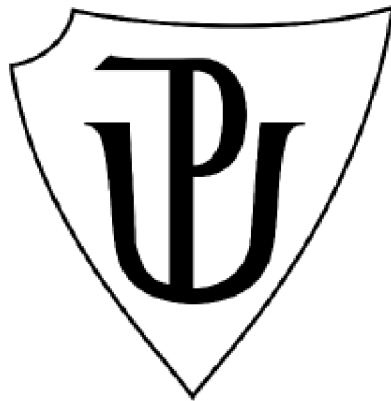


UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra biotechnologií



Mycí prostředky používané v prostředí školských zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:	Klára Maňáková
Studijní program:	B0512A130007 Biotechnologie a genové inženýrství
Specializace:	Biotechnologie a genové inženýrství
Forma studia:	Prezenční
Vedoucí práce:	doc. RNDr. Petr Bednář, Ph.D.
Rok:	2023

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval/a samostatně s vyznačením všech použitých pramenů a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byl/a jsem seznámen/a s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Olomouci dne

.....

Podpis studenta

Touto cestou bych chtěla poděkovat prof. Tomáši Opatrnému, který podal podnět k tématu této bakalářské práce a za ochotu a spolupráci Mgr. Zuzaně Huňkové při získávání informací o čisticích prostředcích používaných na Univerzitě Palackého v Olomouci. Dále také všem, kteří mi byli ochotni poskytnout jednak seznam používaných čisticích prostředků, tak později i jednotlivé vzorky žádaných produktů. A v neposlední řadě prof. RNDr. Liboru Kvítkovi, CSc., za zapůjčení tenziometru TD-1 Lauda, a doc. RNDr. Petru Bednářovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce.

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora	Klára Maňáková
Název práce	Mycí prostředky používané v prostředí školských zařízení
Typ práce	Bakalářská
Pracoviště	Katedra biotechnologií
Vedoucí práce	doc. RNDr. Petr Bednář, Ph.D.
Rok obhajoby práce	2023

Abstrakt:

Práce se zabývá porovnáním mycí schopnosti čistících prostředků, analýzou tenzidů čistících prostředků, škodlivosti tenzidů pro životní prostředí a jejich schopností biodegradability. Teoretická část práce je věnována také některým způsobům výroby detergentů. V neposlední řadě byly uvedeny postupy chemické analýzy povrchově aktivních látek a popsány postupy instrumentální chemické analýzy se zaměřením na hmotnostní spektrometrii.

Praktická část je převážně zaměřena na laboratorní zhodnocení mycí účinnosti vybraných podlahových mycích prostředků používaných na fakultách Univerzity Palackého v Olomouci, a to s využitím vyvinutého laboratorního testu. Bylo tak zjištěno, že účinnost je velmi závislá na typu povrchu (testováno bylo pět – keramická kachle, mramor, dřevěná parketa, hladké a drsné lino) a také na druhu zašpinění (použity byly dvě vytvořené směsi lišící se v druhu prachu – hliněný prach, prach z vysavače). Proběhl průzkum složení testovaných prostředků a byly charakterizovány některé z obsažených tenzidů. Pro tento výzkum bylo použito měření pomocí hmotnostního spektrometru Synapt G1 při pozitivní i negativní elektrosprejové ionizaci. U jednotlivých zředěných prostředků bylo také naměřeno povrchové napětí pomocí tenziometru TD1 LAUDA a změřeno UV-VIS spektrum (ultrafialové-viditelné) spektrometry (Shimadzu UV-1601, GENESYS 180).

Klíčová slova	detergenty, tenzidy, povrchově aktivní látky, mycí účinnost
Počet stran	96
Počet příloh	4
Jazyk	Český

Bibliographical identification

Author's first name and surname	Klára Maňáková
Title	Detergents used in school facilities
Type of thesis	Bachelor
Department	Department of Biotechnology
Supervisor	doc. RNDr. Petr Bednář, Ph.D.
The year of presentation	2023

Abstract:

The bachelor thesis deals with the comparison of the washing ability of cleaning agents, the analysis of selected components of cleaning agents, the comparison of their harmfulness to the environment and the biodegradability. The theoretical part of the work is also devoted to some methods of production of detergents. Finally, the procedures of chemical analysis of surface-active substances were presented and the procedures of instrumental chemical analysis with a focus on mass spectrometry were described.

The practical part is mainly focused on the laboratory evaluation of the cleaning efficiency of selected floor cleaning agents used at the faculties of the Palacký University in Olomouc, using a developed laboratory test. It was found that the effectiveness depends significantly on the type of surface (five were tested – ceramic stove, marble, wooden parquet, smooth and rough lino) and also on the type of soiling (two created mixtures differing in the type of dust were used – clay dust, vacuum cleaner dust). The composition of tested products was investigated and some of contained surfactants were characterised. Mass spectrometry (Synapt G1) measurements were used for this research in positive, and negative electrospray ionisation. The surface tension of the individual diluted preparations was also measured using a TD-1 LAUDA tensiometer and their UV-VIS (ultraviolet-visible) spectra were measured with a spectrophotometers (Shimadzu UV-1601, GENESYS 180).

Keywords	detergents, tensides, surfactants, washing efficiency
Number of pages	96
Number of appendices	4
Language	Czech

Obsah

1 ÚVOD.....	1
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	2
2.1 Historie, klasifikace, rozdělení a složení mycích prostředků.....	2
2.2 Povrchově aktivní látky.....	4
2.3 Postupy chemické analýzy povrchově aktivních látek.....	7
2.4 Postupy instrumentální chemické analýzy – Hmotnostní spektrometrie.....	8
2.5 Znečištění, toxicita a bezpečnost povrchově aktivních látek a detergentů.....	10
2.6 Úloha biotechnologie v syntéze povrchově aktivních látek.....	13
2.7 Úloha biotechnologie v biodegradaci povrchově aktivních látek.....	18
2.8 Laboratorní metody hodnocení mycí účinnosti mycích prostředků.....	20
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	21
3.1 Materiál.....	21
3.1.1 Mycí prostředky na podlahy.....	21
3.1.2 Měření povrchového napětí.....	24
3.1.3 Laboratorní test mycí účinnosti.....	25
3.1.4 Mikroskopické pozorování povrchů.....	27
3.1.5 Spektrofotometrie.....	28
3.1.6 Hmotnostní spektrometrie.....	29
3.2 Metody a postup.....	31
3.2.1 Výběr prostředků.....	31
3.2.2 Měření povrchového napětí.....	31
3.2.3 Laboratorní test mycí účinnosti.....	33
3.2.4 Mikroskopické pozorování povrchů.....	35
3.2.5 Spektrofotometrie.....	36
3.2.6 Hmotnostní spektrometrie.....	38
4 VÝSLEDKY A DISKUZE.....	41
4.1 Měření povrchového napětí.....	41
4.2 Laboratorní test mycí účinnosti a mikroskopické pozorování povrchů.....	45
4.2.1 Příprava povrchů.....	45
4.2.2 Příprava „umělé špíny“.....	48
4.2.3 Nanášení umělé špíny.....	49
4.2.4 Mycí experiment.....	52
4.3 Spektrofotometrie.....	68
4.4 Hmotnostní spektrometrie.....	80
5 ZÁVĚR.....	88
6 LITERATURA.....	90
7 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	95
8 PŘÍLOHY.....	96

Cíl práce

Teoretická část

- Prostudování problematiky v literatuře
- Vypracování rešerše pokrývající zadané téma

Praktická část

- Výběr mycích prostředků a studium jejich vlastností
- Zvládnutí technik optické mikroskopie, spektroskopie a spojení kapalinové chromatografie s hmotnostní spektrometrií
- Charakterizace mycích prostředků chemickou analýzou

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce vznikla na základě podnětu prof. Tomáše Opatrného a jejím cílem je určit z mycích prostředků na podlahy používaných na Univerzitě Palackého v Olomouci, ten nejúčinnější a zároveň porovnat jejich mycí účinnost a složení s vybranými ekologickými prostředky.

