

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE
MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK

**Nová antimikrobiální vodou ředitelná pojiva na bázi samosíťujících latexů
pro hygienické interiérové aplikace**

Bc. Magdaléna Jahodová

Diplomová práce

2017

UNIVERSITY OF PARDUBICE
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
INSTITUTE OF POLYMERIC MATERIALS

**Novel antimicrobial water-borne binders based on self-crosslinking latexes
for hygienic interior applications**

Bc. Magdaléna Jahodová

Diploma thesis

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Magdaléna Jahodová**
Osobní číslo: **C15518**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Technologie výroby a zpracování polymerů**
Název tématu: **Nová antimikrobiální vodou ředitelná pojiva na bázi samosíťujících latexů pro hygienické interiérové aplikace**
Zadávací 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 :

1. Proveďte literární rešerši týkající se samosíťujících polymerních disperzí, mikroorganismů z hlediska hygienických nátěrů, biocidních látek a metod testování biocidních účinků nátěrů.
2. Technikou emulzní polymerace připravte samosíťující akrylátové disperze, do nichž v průběhu syntézy zabudujte biocidní látky. Jako výchozí monomery použijte methylmethakrylát, butylakrylát, kyselinu methakrylovou a diacetonakrylamid. Jako biocidy testujte nanočástice ZnO, MgO a CaO. Pro zajištění samosíťování přidejte do disperzí po dokončení syntézy dihydrazid kyseliny adipové.
3. Vyhodnoťte základní vlastnosti připravených kopolymerních disperzí (obsah sušiny, viskozitu, obsah koagulátu, velikost částic, teplotu skelného přechodu a obsah antimikrobiální látky).
4. Zhotovte nátěry a v mikrobiologické laboratoři posuďte zejména jejich antimikrobiální a antifungální účinek s ohledem na typ a obsah použitého biocidu. Rovněž vyhodnoťte filmotvorné vlastnosti latexů a mechanické vlastnosti, chemickou odolnost a vizuální charakter nátěrů.


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: **Ing. Marcela Pejchalová, Ph.D.**
Katedra biologických a biochemických věd
Ostatní konzultanti: **Ing. Adéla Rückerová**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek
Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2017**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2017

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 12.5.2017

.....

Bc. Magdaléna Jahodová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své práce Ing. Janě Machotové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, pomoc a poskytnutí cenných rad při tvorbě této práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Marcele Pejchalové, Ph.D. a Ing. Adéle Rückerové za pomoc a rady při zpracování této práce. Děkuji rovněž za možnost provést měření SEM a EDX v Centru materiálů a nanotechnologií za finanční podpory MŠMT prostřednictvím projektů CZ.1.05/4.1.00/ 11.0251 a LM2015082.

Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Součástí této diplomové práce je literární rešerše, která se týká vodou ředitelných polymerních disperzí a přípravy syntetických latexů. Dále jsou zde popsány antimikrobiální látky, mikroorganismy z hlediska chemických nátěrů a nakonec jsou uvedeny metody testování účinnosti biocidních nátěrů. Experimentální část práce se věnuje přípravě latexů obsahujících nanočástice ZnO, MgO nebo CaO, které zde mají působit jako biocidy. Dále se zabývá přípravou nátěrových filmů, živných půd a čistých mikrobiálních kultur. Nakonec se práce věnuje vyhodnocení nátěrových a antimikrobiálních vlastností filmů z připravených latexů.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Emulzní polymerace, antimikrobiální látka, polymerní disperze, latex, nanočástice, samosíťující systém

ANNOTATION

A part of this diploma thesis is literal research focused on water-borne polymeric dispersions and preparation of synthetic latexes. Additionally, antimicrobial agents and microorganisms are described in terms of chemical coatings application. Testing methods for the efficiency of biocide coatings are described as well. The experimental part is devoted to latex preparation containing nanoparticles of ZnO, MgO and CaO as a biocide compounds. This diploma thesis describes also the preparation of coatings, agars and pure microbial cultures. Antimicrobial and coating properties of the films prepared from the synthesized latexes are evaluated.

KEYWORDS:

Emulsion polymerization, antimicrobial agent, aqueous dispersion, latex, nanoparticles, self-crosslinking system

OBSAH

ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ ČÁST	10
1.1 VODOU ŘEDITELNÉ POLYMERNÍ DISPERZE.....	10
1.1.1 Přírodní latexy	10
1.1.2 Syntetické latexy	11
1.2 PŘÍPRAVA SYNTETICKÝCH LATEXŮ	11
1.2.1 Radikálová polymerace	11
1.2.2 Emulzní polymerace.....	12
1.2.3 Samosíťující latexy	14
1.3 ANTIMIKROBIÁLNÍ LÁTKY	19
1.3.1 Biocidní látky	20
1.3.2 Anorganické biocidy	21
1.3.2.1 TiO ₂	21
1.3.2.2 ZnO	21
1.3.2.3 MgO	22
1.3.2.4 CaO	22
1.3.2.5 Stříbro	22
1.3.2.6 Zinkpyrithion	23
1.3.3 Organické biocidy	24
1.3.3.1 Chitosan	24
1.3.3.2 Antimikrobiální peptidy.....	25
1.3.3.3 Kvartérní amoniové soli.....	25
1.4 MIKROORGANISMY Z HLEDISKA HYGIENICKÝCH NÁTĚRŮ	26
1.4.1 Bakterie	26
1.4.1.1 Staphylococcus aureus	27
1.4.1.2 Escherichia coli.....	28
1.4.1.3 Pseudomonas aeruginosa	29
1.4.2 Plísně	30
1.4.2.1 Penicillium chrysogenum	31
1.4.2.2 Aspergillus brasiliensis.....	32
1.5 TESTOVÁNÍ BIOCIDNÍCH ÚČINKŮ NÁTĚRŮ	33
1.5.1 Metoda hodnocení přežívání mikroorganismů na nátěru.....	34
1.5.2 Metoda se vzorkem na povrchu živné půdy.....	34
1.5.3 Metoda se vzorkem na dně Petriho misky	35
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	36
2.1 PŘEHLED POUŽITÝCH CHEMIKÁLIÍ.....	36
2.1.1 Monomery	36
2.1.2 Chemikálie použité k syntéze latexů.....	37
2.1.3 Nanočástice	38

2.2	POSTUP PŘÍPRAVY LATEXŮ	41
2.3	PŘÍPRAVA SAMOSÍŤUJÍCÍCH LATEXŮ	45
2.4	TVORBA NÁTĚROVÝCH FILMŮ A JEJICH HODNOCENÍ	45
2.5	PŘÍPRAVA NÁTĚRŮ PRO ANTIMIKROBIÁLNÍ HODNOCENÍ	47
2.6	PŘÍPRAVA FYZIOLOGICKÉHO ROZTOKU A ŽIVNÝCH PŮD	48
2.7	PŘÍPRAVA ČISTÝCH MIKROBIÁLNÍCH KULTUR	49
2.8	POUŽITÉ METODY	50
2.8.1	Stanovení obsahu koagulátu	50
2.8.2	Stanovení obsahu sušiny	50
2.8.3	Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda	50
2.8.4	Stanovení vzhledu nátěrových filmů	51
2.8.5	Stanovení pH	52
2.8.6	Stanovení minimální filmotvorné teploty	52
2.8.7	Zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze	53
2.8.8	Stanovení povrchové tvrdosti nátěrů tužkami	53
2.8.9	Mřížková zkouška	54
2.8.10	Stanovení tloušťky nátěrových filmů	54
2.8.11	Stanovení lesku nátěru leskoměrem	55
2.8.12	Stanovení odolnosti nátěru methylethylketonu	55
2.8.13	Zkouška padajícím závažím	56
2.8.14	Ohybová zkouška	56
2.8.15	Zkouška hloubením	56
2.8.16	Stanovení extrahovatelného podílu	57
2.8.17	Stanovení tahových vlastností	57
2.8.18	Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda	57
2.8.19	Stanovení absorpce vody	58
2.8.20	Zrychlený laboratorní test pro zjištění bleskové koroze	59
2.8.21	Stanovení teploty skelného přechodu	60
2.8.22	Stanovení velikosti částic a zeta-potenciálu	60
2.8.23	Skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou (SEM-EDX)	60
2.8.24	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR)	61
2.8.25	Stanovení obsahu popela	62
2.8.26	Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES)	62
2.8.27	Testování antibakteriálních účinků nátěrů	62
2.8.28	Testování antifungálních účinků nátěrů	63
3	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ	64
3.1	HODNOCENÍ SAMOSÍŤUJÍCÍCH LATEXŮ	64
3.1.1	Základní vlastnosti latexů	64
3.1.2	Stanovení obsahu nanočástic pomocí ICP-OES a obsahu popela	68
3.1.3	Stanovení T_g a MFT	69
3.1.4	Stanovení extrahovatelného podílu	70
3.1.5	Složení pomocí FTIR	71
3.2	HODNOCENÍ NÁTĚROVÝCH FILMŮ	74
3.2.1	Vizuální vlastnosti nátěrových filmů	74
3.2.2	Distribuce nanočástic a transparentnost nátěrových filmů	75
3.2.3	Stanovení tvrdosti nátěrových filmů	79
3.2.4	Stanovení adheze mřížkovou zkouškou	83

3.2.5	Mechanické vlastnosti nátěrových filmů	84
3.2.6	Tahové vlastnosti	85
3.2.7	Stanovení odolnosti nátěrů methylethylketonu	86
3.2.8	Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda.....	87
3.2.9	Stanovení absorpce vody.....	92
3.2.10	Stanovení bleskové koroze.....	96
3.3	HODNOCENÍ ANTIMIKROBIÁLNÍCH ÚČINKŮ NÁTĚRŮ.....	97
3.3.1	Antmikrobiální účinky	97
3.3.2	Antifungální účinky	100
ZÁVĚR		102
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		104
SEZNAM OBRÁZKŮ		111
SEZNAM TABULEK.....		114
PŘÍLOHY.....		116

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADH	Dihydrazid kyseliny adipové
AMP	Antimikrobiální peptidy
BA	Butylakrylát
CCM	Česká sbírka mikroorganismů
DAAM	Diacetonakrylamid
DLS	Dynamický rozptyl světla
DSC	Diferenciální skenovací kalorimetrie
EDS (EDX)	Energiově disperzní spektrometrie
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
ICP-OES	Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
KAS	Kvartérní amoniové soli
KMA	Kyselina methakrylová
MEK	Methylethylketon
MFT	Minimální filmotvorná teplota
MMA	Methylmethakrylát
SEM	Skenovací elektronová mikroskopie
T_g	Teplota skelného přechodu

ÚVOD

Na nátěrové filmy jsou kladeny čím dál větší nároky. Především se jedná o jejich vliv na životní prostředí, zdravotní aspekty, bezpečnost a snižování nákladů. Latexy jsou ekologicky nezávadné a jejich syntéza je technologicky na velmi vysoké úrovni. Nedostatky běžných vodných polymerních disperzí, jako jsou nízká odolnost proti rozpouštědlům, lepivost povrchu při vyšších teplotách a křehkost při nižších teplotách, jsou v současnosti překonávány zavedením síťování, do skupiny vodných disperzí využívajících síťující reakci patří tzv. samosíťující latexy.

Po antimikrobiálních nátěrech je ve světě stále větší poptávka, zejména na místech, kde je vyžadován vysoký stupeň hygieny, jako jsou například nemocnice, školy, nebo provozy vyrábějící léčiva a potraviny. Antimikrobiální nátěry by měly snížit riziko šíření infekcí, měly by mít nízkou toxicitu a použité látky by měly být nezávadné pro životní prostředí.

Cílem této diplomové práce byla příprava samosíťujících polymerních disperzí, do jejichž struktury byly v průběhu syntézy zabudovány nanočástice oxidu zinečnatého, oxidu hořečnatého nebo oxidu vápenatého. Tyto vodné disperze byly studovány zejména z hlediska použití jako nátěry pro hygienické interiérové aplikace.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Vodou ředitelné polymerní disperze

Jako vodou ředitelné polymerní disperze jsou označovány stabilní disperze částic polymeru ve vodném prostředí. Vodou ředitelné polymerní disperze můžeme vyrábět dvěma způsoby. Prvním způsobem je syntéza polymeru kondenzační nebo radikálovou polyreakcí v organickém rozpouštědle, po které následuje dispergace vzniklého polymeru do vodného prostředí. Tímto způsobem mohou vznikat alkydové, polyuretanové nebo akrylátové vodné disperze.

Druhým způsobem je technika emulzní polymerace, která probíhá radikálovým mechanismem ve vodném prostředí. Tímto způsobem vznikají koloidní polymerní disperze, tzv. latexy. Složení latexů bývá tvořeno kopolymery styrenu a esterů kyseliny akrylové nebo kyseliny methakrylové. Latexy dělíme na přírodní a syntetické [1].

1.1.1 Přírodní latexy

Přírodní latex je disperze přírodního kaučuku ve vodném prostředí. Latex obsahuje 20 – 40 % kaučuku. Kaučukové částice mají velikost 0,1 – 3,0 μm . Přírodní latex je obsažen ve velkém množství vyšších rostlin v podobě mléčné šťávy (vodné disperze). Hospodářský význam má pouze latex ze stromu *Hevea Brasiliensis*. Tento druh se vyskytuje nejvíce v oblastech kolem rovníku, nejčastěji je dovážen z tropické Asie. Latex se ze stromů získává naříznutím kůry a sbíráním vytékající emulze.

Za čerstva je pH přírodního latexu 7 – 7,2; stárnutím na vzduchu však jeho pH klesá a dochází k samovolné koagulaci. Z toho důvodu musí být latex stabilizován například amoniakem. Sušina přírodního latexu bývá 35 – 41 %.

Přírodní latex se používá například na výrobu impregnovaných textilií, latexových lepidel, pěnové pryže (latexové matrace), ochranných prostředků a nemocničního materiálu (rukavice, katétry atd.) [2-5].

1.1.2 Syntetické latexy

Syntetické latexy se snaží nahradit vlastnosti nebo odbourat nedostatky přírodního latexu. Podle typu syntetického latexu se liší jeho chemické a fyzikální vlastnosti. Částice jsou menší než u latexu přírodního. Velikost částic je 150 – 200 nm. Disperzní fázi syntetických latexů tvoří mýdla, povrchově aktivní látky, stabilizátory a zbytky monomerů ve vodném prostředí.

Pro výrobu syntetických latexů se používá nejčastěji emulzní polymerace. Základní stavební jednotkou syntetických latexů jsou monomery. Podle výchozích monomerů rozdělujeme latexy do 4 skupin:

- Syntetické latexy butadienových polymerů, kopolymerů a terpolymerů
- Syntetické latexy chloroprenových polymerů a kopolymerů
- Syntetické latexy akrylátových a styrenových polymerů a kopolymerů
- Speciální typy syntetických latexů [2,6,7]

1.2 Příprava syntetických latexů

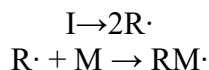
1.2.1 Radikálová polymerace

Radikálová polymerace patří mezi řetězové reakce. Je založena na schopnosti nenasycených sloučenin reagovat radikálovým mechanismem.

Polymerace je zahájena iniciací, adicí molekuly monomeru na primární volný radikál. V následujícím kroku dochází k adici dalších molekul monomeru, toto stádium růstu polymeru je označováno pojmem propagace. Aktivní centrum se přesune vždy na konec molekuly. Vzájemnou reakcí dvou rostoucích radikálů je řetězec ukončen, tento krok se nazývá terminace. K ukončení růstu polymeru může dojít také přenosem radikálu, tento mechanismus označujeme jako transfer. Během reakce se uvolňuje značné množství tepla [7-10].

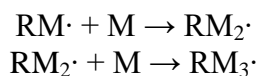
- Iniclace

Iniclace je zahájení polymerace. Dochází k napadání molekul monomeru primárním radikálem, který vznikl rozpadem iniciátoru.



- Propagace

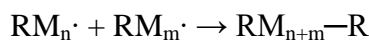
Propagace je růst polymerního řetězce. Jedná se o opakovanou reakci monomeru s rostoucím radikálem. Reakce se opakuje mnohonásobně.



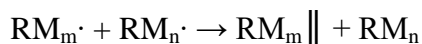
...

- Terminace

Terminace je ukončení růstu polymerního řetězce. K terminaci může dojít dvěma způsoby. Buďto rekombinací, což je spojení dvou radikálových aktivních center pomocí kovalentní vazby.



Nebo disproportionací, kdy dochází k přesunu vodíku z jednoho rostoucího řetězce na druhý. Tím vzniknou dvě ukončené molekuly, z nichž jedna nese na svém konci dvojnou vazbu.



1.2.2 Emulzní polymerace

Emulzní polymerace patří mezi speciální případy radikálové polymerace. Monomer, který je obvykle nerozpustný ve vodě, je při emulzní polymeraci emulgován ve vodné fázi a poté je radikálovou polymerací přeměněn na polymer, aniž by systém ztratil povahu emulze. Produktem této reakce je latex. Latex je vodná disperze kulových částic polymeru, které mají průměr desítky až stovky nanometrů.

Základní složky při emulzní polymeraci tvoří voda, monomery, iniciátor a emulgátor. Tyto složky vytvářejí společně koloidní systém, ve kterém probíhá radikálová polymerace, za vzniku koloidně stabilní polymerní disperze.

Emulzní polymerace jsou iniciovány pomocí redoxních nebo disociačních iniciátorů. Redoxní iniciační systémy obsahují peroxidickou oxidační složku a složku redukční. Oxidační složkou redoxních iniciátorů může být peroxid vodíku, peroxodisírany a organické peroxidy. Redukčními složkami pak bývají alkalické siričitan, hydrogensiričitan, dithioničitan a další. U disociačních iniciátorů dochází k termickému štěpení labilních sloučenin na volné radikály. Pro disociační iniciaci se používají převážně peroxodisírany.

Emulgátory, nebo také tenzidy, jsou látky, které snižují povrchové napětí na rozhraní nemísitelných kapalin, v nichž jsou rozpuštěny. Specifické vlastnosti tenzidů jsou způsobeny strukturou jejich molekul, která je složena ze dvou částí – polární (hydrofilní, lyofilní) a nepolární (hydrofobní, lipofilní). Tento typ molekuly je označován jako *amfifilní* nebo *amfipatický*. Tenzidy můžeme rozdělit do dvou skupin, podle chemické povahy:

- Ionogenní – dělí se na anionaktivní (polární část tvoří např. karboxylová nebo sulfátová skupina) a na kationaktivní (polární část tvoří např. kvartérní amoniová skupina)
- Neionogenní – molekulu tvoří např. polyoxyethylenový řetězec

Přeměna monomeru na polymerní částici emulzní polymerací zahrnuje tři kroky. Nejprve dochází k nukleaci částic, v dalším kroku dochází k růstu částic a nakonec dochází k dokončení polymerace uvnitř částic. Proces nukleace částic popisují dva modely. Prvním je micelární model nukleace částic a druhým je model homogenní nukleace částic [7,9,11].

a) Micelární model

První obecnou teorii průběhu emulzní polymerace předložil americký chemik William Draper Harkins. Dle jeho teorie je polymerační reakce zahájena proniknutím primárního radikálu do micel, které jsou nasyceny monomerem. Tím dochází v micelách k iniciaci. Polymerací se micely mění v polymer-monomerní částice a dochází ke zvětšování jejich povrchu. Jako zdroj monomerů

a tenzidů pro rostoucí částice slouží micely, ve kterých ještě nedošlo k polymeraci. Poté co zaniknou všechny micely, nedochází k nukleaci nových částic, polymerace v další fázi probíhá pouze v rostoucích polymer-monomerních částech. Zvyšováním koncentrace emulgátoru roste počet micel, a tím i počet částic vytvořených na počátku polymerace. Díky tomu dochází ke zmenšování výsledné velikosti částic [9].

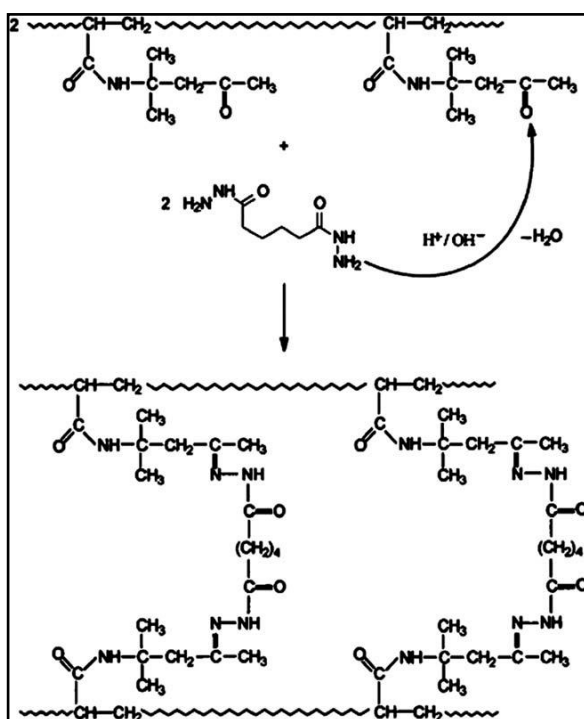
b) Model homogenní nukleace

Mechanismus homogenní nukleace je založen na předpokladu, že při polymeraci částečně vodorozpustných polymerů vznikají v počáteční fázi polymerace oligomerní volné radikály rozpustné ve vodě, které rostou až do dosažení kritické velikosti, kdy se vysrážejí za vzniku primárních částic. Vznikající oligomerní radikály dále rostou za vzniku samostatných částic, nebo jsou pohlcovány již existujícími částicemi. Čím vyšší je počet částic, tím větší je pravděpodobnost srážky oligomeru s částicí. V konečné fázi jsou veškeré oligomerní radikály pohlcovány již existujícími částicemi [9,12].

Oba tyto mechanismy se při praktické emulzní polymeraci doplňují. O tom, který z těchto dvou modelů je dominantnější rozhoduje míra rozpustnosti monomeru ve vodě, koncentrace emulgátoru a koncentrace micel [9,12].

1.2.3 Samosít'ující latexy

Samosít'ující latexy jsou v poslední době velmi vyhledávané. Síťování je nejčastěji založeno na reakci diaminu, který je rozpuštěn ve vodné fázi, a karbonylové skupiny, která je součástí polymerních latexových částic. Z diaminů se používá dihydrazid kyseliny adipové (ADH). Diacetonakrylamid (DAAM) je nejčastěji používán jako monomer, který nese karbonylovou funkční skupinu. Toto tzv. keto-hydrazidové post-síťování se využívá pro jeho velmi rychlý průběh, který nastává i při běžných teplotách. Jedná se o kyselé katalyzovanou dehydratační reakci, jejíž rovnováha je vlivem ztráty vody posunována směrem k výsledným produktům [13,14]. Schéma síťovací reakce mezi ADH a karbonylovými skupinami v DAAM stavebních jednotkách polymerního řetězce je uvedeno na Obrázku 1.



Obrázek 1 Schéma síťování kopolymerovaného DAAM s ADH [14]

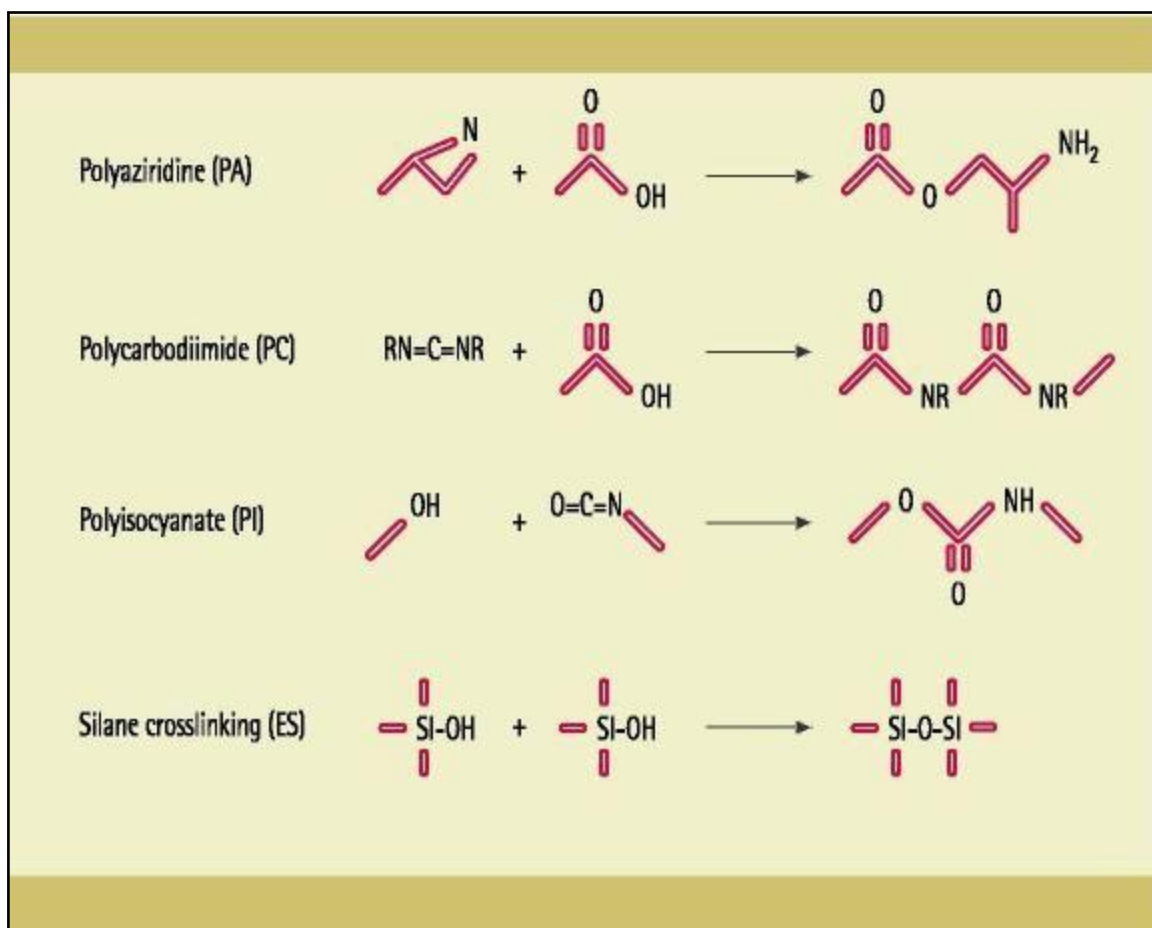
Možností, jak zavést samosíťování do vodné polymerní disperze, je zavedení alkoxyilanů do polymerního řetězce latexových částic. Po vysušení polymerního filmu klesá pH, alkoxyilany hydrolyzují na silanoly, které pak kondenzují za vzniku siloxanové vazby. Odpařování vody z filmu napomáhá posunout rovnováhu chemické reakce směrem k tvorbě nevratné siloxanové vazby (viz Obrázek 2). Využívají se např. γ -methakryloxypropyltrimethoxysilan (MPS), γ -aminopropyltriethoxysilan (APS) nebo vinyltriethoxysilan (VTES).

Studie týkající se emulzní kopolymerace vinylalkoxyilanů a organických monomerů ukázaly, že je velmi náročné zabránit předčasné hydrolyze a sesíťování silanového monomeru v průběhu syntézy. Lu a kol. [15] tento problém vyřešili zabudováním monomeru obsahujícího fluoro- a silanové skupiny přímo při jednostupňové emulzní polymeraci. Alkosilanové monomery byly od vodné fáze odděleny olejovou vrstvou, čímž byla lépe řízena jejich hydrolyza a kondenzace. Byly připraveny latexy na bázi methylmethakrylátu (MMA),

TEORETICKÁ ČÁST

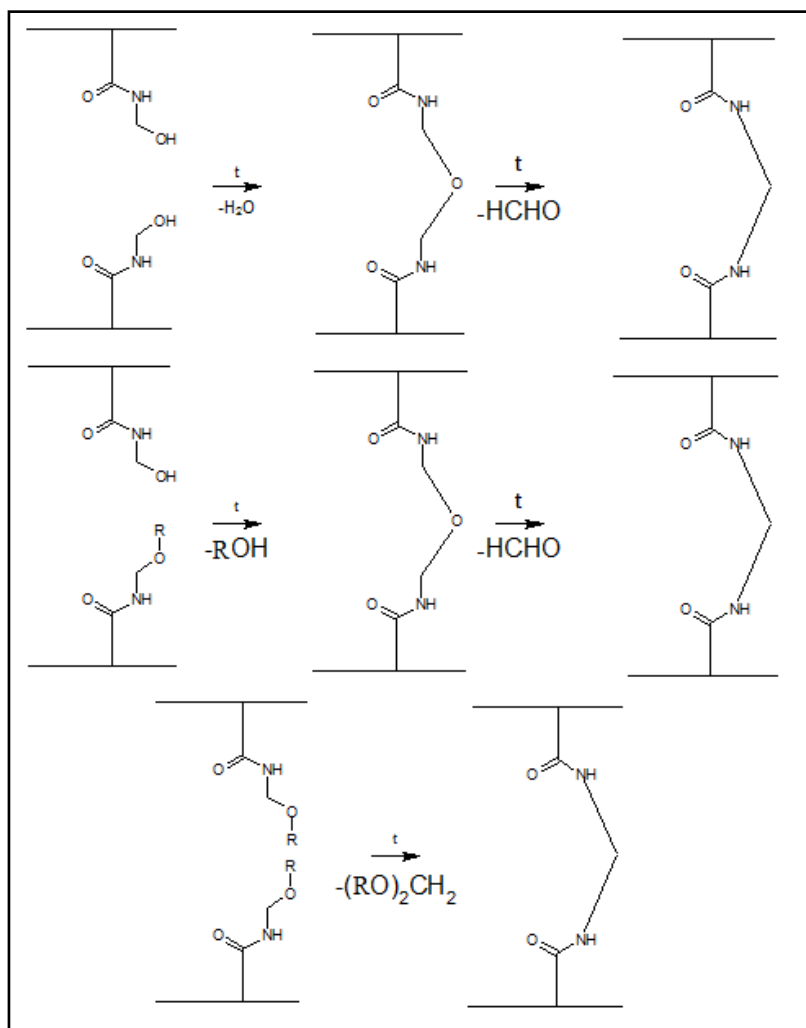
butylakrylátu (BA), dodekafluoroheptylmethakrylátu (DFMA) a MPS. Finální emulzní polymery poté vykazovaly typickou core-shell strukturu, která byla prokázána pomocí elektronové mikroskopie. Zavedení alkosiloxanů do latexu zvýšilo nejen adhezi k anorganickým podkladům, ale napomáhalo také fixovat flourový polymer na povrchu nátěru.

Dalším způsobem, jak dosáhnout samosíťování latexů, je využití epoxysilanů. Silanovou skupinu lze do polymeru vnést reakcí epoxidové skupiny síťujícího činidla s karboxylovou skupinou již přítomnou v polymerním řetězci. Tímto způsobem je vytvořena boční silanová funkční skupina, která může působit jako reaktivní místo při měnícím se pH.



Obrázek 2 Vybrané síťovací mechanismy [16]

Pro přípravu kopolymerů zajišťující samosíťování se ve velké míře využívá zabudování N-methylolových, nebo N-alkoxymethylolových skupin do polymerního řetězce. Často se také využívá kombinace výše zmíněných funkčních skupin s amidovými, nebo s karboxylovými skupinami. Pokud je karboxylové číslo polymeru větší než osm, plní karboxylové skupiny funkci vnitřního katalyzátoru a tím urychlují síťování [7]. Reakce při zvýšených teplotách jsou uvedeny na Obrázku 3.

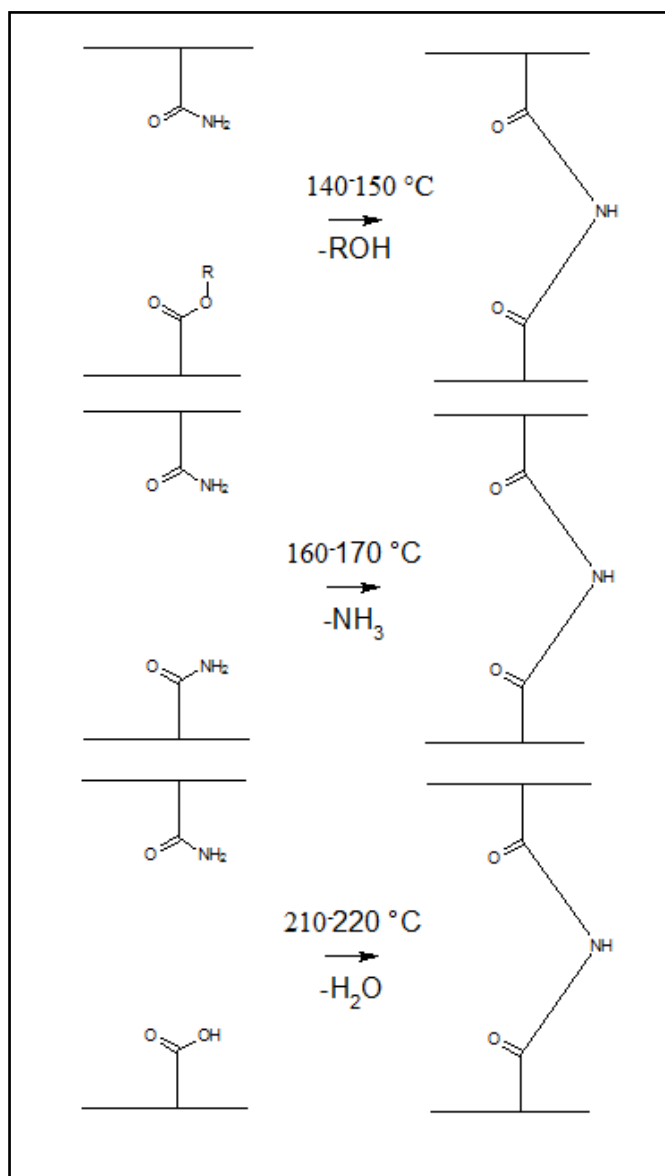


Obrázek 3 Příklady síťovacích reakcí [7]

N-methylolové i N-alkoxymethylolové skupiny na kopolymerech reagují také s amidovými, hydroxylovými i karboxylovými skupinami, které jsou přímo zabudované v kopolymeru, nebo jsou součástí sekundárních síťujících činidel. Vysoká teplota také

TEORETICKÁ ČÁST

ovlivňuje další reakce, které mají přímý vliv na síťování polymerních řetězců. Jako příklad lze uvést vzájemnou reakci amidových skupin a reakci amidové skupiny s esterovou nebo karboxylovou skupinou, která vede ke vzniku imidové vazby, viz Obrázek 4. Míra sesíťení pak tedy závisí na podmínkách reakce, jako jsou teplota či doba expozice při zvýšené teplotě [7].



Obrázek 4 Síťovací reakce za vyšších teplot [7]

1.3 Antimikrobiální látky

Antimikrobiální látky jsou látky, které mají specifické nepříznivé účinky na mikroorganismy. Tyto látky mohou mikroorganismy usmrcovat, nebo zastavovat jejich množení. Jestliže tyto látky ovlivňují mikroorganismy, pak je nazýváme baktericidní nebo bakteriostatické, pokud působí na plísně a kvasinky, pak se jedná o látky fungicidní nebo fungistatické. Antimikrobiální látky se rozdělují do tří tříd dle mechanismu účinku:

1. Látky reagující s DNA
2. Látky působící na mikrobiální enzymy
3. Látky poškozující určitou strukturu buňky nebo její funkci

Baktericidní látky jsou látky, které usmrcují mikrobiální buňku. Tyto látky působí ireverzibilně a rychle, jejich účinek se dostavuje obvykle již do 48 hodin. Baktericidní látky se upřednostňují u závažných klinických stavů a při snížené obranyschopnosti nemocného. Mezi nejznámější chemické látky s baktericidním účinkem řadíme oxidující látky, kyseliny a louhy, těžké kovy, alkylovací látky, fenol, alkoholy, formaldehyd a některé jiné aldehydy, povrchově aktivní látky.

Bakteriostatické látky jsou látky, které pouze reverzibilně zastavují růst a množení mikrobů. Oproti baktericidním látkám bývá jejich klinický efekt patrný až za 3 – 4 dny. Po vysazení těchto látek, může dojít k opětovnému množení mikrobů. Mezi nejznámější chemické látky s bakteriostatickým účinkem řadíme kyselinu mandlovou, 5-methyltryptofan, amid kyseliny sulfanilové a další [17,18].

1.3.1 Biocidní látky

Definice biocidních látek byla stanovena Zákonem č. 120/2002 Sb [19]. Tento zákon pojednává o uvádění biocidních přípravků a účinných látek na trh. Definice zní:

„Biocidním přípravkem je účinná látka nebo přípravek obsahující jednu nebo více účinných látek určený k hubení, odpuzování, zneškodňování, zabránění účinku nebo dosažení jiného regulačního účinku na jakýkoliv škodlivý organismus chemickým nebo biologickým způsobem. Škodlivým organismem je každý organismus, který má nepříznivý účinek na člověka nebo jehož přítomnost je nežádoucí, nepříznivě ovlivňuje činnost lidí nebo předměty, které užívají nebo vyrábějí, nebo působí nepříznivě na ostatní živé organismy nebo na životní prostředí; při používání biocidních přípravků je škodlivý organismus cílovým organismem.“

Biocidní látky lze uvést na trh pouze na základě povolení Ministerstva zdravotnictví ČR, která podléhá nařízením Evropské unie. Cílem je zajistit vysoký stupeň ochrany člověka a životního prostředí. Z tohoto důvodu jsou dnes některé dříve používané biocidy zakázané. Vyplývá to ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 98/8/ES o uvádění biocidních přípravků na trh. Tato směrnice rozděluje biocidní přípravky do čtyř kategorií:

1. Desinfekční a biocidní látky
2. Konzervační přípravky
3. Přípravky pro regulaci živočišných škůdců
4. Ostatní biocidní přípravky

Biocidní přípravky často obsahují více účinných látek, využívá se tzv. synergický efekt, čímž se dosahuje vyšší účinnosti a zároveň polyfunkčního efektu. Kromě účinných látek obsahují biocidy různá rozpouštědla a aditivní látky v různých kombinacích.

Dle chemického hlediska můžeme biocidy rozdělit na anorganické biocidy (oxid titaničitý, oxid zinečnatý, oxid hořečnatý, stříbro, měď, zeolity, křemičitany) a organické biocidy (chitosan, triclosan, antimikrobiální peptidy, kvartérní amoniové soli, heterocykly, fosfoniové soli). V naší práci jsme použili anorganické biocidy, konkrétně nanočástice oxidu zinečnatého, oxidu hořečnatého a oxidu vápenatého [20-22].

1.3.2 Anorganické biocidy

1.3.2.1 TiO_2

Oxid titaničitý je znám také pod názvem titanová běloba. V přírodě se vyskytuje ve třech formách: rutil, anatas a brookit. Nejčastěji se používá anatasová forma oxidu titaničitého. Tato sloučenina je známá jako velmi dobrý fotokatalyzátor, jež je aktivní hlavně v ultrafialové oblasti. Po ozařování ultrafialovým světlem je tato látka schopná rozložit téměř všechny organické sloučeniny včetně bakterií.

Nanočástice oxidu titaničitého jsou velmi často využívány v nátěrových hmotách, lepidlech, obalovém materiálu, kosmetice a také jako potravinářská barviva [23].

1.3.2.2 ZnO

Nanočástice oxidu zinečnatého jsou v současné době označovány jako materiál budoucnosti z důvodu nízké ceny, dobré dostupnosti, možnosti úprav povrchu nanočástic různými funkčními skupinami, biokompatibility a svých antibakteriálních vlastností. Princip výroby ZnO je založen na převedení kovového zinku do plynného stavu s následnou reakcí se vzdušným kyslíkem [24].

Použití nalézají nanočástice ZnO v optoelektronice a fotokatalytických aplikacích. Tento materiál má vysoký poměr povrchu k objemu, vysokou fotokatalytickou aktivitu a příznivé mechanické vlastnosti, jako je modul pevnosti a tvrdost. Nanočástice ZnO také vykazují vysokou tepelnou vodivost a antibakteriální vlastnosti v oblasti pH 7-8 vůči grampozitivním i gramnegativním bakteriím. Antimikrobiální mechanismus působení ZnO není zcela objasněn. Předpokládá se, že dochází k narušení činnosti buněčné membrány. Při kontaktu ZnO s buněčnou membránou dochází k její penetraci, následné dezorganizaci a to vede k zahubení buňky [24-28].

Použití nanočástic ZnO je velmi široké a to jak z chemického, tak i fyzikálního hlediska. Oblast použití ZnO se nachází v gumárenství, keramice, elektronice, farmacii, zemědělství, nátěrech a chemickém průmyslu [24].

1.3.2.3 *MgO*

Nanočástice oxidu hořečnatého jsou důležitým materiálem v mnoha oborech, především díky nízké ceně, dostupnosti a biokompatibilitě. Použití pak nalézají jako katalyzátory reakcí, k odstraňování toxického odpadu, jako supravodiče, nebo jako antibakteriální materiály. K výrobě nanočástic MgO lze využít několik metod, například: spalování [29], sol-gel metodu [30], hydrotermální metodu [31] a další [32,33].

Nanočástice MgO vykazují vysoce iontový charakter, jednoduchou stechiometrii a krystalickou strukturu. Dle použité metody lze připravit širokou škálu velikostí a tvarů částic. Vzhledem k vysokému počtu strukturálních defektů v krystalické mřížce vykazují nanočástice MgO velký povrch [34].

Nanočástice MgO vykazují antibakteriální vlastnosti vůči oběma typům bakterií, jak vůči grampozitivním tak i gramnegativním. Dle výzkumu poškozují nanočástice oxidu hořečnatého buněčnou membránu a způsobují únik intracelulárního obsahu, který následně vede ke smrti bakteriálních buněk [33].

1.3.2.4 *CaO*

Oxid vápenatý a jeho nanočástice vykazují antibakteriální potenciál, především proti rodům *Escherichia coli*, *Streptococcus typhimurium*, *Streptococcus aureus* a *Bacillus subtilis* [33], ale také vykazují histokompatibilitu a schopnost inaktivovat mikrobiální endotoxin [35].

Nanočástice CaO jsou uspořádány do kubické mřížky, která vykazuje anizotropní katalytické chování, jejich použití může být také jako dopant ke stabilizaci oxidu kovu. Nejčastější metodu přípravy je termální dekompozice a příprava metodou sol-gel [35].

1.3.2.5 *Stříbro*

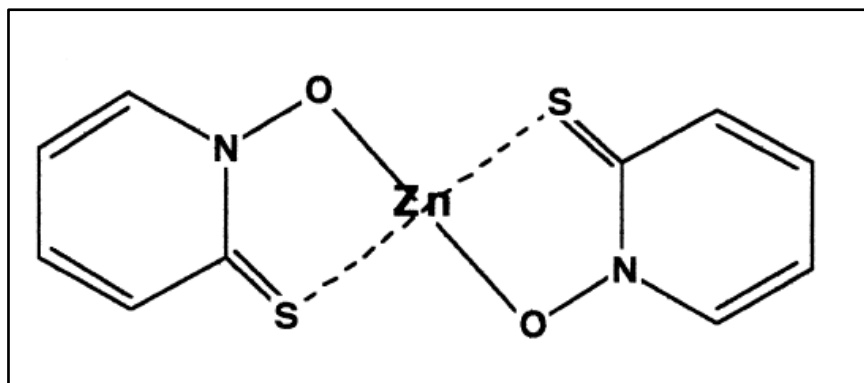
Stříbro je měkký, bílý, lesklý kov s výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí. V přírodě se tento prvek nachází zejména v sulfidických rudách, v současné době se však velká část stříbra získává jako vedlejší produkt při výrobě jiných kovů (zejména mědi).

Stříbro se používá především ve formě nanočástic, iontů nebo solí. Všechny formy stříbra působí antibakteriálně a antifungicidně. Nanočástice stříbra působí biocidně především díky velkému povrchu, který umožňuje lepší kontakt s mikroorganismem. Bakteriální membrána obsahuje proteiny obsahující síru, se kterou interagují nanočástice stříbra. Nanočástice atakují buněčnou membránou, skrz kterou se dostanou do vnitřního prostoru buňky, tím dojde k zániku buňky [36].

1.3.2.6 Zinkpyrithion

Zinkpyrithion, nebo-li 1-hydroxy-2-pyridinethion (viz Obrázek 5), působí jako antibakteriální a fungicidní látka. Je považován za bezpečnou a zdraví neškodnou látku. Nejčastější použití zinkpyrithionu je v kosmetických výrobcích, šamponech proti lupům, v léčebných šamponech a v prostředcích k ošetřování akné kůže.

Zinkpyrithion inhibuje růst grampozitivních, gramnegativních bakterií a růst plísní. Proto se využívá pro biocidní nátěry. Biocidní efekt vyplývá ze schopnosti zinkpyrithionu narušit transportní schopnosti mikrobiální stěny blokováním protonové pumpy. Další využití zinkpyrithionu vyplývá z jeho schopnosti působit proti mořským organismům, proto je hojně využíván v nátěrech používaných pro lodě [37,38].



Obrázek 5 Vzorec zinkpyrithionu [38]

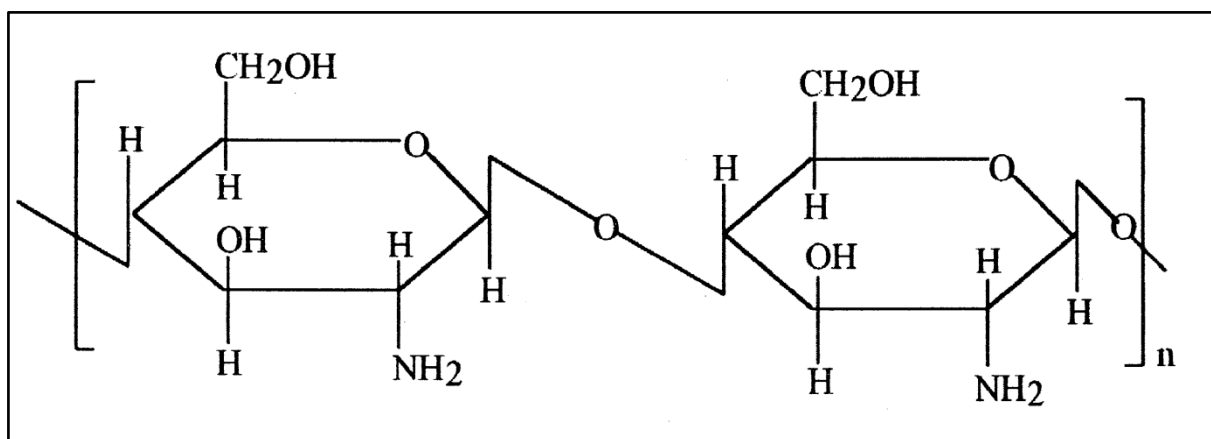
1.3.3 Organické biocidy

1.3.3.1 Chitosan

Chitosan, nebo-li (1→4)-2-amino-2-deoxy-β-D-glukan (viz Obrázek 6), je přírodní polysacharid odvozený od chitinu. Získává se z chitinu, obsaženého ve schránkách krevet a korýšů, za pomoci hydroxidu sodného. Na molekule chitosanu jsou tři reaktivní centra, primární aminoskupina, primární a sekundární hydroxyskupina. Tato tři centra jsou především důležitá pro lepší rozpustnost chitosanu ve vodě.

