z1	B1	C1	P1

Z1 – bez zákalu, B1 – bez bublin, C1 – bez částic, P1 – hladký, slitý povrch

4.4.3. Vyhodnocení stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 73 jsou uvedeny výsledky pro stanovení minimální filmotvorné teploty pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 73 Vyhodnocení stanovení minimální filmotvorné teploty pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí

Koalescent	MFFT [°C]
Ethylenglykol-monobutylether	19,4
Ketalester	21,6
Butyllevulinát	18,1
Estery dikarboxylové kyseliny	17,7

4.4.4. Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze

V následující tabulce číslo 74 jsou uvedeny výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Persoze pro vybrané koalescenty s použitým pojivem. Jednotlivé výsledky měření relativní povrchové tvrdosti byly vztaženy na skleněný standard přístroje a na relativní povrchovou tvrdost čisté akrylátové disperze.

Tabulka 74 Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Perzose pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Relativní povrchová tvrdost [%]					
	Na standard			Na disperzi		
	Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
Ethylenglykol-monobutylether	53,53	56,79	73,60	70,03	74,03	95,66
Ketalester	58,99	60,13	62,61	77,17	78,39	81,38
Butyllevulinát	56,81	60,13	72,50	74,32	78,39	94,23
Estery dikarboxylové kyseliny	47,53	48,99	58,77	62,18	63,86	76,38

4.4.5. Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Königa

V následující tabulce číslo 75 jsou uvedeny výsledky pro stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Königa pro vybrané koalescenty s použitým pojivem. Jednotlivé výsledky měření relativní povrchové tvrdosti byly vztaženy na skleněný standard přístroje a na relativní povrchovou tvrdost čisté akrylátové disperze.

Tabulka 75 Vyhodnocení stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Königa pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Relativní povrchová tvrdost [%]					
	Na standard			Na disperzi		
	Den 1.	Den 2.	Den 7.	Den 1.	Den 2.	Den 7.
Ethylenglykol-monobutylether	54,22	56,13	74,23	70,30	72,70	96,39
Ketalester	58,25	59,89	62,21	75,52	77,57	80,78
Butyllevulinát	57,25	60,67	71,86	74,23	78,58	93,31
Estery dikarboxylové kyseliny	46,87	48,53	59,13	60,77	62,85	76,78

4.4.6. Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 76 jsou uvedeny výsledky pro Buchholzovu vrypovou zkoušku pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 76 Vyhodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s akrylátovou disperzí (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Délka vtisku [mm]		
	Den 1.	Den 2.	Den 7.
Ethylenglykol-monobutylether	1,28	1,22	1,05
Ketalester	1,25	1,23	1,18
Butyllevulinát	1,26	1,23	1,06
Estery dikarboxylové kyseliny	1,39	1,35	1,23

4.4.7. Vyhodnocení stanovení lesku nátěrového filmu

V následující tabulce číslo 77 jsou uvedeny výsledky pro stanovení lesku pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 77 Výsledky pro stanovení lesku pigmentovaných nátěrových filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Lesk při 20°, 60° a 85°								
	Den 1.			Den 2.			Den 7.		
Ethylenglykol-monobutylether	1,2	11,0	35,4	1,1	10,9	34,5	1,0	10,4	33,2
Ketalester	1,2	11,8	40,8	1,2	12,0	40,4	1,2	11,8	40,4
Butyllevulinát	1,1	11,2	40,6	1,1	11,1	39,4	1,0	10,6	37,7
Estery dikarboxylové kyseliny	1,2	12,1	40,6	1,2	12,4	41,7	1,2	12,2	40,5

4.4.8. Vyhodnocení stanovení absorpce vody volného filmu

V následující tabulce číslo 78 jsou uvedeny výsledky pro stanovení absorpce vody pigmentovaného volného filmu pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 78 Výsledky pro stanovení absorpce vody pigmentovaných volných filmů pro vybrané koalescenty s použitým pojivem

Koalescent	Absorpce vody [%]
Ethylenglykol-monobutylether	5,29
Ketalester	7,33
Butyllevulinát	6,39
Estery dikarboxylové kyseliny	5,10

4.4.9. Vyhodnocení stanovení transmitance a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů

V následující tabulce číslo 79 jsou uvedeny výsledky pro stanovení transmitance pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem před a po ponoru do vody. V tabulce číslo 80 jsou uvedeny barevný modul L*a*b* před a po ponoru do vody a celková barevná změna dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na skleněném podkladu. V tabulce číslo 81 jsou uvedeny barevný modul L*a*b* před a po ponoru do vody a celková barevná změna dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na vláknocementovém podkladu.

Tabulka 79 Výsledky pro stanovení transmitance pigmentovaných nátěrových filmů před a po ponoru do vody pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	T_0	T_t	W
Ethylenglykol-monobutylether	0	0	0
Ketalester	0	0	0
Butyllevulinát	0	0	0
Estery dikarboxylové kyseliny	0	0	0

Tabulka 80 Výsledky pro stanovení barevného modulu L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na skleněném podkladu (DFT = 60 ± 10 μm)

Koalescent	Před ponorem			Po ponoru			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
Ethylenglykol-monobutylether	30,72	-0,23	-0,74	30,95	-0,30	-0,57	0,29
Ketalester	30,46	-0,27	-0,36	30,88	-0,25	-0,35	0,42
Butyllevulinát	30,46	-0,17	-0,45	30,75	-0,20	-0,30	0,33
Estery dikarboxylové kyseliny	30,99	-0,28	-0,63	31,42	-0,42	-0,69	0,46

Tabulka 81 Výsledky pro stanovení barevného modulu L*a*b* před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru do vody pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů a použitým pojivem na vláknocementovém podkladu (DFT = 60 ± 10 μm)

Koalescent	Před ponorem			Po ponoru			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
Ethylenglykol-monobutylether	30,57	-0,24	-0,63	30,91	-0,33	-0,67	0,35
Ketalester	30,69	-0,25	-0,60	31,03	-0,31	-0,48	0,37
Butyllevulinát	30,44	-0,17	-0,38	30,65	-0,16	-0,30	0,22
Estery dikarboxylové kyseliny	30,39	-0,21	-0,42	30,75	-0,29	-0,28	0,39

4.5. Vyhodnocení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových hmot s obsahem vybraných koalescentů

Jako vhodné byly vybrány koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Tyto koalescenty vykazovaly optimální filmotvorné a fyzikálně-chemické vlastnosti při laboratorním testování a hodnocení. V této kapitole byly porovnávány koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru.

4.5.1. Vyhodnocení stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

V následující tabulce číslo 82 jsou uvedeny výsledky pro stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na skleněném podkladu a v následující tabulce číslo 83 jsou uvedeny výsledky pro

stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na vláknocementovém podkladu.

Tabulka 82 Výsledky pro stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na skleněném podkladu (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Stupeň přilnavosti [st.]	
	Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Ethylenglykol-monobutylether	0	5
Ketalester	0	5
Butyllevulinát	0	0
Estery dikarboxylové kyseliny	0	0

Tabulka 83 Výsledky pro stanovení přilnavosti pigmentovaných nátěrových filmů mřížkovou metodou pro vybrané koalescenty s použitým pojivem na vláknocementovém podkladu (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Stupeň přilnavosti [st.]	
	Řez 6 x 2 mm	Řez 6 x 1 mm
Ethylenglykol-monobutylether	1	2
Ketalester	2	3
Butyllevulinát	1	2
Estery dikarboxylové kyseliny	1	2

4.5.2. Vyhodnocení stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK)

V následující tabulce číslo 84 a 85 jsou uvedeny výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) pro vybrané koalescenty s použitým pojivem. Metoda stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) byla modifikována za použití i jiných chemikálií.

Tabulka 84 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm)

Koalescent	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
	MEK	n-Hexan	Toluen	Chloroform	Ethanol	Ethyl-acetát
Ethylenglykol-monobutylether	15 (0)	> 300 (5)	25 (0)	15 (0)	39 (0)	13 (0)
Ketalester	16 (0)	> 300 (5)	20 (0)	14 (0)	30 (0)	16 (0)
Butyllevulinát	16 (0)	> 300 (5)	15 (0)	14 (0)	27 (0)	9 (0)
Estery dikarboxylové kyseliny	15 (0)	> 300 (5)	17 (0)	15 (0)	22 (0)	8 (0)

Tabulka 85 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK) pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 20 ± 5 µm)

Název	Chemická odolnost [počet dvojtahů / stupeň chemické odolnosti]					
	Diethylether	THF	k. sírová	k. octová	Amoniak	Hydroxid sodný
Ethylenglykol-monobutylether	> 300 (5)	11 (0)	> 300 (5)	15 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Ketalester	> 300 (5)	11 (0)	> 300 (5)	15 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Butyllevulinát	> 300 (5)	12 (0)	> 300 (5)	13 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)
Estery dikarboxylové kyseliny	> 300 (5)	6 (0)	> 300 (5)	13 (0)	> 300 (5)	> 300 (5)

4.5.3. Vyhodnocení stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH

V následující tabulce číslo 86 jsou uvedeny výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 86 Výsledky pro stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Chemická odolnost [stupeň chemické odolnosti]					
	pH=2	pH=4	pH=6	pH=8	pH=10	pH=12
Ethylenglykol-monobutylether	3	2	3	3	3	2
Ketalester	0	0	2	2	1	0
Butyllevulinát	0	0	2	3	1	0
Estery dikarboxylové kyseliny	2	2	3	2	0	0

4.5.4. Vyhodnocení stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu

V následující tabulce číslo 87 jsou uvedeny výsledky pro stanovení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu pro vybrané koalescenty s použitým pojivem.

Tabulka 87 Výsledky pro stanovení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu pro vybrané koalescenty s použitým pojivem (DFT = 60 ± 10 µm)

Koalescent	Odtrhová síla [N]	Odtrhová pevnost σ [MPa]	Typ lomu
Ethylenglykol-monobutylether	680	2,17	A
Ketalester	507	1,61	A
Butyllevulinát	576	1,84	A
Estery dikarboxylové kyseliny	429	1,37	A

Typ lomu A = Kohezní lom v podkladu

4.5.5. Vyhodnocení stanovení urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření

V následující tabulce číslo 88 jsou uvedeny výsledky pro stanovení urychlené povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s vybranými koalescenty vůči UVA záření po 500 h expozici v QUV komoře.

Tabulka 88 Vyhodnocení stanovení urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření po 500 h expozici

Koalescent	Před expozicí			Po expozici			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	dE*
Ethylenglykol-monobutylether	32,59	-0,15	-1,06	33,09	-0,09	-0,76	0,59
Ketalester	31,71	-0,14	-0,46	32,35	-0,11	-0,24	0,67
Butyllevulinát	31,68	-0,11	-0,46	32,41	-0,07	-0,27	0,77
Estery dikarboxylové kyseliny	32,29	-0,22	-0,72	32,88	-0,18	-0,53	0,63

5. Diskuse k výsledkům

Tato kapitola je věnovaná diskusi k výsledkům výše zmíněných zkušebních metod pro testované koalescenty a akrylátovou disperzi, dále pro nepigmentované nátěrové hmoty a filmy s obsahem testovaných koalescentů a v poslední řadě pro pigmentované nátěrové hmoty a pigmentované spodní, základní a vrchní nátěrové povlaky s obsahem vybraných koalescentů, kterými byly koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny byly porovnány vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru.

Jednotlivé podkapitoly diskuse k výsledkům jsou řazeny ve stejném pořadí jako jednotlivé podkapitoly výsledků. V podkapitole 5.1. je uvedena diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů, přičemž příslušné výsledky jsou uvedeny v podkapitole 4.1. V podkapitole 5.2. je uvedena diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů, přičemž příslušné výsledky jsou uvedeny v podkapitole 4.2. V podkapitole 5.3. je uvedena diskuse k výsledkům vyhodnocení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů, přičemž příslušné výsledky jsou uvedeny v podkapitole 4.3. V podkapitole 5.4. je uvedena diskuse k výsledkům vyhodnocení stanovení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů, přičemž příslušné výsledky jsou uvedeny v podkapitole 4.4. V podkapitole 5.5. je uvedena diskuse k výsledkům vyhodnocení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů, přičemž příslušné výsledky jsou uvedeny v podkapitole 4.5.

5.1. Diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů

Pro testované pojivo byly laboratorně stanoveny: sušina, pH, teplota skelného přechodu, minimální filmotvorná teplota a spektrální analýza za použití infračervené spektroskopie. Pro testované koalescenty byla stanovena spektrální analýza za použití infračervené spektroskopie.

Testované akrylátové vodou ředitelné pojivo dosahovalo při laboratorním stanovení sušiny 48,5 %, pH 9,11, minimální filmotvorné teploty 56,8 °C a teploty skelného přechodu 56 °C. Naměřené hodnoty se v rámci chyby stanovení shodovaly s hodnotami, které jsou uvedené v technickém listu testované akrylátové vodou ředitelné disperze. Spektrální analýza testovaného pojiva odhalila, že disperze se skládá z 80 % z polymethakrylátu a u testovaných koalescentů se potvrdilo chemické složení podle jednotlivých technických listů.

5.2. Diskuse k výsledkům vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

Na skleněné podklady byl aplikován organický povlak s DFT = 60 ± 10 µm a 20 ± 5 µm na bázi akrylátové vodou ředitelné disperze s obsahem vodou mísitelných, částečně vodou mísitelných a nemísitelných koalescentů. Ze začátku byla hodnocena kompatibilita testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí. Následně byly jednotlivé nepigmentované nátěrové filmy laboratorně hodnoceny podle následujících zkušebních metod: stanovení vzhledu nátěrových filmů, stanovení minimální filmotvorné teploty, stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů kyvadlovým přístrojem podle Persoze a Königa, stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů, stanovení lesku nátěrového filmu, stanovení barevného prostoru L*a*b* a transmitance před a po ponoru nátěrových filmů do vody, stanovení celkové barevné změny dE* po ponoru nátěrových filmů do vody a stanovení absorpce vody volného filmu.

5.2.1. Diskuse k výsledkům stanovení kompatibility testovaných koalescentů s použitým pojivem při teplotě 50 °C po dobu 14 dní

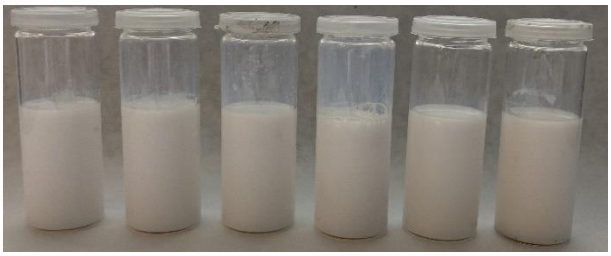
Kompatibilita byla stanovena pro všechny typy testovaných koalescentů s použitou akrylátovou disperzí. Kompatibilita byla vyhodnocena po 7 dnech a následně po 14 dnech. Během tohoto testovaní byl kladen důraz na to, zda testovaný koalescent s akrylátovou disperzí vytváří homogenní směs, která neobsahuje olejové skvrny ani sraženiny. Jednotlivé koalescenty vykazovaly vynikající kompatibilitu s použitou akrylátovou disperzí. Pouze vodou nemísitelný koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny vytvářel s použitou akrylátovou disperzí olejové skvrny.

Vodou mísitelné koalescenty

a) b) c) d) e)

Obrázek 24 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) propylenglykol-n-propyletheru, b) propylenglykol-monomethyletheru, c) 2-methyl-2,4-pentandiolu, d) ethylenglykol-monobutyletheru a e) dipropylenglykol-monomethyletheru

Částečně vodou mísitelné koalescenty



a) b) c) d) e) f)

Obrázek 25 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) dipropylenglykol-monopropyletheru, b) tripropylenglykol n-butyletheru, c) propylenglykol-monobutyletheru, d) dipropylenglykol-monobutyletheru, e) ketalesteru a f) butyllevulinátu

Vodou nemísitelné koalescenty

a) b) c) d) e) f)

Obrázek 26 Stanovení kompatibility akrylátové disperze po 14 dnech při 50 °C s obsahem koalescentu na bázi a) methylesteru přírodní mastné kyseliny, b) lineárního esteru, c) esterů dikarboxylové kyseliny, d) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu, e) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu a f) ethylenglykol 2-ethylhexyletheru

Shrnutí

- Testované koalescenty vykazovaly vynikající kompatibilitu s použitou akrylátovou disperzí.
- Vodou nemísitelný koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny vytvářel s použitou akrylátovou disperzí olejové skvrny už po 7 dnech měření.

5.2.2. Diskuse k výsledkům stanovení vzhledu nátěrových filmů

Během hodnocení organických povlaků s DFT = 20 ± 5 μm byl stanoven vzhled nátěrových filmů. Vzhled nátěrových filmů byl stanoven pro všechny typy testovaných koalescentů a pro všechny koncentrace. Metoda stanovení vzhledu nátěrových filmů byla soustředěna na homogenitu vytvořeného filmu a na to, zda docházelo k tvorbě zákalu, bublin a částic v povrchu filmu.

Při použití vodou mísitelných koalescentů docházelo převážně k tvorbě homogenních filmů se stupněm hodnocení Z1; B1; C1; P1, tvořil se tedy hladký homogenní film bez zákalu, částic a bublin. Pouze při použití koalescentu na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru při koncentraci 15 a 20 % vztaženo na sušinu a při použití koalescentu na bázi 2-methyl-2,4-pentandiol při koncentraci 20 % vztaženo na sušinu byl vzhled nátěrového filmu vyhodnocen stupněm Z1; B1; C1; P3, tvořil se tedy film bez zákalu, bublin a částic s povrchem obsahující ďolíčky a krátery. Jednotlivé defekty se tvořily z důvodu horšího rozlivu nátěrové hmoty kvůli vysokému dávkování koalescentu.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů a čisté akrylátové disperze docházelo k tvorbě homogenních filmů se stupněm hodnocení Z1; B1; C1; P1, tvořil se tedy hladký homogenní film bez zákalu, částic a bublin. Homogenní film se tvořil pro všechny typy koalescentů při všech koncentrací.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů docházelo částečně k tvorbě homogenních filmů se stupněm hodnocení Z1; B1; C1; P1, tvořil se tedy hladký homogenní film bez zákalu, částic a bublin. Při použití koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu při koncentraci 12,5, 15 a 20 % vztaženo na sušinu, při použití koalescentu na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu při koncentraci 20 % vztaženo na sušinu, při použití koalescentu na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru při koncentraci 12,5, 15 a 20 % a při použití koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny při koncentraci 20 % vztaženo na sušinu byl vzhled nátěrových filmů vyhodnocen stupněm Z1; B1; C1; P3, tvořil se tedy film bez zákalu, bublin a částic s povrchem obsahující ďolíčky a krátery. Při použití koalescentů na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny a lineárního

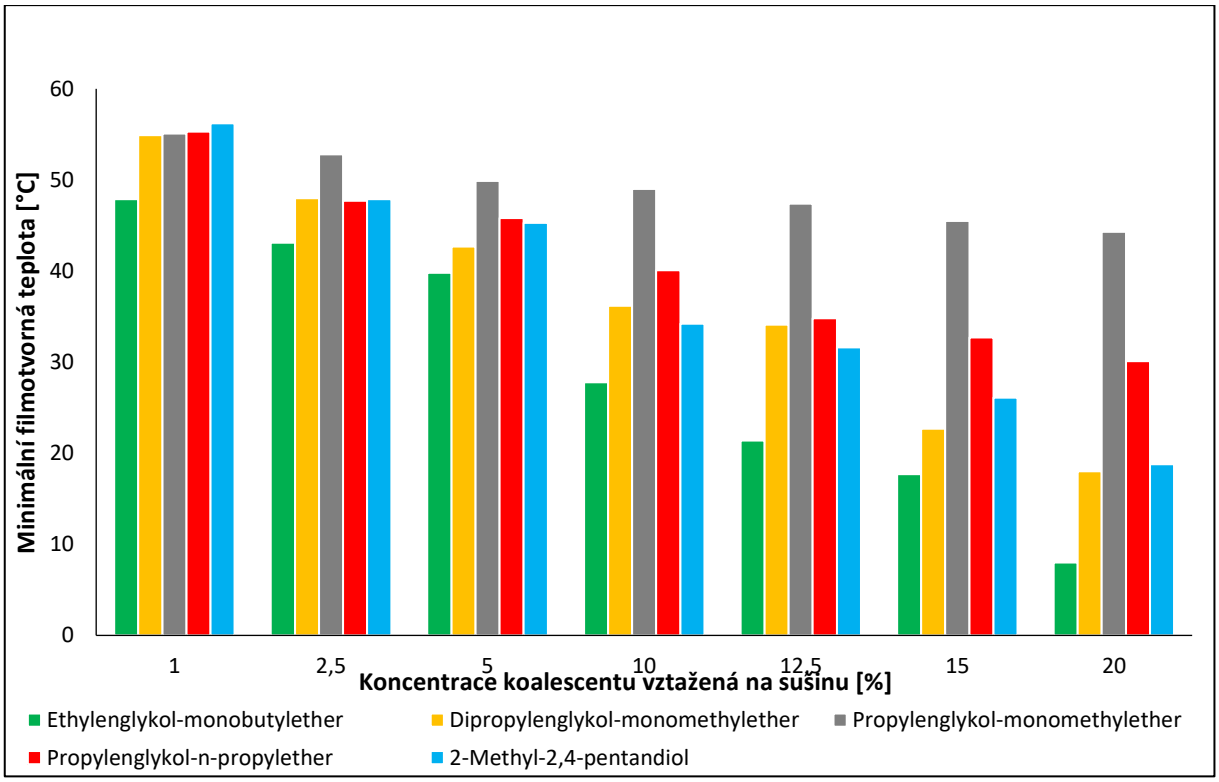
esteru docházelo převážně k tvorbě filmů, které obsahují defekty. Koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny tvořil nátěrové filmy se slabým zákalem již od 2,5 % koncentraci vztažené na sušinu a byl vyhodnocen stupněm Z2 a koalescent na bázi lineárního esteru tvořil nátěrové filmy se slabým zákalem již od 5 % koncentraci vztažené na sušinu a byl vyhodnocen stupněm Z2. Koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny tvořil filmy při koncentraci 12,5 a 15 % vztažené na sušinu obsahující ojedinělé bubliny v ploše vyhodnoceno stupněm B2. Koalescent na bázi lineárního esteru při všech testovaných koncentracích a koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny při koncentracích 1; 2,5; 5; 10 a 20 % vztažené na sušinu tvořily filmy, které obsahovaly ďolíčky a krátery vyhodnoceno stupněm P3. Jednotlivé defekty se tvořily z důvodu horší mísitelnosti koalescentů s akrylátovou disperzí.

Shrnutí

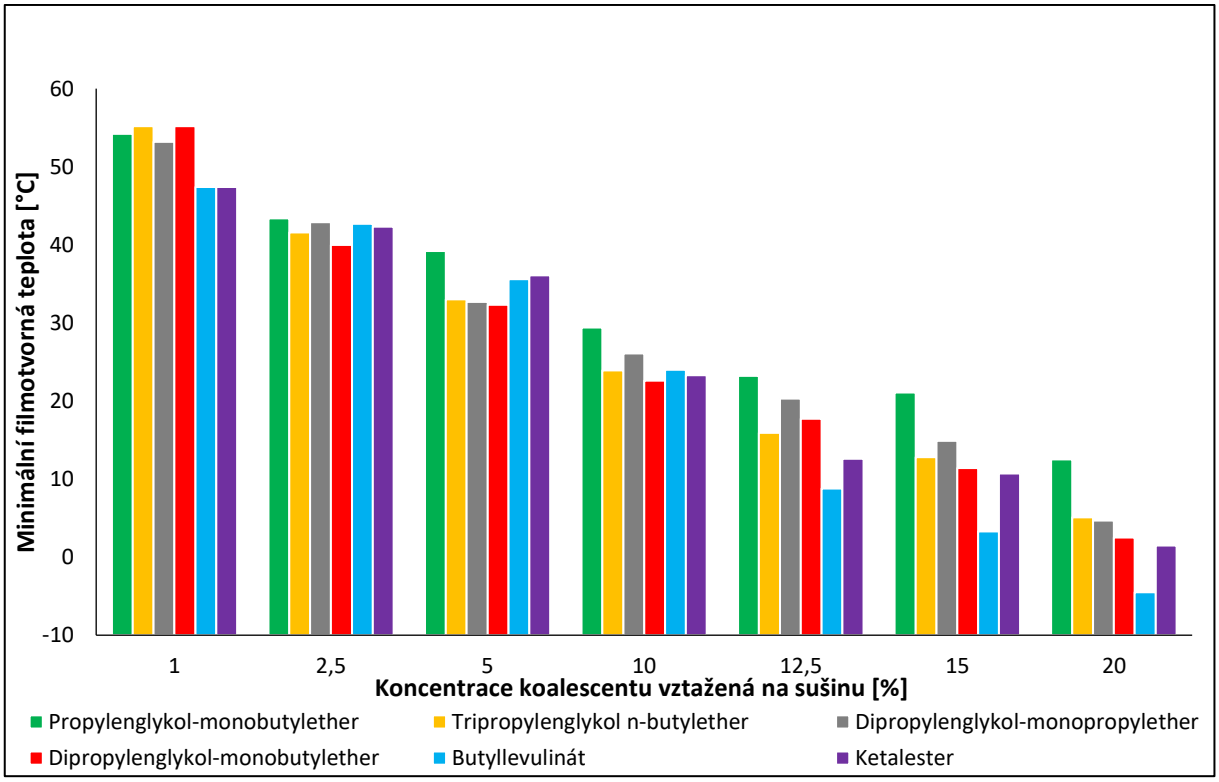
- Částečně vodou mísitelné koalescenty vykazovaly vynikající mísitelnost s použitou akrylátovou disperzí. Tvořily se homogenní nátěrové filmy s dobrým rozlivem a stupněm hodnocení Z1; B1; C1 a P1.
- Vodou mísitelné koalescenty vykazovaly dobrou mísitelnost s použitou akrylátovou disperzí. Tvořily se homogenní nátěrové filmy s dobrým rozlivem a stupněm hodnocení Z1; B1; C1 a P1, ojediněle při vysoké koncentraci koalescentu byly pozorovány nátěrové filmy s obsahem ďolíčků a kráterů se stupněm P3.
- Vodou nemísitelné koalescenty vykazovaly převážně špatnou mísitelnost s použitou akrylátovou disperzí. Již při nízkých koncentracích byly pozorovány nátěrové filmy se slabým zákalem se stupněm Z2; ojediněle šlo pozorovat i bubliny v ploše vyhodnoceno stupněm B2 a již při nízkých koncentracích se tvořily ďolíčky a krátery v ploše nátěrového filmu se stupněm P3. Koalescenty na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu a esterů dikarboxylové kyseliny vykazovaly dobrou mísitelnost s akrylátovou disperzí a tvořily homogenní filmy.