Mycí prostředky (detergenty) jsou směsí povrchově aktivních látek a dalších doplňujících látek (Šmidrkal, 2020), jako jsou například látky snižující tvrdost vody, chemická bělidla, enzymy, mikrobicidní látky, regulátory pěnivosti, optická bělidla, parfémy, barviva, látky zajišťující oxidační rozklad, plnidla a rozpouštědla (Kogawa et al., 2017; Kudelová et al., 1999; Mousavi & Khodadoost, 2019; Nwinyi & Umame, 2021; Pedrazzani et al., 2012; Singh et al., 2018; Zhang et al., 2021).

Povrchově aktivní látky jsou tenzoaktivní amfifilní (molekuly s hydrofóbní i hydrofilní skupinou) organické sloučeniny přírodního (z rostlinných nebo živočišných olejů) nebo syntetického původu (z neobnovitelných fosilních nebo petrochemických zdrojů) zajišťující čistící vlastnosti mýdel a detergentů (Farias et al., 2021; Šmidrkal, 2020). Alternativou syntetických PAL jsou „zelené“ povrchově aktivní látky nebo také biosurfaktanty (Farias et al., 2021). Analýza tenzidů je velmi komplikovaná, jelikož se jedná o strukturně velmi rozmanitou skupinu. Lze použít různé analytické i separační metody (kapalinová chromatografie, ultrafialová spektroskopie, hmotnostní spektrometrie) (Blažej et al., 1977).

Jednotlivé složky detergentů mohou mít toxické a mutagenní účinky na organismy i při velmi nízkých koncentracích. Kvůli vysoké spotřebě detergentů se zvyšuje povědomí o jejich nebezpečnosti pro lidi i ekosystém a je snaha o výrobu finančně příznivých detergentů s menší nebo žádnou toxicitou a lepší mycí účinností (Pedrazzani et al., 2012).

Pro detoxikaci povrchově aktivních látek lze použít fyzikální, chemické a biologické metody (Rebello et al., 2014). Biologický rozklad tenzidů je proces, při kterém mikroorganismy využívají tenzidy jako zdroj uhlíku a metabolizují je v sekundární fázi na jednoduché anorganické sloučeniny jako je voda, oxid uhličitý, dusičnany, fosforečnany a sírany (Šmidrkal, 2020).

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Historie, klasifikace, rozdělení a složení mycích prostředků

První zmínky o mycích prostředcích a mýdlech pocházejí již ze starověku. První mýdla byla vyrobena Sumery, Babyloňany, Židy a Egypťany z hlíny, živočišného tuku, rostlin obsahujících saponiny (rostlinné tenzidy) a éterických olejů. Průmyslově se detergenty začaly vyrábět až během druhé světové války, a to z důvodu nedostatku olejů a tuků pro výrobu mýdel. Od druhé poloviny 20. století se na čisticí prostředky začaly klást větší nároky z pohledu jejich praktičnosti, účinnosti a rychlejšího mycího účinku (Farias et al., 2021).

V dnešní době jsou čisticí prostředky nezanedbatelnou součástí všech domácností i pracovišť. Patří zde různé typy produktů: pro osobní hygienu, prostředky pro domácnosti (prostředky na nádobí, na podlahy atd.) nebo pro průmysl. Poptávka pro čisticích prostředcích neustále roste se zvyšujícím se povědomím lidí po celém světě o otázkách hygieny, zdraví a čistoty. Zároveň však roste zájem i o produkty šetrné k životnímu prostředí (Farias et al., 2021).

Sloučeniny se schopností odstraňovat nečistoty z pevného povrchu do kapalné fáze (Šmidrkal, 2020), a které tak lze použít jako mycí prostředky se označují pojmem detergenty (Kogawa et al., 2017). Jedná se o směsi aniontových povrchově aktivních látek (v komerčních detergitech 10-20 %) a dalších doplňujících látek (Šmidrkal, 2020). Mezi tyto pomocné látky patří látky snižující tvrdost vody (polyfosfáty, zeolity, laurát sodný, glukonát sodný), chemická bělidla (perboritan sodný, perkarbonát sodný, sloučeniny uvolňující chlór), enzymy (proteasy, lipasy, celulasy, amylasy), mikrobicidní látky (sloučeniny uvolňující chlór, deriváty fenolu), regulátory pěnivosti (mastné alkoholy), optická bělidla, parfémů (citrál), barviva a látky zajišťující oxidační rozklad (peroxosloučeniny), plnidla (soda, síran sodný), rozpouštědla (voda, etanol) (Kogawa et al., 2017; Kudelová et al., 1999; Mousavi & Khodadoost, 2019; Nwinyi & Umame, 2021; Pedrazzani et al., 2012; Singh et al., 2018; Zhang et al., 2021).

Mýdla se vyskytují již od starověku v různých formách (Rebello et al., 2014), ale obecně se jedná o alkalickou sůl vyšších mastných kyselin obsahující dlouhý nepolární řetězec s 10-18 uhlíky (Kogawa et al., 2017; Šmidrkal, 2020). Sodné mýdlo (RCOONa) je bezkonkurenčně nejvíce vyráběným a používaným tenzidem (Šmidrkal, 2020).

Nepolární řetězec interaguje s nepolárními látkami, jako jsou tuky a jiné nečistoty. Polární část sloučeniny pak reaguje s molekulami vody a sloučenina tak je ve vodě rozpustná (Kogawa et al., 2017). Mýdla jsou vyráběna z rostlinných a živočišných olejů a tuků (triacylglycerolů) nejčastěji hydroxidem sodným procesem zmýdelňování tuků (alkalická hydrolýza), nebo neutralizací mastných kyselin (Šmidrkal, 2020).

Obecně se pojmem detergenty označují syntetické náhražky mýdla (Kogawa et al., 2017). Syntetické detergenty čistí stejným způsobem jako mýdla (rozpuštění tuků) (Farias et al., 2021) a jsou stejně jako mýdla složeny z oblasti polární a nepolární s dlouhým řetězcem (Kogawa et al., 2017). Odlišují se však v chemických vlastnostech, nesrážejí se v kyselých roztocích a tvrdé vodě, tedy ve vodě obsahující množství nad 150 mg/l kationtů uhličitanu vápenatého (Kogawa et al., 2017), a mohou mít záporný i kladný náboj (Farias et al., 2021). Jedná se o syntetické produkty odvozené z ropy a při jejich výrobě zůstávají látky, které mohou znečišťovat životní prostředí (Farias et al., 2021). Běžně používané aniontové syntetické detergenty obsahují alkylnbensulfonát sodný s lineárním řetězcem. Na trhu se vyskytují jako směsi alkylnbensulfonátů, ve které je hlavní složkou dodecylbensulfonát sodný, který byl zaveden jako standard biodegradabilních aniontových detergentů (Kogawa et al., 2017).