Antibakteriální účinnost chitosanu se projevuje vůči grampozitivním (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Bacillus subtilis*) i gramnegativním (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*) bakteriím a houbám při pH < 6. Přesný mechanismus antimikrobiálního působení chitosanu není zcela znám. Předpokládá se, že kladně nabitě aminoskupiny interagují s negativně nabitými komponentami v mikrobiální membráně, čímž mění propustnost a způsobují rozpad buněk. Biologickou aktivitu chitosanu ovlivňuje molekulová hmotnost, stupeň deacetylace chitinu, typ substituce, velikost a poloha substituentů, rozpustnost a pH. V poslední době se mnoho studií zabývá vlivem molekulové hmotnosti chitosanu na jeho mikrobiální aktivitu. Dalším důležitým faktorem je pH, s klesajícím pH vzrůstá antimikrobiální účinnost chitosanu.

Chitosan je netoxický, biodegradabilní a biokompatibilní. Využívá se v biomedicíně, kosmetice, agrochemii, ke konzervaci potravin, čištění vody a impregnaci textilií. Dále bývá chitosan využíván jako potravinový doplněk k redukci hmotnosti a snížení cholesterolu v krvi [39-41].



Obrázek 6 Vzorec chitosanu [42]

1.3.3.2 Antimikrobiální peptidy

Antimikrobiální peptidy (AMP) jsou proteiny s malou molekulovou hmotností a jsou složkou první obranné linie organismů proti infekčním mikroorganismům. V přírodě jsou všudypřítomné a mají více než 1000 známých zástupců. Na základě struktury můžeme AMP rozdělit do čtyř skupin: β -list, α -helix, smyčka a rozvolněné peptidy. Do těchto skupin dělíme jak peptidy izolované z přírodních zdrojů, tak syntetické peptidy.

AMP jsou obvykle kladně nabitě a mají jak hydrofobní, tak hydrofilní stranu, která umožňuje, aby molekula byla rozpustná ve vodném prostředí, ale také vstoupila do membrán bohatých na lipidy. Jakmile se AMP dostanou k cílové mikrobiální membráně, dojde k vytváření selektivní kanálů, ztrátě buněčného obsahu a nakonec k usmrcení cílové mikrobiální buňky.

Antimikrobiální peptidy se používají jako náhrada za antibiotika, která jsou rezistentní vůči určitým mikroorganismům. Dále se používají k léčbě, případně prevenci systematických bakteriálních, kvasinkových a virových infekcí a k onemocnění způsobených parazity [43].

1.3.3.3 Kvartérní amoniové soli

Kvartérní amoniové soli (KAS) jsou iontové sloučeniny. Kationtová část je tvořena kvartérním amoniovým kationtem, který má obecnou strukturu NR_4^+ . R zde zastupuje uhlovodíkové zbytky navázané na pozitivně nabitý dusíkový atom. Kvartérní dusík může být

součástí aromatického nebo alifatického cyklu. Aniontová část bývá zastoupena halogenidovými ionty, případně anionty sulfátovými nebo sulfonátovými.

Antimikrobiální účinky kvartérních amoniových sloučenin jsou známy již od roku 1930 [44]. KAS působí inhibičně na růst gram pozitivních a gram negativních bakterií, plísní a kvasinek. Díky tomu jsou hojně využívány jako antiseptika, antibakteriální a antifungicidní látky. Mechanismus antimikrobiálního účinku je založen na elektrostatických interakcích mezi pozitivně nabitým atomem dusíku látky a negativně nabitou buněčnou membránou, tím dochází ke změnám propustnosti a následnému zániku bakteriální buňky.

Kvartérní amoniové soli jsou často používány k barvení biologických materiálů (Gramovo barvení, detekce DNA), jelikož však jsou několikanásobně zředěné, nepůsobí při aplikaci bakteriostaticky ani baktericidně. KAS jsou dále využívány jako konzervační, sterilizační a dezinfekční prostředky, nebo jako tenzidy a změkčovadla v textilní chemii [45,46].

1.4 Mikroorganismy z hlediska hygienických nátěrů

1.4.1 Bakterie

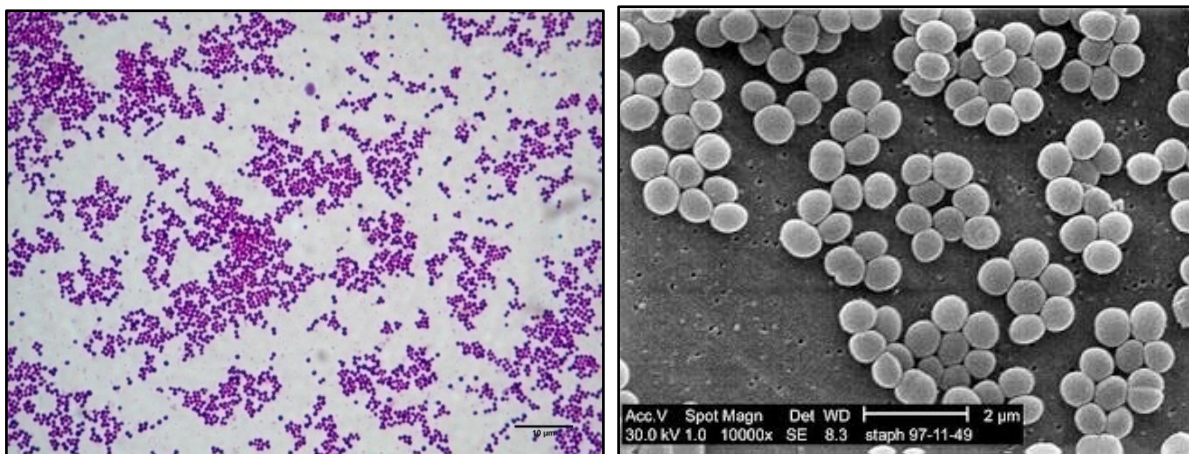
Bakterie jsou jednobuněčné prokaryotické organismy. Mohou tvořit koky, tyčinky nebo vlákna. Bakterie jsou nedílnou součástí našeho života. Některé druhy jsou pro lidský organismus prospěšné a některé jsou naopak škodlivé (patogenní). Mezi bakterie způsobující nemocniční nákazy, tzv. nozokomiální infekce, patří především *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa* [18,21,47-49].

1.4.1.1 *Staphylococcus aureus*

Zlatý stafylokok patří do skupiny grampozitivních koků. Mohou být uspořádány jednotlivě, ve čtveřicích a v krátkých řetězcích, ale nejčastěji tvoří shluky ve tvaru hroznu (Obrázek 7). Velikost stafylokoka je v průměru 0,5 – 1,5 μm .

Staphylococcus aureus je velmi častý lidský patogen. Běžně se vyskytuje na kůži a sliznicích přibližně u jedné třetiny lidí, aniž by vyvolal zdravotní obtíže. Onemocnění se projeví, dojde-li ke snížení rezistence, například poškozením kůže nebo sliznic. Pokud pronikne do tkání, může vyvolat hnisavá onemocnění sahající od lokalizovaných onemocnění (infekce ran, mastitidy, tonzilitidy, folikulitidy) až po invazivní onemocnění (endokarditidy, artritidy, pneumonie, sepse). Z tohoto důvodu patří mezi hlavní zástupce způsobující nozokomiální infekce.

Pro laboratorní diagnózu se odebírají vzorky hnisu z abscesů, ran nebo popálenin, dále výtěry z nosu a krku, vzorky stolice, zvratků nebo moči dle konkrétního onemocnění. Stafylokoky lze prokázat kultivací na živném nebo krevním agaru, barvením dle Grama, nebo lze použít rychlé speciální identifikační testy, založené na průkazu hemolytické aktivity a na fermentaci cukrů [18,21,47-49].



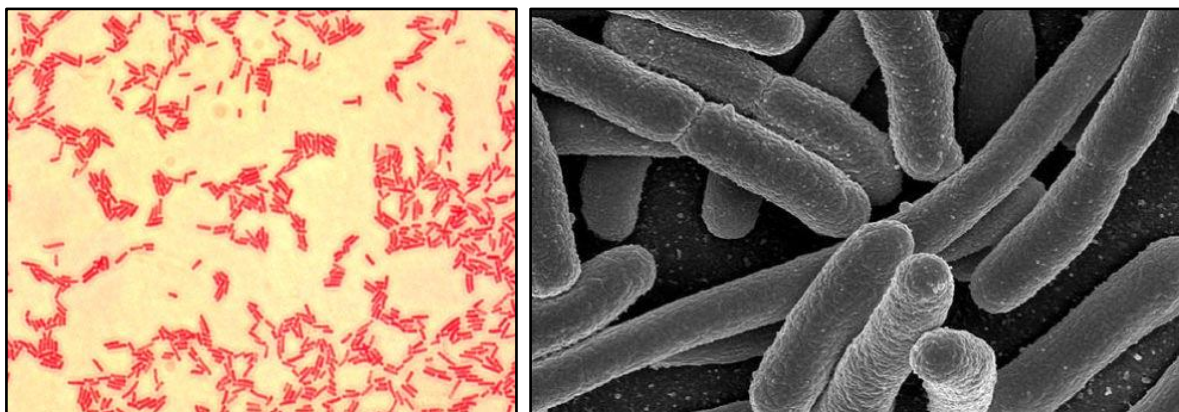
Obrázek 7 *Staphylococcus aureus*: vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [50], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [51]

1.4.1.2 *Escherichia coli*

Bakterie rodu *Escherichia* jsou gramnegativní fakultativně anaerobní rovné tyčinkovité bakterie (Obrázek 8). Netvoří spory a obvykle bývají pohyblivé. Některé kmeny tvoří polysacharidové pouzdro. Jejich velikost je (0,5 – 0,8 x 2 – 3) μm .

Escherichia coli je běžnou součástí střevní mikroflóry zdravých lidí. Některé její kmeny vyvolávají onemocnění pouze v patologickém prostředí nebo u oslabených jedinců. Mezi nejznámější onemocnění patří infekce močových cest, sepse a meningitidy novorozenců, pooperační sepse a abscesy v orgánech. Dále může způsobovat cestovatelské průjemy, hemorhagickou kolitidu či krvavý průjem.

K průkazu jsou odebírány vzorky stolice, moči a výtěry ze sliznic. *E. coli* můžeme prokázat Gramovým barvením, kultivací na vhodných půdách s následnou izolací kmene a vyšetřením jeho citlivosti k antibiotikům [18,21,47-49].



Obrázek 8 *Escherichia.coli*: vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [52], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [53]

1.4.1.3 Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonády patří mezi gramnegativní nesporulující aerobní pohyblivé tyčinky. Pohybují se pomocí jednoho nebo dvou polárně umístěných bičíků. Bývají uspořádány jednotlivě, ve dvojicích nebo tvoří krátké řetízky (Obrázek 9). Jejich velikost je (0,5 – 1 x 1,5 – 5) μm .

Pseudomonas aeruginosa se hojně vyskytuje v různých vodách včetně odpadních, ve střevě obratlovců, v půdě a na rostlinách. Ve velkém množství může zamořovat nemocniční prostředí. Nejčastěji kontaminuje katétry, infuzní roztoky, dýchací přístroje apod. Z toho důvodu náleží k obávaným původcům nozokomiálních nákaz (podílí se na nich ve více než 10 % případů). Biochemicky jsou pseudomonády velmi aktivní. Tvoří velkou řadu pigmentů, které obarvují kolonie a jejich okolí, např.: zelenomodrý pyocyanin, žlutozelený pyoverdin, červený pyorubin a hnědý melanin.

Pseudomonády jsou spojovány s širokým spektrem onemocnění. U hospitalizovaných pacientů se jedná především o katérové močové infekce, infikované bércové vředy, proleženiny, popáleniny nebo infekce oka. Infekce, které vzniknou mimo nemocnici, jsou povrchové a mají mírný průběh. U pacientů oslabených léčbou imunosupresivy, leukemií nebo u starých osob má vznik infekce vysokou mortalitu.

K identifikaci této bakterie se používá klinický materiál jako je hnis, moč, stolice, sputum, stěry z ran atd. K průkazu se používá Gramovo barvení, mikroskopie nebo kultivace na běžných půdách (krevní agar, Endův agar) nebo na speciálních selektivních půdách [18,21,47-49].



Obrázek 9 *Pseudomonas aeruginosa*: vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [54], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [55]

1.4.2 Plísně

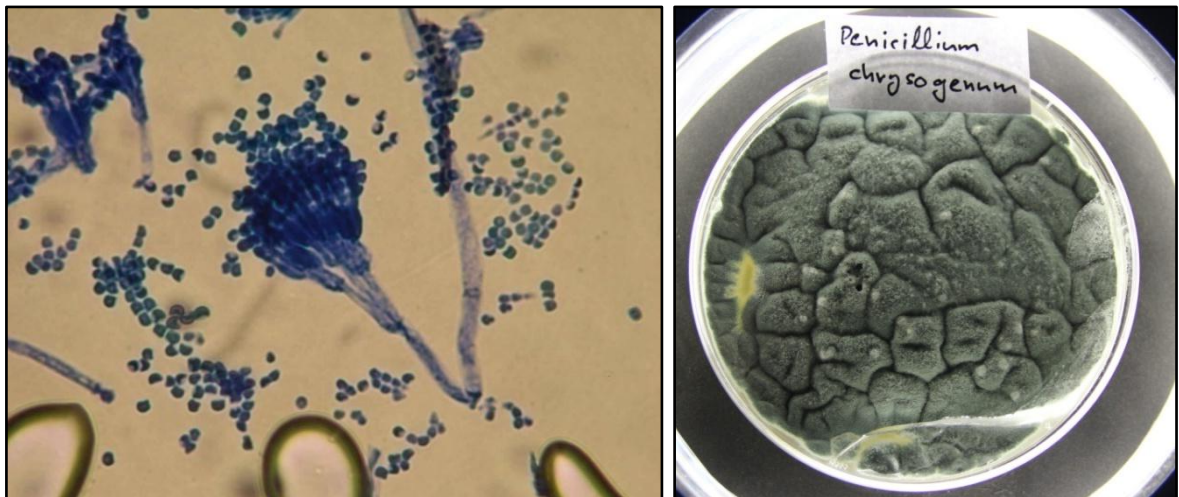
Termínem plísně označujeme mikroskopické vláknité eukaryotní mikroorganismy. Plísně řadíme mezi houby (*Fungi*), pro houby mikroskopických rozměrů je užíván název mikromycety. Projevují se tím, že vytvářejí jemné vláknité povlaky například na potravinách, rostlinných produktech, krmivech, či na vhodných půdách v mikrobiologické laboratoři. Nárůsty plísní (mycelia) mohou mít různou barvu, bílou, krémovou, žlutou, zelenou, šedou, černou, podle toho, o jaký druh plísně se jedná. Plísně jsou kultivačně poměrně nenáročné, vyhovuje jim tma a vlhko, na rozdíl od bakterií rostou při běžné laboratorní teplotě. Plísně se rozmnožují pomocí spor, které se přenášejí vzduchem a bývají velmi odolné. Plísně obvykle nenapadají zdravý makroorganismus, proto se řadí rovněž k původcům nozokomiálních infekcí [21,49].

1.4.2.1 *Penicillium chrysogenum*

Penicillium je nejrozšířenějším a nejrozsáhlejším rodem z plísň. Obsahuje asi 150 druhů, které tvoří kolonie s velkým množstvím žlutozelených až modrozelených konidií. Ty jsou na různých potravinách i jiném materiálu patrné jako zelené, sametové až moučné povlaky (Obrázek 10). Často se na nich tvoří v podobě kapek žlutý až žlutohnědý výpotek. Okraje kolonií, na kterých nejsou spory, jsou bílé.

Příslušníci rodu *Penicillium* způsobují především kažení ovoce a zeleniny. Dále se mohou vyskytovat ve vlhkých nebo vodou poškozených budovách. Tyto plísně produkují různé druhy mykotoxinů a některé mohou vyvolávat alergické reakce.

Diagnostiku můžeme provádět kultivací na Czapekově agaru. Při mikroskopickém vyšetření můžeme pozorovat kolonie připomínající štětec, odtud plyne český název plíseň štětičková [21,47,49].



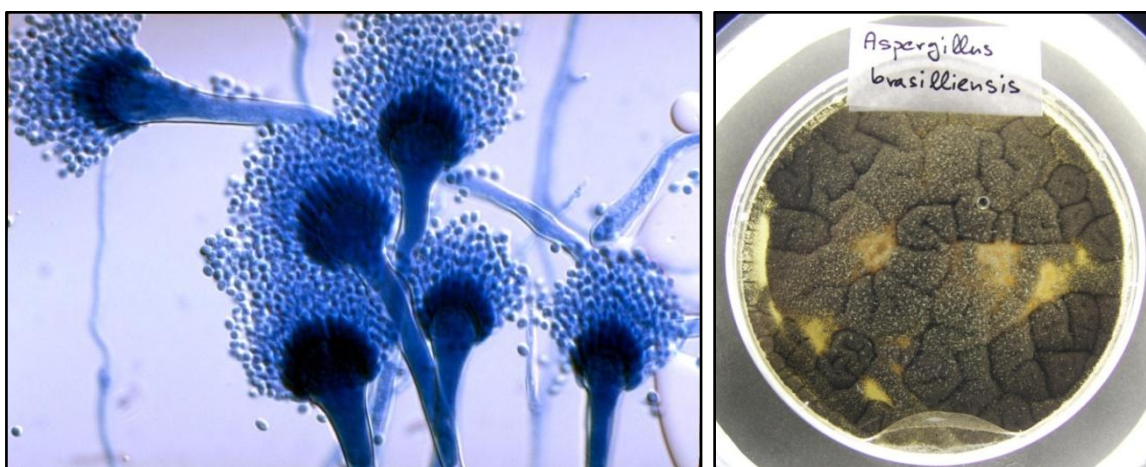
Obrázek 10 *Penicillium chrysogenum*: vlevo světelný mikroskop [56], vpravo na MALT agaru

1.4.2.2 *Aspergillus brasiliensis*

Do rodu *Aspergillus* patří převážně rychle rostoucí mikromycety tvořící chmýřovité kolonie zbarvené do černa (Obrázek 11). Rostou dobře za 3 – 5 dnů na různých půdách. Patří k nejrozšířenějším houbám v prostředí, vyskytují se jako saprofyté na rostlinných substrátech (obilní výrobky, tlející rostliny, ovoce apod.).

Aspergillus je přenášen vzdušnou cestou pomocí spor. Po inhalaci spor může dojít ke kolonizaci již dříve vytvořených dutin (vznikne tzv. aspergilom), nebo vznikne reakce přecitlivělosti (tzv. alergická aspergilóza). Vzácně může dojít endokarditidě, invazivnímu plicnímu onemocnění a diseminaci do orgánů. K tomuto typu onemocnění může docházet u osob se sníženou imunitou.

K identifikaci této plísně je používán klinický materiál, jako je sputum, bronchiální výplachy nebo biopsie tkáně. Diagnostiku můžeme provádět pomocí přímého mikroskopického vyšetření nebo pomocí kultivace na běžných půdách. Při alergické aspergilóze můžeme použít kožní testy [21,47,49].

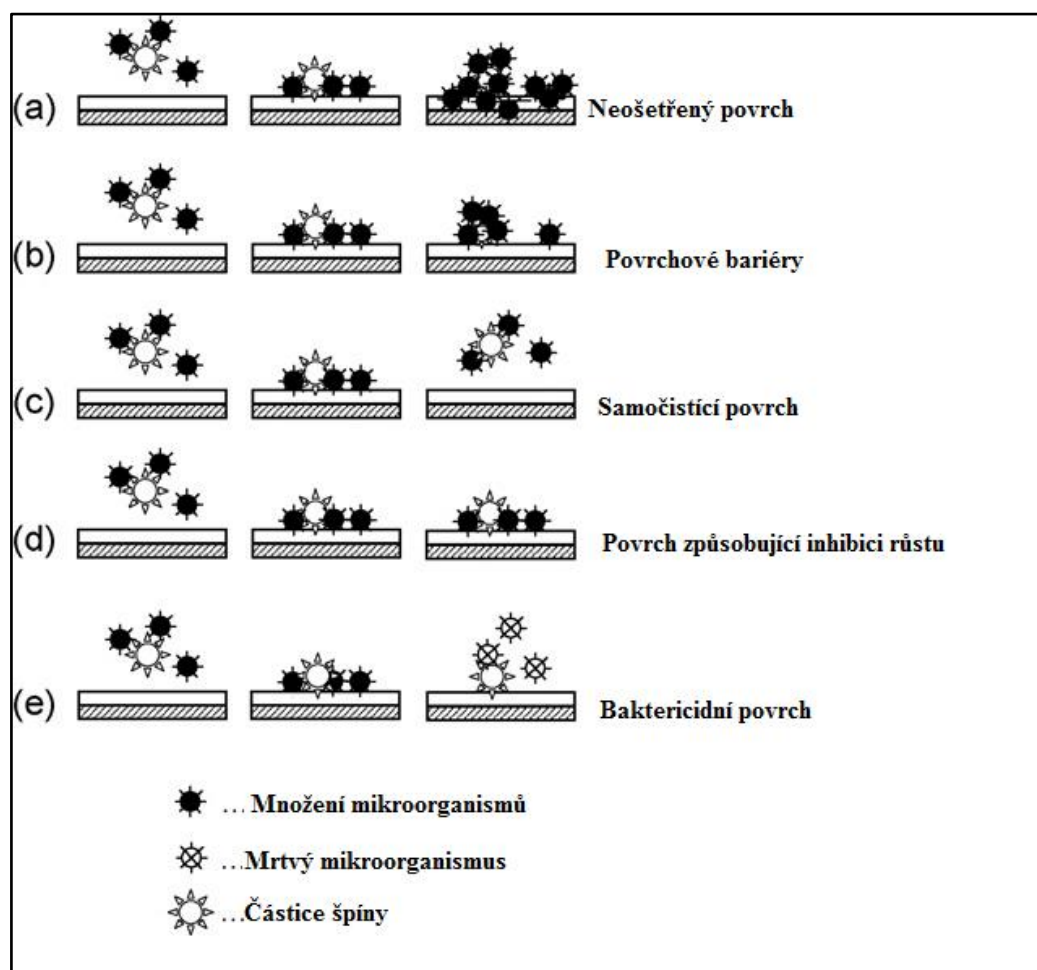


Obrázek 11 *Aspergillus brasiliensis*: vlevo světelný mikroskop [57], vpravo na MALT agaru

1.5 Testování biocidních účinků nátěrů

Testování biocidních účinků nátěrů se výrazně liší v závislosti na konkrétní aplikaci. V rámci Evropské unie ani celosvětově neexistuje jednotná regulace metod testování.

Metody testování jsou založeny na růstu mikrobiální kultury na vhodném kultivačním médiu (agar, bujon). Hodnotí se inhibiční zóna kolem vzorku nebo inhibice růstu přímo na nebo pod povrchem vzorku [58]. Obecný princip účinnosti nátěru můžeme vidět na Obrázku 12.



Obrázek 12 Princip účinnosti hygienických nátěrů [58]: a) neošetřený povrch, b) povrch nepodporující růst mikroorganismů, c) povrch brání navázání růstových substrátů (částice nečistot) a přilnutí biofilmů, d) povrch aktivně brání mikrobiálnímu růstu, e) povrch aktivně zabíjí mikrobiální kultury

Jak již bylo řečeno dříve, neexistuje jednotná regule metod testování biocidní účinnosti. Mezi nejčastější způsoby patří hodnocení inhibice růstu přímo na nebo pod povrchem vzorku. Konkrétně se těmito metodami budeme zabývat v následujícím textu.

1.5.1 Metoda hodnocení přežívání mikroorganismů na nátěru

Testované nátěry se nanesou na filtrační papír, po zaschnutí se z nich vytvoří vzorky o rozměrech 5 cm x 5 cm. Tyto vzorky se umístí na Petriho misku s živným agarem nátěrem nahoru. Ve fyziologickém roztoku se vytvoří suspenze testovaných mikrobiálních kultur tak, aby každá suspenze obsahovala 10^6 buněk/ml. Následně se na vzorky na Petriho miskách nanese 0,1 ml vytvořené mikrobiální suspenze. Poté se plotny s naočkovanými mikroorganismy nechají kultivovat při teplotě a čase vhodném pro danou kulturu. U této metody se hodnotí nárůst mikrobů na povrchu nátěru a posuzuje se případná inhibiční zóna [59].

1.5.2 Metoda se vzorkem na povrchu živné půdy

Metoda je založena na principu smíchání suspenze kontrolního mikroorganismu s živnou půdou. Nejprve se jedna očkovací klička kontrolního kmene suspenduje v 9 ml fyziologického roztoku, ze kterého se 0,5 ml očkuje přelitím do živné půdy. Po ztuhnutí se na povrch půdy položí čtverec testovaného vzorku o rozměrech 5 cm x 5 cm aktivní stranou dolů. Každý vzorek se připraví zvlášť na samostatnou Petriho misku. Poté se plotny s naočkovanými mikroorganismy nechají kultivovat při teplotě a čase vhodném pro danou kulturu. U této metody se hodnotí šířka inhibiční zóny v milimetrech kolem čtverce vzorku, dále se hodnotí, zda je inhibice úplná nebo jen částečná a zda neprorůstají rezistentní kolonie. Je-li antibakteriální účinek vzorku slabý, nevzniká inhibiční zóna okolo vzorku, ale růst mikroorganismů je inhibován ve vrstvě půdy pod obalem. V takovém případě se účinek hodnotí pouze kvalitativně: pod vzorkem neinhibuje/ inhibuje částečně/ inhibuje zcela [60].

1.5.3 Metoda se vzorkem na dně Petriho misky

Na dno Petriho misky se položí čtverec testovaného vzorku o rozměrech 5 cm x 5 cm aktivní stranou nahoru. Jedna očkovací klička kontrolního kmene se suspenduje v 9 ml fyziologického roztoku, poté se očkuje 3 % obj. do lahvičky obsahující rozehřátou živnou půdu. Takto naočkovaná půda se nalije na Petriho misku se vzorkem. Poté se plotny s naočkovanými mikroorganismy nechají kultivovat při teplotě a čase vhodném pro danou kulturu. U této metody se hodnotí šířka inhibiční zóny v milimetrech kolem čtverce vzorku, dále se hodnotí, zda je inhibice úplná nebo jen částečná a zda nepronárají rezistentní kolonie. Je-li antibakteriální účinek vzorku slabý, nevzniká inhibiční zóna okolo vzorku, ale růst mikroorganismů je inhibován ve vrstvě půdy pod obalem. V takovém případě se účinek hodnotí pouze kvalitativně: pod vzorkem neinhibuje/ inhibuje částečně/ inhibuje zcela [61].

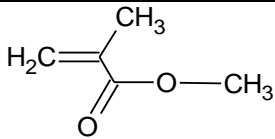
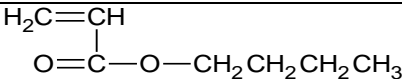
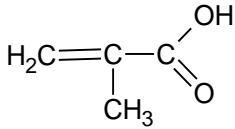
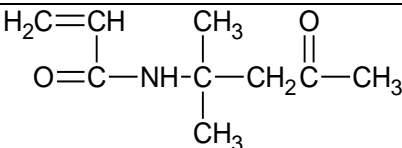
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Přehled použitých chemikálií

2.1.1 Monomery

K syntéze latexů byly použity následující monomery: methylmethakrylát, butylakrylát, kyselina methakrylová a diacetonakrylamid. Jejich charakteristické vlastnosti jsou uvedeny v Tabulkách 1 a 2.

Tabulka 1 Zkratky a chemické vzorce použitých monomerů

Monomer	Zkratka	Chemický vzorec	Výrobce
Methylmethakrylát	MMA		Sigma-Aldrich s.r.o.
Butylakrylát	BA		Sigma-Aldrich s.r.o.
Kyselina methakrylová	KMA		Sigma-Aldrich s.r.o.
Diacetonakrylamid	DAAM		Sigma-Aldrich s.r.o.

Tabulka 2 Charakteristické vlastnosti monomerů

Monomer	M [g/mol]	Bod tání [°C]	Bod varu [°C]	Hustota [g/cm ³]	CAS No.
MMA	100,1	-48	100	0,943	80-62-6
BA	128,2	-64	147	0,883	141-32-2
KMA	86,1	15	160	1,018	79-41-4
DAAM	169,2	56	120	0,965	2873-97-4

2.1.2 Chemikálie použité k syntéze latexů

- **Disponil FES 993 IS**

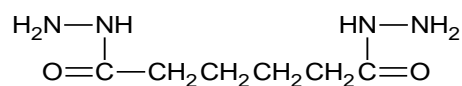
- emulgátor
- CAS No.: 68891-38-3
- anionaktivní tenzid na bázi sodné soli mastné kyseliny
- pH: 7 – 8,5
- Hustota: 1,1 g.cm⁻³
- Výrobce BASF Inc.

- **Peroxodisíran amonný (NH₄)₂S₂O₈**

- iniciátor
- CAS No.: 7727-54-0
- Obsah aktivní složky: 99,9 %
- Molární hmotnost: 228 g.mol⁻¹
- Výrobce: Lach-Ner s.r.o.

- **Dihydrazid kyseliny adipové (ADH)**

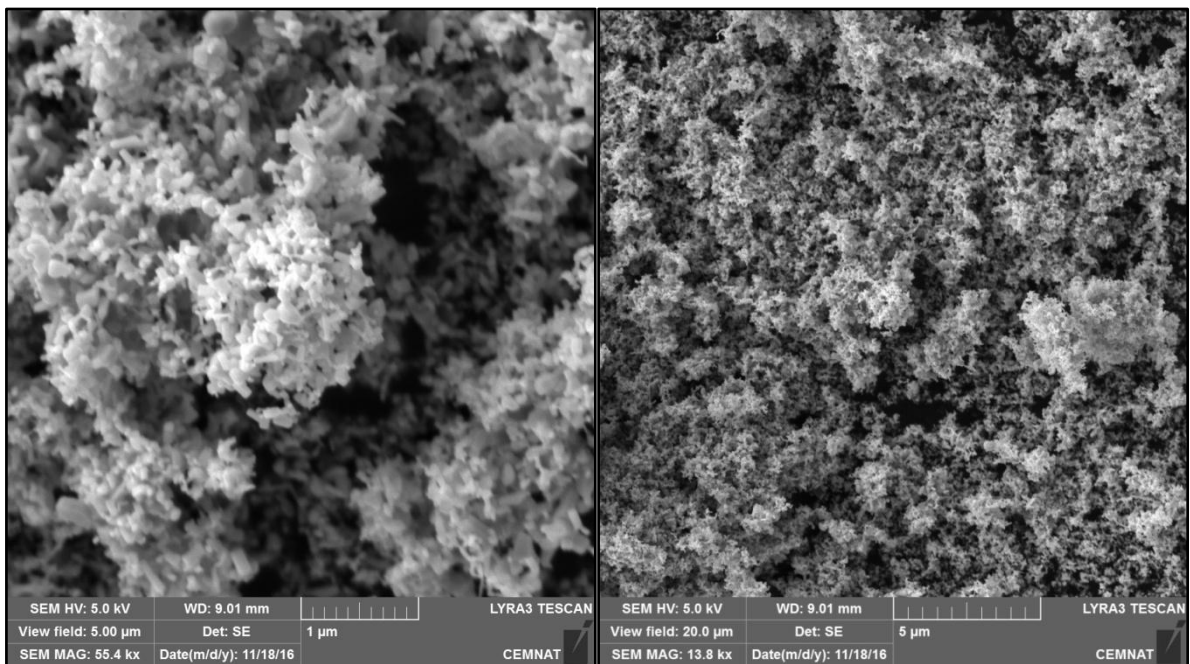
- Síťovadlo
- CAS No.: 1071-93-8
- Molární hmotnost: 174,2 g.mol⁻¹
- Bod tání: 176 – 185 °C
- Výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o.



Obrázek 13 Struktura síťovadla ADH

2.1.3 Nanočástice

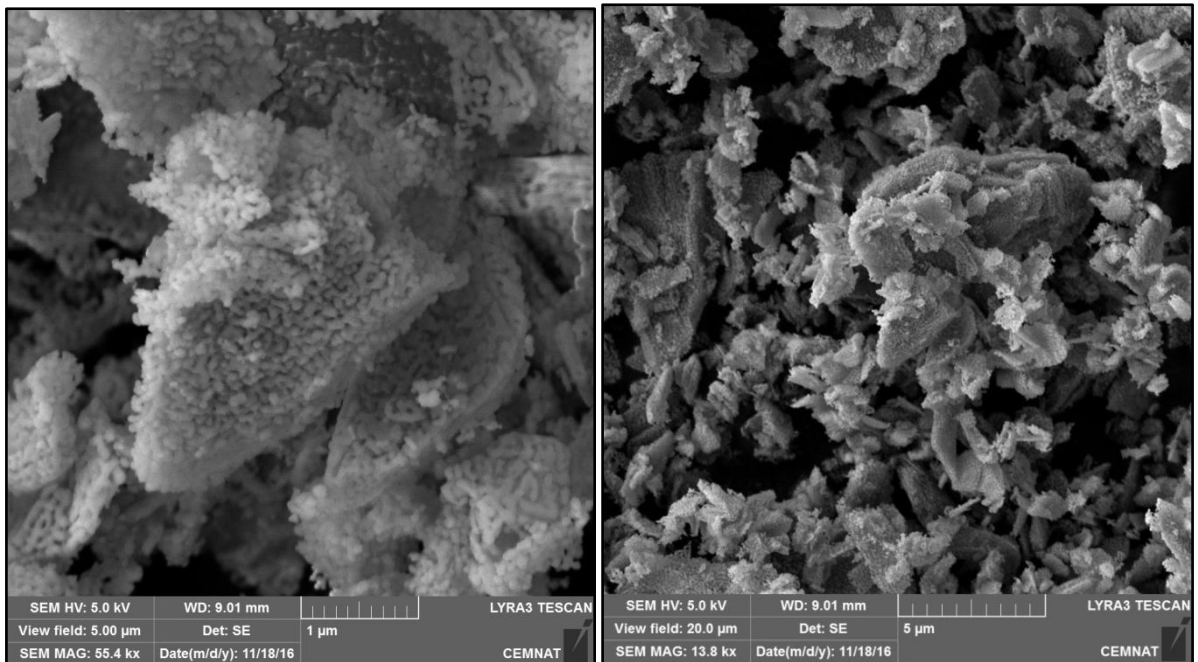
- **ZnO**
 - CAS No.: 1314-13-2
 - Čistota: 99 %
 - Velikost částic: <100 nm
 - Výrobce: Alfa Aesar



Obrázek 14 Morfologie nanočástic ZnO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

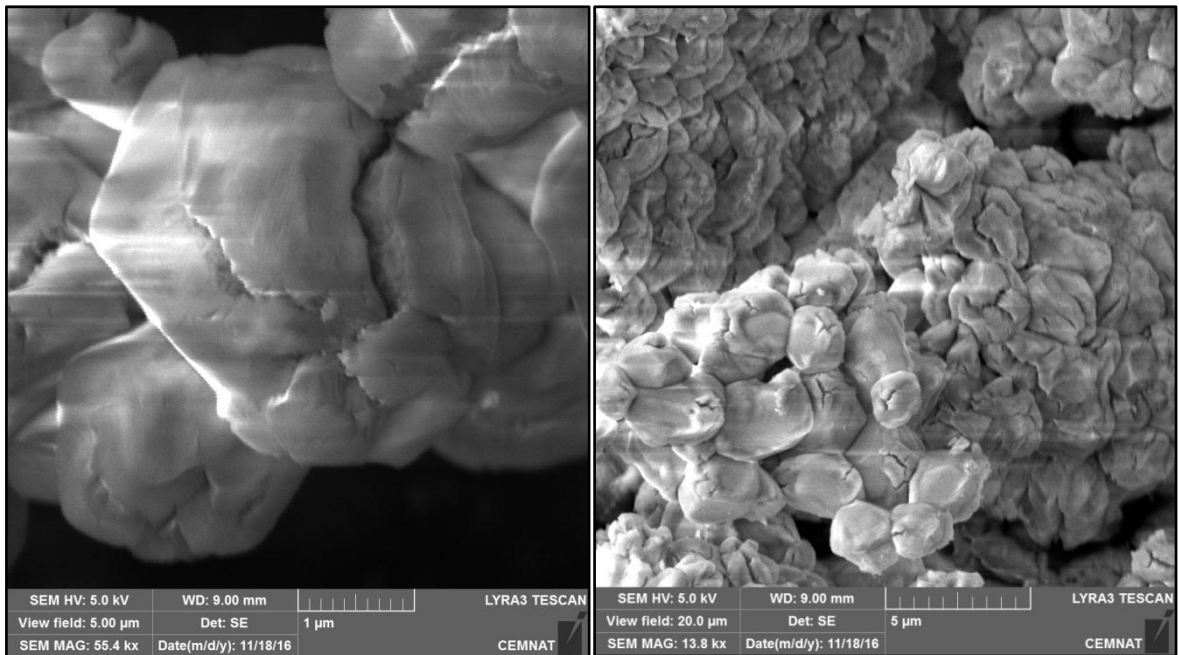
- **MgO**
 - CAS No.: 1309-48-4
 - Čistota: 98 %
 - Velikost částic: <200 nm
 - Výrobce: Lach-Ner



Obrázek 15 Morfologie nanočástic MgO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

- **CaO**
 - CAS No.: 1305-78-8
 - Čistota: 99 %
 - Velikost částic: <140 nm
 - Výrobce: Alfa Aesar



Obrázek 16 Morfologie nanočástic CaO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení

2.2 Postup přípravy latexů

Pomocí emulzní polymerace byly připraveny tři sady latexů, lišící se typem použitých nanočástic, podle níže uvedené receptury a postupu, sestavení aparatury je znázorněno na Obrázku 17.

Do reakční nádoby byla předložena destilovaná voda a emulgátor dle receptury uvedené v Tabulce 3. Bylo zapnuto míchadlo a přívod inertního plynu (N_2) byl nastaven tak, aby vodním uzávěrem zpětného chladiče procházely bubliny. Reaktor byl temperován na 85 °C.

Do emulgační baňky byla předložena destilovaná voda, roztok iniciátoru $(NH_4)_2S_2O_8$, emulgátor Disponil FES 993 IS a monomery tvořící Core. Mícháním byla vytvořena emulze monomerů. Po ustálení teploty v reakční nádobě na 85 °C a zhomogenizování emulze v emulgační baňce byl přidán do reakční nádoby iniciátor a za stálého míchání reakční směsi bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů. Doba přikapávání byla 90 min. Po skončení přikapu byla udržována teplota reakční směsi na 85 °C po dobu 15 min.

V emulgační baňce byla připravena emulze monomerů tvořící Shell. Pro vzorky obsahující nanočástice ZnO a CaO byl postup následující:

Do Ehrlenmayerovy baňky byla předložena destilovaná voda, DAAM, emulgátor a prášek nanočástic (ZnO, CaO). Tato směs byla pomocí dispergátoru Heidoph dispergována po dobu 10 min při otáčkách 14 000 rpm. Poté byla baňka umístěna do ultrazvukové lázně na 20 min. Po vyjmutí z lázně byla směs opět po dobu 10 min dispergována. Do druhé baňky byly předloženy monomery MMA, BA a KMA. Po dispergaci byly obě baňky smíchány a celá směs byla přelita do emulgační baňky. Obě baňky byly vypláchnuty roztokem iniciátoru, který byl následně přidán do emulgační baňky. Ihned nato bylo spuštěno přikapávání monomerů. Doba přikapávání byla 90 min.

Pro vzorky obsahující nanočástice MgO byl postup následující:

Do Ehrlenmayerovy baňky byla předložena destilovaná voda, emulgátor a KMA. Celá směs byla krátce zamíchána. Do druhé baňky byly předloženy monomery (MMA, BA) a prášek nanooxidů (MgO). Tato směs byla pomocí dispergátoru Heidoph dispergována

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

po dobu 3 min při otáčkách 14 000 rpm. Poté byla baňka umístěna do ultrazvukové lázně na 1 hod. Po vyjmutí z lázně byla směs opět krátce dispergována. Po dispergaci byly obě baňky smíchány, krátce dispergovány a celá směs byla přelita do emulgační baňky. Obě baňky byly vypláchnuty roztokem iniciátoru, který byl následně přidán do emulgační baňky. Ihned bylo spuštěno přikapávání monomerů. Doba přikapávání byla 90 min.

Po skočení přikapu emulze monomerů byla udržována teplota reakční směsi na 85 °C po dobu 120 min. Vzniklý latex byl za neustálého míchání ochlazen v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C, přefiltrován a uložen v PE lahvi. U připraveného latexu byl stanoven obsah koagulátu, sušina, pH, viskozita, velikost částic, mikroskopie, T_g a podíl solu a gelu.

Latex byl poté zneutralizován pomocí 10 % vodného roztoku amoniaku na pH 8,4 - 8,5. U zneutralizovaného latexu byla znovu stanovena viskozita.

Tabulka 3 Reakční komponenty

Násada do reaktoru	[g]
Voda	27,5
Disponil FES 993 IS	0,25
Roztok peroxidisíranu amonného (0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 7,5 ml vody)	7,7
Emulze monomerů Core	[g]
Voda	30
Disponil FES 993 IS	3,7
Monomery	50
Roztok peroxidisíranu amonného (0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 7,5 ml vody)	7,7
Emulze monomerů Shell	[g]
Voda	55
Disponil FES 993 IS	3,7
Monomery	50
Roztok peroxidisíranu amonného (0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ v 7,5 ml vody)	7,7

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tabulka 4 Složení latexů obsahujících nanočástice ZnO

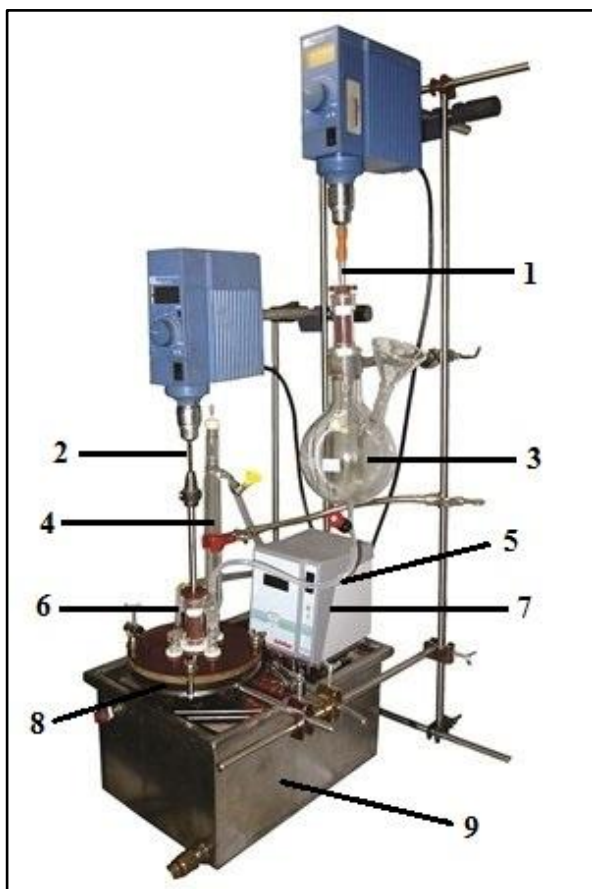
Označení vzorku	Složení monomerní násady [g] MMA/BA/KMA/DAAM/ZnO	
	Core	Shell
L0	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/0
LZ1	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/1
LZ2	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/2
LZ3	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/3

Tabulka 5 Složení latexů obsahujících nanočástice MgO

Označení vzorku	Složení monomerní násady [g] MMA/BA/KMA/DAAM/MgO	
	Core	Shell
L0	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/0
LM1	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/1
LM2	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/2
LM3	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/3

Tabulka 6 Složení latexů obsahujících nanočástice CaO

Označení vzorku	Složení monomerní násady [g] MMA/BA/KMA/DAAM/CaO	
	Core	Shell
L0	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/0
LC1	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/1
LC2	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/2
LC3	21/26,5/2,5/0/0	20,5/26/1/2,5/3



Obrázek 17 Aparatura pro emulzní polymeraci:

1 – rychloběžné míchadlo, 2 – míchadlo, 3 – emulgační baňka, 4 – zpětný chladič, 5 – přívod monomerů, 6 – přívod inertního plynu (N_2), 7 – termostat, 8 – polymerační reaktor, 9 – vodní lázeň

2.3 Příprava samosít'ujících latexů

Ze zneutralizovaného latexu byla zhotovena samosít'ující vodná disperze. Bylo přidáno odpovídající množství ADH (dihydrazid kyseliny adipové) ve formě cca 10 % vodného roztoku. Rozpustnost ADH ve vodě je 100 mg/ml. Přesný poměr vytvrzení: 1 g DAAM / 0,514 g ADH. Roztok ADH byl dávkován za stálého míchání latexu po kapkách, aby se zabránilo srážení latexu.

Byly rovněž připraveny 3 směsné latexy, jejichž komponentami byly latexy LZ3 (obsahující teoreticky nejvyšší obsah nanočástic ZnO) a LM3 (obsahující teoreticky nejvyšší obsah nanočástic MgO) v hmotnostních poměrech 25 : 75, 50 : 50 a 75 : 25 (vztaženo na celkovou hmotnost disperze). Označení a složení směsných latexů je uvedeno v Tabulce 7.

Tabulka 7 Složení směsných latexů obsahujících nanočástice ZnO a MgO

Označení vzorku	Poměr LM3 : LZ3 [hm. %]
SM25	25 : 75
SM50	50 : 50
SM75	75 : 25

2.4 Tvorba nátěrových filmů a jejich hodnocení

Pro každý samosít'ující latex včetně směsných latexů byly zhotoveny nátěry na skleněné podložce. Pro stanovení lesku bylo použito speciální sklo opatřené matným černým nátěrem. Nátěry byly zhotoveny pomocí nanášecího pravítka s velikostí štěrbin 120 μm . Nátěrové filmy byly ponechány vysychat při laboratorní teplotě po dobu 30 dní. Po této době byly sledovány tyto vlastnosti:

- Vzhled
- Lesk
- Tloušťka
- Tvrdost tlumením kyvadla dle Persoze

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

- Povrchová tvrdost tužkami
- Mřížková zkouška
- Odolnost methylethylketonu
- Odolnost kapalinám – kloboučková metoda
- Odtrhová zkouška přilnavosti

Pro každý samosíťující latex včetně směsných latexů byly dále zhotoveny nátěry na ocelové podložce. Nátěry byly zhotoveny pomocí nanášecího pravitka s velikostí štěrbiny 200 μm . Dvě hodiny po natření byla vyhodnocena koroze a byl proveden test na bleskovou korozi. Poté byly nátěrové filmy ponechány vysychat při laboratorní teplotě po dobu 30 dní. Po této době byly sledovány tyto vlastnosti:

- Lesk
- Tloušťka
- Mřížková zkouška
- Zkouška padajícím závažím
- Ohybová zkouška
- Zkouška hloubením

Pro každý samosíťující latex (obsahující ADH) i pro jemu odpovídající latex bez přídavku ADH byly odlity filmy do silikonové formy o rozměrech (100 x 50 x 2) mm. Filmy byly ponechány při laboratorní teplotě po dobu 30 dní. Po této době byly studovány tyto vlastnosti:

- Extrahovatelný podíl
- Tahové vlastnosti
- Absorpce vody
- Obsah popela

- Koncentrace nanočástic v nátěrovém filmu pomocí emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
- Teplota skelného přechodu
- Složení pomocí infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací
- Přítomnost a rozmístění nanočástic v nátěrovém filmu pomocí skenovací elektronové mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou

Pro každý samosíťující směsný latex rovněž byly do silikonové formy odlity filmy a po 30 dnech vysychání byly hodnoceny tyto vlastnosti:

- Extrahovatelný podíl
- Tahové vlastnosti
- Absorpce vody

2.5 Příprava nátěrů pro antimikrobiální hodnocení

Pro hodnocení antimikrobiálních účinků byly připraveny nátěry na filtračním papíře Munktell Filtrak 391 o průměru 15 cm a gramáži 84 g/m². Filtrační papír byl před nanesením nátěru vystaven po dobu 30 minut UV záření o vlnové délce 300 – 400 nm. Samosíťující latexy byly na filtrační papír aplikovány štětcem ve čtyřech vrstvách. Mezi nanášením jednotlivých vrstev byl dodržován časový odstup 3 hod. Po zaschnutí byly z papíru vystříženy zkušební vzorky o rozměrech 5 cm x 5 cm, které byly aplikovány sterilní pinzetou na povrch čistého agaru (MPA, MALT) nátěrem nahoru. Takto připravené vzorky byly použity pro testování antimikrobiálních účinků latexů.