5.2.3. Diskuse k výsledkům stanovení minimální filmotvorné teploty

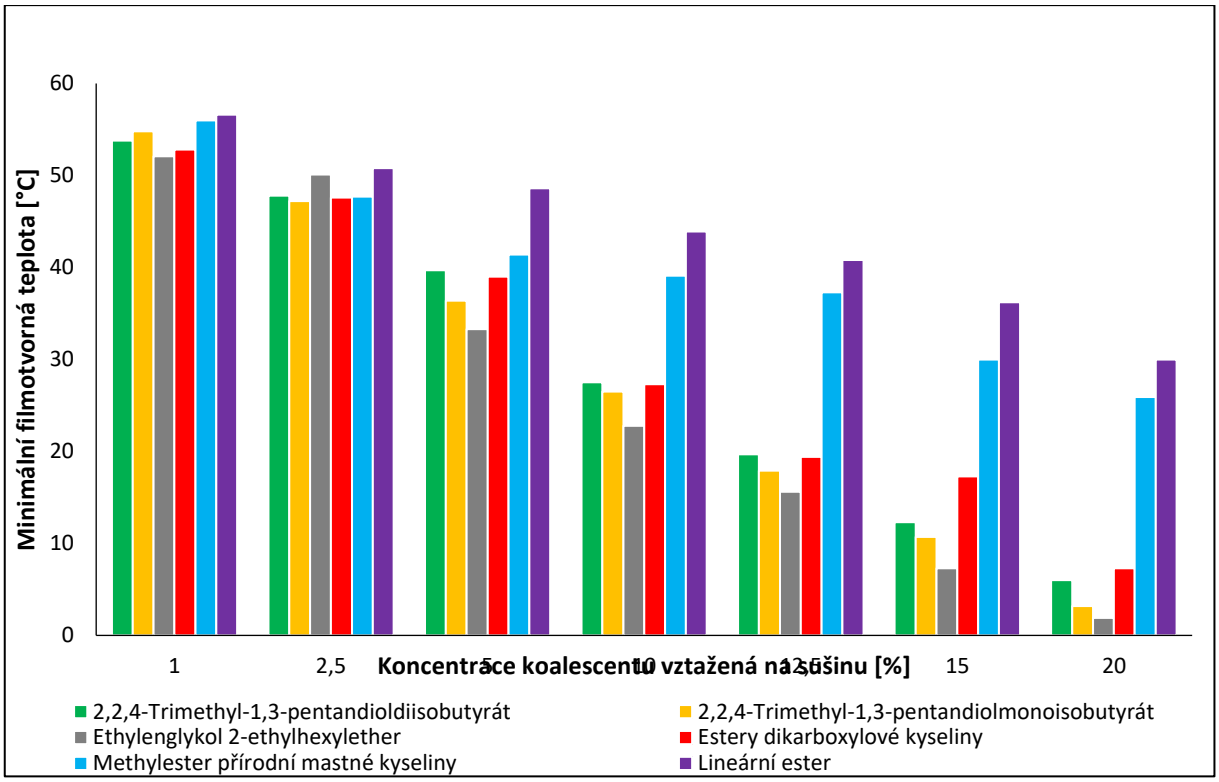
Na obrázku číslo 27 jsou zpracovány výsledky pro testované vodou mísitelné koalescenty, na obrázku číslo 28 jsou zpracovány výsledky pro testované částečně vodou mísitelné koalescenty a na obrázku číslo 29 jsou zpracovány výsledky pro testované vodou nemísitelné koalescenty.



Obrázek 27 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou mísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu



Obrázek 28 Graf zobrazující závislost koncentrace částečně vodou mísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu



Obrázek 29 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou nemísitelných koalescentů na minimální filmotvornou teplotu

Z obrázků je patrné, že s rostoucí koncentrací koalescentu docházelo ke snížení minimální filmotvorné teploty, což je žádoucí účinek koalescentu, přičemž filmotvorná teplota čisté akrylátové disperze byla 56,8 °C. Při použití vodou mísitelných koalescentů nejvíce ovlivňoval minimální filmotvornou teplotu koalescent na bázi ethylenglykolu-monobutyletheru neboli butylglykol. Tento koalescent již při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil minimální filmotvornou teplotu na hodnotu 27,8 °C, což je méně než poloviční hodnota čisté akrylátové disperze. Při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byla naměřena minimální filmotvorná teplota 8 °C. Koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru měl nepatrný vliv na snížení minimální filmotvorné teplotě a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byla minimální filmotvorná teplota snížena z 56,8 °C na 44,3 °C, který tak vykazoval nejnižší vliv na minimální filmotvornou teplotu.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů dosahovaly nejnižších hodnot minimální filmotvorné teploty nátěrové hmoty s obsahem koalescentů na bázi ketalesteru a butyllevulinátu. Při 10 % koncentraci vztažené na sušinu koalescentu na bázi butyllevulinátu byla naměřena minimální filmotvorná teplota 24 °C a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byla naměřena minimální filmotvorná teplota -4,5 °C, který tak vykazoval

nejvyšší vliv na minimální filmotvornou teplotu. Koalescent na bázi ketalesteru dosahoval obdobných výsledků, kdy při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byla naměřena minimální filmotvorná teplota nátěrové hmoty 23,3 °C a při 20 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu byla naměřena minimální filmotvorná teplota 1,5 °C.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů dosahovala nejnižší hodnoty filmotvorné teploty nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-2-ethylhexyletheru, který snížil minimální filmotvornou teplotu při 10 % koncentraci vztažené na sušinu na 22,8 °C a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu na minimální filmotvornou teplotu 1,9 °C. Obdobných výsledků dosahovaly koalescenty na bázi esterů dikarboxylové kyseliny, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu a 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu.

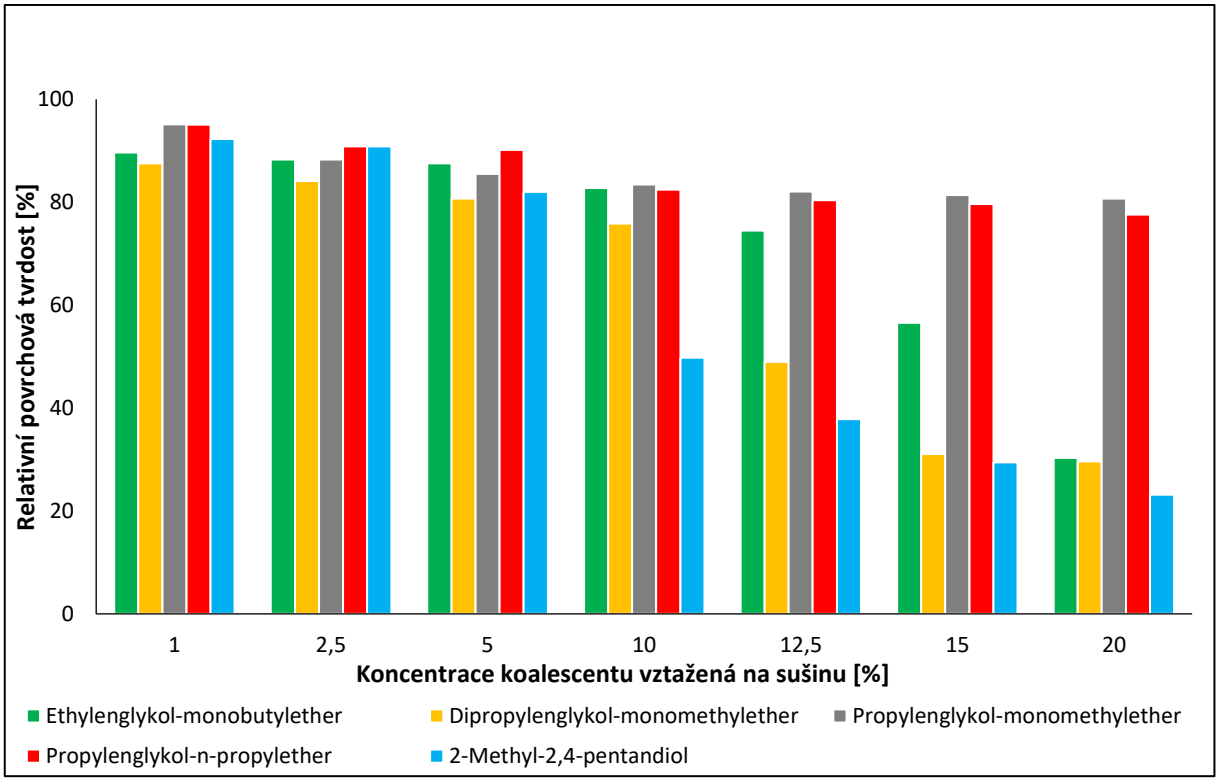
Shrnutí

- Se zvyšující se hodnotou koncentrace docházelo ke snížení minimální filmotvorné teploty nátěrové hmoty, což je pozitivní vlastnost koalescentů.
- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových hmot v rámci testovaných typů.
- Nejvyšší vliv koncentrace koalescentu na minimální filmotvornou teplotu nátěrové hmoty dosahoval částečně vodou mísitelný koalescent na bázi butyllevulinátu, který při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil minimální filmotvornou teplotu z 56,8 °C na -4,5 °C.
- Nejnižší vliv koncentrace koalescentu na minimální filmotvornou teplotu nátěrové hmoty dosahoval vodou mísitelný koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil minimální filmotvornou teplotu z 56,8 °C na 44,3 °C.

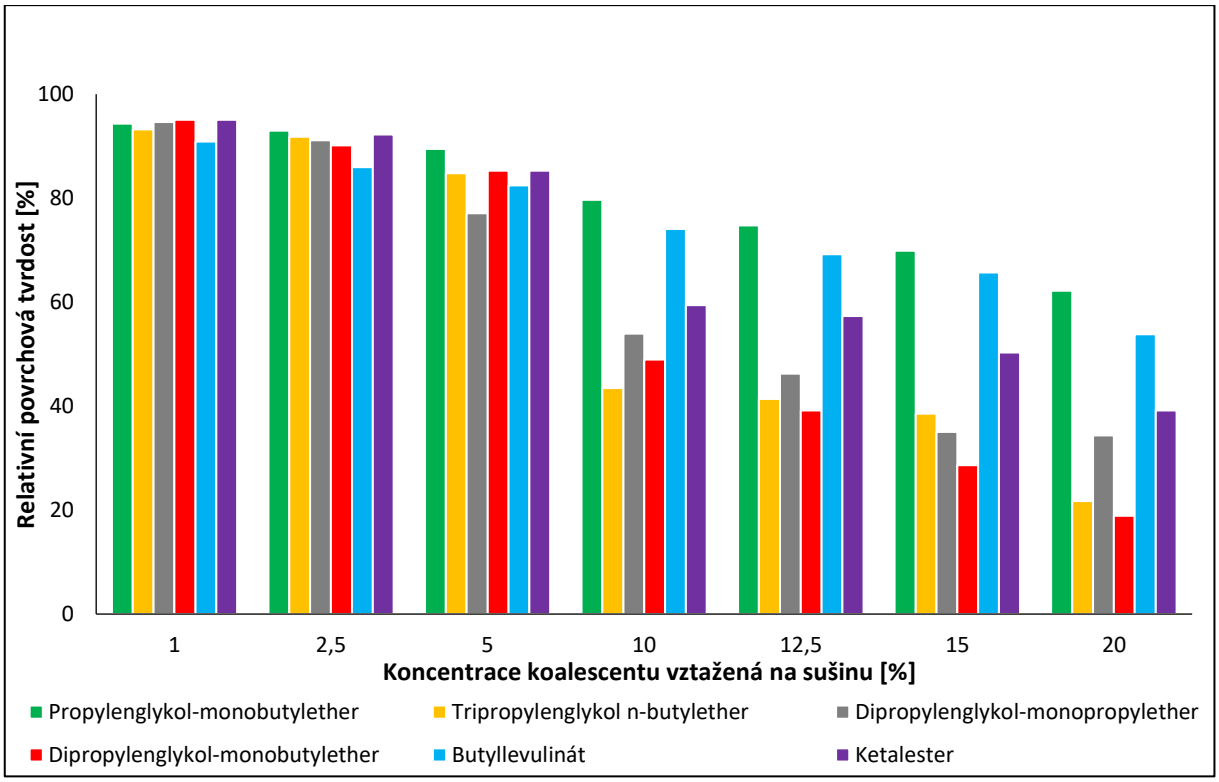
5.2.4. Diskuse k výsledkům stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa

Vzhledem k tomu, že při stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa spolu jednotlivé hodnoty korespondovaly byla pro obě metody zpracována pouze jedna podkapitola. Výsledky stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů s DFT = 20 ± 5 μm pro testované koalescenty s akrylátovou disperzí při prvním dni měření jsou zpracovány na následujících obrázcích. Na obrázku číslo 30 jsou zpracovány výsledky pro testované vodou mísitelné koalescenty při prvním dni měření, na obrázku číslo 31 jsou zpracovány výsledky pro testované částečně vodou mísitelné

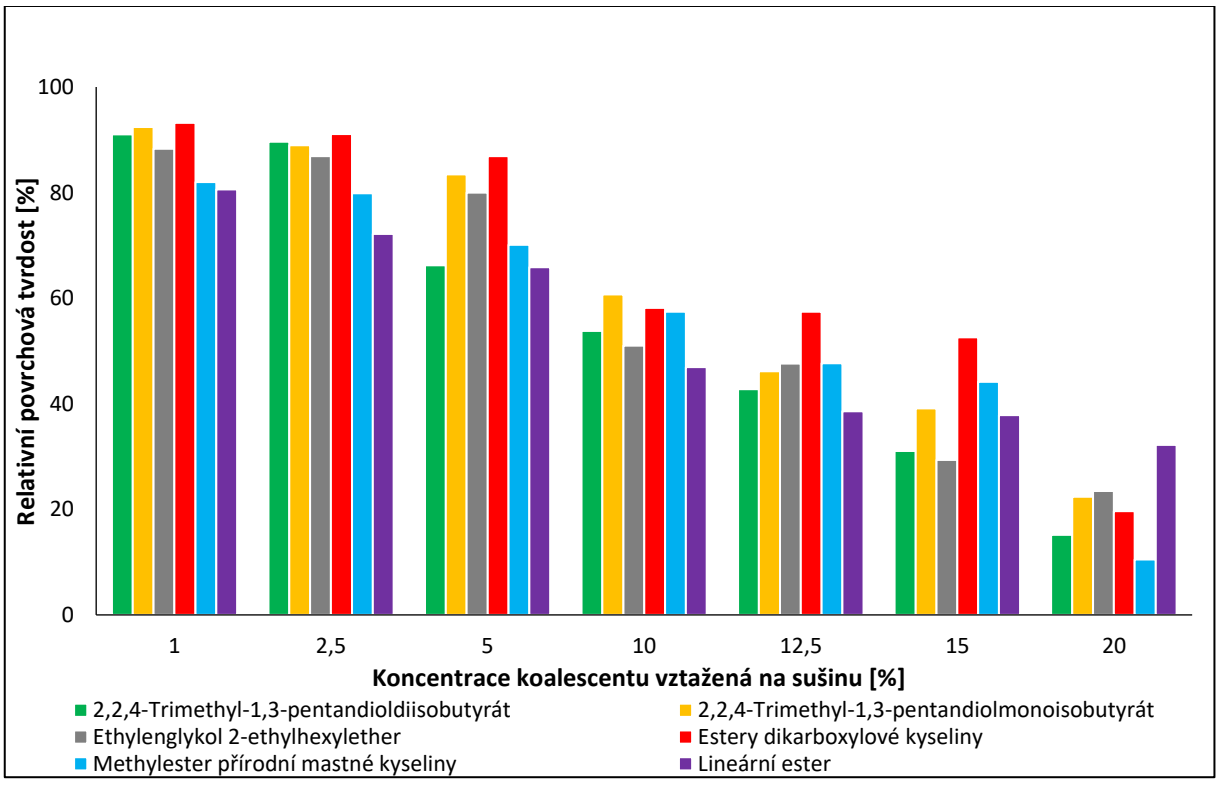
koalescenty při prvním dni meření a na obrázku číslo 32 jsou zpracovány výsledky pro testované vodou nemísitelné koalescenty při prvním dni měření. Obrázky byly zhotoveny z hodnot získaných při stanovení relativní povrchové tvrdosti podle Königa, přičemž čistá akrylátová disperze, která dosahovala relativní povrchové tvrdosti 77,13 % první den, 77,21 % druhý den a 77,01 % sedmý den byla brána jako standard, tedy 100 %.



Obrázek 30 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou mísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření



Obrázek 31 Graf zobrazující závislost koncentrace částečně vodou mísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření



Obrázek 32 Graf zobrazující závislost koncentrace vodou nemísitelných koalescentů na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů při 1. dni měření

Z obrázků je patrné, že s rostoucí koncentrací koalescentu docházelo ke snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů, což je nežádoucí účinek koalescentu, přičemž relativní povrchová tvrdost nátěrového filmu čisté akrylátové disperze byla 77,13 % při prvním dni měření. Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů se postupem času zvyšovala z důvodu postupného uvolňování koalescentů. Tento postupný nárust relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů byl přímo úměrný rychlosti vypařování koalescentů. Při použití vodou mísitelných koalescentů nejméně ovlivňovaly relativní povrchovou tvrdost nátěrových filmů koalescenty na bázi propylenglykol-n-propyletheru a propylenglykol-monomethyletheru. Koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu pouze na hodnotu 83,44 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu pouze na hodnotu 80,68 %. Koalescent na bázi propylenglykol-n-propyletheru dosáhl podobných výsledků jako předchozí koalescent a při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu pouze na hodnotu 82,47 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu pouze na hodnotu 77,58 %. Koalescent na bázi 2-methyl-2,4-pentandiolu vykazoval nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu z vodou mísitelných koalescentů. Tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 49,76 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 23,13 %.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů nejméně ovlivňovaly relativní povrchovou tvrdost nátěrových filmů koalescenty na bázi propylenglykol-monobutyletheru a butyllevulinátu. Koalescent na bázi propylenglykol-monobutyletheru při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 79,68 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 62,21 %. Koalescent na bázi butyllevulinátu dosáhl podobných výsledků jako předchozí koalescent a při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 74,08 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 53,82 %. Koalescent na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru vykazoval nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů z částečně vodou mísitelných koalescentů. Tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil

relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 48,93 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 18,88 %.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů nejméně ovlivňoval relativní povrchovou tvrdost nátěrových filmů koalescent na bázi esterů dikarboxylové kyseliny. Tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 58,16 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na hodnotu 19,63 %. Koalescent na bázi lineárního esteru snižoval relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu s rostoucí koncentrací nejvíce z vodou nemísitelných koalescentů. Tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 46,96 % a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 32,23 %.

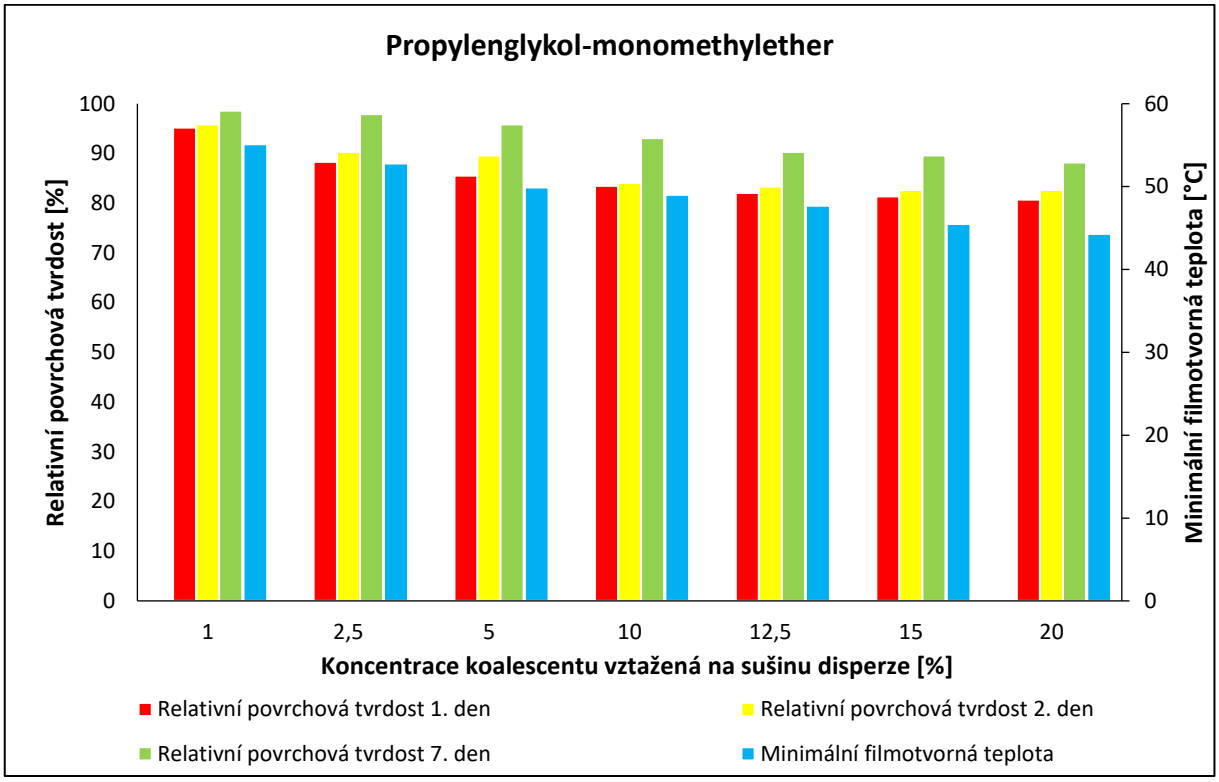
Shrnutí

- Se zvyšující se hodnotou koncentrace docházelo ke snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů, což je negativní vlastnost koalescentů.
- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů.
- Nejvyšší vliv koncentrace koalescentu na snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dosahoval vodou nemísitelný koalescent na bázi lineárního esteru, který při 10 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 46,96 %.
- Nejnižší vliv koncentrace koalescentu na snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů dosahoval vodou mísitelný koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který při 20 % koncentraci vztažené na sušinu snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 80,68 %.

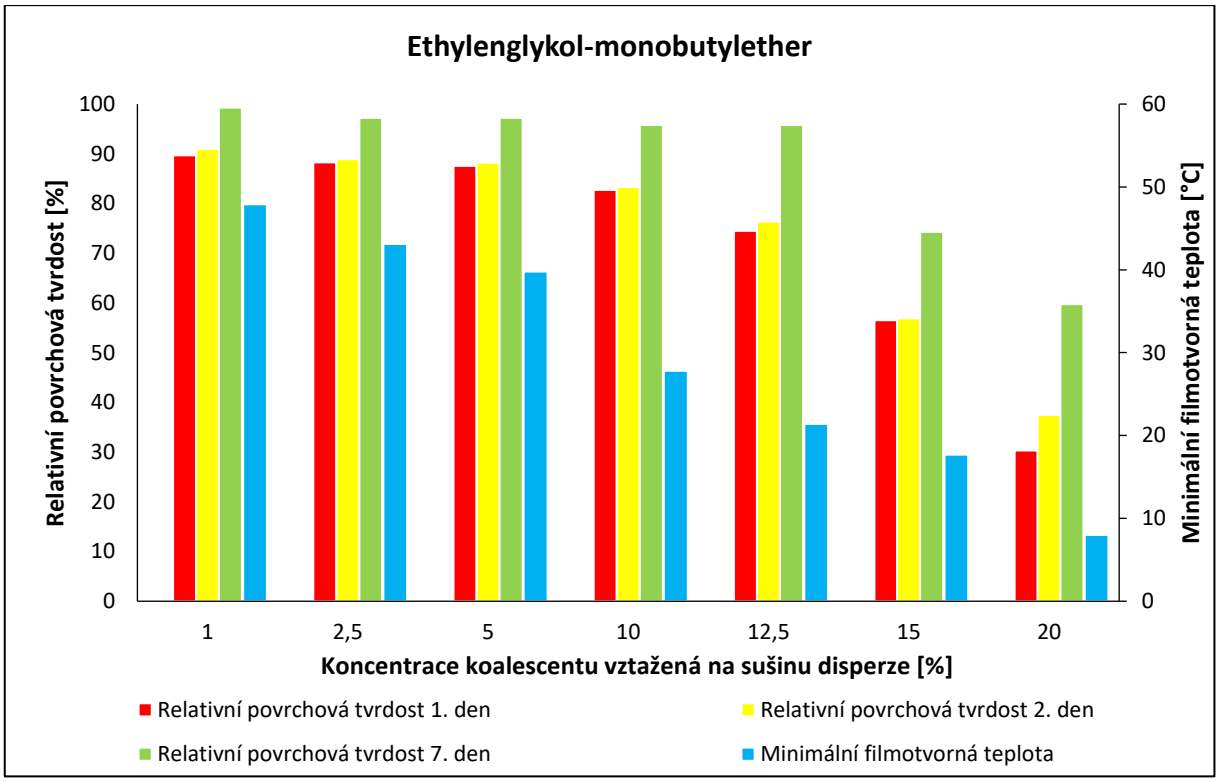
5.2.5. Diskuse k závislosti koncentrace koalescentu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě

Jeden z cílů diplomové práce bylo nalézt ze skupiny testovaných koalescentů ty, jejichž závislost koncentrace koalescentu nejvíce ovlivňuje snížení minimální filmotvorné teploty a zároveň nejméně ovlivňuje snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů, respektive ty, u nichž jsou tyto závislosti přijatelnější v porovnání s butylglykolem neboli ethylenglykol-monobutyletherem. Na následujících obrázcích jsou uvedeny závislosti

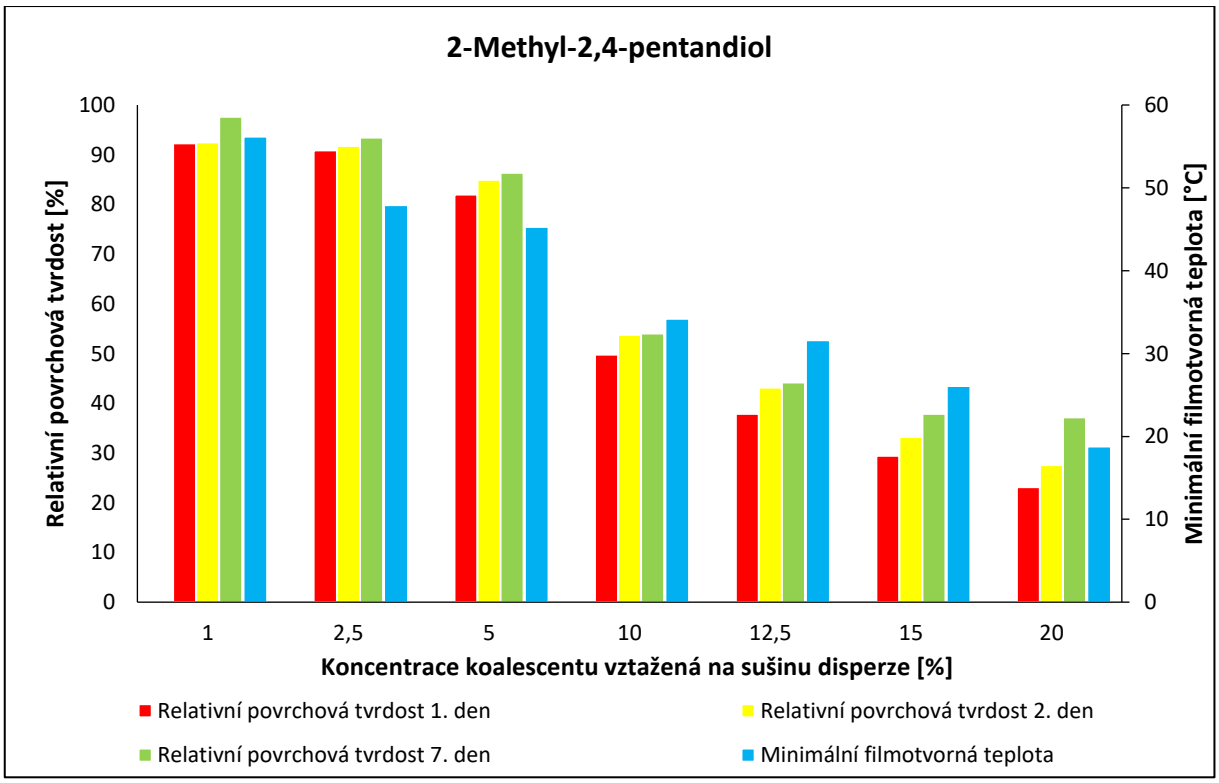
koncentrace koalescentu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a na minimální filmotvorné teplotě pro jednotlivé testované koalescenty.