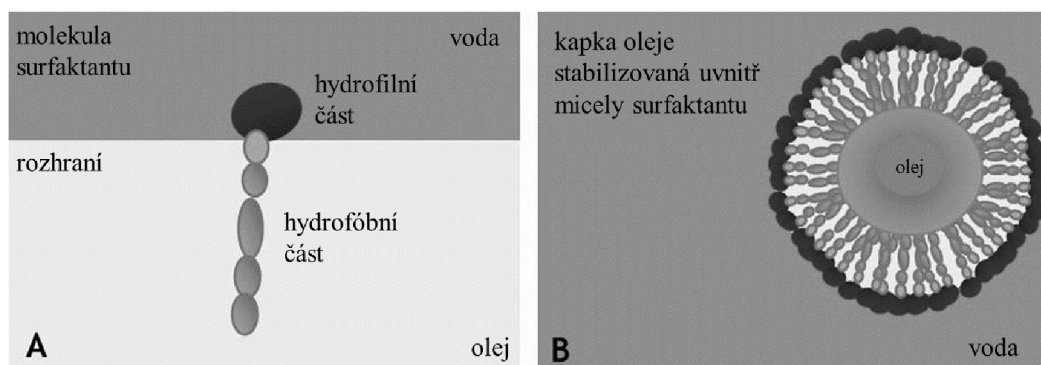
Moderní trendy současnosti rozšířily trh s čistícími prostředky o ekologicky šetrné produkty. Ekologicky šetrné prostředky se mohou rozpoznat dle certifikátu. Příkladem je certifikát Eco Garantie, který značí, že při výrobě nejsou použity žádné petrochemikálie a GMO (geneticky modifikované organismy), veškeré přírodní složky jsou „BIO“ a složky jsou biologicky odbouratelné (ecorantie.eu). Mezi další certifikáty patří ekoznačka EU Ecolabel, Severská labuť („Nordic Swan“) aplikovaná ve Skandinávii, Modrý anděl („Blauer Engel“) používaný v Německu (ecolabel.net), Eco Control. Certifikát Cruelty-free značí, že produkt nebyl testován na zvířetech.

2.2 Povrchově aktivní látky

Povrchově aktivní látky (dále jen PAL) nebo také tenzidy či surfaktanty jsou tenzoaktivní amfifilní organické sloučeniny přírodního (z rostlinných nebo živočišných olejů ve formě triglyceridů) nebo syntetického původu (z neobnovitelných fosilních nebo petrochemických zdrojů) zajišťující čisticí vlastnosti mýdel a detergentů (Farias et al., 2021; Šmidrkal, 2020).

PAL jsou nejčastěji monomery tvořeny částí hydrofobní (lipofilní, nepolární) solvatovatelnou nepolárními rozpouštědly (např. oleje) a hydrofilní (lipofóbní, polární) s velkou afinitou k vodě (Obrázek 1). Hydrofóbní část tvoří řetězec 8-22 uhlíků a jedná se většinou o lineární či rozvětvený alkyl nebo alkylaryl (Šmidrkal, 2020).

Na povrchu polárních kapalin, jako jsou například voda, jsou surfaktanty rozloženy tak, že jejich polární část (hydrofilní) míří dovnitř kapaliny a nepolární část (hydrofobní) směrem k hladině. Díky tomu PAL razantně snižují povrchové napětí na rozhraní kapalina-vzduch (Hernáinz-Bermúdez de Castro et al., 1998) a mezifázové napětí mezi polární a nepolární kapalinou (Farias et al., 2021). Dobré PAL dokáží snížit povrchové napětí vody z 72 mN/m na 35 mN/m a mezifázové napětí mezi vodou a n-hexadekanem z 40 mN/m na 1 mN/m (Farias et al., 2021). Tenzoaktivita (povrchová aktivita) představuje schopnost látky hromadit se na mezifázovém rozhraní, a tak snižovat povrchové napětí a volnou povrchovou energii (Šmidrkal, 2020). Touto vlastností PAL zvyšují rozpustnost hydrofobních molekul ve vodě (Farias et al., 2021). Povrchové napětí závisí na koncentraci surfaktantu, pH a teplotě, kdy se zvyšováním teploty klesá povrchové napětí (Hernáinz-Bermúdez de Castro et al., 1998).



Obrázek 1: A – molekula tenzidu na rozhraní dvou kapalin (voda a olej); B – micela ve vodném prostředí (Farias et al., 2021; upraveno)

Se zvyšující se koncentrací surfaktantu se snižuje povrchové napětí až do bodu tzv. kritické micelární koncentrace (CMC). V tomto bodě dosáhne PAL nejnižšího stabilního povrchového napětí (Farias et al., 2021) a každý tenzid má charakteristickou hodnotu CMC (Šmidrkal, 2020). Při dalším zvyšování koncentrace dochází ke tvorbě micel (Obrázek 1-B). Jedná se o agregáty tenzidu, jejíž hydrofobní části jsou v polárním prostředí natočeny směrem dovnitř a hydrofilní směrem ven z molekuly (Farias et al., 2021). Uvnitř micely je tak nepolární prostředí, ve kterém mohou být přenášeny nepolární látky a například tak mohou být odstraňovány nepolární kontaminanty ze zemin (Müllerová & Šváb, 2007). Micely mohou mít kulový, válcový a diskový tvar a také mohou vznikat hexagonálně uspořádané válcové micely a lamelární micely. Tvar závisí jednak na koncentraci tenzidu v roztoku, tak na chemické struktuře molekuly tenzidu i na složení a koncentraci rozpouštědla (Šmidrkal, 2020).

Mezi látky z petrochemických zdrojů používaných pro výrobu povrchově aktivních látek patří alkeny, alkeny, halogenalkany, mastné alkoholy, karboxylové kyseliny, alkybenzeny a vosky. Z obnovitelných zdrojů (zejména z rostlinných olejů a tuků) se získávají mastné kyseliny, estery a amidy mastných kyselin, mastné alkoholy a mastné aminy. Pro výrobu tenzidů s řetězcem C12-C14 z obnovitelných zdrojů jsou nejvhodnější oleje s vysokým obsahem kyseliny laurové a myristové, což odpovídá olejům palmojádrovým a kokosovým (Šmidrkal, 2020). Mezi alternativy syntetických PAL patří zelené povrchově aktivní látky nebo také biosurfaktanty (Farias et al., 2021).