2.6 Příprava fyziologického roztoku a živných půd

Fyziologický roztok (Lachema a.s., ČR)

- Složení: 8,5 g NaCl / 1000 ml destilované vody
- Postup přípravy:

Fyziologický roztok byl připraven rozpuštěním 8,5 g NaCl v 1000 ml destilované vody. Následně byl roztok sterilizován v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Vychladlý fyziologický roztok byl uchováván v lednici při teplotě 2 – 5 °C.

Živný agar č. 2 – MPA (HIMEDIA, Indie)

- Složení v 1000 ml půdy:
 - masový pepton 10 g
 - hovězí extrakt 10 g
 - chlorid sodný 5 g
 - agar 15 g

- Postup přípravy:

Živný agar č. 2 byl připraven navážením 40 g práškového agaru do 1000 ml destilované vody. Půda byla následně sterilizována v autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. Po sterilizaci byl agar ochlazen na teplotu cca 45 °C a naléván do Petriho misek. Ztuhlý agar v miskách byl poté uchováván v lednici při teplotě 2 – 5 °C.

MALT agar (HIMEDIA, Indie)

- Složení v 1000 ml půdy:
 - Sladový extrakt 30 g
 - Agar 15 g

- Postup přípravy:

MALT agar byl připraven navážením 45 g práškového agaru do 1000 ml destilované vody. Poté byla půda sterilizována v autoklávu při 121 °C po dobu 15 minut. Po sterilizaci byl

agar ochlazen na teplotu cca 45 °C a naléván do Petriho misek. Ztuhlý agar v miskách byl uchováván v lednici při teplotě 2 – 5 °C.

2.7 Příprava čistých mikrobiálních kultur

Jako testovací mikroorganismy byly použity sbírkové kultury.

Bakterie:	<i>Staphylococcus aureus</i>	CCM 4223
	<i>Escherichia coli</i>	CCM 4517
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CCM 3955
Plísně:	<i>Penicillium chrysogenum</i>	CCM 8034
	<i>Aspergillus brasiliensis</i>	CCM 8222

Zásobní kultury mikroorganismů byly pěstovány na příslušných agarech (MPA, MALT agar) a po inkubaci při optimálních podmínkách byly uchovávány v lednici. Jednou měsíčně byly mikroorganismy přeočkovány.

2.8 Použité metody

2.8.1 Stanovení obsahu koagulátu

Koagulát je množství disperze, které se srazí v průběhu polymerace. Zkoagulované částice byly odděleny na jemném síti po dokončení polymerace a po vysušení byly zváženy. Obsah koagulátu byl vypočten v procentech podle vzorce:

$$\text{obsah koagulátu [\%]} = \frac{m_{(\text{koagulátu})}}{\frac{\text{sušina [\%]}}{100} \cdot m_{(\text{emulze})} + m_{(\text{koagulátu})}} \cdot 100$$

2.8.2 Stanovení obsahu sušiny

Stanovení obsahu sušiny bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 3251. Sušina představuje hmotnostní obsah netěkavých podílů ve vodné disperzi. Do čisté a vysušené Petriho misky byl na analytických vahách navážen $1,0 \pm 0,2$ g vzorku. Miska se vzorkem byla vložena na 60 minut do sušárny s nucenou cirkulací vyhřáté na 105 °C. Po vysušení byla miska vložena do exsikátoru a po vychladnutí byla zvážena. Stanovení bylo prováděno 3x pro každý vzorek a poté byl vypočítán aritmetický průměr. Obsah sušiny byl vypočítán podle vzorce:

$$S = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100$$

S – obsah sušiny [%]

m_0 – hmotnost vzorku před vysušením [g]

m_1 – hmotnost vzorku po vysušení [g]

2.8.3 Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda

Stanovení zdánlivé viskozity bylo prováděno podle normy ČSN ISO 2555. Pro měření byl použit rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E, který byl vybaven sadou čtyř vřeten LV 1 - 4. Tato norma se používá pro neneutonské kapaliny a měřená viskozita závisí na rychlostním gradientu, kterému je vzorek během měření vystaven. Ve zkoušeném vzorku se konstantní rychlostí otáčí válcovité vřeteno. Vzniklé smykové síly se indikují na číselníku.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Měření bylo prováděno při konstantní rychlosti otáčení vřetena 100 otáček/min. Vždy byl zvolen takový typ vřetena, aby měření vykazovalo hodnoty krouticího momentu v rozsahu 10 – 100 %. Hodnota zdánlivé viskozity byla odečtena přímo z displeje přístroje. Měření bylo prováděno 3x pro každý vzorek a poté byl vypočítán aritmetický průměr.

2.8.4 Stanovení vzhledu nátěrových filmů

Byly vytvořeny nátěry na skleněné desce pomocí nanášecího pravítka o velikosti štěrbin 120 μm . Po zaschnutí byl u nátěrů hodnocen zákal (Z), množství cizích částic (Č), množství bublin (B) a vzhled povrchu (P) podle kritérií uvedených v Tabulce 8.

Tabulka 8 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrových filmů

Zákal		Částice	
Z1	Bez zákalu	Č1	0 částic/cm ²
Z2	Slabý zákal	Č2	3 částice/cm ²
Z3	Silný zákal	Č3	10 částic/cm ²
Z4	Zbělení	Č4	Víc jak 10 částic/cm ²
Bubliny		Povrch	
B1	Bez bublin	P1	Hladký, slitý
B2	Ojedinele bubliny	P2	Stopy po pravítku
B3	Bubliny po celé ploše	P3	Dolíčky, krátery, pomeranč. kůra

Transparentnost nátěrových filmů byla měřena pomocí měření transmitance u vzorků nátěrových filmů tloušťky $750 \mu\text{m} \pm 120 \mu\text{m}$ (sejmutých ze silikonové podložky na přístroji). Měření bylo prováděno na spektrálním přístroji Helios Gama (Thermo Spectronic, USA). Byly provedeny tři stanovení na různých místech nátěrového filmu a jako výsledná hodnota byl uveden aritmetický průměr.

2.8.5 Stanovení pH

Stanovení hodnoty pH bylo prováděno podle normy ISO 1148. Pro měření byl použit pH metr TOLEDO vybaven skleněnou a srovnávací elektrodou. Rozdíl potenciálu mezi oběma elektrodami byl vyjádřen jako hodnota pH. Před měřením byla provedena kalibrace použitím pufrů o pH 4 a 7. Měření bylo prováděno pro každý vzorek 3x a poté byl vypočítán aritmetický průměr.

2.8.6 Stanovení minimální filmotvorné teploty

Minimální filmotvorná teplota (MFT) vzorků byla hodnocena podle normy ISO 2115 s použitím přístroje MFFT 60 (RHH s.r.o, Česká republika). Metoda je založena na vytvoření teplotního spádu na povrchu kovové desky. Teplotní rozmezí bylo voleno tak, aby se teplota bodu zblednutí nacházela přibližně uprostřed desky. Po ustálení teplot byla na povrch desky umístěna folie, na kterou byl připraven nanášecím pravitkem film o přibližné tloušťce 0,1 mm. Poté byl film vysušen v suchém vzduchu. Po zaschnutí byla stanovena hranice dotykovým teploměrem mezi průhlednou částí filmu bez trhlinek a neprůhlednou částí filmu s trhlinkami. Tato hranice odpovídá MFT vzorku.



Obrázek 18 Přístroj pro stanovení MFT vodných disperzí

2.8.7 Zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze

Zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze byla prováděna dle normy ČSN EN ISO 1522. Měření bylo prováděno na přístroji Persoz NF T 30-016 (Elcometer, Velká Británie). Podstatou této metody je stanovení počtu kyvů kyvadla spočívajícího na zkoušeném nátěrovém filmu dvěma ocelovými kuličkami. Nejprve byl proměřen standard (skleněná deska) s tvrdostí 100 % a poté byl proměřen vzorek na třech místech nátěrového filmu. Standard byl proměřen před každou sérií vzorků. Měrnou jednotkou tvrdosti nátěrových filmů jsou procenta vztahovaná k tvrdosti skleněného standardu. Výslednou tvrdostí byl aritmetický průměr tří naměřených hodnot.

$$tvrdost [\%] = \frac{\text{počet kyvů}_{\text{vzorek}}}{\text{počet kyvů}_{\text{standard}}}. 100$$

2.8.8 Stanovení povrchové tvrdosti nátěrů tužkami

Stanovení povrchové tvrdosti nátěrů tužkami bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 15184. Bylo zjišťováno číslo tužky, která jako první porušila nátěr. Zkouška je použitelná pouze pro lesklé nátěry. Tato zkouška byla prováděna za pomoci sady tužek Hardthmuth KOH-I-NOOR. Tužky byly ořezány a dokulata obroušeny. Poté byly umístěny do zařízení, které zajišťovalo konstantní sklon a zatížení tužky. Začínalo se od nejměkčí tužky. Povrchovou tvrdost udávala první tužka, jejíž čáru nebylo možné setřít prstem. Zkouška byla prováděna vždy třikrát na různých místech nátěru.

Tabulka 9 Tvrdost tužek a jejich označení

Číslo tužky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tvrdost tužky	3B	2B	B	HB	F	H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H

2.8.9 Mřížková zkouška

Mřížková zkouška byla prováděna podle normy ČSN ISO 2409 (67 3085). Tato zkouška určuje odolnost nátěru k oddělení od podkladu za podmínky, že byl nátěr proříznut až k podkladu. Poškození nátěru bylo hodnoceno vizuálně. Na nátěru byla vytvořena mřížka o šesti řezech navzájem na sebe kolmých pomocí speciálního řezacího nástroje s pěti paralelními noži vzdálenými od sebe 2 mm. Po vytvoření mřížky bylo poškození vizuálně hodnoceno podle klasifikační škály body 0 – 5 uvedené v Tabulce 10.

Tabulka 10 Hodnocení poškození nátěru u mřížkové zkoušky

Hodnocení přilnavosti	Projevy poškození
0	Hladké řezy. Žádný čtverec není poškozený.
1	Nepatrné poškození v místech křížení řezů. Poškození do 5 %.
2	Nepatrné poškození podél řezů a při jejich křížení. Poškození 5 – 15 %.
3	Částečné poškození podél řezů a při jejich křížení na různých místech. Poškození 15 – 35 %.
4	Velké změny v rozích řezů. Některé čtverečky částečně nebo zcela poškozeny. Poškození 35 – 50 %.
5	Větší změny než u stupně 4.

2.8.10 Stanovení tloušťky nátěrových filmů

Stanovení tloušťky nátěrových filmů na ocelových podložkách bylo provedeno podle normy ČSN ISO 673061. Tloušťka nátěrových filmů na skleněných podložkách byla stanovena pomocí tříbodového hloubkoměru. V nátěrovém filmu byl v místě prostředního bodu vytvořen otvor. Tloušťka nátěrového filmu byla hloubkoměrem změřena jako rozdíl mezi výškou středního bodu na skleněné podložce a výškou krajních bodů. U vzorků na ocelových podložkách byl použit elektromagnetický hloubkoměr. Pro tyto nátěry byla zvolena elektroda, která reaguje na železitou ocel. Stanovení bylo provedeno třikrát na různých místech nátěru a z těchto hodnot byl vypočten aritmetický průměr.

2.8.11 Stanovení lesku nátěru leskoměrem

Stanovení lesku nátěrových filmů bylo provedeno dle normy ISO 2813. Měření bylo prováděno na přístroji Micro-TRI-9/gloss (BYK – Gardner, USA). Pro stanovení lesku byly nátěry nanášeny na sklo opatřené matným černým nátěrem (RAL 9005). Lesk je popisován jako optická vlastnost povrchu materiálu projevující se pravidelným odrazem světelných paprsků. Poruchy nátěrového filmu zaznamenáváme jako změnu těchto optických vlastností. U měření lesku leskoměrem bylo určováno množství světla odraženého od nátěru za určitých podmínek osvětlení a pozorování. Tyto podmínky jsou určeny konstrukcí přístroje. Množství odraženého světla bylo hodnoceno relativně vůči světlu, které se odrazilo od referenčního vzorku. Jako referenční vzorek byla použita lesklá černá destička, jejíž materiál měl index lomu $n_D = 1,567$. Lesk byl měřen při úhlu pozorování 20° , 60° a 85° . Pro bližší označení hodnotící veličiny byl použit index, který vyznačuje geometrii leskoměru, který byl použit ke stanovení čísla lesku: $\check{C}l_{20}$, $\check{C}l_{60}$ a $\check{C}l_{85}$. Geometrie 60° je tzv. univerzální a používá se pro hodnocení lesku od matných vzorků až po lesklé. Pro vysoce lesklé vzorky se používá geometrie 20° ($\check{C}l_{60} > 70$), pro matné vzorky se používá geometrie 85° ($\check{C}l_{60} < 30$). Pro naše stanovení byla použita geometrie 60° . Každý vzorek byl změřen na třech místech nátěru a z těchto hodnot byl vypočten aritmetický průměr.

2.8.12 Stanovení odolnosti nátěru methylethylketonu

Stanovení odolnosti nátěru methylethylketonu bylo provedeno dle normy ASTM D 4752. Tato metoda je založena na schopnosti methylethylketonu (MEK) účinně rozpouštět fyzikální shluky polymerních organických řetězců nebo způsobovat botnění polymerní sítě. Zkouška byla prováděna pomocí skleněné tyčinky, jejíž konec byl omotán vatou a namočen do roztoku MEK. Touto tyčinkou bylo opakovaně pohybováno doleva a doprava po nátěru na skleněné podložce rychlostí přibližně 1 tah/s. Výsledkem měření byl čas, za který došlo k porušení nátěru. Toto stanovení bylo prováděno vždy třikrát pokaždé na jiném místě nátěru.

2.8.13 Zkouška padajícím závažím

Zkouška padajícím závažím byla provedena dle normy ČSN EN ISO 6272. Principem této metody je hodnocení odolnosti nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od podkladu při jeho deformaci padajícím závažím. Vzorek na ocelové podložce byl zafixován na základní desce pomocí upínacího prstence. Poté se nechalo na vzorek spadnout závaží o hmotnosti 1 kg z výšky, u které bylo předpokládáno poškození nátěru. Pokud nedošlo k poškození nátěru, byla zkouška opakována při výšce pádu o 25 mm vyšší. Ve chvíli, kdy byly na nátěru zaznamenány prasklinky, nechalo se závaží spadnout 5x při této výšce a dále při výšce o 25 mm nižší a o 25 mm vyšší.

2.8.14 Ohybová zkouška

Ohybová zkouška byla provedena na základě normy ČSN EN ISO 1519. Principem této metody je hodnocení odolnosti nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od kovového podkladu při jeho ohýbání přes válcový trn. Vzorek na ocelové podložce byl vkládán do stojanu tak, aby byl ohýbán natřenou stranou směrem ven. U stojanu bylo možné vyměnit trny o průměru 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 a 15 mm. Ohýbání bylo provedeno tlakem na plech do úhlu 180°. Zkoušení nátěru bylo prováděno od trnu s největším průměrem, postupně byl průměr zmenšován, dokud nedošlo k prasknutí nebo uvolnění nátěru od podkladu. Poté byla zkouška opakována se stejným trnem. Výsledkem byl průměr prvního trnu, na kterém došlo k prasknutí nátěru.

2.8.15 Zkouška hloubením

Zkouška hloubením byla provedena dle normy ČSN ISO 1520. Měření bylo prováděno na přístroji TESTER 102004007 (Elcometer, Velká Británie). Principem metody je hodnocení odolnosti nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od kovového povrchu při jeho postupné deformaci hloubením. Nátěry se vzorkem byly upnuty tak, aby se vrchol polokulovitého vlačovacího tělesa dotýkal zkušební vzorku. Konstantní rychlostí byl vtlačován vrchol zkušební tělesa do povrchu vzorku, dokud nebylo pozorováno první praskání nátěru nebo dokud nedošlo k odlupování nátěru od povrchu kovového nosiče. Poté byla změřena hloubka vtisku.

2.8.16 Stanovení extrahovatelného podílu

Stanovení extrahovatelného podílu bylo prováděno podle normy ČSN EN ISO 6427. Měření bylo prováděno pomocí extrakce v tetrahydrofuranu. Extrakce byla prováděna při teplotě bodu varu rozpouštědla po dobu 24 hodin v Soxhletově extraktoru. Vzorek byl extrahován v celulózové patroně (Fischer Scientific) o rozměrech 33 mm x 94 mm. Bylo naváženo $0,5 \pm 0,2$ g vzorku do předem vysušené a zvážené patrony. Po ukončení extrakce byl vzorek i s patronou vysušen do konstantní hmotnosti při 70 °C a poté byl zvážen. U každého vzorku bylo měření prováděno dvakrát. Obsah solu v hm % byl vypočten dle následujícího vztahu:

$$sol [\%] = \left(1 - \frac{m_1}{m_0}\right) \cdot 100$$

m_0 – hmotnost vzorku před extrakcí [g]

m_1 – hmotnost vzorku po extrakci [g]

2.8.17 Stanovení tahových vlastností

Stanovení tahových vlastností bylo prováděno v souladu s normou ČSN ISO 527-3 na trhacím přístroji MTS 4/M (MTS Systems Corporation, USA). Ke zkoušce byly předem připraveny vzorky o velikosti (50 x 10 x 0,5) mm. Vzorky byly uchyceny upínací hlavou (100 N). Upínací délka mezi čelistmi byla nastavena na 22 mm a vzorky byly natahovány konstantní rychlostí 5 mm/min. U každého vzorku byl zjišťován modul pružnosti, mez pevnosti v tahu a přetvoření vzorku. Měření bylo provedeno pětkrát pro každý vzorek a z výsledků byl vypočten aritmetický průměr.

2.8.18 Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda

Stanovení odolnosti kapalinám bylo prováděno dle normy ČSN EN ISO 2812-3. Na předem připravené nátěry na skleněné podložce byla nanášena vata, která byla rezistentní vůči použitým kapalinám. Na vatu byly nakapány zkušební kapaliny a poté byly přiklopeny skleněnými kloboučky. Pro zkoušku byly použity tyto kapaliny: voda z vodovodního řádu, destilovaná voda, 10 % NaCl, 10 % NaOH, 10 % NH₃, 10 % H₂SO₄, 60 % etanol a aceton.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Účinky těchto kapalin byly posuzovány na základě dohodnutých kritérií. Pro každý vzorek byl test prováděn dvakrát. Hodnocení bylo prováděno v časových intervalech: 1 hodina, 2 hodiny, 4 hodiny, 1 den, 2 dny, 3 dny, 4 dny a 7 dní. Při hodnocení byla vata odstraněna, místo bylo osušeno a ihned došlo k hodnocení změn nátěru.

Tabulka 11 Hodnocení nátěrových změn při stanovení odolnosti kapalinám

Hodnocení odolnosti	Projevy na filmu
0	Film beze změny
1	Slabý zákal, ztráta lesku, puchýře (< 2 mm)
2	Zřetelná změna zákalu, puchýře (2 – 3 mm)
3	Silný zákal, puchýře (3 – 4 mm)
4	Ztráta adheze, puchýře (> 5 mm)

2.8.19 Stanovení absorpce vody

Principem metody je určování hmotnostního přírůstku u vzorku latexového filmu, který byl ponořen po určitou dobu v destilované vodě. Od každého typu latexového filmu byly připraveny tři vzorky o rozměrech 10 mm x 10 mm. Každý vzorek byl zvážen za sucha a poté byl ponořen do destilované vody. Hodnocení bylo prováděno po 1, 2, 3, 4, 7, 14, 21 a 30 dnech. Vzorek byl pokaždé vyjmut z vody, lehce osušen a zvážen na analytických vahách. Výslednou hodnotou byl aritmetický průměr ze tří měření. Absorpce vody je vyjádřena v hmotnostních % a byla vypočtena dle vzorce:

$$A = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100$$

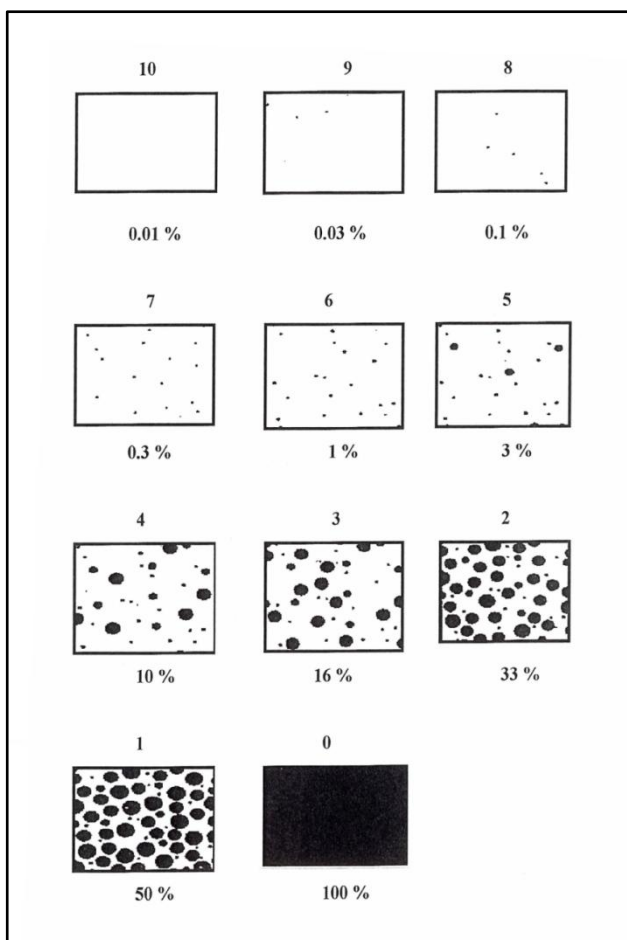
A – absorpce [%]

m_0 – hmotnost suchého vzorku [g]

m_1 – hmotnost vzorku po namočení [g]

2.8.20 Zrychlený laboratorní test pro zjištění bleskové koroze

Tento test je určen pro rychlé zjištění korozní odolnosti vodou ředitelných nátěrových hmot. Test byl proveden na nátěrech, které byly zhotoveny na ocelových podložkách pomocí nanášecího pravítka s velikostí štěrbin 200 μm . Takto zhotovené vzorky byly ponechány 2 hodiny vysychat při laboratorní teplotě. Poté byly na vzorcích vyhodnoceny korozní projevy dle stupnice ASTM D 610 (viz Obrázek 19). Následně byly vzorky umístěny do lednice na expozici při 5 °C na dobu 16 až 17 hodin. Po uplynutí této doby byly vzorky vyjmuty z lednice, pokryty filtračním papírem navlhčeným destilovanou vodou, zakryty sklem a na nátěrový film se nechala působit voda po dobu 2 hodin při laboratorní teplotě. Poté byl filtrační papír odstraněn a vzorky byly osušeny. Korozní projevy na vzorcích byly vyhodnoceny podle stupnice ASTM D 610.



Obrázek 19 Stupnice korozních projevů dle ASTM D 610

2.8.21 Stanovení teploty skelného přechodu

Stanovení teploty skelného přechodu (T_g) bylo prováděno pomocí metody diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC). K měření byl využit tepelně vodivostní diferenční skenovací kalorimetr Q2000 DSC (Water Gesellschaft m.b.H., Německo). Tato metoda je založena na udržování stejné teploty ve vzorku i referenční látce. Jedná se o měření energie (elektrického příkonu), která je dodávána buď do vzorku (v případě probíhání endotermního děje), nebo do referenční látky (v případě exotermního děje ve vzorku), aby byl udržen nulový rozdíl teplot. Vzorky byly měřeny na Katedře fyzikální chemie Univerzity Pardubice.

2.8.22 Stanovení velikosti částic a zeta-potenciálu

Velikost částic a zeta-potenciál byly stanoveny pomocí měření dynamického rozptylu světla (DLS). Měření bylo prováděno na přístroji Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Velká Británie). Metoda je založena na měření časových fluktuací intenzity rozptýleného světla, které způsobuje Brownův pohyb molekul disperzního prostředí a interference rozptýleného světla na těchto pohybujících se částicích. Laserový paprsek, který je rozptýlen dopadem na částice, je snímán pomocí fotonásobiče. Je zaznamenáván časový průběh intenzity rozptýleného světla ve formě autokorelační funkce. Z autokorelační funkce je následně vypočtena rychlost difuze částic a jejich velikost. Měření bylo prováděno na Ústavu environmentálního a chemického inženýrství Univerzity Pardubice.

2.8.23 Skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou (SEM-EDX)

Morfologie práškových nanočástic použitých při syntéze latexů byla sledována pomocí skenovací elektronového mikroskopu LYRA 3 (Tescan, Česká Republika). Pomocí energiově disperzní rentgenové mikroanalýzy (AZtec Y-Max 20, Oxford Instruments, Velká Británie) instalované na elektronovém skenovacím mikroskopu LYRA 3 byla verifikována přítomnost a rozmístění nanočástic v nátěrovém filmu na ploše lomu, připraveného v prostředí kapalného dusíku. Vzorky byly nejprve pokryty vrstvou zlata o tloušťce 0,20 nm – 0,25 nm pomocí přístroje SCD 050 (Balzers) a poté byly pozorovány v režimu sekundárních elektronů a zpětně odražených elektronů při urychlovacím napětí

30 kV a zvětšení 1 000 až 30 000. Měření bylo prováděno v Centru materiálů a nanotechnologií (CEMNAT) Univerzity Pardubice.

2.8.24 Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR)

Složení emulzních kopolymerů bylo studováno pomocí infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) na přístroji Nicolet iS50 (ThermoFisher Scientific, USA). Principem metody je absorpce infračerveného záření při průchodu vzorkem, v němž dochází ke změnám rotačně-vibračních energetických stavů molekul v závislosti na změnách jejich dipólového momentu. Infračervená spektroskopie je technika určená pro identifikaci a strukturní charakterizaci organických sloučenin a anorganických látek. Při infračervené spektrometrii s Fourierovou transformací se interferometricky získaný signál převede Fourierovou transformací na infračervené spektrum.



Obrázek 20 Přístroj FT-IR spektrometr Nicolet iS50 s vestavěným diamantovým ATR a FT-Ramanovým modulem

2.8.25 Stanovení obsahu popela

Stanovení obsahu popela bylo stanoveno dle normy ČSN EN ISO 3451-1. Prázdný žihací kelímek byl vyžhán v muflové peci při teplotě 600 °C do konstantní hmotnosti. Poté byl vychlazen v exsikátoru po dobu 1 hod na laboratorní teplotu. Po vychladnutí byl kelímek zvážen na analytických vahách. Do kelímku byl vložen předem vysušený a zvážený vzorek. Následně byl kelímek se vzorkem vložen do muflové pece a žhán po dobu 30 minut. Poté byl kelímek vložen do exsikátoru, kde byl ochlazen na laboratorní teplotu po dobu 1 hod. Po vychladnutí byl vzorek zvážen na analytických vahách. Žhání a vážení bylo opakováno, dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti. Obsah popela byl vyjádřen v hmotnostních % a byl vypočten dle následujícího vzorce:

$$\text{obsah popela [\%]} = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100$$

m_0 – hmotnost suché navážky [g]

m_1 – hmotnost získaného popela [g]

2.8.26 Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES)

Elementární analýza nátěrových filmů z pohledu obsahu Zn, Mg popřípadě Ca byla hodnocena emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Měření bylo provedeno atomovou spektrometrickou metodou pomocí ICP spektrometru ThermoScientific iCAP 7000 Series (Thermo Fisher Scientific, Německo). Rychlost průtoku vzorku ve formě aerosolu byla 1,5 ml/min a příkon Ar plazmatu 1000 W. Měření bylo prováděno ve společnosti MemBrain s.r.o., Stráž pod Ralskem.

2.8.27 Testování antibakteriálních účinků nátěrů

Byly připraveny 24 hodinové kultury bakterií na živném agaru č. 2 (MPA), které byly kultivovány při teplotě 37 °C. Poté byla pomocí McFarlandovy zákalové stupnice s následným ředěním připravena suspenze buněk o denzitně přibližně 10⁶ cfu/ml. Kontrola denzity buněk v suspenzích byla provedena vyočkováním na čistý živný MPA agar.

0,1ml suspenze bakteriálních buněk o denzitě 10^6 cfu/ml byla rozetřena sterilní L-hokejkou po celém povrchu misky, na které byl umístěn vzorek nátěru. Takto inokulované vzorky byly inkubovány po dobu 24 – 48 hodin při teplotě 37 °C (optimální teplota pro růst bakterií). Po této době byl odečten nárůst bakterií na testovaném materiálu.

Po odečtení nárůstu na povrchu vzorku byl proveden otisk nátěru na čistou MPA půdu. Obtisky byly inkubovány po dobu 24 – 48 hodin při teplotě 37 °C a poté byl vyhodnocen nárůst bakterií na půdě. Pro každý vzorek bylo testování provedeno třikrát.

2.8.28 Testování antifungálních účinků nátěrů

Byly připraveny 5-ti denní dobře osporované kultury plísní na šikmém MALT agaru, které byly kultivovány při teplotě 24 – 25 °C. Z tohoto nárůstu byla připravena suspenze spor testovací plísně. Na šikmý agar s narostlou plísní bylo napipetováno 5 ml fyziologického roztoku a po řádném protřepání byla suspenze slita do Erlenmeyerovy baňky s perlami. Po protřepání byla zjištěna denzita spor sčítáním v Bürkerově komůrce. Používaná denzita spor byla 10^6 buněk/ml. Pokud byla denzita spor vyšší, bylo provedeno ředění. Kontrola denzity buněk v suspenzích byla provedena vyočkováním na čistý živný MALT agar.

0,1 ml suspenze spor byla rozetřena sterilní L-hokejkou po celém povrchu misky, na které byl umístěn vzorek. Takto naočkovaný vzorek byl inkubován při teplotě 24 – 25 °C po dobu 5 – 7 dní. Po této době byl vyhodnocen nárůst plísní na povrchu testovaného materiálu. Pro každý vzorek bylo testování provedeno třikrát.

3 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

3.1 Hodnocení samosít'ujících latexů

3.1.1 Základní vlastnosti latexů

Byly připraveny tři sady latexů, lišící se typem použitých nanočástic. Základní vlastnosti připravených latexů jsou uvedeny v Tabulce 12. Latex LC3 se z důvodu ztráty stability při polymeraci vedoucí k celkové koagulaci latexu nepodařilo připravit. Ukázalo se, že všechny připravené latexy byly stabilní po dobu minimálně 10 měsíců, při jejich skladování při pokojové teplotě nedocházelo k výrazným změnám viskozity ani ke tvorbě koagulátu. Sušina latexů se pohybovala v rozmezí 40,2 – 42,9 %. Hodnoty pH byly u jednotlivých typů latexů velmi různé. Latex bez přídavku nanočástic měl pH 2,1; což bylo způsobeno přítomností sulfátových a karboxylových skupin, které byly přítomny na povrchu latexových částic, díky adsorbovaným molekulám emulgátoru, reakci iniciátoru s monomery a kopolymerované kyselině methakrylové. U latexů obsahujících nanočástice ZnO se pohybovalo pH v rozmezí 5,7 – 6,3; latexy obsahují nanočástice MgO vykazovaly pH v rozmezí 8,6 – 10,2 a latexy s nanočásticemi CaO měly pH v rozmezí 6,8 – 7,8. U všech typů latexů byla pozorována zvyšující se hodnota pH s rostoucím přídavkem nanočástic daného oxidu. Zvýšení pH oproti latexu L0 bylo zapříčiněno přídavkem oxidů bazických kovů. U všech latexů pozorujeme nárůst zdánlivé viskozity vlivem alkalizace, což souvisí s hydroplastifikací polymerních latexových částic. U latexů obsahujících nanočástice MgO nebyla alkalizace kvůli vysokému pH provedena. Z tabulky 12 je rovněž patrné, že v případě všech 3 sad polymerních disperzí se zvyšoval obsah koagulátu s rostoucím přídavkem nanočástic oxidů kovů inkorporovaných během syntézy disperze. Lze tedy konstatovat, že přítomnost nanostrukturálních oxidů tedy vedla k mírnému poklesu koloidní stability disperzí během jejich syntézy. Tento efekt pravděpodobně souvisí se vznikem komplexních vazeb mezi karboxylovými skupinami vázanými na polymerních řetězcích a dvojmocnými ionty kovů (Zn, Mg, Ca), které byly v koloidním systému přítomny jak ve své disociované formě, tak na povrchu nanočástic oxidů kovů. Pomocí metody DLS byla změřena průměrná velikost částic a hodnoty Zeta-potenciálu. Průměrná velikost částic byla u latexů obsahujících

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

nanočástice ZnO v rozmezí 92,5 – 98,9 nm, u latexů obsahujících nanočástice MgO v rozmezí 167,3 – 205,1 nm, u latexů obsahujících nanočástice CaO v rozmezí 148,7 – 193,7 nm a u latexu bez přítomnosti nanočástic 114,6 nm. Hodnoty Zeta-potenciálu alkalických disperzí se pohybovaly v rozmezí od -48,4 do -24,3 mV což značí, že všechny disperze byly dostatečně stabilní a lze předpokládat i jejich dlouhodobou skladovatelnost.

Tabulka 12 Základní vlastnosti latexů

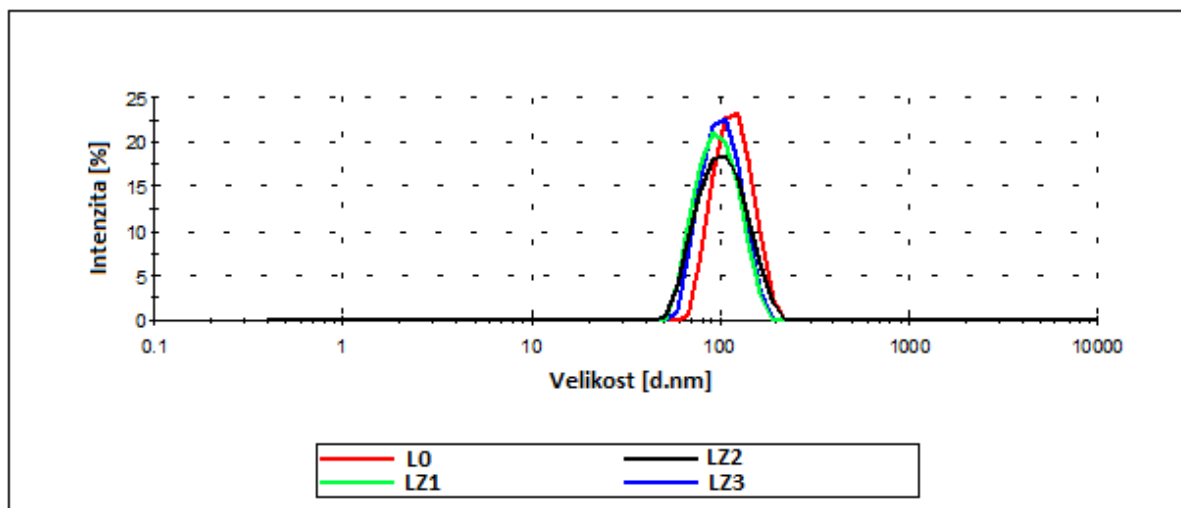
Označení vzorku	Sušina [%]	pH	Viskozita [mPa.s]		Obsah koagulátu [%]	Velikost částic [nm]	Zeta-potenciál [mV]
			před alkalizací	po alkalizaci			
L0	41,8	2,1	10,9	82,2	0,4	114,6	-48,4
LZ1	40,6	5,7	10,2	98,0	1,7	92,5	-33,2
LZ2	40,2	5,9	10,1	14,2	5,5	97,5	-34,5
LZ3	41,2	6,3	10,3	11,8	5,7	98,9	-33,0
LM1	42,6	8,6	30,6	-*	3,9	205,1	-24,3
LM2	42,9	10,0	19,0	-*	9,2	167,3	-26,0
LM3	40,8	10,2	11,3	-*	14,4	173,3	-27,4
LC1	40,4	6,8	12,1	14,2	0,4	148,7	-28,4
LC2	41,2	7,1	43,7	43,9	0,4	193,7	-26,0
LC3	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*

* hodnota vzorku nebyla stanovována

Distribuce velikosti částic polymerních disperzí jsou znázorněny na Obrázcích 21 – 23. Vzhledem k tomu, že nanočástice byly do latexů vnášeny ve formě aglomerátů o velikosti v řádu jednotek mikrometrů (viz. Obr. 14 – 16), bylo zjišťováno, zda došlo během syntézy k rozrušení aglomerátů a zda se oxidy kovů vyskytují v koloidní soustavě skutečně ve formě nanočástic. U latexu bez přítomnosti nanočástic (L0) a latexů obsahujících nanočástice ZnO pozorujeme poměrně úzkou distribuci velikosti částic, což značí, že v disperzích nebyly přítomny aglomeráty sestávající z nanočástic oxidů kovů

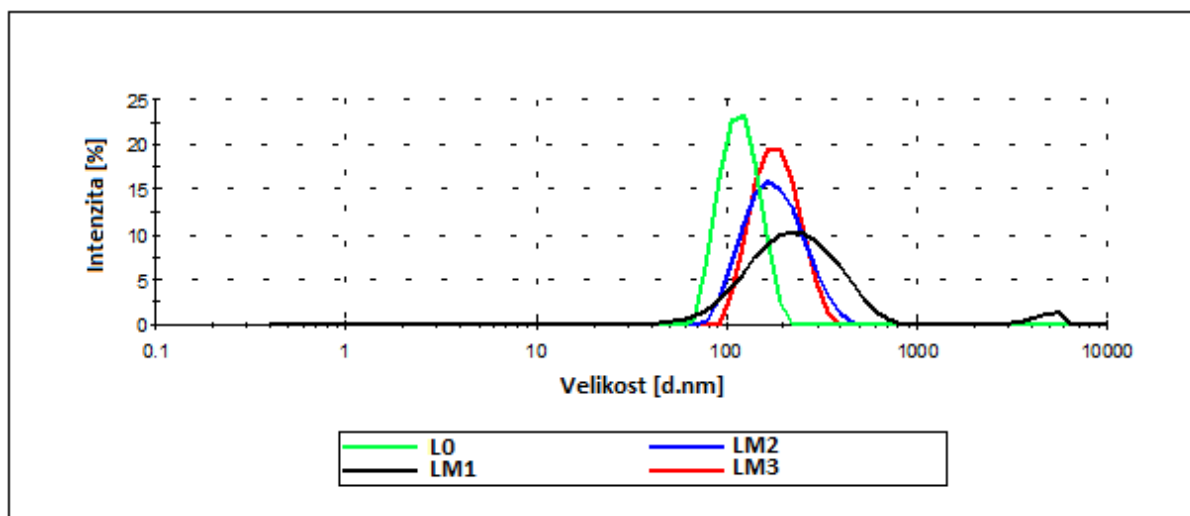
VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

nebo zkoagulovaných latexových částic. V případě latexů obsahujících nanočástice ZnO to rovněž vypovídá o rozrušení aglomerátů nanostrukturního ZnO. U latexů obsahujících nanočástice MgO a CaO pozorujeme posun distribuce velikosti částic k vyšším hodnotám a u disperze s přítomnými nanočásticemi MgO navíc ještě rozšíření distribuční křivky a existenci frakce s velikostí okolo 5 μm (v případě latexu LM1). Tento jev pravděpodobně dokumentuje vznik agregátů tvořených latexovými částicemi a dokazuje přítomnost původních aglomerátů nanočástic MgO v případě latexu LM1. Na tomto místě je nutné zmínit, že absence frakcí o vysoké velikosti částic v získaných DLS křivkách není přímým důkazem pro vyloučení jejich přítomnosti ve studovaných disperzích. Tyto frakce nebyly s velkou pravděpodobností detekovány z důvodu sedimentace a odseparování z měřeného vzorku.

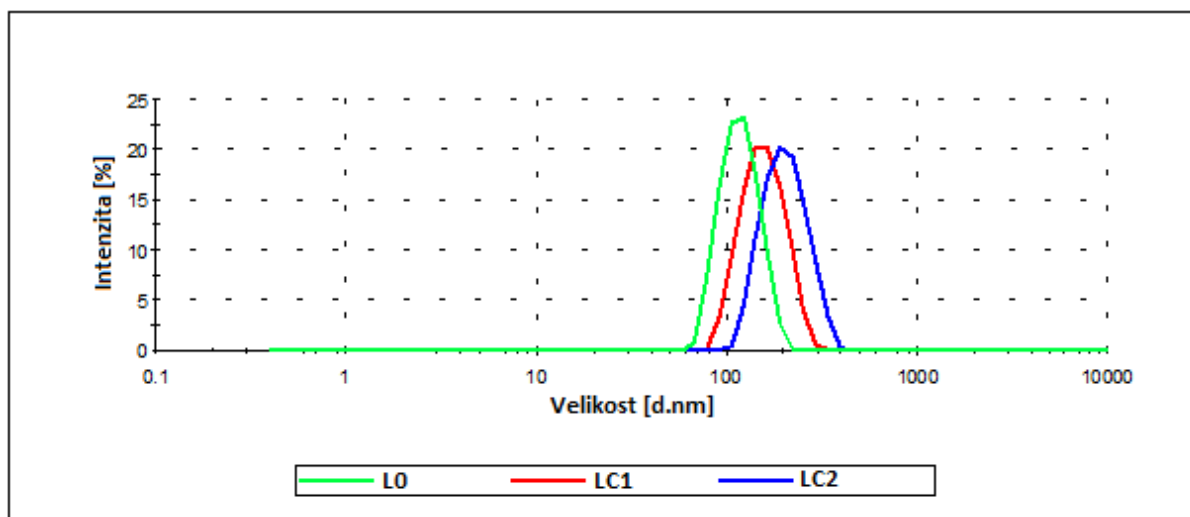


Obrázek 21 Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice ZnO

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ



Obrázek 22 Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice MgO



Obrázek 23 Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice CaO

3.1.2 Stanovení obsahu nanočástic pomocí ICP-OES a obsahu popela

Pro ověření reálného obsahu jednotlivých typů nanočástic v polymerních disperzích, popř. v nátěrových filmech, byl u vzorků vysušených disperzí stanoven obsah popela a obsah kovů (Zn, Mg nebo Ca) metodou ICP-OES. Výsledky těchto analýz jsou uvedeny v Tabulkách 13 a 14. Z výsledků stanovení obsahu popela byl po odečtení nespalitelného podílu stanoveného pro vzorek L0 vypočítán reálný obsah nanočástic v jednotlivých vzorcích. Ukázalo se, že výsledky stanovení obsahu popela i ICP-OES jsou ve vzájemném souladu. Obě metody prokázaly, že skutečný obsah nanočástic byl vždy nižší než obsah teoretický (vyjádřený množstvím nanooxidů předložených do reakční směsi). Dále můžeme konstatovat, že se zvyšujícím se obsahem nanočástic vnášených do disperzí během syntézy nedochází k úměrnému nárůstu reálného obsahu nanočástic ve výsledné disperzi. Jak již bylo zmíněno dříve, přítomnost nanočástic oxidů kovů během syntézy způsobila zvýšenou tvorbu koagulátu bohatého na nanooxidy, což pravděpodobně souvisí s tvorbou komplexních vazeb mezi polymerními částicemi nesoucími karboxylové skupiny a ionty kovů na povrchu nanočástic oxidů. Snaha o inkorporaci zvýšených množství nanočástic všech typů při syntéze polymerní disperze se tedy jeví neefektivní z důvodu zvýšených ztrát emulzního polymeru i nanostrukturních oxidů.

Tabulka 13 Stanovení obsahu nanočástic pomocí obsahu popela

Označení vzorku	Teoretický obsah nanočástic [%]	Obsah popela [%]	Obsah nanočástic [%]
L0	0	0,2	0,0
LZ1	1	1,0	0,8
LZ2	2	1,3	1,1
LZ3	3	1,9	1,7
LM1	1	1,3	1,1
LM2	2	1,6	1,4
LM3	3	1,4	1,2
LC1	1	1,0	0,8
LC2	2	1,8	1,6

Tabulka 14 Stanovení obsahu nanočástic pomocí ICP-OES

Označení vzorku	Obsah kovu [mg/kg]	Obsah kovu [%]
L0	0	0
LZ1	6120	0,6
LZ2	7620	0,8
LZ3	12300	1,2
LM1	4910	0,5
LM2	5980	0,6
LM3	5730	0,6
LC1	6520	0,7
LC2	12700	1,3

3.1.3 Stanovení T_g a MFT

V Tabulce 15 jsou uvedeny hodnoty minimálních filmtvorných teplot a hodnoty teplot skleného přechodu pro každý vzorek. Je evidentní, že u všech latexů docházelo vlivem síťování pomocí ADH ke zvýšení teploty skelného přechodu. MFT všech vzorků se pohybovalo v rozmezí 1,8 – 13,3 °C což značí, že vzorky bez problémů tvoří film při pokojové teplotě. Ukázalo se, že u vzorků obsahujících nanočástice ZnO dochází k vzrůstu T_g a MFT s rostoucím obsahem nanočástic. Tento jev se také projevil u vzorku LC2 (obsahujícího teoreticky 2 % nanočástic CaO, vztaženo na polymerní složku). U vzorků obsahujících nanočástice MgO však s rostoucí koncentrací nanočástic naopak dochází k poklesu T_g a MFT. Obdobný výsledek byl stanoven i pro vzorek LC1 (obsahující teoreticky 1 % nanočástic CaO, vztaženo na polymerní složku) Důvod výše popsaného rozdílného chování v případě přítomnosti jednotlivých typů nanostrukturních oxidů je doposud nejasný a vyžaduje další studium. Roli může hrát rozdílná schopnost disociace iontů kovů ve vodné fázi latexu, četnost tvorby komplexních vazeb mezi karboxylovými skupinami polymerních řetězců a dvojmocnými ionty kovů, dále také pH polymerní disperze a iontová síla vodného prostředí, které mohou ovlivnit míru hydroplastifikace a deformovatelnosti latexových částic.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Podobně jako v případě latexů obsahujících jeden typ nanostrukturálních oxidů i u latexových směsí obsahujících nanočástice ZnO a MgO docházelo k poklesu T_g i MFT se zvyšujícím se obsahem MgO.