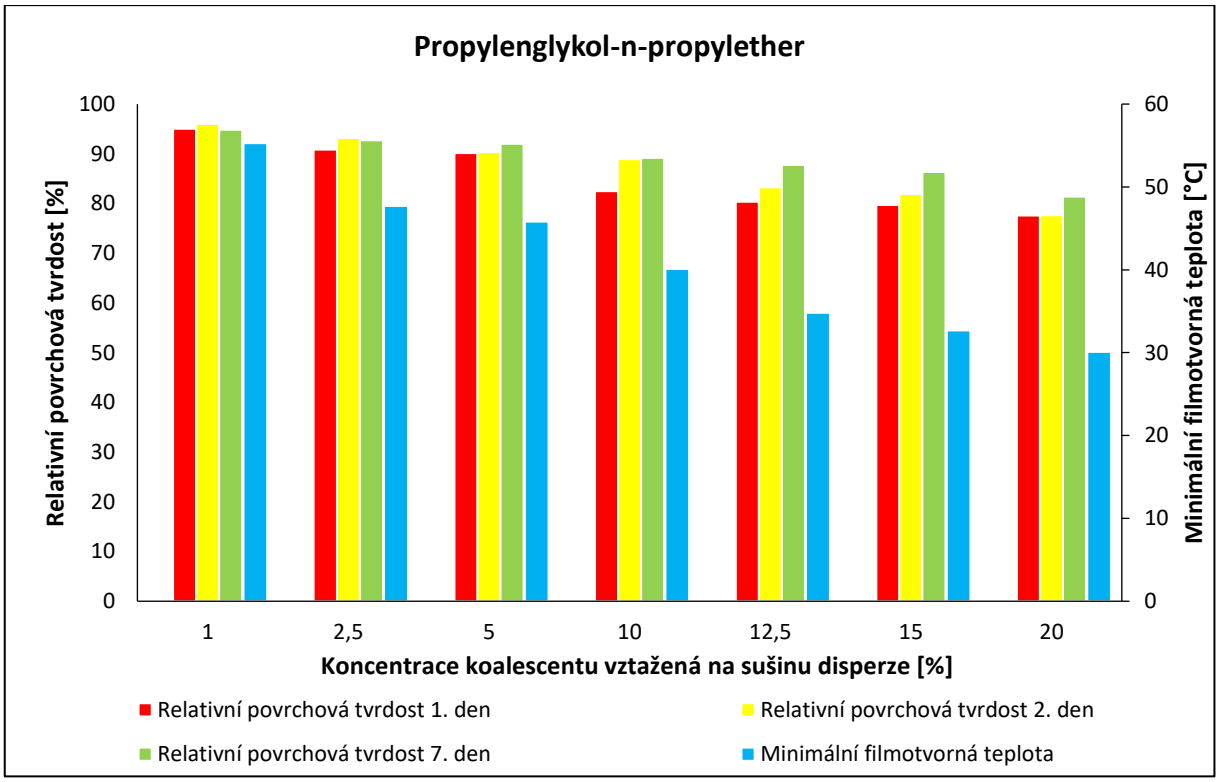
Obrázek 33 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-monomethyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



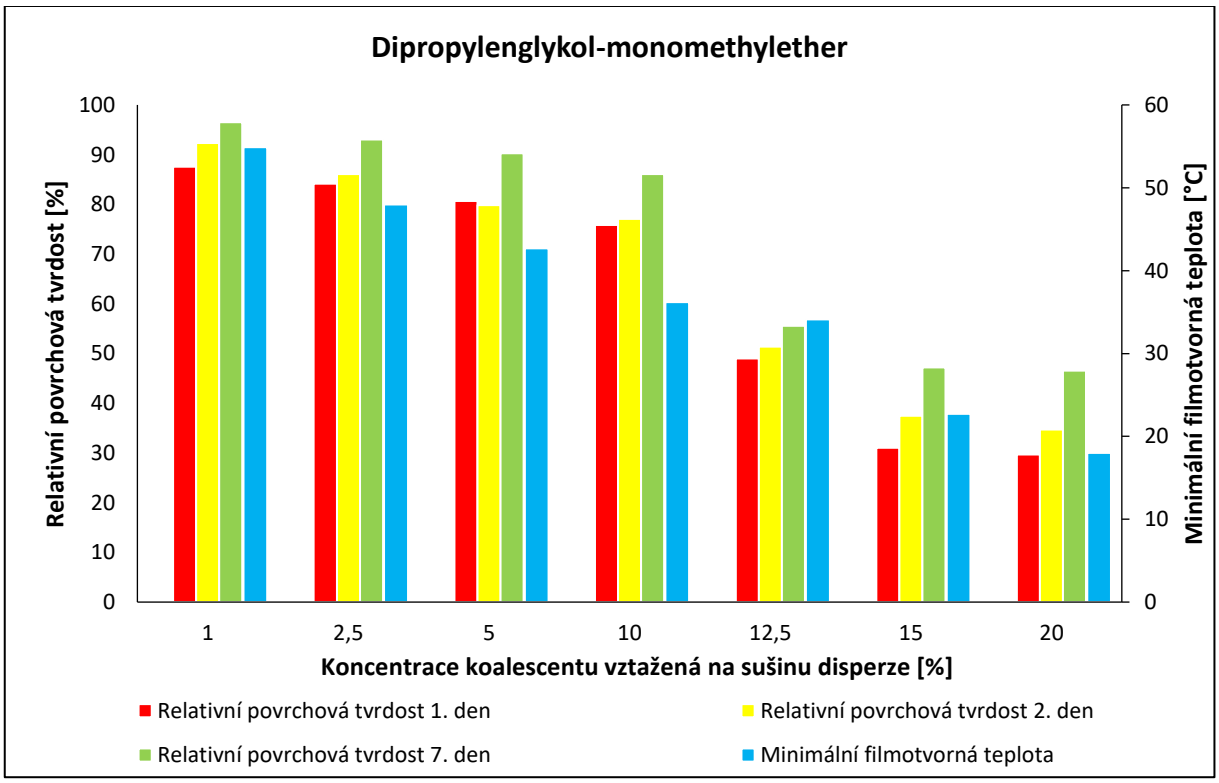
Obrázek 34 Graf zobrazující závislost koncentrace ethylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



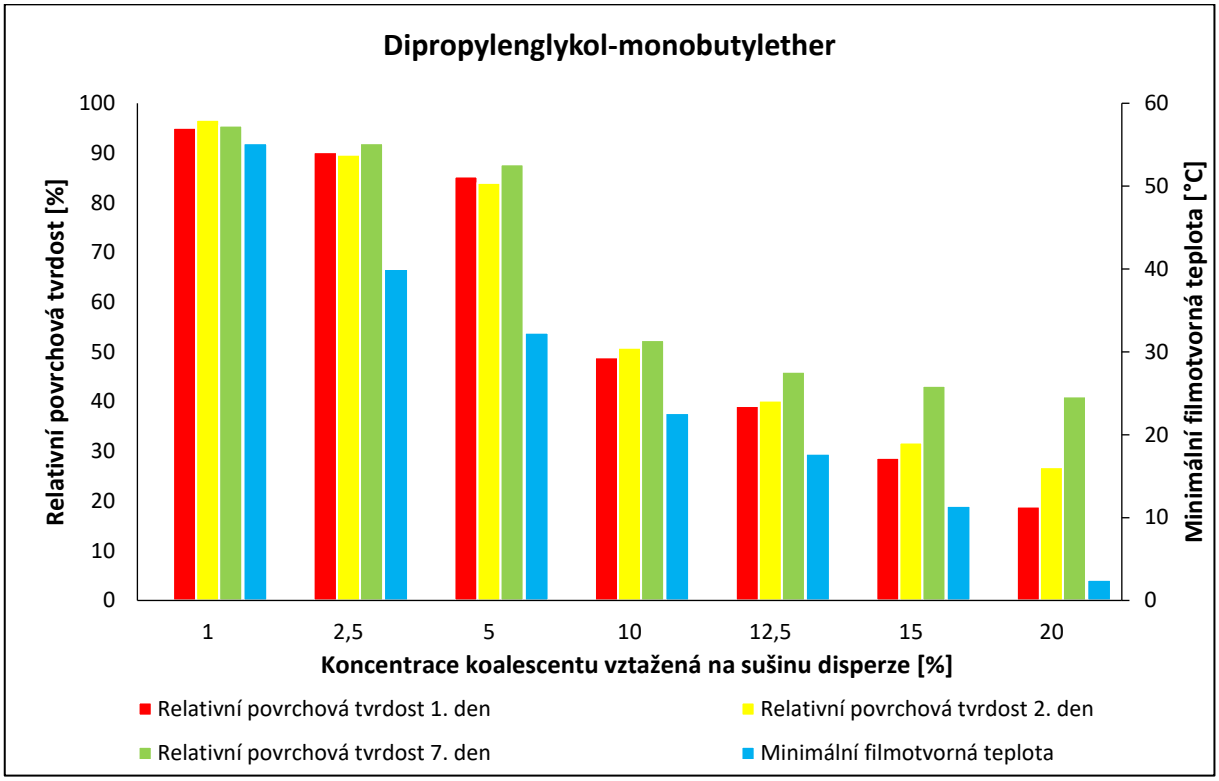
Obrázek 35 Graf zobrazující závislost koncentrace 2-methyl-2,4-pentandiolu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



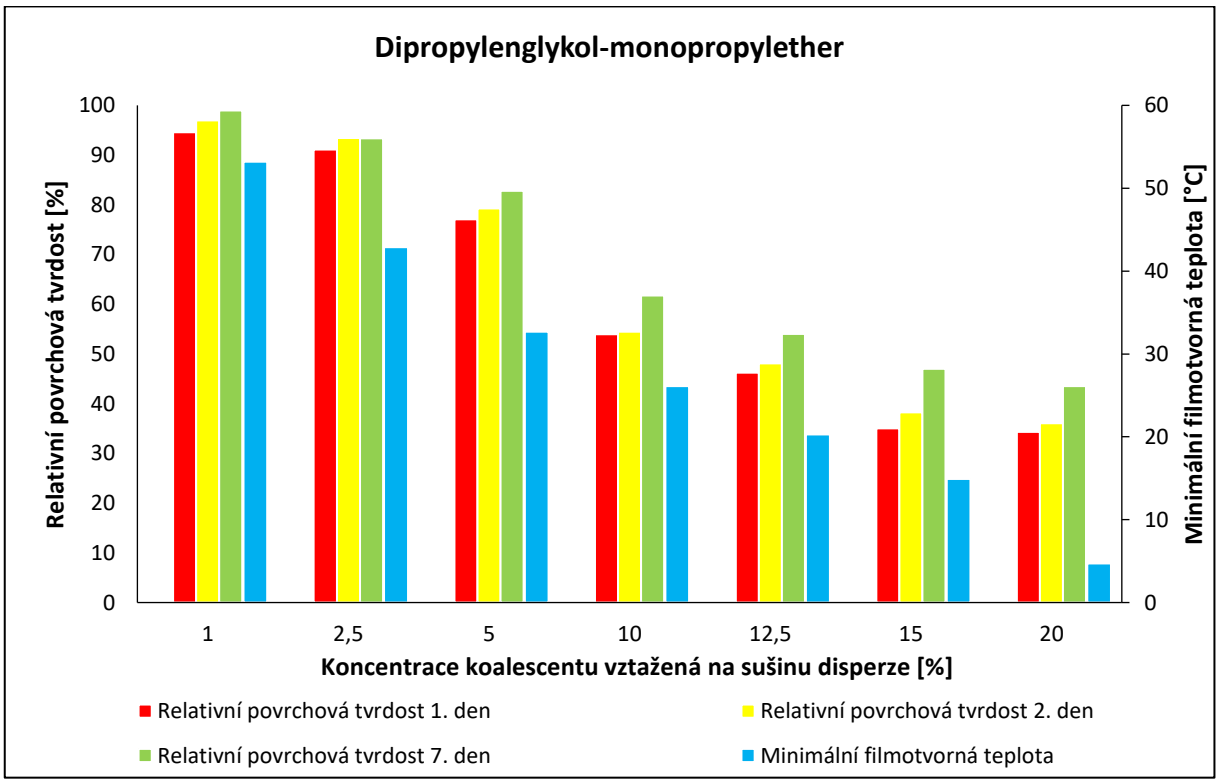
Obrázek 36 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-n-propyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



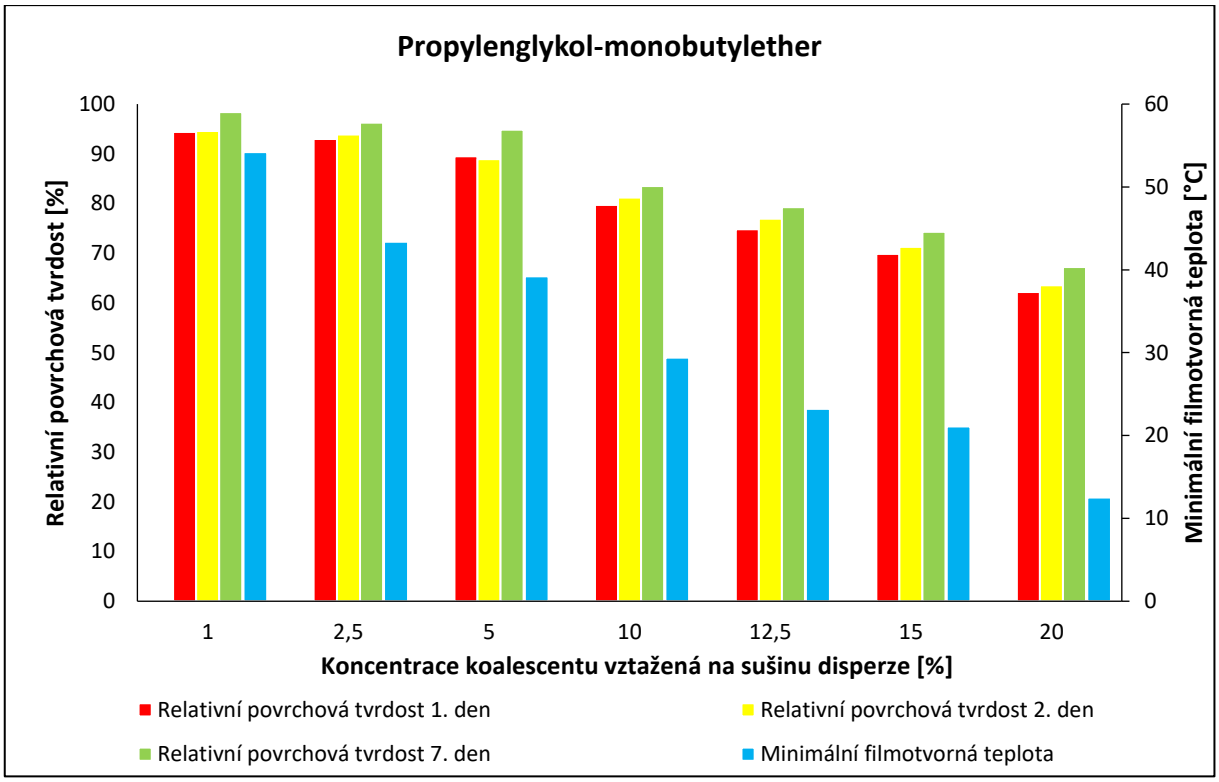
Obrázek 37 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monomethyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



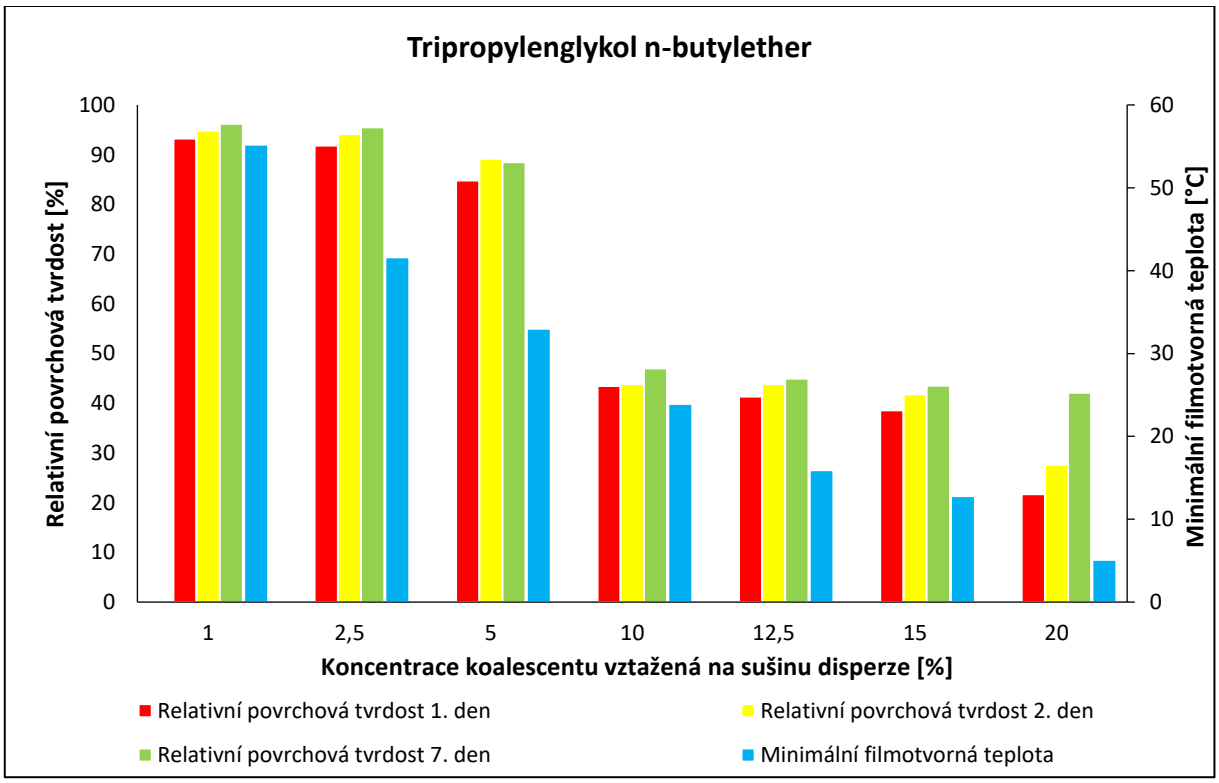
Obrázek 38 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



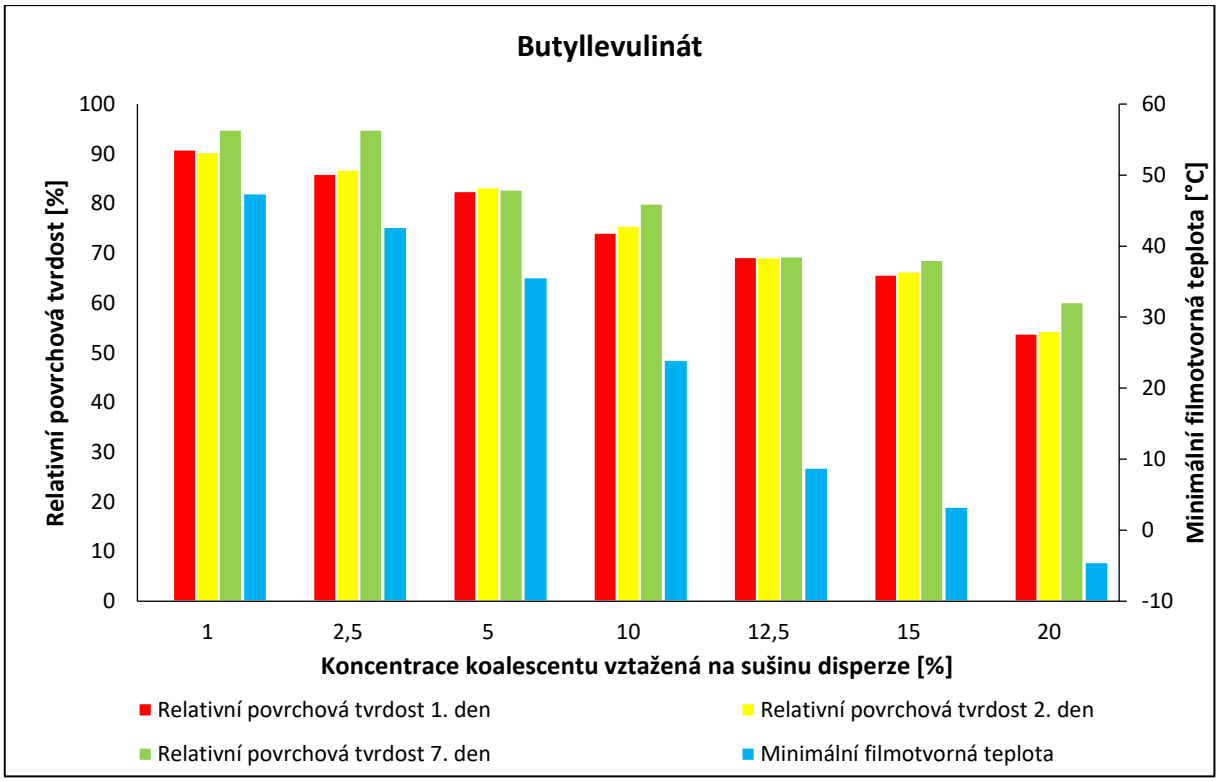
Obrázek 39 Graf zobrazující závislost koncentrace dipropylenglykol-monopropyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



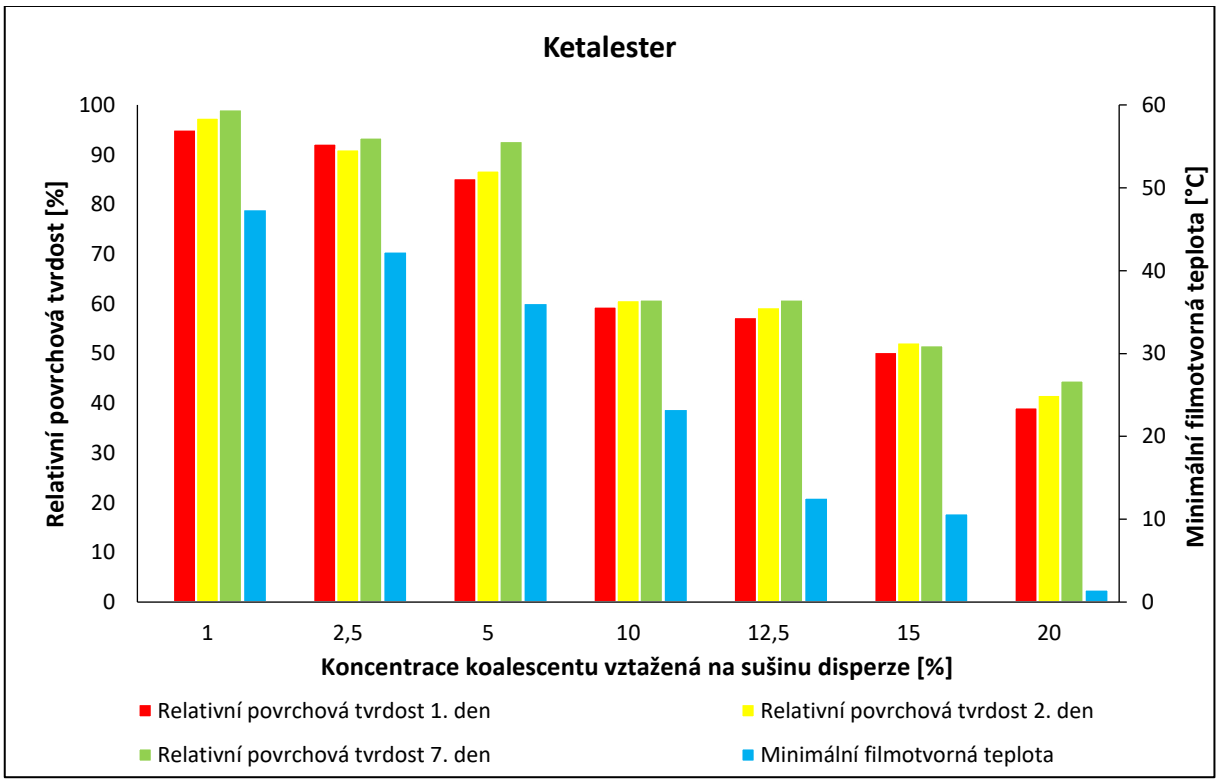
Obrázek 40 Graf zobrazující závislost koncentrace propylenglykol-monobutyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



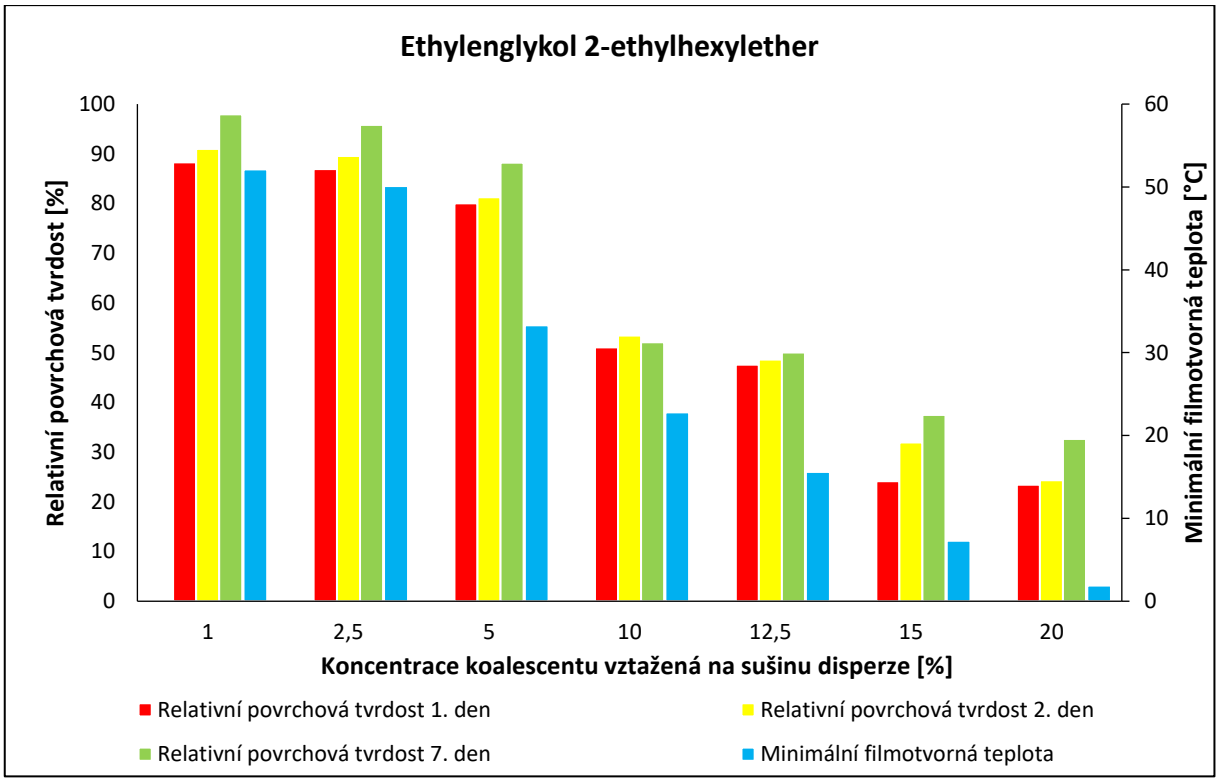
Obrázek 41 Graf zobrazující závislost koncentrace tripropylenglykol n-butyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