Na základě náboje polární části se dělí na iontové (aniontové, kationtové, amfoterní) a neiontové. Hydrofilní částí aniontových tenzidu může být karboxylát, sulfát, sulfonát, fosfát či fosfonát (Šmidrkal, 2020). Aniontové tenzidy se využívají jako prací prostředky, prostředky na mytí nádobí, domácí čističe i produkty osobní hygieny (Chaturvedi & Tiwari, 2013). Kladně nabitě hydrofilní částí kationtových tenzidů tvoří většinou kvartérní amoniová sůl, nebo sůl primárního, sekundárního či terciárního aminu (Šmidrkal, 2020). Tento typ tenzidů se využívá jako bakteriocid a bývá také obsažen ve vlasových kondicionérech a avivážích. Amfoterní (zwitter iontové) tenzidy mají oba náboje a jsou obsaženy v šampónech a kosmetických krémech (Kogawa et al., 2017; Rebello et al., 2014). Amfoterní PAL představují kombinaci aminové skupiny a karboxylové skupiny, kvarterní amoniové skupiny a karboxylové skupiny nebo

sulfoskupiny. Neiontové tenzidy jsou bez náboje, dělí se na oxyethylenáty a polyhydroxysloučeniny (Šmidrkal, 2020).

Většina vyráběných PAL jsou aniontové a neiontové, jelikož jsou jednak méně toxické a jednak lépe biologicky rozložitelné oproti tenzidům kationtovým a amfoterním (Farias et al., 2021). Tenzidy se kromě čistících prostředků uplatňují také jako přísady do barev, změkčovadla textilu, antiseptická činidla, při zpracovávání kovů, ve farmacii a pokud má daný tenzid antimikrobiální vlastnosti, pak také jako biocid (Rebello et al., 2014). Důležitou roli hrají také v biologických systémech (základní stavební složka buněčných stěn, výstelka v plicích, žlučové soli) (Lee et al., 2016).

Tenzidy mohou být klasifikovány různými způsoby, například dle jejich hydrofóbní složky (alifatické uhlovodíky, alicyklické uhlovodíky, aromatické uhlovodíky a hydroxylové sloučeniny, polymerní aromatické uhlovodíky, alkylované aromatické sloučeniny, polymerní lineární makromolekulové sloučeniny a ostatní typy hydrofóbních zbytků), dle iontového charakteru, použití, biologické degradability a dle systematiky organických sloučenin (Blažej et al., 1977).

Směsi tenzidů mohou mít díky synergickému efektu vyšší povrchovou aktivitu nebo nižší CMC než jednotlivé tenzidy směsi. V průmyslu tak bývají více využívány směsi tenzidů (Wang et al., 2014). Účinnost směsí PAL do značné míry závisí na jejich typech, složeních, koncentracích, teplotě a rozpouštědle (Jian et al., 2011). Nejvyšší synergismus vykazují směsi aniontových a kationtových PAL (Wang et al., 2014).

Pěna je nestabilní disperzní soustava tvořená plynnou a kapalnou fází. Molekuly tenzidu tvoří na rozhraní kapaliny a plynu blánu, která umožňuje tvorbu bublin. Čím je nižší povrchové napětí kapaliny, a tedy vyšší koncentrace tenzidu (až do bodu CMC), tím je snazší vznik pěny. Tenzidy s lineární hydrofobní částí pění více než ty s rozvětvenou částí. Zároveň iontové tenzidy jsou pěnivější než neiontové, proto se využívají například v přípravcích na mytí nádobí. Naopak neiontové prostředky s nižší pěnivostí se používají v produktech na podlahy (Šmidrkal, 2020).

Dodecylsírán sodný (SDS) je anionický tenzid skupiny alifatických alkylových sulfátů (Icgen et al., 2016) a je syntetizován sulfonací laurylalkoholů (Rebello et al., 2014). Jedná se o lineární molekulu s alkylovým koncem o 12 uhlících navázaným na sulfátovou skupinu (Rebello et al., 2014).

2.3 Postupy chemické analýzy povrchově aktivních látek

Jelikož povrchově aktivní látky tvoří strukturně velmi pestrá skupina, je jejich analytické hodnocení značně komplikované. Mezi základní metody patří stanovení sušiny, izolace tenzidů extrakcí, použitím ionexu nebo adsorpčních chromatografických metod a stanovení anorganických solí (např. chlorid sodný). Dále pak stanovení obsahu vody a určení hodnoty pH (Blažej et al., 1977; Šmidrkal, 2020).

Titrační metody představují základní způsob stanovení obsahu tenzidů. Při dvoufázové titraci se využívá vlastnosti anionických tenzidů tvořit s tenzidy kationickými hydrofóbní sůl rozpustnou v chloroformu (Blažej et al., 1977). Amfoterní tenzidy se stanovují titrací ethanolickým roztokem hydroxidu draselného a v neiontových tenzidech je možné stanovit vázaný ethylenoxid (Šmidrkal, 2020).

Při chromatografických metodách dochází k rozdělování analyzované směsi mezi dvě nemísitelné fáze (fáze stacionární a mobilní) (Blažej et al., 1977). Pro identifikaci a určení kvantitativního složení tenzidů se využívá především tenkovrstvá chromatografie (TLC; „thin layer chromatography“) a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC; high-pressure liquid chromatography). HPLC představuje nejúčinnější metodu analýzy organických sloučenin. Chromatograf je tvořen nástřikovým ventilem, zařízením pro míchání rozpouštědel, vysokotlakým čerpadlem, kolonou a detektorem. HPLC je často propojen s hmotnostním spektrometrem (HPLC-MS) (Šmidrkal, 2020).

Spektroskopické metody se používají pro určení chemické struktury tenzidů a tedy jejich identifikaci (Šmidrkal, 2020). Ultrafialová spektroskopie a spektroskopie ve viditelné oblasti (UV-VIS) se používá pro měření absorbance v oblasti vlnových délek 200-780 nm. Na základě absorbance lze zjistit, zda mají tenzidy aromatické jádro nebo jiný chromofor (Kellner et al., 2004) a také je možné stanovit přítomnost solí aniontových tenzidů. Infračervenou spektroskopií je možné určit funkční skupiny molekul tenzidů. Nukleární magnetická rezonanční spektrometrie ve spektrech ^1H a ^{13}C určí, jaké typy atomů vodíku a uhlíku molekuly tenzidu obsahují. Hmotnostní spektrometrií lze zjistit údaje o relativní molekulové hmotnosti, struktuře a funkčních skupinách obsažených tenzidů a určit tak sumární vzorec látky (Šmidrkal, 2020).

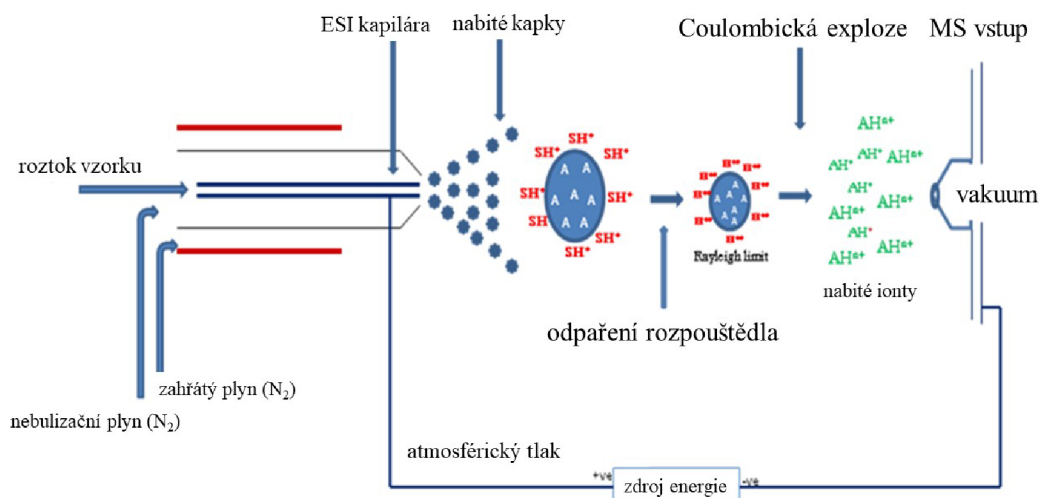
2.4 Postupy instrumentální chemické analýzy – Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie (MS) je destrukční metoda (Šmidrkal, 2020) kombinující separační a detekční techniky. Jedná se o nejcitlivější spektrometrickou techniku pro molekulární analýzu. Je důležitá pro vyhodnocení molekulové hmotnosti a elementárního složení analytu (Kellner et al., 2004). Spojení kapalinové chromatografie (LC) s hmotnostní spektrometrií (MS) je efektivní nástroj pro charakterizaci a kvantifikaci neiontických PAL v komplexních směsích (Petrović & Barceló, 2000).