Tabulka 15 Hodnoty T_g a MFT

Označení vzorku	T_g [°C]		MFT [°C]
	bez ADH	s ADH	
L0	12,8	15,4	7,2
LZ1	13,0	13,8	7,4
LZ2	13,4	15,4	11,2
LZ3	13,5	14,5	13,3
LM1	11,1	12,3	4,8
LM2	4,9	5,0	1,8
LM3	11,2	10,8	6,4
LC1	9,6	11,2	6,6
LC2	13,4	15,4	11,2
SM25	13,5	14,5	13,3
SM50	11,1	12,3	4,8
SM75	4,9	5,0	1,8

3.1.4 Stanovení extrahovatelného podílu

U vzorků na silikonových podložkách byl pomocí extrakce v tetrahydrofuranu stanoven extrahovatelný podíl. Hodnoty extrahovatelného podílu jsou uvedeny v Tabulce 16. Dle očekávání měly nesetřované vzorky nižší obsah gelu než vzorky sesítěné pomocí ADH. Vzorek L0, který neobsahoval žádné nanočástice, měl před sesítováním obsah gelu pouze 16,4 %. U všech ostatních vzorků bez ADH se množství gelu pohybovalo v rozmezí 69,4 – 91,9 %. Vyšší množství gelu i bez sesítění pomocí ADH pravděpodobně souvisí

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

se vznikem komplexních vazeb mezi karboxylovými skupinami vázanými na polymerních řetězcích a kationty kovů, které byly v koloidním systému přítomny jak ve své disociované formě, tak zejména na povrchu nanočástic oxidů kovů.

Tabulka 16 Extrahovatelný podíl (sol) a obsah gelu emulzních polymerů před a po sesítní pomocí ADH

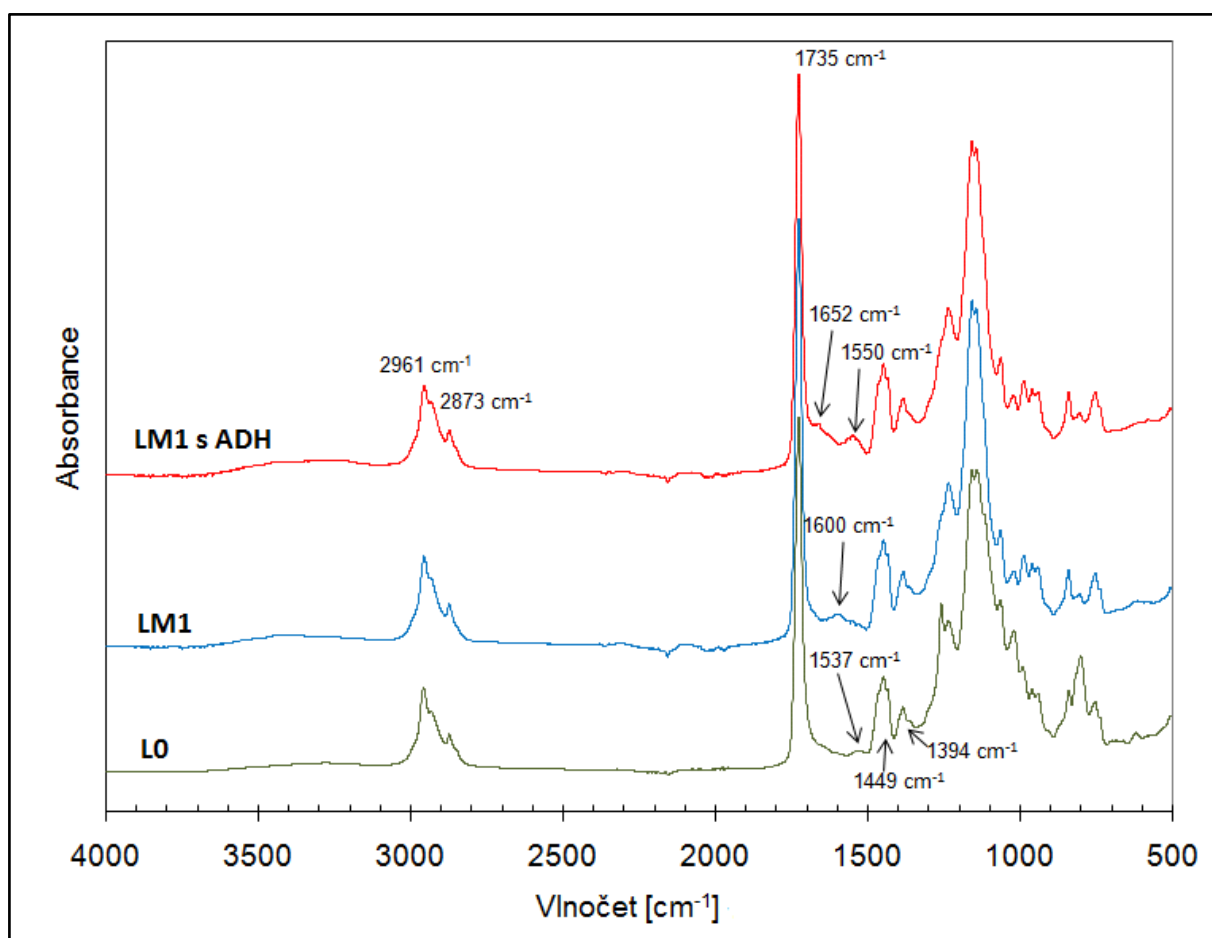
Označení vzorku	Sol [%]		Gel [%]	
	bez ADH	s ADH	bez ADH	s ADH
L0	83,6	12,3	16,4	87,7
LZ1	30,6	10,6	69,4	89,4
LZ2	23,6	10,6	76,4	89,4
LZ3	19,9	14,4	80,1	85,6
LM1	12,8	5,0	87,2	95,0
LM2	8,1	5,6	91,9	94,4
LM3	9,4	5,0	90,6	95,0
LC1	18,9	6,5	81,1	93,5
LC2	15,7	6,8	84,3	93,2

3.1.5 Složení pomocí FTIR

Výsledky infračervené spektroskopie pro všechny studované polymerní vzorky jsou uvedeny v Příloze 1. Je evidentní, že spektra vykazují podobný charakter. Absorpční pásy valenčních vibrací (ν_s a ν_{as}) skupin C–H_x (x = 1–3) lze pozorovat v oblasti frekvencí 2873 až 2961 cm⁻¹ a pásy deformačních vibrací δ_{as} skupin C–H_x (x = 1–3) se vyskytují mezi vlnočty 1394 a 1449 cm⁻¹. Ve všech spektrech lze rovněž nalézt pásy valenční vibrace vazby C=O esterové skupiny při 1735 cm⁻¹ a charakteristické deformační vibrace vazby N–H při 1537 cm⁻¹, což dokazuje, že DAAM byl kopolymerován s ostatními akrylovými

monomery. Získaná infračervená spektra však vykazují také významné rozdíly, které jsou názorně uvedeny a interpretovány pomocí Obrázku 24, na němž je zobrazeno infračervené spektrum kopolymeru bez sesítní pomocí AHD a bez obsahu nanooxidů (křivka 1), spektrum kopolymeru bez sesítní pomocí ADH s obsahem nanooxidů MgO 1 hm. % (teoretické množství v polymeru) (křivka 2) a spektrum kopolymeru sesítného pomocí ADH a obsahujícího 1 hm. % nanočástic MgO (křivka 3). Je třeba poznamenat, že obdobná spektra vykazují i polymery obsahující nanočástice ZnO nebo CaO, proto níže uvedená konstatování jsou platná i pro případ těchto vzorků. Je patrné, že po sesítní pomocí ADH se ve spektrech objevuje absorpční pás u 1652 cm^{-1} , který je charakteristický pro valenční vibrace vazeb N=C a dokazuje, že proběhla keto-hydrazidová samosíťující reakce. U kopolymerů po sesítní pomocí ADH lze také sledovat pásy deformačních vibrací hydrazoniové vazby při 843 a 759 cm^{-1} . Dále lze pozorovat, že v případě kopolymerů obsahujících nanostrukturní MgO (křivky 2 a 3) se ve spektrech nachází při vlnočtech 1550 až 1600 cm^{-1} absorpční pás charakteristický pro valenční vibrace solí karboxylových kyselin, což je důkazem přítomnosti komplexních vazeb mezi karboxylovými skupinami kopolymerované KMA a kationty Mg^{2+} (popř. Zn^{2+} nebo Ca^{2+}) v polymerních vzorcích. Ze srovnání jednotlivých spekter (viz Příloha 1) rovněž vyplývá, že intenzita pásu solí karboxylových kyselin se zvyšuje s rostoucím obsahem nanooxidů v polymeru.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ



Obrázek 24 FTIR spektra pro vzorek L0, vzorek LM1 bez ADH a vzorek LM1 s ADH

3.2 Hodnocení nátěrových filmů

3.2.1 Vizuální vlastnosti nátěrových filmů

Mezi vizuální vlastnosti nátěrových filmů patří hodnocení vzhledu, lesku a tloušťky. Výsledky těchto měření jsou uvedeny v Tabulce 17. Vzhled nátěrových filmů byl stanovován u nátěrů na skleněných podložkách. Všechny filmy měly velmi dobré vzhledové vlastnosti: byly bez zákalu, bez částic, měly hladký, slitý povrch a v ojedinělém množství se na nich vyskytovaly bubliny. Pro stanovení lesku byly použity nátěrové filmy na skle opatřeném matným černým nátěrem. Vyšší lesk vykazovaly nátěrové směsi obsahující kombinaci různých poměrů ZnO a MgO, nátěry bez přítomnosti nanočástic a nátěry obsahující nanočástice ZnO a MgO. Naopak nejnižších hodnot lesku dosahovaly nátěry obsahující nanočástice CaO. Tloušťka nátěrových filmů byla stanovována na ocelových podložkách. Všechny nátěry měly přibližně stejnou tloušťku, její hodnoty se pohybovaly v rozmezí 21,9 μm – 39,4 μm .

Tabulka 17 Vizuální vlastnosti nátěrových filmů

Označení vzorku	Vzhled Z/Č/B/P	Lesk			Tloušťka [μm]
		20°	60°	85°	
L0	1/1/2/1	48,1 \pm 1,1	82,3 \pm 0,2	92,1 \pm 0,7	32,9
LZ1	1/1/2/1	47,2 \pm 1,2	82,0 \pm 0,3	93,1 \pm 0,2	21,9
LZ2	1/1/2/1	54,8 \pm 1,5	83,2 \pm 0,2	94,7 \pm 0,3	28,9
LZ3	1/1/2/1	32,1 \pm 0,4	71,5 \pm 0,6	86,8 \pm 0,4	29,4
LM1	1/1/2/1	49,1 \pm 1,2	82,5 \pm 0,1	93,6 \pm 0,2	31,6
LM2	1/1/2/1	50,1 \pm 0,6	82,1 \pm 0,2	93,7 \pm 0,5	38,6
LM3	1/1/2/1	16,1 \pm 1,3	56,2 \pm 1,8	68,9 \pm 1,0	39,4
LC1	1/1/2/1	12,8 \pm 0,9	50,1 \pm 1,7	62,8 \pm 1,0	35,5
LC2	2/1/2/1	13,9 \pm 0,8	56,6 \pm 0,9	75,3 \pm 0,7	30,3
SM25	1/1/2/1	25,4 \pm 1,7	68,8 \pm 1,5	81,9 \pm 1,3	22,2
SM50	1/1/2/1	49,7 \pm 1,3	81,7 \pm 0,3	92,7 \pm 0,4	23,5
SM75	1/1/2/1	37,5 \pm 1,6	77,7 \pm 1,4	89,5 \pm 1,4	31,7

3.2.2 Distribuce nanočástic a transparentnost nátěrových filmů

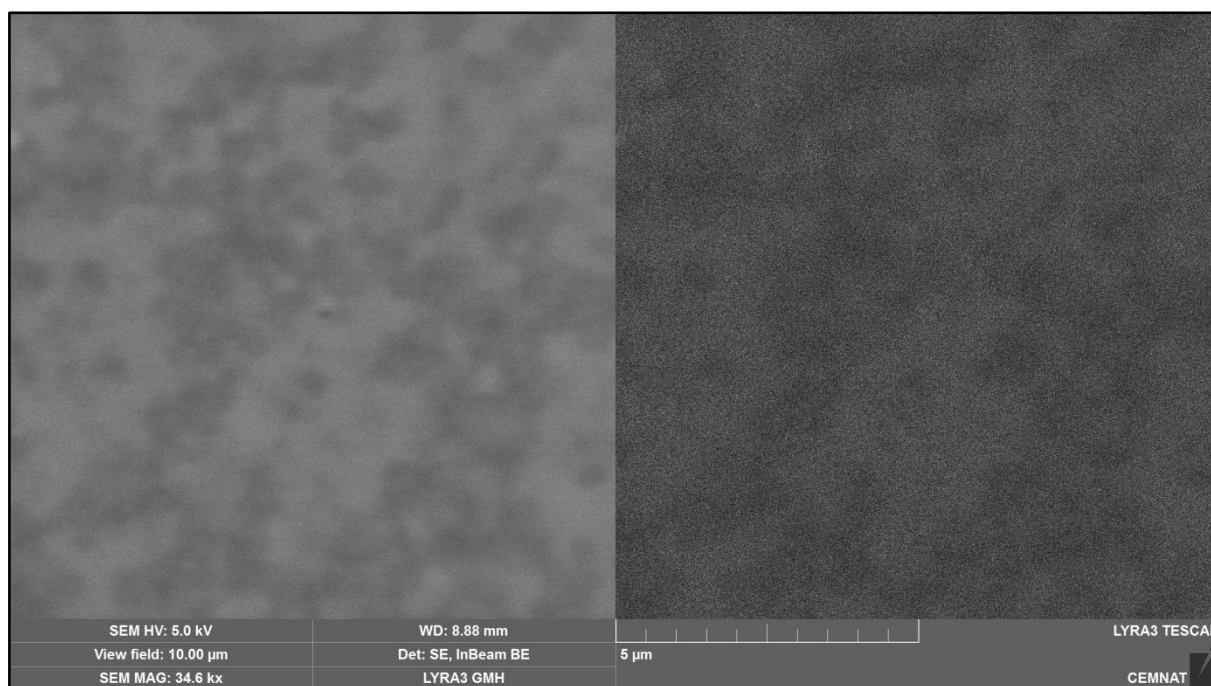
Transparentnost nátěrových filmů byla hodnocena pomocí měření transmitance. Předpokladem pro vznik čirých a lesklých nátěrových filmů bylo rozrušení původních aglomerátů nanooxidů. Hodnoty transmitance nátěrových filmů jsou uvedeny v Tabulce 18. Transmitance všech vzorků se pohybovala v rozmezí 65,1 – 75,9 %. Pouze vzorek LC2 vykazoval hodnotu transmitance 26,7 %. Lze tedy konstatovat, že kromě vzorku LC2 byly všechny vzorky transparentní.

Na Obrázcích 25 - 28 jsou zobrazeny SEM snímky povrchu lomu vybraných nátěrových filmů (vzorky L0, LZ3, LM3 a LC2) v režimu sekundárních a zpětně odražených elektronů. (Snímek pořízený v režimu sekundárních elektronů vypovídá především o topografii sledovaného vzorku, zatímco záznam získaný pomocí zpětně odražených elektronů charakterizuje spíše elementární kontrast.) Obrázek 26, který zachycuje povrch lomu nátěru s obsahem ZnO 1,7 hm. % (teoretické množství 3 hm. %), jasně dokazuje, že ZnO byl v nátěrovém filmu přítomen ve formě izolovaných nanočástic (v řádu desítek nanometrů), čemuž odpovídá i transparentní povaha výsledných nátěrových filmů. V případě inkorporace nanooxidů MgO a CaO však byla pomocí SEM odhalena přítomnost aglomerátů nanooxidů. Na Obrázku 27 je představen povrch lomu nátěru s obsahem MgO 1,2 hm. % (teoretické množství 3 hm. %). Ukázalo se, že vzorek obsahoval nanočástice MgO ve formě aglomerátů o velikosti v řádu stovek nanometrů až jednotek mikrometrů. Velikost a četnost těchto útvarů však umožnila zachovat transparentní charakter nátěrů. V případě nátěrových filmů obsahujících 1,4 hm. % CaO (teoretické množství 2 hm. %) lze na snímaném povrchu sledovat aglomeráty nanočástic CaO v řádu až desítek mikrometrů (Obrázek 28), které byly patrně příčinou výše zmiňované ztráty transparentnosti nátěrů. SEM měření vzorku LC2 byla rovněž doplněna i EDX analýzou k ověření prvkového zastoupení snímané oblasti, viz Obrázek 29. Tato analýza jasně potvrdila, že aglomeráty jsou tvořeny oxidem vápenatým.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

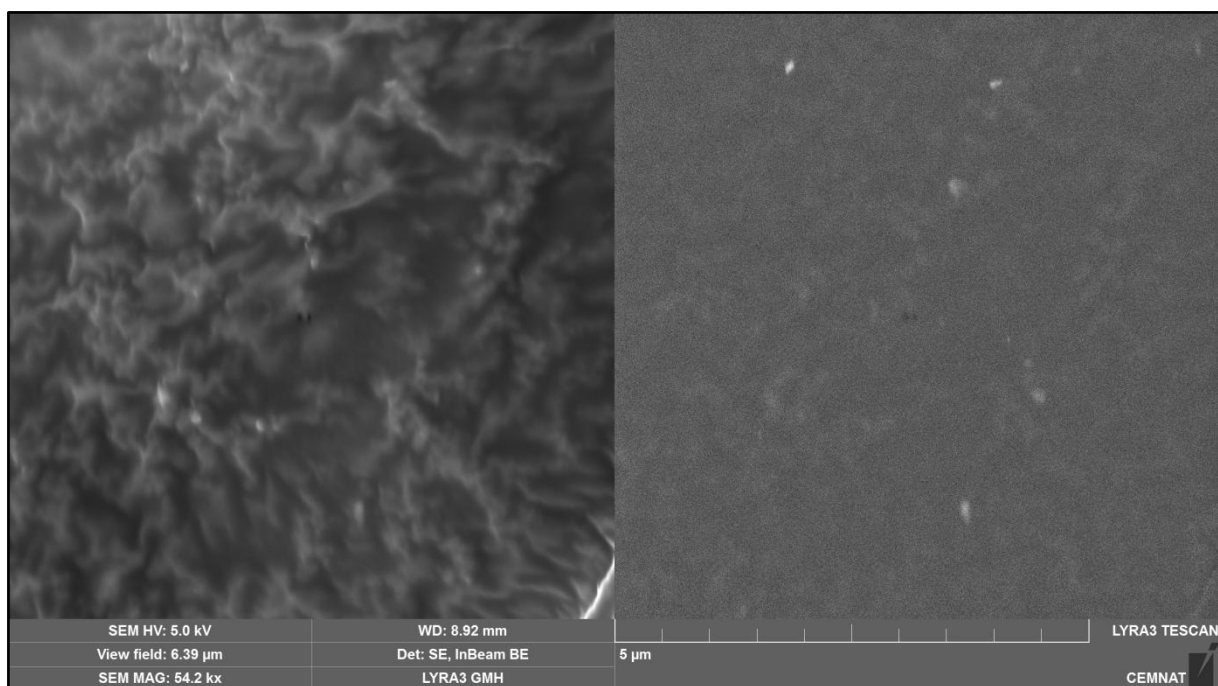
Tabulka 18 Hodnoty transmittance nátěrových filmů

Označení vzorku	Transmittance [%]
L0	73,4
LZ1	72,3
LZ2	72,5
LZ3	69,2
LM1	75,9
LM2	70,5
LM3	75,1
LC1	65,1
LC2	26,7

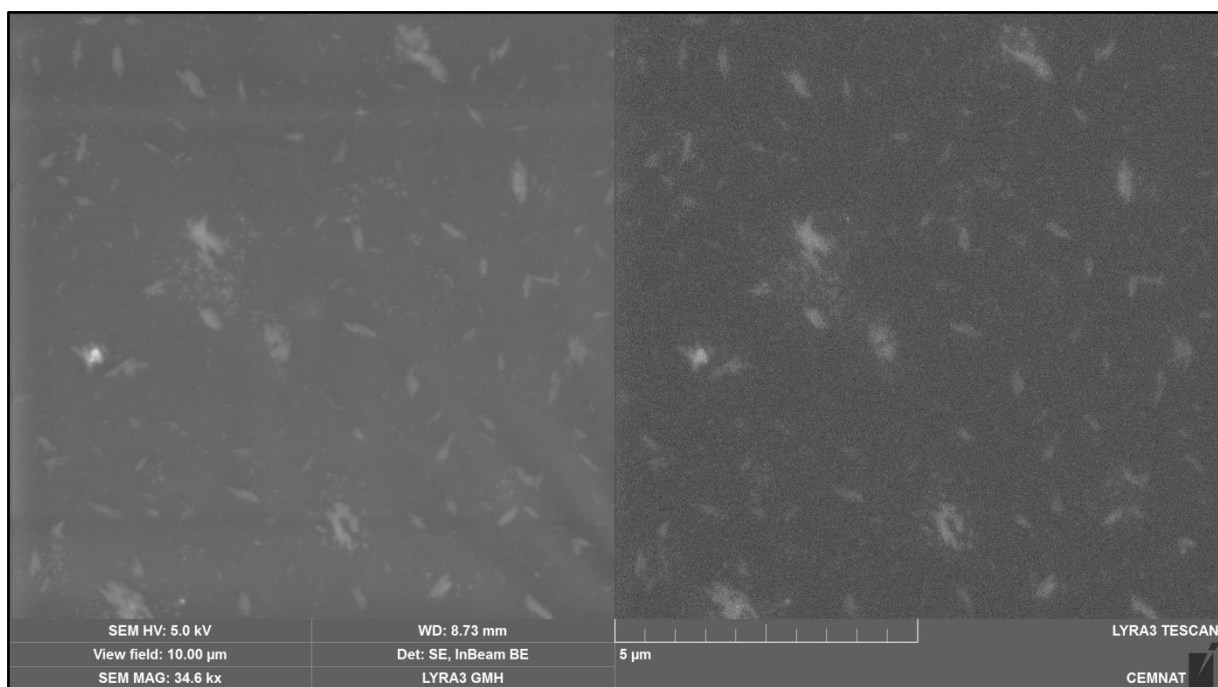


Obrázek 25 SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku L0 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo)

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

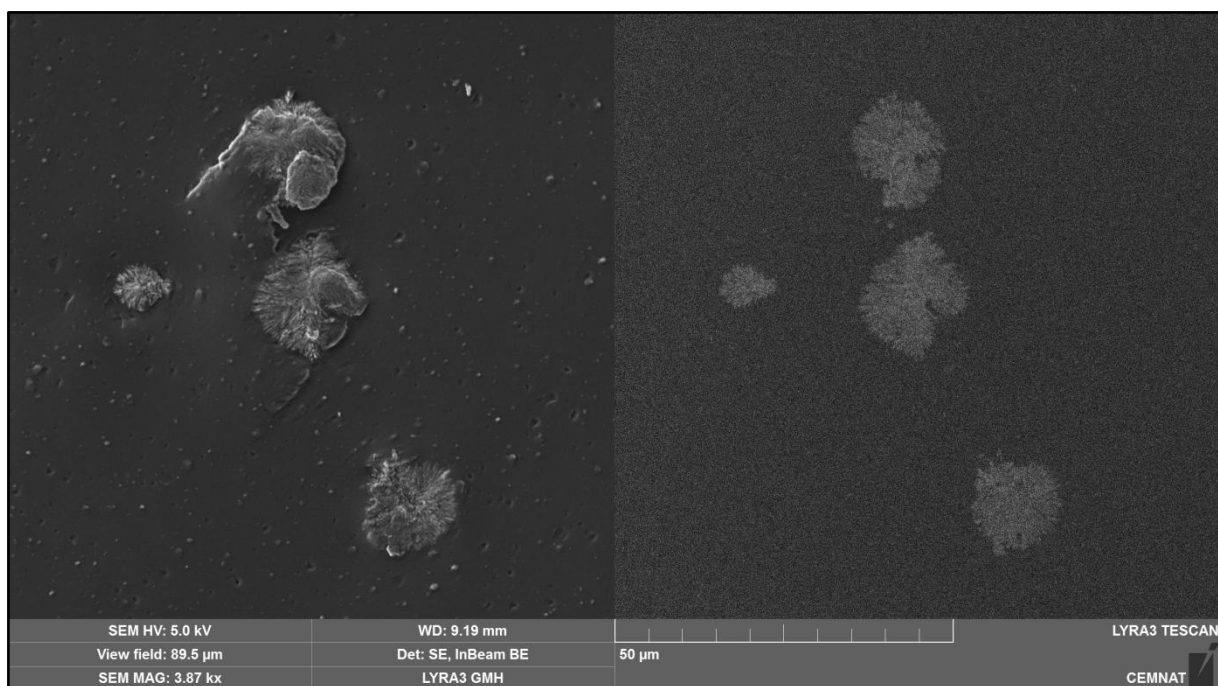


Obrázek 26 SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LZ3 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo)

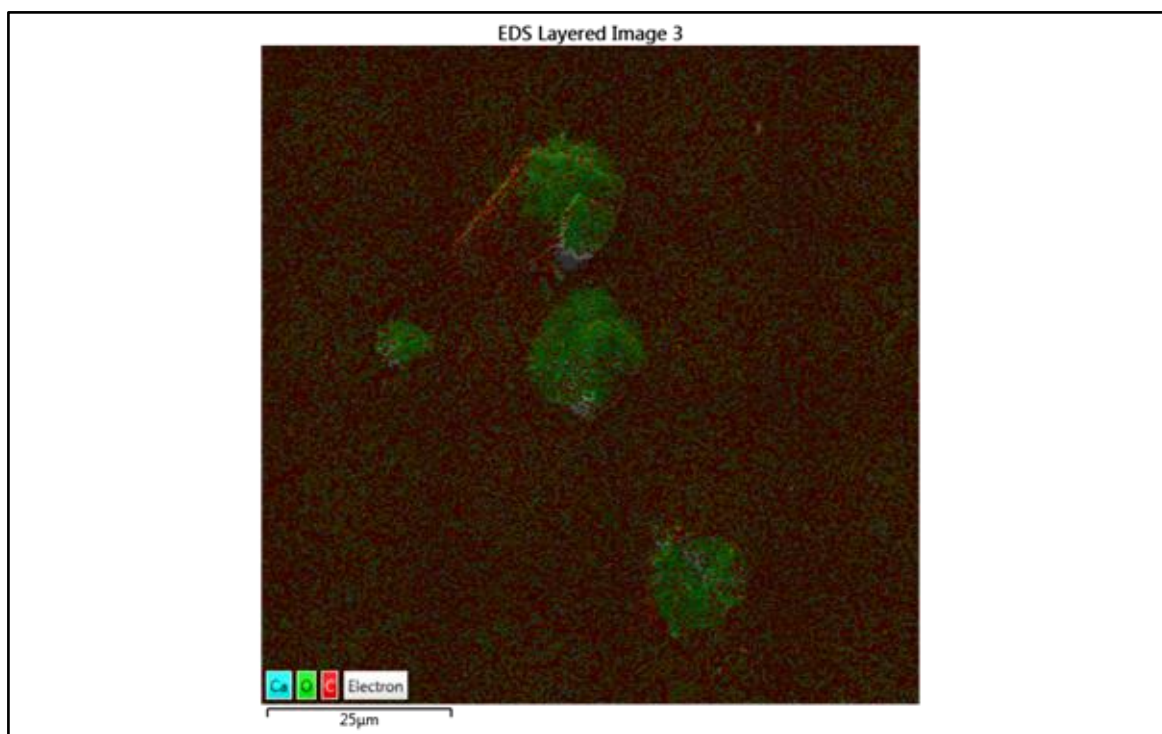


Obrázek 27 SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LM3 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo)

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ



Obrázek 28 SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LC2 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo)



Obrázek 29 Mapa rozložení Ca, O a C na povrchu lomu vzorku LC2

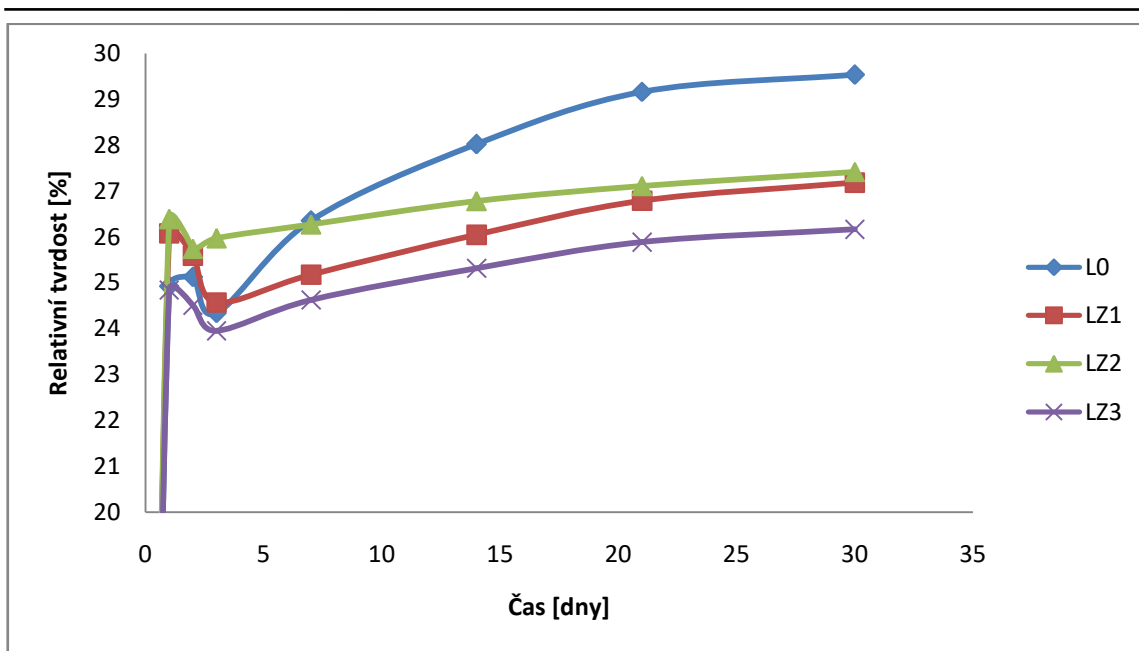
3.2.3 Stanovení tvrdosti nátěrových filmů

U nátěrů na skleněných podložkách byla provedena zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze po 1, 2, 3, 7, 14, 21 a 30 dnech. Průběh tvrdosti jednotlivých nátěrů v závislosti na čase je zobrazen na Obrázcích 30 – 33. Časový průběh relativní tvrdosti byl u všech nátěrů stejný. Během prvního dne došlo k prudkému vzestupu relativní tvrdosti, poté nastal mírný pokles a nakonec dlouhodobě tvrdost mírně stoupala. Porovnání výsledné tvrdosti jednotlivých typů nátěrů po 30 dnech zasychání je zobrazeno na Obrázku 34. Z obrázku je patrné, že největší tvrdosti dosahovaly nátěry na bázi směsi latexů SM25 a SM50 (obsahující jak nanočástice ZnO, tak nanočástice MgO) a nátěry bez přítomnosti nanočástic. Nátěry obsahující nanočástice ZnO, MgO nebo CaO měly relativně podobnou výslednou tvrdost v rozmezí 21,7 – 27,4 %. V Tabulce 19 jsou uvedeny výsledné hodnoty povrchové tvrdosti stanovené tužkami po 30 dnech zasychání nátěrů. Všechny nátěry měly velmi podobnou výslednou tvrdost.

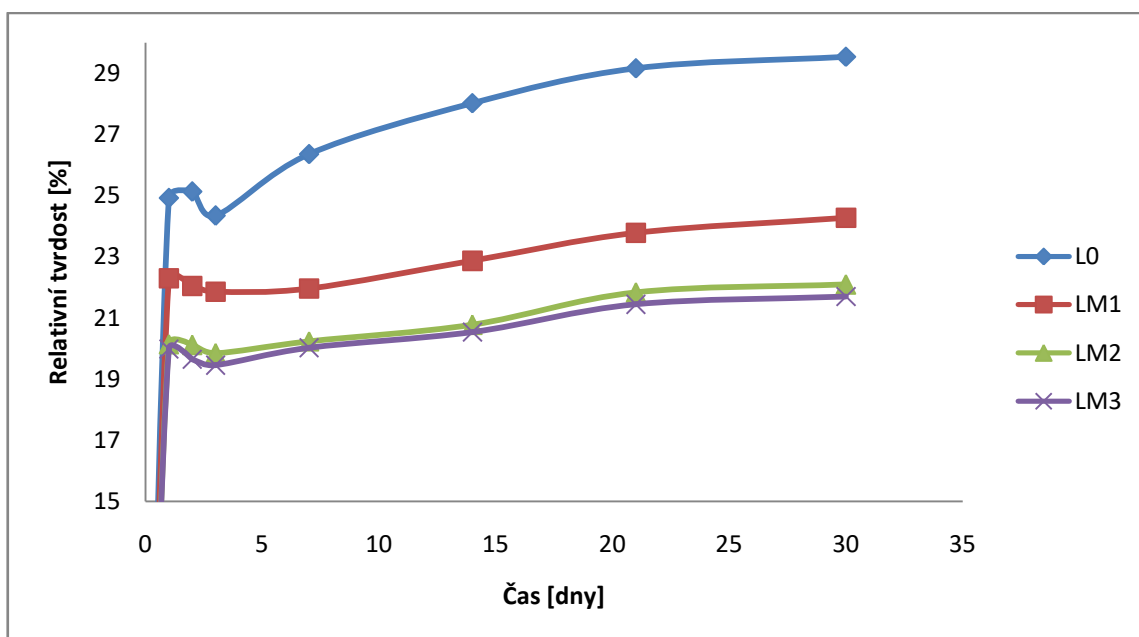
Tabulka 19 Hodnoty tvrdosti dle Persoze a tužkami stanovené po 30 dnech zasychání nátěrů

Označení vzorku	Tvrdost dle Persoze [rel. %]	Tvrdost tužkami [číslo tužky/typ]
L0	29,5	5/F
LZ1	27,2	5/F
LZ2	27,4	4/HB
LZ3	26,2	5/F
LM1	24,3	5/F
LM2	22,1	5/F
LM3	21,7	5/F
LC1	24,1	5/F
LC2	24,1	5/F
SM25	32,6	5/F
SM50	30,1	5/F
SM75	25,0	4/HB

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

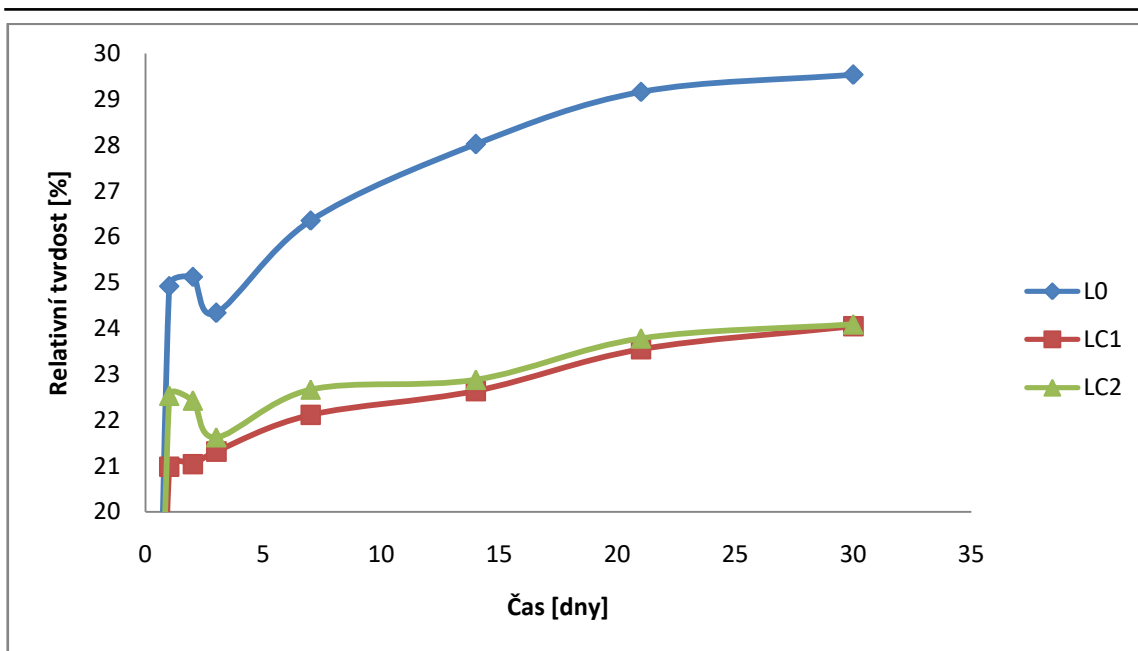


Obrázek 30 Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO v závislosti na čase

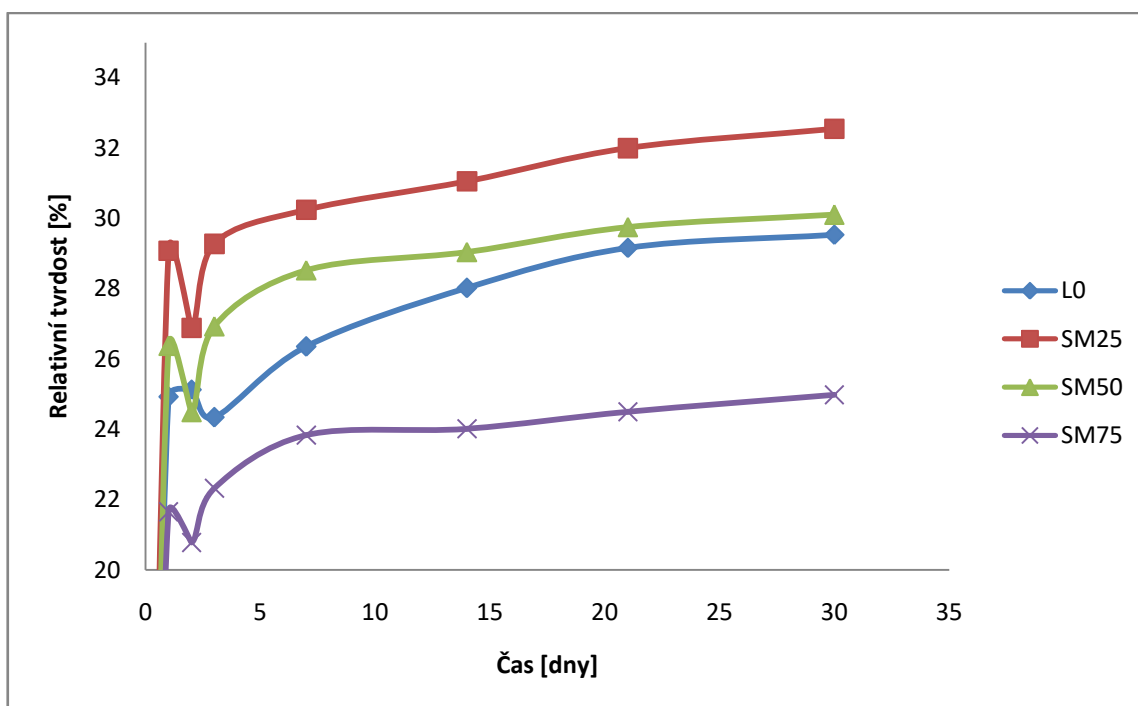


Obrázek 31 Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO v závislosti na čase

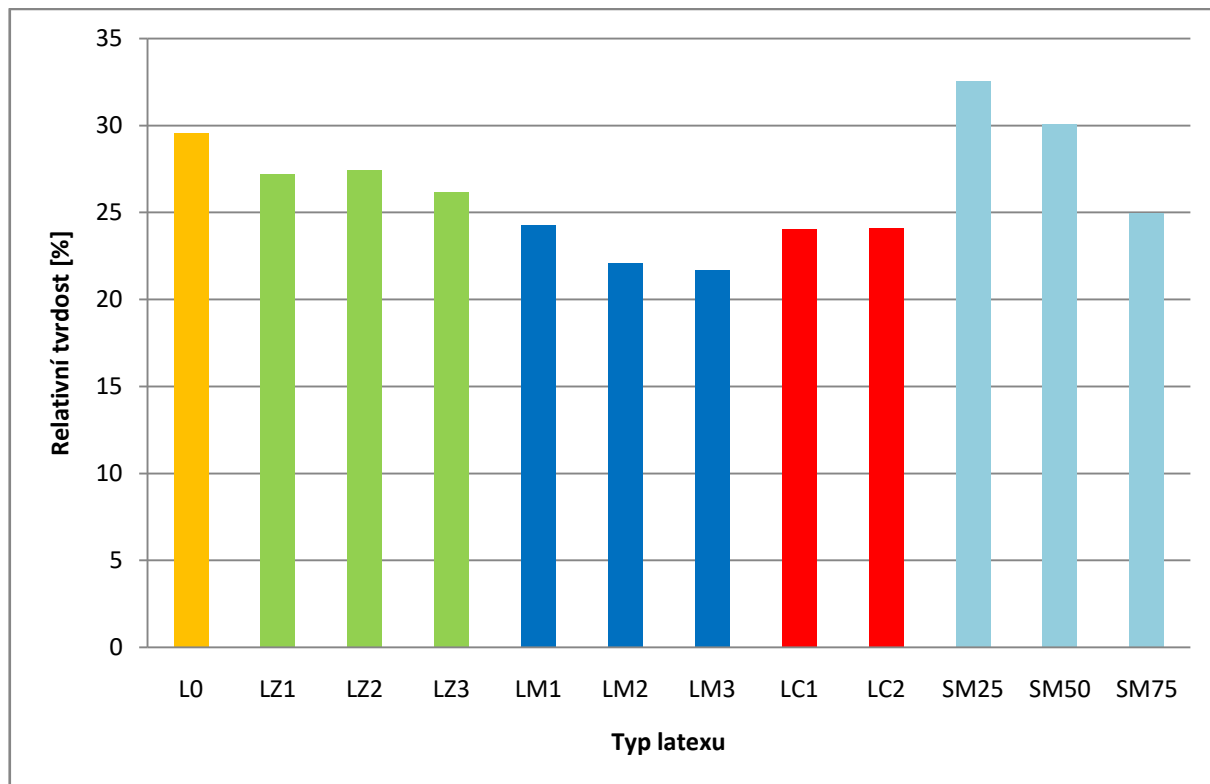
VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ



Obrázek 32 Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO v závislosti na čase



Obrázek 33 Relativní tvrdost latexových směsí v závislosti na čase



Obrázek 34 Srovnání relativní tvrdosti po 30 dnech zasychání u různých typů latexů

3.2.4 Stanovení adheze mřížkovou zkouškou

U nátěrů na skleněných a ocelových podložkách bylo provedeno testování adheze mřížkovou zkouškou. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 20. U všech vzorků jak na skleněných, tak na ocelových podložkách byla přílnavost vyhodnocena stupněm 0. Toto stanovení dokazuje, že nátěry mají velmi dobrou adhezi ke skleněnému i ocelovému povrchu.

Tabulka 20 Hodnoty adheze nátěrů k různým typům substrátu

Název	Stupeň adheze	
	Sklo	Ocel
L0	0	0
LZ1	0	0
LZ2	0	0
LZ3	0	0
LM1	0	0
LM2	0	0
LM3	0	0
LC1	0	0
LC2	0	0
SM25	0	0
SM50	0	0
SM75	0	0

3.2.5 Mechanické vlastnosti nátěrových filmů

U nátěrů na ocelových podložkách byla provedena zkouška padajícím závažím, ohybová zkouška a zkouška hloubením. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 21. Všechny vzorky vykazovaly vynikající mechanické vlastnosti. U zkoušky padajícím závažím nebylo zaznamenáno porušení nátěru u žádného vzorku ani při maximální výšce (100 cm). Všechny nátěry vykazovaly taktéž maximální odolnost proti ohybu a ani u zkoušky hloubením nedošlo k porušení nátěru při maximálním zatížení vzorku. Přítomnost různých koncentrací jednotlivých typů nanočástic v nátěrových filmech tedy nezhoršila mechanické vlastnosti nátěrů.

Tabulka 21 Mechanické vlastnosti nátěrových filmů

Označení vzorku	Pád [cm]	Ohyb [mm]	Hloubení [mm]
L0	>100	<4	>10
LZ1	>100	<4	>10
LZ2	>100	<4	>10
LZ3	>100	<4	>10
LM1	>100	<4	>10
LM2	>100	<4	>10
LM3	>100	<4	>10
LC1	>100	<4	>10
LC2	>100	<4	>10
SM25	>100	<4	>10
SM50	>100	<4	>10
SM75	>100	<4	>10

3.2.6 Tahové vlastnosti

Pro každý vzorek byla z nátěrů na silikonových podložkách vytvořena tělíska, u kterých byly stanovovány tahové vlastnosti. Byl zjišťován modul pružnosti, mez pevnosti a poměrné prodloužení vzorku. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 22. Hodnoty pro modul pružnosti se pohybovaly v rozmezí 2,7 – 14,7 MPa, hodnoty pro mez pevnosti se pohybovaly v rozmezí 5,1 – 9,9 MPa. Celkové prodloužení vzorku se pohybovalo v rozsahu hodnot 126,4 – 352,5 %. Bylo zjištěno, že modul pružnosti a mez pevnosti se povětšinou zvyšovaly s přítomností nanočástic, prodloužení vzorku se naopak snižovalo.

Tabulka 22 Tahové vlastnosti

Označení vzorku	Modul pružnosti [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Prodloužení [%]
L0	2,7±0,2	5,1±1,7	255,7±20,8
LZ1	3,2±0,4	7,0±0,3	352,5±21,1
LZ2	4,4±0,8	6,8±0,7	286,3±23,7
LZ3	6,6±0,6	6,7±0,5	245,4±28,0
LM1	5,6±0,5	6,8±1,0	243,8±11,5
LM2	5,2±0,9	5,8±0,4	295,8±31,8
LM3	6,2±0,8	6,4±0,5	223,8±22,0
LC1	6,8±0,5	7,3±0,9	240,4±38,1
LC2	14,7±1,8	8,7±1,3	154,8±21,4
SM25	12,7±1,9	5,8±1,3	149,6±21,8
SM50	9,7±0,5	9,9±0,8	236,0±1,6
SM75	14,1±1,8	7,9±0,9	126,4±16,3

3.2.7 Stanovení odolnosti nátěrů methylethylketonu

Odolnost nátěru methylethylketonu byla u všech vzorků stanovována na skleněných podložkách. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 23. Ukázalo se, že všechny nátěry obsahující nanočástice ZnO, MgO nebo CaO vykazovaly v porovnání s nátěrem L0 výbornou odolnost proti působení methylethylketonu. Nátěry vždy odolaly déle než 300 sekund. Důvodem této odolnosti je pravděpodobně vznik komplexních vazeb mezi kationty kovů a karboxylovými skupinami vázanými na polymerních řetězcích. U nátěru bez přítomnosti nanočástic došlo k poškození již po 28 sekundách.

Tabulka 23 Odolnost nátěrů MEK

Označení vzorku	Odolnost MEK [s]
L0	28
LZ1	>300
LZ2	>300
LZ3	>300
LM1	>300
LM2	>300
LM3	>300
LC1	>300
LC2	>300
SM25	>300
SM50	>300
SM75	>300

3.2.8 Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda

Stanovení odolnosti nátěrů kapalinám bylo prováděno u nátěrů na skleněných podložkách. Výsledky jsou uvedeny v Tabulkách 24 – 27. Jako nejodolnější se projevily nátěry obsahující nanočástice ZnO a MgO, naopak nejhorší vlastnosti se projevily u nátěrů s nanočásticemi CaO. Ukázalo se, že množství daného nanooxidu v nátěrovém filmu významně neovlivnilo jeho chemickou odolnost.