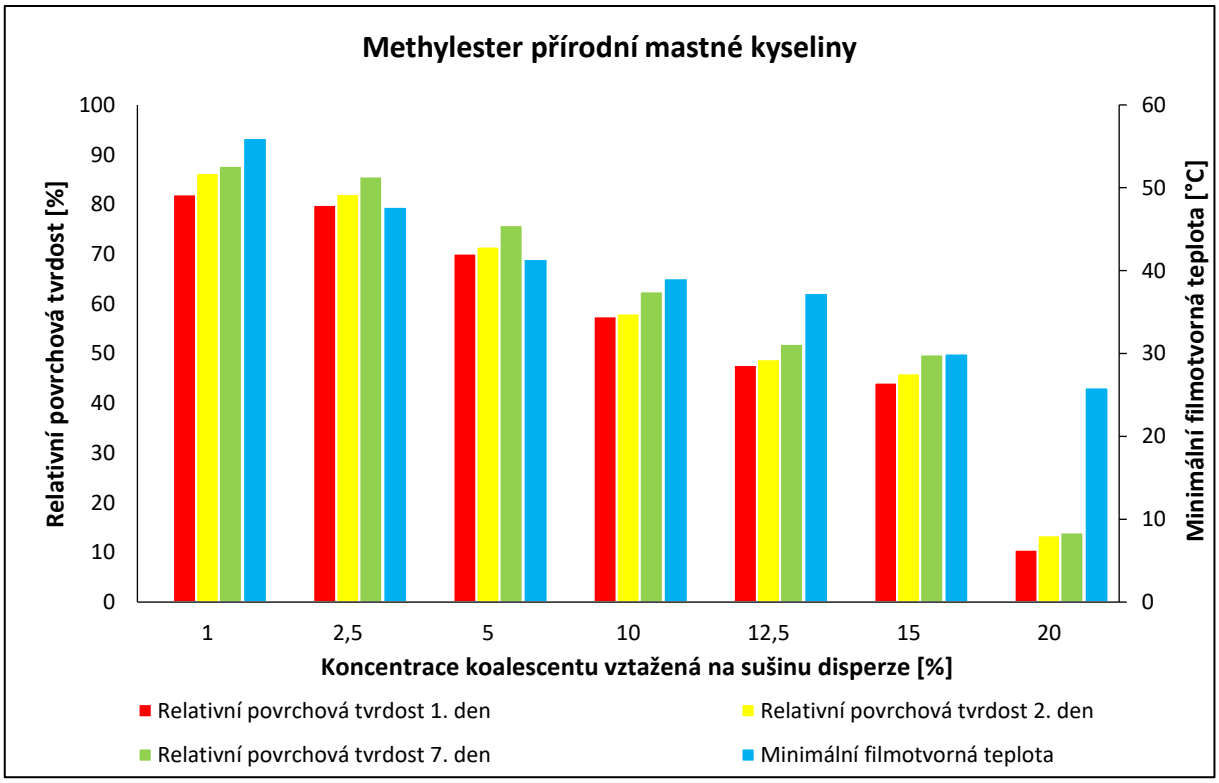
Obrázek 42 Graf zobrazující závislost koncentrace butyllevulinátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



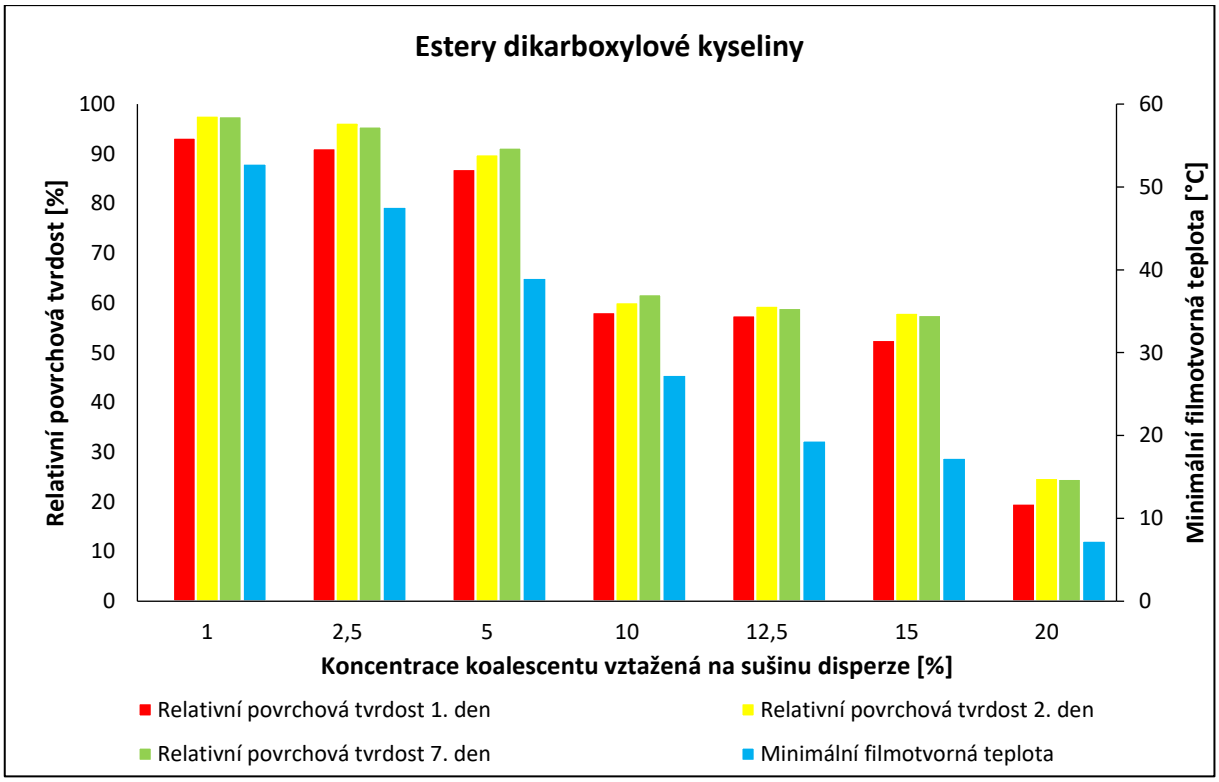
Obrázek 43 Graf zobrazující závislost koncentrace ketalesteru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



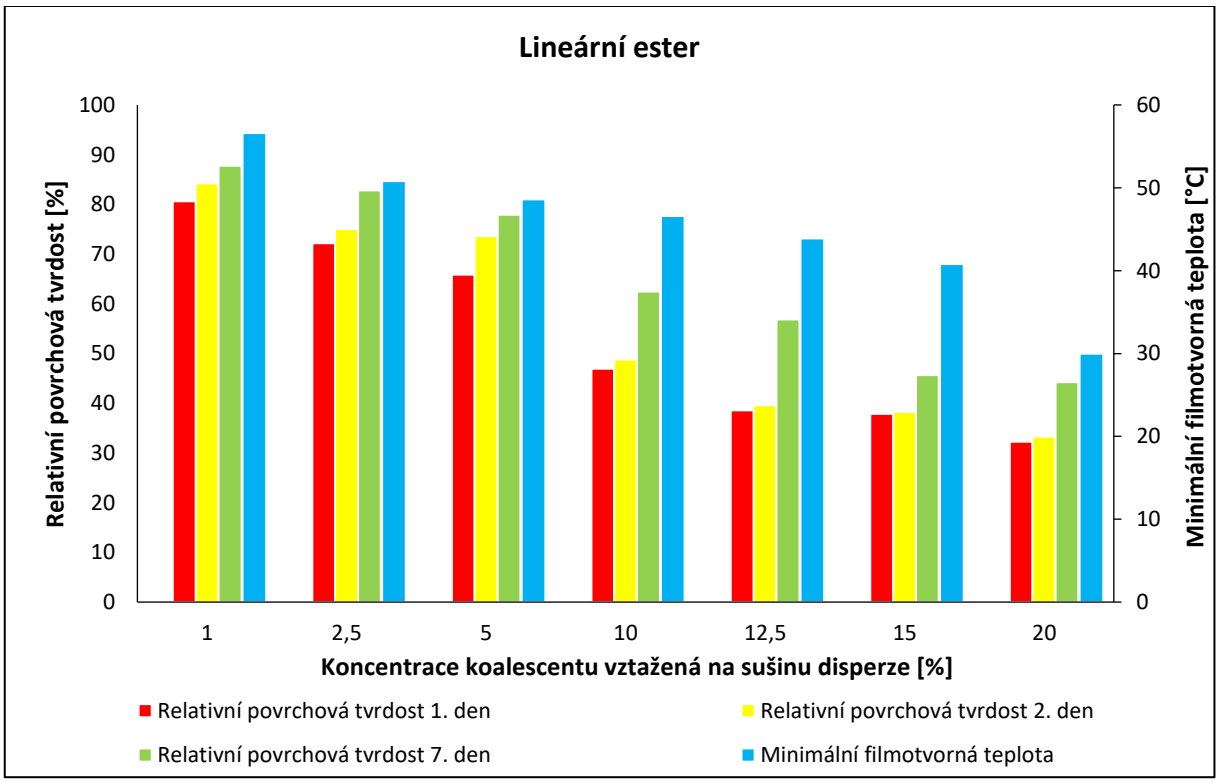
Obrázek 44 Graf zobrazující závislost koncentrace ethylenglykol 2-ethylhexyletheru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



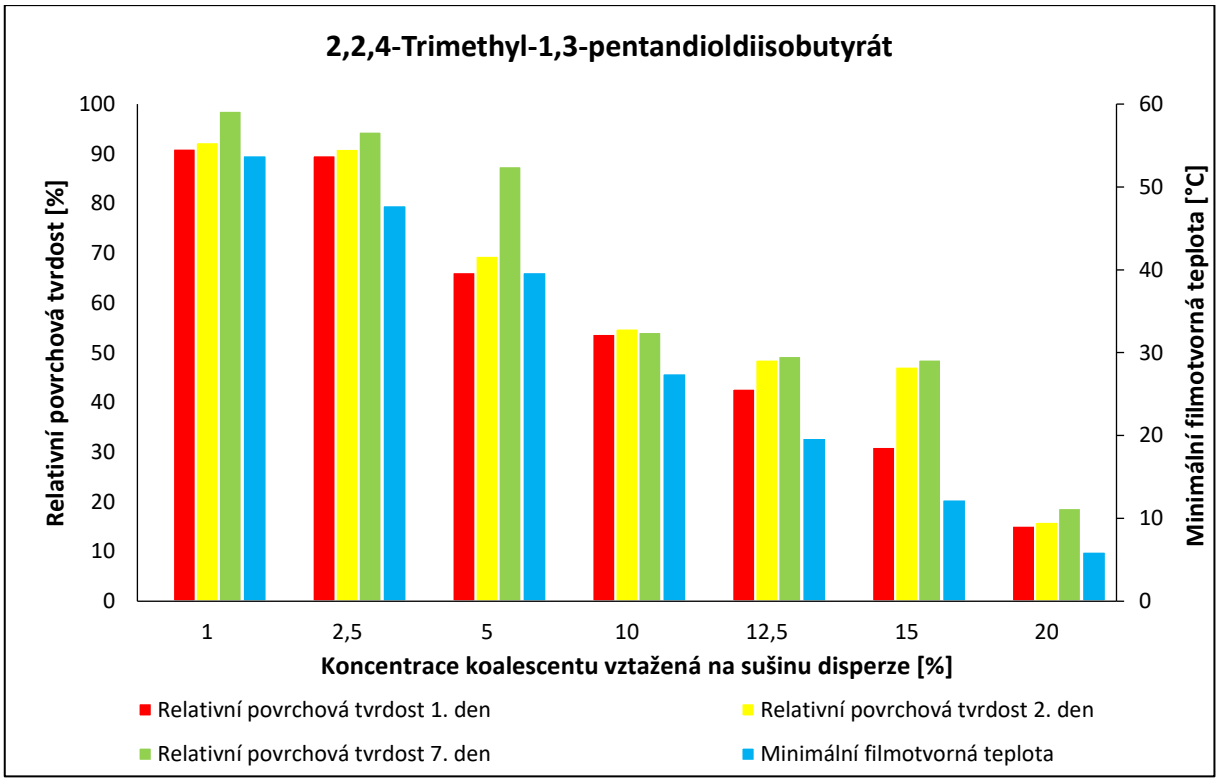
Obrázek 45 Graf zobrazující závislost koncentrace methylesteru přírodní mastné kyseliny na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



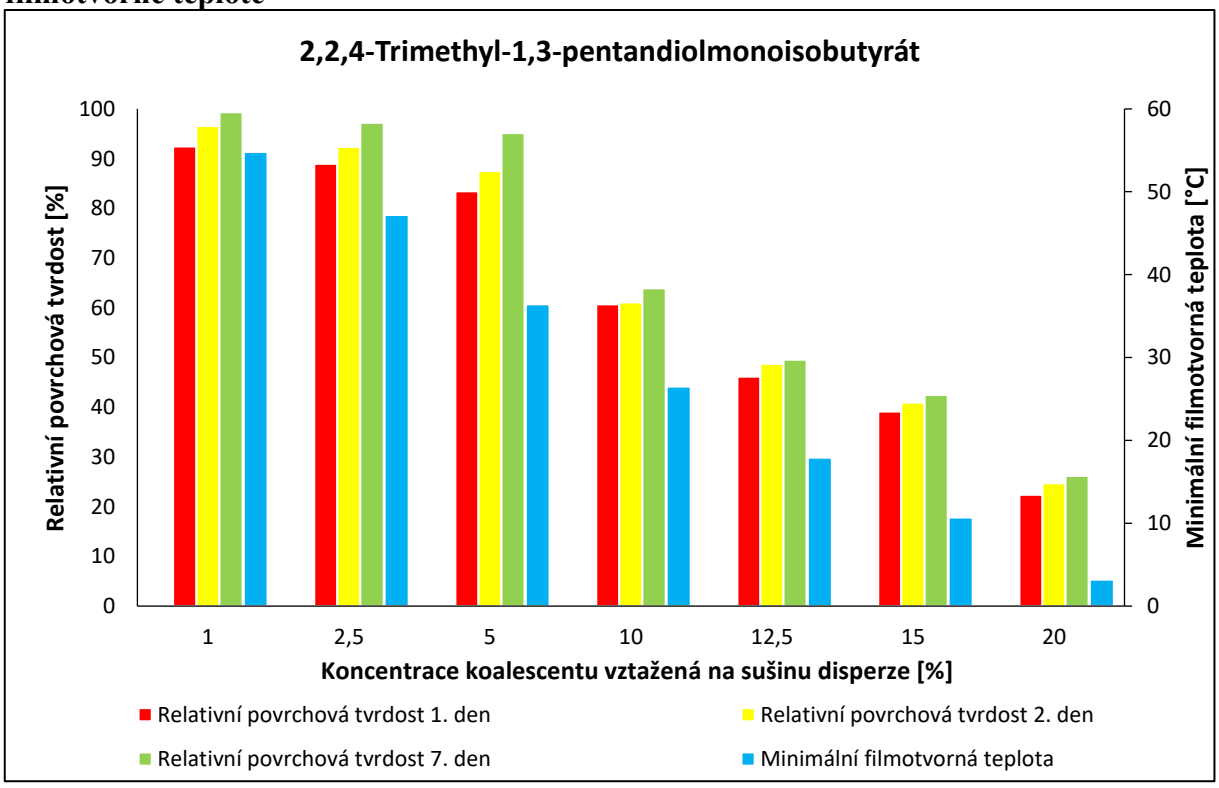
Obrázek 46 Graf zobrazující závislost koncentrace esterů dikarboxylové kyseliny na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



Obrázek 47 Graf zobrazující závislost koncentrace lineárního esteru na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



Obrázek 48 Graf zobrazující závislost koncentrace 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě



Obrázek 49 Graf zobrazující závislost koncentrace 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu na relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a minimální filmotvorné teplotě

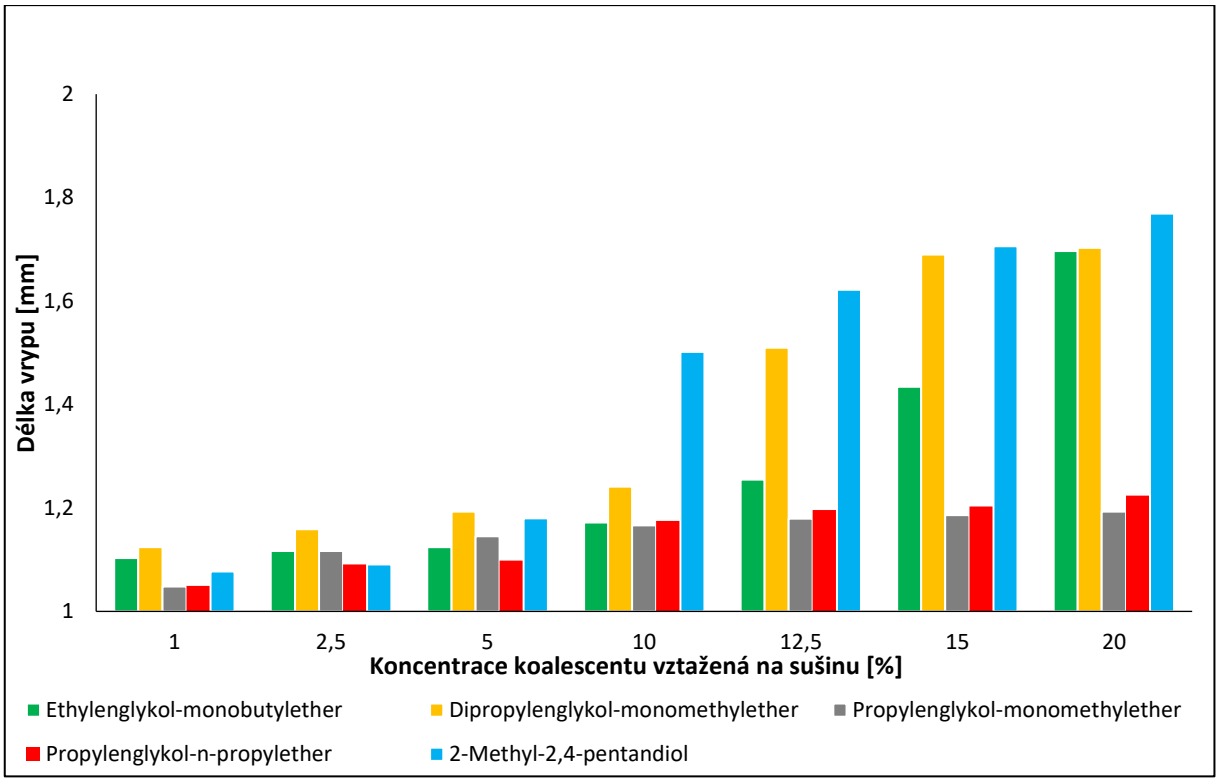
Optimálních výsledků dosáhly koalescenty na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. S rostoucí koncentrací těchto koalescentů docházelo k dostatečnému snížení minimální filmotvorné teploty při zachování dostatečné relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů. Tyto vybrané koalescenty byly následně použity do formulací pigmentovaných nátěrových hmot s aplikací jako spodní, základní a vrchní povlaky na střešní krytiny a fasádní desky.

Shrnutí

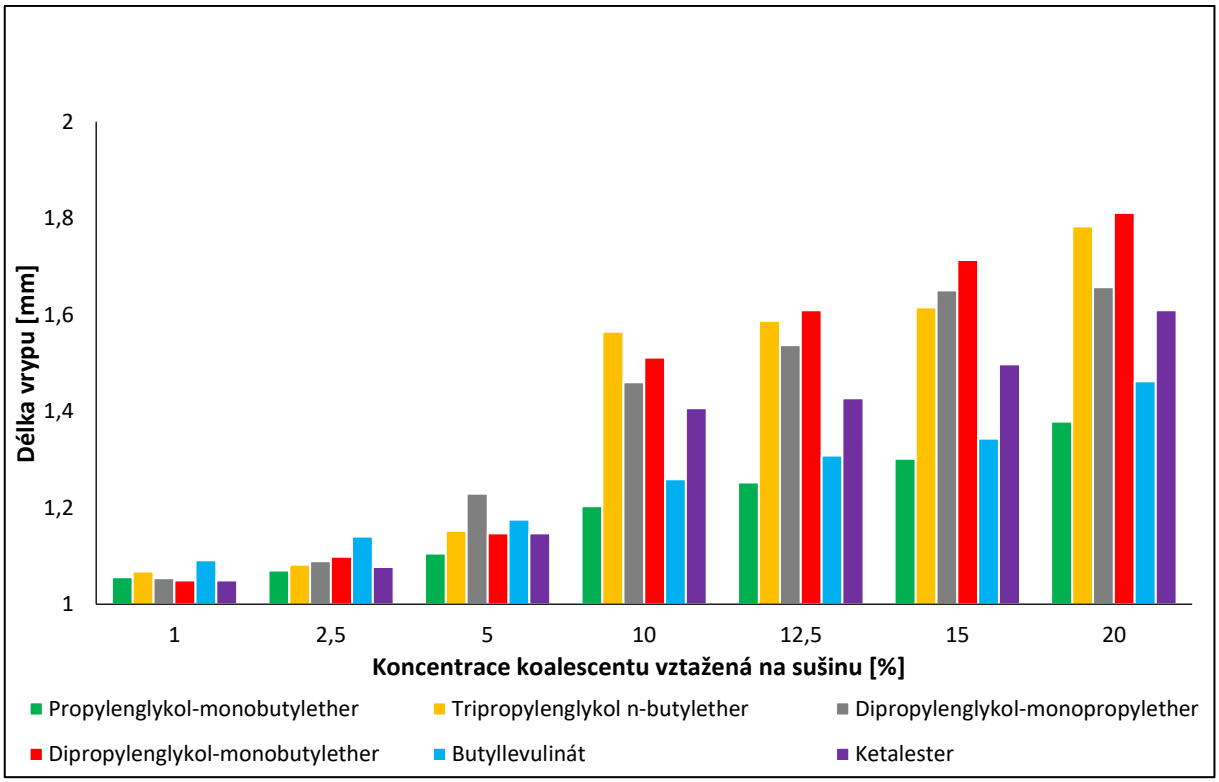
- Jeden z cílů diplomové práce bylo nalézt ze skupiny testovaných koalescentů ty, jejichž závislost koncentrace koalescentu nejvíce ovlivňuje snížení minimální filmotvorné teploty a zároveň nejméně ovlivňuje snížení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů.
- Optimálních výsledků dosáhly koalescenty na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny.
- Vybrané koalescenty byly následně použity do formulací pigmentovaných nátěrových hmot s aplikací jako spodní, základní a vrchní povlaky na střešní krytiny a fasádní desky.

5.2.6. Diskuse k výsledkům stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů

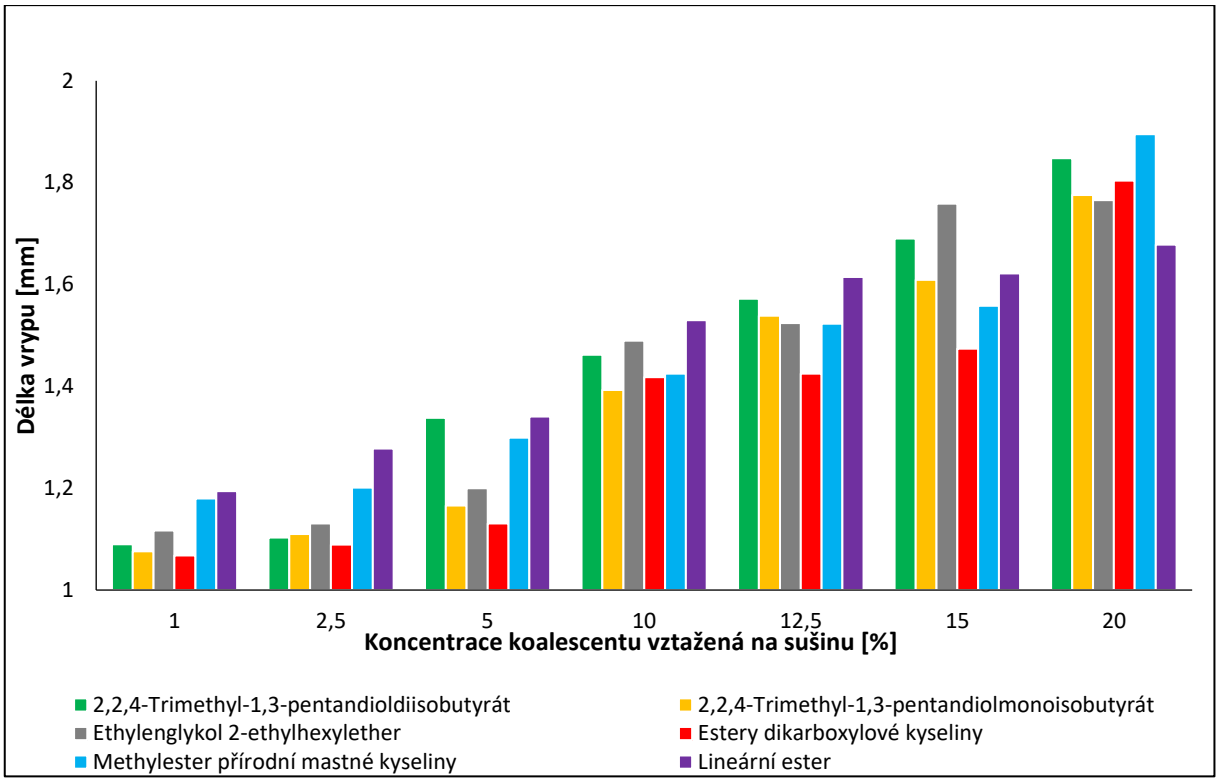
Výsledky stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů korespondovaly s výsledky získanými při stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa. Pro nátěrové filmy, které dosahovaly vysoké relativní povrchové tvrdosti byly naměřeny krátké vrypy, a naopak pro filmy, které dosahovaly nízké relativní povrchové tvrdosti byly naměřeny dlouhé vrypy. Buchholzova vrypová zkouška byla stanovena třikrát po dobu sedmi dní na nátěrových filmech o DFT = 20 ± 5 μm, přičemž postupem času docházelo ke zvyšování relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a tím ke snižování délky vrypů v nátěrových filmech, což bylo způsobeno postupným uvolňováním koalescentu z nátěrového filmu. Pro čistou akrylátovou disperzi byly naměřeny vrypy dlouhé 1,00 mm při prvním dni měření v nátěrovém filmu. Jednotlivé výsledky stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů jsou zpracovány v následujících obrázcích. Na obrázku číslo 50 jsou zpracovány výsledky při použití vodou mísitelných koalescentů, na obrázku číslo 51 jsou zpracovány výsledky při použití částečně vodou mísitelných koalescentů a na obrázku číslo 52 jsou zpracovány výsledky při použití vodou nemísitelných koalescentů.



