

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

**Vlastnosti ochranných latexových nátěrů na
nizkouhlikové oceli v závislosti na obsahu
polypyrrolových částic a chemickém složení
pigmentu**

AUTOR PRÁCE: Bc. Marie Trpkošová
VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jana Machotová, Ph.D.
KONZULTANT PRÁCE: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

Diplomová práce

2019

UNIVERSITY OF PARDUBICE
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY

Institute of Chemistry and Technology of
Macromolecular Materials

**Properties of protective latex coatings on low
carbon steel in relation to the content of
polypyrrole particles and chemical composition
of pigment**

AUTHOR: Bc. Marie Trpkošová
SUPERVISOR: Ing. Jana Machotová, Ph.D.
CONSULTANT: prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

Thesis
2019

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marie Trpkošová**
Osobní číslo: **C17541**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Technologie výroby a zpracování polymerů**
Název tématu: **Vlastnosti ochranných latexových nátěrů na nízkouhlíkové oceli v závislosti na obsahu polypyrrolových částic a chemickém složení pigmentu**
Zadávající katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vodou ředitelné nátěrové systémy představují v současné době univerzální, kvalitní a ekologicky šetrné řešení pro povrchovou úpravu různých materiálů. Začleněním částic vodivých polymerů přímo do latexového pojiva během jeho syntézy je možný způsob, jak vyvinout nové ochranné povlaky na kovové materiály.

1. Vypracujte literární rešerši na zadané téma.
2. Připravte semikontinuální emulzní polymerací latexy s obsahem polypyrrolu PPY(0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%), část zneutralizujte a připravte pro další hodnocení.
3. Latexy, resp. jejich vlastnosti charakterizujte pomocí minimální filmotvorné teploty, velikosti částic, zeta potenciálu. Zjistěte obsah sušiny, obsah koagulátu, proveďte měření viskozity, atd. Proveďte vyhodnocení připravených pojiv z hlediska stability jejich vlastností.
4. Proveďte základní lakařské vyhodnocení pojiv v kapalném stavu a/nebo po vytvoření filmu, popište vzhled filmu na skle. Stanovte fyzikální vlastnosti filmu po nanesení na skleněné a ocelové substráty, stanovte chemickou odolnost, testujte mechanickou odolnost připravených filmů.
5. Stanovte korozní odolnost pojiv, resp. nepigmentovaných filmů na oceli potenciostatickou metodou (lineární polarizace).
6. Připravte dispergační modelové systémy pro stanovení vlivu pevných částic pigmentů a plniv používaných v ochranných organických povlacích a nátěrových hmot na vlastnosti filmu.
7. Charakterizujte vliv aktivních pigmentů a inhibitorů koroze na korozní odolnost latexů s polypyrrolovými částicemi při vybraných koncentracích. Korozní odolnost testujte metodou lineární polarizace.
8. Proveďte rovněž korozní testy v simulovaných korozních a povětrnostních atmosférách.
9. Testujte mechanickou odolnost pigmentovaného filmu a další fyzikální vlastnosti pigmentovaných filmů.
10. Stanovte optimální složení pigment/plnivo a obsah PPY částic v latexu z hlediska korozní odolnosti, fyzikálních vlastností, mechanické a chemické odolnosti filmu.
11. Popište nové poznatky, přínosy a závěry této práce pro praxi.


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

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Machotová, Ph.D.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
Datum zadání diplomové práce: **21. prosince 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2019**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2019

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, 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 směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 5. 2019

Bc. Marie Trpkošová

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat své vedoucí práce Ing. Janě Machotové, Ph.D. za ochotu, odborné vedení a cenné rady při tvorbě diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. za odbornou konzultaci a pomoc při vykonávání experimentální části práce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině za podporu v průběhu studia.

Děkuji rovněž Centru materiálů a nanotechnologií za provedení SEM a EDX analýz za finanční podpory MŠMT a Evropské unie prostřednictvím projektů LM2015082, CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_013/0001829 a CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_048/0007376.

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. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



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



ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá studiem polyakrylátových latexů, do nichž byly ve fázi syntézy latexového polymeru inkudovány polypyrrolové částice. Latexy byly připraveny semikontinuální emulzní polymerací postupem využívajícím strategii tzv. „one-pot“ syntézy, při níž v jednom reaktoru docházelo k emulzní polymeraci akrylátových monomerů i k oxidační polymeraci pyrrolu. Byla provedena literární rešerše, které se zabývá přípravou polyakrylátových latexů a využitím polypyrrolu. V experimentální části této práce byla popsána syntéza polyakrylátového latexu s různým obsahem polypyrrolu. U připravených akrylátových latexů byly testovány jejich vlastnosti z hlediska fyzikální, mechanické, chemické a antikorozní odolnosti realizovaných nátěrových filmů. Připravené latexy byly pigmentovány vybranými pigmenty a na základě získaných výsledků byl vybrán latex s nejlepšími vlastnostmi. Vybraný latex byl posléze pigmentován zvolenými pigmenty a plnivy při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva. Výsledkem této diplomové práce je vodou ředitelná nátěrová hmota na bázi polyakrylátového latexu s inkudovanými polypyrrolovými částicemi a dalšími pigmenty, která poskytuje polymerní nátěrové filmy s dostatečnou přilnavostí k podkladu a zároveň zvýšenou korozní a chemickou odolností.

KLÍČOVÁ SLOVA

Emulzní polymerace, latex, polypyrrol, antikorozní ochrana oceli

ANNOTATION

This thesis is dedicated to polyacrylate latexes. The latexes contained polypyrrole particles that were incorporated in the phase of latex polymer synthesis. The latexes were prepared by a semi-continuous emulsion polymerization process using a so-called "one-pot" synthesis process. In this process, emulsion polymerization of acrylic monomers and the oxidative polymerization of pyrrole proceeded simultaneously in one reactor. A literary review focused on the synthesis of polyacrylate latexes and use of polypyrrole was compiled. In the experimental part of this work, the preparation technique of polyacrylate latex with different polypyrrole content was described. These latexes were tested in terms of physical, mechanical, chemical and corrosion resistance of the realized coating films. The prepared latexes were pigmented with selected pigments and a latex sample with the best properties was chosen from the best results. The selected latex was pigmented with various pigments and fillers at OKP 0.5 % of pigment and OKP 10 % of filler. This thesis results in a waterborne paint based on polacrylate latex binder with included polypyrrole particles and convenient pigments that provides polymer coating films with sufficient adhesion to the substrate and increased corrosion and chemical resistance.

KEYWORDS

Emulsion polymerization, latex, polypyrrole, corrosion protection of steel

SEZNAM ZKRATEK

BA	butylakrylát
GU	číslo lesku
KMA	kyselina methakrylová
KOKP	kritické objemové koncentrace pigmentu
MoS₂/PANI	disulfid molybdenu povrchově upravený polyanilin fosfátem
MoS₂/PPy	disulfid molybdenu povrchově upravený polypyrrol fosfátem
MMA	methylemethakrylát
OKP	objemové koncentrace pigmentu
PANI	Polyanilin fosfát
PPy	polypyrrol fosfát
Q	parametr pigmentového systému

OBSAH

1. ÚVOD.....	15
2. TEORETICKÁ ČÁST	16
2.1. Akrylátové polymery	16
2.1.1 Akrylátové nátěrové hmoty	16
2.1.2 Emulzní polymerace	20
2.2. Polypyrrol.....	25
2.2.1. Vlastnosti pyrrolu	26
2.2.2. Syntéza polypyrrolu	26
2.2.3. Vodivé polymery	29
2.3. Koroze	31
2.3.1. Rozdělení koroze	31
2.3.2. Koroze pod organickými povlaky.....	32
2.3.3. Ochrana proti korozi	33
3. CÍL PRÁCE	34
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	36
4.1. Použité suroviny a chemikálie	36
4.1.1. Suroviny a chemikálie použité při syntéze polyakrylátových latexů	36
4.1.2. Pigmenty	38
4.1.3. Srovnávací vodou ředitelná polymerní disperze.....	41
4.1.4. Aditiva	42
4.2. Přístroje a zařízení.....	42
4.3. Postup syntézy polyakrylátových latexů.....	44
4.3.1. Syntéza polyakrylátového latexu bez PPy	44
4.3.2. Syntéza polyakrylátového latexu s inkudovanými PPy částicemi	45
4.4. Příprava nátěrových hmot	48
4.4.1. Dispergace polyakrylátových latexů s 8 hm. % pigmentu a OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniv	48
4.4.2. Formulace nátěrových hmot	49
4.5. Příprava zkušebních vzorků	52
4.5.1. Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech.....	52
4.5.2. Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech	52
4.5.3. Příprava zkušebních vzorků na hliníkových panelech.....	53
4.6. Metody hodnocení vlastností nátěrových filmů.....	54
4.6.1. Charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí.....	54

4.6.2.	Charakterizace pigmentů	60
4.6.3.	Stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů.....	61
4.6.4.	Stanovení chemické a korozní odolnosti nátěrových filmů.....	66
5.	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ	73
5. 1.	Vyhodnocení nepigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi	73
5. 1. 1.	Vlastnosti nepigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi	73
5. 1. 2.	Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy.....	82
5. 1. 3.	Vyhodnocení chemické a antikoroční účinnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy.....	88
5. 2.	Vyhodnocení pigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi s obsahem 8 hm. % pigmentu.....	92
5. 2. 1.	Vlastnosti pigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi.....	92
5. 2. 2.	Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z pigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkudovaných PPy částic.....	93
5. 2. 3.	Vyhodnocení chemické a antikoroční účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na obsahu inkudovaných PPy částic	119
5. 3.	Vyhodnocení pigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi při OKP 0,5 % pigmentu	145
5.3.1.	Vyhodnocení vlastností pigmentů	145
5.3.2.	Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu	146
5.3.3.	Vyhodnocení chemické a antikoroční účinnost pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu	160
6.	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	177
6.1.	Hodnocení nepigmentovaných latexů s PPy	177
6.1.1.	Hodnocení vlastností nepigmentovaných latexů s PPy	177
6.1.2.	Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy.....	181
6.1.3.	Hodnocení chemické a antikoroční účinnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkudovaných PPy částic.....	185
6.2.	Hodnocení pigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi s obsahem 8 hm. % pigmentu	189
6.2.1.	Hodnocení vlastností pigmentovaných latexů s inkudovanými PPy částicemi 189	
6.2.2.	Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z pigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkudovaných PPy částic	190
6.2.3.	Hodnocení chemické a antikoroční účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na obsahu inkudovaných PPy částic	196

6.3. Hodnocení pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi při OKP 0,5 % pigmentu	202
6.3.1. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu	202
6.3.2. Hodnocení chemické a antikoroziční účinnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu	206
7. POZNATKY A PŘÍNOSY DIPLOMOVÉ PRÁCE	213
8. ZÁVĚR	214
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	216
SEZNAM OBRÁZKŮ	219
SEZNAM TABULEK	221
10. PŘÍLOHY	228

1. ÚVOD

Jedna z nejdůležitějších výzev v oblasti technologie a výroby nátěrových hmot se týká vývoje bezpečnějších výrobků, bezpečnějších technologických procesů a snížení emisí rozpouštědel do ovzduší, přičemž dosažení nulových emisí je jedním z nejnámennějších úspěchů. V případě antikoročních pigmentovaných nátěrových hmot jsou požadavky pro bezpečnější výrobky zajišťovány především úplným odstraněním pigmentů na bázi chromu a olova a použitím vody místo organických rozpouštědel. Z těchto důvodů se dostávají do popředí zájmu nátěrové hmoty využívající latexy jako pojivovou složku. Latexy jsou vodné koloidní polymerní disperze vyráběné technologií emulzní polymerace, která je v současné době na vysoké úrovni. Ve snahách o náhradu toxických inhibičních pigmentů obsahujících sloučeniny olova a chromu se jako jedna z možností jeví použití vodivých polymerů, mezi které patří polypyrrol (PPy). Začlenění tohoto vodivého polymeru do latexu nabízí způsob, jak připravit nové ekologické nátěrové hmoty pro ochranu kovových materiálů.

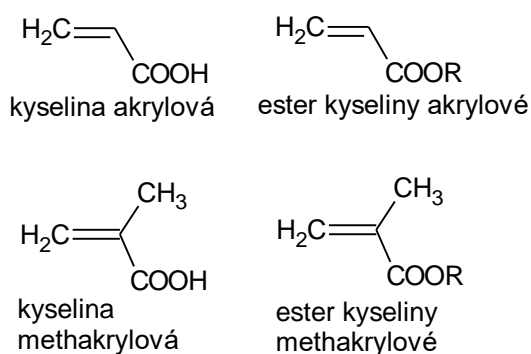
Hlavním tématem této diplomové práce je studium antikoroční účinnosti nátěrových hmot, jejichž pojivem je polyakrylátový latex obsahující PPy částice. V rámci této práce je představen nový laboratorní postup výroby stabilních latexů s inkudovanými PPy částicemi, který je založen na strategii tzv. „one-pot“ syntézy, kdy při emulzní polymeraci akrylátových monomerů docházelo zároveň k oxidační polymeraci pyrrolu.

Takto byly připraveny polyakrylátové latexy s rozdílným obsahem inkudovaných PPy částic (teoretický obsah PPy vzhledem k akrylátovému polymeru 0%, 0,25%, 0,5% a 0,75% hm. %). Tyto latexy byly testovány nejen samostatně, ale i v kombinaci se zvolenými pigmenty. Byly zhotoveny nátěrové filmy, u nichž byla posuzována fyzikální, mechanická a chemická odolnost. Na základě výsledků byl vybrán latex s určitým obsahem inkudovaných PPy částic, který byl použit jako pojivo pro přípravu nátěrových hmot s OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva. U připravených nátěrových filmů byly sledovány charakteristické lakařské vlastnosti z hlediska fyzikální, mechanické, chemické a zejména korozní odolnosti

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Akrylátové polymery

Polymery založené na reakci kyseliny akrylové a jejích derivátů lze definovat jako akrylátové polymery. Z této skupiny polymerů se v praxi nejčastěji využívá kyselina akrylová, kyselina methakrylová a jejich estery (*Obrázek 1*). Dále se využívá akrylonitril, akrylamid, kyanoakryláty a kopolymery těchto látek. Tyto polymery a kopolymery se také často označují jako polyakryláty. ^[1]



Obrázek 1. Chemické vzorce kyseliny akrylové, methakrylové a jejich esterů. ^[1]

Vlastnosti a využití těchto polymerů závisí na druhu použitého monomeru, na molekulové hmotnosti i na způsobu přípravy daného polymeru. Využití nacházejí v různých odvětvích, jako jsou nátěrové hmoty, lepidla, vlákna nebo fólie. Výrobky z těchto polymerů jsou velice odolné vůči povětrnosti, vyznačují se transparentností a stálostí na světle. ^[2]

2.1.1 Akrylátové nátěrové hmoty

Akrylátové latexy jsou vodné disperze polyakrylátových polymerů. Jsou často využívány jako pojiva vodou ředitelných nátěrových hmot. Vodou ředitelné nátěrové hmoty jsou nátěrové hmoty, u kterých se místo organických rozpouštědel používá voda. Tato skupina nátěrových hmot se řadí mezi moderní a ekologické nátěrové hmoty, kterým je v dnešní době věnována čím dál větší pozornost. Výhodou těchto nátěrových hmot je minimální nebo snížený obsah těkavých organických látek, což způsobuje menší hořlavost. ^[3]

Vlastnosti akrylátových latexů závisí na použití různých typů kopolymérů kyseliny akrylové a methakrylové, které ovlivňují tvrdost nátěrového filmu, propustnost pro vodu nebo fyzikálně-mechanické vlastnosti. Akrylátové latexy jako pojiva nátěrových hmot vynikají svojí odolností proti povětrnosti i proti UV záření. Mezi další výhody těchto nátěrových filmů patří

jejich transparentnost, odolnost proti chemikáliím nebo vynikající přilnavost. Akryláty nereagují s pigmenty, což umožňuje dispergaci latexových pojiv s různými pigmenty a plnivými. [4]

2.1.1.1. Příprava akrylátových nátěrových hmot

Nátěrové hmoty tvoří několik základních složek, mezi které patří pojiva, plniva, pigmenty, rozpouštědla a různá aditiva. [5] Pojivo tvoří součást nátěrové hmoty, do které se aplikují pigmenty. Plniva zahrnují látky, které zlepšují užitné a technologické vlastnosti a také zvyšují cenovou dostupnost. Jako pigmenty se označují práškové látky, které se do nátěrových hmot přidávají pro zlepšení kryvosti a barevnosti. [4]

Proces přípravy nátěrových hmot se nazývá dispergace. Při tomto procesu jsou do pojiva začleňovány pigmenty, plniva a aditiva. Výsledný produkt dispergace tvoří částice pigmentu a plniva, které jsou rozptýlené v pojivu. Proces dispergace se dělí do tří fází, které zahrnují smáčení pigmentů a plniv, rozrušování shluků, a nakonec stabilizaci disperze. V první fázi dochází ke smáčení vnějšího i vnitřního povrchu částic přidaným pojivem. Další fáze spočívá v rozrušení sekundárních částic tak, aby částice v nátěrové hmotě byly menší než tloušťka připraveného nátěrového filmu. V poslední fázi se ke vzniklé disperzi přidá v malém množství povrchově aktivní látka, které zamezí shlukování částic v disperzi. [6]

2.1.1.2. Akrylátová pojiva pro nátěrové hmoty

Akrylátové polymery, které se používají jako pojiva pro nátěrové hmoty lze rozdělit do několika skupin, kterými jsou termoplastické a reaktoplastické rozpouštědlové typy, vodné disperze, nevodné disperze a akrylové kopolymery ředitelné vodou.

Mezi termoplastické rozpouštědlové typy se řadí hlavně polymethakryláty, které lze použít jako samotná pojiva. Výhodou těchto pojiv je velmi dobrá stálost na světle. Estery kyseliny akrylové se jako pojiva v rozpouštědlových nátěrových hmotách nepoužívají z důvodu nevhodných vlastností nátěrových filmů, které jsou příliš měkké. Rozpouštědlové polyakryláty se však využívají jako změkčovadla pro jiná pojiva.

K reaktoplastickým rozpouštědlovým typům se řadí kopolymery derivátů kyseliny akrylové a methakrylové, které ve svém řetězci obsahují různé reaktivní skupiny. Nejvýznamnější jsou hydroxylové typy, dále se používají karboxylové kopolymery nebo kopolymery s epoxidovou funkční skupinou. Vlivem zvýšené teploty přecházejí tyto reaktivní skupiny v nerozpustné a netavitelné produkty, které se v poslední době používají i při přípravě práškových nátěrových hmot.

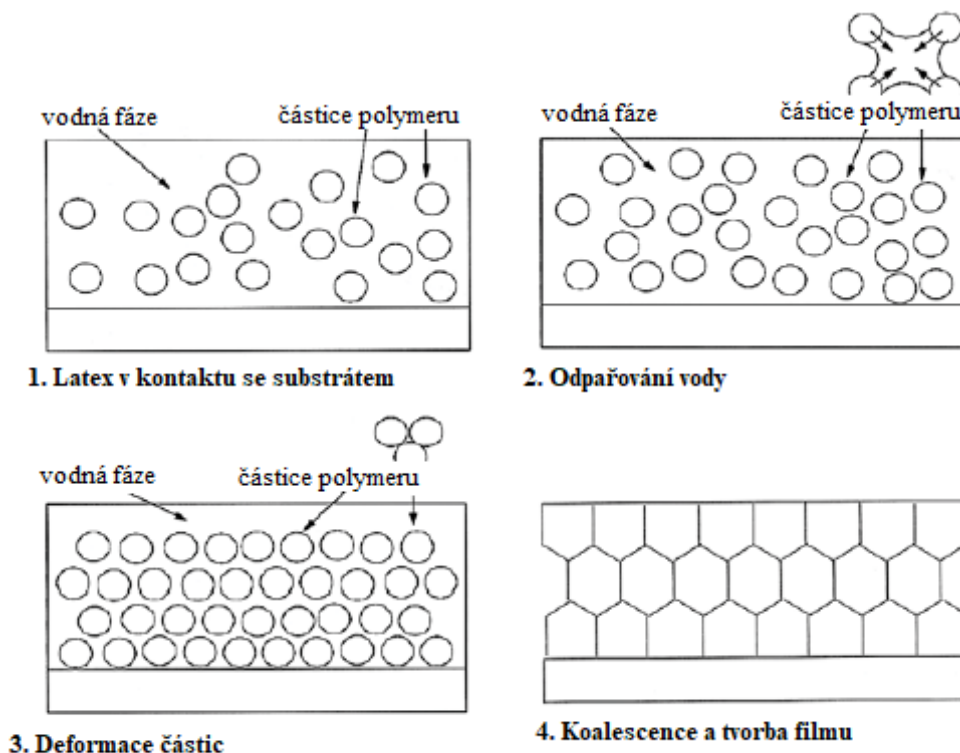
Polyakryláty se často používají ve formě vodných disperzí neboli latexů, které lze připravit emulzní polymerací. Nejvíce se využívají estery kyseliny akrylové z důvodu nižší teploty tání a teploty skelného přechodu, které umožňují tvořit film již při normální teplotě. Mezi nejvýznamnější používané monomery patří ethylakrylát, butylakrylát a 2-ethylhexylakrylát. Kyselina akrylová se při přípravě těchto vodných disperzí používá pouze v malém množství (1 až 3 %), ale výrazně zlepšuje stabilitu připravených disperzí i adhezi nátěrových filmů.

Malé částičky polymerů v rozpouštědle, ve kterém je daný polymer nerozpustný se označují jako nevodné disperze. Nejčastěji se používají rozpouštědla tvořená směsí alifatických uhlovodíků, která splňují požadavky ochrany životního prostředí.

Akrylové kopolymery ředitelné vodou se připravují syntézou kopolymerů, které ve svém řetězci obsahují karboxylové skupiny, které jsou následně alkalizovány těkavým aminem. Výsledným produktem jsou mýdla, která jsou rozpustná ve vodě. Akrylové kopolymery se používají při výrobě nátěrových hmot, které jsou dále vytvrzovány za zvýšené teploty pomocí melaminoformaldehydových pryskyřic. Používají se i samosítňující kopolymery ředitelné vodou, které se připravují reakcí kyseliny akrylové nebo methakrylové např. s N- butoxymethylakrylamidem a vhodnou směsí dalších monomerů. [7]

2.1.1.3. Tvorba filmu akrylátových latexů

Tvorba latexových filmů je studována již celá desetiletí, ale stále není zcela objasněna. Zjednodušený model předpokládá tvorbu latexového filmu ve třech krocích. Prvním krokem je odpaření vody a rozpouštědel, po kterém zůstává na substrátu vrstva polymerních částic. Další krok spočívá v deformaci částic za vzniku souvislého, ale slabého filmu. Poslední krok spočívá v koalescenci, což je proces, při kterém molekuly polymeru vytvářejí souvislý film. Proces tvorby filmu je schematicky znázorněn na *Obrázku 2*.



Obrázek 2. Schéma vzniku filmů akrylátových latexů; Převzato a upraveno z [8].

Deformace částic a koalescence závisí na hodnotě teploty skelného přechodu (T_g). Pokud je T_g polymeru vyšší, než je teplota tvorby filmu, deformace částic ani koalescence nenastane. V opačném případě, když je T_g polymeru příliš nízká, film zůstane měkký a lepkavý. Ideální T_g pro praktické nátěrové hmoty na bázi latexů se pohybuje v rozsahu od 5 do 10 °C a pro interiérové nátěrové hmoty musí být vyšší než 30 °C. Z této podmínky plyne nevýhoda nanášení latexových barev při chladném počasí, kdy se nevytvoří film požadovaných vlastností. ^[9]

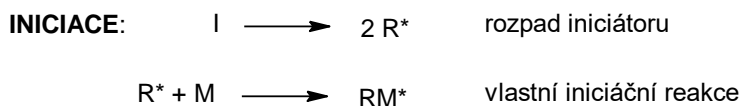
2.1.2 Emulzní polymerace

Emulzní polymerace je druh radikálové polymerace, při které dochází ke vzniku latexu neboli disperze polymeru ve vodě. Reakce probíhá ve vodném prostředí za účasti monomeru, ve vodě rozpustného iniciátoru a emulgátoru (povrchově aktivní látky). Monomery účastníci se reakce jsou obvykle částečně rozpustné nebo zcela nerozpustné ve vodě. Jako iniciátor se nejčastěji používá peroxodisíran, který iniciuje celou polymeraci. Emulgátor se přidává z důvodu snížení povrchového napětí a umožnění promísení dvou či více nemísitelných nebo omezeně mísitelných kapalin. ^[5]

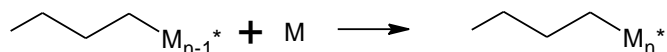
Mezi výhody emulzní polymerace patří snadný odvod reakčního tepla. Další výhodou může být i podoba výsledného polymeru ve formě latexu, který lze ředit vodou a pro některé účely je lepší než tuhý polymer nebo roztok polymeru. Do vzniklého latexu lze snadněji přidávat i různá aditiva, jako jsou barviva nebo stabilizátory. Vzniklá disperze má v porovnání s jinými roztoky polymerů malou viskozitu, a to i při velkém obsahu polymeru. Z tohoto důvodu je výsledný latex vhodný pro přípravu nátěrů, lepidel nebo impregnaci dřeva, papíru či textilu. ^[10]

2.1.2.1. Mechanismus emulzní polymerace

Radikálovou polymeraci můžeme rozdělit do třech reakčních kroků, které se nazývají iniciace, propagace a terminace (*Schéma 1*). K iniciaci dochází rozpadem iniciátoru, který dále napadá molekuly monomeru a tím dochází ke vzniku volného radikálu. Poté následuje reakce monomeru se vzniklým radikálem, která se několikrát opakuje a tento reakční krok se nazývá propagace. Polymerace je ukončena reakcí dvou rostoucích radikálů, která se nazývá terminace. K terminaci může dojít dvěma způsoby pomocí rekombinace nebo disproportionace. Při rekombinaci dvou radikálů mezi nimi vzniká kovalentní vazba a při ukončení reakce disproportionací dochází k přenosu vodíku z jednoho řetězce na druhý a tím vznikají dvě makromolekuly, kdy jedna obsahuje dvojnou vazbu a druhá jednoduchou vazbu. ^[5, 11]

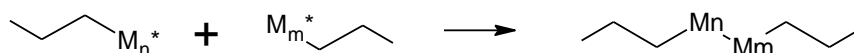


PROPAGACE:



TERMINACE:

terminace rekombinací



terminace disproportionací

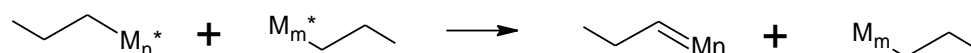


Schéma 1. Mechanismus radikálové polymerace; Převzato a upraveno z [5].

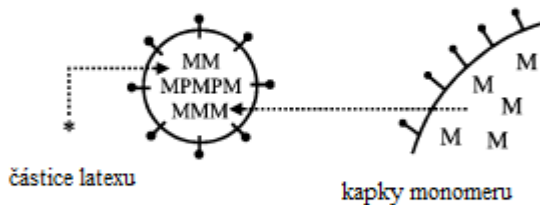
Mechanismus emulzní polymerace zahrnuje tři fáze, mezi které se řadí nukleace částic, růst částic a ukončení polymerace uvnitř těchto částic. Existují dva modely, které popisují nukleaci částic. První model micelární nukleace popsali Harkins, Smith a Ewart a druhý model homogenní nukleace částic popsali Fitch, Priest a Roe.

Micelární model nukleace částic předpokládá, že počet latexových částic závisí na koncentraci povrchově aktivní látky. V reakčním systému jsou přítomny emulgované kapičky monomeru, které jsou dispergovány ve vodné fázi za pomoci povrchově aktivní látky, emulgátoru. Povrchově aktivní látka se skládá z polární (hydrofilní) a nepolární (hydrofobní) části. Ve vodném prostředí se tyto části různě orientují a při překročení určité koncentrace povrchově aktivní látky (kritická micelární koncentrace) se v reakčním systému mohou začít objevovat koloidní útvary, tzv. micely. Micelární model nukleace částic předpokládá, že polymerace je zahajována v těchto micelách a probíhá ve třech fázích (*Obrázek 3*). V první fázi dochází k iniciaci pomocí vzniklého radikálu. V další fázi dochází k růstu a vzniku polymer-monomerních částic. Třetí fáze nastává po spotřebování zbylého monomeru a poté je polymerace ukončena. ^[12]

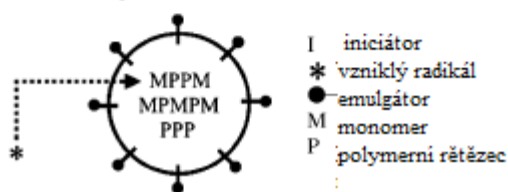
Iniciace vzniklým radikálem



Růst a vznik polymer-monomerních částic

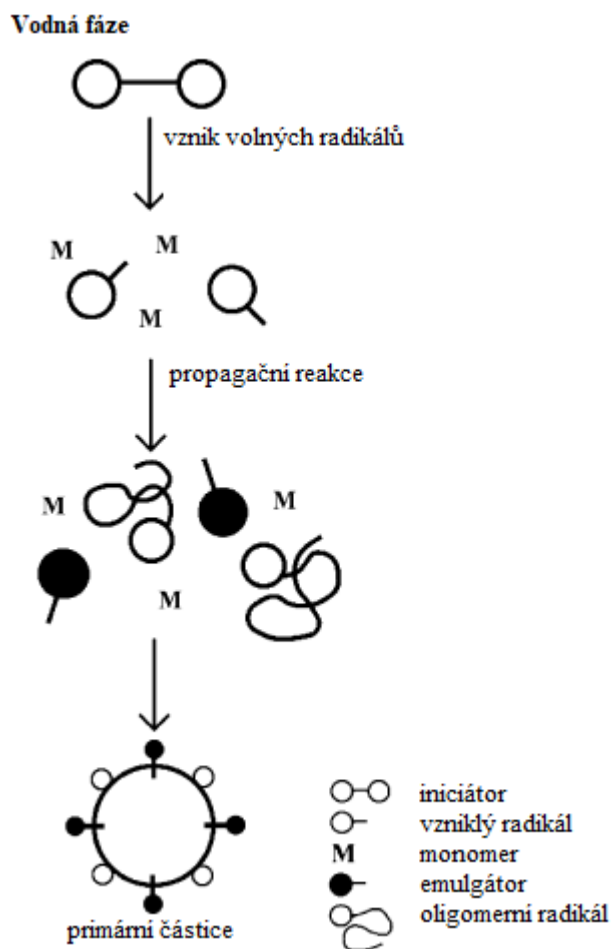


Spotřebování zbylého monomeru



Obrázek 3. Schéma mechanismu micelární nukleace částic; Převzato a upraveno z [12].

Homogenní model nukleace částic (*Obrázek 4*) popisuje polymeraci monomerů ve vodné fázi. Nejprve dochází ke vzniku volných radikálů, které dále reagují propagační reakcí s přítomnými monomery ve vodě. Postupně vznikají oligomerní radikály, které jsou rozpustné ve vodě a srážejí se s přítomnými částicemi. Po dosažení kritické délky řetězce se stávají tyto oligomerní radikály nerozpustné a vysrážejí se ve formě primárních částic. ^[5, 12]



Obrázek 4. Schéma mechanismu homogenní nukleace; Převzato a upraveno z [12].

2.1.2.2. Kinetika emulzní polymerace

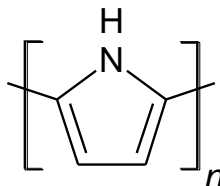
Emulzní polymerace probíhá velkou rychlostí a touto reakcí lze získat polymery s vysokou molekulovou hmotností. Tato radikálová polymerace probíhá ve třech fázích. V první fázi dochází k tvorbě částic (micel), ve kterých probíhá polymerace a tím rychlost polymerace postupně vzrůstá. Konec první fáze nezávisí na stupni konverze, ale na celkovém množství dostupného monomeru. Poté následuje druhá fáze, při které je rychlost polymerace konstantní. V této fázi se veškerý emulgátor nachází na povrchu částic a nové částice již nevznikají. Ve třetí fázi rychlost polymerace klesá. Dochází k polymeraci monomeru, který se nachází uvnitř částic, a tím se postupně zmenšuje jeho koncentrace. Reakce je okamžitě ukončena po vstupu dalšího radikálu do částice.

Pokud lze předpokládat, že k ukončení polymerace dojde okamžitě reakcí s jiným radikálem, lze vyjádřit celkový polymerační stupeň dle rovnice (1). P_n představuje celkový polymerační stupeň vzniklého polymeru, k_p je rychlostní konstanta polymerace, $[M]_p$ je koncentrace monomeru v částicích, N_A je Avogadrova konstanta, N je celkový počet částic a n je průměrný počet volných radikálů na částici. ^[13]

$$P_n = \frac{k_p \cdot [M]_p}{N_A} \cdot N \cdot n \quad (1)$$

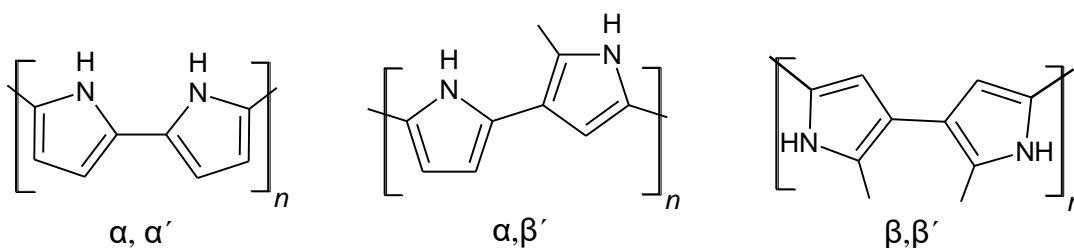
2.2. Polypyrrol

Polypyrrol (*Obrázek 5*) je heterocyklická polymerní sloučenina, jejíž základní stavební jednotkou je monomer 1H-pyrrol.



Obrázek 5. Chemický vzorec polypyrrolu. ^[14]

Monomery 1H-pyrrolu mohou být v polymeru vázány více způsoby. Nejčastěji tvoří vazby α, α' a méně vytváří vazby α, β' a β, β' (*Obrázek 6*). ^[15]



Obrázek 6. Vazby v polypyrrolu. ^[15]

Polypyrrol (PPy) patří mezi tzv. vodivé polymery a bylo u něj objeveno mnoho zajímavých vlastností. Bylo zjištěno, že PPy vykazuje dobrou biokompatibilitu, dobrou chemickou stálost na vzduchu i ve vodě a celkem vysokou vodivost. Syntéza PPy může být provedena již při pokojové teplotě a ve velkém množství rozpouštědel včetně vody. Mezi nevýhody PPy patří jeho obtížné zpracování z důvodu jeho molekulární struktury, která ho činí mechanicky tuhým, křehkým a nerozpustným. PPy nachází využití v mnoha aplikacích, např. palivové články, chirurgické nástroje, biosenzory, biomateriál nebo ochrana proti korozi. ^[15]

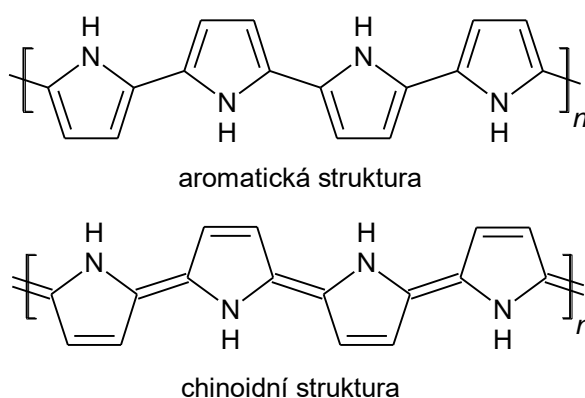
2.2.1. Vlastnosti pyrrolu

Pyrrol (1H-pyrrol, 1-aza-2,4-cyclopentadien) je heterocyklická aromatická sloučenina, která ve své molekule obsahuje atom dusíku. Sumární vzorec pyrrolu je C_4H_5N . Jedná se o kapalnou látku s nepříjemným zápachem připomínajícím chloroform. Pokud je pyrrol čerstvě predestilovaný, je bezbarvý, ale poté časem ztmavne. Pyrrol je částečně rozpustný ve vodě a rozpustný v alkoholech, benzenu a etheru. ^[16] Bod varu pyrrolu je $130\text{ }^\circ\text{C}$ ^[17] a bod tání je $-23\text{ }^\circ\text{C}$ ^[18].

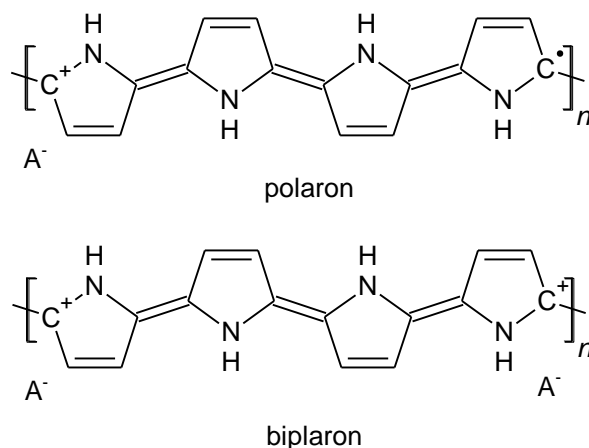
Pyrrol je přítomen ve fosilních palivech, ve vařeném mase i rybách a také tvoří aromatickou složku některých rostlin. Používá se při organických syntézách, při výrobě polymerů, dále se využívá jako elektrolyt, rozpouštědlo nebo inhibitor koroze. Pyrrol patří mezi hořlavé a toxické látky. Jeho výpary dráždí oči, sliznice a horní cesty dýchací. ^[17]

2.2.2. Syntéza polypyrrolu

Polypyrrol lze připravit chemickou nebo elektrochemickou oxidační polymerací. ^[19, 20] Výchozí látkou při syntéze polypyrrolu je monomer 1H-pyrrol. Produktem polymerace je konjugovaný polymer, který vytváří aromatickou nebo chinoidní rezonanční strukturu. (Obrázek 7) V tomto neutrálním stavu je polymer nevodivý a vodivým se stává až po provedení oxidace. Náboj na polypyrrolovém řetězci je delokalizován a může obsahovat jeden kationt (polaron) nebo dva kationty (biplaron) (Obrázek 8). Výsledný polypyrrol je obvykle získán ve formě černého nerozpustného prášku. ^[19]



Obrázek 7. Chemická struktura polypyrrolu v neutrálním stavu. ^[19]



Obrázek 8. Chemická struktura polypyrrolu v oxidovaném stavu.^[19]

2.2.2.1. Elektrochemická polymerace pyrrolu

Elektrochemická polymerace pyrrolu představuje unikátní kombinaci elektrochemických procesů. Jedná se o redoxní reakci, která je doprovázena změnou elektrických vlastností. Pomocí této redoxní reakce se z nevodivého polymeru stává vodivý polymer. Průběh elektrochemické polymerace závisí na elektrodovém potenciálu a nukleofilitě roztoku. Polymerní filmy vznikají, jen pokud je nukleofilita roztoku nízká a elektrodový potenciál je dostatečně velký. Při snížení elektrodového potenciálu pod hodnotu potenciálu probíhající oxidace monomeru ($E = 1,2 \text{ V}$) a potenciálu polypyrrolového filmu ($E^0 = -0,2 \text{ V}$), může dojít k ukončení polymerace. Z této podmínky plyne, že tvorba polymerního filmu probíhá, pokud probíhá oxidace.^[21] Hodnota vodivosti polymerních filmů připravených elektrochemickou oxidací se pohybuje v rozmezí $10\text{-}100 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$.^[22]

Elektrochemickou oxidací pyrrolu se na povrchu elektrody (Pt) vytváří film vodivého polymeru.^[22] Reakce probíhá ve třech krocích – iniciace, propagace a terminace (*Schéma 2*). V prvním kroku se vytvoří monomerní radikálový kationt. Vzniklý kationt se následně spojí s dalším monomerem za odštěpení 2 atomů vodíku. Propagace pokračuje oxidací vzniklého dimeru a další rekombinací radikálů. Terminace nastane, pokud není přítomen žádný další monomer nebo pokud reakci ukončí vedlejší řetězec vzniklého polypyrrolu. Reakci může ukončit i molekula vody, která vytvoří amidovou skupinu.^[19] Jako oxidační činidla polymerace pyrrolu se zpravidla používají peroxodisíran amonný, dvojjchroman draselný nebo chloristanem železitým.^[23, 24]

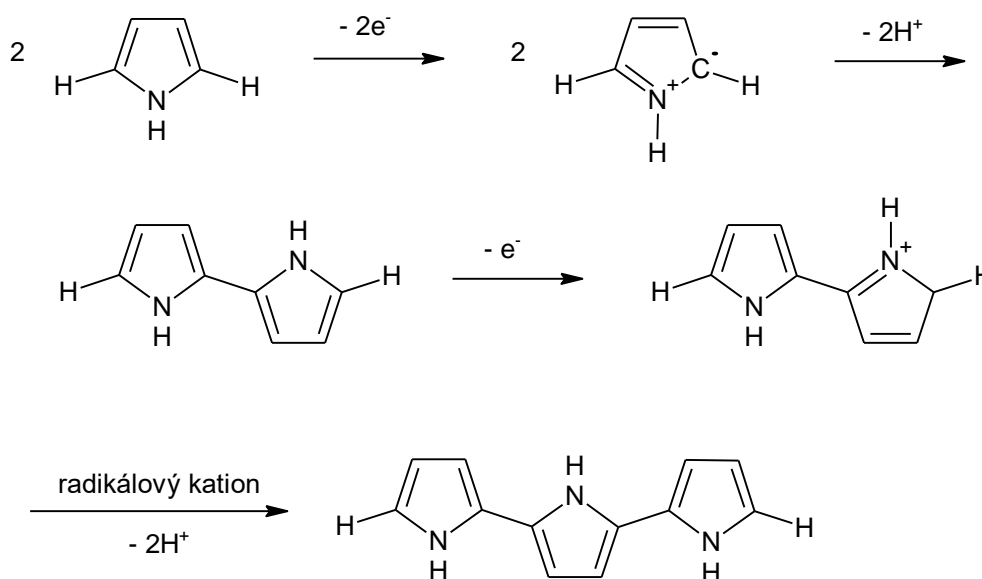
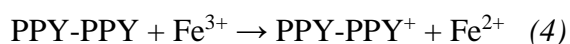


Schéma 2. Oxidační polymerace pyrrolu. ^[19]

2.2.2.2. Chemická polymerace pyrrolu

Mechanismus chemické polymerace pyrrolu je podobný jako u elektrochemické polymerace (viz. *Schéma 2*) a hodnoty vodivosti polymerního filmu jsou srovnatelné. ^[19] Chemická oxidace pyrrolu spočívá v oxidaci různými roztoky kovových solí, např. As^+ , Cu^{2+} a Fe^{3+} . ^[25] Mechanismus oxidace železitými ionty je uveden níže (*Rovnice 2–5*): ^[26]

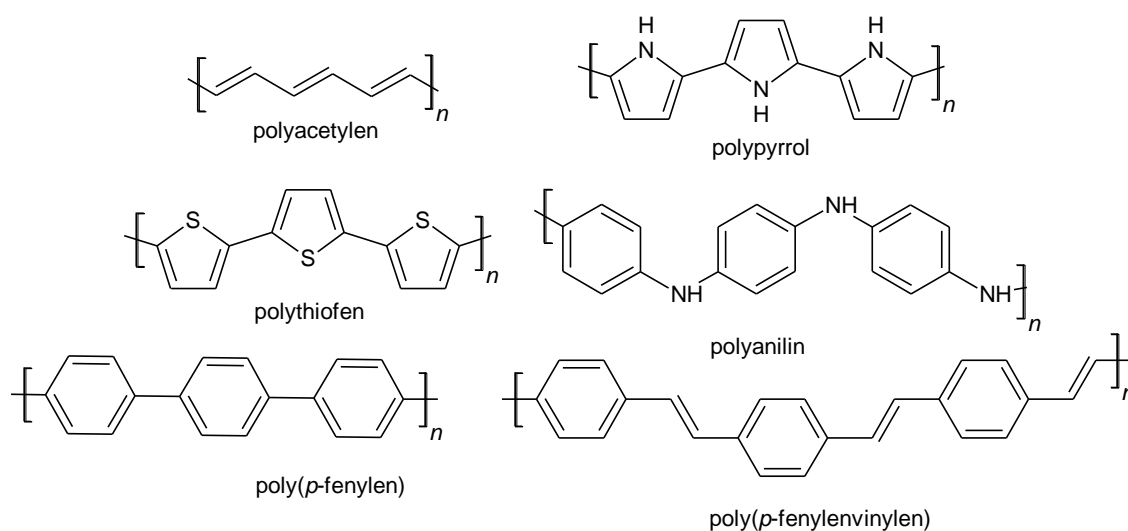


Bylo zjištěno, že výtěžek polymerace pyrrolu lze zvýšit přidavkem anionaktivní povrchově aktivní látky (např. kyselina dodecylbenzylsulfonová nebo dodecylsulfát sodný), která se zabuduje do polymerního řetězce. Avšak přidavkem kationaktivní povrchově aktivní látky dochází k inhibici polymerace. ^[19]

2.2.3. Vodivé polymery

Již více než čtyřicet let se studují látky, které se svými zpracovatelskými vlastnostmi podobají polymerům, ale také vykazují určitou vlastní elektrickou vodivost, která je charakteristická pro polovodiče a kovy. Za objev této skupiny polymerů byla udělena Nobelova cena za chemii A. J. Heegerovi, A. G. MacDiarmidovi a H. Shirakawovi v roce 2000.

Existuje velké množství vodivých polymerů, ale mezi nejběžnější se řadí polyacetylen, polypyrrol, polyanilin, polythiofen, poly(*p*-fenylen) a poly(*p*-fenylenvinylem) (Obrázek 9).^[27]



Obrázek 9. Přehled nejběžnějších vodivých polymerů.^[27]

Mezi charakteristické vlastnosti vodivých polymerů patří jejich vlastní elektrická vodivost, dobré magnetické, optické a mechanické vlastnosti, absorpce mikrovlnného záření nebo jejich nízká molekulová hmotnost.^[28]

2.2.3.1. Mechanismus elektrické vodivosti

Mechanismus elektrické vodivosti vodivých polymerů lze vysvětlit pomocí pásové teorie, která popisuje princip přenosu stejného náboje jako u amorfních látek. Přenos náboje je ovlivněn mírou neuspořádanosti, která má za následek delokalizaci π -elektronů. Ideální vodivý polymer je složen z řetězců, které mají identické konstituční jednotky. Po celé délce polymerního řetězce dochází k delokalizaci π -elektronů a tyto delokalizované elektrony vytvářejí pásy identické pásům v polovodičích. V ideálním případě, kdy je materiál nevodivý, je π -pás zcela zaplněn a π^* -pás je zcela prázdný. π -pás se nazývá HOMO (highest occupied molecular orbital) a π^* -pás LUMO (lowest unoccupied molecular orbital). Vodivost materiálu lze zvýšit tzv. dopováním.^[27]

2.2.3.2. *Mechanismus dopování polymerů*

Dopování je proces, který se provádí pomocí nosičů náboje a tím se z nevodivého materiálu stává materiál vodivý. Nosiče náboje jsou do polymerního řetězce zabudovány pomocí dopantů (iontů opačného náboje). Tyto dopanty se do polymerního řetězce dostávají zpravidla při přípravě z roztoku, ve kterém je přítomen monomer a daný dopant (kyselina nebo sůl).^[29]

Dopování je reverzibilní proces a provádí se dvěma způsoby. Prvním způsobem je p – dopování, při kterém je polymer oxidován a tím dochází ke vzniku kladného náboje. Druhým způsobem je n – dopování, při kterém dochází k redukci a vzniku záporného náboje. Při dopování lze použít malé dopanty (např. chloridové anionty) i velké dopanty (např. polystyrensulfonyl sodný). Dopování se provádí během syntézy a může být provedeno chemicky, elektrochemicky nebo tzv. fotodopováním. Výslednou vodivost polymeru lze ovlivnit množstvím použitého dopantu, ale množství použitého dopantu může ovlivnit strukturální vlastnosti polymeru (např. barevnost, objem nebo pórovitost).^[15]

2.2.3.3. *Využití vodivých polymerů*

Vodivé polymery nacházejí uplatnění v mnoha různých odvětvích. Díky svým vlastnostem mohou v některých případech nahradit vodivá plniva jako jsou uhlíková vlákna, saze nebo grafit. Patří sem i příprava kompozitních materiálů, které se využívají pro odporové topné prvky, obaly nebo antistatické podlahové krytiny. Polyanilin se používá v antistatických vrstvách fotografických filmů, které potlačují vznik elektrostatického výboje při převíjení. Vodivé polymery jsou studovány i v souvislosti se solárními články. Využívají se i jako aditiva např. do recyklovaných plastů. Polypyrrol je používán s polyurethanovou disperzí při úpravě povrchů proti korozi.^[29-31] Vodivé polymery jsou studovány i v oblasti tkáňového inženýrství díky své biokompatibilitě a biologické rozložitelnosti.^[15]

2.3. Koroze

Koroze je definována jako přírodní proces, který způsobuje velké škody. Oproti jiným přírodním procesům, lze však korozi předcházet a kontrolovat ji. ^[32] Jedná se o reakci kovu s daným prostředím, u které je nejvýznamnější rychlost napadení plochy kovu, rozsah napadení a jeho forma vzhledem k tloušťce kovového povrchu. ^[33] Důležitým kritériem pro uskutečnění koroze je nestabilita složek soustavy, která je charakterizována úbytkem Gibbsovy energie. ^[34]

Vliv na korozi má i okolní prostředí. Koroze kovového povrchu je vyvolána chemickým nebo fyzikálně-chemickým působením, např. vlhkostí, slanou i destilovanou vodou, přítomností amoniaku, sirovodíku, oxidy dusíku, výfukovými plyny, kyselinami, zásadami i půdou. ^[32]

Korozi kovů lze rozdělit do několika skupin, podle kterých ji můžeme hodnotit. Korozi lze hodnotit dle místa vzniku, vzhledu, rozsahu poškození, fyzikálních podmínek, rychlosti vzniku, podle druhu chemické reakce nebo podle korozního prostředí, ve kterém se daný kov nachází. ^[35]

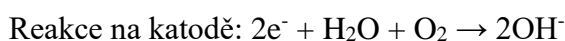
2.3.1. Rozdělení koroze

Koroze kovů se dělí na tři základní skupiny. Do první skupiny se řadí elektrochemická koroze, kterou vyvolávají roztoky elektrolytů. Druhou skupinu tvoří koroze kovů, která je způsobena přítomností různých plynů, např. oxidace kovů kyslíkem. Poslední skupinu tvoří koroze kovů, kterou způsobuje jejich fyzikální rozpouštění. ^[4]

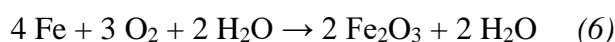
2.3.1.1. Elektrochemická koroze

Elektrochemická koroze je založena na přítomnosti kovu, vodiče elektrického proudu, akceptoru elektrolytů nebo samotného elektrolytu. ^[34]

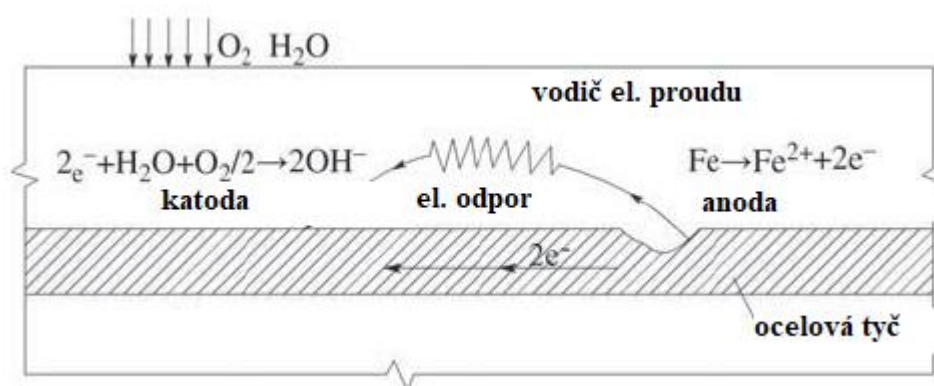
Mechanismus koroze spočívá ve vzniku oxidu železitého (Fe_2O_3 , hematit), tzv. rzi. ^[36] Největší pozornost je zaměřena na elektrochemickou korozi železných materiálů (*Obrázek 10*). Vodivým materiálem dochází ke kontaktu kovu s kyslíkem a vzdušnou vlhkostí. Při tomto procesu probíhají dvě dílčí reakce na anodě a katodě, které jsou vyvolány elektrickým proudem. Oxidace kovu probíhá na anodě a na katodě probíhá redukce kyslíku. ^[37]



Mechanismus koroze jako celku lze pak vyjádřit chemickou rovnicí (Rovnice 6).^[34]



Vzniklý oxid železitý zaujímá dvojnásobný objem oproti kovu, který napadá. Při kontaktu se vzdušnou vlhkostí dochází k botnání a zvýšení objemu na rozhraní kovového podkladu. Tímto dochází k odlupování a praskání povrchu a poté lze v trhlinách řezu pozorovat červenohnědé skvrny vznikající rzi.^[37]



Obrázek 10. Mechanismus elektrochemické koroze železných materiálů; Převzato a upraveno z [37].

2.3.2. Koroze pod organickými povlaky

Existuje několik druhů koroze, které se objevují pod organickými povlaky. Při prvním poškození organického povlaku můžeme pozorovat tvorbu puchýřků, která signalizuje ztrátu adheze ochranného povlaku. Koroze v oblasti puchýřků je způsobena vodou, která se nahromadí na rozhraní ochranného povlaku a podkladu. Puchýřky mohou vznikat např. botnáním, vlivem pohlcování plynů, elektroosmózou, důsledkem vad připraveného filmu nebo v okolí zkušebních vrypů.

Dalším druhem koroze je blesková koroze. Tento typ koroze představuje velký problém u vodou ředitelných nátěrových hmot. U těchto nátěrových hmot dochází k tvorbě filmů pomocí odpařování rozpouštědla. Při pomalém odpařování a při vysoké vlhkosti může docházet k vylučování solí železa do filmu i na povrch organického povlaku a tím dochází k tvorbě koroze.

Specifickým projevem koroze je nitková koroze, která se tvoří ve vlhkém prostředí. Tato koroze se tvoří na povrchu a je charakteristická tvorbou vláken, které mohou mít různé tvary a různou délku.^[4]

2.3.3. Ochrana proti korozi

Mechanismus ochrany kovů proti korozi spočívá v nanesení ochranného filmu na povrch kovu, který by zvýšil termodynamickou stabilitu a zmenšil rychlost reakcí probíhajících při korozi. Existuje několik možností, jak zvýšit ochranu povrchu kovového materiálu. Kovový materiál lze ochránit před korozi zvýšením čistoty kovu, pokovením daného kovu, legováním nebo nanesením organické vrstvy na povrch kovu (např. nátěrové hmoty). Další možností, jak lze předejít korozi, je použití tzv. inhibitorů koroze. Jako inhibitory koroze se označují látky, které omezují a zpomalují rychlost reakce koroze. ^[4] Antikorozní účinky vykazují i vodivé polymery. K ochraně kovových povrchů před korozi se využívá např. polyurethanová disperze s obsahem polypyrrolu. ^[27]

3. CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce byla syntéza a testování nového latexového pojiva s obsahem koloidních polypyrrolových (PPy) částic. Pojivo bylo připraveno semikontinuální emulzní polymerací postupem využívajícím strategii tzv. „one-pot“ syntézy, při níž v jednom reaktoru docházelo k emulzní polymeraci vinylických monomerů i k oxidační polymeraci pyrrolu. Tento technologický postup přináší nejen šetrnost k životnímu prostředí a časovou i energetickou úsporu při syntéze, ale nabízí i možnost zlepšení kinetiky a kvality latexového pojiva.