Nátěry bez přítomnosti nanočástic nejlépe odolávaly působení chloridu sodného a kyseliny sírové. Naopak jako nejagresivnější se projevil aceton a amoniak, u kterých došlo k úplné degradaci nátěru již během několika hodin. Poněkud agresivně se chovala i voda, u které sice nedošlo ke ztrátě adheze, ale i přesto se nátěr postupně zakaloval a zvětšovaly se na něm puchýře.

Velmi podobné projevy vykazovaly i nátěry s obsahem nanočástic ZnO. Nejlépe odolávaly působení chloridu sodného a kyseliny sírové. Nejagresivněji se zde projevil amoniak, u kterého došlo ke ztrátě adheze již do 2 hodin. U ethanolu, acetonu a vody nedošlo k úplné degradaci, ale přesto zde byl patrný zákal a puchýře již po několika hodinách působení.

Nátěry obsahující nanočástice MgO měly podstatně horší odolnost vůči testujícím kapalinám. Velmi špatně odolávaly působení chloridu sodného, ethanolu, amoniaku, acetonu a destilované vodě, u těchto kapalin došlo buď k úplné adhezi nátěru, nebo byl patrný silný zákal a puchýře.

Nátěry s obsahem nanočástic CaO odolávaly kapalinám nejhůře. U vzorku LC1 pouze kyselina sírová a nedestilovaná voda nepůsobily agresivně. U vzorku LC2 byl patrný zákal a puchýře u všech kapalin prakticky okamžitě.

Oproti tomu nátěry obsahující v různých poměrech nanočástice ZnO a MgO vykazovaly velmi dobrou odolnost vůči chloridu sodnému a kyselině sírové. Jako nejagresivnější se ukázal na těchto nátěrech ethanol, amoniak a aceton. Nátěry s vyšším zastoupením MgO se projevily jako lépe odolné vůči vodě.

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 24 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO vůči kapalinám

Název	Prostředí	1 hod	2 hod	4 hod	1 den	2 dny	3 dny	4 dny	7 dní
L0	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	4	4	4	4
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	1	3	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	4	4
LZ1	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	3	3	3	3	3	3	3	3
	NaOH	1	1	1	1	1	1	1	1
LZ2	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	3	3	3	3	3	3	3	3
	NaOH	1	1	1	1	1	1	1	1
LZ3	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	2	3	3	3	3	3	3	3
	NaOH	1	1	1	1	1	1	1	1

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 25 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO vůči kapalinám

Název	Prostředí	1 hod	2 hod	4 hod	1 den	2 dny	3 dny	4 dny	7 dní
L0	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	4	4	4	4
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	1	3	4	4	4	4	4	4
NaOH	1	1	1	1	1	1	4	4	
LM1	H ₂ O nedest.	1	1	1	1	1	1	1	1
	H ₂ O dest.	3	3	3	3	3	3	3	3
	NaCl	2	2	2	3	3	3	3	3
	Ethanol	2	2	2	2	3	4	4	4
	NH ₃	2	3	3	3	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	1	1	1	1	1
	Aceton	2	3	4	4	4	4	4	4
NaOH	1	1	1	1	1	1	1	3	
LM2	H ₂ O nedest.	1	1	1	1	1	1	1	1
	H ₂ O dest.	3	4	4	4	4	4	4	4
	NaCl	2	2	2	3	4	4	4	4
	Ethanol	2	2	3	3	3	4	4	4
	NH ₃	2	2	3	3	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	1	1	1	1	1
	Aceton	3	3	4	4	4	4	4	4
NaOH	1	1	1	1	1	1	1	3	
LM3	H ₂ O nedest.	1	1	1	1	1	1	1	1
	H ₂ O dest.	2	2	2	2	2	2	2	2
	NaCl	2	2	2	3	4	4	4	4
	Ethanol	3	3	3	3	4	4	4	4
	NH ₃	2	3	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	1	1	1	1	1	1	1	1
	Aceton	2	3	3	3	3	3	3	3
NaOH	1	1	1	1	1	4	4	4	

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 26 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO vůči kapalinám

Název	Prostředí	1 hod	2 hod	4 hod	1 den	2 dny	3 dny	4 dny	7 dní
L0	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	4	4	4	4
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	1	3	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	4	4
LC1	H ₂ O nedest.	1	1	1	1	1	1	1	1
	H ₂ O dest.	2	2	2	2	2	2	2	2
	NaCl	2	2	3	4	4	4	4	4
	Ethanol	1	1	2	3	4	4	4	4
	NH ₃	3	3	3	3	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	2	2	2	3	3	3	3	3
	NaOH	2	2	2	3	4	4	4	4
LC2	H ₂ O nedest.	3	3	3	3	3	3	3	3
	H ₂ O dest.	3	3	3	3	3	4	4	4
	NaCl	2	2	3	3	4	4	4	4
	Ethanol	2	2	2	3	3	4	4	4
	NH ₃	3	3	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	1	1	1	1	1	1	1	1
	Aceton	2	2	2	3	3	3	3	3
	NaOH	2	2	2	3	3	4	4	4

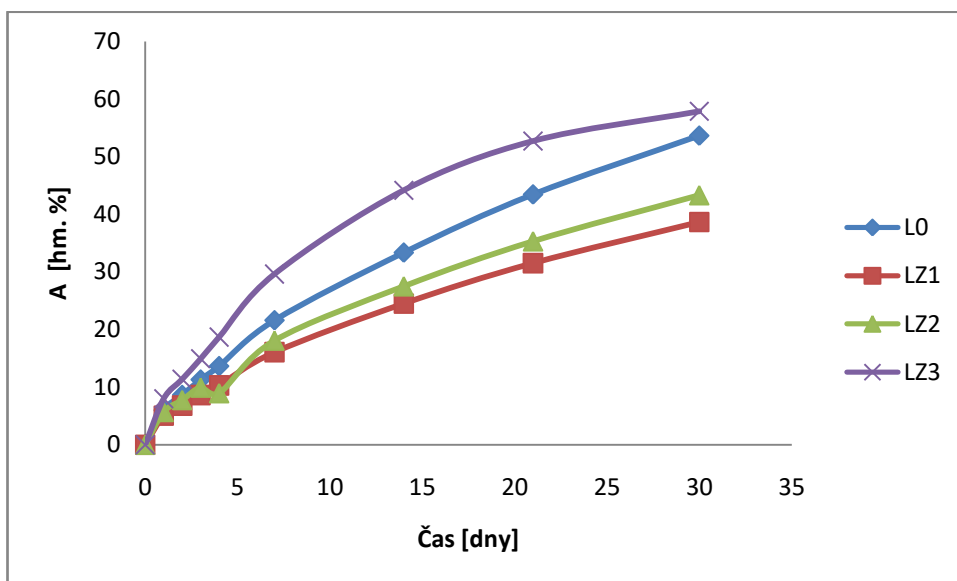
VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 27 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO a MgO vůči kapalinám

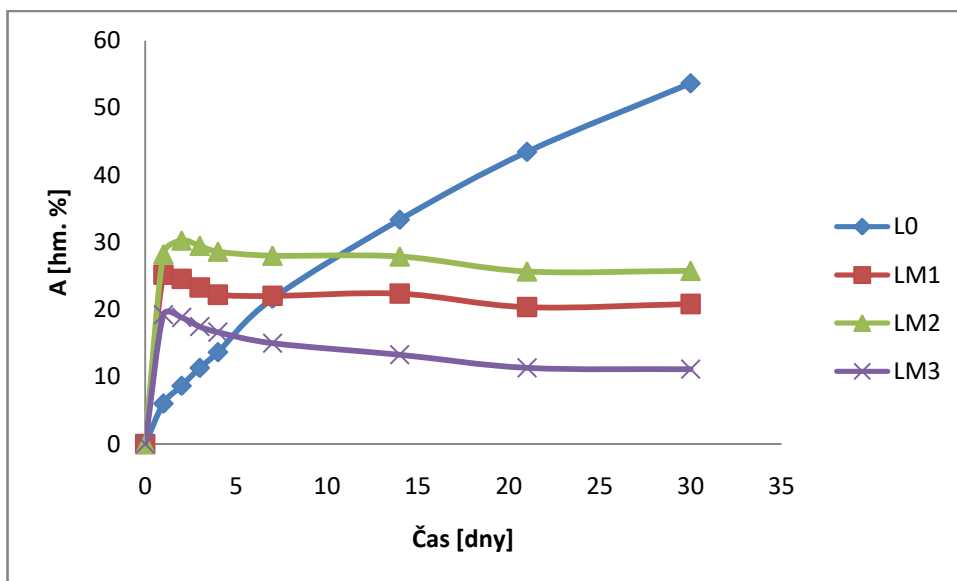
Název	Prostředí	1 hod	2 hod	4 hod	1 den	2 dny	3 dny	4 dny	7 dní
L0	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	3	3
	H ₂ O dest.	1	1	1	2	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	4	4	4	4
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	1	3	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	4	4
SM25	H ₂ O nedest.	1	1	2	2	3	3	3	3
	H ₂ O dest.	1	3	3	3	3	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	3	4	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	1	4
SM50	H ₂ O nedest.	1	1	1	2	2	2	2	3
	H ₂ O dest.	1	2	2	2	2	3	3	3
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ethanol	2	2	2	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	3	4	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	3	4
SM75	H ₂ O nedest.	1	2	2	2	2	2	2	2
	H ₂ O dest.	1	1	2	2	2	2	3	3
	NaCl	0	1	1	1	1	1	1	1
	Ethanol	2	2	2	3	3	3	3	3
	NH ₃	3	4	4	4	4	4	4	4
	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aceton	3	4	4	4	4	4	4	4
	NaOH	1	1	1	1	1	1	3	4

3.2.9 Stanovení absorpce vody

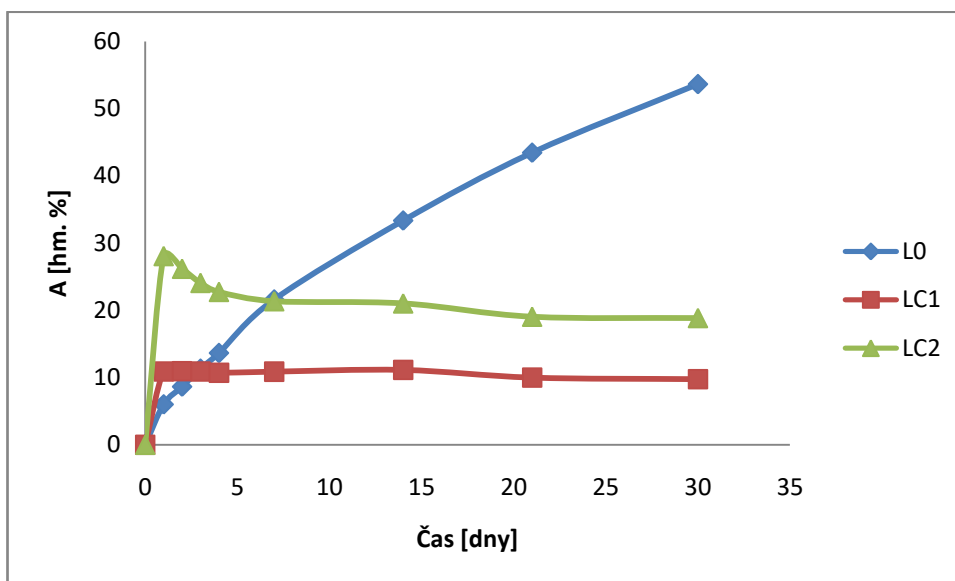
U všech nátěrových filmů byla stanovena absorpce vody po 1, 2, 3, 4, 7, 14, 21 a 30 dnech. Časový průběh absorpce vody do jednotlivých typů nátěrových filmů je zobrazen na Obrázcích 35 – 38. Na Obrázku 35 vidíme, že nátěrové filmy tvořené latexem L0 a latexy obsahujícími nanočástice ZnO vykazovaly nižší počáteční rychlost absorpce vody do filmu, ale během dlouhodobého ponoření ve vodě tyto filmy absorbovaly vyšší množství vody. Tento jev zřejmě vypovídá o tom, že při vzniku těchto latexových filmů bylo dosaženo dobré koalescence částic. Naproti tomu u nátěrů na bázi latexů obsahujících nanočástice CaO nebo MgO a nátěrů zhotovených z latexových směsí obsahujících současně nanočástice ZnO a MgO můžeme na Obrázcích 36 – 38 vidět vysokou počáteční rychlost absorpce vody do filmu, poté však zřejmě z důvodu špatné koalescence došlo k vyplavení vodorozpustných látek, tudíž k poklesu osmotického tlaku a k poklesu absorpce vody do filmů. Nižší dlouhodobá absorpce vody je tedy zřejmě způsobena horším slinutím latexového filmu. Na Obrázcích 39 a 40 pak můžeme vidět srovnání množství absorbované vody u jednotlivých typů latexů po 1 a 30 dnech. Ukázalo se, že s rostoucím skutečným obsahem nanooxidů všech typů v nátěrových filmech vzrůstala i jejich citlivost vůči vodě, což lze vysvětlit nárůstem osmotického tlaku vlivem zvýšené koncentrace iontů kovů.



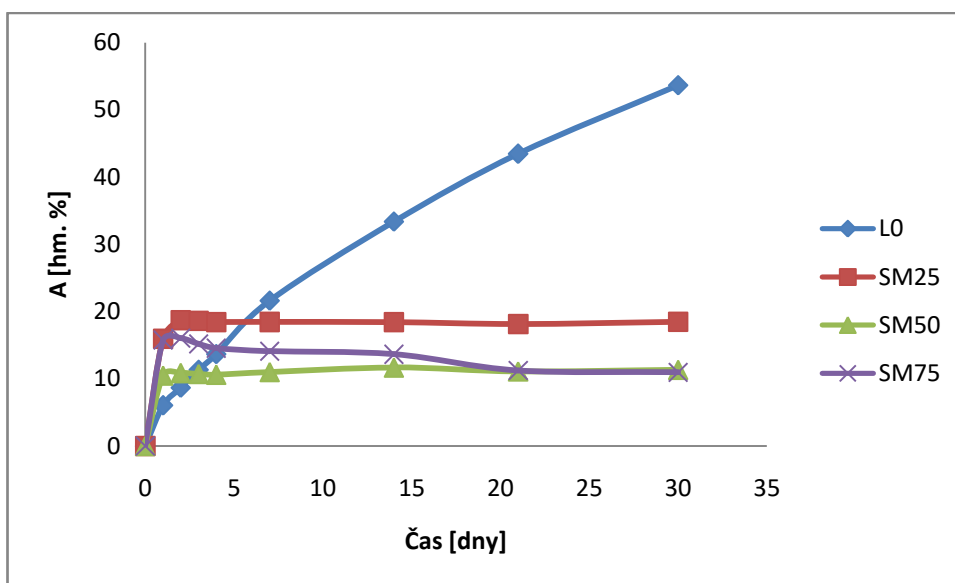
Obrázek 35 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO



Obrázek 36 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO

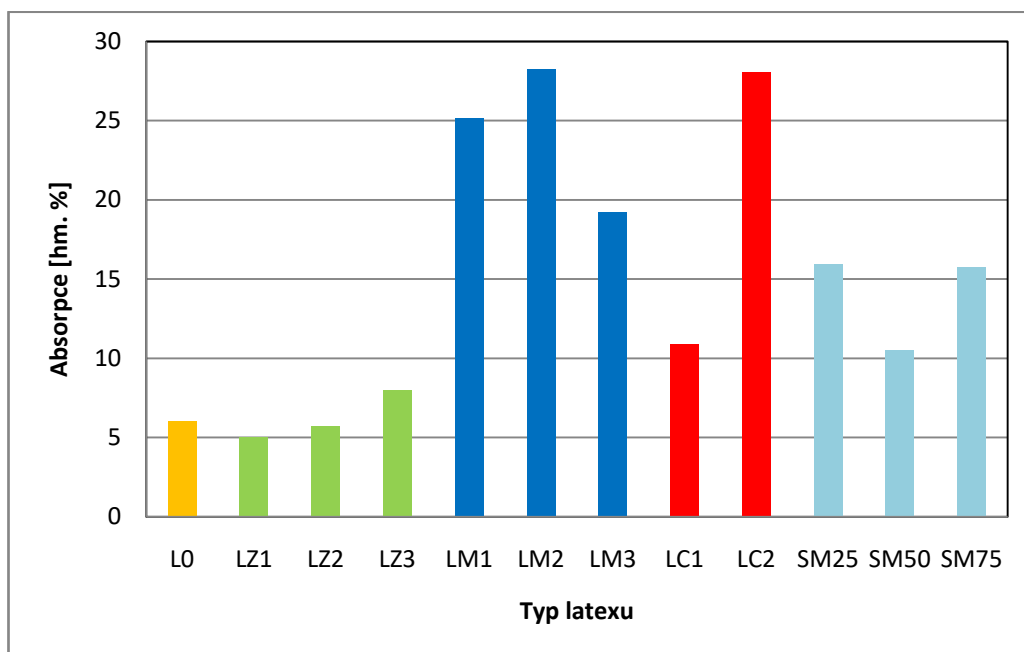


Obrázek 37 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO

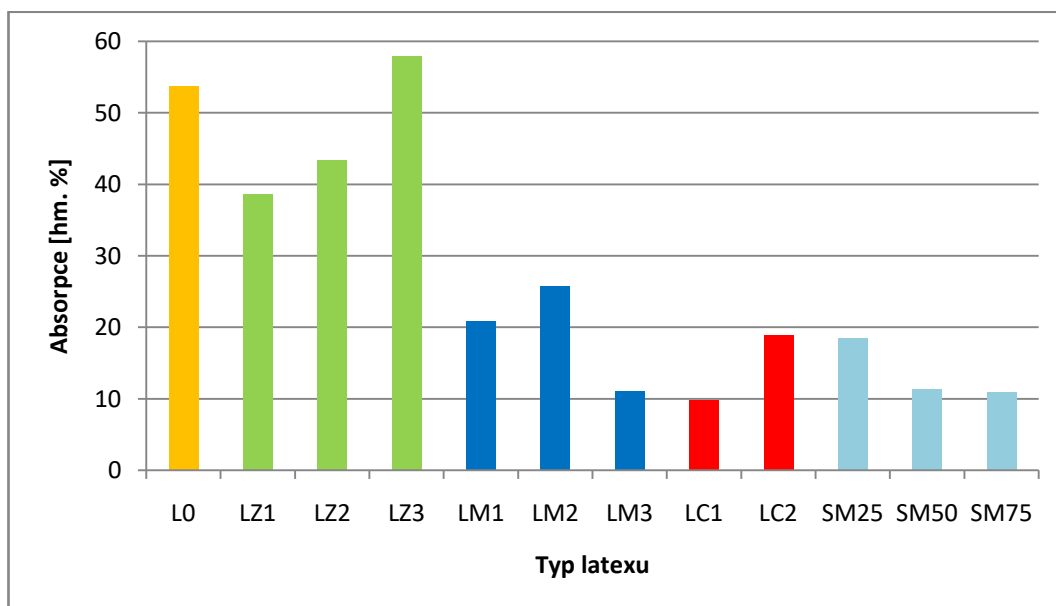


Obrázek 38 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO a MgO

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ



Obrázek 39 Srovnání absorpce vody po 1 dnu ponoření u různých typů latexových nátěrů



Obrázek 40 Srovnání absorpce vody po 30 dnech ponoření u různých typů latexových nátěrů

3.2.10 Stanovení bleskové koroze

Korozní projevy byly hodnoceny u nátěrů na ocelových podložkách. Projevy koroze po 2 hodinách od aplikace nátěru a projevy bleskové koroze po zrychleném laboratorním testu jsou uvedeny v Tabulce 28 a fotograficky zdokumentovány v Přílohách 6 a 7. U všech vzorků po 2 hodinách od aplikace nátěru nastaly jen minimální korozní projevy. Po zrychleném laboratorním testu však došlo k výskytu bleskové koroze v případě nátěrů všech vzorků. Blesková koroze se v nejvyšší intenzitě objevila v případě nátěrů z latexů L0 a LC2. Po aplikaci latexů obsahujících pouze nanočástice ZnO a směsí latexů s přítomností MgO i ZnO došlo oproti latexu bez nanočástic (L0) ke vzniku nižšího stupně bleskové koroze. Nejlépe však proti vývoji bleskové koroze působily nátěry obsahující nanočástice MgO. Lze tedy konstatovat, že nanočástice MgO plnily funkci účinného inhibitoru bleskové koroze pravděpodobně na principu alkalického působení, v jehož důsledku došlo k posunutí pH prostředí v blízkosti oceli do oblasti, kde je koroze ocelového podkladu potlačena. Dalším možným vysvětlením inhibičních účinků nanočástic ZnO a MgO vůči bleskové korozi je potlačení průběhu katodové reakce, ke které při elektrochemické korozi dochází. Disociované kationty Mg^{2+} , popř. Zn^{2+} a Ca^{2+} mohly spolu s kationty korodujícího kovu vytvořit vrstvu směsných hydroxidů brzdících katodovou reakci.

Tabulka 28 Projevy koroze po 2 hodinách od aplikace nátěru a projevy bleskové koroze po zrychleném laboratorním testu

Označení vzorku	Koroze [%]	Blesková koroze [%]
L0	0,1	100
LZ1	0,03	50
LZ2	0,1	50
LZ3	0,01	33
LM1	0,01	10
LM2	0,03	16
LM3	0,01	10
LC1	0,03	50
LC2	0,01	100
SM25	0,01	50
SM50	0,01	50
SM75	0,01	33

3.3 Hodnocení antimikrobiálních účinků nátěrů

3.3.1 Antimikrobiální účinky

Antimikrobiální účinky nátěrů byly hodnoceny vůči kmenům *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa*. Stanovoval se nárůst bakterií přímo na povrchu vzorku a poté nárůst po otisku vzorku. Výsledky těchto hodnocení jsou uvedeny v Tabulkách 29 a 30. Nárůsty po otisku jsou zobrazeny v Přílohách 8 – 19. Nejlépe inhibovaly růst bakterií nátěry obsahující nanočástice ZnO. Slabší inhibiční efekt byl pozorován u vzorků obsahujících nanočástice MgO. Žádné antimikrobiální vlastnosti se neprojevíly u latexových nátěrů bez obsahu nanočástic a obsahujících nanočástice CaO. U nátěrů na bázi latexových

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

směsí obsahujících kombinaci nanočástic ZnO a MgO došlo k nejsilnější inhibici růstu u kmene *Staphylococcus aureus* a ke slabší inhibici u kmenů *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa*. Z výsledků je patrné, že inhibiční efekt vzrůstal s rostoucím obsahem zinku.

U sledování antimikrobiálního účinku v místě otisku nátěrového filmu je patrné zmenšení plochy nárůstu bakterií u vzorků obsahujících pouze nanočástice ZnO nebo MgO. Latexové nátěry obsahující MgO působily inhibičně pouze na kmen *Staphylococcus aureus*. Nátěry obsahující nanočástice ZnO vykazovaly silnější inhibiční účinky proti *Staphylococcus aureus* a poněkud slabší inhibiční účinek proti *Escherichia coli*. Dále lze vidět, že s rostoucí koncentrací nanočástic ZnO se zvyšovala inhibiční účinnost vzorku. Nátěry ze směsí latexů nejevily inhibiční efekt při jakémkoli poměru nanočástic ZnO a MgO. Po porovnání výsledků nárůstu na nátěru a nárůstu po otisku lze konstatovat, že nanočástice ZnO případně MgO mají bakteriostatické účinky (zastavují množení bakterií).

Tabulka 29 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa*

Označení vzorku	Nárůst bakterií na nátěru [%]		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
L0	100	100	100
LZ1	0	0	0
LZ2	0	0	0
LZ3	0	0	0
LM1	50	50	50
LM2	50	50	50
LM3	50	50	50
LC1	100	100	100
LC2	100	100	100
SM25	0	0	50
SM50	0	50	100
SM75	50	100	100

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 30 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* a *Pseudomonas aeruginosa*

Označení vzorku	Nárůst bakterií po otisku nátěru [%]		
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
L0	100	100	100
LZ1	75	100	100
LZ2	50	75	100
LZ3	25	50	100
LM1	75	100	100
LM2	75	100	100
LM3	75	100	100
LC1	100	100	100
LC2	100	100	100
SM25	100	100	100
SM50	100	100	100
SM75	100	100	100

3.3.2 Antifungální účinky

Antifungální účinky nátěrů byly hodnoceny vůči kmenům *Penicillium chrysogenum* a *Aspergillus brasiliensis*. Stanovoval se nárůst plísní přímo na povrchu vzorku. Účinky tohoto hodnocení jsou uvedeny v Přílohách 20 - 27 a výsledky hodnocení jsou v Tabulce 31. Překvapivě nejlépe inhiboval plísně latex L0. Důvod tohoto chování nám není dosud znám a vyžadoval by další podrobnější studium. Jednou z možných příčin je kyselost tohoto latexového filmu. Slabě inhibovaly růst plísní latexy obsahující nanočástice ZnO. U kmene *Penicillium chrysogenum* byl nárůst na vzorku ze 75 % a u kmene *Aspergillus brasiliensis* dokonce jen z 50 %. Latexy obsahující nanočástice MgO působily biocidně pouze na *Aspergillus brasiliensis*. Latexy obsahující nanočástice CaO nevykazovaly antimikrobiální účinek ani na jednu plíseň. U latexových směsí obsahujících ZnO a MgO došlo k inhibici růstu pouze u vzorku s největším obsahem zinku. Lze tedy říci, že fungicidně (zabíjejí plísně) působily pouze nátěry obsahující ZnO nebo MgO. Neměli bychom ale přehlédnout, že u kmene *Aspergillus brasiliensis* nedošlo k dokonalému osporování všech kolonií u vzorků SM25, SM50, SM75, LC1 a LC2. Lze tedy konstatovat, že latexové směsi obsahující ZnO a MgO a latexy obsahující nanočástice CaO mají fungistatický účinek (zastavují množeni plísní).

VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

Tabulka 31 Antifungální účinek nátěrových filmů vůči *Penicillium chrysogenum* a *Aspergillus brasiliensis*

Označení vzorku	Nárůst plísní na nátěru [%]	
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Aspergillus brasiliensis</i>
L0	50	25
LZ1	75	75
LZ2	75	50
LZ3	75	50
LM1	100	100
LM2	100	75
LM3	100	75
LC1	100	100
LC2	100	100
SM25	75	75
SM50	90	90
SM75	90	90

ZÁVĚR

Metodou emulzní polymerace byly připraveny tři sady samosít'ujících latexů, do jejichž struktury byly v průběhu syntézy zabudovány nanočástice oxidu zinečnatého, oxidu hořečnatého nebo oxidu vápenatého. Vzorčky se hodnotily ve formě vodných disperzí, nátěrových filmů na skleněných, případně ocelových podložkách a filmů na silikonových podložkách. Pro antimikrobiální hodnocení byly připraveny nátěry na filtračním papíře. Koncentrace jednotlivých typů nanostrukturálních oxidů v nátěrových filmech byla v rozmezí 0 – 1,7 hm. %.

Všechny vodné disperze byly stabilní po dobu minimálně 10 měsíců. Zhotovené nátěrové filmy měly velmi dobré vzhledové vlastnosti a kromě nátěrů obsahujících nanooxidu CaO měly všechny vysoký lesk a byly transparentní. Veškeré nátěry vykazovaly velmi dobrou adhezi ke skleněnému i ocelovému povrchu. Všechny nátěrové filmy vykazovaly vysokou mechanickou odolnost, přítomnost různých koncentrací jednotlivých typů nanočástic tedy nezhoršila mechanické vlastnosti nátěrů. Všechny nátěry obsahující různý obsah nanočástic vykazovaly výbornou odolnost vůči působení methylethylketonu. Chemická odolnost nátěrových filmů vůči kapalinám byla ovlivněna typem nanooxidu, nezáleželo však na jeho koncentraci. Nejlepší chemickou odolnost prokázaly nátěry obsahující nanočástice ZnO a nátěry obsahující v různých poměrech nanočástice ZnO a MgO. Dále se ukázalo, že nátěry s obsahem nanočástic MgO a CaO a nátěry obsahující v různých poměrech nanočástice ZnO a MgO vykazovaly sníženou citlivost vůči vodě. Rovněž bylo zjištěno, že latexy obsahující nanočástice ZnO a latexy obsahující v různých poměrech nanooxidu ZnO a MgO se projeví jako inhibitory bleskové koroze. Silnější inhibiční účinek bleskové koroze se projevil u latexů obsahujících nanočástice MgO.

Důraz při studiu připravených samosít'ujících latexů s obsahem nanočástic ZnO, MgO nebo CaO byl kladen na hodnocení antimikrobiálního působení nátěrových filmů. Nejlepší antibakteriální účinky se projeví u vzorků obsahujících nanočástice ZnO. Inhibiční efekt vzrůstal s rostoucím obsahem zinku. Slabší inhibiční efekt byl pozorován u vzorků obsahujících nanočástice MgO. Lze konstatovat, že nátěry obsahující nanočástice ZnO, případně MgO mají bakteriostatický účinek. Co se antifungálních účinků týče, nejlepší

ZÁVĚR

výsledky vykazoval latex bez nanočástic. Slabě inhibovaly růst obou plísni i latexy obsahující nanočástice ZnO. Latexy obsahující nanočástice MgO působily fungicidně pouze u kmene *Aspergillus brasiliensis*. U tohoto kmene byl také patrný fungistatický účinek způsobený latexy obsahujícími nanočástice CaO a latexovými směsmi obsahujícími v různých poměrech nanočástice ZnO a MgO.

Na základě srovnání všech připravených typů samosítřujících latexů se jako nejperspektivnější jeví latexy obsahující nanočástice oxidu zinečnatého, případně oxidu hořečnatého. Tyto disperze poskytují nátěry s velmi dobrými antimikrobiálními a antifungálními účinky, výborným vzhledem, dobrou adhezí, vysokou mechanickou a chemickou odolností. Lze se tedy domnívat, že tyto materiály mohou snadno nalézt uplatnění jako vodou ředitelná pojiva nátěrových hmot nebo transparentní laky s antibakteriálním účinkem. Vhodné by byly pro interiérové nátěry různých typů podkladů, především v nemocnicích, léčebnách, penzionech, hotelech, školách a školkách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KESSEL, N. D.; ILLSLEY, R.; KEDDIE, J. L. The diacetone acrylamide crosslinking reaction and its influence on the film formation of an acrylic latex. *Journal of Coatings Technology Research*. 2008(5), s. 285-297. ISSN1935-3804.
DOI: 10.1007/s11998-008-9096-6.
- [2] ŠPAČEK, J. *Technologie gumárenská a plastikářská II. 2.*, nezm.vyd. Vysoké učení technické v Brně, 1980.
- [3] RYBNIKÁŘ, F. *Makromolekulární chemie II*, Vysoké učení technické v Brně, 1987.
- [4] ŠTĚPÁN, M. *Gumárenská technologie VI*, Praha, SNTL, 1965.
- [5] DUCHÁČEK, V. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*, VŠCHT Praha, 1990.
- [6] BÁBEK, M.; LIŠKA, J.; VALENTA, V. *Gumárenská technologie IX*, SNTL, 1973.
- [7] ŠŇUPÁREK, J.; FORMÁNEK, L. *Vodné disperze syntetických polymerů*, SNTL Praha, 1979.
- [8] ŠŇUPÁREK, J. *Úvod do makromolekulární chemie*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4562-5.
- [9] ŠŇUPÁREK, J. *Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3., dopl. a upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [10] MLEZIVA, J.; KÁLAL, J. *Základy makromolekulární chemie*. 1. vyd., SNTL Praha, 1986.
- [11] RYBNIKÁŘ, F. *Makromolekulární chemie*. 1. vyd. BRNO: VUT v Brně, 2000.
- [12] MLEZIVA, J. *Úvod do makromolekulární chemie*. Pardubice: VŠCHT, 1978.
- [13] NAKAYAMA, Y. Development of novel aqueous coatings which meet the requirements of ecology-conscious society: novel cross-linking system based on the carbonyl-hydrazide reaction and its applications. *Prog. Org. Coat.* 51, s. 280-299, 2004.
DOI:10.1016/j.porgcoat.2004.07.010.

-
- [14] ZHANG, X.; LIU, Y.; HUANG, H.; LI, Y.; CHEN, H. The diacetone acrylamide crosslinking reaction and its control of core-shell polyacrylate latices at ambient temperature. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012, 123(3), s. 1822-1832. ISSN 0021-8995.
DOI: 10.1002/app.34660.
- [15] LÜ, T.; DONGMING Q.; ZHANG, D.; LIU, Q. et al. Fabrication of self-cross-linking fluorinated polyacrylate latex particles with core-shell structure and film properties. *Reactive and Functional Polymers*. 2016, 104, s. 9-14. ISSN 1381-5148.
DOI: 10.1016/j.reactfunctpolym.2016.04.020.
- [16] HARMSSEN, A. S.; JANSSE, P. L.; VERMEER, M.; HOOGEN, E.; WERF-WILLEMS, N. Crosslinking mechanisms. *European Coatings Journal*. Hannover: Vincentz Network, 2003, 2003(5), s. 1-13. ISSN 0930-3847.
- [17] BEDNÁŘ, M. et al. *Lékařská mikrobiologie: bakteriologie, virologie, parazitologie*. Praha: Marvil, 1996. ISBN 80-238-0297-6.
- [18] VOTAVA, M. *Lékařská mikrobiologie obecná*. 2. přepr. vyd. Brno: Neptun, 2005. ISBN 80-86850-00-5.
- [19] ČESKO. Zákon č. 120/2002 Sb., *O podmínkách uvádění biocidních přípravků a účinných látek na trh a o změně některých souvisejících předpisů*. In: Sběrka zákonů České republiky, 2002.
- [20] LEDEREROVÁ, J. et al. *Biokorozní vlivy na stavební díla*. Praha: Silikátový svaz, 2009. ISBN 978-80-86821-50-4.
- [21] ŠILHÁNKOVÁ, L. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3., opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-1024-6.
- [22] PADILLA, C.; BREVIS, P.; LOBOS, O. et al. Production of antimicrobial substances by hospital bacteria, active against other microorganisms. *Journal of Hospital Infection*. 2000; 49(1): s. 43-47. ISSN 0195-6701.
DOI: 10.1053/jhin.2001.1047.

-
- [23] YEUNG, K.L.; LEUNG, W.K.; YAO, N.; CAO, S. Reactivity and antimicrobial properties of nanostructured titanium dioxide. *Catalysis Today* [online]. 2009, 143(3-4), s. 218-224. ISSN 0920-5861.
DOI: 10.1016/j.cattod.2008.09.036.
- [24] DÍEZ-PASCUAL, A. M. Biodegradable food packaging nanocomposites based on ZnO-reinforced polyhydroxyalkanoates. *Food Packaging* [online]. Elsevier, 2017, s. 185 [cit. 2017-05-03]. ISBN 978-012-804-3028.
DOI: 10.1016/B978-0-12-804302-8.00006-6.
- [25] JAGADISH, Ch.; PEARTON, S. *Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures* [online]. Elsevier, 2006, VII. [cit. 2017-05-03]. ISBN 978-008-044-7223.
DOI: 10.1016/B978-008044722-3/50000-2.
- [26] KUCHEYEV, S. O.; BRADBY, J. E.; WILLIAMS, J. S; JAGADISH, C.; SWAIN, M. V. Mechanical deformation of single-crystal ZnO. *Applied Physics Letters* [online]. 2002, 80(6), s. 956-958 [cit. 2017-05-03]. ISSN 0003-6951.
DOI: 10.1063/1.1448175.
- [27] ADACHI, S.; CAPPER, P., et al. Properties of Group-IV, III-V and II-VI Semiconductors. Chichester, UK: John Wiley, 2005. ISBN 978-047-00903-43.
DOI: 10.1002/0470090340.
- [28] YAMADA, H.; SUZUKI, K.; KOIZUMI, S. Gene expression profile in human cells exposed to zinc. *The Journal of Toxicological Sciences*. 6-21-1 Nagao, Tama-ku, Kawasaki 214-8585, Japan: National Institute of Occupational Safety and Health, 2007, 32(1), s. 193-196. ISSN: 1880-3989.
DOI: 10.2131/jts.32.193.
- [29] BAI, J.; MENG, F.; WEI, Ch.; ZHAO, Y.; TAN, H.; LIU, J. Solution Combustion Synthesis and Characteristics of Nanoscale MgO Powders. *Ceramics – Silicates*, 2011, 55(1), s. 20-25. ISSN 0862-5468.

-
- [30] TAMILSELVI, P.; YELILARASI, A.; HEMA, M.; ANBARASAN, R. Synthesis of hierarchical structured MgO by sol-gel method. *Nano Bulletin*. 2013, 2(1), s. 1-5. ISSN 2159-0427.
- [31] HAYASHI, H.; HAKUTA, Y. Hydrothermal Synthesis of Metal Oxide Nanoparticles in Supercritical Water. *Materials*. 2010, 3(7), s. 3794-3817. ISSN 3794-3817.
DOI: 10.3390/ma3073794.
- [32] RAO, K. G.; ASHOK, Ch.; RAO, K. V.; CHAKRA, Ch.S. Structural properties of MgO Nanoparticles: Synthesized by Co-Precipitation Technique. *International Journal of Science and Research*. 2014, s. 43-46. ISSN 2319-7064.
- [33] DIZAJ, S. M.; LOTFIPOUR, F.; BARZEGAR-JALALI, M.; ZARRINTA, M. H.; ADIBKIA, K. Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C* [online]. 2014, 44(1), s. 278-284. ISSN 0928-4931.
DOI: 10.1016/j.msec.2014.08.031.
- [34] SUNDRARAJAN, M.; SURESH, J.; GANDHI, R.R. A comparative study on antibacterial properties of MgO nanoparticles prepared under different calcination temperature. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2012, 7(3), s. 983-989. ISSN 1842-3582.
- [35] BUTT, A.R.; EJAZ, S.; BARON, J.C.; IKRAM, M.; ALI, S. CaO nanoparticles as a potential drug delivery agent for biomedical applications. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2015, 10(3), s. 799-809. ISSN 1842-3582.
- [36] ETRIS, S. F.; CAPPEL, C.R. Silver Compounds. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 2003, 2003(1), s. 1-26. ISSN 978-0-471-48501-8.
DOI: 10.1002/0471238961.1909122203011616.a01.pub2.
- [37] DOOSE, C. A.; RANKE, J.; STOCK, F.; BOTTIN-WEBER, U. et JASTORFF, B. Structure–activity relationships of pyrrhiones – IPC-81 toxicity tests with the

-
- antifouling biocide zinc pyrithione and structural analogs. *Green chemistry*. 2004, 2004(6), s. 259-266. ISSN 1757-7039.
- DOI:** 10.1039/b314753c.
- [38] DINNING, AL-ADHAM, EASTWOOD, AUSTIN, COLLIER. Pyrithione biocides as inhibitors of bacterial ATP synthesis. *Journal of Applied Microbiology*. 1998, 85(1), s. 141-146. ISSN 1365-2672.
- DOI:** 10.1046/j.1365-2672.1998.00478.x.
- [39] ZHENG, L-Y.; ZHU, J-F. Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2003, 54(4), s. 527-530. ISSN 0144-8617.
- DOI:** 10.1016/j.carbpol.2003.07.009.
- [40] CHAUHAN, N. P. S. *Biocidal Polymers*. India: Smithers Rapra Technology, 2016, s. 1-7. ISBN 978-1-91024-225-4.
- [41] QIN, C.; LI, H.; XIAO, Q.; LIU, Y.; ZHU, J.; DU, Y. Water-solubility of chitosan and its antimicrobial activity. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2006, 63(3), s. 367-374. ISSN 0144-8617.
- DOI:** 10.1016/j.carbpol.2005.09.023.
- [42] RAVI KUMAR, M. N. V. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*. 2000, 46(1), s. 1-27. ISSN 1381-5148.
- DOI:** 10.1016/S1381-5148(00)00038-9.
- [43] IZADPANA, A.; GALLO, R.L. Antimicrobial peptides. *Journal of the American Academy of Dermatology* [online]. 2005, 52(3), s. 381-390. ISSN 0190-9622.
- DOI:** 10.1016/j.jaad.2004.08.026.
- [44] TISCHER, M. et al. Quaternary Ammonium Salts and Their Antimicrobial Potential: Targets or Nonspecific Interactions? *ChemMedChem*. 2012, 2012(7), 22-31. ISSN 1860-7187.
- DOI:** 10.1002/cmdc.20110040.