Obrázek 50 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce nátěrových filmů pro vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 51 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce pro částečně vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 52 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu při Buchholzově vrypové zkoušce nátěrových filmů pro vodou nemísitelné koalescenty

Z obrázků je patrné, že při použití vodou mísitelných koalescentů nejméně ovlivňovaly Buchholzovu vrypovou zkoušku nátěrových filmů koalescenty na bázi propylenglykol-n-propyletheru a propylenglykol-monomethyletheru. Pro koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp dlouhý 1,17 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp dlouhý 1,19 mm v nátěrovém filmu. Koalescent na bázi propylenglykol-n-propyletheru dosáhl podobných výsledků jako předchozí koalescent a při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp dlouhý 1,16 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp dlouhý 1,22 mm v nátěrovém filmu. Pro koalescent na bázi 2-methyl-2,4-pentandiolu byla pozorována největší závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu v nátěrovém filmu. Pro tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,50 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,77 mm v nátěrovém filmu.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů byly naměřeny nejkratší vrypy v nátěrovém filmu pro koalescenty na bázi propylenglykol-monobutyletheru a butyllevulinátu. Pro koalescent na bázi propylenglykol-monobutyletheru při 10 %

koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,20 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,38 mm v nátěrovém filmu. Pro koalescent na bázi butyllevulinátu bylo dosaženo podobných výsledků jako pro předchozí koalescent a při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,26 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,46 mm v nátěrovém filmu. Koalescent na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru vykazoval největší závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu v nátěrovém filmu. Pro tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,51 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,81 mm v nátěrovém filmu.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů byly naměřeny nejkratší vrypy v nátěrových filmech při použití koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny. Pro tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,42 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,80 mm v nátěrovém filmu. Koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny vykazoval největší závislost koncentrace koalescentu na délce vrypu v nátěrovém filmu. Pro tento koalescent při 10 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,46 mm a při 20 % koncentraci vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,90 mm v nátěrovém filmu.

Shrnutí

- Se zvyšující se hodnotou koncentrace docházelo k prodloužení vrypu v nátěrových filmech, což je negativní vlastnost koalescentů.
- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů.
- Nejvyšší vliv koncentrace koalescentu na délce vrypu v nátěrových filmech vykazoval vodou nemísitelný koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny, pro který při 20 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,90 mm.
- Nejnižší vliv koncentrace koalescentu na délce vrypu v nátěrových filmech vykazoval vodou mísitelný koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, pro který při 20 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu byl naměřen vryp o délce 1,19 mm.

5.2.7. Diskuse k výsledkům stanovení lesku nátěrového filmu

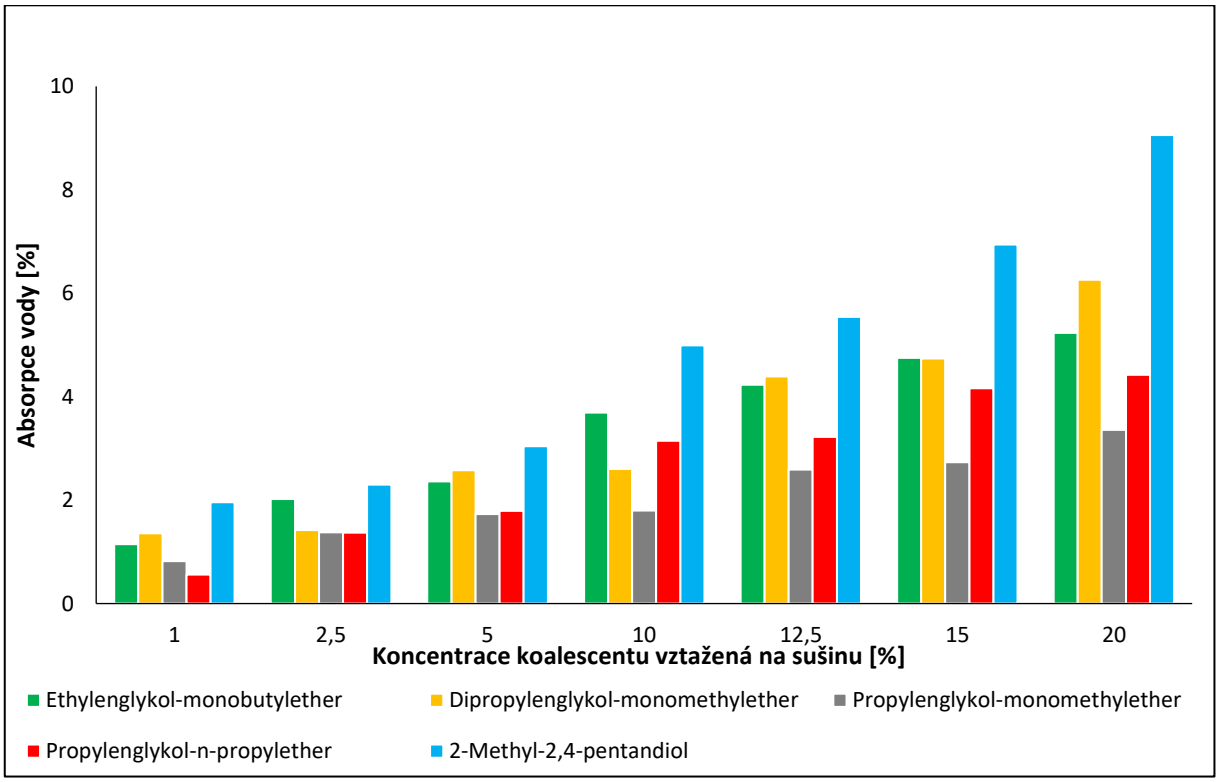
Pro jednotlivé nátěrové filmy o DFT = 20 ± 5 μm bylo měřeno číslo lesku třikrát po dobu sedmi dní. Jelikož jednotlivé nátěrové hmoty neobsahovaly žádný pigment, jednalo se o transparentní lesklé nátěrové filmy, které při nízkých koncentracích koalescentu dosahovaly vysokých čísel lesku a při vysokých koncentracích koalescentu bylo naměřeno nižší číslo lesku. S časovou závislostí hodnoty čísel lesku oscilovaly okolo prvotně naměřené hodnoty. Vodou mísitelné koalescenty a částečně vodou mísitelné koalescenty tvořily velice lesklé nátěrové filmy, vodou nemísitelné koalescenty tvořily méně lesklé nátěrové filmy, což bylo způsobeno přítomností slabého zákalu a tvorbou nehomogenního nátěrového filmu u některých typů koalescentů při určitých koncentracích. Částečně vodou mísitelné koalescenty na bázi ketalesteru a dipropylenglykol-monopropyletheru vykazovaly nejnižší vliv koncentrace na naměřeném číslu lesku nátěrových filmů. Nejvyšší číslo lesku nátěrového filmu bylo naměřeno pro koalescenty na bázi 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu při 5 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu, kde bylo naměřeno číslo lesku pro jednotlivé úhly měření 152; 141 a 100 a pro koalescent na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru při 2,5 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu, kde bylo naměřeno číslo lesku pro jednotlivé úhly měření 153; 141 a 104. Nejnižší číslo lesku nátěrového filmu bylo naměřeno pro koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny při 12,5 % koncentraci koalescentu vztažené na sušinu, kde bylo naměřeno číslo lesku pro jednotlivé úhly měření 22; 49 a 45. Pro čistou akrylátovou disperzi bylo naměřeno číslo lesku nátěrového filmu pro jednotlivé úhly měření 124; 136 a 102.

Shrnutí

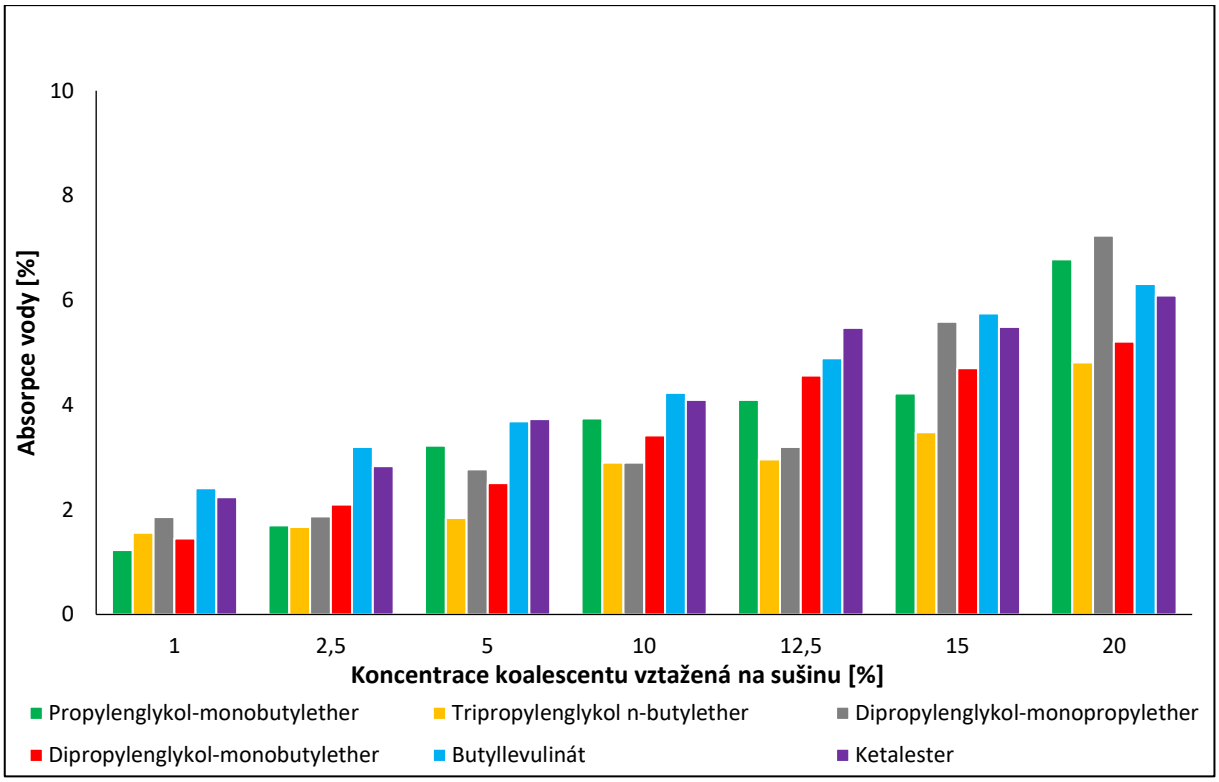
- Lesk nátěrových filmů v závislosti na čase osciloval kolem prvotně naměřené hodnoty při všech 3 geometriích.
- Nátěrové filmy s nízkou koncentrací koalescentu dosahovaly vysokých čísel lesku při všech 3 geometriích.
- Nátěrové filmy s vysokou koncentrací koalescenty dosahovaly nižších čísel lesku při všech 3 geometriích.
- Nejmenší vliv koncentrace koalescentu na naměřeném čísle lesku nátěrových filmů vykazovaly částečně vodou mísitelné koalescenty na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru a ketalesteru v porovnání se zbylými koalescenty.

5.2.8. Diskuse k výsledkům stanovení absorpce vody volného filmu

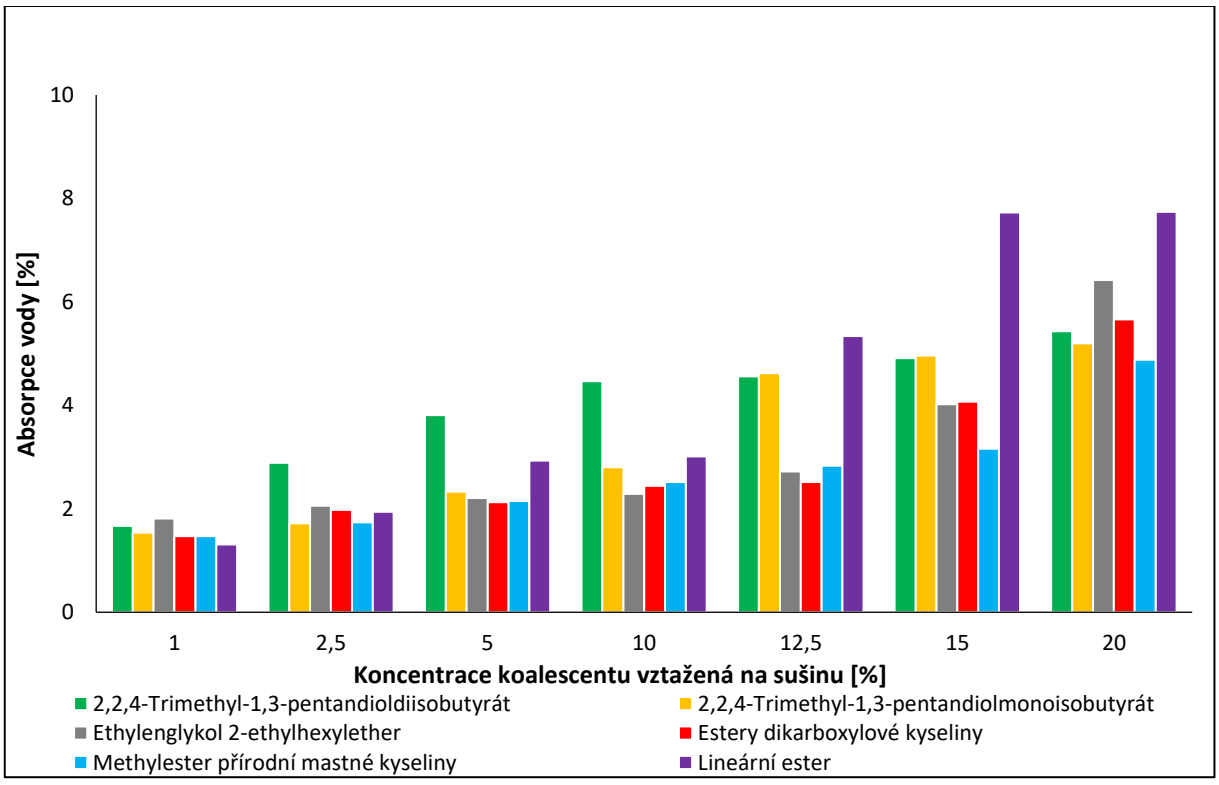
Stanovení absorpce vody bylo měřeno na zhotovených volných filmech. Princip metody spočíval v nárustu hmotnosti volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě. Absorpce vody volných filmů byla ovlivněna do jisté míry i relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Jednotlivé výsledky stanovení absorpce vody volného filmu jsou zpracovány na následujících obrázcích. Na obrázku číslo 53 jsou zpracovány výsledky pro vodou mísitelné koalescenty, Na obrázku číslo 54 jsou zpracovány výsledky pro částečně vodou mísitelné koalescenty a na obrázku číslo 55 jsou zpracovány výsledky pro vodou nemísitelné koalescenty.



Obrázek 53 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 54 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 55 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na absorpci vody volného filmu po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty

Z obrázků je patrné, že s rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo ke zvýšení absorpce vody volného filmu, přičemž jednotlivé měření absorpce vody volného filmu se pohybovaly v rozmezí od 0,56 % do 9,06 % s ohledem na všechny testované koncentrace koalescentu, přičemž absorpce vody volného filmu do jisté míry souvisela i s relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Koalescenty tvořící měkké nátěrové filmy vykazovaly vyšší absorpci vody volného filmu v porovnání s koalescenty tvořící tvrdší nátěrové filmy. Pro samotnou akrylátovou disperzi byla naměřena 2,34 % absorpce vody volného filmu po expozici ve vodě.

Při použití vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který zároveň tvořil nátěrové filmy s nejvyšší relativní povrchovou tvrdostí, nutno však zdůraznit, že tento koalescent byl velmi málo účinný s ohledem na snižování minimální filmotvorné teploty. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 3,36 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který zároveň tvořil nátěrové filmy s nejnižší relativní povrchovou tvrdostí. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 9,06 %.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu koalescent na bázi tripropylenglykol n-butyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 4,81 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou disperzi na absorpci vody volného filmu vykazoval koalescent na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 7,23 %.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 4,88 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou disperzi na absorpci vody volného filmu vykazoval koalescent na bázi lineárního esteru. Tento koalescent při 20 % koncentraci

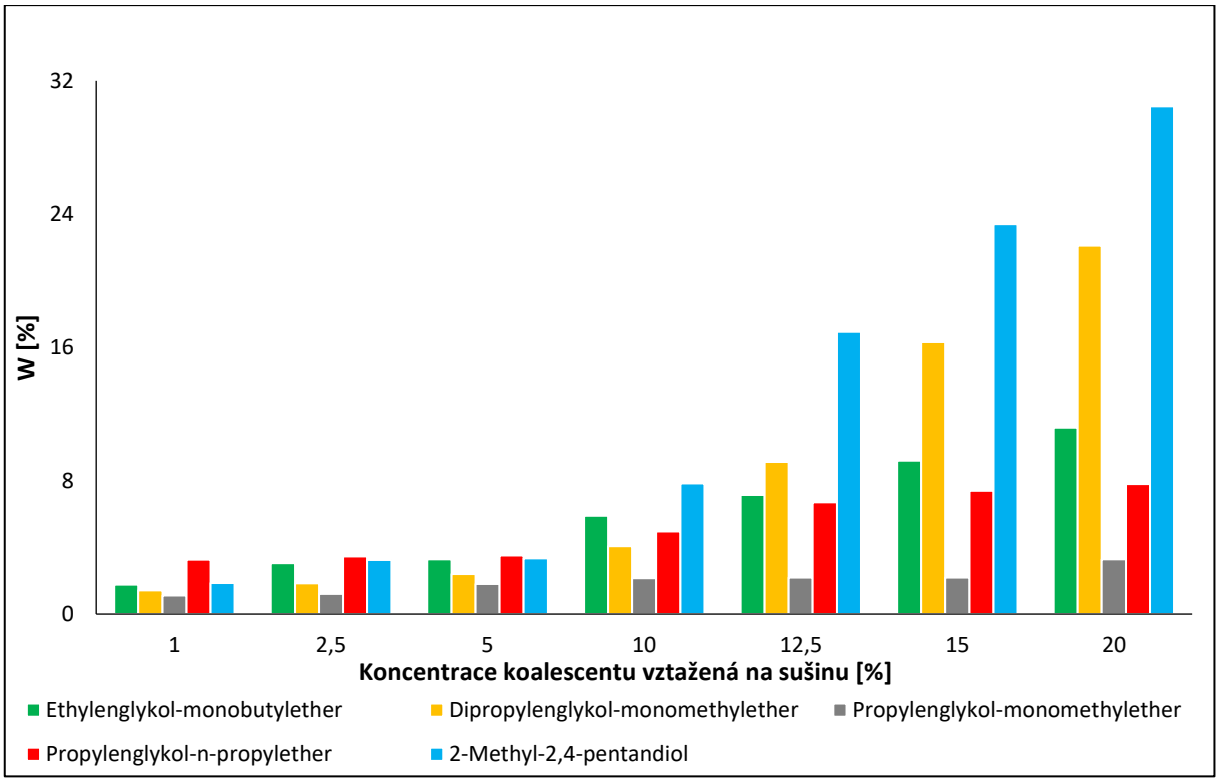
koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 7,74 %.

Shrnutí

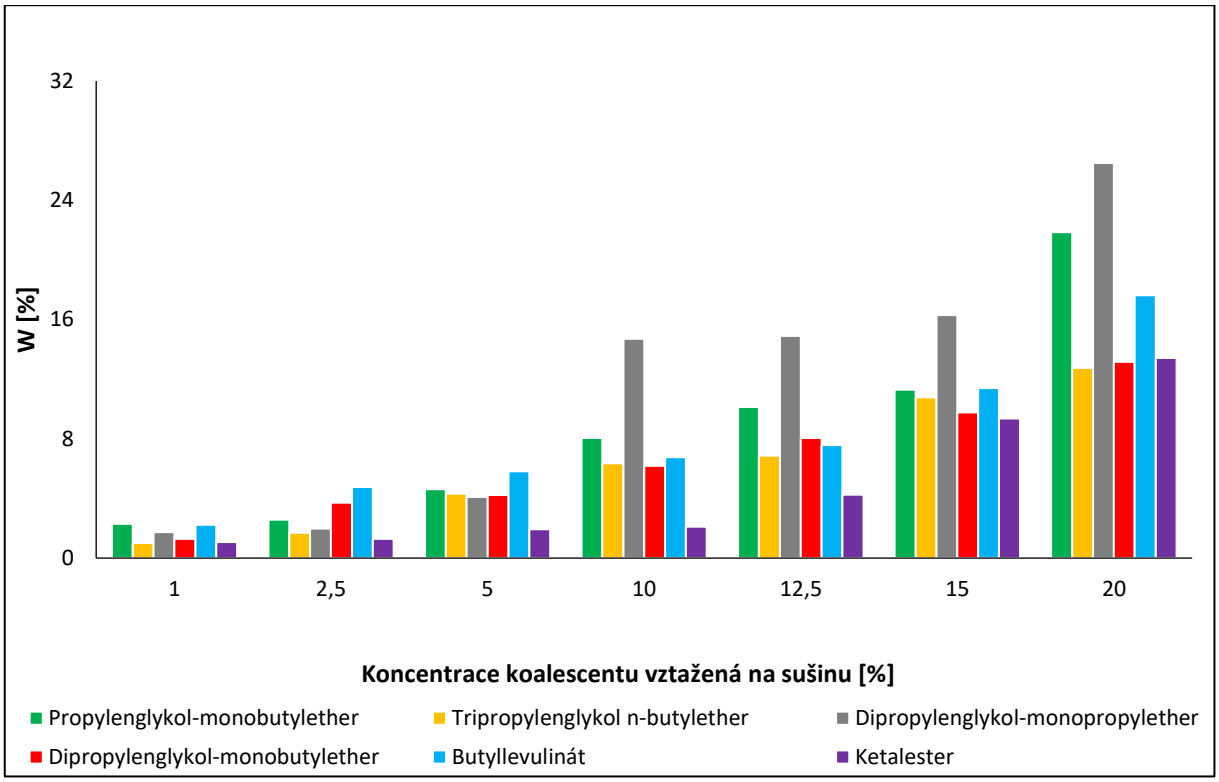
- S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo ke zvýšení absorpce vody volného filmu.
- Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 9,06 %.
- Nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na absorpci vody volného filmu vykazoval koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty absorpce vody volného filmu 3,36 %.
- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů.

5.2.9. Diskuse k výsledkům stanovení barevného prostoru L*a*b* a transmitance před a po ponoru do vody a celkové barevné změny dE* po ponoru nátěrových filmů do vody

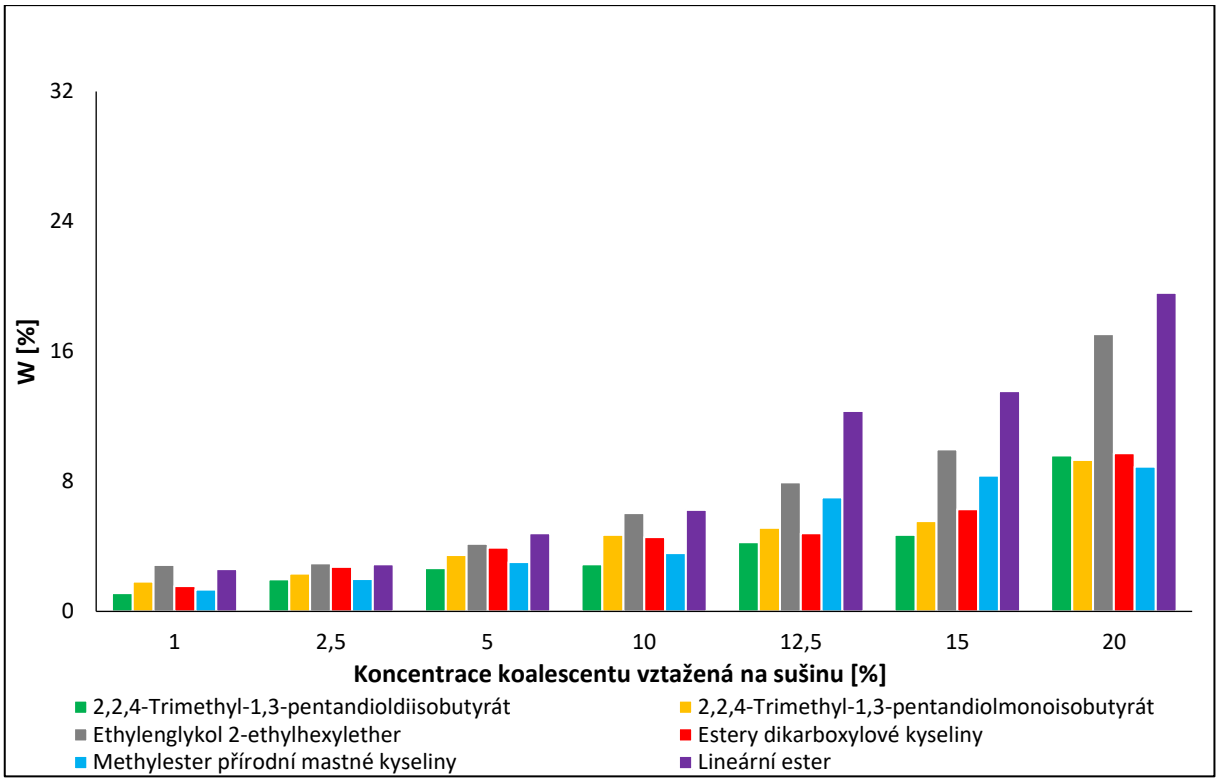
Stanovení transmitance při vlnové délce 500 nm bylo měřeno pro transparentní nepigmentované nátěrové filmy o DFT = 60 ± 10 μm. Princip metody spočíval v poklesu transmitance nátěrových filmů při vlnové délce 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě. Prvně byla změřena transmitance před expozicí ve vodě a následně transmitance po 2hodinové expozici ve vodě. Změna transmitance byla způsobena absorpcí vody nátěrového filmu, čímž došlo k jeho zbělání. Toto zbělání nátěrových filmů bylo ovlivněno do jisté míry i tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Jednotlivé výsledky stanovení transmitance nátěrových filmů při vlnové délce 500 nm jsou zpracovány na následujících obrázcích. Na obrázku číslo 56 jsou zpracovány výsledky pro vodou mísitelné koalescenty, na obrázku číslo 57 jsou zpracovány výsledky pro částečně vodou mísitelné koalescenty a na obrázku číslo 58 jsou zpracovány výsledky pro vodou nemísitelné koalescenty.



Obrázek 56 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 57 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 58 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na změnu transmitance při 500 nm po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty

Z obrázků je patrné, že s rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo k poklesu transmitance nátěrových filmů, přičemž jednotlivé měřené změny transmitance nátěrových filmů se pohybovaly v rozmezí od 1,02 % do 30,47 % s ohledem na všechny testované koncentrace, přičemž změna transmitance nátěrových filmů do jisté míry souvisela i s relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Koalescenty tvořící měkké nátěrové filmy vykazovaly vyšší změnu transmitance nátěrových filmů v porovnání s koalescenty tvořící tvrdší nátěrové filmy. Pro samotnou akrylátovou disperzi byl naměřen po 2hodinové expozici ve vodě pokles transmitance o 2,77 %.