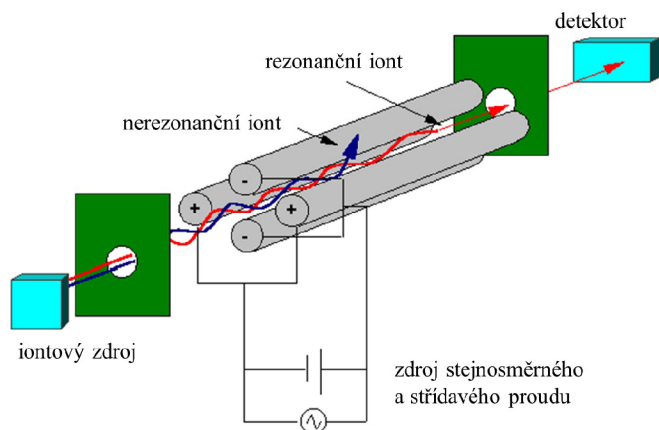
MS je založena na ionizaci látek ve vzorku a určení jejich molekulové hmotnosti z měřeného parametru m/z (poměr hmotnosti k náboji). Ionizační techniky se rozlišují dle energie, která se vkládá do analytu. (Blažej et al., 1977; Kellner et al., 2004). Při ionizaci elektronem (EI) jsou molekuly par analytu štěpeny proudem elektronů za vzniku molekulových iontů (M^+ , M^- ; Blažej et al., 1977). Dalším příkladem ionizačních technik je laserová desorpce/ionizace s použitím matrice (MALDI) a ionizace elektrosprejem (ESI; Obrázek 2), která se využívá zvláště při LC-MS. Při ionizační technice ESI (elektrosprej), který byl použit v této práci, je do nabitě kapiláry dávkován analyt (z chromatografické kolony, nebo dávkovací jehly) a za atmosférického tlaku je v silném elektrickém poli sprejován za vzniku nabitých kapiček. V proudu plynného dusíku je poté odpařováno rozpouštědlo, čímž vznikají velmi malé vysoce nabitě kapičky. Následnou coulombickou explozí vznikají jednotlivé ionty v plynné fázi (Cole, 2010; Kellner et al., 2004).

K separaci iontů dle m/z hodnoty dochází v tzv. analyzátoru. Historicky prvním a stále používaným je sektorový analyzátor. K separaci dochází v magnetickém poli. (Cole, 2010; Petrović & Barceló, 2000). Hodnoty jsou zaznamenány v čárovém spektru představující závislost relativní intenzity vrcholů k nejvyššímu vrcholu (svislá osa) vzhledem k hodnotě m/z (vodorovná osa) (Blažej et al., 1977; Petrović & Barceló, 2000). Mezi používané analyzátory patří kvadrupólová iontová past, lineární kvadrupól (Q) a detektor doby letu (TOF, „time of flight“). Kvadrupól je tvořen dvěma páry paralelně uspořádaných nerezových tyčí, přičemž každý pár je nabit stejným nábojem (pozitivním / negativním; Obrázek 3). Změnou stejnosměrného napětí (DC), přiváděného spolu s radiofrekvenčním napětím (RF), lze vybrat látky s určitou hodnotou m/z . TOF je tvořen pulsním iontovým zdrojem zajišťujícím diskontinuální tok

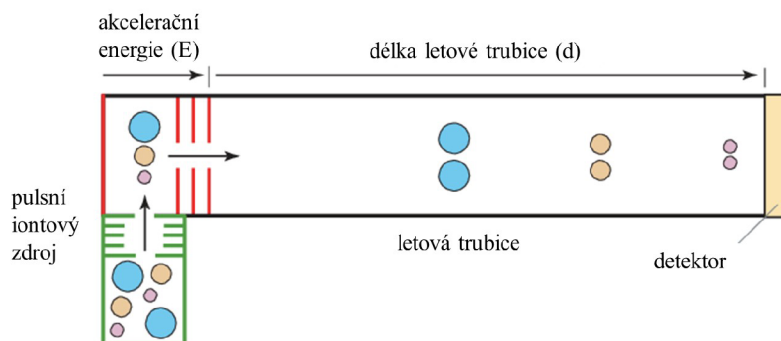
iontů, zrychlovací mřížkou, letovou trubicí a detektorem (Obrázek 4). Na základě času potřebného k překonání trubice k detektoru lze určit hodnotu m/z (Kellner et al., 2004).



Obrázek 2: Schéma ionizace elektrosprejem (University of Pittsburgh, Department of Chemistry; upraveno)



Obrázek 3: Schéma kvadrupólového hmotnostního analyzátoru (Webmail; upraveno)



Obrázek 4: Schéma TOF hmotnostního analyzátoru (Guilhaus, 1995; upraveno)

2.5 Znečištění, toxicita a bezpečnost povrchově aktivních látek a detergentů

Studie ukazují, že kolem 60 % veškeré produkce PAL vstupuje do vodního prostředí (Pradhan & Bhattacharyya, 2017). Rezidua syntetických PAL nejen z čistících prostředků mají v půdě a vodních tocích škodlivé účinky na životní prostředí a toxické účinky na lidské zdraví (Bezerra et al., 2021). Tenzidy jsou přítomny i v přečištěné vodě, jelikož jsou schopny proniknout přes přirozené filtrační i umělé čištění vod, což představuje riziko v zásobování pitnou vodou (Abd El-Gawad, 2014). PAL ve vodních tocích způsobují tvorbu pěny, která omezuje přístup vzduchu pod hladinu vody, což má za následek snížení koncentrace kyslíku ve vodě a tedy i zadušení vodních organismů. Dále také snižují odpařování vody, což narušuje cyklus vodních srážek. Přítomnost tenzidů v odpadních vodách snižuje účinnost biologického čištění, jelikož mají negativní a toxický vliv na mikroorganismy aktivního kalu a snižují biochemické procesy metabolizace organických látek, při provzdušňování způsobují pění, působí proti sedimentaci aktivovaného kalu (Blažej et al., 1977).

Nejen z těchto důvodů vzniká potřeba produkce biodegradabilních a málo toxických, nebo netoxických tenzidů a jsou studovány tenzidy produkované mikroorganismy a rostlinami (Bezerra et al., 2021). Problémy se znečištěním prostředí ve vztahu k čistícím prostředkům byly i před příchodem syntetických přípravků. Mýdlo na povrchu vody totiž zanechává nerozpustný film omezující vstup kyslíku (Rebello et al., 2014).