-
- [45] KUMAR, B., A. MATHUR, R. PATHAK, K. SARDANA, et al. Evaluation of antimicrobial efficacy of quaternized poly[bis(2-chloroethyl)ether-alt-1,3-bis[3-(dimethylamino)propyl]urea] against targeted pathogenic and multi-drug-resistant bacteria. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*. 2016, 31(5), s. 467-480. ISSN 0883-9115.
DOI: 10.1177/0883911515627473.
- [46] RAJKOWSKA, K.; KOZIRÓG, A.; OTLEWSKA, A.; PIOTROWSKA, M.; NOWICKA-KRAWCZYK, P.; BRYCKI, B. et al. Quaternary ammonium biocides as antimicrobial agents protecting historical wood and brick. *Acta Biochimica Polonica* [online]. 2016, 63(1), s. 153-159. ISSN 0001-527x.
DOI: 10.18388/abp.2015_1134.
- [47] PEUTHERER, J.F.; SLACK, R.C. B.; GREENWOOD, D. *Lékařská mikrobiologie: přehled infekčních onemocnění: patogeneze, imunita, laboratorní diagnostika a epidemiologie*. Vyd. 1., čes. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-365-0.
- [48] VOTAVA, M. *Lékařská mikrobiologie – vyšetřovací metody*. Brno: Neptun, 2010. ISBN 978-80-86850-04-7.
- [49] VOTAVA, M. *Lékařská mikrobiologie speciální*. Brno: Neptun, 2003. ISBN 80-902896-6-5.
- [50] *Staphylococcus aureus* [online]. In: [cit.2017-03-13]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/alimentarni-onemocneni/xsa/xsa01.jpg>
- [51] *Staphylococcus aureus* [online]. In: [cit.2017-03-13]. Dostupné z: http://3.bp.blogspot.com/-k1FASCewly8/VIDZZfinbEI/AAAAAAAAADQ4/I3B_SItT0JA/s320/500px-Staphylococcus_aureus_01-704948.jpg
- [52] *Escherichia coli* [online]. In: [cit.2017-03-13]. Dostupné z: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/8c/6e/f5/8c6ef5aadbc77c0c2df17363ce87888d.jpg>
- [53] *Escherichia coli* [online]. In: [cit.2017-03-13].
Dostupné z: <http://columbiariverkeeper.org/wp-content/uploads/2011/09/ecoli.jpg>

-
- [54] *Pseudomonas aeruginosa* [online]. In: [cit.2017-03-13].
Dostupné z: <http://textbookofbacteriology.net/P.aeruginosa.jpeg>
- [55] *Pseudomonas aeruginosa* [online]. In: [cit.2017-03-13].
Dostupné z: <http://textbookofbacteriology.net/images/P.aeruginosaSEM.jpg>
- [56] *Penicillium chrysogenum* [online]. In: [cit.2017-03-10]. Dostupné z:
http://mcavalla.free.fr/galerie/galleries/Champignons_Microscopiques/Penicilium.jpg
- [57] *Aspergillus brasiliensis* [online]. In: [cit.2017-03-10]. Dostupné z: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/83/39/da/8339da402f928983463573b49f33e503.jpg>
- [58] KANDELBAUER, A.; WIDSTEN, P. Antibacterial melamine resin surfaces for wood-based furniture and flooring. *Progress in Organic Coatings* [online]. 2009, 65(3), s. 305-313. ISSN 0300-9440.
DOI: 10.1016/j.porgcoat.2008.12.003.
- [59] HILL, A. Determination of growth of *Escherichia coli*, *Enterococcus hirae*, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* on surface of Wall Tech UV Coatings, Study report No. IMSL/2003/06/006.3A, *Industrial Microbial Services*, 2003.
- [60] SEVERINO, R.; FERRARI, G.; VU, K. D.; DONSI, F.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Antimicrobial effects of modified chitosan based coating containing nanoemulsion of essential oils, modified atmosphere packaging and gamma irradiation against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella Typhimurium* on green beans. *Food Control* [online]. 2015, 50, s. 215-222. ISSN 0956-7135.
DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.08.029.
- [61] LONE, A.; ANANY, H.; HAKEEM, M. et al. Development of prototypes of bioactive packaging materials based on immobilized bacteriophages for control of growth of bacterial pathogens in foods. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 2016, 217, s. 49-58. ISSN 0168-1605.
DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.10.011.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma síťování kopolymerovaného DAAM s ADH [14]	15
Obrázek 2 Vybrané síťovací mechanismy [16]	16
Obrázek 3 Příklady síťovacích reakcí [7]	17
Obrázek 4 Síťovací reakce za vyšších teplot [7]	18
Obrázek 5 Vzorec zinkpyrithionu [38]	23
Obrázek 6 Vzorec chitosanu [42]	25
Obrázek 7 <i>Staphylococcus aureus</i> : vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [50], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [51]	27
Obrázek 8 <i>Escherichia.coli</i> : vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [52], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [53]	28
Obrázek 9 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> : vlevo světelný mikroskop (zvětšení 1000x) [54], vpravo elektronový mikroskop (zvětšení 10 000x) [55]	30
Obrázek 10 <i>Penicillium chrysogenum</i> : vlevo světelný mikroskop [56], vpravo na MALT agaru	31
Obrázek 11 <i>Aspergillus brasiliensis</i> : vlevo světelný mikroskop [57], vpravo na MALT agaru	32
Obrázek 12 Princip účinnosti hygienických nátěrů [58]: a) neošetřený povrch, b) povrch nepodporující růst mikroorganismů, c) povrch brání navázání růstových substrátů (částice nečistot) a přilnutí biofilmů, d) povrch aktivně brání mikrobiálnímu růstu, e) povrch aktivně zabíjí mikroby	33
Obrázek 13 Struktura síťovadla ADH	37
Obrázek 14 Morfologie nanočástic ZnO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení	38
Obrázek 15 Morfologie nanočástic MgO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení	39
Obrázek 16 Morfologie nanočástic CaO pomocí skenovacího elektronového mikroskopu při různém zvětšení	40
Obrázek 17 Aparatura pro emulzní polymeraci:	44

Obrázek 18	Přístroj pro stanovení MFT vodných disperzí.....	52
Obrázek 19	Stupnice korozních projevů dle ASTM D 610.....	59
Obrázek 20	Přístroj FT-IR spektrometr Nicolet iS50 s vestavěným diamantovým ATR a FT-Ramanovým modulem	61
Obrázek 21	Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice ZnO.....	66
Obrázek 22	Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice MgO.....	67
Obrázek 23	Porovnání velikosti částic latexu bez nanooxidů a latexů obsahujících nanočástice CaO.....	67
Obrázek 24	FTIR spektra pro vzorek L0, vzorek LM1 bez ADH a vzorek LM1 s ADH ...	73
Obrázek 25	SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku L0 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo).....	76
Obrázek 26	SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LZ3 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo).....	77
Obrázek 27	SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LM3 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo).....	77
Obrázek 28	SEM snímek povrchu lomu nátěrového filmu vzorku LC2 pořízený v sekundárních (vlevo) a zpětně odražených elektronech (vpravo).....	78
Obrázek 29	Mapa rozložení Ca, O a C na povrchu lomu vzorku LC2.....	78
Obrázek 30	Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO v závislosti na čase	80
Obrázek 31	Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO v závislosti na čase	80
Obrázek 32	Relativní tvrdost nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO v závislosti na čase	81
Obrázek 33	Relativní tvrdost latexových směsí v závislosti na čase.....	81
Obrázek 34	Srovnání relativní tvrdosti po 30 dnech zasychání u různých typů latexů.....	82
Obrázek 35	Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO.....	93

Obrázek 36 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO.....	93
Obrázek 37 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO.....	94
Obrázek 38 Množství vody, vyjádřené v hm. %, absorbované do nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO a MgO.....	94
Obrázek 39 Srovnání absorpce vody po 1 dnu ponoření u různých typů latexových nátěrů.....	95
Obrázek 40 Srovnání absorpce vody po 30 dnech ponoření u různých typů latexových nátěrů.....	95

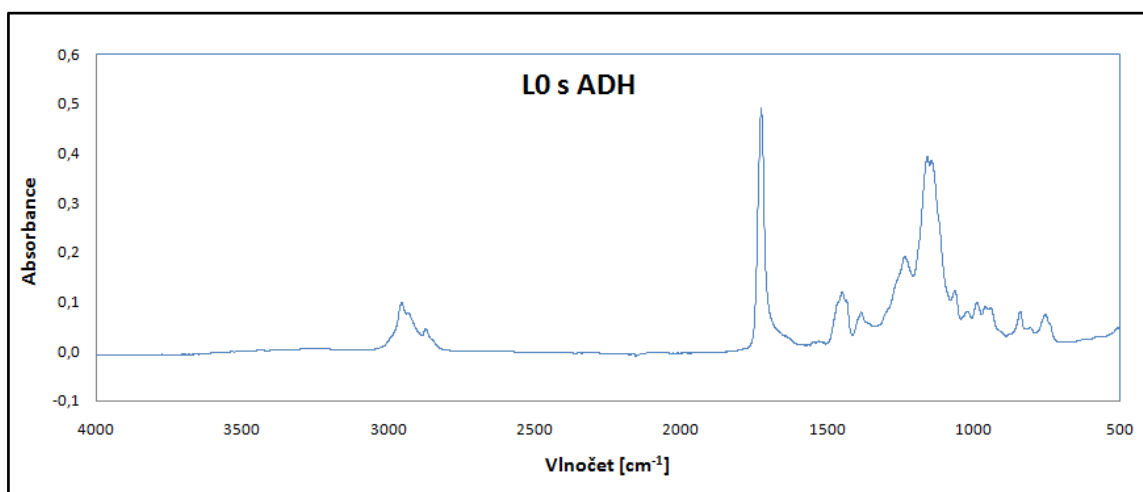
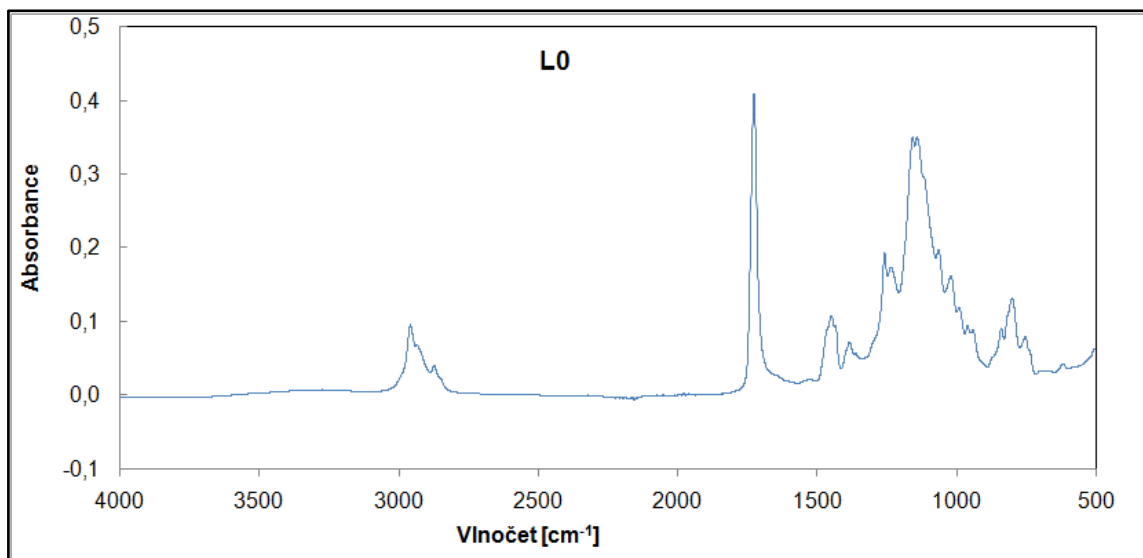
SEZNAM TABULEK

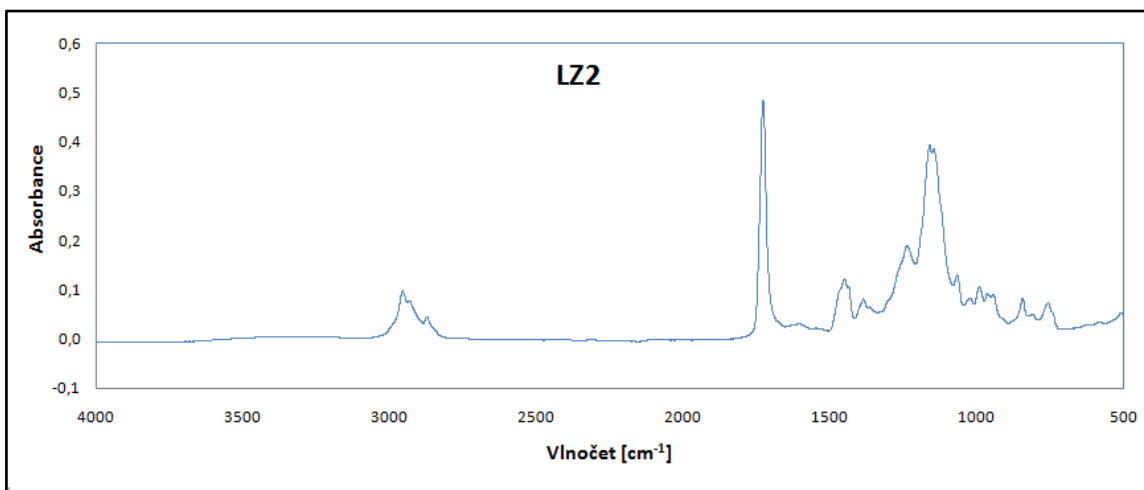
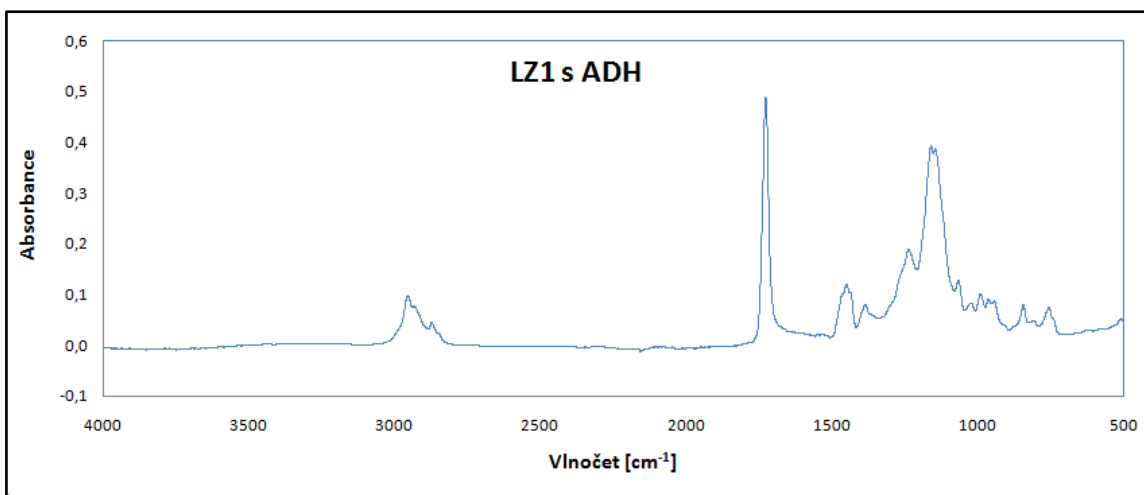
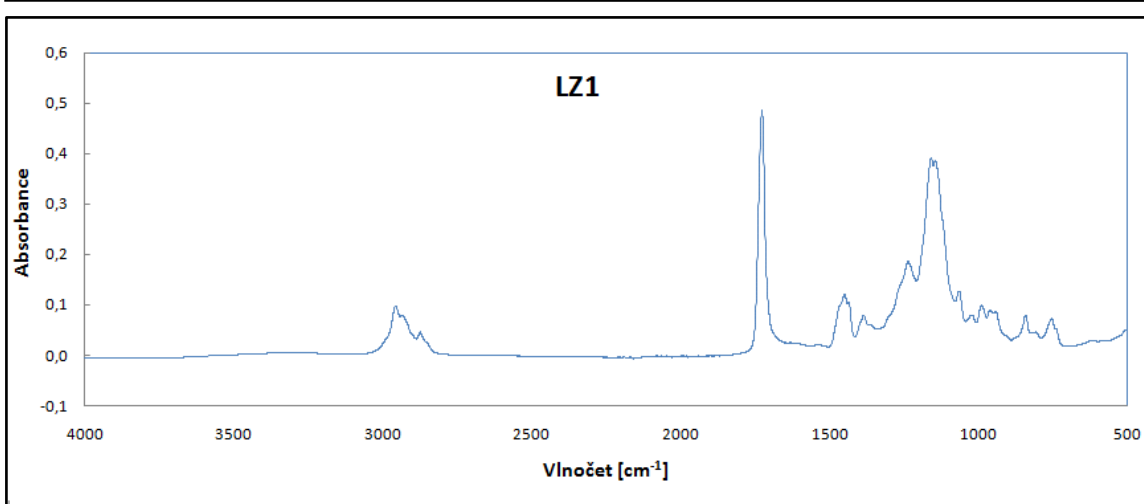
Tabulka 1 Zkratky a chemické vzorce použitých monomerů.....	36
Tabulka 2 Charakteristické vlastnosti monomerů	36
Tabulka 3 Reakční komponenty	42
Tabulka 4 Složení latexů obsahujících nanočástice ZnO	43
Tabulka 5 Složení latexů obsahujících nanočástice MgO	43
Tabulka 6 Složení latexů obsahujících nanočástice CaO	43
Tabulka 7 Složení směsných latexů obsahujících nanočástice ZnO a MgO	45
Tabulka 8 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrových filmů	51
Tabulka 9 Tvrdost tužek a jejich označení	53
Tabulka 10 Hodnocení poškození nátěru u mřížkové zkoušky	54
Tabulka 11 Hodnocení nátěrových změn při stanovení odolnosti kapalinám	58
Tabulka 12 Základní vlastnosti latexů	65
Tabulka 13 Stanovení obsahu nanočástic pomocí obsahu popela	68
Tabulka 14 Stanovení obsahu nanočástic pomocí ICP-OES	69
Tabulka 15 Hodnoty T_g a MFT	70
Tabulka 16 Extrahovatelný podíl (sol) a obsah gelu emulzních polymerů před a po sesítní pomocí ADH.....	71
Tabulka 17 Vizualní vlastnosti nátěrových filmů.....	74
Tabulka 18 Hodnoty transmitance nátěrových filmů	76
Tabulka 19 Hodnoty tvrdosti dle Persoze a tužkami stanovené po 30 dnech zasychání nátěrů.....	79
Tabulka 20 Hodnoty adheze nátěrů k různým typům substrátu	83
Tabulka 21 Mechanické vlastnosti nátěrových filmů	84
Tabulka 22 Tahové vlastnosti	85
Tabulka 23 Odolnost nátěrů MEK.....	86
Tabulka 24 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO vůči kapalinám	88

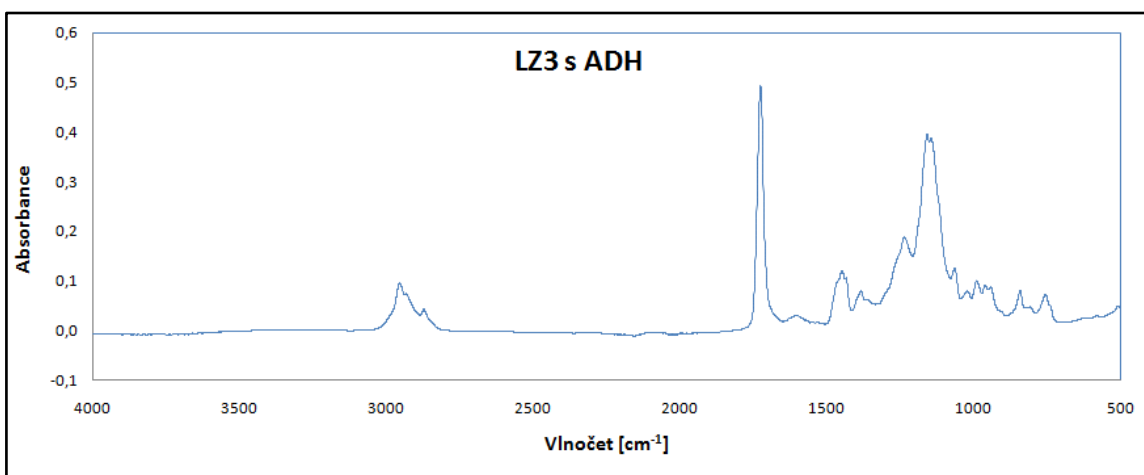
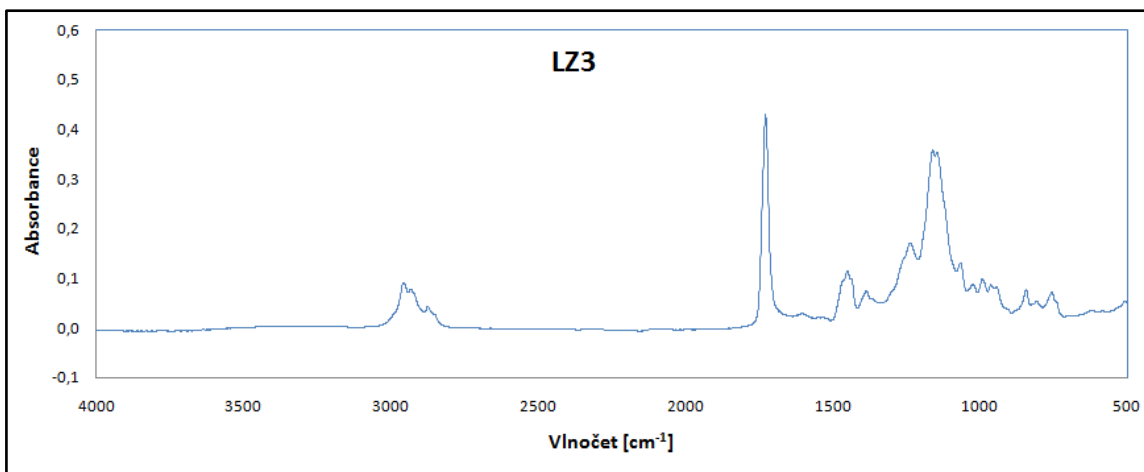
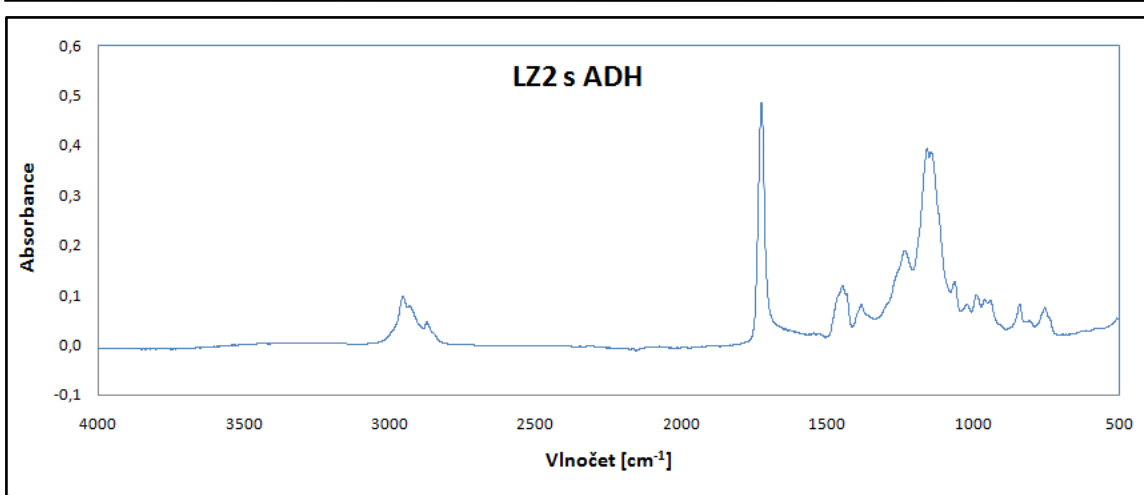
Tabulka 25 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice MgO vůči kapalinám	89
Tabulka 26 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice CaO vůči kapalinám	90
Tabulka 27 Chemická odolnost nátěrových filmů obsahujících nanočástice ZnO a MgO vůči kapalinám	91
Tabulka 28 Projevy koroze po 2 hodinách od aplikace nátěru a projevy bleskové koroze po zrychleném laboratorním testu	97
Tabulka 29 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> a <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	98
Tabulka 30 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> a <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	99
Tabulka 31 Antifungální účinek nátěrových filmů vůči <i>Penicillium chrysogenum</i> a <i>Aspergillus brasiliensis</i>	101

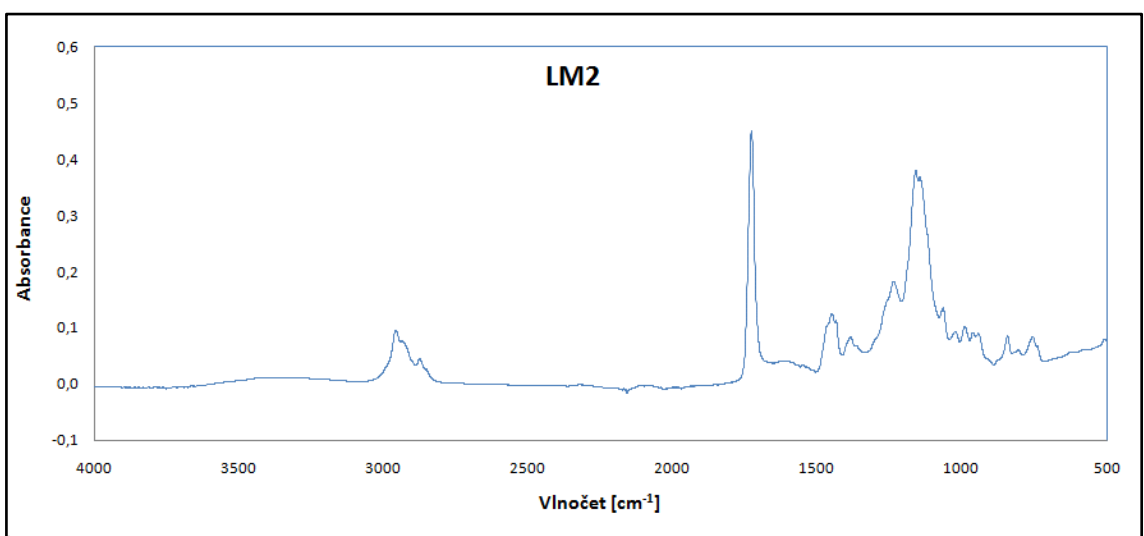
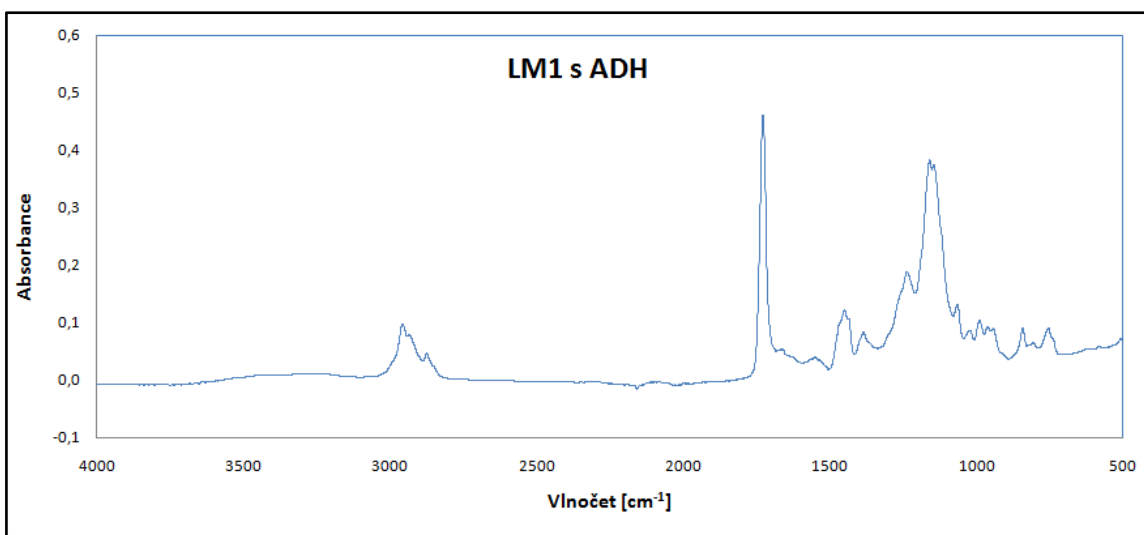
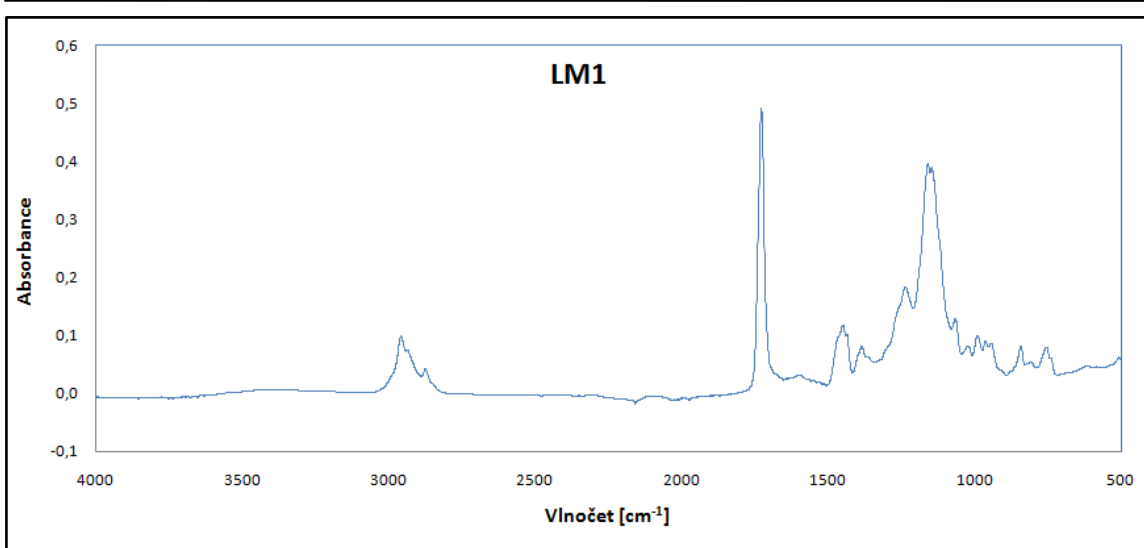
PŘÍLOHY

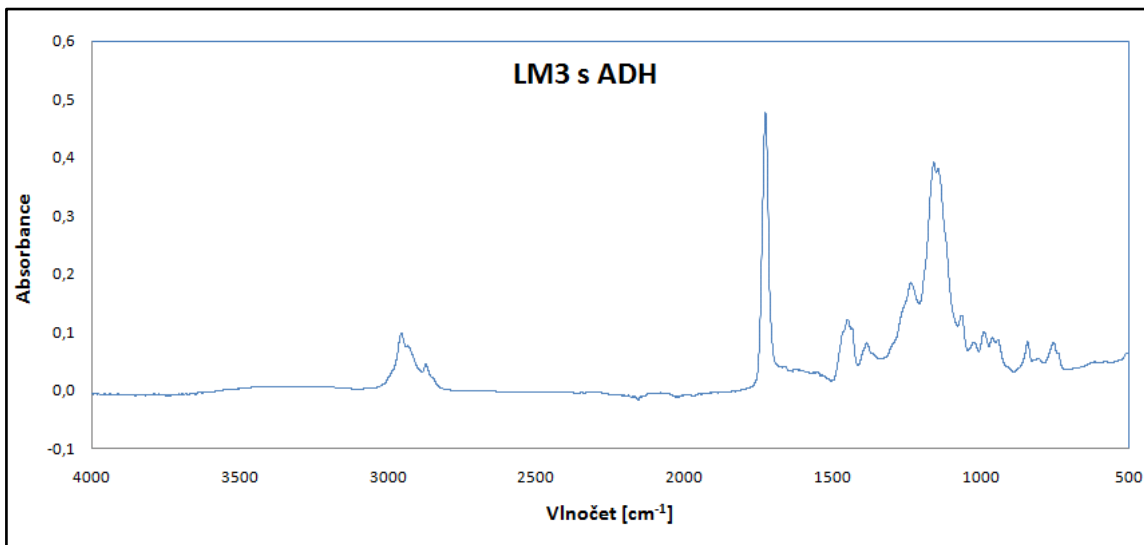
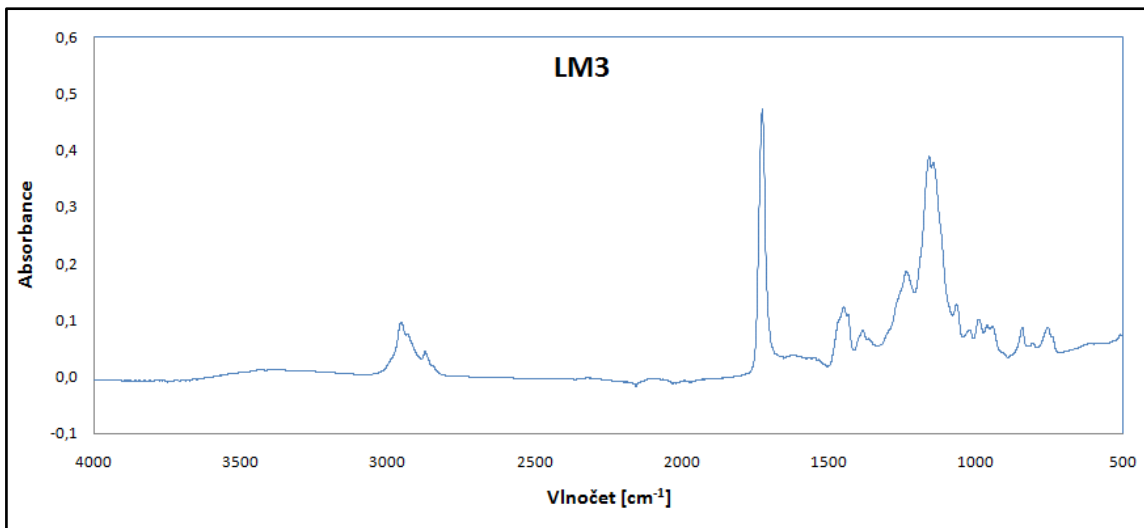
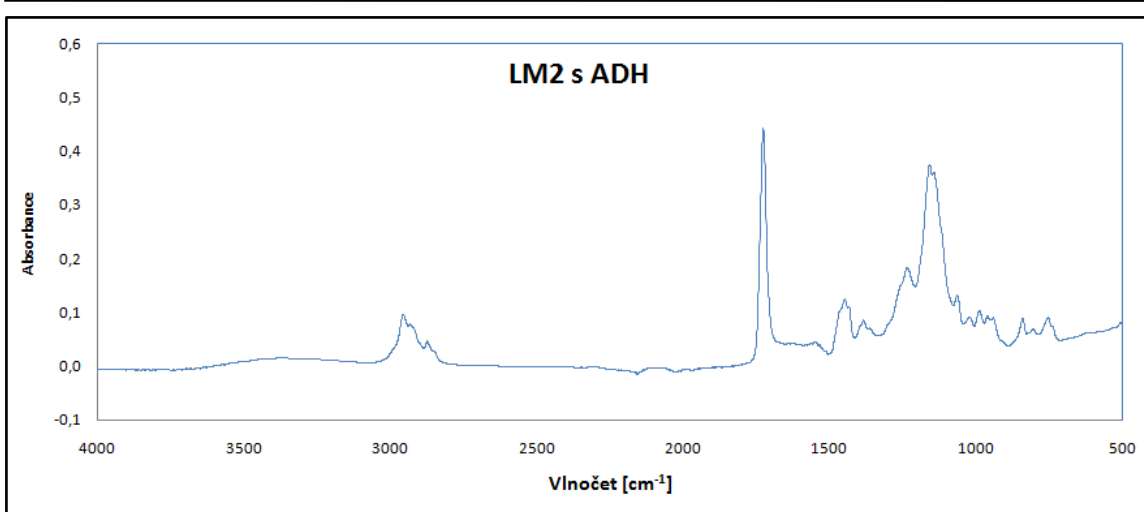
1. IČ spektra připravených kopolymerech vzorků před a po sesítní pomocí ADH

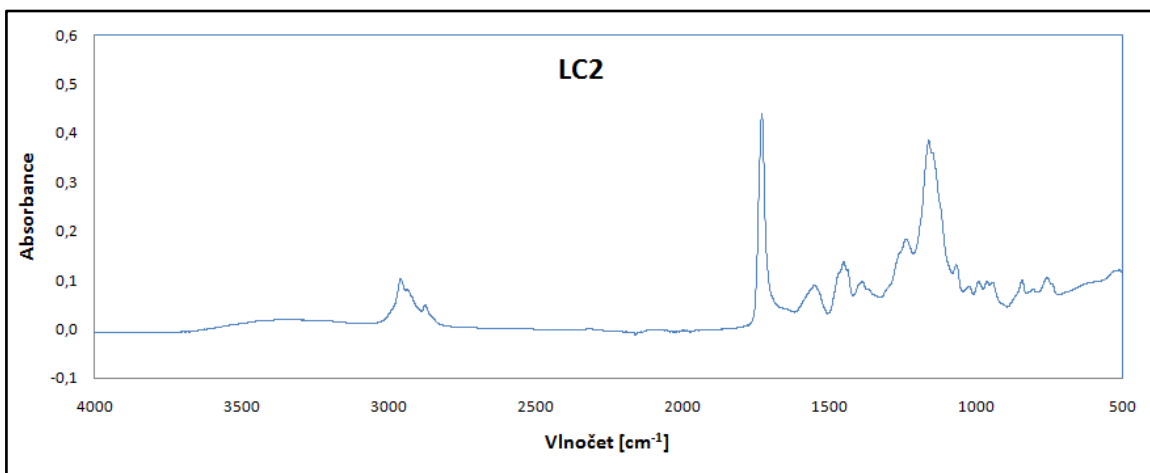
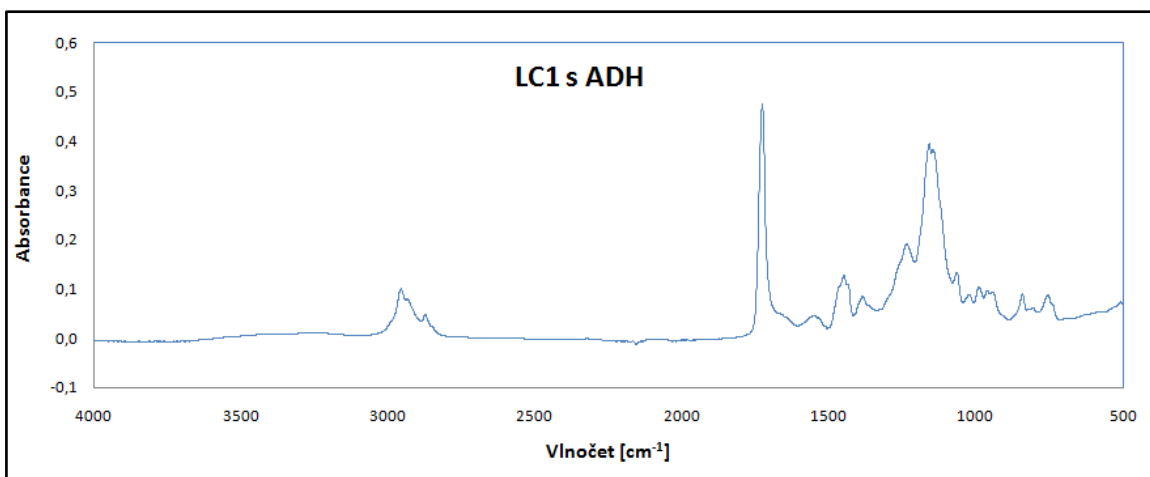
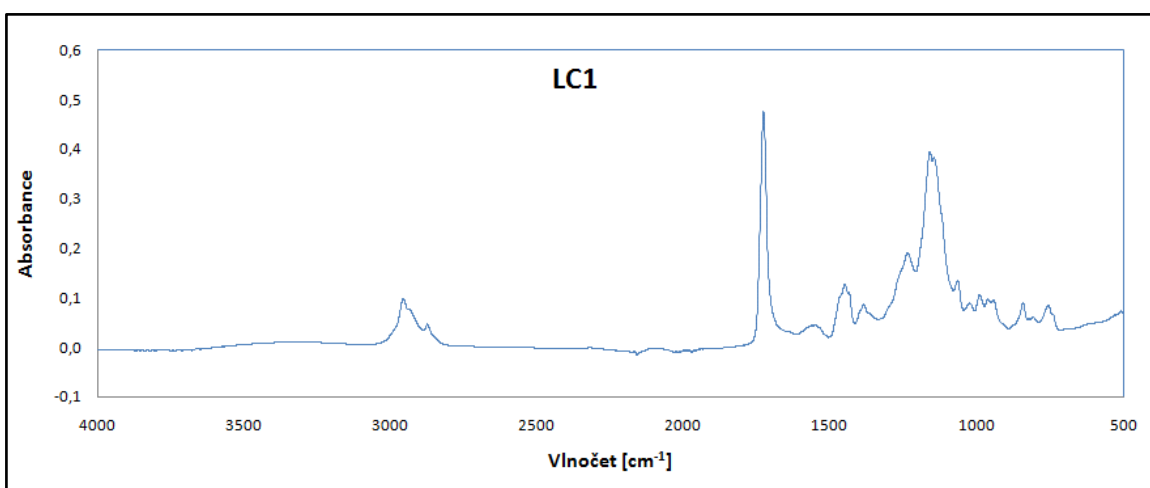


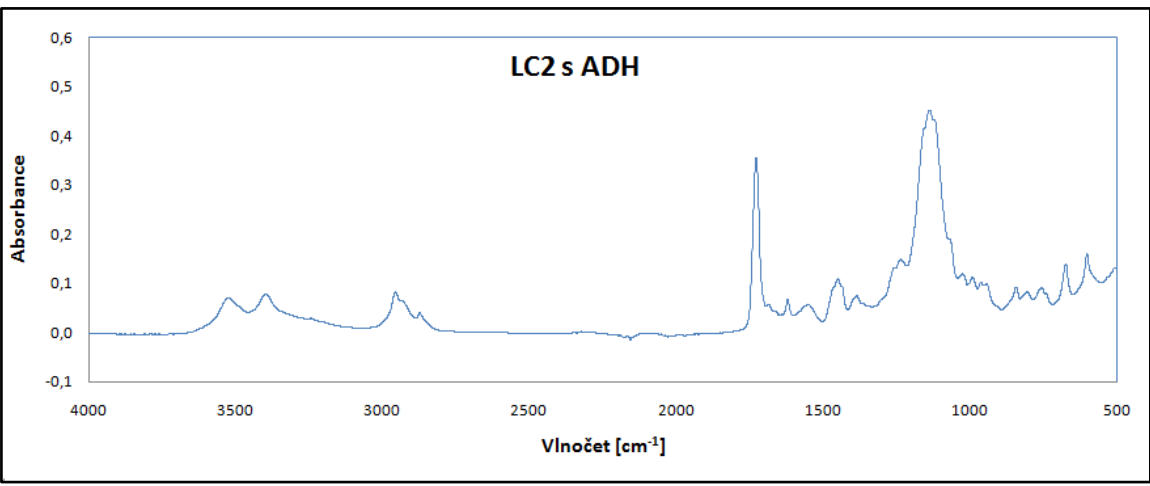




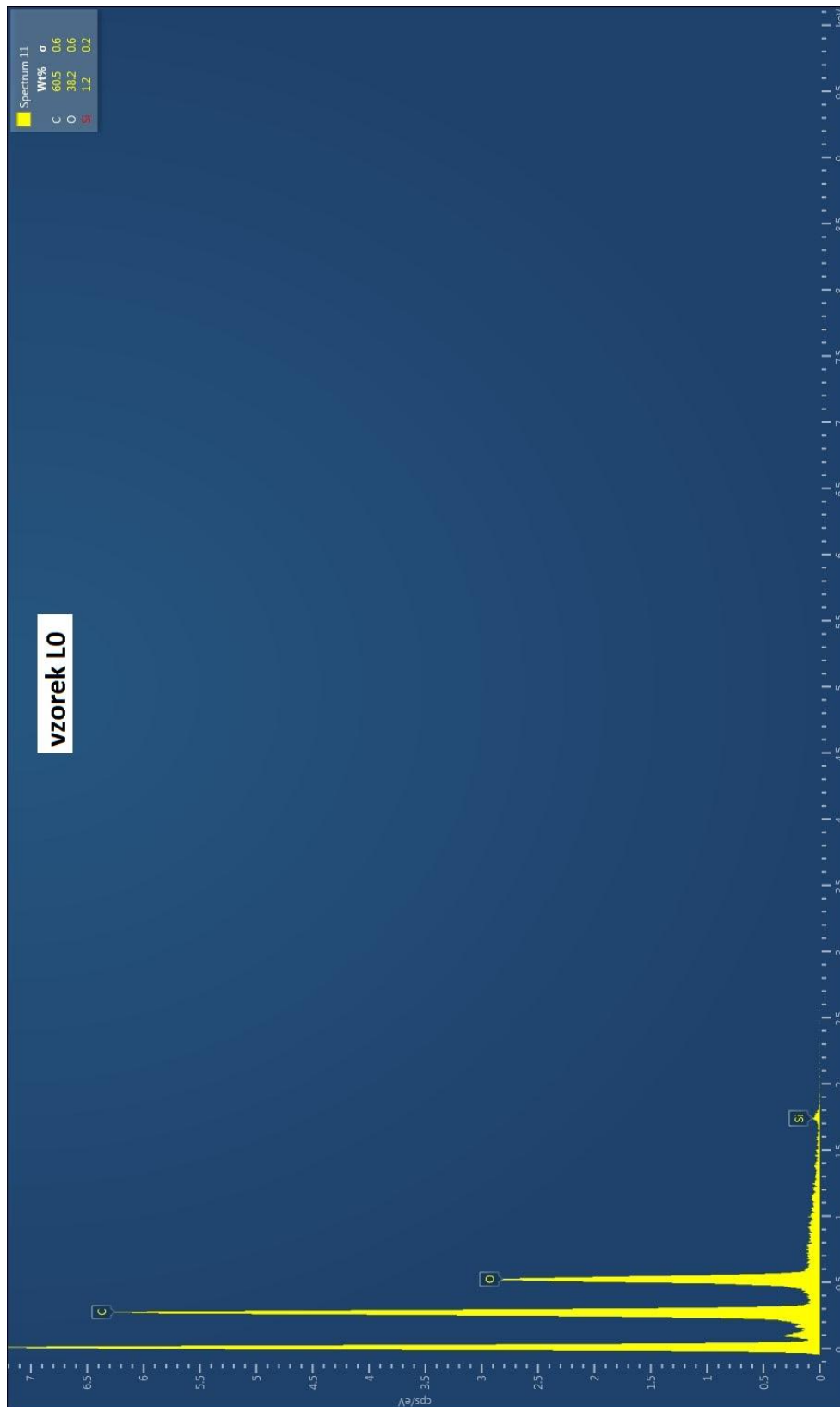




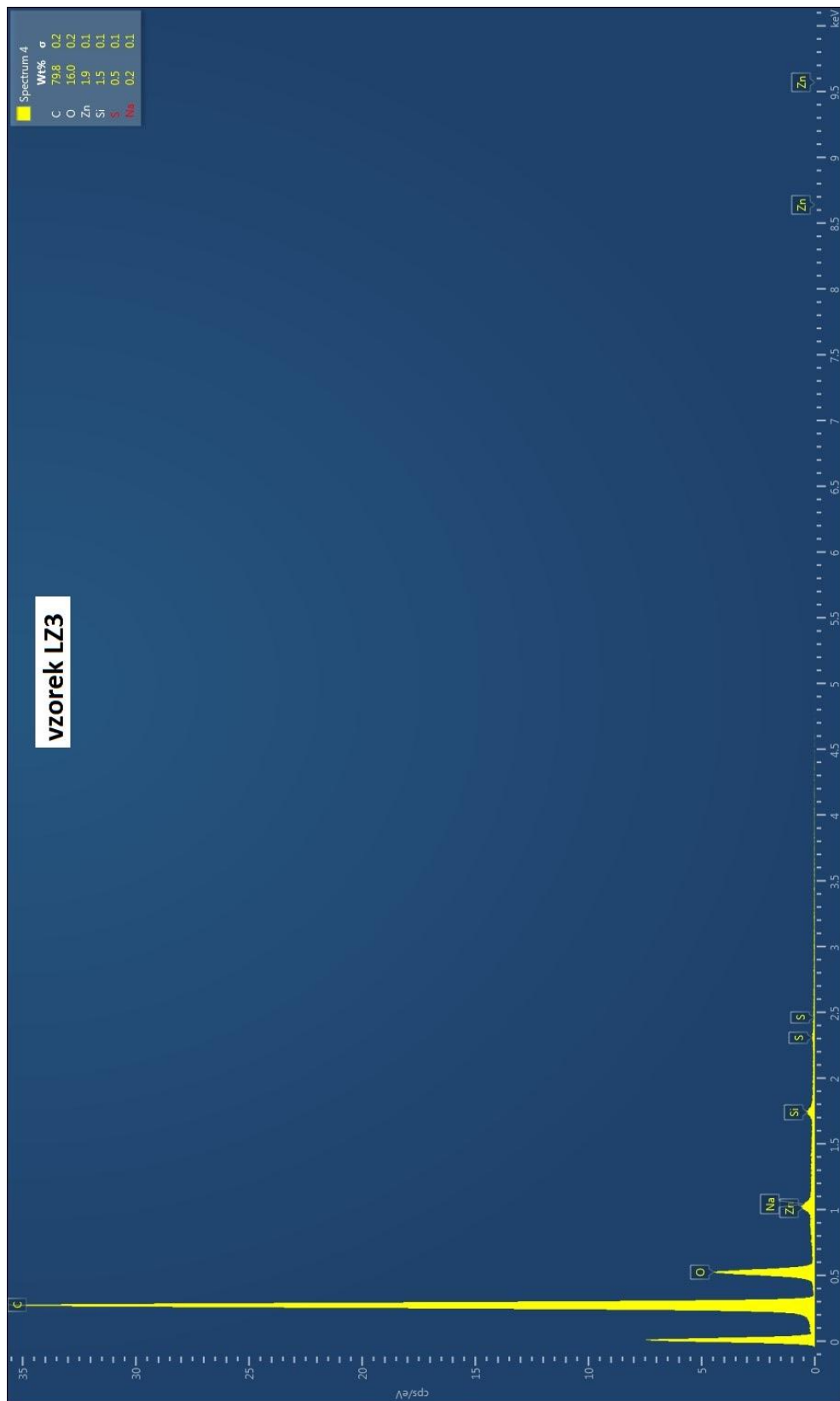




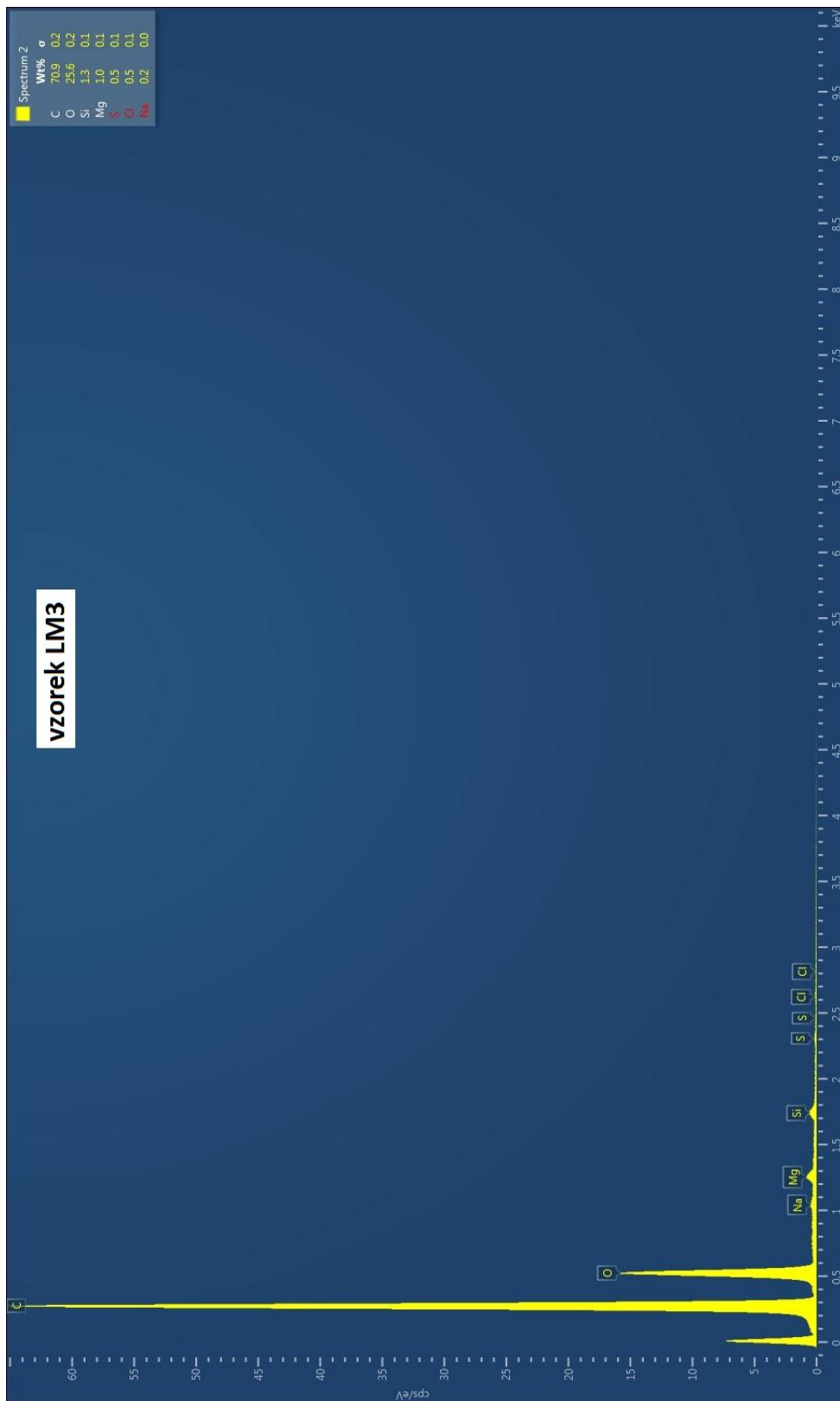
2. EDS spektrum vzorku nátěrového filmu L0