Jako iniciátor emulzní radikálové polymerace a jako oxidační činidlo elektrochemické (oxidační) polymerace pyrrolu byl použit peroxodisíran amonný. K syntéze latexového pojiva byly jako výchozí monomery použity methylmethakrylát, butylakrylát a kyselina methakrylová. Při syntéze byl předložený obsah pyrrolu proměnný a byly připraveny výsledné latexy s 0,25 – 0,75% obsahem inkudovaných PPy částic (hm. koncentrace, vztaženo na polymerní podíl). Vzniklé latexové pojivo, resp. vzniklý film, by mělo vykazovat některé vlastnosti vodivých polymerů, tedy elektrochemickou aktivitu vodivých částic PPy obsažených v polymerní matici. Po vytvoření latexového filmu by obsažené částice PPy měly vykazovat inhibiční aktivitu vůči korozi kovového podkladu.

U pojiv bylo provedeno hodnocení jejich charakteristických vlastností (pH, sušina, viskozita, minimální filmotvorná teplota, hustota atd.). Dále byl sledován vliv obsahu inkudovaných PPy částic v připravených latexových pojivech na fyzikálně-mechanické vlastnosti vzniklých polymerních filmů, byla hodnocena stabilita připravených latexů při skladování, odolnost vůči teplotním vlivům atd.

Dále byl sledován vliv obsahu PPy v připravených latexových pojivech a chemického složení pigmentu (8 hm. % pigmentů a plniv) na fyzikálně-mechanické vlastnosti vzniklých polymerních filmů, byla hodnocena stabilita pigmentovaných latexů při skladování, chemická odolnost atd. U těchto pigmentovaných latexů byla hodnocena korozní odolnost ochranných povlaků pomocí lineární polarizace a na základě těchto výsledků byly připraveny ochranné nátěrové hmoty s OKP 0,5 % funkčního pigmentu a OKP 10 % plniva. U připravených polymerních filmů s OKP 0,5 % pigmentu byly testovány mechanické vlastnosti a dále byly provedeny korozní testy v simulovaných korozních atmosférách.

Výsledkem práce by měla být vodou ředitelná nátěrová hmota na bázi latexového pojiva se zabudovanými PPy částicemi a dalšími pigmenty, která poskytuje polymerní filmy s dostatečnou přilnavostí k podkladu a zároveň zvýšenou korozní a chemickou odolností.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

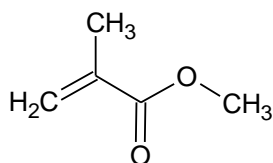
4.1. Použité suroviny a chemikálie

4.1.1. Suroviny a chemikálie použité při syntéze polyakrylátových latexů

4.1.1.1. Monomery

Methylmethakrylát (MMA)

Chemický vzorec:



Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o.

Molární hmotnost: 100,1 g·mol⁻¹

Hustota: 0,943 g·cm⁻³

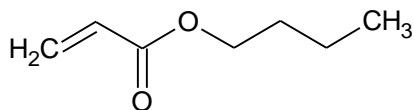
Bod tání: -48 °C

Bod varu: 100 °C

CAS No: 80-62-6

Butylakrylát (BA)

Chemický vzorec:



Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o.

Molární hmotnost: 128,2 g·mol⁻¹

Hustota: 0,883 g·cm⁻³

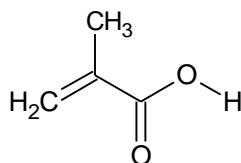
Bod tání: -64 °C

Bod varu: 147 °C

CAS No: 141-32-2

Kyselina methakrylová (KMA)

Chemický vzorec:



Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o.

Molární hmotnost: 86,1 g·mol⁻¹Hustota: 1,018 g·cm⁻³

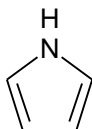
Bod tání: 15 °C

Bod varu: 160 °C

CAS No: 79-41-4

Pyrrol

Chemický vzorec:



Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o.

Molární hmotnost: 67,09 g·mol⁻¹Hustota: 0,967 g·cm⁻³

Bod tání: 23 °C

Bod varu: 129 °C

CAS No: 109-97-7

*4.1.1.2. Chemikálie použité při syntéze polyakrylátových latexů***Disponil FES 993**

Funkce: emulgátor

Výrobce: BASF Inc.

Složení: polyglykoethersulfát mastného alkoholu, sodná sůl

Hustota: 1,1 g·cm⁻³

Peroxodisíran amonný

Funkce: iniciátor

Výrobce: Lach-Ner s.r.o.

Sumární vzorec: $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$

Hustota: $1,98 \text{ g.cm}^{-3}$

Demineralizovaná voda

Výrobce: Univerzita Pardubice

Hustota: $1,00 \text{ g.cm}^{-3}$

4.1.2. Pigmenty**Omyacarb – 2VA**

Složení: CaCO_3

Výrobce: Omya CZ s.r.o.

Barva: bílá

Hustota: $2,7135 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: $23,53 \text{ g/100 g}$

KOKP: $59,29 \text{ hm } \%$

Litopon 30%

Složení: $\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$

Výrobce: 3P-CHEM s.r.o.

Barva: bílá

Hustota: $4,2846 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: $12,82 \text{ g/100 g}$

KOKP: $62,87 \text{ hm } \%$

Oxid zinečnatý

Sumární vzorec: ZnO

Výrobce: Sigma-Aldrich

Barva: bílá

Hustota: $5,6783 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 22,26 g/100 g

KOKP: 42,39 hm %

ZinkfosfátSumární vzorec: $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$

Výrobce: Sigma-Aldrich

Barva: bílá

Hustota: $3,3526 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 21,45 g/100 g

KOKP: 56,39 hm %

Sulfid zinečnatý

Sumární vzorec: ZnS

Výrobce: Sigma-Aldrich

Barva: bílá

Hustota: $4,0391 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 22,25 g/100 g

KOKP: 50,86 hm %

ZinkferitSumární vzorec: ZnFe_2O_4

Výrobce: Univerzita Pardubice, laboratorní příprava

Barva: oranžová

Hustota: $5,1677 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 24,03 g/100 g

KOKP: 42,82 hm %

Disulfid molybdenuSumární vzorec: MoS_2

Výrobce: Sigma-Aldrich

Barva: černá

Hustota: $4,8070 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 29,78 g/100 g

KOKP: 39,38 hm %

Polypyrrol fosfát (PPy)Sumární vzorec: $[\text{C}_4\text{H}_5\text{N}]_n$

Výrobce: Univerzita Pardubice, laboratorní příprava

Barva: černá

Hustota: $1,6708 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 133,85 g/100 g

KOKP: 29,37 hm %

Polyanilin fosfát (PANI)Sumární vzorec: $[\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2]_n$

Výrobce: Univerzita Pardubice, laboratorní příprava

Barva: černá

Hustota: $1,6304 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 54,16 g/100 g

KOKP: 51,30 hm %

Disulfid molybdenu povrchově upravený polyanilin fosfátem (MoS_2/PANI)

Výrobce: ÚMCH AVČR

Barva: černá

Hustota: $3,1136 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 106,48 g/100 g

KOKP: 21,91 hm %

Disulfid molybdenu povrchově upravený polypyrrol fosfátem (MoS₂/PPy)

Výrobce: ÚMCH AVČR

Barva: černá

Hustota: $3,7987 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 102,26 g/100 g

KOKP: 19,32 hm %

Oxid titaničitýSumární vzorec: TiO₂

Výrobce: Prechezia a.s.

Barva: bílá

Hustota: $3,8692 \pm 0,02 \text{ g.cm}^{-3}$

Spotřeba oleje: 25,46 g/100 g

KOKP: 48,56 hm %

4.1.3. Srovnávací vodou ředitelná polymerní disperze

Axilat 2431

Funkce: srovnávací polymerní disperze

Výrobce: Synthomer

Složení: disperze styren-akrylového polymeru

Sušina: 50 %

Hustota: $1,06 \text{ g.cm}^{-3}$

4.1.4. Aditiva

Dehydran® 1239

Funkce: odpěňovač

Složení: modifikované polysiloxany

Výrobce: Henkel KGaA

SER AD FA 179

Funkce: inhibitor bleskové koroze

Složení: chelátové sloučeniny zinku rozpuštěné ve směsi rozpouštědel

Výrobce: Sigma-Aldrich

4.2. Přístroje a zařízení

Příprava polyakrylátových latexů

- Polymerační aparatura pro přípravu vodné polymerní disperze
- Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo

Charakterizace pojiv

- pH metr Mettler Toledo, FiveEasy FE20, Merck KGaA, Německo
- Rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, USA
- Vakuová sušárna, Memmert typ VO 200, Německo
- Analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko
- Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo
- Skenovací elektronový mikroskop LYRA 3, Tescan, Česká republika
- Přístroj MFFT 60, RHH s.r.o., Česká republika
- Přístroj pro měření velikosti částic a zeta potenciálu Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Velká Británie)

Příprava nátěrových hmot

- Disolver Dispermat, Donventa AG, Švýcarsko
- Analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko
- Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo
- Krabicová nanášecí pravítka se štěrbinami 100-250 μm

Charakterizace pigmentů

- Micrometrics AutoPyknometr AccuPyc II 1340, USA
- Analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko

Stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti

- Kyvadlový přístroj 3034M001 Elcometer, kyvadlo typu Persoz, Německo
- Buchholzův přístroj, Byk Gardner, Německo
- Leskoměr Micro Tri-Gloss, Byk Gardner, Německo
- Tloušťkoměr Minitest 1100, ElektroPhysik, Německo
- Tříbodové mechanické měřidlo tloušťky, Byk Gardner, Německo
- pH metr Mettler Toledo, FiveEasy FE20, Merck KGaA, Německo
- Konduktometr Handylab LF1, WTW, s.r.o., Česká republika
- Řezací nůž pro stanovení přilnavosti, Elcometer Instruments GmbH, Německo
- Erichsenův přístroj pro stanovení odolnosti hloubením, Erichsen, Německo
- Přístroj pro stanovení odolnosti úderem 1615, Elcometer, Anglie
- Přístroj pro stanovení odolnosti ohybem 1506, Elcometer, Anglie

Stanovení chemické a korozní odolnosti

- Solná komora SKB400ATR s kondenzací mlhy $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, Liebishch, Německo
- Kondenzační komora, Kovofiniš Ledec nad Sázavou, Česká republika
- Korozní komora s SO_2 V400, Liebishch, Německo
- Vakuová sušárna, Memmert typ VO 200, Německo

4.3. Postup syntézy polyakrylátových latexů

4.3.1. Syntéza polyakrylátového latexu bez PPy

Do reakční nádoby byla, podle níže uvedené receptury (viz. *Tabulky 1, 2*), předložena destilovaná voda a emulgátor. Bylo zapnuto míchadlo a přívod inertního plynu (N_2). Reaktor byl vyhřát na $85\text{ }^\circ\text{C}$. Poté byla do emulgační baňky předložena destilovaná voda, roztok iniciátoru $(NH_4)_2S_2O_8$, emulgátor Disponil FES 993 a monomery tvořící Polymer I (MMA, BA, KMA). Mícháním byla vytvořena emulze monomerů. Po zhomogenizování emulze v emulgační baňce byl přidán do reakční nádoby iniciátor $(NH_4)_2S_2O_8$ a za stálého míchání reakční směsi bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů. Doba přikapávání byla 60 minut. Po skončení příkapu byla teplota reakční směsi udržována na teplotě $85\text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 15 minut.

V emulgační baňce byla obdobným postupem připravena emulze monomerů tvořící Polymer II (destilovaná voda, roztok iniciátoru $(NH_4)_2S_2O_8$, emulgátor Disponil FES 993 a monomery (MMA, BA, KMA)). Mícháním byla v emulgační baňce vytvořena emulze monomerů II, poté bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů. Doba přikapávání byla 60 minut. Po skončení příkapu emulze monomerů byla udržována teplota reakční směsi na $85\text{ }^\circ\text{C}$ po dobu 120 min. Vzniklý latex byl za neustálého míchání ochlazen v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu $25\text{ }^\circ\text{C}$. Nakonec byl latex přefiltrován a uložen v PE lahvi.

Polovina latexu byla použita v tomto stavu a v dalším textu nese označení kyselý latex, popř. kyselá forma latexu. Druhá polovina latexu byla zalkalizována pomocí 10% vodného roztoku amoniaku na $\text{pH} = 8,5$ a v dalším textu je tento latex označován jako zalkalizovaný latex, popř. alkalizovaná forma latexu (A).

Tabulka 1. Složení polymeračního systému pro syntézu latexu bez obsahu PPy.

Násada do reaktoru	[g]
voda	60
Disponil FES 993	0,5
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g $(NH_4)_2S_2O_8$ v 15 ml vody)	15,4
Emulze monomerů I	
voda	60
Disponil FES 993	7,3
monomery	100
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g $(NH_4)_2S_2O_8$ v 15 ml vody)	15,4
Emulze monomerů II	
voda	140
Disponil FES 993	7,3
monomery	100
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g $(NH_4)_2S_2O_8$ v 15 ml vody)	15,4

Tabulka 2. Použité monomery a jejich poměr při syntéze latexu bez obsahu PPy.

Monomer	Polymer I [% , g]	Polymer II [% , g]
MMA	45	45
BA	51	51
KMA	4	4

4. 3. 2. Syntéza polyakrylátového latexu s inkludovanými PPy částicemi

Reakční nádoba byla navíc opatřena baňkou s regulovatelným výtokem. Byly připraveny 3 polyakrylátové latexy s různou koncentrací PPy – 0,25 %, 0,5 % a 0,75 % (teoretická koncentrace PPy vztažená na polymerní podíl).

**Obrázek 11.** Aparatura pro přípravu akrylátového latexu s inkludovanými PPy částicemi.

Do reakční nádoby byla, podle níže uvedené receptury (viz. *Tabulky 3-6*), předložena destilovaná voda a emulgátor Disponil FES 993. Bylo zapnuto míchadlo a přívod inertního plynu (N_2). Reaktor byl vyhřát na 85 °C. Poté byla do emulgační baňky předložena destilovaná voda, roztok iniciátoru $(NH_4)_2S_2O_8$, emulgátor Disponil FES 993 a monomery tvořící Polymer I (MMA, BA, KMA). Mícháním byla vytvořena emulze monomerů. Po zhomogenizování emulze v emulgační baňce byl přidán do reakční nádoby iniciátor $(NH_4)_2S_2O_8$ a za stálého míchání reakční směsi bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů. Doba přikapávání byla

60 minut. Po skončení příkapu byla teplota reakční směsi udržována na teplotě 85 °C po dobu 15 minut.

V emulgační baňce byla obdobným postupem připravena emulze monomerů tvořící Polymer II (destilovaná voda, roztok iniciátoru $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, emulgátor Disponil FES 993 a monomery (MMA, BA, KMA). Paralelně byl do baňky s regulovatelným výtokem předložen roztok pyrrolu. Mícháním byla v emulgační baňce vytvořena emulze monomerů II, poté bylo spuštěno paralelní příkapávání emulze monomerů a roztoku pyrrolu. Doba příkapávání obou složek byla 60 minut. Po skončení příkapu byla udržována teplota reakční směsi na 85 °C po dobu 5 minut. Mezitím byl do emulgační baňky předložen roztok iniciátoru (0,7 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 15 ml vody), který byl po uplynutí 5minutové copolymerace dávkován do reaktoru po dobu 15 min. Poté byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C po dobu 100 min. Vzniklý latex byl za neustálého míchání ochlazen v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C. Nakonec byl latex přefiltrován a uložen v PE lahvi.

Polovina latexu byla použita v tomto stavu a v dalším textu nese označení kyselý latex, popř. kyselá forma latexu. Druhá polovina latexu byla zalkalizována pomocí 10% vodného roztoku amoniaku na $\text{pH} = 8,5$ a v dalším textu je tento latex označován jako zalkalizovaný latex, popř. alkalizovaná forma latexu (A).

Tabulka 3. Složení polymeračního systému pro syntézu latexu s obsahem PPy 0,25 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).

Násada do reaktoru	[g]
voda	60
Disponil FES 993	0,5
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 15 ml vody)	15,4
Emulze monomerů I	
voda	60
Disponil FES 993	7,3
monomery	100
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 15 ml vody)	15,4
Emulze monomerů II	
voda	60
Disponil FES 993	7,3
monomery	100
roztok peroxodisíranu amonného (1,9 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 15 ml vody)	16,9
roztok pyrrolu (0,5 g v 65 ml vody)	65,5

Tabulka 4. Složení polymeračního systému s obsahem PPy 0,5 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).

Násada do reaktoru		[g]
voda		60
Disponil FES 993		0,5
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		15,4
Emulze monomerů I		
voda		60
Disponil FES 993		7,3
monomery		100
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		15,4
Emulze monomerů II		
voda		60
Disponil FES 993		7,3
monomery		100
roztok peroxodisíranu amonného (4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		19
roztok pyrrolu (1 g v 65 ml vody)		66

Tabulka 5. Složení polymeračního systému s obsahem PPy 0,75 hm.% (vztaženo na polymerní podíl).

Násada do reaktoru		[g]
voda		60
Disponil FES 993		0,5
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		15,4
Emulze monomerů I		
voda		60
Disponil FES 993		7,3
monomery		100
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		15,4
Emulze monomerů II		
voda		60
Disponil FES 993		7,3
monomery		100
roztok peroxodisíranu amonného (6,1 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)		21,1
roztok pyrrolu (1,5 g v 65 ml vody)		66,5

Tabulka 6. Použité monomery a jejich poměr při syntéze latexů s obsahem PPy 0,25 %; 0,5 % a 0,75 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).

Monomer	Polymer I [% , g]	Polymer II [% , g]
MMA	45	45
BA	51	51
KMA	4	4

4.4. Příprava nátěrových hmot

4.4.1. Dispergace polyakrylátových latexů s 8 hm. % pigmentu a OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniv

Dispergace vodou ředitelných nátěrových hmot byla provedena ve dvou fázích. Nejprve byla provedena předdispergace a poté samotná dispergace na přístroji Disolver Dispermat.

V případě vodou ředitelných nátěrových hmot s 8 hm. % pigmentů byla nejprve připravena disperze daného pojiva s určitým antikoročním pigmentem a celá směs byla předdispergována při otáčkách 700 ot./min po dobu 20 minut. Poté byla provedena dispergace na přístroji Disolver Dispermat při otáčkách 1500 ot./min po dobu 30 minut, čímž došlo k rovnoměrnému rozptýlení pigmentu v pojivu. Po ukončení dispergace byly připravené vodou ředitelné nátěrové hmoty přefiltrovány a uschovány ve skleněných nádobách. Byly testovány různé pigmenty a plniva s připravenými pojivy. Použitá plniva byla Omyacarb 2VA a Litopon 30 %. Použité pigmenty byly oxid titaničitý, oxid zinečnatý, zinkfosfát, sulfid zinečnatý, disulfid molybdenu a zinkferit.

V případě vodou ředitelných nátěrových hmot s 0,5 obj. % pigmentů byl nejprve připraven roztok reologického aditiva, do kterého byly postupně přidávány všechny složky nátěrové hmoty, tj. připravené pojivo, 1–2 hm. % aditiva Aerosil 150 pro zlepšení reologických vlastností a 0,25 hm. % odpěňovače Dehydran® 1239. Poté bylo přidáno dané množství antikoročního pigmentu a plniva, které bylo důkladně rozetřeno ve třecí misce. Disperze byla předdispergována při otáčkách 700 ot./min po dobu 20 minut a následně byla dispergace dokončena při otáčkách 1500 ot./min po dobu 30 minut. Po ukončení dispergace bylo do nátěrové hmoty přidáno 0,5 hm. % aditiva SER AD FA 179 proti bleskové korozi. Poté byly připravené vodou ředitelné nátěrové hmoty přefiltrovány a uschovány ve skleněných nádobách a následně byly testovány z hlediska lakařsko-technologických vlastností a antikorozní odolnosti při expozici v korozních prostředích. Pro přípravu vodou ředitelných nátěrových hmot s 0,5 obj. % pigmentu byl použit Litopon a Omyacarb 2VA jako plnivo. Použité pigmenty byly oxid zinečnatý, zinkfosfát, sulfid zinečnatý, disulfid molybdenu, zinkferit, disulfid molybdenu povrchově upravený polypyrrol fosfátem, disulfid molybdenu povrchově upravený polyanilin fosfátem, polypyrrol fosfát a polyanilin fosfát.

4.4.2. Formulace nátěrových hmot

Formulace rozpouštědlových nátěrových hmot spočívá v nalezení optimálního poměru všech přidaných složek. Finální vlastnosti nátěrových hmot v kapalné podobě i v suchém filmu jsou ovlivňovány použitými surovinami ve formulaci, tj. pojivem, pigmentem, plnivem, rozpouštědlem a aditivy. Množství látek v nátěrových hmotách se udává v objemových koncentracích. Vlastnosti nátěrových filmů ovlivňují různé fyzikální parametry, mezi které patří objemová koncentrace pigmentu, kritická objemová koncentrace pigmentu, uspořádání částic pigmentů a plniv, hustota uskupení, dispergovatelnost (vzájemné působení mezi pigmentem, plnivem a pojivem), efekty na fázovém rozhraní částic a pojiva (difúze vody a elektrolytů filmem) a chování filmu v závislosti na teplotě (cyklické namáhání, vnitřní pnutí).

Formulace nátěrových hmot byla provedena pouze u disperzí polyakrylátových latexů s 0,5 obj. % pigmentu. Připravené formulace byly provedeny pomocí programu „FORMUL“. Jako pojivo nátěrových hmot byl použit připravený latex s 0,25% obsahem inkudovaných PPy částic v kyselé i alkalické formě. Pro porovnání výsledků byl použit Axilat 2431 jako srovnávací vodou ředitelná polymerní disperze. Dále pro porovnání výsledků byl použit i zalkalizovaný latex s 0% obsahem PPy s různými objemovými koncentracemi pigmentu.

4.4.2.1. Formulace nátěrových hmot s plnivem Omyacarb 2VA

Byly zkoumány nátěrové hmoty se dvěma plnivy. Prvním plnivem byl Omyacarb 2VA, který byl testován s připraveným latexem s 0,25% obsahem inkudovaných PPy částic v alkalické formě. Nátěrové hmoty byly připraveny při objemové koncentraci pigmentu (OKP) 0,5 % a při koncentraci plniva 10 %. Množství jednotlivých látek dle formulace je uvedeno v *Tabulce 7*.

Tabulka 7. Formulace nátěrových hmot pro přípravu nátěrových hmot s OKP pigmentu 0,5 % a OKP plniva 10 % s použitím CaCO_3 jako plniva.

Hmotnostní % (g/100 g nátěrové hmoty)					
Pojivo + Plnivo	Pigment	Pojivo [hm%]	Pigment [hm%] (OKP = 0,5)	Plnivo [hm%] (OKP = 10)	Parametr pigmentovaného systému Q
A 0,25% + CaCO₃	ZnO	89,50	0,94	9,56	17,3
	ZP-10	89,85	0,57	9,59	17
	ZnS	89,74	0,67	9,58	17,1
	MoS ₂	89,62	0,81	9,57	17,3
	ZnFe ₂ O ₄	89,57	0,87	9,57	17,2
	MoS ₂ /PPy	89,77	0,64	9,59	18,6
	MoS ₂ /PANI	89,88	0,52	9,60	18,2
	PPy	90,10	0,28	9,62	17,7
	PANI	90,10	0,27	9,62	17,1

4.4.2.2. Formulace nátěrových hmot s plnivem Litopon 30 %

Druhým plnivem pro přípravu nátěrových hmot byl Litopon 30%. Toto plnivo bylo testováno s připraveným latexem s 0,25% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě. Nátěrové hmoty byly připraveny při OKP 0,5 % a při koncentraci plniva 10 %. Nátěrové hmoty byly připraveny podle *Tabulky 8*.

Tabulka 8. Formulace nátěrových hmot pro přípravu nátěrových hmot s OKP pigmentu 0,5 % a OKP plniva 10 % s použitím Litoponu 30 % jako plniva.

Hmotnostní % (g/100 g nátěrové hmoty)					
Pojivo + Plnivo	Pigment	Pojivo [hm%]	Pigment [hm%] (OKP = 0,5)	Plnivo [hm%] (OKP = 10)	Parametr pigmentovaného systému Q
A 0,25% + Litopon	ZnO	84,75	0,93	14,32	16,8
	ZP-10	85,09	0,53	14,38	16,5
	ZnS	85,03	0,64	14,34	16,5
	MoS ₂	84,92	0,76	14,32	16,8
	ZnFe ₂ O ₄	84,87	0,82	14,31	16,7
	MoS ₂ /PPy	86,06	0,60	14,34	18,0
	MoS ₂ /PANI	85,15	0,49	14,36	17,7
	PPy	85,35	0,26	14,39	17,7
	PANI	85,34	0,26	14,40	16,5
K 0,25% + Litopon	ZnO	84,67	0,91	14,42	16,8
	ZP-10	84,99	0,54	14,47	16,5
	ZnS	84,90	0,65	14,46	16,5
	MoS ₂	84,80	0,76	14,44	16,8
	ZnFe ₂ O ₄	84,74	0,83	14,43	16,7
	MoS ₂ /PPy	84,93	0,60	14,46	18,0
	MoS ₂ /PANI	85,02	0,50	14,48	17,7
	PPy	85,23	0,27	14,51	17,2
	PANI	85,23	0,26	14,51	16,5

4.4.2.3. Formulace srovnávacích nátěrových hmot

Pro porovnání výsledků byly připraveny srovnávací nátěrové hmoty s různými pojivy. Jako srovnávací vodou ředitelná polymerní disperze byl použit Axilat 2431 spolu s komerčním pigmentem zinkfosfátem a jako plnivo byl použit Litopon 30 %. Dále byly připraveny nátěrové hmoty s připraveným latexem s 0% obsahem PPy v alkalické formě při různé objemové koncentraci pigmentu. Formulace srovnávacích nátěrových hmot jsou uvedeny v *Tabulce 9*.

Tabulka 9. Formulace srovnávacích nátěrových hmot s různým OKP pigmentu a OKP plniva 10 %.

Hmotnostní % (g/100 g nátěrové hmoty)					
Pojivo + Plnivo	Pigment	Pojivo [hm%]	Pigment [hm%]	Plnivo [hm%] (OKP = 10)	Parametr pigmentovaného systému Q
A 0% + Litopon	PPy (OKP = 0,5)	85,69	0,26	14,05	17,2
A 0% + Litopon	PPy (OKP = 0,25)	85,51	0,13	14,36	17,0
A 0% + Litopon	—	85,34	—	14,66	16,4
Axilat 2431 + Litopon	ZP-10 (OKP = 0,5)	81,83	0,65	17,51	16,5

4.5. Příprava zkušebních vzorků

4.5.1. Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech

Připravené nátěrové hmoty byly využity k testování fyzikálně-mechanické a chemické odolnosti. K tomuto testování byly využity skleněné panely o rozměrech 200 × 100 × 3 mm. Před nanesením připravených nátěrových hmot byly skleněné panely očištěny nejprve vodou a saponátem a poté odmaštěny chloroformem a ethanolem. Nátěry byly nanášeny pomocí krabicového pravítka se štěrbinou 150 μm při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %, při stejných podmínkách byly natřené skleněné panely ponechány zasychat.

4.5.2. Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech

Připravené nátěrové hmoty byly testovány vůči mechanické, chemické a korozní odolnosti na ocelových panelech. Mechanická a chemická odolnost byla testována na ocelových panelech z nízkouhlíkové oceli o rozměrech 215 × 45 × 1 mm. Korozní odolnost byla testována na ocelových panelech (Q-Lab Corporation, USA) o rozměrech 100 × 150 × 0,8 mm a na ocelových panelech o rozměrech 102 × 51 × 0,8 mm. Před nanesením připravených nátěrových hmot byly plechy odmaštěny pomocí chloroformu, aby nedocházelo k negativnímu vlivu na kvalitu nátěrového filmu v důsledku přítomnosti možných nečistot. Poté byly nátěrové

hmoty nanášeny krabicovým pravítkem se štěrbinou 150 μm , 200 μm a 250 μm při teplotě 23 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %, při stejných podmínkách byly natřené ocelové panely ponechány zasychat.

Mechanická a chemická odolnost byla testována na ocelových panelech se třemi vrstvami nanesených nátěrových hmot. První vrstva byla nanесena krabicovým pravítkem se štěrbinou 250 μm , druhá a třetí vrstva byla nanесena pravítkem se štěrbinou 200 μm .

Korozní odolnost na panelech o rozměrech $100 \times 150 \times 0,8$ mm byla testována se třemi vrstvami nátěrových hmot. První vrstva byla nanесena krabicovým pravítkem se štěrbinou 150 μm , druhá a třetí vrstva byla nanесena pravítkem se štěrbinou 200 μm . Po zaschnutí byly ocelové panely oblepeny těsnicí samolepicí páskou, aby nedošlo k nežádoucímu prokorodování zkušebních vzorků při zrychlených korozních zkouškách v prostředí neutrální solné mlhy, v kondenzační komoře a v komoře s oxidem siřičitým. Před expozicí v korozních komorách byl na povrchu každého vzorku vytvořen řez dlouhý 9–10 cm. Poté byly vzorky ponechány po dobu 28 dní v temperované místnosti při teplotě 23 $^{\circ}\text{C}$. Ocelové panely o rozměrech $102 \times 51 \times 0,8$ mm byly testovány jednovrstvé i dvouvrstvé. První vrstva byla nanášena krabicovým pravítkem se štěrbinou 150 μm nebo 250 μm , druhá vrstva byla nanášena pravítkem se štěrbinou 150 μm .

4.5.3. Příprava zkušebních vzorků na hliníkových panelech

Připravené nátěrové hmoty byly testovány i na hliníkových panelech o rozměrech $102 \times 51 \times 0,8$ mm. Tyto panely byly použity pro stanovení nasákavosti „Sandwich testem“. Před nanесením připravených nátěrových hmot byly panely odmaštěny pomocí chloroformu. Nátěrové hmoty byly nanášeny pomocí krabicového pravítka se štěrbinou 250 μm a byla nanесena pouze jedna vrstva filmu. Nanášení filmů bylo provedeno při teplotě 23 ± 2 $^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %, při stejných podmínkách byly natřené hliníkové panely ponechány zasychat.

4.6. Metody hodnocení vlastností nátěrových filmů

4.6.1. Charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí

4.6.1.1. Stanovení obsahu koagulátu

Obsah koagulátu byl stanoven podle normy ČSN 64 9008 pomocí sítové analýzy. Koagulát je množství disperze v gramech, která se v průběhu polymerace srazí a po polymeraci je zfiltrována. Filtrace byla provedena přes jemné síto a zfiltrovaný koagulát byl následně vysušen a zvážen. Obsah koagulátu v procentech byl stanoven podle vzorce (1):

$$\text{Obsah koagulátu [\%]} = \frac{m_{\text{koagulátu}}}{m_{\text{koagulátu}} + \left(m_{\text{polymerní disperze}} \cdot \frac{\text{sušina v \%}}{100}\right)} \cdot 100 \quad (1)$$

4.6.1.2. Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny byl stanoven podle normy ČSN EN ISO 3251 (67 3031). Obsah sušiny znamená obsah netěkavých podílů v daném množství disperze. Do Petriho misek bylo na analytických vahách naváženo $1 \pm 0,2$ g vzorku a misky se vzorky byly vloženy do sušárny na dobu 2 hodin při teplotě 135 °C. Poté byly misky se vzorky umístěny do exsikátoru a po vychladnutí byly opět zváženy na analytických vahách. Od každého vzorku byla provedena tři stanovení a výsledná hodnota byla vypočítána jako aritmetický průměr. Obsah sušiny byl stanoven podle vzorce (2):

$$x [\%] = \frac{(m_{\text{na konci}} - m_{\text{Petriho misky}})}{(m_{\text{na počátku}} - m_{\text{Petriho misky}})} \cdot 100 \quad (2)$$

x – obsah sušiny

Pro porovnání výsledků byl stanoven i teoretický obsah sušiny podle vzorce (3):

$$x [\%] = \frac{m_{\text{netěkavých podílů (emulgátor, iniciátor, monomery, pyrrol)}}}{m_{\text{celý systém}}} \cdot 100 \quad (3)$$

4.6.1.3. Stanovení konverze

Okamžitě po dokončení syntézy latexu bylo do Petriho misky naváženo na analytických vahách $1 \pm 0,2$ g vzorku latexu. Vzorek byl poté inhibován 1 kapkou ethanolického roztoku hydrochinonu. Miska se vzorkem byla vložena do sušárny vyhřáté $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ na dobu 90 minut. Po vychladnutí v exsikátoru byla miska zvážena na analytických vahách. Od každého vzorku byla provedena tři stanovení a výsledná hodnota byla vypočítána jako aritmetický průměr. Konverze byla stanovena podle vzorce (4), v němž není zohledněn příspěvek vodorozpustných látek jako složek polymeračního systému:

$$p [\%] = \frac{(m_{na\ konci} - m_{Petriho\ misky})}{(m_{na\ počátku} - m_{Petriho\ misky}) \cdot (200 + m_{pyrrolu\ v\ pol.\ systému})} \cdot m_{polymeračního\ systému} \quad (4)$$

p – konverze

$m_{pyrrolu\ v\ pol.\ systému}$ – hmotnost pyrrolu zavedeného do polymeračního systému (závisí na typu latexu)

$m_{polymeračního\ systému}$ – hmotnost všech složek polymeračního systému (závisí na typu latexu)

4.6.1.4. Spektroskopická analýza PPy syntetizovaného při emulzní polymeraci

Vzorek PPy pro spektroskopickou analýzu byl připraven postupem uvedeným v kapitole 4.3.2. s rozdílem, že při syntéze nebyly předloženy do polymeračního systému monomery. Složení polymeračního systému pro syntézu vzorku PPy ke spektroskopické analýze popisuje *Tabulka 10*. Chemická povaha PPy syntetizovaného při emulzní polymeraci byla studována pomocí infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) na spektrometru Thermo Nicolet NEXUS 870 FTIR s detektorem DTGS TEC (ThermoFisher Scientific, USA) v oblasti vlnočtů $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. Analýzy PPy inkudovaného při emulzní polymeraci akrylátového polymeru a emulgátoru Disponil FES 993 byly získány technikou ATR, zatímco referenční práškové vzorky PPy soli a deprotonovaného PPy byly pro analýzu dispergovány v peletách bromidu draselného.

Výše uvedené látky byly rovněž analyzovány pomocí Ramanovy spektroskopie. Ramanova spektra excitovaná HeNe 633 nm laserem byla získána pomocí mikrospektrometru Renishaw inVia Reflex Raman (Renishaw, Anglie) s Peltierově chlazeným CCD detektorem (576×384 pixelů).

Tabulka 10. Složení polymeračního systému pro syntézu vzorku PPy pro spektroskopickou analýzu.

Násada do reaktoru	[g]
voda	60
Disponil FES 993	0,5
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)	15,4
“Emulze” I	
voda	60
Disponil FES 993	7,3
roztok peroxodisíranu amonného (0,4 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)	15,4
“Emulze” II	
voda	60
Disponil FES 993	7,3
roztok peroxodisíranu amonného (1,5 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ v 15 ml vody)	16,9
roztok pyrrolu (0,5 g v 65 ml vody)	65,5

4.6.1.5. Stanovení morfologie inkludovaných PPy částic pomocí skenovací elektronové mikroskopie

Připravené latexy s různým obsahem inkludovaných PPy částic byly studovány také z hlediska morfologie PPy částic s využitím skenovací elektronové mikroskopie (SEM). Vzorek pro SEM analýzu byl připraven odlitím a vysušením latexového filmu v silikonové formě při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 % do konstantní hmotnosti. Topografie a elementární složení nátěrového filmu byly sledovány na ploše lomu, který byl připraven v prostředí kapalného dusíku. Vzorek byl nejprve pokryt vrstvou uhlíku o tloušťce 0,20–0,25 nm pomocí přístroje SCD 050 (Balzers) a poté byl pozorován v režimu sekundárních a zpětně odražených elektronů pomocí skenovacího elektronového mikroskopu LYRA 3 (Tescan, ČR) opatřeného energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou (EDX) (AZtec Y-Max 20, Oxford Instruments, Velká Británie). Měření byla prováděna v Centru materiálů a nanotechnologií (CEMNAT) Univerzity Pardubice.

4.6.1.6. Stanovení pH

Stanovení pH bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 787-9 (64 9004). Měření bylo provedeno pH metrem, u kterého byla před měřením provedena kalibrace pomocí pufrů o pH 4 a 7. Poté byla elektroda opláchnuta v destilované vodě a osušena. Následně byla elektroda vložena do kádinky s příslušným vzorkem a po promíchání obsahu vzorku a ustálení potenciálu bylo zaznamenáno pH. Byla provedena tři měření od každého vzorku a výsledné pH bylo vypočítáno jako aritmetický průměr.

4.6.1.7. Stanovení zdánlivé viskozity podle Brookfielda

Viskozita byla stanovena podle normy ČSN ISO 2555 (64 0346), která se používá pro newtonovské kapaliny. Hodnota viskozity závisí na rychlostním gradientu, kterému jsou vystaveny výrobky během měření. K měření byl použit rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E vybavený sadou čtyř vřeten LV1 – 4. Měření probíhalo za pomoci válcovitého vřetena, které se ve vzorku otáčelo konstantní rychlostí. Všechna měření byla prováděna při laboratorní teplotě a při konstantní rychlosti rotace vřetena 100 ot./min. Typ vřetena byl zvolen tak, aby měření vykazovalo hodnoty kroutícího momentu v rozsahu 10 – 100 %. Hodnota zdánlivé viskozity byla odečtena po ustálení z displeje přístroje. Provedena byla tři měření a výsledná hodnota byla vypočítána jako aritmetický průměr.

4.6.1.8. Stanovení hustoty pomocí pyknometru

Pyknometrická metoda je založena na porovnání hmotností objemu vzorku s prázdným pyknometrem o určitém objemu. Nejprve byl zvážen vysušený a prázdný pyknometr. Poté byl do pyknometru převeden vzorek tak, aby byl plný, ale zároveň, aby nepřetékal, protože správné naplnění pyknometru je zásadní pro dosažení správného výsledku. Měření bylo provedeno při teplotě 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Hustota byla vypočítána podle vzorce (5):

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (5)$$

m_1 – hmotnost vysušeného a prázdného pyknometru [g]

m_2 – hmotnost naplněného pyknometru se vzorkem [g]

V – objem pyknometru zaznamenaný na nádobce [cm³]

4.6.1.9. Stanovení minimální filmotvorné teploty

Stanovení minimální filmotvorné teploty (MFFT – Minimal Film Forming Temperature) bylo stanoveno podle normy ISO 2115 (64 9006). Měření bylo provedeno na přístroji MFFT 60 (RHH s.r.o., Česká Republika). Na přístroji bylo nastaveno rozmezí teplot (-5 až 13) a poté se přístroj nechal vytemperovat. Po vytemperování byl na povrch poniklované měděné desky nanesen film pomocí pravítka se štěrbinou 150 μm a poté se film nechal zasychat v urychleném proudu vzduchu. Po zaschnutí naneseného filmu byla odečtena hodnota MFFT pomocí dotykového teploměru. Hodnota MFFT byla odečtena v místě, kde se na filmu začaly objevovat praskliny. Měření každého vzorku bylo provedeno třikrát s výsledná hodnota byla získána jako aritmetický průměr.

4.6.1.10. Stanovení velikosti částic a zeta-potenciálu

Velikost částic a zeta-potenciál byl stanoven měřením dynamického rozptylu světla (DLS – Dynamic Light Scattering). Měření bylo provedeno na přístroji Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Velká Británie). Byla měřena fluktuace intenzity rozptýleného světelného paprsku, který vycházel z laserového zdroje. Světlo rozptýlené na nestacionárních částicích je interferenčně zesilováno a zeslabováno a tento jev souvisí s fluktuací intenzity světelného paprsku. Časový průběh intenzity rozptýleného světla byl zaznamenán pomocí fotonásobiče a rychlost difúze částic a velikost částic byla vyhodnocena pomocí autokorelační funkce.

4.6.1.11. Stanovení stability při skladování

Změna stability u syntetizovaných poživ byla sledována po 1 a po 4 měsících skladování v sušárně při teplotě 40 °C. Od každého připraveného latexu bylo odlito 50 ml do lahvičky s víčkem a uzavřené lahvičky byly vloženy do sušárny. Hodnocení bylo provedeno vizuálně a po vyjmutí vzorku ze sušárny byla hodnocena změna barvy, vznik koagulátu nebo sražení latexu.

4.6.1.12. Stanovení stability vůči zvýšené teplotě

Stabilita připravených latexů byla sledována při teplotě 60 °C v intervalu 24 hodin, 48 hodin a 120 hodin. Od každého připraveného latexu bylo odlito 50 ml do lahvičky s víčkem a uzavřené lahvičky byly vloženy do sušárny vyhřáté na 60 °C. Po každém vyjmutí vzorků ze sušárny bylo provedeno vizuální hodnocení. Sledována byla změna barvy, vznik koagulátu a sražení latexu.

4.6.1.13. Stanovení stability proti elektrolytům

Stabilita připravených latexů byla sledována v závislosti na druhu elektrolytu a jeho koncentraci. Ve 100 ml odměrné baňce byl připraven roztok elektrolytu v demineralizované vodě o koncentraci 5 g/l. Z tohoto roztoku bylo odpipetováno 50 ml do další 100 ml odměrné baňky a baňka byla doplněna po rysku demineralizovanou vodou. Tímto byl získán roztok o koncentraci 2,5 g/l. Z této baňky bylo znovu odpipetováno 50 ml do další 100 ml odměrné baňky a tímto ředěním vznikla koncentrační řada roztoků o různých koncentracích: 5 g/l, 2,5 g/l, 1,25 g/l, 0,63 g/l a 0,32 g/l. Vzniklé roztoky byly převedeny do zkumavek a do každé zkumavky byly nakapány 1 až 2 kapky připravených latexů. Po nakapání disperze do roztoku bylo vizuálně určeno, zda došlo k vysrážení (S) nebo jen k rozpuštění disperze (R). Testování stability bylo provedeno se třemi různými elektrolyty – solemi jedno-, dvou- a trojmocných kovů. Použité elektrolyty byly NaCl, CaCl₂ a FeCl₃.

4.6.1.14. Stanovení pěnivosti

Pěnivost připravených latexů byla stanovena pomocí odměrného válce a míchadla. Do dispergačního kelímku bylo převedeno 100 ml vzorku latexu a objem vzorku byl míchán po dobu 10 minut při maximálních otáčkách. Po ukončení míchání byl vzorek převeden do odměrného válce a ze stupnice odměrného válce bylo odečteno množství napěněného vzorku. Hodnocení bylo provedeno v procentech, kdy 1 % pěnivosti odpovídalo 1 ml na stupnici odměrného válce. Vyhodnocení bylo provedeno ihned po skončení míchání, po 15 minutách, po 2 hodinách a po 24 hodinách, přičemž v tomto intervalu byly vzorky uchovány v uzavřeném válci.

4.6.2. Charakterizace pigmentů

4.6.2.1. Stanovení spotřeby oleje

Spotřeba oleje byla stanovena podle normy ČSN 67 0351 metodou tlouček – miska. Metoda udává množství potřebného lněného oleje v gramech, které vytvoří pastu definovaných vlastností ze 100 g pigmentu. Stanovení spotřeby oleje je důležitou veličinou při výpočtu stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu v pojivu. Na analytických vahách bylo naváženo 0,5 – 1 g pigmentu a navážené množství bylo převedeno do glazované třecí misky. Vzorek byl lehce roztírán tloučkem a po kapkách byl přikapáván lněný olej z byrety. Lněný olej se přikapával do té doby, dokud veškerý pigment nezůstal nabalený na tloučku a třecí miska zůstala prázdná. Na stupnici byrety byla odečtena spotřeba lněného oleje a tato hodnota byla dosazena do vzorce (6) podle kterého bylo vypočteno olejové číslo.

$$o. \text{ č.} = \frac{100 \cdot \text{spotřeba oleje [ml]} \cdot \rho_{\text{lněného oleje}}}{\text{navážka pigmentu [g]}} \quad (6)$$

4.6.2.2. Stanovení měrné hmotnosti pigmentu

Měrná hmotnost (hustota) je důležitá vlastnost práškových materiálů a charakterizuje použitelnost v nátěrových hmotách, protože stabilitu suspenze lze vyhodnotit i z rozdílu hustoty pigmentu a plniva. Měrná hmotnost byla stanovena na přístroji AutoPyknometr AccuPycII 1340 (USA). Stanovení hustoty bylo provedeno na základě měření objemu vzorku a měření objemu helia, které bylo vytěsněno daným vzorkem. Na základě tohoto měření a zadáním navážené hmotnosti pigmentu byla stanovena měrná hmotnost vzorku s přesností na $0,0001 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

4.6.2.3. Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu

Kritická objemová koncentrace pigmentu (KOKP) je důležitá konstanta pro některé druhy pigmentů z důvodu použitelnosti do nátěrových systémů. KOKP závisí na měrné hmotnosti pigmentu a na stanoveném olejovém čísle. Hodnota KOKP byla vypočtena dle vzorce (7).

$$\text{KOKP} = \frac{\frac{1000}{\rho_{\text{pigmentu}}}}{\frac{100}{\rho_{\text{pigmentu}}} + \frac{\text{o.č.}}{\rho_{\text{lněného oleje}}}} \quad (7)$$

o.č. – olejové číslo pigmentu [g/100 g pigmentu]

ρ_{pigmentu} – hustota pigmentu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

$\rho_{\text{lněného oleje}}$ – hustota lněného oleje pigmentu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$] ($0,93 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

4.6.3. Stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů

4.6.3.1. Hodnocení vzhledu

Připravené nátěrové hmoty byly nanášeny na skleněné panely a realizované nátěrové filmy poté byly vizuálně hodnoceny. Hodnocena byla přítomnost zákalu (Z), množství cizích částic (Č), množství bublin (B), množství prasklin (X) a vzhled povrchu (P) dle *Tabulky 11*.

Tabulka 11. Vyhodnocení vzhledu nátěru na skleněném panelu.

Zákal		Částice		Bubliny		Praskliny		Povrch	
Z1	bez zákalu	Č1	0 částic/cm ³	B1	bez bublin	X1	bez prasklin	P1	hladký slitý
Z2	slabý zákal	Č2	3 částice/cm ³	B2	ojedinělé bubliny	X2	ojedinělé praskliny	P2	stopy po pravítku
Z3	silný zákal	Č3	10 částic/cm ³	B3	bubliny po celé ploše	X3	praskliny po celé ploše	P3	pomerančová kůra, dolíčky
Z4	zbělení	Č4	více jak 10 částic/cm ³	—	—	—	—	—	—

4.6.3.2. Stanovení lesku

Měření lesku nátěrových filmů bylo provedeno dle normy ISO 2813 (91 0273) pomocí přístroje Micro-TRI-gloss (BYK Gardner, USA). Byl stanoven zrcadlový lesk nátěrových filmů pomocí reflexní geometrie při úhlech 20°, 60° a 85°. Stupnice zrcadlového lesku byla stanovena podle leštěného černého skla s refrakčním indexem 1,567 a hodnotou 100 při úhlech 20°, 60° a 85°. Měření lesku bylo provedeno při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Každý vzorek byl proměřen třikrát a výsledná hodnota byla získána jako aritmetický průměr.

4.6.3.3. Stanovení tloušťky

Měření tloušťky nátěrového filmu bylo stanoveno podle normy ČSN EN ISO 2808 (67 3061). Tloušťky nátěrových filmů na skleněných panelech byly stanoveny pomocí destruktivní metody, tj. tříbodového tloušťkoměru. Tloušťky ocelových panelů byly stanoveny pomocí nedestruktivní metody, tj. digitálního magnetického tloušťkoměru s elektrodou, která reaguje na železný povrch. Měření tloušťky nátěrových filmů na skleněných panelech bylo provedeno třikrát a na ocelových panelech byla tloušťka měřena desetkrát na několika místech. Výsledné hodnoty byly stanoveny jako aritmetický průměr.

4.6.3.4. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů

Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti připravených výluhů bylo stanoveno dle normy ČSN EN ISO 787-9. Připravené nátěrové hmoty byly nanесeny na folie a film se nechal zasychat. Po zaschnutí filmu byly nátěry z folií seškrabány a převedeny do kelímku s redestilovanou vodou. Tímto způsobem byl připraven 5% roztok nátěrové hmoty. Poté se takto připravené vzorky nechaly vyluhovat po dobu 3 týdnů a poté bylo změřeno pH a měrná elektrická vodivost. Jako slepý vzorek byla použita redestilovaná voda, u které před zkouškou bylo změřeno pH a měrná elektrická vodivost.

4.6.3.5. Stanovení tvrdosti tlumením kyvadla dle Persoze

Tvrdot náterového filmu byla stanovena pomocí kyvadlového přístroje Elcometer, Automatic 500 (Elcometer, Velká Británie) a dle normy ČSN EN ISO 1522 (67 3076). Pomocí této metody byla stanovena povrchová tvrdost náterového filmu. Měření bylo založeno na celkovém počtu kmitů kyvadla, které bylo upevněno pomocí dvěma ocelovými kuličkami na zkoumaném vzorku náterového filmu. Nejdříve byl stanoven počet kmitů pro skleněný standard a poté byl stejným způsobem stanoven počet kmitů pro daný vzorek. Výsledná hodnota tvrdosti je udána v % a je vztažena na tvrdost skleněného standardu. Tvrdot náterového filmu byla vypočtena dle vzorce (8):

$$tvrdot [\%] = \frac{\text{počet kmitů vzorku}}{\text{průměrný počet kmitů standardu před a po měření}} \cdot 100 \quad (8)$$

4.6.3.6. Stanovení tvrdosti dle Buchholze

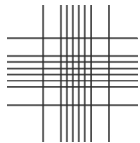
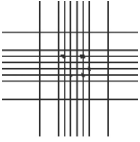
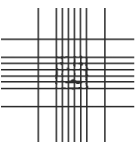
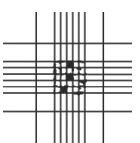
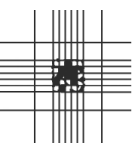
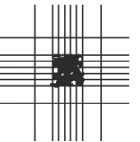
Tvrdot náterového filmu byla stanovena i metodou dle Buchholze podle normy ČSN EN ISO 2815 (67 3072). Měření bylo provedeno pomocí vtiskového přístroje pro měření délky vtlačení ostří. Měření bylo provedeno na vodorovném povrchu náterového filmu při působení přidavného závaží 500 ± 5 g a doba vtisku byla 35 ± 1 s. Délka vtisku ostří byla odečtena na stupnici přístroje. Každý vzorek byl proměřen třikrát a výsledná hodnota byla získána jako aritmetický průměr. Získané hodnoty byly dosazeny do vzorce (9) a poté byla vypočtena hodnota odolnosti proti vrypu.

$$odolnost \text{ proti vrypu} = \frac{100}{\text{délka vrypu [mm]}} \quad (9)$$

4.6.3.7. Stanovení přilnavosti náterového filmu mřížkovou metodou

Mřížková metoda byla provedena dle normy ČSN EN ISO 2409 (67 3085). Pomocí této metody byla studována přilnavost povlaků k podkladu. Tato zkouška byla provedena na ocelových panelech s tloušťkou filmu 61-120 μm . Dle tloušťky ocelových panelů byl zvolen typ nože se šesti paralelně uloženými noži, které byly od sebe vzdálené 2 mm. Zkouška spočívala v provedení dvou na sebe kolmých řezů za vzniku mřížky. Po provedení mřížky bylo vizuálně vyhodnoceno poškození nátěru dle *Tabulky 12*.

Tabulka 12. *Vyhodnocení poškození nátěru u mřížkové zkoušky.*

Klasifikace	Popis	Vzhled
0	Řezy jsou zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.	
1	Nepatrné poškození v místech, kde se řezy kříží. Plocha poškození se pohybuje do 5 %.	
2	Nátěr je nepatrně poškozen podél řezů a při jejich křížení. Povrch mřížky je poškozen v rozmezí od 5 do 15 % celkové plochy.	
3	Nátěr je částečně poškozen v rozích řezů, podél řezných hran částečně nebo celý, na různých místech mřížky. Poškození mřížky je větší než 15 %, ale menší než 35 %.	
4	Na nátěru jsou velké změny v rozích řezů a některé čtverečky jsou částečně nebo zcela poškozeny. Plocha mřížky je poškozena z více jak 35 %, ale méně než z 65 %.	
5	Poškození mřížky je větší než u stupně 4.	

4.6.3.8. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci hloubením

Tato zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 1520 (67 3081) na Erichsenově přístroji. Podstatou zkoušky bylo stanovení odolnosti nátěrového filmu proti popraskání nebo odlupování nátěru od podkladu neboli stanovení míry tažnosti nátěru. Ocelový panel byl vložen a upevněn v Erichsenově přístroji a poté byl daný vzorek vystaven odstupňované deformaci, při které byla do vzorku plynule vtlačována ocelová kulička o průměru 20 mm. Zkouška byla provedena do doby prvního poškození nátěrového filmu, nebo do doby, dokud nebylo dosaženo dané hloubky vtisku. Měření bylo provedeno při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Výsledkem zkoušky bylo prohloubení v mm.

4.6.3.9. Stanovení odolnosti nátěrového filmu proti úderu

Odolnost nátěrového filmu při deformaci úderem byla stanovena dle normy ČSN EN ISO 6272 (67 3018). Podstatou této zkoušky bylo hodnocení nátěrového filmu vůči praskání a odlupování od podkladu ocelových panelů při deformaci padajícím závažím. Zkouška byla provedena na přístroji Elcometer s kovovým závažím o hmotnosti 1000 g jehož konec byl ve tvaru polokoule o průměru 20 ± 1 mm. Pomocí této metody byla stanovena výška volného pádu závaží v cm, při kterém došlo k výraznému poškození nátěrového filmu. Měření bylo provedeno při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %.

4.6.3.10. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci ohybem

Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 1519 (67 3018) na přístroji Elcometer a na ocelových panelech se zkoumanými nátěrovými filmy. Metoda spočívala v ohýbání ocelového panelu na válcovém trnu a bylo hodnoceno, zda dochází v místě ohybu k poškození nebo ztrátě přilnavosti nátěru. Při této zkoušce byla použita sada válcových trnů o průměru 3–25 mm. Měření bylo provedeno při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Výsledkem zkoušky byl průměr trnu v mm, při kterém nedošlo k pozorovatelnému porušení nátěru.

4.6.4. Stanovení chemické a korozní odolnosti nátěrových filmů

4.6.4.1. Stanovení chemické odolnosti v závislosti na pH

Chemická odolnost nátěrových filmů byla hodnocena na ocelových panelech, na které byly nanесeny 3 vrstvy nepigmentovaných nátěrových filmů. Na každý ocelový panel bylo přilepeno 6 skleněných válečků. Do každého válečku byl nalit pufr o různém pH (pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12). Pufry byly připraveny z 0,04 M roztoku H_3BO_3 , 0,04 M roztoku H_3PO_4 , 0,04 M roztoku CH_3COOH a 0,2 M roztoku NaOH. Roztoky byly ponechány ve válečcích po dobu 3 dnů a poté bylo provedeno vyhodnocení podle *Tabulky 13*.

Tabulka 13. Změny vzhledu nátěrového filmu.

Stupeň	Popis změny
0	beze změny
1	puchýře ojediněle
2	puchýře v celé ploše
3	vrásnění (ztráta adheze)
4	rozrušení integrity filmu

4.6.4.2. Stanovení odolnosti vůči methylethylketonu

Chemická odolnost nátěrového filmu vůči methylethylketonu (MEK) byla testována dle normy ASTM D-4752-10 otěrovým testem. Hodnocena byla odolnost nátěrového filmu vůči působení MEK při namáhání nátěru. MEK má schopnost rozpouštět shluky polymerních organických řetězců a schopnost způsobit bobtnání polymerní sítě. Výsledkem této metody byla doba, po kterou nátěrový film odolal působení MEK při namáhání tahy vatové tyčinky namočené v roztoku MEK. Po nátěru byly prováděny dvojtahy s rychlostí 1 dvojtah/s a měření u každého vzorku bylo provedeno třikrát. Vyhodnocení projevů poškození nátěru v případě, že odolal otěrovému testu déle než 300 s bylo následně provedeno podle *Tabulky 14*:

Tabulka 14. Vyhodnocení stupně odolnosti nátěrového filmu vůči MEK.