V minulosti se jako syntetické detergenty používaly PAL s rozvětveným řetězcem (nejčastěji alkylbenzensulfonáty), jejichž degradace byly obtížnější, a ve vodě proto zůstávaly po dlouhou dobu a způsobovaly vznik pěny šířící se vodou. Tento typ detergentů byl roku 1965 zakázán v Evropě a Spojených státech. Dnes používané PAL mají lineární postranní řetězec, který usnadňuje jejich degradaci (Kogawa et al., 2017), ale i přes to jsou všudypřítomné a ve vodních tocích mohou být obsaženy v koncentracích toxických pro vodní organismy (Rebello et al., 2014). V detergentech jsou kromě tenzidů obsaženy i různé doplňující látky, které po vypuštění do životního prostředí negativně působí na živé organismy (Šmidrkal, 2020).

Toxicita (jedovatost) látek vůči organismu je ovlivněna mnoha faktory, není například důležité jen množství daného „jedu“, ale i jakou cestou se do organismu dostane (vstřebáním kůže, vstřebáním v trávicím traktu, vdechnutím). Jak moc je látka

toxická se určuje dle hodnoty LD (letální čili smrtelná dávka), která vyjadřuje kolik procent pokusných zvířat zemřelo po určité dávce látky (např. $LD_{50} = 50 \%$ zvířat). Většina tenzidů má negativní vliv na organismy hlavně kvůli své povrchové aktivitě, jelikož tyto látky se adsorbují na povrch buněk, pronikají dovnitř a poškozují buněčné membrány. Nejméně toxické jsou tenzidy sorbitanových esterů a jejich oxyethylenátů, acylpolyglykoly a sodná mýdla. Sulfáty a sulfonáty jsou více toxické. Obecně jsou PAL málo toxické ($LD_{50} = 5-15 \text{ g/kg}$) a mírně toxické látky ($LD_{50} = 0,5-5 \text{ g/kg}$), ale nejspíše všechny patří mezi látky zdraví škodlivé a dráždivé (Šmidrkal, 2020).

Jednotlivé složky detergentů mohou mít toxické a mutagení účinky na organismy i při velmi nízkých koncentracích. Pro zjištění mutagenního účinku detergentů je potřeba brát v úvahu i interakce mezi jednotlivými složkami detergentu a netestovat složky jen samostatně (Pedrazzani et al., 2012).

PAL mají také toxické účinky na mikroorganismy lišící se druh od druhu (Wu et al., 2019). Škodlivé účinky, jako je membránová lýze nebo poškození DNA, mají například na *Acinetobacter junii*, autotrofní kmeny *Nitrosomonas* a *Nitrosospira* oxidující autotrofní amoniak a bioluminiscenční *Librio fischeri*. Dalším příkladem negativního dopadu je inhibice nepohlavní a pohlavní reprodukce *Clostridium ehrenbergii* při koncentraci SDS 0,1 mg/ml, nebo také exponenciální pokles fotosyntetické schopnosti řas s rostoucí koncentrací surfaktantů a poklesem biomasy řas (Rebello et al., 2014).

I nízké koncentrace PAL významně mění půdní fyziku, chemii i půdní biologii. Primárně jsou ovlivněny kořeny rostlin potlačením jejich funkce nebo usmrcením. Jako konkrétní příklad lze uvést, že detergenty kontaminovaná voda pro kultivaci snižuje rychlost fotosyntézy a obsah chlorofylu v rostlinách fazolu (Rebello et al., 2014).

Toxicita surfaktantů pro vodní organismy byla pozorována od konce 60. let minulého století, kdy bylo zjištěno, že při vystavení ryb *Ictalurus natalis* koncentracím detergentů mnohem nižších než jejich subletální koncentrace (koncentrace vyšší než 0,1 mg/l) dochází k poškození jejich chemoreceptorů. Vystavení vysokým koncentracím PAL způsobuje narušení žaberního epitelu ryb, následné udušení či selhání osmoregulace a PAL také způsobují poškození slizové vrstvy ryb umožňující následné mikrobiální napadení (Rebello et al., 2014). Pro vodní organismy jsou anionické tenzidy obsahující sulfoskupinu mnohonásobně toxicitější než sodná mýdla nebo alkylpolyglukosidy.

Neiontové PAL a jejich degradační produkty jsou toxické pro mořské organismy a mají vliv na endokrinní soustavu ryb (Pedrazzani et al., 2012). Nejtoxičtější jsou pro vodní organismy kationické tenzidy (Pradhan & Bhattacharyya, 2017; Šmidrkal, 2020).

U vyšších obratlovců se toxicita těchto látek se zvyšující se molekulovou hmotností snižuje, což je nejpravděpodobněji způsobeno jejich nízkou adsorpcí ve střevě. U vyšších obratlovců proto nehrozí akutní toxický účinek ale spíše chronický. Toxicita PAL od nejnižší k nejvyšší je dle několika testů v pořadí neiontové, amfoterní, aniontové a kationtové. U lidí aniontové PAL dráždí pokožku a způsobují dermatitidu a afty (Rebello et al., 2014).

Nejčastěji používané sodné mýdlo tvořené sodnými solemi masných kyselin C12-C18 obsahuje 10 % dodekanoátu sodného, který dráždí dýchací orgány a kůži, může způsobit vážné poškození očí a je také toxický pro vodní organismy (Šmidrkal, 2020). Syntetické surfaktanty také uvolňují karcinogenní toxiny (Muhammad & Khan, 2018). V některých prostředcích obsažená chlоровá bělidla dráždí sliznice a jsou spojena s příznaky astmatu, navíc reagují s kyselinami za vzniku plynného chlóru, který i v malém množství při vdechnutí může způsobit akutní poškození plic (Sawalha, 2007).

Do syntetických prostředků se v dnešní době přidávají činidla zvyšující čistící schopnost detergentů. Fosfáty působí jako živiny pro floru a jejich zvýšení množství ve vodě vede k nadměrnému růstu řas. Na hladině vody navíc také vytvářejí bílou pěnu omezující přístup světla a kyslíku. Tyto faktory pak způsobují eutrofizaci vod, což vede k úhynu vodních organismů jako jsou řasy, rostliny, ryby, měkkýši a korýši. Takto znečištěné vody se také stávají nevhodné pro jakékoliv použití zvířat, rostlin či lidí (Kogawa et al., 2017).

V současné době zákony zahrnují normy pro detergenty a fosfáty, ne však pro ostatní složky čistících prostředků. Mohou tak být až z 80 % všech složek biologicky nerozložitelné a toxické a obsahovat antioxidanty, antiseptika, fungicidy, chlór, chloraminy, organochlor a těžké kovy (Kogawa et al., 2017).

Mezi projevy pokusů o snížení toxických účinků PAL jsou přísné předpisy o používání bezfosfátových PAL, úprava odpadních vod a sanace PAL před likvidací, propagace tzv. zelených povrchově aktivních látek anebo používání netoxických a biologicky odbouratelných přírodních mýdel a mýdlových ořechů (Rebello et al., 2014).