3. EDS spektrum vzorku nátěrového filmu LZ3



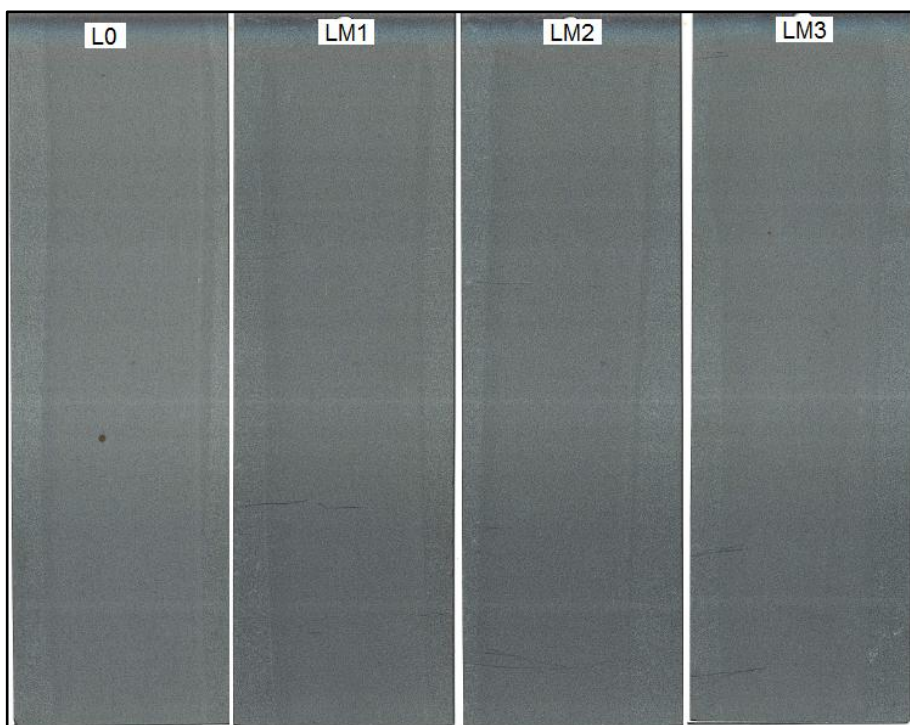
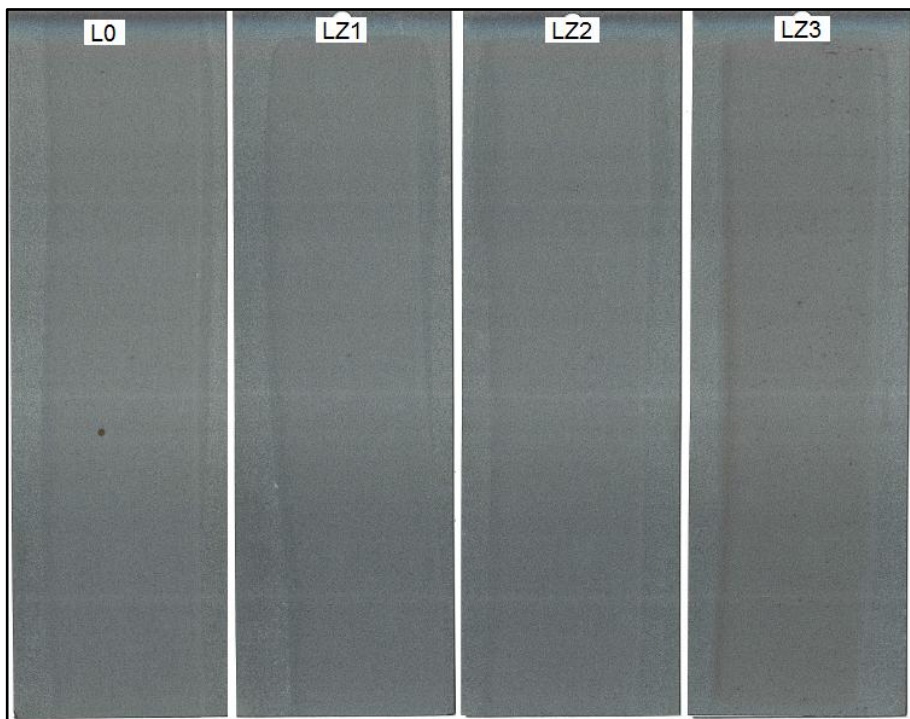
4. EDS spektrum vzorku nátěrového filmu LM3

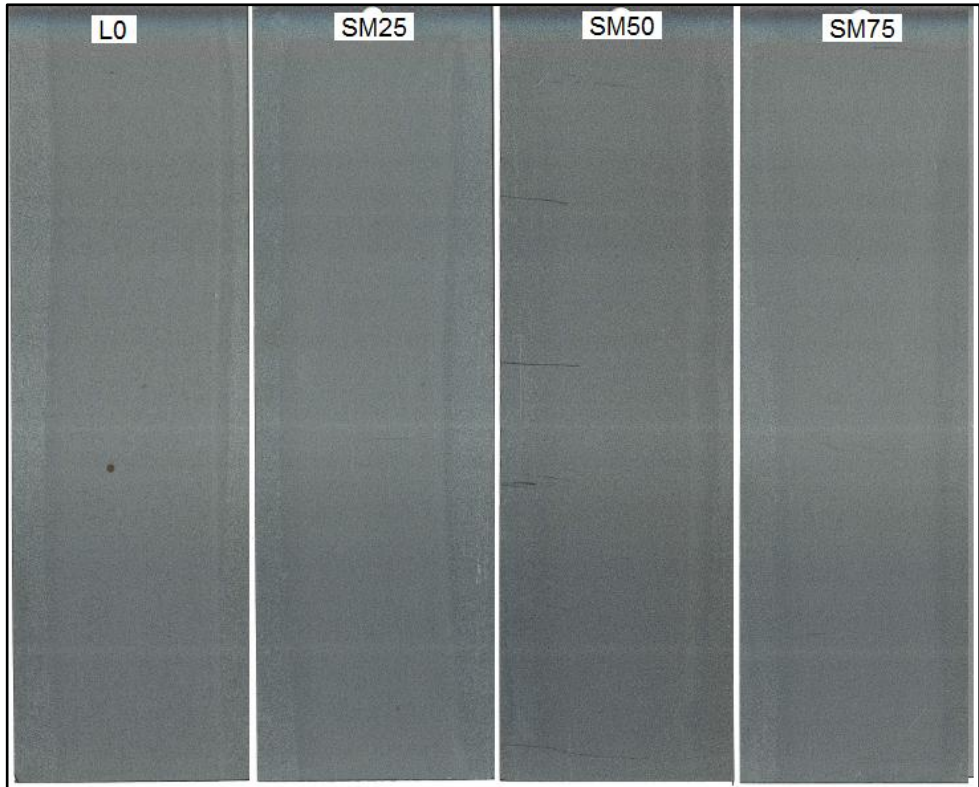
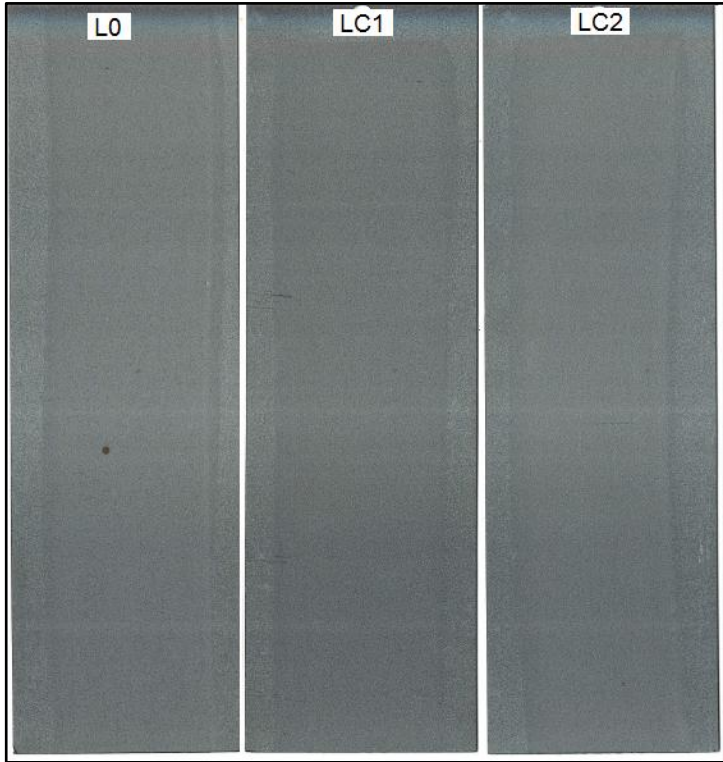


5. EDS spektrum vzorku nátěrového filmu LC2

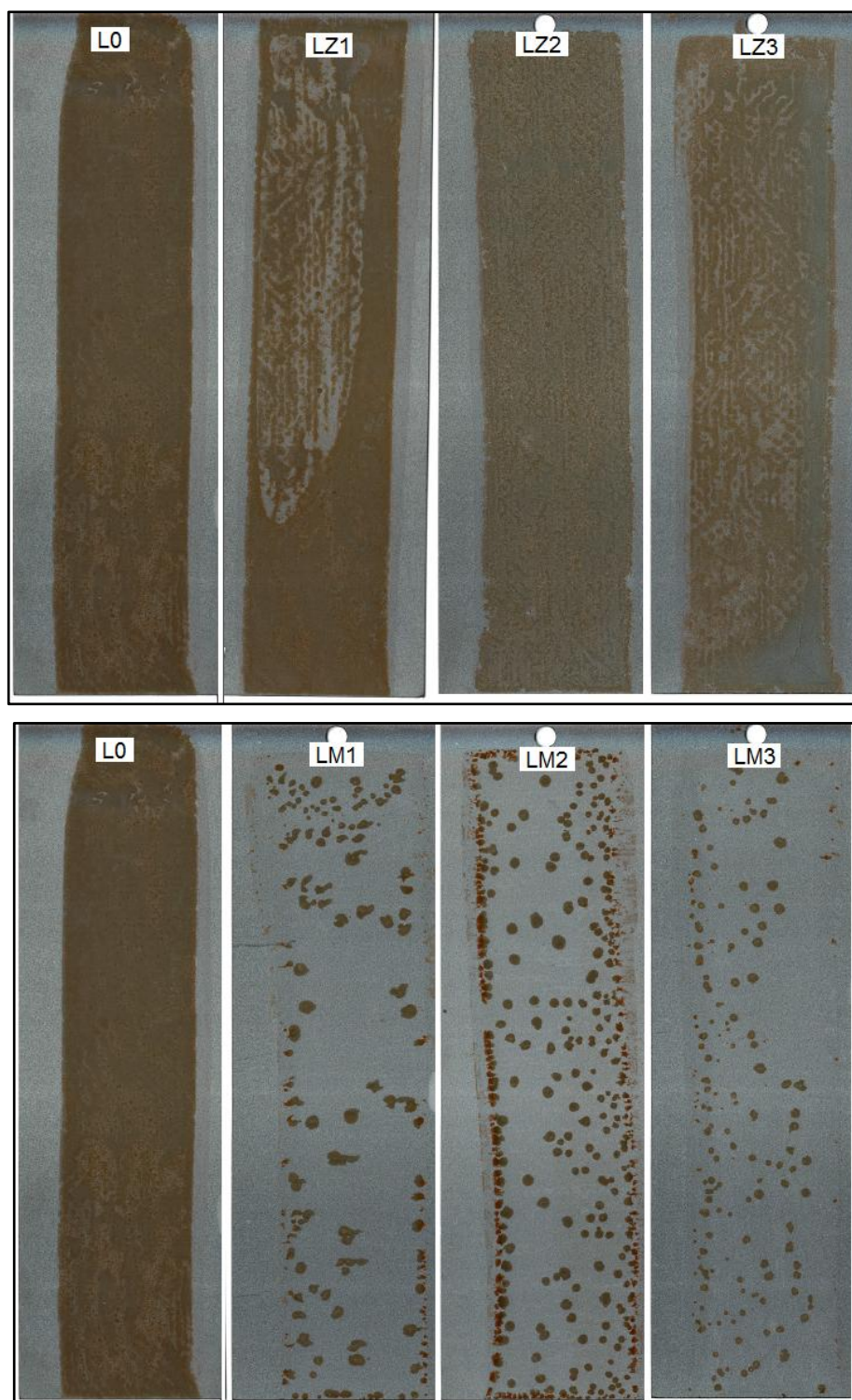


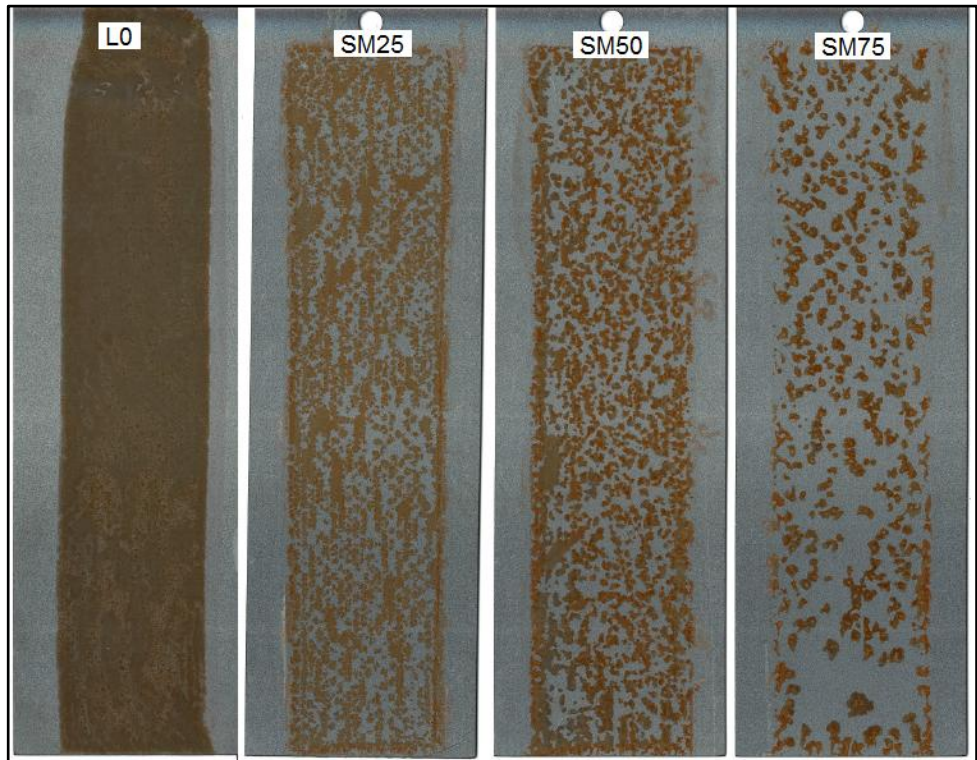
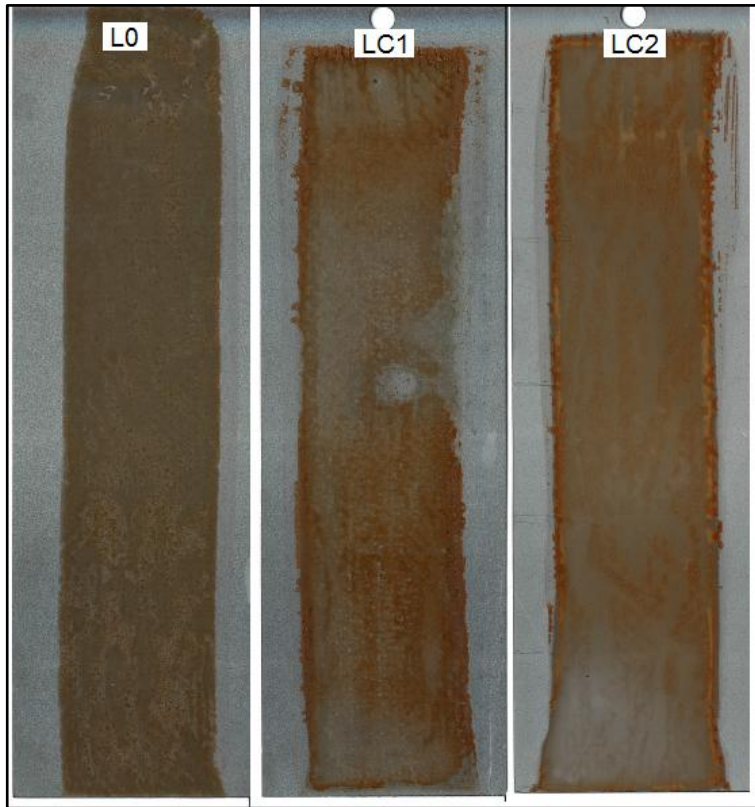
6. Nátěry na ocelových podložkách – projevy koroze po 2 hodinách od aplikace nátěru



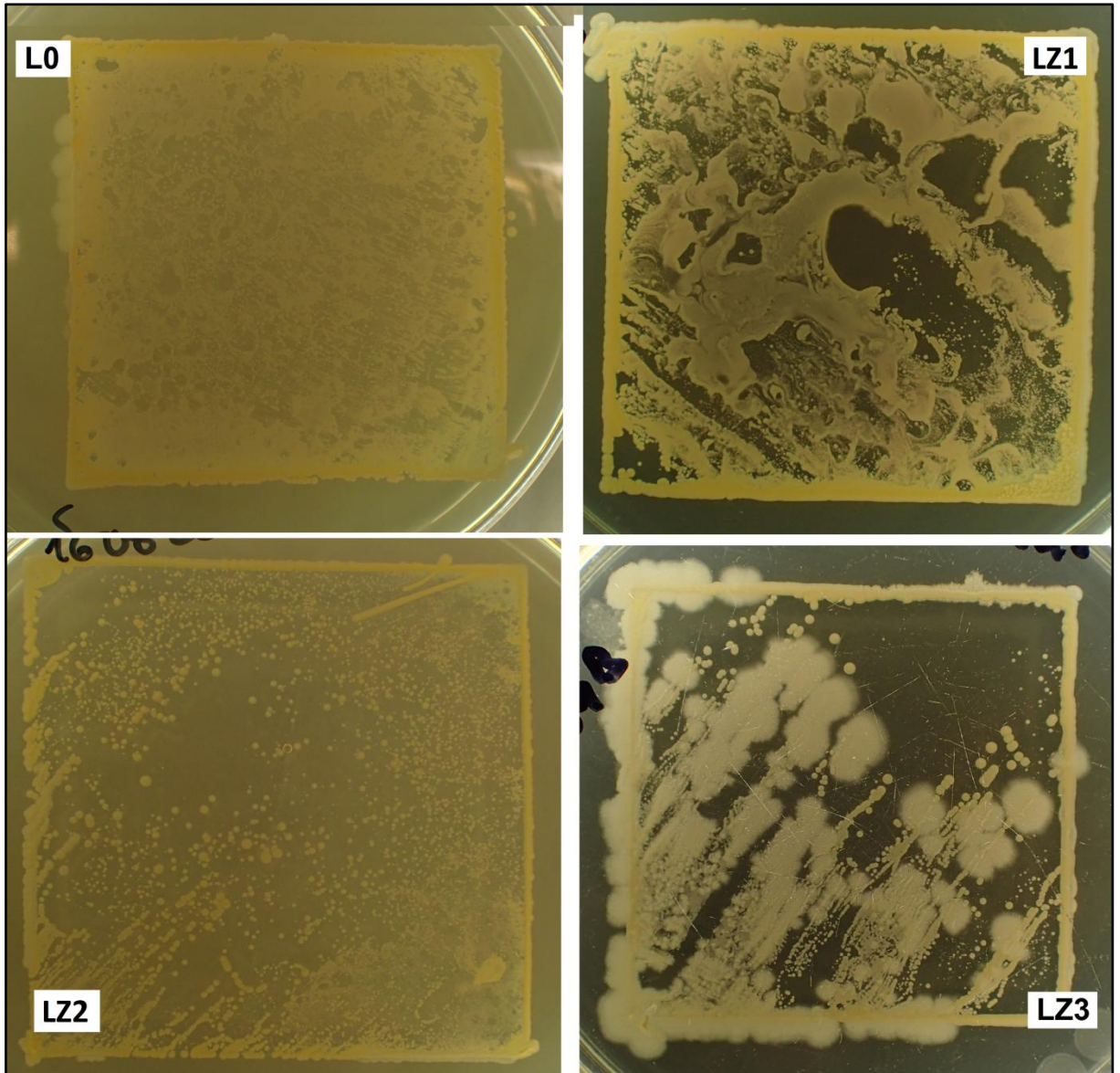


7. Nátěry na ocelových podložkách – projevy bleskové koroze po zrychleném laboratorním testu

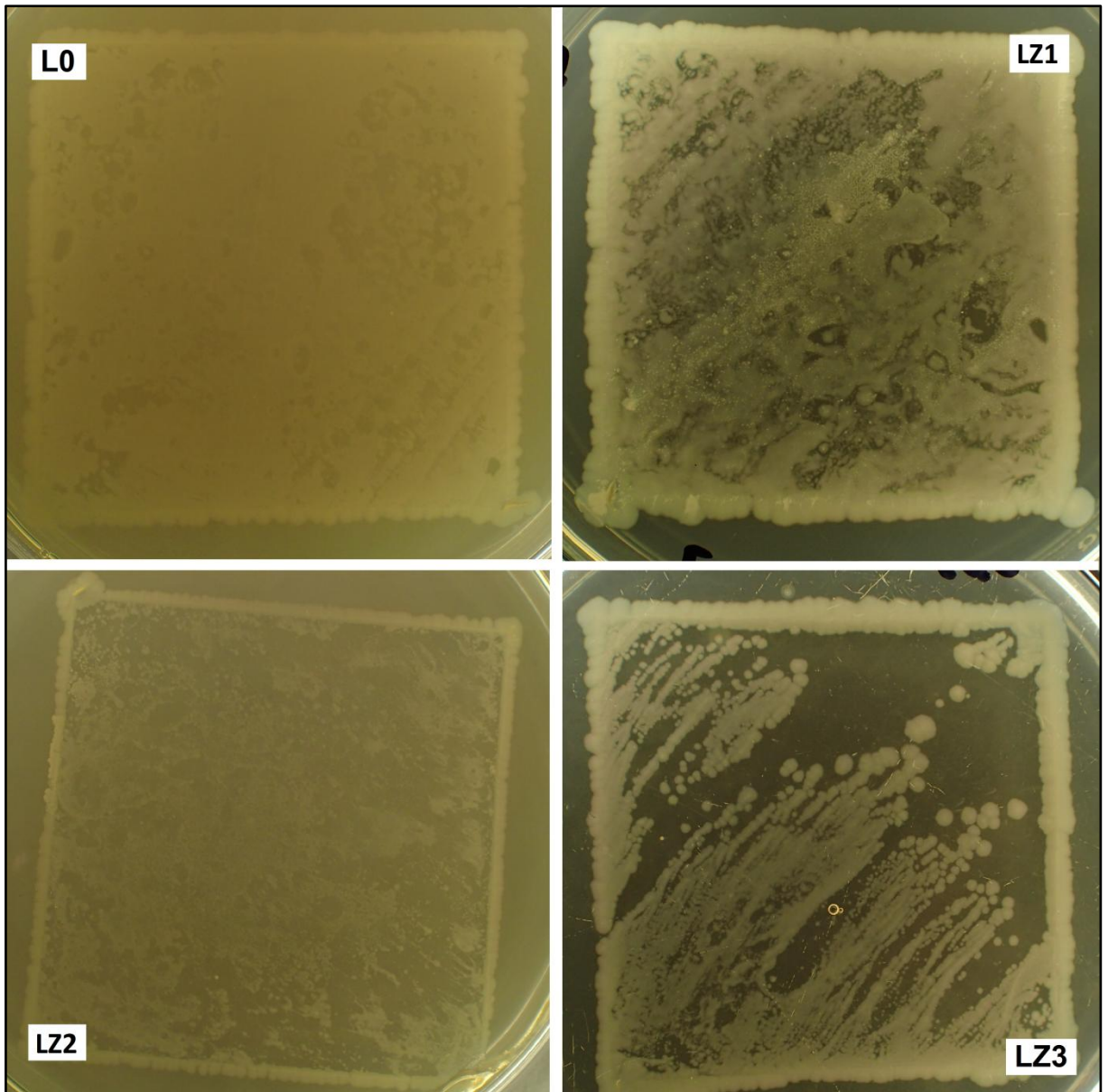




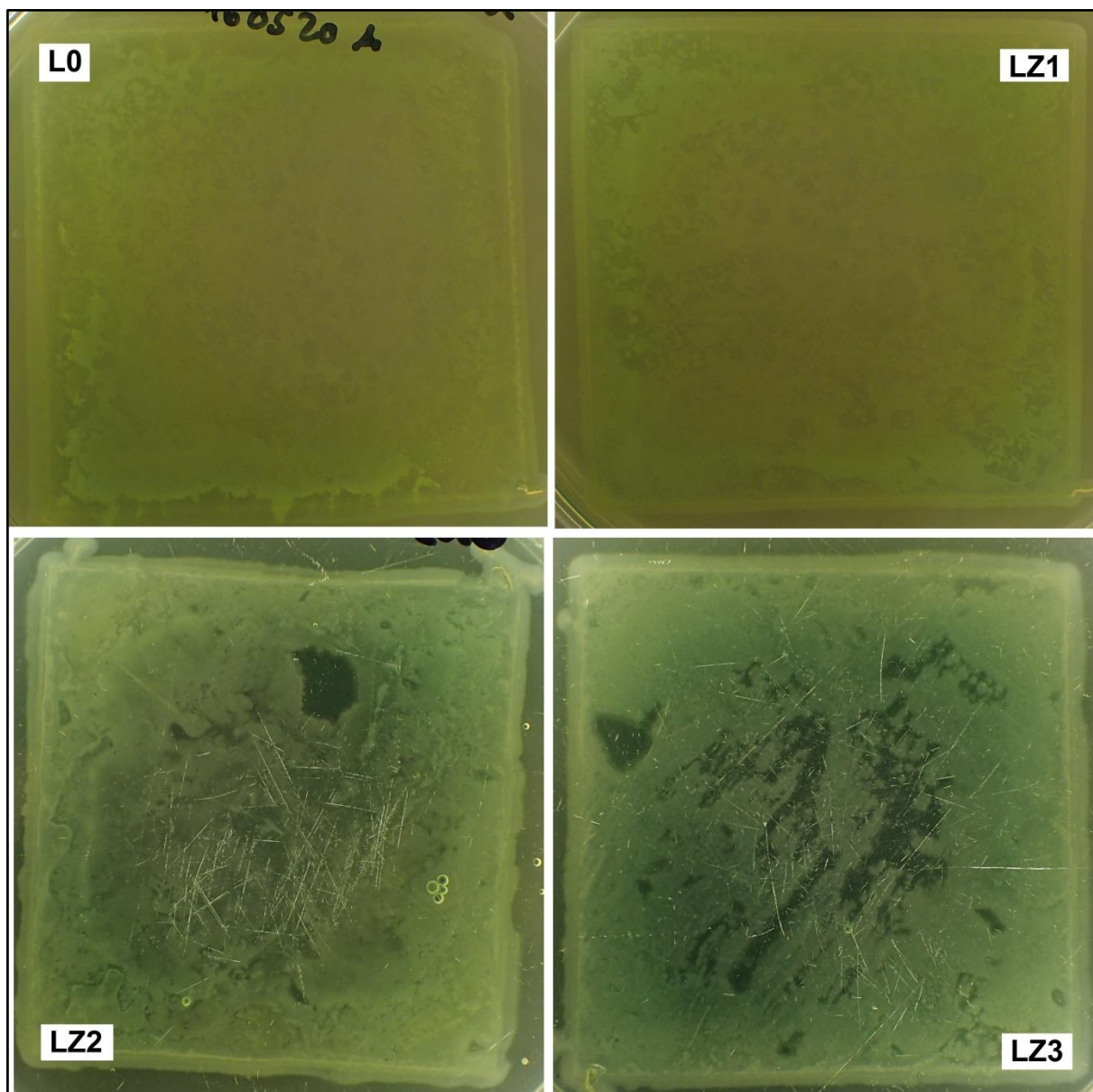
8. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO vůči *Staphylococcus aureus*



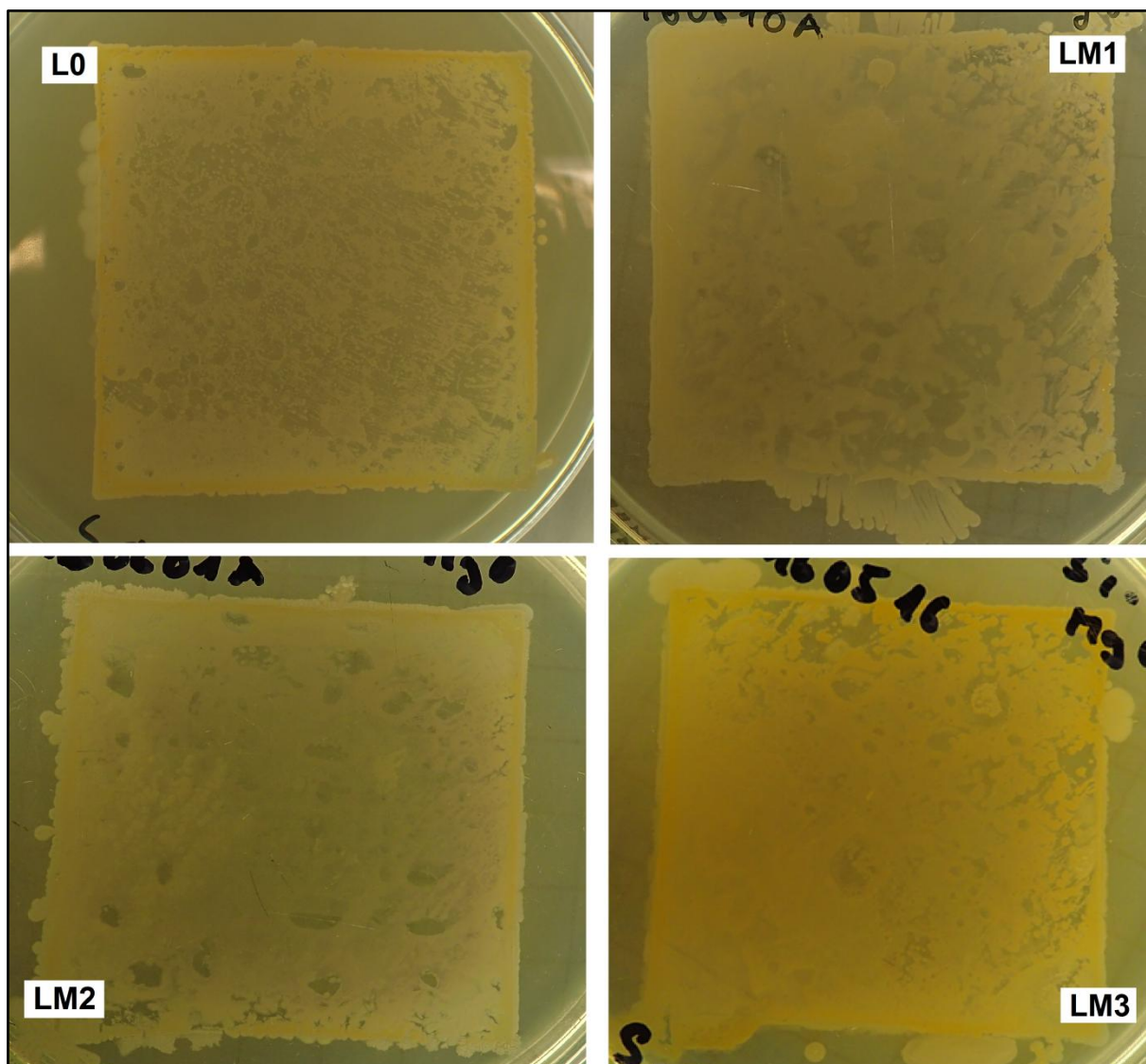
9. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO vůči *Escherichia coli*



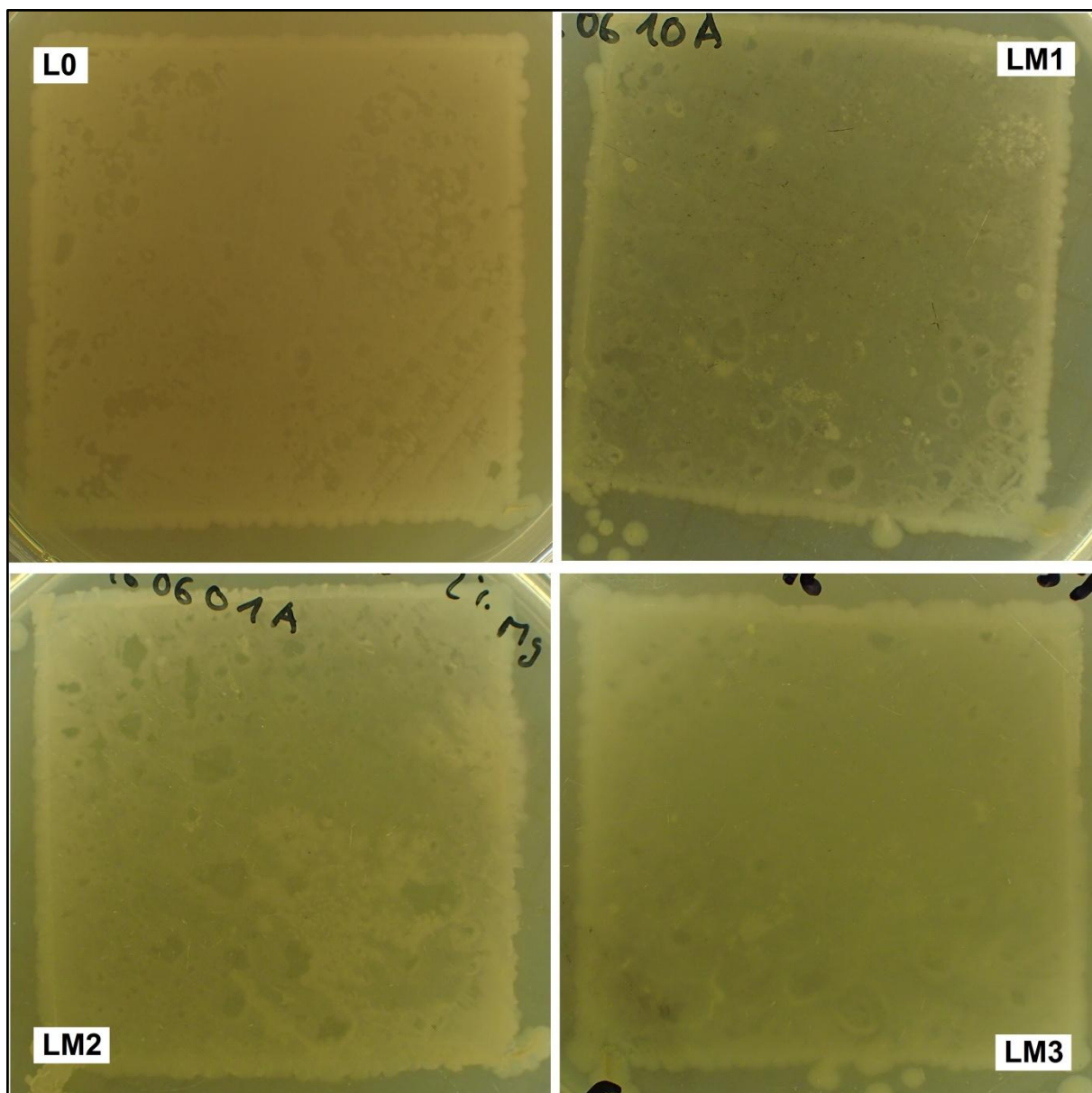
10. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO vůči
Pseudomonas aeruginosa



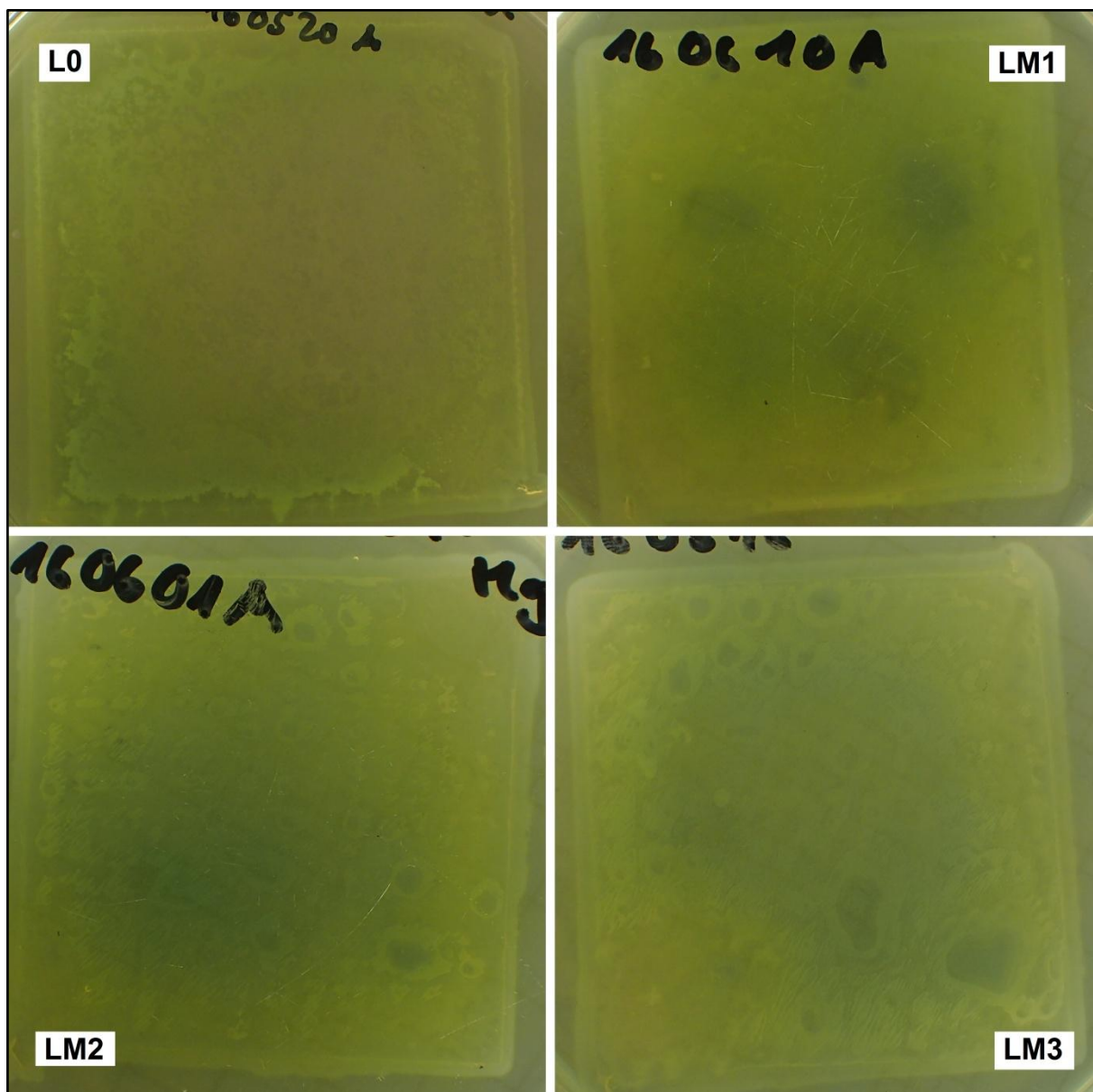
11. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic MgO vůči *Staphylococcus aureus*



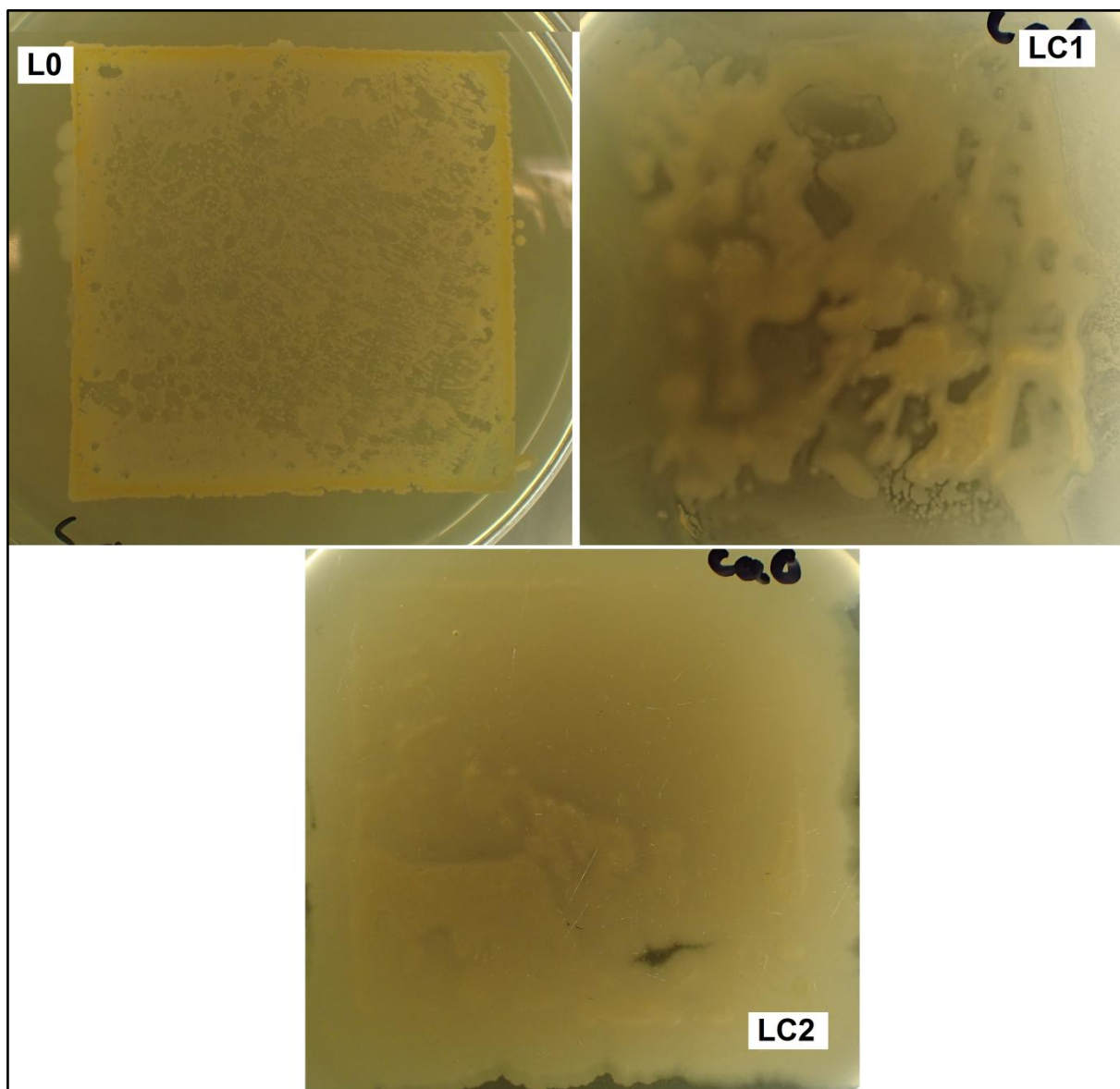
12. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic MgO vůči
Escherichia coli



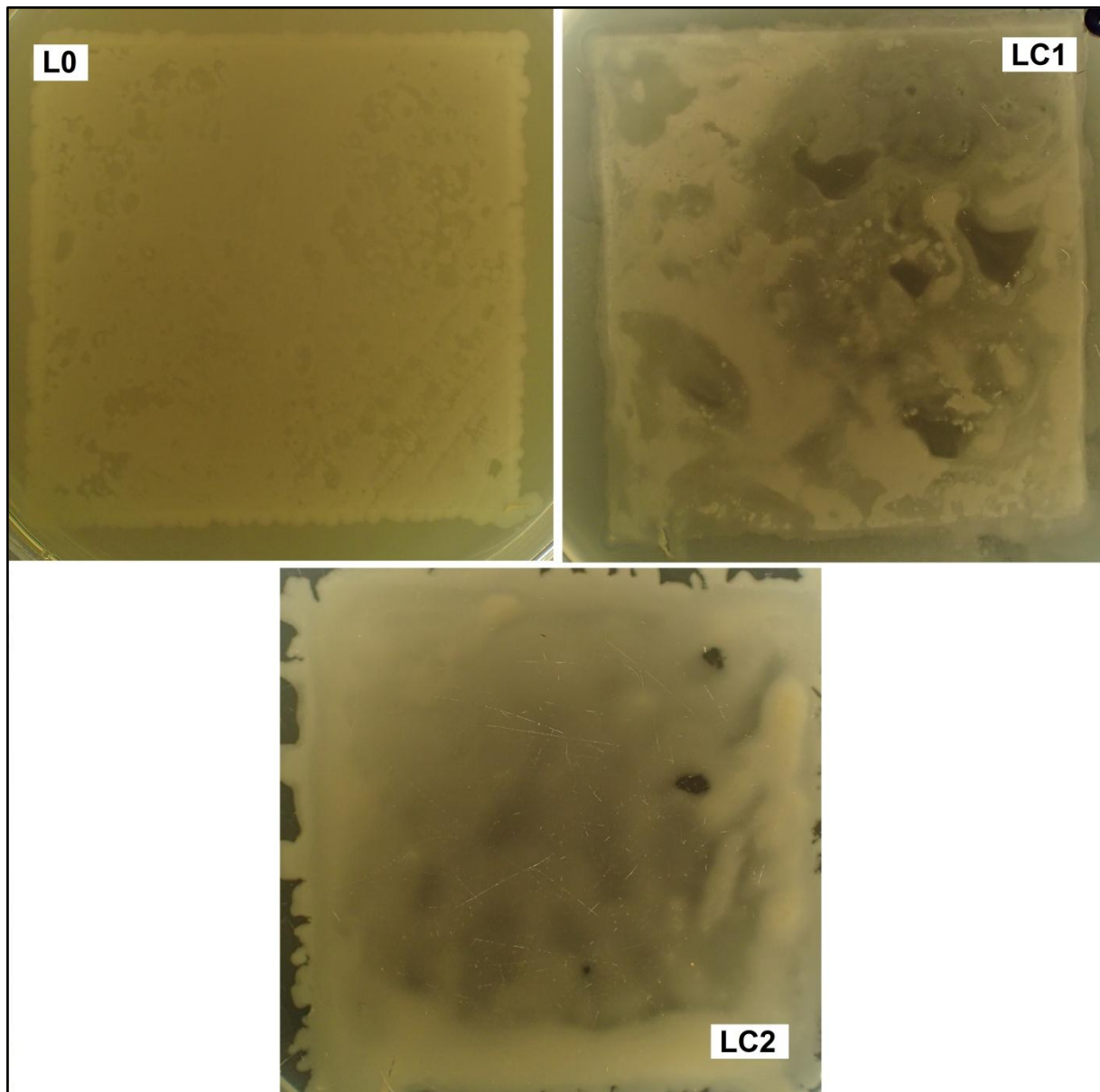
13. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic MgO vůči
Pseudomonas aeruginosa