Při použití vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který zároveň tvořil nátěrové filmy s nejvyšší relativní povrchovou tvrdostí. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 3,28 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který

zároveň tvořil nátěrové filmy s nejnižší relativní povrchovou tvrdostí. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 30,47 %.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů koalescent na bázi tripropylenglykol n-butyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 12,75 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou disperzi na změnu transmitance nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi dipropylenglykol-monopropyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 26,5 %.

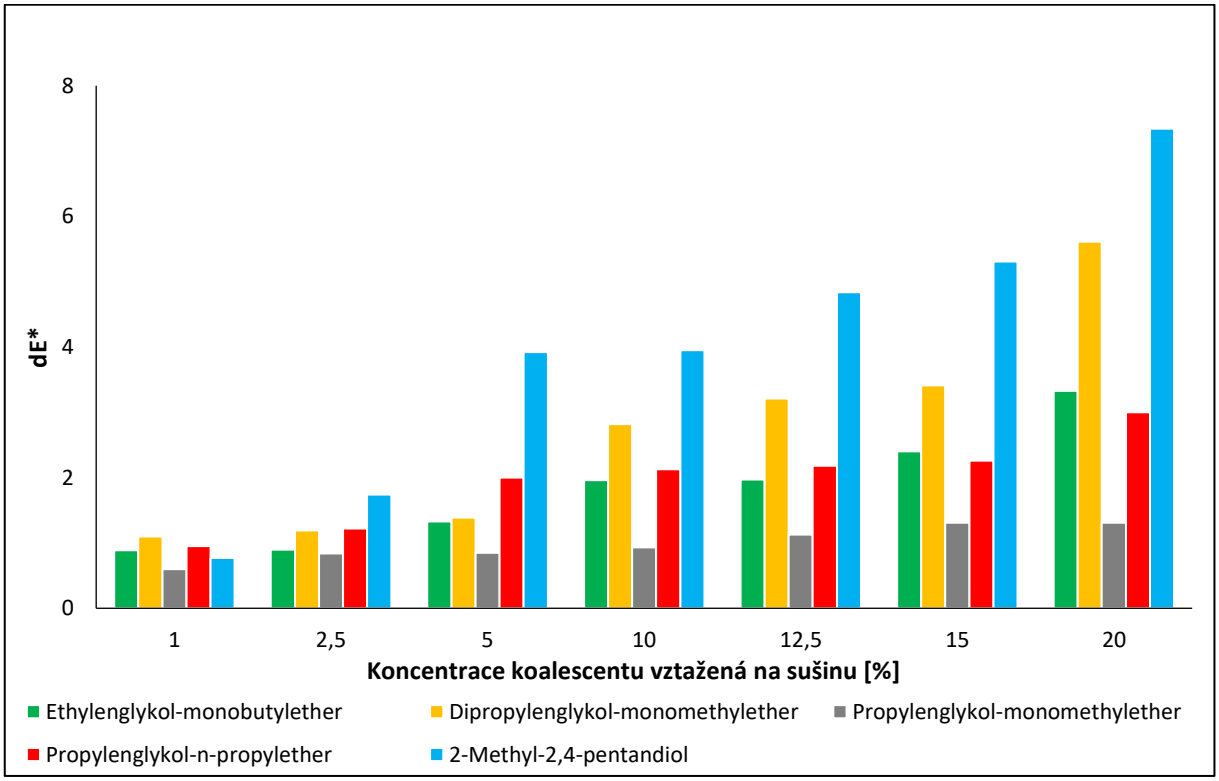
Při použití vodou nemísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 8,9 %. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou disperzi na změnu transmitance nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi lineárního esteru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 19,6 %.

Shrnutí

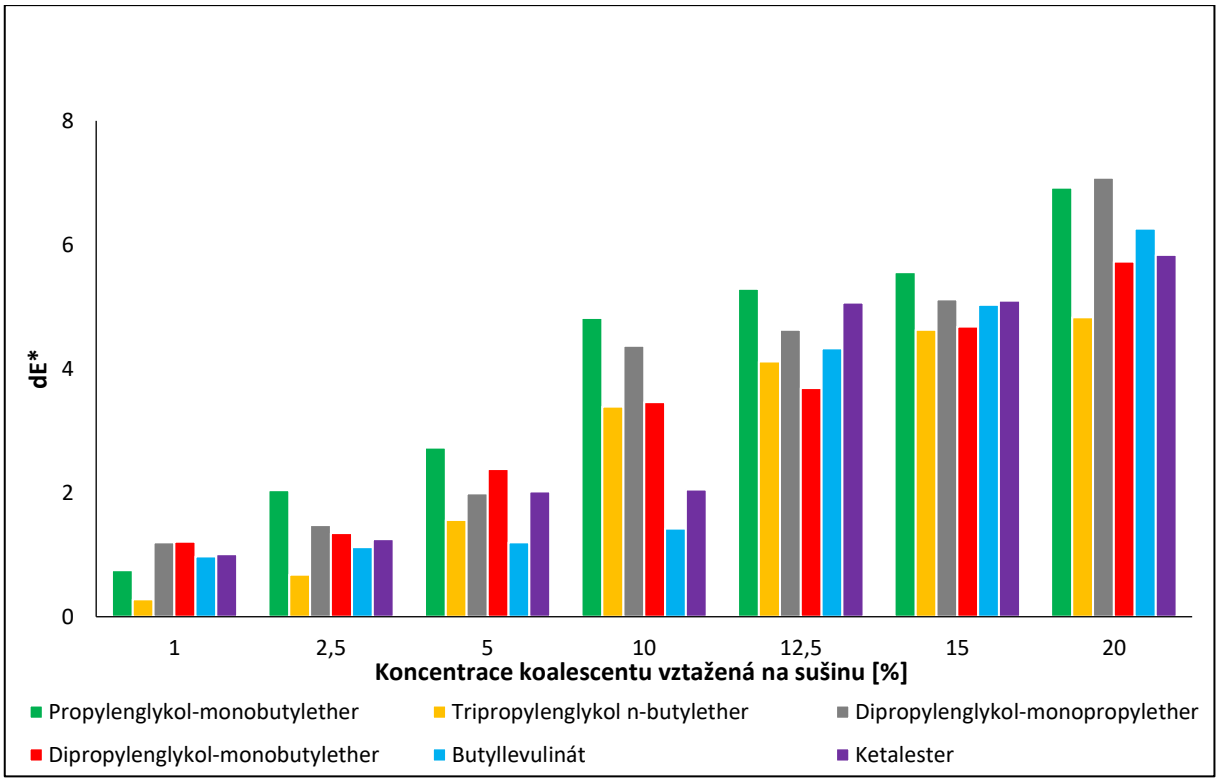
- S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo k poklesu transmitance nátěrových filmů po expozici ve vodě z důvodu zbělání.
- Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů po expozici ve vodě vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 30,47 %.
- Nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na změnu transmitance nátěrových filmů po expozici ve vodě vykazoval koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty změny transmitance nátěrového filmu 3,28 %.

- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů.

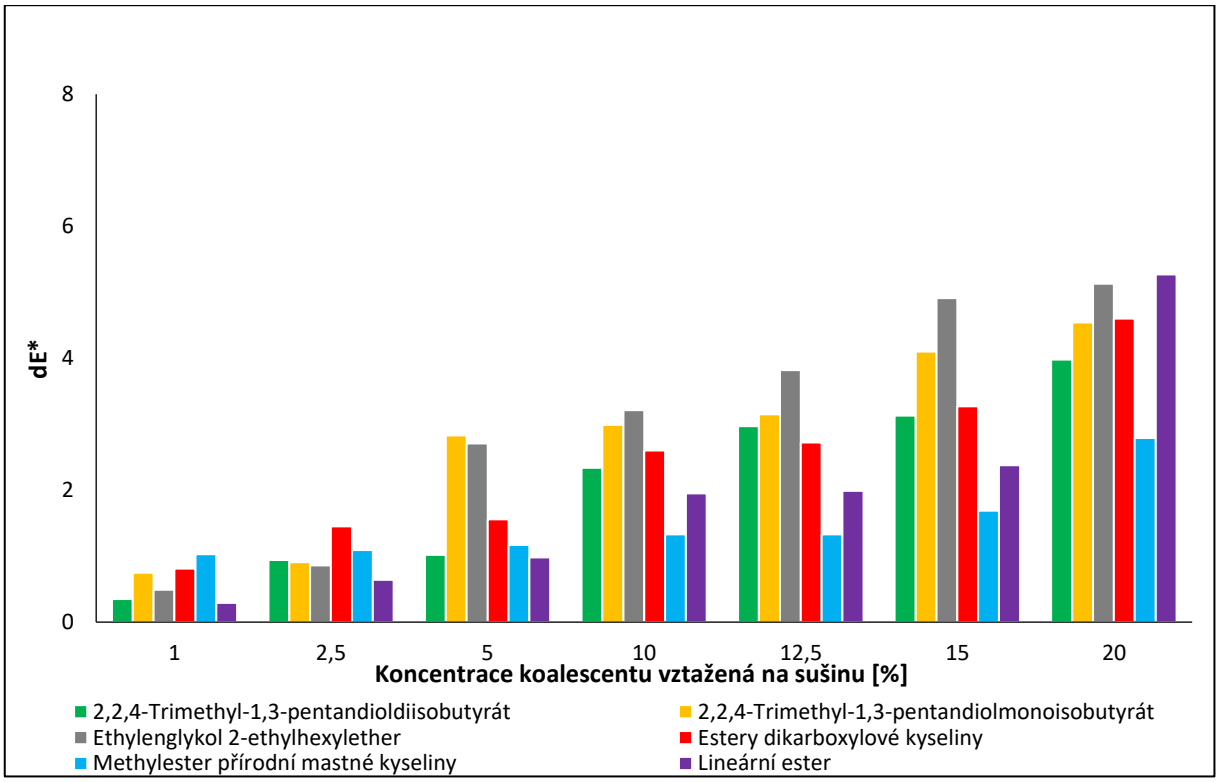
Stanovení celkové barevné změny dE* bylo měřeno pro transparentní nepigmentované nátěrové filmy o DFT = 60 ± 10 µm. Princip metody spočíval ve změně barevného prostoru L*a*b*, kdy celková barevná změna je charakterizována veličinou dE*. Prvně byl změřen barevný prostor L*a*b* nátěrových filmů před expozicí ve vodě a následně po 2hodinové expozici ve vodě. Změna barevného prostoru L*a*b* byla způsobena absorpcí vody nátěrového filmu, čímž došlo k jeho zbělání. Zbělání nátěrových filmů bylo ovlivněno typem a druhem použitého koalescentu a relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Jednotlivé výsledky stanovení celkové barevné změny dE* nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě jsou zpracovány na následujících obrázcích. Na obrázku číslo 59 jsou zpracovány výsledky pro vodou mísitelné koalescenty, na obrázku číslo 60 jsou zpracovány výsledky pro částečně vodou mísitelné koalescenty a na obrázku číslo 61 jsou zpracovány výsledky pro vodou nemísitelné koalescenty.



Obrázek 59 Závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 60 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro částečně vodou mísitelné koalescenty



Obrázek 61 Graf zobrazující závislost koncentrace koalescentu na celkovou barevnou změnu dE* po 2hodinové expozici ve vodě pro vodou nemísitelné koalescenty

Z obrázků je patrné, že s rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo ke zvýšení celkové barevné změny definované barevnou odchylkou dE*, přičemž jednotlivé měření celkové barevné změny nátěrových filmů se pohybovaly v rozmezí od 0,28 dE* do 7,34 dE* s ohledem na všechny testované koncentrace, přičemž celková barevná změna nátěrových filmů do jisté míry souvisela i s relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Koalescenty tvořící měkké nátěrové filmy vykazovaly vyšší hodnoty celkové barevné změny nátěrových filmů v porovnání s koalescenty tvořící tvrdší nátěrové filmy.

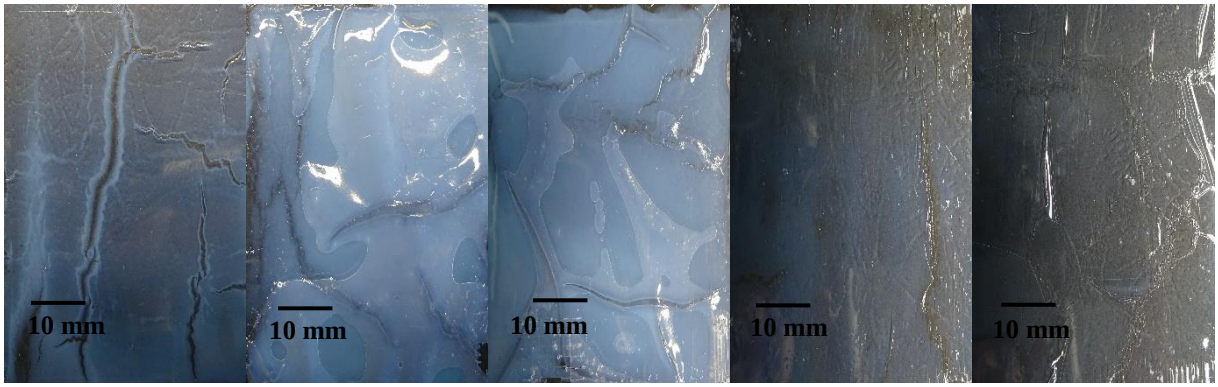
Při použití vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který zároveň tvořil nátěrové filmy s nejvyšší relativní povrchovou tvrdostí. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 1,31 dE*. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který zároveň tvořil nátěrové filmy s nejnižší relativní povrchovou tvrdostí. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 7,34 dE*. Pro samotnou akrylátovou disperzi byla naměřena po 2hodinové expozici ve vodě celková barevná změna 2,65 dE*.

Při použití částečně vodou mísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů koalescent na bázi tripropylenglykol n-butyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 4,83 dE*. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou disperzi na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi propylenglykol-monobutyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 6,92 dE*.

Při použití vodou nemísitelných koalescentů vykazoval nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 2,79 dE*. Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na akrylátovou

disperzi na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi ethylenglykol 2-ethylhexyletheru. Tento koalescent při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 5,13 dE*.

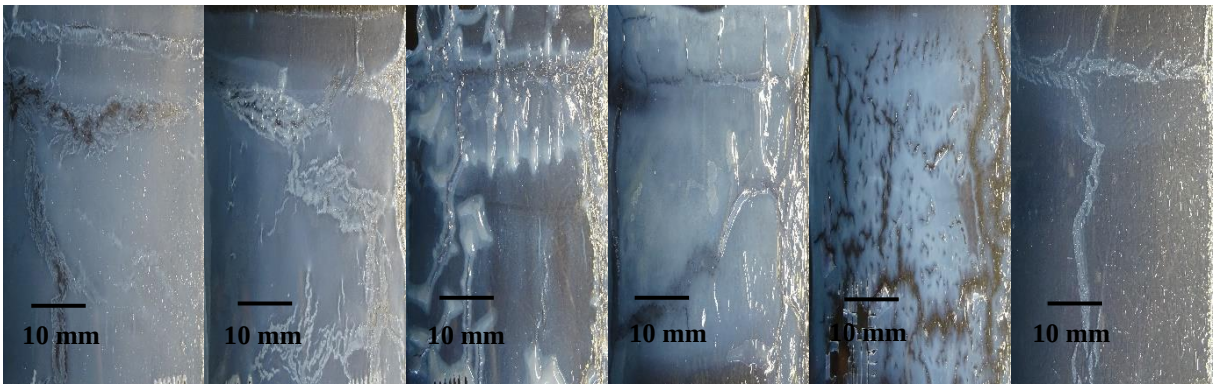
Nátěrové filmy s obsahem 20 % koncentrace vodou mísitlených koalescentů na sušinu disperze



a) b) c) d) e)

Obrázek 62 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) 2-methyl-2,4-pentandiolu, c) dipropylenglykol-monomethyletheru, d) propylenglykol-n-propyletheru a e) propylenglykol-monomethyletheru

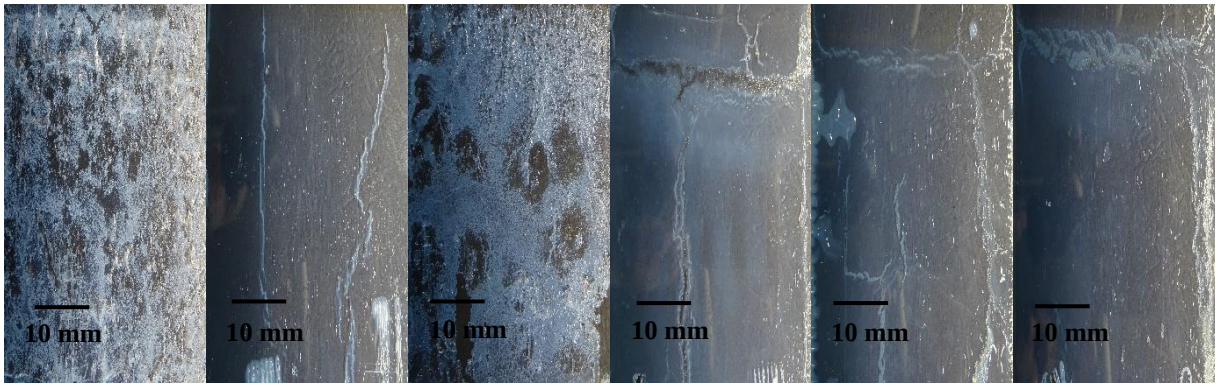
Nátěrové filmy s obsahem 20 % koncentrace částečně vodou mísitlených koalescentů na sušinu disperze



a) b) c) d) e) f)

Obrázek 63 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) butyllevulinátu, b) ketalesteru, c) dipropylenglykol-monobutyletheru, d) dipropylenglykol-monopropyletheru, e) propylenglykol-monobutyletheru a f) tripropylenglykol n-butyletheru

Nátěrové filmy s obsahem 20 % koncentrace vodou nemísitlených koalescentů na sušinu disperze



a) b) c) d) e) f)

Obrázek 64 Zbělání nátěrových filmů po 2hodinové expozici ve vodě pro koalescenty na bázi a) methylesteru přírodní mastné kyseliny, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) lineárního esteru, d) ethylenglykol 2-ethylhexyletheru, e) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrátu a f) 2,2,4-trimethyl-1,3-pentandioldiisobutyrátu

Shrnutí

- S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze docházelo ke zvýšení celkové barevné změny dE* nátěrových filmů po expozici ve vodě.
- Nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi 2-methyl-2,4,-pentandiolu, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 7,34 dE*.
- Nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu akrylátové disperze na celkovou barevnou změnu nátěrových filmů vykazoval koalescent na bázi propylenglykol-monomethyletheru, který při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu akrylátové disperze dosáhl hodnoty celkové barevné změny nátěrového filmu 1,31 dE*.
- Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů.

5.3. Diskuse k výsledkům stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na typu a dávkování testovaných koalescentů

Pro jednotlivé testované typy koalescentů a zadané koncentrace vztažené na sušinu disperze byla hodnocena chemická a mechanická odolnost nepigmentovaných transparentních nátěrových filmů. Mechanická odolnost byla hodnocena pomocí stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou pro nátěrové filmy o DFT = 60 ± 10 μm, a tedy podle normy byly použity dva rozměry řezacích nožů: 6 x 1 mm a 6 x 2 mm. Chemická odolnost byla hodnocena pomocí stanovení modifikované chemické odolnosti vůči methylethylketonu pro nátěrové filmy o DFT = 20 ± 5 μm.

5.3.1. Diskuse k výsledkům stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Mechanická odolnost byla hodnocena pomocí stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou na skleněných podkladech pro nátěrové filmy o DFT = 60 ± 10 μm, a tedy podle normy byly použity dva rozměry řezacích nožů: 6 x 1 mm a 6 x 2 mm. Nepigmentované transparentní nátěrové filmy dosahovaly nízké přilnavosti na skleněných podkladech převážně se stupněm hodnocení 5. S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze bylo dosaženo lepšího stupně přilnavost nátěrových filmů na skleněných podkladech, což mohlo být způsobeno klesající relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Při použití řezacího nože o větším rozměru bylo dosaženo lepšího stupně přilnavosti nátěrových filmů na skleněných podkladech. Při použití řezacího nože o rozměru 6 x 2 mm dosáhl nátěrový film obsahující samotnou akrylátovou disperzi stupně přilnavosti 5 a při použití řezacího nože o rozměrech 6 x 1 mm bylo dosaženo také stupně přilnavosti 5. Nejnižšího stupně přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou na skleněných podkladech bylo dosaženo pro vodou mísitelný koalescent na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, jehož nátěrové filmy při všech koncentracích a za použití obou typů řezacích nožů dosáhly stupně přilnavosti 5. Nejvyššího stupně přilnavosti nátěrových filmů na skleněných podkladech mřížkovou metodou bylo dosaženo v případě použití vodou nemísitelného koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny, jehož nátěrové filmy při koncentraci koalescentu 12,5; 15 a 20 % vztažené na sušinu disperze dosáhly za použití obou typů řezacích nožů stupně přilnavosti 0.

Shrnutí

- S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu akrylátové disperze bylo dosaženo vyššího stupně přilnavost nátěrových filmů na skleněných podkladech.
- Nepigmentované transparentní nátěrové filmy dosahovaly nízkého stupně přilnavosti na skleněných podkladech.
- Nejnižšího stupně přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou na skleněných podkladech dosáhly nátěrové filmy s obsahem vodou mísitelného koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, který při všech testovaných koncentracích tvořil nátěrové filmy se stupněm přilnavosti 5 za použití obou typů řezacích nožů.
- Nejvyššího stupně přilnavosti nátěrových filmů na skleněných podkladech mřížkovou metodou dosáhly nátěrové filmy s obsahem vodou nemísitelného koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny, který při koncentraci 12,5; 15 a 20 % vztažené na sušinu disperze tvořil filmy se stupněm přilnavosti 0 za použití obou typů řezacích nožů.

5.3.2. Diskuse k výsledkům stanovení modifikované chemické odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu (MEK)

Chemická odolnost nepigmentovaných transparentních nátěrových filmů byla hodnocena pomocí stanovení modifikované chemické odolnosti vůči methylethylketonu pro nátěrové filmy o DFT = 20 ± 5 μm. Chemická odolnost byla stanovena vůči chemikáliím na bázi methylethylketonu, n-hexanu, toluenu, chloroformu, ethanolu, ethylacetátu, diethyletheru, tetrahydrofuranu, kyseliny sírové, amoniaku a hydroxidu sodnému. Chemická odolnost nátěrových filmů byla nejvíce ovlivněna filmotvornou látkou, což byla akrylátová vodou ředitelná disperze. Druh a dávkování koalescentu nepatrně ovlivnilo chemickou odolnost nátěrových filmů a se zvyšující se koncentrací koalescentu vztažené na sušinu disperze docházelo k nepatrnému poklesu chemické odolnosti nátěrových filmů. Nepigmentované transparentní nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů vykazovaly vynikající chemickou odolnost vůči n-hexanu, ethanolu, diethyletheru, kyselině sírové, amoniaku a hydroxidu sodnému, kdy po 300 dvojtazích nedošlo ke změně nátěrového filmu. Nepigmentované transparentní nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů

vykazovaly nízkou chemickou odolnost vůči methylethylketonu, toluenu, chloroformu, ethylacetátu a kyselině octové, kdy do 50 dvojtahů došlo k obnažení nátěrového filmu až na podklad a v případě tetrahydrofuranu došlo k obnažení nátěrového filmu až na podklad po 70 ± 6 dvojtazích.

Shrnutí

- Chemická odolnost nátěrových filmů byla dána vodou ředitelnou akrylátovou disperzí a nepatrně klesala s rostoucí koncentrací koalescentu.
- Nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů vykazovaly vynikající chemickou odolnost vůči n-hexanu, ethanolu, diethyletheru, kyselině sírové, amoniaku a hydroxidu sodnému.
- Nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů vykazovaly nízkou chemickou odolnost vůči methylethylketonu, toluenu, chloroformu, ethylacetátu, kyselině octové a tetrahydrofuranu.

5.4. Diskuse k výsledkům stanovení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů s obsahem vybraných koalescentů

Na základě výše zmíněného hodnocení byly vybrány koalescenty, které dosahovaly optimálních výsledků, pro formulaci pigmentovaných nátěrových hmot s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěrové filmy na střešní krytiny a fasádní desky. Byly vybrány koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny byly porovnány vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru. Pro jednotlivé nátěrové hmoty a filmy byly provedeny testy typu stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C, stanovení vzhledu nátěrových filmů, stanovení minimální filmotvorné teploty, stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa, stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů, stanovení lesku nátěrových filmů, stanovení absorpce vody volného filmu, stanovení transmitance nátěrových filmů a stanovení celkové barevné změny dE* a barevného modulu L*a*b* nátěrových filmů.

5.4.1. Diskuse k výsledkům stanovení kompatibility vybraných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C

Vodou ředitelná akrylátová disperze s vybranými koalescenty vykazovala vynikající kompatibilitu. Kompatibilita byla hodnocena po 7 a 14 dnech v laboratorní sušárně při 50 °C, přičemž po této době byla pozorována homogenita vybraných koalescentů s vodou ředitelnou akrylátovou disperzí bez přítomnosti nekompatibilních olejových skvrn (fish eyes) a koagulátů.

Shrnutí

- Vodou ředitelná akrylátová disperze s vybranými koalescenty vykazovala vynikající kompatibilitu při 50 °C.

5.4.2. Diskuse k výsledkům stanovení vzhledu nátěrových filmů

Vodou ředitelná akrylátová disperze s vybranými koalescenty vytvářela homogenní hladké filmy. Hodnocení nátěrových filmů o DFT = 20 ± 5 μm bylo pro všechny vybrané koalescenty totožné, tedy se stupněm hodnocení Z1, B1, C1 a P1. Byly tedy tvořeny filmy bez zákalu, bez bublin a částic v ploše a s homogenním povrchem bez defektů.

Shrnutí

- Vodou ředitelná akrylátová disperze vytvářela nátěrové filmy s vybranými koalescenty se stupněm hodnocení Z1, B1, C1 a P1.

5.4.3. Diskuse k výsledkům stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových filmů

Minimální filmotvorná teplota pro nátěrové hmoty na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s vybranými koalescenty se pohybovala v rozmezí od 17,7 °C do 21,6 °C. Nejnižší filmotvornou teplotu dosáhla nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 17,7 °C. Nejvyšší filmotvornou teplotu dosáhla nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 21,6 °C.

a) b) c) d)

Obrázek 65 Stanovení minimální filmotvorné teploty pro pigmentované nátěrové hmoty s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) butyllevulinátu a d) ketalesteru

Shrnutí

- Nejnižší filmotvornou teplotu dosáhla nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 17,7 °C.
- Nejvyšší filmotvornou teplotu dosáhla nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 21,6 °C.

5.4.4. Diskuse k výsledkům stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa

Stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů o DFT = 20 ± 5 μm podle Persoze korespondovala s hodnotami získanými při stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů o DFT = 20 ± 5 μm podle Königa. Z toho důvodu pro obě metody byla vypracována pouze jedna podkapitola. V závislosti na čase relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů rostla z důvodu postupného uvolňování koalescentu z nátěrového filmu. Relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů podle Persoze při prvním dni měření se pohybovala v rozmezí od 60,77 % do 75,52 %.

Nejnižší relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 60,77 %. Nejvyšší relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 75,52 %.

Shrnutí

- Nejnižší relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 60,77 %.
- Nejvyšší relativní povrchová tvrdost nátěrových filmů byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 75,52 %.