Stupeň poškození	Projevy poškození
0	úplné obnažení podkladu
1	značné a hluboké narušení nátěrového filmu, ale již ne až na podklad
2	zřetelné poškození nátěrového filmu
3	lehké poškození nátěrového filmu
4	povrch nátěru bez poškození s vyleštěním otírané plochy a na otěrové gáze je pouze nepatrné množství nátěrového filmu
5	povrch nátěru bez vyleštění a ani nejsou zbytky nátěru na gáze

4.6.4.3. Stanovení odolnosti proti tvorbě osmotických puchýřů (Sandwich test)

Odolnost nátěrového filmu proti tvorbě osmotických puchýřů byla provedena podle normy ČSN EN 13523-27 (67 3086) Sandwich-testem. Touto metodou byly stanoveny sorpční vlastnosti nátěrového filmu ve vztahu k osmotickým dějům. Zkouška poskytuje informace o sorpčních vlastnostech nátěrového filmu ve vztahu k osmotickým dějům, které probíhají při sorpci. Zkouškou lze stanovit i čistotu povrchu podkladového kovu před nanesením nátěru a přítomnost různých nečistot a rozpustných solí. Osmotické puchýře vznikají v nátěru při sorpci vody v kapalně nebo plynné fázi a jsou vyvolány přítomností ve vodě rozpustných organických i anorganických látek na stykových plochách nátěru. Byly testovány nátěrové filmy nanesené na hliníkových panelech, které byly proloženy filtračním papírem, který byl 30 minut předem namočen v destilované vodě a následně byly vloženy do PE sáček a pevně uzavřeny. Takto připravené vzorky byly vloženy do předem vyhřáté sušárny při teplotě 40 ± 2 °C a následně vyhodnoceny po 24 hodinách. Zkouškou byla stanovena velikost, počet a rozložení puchýřů. Zkouška nesloužila k hodnocení korozních projevů.

4.6.4.4. Stanovení antikorozi účinnost pomocí lineární polarizace

Pomocí lineární polarizace lze sledovat korozi nátěrových filmů a dále stanovit polarizační odpor. Měření lineární polarizace bylo provedeno v cele, ve které byly umístěny tři elektrody – referenční elektroda (nasycená kalomelové elektroda – SCE), protielektroda (Pt elektroda) a pracovní elektroda, kterou tvoří proměřovaný vzorek. Cela zajišťovala vystavení plochy 1 cm^2 pracovní elektrody prostředí, které tvořil 3,5 hm. % roztok NaCl. Cela byla připojena ke galvanostatu. Připravené nátěrové filmy byly vystaveny v cele 3,5 hm. % roztoku NaCl po dobu 24 hodin a poté byly proměřeny technikou lineární polarizace. Vzorky

byly polarizovány od -10 mV/EOC do $+10$ mV/EOC rychlostí $0,166$ mV/s. Pro jednotlivé nátěrové filmy byl vyhodnocen samovolný korozní potenciál (E_{kor}), sklony tafelových oblastí (β_a a β_c), proudová hustota (I_{kor}), polarizační odpor (R_p) a rychlost koroze (v_{kor}).

4.6.4.5. Stanovení odolnosti vlhkým atmosférám

Odolnost nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám byla stanovena podle normy ČSN 03 8131. Zkouška byla provedena na ocelových panelech, které byly oblepeny samolepicí páskou, a na každém panelu byl proveden řez dlouhý 9–10 cm. Vzorky nátěrových filmů s tloušťkou 100 ± 10 μm byly vloženy do kondenzační komory s atmosférou 100% relativní vlhkosti vzduchu a s teplotou 38 ± 2 °C. Výsledkem zkoušky bylo vyhodnocení stupně puchýřovatění dle normy ASTM D 714-87 a vyhodnocení korozních projevů na nátěru dle stupnice ASTM D 610-85. Po vyhodnocení byl nátěrový film odstraněn pomocí odstraňovače nátěrů a po odstranění byly zhodnoceny korozní projevy v ploše panelu.

4.6.4.6. Stanovení odolnosti v neutrální solné mlze

Odolnost nátěrového filmu v prostředí neutrální solné mlhy byla stanovena dle normy ČSN ISO 9227, pomocí které bylo simulováno prostředí se zvýšeným obsahem chloridů, např. posolené silnice v zimním období nebo přímořské oblasti. Zkouška byla provedena na ocelových panelech, které byly oblepeny samolepicí páskou a každý panel byl opatřen řezem o velikosti 9–10 cm. Vzorky byly umístěny do solné komory, kde na vzorky působila 5% mlha $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ při zvýšené vlhkosti a při teplotě 35 ± 1 °C. Po ukončení zkoušky byly na nátěrech vyhodnoceny korozní projevy a stupeň puchýřovatění. Po vyhodnocení byly nátěry odstraněny pomocí odstraňovače nátěrů a bylo provedeno hodnocení korozních projevů v ploše panelů.

4.6.4.7. Stanovení odolnosti proti stárnutí působením SO_2 při zvýšené vlhkosti

Stanovení odolnosti působením SO_2 při zvýšené vlhkosti bylo stanoveno dle normy ČSN EN ISO 3231. Prostředí kondenzační komory s obsahem SO_2 byly simulovány podmínky průmyslově znečištěné atmosféry. Zkouška byla provedena na ocelových panelech, které byly oblepeny samolepicí páskou, a na každém panelu byl proveden řez o velikosti 9-10 cm. Vzorky byly umístěny do komory s parami SO_2 a 100% relativní vlhkostí vzduchu, kde byly podrobeny nepřetržitému působení v cyklech po 24 hodinách. V jednom cyklu byly vzorky vystaveny kondenzaci destilované vody obsahující SO_2 při teplotě 35 °C po dobu 8 hodin a 16 hodin

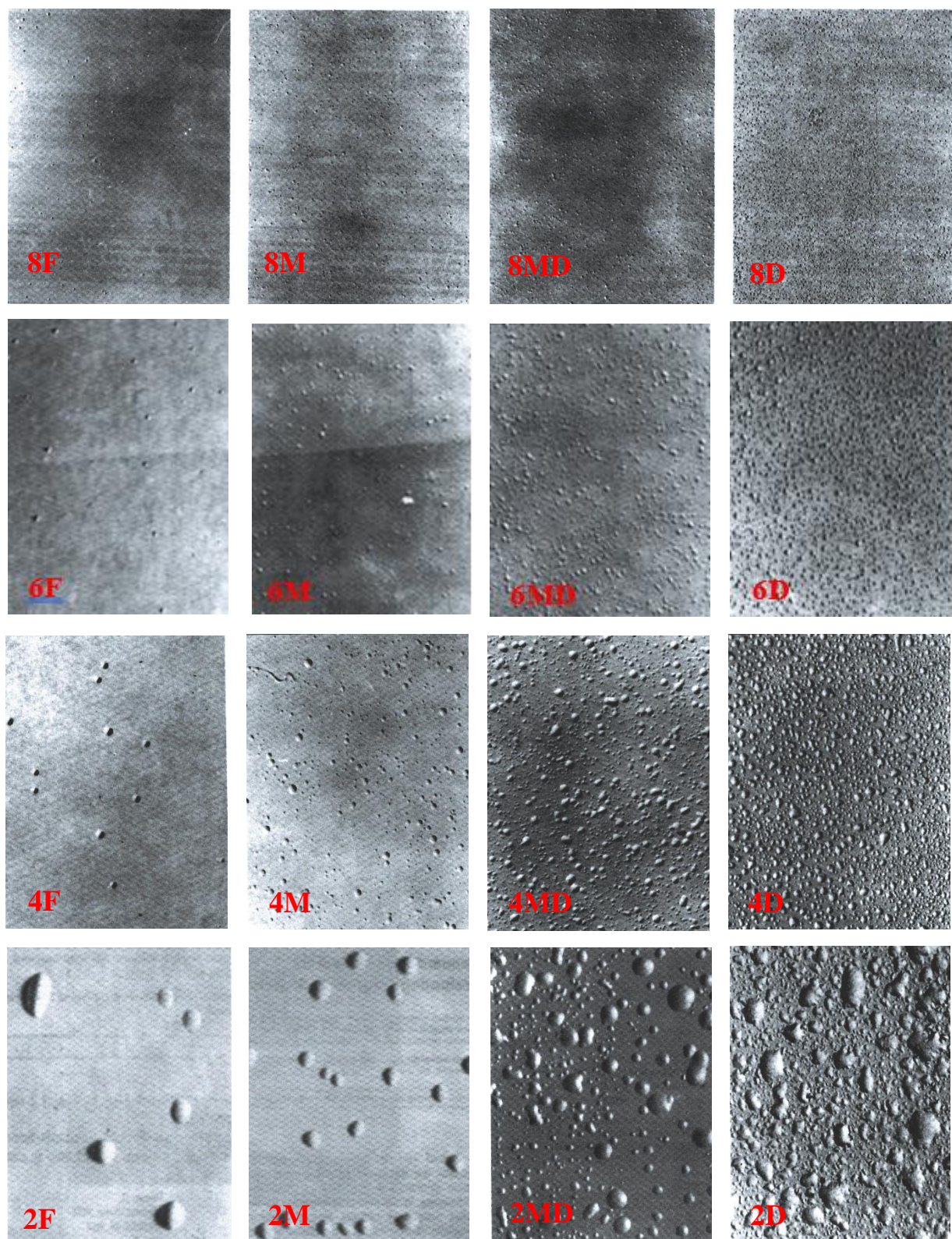
probíhalo osychání vzorků při teplotě 23 °C. Po expozici byly na nátěrových filmech vyhodnoceny korozní projevy a poté byly nátěry odstraněny pomocí odstraňovače nátěrů. Po odstranění byly na panelech vyhodnoceny korozní projevy v ploše panelů.

4.6.4.8. Vyhodnocení vzhledu nátěrového filmu a stupně koroze

Po ukončení testování korozní odolnosti nátěrových filmů pomocí zrychlených korozních zkoušek bylo provedeno vyhodnocení dle norem ASTM. Zkušební vzorky byly hodnoceny subjektivně před odstraněním i po odstranění filmu. Hodnocen byl vzhled nátěrového filmu, stupeň tvorby puchýřků, prokorodování a koroze v oblasti zkušebního řezu i v ploše.

4.6.4.8.1. Hodnocení stupně tvorby puchýřků

Vyhodnocení tvorby puchýřků bylo provedeno dle normy ASTM D 714. Vyhodnocení stupně a množství puchýřků bylo provedeno ihned po ukončení expozice v korozních komorách. Hodnocení bylo provedeno vizuálně dle obrázků se standardy, které byly rozděleny do skupin podle velikosti a rozmístění puchýřků (viz. *Obrázek 12*). Ke každému vzorku bylo přiřazeno číslo a písmeno určující velikost a hustotu rozmístění puchýřků. Velikost puchýřků byla označena číslem 2 až 8 (2 – největší a 8 – nejmenší). Hustota rozmístění puchýřků klesala v řadě a byla označena písmeny D (dense), MD (medium dense), M (medium) a F (few).



Obrázek 12. Hodnocení puchýřů dle ASTM D714.

4.6.4.8.2. *Hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu*

Vyhodnocení koroze v okolí řezu bylo stanoveno dle normy ASTM D 1654-92. Touto metodou byla posouzena schopnost nátěru bránit šíření koroze pod nátěrovým filmem od místa mechanického narušení řezem. Po odstranění nátěrových filmů ze vzorků pomocí odstraňovače nátěrů byly vzorky opláchnuty destilovanou vodou, dočištěny chloroformem a nakonec zafixovány tenkou vrstvou laku. Vizually byly vhodnoceny korozní projevy v okolí zkušebního řezu i v celé ploše panelu a pravítkem byla změřena šířka poškození zkušebního řezu vzniklá důsledkem koroze. Změřené údaje byly dosazeny do rovnice (7) a tím bylo vypočteno prorezivění v řezu.

$$M = C - \frac{w}{2} \quad (7)$$

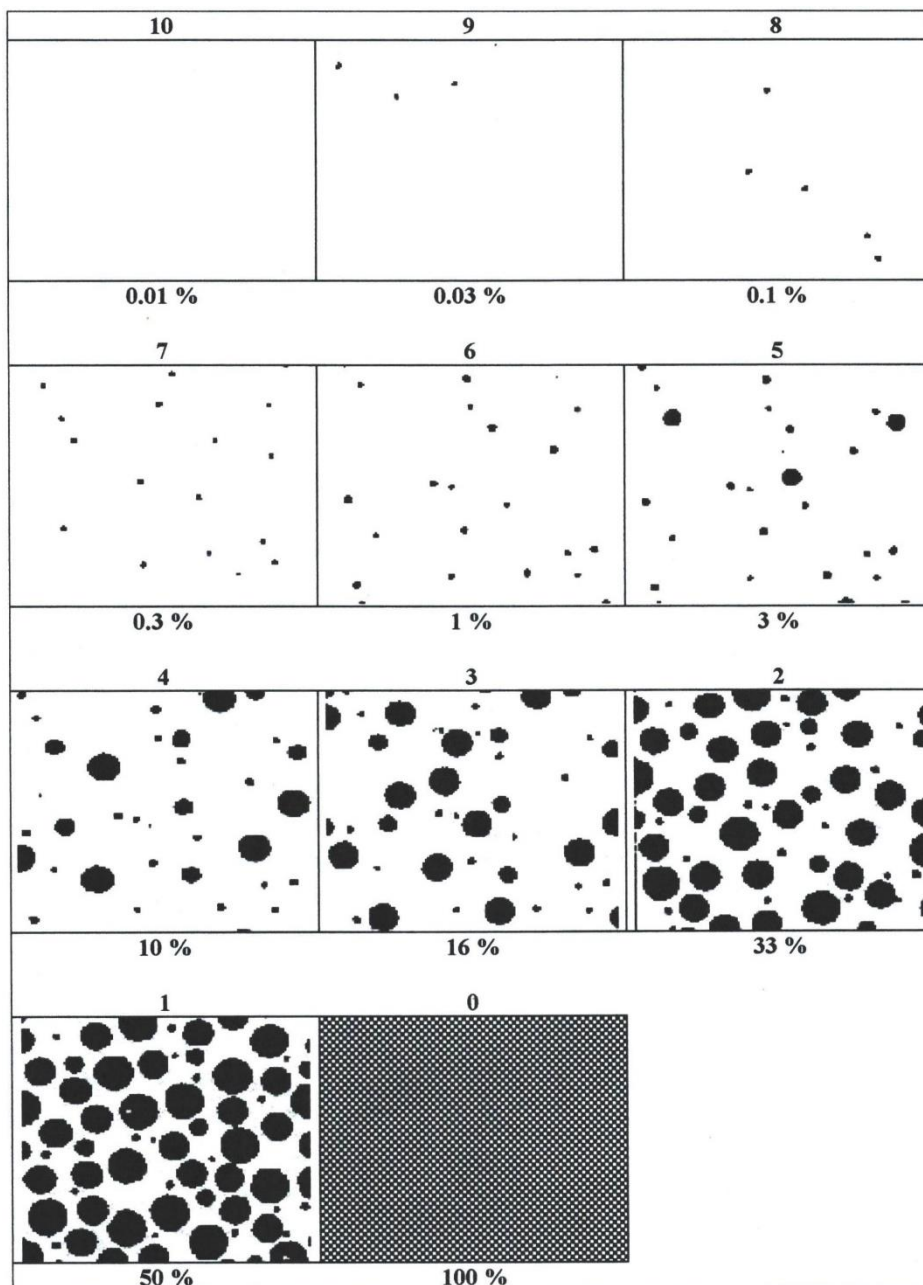
M – prorezivění v řezu [mm]

C – šířka prorezivění v řezu [mm]

w – šířka řezu [mm]

4.6.4.8.3. *Hodnocení stupně koroze v ploše zkušebního podkladu*

Stupeň koroze v ploše zkušebního podkladu byl hodnocen dle normy ASTM D 610-85. Koroze v ploše podkladu představuje závažné selhání ochranné funkce organického povlaku. Prokorodování je definováno jako stav povrchu ocelového podkladu, které nastává korozním namáháním během zrychlených korozních zkoušek v agresivním prostředí. Zkušební vzorky byly porovnány se standardy dané normy, které jsou zobrazeny na *Obrázku 13*. Výsledkem zkoušky byl stupeň koroze plochy zkušební povrchu, který byl vyjádřen v procentech.



Obrázek 13. Stupnice korozních projevů dle normy ASTM D 610-85.

5. VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

5. 1. Vyhodnocení nepigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi

Byly syntetizovány 4 polyakrylátové latexy s rozdílným obsahem PPy – 0, 0,25, 0,5 a 0,75 hm. % (teoretický obsah, vztaženo na polymerní podíl). Po skončení syntézy byla polovina od každého latexu zalkalizována 10% vodným roztokem amoniaku na pH 8,5. Hodnoceno bylo tedy 8 základních typů pojiv: 4 pojiva v kyselé formě (K) a 4 odpovídající pojiva v alkalické formě (A).

5. 1. 1. Vlastnosti nepigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi

5. 1. 1. 1. Základní vlastnosti latexů

U připravených latexů bylo provedeno hodnocení jejich charakteristických vlastností. Byl stanoven obsah koagulátu, sušina, konverze, pH, viskozita, hustota a MFFT (viz *Tabulky 15, 16*). Hodnocení bylo provedeno dle postupů popsanych v kapitolách 4.6.1.1–4.6.1.3., 4.6.1.6–4.6.1.9.

Tabulka 15. Základní vlastnosti latexů v kyselé formě v závislosti na obsahu PPy.

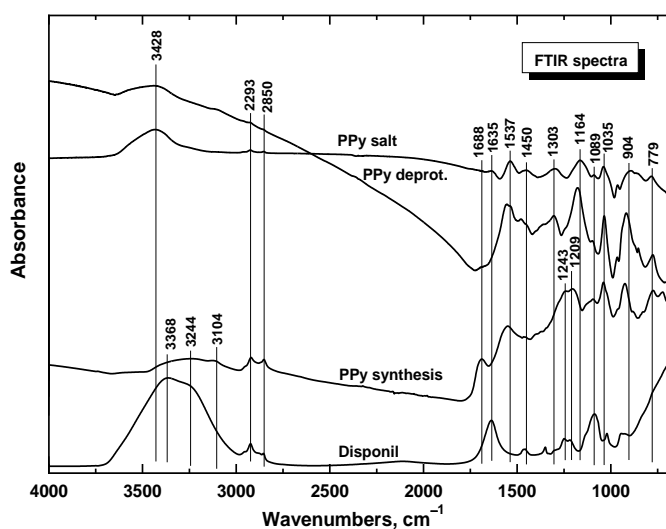
Vlastnost	Latex			
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%
Obsah koagulátu [%]	0,43	1,95	0,45	2,36
Sušina teoretická [%]	39,46	40,87	41,17	41,47
Sušina [%]	39,00	38,80	29,39	30,32
Konverze [%]	99,76	97,95	66,33	54,25
pH	1,94	1,63	1,57	1,06
Viskozita [mPa.s]	10,47	9,38	8,66	5,72
Hustota [g·cm ⁻³]	1,048	1,039	1,063	1,081
MFFT [°C]	8,05	10,00	11,50	9,05

Tabulka 16. Základní vlastnosti latexů v alkalické formě v závislosti na obsahu PPy.

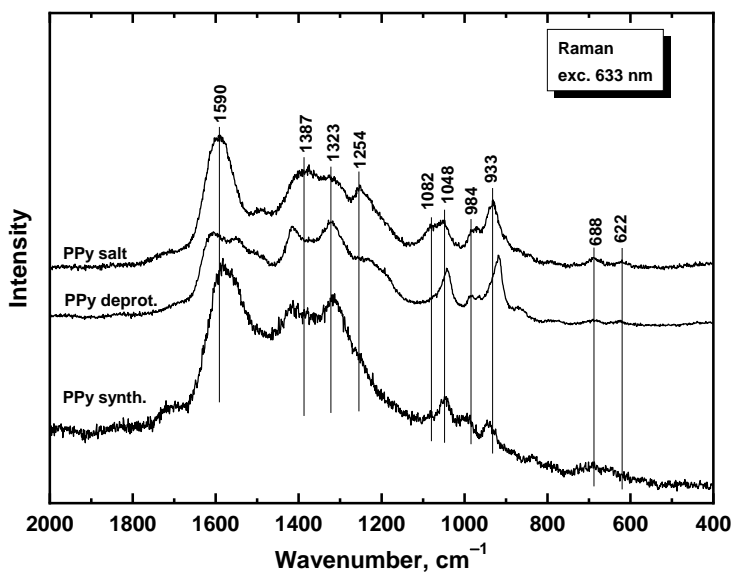
Vlastnost	Latex			
	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
pH	8,50	8,51	8,50	8,52
Viskozita [mPa.s]	8,73	11,8	6,2	2,9
Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	1,084	1,046	1,011	1,092
MFFT [$^{\circ}\text{C}$]	7,85	6,3	2,7	< 0

5. 1. 1. 2. Spektroskopická analýza PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy

Chemická povaha PPy syntetizovaného při emulzní polymeraci akrylátového polymeru byla studována pomocí FTIR (Obrázek 14) a Ramanovy (Obrázek 15) spektroskopie dle kapitoly 4.6.1.4. Spektrum modelového vzorku PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy bylo porovnáno se spektry emulgátoru Disponil FES 993, PPy soli (vodivá forma) a deprotonovaného PPy (nevodivá forma, deprotonace provedena pomocí 1M NaOH).



Obrázek 14. FTIR spektra modelového vzorku PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy, emulgátoru Disponil FES 993, PPy soli a deprotonovaného PPy.



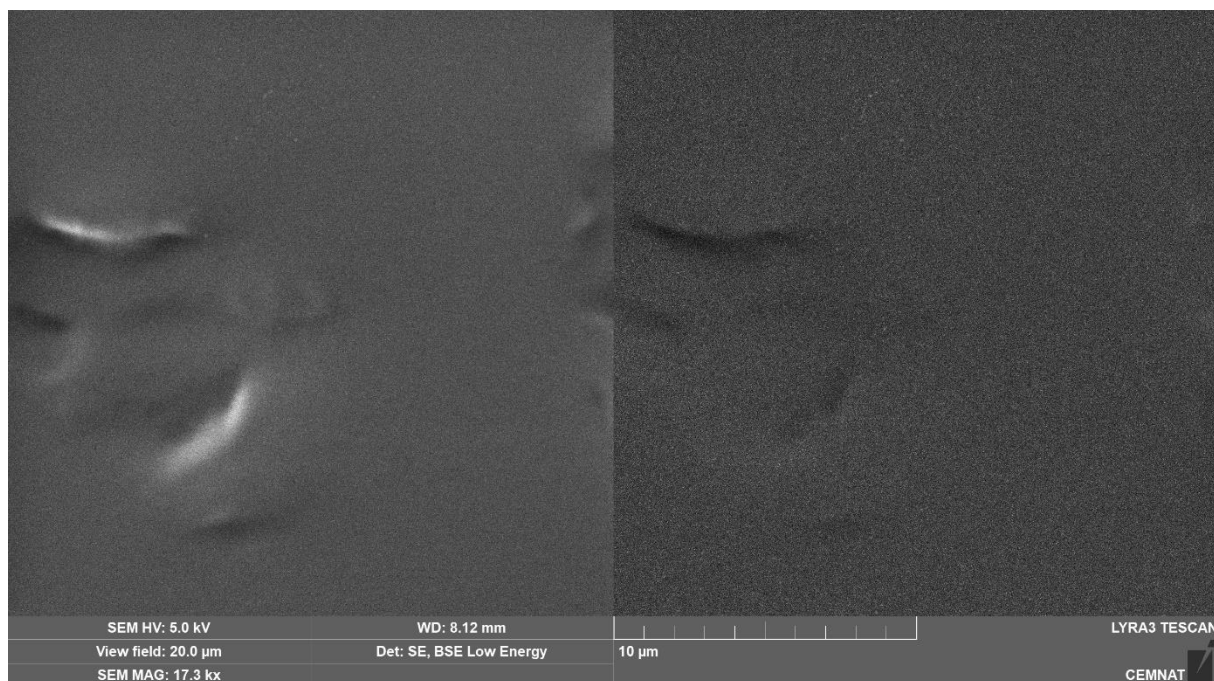
Obrázek 15. Ramanova spektra modelového vzorku PPY připraveného strategií “one-pot“ syntézy, referenčního vodivého PPY soli a referenčního deprotonovaného PPY.

5. 1. 1. 3. Morfologie PPY v nátěrových filmech

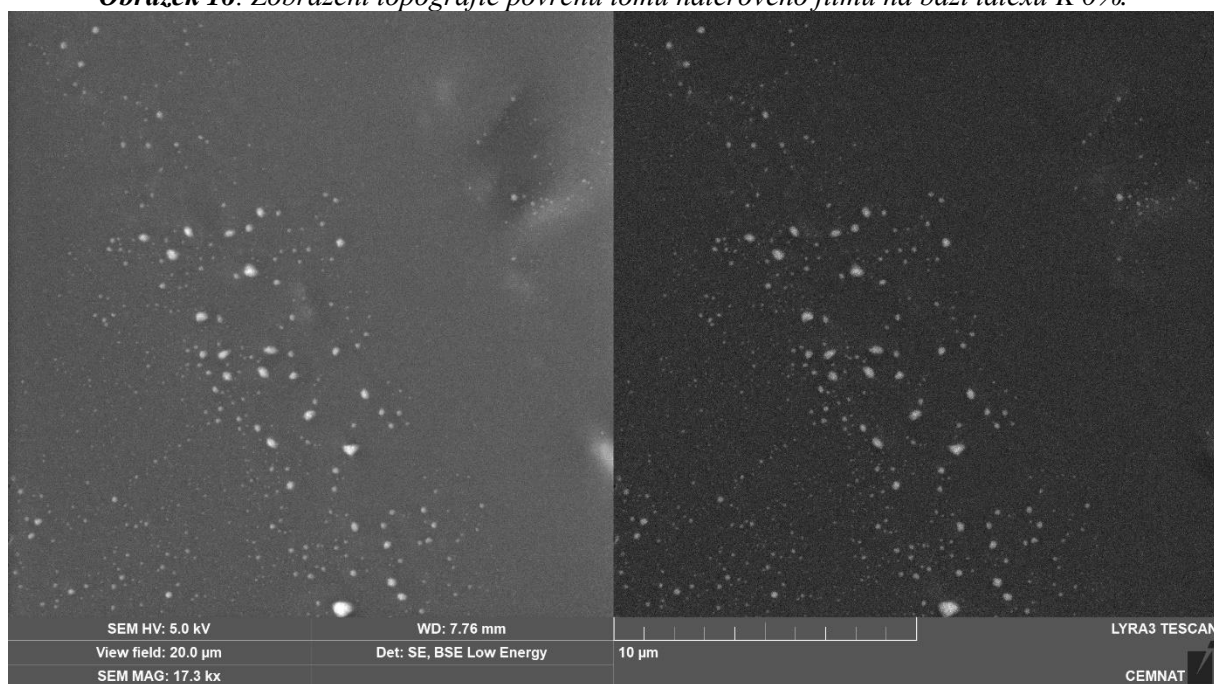
Připravené latexy s různým obsahem PPY byly studovány také z hlediska morfologie a rozmístění PPY částic v realizovaných nátěrových filmech s využitím metody SEM-EDX. Na *Obrázcích 16–19* je představena vnitřní struktura nátěrových filmů lišících se obsahem PPY částic a v *Tabulce 17* jsou uvedeny výsledky EDX analýzy.

Tabulka 17. Výsledky EDX analýzy.

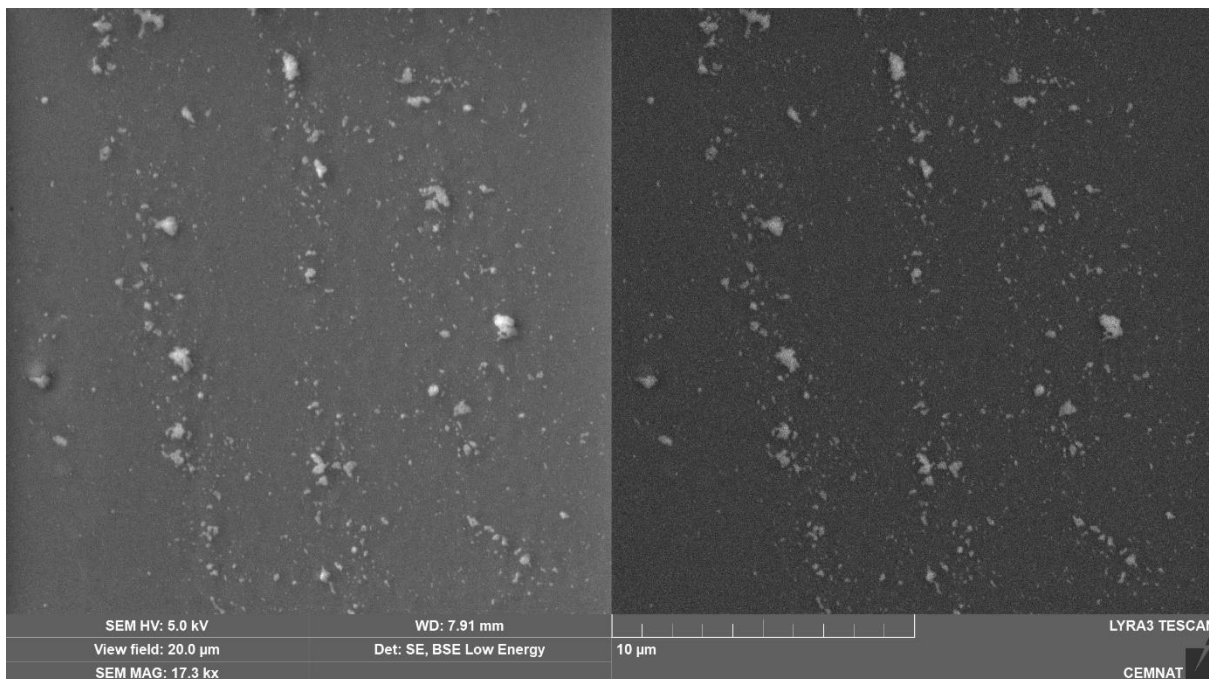
Latex	Zastoupení prvků [atomární %]						celkem
	C	N	O	Na	Si	S	
K 0%	78,65	0,00	20,99	0,07	0,12	0,17	100,00
K 0,25%	74,55	1,55	22,72	0,08	0,31	0,79	100,00
K 0,5%	78,21	0,79	20,52	0,00	0,11	0,37	100,00
K 0,75%	79,40	0,84	19,30	0,00	0,11	0,51	100,00



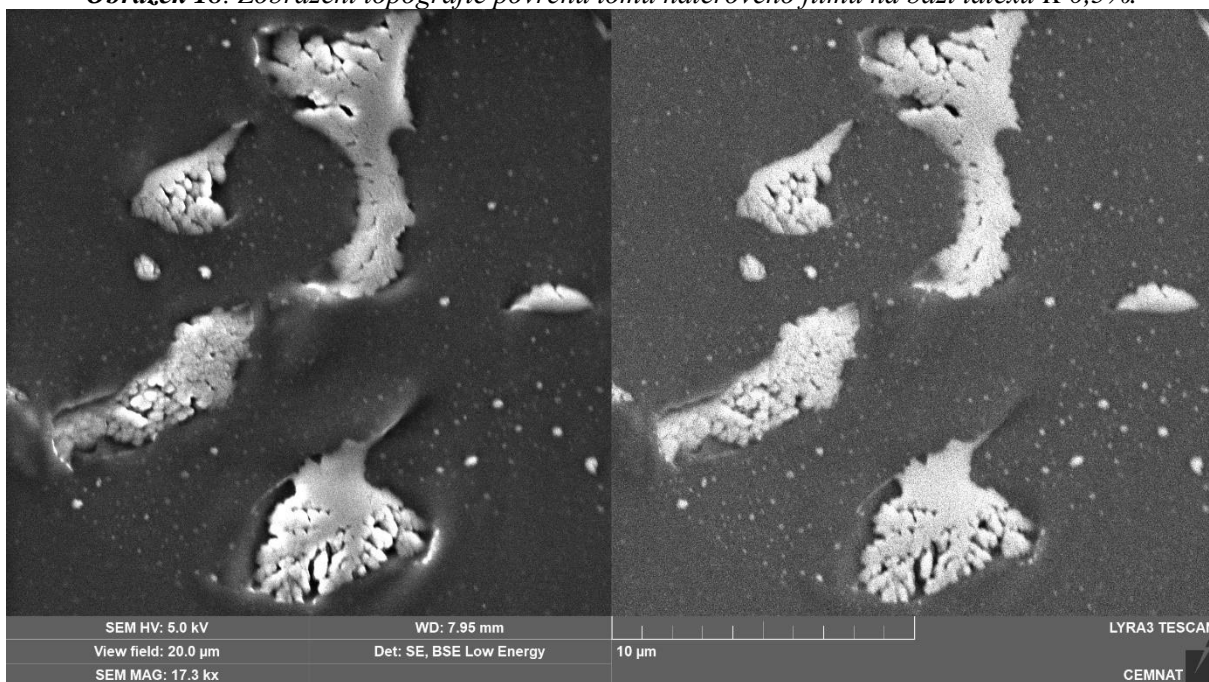
Obrázek 16. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0%.



Obrázek 17. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,25%.



Obrázek 18. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,5%.



Obrázek 19. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,75%.

5. 1. 1. 4. Stanovení stability latexů při skladování

Vyhodnocení stability připravených latexů bylo provedeno na základě stanovení velikosti částic a zeta potenciálu dle kapitoly 4.6.1.10. Před DSL analýzou byly vzorky připravených latexů ponechány stát po dobu 4 měsíců při laboratorní teplotě. (viz *Tabulka 18*)

Tabulka 18. Výsledky stanovení velikosti částic (*d*) a zeta potenciálu (ZP) u latexů po 4 měsících stání při laboratorní teplotě.

Latex	směrodatná		ZP [mV]	směrodatná odchylka [mV]
	<i>d</i> [nm]	odchylka [nm]		
K 0%	136,8	1,01	-37,4	1,67
K 0,25%	130,1	1,61	-38,4	1,27
K 0,5%	316,7	4,09	-26,3	1,45
K 0,75%	623,2	6,92	-27,8	1,95
A 0%	147,2	0,95	-38,4	0,83
A 0,25%	138,1	1,97	-46,1	1,87
A 0,5%	176,9	1,84	-33,1	1,03
A 0,75%	529,5	9,44	-32,7	3,06

Stabilita latexů byla rovněž hodnocena vizuálně u vzorků latexů, které byly podrobeny nepřetržitému působení teploty 40 °C po dobu 1 a 4 měsíců dle postupu uvedeného v kapitole 4.6.1.11. (viz Tabulka 19)

Tabulka 19. Hodnocení stability latexů vystavených působení teploty 40 °C.

Latex	Interval	
	1 měsíc	4 měsíce
K 0%	beze změny	beze změny
K 0,25%	beze změny	změna barvy
K 0,5%	beze změny	beze změny
K 0,75%	beze změny	sraženina
A 0%	beze změny	beze změny
A 0,25%	beze změny	beze změny
A 0,5%	beze změny	beze změny
A 0,75%	beze změny	sraženina

5. 1. 1. 5. Stanovení stability latexů vůči zvýšené teplotě

Vyhodnocení stability připravených latexů při teplotě 60 °C bylo provedeno vizuálně. Stabilita latexů byla vyhodnocena po 24 h, 48 h a 120 h. (viz Tabulka 20) dle kapitoly 4.6.1.12.

Tabulka 20. Hodnocení stability latexů vystavených působení teploty 60 °C.

Latex	Interval		
	24 h	48 h	120 h
K 0%	koagulát	-	-
K 0,25%	beze změny	beze změny	koagulát
K 0,5%	beze změny	beze změny	koagulát
K 0,75%	koagulát	-	-
A 0%	beze změny	beze změny	beze změny
A 0,25%	beze změny	beze změny	koagulát
A 0,5%	beze změny	beze změny	koagulát
A 0,75%	beze změny	beze změny	koagulát

5. 1. 1. 6. Stanovení stability latexů proti elektrolytům

Stabilita připravených latexů byla hodnocena i pomocí odolnosti vůči elektrolytům (viz kapitola 4.6.1.13.). Stanovení bylo provedeno se třemi různými elektrolyty – NaCl, CaCl₂ a FeCl₃. Koncentrace elektrolytů byla 5 g/l, 2,5 g/l, 1,25 g/l, 0,63 g/l a 0,32 g/l. Odolnost jednotlivých latexů je uvedena v *Tabulkách 21 a 22*):

Tabulka 21. Stanovení odolnosti kyselých latexů vůči elektrolytům.

Elektrolyt	Latex			
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%
5 g/l NaCl	R	R	S	S
2,5 g/l NaCl	R	R	S	S
1,25 g/l NaCl	R	R	S	S
0,63 g/l NaCl	R	R	S	S
0,32 g/l NaCl	R	R	S	S
5 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
2,5 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
1,25 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
0,63 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
0,32 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
5 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
2,5 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
1,25 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
0,63 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
0,32 g/l FeCl ₃	S	S	S	S

Tabulka 22. Stanovení odolnosti alkalických latexů vůči elektrolytům.

Elektrolyt	Latex			
	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
5 g/l NaCl	R	R	S	S
2,5 g/l NaCl	R	R	S	S
1,25 g/l NaCl	R	R	S	S
0,63 g/l NaCl	R	R	S	S
0,32 g/l NaCl	R	R	S	S
5 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
2,5 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
1,25 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
0,63 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
0,32 g/l CaCl ₂	R	R	S	S
5 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
2,5 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
1,25 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
0,63 g/l FeCl ₃	S	S	S	S
0,32 g/l FeCl ₃	S	S	S	S

5. 1. 1. 7. Stanovení pěnovosti latexů

U připravených latexů byla hodnocena pěnovost dle kapitoly 4.6.1.14. Hodnocení bylo provedeno ihned po přerušení míchání, po 15 minutách, po 2 hodinách a po 24 hodinách. Výsledky jsou zaznamenány v *Tabulce 23*. U zalkalizovaných latexů byla hodnocena pěnovost po přidání odpěňovače (Dehydran 1293). Koncentrace přidaného odpěňovače byla 0,25 hm. % (viz *Tabulka 24*).

Tabulka 23. Stanovení pědivosti latexů bez odpěňovače.

Latex	Interval			
	ihned	po 15 minutách	po 2 hodinách	po 24 hodinách
K 0%	55 %	20 %	0 %	0 %
K 0,25%	60 %	55 %	40 %	0 %
K 0,5%	65 %	40 %	0 %	0 %
K 0,75%	60 %	25 %	0 %	0 %
A 0%	50 %	45 %	0 %	0 %
A 0,25%	60 %	55 %	20 %	0 %
A 0,5%	60 %	55 %	0 %	0 %
A 0,75%	70 %	65 %	0 %	0 %
AXILAT 2431	10 %	5 %	0 %	0 %

Tabulka 24. Stanovení pědivosti alkalizovaných latexů při použití odpěňovače.

Latex	Interval			
	ihned	po 15 minutách	po 2 hodinách	po 24 hodinách
A 0 %	45 %	30 %	0 %	0 %
A 0,25 %	60 %	50 %	10 %	0 %
A 0,5 %	55 %	50 %	0 %	0 %
A 0,75 %	70 %	65 %	0 %	0 %

5. 1. 2. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy

5. 1. 2. 1. Vyhodnocení vizuálních vlastností nepigmentovaných nátěrových filmů

Připravené latexy byly nanášeny na skleněné panely a na panely z oceli a hliníku. Nátěry na skleněné a ocelové panely byly nanášeny pravítkem se šterbinou o velikosti 150 μm , hliníkové panely byly natřeny pravítkem se šterbinou 250 μm . Vizuální vlastnosti nátěrových filmů byly hodnoceny na skleněných panelech s tloušťkou filmu $30 \pm 10 \mu\text{m}$. U nátěrových filmů byl subjektivně vyhodnocen vzhled, lesk a byla změřena tloušťka připravených filmů. Hodnocení bylo provedeno dle kapitol 4.6.3.1–4.6.3.3. Vzhled nátěrových filmů je vyhodnocen v *Tabulce 25*, změny lesku v čase jsou uvedeny v *Tabulce 26* a tloušťka nátěrových filmů je uvedena v *Tabulce 27*.

Tabulka 25. Vzhled nepigmentovaných nátěrových filmů na skleněných panelech.

Latex	Vzhled nátěrového filmu				
	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B2	X2	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X2	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B2	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P1

Tabulka 26. Změny lesku nepigmentovaných nátěrových filmů v čase.

		Lesk nátěrového filmu [%]							
Doba měření [dny]	úhel	Latex							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	144,0	124,0	104,0	13,2	152,0	131,0	104,0	72,7
	60°	144,0	123,0	107,0	24,5	148,0	130,0	109,0	87,8
	85°	109,0	104,0	100,0	81,1	113,0	107,0	97,1	97,0
10	20°	144,0	125,0	105,0	22,8	150,0	127,0	102,0	65,0
	60°	143,0	124,0	107,0	26,4	147,0	130,0	110,0	80,6
	85°	109,0	104,0	98,6	83,9	107,0	107,0	95,8	91,5
30	20°	146,0	125,0	111,0	5,0	153,0	136,0	102,0	81,3
	60°	144,0	123,0	111,0	18,0	148,0	133,0	111,0	93,2
	85°	106,0	102,0	99,0	72,6	110,0	105,0	96,7	96,5

Tabulka 27. *Tloušťka nepigmentovaných nátěrových filmů.*

Vzorek	Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
	sklo	ocel		hliník
		1. vrstva	2. vrstva	
K 0%	33,3 \pm 1,4	49,4 \pm 2,1	61,5 \pm 2,2	51,3 \pm 2,5
K 0,25%	43,3 \pm 1,9	47,1 \pm 1,9	81,9 \pm 2,7	44,6 \pm 2,2
K 0,5%	30,0 \pm 2,0	34,0 \pm 2,9	59,8 \pm 3,0	37,8 \pm 2,4
K 0,75%	31,7 \pm 1,5	25,9 \pm 3,5	40,3 \pm 3,2	32,0 \pm 2,8
A 0%	20,0 \pm 1,7	25,5 \pm 2,4	40,5 \pm 2,1	31,5 \pm 1,9
A 0,25%	23,3 \pm 2,1	18,3 \pm 2,5	44,2 \pm 3,0	27,1 \pm 2,7
A 0,5%	20,0 \pm 1,8	27,4 \pm 2,8	43,4 \pm 2,9	23,9 \pm 2,4
A 0,75%	26,7 \pm 2,2	28,7 \pm 3,6	46,0 \pm 3,8	20,0 \pm 3,5

5. 1. 2. 2. *Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů nepigmentovaných nátěrových filmů*

U nátěrových filmů připravených z nepigmentovaných latexů bylo stanoveno pH a měrná elektrická vodivost pomocí výluhů v redestilované vodě. Zkouška byla provedena u nátěrových filmů připravených z kyselých i alkalických latexů podle postupu popsáno v kapitole 4.6.3.4. Vyhodnocení pH a měrné vodivosti bylo stanoveno po 1., 3. a 4. týdnu vyluhování připravených nátěrových filmů. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulce 28*:

Tabulka 28. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhů nepigmentovaných nátěrových filmů.

Latex	1. týden		3. týden		4. týden	
	pH	Měrná elektrická vodivost [μS/cm]	pH	Měrná elektrická vodivost [μS/cm]	pH	Měrná elektrická vodivost [μS/cm]
K 0%	3,22	$0,93 \cdot 10^{-3}$	3,02	$1,63 \cdot 10^{-3}$	2,87	$1,99 \cdot 10^{-3}$
K 0,25%	2,34	$8,45 \cdot 10^{-3}$	2,41	$9,44 \cdot 10^{-3}$	2,22	$9,62 \cdot 10^{-3}$
K 0,5%	2,09	$16,28 \cdot 10^{-3}$	2,15	$16,33 \cdot 10^{-3}$	1,98	$16,72 \cdot 10^{-3}$
K 0,75%	2,07	$11,16 \cdot 10^{-3}$	2,14	$18,55 \cdot 10^{-3}$	1,98	$18,90 \cdot 10^{-3}$
A 0%	6,23	$0,95 \cdot 10^{-3}$	7,13	$1,52 \cdot 10^{-3}$	7,33	$1,77 \cdot 10^{-3}$
A 0,25%	7,18	$5,53 \cdot 10^{-3}$	6,94	$5,55 \cdot 10^{-3}$	7,12	$5,87 \cdot 10^{-3}$
A 0,5%	7,09	$7,53 \cdot 10^{-3}$	7,03	$7,58 \cdot 10^{-3}$	7,27	$7,67 \cdot 10^{-3}$
A 0,75%	5,97	$10,86 \cdot 10^{-3}$	5,63	$10,76 \cdot 10^{-3}$	6,08	$10,97 \cdot 10^{-3}$
Redestilovaná voda	6,20	$60 \cdot 10^{-3}$	6,40	$60 \cdot 10^{-3}$	6,38	$60 \cdot 10^{-3}$

5. 1. 2. 3. Vývoj tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů

U připravených latexů byl sledován vývoj tvrdosti nátěrového filmu po 1, 3, 5, 10, 20, 30, 40 a 50 dnech vysychání nátěrového filmu pomocí kyvadla dle Persoze dle kapitoly 4.6.3.5. (viz. *Tabulka 29*) a dále byla sledována odolnost vrypu dle Buchholze po 10, 30 a 60 dnech od zhotovení nátěrového filmu popsána v kapitole 4.6.3.6. Změny tvrdosti byly sledovány na skleněných panelech s tloušťkou filmu $30 \pm 10 \mu\text{m}$ (viz. *Tabulka 30*).

Tabulka 29. Povrchová tvrdost nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	33,7	26,6	29,2	15,1	38	39,2	34,6	40,6
3	33,3	28,2	32,4	19,8	38,6	39,1	34,1	40,5
5	35,0	30,7	35,6	21,9	39,4	40,1	38,9	44,5
10	33,5	29,2	38,2	25,8	38,6	39,6	40,5	45,3
20	32,9	30,3	41,4	31	40,5	40,7	42,2	47,4
30	34,1	29,3	36,5	31,2	40,1	40,4	40,3	46,7
40	32,9	27,8	37,6	35,9	39,2	38,8	40,6	46,7
50	32,1	27,7	36,9	36,6	38,8	38,7	40,6	46,6

Tabulka 30. Odolnost proti vtisku nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Buchholze.

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	61,54	60,68	55,40	48,10	87,87	67,93	64,89	62,11
30	72,57	70,13	72,73	79,84	71,51	70,47	77,04	68,89
60	74,31	70,83	72,98	80,13	78,20	79,11	78,50	81,43

5. 1. 2. 4. Vyhodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

Mechanická odolnost připravených nepigmentovaných nátěrových filmů byla testována mřížkovou zkouškou, zkouškou hloubením, úderem a ohybem. Postup těchto metod je popsán v kapitolách 4.6.3.7. až 4.6.3.10. Zkoušky byly provedeny na ocelových panelech s tloušťkou nátěrového filmu 61-120 μm . Výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v *Tabulce 31*.

Tabulka 31. Mechanické vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.

Latex	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	> 10	60	<2
K 0,25%	0	> 10	60	<2
K 0,5%	0	> 10	<50	<2
K 0,75%	0	> 10	<50	<2
A 0%	0	> 10	60	<2
A 0,25%	0	> 10	60	<2
A 0,5%	1	> 10	<50	<2
A 0,75%	1	> 10	<50	<2

5. 1. 3. Vyhodnocení chemické a antikoroziční účinnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy

5.1.3.1. Stanovení chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH

Chemická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů byla hodnocena po 72 h působení pufru o zvoleném pH. Vyhodnocení chemické odolnosti jednotlivých nepigmentovaných filmů bylo provedeno dle kapitoly 4.6.4.1. Tloušťky filmů na ocelových panelech se pohybovaly v rozmezí $100 \pm 30 \mu\text{m}$. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulce 32*:

Tabulka 32. Chemická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů.

Latex	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	0	2
K 0,25%	2	1	1	1	3	3
K 0,5%	2	2	2	3	4	4
K 0,75%	2	2	2	2	3	4
A 0%	0	0	0	0	2	3
A 0,25%	0	0	0	0	1	3
A 0,5%	2	2	2	0	3	3
A 0,75%	2	2	2	0	3	3

5.1.3.2. Stanovení stupně podkorodování v závislosti na pH

Po ukončení testování chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH dle kapitoly – byly nátěrové filmy odstraněny pomocí odstraňovače nátěrů a byl zhodnocen stupeň podkorodování ocelového podkladu (viz *Tabulka 33*). Hodnocení bylo provedeno subjektivně dle kapitoly 4.6.4.8.3.

Tabulka 33. *Stupeň podkorodování ocelového podkladu u nátěrových filmů v závislosti na pH.*

Latex	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	16	3	16	10	33	33
K 0,25%	33	10	16	10	33	33
K 0,5%	10	10	10	10	3	3
K 0,75%	16	10	16	33	1	3
A 0%	16	16	10	3	10	50
A 0,25%	3	1	1	3	1	1
A 0,5%	50	33	33	16	3	3
A 0,75%	50	16	50	33	1	0,3

5.1.3.3. Stanovení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK

Hodnocení nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK bylo provedeno po 10, 20 a 30 dnech od nanesení nátěrového filmu na skleněný podklad. Zkouška byla provedena na skleněných panelech s tloušťkou filmu $30 \pm 10 \mu\text{m}$ do stupně odolnosti 0 dle postupu uvedeného v kapitole 4.6.4.2. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulce 34*:

Tabulka 34. *Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK.*

Latex	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	32,6 s	35,1 s	37,5 s
K 0,25%	17,3 s	21,8 s	24,2 s
K 0,5%	20,9 s	24,8 s	25,9 s
K 0,75%	15,6 s	29,5 s	33,1 s
A 0%	33,9 s	39,5 s	42,6 s
A 0,25%	25,1 s	22,2 s	25,8 s
A 0,5%	19,5 s	21,8 s	36,6 s
A 0,75%	18,8 s	18,7 s	19,1 s

5.1.3.4. Stanovení odolnosti nátěrů proti tvorbě osmotických puchýřů (Sandwich test)

Připravené latexy byly nanесeny na hliníkové panely. Tloušťka nátěrů se pohybovala v rozmezí $35 \pm 15 \mu\text{m}$. Zkouška byla provedena dle postupu popsaného v kapitole 4.6.4.3. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulce 35*:

Tabulka 35. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů proti tvorbě osmotických puchýřů.

Latex	Vyhodnocení puchýřků
K 0%	—
K 0,25%	—
K 0,5%	8M
K 0,75%	—
A 0%	—
A 0,25%	8F
A 0,5%	8M
A 0,75%	8M

5.1.3.5. Stanovení antikoroziční účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace

Lineární polarizací byly hodnoceny nátěrové filmy aplikované na ocelových panelech. Byly nanášeny dvě vrstvy nátěrů pravítkem se štěrbinou 150 μm . Tloušťka suchých nátěrových filmů se pohybovala v rozmezí $60 \pm 20 \mu\text{m}$. Měření bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 4.6.4.4. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v Tabulce 36.

Tabulka 36. Antikoroziční účinnost nepigmentovaných nátěrových filmů pomocí lineární polarizace.

Latex	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	V_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 $\cdot 10^3$	9,3 $\cdot 10^{-2}$
K 0%	-298	0,1 $\cdot 10^{-2}$	39,7	41,5	0,7 $\cdot 10^7$	14,8 $\cdot 10^{-6}$
K 0,25%	-414	0,2 $\cdot 10^{-2}$	38,1	40,2	0,8 $\cdot 10^7$	10,1 $\cdot 10^{-6}$
K 0,5%	-534	0,2 $\cdot 10^{-2}$	24,6	23,7	0,3 $\cdot 10^7$	29,5 $\cdot 10^{-6}$
K 0,75%	-635	0,8 $\cdot 10^{-1}$	32,7	35,3	0,2 $\cdot 10^5$	52,7 $\cdot 10^{-4}$
A 0%	-288	0,1 $\cdot 10^{-2}$	32,1	31,8	0,3 $\cdot 10^7$	11,6 $\cdot 10^{-6}$
A 0,25%	-298	0,1 $\cdot 10^{-2}$	32,1	30,8	0,3 $\cdot 10^7$	13,9 $\cdot 10^{-6}$
A 0,5%	-301	0,1 $\cdot 10^{-2}$	33,7	27,3	0,5 $\cdot 10^7$	14,8 $\cdot 10^{-6}$
A 0,75%	-577	0,3 $\cdot 10^{-1}$	41,0	41,4	0,3 $\cdot 10^6$	38,4 $\cdot 10^{-5}$

5. 2. Vyhodnocení pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi s obsahem 8 hm. % pigmentu

K připraveným latexům byly přidány zvolené pigmenty a byly sledovány změny vlastností v závislosti na druhu přidaného pigmentu. Obsah pigmentu byl 8 hm. % vzhledem k celkové hmotnosti pojiva. Použité pigmenty byly ZnO, ZnS, MoS₂, ZnFe₂O₄, ZnS + BaSO₄ (Litopon 30%), CaCO₃ (Omyacarb – 2VA), Zn₃(PO₄)₂ a TiO₂. Dále byly testovány latexy s obsahem 8 hm. % směsi pigmentu a plniva. Jako pigment byl použit PPy a jako plnivo byl použit CaCO₃ a Litopon 30%.

5. 2. 1. Vlastnosti pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi

5.2.1.1. Stanovení stability při skladování

Vyhodnocení stability pigmentovaných latexů bylo provedeno vizuálně po expozici vzorku při teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce dle kapitoly 4.6.1.11. Hodnocené vzorky latexů obsahovaly pigmenty TiO₂, CaCO₃, ZnO a Zn₃(PO₄)₂. Výsledky testování stability latexů jsou uvedeny v Tabulce 37:

Tabulka 37. Hodnocení stability pigmentovaných latexů vystavených působení teploty 50 °C po dobu 1 měsíce.

Vzorek	Pigment			
	TiO ₂	CaCO ₃	ZnO	Zn ₃ (PO ₄) ₂
K 0%	beze změny	beze změny	beze změny	beze změny
K 0,25%	beze změny	beze změny	beze změny	koagulát
K 0,5%	beze změny	koagulát	beze změny	beze změny
K 0,75%	sraženina	sraženina	sraženina	sraženina
A 0%	beze změny	beze změny	beze změny	beze změny
A 0,25%	beze změny	beze změny	beze změny	beze změny
A 0,5%	beze změny	beze změny	beze změny	beze změny
A 0,75%	sraženina	sraženina	sraženina	sraženina

5. 2. 2. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z pigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkludovaných PPy částic

5.2.2.1. Vyhodnocení vizuálních vlastností pigmentovaných nátěrových filmů

Pro přípravu pigmentovaných nátěrových hmot byly použity pigmenty TiO_2 , CaCO_3 , ZnO , $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, ZnS , MoS_2 , ZnFe_2O_4 a Litopon 30%. Připravené pigmentované nátěry byly nanášeny na skleněné, ocelové a hliníkové panely. Nátěry na skleněné panely byly naneseny pravítkem se šterbinou a velikosti 150 μm , hliníkové a ocelové panely byly natřeny pravítkem se šterbinou 250 μm . U nátěrových filmů byl subjektivně vyhodnocen vzhled, lesk a byla změřena tloušťka připravených filmů. Vyhodnocení bylo provedeno dle kapitol 4.6.3.1.–4.6.3.3. Vzhled připravených nátěrových filmů je zhodnocen v *Tabulkách 38–45*, změny lesku jsou uvedeny v *Tabulkách 46–53* a tloušťky připravených filmů jsou v *Tabulkách 54–61*:

Tabulka 38. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů s TiO_2 .

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + TiO_2	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P3
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č2	B1	X1	P1

Tabulka 39. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO_3 .

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + CaCO₃	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B3	X1	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č2	B2	X1	P1

Tabulka 40. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO .

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + ZnO	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X2	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B3	X3	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B1	X2	P1
A 0,75%	Z2	Č1	B3	X1	P1

Tabulka 41. *Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se $Zn_3(PO_4)_2$.*

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z2	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P2
K 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X2	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P2
A 0,75%	Z1	Č2	B3	X1	P1

Tabulka 42. *Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se ZnS.*

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + ZnS	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P1

Tabulka 43. *Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů s MoS₂.*

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + MoS₂	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č2	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č2	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B3	X1	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č1	B2	X1	P1

Tabulka 44. *Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se ZnFe₂O₄.*

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + ZnFe₂O₄	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B3	X1	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B1	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č2	B2	X1	P1

Tabulka 45. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů s Litoponem 30%.