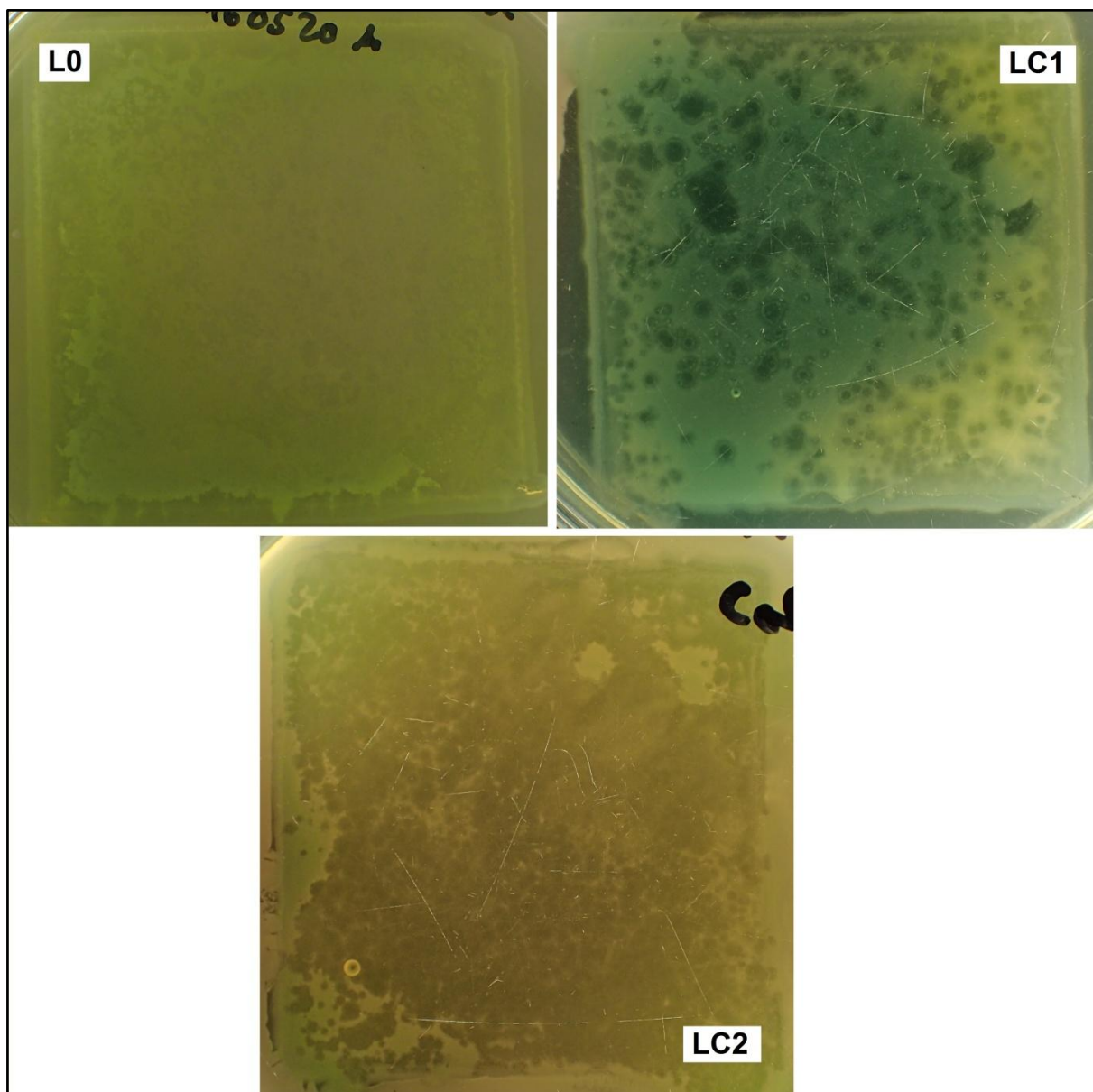
14. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic CaO vůči *Staphylococcus aureus*



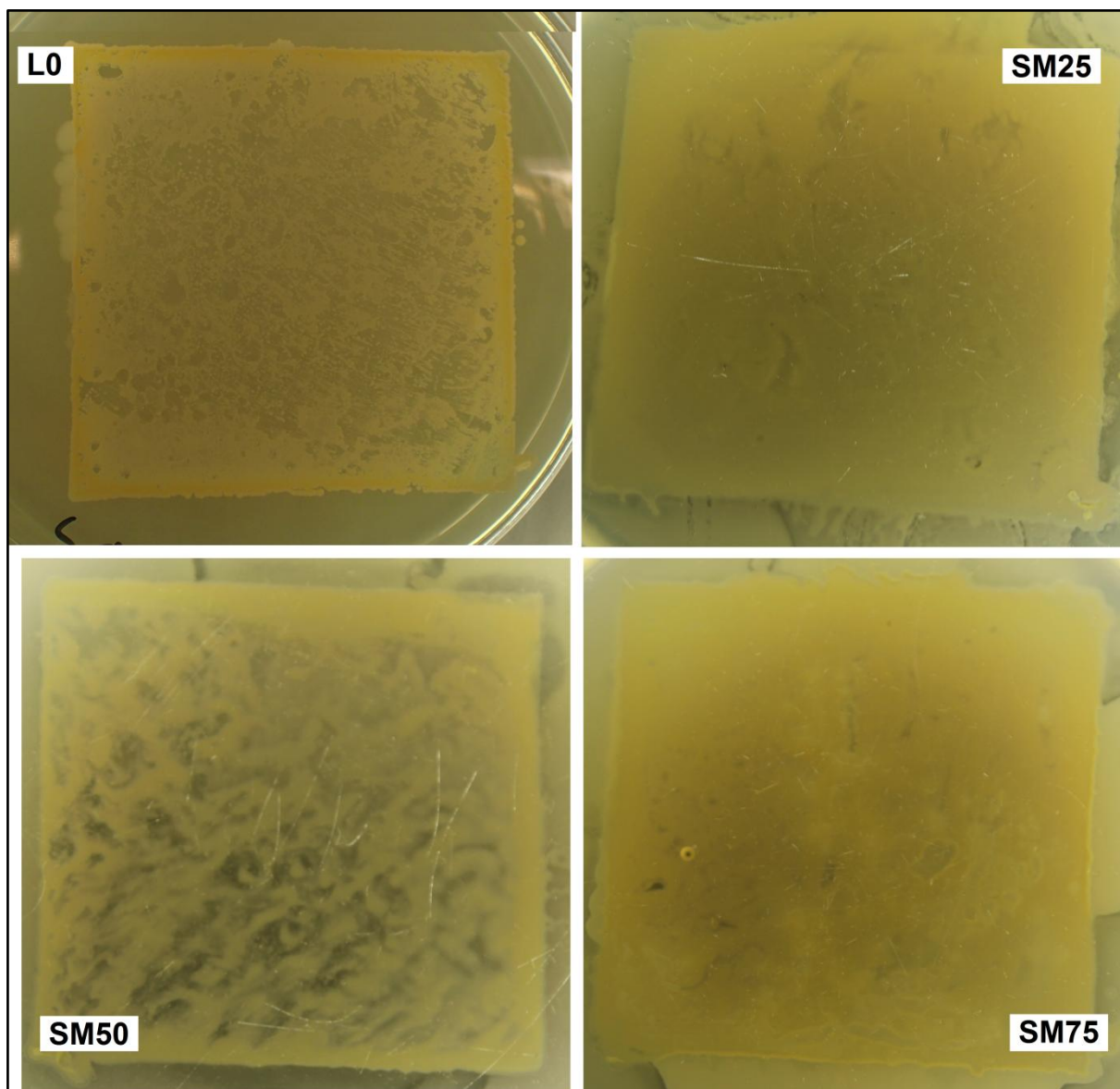
15. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic CaO vůči
Escherichia coli



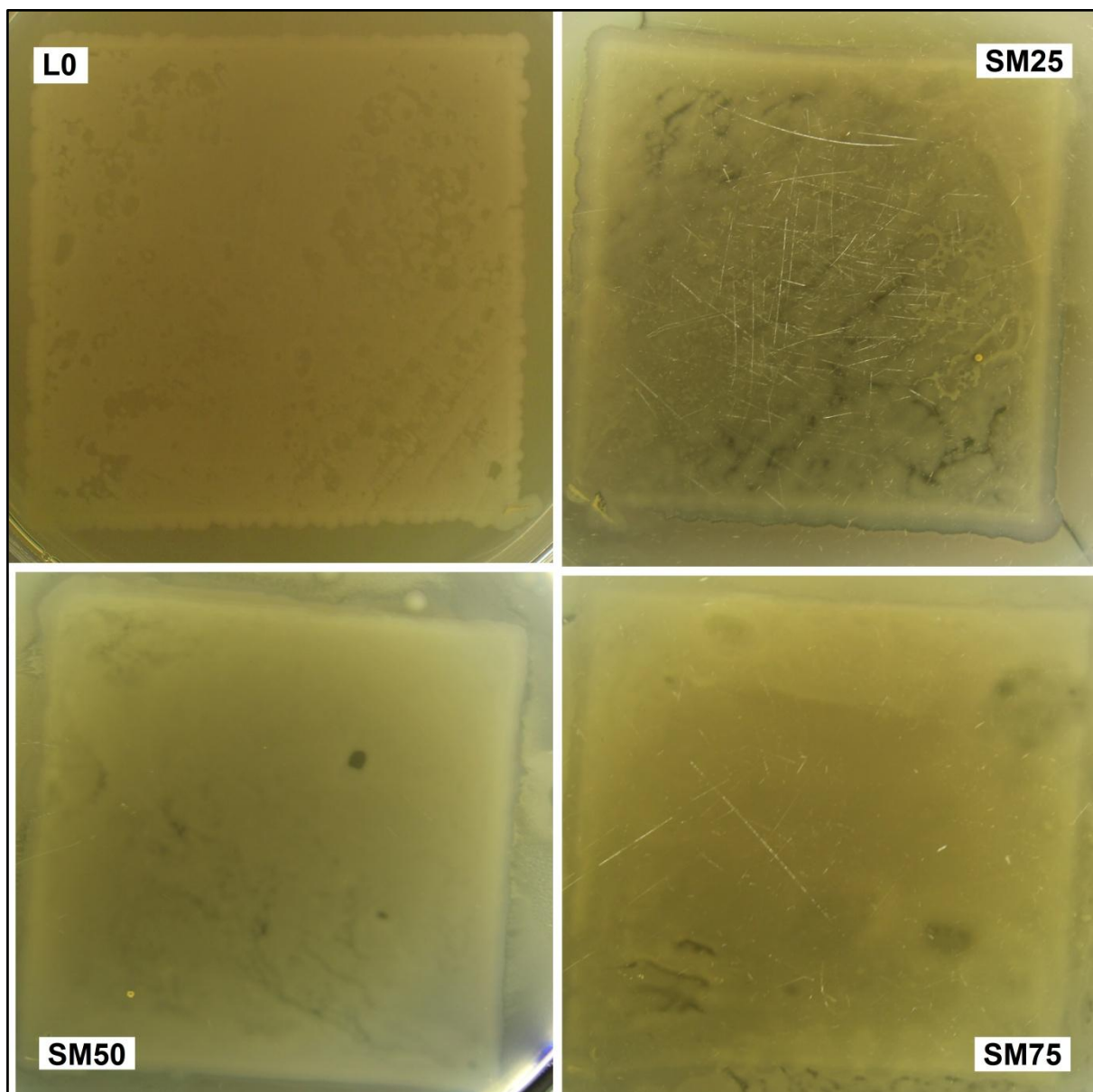
16. Antimikrobiální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic CaO vůči *Pseudomonas aeruginosa*



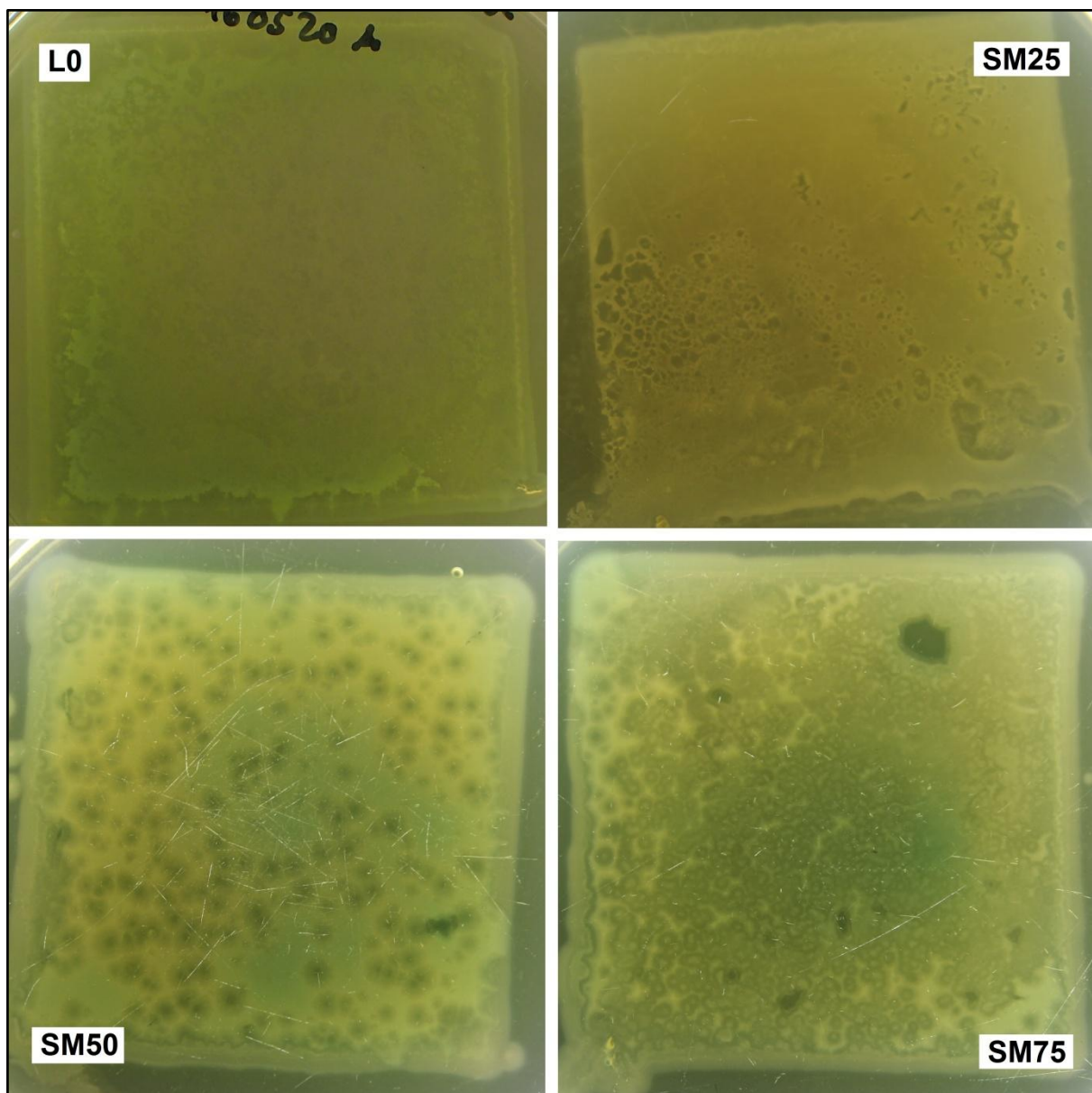
17. Antimikrobiální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO a MgO vůči *Staphylococcus aureus*



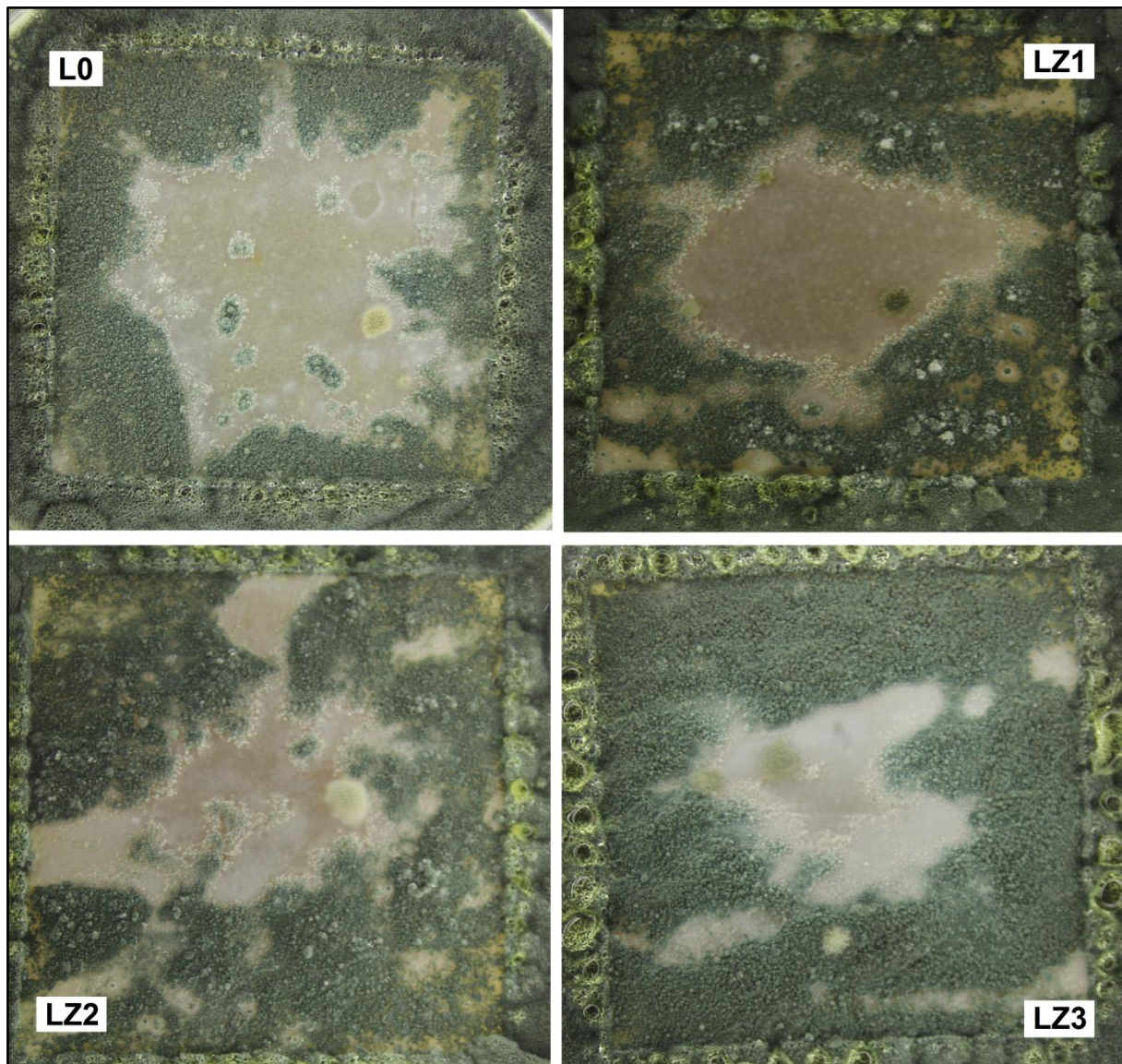
18. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO a MgO vůči *Escherichia coli*



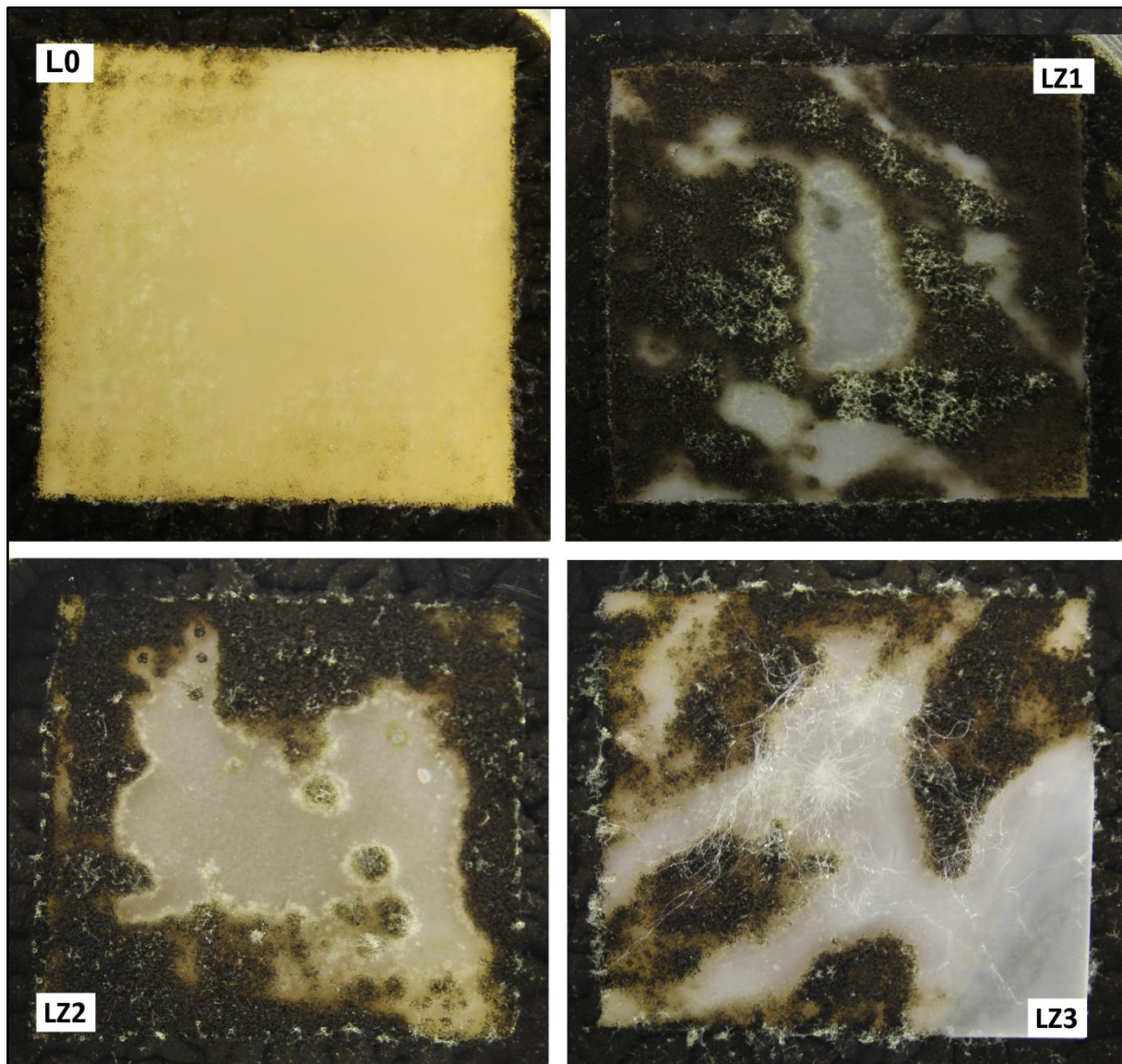
19. Antibakteriální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO a MgO vůči *Pseudomonas aeruginosa*



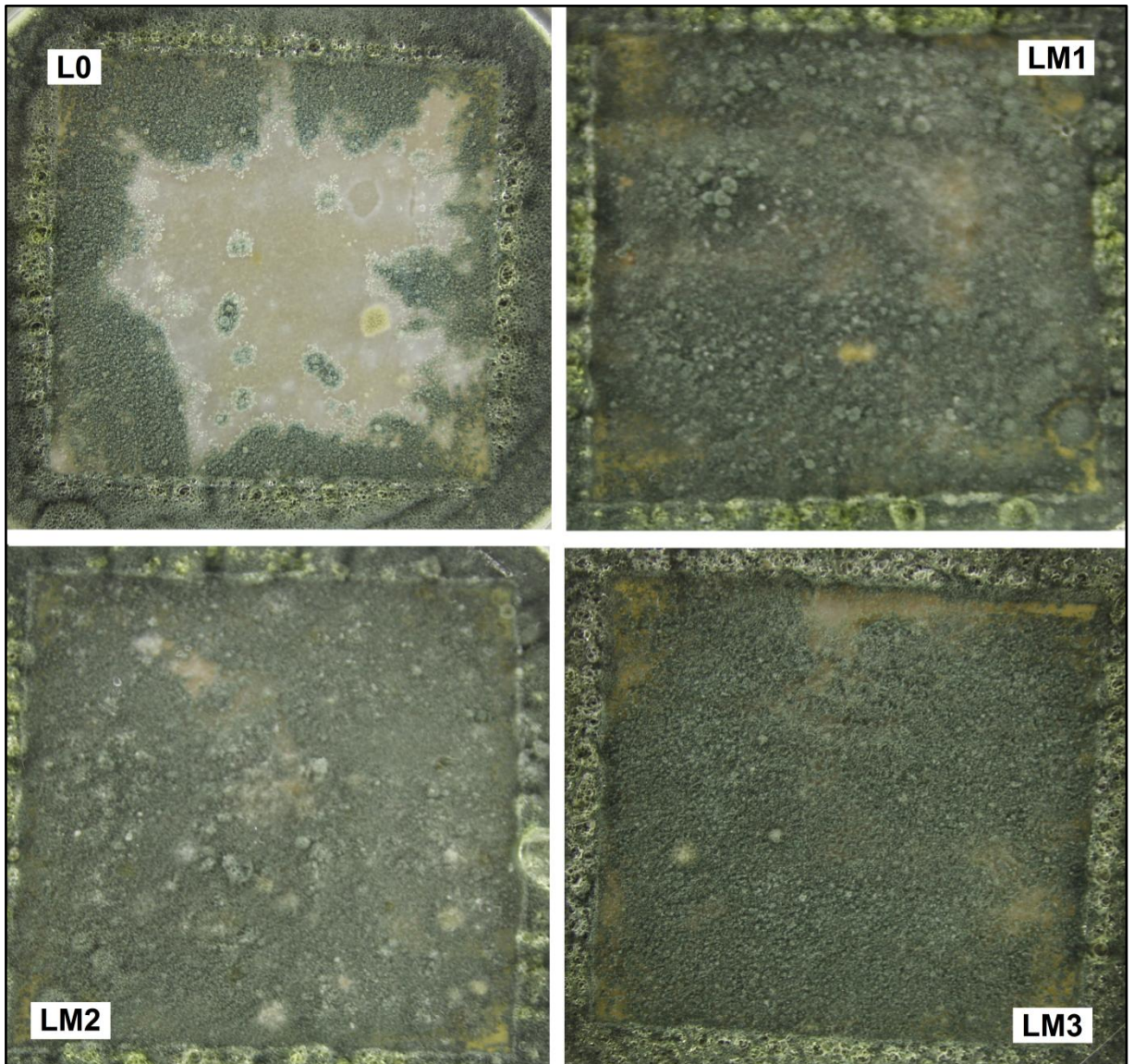
20. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO vůči
Penicillium chrysogenum



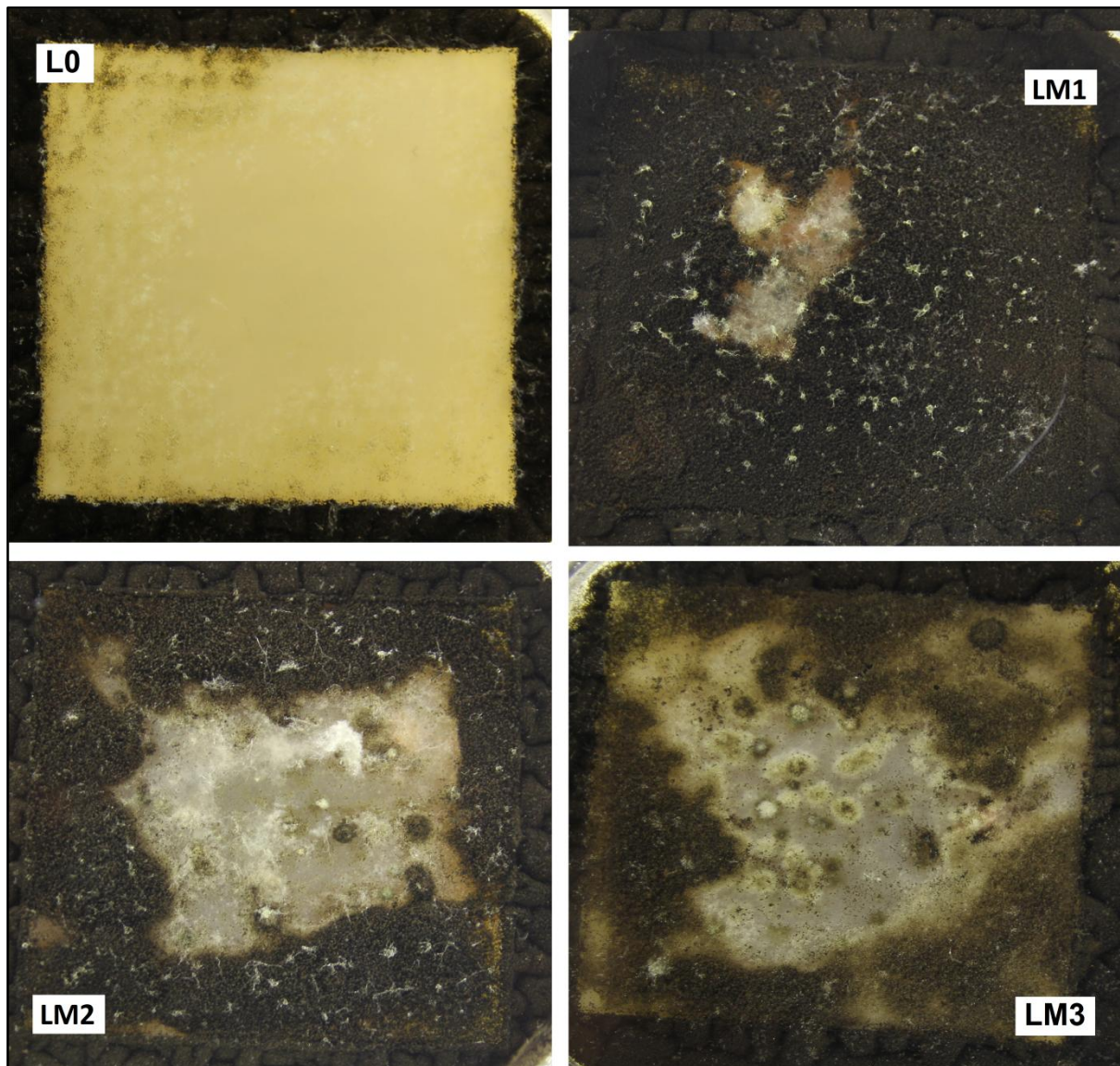
21. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO vůči
Aspergillus brasiliensis



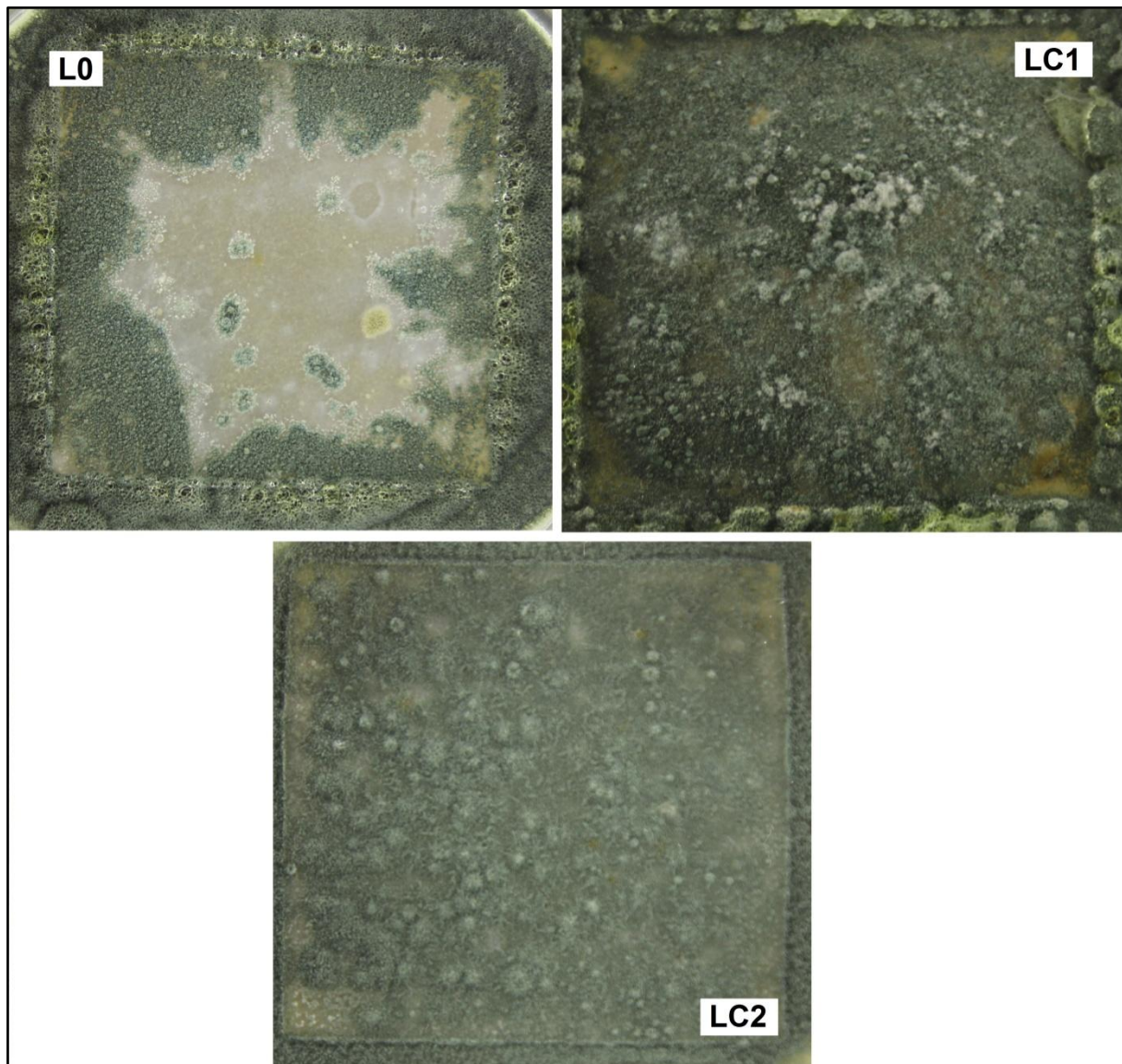
22. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic MgO vůči
Penicillium chrysogenum



23. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic MgO vůči
Aspergillus brasiliensis

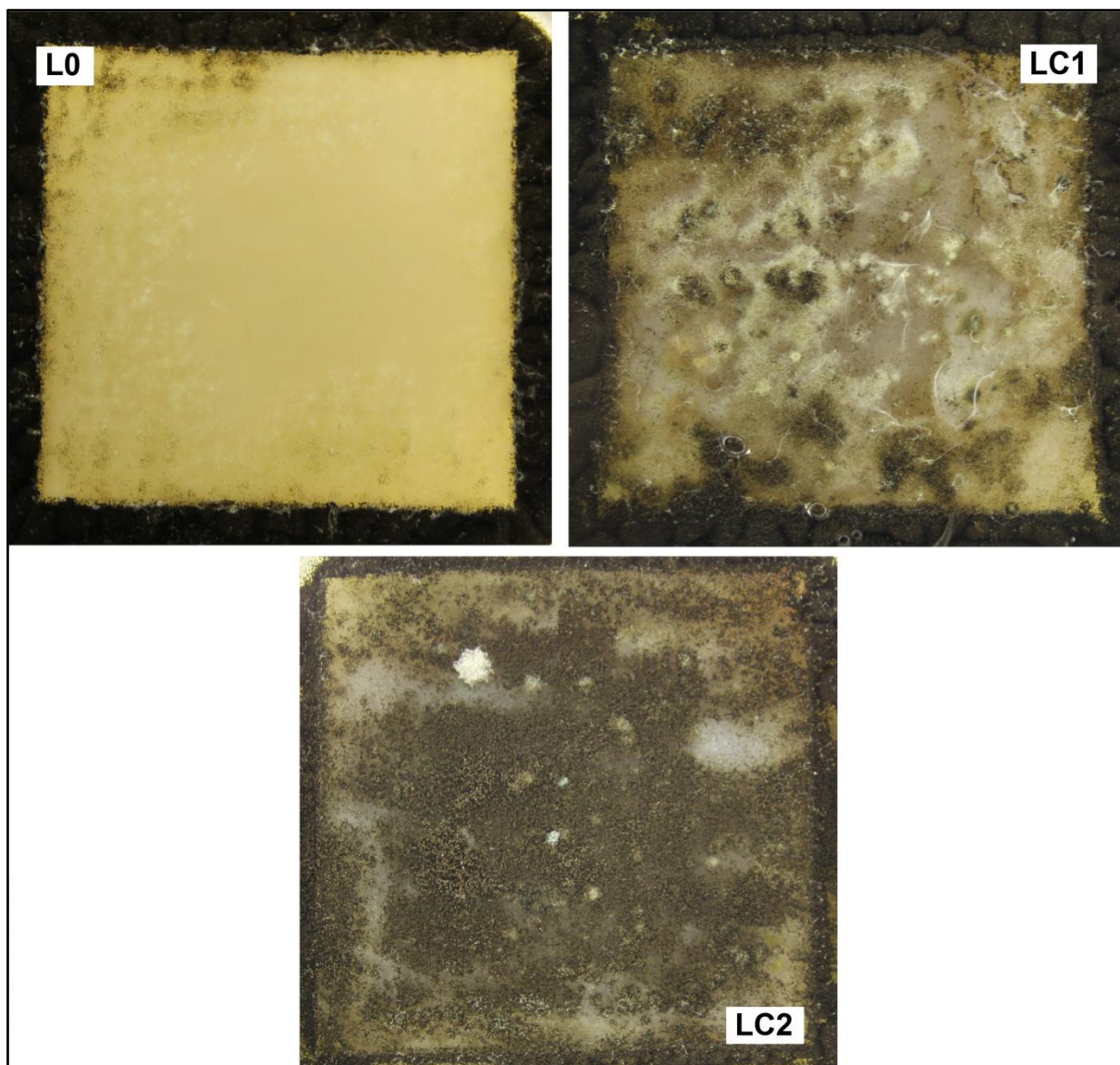


24. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic CaO vůči
Penicillium chrysogenum

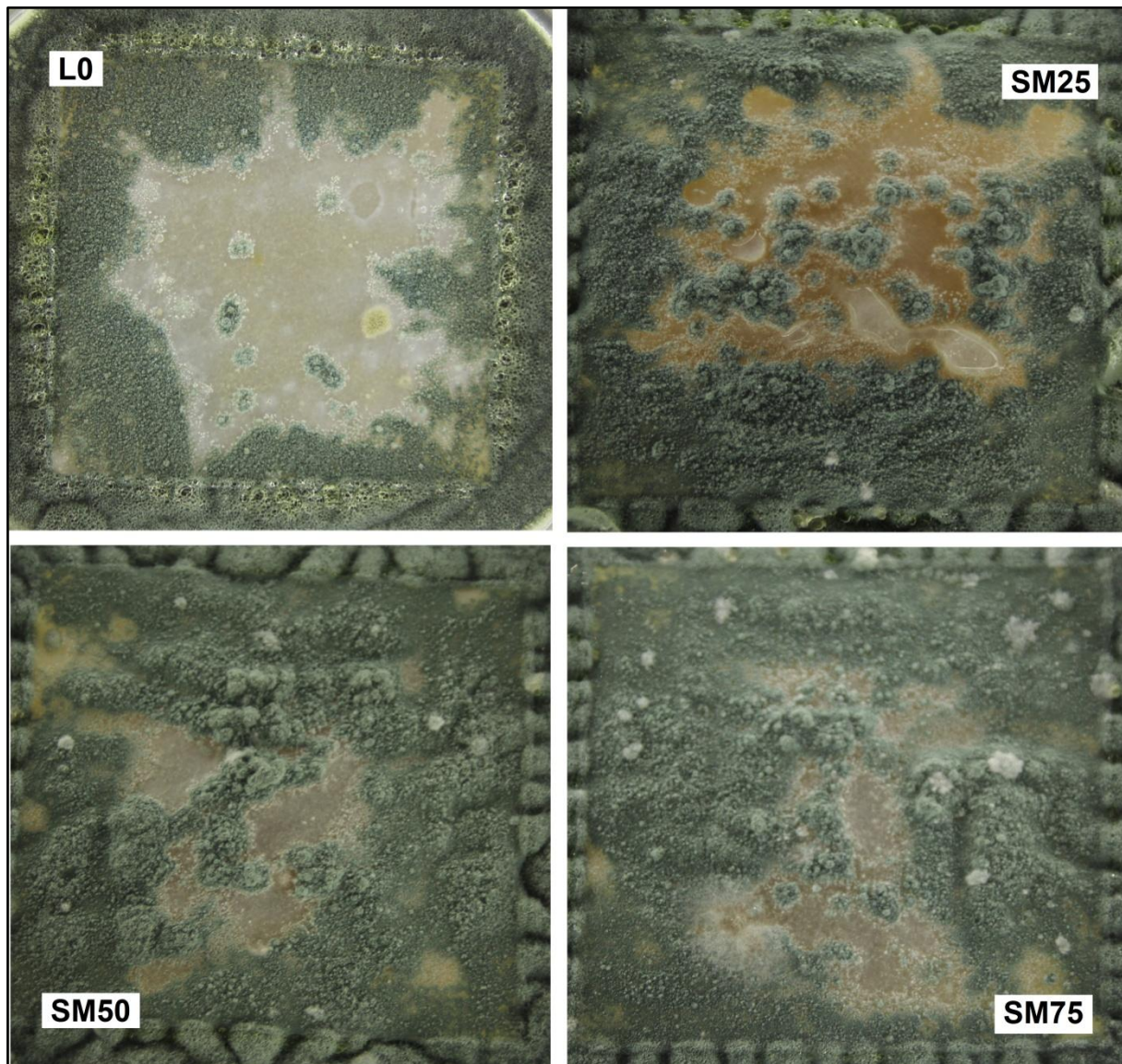


25. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic CaO vůči

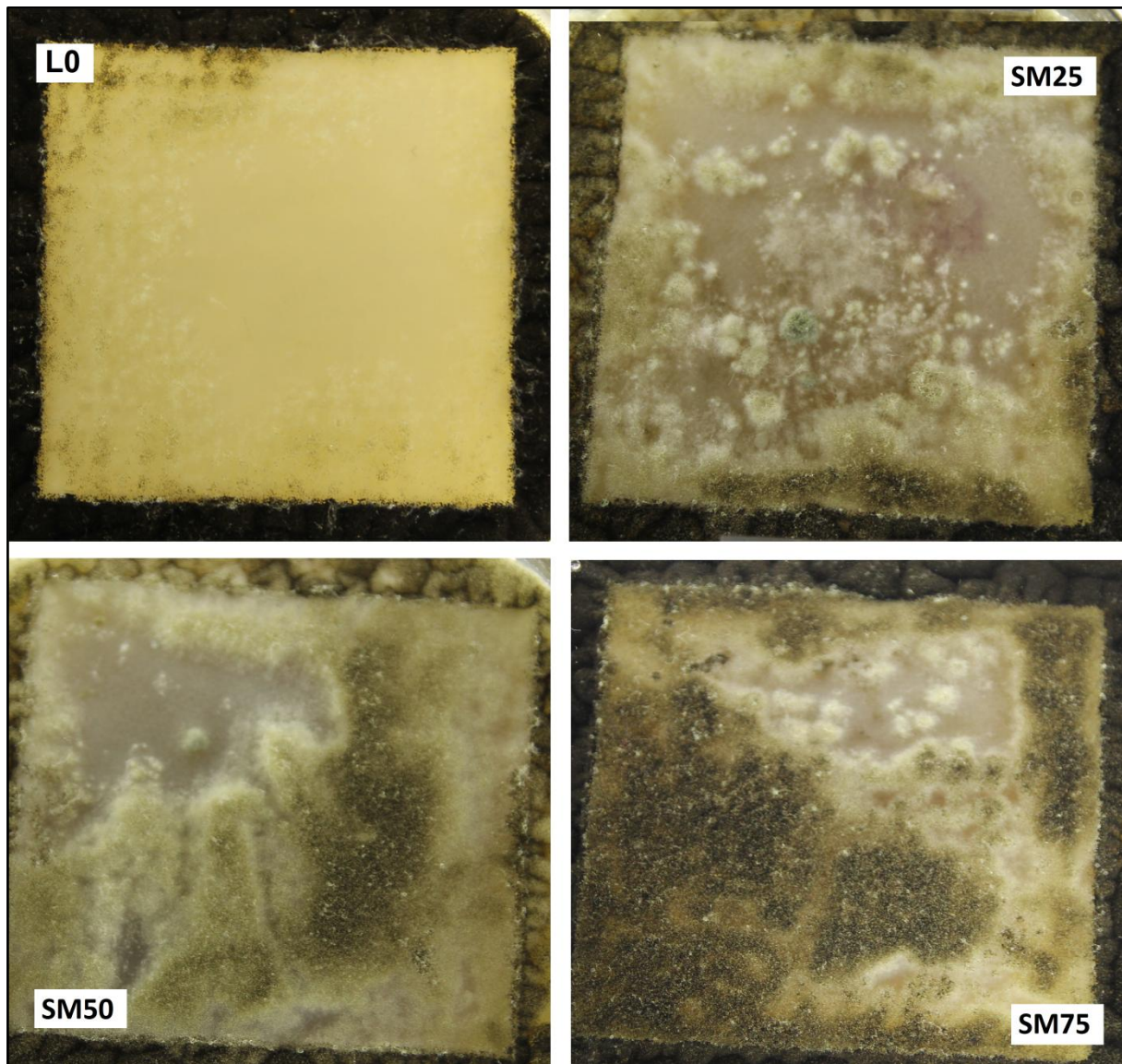
Aspergillus brasiliensis



26. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO a MgO vůči *Penicillium chrysogenum*



27. Antifungální účinky nátěrů s rozdílným obsahem nanočástic ZnO a MgO vůči *Aspergillus brasiliensis*



Název práce	Nová antimikrobiální vodou ředitelná pojiva na bázi samosíťujících latexů pro hygienické interiérové aplikace
Autor práce	Bc. Magdaléna Jahodová
Obor	Technologie výroby a zpracování polymerů
Rok obhajoby	2017
Vedoucí práce	Ing. Jana Machotová, Ph.D.
Konzultanti	Ing. Marcela Pejchalová, Ph.D., Ing. Adéla Růckerová
Anotace	Součástí této diplomové práce je literární rešerše, která se týká vodou ředitelných polymerních disperzí a přípravy syntetických latexů. Dále jsou zde popsány antimikrobiální látky, mikroorganismy z hlediska chemických nátěrů a nakonec jsou uvedeny metody testování účinnosti biocidních nátěrů. Experimentální část práce se věnuje přípravě latexů obsahujících nanočástice ZnO, MgO nebo CaO, které zde mají působit jako biocidy. Dále se zabývá přípravou nátěrových filmů, živných půd a čistých mikrobiálních kultur. Nakonec se práce věnuje vyhodnocení nátěrových a antimikrobiálních vlastností filmů z připravených latexů.
Klíčová slova	Emulzní polymerace, antimikrobiální látka, polymerní disperze, latex, nanočástice, samosíťující systém