2.6 Úloha biotechnologie v syntéze povrchově aktivních látek

Podstatou výroby povrchově aktivních látek je několik základních chemických reakcí. Nejčastěji výroba probíhá procesem zmýdelňování tuků a olejů, neutralizace mastných kyselin, sulfatace, sulfonace, oxyethylenace a acetalizace (Šmidrkal, 2020).

Široké využívání syntetických detergentů vzbuzuje ve světě obavy. Proto během posledního desetiletí se zvyšuje poptávka po biodegradabilních detergitech a tenzidech přívětivých pro životní prostředí. Mezi tyto druhy tenzidů patří zelené povrchově aktivní látky neboli biosurfaktanty (Liu et al., 2020), které jsou považovány za další generaci průmyslových PAL (Farias et al., 2021).

„Zelené“ PAL jsou syntetizovány z obnovitelných zdrojů nebo získané z přírody (Rebello et al., 2014). Hydrofóbní část molekuly získaná z triglyceridů (Rebello et al., 2014) se skládá z uhlovodíkového řetězce nebo z jedné či více mastných kyselin a hydrofilní část může tvořit ester, hydroxylová skupina, fosfát, karboxylát, sacharid, aminokyselina nebo peptid. Pojem biosurfaktanty dlouhou dobu zahrnoval pouze mikrobiální PAL. V dnešní době se však biosurfaktanty rozdělují dle původu do dvou generací (Farias et al., 2021).

Biosurfaktanty první generace jsou extrahovány a purifikovány ze surovin rostlinného nebo živočišného původu, případně vyrobené chemickou syntézou z obnovitelných zdrojů. Jedná se například o saponiny, estery cukrů, alkylpolyglukosidy a alkanolaminy (Farias et al., 2021). Pro chemickou syntézu zelených povrchově aktivních látek se mohou využít triglyceridy, jejichž přeměnou (hydrogenace, hydrolyza, transesterifikace) vznikají PAL (Rebello et al., 2014).

Biosurfaktanty druhé generace jsou vyráběny výhradně z obnovitelných zdrojů nebo biologickými procesy (fermentace, biokatalýza) (Farias et al., 2021) s využitím biosyntetického aparátu biotického společenství rostlin, mikroorganismů či kvasinek. Biosurfaktanty mohou být produkovány na povrchu mikrobiálních buněk, nebo být vylučovány extracelulárně (Rebello et al., 2014). Jsou produkovány typicky přítokovou („fed-batch“) fermentací při aerobních podmínkách, po které je potřeba separace biosurfaktantů (Dolman et al., 2019). Oproti chemickým PAL se biosurfaktanty vyznačují dobrou biodegradabilitou, nízkou nebo žádnou toxicitou, lepší kompatibilitou s životním prostředím a vyšší pěnivostí (Rebello et al., 2014). Biosurfaktanty vykazují

aktivitu i při extrémních teplotách, pH a salinitě a specifickou bioaktivitu jako je například tvorba biofilmu, buněčná diferenciace a možnost se účastnit interakcí mezi buňkami. Některé nízkomolekulární biosurfaktanty, jako je surfactanin, iturin a sophorolipid, mají antibakteriální, antifungální, antivirální i antitumorální vlastnosti (Liu et al., 2020).

Obecně jsou biosurfaktanty považovány za účinnější při snižování povrchového a mezifázového napětí (Farias et al., 2021) a jejich CMC je 10-40× nižší než u běžných chemických PAL (Rebello et al., 2014). Všechny tyto vlastnosti jim dávají dobrý potenciál pro všestranné použití v kosmetice, zdravotní péči, biomedicíně, potravinářství, farmacii a zemědělském i textilním průmyslu (Liu et al., 2020).

Výroba biosurfaktantů v průmyslovém měřítku čelí navzdory snahám o používání levných substrátů problémům s vysokými výrobními náklady, drahými kultivačními médii a nízkými výtěžky. Oproti tomu syntetické PAL lze získat z mnoha zdrojů za nižší cenu (Ibrahim et al., 2021).

Biosurfaktanty produkované mikroorganismy jsou důležitým biotechnologickým produktem pro aplikaci v průmyslu i zdravotnictví (Chaturvedi & Tiwari, 2013). Mikrobiální tenzidy jsou různorodou skupinou sloučenin tvořenou jak jednoduchými molekulami (fosfolipidy, mastné kyseliny), tak glykolipidy, lipoproteiny a vysokomolekulárními polymery (lipopolysacharidy). Hydrofilní část může být tvořena sacharidem, aminokyselinou, cyklickým peptidem, fosfátem, karboxylovou kyselinou nebo alkoholem. Část hydrofobní může být například tvořena z mastné kyseliny s dlouhým řetězcem, nebo hydroxylované mastné kyseliny (Farias et al., 2021). Hlavní druhy zkoumané pro produkci jsou *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Candida lipolytica* a *Candida bombicola*. Použití různých zdrojů uhlíku mění strukturu vyrobeného biosurfaktantu a jeho emulgační vlastnosti. Biosurfaktanty jsou většinou glykolipidy, a to například rhamnolipidy a soforolipidy (Farias et al., 2021; Ibrahim et al., 2021).

Lipopeptidy jsou produkovány především rodem *Bacillus* a jsou tvořeny krátkou lineární nebo cyklickou peptidovou sekvencí (hydrofilní část) a lipidovými řetězci (hydrofobní část) spojenými většinou amidovou vazbou (Liu et al., 2020). Jsou klasifikovány do tří rodin (surfactin, iturin a fengycin) vyskytujících se v mnoha

izoformách (Dlamini et al., 2020). Surfactin je cyklický lipopeptid produkován hlavně bakterií *B. subtilis* a je považován jako jeden z nejúčinnějších biosurfaktantů, jelikož dokáže snížit povrchové napětí vody z 72 mN/m na 27 mN/m (Farias et al., 2021), navíc také vykazuje antibakteriální i protirakovinotvorné vlastnosti (Dlamini et al., 2020). Pro finančně nenáročnou syntézu lipopetidů je potřeba studia nových protokolů biologické syntézy s využitím geneticky modifikovaných kmenů (Liu et al., 2020).

Glykolipidy jsou tvořeny hydrofilní sacharidovou skupinou a hydrofóbní mastnou kyselinou a jsou produkovány různými mikroorganismy (bakterie, kvasinky, aktinomycey) a houbami. Příkladem glykolipidů jsou rhamnolipidy produkované především bakterií *Pseudomonas aeruginosa* (Ibrahim et al., 2021). Glykolipidy vykazují antimikrobiální, antikarcinogenní, antivirové a imunomodulační vlastnosti. Bylo také zjištěno, že jejich povrchová aktivita je stabilní v extrémním pH, teplotě i salinitě. Využití má v potravinářství, biomedicíně i farmacii. Problémem při výrobě glykolipidů je vysoká finanční náročnost a složitá purifikace (Liu et al., 2020).

Mezi houbové organismy produkující tenzidy se řadí kvasinky *Torulopsis spp.* (soforolipidy) a *Candida spp.* (liposan, fosfolipidy) (Rebello et al., 2014). Soforolipidy jsou produkovány kvasinkami (Farias et al., 2021).