Vzhled nátěrového filmu					
Latex + Litopon 30%	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
K 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
K 0,5%	Z1	Č1	B2	X1	P1
K 0,75%	Z1	Č1	B3	X2	P1
A 0%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,25%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0,5%	Z1	Č2	B2	X1	P1
A 0,75%	Z1	Č1	B3	X2	P1

Tabulka 46. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s TiO₂ v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + TiO ₂							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	33,2	73,6	11,7	0,7	12,5	27,2	15,3	0,8
	60°	70,6	81,9	33,1	7,9	50,4	55,4	41,0	8,4
	85°	87,2	90,5	40,3	13,4	69,8	64,7	44,6	10,8
10	20°	34,1	74,7	12,5	0,8	13,3	29,0	16,2	0,9
	60°	71,5	82,9	34,8	8,3	51,0	56,7	42,3	8,9
	85°	88,8	91,1	41,9	14,9	70,2	65,3	46,2	11,0
30	20°	35,2	74,5	13,0	1,4	13,4	28,0	15,5	1,0
	60°	71,8	82,8	36,5	9,7	51,5	56,5	41,4	9,7
	85°	90,0	88,8	41,0	15,1	69,2	64,4	45,9	11,4

Tabulka 47. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO_3 v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + CaCO_3							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	100,0	73,4	44,5	30,8	91,3	82,3	34,9	13,6
	60°	111,5	95,1	71,7	63,2	93,2	88,2	66,2	43,8
	85°	99,1	90,5	82,6	77,2	93,5	93,0	90,6	65,3
10	20°	101,0	74,2	47,1	36,4	92,4	83,3	36,3	14,3
	60°	112,0	96,4	72,5	65,2	95,9	89,3	67,3	47,7
	85°	100,0	91,9	83,7	78,0	95,1	93,5	91,4	67,2
30	20°	110,0	74,7	49,1	39,7	92,3	86,1	41,6	15,8
	60°	118,0	95,2	73,0	66,5	96,1	91,4	68,7	48,7
	85°	101,0	91,2	84,5	76,0	96,1	93,5	91,4	65,8

Tabulka 48. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + ZnO							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	80,2	74,5	55,1	3,1	125,0	127,0	51,4	0,3
	60°	81,4	82,9	74,3	12,4	121,1	124,0	68,2	7,1
	85°	80,7	86,1	90,5	31,0	100,0	101,2	78,6	72,9
10	20°	85,2	77,1	55,6	6,0	127,0	128,0	56,2	0,4
	60°	88,7	83,8	75,6	25,9	124,0	126,0	72,5	7,8
	85°	92,4	87,8	93,3	43,6	102,0	103,0	83,3	73,7
30	20°	81,0	83,6	51,1	2,8	126,0	128,0	52,9	0,7
	60°	83,5	87,3	72,8	8,5	123,0	126,0	69,5	13,1
	85°	88,0	92,9	91,5	23,3	102,0	103,0	79,6	77,9

Tabulka 49. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se $Zn_3(PO_4)_2$ v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + $Zn_3(PO_4)_2$							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	130,0	121,4	13,0	14,8	61,4	135,0	81,1	1,1
	60°	139,4	119,4	45,8	39,6	91,2	130,0	94,2	18,0
	85°	100,2	99,0	57,3	39,7	89,0	102,0	93,5	51,0
10	20°	139,0	122,0	13,6	35,2	62,0	139,0	81,7	2,0
	60°	142,0	123,0	46,7	49,7	91,7	137,0	94,8	22,8
	85°	104,0	99,7	65,3	40,2	89,2	107,0	94,7	69,0
30	20°	133,0	123,0	28,8	16,8	89,7	137,0	93,3	1,2
	60°	141,0	120,0	50,4	40,5	108,0	133,0	103,0	10,3
	85°	101,0	100,0	58,5	46,6	91,9	104,0	96,8	49,2

Tabulka 50. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + ZnS							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	93,3	75,3	104,0	13,2	72,9	77,0	72,6	1,3
	60°	104,0	81,2	108,0	18,2	81,0	83,1	81,0	13,7
	85°	94,1	93,0	100,0	41,0	95,6	90,2	94,5	60,5
10	20°	94,6	76,2	108,0	8,0	76,5	78,0	73,7	1,5
	60°	107,0	82,4	112,0	14,6	84,3	84,5	82,6	14,6
	85°	95,2	94,7	100,0	41,4	96,0	96,0	95,8	62,9
30	20°	98,6	77,6	111,0	38,6	78,4	78,1	74,8	4,0
	60°	107,0	82,9	110,0	63,9	84,2	84,0	82,8	26,7
	85°	96,0	94,7	99,0	72,6	95,6	94,9	94,8	63,4

Tabulka 51. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s MoS_2 v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + MoS_2							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	134,0	117,0	56,5	9,7	74,7	83,9	44,0	1,6
	60°	138,0	117,0	72,8	22,7	82,2	87,1	70,3	7,0
	85°	103,0	102,0	92,9	41,6	96,4	97,4	93,1	59,5
10	20°	130,0	115,0	62,9	1,6	75,1	84,6	44,3	1,1
	60°	137,0	115,0	75,9	13,2	82,4	87,5	70,9	6,0
	85°	98,2	101,0	95,3	55,6	95,1	97,1	92,7	31,9
30	20°	135,0	114,0	67,0	1,8	75,0	85,1	48,1	1,2
	60°	139,0	114,0	78,6	8,7	81,9	87,6	72,6	6,5
	85°	100,0	100,0	94,3	32,5	94,3	96,0	92,1	28,2

Tabulka 52. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnFe_2O_4 v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + ZnFe_2O_4							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	123,0	123,0	109,0	42,6	64,8	77,4	64,8	34,9
	60°	132,0	124,0	110,0	63,5	78,8	83,3	78,3	61,1
	85°	106,0	104,0	101,0	90,4	94,4	96,5	94,4	89,2
10	20°	115,0	128,0	103,0	54,9	65,8	77,5	67,3	48,6
	60°	127,0	127,0	106,0	72,0	79,2	83,6	79,8	74,5
	85°	107,0	103,0	100,0	91,4	93,3	95,9	95,3	93,9
30	20°	119,0	125,0	110,0	55,4	67,7	77,7	67,7	57,9
	60°	130,0	124,0	110,0	72,2	79,6	83,3	80,3	79,8
	85°	105,0	103,0	99,8	90,0	93,2	95,3	94,7	93,4

Tabulka 53. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30% v čase.

Lesk nátěrového filmu [GU]									
Doba měření [dny]	úhel	Latex + Litopon 30%							
		K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	20°	136,0	113,0	91,4	8,2	92,0	95,3	84,6	10,8
	60°	136,0	115,0	98,1	24,1	93,9	108,0	90,8	34,5
	85°	107,0	101,0	98,4	69,9	97,7	102,0	97,9	78,8
10	20°	139,0	114,0	97,9	14,9	90,3	92,1	87,8	5,4
	60°	141,0	115,0	101,0	31,2	93,6	108,0	92,7	26,2
	85°	107,0	100,0	98,4	61,3	97,1	101,0	97,5	75,1
30	20°	130,0	114,0	96,2	7,5	90,7	92,6	88,5	38,8
	60°	136,0	115,0	100,0	19,6	93,8	106,0	93,2	64,4
	85°	105,0	97,5	96,6	62,8	97,1	98,9	96,9	84,6

Tabulka 54. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s TiO₂.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + TiO ₂	sklo	ocel	hliník
K 0%	31,7±2,0	98,1±2,6	89,8±2,8
K 0,25%	31,7±2,2	91,6±2,5	68,2±2,4
K 0,5%	30,0±2,2	108,3±1,4	75,8±2,1
K 0,75%	13,3±1,9	88,4±2,1	61,2±2,0
A 0%	31,7±1,8	86,7±2,0	55,7±3,3
A 0,25%	30,0±1,5	66,5±2,4	47,9±3,5
A 0,5%	21,7±2,0	55,1±3,5	42,7±2,6
A 0,75%	15,0±2,1	58,7±3,2	39,0±3,2

Tabulka 55. *Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO₃.*

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + CaCO₃	sklo	ocel	hliník
K 0%	28,3±2,2	53,6±2,7	57,1±2,1
K 0,25%	33,3±1,9	54,1±3,2	98,4±1,9
K 0,5%	41,6±1,8	59,3±2,8	84,0±2,5
K 0,75%	20,0±2,0	54,9±3,6	71,8±2,4
A 0%	31,6±2,1	53,5±2,3	74,1±2,5
A 0,25%	30,0±1,9	66,6±2,0	59,5±3,8
A 0,5%	38,3±1,7	40,4±3,8	69,5±2,4
A 0,75%	30,0±2,0	31,1±2,5	55,3±3,9

Tabulka 56. *Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO.*

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + ZnO	sklo	ocel	hliník
K 0%	40,0±1,3	69,1±2,2	66,0±1,9
K 0,25%	36,6±1,9	34,7±2,8	56,8±2,5
K 0,5%	33,3±2,0	48,8±3,1	45,4±3,9
K 0,75%	11,6±2,6	42,9±2,5	62,9±2,4
A 0%	36,6±1,7	54,0±3,9	83,3±2,2
A 0,25%	25,0±2,2	50,3±3,0	90,6±1,8
A 0,5%	26,6±2,1	42,7±2,7	57,5±3,5
A 0,75%	18,3±1,9	44,2±2,5	41,2±3,9

Tabulka 57. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se $Zn_3(PO_4)_2$.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	sklo	ocel	hliník
K 0%	25,0±2,0	69,9±2,6	84,6±1,5
K 0,25%	33,3±2,5	86,5±2,5	37,2±2,9
K 0,5%	30,0±1,9	62,3±2,8	51,3±3,6
K 0,75%	26,6±1,7	51,9±3,4	45,6±3,5
A 0%	35,0±1,5	50,9±2,0	77,9±2,4
A 0,25%	21,6±2,0	57,6±3,1	83,3±2,0
A 0,5%	30,0±2,3	54,4±2,8	82,6±3,0
A 0,75%	25,0±1,7	41,9±3,5	72,7±1,9

Tabulka 58. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS .

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + ZnS	sklo	ocel	hliník
K 0%	36,6±1,5	48,2±2,5	72,3±2,2
K 0,25%	53,3±1,9	96,6±2,0	79,7±2,0
K 0,5%	26,6±1,7	74,6±1,8	81,8±1,5
K 0,75%	40,0±2,0	45,0±3,4	51,3±3,7
A 0%	20,0±2,3	63,8±2,2	39,9±3,5
A 0,25%	28,3±1,5	50,5±1,5	46,7±2,9
A 0,5%	20,0±2,2	50,7±2,9	42,6±3,1
A 0,75%	15,0±2,1	37,0±3,8	39,5±2,8

Tabulka 59. *Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s MoS₂.*

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + MoS₂	sklo	ocel	hliník
K 0%	31,7±1,4	76,1±2,8	83,1±2,6
K 0,25%	45,0±1,5	86,9±2,1	69,5±2,7
K 0,5%	26,7±1,9	75,8±2,6	74,8±1,5
K 0,75%	26,7±2,0	51,4±3,8	45,0±2,4
A 0%	26,7±1,8	69,3±2,2	57,4±2,1
A 0,25%	26,7±2,2	81,0±1,8	59,1±2,7
A 0,5%	30,0±1,7	63,1±3,3	59,2±3,8
A 0,75%	26,7±2,1	40,5±3,9	37,9±3,5

Tabulka 60. *Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnFe₂O₄.*

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + ZnFe₂O₄	sklo	ocel	hliník
K 0%	41,7±1,4	122,8±2,5	77,5±2,1
K 0,25%	41,7±1,8	85,8±2,7	66,9±2,8
K 0,5%	36,7±1,3	97,4±1,4	51,2±3,6
K 0,75%	26,7±2,0	54,5±3,5	29,9±3,0
A 0%	30,0±1,9	47,0±3,9	42,1±3,4
A 0,25%	31,7±1,8	51,1±3,6	47,4±2,9
A 0,5%	26,7±2,1	55,2±3,5	57,6±2,7
A 0,75%	23,3±2,0	37,0±3,7	29,9±3,1

Tabulka 61. *Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30%.*

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Latex + Litopon 30%	sklo	ocel	hliník
K 0%	45,0 \pm 1,5	116,4 \pm 3,9	76,7 \pm 3,0
K 0,25%	38,3 \pm 1,3	108,0 \pm 3,4	72,6 \pm 3,5
K 0,5%	31,7 \pm 1,8	86,4 \pm 3,0	56,8 \pm 2,9
K 0,75%	20,0 \pm 2,4	75,5 \pm 2,9	51,2 \pm 2,4
A 0%	20,0 \pm 2,0	38,4 \pm 3,5	37,7 \pm 2,0
A 0,25%	30,0 \pm 1,3	52,7 \pm 2,1	55,5 \pm 3,5
A 0,5%	31,7 \pm 1,8	45,6 \pm 3,6	42,6 \pm 3,8
A 0,75%	25,0 \pm 2,0	30,0 \pm 2,3	38,3 \pm 3,9

5. 1. 2. 1. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentovaných nátěrových filmů

U nátěrových filmů připravených z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu Litopon 30% bylo stanoveno pH a měrná elektrická vodivost pomocí výluhů v redestilované vodě. Zkouška byla provedena u nátěrových filmů připravených z pigmentovaných kyselých i alkalických latexů podle postupu popsaného v kapitole 4.6.3.4. Vyhodnocení pH a měrné vodivosti bylo stanoveno po 3 týdnech vyluhování připravených nátěrových filmů. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulce 62*:

Tabulka 62. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhů pigmentovaných nátěrových filmů s pigmentem Litopon 30%.

Latex + Litopon 30%	1. týden		3. týden		4. týden	
	pH	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Měrná elektrická vodivost [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
K 0%	4,36	$0,50 \cdot 10^{-3}$	4,03	$0,84 \cdot 10^{-3}$	3,91	$1,06 \cdot 10^{-3}$
K 0,25%	2,94	$5,55 \cdot 10^{-3}$	2,90	$6,09 \cdot 10^{-3}$	2,86	$6,20 \cdot 10^{-3}$
K 0,5%	2,31	$10,55 \cdot 10^{-3}$	2,39	$10,53 \cdot 10^{-3}$	2,28	$10,92 \cdot 10^{-3}$
K 0,75%	2,15	$17,60 \cdot 10^{-3}$	2,21	$17,66 \cdot 10^{-3}$	2,01	$17,96 \cdot 10^{-3}$
A 0%	6,90	$1,04 \cdot 10^{-3}$	6,72	$1,58 \cdot 10^{-3}$	6,94	$1,78 \cdot 10^{-3}$
A 0,25%	4,85	$4,45 \cdot 10^{-3}$	5,48	$5,17 \cdot 10^{-3}$	5,54	$5,43 \cdot 10^{-3}$
A 0,5%	5,30	$8,65 \cdot 10^{-3}$	5,28	$8,68 \cdot 10^{-3}$	5,48	$8,94 \cdot 10^{-3}$
A 0,75%	4,88	$14,53 \cdot 10^{-3}$	4,76	$14,60 \cdot 10^{-3}$	4,92	$14,88 \cdot 10^{-3}$
Redestilovaná voda	6,20	$60 \cdot 10^{-3}$	6,40	$60 \cdot 10^{-3}$	6,38	$60 \cdot 10^{-3}$

5.2.2.2. Stanovení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů

U připravených nátěrových filmů s obsahem 8 hm. % zvoleného pigmentu byla sledována tvrdost po 1, 3, 5, 10, 20, 30, 40 a 50 dnech vysychání filmu pomocí kyvadla dle Persoze (viz kapitola 4.6.3.5.) a dále byla sledována odolnost vrypu dle Buchholze po 10, 30 a 60 dnech od zhotovení filmu (viz kapitola 4.6.3.6.). Výsledky měření ze zkoušky tvrdosti dle Persoze jsou uvedeny v *Tabulkách 63–70* a dle Buchholze v *Tabulkách 71–78*:

Tabulka 63. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s TiO_2 v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + TiO_2							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	23,7	26,3	29,8	20,1	27,4	29,2	34,2	40,6
3	23,5	28,1	33,5	20,6	28,7	29,0	34,9	41,0
5	25,0	30,8	35,4	22,8	30,4	30,1	38,3	44,7
10	23,5	29,2	34,2	27,1	30,6	29,7	41,3	45,0
20	27,4	27,6	38,9	31,8	31,2	30,9	43,6	45,1
30	30,8	32,9	43,5	42,8	36,7	36,2	45,4	46,4
40	32,1	37,9	44,3	47,0	37,4	36,8	46,2	46,9
50	30,6	30,1	42,8	44,7	36,4	35,7	47,4	48,4

Tabulka 64. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO_3 v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + CaCO_3							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	41,4	29,8	29,8	32,0	33,6	37,1	31,7	33,6
3	40,7	27,8	27,9	23,8	31,5	35,2	30,7	35,8
5	43,5	29,4	29,6	28,4	32,6	36,1	31,7	36,1
10	41,0	28,8	29,6	39,4	31,9	35,3	31,7	37,3
20	46,0	33,6	33,9	44,1	36,9	40,3	37,1	44,3
30	45,9	33,3	34,4	39,9	34,4	41,0	36,8	43,6
40	45,0	33,1	34,9	40,6	37,6	40,8	37,7	44,1
50	46,3	33,7	34,7	40,8	37,5	40,9	38,6	44,7

Tabulka 65. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + ZnO							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	32,5	36,5	37,5	41,5	33,6	38,0	39,6	34,7
3	29,2	35,2	33,6	45,3	34,5	37,4	39,1	41,2
5	28,1	34,6	35,7	43,4	36,0	38,1	41,1	35,3
10	25,5	33,6	34,2	45,0	35,1	37,6	42,4	36,6
20	32,4	37,5	37,7	44,3	39,9	42,2	46,7	36,1
30	31,2	37,0	35,4	40,3	37,3	40,8	42,2	39,3
40	31,6	39,3	37,1	43,9	39,1	41,9	44,8	34,4
50	34,1	38,6	37,1	43,0	39,9	42,3	44,7	35,3

Tabulka 66. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se $Zn_3(PO_4)_2$ v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + $Zn_3(PO_4)_2$							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	33,6	29,0	37,0	31,5	35,9	37,0	37,4	43,3
3	33,7	26,5	36,0	25,4	34,0	35,1	35,3	40,4
5	37,5	29,0	37,0	36,4	35,2	35,0	35,5	33,5
10	31,8	28,4	35,7	38,5	35,1	34,5	35,8	42,0
20	39,9	33,9	39,2	40,4	38,6	40,0	41,1	45,2
30	38,9	32,4	41,3	42,2	38,2	38,7	39,5	45,1
40	43,4	32,9	41,1	39,9	39,3	38,0	39,9	51,7
50	44,4	34,5	40,2	38,1	38,6	38,5	40,1	46,9

Tabulka 67. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + ZnS							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	36,1	21,3	36,1	17,7	46,2	39,5	32,7	39,2
3	27,8	18,5	38,4	24,7	46,2	39,4	31,1	42,3
5	29,7	19,6	38,1	22,9	49,1	41,2	35,9	44,7
10	28,0	20,6	36,2	28,7	46,3	39,1	32,3	40,4
20	27,9	21,0	34,7	29,7	47,4	39,9	40,6	42,6
30	28,8	21,6	34,1	35,3	46,1	40,1	42,6	42,3
40	25,9	17,8	33,6	34,9	45,2	38,8	40,5	43,7
50	26,6	19,0	34,9	35,3	46,1	39,2	41,7	44,9

Tabulka 68. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s MoS₂ v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + MoS ₂							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	29,9	28,9	28,6	35,8	31,5	36,2	31,7	33,6
3	31,2	29,9	31,2	34,8	31,2	39,9	34,5	35,2
5	32,2	30,3	34,9	41,6	34,1	38,2	36,2	40,9
10	31,4	30,2	36,0	21,3	36,6	39,7	38,6	50,0
20	32,6	32,8	41,3	29,6	37,4	41,7	42,1	47,9
30	30,9	30,3	38,1	29,7	37,7	41,7	42,1	51,0
40	29,7	28,4	36,6	26,4	36,5	40,3	40,5	47,2
50	30,5	29,4	38,2	29,3	37,0	40,8	41,2	47,5

Tabulka 69. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se $ZnFe_2O_4$ v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + $ZnFe_2O_4$							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	31,0	31,9	31,9	33,2	34,9	40,7	33,3	42,3
3	30,2	32,6	32,6	31,9	35,4	41,3	36,9	45,2
5	31,8	33,7	34,5	36,3	35,5	40,5	39,9	49,1
10	30,9	32,3	34,9	44,4	35,4	41,2	41,9	53,6
20	33,0	35,1	37,5	43,7	37,1	43,2	42,5	51,9
30	31,8	33,4	35,7	45,7	35,9	41,1	43,2	49,8
40	30,6	31,8	34,6	44,9	35,8	40,1	42,4	51,2
50	31,3	31,5	34,3	45,9	36,1	40,8	41,8	50,4

Tabulka 70. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30% v čase dle Persoze.

Tvrdost nátěrového filmu [%]								
Doba měření [dny]	Latex + Litopon 30%							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
2	33,6	30,6	31,3	20,2	38,7	39,8	33,3	39,1
3	31,6	29,6	34,1	26,1	38,9	39,9	34,5	35,2
5	33,5	29,0	35,6	22,8	38,7	40,2	37,7	41,8
10	30,5	32,7	37,9	42,3	41,0	40,5	39,5	54,7
20	34,2	29,9	41,1	29,1	41,8	41,2	41,0	57,7
30	35,9	26,5	40,2	40,7	40,6	40,9	40,6	48,3
40	29,1	24,0	38,9	27,6	40,9	39,5	39,3	41,0
50	30,1	25,9	38,8	31,5	39,5	40,2	40,0	49,8

Tabulka 71. *Odolnost nátěrových filmů s TiO₂ dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + TiO ₂							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	45,25	45	45,85	41,99	41,74	51,44	56,05	50,97
30	69,06	71,53	60,68	71,33	61,12	60,35	63,82	66,82
60	76,18	75,33	79,43	81,23	77,11	76,57	79,18	96,14

Tabulka 72. *Odolnost nátěrových filmů s CaCO₃ dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + CaCO ₃							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	59,92	59,21	68,59	71,63	60,83	61,92	49,75	60,17
30	62,31	70,27	78,99	62,93	83,33	57,37	53,62	86,81
60	82,64	70,91	80,76	77,64	96,43	74,46	77,16	93,89

Tabulka 73. *Odolnost nátěrových filmů se ZnO dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + ZnO							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	53,33	54,59	45,68	51,87	51,84	73,80	60,50	50,56
30	67,43	63,94	53,33	68,35	63,05	64,31	65,92	63,49
60	70,46	71,73	73,28	79,42	75,23	78,80	80,98	70,78

Tabulka 74. *Odolnost nátěrových filmů se $Zn_3(PO_4)_2$ dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + $Zn_3(PO_4)_2$							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	87,79	68,59	50,58	50,96	82,71	78,80	56,59	44,80
30	80,19	78,25	64,48	58,51	90,17	82,99	64,60	81,77
60	90,16	80,46	92,58	89,10	91,43	89,93	93,86	94,24

Tabulka 75. *Odolnost nátěrových filmů se ZnS dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + ZnS							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	70,09	59,14	76,63	81,57	73,58	69,16	69,50	75,93
30	81,50	58,72	75,19	71,38	85,75	64,98	64,64	89,13
60	68,05	59,42	76,45	80,84	91,33	78,82	82,31	87,15

Tabulka 76. *Odolnost nátěrových filmů s MoS_2 dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + MoS_2							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	65,73	78,55	51,18	47,53	71,28	64,43	66,01	81,57
30	67,02	71,89	55,07	64,23	82,27	68,49	73,69	84,71
60	78,05	72,13	79,51	67,84	83,41	85,70	83,23	85,83

Tabulka 77. *Odolnost nátěrových filmů se ZnFe₂O₄ dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + ZnFe ₂ O ₄							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	61,73	76,47	63,76	54,29	65,10	71,63	76,81	85,27
30	69,55	78,59	66,23	58,19	73,86	70,85	76,48	82,15
60	70,90	79,14	70,18	79,37	75,16	75,50	79,54	99,73

Tabulka 78. *Odolnost nátěrových filmů s Litoponem 30% dle Buchholze.*

Odolnost proti vtisku [mm]								
Doba měření [dny]	Latex + Litopon 30%							
	K 0%	K 0,25%	K 0,5%	K 0,75%	A 0%	A 0,25%	A 0,5%	A 0,75%
10	76,86	84,94	61,61	75,09	80,75	73,21	77,12	84,14
30	79,46	74,84	77,29	67,73	73,50	75,40	81,52	79,90
60	72,97	70,12	73,23	77,80	73,87	79,27	83,03	86,98

5.2.2.3. Vyhodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

Mechanická odolnost připravených nátěrových filmů byla testována u nátěrových filmů z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu a dále u nátěrových filmů z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentové směsi složené z 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ nebo Litoponu 30% ve funkci plniva. Odolnost filmů byla testována mřížkovou zkouškou, zkouškou hloubením, úderem a ohybem. Postup těchto metod je popsán v kapitolách 4.6.3.7. až 4.6.3.10. Zkoušky byly provedeny na ocelových panelech s tloušťkou nátěrového filmu 61–120 μm. Výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v *Tabulkách 79–88*.

Tabulka 79. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % TiO₂.

Latex + TiO₂	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	1	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	<2
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	70	<2
A 0,75%	0	>10	70	<2

Tabulka 80. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % CaCO₃.

Latex + CaCO₃	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	<2
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	<50	<2
A 0,75%	0	>10	<50	<2

Tabulka 81. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % ZnO.

Latex + ZnO	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	3	>10	<50	4
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	2	>10	<50	4
K 0,75%	0	>10	<50	4
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	1	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	<50	4
A 0,75%	0	>10	<50	4

Tabulka 82. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % Zn₃(PO₄)₂.

Latex + Zn₃(PO₄)₂	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	<2
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	1	>10	<50	<2
A 0,5%	1	>10	<50	<2
A 0,75%	0	>10	<50	<2

Tabulka 83. *Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % ZnS.*

Latex + ZnS	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	60	<2
K 0,75%	0	>10	60	<2
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	100	<2
A 0,75%	0	>10	100	<2

Tabulka 84. *Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % MoS₂.*

Latex + MoS₂	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	60	<2
K 0,25%	0	>10	60	<2
K 0,5%	0	>10	60	<2
K 0,75%	0	9,98	60	<2
A 0%	0	>10	90	<2
A 0,25%	0	>10	90	<2
A 0,5%	0	>10	90	<2
A 0,75%	0	>10	60	<2

Tabulka 85. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % ZnFe₂O₄.

Latex + ZnFe ₂ O ₄	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	<2
A 0%	0	>10	50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	50	<2
A 0,75%	2	>10	<50	<2

Tabulka 86. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % Litoponu 30%.

Latex + Litopon 30%	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	4
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	<50	<2
A 0,75%	0	>10	<50	<2

Tabulka 87. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃.

Latex + PPy + CaCO₃	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	1	>10	70	<2
K 0,25%	0	>10	90	<2
K 0,5%	0	>10	70	<2
K 0,75%	0	>10	60	<2
A 0%	0	>10	100	<2
A 0,25%	0	>10	80	<2
A 0,5%	0	>10	70	<2
A 0,75%	0	>10	60	<2

Tabulka 88. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃.

Latex + PPy + Litopon 30%	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
K 0%	0	>10	<50	<2
K 0,25%	0	>10	<50	<2
K 0,5%	0	>10	<50	<2
K 0,75%	0	>10	<50	<2
A 0%	0	>10	<50	<2
A 0,25%	0	>10	<50	<2
A 0,5%	0	>10	<50	<2
A 0,75%	0	>10	<50	<2

5. 2. 3. Vyhodnocení chemické a antikoroziční účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na obsahu inkludovaných PPy částic

5.2.3.1. Stanovení chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí

Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů byla vyhodnocena po 72 h působení pufru o zvoleném pH (viz kapitola 4.6.4.1.). Zkouška byla provedena u nátěrových filmů připravených z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu a dále u nátěrových filmů z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy, který byl doplněn plnivem (CaCO₃ nebo Litopon 30%) na 8 hm. %. Tloušťka připravených filmů se pohybovala v rozmezí 100±20 μm. Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů je uvedena v *Tabulkách 89–98*:

Tabulka 89. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % TiO₂ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + TiO ₂	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	0	0
K 0,25%	1	1	2	1	3	3
K 0,5%	1	1	1	1	3	3
K 0,75%	1	1	2	2	4	4
A 0%	1	0	0	0	3	3
A 0,25%	1	1	1	0	3	3
A 0,5%	2	1	2	0	3	3
A 0,75%	2	1	2	2	4	4

Tabulka 90. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + CaCO ₃	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	1	1	1	1	4	4
K 0,25%	1	1	1	1	3	3
K 0,5%	2	2	2	1	3	3
K 0,75%	2	2	2	0	1	0
A 0%	1	0	0	0	3	3
A 0,25%	1	1	1	2	2	2
A 0,5%	2	2	2	2	3	3
A 0,75%	2	2	2	2	3	3

Tabulka 91. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnO v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnO	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	1	0	0	0	0	3
K 0,25%	2	0	0	0	0	0
K 0,5%	2	2	2	1	2	4
K 0,75%	2	2	2	1	1	1
A 0%	2	0	0	0	4	4
A 0,25%	2	2	2	2	1	4
A 0,5%	2	2	2	2	1	4
A 0,75%	2	2	2	2	4	4

Tabulka 92. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $Zn_3(PO_4)_2$ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	2	1	1	1	3	3
K 0,25%	1	0	0	1	2	3
K 0,5%	1	1	1	1	2	3
K 0,75%	2	2	2	2	3	3
A 0%	1	1	2	0	4	4
A 0,25%	1	1	2	2	4	4
A 0,5%	2	2	2	2	4	4
A 0,75%	2	2	2	2	4	4

Tabulka 93. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnS v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnS	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	0	0	0	0	3	3
K 0,5%	1	1	1	1	3	3
K 0,75%	2	2	2	2	4	3
A 0%	0	0	0	0	3	3
A 0,25%	0	0	0	0	3	3
A 0,5%	2	2	2	2	3	3
A 0,75%	2	2	2	2	3	3

Tabulka 94. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % MoS₂ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + MoS ₂	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	2	2	2	1	3	3
K 0,5%	2	2	2	2	3	3
K 0,75%	2	2	2	2	4	4
A 0%	0	0	0	0	3	3
A 0,25%	2	1	2	0	3	3
A 0,5%	2	2	2	1	3	3
A 0,75%	2	2	2	2	4	4

Tabulka 95. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnFe₂O₄ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnFe ₂ O ₄	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	0	0	0	0	3	3
K 0,5%	2	1	0	0	3	3
K 0,75%	2	1	1	2	3	3
A 0%	0	0	0	0	3	3
A 0,25%	0	0	0	0	3	3
A 0,5%	2	2	2	2	3	3
A 0,75%	2	1	2	2	3	4

Tabulka 96. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + Litopon 30%	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	1	1	1	1	3	3
K 0,5%	2	2	2	2	3	3
K 0,75%	2	2	2	2	4	3
A 0%	0	0	0	0	3	3
A 0,25%	1	1	1	2	3	3
A 0,5%	2	2	2	1	3	3
A 0,75%	2	2	2	2	3	3

Tabulka 97. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + PPy+ CaCO ₃	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	0	0	0	0	3	3
K 0,5%	2	2	2	1	3	3
K 0,75%	1	2	2	1	2	4
A 0%	0	0	1	0	2	3
A 0,25%	2	2	1	1	3	3
A 0,5%	2	2	2	2	3	3
A 0,75%	2	1	2	2	3	3

Tabulka 98. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + PPy + Litopon 30%	Změna vzhledu					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	0	0	0	0	3	3
K 0,25%	2	1	1	1	3	3
K 0,5%	2	2	2	2	3	3
K 0,75%	2	2	2	2	3	3
A 0%	0	0	0	0	3	3
A 0,25%	2	1	1	1	3	3
A 0,5%	2	1	1	2	3	3
A 0,75%	2	2	2	1	3	3

5.2.3.2. Stanovení stupně koroze ocelového podkladu v závislosti na pH korozního prostředí

Po ukončení testování chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí byly nátěrové filmy odstraněny pomocí odstraňovače nátěrů a byl zhodnocen stupeň koroze na ocelovém podkladu (viz. *Tabulky 99–108*). Hodnocení bylo subjektivně provedeno dle kapitoly 4.6.4.8.3.

Tabulka 99. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % TiO₂ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + TiO ₂	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	33	50	50	50	50	33
K 0,25%	33	100	50	50	16	50
K 0,5%	16	16	16	33	3	3
K 0,75%	50	33	50	33	1	0,3
A 0%	10	10	16	10	3	3
A 0,25%	16	50	33	100	0,3	0,3
A 0,5%	16	10	16	3	1	1
A 0,75%	3	3	3	10	1	0,3

Tabulka 100. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + CaCO ₃	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	1	1	1	1	10	3
K 0,25%	3	3	1	1	1	3
K 0,5%	3	3	3	3	1	1
K 0,75%	10	16	16	33	3	1
A 0%	1	1	1	1	3	3
A 0,25%	1	1	1	1	10	3
A 0,5%	10	50	33	33	0,3	3
A 0,75%	16	50	16	33	3	3

Tabulka 101. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnO v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnO	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	10	10	10	3	3	3
K 0,25%	16	10	16	3	3	1
K 0,5%	33	33	16	10	3	3
K 0,75%	33	33	33	16	1	1
A 0%	10	3	3	3	3	3
A 0,25%	33	33	33	16	3	1
A 0,5%	33	16	16	10	1	3
A 0,75%	10	16	16	16	1	1

Tabulka 102. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % $Zn_3(PO_4)_2$ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	1	1	0,3	0,3	3	3
K 0,25%	16	10	10	33	10	3
K 0,5%	33	50	50	50	16	3
K 0,75%	10	16	16	16	3	3
A 0%	10	10	3	3	3	3
A 0,25%	16	10	10	16	3	3
A 0,5%	10	16	10	3	3	3
A 0,75%	10	16	16	33	10	10

Tabulka 103. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnS v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnS	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	3	3	10	16	33	50
K 0,25%	33	33	16	33	50	50
K 0,5%	50	16	10	16	50	50
K 0,75%	10	16	16	50	33	16
A 0%	1	1	1	1	3	3
A 0,25%	16	33	16	10	3	1
A 0,5%	10	10	10	10	1	1
A 0,75%	16	10	10	10	3	3

Tabulka 104. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % MoS₂ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + MoS ₂	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	16	10	3	1	1	1
K 0,25%	33	50	33	33	10	3
K 0,5%	16	10	10	50	50	50
K 0,75%	33	33	50	50	1	1
A 0%	3	3	1	1	3	3
A 0,25%	33	16	33	16	1	1
A 0,5%	16	10	10	33	1	1
A 0,75%	10	16	16	50	1	1

Tabulka 105. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnFe₂O₄ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + ZnFe ₂ O ₄	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	16	10	3	1	1	33
K 0,25%	100	50	50	33	3	3
K 0,5%	33	16	33	10	3	3
K 0,75%	50	50	50	50	1	1
A 0%	1	1	1	0,3	0,3	0,3
A 0,25%	100	100	100	100	1	1
A 0,5%	16	10	16	50	1	1
A 0,75%	50	33	33	50	1	1

Tabulka 106. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + Litopon 30%	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	3	3	1	1	3	33
K 0,25%	10	10	3	1	1	0,3
K 0,5%	16	16	10	3	3	1
K 0,75%	10	16	16	16	33	50
A 0%	16	10	10	1	33	50
A 0,25%	33	10	50	10	1	0,3
A 0,5%	33	16	16	16	3	1
A 0,75%	33	50	33	100	0,3	0,3

Tabulka 107. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + PPy + CaCO ₃	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
0%	1	0,03	0,03	0,3	0,03	0,03
0,25%	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1
0,5%	16	33	16	16	0,3	0,3
0,75%	16	33	50	33	1	1
0% A	0,1	0,1	0,3	1	0,1	0,1
0,25% A	50	10	10	50	33	16
0,5% A	50	33	16	33	0,3	0,3
0,75% A	16	33	33	33	0,1	0,3

Tabulka 108. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ v závislosti na pH korozního prostředí.

Latex + PPy + Litopon 30%	Podkorodování [%]					
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10	pH 12
K 0%	10	10	16	16	1	1
K 0,25%	16	33	33	50	3	3
K 0,5%	10	16	16	50	0,3	0,3
K 0,75%	33	33	33	33	3	3
A 0%	33	16	10	10	3	1
A 0,25%	16	16	16	33	3	10
A 0,5%	16	16	16	50	1	3
A 0,75%	16	16	10	33	3	3

5.2.3.3. Stanovení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK

Vyhodnocení chemické odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu bylo provedeno po 10, 20 a 30 dnech od nanesení nátěrového filmu na skleněný podklad. Test byl proveden do stupně odolnosti 0 dle postupu popsaného v kapitole 4.6.4.2. Výsledky zkoušky pro nátěrové filmy s jednotlivými pigmenty jsou uvedeny v *Tabulkách 109–116*:

Tabulka 109. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných TiO₂ vůči MEK.

Latex + TiO ₂	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	10,6	18,7	19,2
K 0,25%	9,5	10,6	27,9
K 0,5%	9,5	10,5	16,3
K 0,75%	9,6	10,9	12,2
A 0%	7,1	8,4	23,3
A 0,25%	8,2	9,7	23,8
A 0,5%	10,5	12,6	15,8
A 0,75%	5,7	6,7	21,4

Tabulka 110. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných CaCO_3 vůči MEK.

Latex + CaCO_3	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	70,1	93,1	93,3
K 0,25%	43,6	48,7	82,7
K 0,5%	6,2	8,1	16,6
K 0,75%	36,1	40,3	100,3
A 0%	34,2	36,1	40,9
A 0,25%	33,7	36,7	38,6
A 0,5%	49,7	58,1	68,6
A 0,75%	22,8	24,7	40,7

Tabulka 111. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnO vůči MEK.

Latex + ZnO	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	165,4	180,0	255,6
K 0,25%	180,1	191,1	360,7
K 0,5%	70,1	104,1	380,1
K 0,75%	38,7	45,2	53,7
A 0%	135,2	163,1	212,3
A 0,25%	131,1	143,1	152,8
A 0,5%	82,3	110,0	115,2
A 0,75%	42,2	58,8	59,5

Tabulka 112. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných $Zn_3(PO_4)_2$ vůči MEK.

Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	22,6	38,1	38,1
K 0,25%	20,8	37,2	43,4
K 0,5%	10,1	16,6	17,6
K 0,75%	8,6	11,1	11,8
A 0%	40,4	43,7	42,5
A 0,25%	58,6	64,0	101,3
A 0,5%	54,4	109,1	205,3
A 0,75%	72,0	144,0	158,9

Tabulka 113. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnS vůči MEK.

Latex + ZnS	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	11,3	29,4	34,6
K 0,25%	16,8	33,4	35,2
K 0,5%	30,5	24,1	26,5
K 0,75%	33,7	19,5	58,6
A 0%	45,1	34,6	35,7
A 0,25%	21,6	20,5	34,1
A 0,5%	20,4	19,9	20,8
A 0,75%	32,4	48,7	53,2

Tabulka 114. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných MoS_2 vůči MEK.

Latex + MoS_2	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	19,6	24,4	29,9
K 0,25%	28,7	14,3	28,1
K 0,5%	35,2	29,7	31,2
K 0,75%	4,9	6,4	44,3
A 0%	64,2	23,7	28,5
A 0,25%	54,0	32,3	44,9
A 0,5%	82,1	30,1	37,3
A 0,75%	31,1	48,7	59,3

Tabulka 115. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnFe_2O_4 vůči MEK.

Latex + ZnFe_2O_4	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	28,6	14,6	21,2
K 0,25%	13,2	12,6	20,3
K 0,5%	22,7	22,0	25,0
K 0,75%	19,8	21,4	22,4
A 0%	35,6	30,0	35,7
A 0,25%	19,6	20,9	24,6
A 0,5%	28,6	19,8	20,7
A 0,75%	8,6	9,1	10,4

Tabulka 116. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných Litoponem 30% vůči MEK.

Latex + Litopon 30%	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
K 0%	31,2	15,4	25,8
K 0,25%	6,8	13,2	16,3
K 0,5%	19,1	18,4	22,6
K 0,75%	9,1	12,7	56,8
A 0%	37,4	19,0	23,9
A 0,25%	74,3	27,8	33,1
A 0,5%	49,7	20,4	27,5
A 0,75%	6,6	7,9	9,2

5.2.3.4. Stanovení odolnosti nátěrů proti tvorbě osmotických puchýřů (Sandwich test)

Tato zkouška byla provedena u nátěrů připravených z latexů s 8 hm. % pigmentu a latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % plniva. Nátěrové filmy byly nanášeny na hliníkové panely. Zkouška byla provedena dle postupu popsáno v kapitole 4.6.4.3. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v Tabulkách 117–118:

Tabulka 117. Vyhodnocení odolnosti proti tvorbě osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentovaných latexů s 8 hm. % pigmentu.

Latex	Vyhodnocení puchýřů							
	TiO ₂	CaCO ₃	ZnO	Zn ₃ (PO ₄) ₂	ZnS	MoS ₂	ZnFe ₂ O ₄	Litopon 30%
K 0%	8F	—	—	8F	—	—	—	—
K 0,25%	8F	—	8F	8M	8F	—	8M	8F
K 0,5%	8F	8M	—	8F	8F	8F	8M	8M
K 0,75%	—	—	—	—	8F	—	8F	—
A 0%	—	—	—	—	—	—	—	—
A 0,25%	—	—	—	8MD	—	—	8F	—
A 0,5%	8F	—	8M	8M	8M	8F	8MD	8F
A 0,75%	—	—	—	8MD	8F	—	8F	8M

Tabulka 118. Vyhodnocení odolnosti proti tvorbě osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % plniva.

Latex	Vyhodnocení puchýřů	
	CaCO ₃ + PPy	Litopon 30% + PPy
K 0%	—	—
K 0,25%	8F	8MD
K 0,5%	8M	8F
K 0,75%	—	8F
A 0%	—	8F
A 0,25%	8D	8F
A 0,5%	8MD	8F
A 0,75%	—	8F

5.2.3.5. Stanovení antikorozi účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace

Pomocí lineární polarizace byly hodnoceny nátěrové filmy aplikované na ocelové panely pravítkem se štěrbinou 250 μm. Měření bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 4.6.4.4. Výsledky zkoušky pro jednotlivé pigmentované nátěrové filmy jsou uvedeny v *Tabulkách 119–128*.

Tabulka 119. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % TiO₂ pomocí lineární polarizace.

Latex + TiO₂	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-81	0,1 ·10 ⁻¹	42,7	35,8	66,7 ·10 ⁴	0,2 ·10 ⁻³
K 0,25%	-229	0,3 ·10 ⁻²	30,8	29,6	25,0 ·10 ⁵	0,4 ·10 ⁻⁴
K 0,5%	-271	0,2 ·10 ⁻¹	39,2	31,8	47,0 ·10 ⁴	0,2 ·10 ⁻³
K 0,75%	-281	0,2 ·10 ⁻¹	24,5	18,0	25,7 ·10 ⁴	0,2 ·10 ⁻³
A 0%	-113	1,9 ·10 ⁻²	18,6	5,1	0,3 ·10 ⁶	59,3 ·10 ⁻⁶
A 0,25%	-534	2,7 ·10 ⁻¹	15,8	11,6	0,9 ·10 ⁴	40,0 ·10 ⁻⁴
A 0,5%	-665	0,1 ·10 ¹	37,6	35,1	0,8 ·10 ⁴	14,9 ·10 ⁻³
A 0,75%	-731	0,2 ·10 ¹	25,1	43,0	0,5 ·10 ⁴	23,1 ·10 ⁻³

Tabulka 120. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % CaCO_3 pomocí lineární polarizace.

Latex + CaCO₃	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-131	0,4 ·10 ⁶	38,3	43,8	18,3 ·10 ⁹	61,5 ·10 ⁻⁸
K 0,25%	-489	0,7 ·10 ⁻²	45,5	25,6	1,0 ·10 ⁶	10,3 ·10 ⁻⁵
K 0,5%	-605	0,2 ·10 ¹	30,9	30,8	0,3 ·10 ⁴	23,9 ·10 ⁻³
K 0,75%	-674	8,6 ·10 ⁻¹	40,6	36,4	0,9 ·10 ⁴	12,8 ·10 ⁻³
A 0%	-561	0,2 ·10 ⁻²	44,7	44,5	0,4 ·10 ⁷	29,1 ·10 ⁻⁶
A 0,25%	-188	0,5 ·10 ⁻⁶	38,6	33,9	0,2 ·10 ⁷	71,5 ·10 ⁻⁸
A 0,5%	-514	0,4 ·10 ⁻⁵	31,6	28,9	0,3 ·10 ⁵	14,3 ·10 ⁻⁵
A 0,75%	-694	0,2 ·10 ¹	41,7	33,5	0,7 ·10 ⁴	15,9 ·10 ⁻³

Tabulka 121. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnO pomocí lineární polarizace.

Latex + ZnO	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-579	2,1 ·10 ⁻¹	29,7	39,7	0,3 ·10 ⁵	32,0 ·10 ⁻⁴
K 0,25%	-595	0,2 ·10 ⁻¹	30,0	37,3	0,4 ·10 ⁶	25,0 ·10 ⁻⁵
K 0,5%	-614	0,2 ·10 ⁻¹	31,3	30,1	0,5 ·10 ⁴	16,0 ·10 ⁻³
K 0,75%	-554	5,5 ·10 ⁻¹	36,4	45,0	0,1 ·10 ⁵	82,0 ·10 ⁻⁴
A 0%	-610	0,3 ·10 ⁻³	39,1	47,6	0,3 ·10 ⁸	40,1 ·10 ⁻⁶
0,25%	-467	0,5 ·10 ⁻²	28,7	20,0	0,9 ·10 ⁶	73,0 ·10 ⁻⁶
A 0,5%	-584	0,2 ·10 ⁻¹	30,0	32,0	0,3 ·10 ⁴	35,0 ·10 ⁻³
A 0,75%	-550	6,8 ·10 ⁻¹	24,0	27,7	0,7 ·10 ⁴	11,0 ·10 ⁻³

Tabulka 122. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $Zn_3(PO_4)_2$ pomocí lineární polarizace.

Latex + $Zn_3(PO_4)_2$	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 $\cdot 10^3$	9,3 $\cdot 10^{-2}$
K 0%	-598	0,1 $\cdot 10^{-2}$	41,1	29,3	0,5 $\cdot 10^7$	14,0 $\cdot 10^{-6}$
K 0,25%	-542	0,4 $\cdot 10^{-3}$	43,1	45,5	0,3 $\cdot 10^8$	52,0 $\cdot 10^{-7}$
K 0,5%	-530	0,3 $\cdot 10^{-2}$	40,5	40,6	0,3 $\cdot 10^7$	44,0 $\cdot 10^{-6}$
K 0,75%	-598	2,0 $\cdot 10^{-1}$	37,2	39,6	0,3 $\cdot 10^5$	36,0 $\cdot 10^{-4}$
A 0%	-389	0,3 $\cdot 10^{-2}$	24,2	17,1	0,2 $\cdot 10^7$	44,0 $\cdot 10^{-6}$
A 0,25%	-514	0,6 $\cdot 10^{-3}$	42,4	38,7	0,1 $\cdot 10^8$	91,0 $\cdot 10^{-7}$
A 0,5%	-575	1,0 $\cdot 10^{-1}$	17,7	16,0	0,3 $\cdot 10^5$	15,0 $\cdot 10^{-4}$
A 0,75%	-625	0,3 $\cdot 10^{-1}$	37,9	38,1	0,3 $\cdot 10^6$	44,0 $\cdot 10^{-5}$

Tabulka 123. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnS pomocí lineární polarizace.

Latex + ZnS	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-507	0,3 ·10 ⁻³	23,5	29,4	0,2 ·10 ⁸	45,5 ·10 ⁻⁷
K 0,25%	-490	0,1 ·10 ⁻³	23,6	15,3	0,3 ·10 ⁸	18,4 ·10 ⁻⁷
K 0,5%	-552	0,3 ·10 ⁻⁵	20,7	17,7	0,1 ·10 ⁸	45,9 ·10 ⁻⁷
K 0,75%	-646	1,1 ·10 ⁻¹	37,3	49,4	0,9 ·10 ⁵	15,6 ·10 ⁻⁴
A 0%	-254	0,2 ·10 ⁻⁶	33,6	29,0	0,4 ·10 ¹¹	30,3 ·10 ⁻¹⁰
A 0,25%	-259	0,3 ·10 ⁻⁶	26,9	21,7	0,4 ·10 ¹¹	21,5 ·10 ⁻¹⁰
A 0,5%	-621	0,5 ·10 ⁻¹	36,9	43,1	0,2 ·10 ⁶	76,8 ·10 ⁻⁵
A 0,75%	-424	1,3 ·10 ⁻¹	36,3	37,5	0,6 ·10 ⁵	16,7 ·10 ⁻⁴

Tabulka 124. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % MoS₂ pomocí lineární polarizace.

Latex + MoS ₂	E _{kor} [mV]	I _{kor} [μA]	β _a [mV]	β _c [mV]	R _p [Ω]	v _{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-108	0,2 ·10 ⁻⁶	17,3	16,5	0,3 ·10 ⁸	31,0 ·10 ⁻⁸
K 0,25%	-112	0,2 ·10 ⁻⁷	19,2	17,3	0,8 ·10 ⁸	33,1 ·10 ⁻⁹
K 0,5%	-544	0,4 ·10 ⁻³	27,9	48,3	0,5 ·10 ⁵	51,7 ·10 ⁻⁴
K 0,75%	-640	0,2 ·10 ⁻²	57,6	30,8	0,4 ·10 ⁴	31,1 ·10 ⁻³
A 0%	-598	0,1 ·10 ⁻¹	44,2	42,9	0,7 ·10 ⁶	19,2 ·10 ⁻⁵
A 0,25%	-502	0,11 ·10 ⁻¹	36,4	37,6	0,7 ·10 ⁶	16,2 ·10 ⁻⁵
A 0,5%	-615	0,2 ·10 ⁻¹	41,8	39,9	0,5 ·10 ⁶	26,6 ·10 ⁻⁵
A 0,75%	-427	2,8 ·10 ⁻¹	22,2	16,7	0,1 ·10 ⁵	42,1 ·10 ⁻⁴

Tabulka 125. Antikorozní účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $ZnFe_2O_4$ pomocí lineární polarizace.

Latex + $ZnFe_2O_4$	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 $\cdot 10^3$	9,3 $\cdot 10^{-2}$
K 0%	-81	0,2 $\cdot 10^{-5}$	31,1	22,1	0,3 $\cdot 10^{10}$	26,6 $\cdot 10^{-9}$
K 0,25%	-552	0,9 $\cdot 10^{-3}$	43,9	38,3	0,9 $\cdot 10^7$	13,3 $\cdot 10^{-6}$
K 0,5%	-571	0,8 $\cdot 10^{-3}$	23,6	34,1	0,7 $\cdot 10^6$	11,8 $\cdot 10^{-5}$
K 0,75%	-699	2,1 $\cdot 10^{-1}$	39,3	41,4	0,4 $\cdot 10^5$	31,2 $\cdot 10^{-4}$
A 0%	-518	0,2 $\cdot 10^{-3}$	16,1	22,4	0,2 $\cdot 10^8$	24,5 $\cdot 10^{-7}$
A 0,25%	-549	0,9 $\cdot 10^{-3}$	42,1	37,3	0,9 $\cdot 10^7$	14,1 $\cdot 10^{-6}$
A 0,5%	-576	0,1 $\cdot 10^{-1}$	44,2	41,7	0,6 $\cdot 10^6$	20,6 $\cdot 10^{-5}$
A 0,75%	-766	0,1 $\cdot 10^{-1}$	41,3	42,8	0,5 $\cdot 10^6$	18,2 $\cdot 10^{-5}$

Tabulka 126. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% pomocí lineární polarizace.

Latex + Litopon 30%	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-588	0,4 ·10 ⁻²	33,5	39,0	0,2 ·10 ⁷	59,1 ·10 ⁻⁶
K 0,25%	-474	0,4 ·10 ⁻²	44,2	39,4	0,3 ·10 ⁷	58,2 ·10 ⁻⁶
K 0,5%	-407	0,6 ·10 ⁻²	29,1	29,1	0,9 ·10 ⁶	88,6 ·10 ⁻⁶
K 0,75%	-623	0,2 ·10 ⁻¹	16,9	16,6	0,2 ·10 ⁶	26,6 ·10 ⁻⁵
A 0%	-540	0,2 ·10 ⁻¹	42,9	44,0	0,5 ·10 ⁶	25,1 ·10 ⁻⁵
A 0,25%	-480	0,3 ·10 ⁻²	20,1	20,6	0,1 ·10 ⁷	44,3 ·10 ⁻⁶
A 0,5%	-280	0,3 ·10 ⁻²	21,3	20,8	0,1 ·10 ⁷	48,2 ·10 ⁻⁶
A 0,75%	-278	0,2 ·10 ⁻¹	19,1	18,8	0,1 ·10 ⁶	24,3 ·10 ⁻⁵

Tabulka 127. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ pomocí lineární polarizace.

Latex + PPy + CaCO ₃	E _{kor} [mV]	I _{kor} [μA]	β _a [mV]	β _c [mV]	R _p [Ω]	v _{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-334	0,4 ·10 ⁻²	31,8	25,1	0,1 ·10 ⁷	59,1 ·10 ⁻⁶
K 0,25%	-551	0,2 ·10 ⁻¹	29,4	27,8	0,4 ·10 ⁶	22,2 ·10 ⁻⁵
K 0,5%	-538	0,1 ·10 ⁻¹	28,3	26,2	0,4 ·10 ⁵	22,9 ·10 ⁻⁴
K 0,75%	-549	0,1 ·10 ⁻¹	23,1	28,3	0,4 ·10 ⁵	21,1 ·10 ⁻⁴
A 0%	-329	0,3 ·10 ⁻²	24,4	30,3	0,2 ·10 ⁷	44,4 ·10 ⁻⁶
A 0,25%	-649	0,3 ·10 ⁻¹	33,2	31,3	0,2 ·10 ⁶	41,4 ·10 ⁻⁵
A 0,5%	-636	0,3 ·10 ⁻¹	33,8	32,1	0,2 ·10 ⁵	38,9 ·10 ⁻⁴
A 0,75%	-482	0,4 ·10 ⁻¹	28,7	31,9	0,1 ·10 ⁵	59,1 ·10 ⁻⁴

Tabulka 128. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO₃ pomocí lineární polarizace.

Latex + PPy + Litopon 30%	E _{kor} [mV]	I _{kor} [μA]	β _a [mV]	β _c [mV]	R _p [Ω]	v _{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
K 0%	-610	0,9 ·10 ⁻²	30,4	34,9	0,8 ·10 ⁶	13,3 ·10 ⁻⁵
K 0,25%	-378	0,1 ·10 ⁻¹	37,3	36,7	0,7 ·10 ⁶	14,4 ·10 ⁻⁵
K 0,5%	-372	0,1 ·10 ⁻¹	36,3	35,8	0,7 ·10 ⁶	48,2 ·10 ⁻⁵
K 0,75%	-401	1,3 ·10 ⁻¹	38,1	25,6	0,7 ·10 ⁵	15,1 ·10 ⁻⁴
A 0%	-413	0,2 ·10 ⁻²	31,1	28,6	0,5 ·10 ⁷	18,1 ·10 ⁻⁶
A 0,25%	-423	0,2 ·10 ⁻²	30,1	26,6	0,4 ·10 ⁷	22,2 ·10 ⁻⁶
A 0,5%	-392	0,3 ·10 ⁻¹	37,4	34,2	0,2 ·10 ⁶	48,7 ·10 ⁻⁵
A 0,75%	-721	0,3 ·10 ⁻¹	37,1	34,2	0,2 ·10 ⁶	98,7 ·10 ⁻⁵

5. 3. Vyhodnocení pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi při OKP 0,5 % pigmentu

Dle výsledků předchozích zkoušek byl vybrán latex s nejlepšími vlastnostmi. Vybraný latex s 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic byl testován s devíti různými pigmenty a dvěma zvolenými plnivy. Jako plnivo byl použit Omyacarb – 2VA (CaCO_3) a Litopon 30% ($\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$). U plniva Litopon 30% byla testována kyselá i alkalická forma latexu a u CaCO_3 byla testována pouze alkalická forma latexu. Použité pigmenty byly: ZnO , $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, ZnS , MoS_2 , ZnFe_2O_4 , MoS_2/PPy , MoS_2/PANI , PPy a PANI.