5.4.5. Diskuse k výsledkům stanovení Buchholzovy vrypové zkoušky nátěrových filmů

Buchholzova vrypová zkouška pigmentovaných nátěrových filmů o DFT = 20 ± 5 μm korespondovala s hodnotami získanými při stanovení relativní povrchové tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů podle Persoze a Königa. Pro nátěrové filmy, které dosahovaly vysoké relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů byly naměřeny krátké vrypy v nátěrových filmech a naopak filmy, které dosahovaly nízké relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů byly naměřeny dlouhé vrypy v nátěrových filmech. V závislosti na čase se jednotlivé vrypy v nátěrových filmech zkracovaly, což bylo způsobeno postupným uvolňováním koalescentu z povrchu nátěrového filmu. Nejdelší vryp při prvním dni měření byl naměřen pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 1,39 mm. Nejkratší vryp při prvním dni měření byl naměřen pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 1,25 mm.

Shrnutí

- Nejdelší vryp při prvním dni měření byl naměřen pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 1,39 mm.
- Nejkratší vryp při prvním dni měření byl naměřen pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 1,25 mm.

5.4.6. Diskuse k výsledkům stanovení lesku nátěrového filmu

Pigmentované filmy nátěrové hmoty na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s vybranými koalescenty vytvářely matné filmy o DFT = 20 ± 5 μm, které v závislosti na čase

oscilovaly okolo prvotně naměřené hodnoty. Jednotlivé pigmentované nátěrové filmy dosahovaly totožných čísel lesku nátěrových filmů pro dané úhly měření s hodnotou 1,1 ± 0,1; 11,4 ± 0,8 a 37,5 ± 4,2.

Shrnutí

- Jednotlivé pigmentované nátěrové filmy dosahovaly totožných čísel lesku nátěrových filmů pro dané úhly měření s hodnotou 1,1 ± 0,1; 11,4 ± 0,8 a 37,5 ± 4,2.

5.4.7. Diskuse k výsledkům stanovení absorpce vody volného filmu

Stanovení absorpce vody volného filmu bylo sledováno přírůstkem hmotnosti po 2hodinové expozici ve vodě. Prvně byl zvážen volný film před expozicí ve vodě a následně po 2hodinové expozici ve vodě. Absorpce vody volného filmu byla dána typem a mírou uvolňování koalescentu. Absorpce vody volného filmu se pohybovala v rozmezí od 5,10 % do 7,33 %. Nejnižší absorpce vody byla naměřena pro volný film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 5,10 %. Nejvyšší absorpce vody byla naměřena pro volný film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 7,33 %.

Shrnutí

- Nejvyšší absorpce vody byla naměřena pro volný film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 7,33 %.
- Nejnižší absorpce vody byla naměřena pro volný film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 5,10 %.

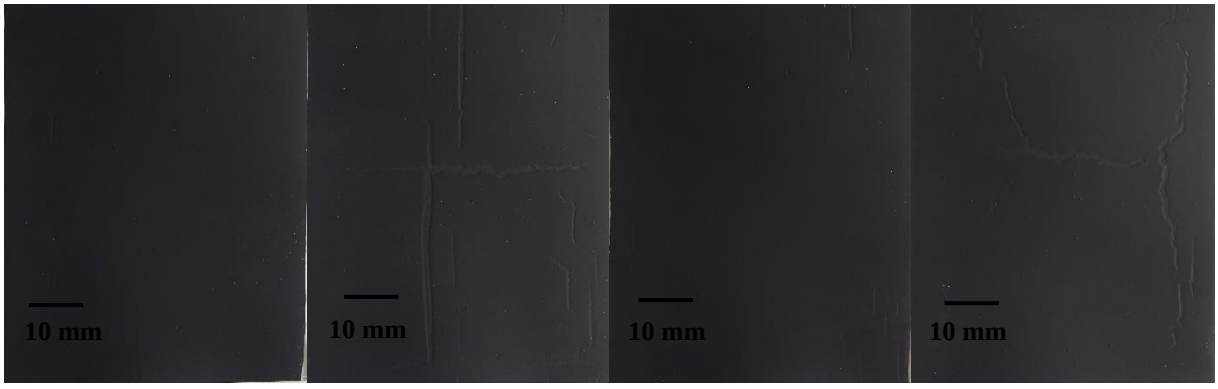
5.4.8. Diskuse k výsledkům stanovení celkové barevné změny dE* nátěrových filmů

Pro pigmentované nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s vybranými koalescenty o DFT = 60 ± 10 μm byla měřena celková barevná změna dE* po 2hodinové expozici ve vodě na skleněných a vláknocementových podkladech. Po expozici ve vodě došlo k nepatrné celkové barevné změně dE*, která se pohybovala v hodnotách od 0,22 do 0,46. Tyto hodnoty se považují za velice nízké, tzn. film není citlivý na kontakt s vodou. Nejvyšší dE* byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 0,39 na vláknocementovém podkladu a 0,46 na skleněném podkladu.

Shrnutí

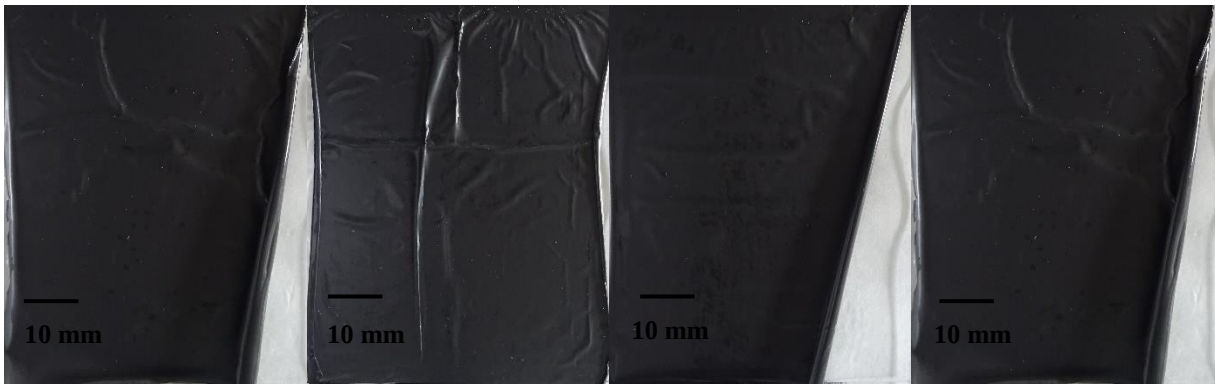
- Po expozici ve vodě došlo k nepatrné celkové barevné změně dE*, která se pohybovala v hodnotách od 0,22 do 0,46.
- Nejvyšší dE* byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 0,39 na vláknocementovém podkladu a 0,46 na skleněném podkladu.

Před ponorem



a) b) c) d)

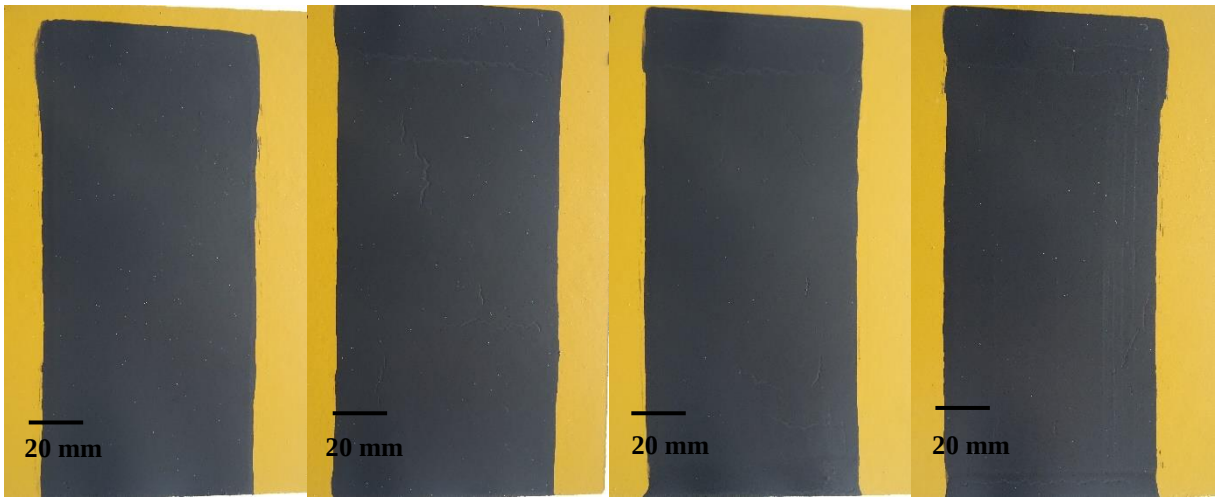
Po ponoru



a) b) c) d)

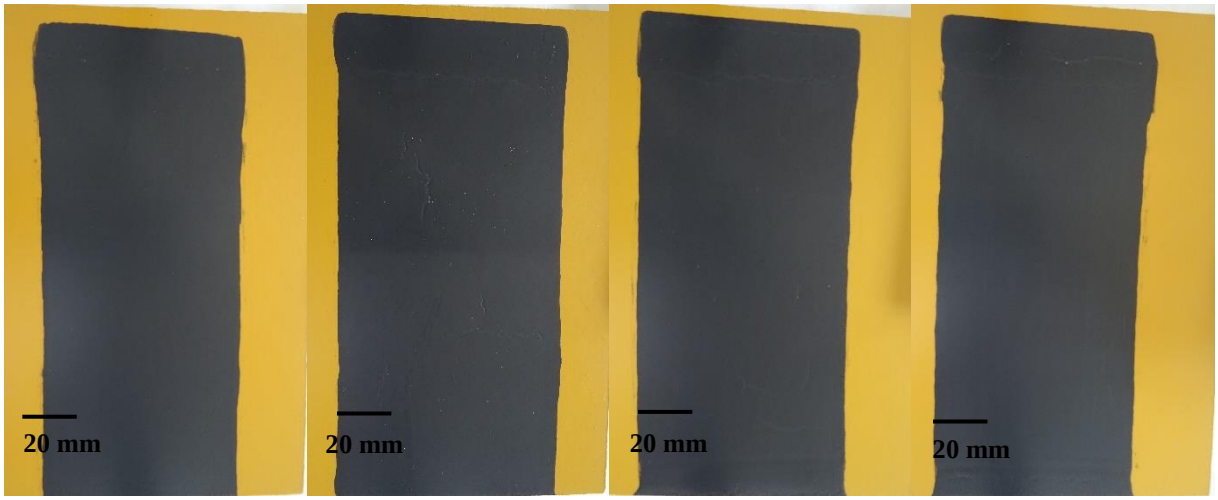
Obrázek 66 Stanovení celkové barevné změny na skleněném podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu

Před ponorem



a) b) c) d)

Po ponoru



a) b) c) d)

Obrázek 67 Stanovení celkové barevné změny na skleněném podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu

5.5. Diskuse k výsledkům stanovení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů

Na základě výše zmíněného hodnocení byly vybrány koalescenty, které dosahovaly optimálních výsledků, pro formulaci pigmentovaných nátěrových hmot s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěrové filmy na střešní krytiny a fasádní desky. Byly vybrány koalescenty na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, dipropylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru,

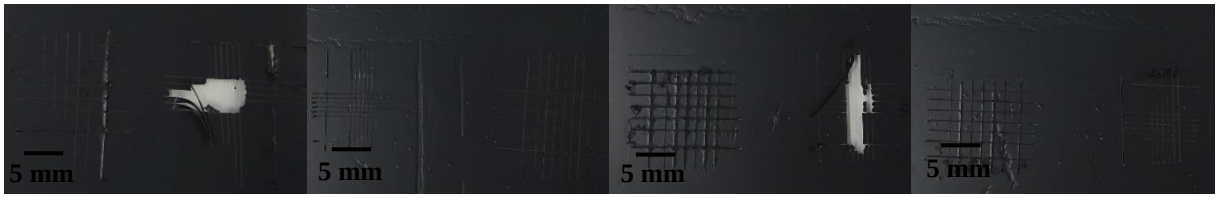
butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny. Koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny byly porovnány vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru. Pro jednotlivé nátěrové filmy byla stanovena mechanická, chemická a povětrnostní odolnost. Mechanická odolnost byla stanovena pomocí stanovení přilnavosti nátěrových filmů mřížkovou metodou a stanovení odolnosti vůči odtrhu. Chemická odolnost byla stanovena pomocí modifikovaného MEK testu a stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH. Povětrnostní odolnost byla stanovena pomocí urychlené povětrnostní odolnosti nátěrových filmů vůči UVA záření.

5.5.1. Diskuse k výsledkům mechanické odolnosti nátěrových filmů

Mechanická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů o DFT = 60 ± 10 μm byla hodnocena stanovením přilnavosti mřížkovou metodou na skleněných a vláknocementových podkladech za použití řezacích nožů o rozměrech 6 x 2 mm a 6 x 1 mm a odtrhovou metodou na vláknocementových podkladech. Pigmentované nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s vybranými koalescenty dosahovaly dobré přilnavosti na skleněných podkladech a vynikající přilnavosti na vláknocementových podkladech. Při použití řezacího nože o rozměrech 6 x 1 mm bylo dosaženo nižší přilnavosti příslušných nátěrových filmů, než při použití řezacího nože o rozměrech 6 x 2 mm. Nejvyššího stupně přilnavosti na skleněných podkladech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny a butyllevulinátu se stupněm přilnavosti 0 a 0. Nejvyššího stupně přilnavosti na vláknocementových podkladech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny se stupněm přilnavosti 1 a 2. Pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů vykazovaly vynikající odolnost vůči odtrhu s typem lomu A, tedy kohezní lom v podkladu.

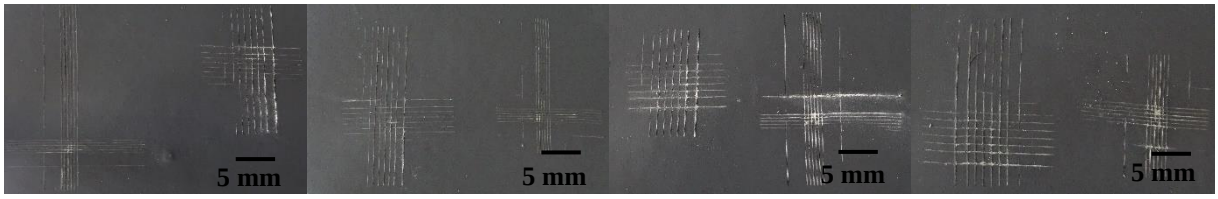
a) b) c) d)

Obrázek 68 Stanovení mechanické odolnosti vůči odtrhu na vláknocementovém podkladu pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu



a) b) c) d)

Obrázek 69 Stanovení přilnavosti mřížkovou metodou na skleněných podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu



a) b) c) d)

Obrázek 70 Stanovení přilnavosti mřížkovou metodou na vláknocementových podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu

Shrnutí

- Nejvyššího stupně přilnavosti na skleněných podkladech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny a butyllevulinátu se stupněm přilnavosti 0 a 0.
- Nejvyššího stupně přilnavosti na vláknocementových podkladech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny se stupněm přilnavosti 1 a 2.
- Pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů vykazovaly vynikající odolnost vůči odtrhu s typem lomu A, tedy kohezní lom v podkladu.

5.5.2. Diskuse k výsledkům stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů

Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů o DFT = 20 ± 5 μm byla hodnocena vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH a pomocí modifikovaného MEK testu. Pro pigmentované nátěrové filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s vybranými koalescenty bylo zjištěno že chemická odolnost je daná filmotvornou látkou, tedy akrylátovou disperzí a nepatrně množstvím a typem koalescentu. Pigmentované nátěrové filmy vykazovaly vynikající chemickou odolnost vůči n-hexanu, diethyletheru, kyselině sírové, amoniaku a hydroxidu sodnému, kdy po 300 dvojtazích nebyla pozorována žádná změna nátěrového filmu. Pigmentované nátěrové filmy vykazovaly nízkou chemickou odolnost vůči MEKu, toluenu, ethanolu, chloroformu, ethyl-acetátu, tetrahydrofuranu a kyselině octové, kdy během prvních 50 dvojtazích došlo k obnažení až na podklad. Nejnižší chemickou odolnost vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH vykazoval pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, který při všech testovaných hodnotách pH, tedy 2, 4, 6, 8, 10 a 12 obsahoval puchýřky v ploše. Nižší chemická odolnost nátěrového filmu s obsahem tohoto koalescentu mohla být způsobena tím, že tento koalescent byl jako jediný vodou mísitelný.

Shrnutí

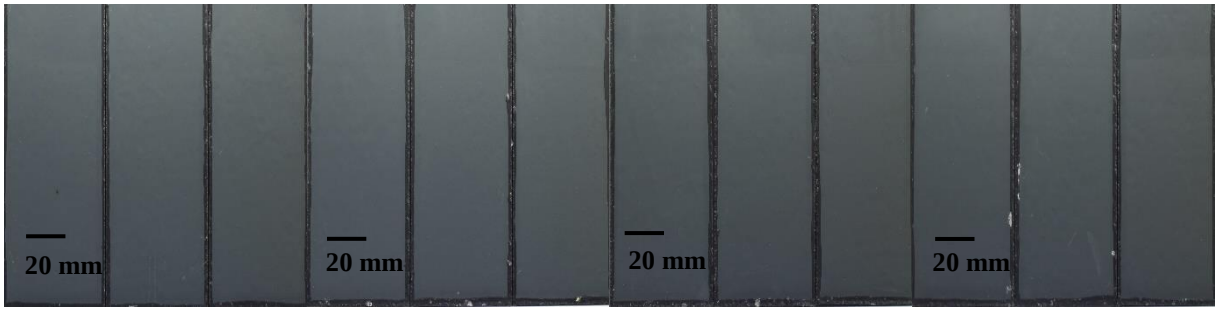
- Pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů vykazovaly nízkou chemickou odolnost vůči MEKu, toluenu, ethanolu, chloroformu, ethyl-acetátu, tetrahydrofuranu a kyselině octové, kdy během prvních 50 dvojtazích došlo k obnažení až na podklad.

- Pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů vykazovaly vynikající chemickou odolnost vůči n-hexanu, diethyletheru, kyselině sírové, amoniaku a hydroxidu sodnému, kdy po 300 dvojtazích nebyla pozorována žádná změna nátěrového filmu.
- Nejnižší chemickou odolnost vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH vykazoval pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, který při všech testovaných hodnotách pH, tedy 2, 4, 6, 8, 10 a 12 obsahoval puchýřky v ploše.

5.5.3. Diskuse k výsledkům stanovení povětrnostní odolnosti nátěrových filmů

Povětrnostní odolnost pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů byla stanovena v QUV komoře při expozici testovaných vzorků v UVA záření. Během 500hodinové expozici pigmentovaných nátěrových filmů s obsahem vybraných koalescentů došlo k barevným změnám, které jsou charakterizovány veličinou dE*. Získané výsledky pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů byly nízké a téměř srovnatelné. Nejnižší barevná změna byla naměřena pro pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru s hodnotou 0,59 dE* a nejvyšší barevná změna byla naměřena pro pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi butyllevulinátu s hodnotou 0,77 dE*.

Po 500hodinové expozici v QUV komoře s přítomností UVA záření



a) b) c) d)

Obrázek 71 Stanovení povětrností odolnosti na vláknocementových podkladech pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi a) ethylenglykol-monobutyletheru, b) esterů dikarboxylové kyseliny, c) ketalesteru a d) butyllevulinátu

Shrnutí

- Získané výsledky pro pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů byly nízké a téměř srovnatelné.
- Nejnižší barevná změna byla naměřena pro pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru s hodnotou 0,59 dE*.
- Nejvyšší barevná změna byla naměřena pro pigmentovaný nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi butyllevulinátu s hodnotou 0,77 dE*.

6. Přínosy diplomové práce

V rámci tohoto cíle bylo úkolem nalézt vhodný a zároveň environmentálně neškodný koalescent ze skupiny testovaných vodou mísitelných, částečně vodou mísitelných a vodou nemísitelných koalescentů takový, který dosáhne lepších filmotvorných vlastností při stejném dávkování, případně stejných filmotvorných vlastností při nižším dávkování a zároveň bude obsahovat menší množství těkavých organických látek.

Přínosy ze studia stanovení vlastností použitého pojiva a testovaných koalescentů

V dané práci byly studovány nátěrové hmoty a filmy na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze se zvyšující se koncentrací koalescentu na sušinu této disperze. Testované koalescenty byly vodou mísitelné, částečně vodou mísitelné a vodou nemísitelné. Pro vodou ředitelnou akrylátovou disperzi byla změřena minimální filmotvorná teplota, teplota skelného přechodu, sušina a bylo změřeno pH. Tato disperze dosahovala hodnoty sušiny 48,5 %, minimální filmotvorné teploty 56,8 °C, teploty skelného přechodu 56 °C a pH 9,11. Jednotlivé výsledky měření se v rámci chyby stanovení shodovaly s informacemi v technickém listu této disperze. Dále byly disperze a testované koalescenty podrobeny analýze pomocí infračervené spektroskopie. Bylo zjištěno, že akrylátová disperze se skládá z 80 % z polymethakrylátu a chemické složení testovaných koalescentů se shoduje s informacemi v technických listech.

Přínosy ze studia stanovení fyzikálně-chemických vlastností nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů

Nátěrové filmy na bázi akrylátové vodou ředitelné disperze se zvyšující se koncentrací koalescentu na sušinu této disperze byly aplikovány na skleněné panely, kde byly hodnoceny jejich fyzikálně-chemické vlastnosti.

Při stanovení vzhledu nátěrových filmů bylo dokázáno, že částečně vodou mísitelné koalescenty vykazují s akrylátovou disperzí lepší filmotvorné vlastnosti a rozliv nátěrových hmot v porovnání s ostatními typy koalescentů. Nátěrové filmy s obsahem těchto koalescentů tvořily filmy homogenní bez zákalu, bublin a částic. Vodou mísitelné koalescenty na bázi dipropylenglykol-monomethyletheru při 15 a 20 % koncentraci koalescentu na sušinu a 2-methyl-2,4-pentandiolu při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu vytvářely nátěrové hmoty s horším rozlivem a nátěrové filmy bez zákalu, bublin a částic s povrchem obsahující ďolíčky

a krátery se stupněm hodnocení Z1; B1; C1 a P3. Vodou nemísitelné koalescenty tvořily filmy s defekty a zákalem již při dávkování 2,5 % koalescentu na sušinu disperze.

Při stanovení kompatibility testovaných koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C po dobu 14 dní byla zjištěna vynikající kompatibilita těchto koalescentů s akrylátovou disperzí. Pouze vodou nemísitelný koalescent na bázi methylesteru přírodní mastné kyseliny tvořil olejové skvrny s akrylátovou disperzí už po sedmém dni vyhodnocení.

Stanovení absorpce vody volných filmů, transmitance a zbělání nátěrových filmů na bázi akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů bylo měřeno po 2hodinové expozici ve vodě. Jednotlivé výsledky měření spolu korespondovaly a byly ovlivněny použitým koalescentem a relativní povrchovou tvrdostí příslušných nátěrových filmů. Obecně lze říct, že koalescenty tvořící měkčí nátěrové filmy absorbovaly více vody, čímž došlo k většímu poklesu transmitance a k většímu zbělení nátěrových filmů a tím k dosažení větší hodnoty celkové barevné změny dE*. Nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu disperze na absorpci vody, pokles transmitance a celkovou barevnou změnu vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru. Tento koalescent při dávkování 20 % koncentraci koalescentu na sušinu disperze dosahoval hodnot absorpce vody volného filmu 3,36 %, změny transmitance nátěrového filmu 3,28 % a celkové barevné změny nátěrového filmu 1,31 dE*.

Stanovení lesku nátěrových filmů bylo prováděno na základě koncentrační a časové závislosti. Obecně bylo zjištěno, že lesk nátěrových filmů osciloval okolo prvotně naměřených hodnot v závislosti na čase a nátěrové hmoty na bázi akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů vytvářely lesklé nátěrové filmy. Nátěrové filmy s nízkým obsahem koalescentu dosahovaly vysokých čísel lesku a nátěrové filmy s vysokým obsahem koalescentu dosahovaly nízkých čísel lesku.

Při stanovení minimální filmotvorné teploty nátěrových hmot bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu disperze dochází k poklesu minimální filmotvorné teploty, přičemž tato změna se lišila s použitým koalescentem. Pro čistou akrylátovou disperzi byla naměřena minimální filmotvorná teplota 56,8 °C a nejvyšší závislost koncentrace koalescentu na sušinu disperze vykazovala nátěrová hmota s obsahem koalescentu na bázi butyllevulinátu, který při dávkování 10 % koncentraci tohoto koalescentu na sušinu disperze snížil minimální filmotvornou teplotu na 24,0 °C a při 20 % koncentraci koalescentu na sušinu disperze snížil minimální filmotvornou teplotu na -4,5 °C.

Výsledky získané při stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů podle Persoze a Königa a při stanovení Buchholzovy vrypové zkoušce spolu navzájem

korespondovaly. Bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací koalescentu dochází k poklesu relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a zároveň k prodloužení vrypů v nátěrových filmů, jelikož koalescent dočasně změkčuje nátěrové filmy, čímž usnadňuje koalescenci částic. Toto měření bylo provedeno i v závislosti na čase po dobu 7 dní. Postupem času docházelo k nárůstu relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů a ke zkrácení délky vrypů v nátěrových filmech, což bylo způsobeno postupným uvolňováním koalescentu z filmů nátěrové hmoty. Nejnižší závislost koncentrace koalescentu na sušinu disperze na relativní povrchovou tvrdost a na délce vrypu vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi propylenglykol-monomethyletheru. Tento koalescent při dávkování 20 % koncentraci koalescentu na sušinu disperze snížil relativní povrchovou tvrdost nátěrového filmu na 79,87 % při první dni měření, 80,37 % při druhém dni měření a 87,69 % při sedmém dni měření. Při měření délky vrypu v nátěrovém filmu byla získána hodnota 1,19 mm při prvním dni měření, 1,18 mm při druhém dni měření a 1,12 mm při sedmém dni měření, přičemž pro nátěrový film obsahující pouze samotnou akrylátovou disperzi byly naměřeny vrypy o délce 1,00 mm při prvním dni měření, 1,02 mm při druhém dni měření a 1,01 při sedmém dni měření v nátěrovém filmu.

Z výsledků lze usoudit, že stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje filmotvorné vlastnosti nátěrových filmů v rámci testovaných typů a nutno podotknout, že cílem práce bylo nalézt koalescent s optimálními fyzikálně-chemickými vlastnostmi, filmotvornými vlastnostmi a nízkým environmentálním dopadem na životní prostředí. Byly tedy hledány ty koalescenty, které mají nízký obsah těkavých organických látek a zároveň ty, jejichž závislost koncentrace koalescentu na sušinu disperze nejvíce snižuje minimální filmotvornou teplotu příslušných nátěrových hmot a nejméně snižuje relativní povrchovou tvrdost nátěrových filmů. Ze získaných výsledků byly vybrány koalescenty na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny do pigmentovaných formulací s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěry na vláknocementový podklad určený pro použití jako střešní krytiny a fasádní desky. Koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny byly porovnány vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru. Koncentrace jednotlivých koalescentů byla volen tak, aby výsledná minimální filmotvorná teplota nátěrové hmoty byla cca 20 °C, která byla vybrána záměrně s ohledem na teplotní profily barvicích linek, kde se tato disperze používá.