Pro porovnání výsledků byla vybrána srovnávací disperze Axilat 2431, se kterou byla připravena nátěrová hmota s plnivem Litoponem 30% a pigmentem $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$. Dále pro porovnání výsledků byla připravena nátěrová hmota s alkalickým latexem s 0% obsahem PPy a jako plnivo byl použit Litopon 30%. Alkalický latex s 0% obsahem PPy byl zkoumán i po externím přidavku různého množství vodivého PPy. Připraveny byly dvě nátěrové hmoty při OKP 0,5 % a OKP 0,25 % PPy, do kterých byl přidán Litopon 30% jako plnivo.

5.3.1. Vyhodnocení vlastností pigmentů

5.3.1.1. Základní vlastnosti pigmentů

U použitých pigmentů byla změřena hustota, dále bylo stanoveno olejové číslo a z těchto údajů byla dopočítána KOKP, která dále byla použita při formulaci nátěrových hmot (viz. kapitola 4.4.2.). Stanovení naměřených hodnot bylo provedeno podle postupů popsanych v kapitolách 4.6.2.1.–4.6.2.3.

Tabulka 129. Základní vlastnosti použitých pigmentů.

Pigment	Spotřeba oleje [g/100g]	ρ [g·cm⁻³]	KOKP [hm%]
CaCO₃	23,53	2,7135	59,29
Litopon 30%	12,82	4,2846	62,87
ZnO	22,26	5,6783	42,39
Zn₃(PO₄)₂	21,45	3,3526	56,39
ZnS	22,25	4,0391	50,86
MoS₂	29,78	4,8070	39,38
ZnFe₂O₄	24,03	5,1677	42,82
PPy	133,85	1,6708	29,37
PANI	54,16	1,6304	51,30
MoS₂/PPy	102,26	3,7987	19,32
MoS₂/PANI	106,48	3,1136	21,91

5.3.2. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu

5.3.2.1. Vyhodnocení vizuálních vlastností pigmentovaných nátěrových filmů

Připravené nátěrové filmy byly naneseny na skleněné, ocelové a hliníkové panely krabicovým nanášecím pravítkem se štěrbinou 150 μm . U ocelových a hliníkových panelů byly naneseny dvě vrstvy nátěrového filmu. U nátěrových filmů byl subjektivně vyhodnocen vzhled, lesk a byla změřena tloušťka připravených filmů. Vyhodnocení nátěrových filmů bylo provedeno dle postupů v kapitolách 4.6.3.1.–4.6.3.3. Vyhodnocení vzhledu jednotlivých nátěrových filmů je uvedeno v *Tabulkách 130–133*, změny lesku v čase jsou uvedeny v *Tabulkách 134–137* a tloušťky jednotlivých nátěrových filmů jsou v *Tabulkách 138–141*.

Tabulka 130. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3 .

Pigment	Vzhled nátěrového filmu				
	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
ZnO	Z1	Č1	B1	X1	P1
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	Z1	Č1	B1	X1	P1
ZnS	Z1	Č1	B1	X1	P1
MoS_2	Z1	Č2	B1	X1	P1
ZnFe_2O_4	Z1	Č1	B1	X1	P1
PPy	Z1	Č1	B1	X1	P1
PANI	Z1	Č1	B2	X1	P1
MoS_2/PPy	Z1	Č2	B1	X1	P1
MoS_2/PANI	Z1	Č2	B1	X1	P1

Tabulka 131. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	Vzhled nátěrového filmu				
	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
ZnO	Z1	Č1	B1	X1	P1
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	Z1	Č2	B1	X1	P1
ZnS	Z1	Č1	B1	X1	P1
MoS_2	Z1	Č1	B1	X1	P1
ZnFe_2O_4	Z1	Č1	B1	X1	P1
PPy	Z1	Č2	B1	X1	P1
PANI	Z1	Č1	B1	X1	P1
MoS_2/PPy	Z1	Č1	B2	X1	P1
MoS_2/PANI	Z1	Č1	B1	X1	P1

Tabulka 132. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	Vzhled nátěrového filmu				
	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
ZnO	Z1	Č2	B1	X2	P1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	Z1	Č1	B1	X1	P1
ZnS	Z1	Č1	B1	X1	P1
MoS ₂	Z1	Č1	B1	X1	P1
ZnFe ₂ O ₄	Z1	Č1	B1	X1	P1
PPy	Z1	Č2	B1	X1	P1
PANI	Z1	Č1	B2	X1	P1
MoS ₂ /PPy	Z1	Č2	B2	X1	P1
MoS ₂ /PANI	Z1	Č2	B1	X1	P1

Tabulka 133. Vzhled srovnávacích nátěrových filmů.

Složky srovnávací nátěrové hmoty	Vzhled nátěrového filmu				
	zákal	částice	bubliny	praskliny	povrch
Axilat + Zn ₃ (PO ₄) ₂ + Litopon 30%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0% + Litopon 30%	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,25)	Z1	Č1	B1	X1	P1
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,5)	Z1	Č1	B1	X1	P1

Tabulka 134. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO₃.

Lesk nátěrového filmu A 0,25% + CaCO ₃ [GU]										
Doba měření [dny]	úhel	Pigment								
		ZnO	Zn ₃ (PO ₄) ₂	ZnS	MoS ₂	ZnFe ₂ O ₄	PPy	PANI	Mo ₂ /PPy	MoS ₂ /PANI
2	20°	4,1	26,1	10,8	1,8	1,6	1,3	1,4	1,1	1,7
	60°	26,2	58,4	42,8	14,7	13,7	11,7	11,5	10,0	13,8
	85°	60,3	79,3	74,3	37,7	34,1	34,5	30,7	25,1	35,9
10	20°	4,6	25,8	11,0	1,9	1,7	1,4	1,5	1,2	2,0
	60°	27,7	57,7	42,3	14,9	13,9	11,5	11,9	10,3	14,4
	85°	61,0	77,4	73,1	37,6	34,1	32,7	30,6	25,1	36,0
30	20°	4,9	27,2	11,4	1,9	1,7	1,4	1,6	1,2	2,0
	60°	28,4	59,1	44,1	15,3	14,2	11,9	12,2	10,5	14,7
	85°	62,4	79,6	75,0	38,4	34,7	34,3	31,0	25,7	37,1

Tabulka 135. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Lesk nátěrového filmu A 0,25% + Litopon 30% [GU]										
Doba měření [dny]	úhel	Pigment								
		ZnO	Zn ₃ (PO ₄) ₂	ZnS	MoS ₂	ZnFe ₂ O ₄	PPy	PANI	Mo ₂ /PPy	MoS ₂ /PANI
2	20°	1,9	2,1	5,7	13,4	2,5	7,9	4,9	36,4	18,8
	60°	14,1	15,4	32,2	49,0	17,7	39,0	29,3	68,8	52,8
	85°	35,9	35,5	65,0	85,1	32,7	65,2	63,6	87,5	73,6
10	20°	2,0	2,1	5,9	13,9	2,6	7,9	4,7	38,1	18,3
	60°	14,2	15,7	33,2	49,8	18,0	38,8	29,4	68,1	52,2
	85°	35,6	35,9	64,3	85,1	32,4	66,4	63,7	88,3	73,2
30	20°	2,2	2,2	6,2	14,2	2,8	7,6	5,0	38,4	18,6
	60°	15,0	16,7	34,2	51,1	18,5	38,6	29,9	70,1	53,1
	85°	37,4	36,9	65,4	86,2	33,2	65,2	63,7	90,0	73,6

Tabulka 136. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Lesk nátěrového filmu K 0,25% + Litopon 30% [GU]										
Doba měření [dny]	úhel	Pigment								
		ZnO	Zn ₃ (PO ₄) ₂	ZnS	MoS ₂	ZnFe ₂ O ₄	PPy	PANI	Mo ₂ /PPy	MoS ₂ /PANI
2	20°	1,8	27,3	1,6	3,7	1,9	2,1	72,4	71,9	53,5
	60°	6,2	61,1	12,0	25,1	15,0	15,8	81,9	82,2	74,9
	85°	12,7	81,2	19,0	51,3	25,0	31,5	94,9	95,7	89,1
10	20°	2,0	20,0	1,8	4,0	2,3	1,9	74,2	72,6	61,8
	60°	6,4	55,4	12,7	25,9	16,1	14,7	82,5	82,7	78,3
	85°	13,0	73,8	18,7	51,0	26,2	27,7	94,7	95,8	90,4
30	20°	2,2	40,8	1,9	4,3	2,3	2,2	73,8	73,5	64,4
	60°	7,6	70,4	13,4	27,8	16,5	15,9	83,9	83,7	80,7
	85°	15,2	84,3	19,2	53,6	26,0	31,1	97,3	96,7	94,3

Tabulka 137. Změny lesku v čase srovnávacích nátěrových filmů.

Lesk nátěrového filmu [GU]					
Doba měření [dny]	úhel	Axilat + Zn ₃ (PO ₄) ₂ + Litopon 30%	A 0% + Litopon 30%	A 0% + Litopon 30% + PPy (0,25)	A 0% + Litopon 30% + PPy (0,5)
2	20°	7,8	5,4	2,8	2,3
	60°	41,1	28,1	19,4	16,5
	85°	76,1	45,0	35,1	34,9
10	20°	9,6	5,7	3,0	2,4
	60°	45,6	28,9	20,0	16,8
	85°	77,1	47,7	35,2	34,9
30	20°	8,1	5,8	2,4	3,0
	60°	42,3	29,4	17,2	19,8
	85°	76,9	46,5	35,5	34,8

Tabulka 138. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO₃.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Pigment	sklo	ocel	
		1. vrstva	2. vrstva
ZnO	15,0±2,1	34,1±3,5	54,8±2,5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	31,7±1,9	42,3±3,7	57,7±2,4
ZnS	26,7±2,0	35,8±3,1	63,8±2,0
MoS ₂	33,3±1,7	22,6±2,0	43,5±1,8
ZnFe ₂ O ₄	21,7±2,8	25,5±2,1	59,0±1,6
PPy	31,7±2,4	38,5±3,2	80,7±2,3
PANI	18,3±1,8	27,4±2,3	51,2±1,9
MoS ₂ /PPy	28,3±2,2	23,5±1,6	44,8±2,2
MoS ₂ /PANI	28,3±2,5	23,7±2,7	45,2±2,0

Tabulka 139. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Pigment	sklo	ocel	
		1. vrstva	2. vrstva
ZnO	26,7±1,5	36,2±2,1	51,8±2,4
Zn ₃ (PO ₄) ₂	25,0±1,9	32,6±2,5	53,3±2,1
ZnS	23,3±2,0	30,2±1,9	63,3±2,0
MoS ₂	30,0±1,7	32,6±1,7	54,3±1,9
ZnFe ₂ O ₄	30,0±1,8	29,5±2,2	47,0±1,7
PPy	30,0±1,9	35,1±2,6	56,8±2,1
PANI	28,3±2,0	29,2±2,3	57,2±2,0
MoS ₂ /PPy	25,0±2,2	30,0±2,0	64,7±2,4
MoS ₂ /PANI	30,0±2,0	28,9±2,5	46,5±2,5

Tabulka 140. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Pigment	sklo	ocel	
		1. vrstva	2. vrstva
ZnO	25,0 \pm 1,9	49,4 \pm 2,4	86,5 \pm 2,7
Zn ₃ (PO ₄) ₂	25,0 \pm 1,7	37,1 \pm 2,1	58,3 \pm 3,0
ZnS	26,7 \pm 1,5	32,1 \pm 2,7	51,8 \pm 3,2
MoS ₂	31,7 \pm 1,9	45,9 \pm 3,0	87,5 \pm 2,3
ZnFe ₂ O ₄	31,7 \pm 2,1	45,5 \pm 2,9	70,3 \pm 2,1
PPy	38,3 \pm 2,3	38,3 \pm 2,7	77,2 \pm 2,8
PANI	26,7 \pm 1,8	27,4 \pm 3,6	58,8 \pm 3,0
MoS ₂ /PPy	26,7 \pm 1,5	38,7 \pm 2,1	57,3 \pm 1,9
MoS ₂ /PANI	20,0 \pm 1,4	41,6 \pm 2,5	68,0 \pm 2,2

Tabulka 141. Tloušťka srovnávacích nátěrových filmů.

Tloušťka nátěrového filmu [μm]			
Srovnávací nátěry	sklo	ocel	
		1. vrstva	2. vrstva
Axilat + Zn ₃ (PO ₄) ₂ + Litopon 30%	26,7 \pm 1,5	29,4 \pm 2,5	58,2 \pm 2,1
A 0% + Litopon 30%	31,7 \pm 2,0	47,1 \pm 3,2	83,7 \pm 3,9
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,25)	38,3 \pm 1,9	44,0 \pm 3,5	72,0 \pm 2,6
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,5)	25,0 \pm 2,0	29,9 \pm 2,8	49,8 \pm 2,4

5.3.2.2. Stanovení tvrdosti nátěrového filmu

U připravených nátěrových filmů s OKP 0,5 % pigmentu byla sledována změna tvrdosti po 1, 10 a 30 dnech vysychání filmu pomocí kyvadla dle Persoze (viz. *Tabulky 142 a 143*) a dále byla sledována odolnost vrypu dle Buchholze po 10 a 30 dnech od zhotovení filmu (viz. *Tabulky 144 a 145*). Měření tvrdosti bylo provedeno dle kapitol 4.6.3.5. a 4.6.3.6.

Tabulka 142. Tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva (CaCO₃ nebo Litopon 30%).

Tvrdost nátěrového filmu [%]				
Plnivo	Pigment	po 1 dni	po 10 dnech	po 30 dnech
CaCO ₃	ZnO	36,1	36,1	37,1
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	28,8	30,6	32,7
	ZnS	31,4	31,3	32,9
	MoS ₂	26,9	30,7	31,8
	ZnFe ₂ O ₄	28,9	31,8	33,2
	PPy	30,4	31,8	31,6
	PANI	29,3	31,4	32,8
	MoS ₂ /PPy	29,2	30,4	31,3
	MoS ₂ /PANI	33,9	36,4	34,1
Litopon 30%	ZnO	26,3	27,5	28,1
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	30,5	29,2	32,9
	ZnS	34,9	32,1	34,3
	MoS ₂	28,1	27,1	33,6
	ZnFe ₂ O ₄	22,3	22,9	29,1
	PPy	29,3	33,4	34,2
	PANI	31,0	29,5	32,2
	MoS ₂ /PPy	27,2	25,4	27,1
	MoS ₂ /PANI	27,2	27,1	29,4

Tabulka 143. Tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% a tvrdosti srovnávacích nátěrových filmů.

Tvrdost nátěrového filmu [%]				
Plnivo	Pigment	po 1 dni	po 10 dnech	po 30 dnech
Litopon 30%	ZnO	28,7	25,1	31,2
	Zn₃(PO₄)₂	32,7	31,4	34,1
	ZnS	28,8	32,7	33,2
	MoS₂	27,8	33,9	34,8
	ZnFe₂O₄	27,3	32,2	32,8
	PPy	26,9	28,1	29,4
	PANI	22,5	23,2	24,8
	MoS₂/PPy	25,1	26,1	26,6
	MoS₂/PANI	27,8	32,8	34,5
Axilat + Litopon 30%	Zn₃(PO₄)₂	45,1	45,4	46,2
A 0% + Litopon 30%	—	26,7	28,4	28,8
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	30,1	34,6	34,5
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	23,6	22,5	27,3

Tabulka 144. Odolnosti proti vtisku dle Buchholze u pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva (CaCO₃ nebo Litopon 30%).

Odolnost proti vtisku [mm]			
Plnivo	Pigment	po 10 dnech	po 30 dnech
CaCO₃	ZnO	65,2	68,3
	Zn₃(PO₄)₂	56,1	63,5
	ZnS	60,9	64,3
	MoS₂	55,6	62,7
	ZnFe₂O₄	56,5	71,4
	PPy	60,2	62,2
	PANI	58,6	65,0
	MoS₂/PPy	58,1	63,3
	MoS₂/PANI	61,8	73,0
Litopon 30%	ZnO	56,3	59,7
	Zn₃(PO₄)₂	58,1	64,0
	ZnS	62,9	74,4
	MoS₂	56,0	72,8
	ZnFe₂O₄	48,2	57,6
	PPy	71,9	74,1
	PANI	58,3	63,7
	MoS₂/PPy	53,0	55,8
	MoS₂/PANI	56,2	58,6

Tabulka 145. Odolnosti proti vtisku dle Buchholze u pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% a odolnost proti vtisku dle Buchholze srovnávacích nátěrů.

Odolnost proti vtisku [mm]			
Plnivo	Pigment	po 10 dnech	po 30 dnech
Litopon 30%	ZnO	58,7	73,9
	Zn₃(PO₄)₂	71,6	76,7
	ZnS	73,0	75,4
	MoS₂	74,8	76,0
	ZnFe₂O₄	71,9	72,5
	PPy	59,7	61,4
	PANI	51,4	55,0
	MoS₂/PPy	53,5	56,7
	MoS₂/PANI	51,9	58,0
Axilat + Litopon 30%	Zn₃(PO₄)₂	78,6	80,1
A 0% + Litopon 30%	—	58,2	59,8
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	74,2	77,0
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	49,7	58,1

5.3.2.3. Vyhodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

Mechanická odolnost připravených nátěrových filmů při OKP 0,5 % pigmentu byla testována mřížkovou zkouškou, zkouškami hloubením, úderem a ohybem. Popis a postup těchto metod je uveden v kapitolách 4.6.3.7. až 4.6.3.10. Zkoušky byly provedeny na ocelových panelech s tloušťkou nátěrového filmu v rozmezí 61–120 μm . Výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v *Tabulkách 146–149*.

Tabulka 146. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3 .

Pigment	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
ZnO	0	>10	80	4
Zn₃(PO₄)₂	0	>10	80	<2
ZnS	0	>10	100	<2
MoS₂	0	>10	100	<2
ZnFe₂O₄	0	>10	100	<2
PPy	0	>10	90	<2
PANI	0	>10	80	<2
MoS₂/PPy	0	>10	100	<2
MoS₂/PANI	0	>10	70	<2

Tabulka 147. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
ZnO	0	>10	100	<2
Zn ₃ (PO ₄) ₂	0	>10	100	<2
ZnS	0	>10	70	<2
MoS ₂	0	>10	100	<2
ZnFe ₂ O ₄	0	>10	100	<2
PPy	0	>10	100	<2
PANI	0	>10	80	<2
MoS ₂ /PPy	0	>10	100	<2
MoS ₂ /PANI	0	>10	100	<2

Tabulka 148. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
ZnO	1	9,89	100	6
Zn ₃ (PO ₄) ₂	0	>10	100	<2
ZnS	0	>10	100	<2
MoS ₂	0	>10	70	<2
ZnFe ₂ O ₄	0	>10	100	<2
PPy	0	>10	100	<2
PANI	0	>10	100	<2
MoS ₂ /PPy	0	>10	100	<2
MoS ₂ /PANI	0	>10	70	<2

Tabulka 149. *Mechanické vlastnosti srovnávacích nátěrových filmů.*

Srovnávací nátěry	Poškození mřížkovou zkouškou	Zkouška hloubením [mm]	Zkouška úderem [cm]	Zkouška ohybem [mm/trn]
Axilat + Zn₃(PO₄)₂ + Litopon 30%	0	>10	80	4
A 0% + Litopon 30%	0	>10	90	<2
A 0% + Litopon 30 %+ PPy (0,25)	0	>10	60	<2
A 0% + Litopon 30 % + PPy (0,5)	0	>10	100	<2

5.3.3. Vyhodnocení chemické a antikoroziční účinnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu

5.3.3.1. Stanovení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK

Odolnost pigmentovaných nátěrů s OKP 0,5 % pigmentu proti působení MEK byla měřena po 10, 20 a 30 dnech od zhotovení nátěrového filmu. Zkouška byla provedena dle postupu uvedeném v kapitole 4.6.4.2. Výsledky zkoušky pro nátěrové filmy s jednotlivými pigmenty jsou uvedeny v *Tabulkách 150–153*:

Tabulka 150. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3 vůči MEK.

Pigment	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
ZnO	105,6 s	58,7 s	45,4 s
Zn ₃ (PO ₄) ₂	36,7 s	30,6 s	18,2 s
ZnS	37,1 s	33,5 s	32,1 s
MoS ₂	38,5 s	32,9 s	26,2 s
ZnFe ₂ O ₄	28,4 s	28,4 s	27,9 s
PPy	43,6 s	29,7 s	17,4 s
PANI	21,7 s	32,6 s	37,4 s
MoS ₂ /PPy	28,0 s	30,7 s	35,8 s
MoS ₂ /PANI	30,0 s	24,2 s	20,1 s

Tabulka 151. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% vůči MEK.

Pigment	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
ZnO	67,3 s	51,7 s	49,3 s
Zn ₃ (PO ₄) ₂	39,6 s	37,6 s	36,8 s
ZnS	53,6 s	30,5 s	29,1 s
MoS ₂	21,7 s	25,9 s	29,3 s
ZnFe ₂ O ₄	11,5 s	14,4 s	16,6 s
PPy	23,4 s	19,7 s	16,1 s
PANI	16,4 s	14,6 s	13,1 s
MoS ₂ /PPy	39,8 s	36,7 s	37,8 s
MoS ₂ /PANI	19,9 s	20,1 s	24,7 s

Tabulka 152. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% vůči MEK.

Pigment	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
ZnO	25,8 s	30,7 s	42,2 s
Zn ₃ (PO ₄) ₂	14,3 s	15,6 s	16,1 s
ZnS	19,8 s	13,5 s	15,0 s
MoS ₂	28,0 s	10,9 s	13,0 s
ZnFe ₂ O ₄	14,7 s	16,4 s	18,1 s
PPy	27,0 s	11,7 s	15,3 s
PANI	38,6 s	22,6 s	25,7 s
MoS ₂ /PPy	24,5 s	20,7 s	19,2 s
MoS ₂ /PANI	21,6 s	18,5 s	12,7 s

Tabulka 153. Vyhodnocení odolnosti srovnávacích nátěrových filmů vůči MEK.

Srovnávací nátěry	MEK odolnost [s]		
	po 10 dnech	po 20 dnech	po 30 dnech
Axilat + Zn ₃ (PO ₄) ₂ + Litopon 30%	40,0 s	58,7 s	60,0 s
A 0% + Litopon 30%	32,7 s	28,6 s	29,1 s
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,25)	16,7 s	19,2 s	21,1 s
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,5)	27,9 s	20,9 s	20,9 s

5.3.3.2. Stanovení antikoroziční účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace

Pomocí lineární polarizace byly hodnoceny nátěrové filmy s OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva aplikované na ocelových panelech. Byly nanесeny dvě vrstvy nátěrů pravítkem se štěrbínou 150 μm . Tloušťka suchých nátěrových filmů se pohybovala v rozmezí $65 \pm 20 \mu\text{m}$. Měření bylo provedeno dle postupu uvedeného v kapitole 4.6.4.4. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulkách 154–157*.

Tabulka 154. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3 .

Pigment	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 $\cdot 10^3$	9,3 $\cdot 10^{-2}$
ZnO	-177	0,3 $\cdot 10^{-2}$	38,1	37,3	26,4 $\cdot 10^5$	0,4 $\cdot 10^{-4}$
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	-166	0,2 $\cdot 10^{-2}$	32,9	32,2	44,5 $\cdot 10^5$	0,3 $\cdot 10^{-4}$
ZnS	-147	0,7 $\cdot 10^{-2}$	38,8	36,0	12,1 $\cdot 10^5$	0,1 $\cdot 10^{-3}$
MoS_2	-314	0,1 $\cdot 10^{-1}$	31,8	30,2	32,6 $\cdot 10^4$	0,2 $\cdot 10^{-3}$
ZnFe_2O_4	-123	0,8 $\cdot 10^{-2}$	35,9	30,4	80,3 $\cdot 10^4$	0,1 $\cdot 10^{-3}$
PPy	-125	0,9 $\cdot 10^{-1}$	14,2	24,9	39,7 $\cdot 10^5$	0,1 $\cdot 10^{-4}$
PANI	-147	0,3 $\cdot 10^{-2}$	21,6	28,1	18,7 $\cdot 10^5$	0,4 $\cdot 10^{-4}$
MoS_2/PPy	-188	0,1 $\cdot 10^{-2}$	30,1	33,9	18,6 $\cdot 10^5$	0,4 $\cdot 10^{-4}$
MoS_2/PANI	-119	0,3 $\cdot 10^{-1}$	30,6	26,7	22,4 $\cdot 10^4$	0,4 $\cdot 10^{-3}$

Tabulka 155. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
ZnO	-358	0,3 ·10 ⁻¹	31,0	27,2	48,6 ·10 ⁵	0,2 ·10 ⁻⁵
Zn₃(PO₄)₂	-457	0,9 ·10 ⁻²	36,8	39,9	87,0 ·10 ⁴	0,1 ·10 ⁻³
ZnS	-358	0,2 ·10 ⁻³	43,7	40,2	31,5 ·10 ⁵	0,4 ·10 ⁻⁵
MoS₂	-245	0,3 ·10 ⁻¹	23,7	23,9	90,6 ·10 ⁴	0,5 ·10 ⁻⁵
ZnFe₂O₄	-387	0,5 ·10 ⁻¹	27,7	26,3	18,4 ·10 ⁴	0,7 ·10 ⁻⁵
PPy	-308	0,1 ·10 ⁻¹	27,2	31,1	52,5 ·10 ³	0,2 ·10 ⁻³
PANI	-135	0,8 ·10 ⁻¹	32,2	25,9	73,0 ·10 ³	0,1 ·10 ⁻⁴
MoS₂/PPy	-456	0,2 ·10 ⁻³	33,4	32,7	79,1 ·10 ⁵	0,3 ·10 ⁻⁵
MoS₂/PANI	-430	0,7 ·10 ⁻²	27,5	26,1	18,9 ·10 ⁵	0,5 ·10 ⁻⁴

Tabulka 156. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.

Pigment	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 ·10 ³	9,3 ·10 ⁻²
ZnO	-592	0,7 ·10 ⁻⁴	17,6	16,2	49,8 ·10 ⁶	0,9 ·10 ⁻⁶
Zn₃(PO₄)₂	-539	0,5 ·10 ⁻³	30,8	13,9	60,5 ·10 ⁴	0,1 ·10 ⁻³
ZnS	-366	0,1 ·10 ⁻¹	35,7	32,2	13,2 ·10 ⁵	0,1 ·10 ⁻⁵
MoS₂	-401	0,15 ·10 ⁻³	29,6	28,7	43,4 ·10 ⁴	0,2 ·10 ⁻³
ZnFe₂O₄	-271	0,8 ·10 ⁻²	57,5	33,3	10,3 ·10 ⁵	0,1 ·10 ⁻³
PPy	-600	0,6 ·10 ⁻²	53,2	34,6	14,1 ·10 ⁵	0,9 ·10 ⁻⁴
PANI	-219	0,2 ·10 ⁻¹	36,1	34,2	38,6 ·10 ⁴	0,3 ·10 ⁻³
MoS₂/PPy	-315	0,5 ·10 ⁻³	21,8	21,1	77,1 ·10 ⁵	0,7 ·10 ⁻⁵
MoS₂/PANI	-481	0,1 ·10 ⁻¹	35,7	36,4	61,1 ·10 ⁴	0,2 ·10 ⁻³

Tabulka 157. Antikoroziční účinnost srovnávacích pigmentovaných nátěrových filmů.

Srovnávací nátěry	E_{kor} [mV]	I_{kor} [μ A]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	v_{kor} [min/rok]
Fe (podkladová ocel)	-638	-6,3	38,8	49,6	1,2 $\cdot 10^3$	9,3 $\cdot 10^{-2}$
Axilat + Zn₃(PO₄)₂ + Litopon 30%	-373	0,6 $\cdot 10^{-1}$	29,0	22,1	91,6 $\cdot 10^3$	0,8 $\cdot 10^{-3}$
A 0% + Litopon 30%	-466	0,8 $\cdot 10^{-1}$	34,8	31,6	82,1 $\cdot 10^3$	0,1 $\cdot 10^{-4}$
A 0 % + Litopon 30% + PPy (0,25)	-507	0,6 $\cdot 10^{-2}$	44,8	33,3	13,1 $\cdot 10^5$	0,9 $\cdot 10^{-4}$
A 0% + Litopon 30% + PPy (0,5)	-313	0,2 $\cdot 10^{-2}$	13,2	12,4	12,6 $\cdot 10^5$	0,3 $\cdot 10^{-4}$

5.3.3.3. Stanovení odolnosti vlhkým atmosférám

Odolnost proti vlhkým atmosférám byla stanovena podle kapitoly 4.6.4.5. Byly testovány všechny připravené nátěrové filmy s OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva, které byly nanášeny na ocelové panely a opatřeny kolmým zkušebním řezem. Vyhodnocení připravených nátěrů bylo provedeno po expozici po dobu 480 hodin. Byly sledovány puchýře v ploše i v okolí řezu, prokorodování a koroze v řezu. Výsledky hodnocení se zvolenými pigmenty jsou uvedeny v *Tabulkách 158 a 159*. Po sejmutí nátěrového filmu bylo hodnoceno celkové podkorodování a koroze v řezu. Výsledky vyhodnocení jsou uvedeny v *Tabulkách 160 a 161*.

Tabulka 158. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po expozici 480 hodin.

Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro- dování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO₃	ZnO	—	8F	0,01	0,2
	Zn₃(PO₄)₂	—	—	33	0
	ZnS	—	8F	0,03	0,1
	MoS₂	—	6M	0,3	0,2
	ZnFe₂O₄	—	8M	0,03	0,1
	PPy	8M	8F	0,03	0,2
	PANI	—	8M	16	0,1
	MoS₂/PPy	—	8F	0,01	0
	MoS₂/PANI	6MD	6M	3	0,2
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	8M	6F	16	0,2
	Zn₃(PO₄)₂	—	8F	3	0,1
	ZnS	6M	6M	33	0,1
	MoS₂	6M	6MD	50	0,1
	ZnFe₂O₄	6MD	6M	50	0,1
	PPy	6M	6MD	10	0,2
	PANI	8M	6M	33	0,2
	MoS₂/PPy	6MD	6M	50	0
	MoS₂/PANI	6M	6MD	50	0,2
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	8MD	8M	33	0,1
	Zn₃(PO₄)₂	6MD	6M	33	0,2
	ZnS	6M	8F	50	0,1
	MoS₂	8F	8F	16	0,2
	ZnFe₂O₄	8F	8F	33	0,1
	PPy	8F	8F	0,01	0,2
	PANI	6MD	6M	33	0,2
	MoS₂/PPy	—	—	0,3	0,1
	MoS₂/PANI	6MD	6M	33	0,2

Tabulka 159. Vyhodnocení odolnosti srovnávacích nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po expozici 480 hodin.

Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro- dování [%]	Koroze v řezu
Axilat + Litopon 30%	Zn₃(PO₄)₂	—	8F	0,3	0,2
A 0% + Litopon 30%	—	—	8F	16	0,1
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	8F	8M	16	0,1
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	8F	8F	33	0,1

Tabulka 160. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO₃	ZnO	16	0,1
	Zn₃(PO₄)₂	33	0,1
	ZnS	16	0,1
	MoS₂	50	0,2
	ZnFe₂O₄	33	0,1
	PPy	33	0
	PANI	16	0,3
	MoS₂/PPy	33	0,1
	MoS₂/PANI	33	0,3
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	33	0
	Zn₃(PO₄)₂	50	0,2
	ZnS	33	0,1
	MoS₂	33	0
	ZnFe₂O₄	33	0
	PPy	33	0,2
	PANI	50	0,2
	MoS₂/PPy	50	0,3
	MoS₂/PANI	50	0,3
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	50	0,2
	Zn₃(PO₄)₂	50	0,3
	ZnS	10	0
	MoS₂	33	0,1
	ZnFe₂O₄	33	0,2
	PPy	10	0
	PANI	50	0
	MoS₂/PPy	16	0
	MoS₂/PANI	33	0

Tabulka 161. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti srovnávacích nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
Axilat + Litopon 30%	Zn ₃ (PO ₄) ₂	50	0,4
A 0% + Litopon 30%	—	10	0,3
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	33	0,3
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	16	0,1

5.3.3.4. Stanovení odolnosti v neutrální solné mlze

Odolnost připravených nátěrových filmů vůči neutrální solné mlze byla vyhodnocena po expozici 480 hodin. Nátěrové filmy byly nanášeny na ocelové panely, které byly opatřeny šikmým zkušebním řezem. Tato zkouška byla provedena dle postupu popsáném v kapitole 4.6.4.6. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů je uvedeno v *Tabulkách 162 a 163*. Po vyhodnocení byly nátěrové filmy odstraněny pomocí odstraňovače nátěrů a bylo vyhodnoceno podkorodování a koroze v řezu. Výsledky vyhodnocení jsou uvedeny v *Tabulkách 164 a 165*.

Tabulka 162. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po expozici 480 hodin.

Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro- dování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO ₃	ZnO	8MD	8MD	16	0,3
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	—	8M	33	0,2
	ZnS	—	8MD	0,1	0,3
	MoS ₂	6F	8MD	16	0,3
	ZnFe ₂ O ₄	6F	8MD	33	0,1
	PPy	6M	6MD	50	0,3
	PANI	—	6F	1	0,3
	MoS ₂ /PPy	—	8F	0,03	0,2

	MoS ₂ /PANI	6F	8M	3	0,4
<i>Tabulka 163. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po expozici 480 hodin.</i>					
Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro- dování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	—	8F	0,1	0,2
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	8F	8MD	0,03	0,3
	ZnS	—	8MD	3	0,4
	MoS ₂	8F	8M	0,1	0,3
	ZnFe ₂ O ₄	6F	8M	16	0,4
	PPy	6F	6M	33	0,4
	PANI	8F	8MD	1	0,3
	MoS ₂ /PPy	6M	8M	33	0,3
	MoS ₂ /PANI	6F	8M	50	0,3
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	6MD	6M	50	0,2
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	8M	8M	33	0,3
	ZnS	—	8F	10	0,3
	MoS ₂	8F	8F	0,1	0,3
	ZnFe ₂ O ₄	—	8MD	10	0,3
	PPy	—	8MD	0,03	0,4
	PANI	6M	8MD	3	0,3
	MoS ₂ /PPy	—	8F	0,03	0,2
	MoS ₂ /PANI	6F	8MD	0,3	0,2
Axilat + Litopon 30%	Zn ₃ (PO ₄) ₂	—	8M	3	0,3
A 0% + Litopon 30%	—	—	8MD	10	0,4
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	—	6MD	16	0,3
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	6F	8MD	16	0,3

Tabulka 164. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO₃	ZnO	50	0,3
	Zn₃(PO₄)₂	16	0,2
	ZnS	33	0,2
	MoS₂	33	0,2
	ZnFe₂O₄	16	0,3
	PPy	33	0,2
	PANI	16	0,1
	MoS₂/PPy	16	0,1
	MoS₂/PANI	33	0,3
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	10	0,3
	Zn₃(PO₄)₂	10	0,2
	ZnS	10	0,2
	MoS₂	50	0,3
	ZnFe₂O₄	100	0,3
	PPy	50	0,2
	PANI	50	0,3
	MoS₂/PPy	50	0,2
	MoS₂/PANI	50	0,1
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	100	0,2
	Zn₃(PO₄)₂	100	0,1
	ZnS	50	0,1
	MoS₂	100	0,3
	ZnFe₂O₄	50	0,3
	PPy	50	0,2
	PANI	50	0,3
	MoS₂/PPy	50	0
	MoS₂/PANI	100	0,1

Tabulka 165. Vyhodnocení antikorozi účinnosti srovnávacích nátěrových filmů v neutrální solné mlze po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
Axilat + Litopon 30%	Zn ₃ (PO ₄) ₂	33	0,3
A 0% + Litopon 30%	—	10	0,4
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	16	0,4
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	16	0,4

5.3.3.5. Stanovení odolnosti proti stárnutí působením SO₂ při zvýšené vlhkosti

Odolnost proti stárnutí při zvýšené teplotě a působení SO₂ byla testována na ocelových panelech s kolmým zkušebním řezem. Připravené nátěrové filmy byly vyhodnoceny po expozici 240 hodin. Zkouška byla provedena dle postupu uvedeném v kapitole 4.6.4.7. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v *Tabulkách 166 a 167*. Poté byly nátěrové filmy odstraněny a bylo vyhodnoceno podkorodování a koroze v řezu. Výsledky vyhodnocení jsou uvedeny v *Tabulkách 168 a 169*.

Tabulka 166. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti působení SO₂ po expozici 240 hodin.

Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro-dování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO ₃	ZnO	—	8F	0,03	0,2
	Zn ₃ (PO ₄) ₂	—	8F	0,03	0,2
	ZnS	—	8F	0,01	0,1
	MoS ₂	—	8F	0,1	0,1
	ZnFe ₂ O ₄	—	8F	0,01	0
	PPy	—	—	0,1	0,1
	PANI	—	—	0,03	0,1
	MoS ₂ /PPy	—	8F	0,01	0,1
	MoS ₂ /PANI	—	8F	0,03	0,1

Tabulka 167. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti působení SO₂ po expozici 240 hodin.

Latex + Plnivo	Pigment	Puchýře v ploše	Puchýře v okolí řezu	Prokoro- dování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	—	—	0,01	0
	Zn₃(PO₄)₂	—	—	0,01	0
	ZnS	—	—	0,01	0
	MoS₂	—	—	0,03	0
	ZnFe₂O₄	—	—	0,01	0
	PPy	—	8M	1	0,2
	PANI	—	—	0,01	0
	MoS₂/PPy	—	—	0,01	0
	MoS₂/PANI	—	—	0,01	0
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	—	—	0,3	0
	Zn₃(PO₄)₂	—	—	1	0,1
	ZnS	—	—	0,01	0
	MoS₂	—	8F	0,01	0,1
	ZnFe₂O₄	—	8F	0,01	0,1
	PPy	—	8F	0,03	0,1
	PANI	—	—	0,03	0,1
	MoS₂/PPy	—	—	0,01	0,1
	MoS₂/PANI	—	8F	0,01	0
Axilat + Litopon 30%	Zn₃(PO₄)₂	—	—	0,3	0,1
A 0% + Litopon 30%	—	—	—	0,3	0
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	—	—	1	0,1
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	—	—	0,03	0

Tabulka 168. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů proti působení SO₂ po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
A 0,25% + CaCO₃	ZnO	33	0,3
	Zn₃(PO₄)₂	10	0,3
	ZnS	16	0,2
	MoS₂	33	0,1
	ZnFe₂O₄	3	0,2
	PPy	33	0,1
	PANI	16	0,3
	MoS₂/PPy	16	0,2
	MoS₂/PANI	16	0,2
A 0,25% + Litopon 30%	ZnO	3	0,2
	Zn₃(PO₄)₂	33	0,3
	ZnS	16	0,3
	MoS₂	16	0,3
	ZnFe₂O₄	33	0,2
	PPy	33	0,1
	PANI	33	0,2
	MoS₂/PPy	16	0,1
	MoS₂/PANI	10	0,1
K 0,25% + Litopon 30%	ZnO	33	0,1
	Zn₃(PO₄)₂	33	0,1
	ZnS	16	0,1
	MoS₂	10	0,1
	ZnFe₂O₄	10	0,2
	PPy	16	0
	PANI	16	0,2
	MoS₂/PPy	10	0,1
	MoS₂/PANI	33	0,1

Tabulka 169. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti srovnávacích nátěrových filmů proti působení SO₂ po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.

Latex + Plnivo	Pigment	Podkorodování [%]	Koroze v řezu
Axilat + Litopon 30%	Zn₃(PO₄)₂	50	0,1
A 0% + Litopon 30%	—	16	0,3
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,25)	33	0,2
A 0% + Litopon 30%	PPy (0,5)	16	0,1

6. DISKUZE VÝSLEDKŮ

6.1. Hodnocení nepigmentovaných latexů s PPy

Připravené polyakrylátové latexy s různým obsahem PPy byly navzájem porovnávány a ze získaných výsledků bylo vybráno pojivo s nejlepšími vlastnostmi, které bylo dále použito pro formulaci nátěrových hmot. (Obsah PPy uváděný v textu níže vyjadřuje teoretickou koncentraci PPy vzhledem k akrylátovému polymeru).

6.1.1. Hodnocení vlastností nepigmentovaných latexů s PPy

6.1.1.1. Základní vlastnosti latexů

U připravených latexů v kyselé formě byl stanoven obsah koagulátu, sušina, konverze, pH, viskozita, hustota a MFFT (viz *Tabulka 15*). Obsah koagulátu se pohyboval v rozmezí 0,43 – 2,36. Obsah koagulátu byl nejnižší u latexu s 0% obsahem PPy a s 0,5% obsahem PPy. U latexu s 0,75% obsahem PPy byl obsah koagulátu nejvyšší a dosahoval hodnoty 2,36 %. Sušina latexů s 0% a 0,25% obsahem PPy byla srovnatelná s teoretickou sušinou a pohybovala se kolem 39 %. U latexů s 0,5% a 0,75% obsahem PPy byla stanovená sušina nižší než teoreticky vypočtená sušina. Konverze emulzní polymerace postupně klesala se zvyšující se koncentrací PPy. Z tohoto jevu se lze tedy domnívat, při oxidační polymeraci pyrrolu došlo ke spotřebování (redukci) značného podílu $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, proto neprobíhala dostatečně efektivně iniciace radikálové polymerace akrylátových monomerů a byly zjištěny nízké hodnoty konverze i sušiny. Hodnoty pH jednotlivých latexů postupně klesaly v rozmezí od 1,94 do 1,06. Pokles pH byl pravděpodobně způsoben reakcí $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ s vodou za vzniku kyseliny sírové. Tato vedlejší reakce vedla s rostoucí násadou $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ke zvýšení iontové síly disperzního prostředí, což mělo za následek již zmíněný nárůst obsahu koagulátu. Viskozita připravených latexů s rostoucím obsahem PPy klesala, což je dáno vyšším obsahem vody vnášené do reakčního systému (viz *Tabulky 3–6*). Naměřená viskozita u latexu s 0% obsahem PPy byla 10,47 mPa·s a u latexu s 0,75% obsahem PPy byla naměřena viskozita 5,72 mPa·s. Hustota latexů s PPy se pohybovala v rozmezí $1,03 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$. Naměřené hodnoty MFFT se pohybovaly v rozmezí 8,05 až 11,5 °C. Z těchto hodnot lze vyvodit, že připravené latexy tvoří film již při pokojové teplotě. Nejvyšší hodnoty MFFT byly naměřeny u latexů s 0,25 % a 0,5 % PPy.

Část připravených latexů byla zalkalizována 10% roztokem amoniaku a u těchto alkalických vzorků byla změřena viskozita, hustota a MFFT (viz *Tabulka 16*). Po zalkalizování latexů došlo ke snížení viskozity kromě latexu s 0,25% obsahem PPy, u kterého se viskozita zvýšila na hodnotu 11,8 mPa·s, toto zvýšení však není významné. Hustota po zalkalizování latexů mírně vzrostla kromě latexu s 0,5% obsahem PPy, u kterého došlo ke snížení hustoty. Naměřené hodnoty hustoty se pohybovaly v rozmezí $1,01 \pm 0,08 \text{ g/cm}^3$. Alkalizací latexů však došlo i k významnému snížení MFFT, které klesala se zvyšujícím se obsahem PPy. Nejvyšší hodnota MFFT byla naměřena u latexu s 0% obsahem PPy a dosahovala hodnoty 7,85 °C. Nejnižší hodnota byla naměřena u latexu s 0,75% obsahem PPy. Snížení MFFT alkalických latexů s rostoucí koncentrací PPy jen možné vysvětlit na základě zjištěného poklesu konverze radikálové polymerace snížením molekulové hmotnosti akrylátového latexového polymeru, který lze po alkalizaci více plastifikovat (změkčit) vodou.

6.1.1.2. Spektroskopická analýza PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy

Chemická povaha PPY připraveného emulzní polymerací byla studována pomocí FTIR (viz. *Obrázek 14*). Spektrum připraveného PPy bylo porovnáno se spektry emulgátoru Disponil FES 993, PPY soli (vodivá forma) a deprotonovaného PPy (nevodivá forma, deprotonace provedena pomocí 1M NaOH).

Rozdíly v infračervených spektrech referenčního vzorku soli PPy (spektrum PPy sůl na *Obrázku 15*) a referenčního vzorku po deprotonaci 1 M hydroxidem amonným (spektrum PPY deprot) byly popsány v [38]. Ve spektrech lze pozorovat maxima při 1537 cm^{-1} (C – C valenční vibrace v pyrrolovém cyklu), při 1450 cm^{-1} (C – N valenční vibrace v pyrrolovém cyklu), široký pás s maximem asi 1303 cm^{-1} (deformační vibrace vazeb C – H nebo C – N), při 1164 cm^{-1} (pás spojený s deformačními vibracemi pyrrolových kruhů). Ve spektru je také patrný pík při 1089 cm^{-1} , spojený pouze s N – H⁺ deformačními vibracemi, ostrý pík při 1035 cm^{-1} (C – H a N – H deformační vibrace) a pás při 904 cm^{-1} (C–H deformační vibrační vibrace v kruhu).

Ve spektru syntetizovaného PPy (spektrum PPY synth na *Obrázku 14*) lze pozorovat pásy s maximy kolem 1537 , 1089 , 1305 a 904 cm^{-1} , což odpovídá vibracím deprotonovaného PPy. Vedle nich pásy na 2293 , 2850 (vibrace C – H a dvojitý pás při 1243 a 1209 cm^{-1}) s největší pravděpodobností odpovídají Disponilu FES 993 na povrchu syntetizovaného PPy vzorku. Pásy s maximy při 3428 a 1635 cm^{-1} patří vibracím molekul vody.

V Ramanově spektru referenčního PPy (spektrum PPy soli na *Obrázku 15*) lze pozorovat pík při 1590 cm^{-1} (valenční vibrace $\text{C}=\text{C}$ vazeb a vazby $\text{C}-\text{C}$ spojující cykly v páteřní struktuře polaronu), který je po deprotonaci posunut k vyšší frekvenci [38]. Také lze detekovat dva píky při 1387 a 1323 cm^{-1} (valenční vibrace vazeb $\text{C}-\text{C}$ mezi cykly PPy), kde pík objevující se při vyšší frekvenci tohoto dvojitého píku byl přiřazen asymetrické valenční vibraci inter-cyklové vazby $\text{C}-\text{N}$ v oxidovaném (protonovaném, resp. dopovaném) PPy, zatímco pík při nižší frekvenci je přiřazen neutralizovanému (deprotonovanému) stavu PPy. Tento pík se zvyšuje po deprotonaci. Pás s maximem při 1254 cm^{-1} je spojen s asymetrickými vibracemi vazeb $\text{C}-\text{H}$. U dvojitého píku pozorovaného při vlnočtech 1082 a 1048 cm^{-1} ($\text{C}-\text{H}$ valenčních vibrací) je pík při vyšší frekvenci přiřazen deformační vibraci vazeb $\text{C}-\text{H}$ v oxidujících (dopujících) sloučeninách. Intenzita tohoto píku klesá po deprotonaci. Pík zobrazený na nižší frekvenci 1048 cm^{-1} odpovídá neprotonovaným PPy jednotkám a jeho intenzita se zvyšuje po deprotonaci. Pásky při 984 a 933 cm^{-1} jsou přiřazeny k deformačním vibračním cyklům, které jsou spojeny se stavy PPy polaronu a biplaronu. Odpovídající pás deformačních vibrací cyklu segmentů neprotonovaného PPy se objevil při 922 cm^{-1} .

Závěrem lze konstatovat, že technikou “one-pot” syntézy došlo k polymeraci pyrrolu, který vykazuje tvar spektra velmi blízký spektru referenčního deprotonovaného PPy. Koloidní PPy vznikající při emulzní polymeraci akrylátového polymeru má tedy s velkou pravděpodobností povahu mírně deprotonovaného (mírně vodivého) PPy.

6.1.1.3. Morfologie PPy v nátěrových filmech

Syntetizované latexy s různým obsahem PPy byly studovány metodou SEM-EDX. Pomocí této metody byla zjištěna morfologie a rozmístění PPy částic v nátěrových filmech. (viz. *Obrázky 16–19*). Výsledky EDX analýzy jsou uvedeny na *Tabulce 17*. Z *Tabulky 17* je patrné, že v připravených vzorcích je nejvíce zastoupeným prvkem uhlík. Atom dusíku je nejvíce zastoupen v latexu s 0,25% obsahem PPy, u něhož byla zjištěna i vysoká konverze, sušina a nízký obsah koagulátu, což nasvědčuje.

Na *Obrázcích 16–19* jsou zobrazeny SEM snímky povrchu lomu nátěrových filmů lišících se obsahem PPy částic, pořízené v režimu sekundárních a zpětně odražených elektronů. Snímek získaný v režimu sekundárních elektronů vypovídá především o topografii sledovaného vzorku, zatímco záznam získaný pomocí zpětně odražených elektronů charakterizuje spíše elementární kontrast. Z *Obrázků 16–19* lze usoudit, že latexy syntetizované spolu s probíhající oxidační polymerací pyrrolu poskytovaly nátěrové filmy s heterogenní strukturou, v níž jsou

patrné nepravidelné částice mající pravděpodobně povahu PPy. Velikost těchto částic se s rostoucí násadou pyrrolu v polymeračním systému (resp. s rostoucím teoretickým obsahem PPy v nátěrových filmech) výrazně zvyšovala.

6.1.1.4. *Vyhodnocení stability připravených latexů při skladování*

Vyhodnocení stability latexů bylo provedeno stanovením velikosti částic a měřením zeta potenciálu. Testování bylo provedeno u latexů, které byly ponechány 4 měsíce při laboratorní teplotě (viz *Tabulka 18*). Velikost částic u latexů s 0% a 0,25% obsahem PPy byla srovnatelná, avšak dále se s rostoucí koncentrací PPy zvyšovala. Tento trend byl zaznamenán u kyselých i alkalických latexů a nasvědčuje koagulaci latexových částic. Stanovený zeta potenciál u kyselých i alkalických latexů s 0% a 0,25% obsahem PPy dosahoval dostatečně vysokých hodnot (myšleno v absolutní hodnotě), typických pro stabilní koloidní systémy, zatímco latexy s 0,5% a 0,75% obsahem PPy vykazovaly v kyselé i alkalické formě nízké hodnoty zeta potenciálu, svědčící o snížené stabilitě latexu. Na základě výsledků DLS lze konstatovat, že latexy v alkalické formě vykazují vyšší stabilitu než latexy v kyselé formě a že stabilita latexů klesá s rostoucím obsahem PPy částic v latexu.

Stabilita syntetizovaných latexů byla dále hodnocena vizuálně. Testováním bylo zjištěno, že latexy v kyselé i alkalické formě jsou dostatečně stabilní a nevykazují žádné změny vlastností při skladování po dobu 1 měsíce při teplotě 40 °C. Po 4 měsících skladování byla pozorována změna barvy u kyselého latexu s 0,25% obsahem PPy a vznik sraženiny byl pozorován u latexů s 0,75% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě (viz *Tabulka 19*).

6.1.1.5. *Vyhodnocení stability připravených latexů při zvýšené teplotě*

Stabilita kyselých i alkalických latexů byla hodnocena při teplotě 60 °C po dobu 24 h, 48 h a 120 h (viz *Tabulka 20*). Při skladování latexů při teplotě 60 °C byly pozorovány změny již po 24 hodinách. Po 24 hodinách došlo ke vzniku sraženiny u kyselých latexů s 0% a 0,75 % obsahem PPy. Změny u ostatních latexů se projeví až po 120 hodinách skladování. Po této době došlo ke vzniku sraženiny i u ostatních latexů až na výjimku, kterou byl zalkalizovaný latex s 0% obsahem PPy.

6.1.1.6. *Vyhodnocení stability připravených latexů proti elektrolytům*

U latexů v kyselé i alkalické formě byla testována odolnost proti elektrolytům jednomocných, dvojmocných a trojmocných kovů – NaCl, CaCl₂ a FeCl₃ v různých koncentracích. Zkouškou bylo zjištěno, že latexy s 0% a 0,25% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě jsou stabilní v elektrolytech solí jedno a dvojmocných kovů (NaCl a CaCl₂) při všech koncentracích. V případě soli trojmocného kovu (FeCl₃) už však došlo ke vzniku sraženiny u všech vzorků latexů. U latexů s 0,5% a 0,75% obsahem PPy docházelo ke vzniku sraženiny již v přítomnosti soli jednomocného kovu.

6.1.1.7. *Vyhodnocení pěnivosti připravených latexů*

Pěnivost latexů v kyselé i alkalické formě spolu se srovnávací vodou ředitelnou disperzí Axilat 2431 byla vyhodnocena ihned po ukončení míchání, dále po 15 minutách, 2 hodinách a 24 hodinách. Nejvyšší hodnotu pěnivosti ihned po ukončení zkoušky vykazoval latex v alkalické formě s 0,75% obsahem PPy, jehož hodnota pěnivost byla sedmkrát vyšší než hodnota u srovnávacího vzorku. Po 15 minutách hodnota pěnivosti u všech latexů mírně klesla a po 2 hodinách zůstaly napěněné už jen latexy s 0,25% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě. 0,25% latex v kyselé formě vykazoval pěnivost dvakrát vyšší než zalkalizovaný latex.

Dále byla testována pěnivost alkalických latexů při použití 0,25 hm. % odpěňovače (Dehydran 1293) (viz. *Tabulka 24*). Po přidavku odpěňovače klesla hodnota pěnivosti u alkalických latexů s 0% a 0,5% obsahem PPy v průměru o 5 %. Po 2 hodinách zůstal napěněný už jen alkalický latex s 0,25% obsahem PPy, ale jeho hodnota pěnivosti klesla o 15 % v porovnání s hodnotou pěnivost bez přidavku odpěňovače.

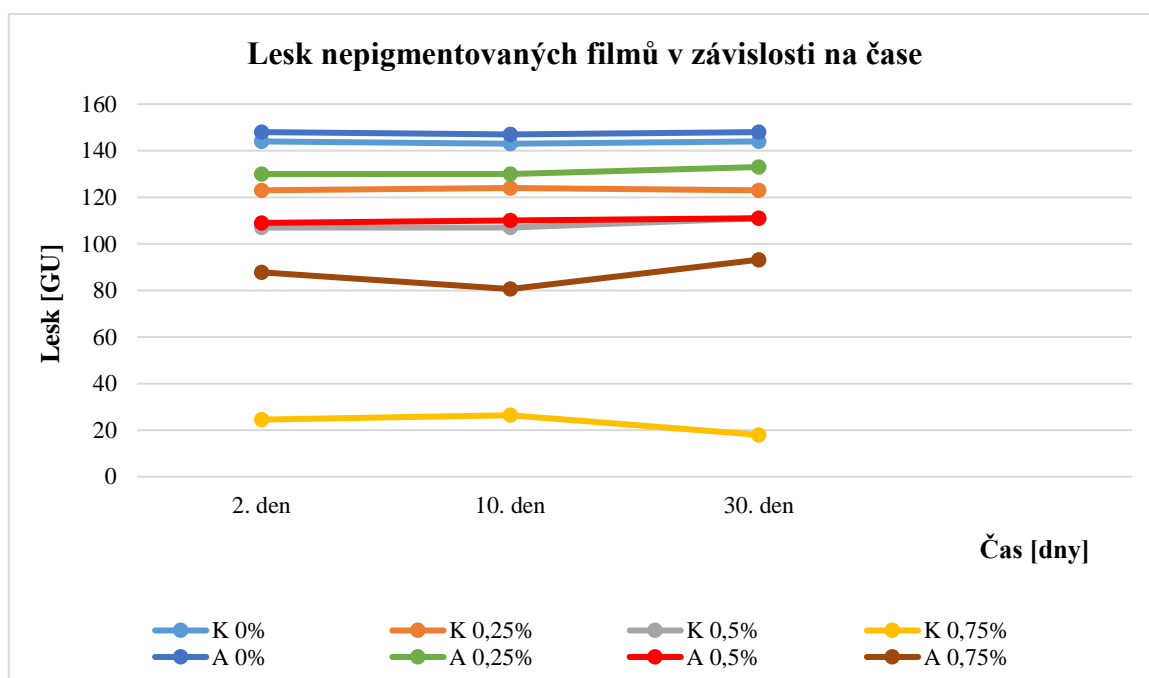
6.1.2. **Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu PPy**

6.1.2.1. *Hodnocení vizuálních vlastností nepigmentovaných nátěrových filmů*

Vizuální vlastnosti byly hodnoceny na skleněných panelech s tloušťkou filmu 30±10 μm. U těchto vzorků byl hodnocen vzhled nátěrových filmů a byla sledována závislost lesku na čase. Připravené latexy tvořily nátěrové filmy bez zákalu, ojediněle obsahovaly částice, bubliny nebo praskliny a povrch těchto nátěrových filmů byl hladký a slitý. Částice byly obsaženy v nátěrovém filmu na bázi latexu A 0,5%. Bubliny se tvořily v nátěrovém filmu na bázi latexu K 0,5%, K 0,75%, A 0,5% a A 0,75%. Ojedinělé praskliny byly pozorovány u nátěrových filmů

z latexu K 0,75% a A 0%. Nejlepší vizuální vlastnosti nátěrových filmů byly pozorovány u filmů z latexů s 0% obsahem PPy v kyselé formě a 0,25% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě.

Lesk nátěrových filmů byl měřen při úhlech 20°, 60° a 85° po 1, 10 a 30 dnech od nanesení filmu. Pro běžné vyhodnocení je doporučeno použít hodnoty lesku při geometrii 60° (viz. *Obrázek 20*). Lesk u většiny nátěrových filmů byl konstantní nebo mírně vzrostl s časem. Výjimkou byl kyselý latex s 0,75% obsahem PPy, u kterého s přibývajícím dobou zrání došlo k poklesu lesku. Dále se ukázalo, že s rostoucím obsahem PPy v latexech docházelo k poklesu lesku. Z hodnot v *Tabulce 26* lze vyčíst, že nejlesklejší film tvořil alkalický latex s 0% obsahem PPy a nejmatnější film tvořil kyselý latex s 0,75% obsahem PPy.



Obrázek 20. Vyhodnocení lesku nepigmentovaných nátěrových hmot při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.

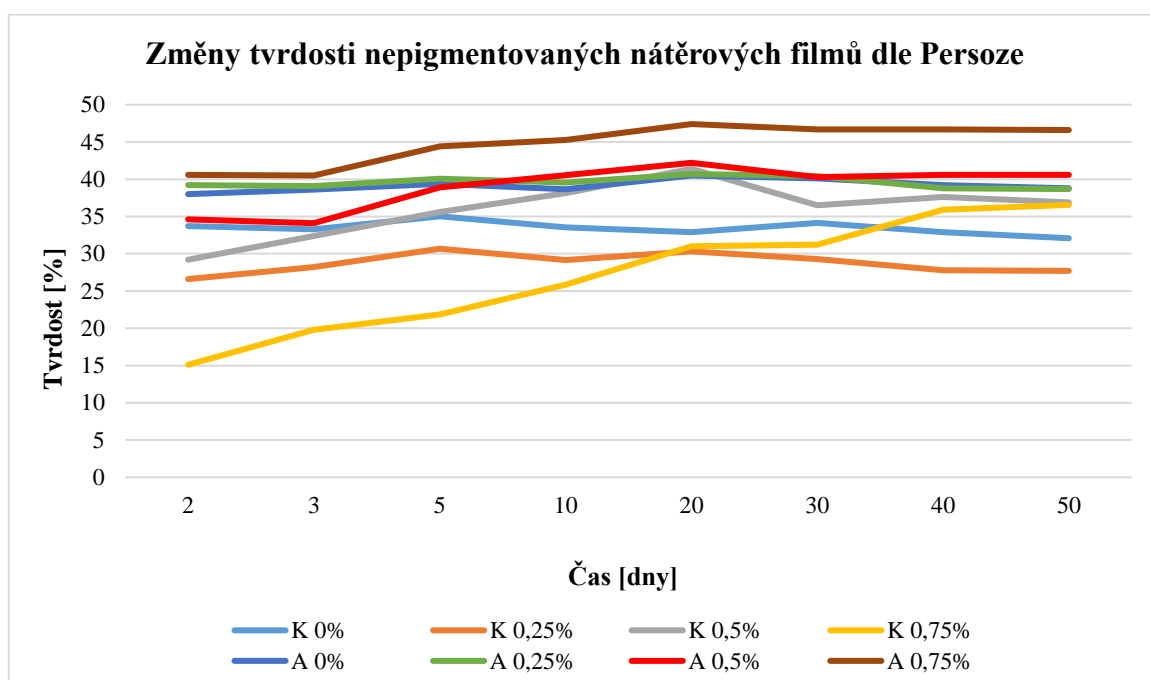
6.1.2.2. Hodnocení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů nepigmentovaných nátěrových filmů

Výsledky stanovení pH a měrné elektrické vodivosti jsou uvedeny v *Tabulce 28*. U většiny latexů hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti s přibývajícím časem vzrostly. K poklesu pH došlo po 3. týdnu u latexu s 0% obsahem PPy, dále u zalkalizovaných latexů s 0,25%, 0,5% a 0,75% obsahem PPy. Hodnota měrné elektrické vodivosti klesla pouze v případě alkalického latexu s 0,75% obsahem PPy. Po přefiltrování výluhů 4. týden došlo k poklesu hodnoty pH

u kyselých latexů, a naopak hodnota pH u alkalických latexů mírně vzrostla. Hodnota měrné elektrické vodivosti po přefiltrování u všech testovaných latexů vzrostla.

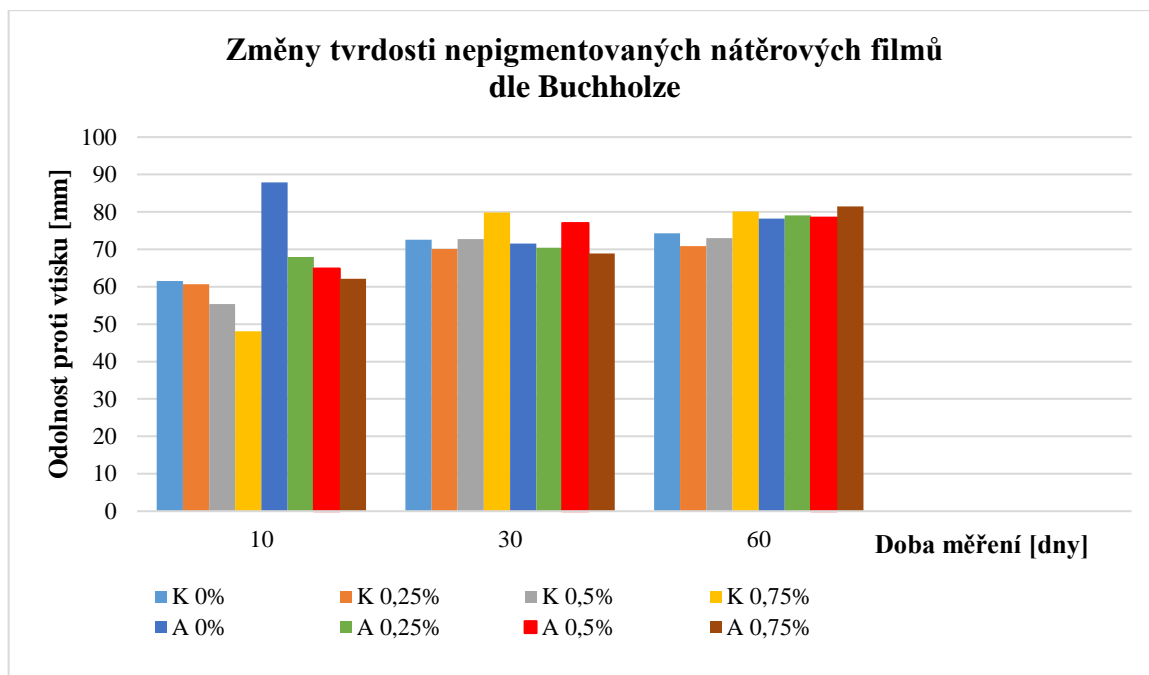
6.1.2.3. Hodnocení tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů

Výsledky z měření tvrdosti dle Persoze jsou uvedeny na *Obrázku 21*. Z obrázku je patrné, že tvrdost s časem u většiny filmů mírně vzrůstala a jen nátěrových filmů na bázi latexu K 0,75% došlo k prudkému vzestupu. Nejvyšší tvrdosti dosahovaly filmy z latexu A 0,75%. Naopak nejnižší tvrdost vykazovaly filmy z latexu K 0,25%. Dále se ukázalo, že alkalické latexy tvořily tvrdší nátěrové filmy nežli odpovídající latexy v kyselé formě a také že s rostoucím obsahem PPy v latexu (s výjimkou obsahu PPy 0,25 %) docházelo ke zvýšení tvrdosti nátěrových filmů.



Obrázek 21. Vyhodnocení povrchové tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Persoze.

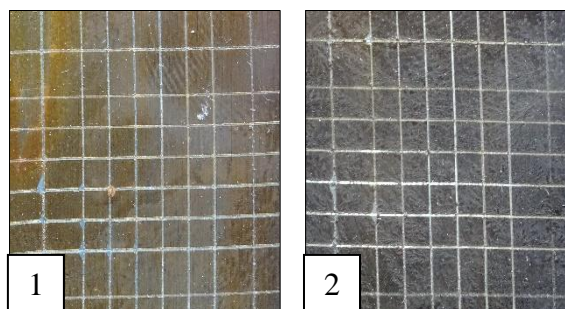
Výsledky zkoušky odolnosti proti vtisku dle Buchholze (viz *Obrázek 22*) jsou v souladu s výsledky testování povrchové tvrdosti dle Persoze, neboť opět se prokázalo zvýšení odolnosti nátěrového filmu (resp. jeho tvrdosti) s dobou vysychání nátěru. Nejvyšší hodnota odolnosti proti vtisku po 60 dnech od nanesení nátěrového filmu byla zaznamenána u filmu na bázi latexu A 0,75% a dosahovala hodnoty 81,43 mm. Nejnižší hodnota odolnosti proti vtisku po 60 dnech vysychání nátěrového filmu byla zaznamenána u nátěrového filmu z latexu K 0,25% a dosahovala hodnoty 70,83 mm.



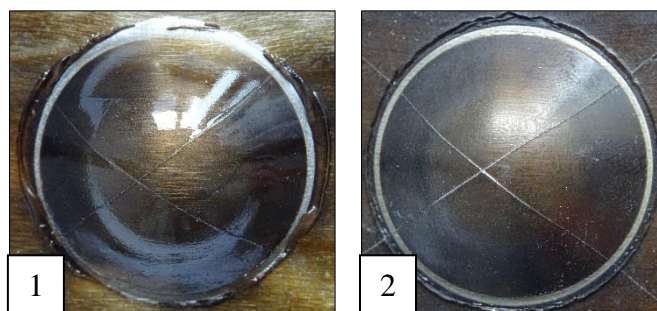
Obrázek 22. Vyhodnocení povrchové tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Buchholze.

6.1.2.4. Hodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

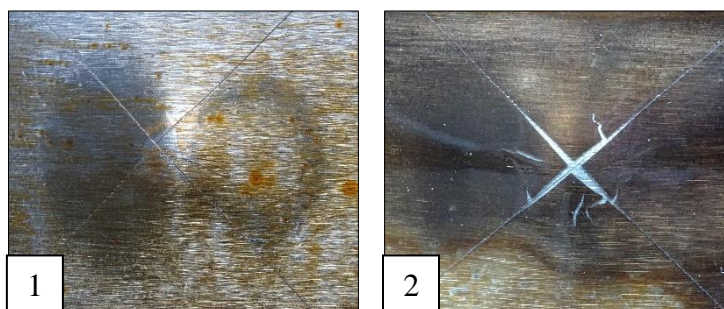
Hodnocení mechanické odolnosti mřížovou zkouškou, zkouškou hloubením, úderem a ohybem bylo provedeno u nátěrových filmů na ocelových panelech s tloušťkou suchého filmu v rozsahu 61–120 μm . Ukázalo se, že nátěry vykazovaly dobré mechanické vlastnosti (viz *Tabulka 31*). Při testování nátěrových filmů mřížovou zkouškou došlo k mírnému poškození pouze u nátěrů na bázi zalkalizovaných latexů s 0,5% a 0,75% obsahem PPy (viz *Obrázek 23*). Nejlépe nátěry odolávaly zkoušce hloubením (viz *Obrázek 24*) a zkoušce ohybem, při kterých nedošlo ani v jednom místě k poškození nátěrového filmu. Při testování nátěrových filmů zkouškou úderem nejvyšší mechanickou odolnost vykazovaly nátěry z latexů s 0% a 0,25% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě (viz *Obrázek 25*).



Obrázek 23. Vzorky latexů 1. A 0,5% a 2. A 0,75% po testování mřížovou zkouškou.



Obrázek 24. Vzorky latexů 1. A 0,25%
a 2. A 0,75% po testování zkouškou hloubením.

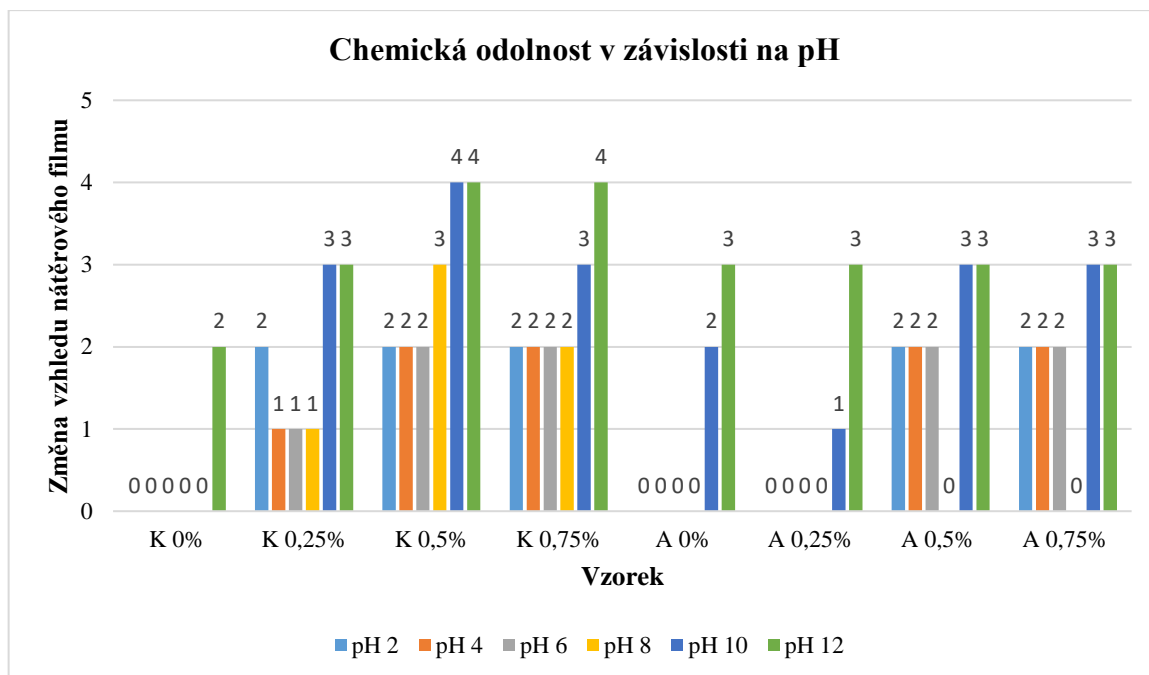


Obrázek 25. Vzorky latexů 1. A 0% a 2. K 0,25%
po testování zkouškou úderem při hodnotě > 60 cm.

6.1.3. Hodnocení chemické a antikoroziční účinnosti nátěrových filmů z nepigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkludovaných PPy částic

6.1.3.1. Hodnocení chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí

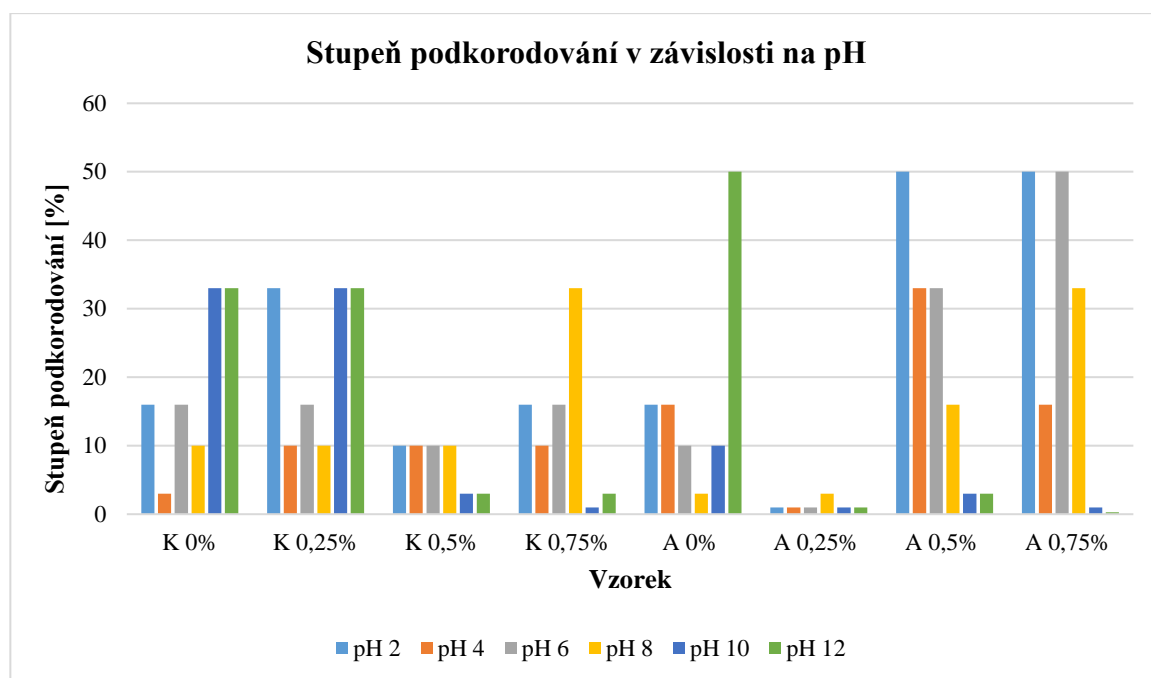
Chemická odolnost nátěrových filmů byla hodnocena na ocelových panelech s tloušťkou filmů v rozmezí $100 \pm 30 \mu\text{m}$. Vyhodnocení chemické odolnosti bylo provedeno po 72 hodinách při různých hodnotách pH (viz. Tabulka 32). Z Obrázku 26 je patrné, že nejvíce odolný nátěrový film tvořil kyselý latex s 0% PPy v kyselé i alkalické formě a poté zalkalizovaný latex s 0,25% obsahem PPy. Naopak nejméně odolný nátěrový film tvořily kyselý i alkalický latexy s 0,5% a 0,75% obsahem PPy. Nátěry z připravených latexů vykazovaly nejvyšší odolnost při pH 4 a 6 a nejméně odolné byly při působení pufrů s hodnotou pH 10 a 12.



Obrázek 26. Chemická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí.

6.1.3.2. Stanovení stupně podkorodování v závislosti na pH

Stupeň podkorodování byl testován po sejmutí nátěrového filmu z ocelového panelu. Nejvíce odolný nátěrový film tvořil zalkalizovaný latex s 0,25% obsahem PPy, u kterého byla hodnota podkorodování nejvyšší při pH pufru 8 (viz. *Obrázek 27*). Nejméně odolné nátěrové filmy tvořily zalkalizované latexy s 0,5% a 0,75% obsahem PPy. Připravené nátěrové filmy vykazovaly největší odolnost při pH pufrů 4 a 10, u kterých hodnota podkorodování nepřekročila 33 %.



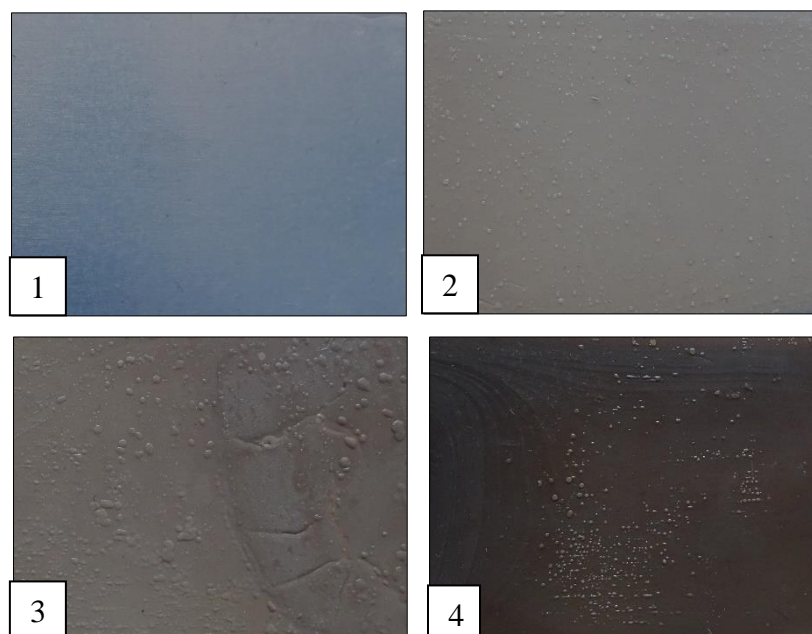
Obrázek 27. Stupeň podkorodování nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí.

6.1.3.3. Hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK

Odolnost nátěrových filmů vůči MEK byla hodnocena po 10, 20 a 30 dnech od nanesení nátěrového filmu. Zkouška byla prováděna do stupně odolnosti 0. Ukázalo se, že odolnost vůči MEK s časem mírně vzrůstala (viz *Tabulka 34*). Z výsledků lze vyčíst, mezi jednotlivými latexovými nátěrovými filmy nebyly z hlediska odolnosti vůči MEK výrazné rozdíly, přičemž nejvyšší odolnost vůči působení MEK vykazovaly nátěry na bázi latexů s 0% obsahem PPy v kyselé i alkalické formě.

6.1.3.4. Hodnocení odolnosti nátěrů proti tvorbě osmotických puchýřů

Z výsledků hodnocení je patrné, že latexy v kyselé formě tvoří odolnější nátěrové filmy při vystavení nátěrů vlhkosti a zvýšené teplotě (viz *Tabulka 35*). U zalkalizovaných latexů sice docházelo k tvorbě puchýřů, ale kromě latexu s 0,5% a 0,75 % obsahem PPy velikost puchýřů nepřekročila hodnotu 8M. Z této zkoušky lze vyvodit, že k největší sorpci vody nátěrovým filmem dochází u zalkalizovaných latexů s 0,5 % a 0,75% obsahem PPy.



Obrázek 28. Tvorba osmotických puchýřů u nátěrových filmů.

1. A 0%, 2. A 0,25%, 3. A 0,5% a 4. A 0,75%.

6.1.3.5. Hodnocení antikorozní účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace

Lineární polarizací byla hodnocena antikorozní účinnost nátěrů na ocelových panelech s tloušťkou suchého filmu $60 \pm 20 \mu\text{m}$. Největší pozornost byla věnována parametru polarizačního odporu R_p a rychlosti koroze v_{kor} . Nátěrové filmy s největšími hodnotami R_p a nejnižšími hodnotami v_{kor} vykazují nejlepší antikorozní účinnost. Vysoké hodnoty R_p a zároveň nízké hodnoty v_{kor} byly stanoveny u nátěrů z kyselých i alkalických latexů s 0%, 0,25% a 0,5% obsahem PPy. Z výsledků plyne, že nátěrové filmy na bázi latexů s obsahem PPy nevykazují významně vyšší antikorozní odolnost v porovnání s nátěry z latexů K 0%, popř. A 0%. Rovněž se ukázalo, že nátěry tvořené latexy K 0,75% a A 0,75% jeví výrazně nižší antikorozní účinnost.

6.2. Hodnocení pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi s obsahem 8 hm. % pigmentu

K syntetizovaným polyakrylátovým latexům s inkludovanými PPy částicemi byly přidány zvolené pigmenty s obsahem 8 hm. % pigmentu (vztaženo na celkovou hmotnost pojiva). Připravené nátěrové filmy byly testovány v závislosti na druhu přidaného pigmentu pomocí fyzikálně-mechanických, chemických a antikoročních testů.

Dále byly připraveny nátěrové filmy na bázi syntetizovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi, které byly pigmentovány vodivým PPy ve vodivé formě tak, aby ve výsledném pojivu bylo obsaženo 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % zvoleného plniva (CaCO_3 nebo Litopon 30%). U těchto nátěrových filmů byly sledovány fyzikálně-mechanické vlastnosti a antikoroční účinnost.

6.2.1. Hodnocení vlastností pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi

6.2.1.1. Stanovení stability při skladování

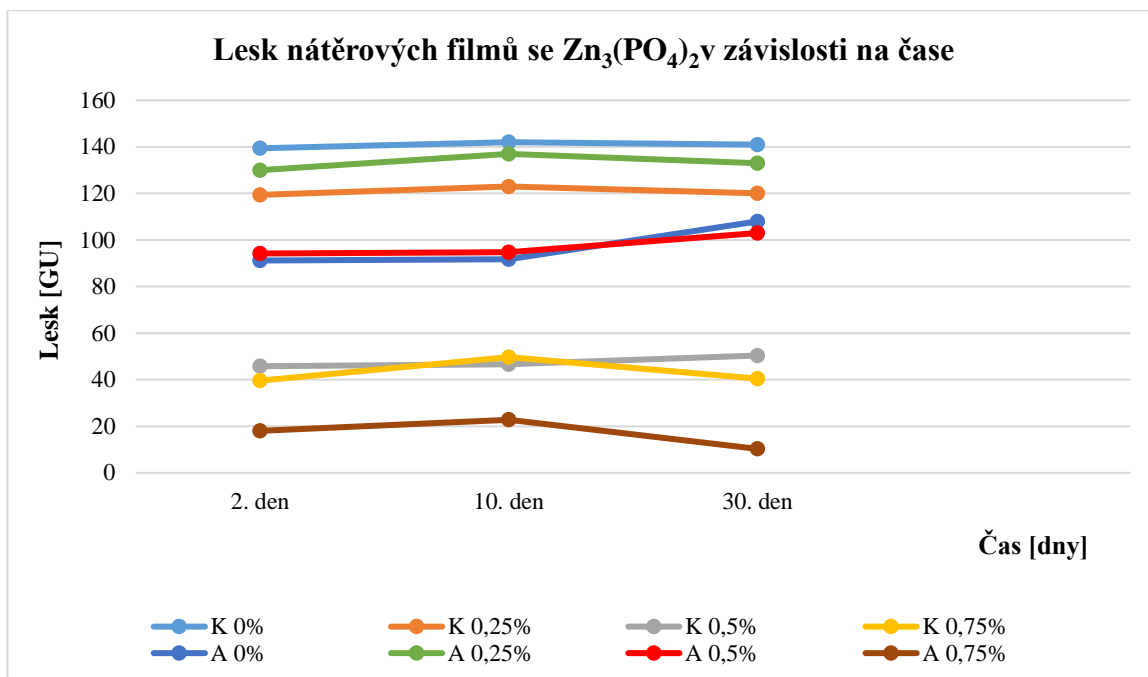
Stabilita pigmentovaných latexů byla vyhodnocena vizuálně po skladování vzorků po dobu 1 měsíce při teplotě 50 °C. Testování bylo provedeno u kyselých i alkalických latexů s pigmenty TiO_2 , CaCO_3 , ZnO a $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$. Z Tabulky 37 lze vyčíst, že nejvyšší odolnost vykazovaly latexy s TiO_2 a ZnO . U těchto vzorků došlo ke vzniku sraženiny u kyselých a alkalických latexů pouze u latexů s 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic. U pigmentovaných latexů s CaCO_3 došlo navíc ke vzniku koagulátu u latexu K 0,5% a u vzorků se $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ vznikl koagulát u latexu K 0,25%. Ze získaných údajů lze říci, že pigmentované alkalické latexy s pigmenty TiO_2 , CaCO_3 , ZnO a $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ vykazují lepší stabilitu vůči působení zvýšené teploty než pigmentované latexy v kyselé formě.

6.2.2. Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů z pigmentovaných latexů v závislosti na obsahu inkludovaných PPy částic

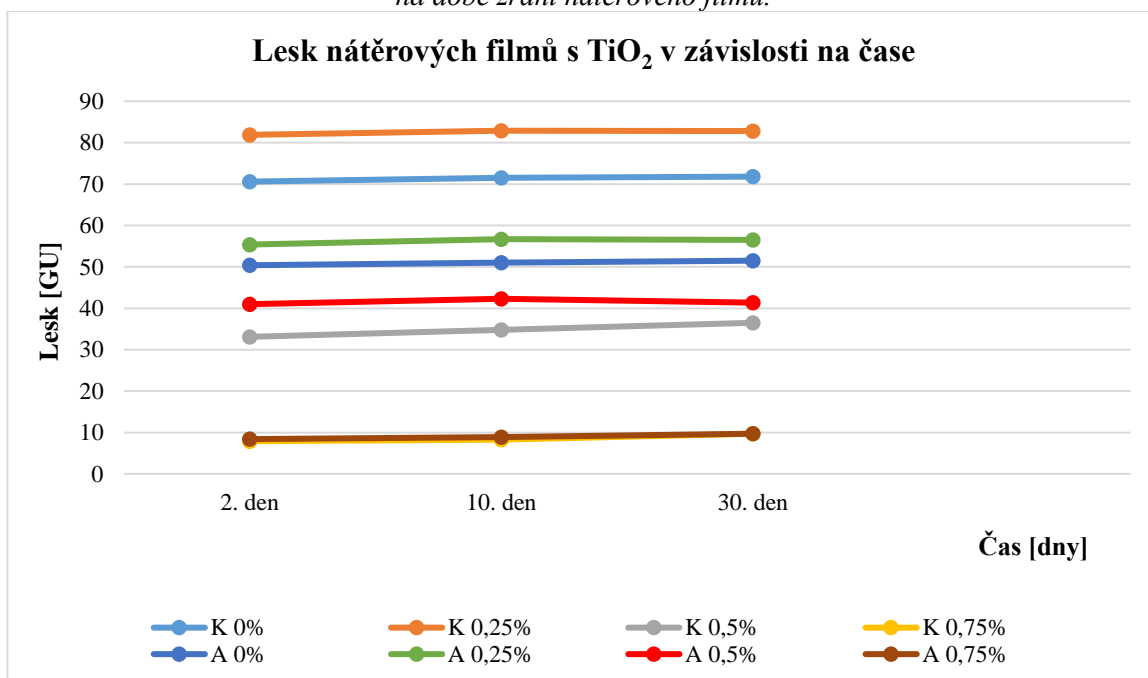
6.2.2.1. Hodnocení vizuálních vlastností pigmentovaných nátěrových filmů

Vizuální vlastnosti byly vyhodnoceny na skleněných panelech s tloušťkou filmu $30 \pm 15 \mu\text{m}$. Hodnocen byl vzhled nátěrových filmů a změny lesku v čase. Vzhled nátěrových filmů z pigmentovaných latexů byl hodnocen z pohledu vzniku zákalu, obsahu částic, bublin a prasklin a dále byl hodnocen celkový povrch filmu (viz *Tabulky 38–45*). Mírný zákal nátěrového filmu byl pozorován pouze u latexu A 0,75% s pigmentem ZnO a u latexu K 0% s pigmentem $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$. Částice byly nejvíce obsaženy u latexů v kyselé i alkalické formě s 0,5% a 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic a jejich výskyt byl pozorován skoro u všech pigmentovaných nátěrových filmů. Tvorba bublin byla pozorována u všech pigmentovaných latexů a nejčastěji se bubliny tvořily u latexů v kyselé i alkalické formě s 0,5% a 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic. Praskliny byly pozorovány pouze latexů s pigmenty ZnO, $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ a Litopon 30%. Nejvíce prasklin bylo pozorováno u pigmentovaného nátěrového filmu se ZnO u latexů K 0,25%, K 0,75% a A 0,5%. Povrch připravených nátěrových filmů byl hladký a slitý a jen u nátěrových filmů s pigmentem $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ byly pozorovány stopy po pravítku.

Lesk pigmentovaných nátěrových filmů byl měřen při úhlech 20° , 60° a 85° po 1, 10 a 30 dnech od nanesení filmu na skleněný podklad (viz. *Tabulky 46–53*). Lesk u většiny nátěrových filmů byl konstantní nebo s časem mírně vzrostl a jen u některých vzorků hodnota lesku s časem mírně klesla. Dále bylo sledováno, že s rostoucím obsahem inkludovaných PPy částic v latexech docházelo k poklesu lesku. Z výsledků měření lze rovněž vyčíst, že nejlesklejší filmy tvořily připravené latexy s pigmentem $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ a naopak nejmatnější filmy tvořily latexy s pigmentem TiO_2 . Srovnání vývoje lesku při geometrii 60° pro nátěrové filmy s těmito pigmenty je zobrazeno na *Obrázcích 29 a 30*.



Obrázek 29. Vyhodnocení lesku nátěrových filmů s pigmentem $Zn_3(PO_4)_2$ při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.



Obrázek 30. Vyhodnocení lesku nátěrových filmů s pigmentem TiO_2 při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.

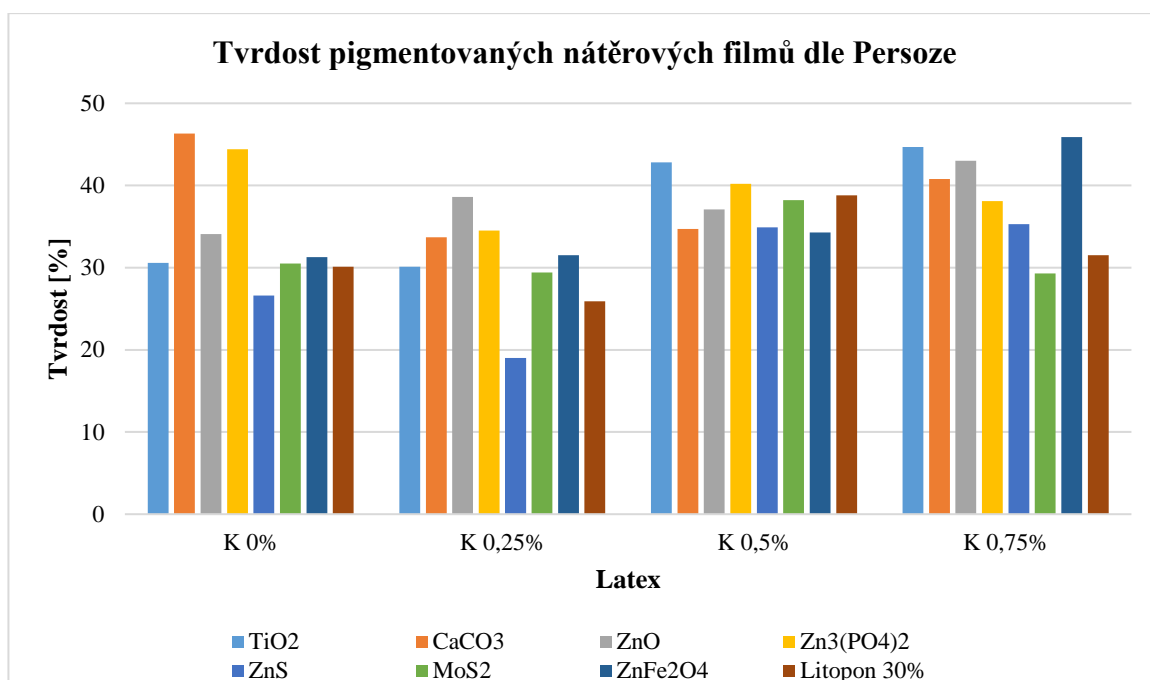
6.2.2.2. *Hodnocení pH a měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentovaných nátěrových filmů*

Hodnocení pH a měrné elektrické vodivosti bylo provedeno u připravených nátěrových filmů s obsahem 8 hm. % pigmentu Litopon 30%. Hodnoty pH po 1. a 4. týdnu u kyselých latexů nepatrně klesaly, a naopak u alkalických latexů hodnoty s přibývajícím časem nevýrazně vzrostly. Tyto změny však nejsou významné a vypovídají o tom, že již po jednom týdnu byla většina vodorozpustných látek (emulgátor a iniciátor použité při syntéze latexů) extrahována z nátěrového filmu. Tomuto tvrzení nasvědčují i hodnoty měrné elektrické vodivosti, které u všech připravených latexů s časem vzrůstaly opět pouze nepatrně. Dále se ukázalo, že s rostoucím obsahem inkudovaných PPy částic v latexových vzorcích byla u nátěrových filmů zaznamenáno zvýšení vodivosti výluhů, což lze vysvětlit vyšší zásadou $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ při syntéze latexu.

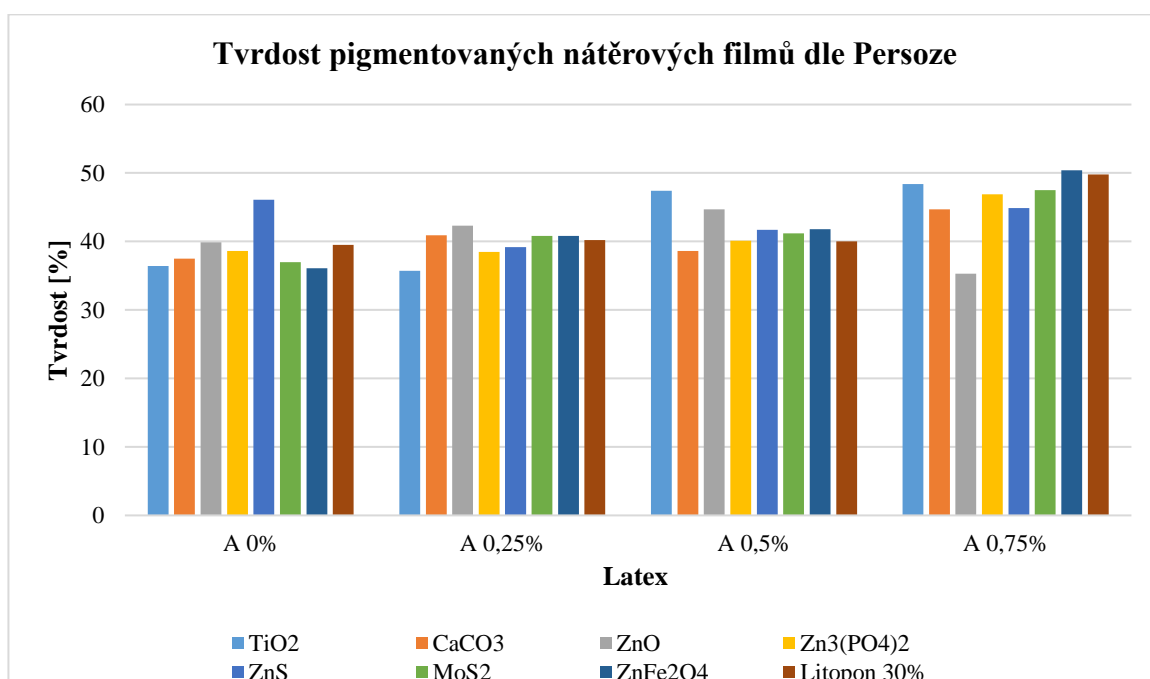
6.2.2.3. *Stanovení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů*

Z výsledků povrchové tvrdosti dle Persoze (viz. *Tabulky 63–70*) lze vidět, že tvrdost s časem u většiny filmů mírně vzrůstala a jen u některých nátěrových filmů došlo k poklesu tvrdosti. Pokles tvrdosti s časem byl zaznamenán u pigmentovaných latexů se ZnO u K 0,5%, se ZnS u latexu K 0,25%, K 0,5%, A 0% a A 0,25%, dále u pigmentu ZnFe_2O_4 u latexu K 0,25% a u latexů s Litoponem 30% u vzorků K 0%, K 0,25% a K 0,75%. Po 50. dnech od nanesení nátěrového filmu na skleněné panely byla nejvyšší tvrdost zaznamenána u latexu A 0,75% s pigmentem ZnFe_2O_4 a nejnižší hodnota tvrdosti byla zaznamenána u latexu K 0,25% s pigmentem ZnS (viz. *Obrázky 31 a 32*). Z výsledků lze vyčíst, že hodnota tvrdosti u většiny alkalických latexů byla vyšší než hodnota u latexů v kyselé formě a také že se hodnota tvrdosti s rostoucím obsahem inkudovaných PPy částic v latexu zvyšovala.

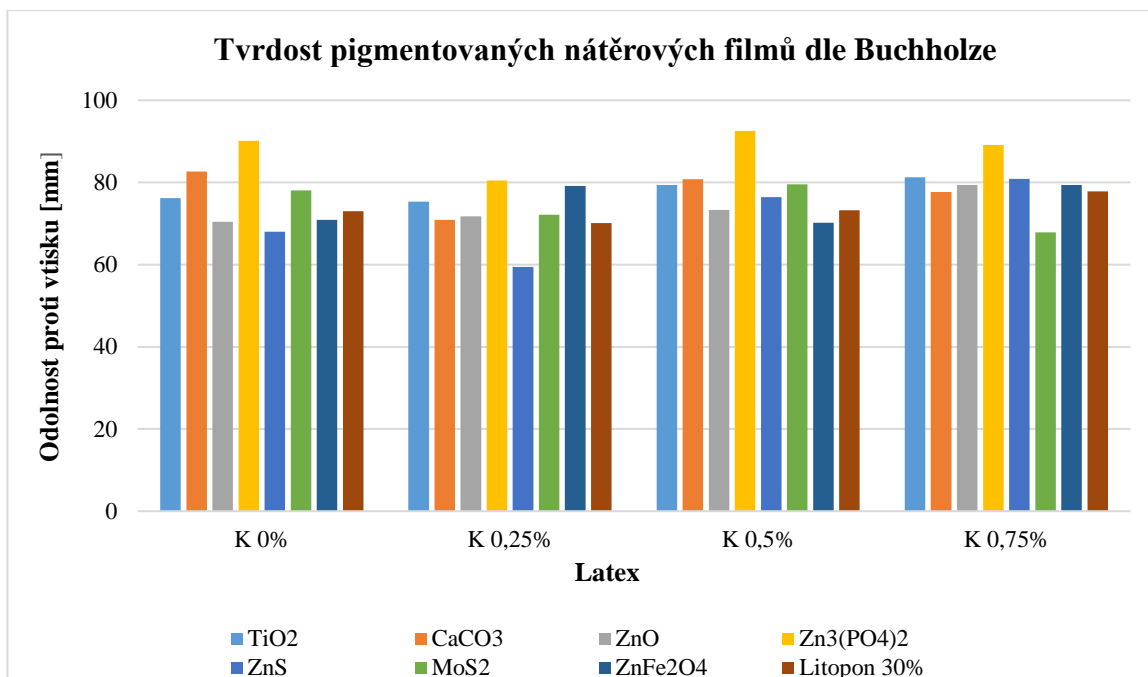
Výsledky odolnosti proti vtisku dle Buchholze korelují s výsledky povrchové tvrdosti dle Persoze (viz. *Obrázky 33 a 34*). Odolnost proti vtisku byla u většiny nátěrových filmů vyšší u alkalických latexů než u kyselých latexů. Nejvyšší hodnota odolnosti proti vtisku po 60 dnech od nanesení filmu byla zaznamenána u latexu A 0,75% s pigmentem ZnFe_2O_4 a dosahovala hodnoty 99,73 mm. Naopak nejnižší hodnota byla zaznamenána u latexu K 0,25% s pigmentem ZnS a dosahovala hodnoty 59,42 mm.



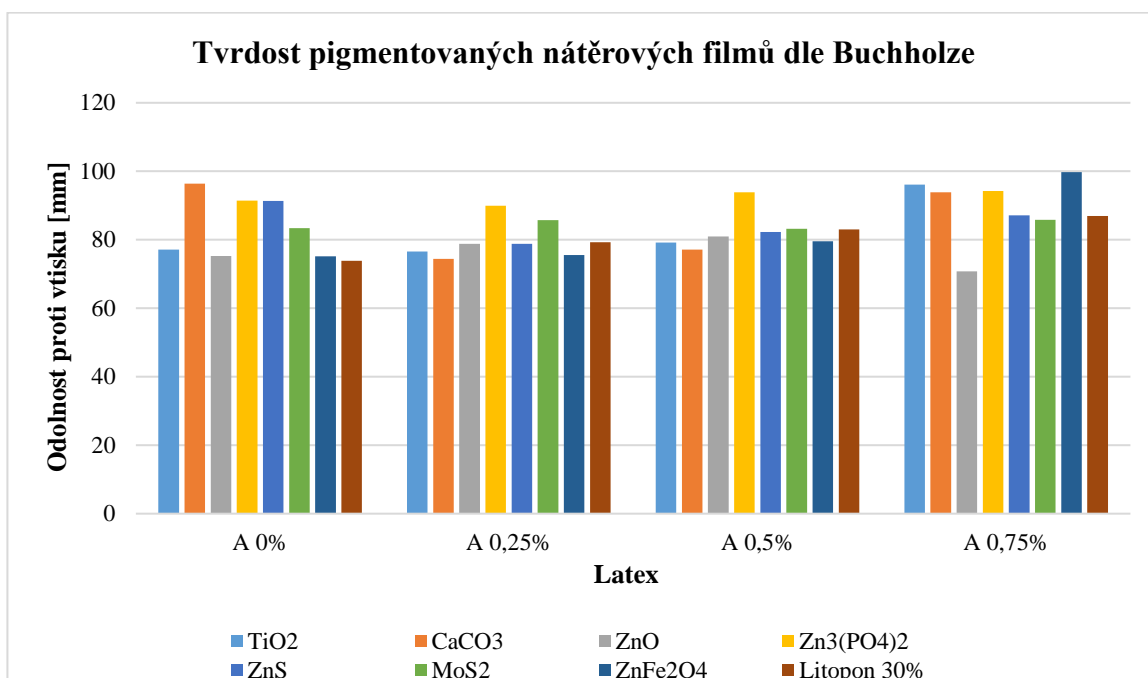
Obrázek 31. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných kyselých latexů.



Obrázek 32. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných alkalických latexů.



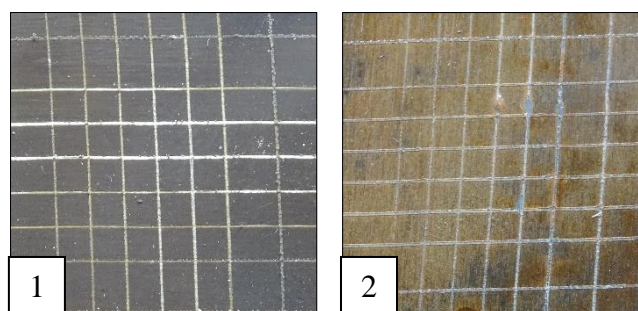
Obrázek 33. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných kyselých latexů.



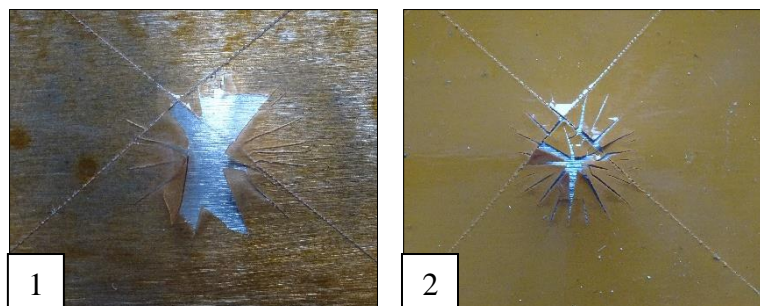
Obrázek 34. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných alkalických latexů.

6.2.2.4. Hodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

Mechanická odolnost byla testována pomocí mřížové zkoušky, zkoušky hloubením, úderem a ohybem u nátěrových filmů z latexů s obsahem 8 hm. % zvoleného pigmentu a dále u nátěrových filmů z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % plniva (CaCO_3 nebo Litopon 30%). Z výsledků (viz. *Tabulky 79–88*) lze vyvodit, že pigmentované nátěrové filmy vykazují dobrou mechanickou odolnost hlavně při mřížové zkoušce, zkoušce hloubením a ohybem. Při mřížové zkoušce byly nejvíce porušeny nátěrové filmy připravené z latexů s obsahem pigmentu ZnO, u kterých bylo zaznamenáno poškození i v rozsahu 15–35 %. Naopak k žádnému poškození nátěrových filmů při mřížové zkoušce nedošlo u latexů s pigmenty CaCO_3 , ZnS, MoS_2 , Litopon 30 % a PPy+Litopon 30%. Dobře nátěry odolávaly zkoušce hloubením, při které došlo k poškození filmu pouze u K 0,75% latexu s pigmentem MoS_2 při hodnotě 9,98 mm. Při zkoušce úderem byla zaznamenána odolnost vyšší než 100 cm pouze u latexů A 0,5% a A 0,75% s pigmentem ZnS a dále u latexu A 0% s PPy+Litopon 30%. Při testování nátěrových filmů pomocí zkoušky ohybem bylo zjištěno, že sníženou odolnost vykazují nátěrové filmy s obsahem pigmentu ZnO u latexů K 0%, K 0,5%, K 0,75%, A 0,5% a A 0,75% a dále s obsahem pigmentu Litopon 30% u latexu K 0,75%. Dále se ukázalo, že u nátěrových filmů na bázi latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO_3 došlo k výraznému zvýšení odolnosti vůči úderu.



Obrázek 35. Vzorky 1. A 0,25% + MoS_2 a 2. A 0,25% + $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ po testování mřížovou zkouškou.

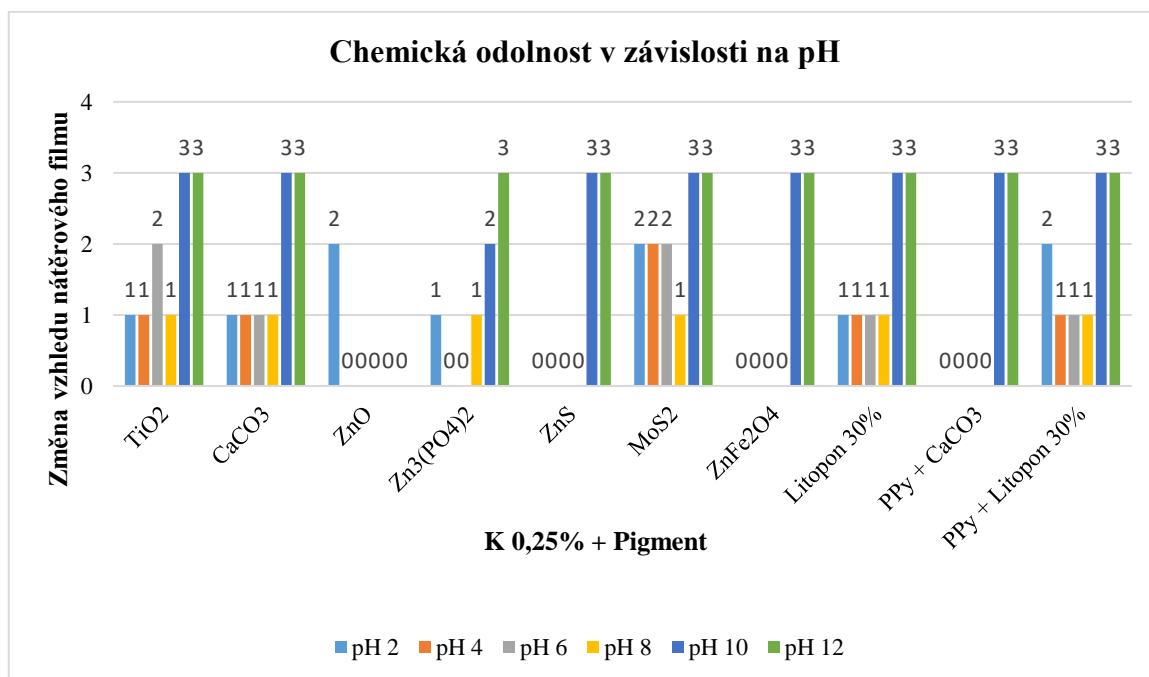


Obrázek 36. Vzorky 1. A 0,25% + $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ a 2. A 0,25% + ZnFe_2O_4 po testování zkouškou úderem při hodnotě < 50 cm.

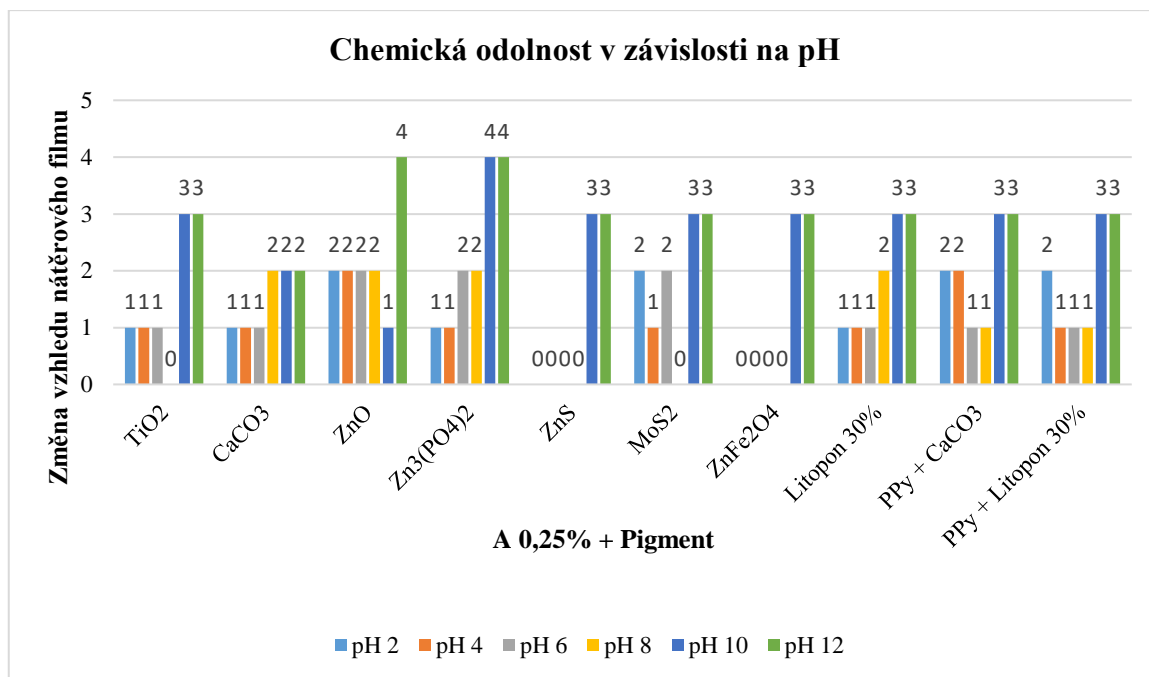
6.2.3. Hodnocení chemické a antikoroziční účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na obsahu inkludovaných PPy částic

6.2.3.1. Hodnocení chemické odolnosti nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí

Chemická odolnost nátěrových filmů s tloušťkou suchého filmu v rozmezí $100 \pm 20 \mu\text{m}$ byla hodnocena po 72 hodinách působení korozního prostředí o různém pH (viz. *Tabulky 89–98*). Nátěrové filmy připravené z pigmentovaných latexů vykazovaly vyšší odolnost při pH 2–8 a naopak nižší odolnost byla pozorována při pH 10 a 12. Nejnižší odolnost nátěrových filmů byla pozorována u kyselých a alkalických latexů s 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic. Lze konstatovat, že obsah inkludovaných PPy částic chemickou odolnost pigmentovaných nátěrů snižoval. Nejlepší chemickou odolnost tedy vykazovaly nátěry připravené z latexů v kyselé i alkalické formě s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z kyselých a alkalických pigmentovaných latexů K 0,25% a A 0,25% je uvedena na *Obrázcích 37 a 38*. Z *Obrázku 37* je patrné, že nátěry na bázi kyselého latexu K 0,25% vykazovaly nejlepší chemickou odolnost s pigmentem ZnO a alkalický latex A 0,25% poskytoval nejvíce odolné nátěry v kombinaci s pigmentem CaCO_3 .