Přínosy ze studia stanovení mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

Mechanická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s obsahem testovaných koalescentů byla hodnocena pomocí stanovení přilnavosti nátěrových filmů o DTF 60 ± 10 μm mřížkovou metodou za použití řezacích nožů o rozměrech 6 x 1 mm a 6 x 2 mm. Obecně lze říct, že přilnavost těchto nátěrových filmů na skleněných panelech byla nízká při použití řezacího nože o rozměrech 6 x 1 mm o něco vyšší při použití řezacího nože o rozměru 6 x 2 mm. S rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu disperze bylo dosaženo vyššího stupně přilnavosti nátěrových filmů na skleněných panelech. Nejvyššího stupně přilnavosti na skleněných panelech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem vodou nemísitelným koalescentem na bázi esterů dikarboxylové kyseliny, které při dávkování 12,5; 15 a 20 % koncentraci na sušinu disperze dosáhly stupně přilnavosti 0 a 0 za použití řezacích nožů o rozměrech 6 x 1 a 6 x 2 mm.

Chemická odolnost nátěrových filmů byla hodnocena pomocí modifikovaného MEK testu. Chemická odolnost byla stanovena vůči působení MEKu jako zástupce ketonů, n-hexanu jako zástupce alifatických uhlovodíků, toluenu jako zástupce aromatických uhlovodíků, chloroformu jako zástupce halogenovaných uhlovodíků, ethanolu jako zástupce alkoholů, ethyl-acetátu jako zástupce esterů, diethyletheru jako zástupce etherů, tetrahydrofuranu jako zástupce cyklických etherů, kyselině sírové jako zástupce anorganických kyselin, kyselině octové jako zástupce organických kyselin, amoniaku jako zástupce azanů a hydroxidu sodnému jako zástupce hydroxidů. Z výsledků lze usoudit, že chemická odolnost nátěrových filmů je dána filmotvornou látkou, tedy vodou ředitelnou akrylátovou disperzí. Z výsledků lze pozorovat i nepatrný pokles chemické odolnosti nátěrových filmů s rostoucí koncentrací koalescentu na sušinu disperze, přičemž stupeň mísitelnosti koalescentů neovlivňuje chemickou odolnost nátěrových filmů v rámci testovaných typů.

Přínosy ze studia stanovení fyzikálně-chemických vlastností pigmentovaných nátěrových hmot a filmů

V rámci tohoto testování byly hodnoceny koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru a ethylenglykol-monobutyletheru. Tyto koalescenty vykazovaly optimální výsledky při stanovení fyzikálně-chemických vlastností příslušných nepigmentovaných nátěrových hmot a filmů. Nutno podotknout, že

formulace obsahující kombinaci koalescentů na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru a ethylenglykol-monobutyletheru byla dávkována ve vyšším množství koalescentu ve srovnání s formulacemi obsahující koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny.

Při stanovení kompatibility koalescentů s akrylátovou disperzí při 50 °C po dobu 14 dní a stanovení vzhledu nátěrových filmů vykazovaly tyto vybrané koalescenty vynikající výsledky. Všechny zmíněné formulace vykazovaly vynikající kompatibilitu a tvořily hladké a homogenní nátěrové filmy bez zákalu, bublin a částic s hladkým a slitým povrchem se stupněm hodnocení Z1; B1; C1 a P1. Nejnižší minimální filmotvorná teplota byla naměřena pro nátěrovou hmotu s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny s hodnotou 17,7 °C. Nejvyšší relativní povrchová tvrdost při prvním dni měření byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru s hodnotou 77,17 % vztaženou na čistou akrylátovou disperzi. Nejmenší délka vrypu byla naměřena pro nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru při prvním dni měření s hodnotou 1,25 mm. Pigmentované nátěrové filmy s obsahem vybraných koalescentů tvořily matné nátěrové filmy s podobným číslem lesku, které v závislosti na čase oscilovala okolo prvotně naměřené hodnoty. Volný film s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny absorboval nejnižší množství vody s hodnotou 5,10 %. Nátěrový film obsahující kombinaci koalescentů na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru dosáhl nejnižší celkové barevné změny na skleněném podkladu po 2hodinové expozici ve vodě s hodnotou 0,29 dE*. Nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi butyllevulinátu dosáhl nejmenší celkové barevné změny na vláknocementovém podkladu po 2hodinové expozici ve vodě s hodnotou 0,22 dE*. Tyto formulace vykazovaly nepatrné zbělání nátěrových filmů.

Přínosy ze studia stanovení mechanické, chemické a povětrnostní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů

Nejvyššího stupně přilnavosti na skleněných panelech vykazovaly nátěrové filmy s obsahem koalescentů na bázi butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny, které při použití řezacích nožů s rozměry 6 x 1 a 6 x 2 mm dosáhly stupně přilnavosti 0. Nejnižšího stupně přilnavosti na vláknocementových podkladech vykazoval nátěrový film s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru, který při použití řezacích nožů s rozměry 6 x 1 a 6 x 2 mm dosáhl stupně přilnavosti 3 a 2. Chemická odolnost nátěrových filmů byla dána filmotvornou látkou, tedy akrylátovou disperzí, přičemž z výsledků lze pozorovat nepatrný pokles chemické odolnosti nátěrových filmů v případě přítomnosti koalescentu. Nejnižší chemické

odolnosti nátěrových filmů vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH bylo dosaženo u nátěrového filmu obsahující kombinaci koalescentů na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, který obsahoval puchýřky v ploše při všech testovaných hodnotách pH, přičemž jednotlivé puchýřky po přerušení kontaktu vodných roztoků s nátěrovým filmem pouze splaskly. Po opětovném kontaktu by puchýřky znovu vznikly. Výsledek mohl být ovlivněn tím, že ethylenglykol-monobutylether je jako jediný z vybraných koalescentů vodou mísitelný. Při stanovení odolnosti nátěrových filmů vůči odtrhu bylo dosaženo vynikajících výsledků s odtrhovou pevností 2,17 MPa pro nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi ethylenglykol-monobutyletheru, 1,61 MPa pro nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi ketalesteru, 1,84 MPa pro nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi butyllevulinátu a 1,37 MPa pro nátěrové filmy s obsahem koalescentu na bázi esterů dikarboxylové kyseliny. Pro všechny testované pigmentované nátěrové filmy byl naměřen typ lomu A, který je charakterizován jako kohezní lom v podkladu.

Vzhledem k tomu, že nátěrové hmoty a filmy s obsahem vybraných koalescentů dosáhly srovnatelných výsledků při nižším dávkování koalescentu a neobsahují těkavé organické sloučeniny v porovnání s referencí, kterou byly nátěrové hmoty a filmy obsahující kombinaci koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru bych tyto koalescenty doporučil dalšímu testování typu skladovatelnost, mrazuvzdornost a delší expozici v urychlených povětrnostních testech v QUV komoře, případně expozici v agresivnějším prostředí například xenonová komora.

7. Závěr

Na základě výsledků získaných při stanovení fyzikálně-chemických vlastností a chemické a mechanické odolnosti nátěrových filmů s obsahem testovaných koalescentů byly vybrány koalescenty na bázi ketalesteru, butyllevulinátu, esterů dikarboxylové kyseliny, které byly porovnány vůči referenci, kterou byla kombinace koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru. Vybrané koalescenty byly použity do pigmentovaných formulací nátěrových hmot pro aplikace spodní, základní a vrchní vrstvy u vláknocementových podkladů s použitím jako střešní krytiny a fasádní desky.

Vybrané koalescenty společně s referencí byly kompatibilní s akrylátovou disperzí. Test kompatibility spočíval v monitorování vzorků (koalescent a disperze) při teplotě 50 °C po dobu 14 dnů. Po této době nebyly pozorovány známky nekompatibility např. koagulace, sedimentace, změna zákalu atd.

Pigmentovaný vzorek nátěrové hmoty obsahující koalescent ketalester dosáhl vyšší relativní povrchové tvrdosti a byly pro tento typ naměřeny kratší vrypy v nátěrovém filmu, na druhou stranu tento vzorek dosáhl vyšší hodnoty minimální filmotvorné teploty v porovnání s referencí. Vzorky s koalescenty na bázi butyllevulinátu a esterů dikarboxalové kyseliny dosahovaly nepatrně nižší hodnoty minimální filmotvorné teploty, díky čemuž bylo dosaženo nižší hodnoty relativní povrchové tvrdosti a byly naměřeny delší vrypy v nátěrových filmech v porovnání s referencí.

Dále byly u vzorků testovány následující parametry – absorpce vody, koloristické hodnoty L*a*b* a změna odstínu filmu po ponoření ve vodě za definovaný čas (měřená barevná odchylka dE*). Všechny testované vzorky nevykazovaly mezi sebou odchylky v rámci daných testů, tzn. vliv použitých koalescentů lze považovat za shodný.

U vzorků pigmentovaných nátěrových filmů byly také prověřeny přilnavosti a mechanické odolnosti na skleněných a vláknocementových podkladech. Mezi testovanými vzorky nebyly pozorovány rozdíly na vláknocementových podkladech (stejné hodnoty jak odtrhu tak mřížky), zatímco při stanovení přilnavosti mřížkovou metodou na skle byl nejlepší výsledek stanoven pro koalescenty butyllevulinát a estery dikarboxylové kyseliny. Je však nutné zdůraznit, že použití těchto nátěrových hmot není určeno na skleněné podklady.

Suché filmy testovaných nátěrových hmot byly podrobeny stanovení chemické odolnosti. Testované vzorky vykazovaly srovnatelné výsledky vůči MEK testu a vyšší chemickou odolnost vůči vodným roztokům s rozdílnou hodnotou pH v porovnání s referencí.

Chemickou odolnost vůči vodným roztokům lze označit jako vysokou, zatím co u MEK testu byla označena odolnost pouze vůči polovině testovaných chemikálií jako vyhovující.

Testované nátěrové hmoty s novými typy koalescentů dosáhly srovnatelných výsledků při jejich nižším dávkování v porovnání s testovanou referencí (koalescent na bázi ethylenglykol-monobutylether a dipropylenglykol-monobutylether). Vzhledem k tomu, že vybrané koalescenty nejsou definovány jako VOC látky a jsou šetrné vůči životnímu prostředí a lze je doporučit k důkladnému dalšímu laboratornímu a provoznímu testování ve společnosti Swisspearl a.s. jako například mrazuvzdornost, QUV UVA testy, případně Xenon, testy na barvících linkách a dlouhodobé sledování povětrnostní stability u sledovaných projektů (instalace na vybrané střechy).

8. Literatura

[1] Mari de Meijer, Review on the durability of exterior wood coatings with reduced, *VOC-content,Progress in Organic Coatings*, Volume 43, Issue 4, 2001, Pages 217-225.

[2] Mohor Mihelčič, Lidija Slemenik Perše, Ervin Šest, Ivan Jerman, Chiara Giuliani, Gabriella Di Carlo, Marino Lavorgna, Angelja Kjara Surca, *Development of solvent- and water-borne fluoropolymer protective coatings for patina-free bronze discs*, Progress in Organic Coatings,Volume 125, 2018, Pages 266-278.

[3] Antl, L.; Šňupárek, J., *Aditiva pro nátěrové hmoty*, Špindlerův Mlýn, ČSVTS VŠCHT Pardubice, 1984, stránky 1-29.

[4] BIELEMAN, J., *Additives for Coatings*, Progress in Organic Coatings, 2001.

[5] Edwin Nungesser, John M. Friel, *Acrylic Polymers as Coatings Binders*, ASTM International, 2012.

[6] *Chemicals for Industry, Rohm and Haas Company,* 1909-1959, The Lakeside Press, R. R. Donnely & Sons Co,, Chicago, IL, 1959, p. 20.

[7] *Chemicals for Industry, Rohm and Haas Company* 1909-1959, The Lakeside Press, R. R. Donnely & Sons Co,, Chicago, IL, 1959, p. 21.

[8] Brendley, W. H. Jr., *"Fundamentals of Acrylic Polymers,"* Paint and Varnish Production, July 1973.

[9] W. H. BRENDLEY and R. D. BAKULEDOI, *Chemistry and Technology of Acrylic Resins for Coatings*, September 25, 1985 RIGHTS & PERMISSIONS Applied Polymer ScienceChapter 42pp 1031-1052ACS Symposium SeriesVol. 285.

[10] Fox, T. G., *Bulletin of the American Physics Society,* Vol. 1, 1956, p. 123.

[11] Fox, T. G,, Jr. and Flory, P. J,,*Journal of Applied Physics,* Vol. 21, 1950, p. 581.

[12] Rogers, S. and Mandelkern, L., *Journal of Physical Chemistry*, Vol. 61, 1957, p. 985.

[13] Simha, R. and Boyer, R. F.,*Journal of Chemical Physics*, Vol. 37, No. 5, 1962, p. 1003.

[14] Kine, B. B. and Novak, R. W,, *"Acrylic and Methacrylic Ester Polymers,"* Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 2nd ed,, H. F. Mark, N. M. Bikales, C. G. Overberger, G.Menges, and J. I. Krosckwitz, Eds,, Vol. 1, John Wiley and Sons, New York, 1985, pp. 257-258.

[15] Solomon, D. H., *The Chemistry of Organic Film Fonners* , Robert E. Krieger Publishing Co,, Huntington, NY, 1977, p. 273.

[16] Rodriguez, F. *Princip/es of Polymer Systems*, McGraw-Hill Book Co,, New York, 1970, p. 154.

[17] Young, R. J., *Introduction to Polymers*, Chapman & Hall, 1987.

[18] J. Šňupárek, *Makromolekulární chemie, úvod do chemie a technologie polymerů*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2009.

[19] "*International Union of Pure and Applied Chemistry*, et al. IUPAC Gold Book, Polymerization", 2000.

[20] Clayden, J., Greeves, N. and Warren, S., *Organic chemistry*, Oxford University Press, 2000.

[21] O. Marek, M. Tomka, Akrylové polymery, Praha, SNTL, 1964.

[22] John Wiley & Sons, Inc., ed., *Encyclopedia of Polymer Science and Technology* (1 ed.), Wiley, 2002.

[23] Wilks, Edward S. Weinheim: Wiley-VCH, *Industrial polymers handbook, products, processes, applications*, 2001.

[24] Weinheim: Wiley-VCH, Elias, *Macromolecules*, Elias, Hans-Georg, 2005-2009.

[25] Asua, Jos M., ed., *Polymer Reaction Engineering*, Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd, 2007.

[26] Hildebrand and Scott, *The Solubility of Non-Electrolytes*, 3rd ed,, Rheinhold Publishing Corp,, New York, 1949, pp. 129, 301.

[27] Burrell, H,, *Official Digest*, Vol. 27, No. 369, 1955. p. 726.

[28] Small, P. A,, *Journal of Applied Chemistry*, Vol. 3, 1953, p. 71.

[29] *"Acryloid Thermosetting Acrylic Resins,"* revised October 1966, Rohm and Haas Company, promotional literature C-170, Spring House, PA.

[30] Solomon, D. H., *The Chemistry of Organic Film Fonners*, Robert E. Krieger Publishing Co,, Huntington, NY, 1977, pp. 277-281.

[31] Saxon, R. and Lestienne, F. C., *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 8, 1964, p. 475.

[32] Petropoulos, J. C,, Frazier, C,, and Cadwell, L. E,, *"Acrylic Coatings Cross-linked with Amino Resins, Symposium on Ther mosetting Acrylic Resins,"* Official Digest, Vol. 33, 1961, p. 729.

[33] Solomon, D. H,, *The Chemistry of Organic Film Formers*, Robert E. Krieger Publishing Co,, Huntington, NY, 1977, p. 283.

[34] Christenson, R. M. and Hart, D. P,, *Official Digest of the Federa tion of Societies for Paint Technology*, Vol. 33, p. 696.

[35] North, A. G.,*Journal of Paint Technology*, Vol. 43, No. 557, 1971, p. 47.

[36] Watson, D. M. and Schall. D. C,, *American Paint and Coatings Journal*, 19 Aug. 1991, p. 58.

[37] D. C. Schall, Rohm and Haas Co, *Private communication*, Spring House, PA, 1991.

[38] Rohm and Haas Co., *promotional literature, "82C2,"* October 1980, p. 2.

[39] Mercurio, A., *American Paint & Coatings Journal*, 20 Jan. 1992, p. 43.

[40] Klepser, R. J., *"Water-based Maintenance Coatings Systems," Maintaining Structures with Coatings*, Proceedings of SSPC 91, Steel Structures Painting Council, Pittsburgh, PA, 1991, pp. 96-97.

[41] Alcf, Rohm and Haas Co.,*"Emulsion Polymerization of Acrylic Monomers,"* Product Bul letin CM-104, Spring House, PA.

[42] J. Mleziva, *Polymery struktura vlastnosti a použití*, Praha, Sobotáles, 1993.

[43] J. Šňupárek, L. Formánek, *Vodné disperze syntetických polymerů*, Praha, SNTL, 1979.

[44] Mestach, Dirk. (2005). *Acrylic dispersions for industrial coatings with polymer-bound stabilizers*. Paint and Coatings Industry. 21. 74-82.

[45] Mleziva J.: *Úvod do makromolekulární chemie*, skriptum VŠCHT Pardubice 1982.

[46] Mleziva J., Káhal J.: *Základy makromolekulární chemie*, SNTL Praha 1986.

[47] *Acrylic acid*, PubChem, 2021.

[48] William Bauer, Jr., *"Methacrylic Acid and Derivatives"*, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Weinheim: Wiley-VCH, 2002.

[49] Lehmann H., *8. Fatipec Congress Book* 1966.

[50] SAMPLE, Sharron, *X-Rays*, NASA, 2007.

[51] Harald Jakob, Stefan Leininger, Thomas Lehmann, Sylvia Jacobi, Sven Gutewort. *"Peroxo Compounds, Inorganic"*, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Weinheim: Wiley-VCH.

[52] Gancberg A.: *Double Liaison,* 1960.

[53] Vratislav Ducháček, *Polymery výroba, vlasnosti, zpracování, použití*, VŠCHT Praha.

[54] Takashi Ohara; Takahisa Sato; Noboru Shimizu; Günter Prescher Helmut Schwind; Otto Weiberg; Klaus Marten; Helmut Greim, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH, Chapter Acrylic Acid and Derivatives, 2003.

[55] Vuthichai Ervithayasuporn, Supansa Chimjarn, *Synthesis and Isolation of Methacrylate- and Acrylate-Functionalized Polyhedral Oligomeric Silsesquioxanes (T8, T10, and T12) and Characterization of the Relationship between Their Chemical Structures and Physical Properties*, Inorganic Chemistry, 2013.

[56] A. Kalendová, P. Kalenda, *Technologie nátěrových hmot I., Pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2004.

[57] Guy Clamen, Tiziano Ferrari, Zhenwen Fu, Andrew Hejl, Gary Larson, Leo Procopio, William Rosano, Aurelia Sheppard, Andrew Swartz, *Protection of metal with a novel waterborne acrylic/urethane hybrid technology*, Progress in Organic Coatings, Volume 72, Issues 1–2, 2011, Pages 144-151.

[58] Bizet, Etienne Grau, Henri Cramail*, and José M. Asua*, *Volatile Organic Compound-Free Synthesis of Waterborne Poly(hydroxy urethane)(Meth)acrylic Hybrids by Miniemulsion Polymerization*, ACS Appl. Polym. Mater., 2, 9, 4016–4025, August 5, 2020.

[59] Mongi Elrebii, Ayman Ben Mabrouk, Sami Boufi, *Synthesis and properties of hybrid alkydacrylic dispersions and their use in VOC-free waterborne coatings*, Progress in Organic Coatings, Volume 77, Issue 4, 2014, Pages 757-764.

[60] Mongi Elrebii, Amel Kamoun, Sami Boufi, *Waterborne hybrid alkyd–acrylic dispersion: Optimization of the composition using mixture experimental designs*, Progress in Organic Coatings, Volume 87, 2015, Pages 222-231.

[61] J. L. Keddie, P. Meredith, R. A.L. Jones, and A. M. Donald, *Rate-Limiting Steps in Film Formation of Acrylic Latices as Elucidated with Ellipsometry and Environmental Scanning Electron Microscopy*, October 15, 1996 RIGHTS & PERMISSIONS Film Formation in Waterborne CoatingsChapter 21pp 332-348 ACS, Symposium, Series Vol. 648.

[62] Ingrid K. Meier, K. Michael Peck, J. Renae Bennett and Jonathan Sefko, Evonik, *Mechanism of Action and Practical Application of These Unique Multifunctional Wetting Agents in Low-VOC Coatings,* Corporation, Film Coalescence and Coalescing Surfactants.

[63] Peterson C.M., *J. Appl. Polym. Sci.* 12.

[64] Hird. M. J., *J. Paint Technol.* 46.

[65] W. Stout, *"Reaching lower VOC targets with proper coalescence agent selection,"* Special Chem Webinar, 2011.

[66] ŠŇUPÁREK, J., *Vodné disperze syntetických polymerů. Aplikace disperzí*. Praha, SNTL, 1979.

[67] Martens C.R., *Technology of Paint Varnishes and Lacquers Reinhold*, New York 1968.

[68] Srivastava S.N., *J. Indian Chem. Soc.* 1, 279, 1964.

[69] Warson H., *The Application of Synthetic Resin Emulsions*, E. Benn, London 1972.

[70] Warson H., *Pigment Resin Technol*., 4, 1975.

[71] Průžek M., *Disperze 73. Sborník sekce* 1, DT ČSTVS, Pardubice 1973.

[72] Hopkins R. P. a kol., J. *Paint Technol*. 44, 1972.

[73] Eaynes N. I., *Formulation of Organic Coatings*, Van Nostrand, New York 1967.

[74] Benjamin Voogt, Paul Venema, Leonard Sagis, Henk Huinink, Bart Erich, Jurgen Scheerder, Olaf Adan, *Surface characterization of drying acrylic latex dispersions with variable methacrylic acid content using surface dilatational rheology*, Journal of Colloid and Interface Science, Volume 556, 2019, Pages 584-591.

[75] Ezgi M. Dogan-Guner, Stan Brownell, Gregory T. Schueneman, Meisha L. Shofner, J. Carson Meredith, *Enabling zero added-coalescent waterborne acrylic coatings with cellulose nanocrystals*, Progress in Organic Coatings, Volume 150, 2021.

[76] Wang Yi, Chen Zhonghua, Yu Fei, *"Coalescing Aid Influences on Acrylic Latexes Property and Film Formation Process"*, Indian Journal of Materials Science, vol. 2016, Article ID 1380791, 8 pages, 2016.

[77] Ingrid K. Meier, K. Michael Peck, J. Renae Bennett and Jonathan Sefko, Evonik Corporation, *Film Coalescence and Coalescing Surfactants:*
Mechanism of Action and Practical Application of These Unique Multifunctional Wetting Agents in Low-VOC Coatings.

[78] BHAGWAN, D. AGARWAL. *Vláknové kompozity.* Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1987.

[79] Škvára, František, *Technologie anorganických pojiv I., Část 1 Hydraulické maltoviny, cementy*, Praha: VŠCHT, 1994.

[80] Škvára, František, *Technologie anorganických pojiv I., Část 2 Vzdušné maltoviny. Ostatní anorganická pojiva. Technologické výpočty*, Praha: VŠCHT, 1995.

[81] A. NOUSHINI, B. SAMALI, K. VESSALAS; *Effect of polyvinyl alcohol (PVA) fibre on dynamic and material properties of fibre reinforced concrete*, october 2017

[82] V.C. Li, S. Wang, C. WuTensile, *strain-hardening behavior of polyvinyl alcohol engineered cementitious composite (PVA-ECC)*, ACI Mater J-Am Concr Inst, 98 (6) (2001), pp. 483-492.

[83] KOLÍSKO, J. *Vliv krátkých všesměrně rozptýlených polypropylénových mikro a makrovláken na vlastnosti cementových malt a betonů*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2008.

[84] Jianhang Feng, Fan Yang, Shunzhi Qian, *Improving the bond between polypropylene fiber and cement matrix by nano calcium carbonate modification*, Construction and Building Materials, Volume 269, 2021, 121249, ISSN 0950-0618.

[85] G.H.D. Tonoli, U.P. Rodrigues Filho, H. Savastano, J. Bras, M.N. Belgacem, F.A. Rocco Lahr, *Cellulose modified fibres in cement based composites*, *Composites* Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 40, Issue 12, 2009, Pages 2046-2053, ISSN 1359-835X.

[86] *Hodnocení vlastností nátěrových hmot*, Univerzita Pardubice, 2001-2002.

[87] Maria Elita Duarte Martins, Mario Eduardo Cavalcanti-Mata, Francisco Fechine Borges, Hugo Miguel Lisboa Oliveira, *4 - Selection of fruits by multisensor systems*, Editor(s): Seid Mahdi Jafari, Postharvest and Postmortem Processing of Raw Food Materials, Woodhead Publishing, 2022, Pages 77-103, ISBN 9780128185728

Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce:	Náhrada koalescentu na bázi butylglykolu ve formulacích určených pro aplikace na vláknocementové střešní krytiny a fasádní desky
Autor práce:	Bc. Marek Šenfeldr
Obor:	Organické povlaky a nátěrové hmoty
Rok obhajoby:	2023
Vedoucí práce:	prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
Anotace:	Práce se zabývá náhradou koalescentu na bázi butylglykolu ve formulacích aplikovaných jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady s použitím jako střešní krytiny a fasádní desky. Cílem práce bylo nalézt vhodný a zároveň environmentálně neškodný koalescent ze skupiny testovaných vodou mísitelných, částečně vodou mísitelných a vodou nemísitelných koalescentů takový, který dosáhne lepších filmotvorných vlastností při stejném dávkování, případně stejných filmotvorných vlastností při nižším dávkování a zároveň bude obsahovat menší množství těkavých organických látek. Jednotlivá měření byla provedena ve spolupráci se společností Swisspearl a.s. Pro splnění cílů práce byla provedena studie nepigmentovaných vzorků nátěrových hmot na bázi vodou ředitelné akrylátové disperze s T_g > 50 °C s postupně zvyšující se koncentrací koalescentu na sušinu této disperze s hodnotou 1; 2,5; 5; 10; 12,5; 15 a 20 %. V průběhu experimentální části práce byly stanoveny fyzikálně-chemické vlastnosti testovaných koalescentů a pojiva. Následně bylo provedeno laboratorní testování a vyhodnocení fyzikálně-chemických vlastností a mechanické a chemické odolnosti nátěrových hmot a filmů. Koalescenty na bázi dipropylenglykol-monobutyletheru, ethylenglykol-monobutyletheru, ketalesteru, butyllevulinátu a esterů dikarboxylové kyseliny dosáhly optimálních výsledků a byly použity do pigmentovaných formulací s aplikací jako spodní, základní a vrchní nátěry pro vláknocementové podklady. Vzhledem k tomu, že vybrané koalescenty dosáhly srovnatelných výsledků při nižším dávkování a neobsahují těkavé organické sloučeniny v porovnání s referencí, kterou byly nátěrové hmoty a filmy obsahující kombinaci koalescentů na bázi ethylenglykol-monobutyletheru a dipropylenglykol-monobutyletheru bych tyto koalescenty doporučil dalšímu testování typu skladovatelnost, mrazuvzdornost a delší expozici v urychlených povětrnostních testech v QUV komoře, případně expozici v agresivnějším prostředí například xenonová komora.
Klíčová slova:	Vodou ředitelná akrylátová disperze, koalescent, vláknocement, butylglykol, nátěrový film