Obrázek 37. Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů K 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.

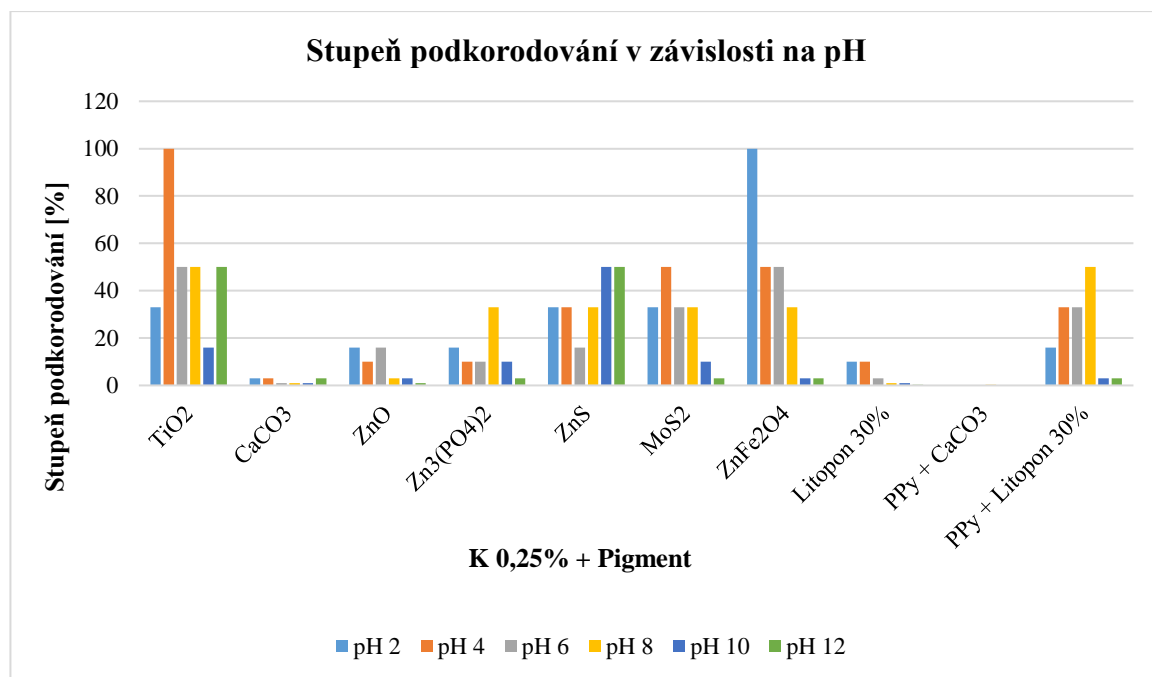


Obrázek 38. Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů A 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.

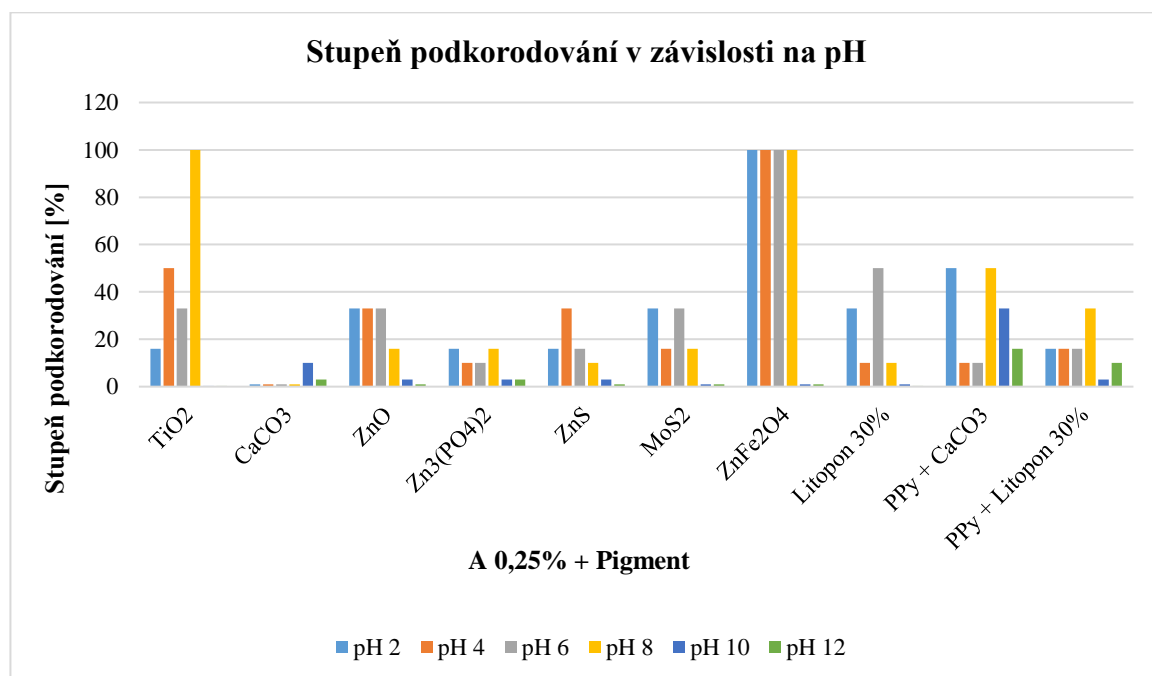
6.2.3.2. Stanovení stupně podkorodování ocelového podkladu v závislosti na pH korozního prostředí

Výsledky hodnocení stupně podkorodování ocelového podkladu v závislosti na typu latexu, typu pigmentu a pH korozního prostředí jsou uvedeny v *Tabulkách 99–108*. Je patrné, že stupeň podkorodování koreluje s výsledky chemické odolnosti nátěrových filmů, které jsou detailně popsány v kapitole 6.2.3.1. Největší ochranná účinnost nátěrových filmů tedy byla pozorována u kyselých i alkalických latexů s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic. Stupeň podkorodování ocelového podkladu pod nátěrovými filmy na bázi kyselých a alkalických latexů s 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic se zvolenými pigmenty je uveden na *Obrázcích 39 a 40*. Z *Obrázku 39* je patrné, že nátěrový film připravený z latexu K 0,25% vykazoval nejvyšší ochrannou účinnost proti podkorodování v kombinaci s pigmentem PPy+Litopon 30% a nejnižší ochrana byla zaznamenána v kombinaci s pigmentem TiO₂. Alkalický latex A 0,25% s pigmentem CaCO₃ tvořil nejvíce odolné nátěrové filmy a naopak v kombinaci s pigmentem ZnFe₂O₄ vykazoval nejmenší ochrannou účinnost proti podkorodování (viz. *Obrázek 40*). Celkově nejnižší ochrannou účinnost vykazovaly nátěrové filmy připravené z pigmentovaných latexů v kyselé a alkalické formě s 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic (viz. *Tabulky 99–108*).

U nátěrových filmů připravených z pigmentovaných latexů byla pozorována nejvyšší odolnost při působení korozního prostředí o pH 10 a 12 a naopak nejmenší odolnost vykazovaly nátěrové filmy exponované pH 4 a 6.



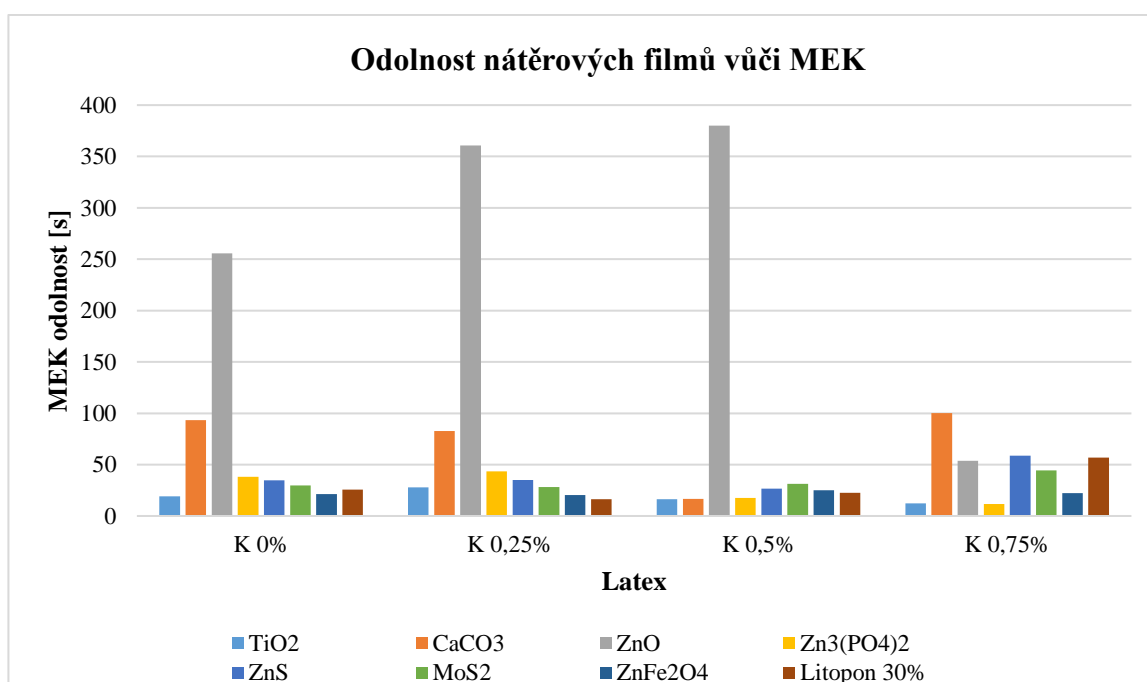
Obrázek 39. Stupeň podkorodování ocelového podkladu pod pigmentovanými nátěrovými filmy na bázi latexu K 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.



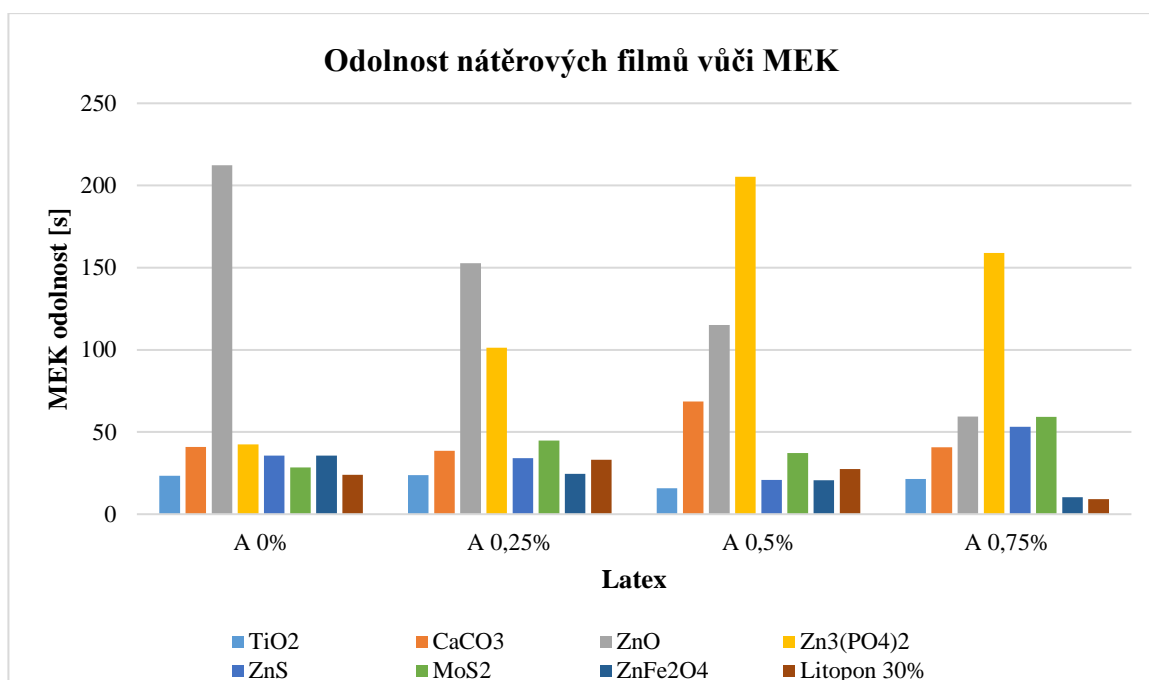
Obrázek 40. Stupeň podkorodování ocelového podkladu pod pigmentovanými nátěrovými filmy na bázi latexu A 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.

6.2.3.3. Hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK

Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK bylo provedeno po 10, 20 a 30 dnech od nanesení nátěrového filmu na skleněný podklad. Zkouška byla provedena u nátěrů připravených z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu do stupně odolnosti 0 (viz. *Tabulky 109–116*). Výsledky ukazují, že odolnost nátěrových filmů vůči MEK s časem mírně vzrůstala. Nejnižší odolnost byla zaznamenána u nátěrových filmů připravených z latexů s pigmentem TiO_2 , tyto nátěry odolávaly působení MEK po dobu přibližně 20 s. Nejvíce odolné nátěrové filmy tvořily latexy v kombinaci s pigmentem ZnO , přičemž výsledné nátěry z latexů K 0,25% a K 0,5% odolávaly MEK déle než 300 s. Tento jev je pravděpodobně důsledkem vzniku iontových vazeb mezi latexovým polymerem, obsahujícím karboxylové skupiny, a zinečnatými ionty vznikajícími hydratací ZnO . Vyšší odolnost nátěrových filmů pigmentovaných ZnO byla pozorována u nátěrů z kyselých latexů, zřejmě z důvodu vyšší rozpustnosti ZnO v kyselém prostředí. Zvýšená odolnost nátěrových filmů byla také zaznamenána u nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných CaCO_3 a $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, což zřejmě souvisí se slabou rozpustností přítomných pigmentů za vzniku disociovaných dvojmocných kationtů, které tvoří iontové vazby s karboxylovými skupinami polymeru ve vznikajícím nátěrovém filmu.



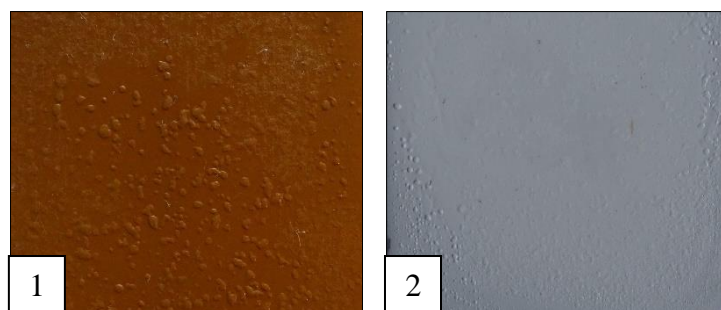
Obrázek 41. Srovnání výsledné odolnosti nátěrových filmů vůči MEK pigmentovaných kyselých latexů.



Obrázek 42. Srovnání výsledné odolnosti nátěrových filmů vůči MEK pigmentovaných alkalických latexů.

6.2.3.4. Hodnocení odolnosti nátěrů proti tvorbě osmotických puchýřů

Odolnost nátěrových filmů proti tvorbě osmotických puchýřů byla provedena u nátěrů připravených z latexů s obsahem 8 hm. % pigmentu a dále z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % plniva. Z výsledů zkoušky je patrné, že nejmenší odolnost proti tvorbě puchýřů mají nátěrové filmy na bázi latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a plniva Litopon 30%. Nejvyšší odolnost byla pozorována u nátěrových filmů na bázi latexů pigmentovaných CaCO_3 (viz. *Tabulky 117 a 118*). Největší zastoupení puchýřů v ploše bylo zaznamenáno u nátěrových filmů se $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ a ZnFe_2O_4 a naopak nejméně puchýřů v ploše bylo zaznamenáno při použití pigmentů MoS_2 a TiO_2 (viz. *Obrázek 43*).



Obrázek 43. Tvorba osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentových latexů: 1. A 0,5% + ZnFe_2O_4 a 2. K 0% + TiO_2 .

6.2.3.5. *Hodnocení antikoroziční účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace*

Pomocí lineární polarizace byla vyhodnocena antikoroziční účinnost nátěrových filmů na ocelovém podkladu s tloušťkou suchého filmu $80 \pm 40 \mu\text{m}$. Největší pozornost byla věnována parametru polarizačního odporu R_p a rychlosti koroze v_{kor} . Nejlepší antikoroziční účinnost vykazují nátěrové filmy s nejvyššími hodnotami R_p a nejnižšími hodnotami v_{kor} . Nízké hodnoty v_{kor} a vysoké hodnoty R_p byly naměřeny u nátěrů z kyselých a alkalických latexů s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic v kombinaci s většinou pigmentů (viz. *Tabulky 119–128*). S rostoucím obsahem inkludovaných PPy částic však bylo u pigmentovaných nátěrů zaznamenáno zvýšení rychlosti koroze a pokles polarizačního odporu. Nejvyšší antikoroziční účinnost dle výsledků měření vykazovaly latexy K 0%, K 0,25%, A 0% a A 0,25% s obsahem 8 hm. % pigmentu ZnS. Hodnoty polarizačního odporu naměřené u latexů A 0% a A 0,25% pigmentovaných ZnS byly $0,4 \cdot 10^{11} \Omega$ a hodnoty rychlosti koroze se pohybovaly v řádu 10^{-7} min/rok.

6.3. Hodnocení pigmentovaných latexů s inkludovanými PPy částicemi při OKP 0,5 % pigmentu

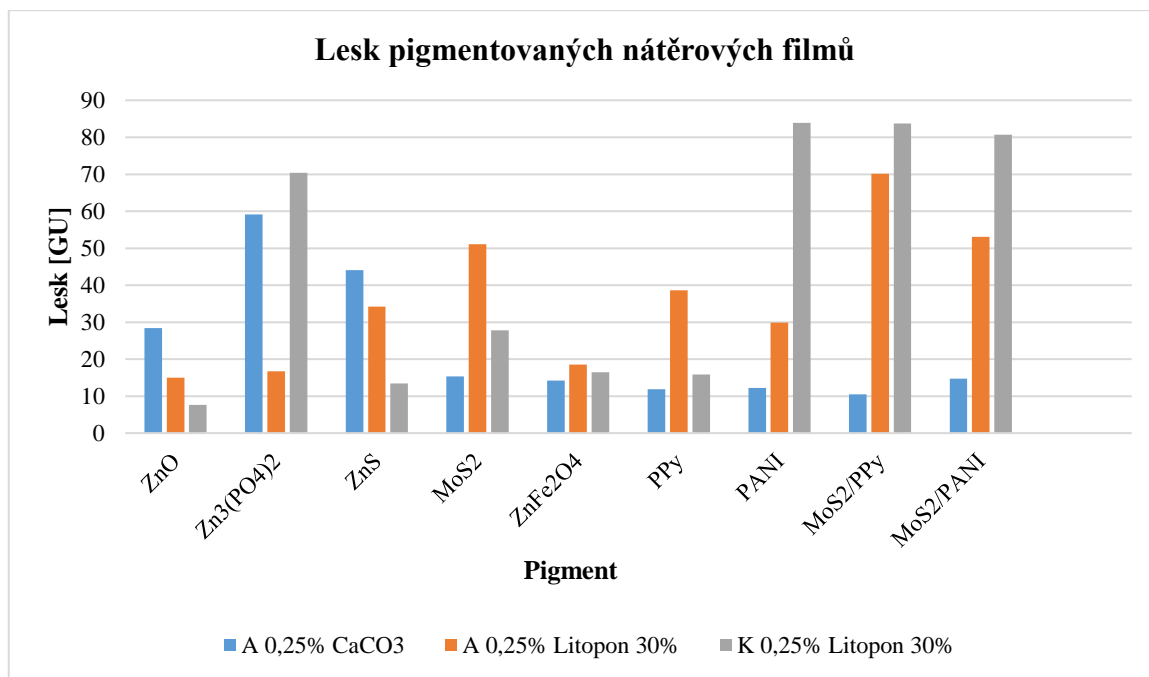
Ze získaných výsledků byl vybrán latex s 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic, který vykazoval nejlepší vlastnosti v porovnání s ostatními latexy syntetizovanými s různým obsahem inkludovaných PPy částic. Zvolený latex v kyselé i alkalické formě byl použit pro formulaci nátěrových filmů s OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva. Pro porovnání výsledků byly připraveny srovnávací nátěry na bázi vodné disperze Axilat a zalkalizovaného latexu s A 0% obsahem PPy.

6.3.1. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu

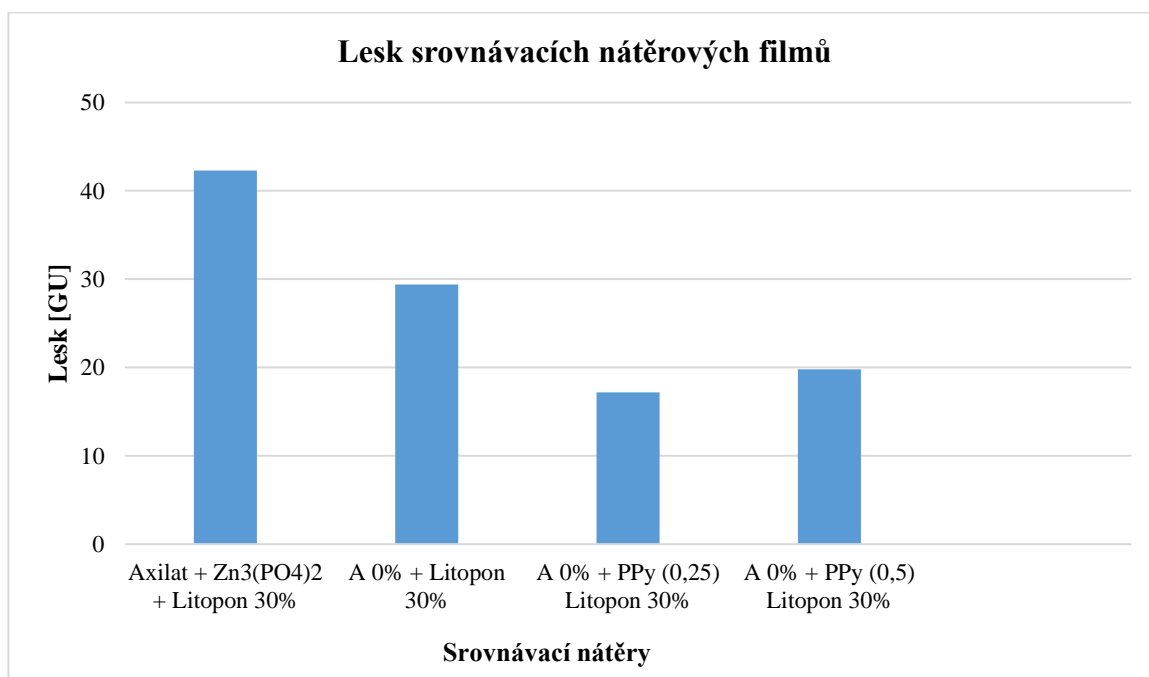
6.3.1.1. Hodnocení vizuálních vlastností pigmentovaných nátěrových filmů

U připravených nátěrových filmů byl hodnocen vizuálně vzhled a dále bylo provedeno měření lesku v závislosti na čase. Nanesené pigmentované filmy byly bez zákalu, ojediněle obsahovaly částice nebo se ojediněle objevily bubliny a praskliny. Částice byly nejvíce obsaženy v nátěrových filmech s pigmenty MoS₂/PPy, MoS₂/PANI a PPy. Bubliny se tvořily v nátěrových filmech s pigmenty MoS₂/PPy a PANI. Praskliny v nátěrovém filmu se tvořily pouze u latexu K 0,25% s pigmentem ZnO a plnivem Litopon 30%. Celkově byl povrch pigmentovaných filmů hladký a slitý. Srovnávací nátěrové filmy neobsahovaly částice, bubliny ani praskliny a jejich vzhled byl v porovnání s pigmentovanými filmy na bázi syntetizovaných latexů lepší.

Změny lesku byly měřeny při úhlech 20°, 60° a 85° po 1, 10 a 30 dnech od nanesení filmu na skleněný podklad. Z výsledků v *Tabulkách 134–137* lze vyvodit, že se lesk u většiny nátěrových filmů časem mírně zvyšoval. Porovnání změn lesku při geometrii 60° po 30 dnech vysychání nátěrových filmů je představeno na *Obrázcích 44 a 45*. Z *Obrázku 44* je patrné, že nátěrové filmy na bázi latexu K 0,25% s plnivem Litopon 30% vykazovaly nejvyšší hodnoty lesku. Naopak nejnižší hodnoty lesku byly naměřeny u filmů na bázi latexu A 0,25% s plnivem CaCO₃. Dále lze z *Obrázku 44* vyčíst, že nejlesklejší filmy obsahovaly pigmenty PANI a MoS₂/PPy a nejmatnější filmy byly tvořeny pigmenty ZnFe₂O₄ a ZnO. Hodnoty lesku naměřené u srovnávacích nátěrových filmů byly téměř o polovinu nižší než u pigmentovaných filmů (viz. *Obrázek 45*).



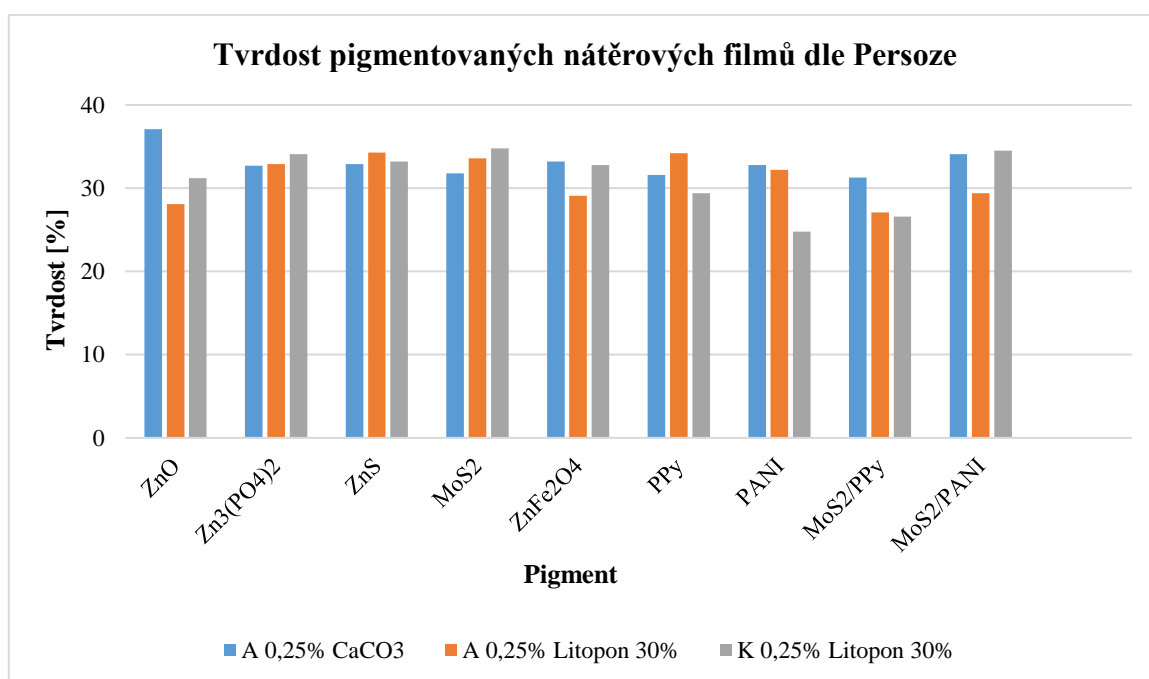
Obrázek 44. Vyhodnocení lesku při geometrii 60° u pigmentovaných nátěrových filmů s OKP 0,5 % pigmentu po 30 dnech zrání nátěrového filmu.



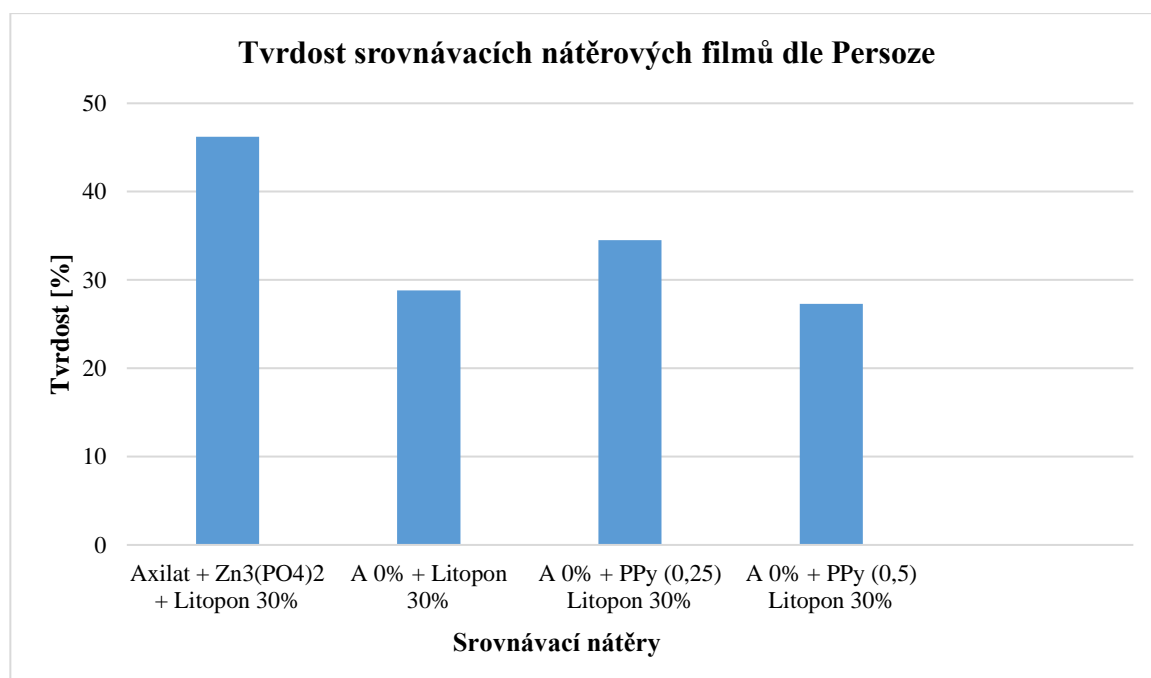
Obrázek 45. Vyhodnocení lesku při úhlu 60° u srovnávacích nátěrových filmů při úhlu 60° po 30 dnech zrání nátěrového filmu.

6.3.1.2. Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů

Z výsledků změn tvrdosti v čase (viz. *Tabulky 142–145*) je patrné, že tvrdost u většiny nátěrových filmů s časem vzrostla jen mírně. Pokles tvrdosti byl zaznamenán u nátěrů na bázi latexu A 0,25% s plnivem Litopon 30% u pigmentů ZnS a MoS₂/PPy. Změny tvrdosti po 30 dnech od nanesení filmu jsou zaznamenány na *Obrázcích 46 a 47*. Na *Obrázku 46* lze vidět, že tvrdost pigmentovaných filmů po 30 dnech vysychání je skoro srovnatelná. Největší tvrdost vykazoval nátěrový film na bázi latexu A 0,25% s plnivem CaCO₃ a pigmentem ZnO. Nejmenší hodnota tvrdosti byla zaznamenána u filmu s pigmentem PANI na bázi latexu K 0,25% s plnivem Litopon 30%. Hodnoty tvrdosti u srovnávacích nátěrů na bázi vodné disperze Axilat a latexu A 0% s OKP 0,25 % PPy dosahovaly vyšší tvrdosti než pigmentované nátěrové filmy (viz. *Obrázek 47*).



Obrázek 46. Vyhodnocení povrchové tvrdosti dle Persoze u pigmentovaných nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.

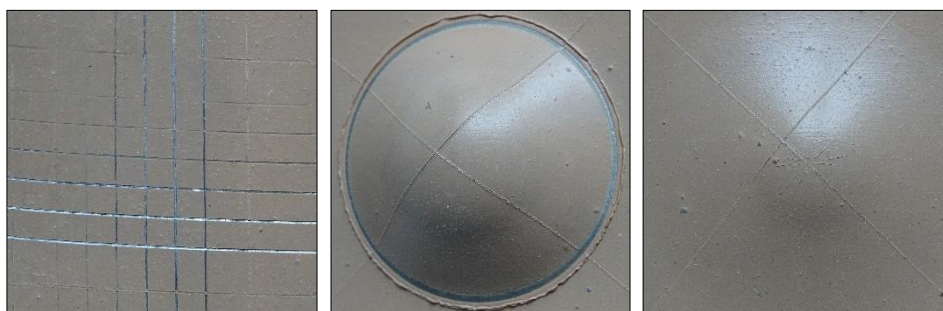


Obrázek 47. Vyhodnocení povrchové tvrdosti dle Persoze u srovnávacích nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.

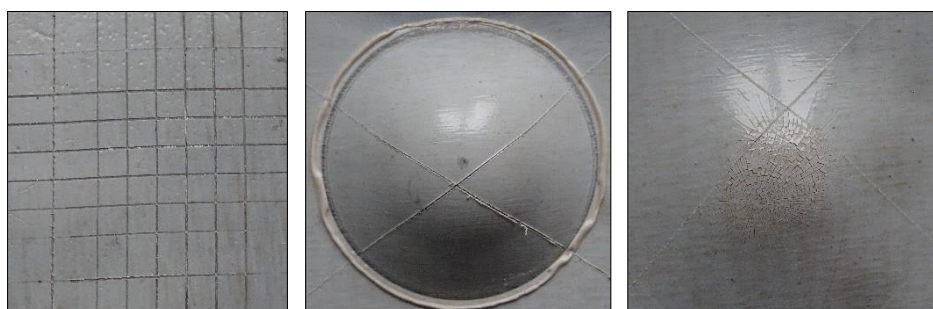
Výsledky testování odolnosti proti vtisku dle Buchholze (viz. *Tabulky 144 a 145*) jsou v souladu s výsledky tvrdosti dle Persoze. Odolnost proti vtisku s dobou vysychání nátěru mírně rostla. Nejvyšší hodnota odolnosti proti vtisku po 30 dnech byla zaznamenána u srovnávací disperze Axilat a dosahovala hodnoty 80,1 mm. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u pigmentu PANI na bázi latexu K 0,25% s plnivem Litopon 30% a dosahovala hodnoty 55,0 mm.

6.3.1.3. Hodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů

Testování mechanické odolnosti bylo provedeno na ocelových panelech s tloušťkou suchého filmu v rozmezí 61–120 μm . Byla provedena mřížová zkouška, zkouška hloubením, úderem a ohybem. Z výsledků zkoušek (viz. *Tabulky 146–149*) vyplývá, že připravené pigmentované filmy vykazují dobrou mechanickou odolnost. Nejlepší výsledky byly zaznamenány u mřížkové zkoušky a zkoušky hloubením. Jediný nátěrový film, u kterého došlo k poškození filmu při mřížové zkoušce i při zkoušce hloubením byl vzorek na bázi latexu K 0,25% s pojivem Litopon 30% a pigmentem ZnO. Zkouška úderem i zkouška ohybem dopadla nejlépe u nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s plnivem Litopon 30% (viz. *Obrázek 48*). Nejmenší odolnost při zkoušce úderem byla zaznamenána u srovnávacích nátěrových filmů (viz. *Obrázek 49*).



Obrázek 48. Mechanická odolnost nátěrového filmu na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5 % $ZnFe_2O_4$ a OKP 10 % Litopon 30%.

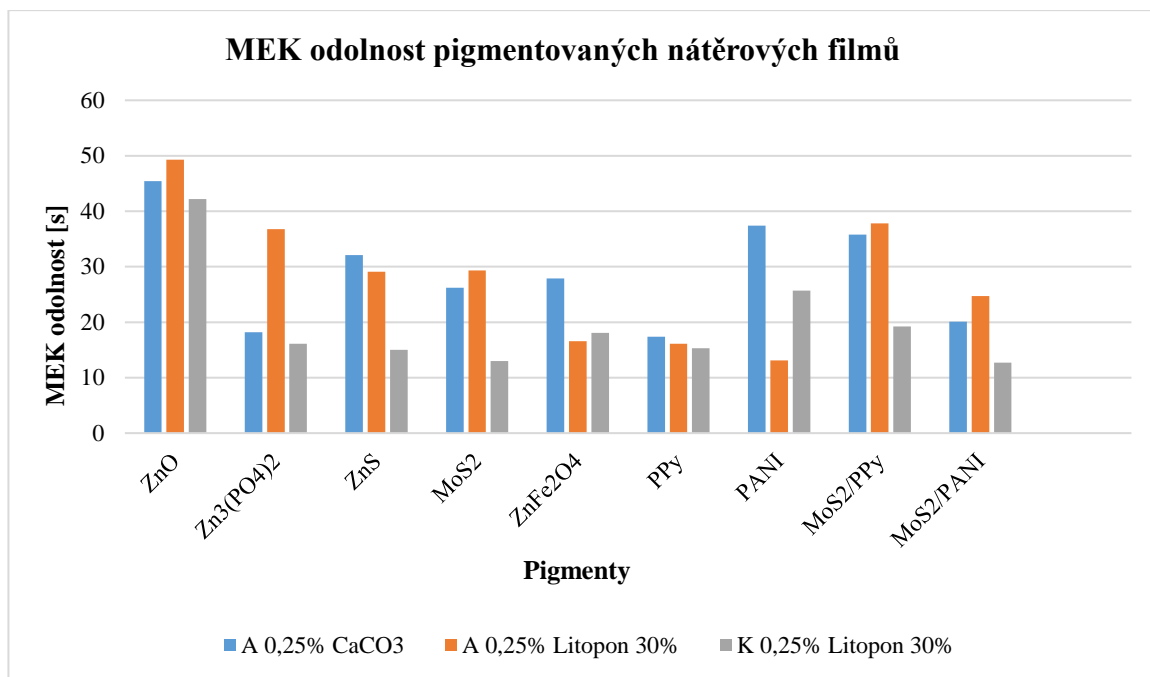


Obrázek 49. Mechanická odolnost u srovnávacího nátěrového filmu na bázi disperze Axilat 2431 s OKP 0,5% $Zn_3(PO_4)_2$ a OKP 10% Litopon 30%.

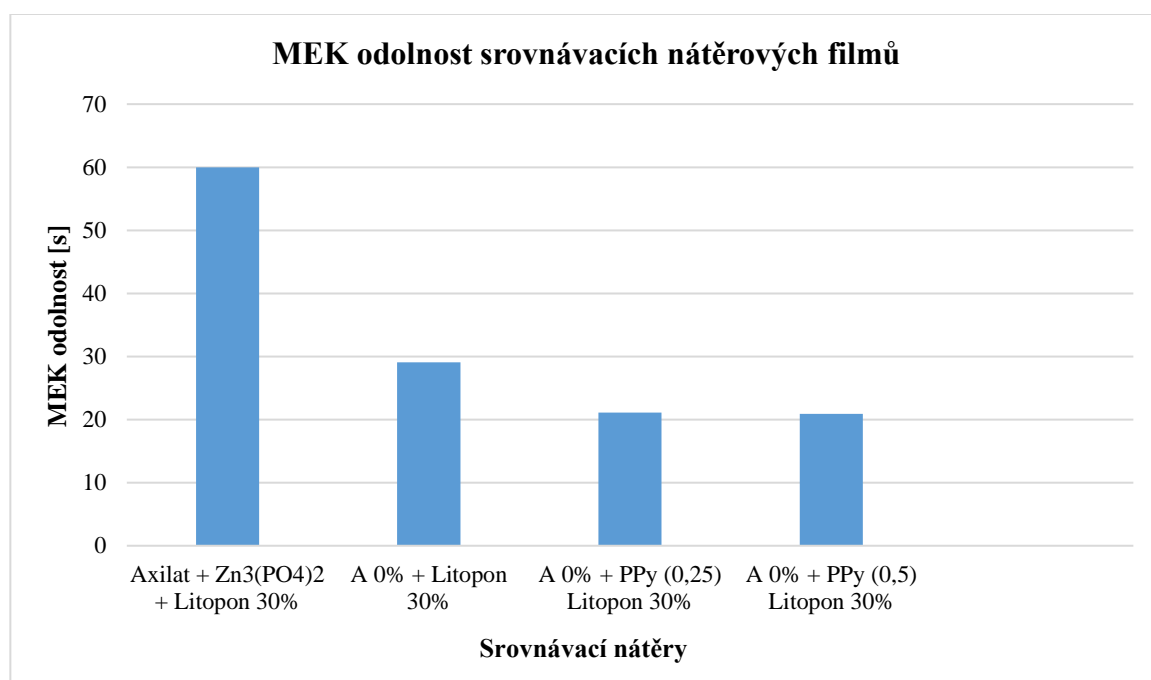
6.3.2. Hodnocení chemické a antikoroziční účinnosti pigmentovaných filmů v závislosti na přítomném plnivu a pigmentu

6.3.2.1. Stanovení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK

Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných filmů vůči MEK bylo provedeno po 10, 20 a 30 dnech od zhotovení nátěrového filmu. Zkouška byla provedena do stupně odolnosti 0 (viz. *Tabulky 150–153*). Z výsledků lze vyčíst, že u některých pigmentovaných nátěrů odolnost vůči MEK s časem rostla a u jiných naopak docházelo k poklesu. Dále bylo zjištěno, že mezi jednotlivými pigmenty nebyly z hlediska odolnosti nátěrů vůči MEK výrazné rozdíly až na pigment ZnO , kdy nátěrové filmy vykazovaly skoro o polovinu vyšší odolnost než nátěry na bázi ostatních pigmentů. Tento jev lze vysvětlit tvorbou iontových vazeb, jak již bylo zmíněno v kapitole 6.2.3.3. Na *Obrázcích 50 a 51* je zobrazeno porovnání odolnosti vůči MEK po 30 dnech vysychání nátěrových filmů.



Obrázek 50. Vyhodnocení MEK odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.



Obrázek 51. Vyhodnocení MEK odolnosti srovnávacích nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.

6.3.2.2. *Hodnocení antikorozi účinnosti nátěrů pomocí lineární polarizace*

Pomocí lineární polarizace byla zhodnocena antikorozi účinnost pigmentovaných nátěrových filmů na ocelovém podkladu s tloušťkou suchého filmu $65 \pm 20 \mu\text{m}$. Při vyhodnocení byla největší pozornost zaměřena na polarizační odpor R_p a rychlost koroze v_{kor} . Nejvyšší hodnota R_p a zároveň nejnižší hodnota v_{kor} byla naměřena u nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% s pigmentem ZnO a plnivem Litopon 30%. Naměřená hodnota R_p byla $49,8 \cdot 10^6 \Omega$ a hodnota v_{kor} $0,9 \cdot 10^{-6}$ min/rok. Dobrá antikorozi účinnost byla dále prokázána u nátěrových filmů na bázi kyselého i alkalického latexu (K 0,25% a A 0,25%) s pigmentem MoS_2/PPy a plnivem Litopon 30%, dále u nátěrů na bázi latexu A 0,25% s pigmentem ZnO s a plnivem Litopon 30% a u nátěrů na bázi latexu A 0,25% s pigmentem $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ v kombinaci s plnivem CaCO_3 . U těchto nátěrových filmů se hodnoty R_p pohybovaly mezi $44,5 \cdot 10^6 - 79,1 \cdot 10^6 \Omega$ a hodnoty v_{kor} v rozmezí $0,2 \cdot 10^{-5} - 0,3 \cdot 10^{-4}$ min/rok. Z naměřených výsledků (viz. *Tabulky 154–157*) také plyne, že plnivo CaCO_3 způsobuje celkově horší antikorozi vlastnosti v kombinaci s použitými pigmenty. Ze srovnávacích nátěrů vykazují nejlepší vlastnosti latexy na bázi A 0% s plnivem Litopon 30% při OKP 0,25 % a OKP 0,5 % vodivého PPy. V porovnání s výsledky pigmentovaných filmů lze zařadit antikorozi účinnost těchto srovnávacích nátěrů mezi průměrné hodnoty.

Testování antikorozi účinnosti nátěrových filmů bylo provedeno i u odpovídajících vzorků s přídavkem 0,5 hm. % aditiva proti bleskové korozi (SER AD FA 179). Výsledky sice ukázaly, že inhibitor neovlivňuje antikorozi účinnost nátěrů, nicméně bylo zaznamenáno, že zhoršuje rozliv nátěrového filmu.

6.3.2.3. *Hodnocení odolnosti proti vlhkým atmosférám*

Vyhodnocení odolnosti proti působení vlhkým atmosférám bylo provedeno po expozici 480 hodin (viz. *Tabulky 158 a 159*). Testování bylo provedeno u nátěrových filmů se suchou tloušťkou filmu $100 \pm 20 \mu\text{m}$. U nátěrových filmů byly vyhodnoceny puchýře v ploše i v okolí řezu, dále bylo hodnoceno prokorodování a koroze řezu. Po vyhodnocení byl nátěrový film odstraněn a bylo hodnoceno podkorodování a koroze řezu (viz. *Tabulky 160 a 161*).

Nejnižší hodnoty prokorodování po expozici byly zaznamenány u latexu na bázi A 0,25% s plnivem CaCO_3 . Tyto nátěrové filmy obsahovaly nejméně puchýřů v ploše i v okolí řezu a byla u nich zaznamenána i nejnižší koroze v řezu. Vzhledově nejlepší nátěrové filmy tvořily latexy s pigmenty ZnO a MoS_2/PPy na bázi A 0,25% s plnivem CaCO_3 a dále kyselý 0,25%

latex v kombinaci s plnivem Litopon 30% a pigmentem PPy, u kterých po expozici 480 hodin nebyly zaznamenány žádné změny v prokorodování. Ze srovnávacích nátěrových filmů vykazovala nejlepší odolnost proti vlhkým atmosférám disperze Axilat s plnivem Litopon 30% a pigmentem $Zn_3(PO_4)_2$, ale v porovnání s výsledky pigmentovaných filmů vykazovaly srovnávací nátěry průměrnou odolnost proti korozi.

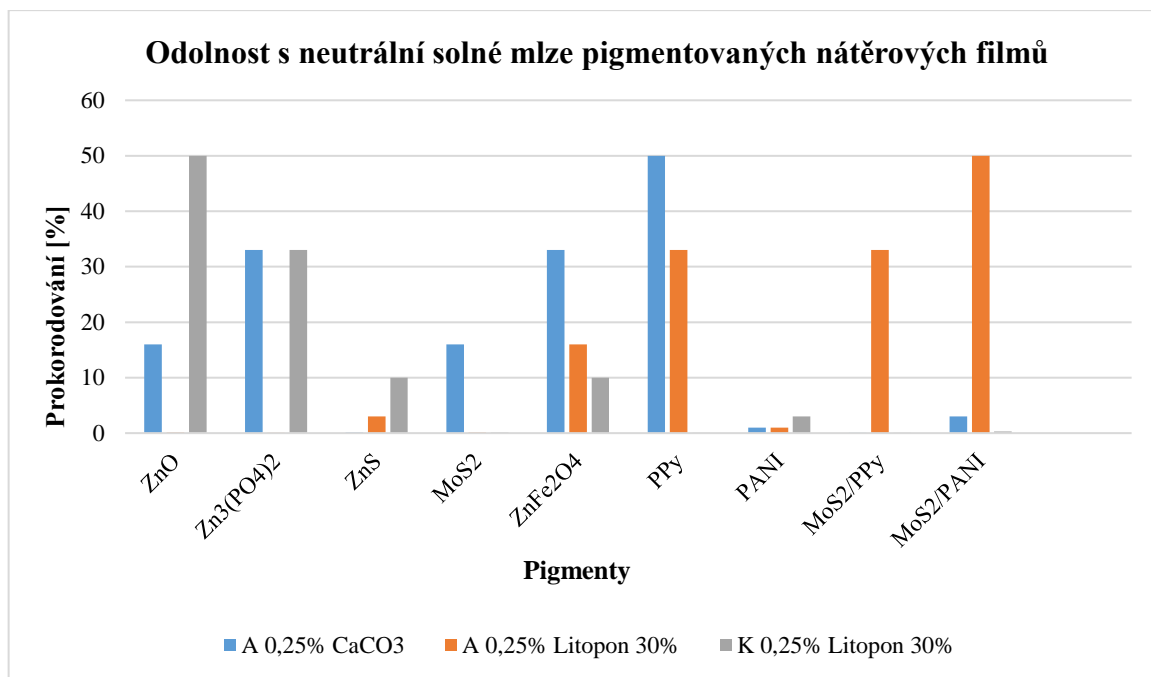
Po odstranění nátěrového filmu bylo nejmenší podkorodování zaznamenáno u zalkalizovaného 0,25% latexu s plnivem $CaCO_3$. Nejlepší výsledky v podkorodování byly vyhodnoceny u pigmentů ZnS, PPy a MoS_2/PPy na bázi latexu K 0,25% s plnivem Litopon 30% a dále u pigmentů ZnO, ZnS a PANI s latexem A 0,25% a plnivem $CaCO_3$. Nejnižší stupeň podkorodování u srovnávacích latexů byl zaznamenán u A 0% latexu s plnivem Litopon 30%, u kterého bylo podkorodování srovnatelné s nejlepšími výsledky u pigmentovaných filmů.

6.3.2.4. Hodnocení odolnosti v neutrální solné mlze

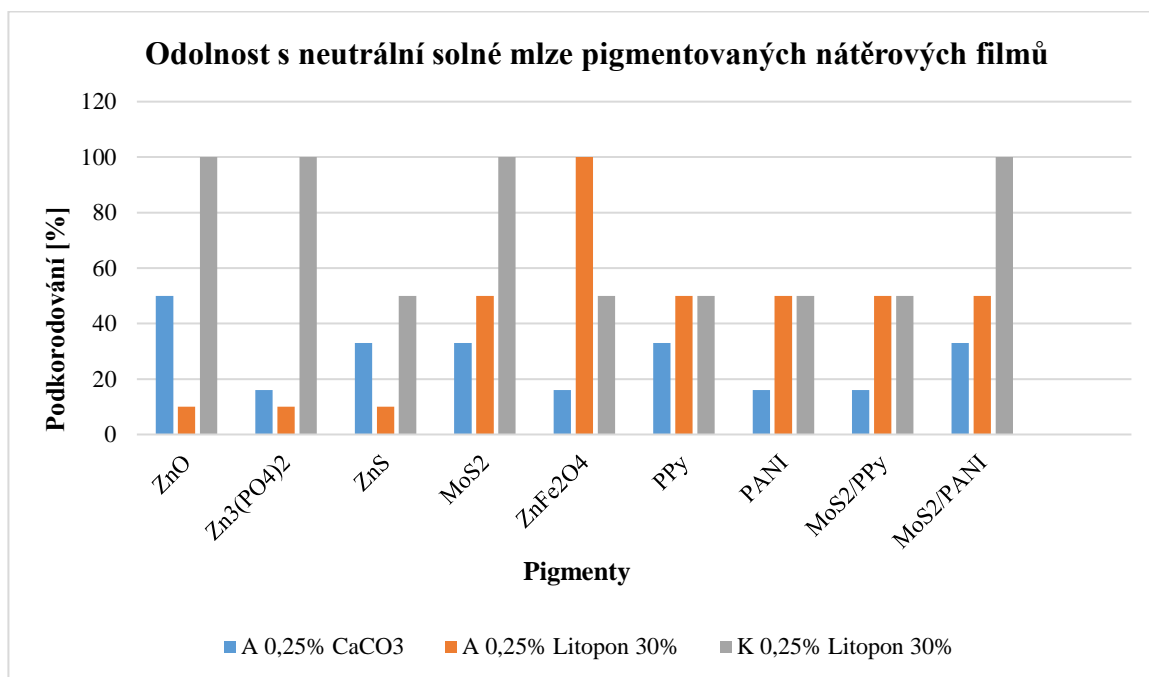
Odolnost v neutrální solné mlze byla vyhodnocena po expozici 480 hodin. Vyhodnocení bylo provedeno u nátěrových filmů s tloušťkou suchého filmu $100 \pm 20 \mu m$. U připravených nátěrů bylo hodnoceno prokorodování, dále puchýře v ploše i v okolí řezu a koroze v řezu (viz. *Tabulky 162 a 163*).

Nejlepší hodnoty prokorodování byly zaznamenány u latexu na bázi K 0,25% s plnivem Litopon 30% (viz. *Obrázek 52*). Vizuálně nejlepší nátěrový film tvořil pigment MoS_2/PPy s latexem A 0,25% a plnivem $CaCO_3$, dále pigment $Zn_3(PO_4)_2$ v kombinaci s A 0,25% latexem plnivem Litopon 30% a pigmenty PPy a MoS_2/PPy na bázi latexu K 0,25% s plnivem Litopon 30%. Ze srovnávacích nátěrů nejvyšší odolnost v neutrální solné mlze vykazovala vodná disperze Axilat s plnivem Litopon 30% a pigmentem $Zn_3(PO_4)_2$, ale v porovnání s výsledky pigmentovaných nátěrů byla odolnost srovnávacích nátěrových filmů průměrná.

Nejnižší stupeň podkorodování vykazovaly nátěrové filmy s A 0,25% latexem a plnivem $CaCO_3$ (viz. *Obrázek 53*). Nejmenší hodnoty podkorodování byly zaznamenány u nátěrových filmů s pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$, $ZnFe_2O_4$, PANI a MoS_2/PPy v kombinaci s A 0,25% latexem a plnivem $CaCO_3$ a dále pigmenty ZnO, $Zn_3(PO_4)_2$ a ZnS na bázi latexu A 0,25% s plnivem Litopon 30%. Srovnatelné podkorodování bylo pozorováno i u srovnávacích nátěrových filmů na bázi A 0% latexu s plnivem Litopon 30% bez obsahu pigmentu a s pigmentem PPy při OKP 0,25 % a OKP 0,5 %,



Obrázek 52. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v neutrální solné mlze.



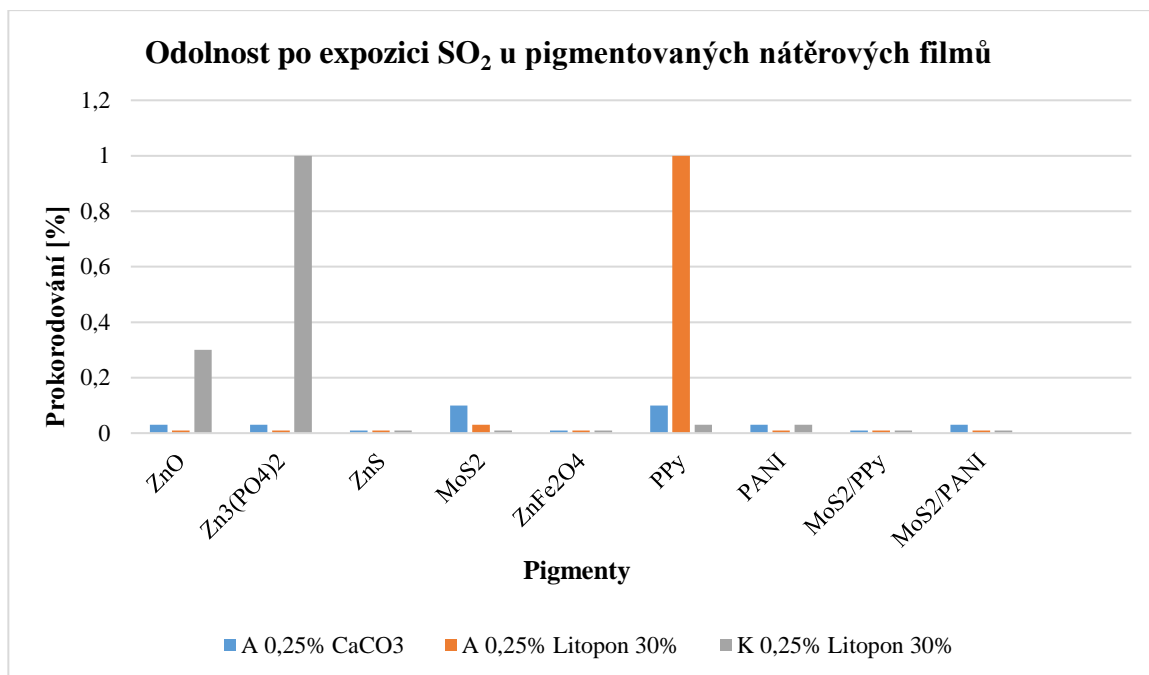
Obrázek 53. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v neutrální solné mlze po sundání nátěru.

6.3.2.5. *Hodnocení odolnosti proti stárnutí působením SO₂ při zvýšené vlhkosti*

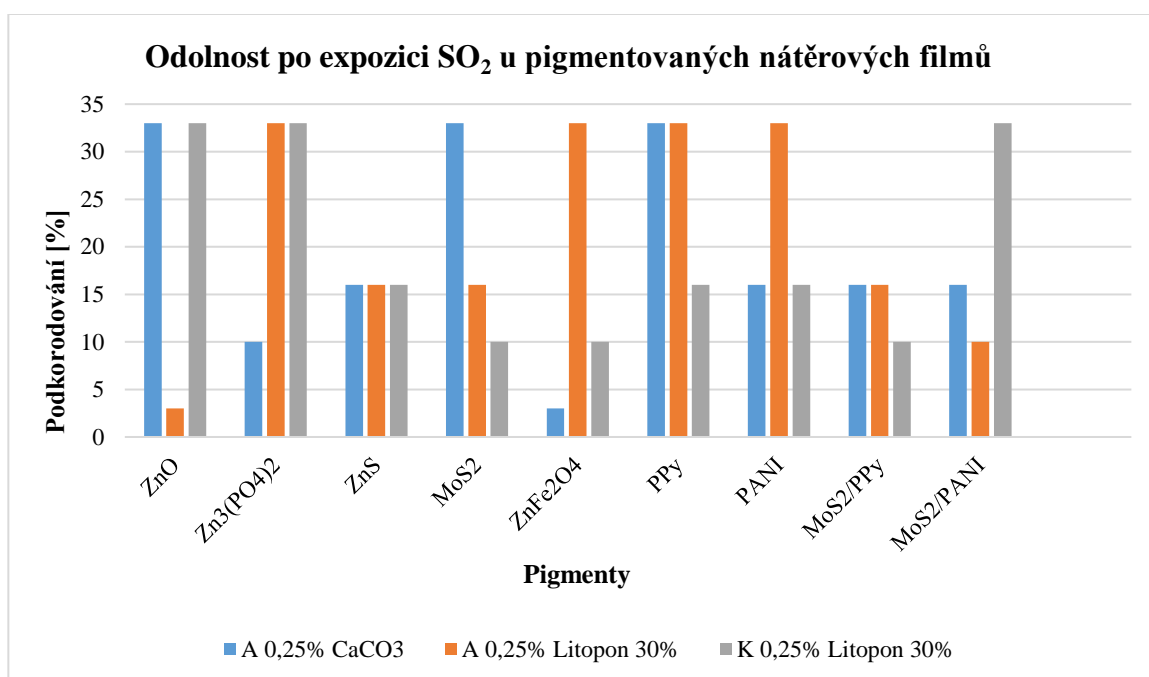
Vyhodnocení odolnosti proti stárnutí při zvýšené teplotě a působení SO₂ bylo provedeno po expozici 240 hodin. Byly testovány nátěrové filmy s tloušťkou suchého filmu 100±20 µm. Hodnoceno bylo prokorodování, puchýře v ploše i v okolí řezu a koroze v řezu (viz. *Tabulky 166 a 167*). Po vyhodnocení byly nátěrové filmy sejmuty a bylo vyhodnoceno prokorodování a koroze v řezu (viz. *Tabulky 168 a 169*).

Nejlepší výsledky odolnosti po expozici SO₂ byly zaznamenány u nátěrových filmů na bázi A 0,25% latexu s plnivem CaCO₃. Nejvyšší hodnota prokorodování bylo 1 % a tato hodnota byla zaznamenána u nátěrového filmu s pigmentem PPy v kombinaci s A 0,25% latexem a plnivem CaCO₃ a dále u pigmentu ZnFe₂O₄ na bázi latexu A 0,25% s plnivem Litopon 30%. Prokorodování u srovnávacích nátěrových filmů bylo v porovnání s pigmentovanými nátěry o něco horší.

Hodnoty podkorodování po sejmutí pigmentovaných nátěrů byly o něco vyšší než hodnoty prokorodování, ale nebylo zaznamenáno podkorodování vyšší než 33 % (viz. *Obrázek 33*). Pouze u srovnávací vodné disperze Axilat s plnivem Litopon 30% a pigmentem Zn₃(PO₄)₂ bylo zaznamenáno podkorodování 50 %. Nejnižší hodnota podkorodování byla zaznamenána u nátěrového filmu s pigmentem ZnFe₂O₄ na bázi latexu A 0,25% s plnivem CaCO₃ a dále s pigmentem ZnO v kombinaci s A 0,25% latexem a plnivem Litopon 30%.



Obrázek 54. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 240 hodin působením SO₂.



Obrázek 55. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 240 hodin působením SO₂ po sundání nátěru.

7. POZNATKY A PŘÍNOSY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Přínosem této diplomové práce je zavedení nového laboratorního postupu výroby stabilního latexu obsahujícího PPy částice. Tento postup využívá strategii tzv. „one-pot“ syntézy, kdy při použití konvenčního emulgátoru a iniciátoru radikálové emulzní polymerace docházelo nejen k polymeraci akrylátových monomerů, ale zároveň k oxidační polymeraci pyrrolu za vzniku akrylátového kopolymeru a mírně deprotonovaného PPy. Takto byly připraveny polyakrylátové latexy s rozdílným obsahem inkudovaných PPy částic (teoretický obsah PPy vzhledem k akrylátovému polymeru 0%, 0,25%, 0,5% a 0,75% hm. %), přičemž se ukázalo, že receptury zavádějící do latexu vyšší obsah PPy (0,5 a 0,75 hm. %) vedly ke snížené konverzi emulzní polymerace a zároveň snížené stabilitě latexů.

Dále bylo zjištěno, že příznivé lakařské vlastnosti a antikorozi účinnost vykazují latexy s 0,25% obsahem inkudovaných PPy částic. Při vyšším obsahu PPy v latexu (0,5 % a 0,75 %) byly zaznamenány zhoršené filmtvorné vlastnosti a rovněž snížená chemická i antikorozi odolnost nátěrových filmů.

Dalším poznatkem plynoucím z této práce je nalezení vhodných pigmentů, z nichž lze v kombinaci s latexem obsahujícím 0,25 hm. % inkudovaných PPy částic (vzhledem k polymernímu podílu) vytvořit účinnou antikorozi nátěrovou hmotu. Jako vhodné pigmenty byly shledány zejména ZnO, MoS₂ a ZnS.

Dále bylo zjištěno, že s využitím latexu s 0,25% obsahem inkudovaných PPy částic jako pojiva v nátěrových hmotách s OKP 0,5 % pigmentu ZnO, popř. Zn₃(PO₄)₂ nebo MoS₂ povrchově upraveného vodivým PPy a OKP 9,5 % plniva CaCO₃, lze připravit nátěrové filmy, které svým antikorozi ochranným účinkem převyšují srovnávací nátěrové hmoty na bázi komerční vodné disperze Axilat 2431 pigmentované vodivým PPy.

8. ZÁVĚR

Hlavním tématem této práce byla syntéza a testování akrylátových latexů s obsahem inkludovaných PPy částic.

Emulzní polymerací byly připraveny polyakrylátové latexy s 0%, 0,25%, 0,5% a 0,75% obsahem inkludovaných PPy částic (hmotností koncentrace vzhledem k polymernímu podílu). Ukázalo se, stupeň konverze emulzní polymerace se se zvyšujícím obsahem PPy v latexu snižoval. Také bylo zjištěno, že latexy s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic vykazovaly dostatečně vysoký zeta potenciál, který je typický pro stabilní koloidní systémy, zatímco latexy s vyšším obsahem PPy jevíly na základě stanovení zeta potenciálu i zkoušek urychleného stárnutí sklony ke koagulaci. Pomocí FTIR bylo zjištěno, že PPy se v připravených latexech vyskytuje v mírně deprotonované (tzn. vodivé) formě.

Polovina od každého připraveného latexu byla zalkalizována vodným roztokem amoniaku a připravené latexy byly testovány v kyselé i alkalické formě. Z těchto základních latexů byly zhotoveny nátěrové filmy, u kterých byla zaznamenána dobrá mechanická odolnost. Pomocí lineární polarizace byla hodnocena antikoroziční účinnost nepigmentovaných nátěrů na ocelovém podkladu a výsledky měření ukázaly, že nejlepší antikoroziční účinnost vykazují kyselé i alkalické latexy s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic, zatímco latexy s vyšším obsahem inkludovaného PPy jevíly výrazně nižší korozní ochranu oceli.

Základní latexy s různým obsahem inkludovaných PPy částic byly také testovány v kombinaci s pigmenty různého chemického složení – ZnO, ZnS, MoS₂, ZnFe₂O₄, ZnS + BaSO₄ (Litopon 30%), CaCO₃ (Omyacarb – 2VA), Zn₃(PO₄)₂ a TiO₂. Z pigmentovaných latexů (obsah jednotlivých pigmentů 8 hm. %) byly připraveny nátěrové filmy, u kterých byla sledována fyzikálně-mechanická, chemická a antikoroziční odolnost. Bylo zjištěno, že připravené nátěrové filmy vykazovaly dobrou mechanickou odolnost. Vysoká chemická odolnost byla zaznamenána při použití pigmentů ZnO a Zn₃(PO₄)₂. Nejvyšší antikoroziční účinnost nátěrů byla zaznamenána u alkalické formy latexu s 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic v kombinaci s pigmentem ZnO. Vysokou antikoroziční ochranu poskytovaly také nátěry na bázi latexů s 0% a 0,25% obsahem inkludovaných PPy částic pigmentované CaCO₃ a ZnS. I v případě využití pigmentů různého chemického složení se potvrdilo, že latexy s 0,5% a 0,75% obsahem inkludovaného PPy poskytovaly nátěry s výrazně nižší korozní ochranou oceli.

Na základě získaných poznatků byl pro výsledné formulace nátěrových hmot vybrán latex obsahující 0,25 % inkludovaných PPy částic, který vykazoval nejlepší vlastnosti v kombinaci s testovanými pigmenty. Tento latex v kyselé (bez dodatečné úpravy) i alkalické formě (alkalizace latexu byla provedena pomocí amoniaku) byl posléze testován s devíti různými pigmenty (ZnO, $Zn_3(PO_4)_2$, ZnS, MoS_2 , $ZnFe_2O_4$, MoS_2/PPy , $MoS_2/PANI$, PPy a PANI) a dvěma zvolenými plnivy (Omyacarb – 2VA ($CaCO_3$) a Litopon 30% (ZnS + $BaSO_4$)). Byla připravena nátěrová hmota sestávající z vybraného latexového pojiva, zvoleného pigmentu s OKP 0,5 % a plniva s OKP 10 %. Bylo zjištěno, že všechny formulace poskytovaly nátěrové filmy s dobrou mechanickou odolností. Pomocí lineární polarizace se ukázalo, že nejlepší antikoroziční účinnost vykazovaly nátěrové filmy na bázi zvoleného latexu v kyselé i alkalické formě s pigmenty ZnO a MoS_2/PPy a plnivem Litopon 30% a dále nátěry tvořené latexem v alkalické formě s pigmentem $Zn_3(PO_4)_2$ v kombinaci s plnivem $CaCO_3$. Ze zkoušek korozní odolnosti při cyklickém namáhání bylo zjištěno, že příznivou antikoroziční účinnost vykazovaly nátěrové filmy obsahující pigmenty ZnS, MoS_2 , PANI, MoS_2/PPy a $MoS_2/PANI$.

Na základě výše uvedených konstatování lze uvést, že akrylátový latex obsahující 0,25 hm. % PPy částic (vztaženo na sušinu latexu), inkludovaných během syntézy emulzního polymeru, lze úspěšně využít jako pojivo nových vodou ředitelných pigmentovaných nátěrových hmot pro účinnou antikoroziční ochranu kovových materiálů, přičemž pro vysokou korozní odolnost je vhodné jako pigment použít ZnS nebo MoS_2 a jako výhodné plnivo se jeví $CaCO_3$.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SAUNDERS, K. J. *Organic Polymer Chemistry: An Introduction to the Organic Chemistry of Adhesives, Fibres, Paints, Plastics and Rubbers. Acrylic Polymers*. 2nd ed. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988. s. 125-148. ISBN 978-94-009-1195-6.
- [2] DUCHÁČEK, V. *Polymer – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. s. 84. ISBN 80-7080-617-6.
- [3] RICHTERING, W. Polymer Coatings (Paints): Water-based. In: BUSCHOW, K. H. J., CAHN, R. W., FLEMINGS, M. C., ILSCHNER, B., KRAMER, E. J., MAHAJAN, S. *Encyclopedia of Materials Science and Technology*. Elsevier, 2001, 1 (11), s. 7231-7233. ISBN 978-0-08-043152-9.
- [4] TROJAN, M., KALENDA, P. a ŠOLC, Z. *Technologie anorganických pigmentů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 1991. ISBN 80-85113-39-2.
- [5] ŠŇUPÁREK, J. *Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů*. 3. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [6] ŠULCOVÁ, P. *Vlastnosti anorganických pigmentů a metody jejich hodnocení*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000, s. 76-77. ISBN 80-7194-305-3.
- [7] MLEZIVA, J. a ŠŇUPÁREK, J. *Polymer – výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. vyd. Praha: Sobotáles, 2000. s. 130-139. ISBN 80-85920-72-7.
- [8] RANDALL, D. Recent advances in coalescing solvents for waterborne coatings. In: WYPYCH, G. *Handbook of Solvents – Use, Health, and Environment*. 2nd ed. ChemTec Publishing, 2014, 2, s. 153-154. ISBN 978-1-895198-65-2.
- [9] WICKS, Zeno W, JONES, Frank J. Coatings. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* [online]. 2013, 86 [cit. 22. 4. 2019]. ISBN 9780471238966. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/0471238961.0315012023090311.a01.pub3>.
- [10] MLEZIVA, J. a KÁLAL, J. *Základy makromolekulární chemie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986. s. 176-182.
- [11] MOAD, G. A SOLOMON, D. H. *The chemistry of radical polymerization* [online]. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2006. s. 11-15. [cit. 20. 4. 2019]. ISBN 0-08-044288-9. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/0471220450>
- [12] CHERN, C. S. Emulsion polymerization mechanisms and kinetics. *Prog. Polym. Sci.* **2006**, 31, s. 443-486.
- [13] UGELSTAD, J. a HANSEN, F. K. Kinetics and mechanism of emulsion polymerization. *Rubber Chem. Technol.* **1976**, 49, s. 536-608.

- [14] *The Merck Index. An Encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 12th ed. CRC Press, 1996, s. 8198-8199. ISBN: 978-0911910124.
- [15] BALINT, R., CASSIDY, N. J., CARTMELL, S. H. Conductive polymers: Towards a smart biomaterial for tissue engineering. *Acta biomaterialia*. **2014**, *10* (6), s. 2341-2353.
- [16] 1H-Pyrrole. *The Merck Index* online* [online]. Whitehouse Station (New Jersey): Royal Society of Chemistry, ©2019. Last Revised 2013 [cit 17. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.rsc.org/Merck-Index/monograph/m9398/pyrrole?q=authorize>.
- [17] DAIKIN INDUSTRIES, LTD. Method for production of heteroaromatic ring compound having N-Rf group. Inventors: Yuzo Komatsu, Haruhiko Mohri a Hirokazu Aoyama. EP1975157 A1. 1. 10. 2008.
- [18] RICHARDSON, M.L. a GANGOLLI, S. *The Dictionary of Substances and their Effects*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1994. s. 936-937. ISBN 0-85186-330-2.
- [19] SAVILLE, P. Polypyrrol: Formation and Use. *DRDC Atlantic*. **2005**, s. 1-25.
- [20] FLANDIN, L., BIDAN, G., BRECHET, Y. a CAVAILLE, J. Y. New Nanocomposite Materials Made of an Insulating Matrix and Conducting Fillers: Processing and Properties. *Polymer Composites*, **2000**, *21* (2), s. 165-173.
- [21] GENIES, E. M. a BIDAN, G. Spectroelectrochemical study of polypyrrole films. *J. Electroanal. Chem.* **1983**, *149*, s. 101-113.
- [22] DIAZ, A. F., CASTILLO, J. I., LOGAN, J. A. a LEE W. Y. Electrochemistry of conducting polypyrrole films. *J. Electroanal. Chem.* **1981**, *129*, s. 115-132.
- [23] BLINOVA, N. V.; STEJSKAL, J.; TRCHOVÁ, M.; PROKEŠ, J.; OMASTOVÁ, M.: *Polyaniline and polypyrrole: A comparative study of the preparation* European Polymer Journal *43*, 2007, s. 2331–2341.
- [24] PROKEŠ, J.; NEŠPŮREK, S.; OMASTOVÁ, M.: *Polyanilin a polypyrrol – dva představitelé vodivých polymerů*. Chemické listy. 2001, s. 484-492.
- [25] STREET, G. B., CLARKE, T. C., KROUNBI, M., KANAZAWA, K., LEE, V., PFLUGER, P., SCOTT, J. C. a WEISER, G. Preparation and characterization of neutral and oxidized polypyrrole films. *Mol. Cryst. Lig. Cryst.* **1982**, *83*, s. 260.
- [26] BARKADE, S. S., PINJARI, D. V., SINGH, A. K., GOGATE, P. R., NAIK, J. B., SONAWANE, S. H., ASHOKKUMAR, M. a PANDIT, A. Ultrasound Assisted Miniemulsion Polymerization for Preparation of Polypyrrole–Zinc Oxide (PPy/ZnO) Functional Latex for Liquefied Petroleum Gas Sensing. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2013**, *52*, s. 7704–7712.

- [27] PROKEŠ, J., STEJSKAL, J. a OMASTOVÁ, M. Polyanilin a polypyrrol – dva představitelé vodivých polymerů. *Chem. Listy*. **2001**, *95*, s. 484-492.
- [28] AWUZIE, C. I. Conducting Polymers. *Materials Today: Proceedings*. **2017**, *4*, s. 5721–5726.
- [29] BRONCOVÁ, G., SHISHKANOVA, T. V., KRONĎÁK, M., VOLF, R. a KRÁL, V. Potenciometrické senzory založené na vodivých polymerech: příprava, mechanismus odezvy a aplikace. *Chem. Listy*. **2009**, *103*, s. 795-799.
- [30] MACDIARMID, A. G. Polyaniline and polypyrrole: where are we headed? *Synthetic Metals*. **1997**, *84*, s. 27-34.
- [31] WANG, H. L., TOPPARE, L. a FERNANDEZ, J. Conducting Polymer Blends: Polythiophene and Polypyrrole Blends with Polystyrene and Poly(bisphenol A carbonate). *Macromolecules*, **1990**, *23* (4), s. 1053-1059.
- [32] AHMAD, Z. *Principles of corrosion engineering and corrosion control* [online]. 1st ed. Amsterdam: Elsevier, 2006. s 1-3. [cit 21. 4. 2019]. ISBN 978-0-7506-5924-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-5924-6.X5000-4>
- [33] REVIE, R. W. a UHLIG, H. H. *Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering*. 4th ed. New Jersey: Wiley, 2008, s. 1-2 [cit 21. 4. 2019]. ISBN 978-0-4702-7727-0.
- [34] KALEDOVÁ, A. Technologie nátěrových hmot I. Pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-576-5.
- [35] NOVÁK, P. Druhy koroze kovů. *Koroze a ochrana materiálu*. **2005**, *49* (4), s. 75-82.
- [36] CICEK, V. Corrosion in Engineering Materials. *Corrosion Engineering and Cathodic Protection Handbook: With Extensive Question and Answer Section*. Wiley, 2017, s. 39-40. ISBN:9781119283751.
- [37] ZHAO, Y. a JIN, W. Steel Corrosion in Concrete. *Steel Corrosion-Induced Concrete C*
- [38] STEJSKAL, J., TRCHOVÁ, M., MORÁVKOVÁ, Z., BOBER, P., KOPECKÝ, D., KOPECKÁ, J., WATZLOVÁ, E., VARGA, M. a PROKEŠ, J. *Polypyrrole salts and bases: superior conductivity of nanotubes and their stability towards the loss of conductivity by deprotonation*, RSC Advances, 2016, *6*, s. 88382–391.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Chemické vzorce kyseliny akrylové, methakrylové a jejich esterů. ^[1]	16
Obrázek 2. Schéma vzniku filmů akrylátových latexů; Převzato a upraveno z [8].	19
Obrázek 3. Schéma mechanismu micelární nukleace částic; Převzato a upraveno z [12].	22
Obrázek 4. Schéma mechanismu homogenní nukleace; Převzato a upraveno z [12].	23
Obrázek 5. Chemický vzorec polypyrrolu. ^[14]	25
Obrázek 6. Vazby v polypyrrolu. ^[15]	25
Obrázek 7. Chemická struktura polypyrrolu v neutrálním stavu. ^[19]	26
Obrázek 8. Chemická struktura polypyrrolu v oxidovaném stavu. ^[19]	27
Obrázek 9. Přehled nejběžnějších vodivých polymerů. ^[27]	29
Obrázek 10. Mechanismus elektrochemické koroze železných materiálů; Převzato a upraveno z [37].	32
Obrázek 11. Aparatura pro přípravu akrylátového latexu s polypyrrolem.....	45
Obrázek 12. Hodnocení puchýřů dle ASTM D714.	70
Obrázek 13. Stupnice korozních projevů dle normy ASTM D 610-85.....	72
Obrázek 14. FTIR spektra modelového vzorku PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy, emulgátoru Disponil FES 993, PPy soli a deprotonovaného PPy.	74
Obrázek 15. Ramanova spektra modelového vzorku PPy připraveného strategií “one-pot“ syntézy, referenčního vodivého PPy soli a referenčního deprotonovaného PPy.....	75
Obrázek 16. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0%.....	76
Obrázek 17. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,25%.76	
Obrázek 18. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,5%...77	
Obrázek 19. Zobrazení topografie povrchu lomu nátěrového filmu na bázi latexu K 0,75%.77	
Obrázek 20. Vyhodnocení lesku nepigmentovaných nátěrových hmot při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.	182
Obrázek 21. Vyhodnocení povrchové tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Persoze.	183
Obrázek 22. Vyhodnocení povrchové tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů v čase	184
Obrázek 23. Vzorky latexů 1. A 0,5%.....	184
Obrázek 24. Vzorky latexů 1. A 0,25%.....	185
Obrázek 25. Vzorky latexů 1. A 0% a 2. K 0,25% po testování zkouškou úderem při hodnotě > 60 cm.	185
Obrázek 26. Chemická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí.	186
Obrázek 27. Stupeň podkorodování nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí.	187
Obrázek 28. Tvorba osmotických puchýřů u nátěrových filmů. 1. A 0%, 2. A 0,25%, 3. A 0,5% a 4. A 0,75%.	188
Obrázek 29. Vyhodnocení lesku nátěrových filmů s pigmentem Zn ₃ (PO ₄) ₂ při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.	191
Obrázek 30. Vyhodnocení lesku nátěrových filmů s pigmentem TiO ₂ při geometrii 60° v závislosti na době zrání nátěrového filmu.	191
Obrázek 31. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných.....	193

Obrázek 32. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných alkalických latexů.	193
Obrázek 33. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných.....	194
Obrázek 34. Srovnání výsledné povrchové tvrdosti nátěrových filmů pigmentovaných alkalických latexů.	194
Obrázek 35. Vzorky 1. A 0,25% + MoS ₂ a 2. A 0,25% + Zn ₃ (PO ₄) ₂ po testování mřížovou zkouškou.	195
Obrázek 36. Vzorky 1. A 0,25% + Zn ₃ (PO ₄) ₂ a 2. A 0,25% + ZnFe ₂ O ₄ po testování zkouškou úderem při hodnotě < 50 cm.	195
Obrázek 37. Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů K 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.	196
Obrázek 38. Chemická odolnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů A 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.	197
Obrázek 39. Stupeň podkorodování ocelového podkladu pod pigmentovanými nátěrovými filmy na bázi latexu K 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.	198
Obrázek 40. Stupeň podkorodování ocelového podkladu pod pigmentovanými nátěrovými filmy na bázi latexu A 0,25% v závislosti na pH korozního prostředí.	198
Obrázek 41. Srovnání výsledné odolnosti nátěrových filmů vůči MEK pigmentovaných ...	199
Obrázek 42. Srovnání výsledné odolnosti nátěrových filmů vůči MEK pigmentovaných alkalických latexů.	200
Obrázek 43. Tvorba osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentových latexů: 1. A 0,5% + ZnFe ₂ O ₄ a 2.K 0% + TiO ₂	200
Obrázek 44. Vyhodnocení lesku při geometrii 60° u pigmentovaných nátěrových filmů s OKP 0,5 % pigmentu po 30 dnech zrání nátěrového filmu.	203
Obrázek 45. Vyhodnocení lesku při úhlu 60° u srovnávacích nátěrových filmů při úhlu 60° po 30 dnech zrání nátěrového filmu.	203
Obrázek 46. Vyhodnocení povrchové tvrdosti dle Persoze u pigmentovaných nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.	204
Obrázek 47. Vyhodnocení povrchové tvrdosti dle Persoze u srovnávacích nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.	205
Obrázek 48. Mechanická odolnost nátěrového filmu na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5 % ZnFe ₂ O ₄ a OKP 10 % Litopon 30%.	206
Obrázek 49. Mechanická odolnost u srovnávacího nátěrového filmu na bázi disperze Axilat 2431 s OKP 0,5%Zn ₃ (PO ₄) ₂ a OKP 10% Litopon 30%.	206
Obrázek 50. Vyhodnocení MEK odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.	207
Obrázek 51. Vyhodnocení MEK odolnosti srovnávacích nátěrových filmů po 30 dnech vysychání nátěru.	207
Obrázek 52. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v neutrální solné mlze.	210
Obrázek 53. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v neutrální solné mlze po sundání nátěru.	210
Obrázek 54. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 240 hodin působením SO ₂	212
Obrázek 55. Vyhodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 240 hodin působením SO ₂ po sundání nátěru.	212

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Složení polymeračního systému pro syntézu latexu bez obsahu PPy.	44
Tabulka 2. Použité monomery a jejich poměr při syntéze latexu bez obsahu PPy.	45
Tabulka 3. Složení polymeračního systému pro syntézu latexu s obsahem PPy 0,25 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).	46
Tabulka 4. Složení polymeračního systému s obsahem PPy 0,5 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).	47
Tabulka 5. Složení polymeračního systému s obsahem PPy 0,75 hm.% (vztaženo na polymerní podíl).	47
Tabulka 6. Použité monomery a jejich poměr při syntéze latexů s obsahem PPy 0,25 %; 0,5 % a 0,75 hm. % (vztaženo na polymerní podíl).	47
Tabulka 7. Formulace nátěrových hmot pro přípravu nátěrových hmot s OKP pigmentu 0,5 % a OKP plniva 10 % s použitím CaCO ₃ jako plniva.	50
Tabulka 8. Formulace nátěrových hmot pro přípravu nátěrových hmot s OKP pigmentu 0,5 % a OKP plniva 10 % s použitím Litoponu 30 % jako plniva.	51
Tabulka 9. Formulace srovnávacích nátěrových hmot s různým OKP pigmentu a OKP plniva 10 %.	52
Tabulka 10. Složení polymeračního systému pro syntézu vzorku PPy pro spektroskopickou analýzu.	56
Tabulka 11. Vyhodnocení vzhledu nátěru na skleněném panelu.	61
Tabulka 12. Vyhodnocení poškození nátěru u mřížkové zkoušky.	64
Tabulka 13. Změny vzhledu nátěrového filmu.	66
Tabulka 14. Vyhodnocení stupně odolnosti nátěrového filmu vůči MEK.	67
Tabulka 15. Základní vlastnosti latexů v kyselé formě v závislosti na obsahu PPy.	73
Tabulka 16. Základní vlastnosti latexů v alkalické formě v závislosti na obsahu PPy.	74
Tabulka 17. Výsledky EDX analýzy.	75
Tabulka 18. Výsledky stanovení velikosti částic (d) a zeta potenciálu (ZP) u latexů po 4 měsících stání při laboratorní teplotě.	78
Tabulka 19. Hodnocení stability latexů vystavených působení teploty 40 °C.	78
Tabulka 20. Hodnocení stability latexů vystavených působení teploty 60 °C.	79
Tabulka 21. Stanovení odolnosti kyselých latexů vůči elektrolytům.	80
Tabulka 22. Stanovení odolnosti alkalických latexů vůči elektrolytům.	81
Tabulka 23. Stanovení pěnivosti latexů bez odpěňovače.	82
Tabulka 24. Stanovení pěnivosti alkalizovaných latexů při použití odpěňovače.	82
Tabulka 25. Vzhled nepigmentovaných nátěrových filmů na skleněných panelech.	83
Tabulka 26. Změny lesku nepigmentovaných nátěrových filmů v čase.	83
Tabulka 27. Tloušťka nepigmentovaných nátěrových filmů.	84
Tabulka 28. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhů nepigmentovaných nátěrových filmů.	85
Tabulka 29. Povrchová tvrdost nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Persoze.	86
Tabulka 30. Odolnost proti vtisku nepigmentovaných nátěrových filmů v čase dle Buchholze.	86
Tabulka 31. Mechanické vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.	87
Tabulka 32. Chemická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů.	88

Tabulka 33. Stupeň podkorodování ocelového podkladu u nátěrových filmů v závislosti na pH.....	89
Tabulka 34. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK.	89
Tabulka 35. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů proti tvorbě osmotických puchýřů.	90
Tabulka 36. Antikorozní účinnost nepigmentovaných nátěrových filmů pomocí lineární polarizace.	91
Tabulka 37. Hodnocení stability pigmentovaných latexů vystavených působení teploty 50 ° C po dobu 1 měsíce.	92
Tabulka 38. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů s TiO ₂	93
Tabulka 39. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO ₃	94
Tabulka 40. Vzhled pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO.	94
Tabulka 41. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se Zn ₃ (PO ₄) ₂	95
Tabulka 42. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se ZnS.	95
Tabulka 43. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů s MoS ₂	96
Tabulka 44. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů se ZnFe ₂ O ₄	96
Tabulka 45. Vzhled nátěrových pigmentovaných filmů s Litoponem 30%.	97
Tabulka 46. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s TiO ₂ v čase.	97
Tabulka 47. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO ₃ v čase.	98
Tabulka 48. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO v čase.	98
Tabulka 49. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se Zn ₃ (PO ₄) ₂ v čase.	99
Tabulka 50. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS v čase.	99
Tabulka 51. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s MoS ₂ v čase.	100
Tabulka 52. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů se ZnFe ₂ O ₄ v čase.	100
Tabulka 53. Vývoj lesku pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30% v čase.	101
Tabulka 54. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s TiO ₂	101
Tabulka 55. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO ₃	102
Tabulka 56. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO.	102
Tabulka 57. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se Zn ₃ (PO ₄) ₂	103
Tabulka 58. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS.	103
Tabulka 59. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s MoS ₂	104
Tabulka 60. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů se ZnFe ₂ O ₄	104
Tabulka 61. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30%.	105
Tabulka 62. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhů pigmentovaných nátěrových filmů s pigmentem Litopon 30%.	106
Tabulka 63. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s TiO ₂ v čase dle Persoze.	107
Tabulka 64. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s CaCO ₃ v čase dle Persoze.	107
Tabulka 65. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se ZnO v čase dle Persoze.	108
Tabulka 66. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se Zn ₃ (PO ₄) ₂ v čase dle Persoze.	108
Tabulka 67. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se ZnS v čase dle Persoze.	109
Tabulka 68. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s MoS ₂ v čase dle Persoze.	109

Tabulka 69. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů se $ZnFe_2O_4$ v čase dle Persoze.	110
Tabulka 70. Povrchová tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů s Litoponem 30% v čase dle Persoze.	110
Tabulka 71. Odolnost nátěrových filmů s TiO_2 dle Buchholze.	111
Tabulka 72. Odolnost nátěrových filmů s $CaCO_3$ dle Buchholze.	111
Tabulka 73. Odolnost nátěrových filmů se ZnO dle Buchholze.	111
Tabulka 74. Odolnost nátěrových filmů se $Zn_3(PO_4)_2$ dle Buchholze.	112
Tabulka 75. Odolnost nátěrových filmů se ZnS dle Buchholze.	112
Tabulka 76. Odolnost nátěrových filmů s MoS_2 dle Buchholze.	112
Tabulka 77. Odolnost nátěrových filmů se $ZnFe_2O_4$ dle Buchholze.	113
Tabulka 78. Odolnost nátěrových filmů s Litoponem 30% dle Buchholze.	113
Tabulka 79. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % TiO_2	114
Tabulka 80. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % $CaCO_3$	114
Tabulka 81. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % ZnO	115
Tabulka 82. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % $Zn_3(PO_4)_2$	115
Tabulka 83. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % ZnS	116
Tabulka 84. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % MoS_2	116
Tabulka 85. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % $ZnFe_2O_4$	117
Tabulka 86. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 8 hm. % Litoponu 30%.	117
Tabulka 87. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % $CaCO_3$	118
Tabulka 88. Mechanické vlastnosti nátěrových filmů na bázi pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % $CaCO_3$	118
Tabulka 89. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % TiO_2 v závislosti na pH korozního prostředí.	119
Tabulka 90. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $CaCO_3$ v závislosti na pH korozního prostředí.	120
Tabulka 91. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnO v závislosti na pH korozního prostředí.	120
Tabulka 92. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $Zn_3(PO_4)_2$ v závislosti na pH korozního prostředí.	121
Tabulka 93. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnS v závislosti na pH korozního prostředí.	121
Tabulka 94. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % MoS_2 v závislosti na pH korozního prostředí.	122
Tabulka 95. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $ZnFe_2O_4$ v závislosti na pH korozního prostředí.	122

Tabulka 96. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% v závislosti na pH korozního prostředí.	123
Tabulka 97. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO ₃ v závislosti na pH korozního prostředí.	123
Tabulka 98. Chemická odolnost nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO ₃ v závislosti na pH korozního prostředí.	124
Tabulka 99. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % TiO ₂ v závislosti na pH korozního prostředí.	124
Tabulka 100. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % CaCO ₃ v závislosti na pH korozního prostředí.	125
Tabulka 101. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnO v závislosti na pH korozního prostředí.	125
Tabulka 102. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % Zn ₃ (PO ₄) ₂ v závislosti na pH korozního prostředí.	126
Tabulka 103. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnS v závislosti na pH korozního prostředí.	126
Tabulka 104. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % MoS ₂ v závislosti na pH korozního prostředí.	127
Tabulka 105. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % ZnFe ₂ O ₄ v závislosti na pH korozního prostředí.	127
Tabulka 106. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% v závislosti na pH korozního prostředí.	128
Tabulka 107. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO ₃ v závislosti na pH korozního prostředí.	128
Tabulka 108. Stupeň koroze ocelového podkladu chráněného nátěrovými filmy připravenými z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO ₃ v závislosti na pH korozního prostředí.	129
Tabulka 109. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných TiO ₂ vůči MEK.	129
Tabulka 110. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných CaCO ₃ vůči MEK.	130
Tabulka 111. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnO vůči MEK.	130
Tabulka 112. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných Zn ₃ (PO ₄) ₂ vůči MEK.	131
Tabulka 113. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnS vůči MEK.	131
Tabulka 114. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných MoS ₂ vůči MEK.	132
Tabulka 115. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných ZnFe ₂ O ₄ vůči MEK.	132
Tabulka 116. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů připravených z latexů pigmentovaných Litoponem 30% vůči MEK.	133
Tabulka 117. Vyhodnocení odolnosti proti tvorbě osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentovaných latexů s 8 hm. % pigmentu.	133

Tabulka 118. Vyhodnocení odolnosti proti tvorbě osmotických puchýřů u nátěrových filmů připravených z pigmentovaných latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % plniva.....	134
Tabulka 119. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % TiO_2 pomocí lineární polarizace.	135
Tabulka 120. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % CaCO_3 pomocí lineární polarizace.	136
Tabulka 121. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnO pomocí lineární polarizace.	137
Tabulka 122. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ pomocí lineární polarizace.....	138
Tabulka 123. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnS pomocí lineární polarizace.	139
Tabulka 124. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % MoS_2 pomocí lineární polarizace.....	140
Tabulka 125. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % ZnFe_2O_4 pomocí lineární polarizace.....	141
Tabulka 126. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 8 hm. % Litoponu 30% pomocí lineární polarizace.....	142
Tabulka 127. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO_3 pomocí lineární polarizace.....	143
Tabulka 128. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových filmů připravených z latexů s 0,5 hm. % vodivého PPy a 7,5 hm. % CaCO_3 pomocí lineární polarizace.....	144
Tabulka 129. Základní vlastnosti použitých pigmentů.....	146
Tabulka 130. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3	147
Tabulka 131. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	147
Tabulka 132. Vzhled pigmentovaných filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	148
Tabulka 133. Vzhled srovnávacích nátěrových filmů.....	148
Tabulka 134. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3	149
Tabulka 135. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	149
Tabulka 136. Změny lesku v čase pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	150
Tabulka 137. Změny lesku v čase srovnávacích nátěrových filmů.....	150
Tabulka 138. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO_3	151
Tabulka 139. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	151
Tabulka 140. Tloušťka pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	152
Tabulka 141. Tloušťka srovnávacích nátěrových filmů.....	152
Tabulka 142. Tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva (CaCO_3 nebo Litopon 30%).	153

Tabulka 143. Tvrdost pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% a tvrdosti srovnávacích nátěrových filmů. ...	154
Tabulka 144. Odolnosti proti vtisku dle Buchholze u pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva (CaCO ₃ nebo Litopon 30%).....	155
Tabulka 145. Odolnosti proti vtisku dle Buchholze u pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% a odolnost proti vtisku dle Buchholze srovnávacích nátěrů.	156
Tabulka 146. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO ₃	157
Tabulka 147. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	158
Tabulka 148. Mechanické vlastnosti pigmentovaných nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	158
Tabulka 149. Mechanické vlastnosti srovnávacích nátěrových filmů.....	159
Tabulka 150. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO ₃ vůči MEK.	160
Tabulka 151. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% vůči MEK.	160
Tabulka 152. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30% vůči MEK.	161
Tabulka 153. Vyhodnocení odolnosti srovnávacích nátěrových filmů vůči MEK.	161
Tabulka 154. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva CaCO ₃	162
Tabulka 155. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu A 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	163
Tabulka 156. Antikoroziční účinnost pigmentovaných nátěrových na bázi latexu K 0,25% s OKP 0,5% pigmentu a OKP 10 % plniva Litopon 30%.	164
Tabulka 157. Antikoroziční účinnost srovnávacích pigmentovaných nátěrových filmů.	165
Tabulka 158. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po expozici 480 hodin.	166
Tabulka 159. Vyhodnocení odolnosti srovnávacích nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po expozici 480 hodin.	167
Tabulka 160. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.....	168
Tabulka 161. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti srovnávacích nátěrových filmů proti vlhkým atmosférám po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.	169
Tabulka 162. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po expozici 480 hodin.	169
Tabulka 163. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po expozici 480 hodin.	170
Tabulka 164. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů v neutrální solné mlze po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.....	172
Tabulka 165. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti srovnávacích nátěrových filmů v neutrální solné mlze po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.	173
Tabulka 166. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti působení SO ₂ po expozici 240 hodin.	173

Tabulka 167. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů proti působení SO ₂ po expozici 240 hodin.	174
Tabulka 168. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti nátěrových filmů proti působení SO ₂ po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.	175
Tabulka 169. Vyhodnocení antikoroziční účinnosti srovnávacích nátěrových filmů proti působení SO ₂ po sejmutí nátěru z ocelového podkladu.	176

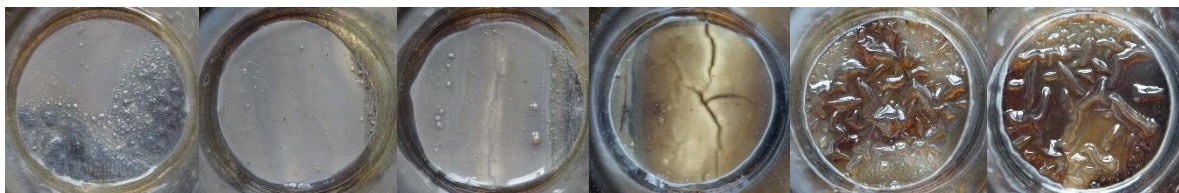
10. PŘÍLOHY

Fotografie plechů před a po jejich vystavení zkoušce chemické a korozní odolnosti v závislosti na pH korozního prostředí u nepigmentovaných nátěrových filmů:

K 0%



K 0,25%



K 0,5%



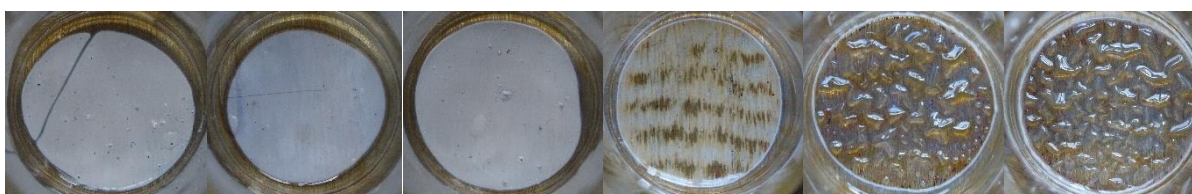
K 0,75%



A 0%



A 0,25%



A 0,5%

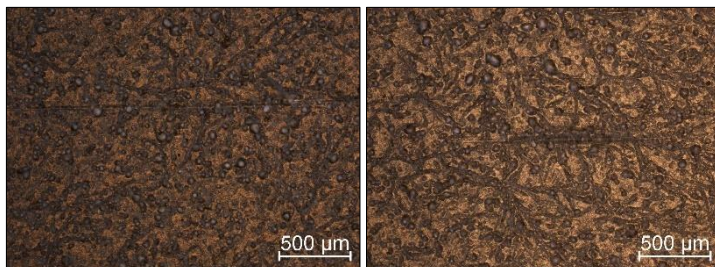


A 0,75%

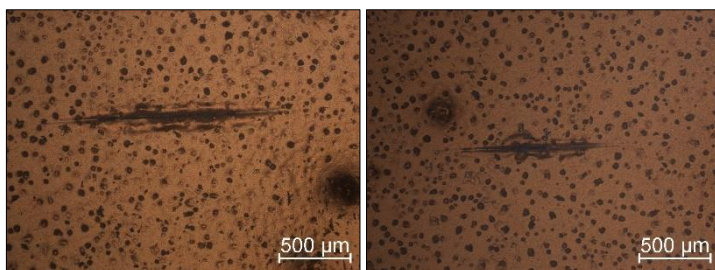


Fotografie z optického mikroskopu zachycující odolnost proti vtisku dle Buchholze u vybraných nátěrových filmů z pigmentovaných latexů s 8 hm. % pigmentu po 10 a 60 dnech od vysychání filmu:

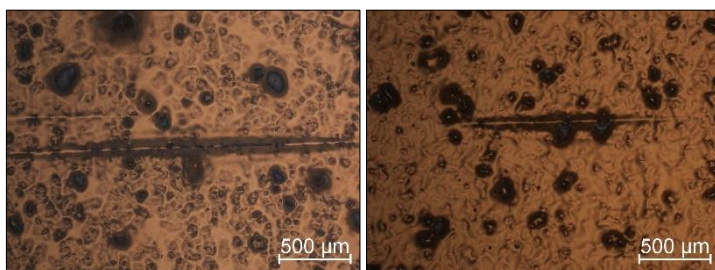
A 0,75% + TiO₂



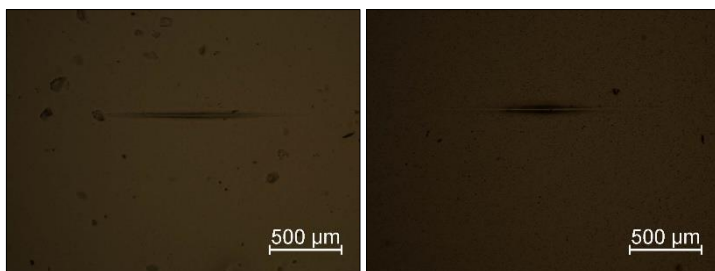
A 0,75% + CaCO₃



A 0,75% + Zn₃(PO₄)₂

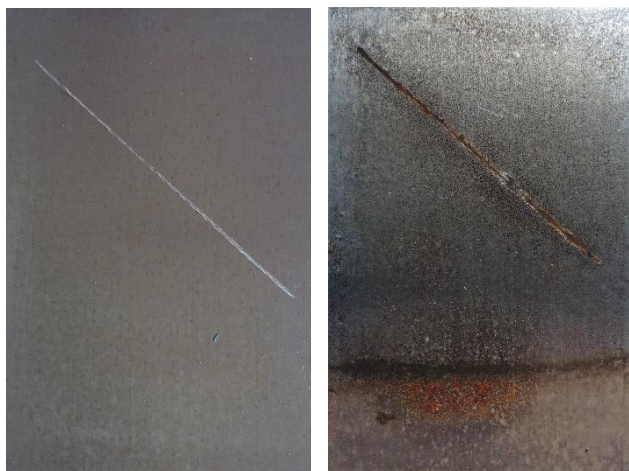


A 0,75% + ZnFe₂O₄



Fotografie plechů před a po expozici 480 hodin v neutrální solné mlze:

A 0,25% + CaCO₃ + ZnO

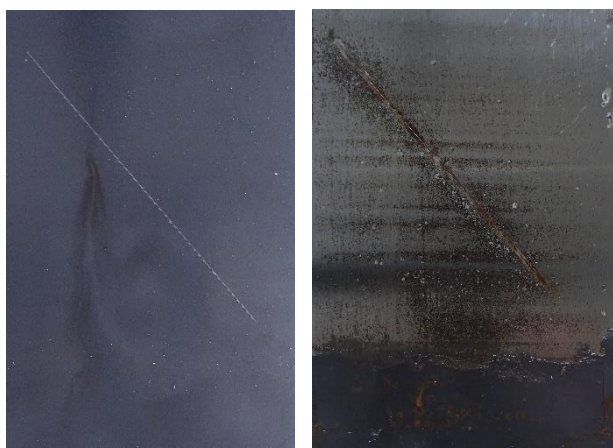


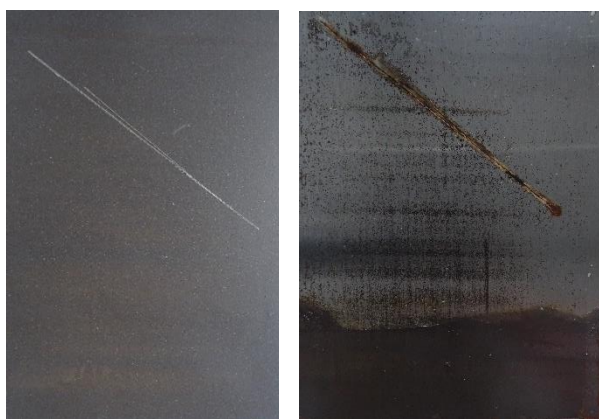
A 0,25% + CaCO₃ + Zn₃(PO₄)₂



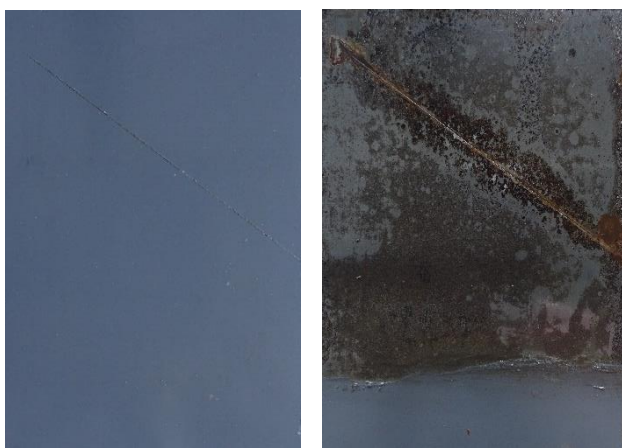
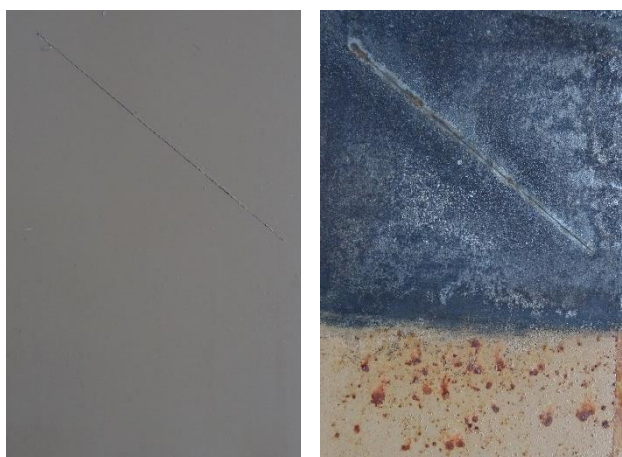
A 0,25% + CaCO₃ + ZnS



A 0,25% + CaCO₃ + MoS₂**A 0,25% + CaCO₃ + ZnFe₂O₄****A 0,25% + CaCO₃ + PPy**

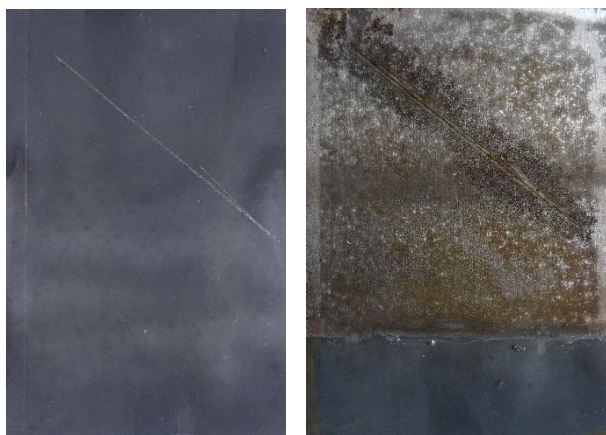
A 0,25% + CaCO₃ + PANI**A 0,25% + CaCO₃ + MoS₂/PPy****A 0,25% + CaCO₃ + MoS₂/PANI**

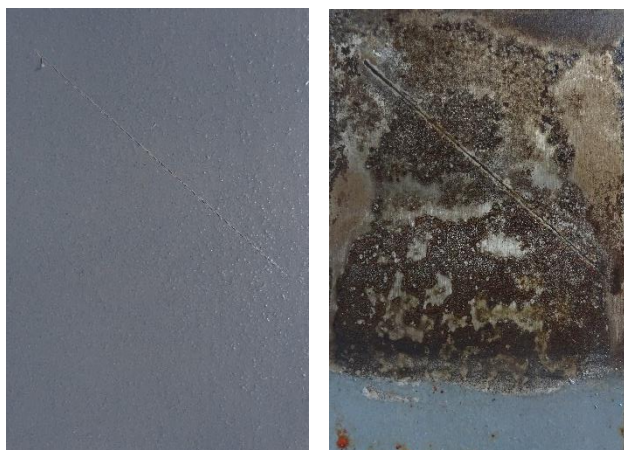
A 0,25% + Litopon 30% + ZnO**A 0,25% + Litopon 30% + Zn₃(PO₄)₂****A 0,25% + Litopon 30% + ZnS**

A 0,25% + Litopon 30% + MoS₂**A 0,25% + Litopon 30% + ZnFe₂O₄****A 0,25% + Litopon 30% + PPy**

A 0,25% + Litopon 30% + PANI**A 0,25% + Litopon 30% + MoS₂/PPy****A 0,25% + Litopon 30%+ MoS₂/PANI**

K 0,25% + Litopon 30% + ZnO**K 0,25% + Litopon 30% + Zn₃(PO₄)₂****K 0,25% + Litopon 30% + ZnS**

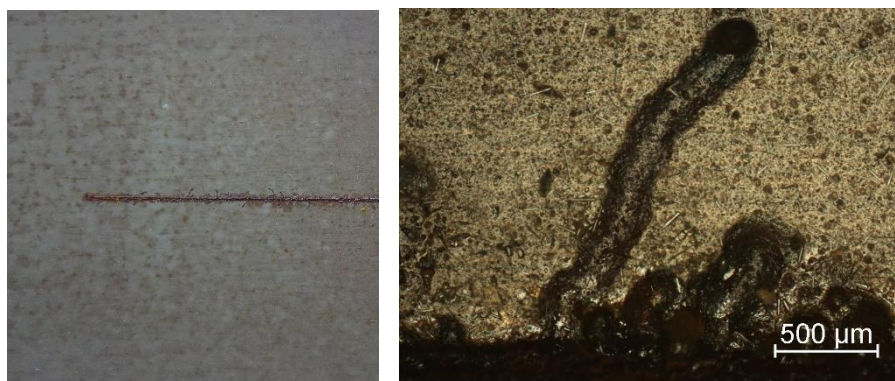
K 0,25% + Litopon 30% + MoS₂**K 0,25% + Litopon 30% + ZnFe₂O₄****K 0,25% + Litopon 30% + PPy**

K 0,25% + Litopon 30% + PANI**K 0,25% + Litopon 30% + MoS₂/PPy****K 0,25% + Litopon 30% + MoS₂/PANI**

Axilat 2431 + Litopon 30% + $Zn_3(PO_4)_2$ **A 0% + Litopon 30%****A 0% + Litopon 30% + PPy (OKP 0,25 %)**

A 0% + Litopon 30% + PPy (OKP 0,5 %)

Fotografie plechů po expozici 240 hodin působení SO₂ při zvýšené vlhkosti s nitkovou korozí:

A 0,25% + CaCO₃ + ZnO**A 0,25% + CaCO₃ + Zn₃(PO₄)₂**

Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Vlastnosti ochranných latexových nátěrů na nízkouhlíkové oceli v závislosti na obsahu polypyrrolových částic a chemickém složení pigmentu
Autor práce	Bc. Marie Trpkošová
Obor	Technologie výroby a zpracování polymerů
Rok obhajoby	2019
Vedoucí práce	Ing. Jana Machotová, Ph.D.
Anotace	<p>Tato diplomová práce se zabývá studiem polyakrylátových latexů, do nichž byly ve fázi syntézy latexového polymeru inkudovány polypyrrolové částice. Latexy byly připraveny semikontinuální emulzní polymerací postupem využívajícím strategii tzv. „one-pot“ syntézy, při níž v jednom reaktoru docházelo k emulzní polymeraci akrylátových monomerů i k oxidační polymeraci pyrrolu. Byla provedena literární rešerše, které se zabývá přípravou polyakrylátových latexů a využitím polypyrrolu. V experimentální části této práce byla popsána syntéza polyakrylátového latexu s různým obsahem polypyrrolu. U připravených akrylátových latexů byly testovány jejich vlastnosti z hlediska fyzikální, mechanické, chemické a antikoroziční odolnosti realizovaných nátěrových filmů. Připravené latexy byly pigmentovány vybranými pigmenty a na základě získaných výsledků byl vybrán latex s nejlepšími vlastnostmi. Vybraný latex byl posléze pigmentován zvolenými pigmenty a plnivý při OKP 0,5 % pigmentu a OKP 10 % plniva. Výsledkem této diplomové práce je vodou ředitelná nátěrová hmota na bázi akrylátového latexu s inkudovanými polypyrrolovými částicemi a dalšími pigmenty, která poskytuje polymerní nátěrové filmy s dostatečnou přilnavostí k podkladu a zároveň zvýšenou koroziční a chemickou odolností.</p>
Klíčová slova	Emulzní polymerace, latex, polypyrrol, antikoroziční ochrana oceli