Aby byla výroba biosurfaktantů ekonomicky atraktivní je vhodné využívat levnější výchozí materiály (odpadní vody z lisoven olivového oleje, mýdlový materiál, melasa, odpady bohaté na škrob, rostlinné oleje) a také používat optimalizované efektivní bioproceny i mutantní a rekombinované kmeny pro dosažení maximální výtěžnosti. Rostoucí poptávka po ekologických PAL na biologické bázi spolu s rozvojem výroby biosurfaktantů dovolila komercializaci jejich výroby (Rebello et al., 2014).

Tenzidy rostlinného původu (fytotenzidy) jsou přítomny v kořenech, stoncích, listech, semenech i plodech (Šmidrkal, 2020). Tyto biosurfaktanty by mohly vykazovat vyšší výtěžnost než ty získané z mikroorganismů (Bezerra et al., 2021) a proto by mohly být dobrou náhradou syntetických tenzidů (Muhammad & Khan, 2018). Rostlinné PAL mohou být klasifikovány jako proteiny, proteinové hydrolyzáty a fosfolipidy (Bezerra et al., 2021). Příkladem rostliny produkující tenzidy, konkrétně saponiny, je *Acacia concinna* pocházející z Jihovýchodní Asie, která se využívá pro výrobu šampónů a také se aplikuje v medicíně (Muhammad & Khan, 2018).

Fosfolipidy obsahují ve své struktuře molekulu kyseliny fosforečné vázanou na dusíkaté báze (primární nebo sekundární aminy) a alkoholy. V současnosti je jedním z nejpoužívanějších fosfolipidů lecitin, a to díky širokému využití, dostupnosti a povrchově aktivním vlastnostem. Nejčastěji je pro výrobu lecitinu používán sójový olej jako levný a bohatý substrát, dříve považovaný za odpadní produkt. Procesy výroby lecitinu jsou rozmanité ale běžně je zahrnuta extrakce a přečištění rozpouštědly nebo přes membránu (Farias et al., 2021).

Proteiny jsou vytvářejí stabilnější emulze, ale tolik nesnižují povrchové napětí. Obsahují různý počet hydrofilních a hydrofobních skupin, které jsou po celé struktuře náhodně rozmístěné. Proteiny a jejich hydrolyzáty jsou aplikovány hlavně v potravinářství a kosmetice (Farias et al., 2021).

Mezi další rostlinné biosurfaktanty patří saponiny. Jedná se o tenzoaktivní sloučeniny syntetizované acetátmevalonátovou dráhou (Farias et al., 2021). Jsou tvořeny sapogeninem (hydrofóbní) a sacharidovým řetězcem (hydrofilní). Dle základní struktury sapogeninu se pak rozdělují na steroidní a triterpenoidní saponiny (Rebello et al., 2014). Oba typy saponinů se mohou nacházet na stejné rostlině, ale častěji se vyskytují ty steroidní. Hlavní zdroje steroidních saponinů jsou mezi čeledi *Agavaceae*, *Alliaceae*, *Asparagaceae*, *Costaceae*, *Dioscoreaceae*, *Liliaceae*, *Ruscaceae* a *Solanaceae*. Tripertenové saponiny se pak nacházejí u mnoha dvouděložných rostlin (Farias et al., 2021). Saponiny mají emulgační a pěnicí vlastnosti a bývají jim připisovány i antimikrobiální, antifungální, antivirové, antikarcinogenní, antioxidační, antialergické a protizánětlivé vlastnosti a jsou tedy vhodné pro použití v kosmetickém, potravinářském, farmaceutickém průmyslu a v biotechnologických aplikacích (Bezerra et al., 2021; Farias et al., 2021; Rebello et al., 2014). Saponiny byly kromě rostlin zaznamenány také u mořských živočichů jako jsou hvězdice nebo mořské okurky (Farias et al., 2021).

Mezi nejvýznamnější výhody produktů biotechnologických společností je biologická odbouratelnost, netoxicity, možnost využití průmyslových odpadních produktů pro jejich výrobu a celková udržitelná výroba. Nejvíce patentů spojených s biosurfaktanty se týká procesů s využitím mikroorganismů, a to především s rody *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter* a *Candida*. Mohlo by se jednat o efektivní cestu k překonání

konkurence syntetických produktů. Přestože v posledních desetiletích vykázal trh s biosurfaktanty rychlý vzestup, je jejich velkovýroba stále velkou ekonomickou výzvou (Farias et al., 2021). V tabulce 1 jsou uvedeny některé přední světové společnosti produkující biosurfaktanty (Rebello et al., 2014). Je očekáváno, že zájem o zelené povrchové aktivní látky během následujících let poroste a v dlouhodobém horizontu pak také předstihne trh se syntetickými PAL, a to jednak proto, že nabídka produktů pocházejících z fosilních paliv bude klesat a cena naopak stoupat, a také proto, že zásobování fosilními palivy je závislé na sociálně-politické stabilitě (Farias et al., 2021).

Tabulka 1: Příklady komerčně produkovaných biosurfaktantů ((Rebello et al., 2014); upraveno)

Společnost	Tenzid	Producent
Ecover	Sophorolipids	<i>Candida bombicola</i>
Jeneil	Rhamnolipids	<i>P. aeruginosa</i>
Urumqi Unite Bio-Technology	Rhamnolipids	<i>P. aeruginosa</i>
MG Intobio	Sophorolipids	<i>Candida bombicola</i>
Kemin products	Lecithins	Rostliny
Athena Co. Ltd.	Saponins	Rostliny (<i>Saponaria officinalis</i>)
Etec environmental technologies	Nonionic biosurfactant	Rostliny

2.7 Úloha biotechnologie v biodegradaci povrchově aktivních látek

Pro detoxikaci povrchově aktivních látek lze použít fyzikální, chemické a biologické metody (Rebello et al., 2014). Pro fyzikální úpravu lze použít elektrolýzu, ozonizaci a oxidaci při různé kombinaci ozónu, peroxidu vodíku, ultrafialového záření a solí železa (Rebello et al., 2014; Wu et al., 2019). Biologické metody jsou bezpečnější, ekologicky nezávadné a nákladově efektivní (Rebello et al., 2014).

Biologický rozklad tenzidů je proces, při kterém mikroorganismy využívají tenzidy jako zdroj uhlíku a metabolizují je v primární fázi na jednodušší látky bez povrchové aktivity a v sekundární na jednoduché anorganické sloučeniny jako je voda, oxid uhličitý, dusičnany, fosforečnany a sírany. Primární fáze rozkladu je zásadní, jelikož tenzidy mají na živé organismy negativní vliv zvláště kvůli povrchové aktivitě. Biodegradace tenzidů představuje enzymaticky řízené oxidační reakce tvořené zvláště β -oxidací, ω -oxidací a oxidací aromatického jádra (Šmidrkal, 2020).

Dle biologického rozkladu lze PAL rozdělit na tenzidy aerobně a anaerobně rozložitelné (Šmidrkal, 2020). Z aniontových PAL je anaerobně rozložitelné jen mýdlo a sulfáty (např. SDS), z ostatních tenzidů pak lineární alkylpolyglykoly, alkylglykosidy a acylglykosidy (Rebello et al., 2014; Šmidrkal, 2020).

Pro testování biodegradability tenzidů se preferují biologické metody, jejichž princip je založen na vytvoření vodného roztoku tenzidu a následném přidání mikroorganismů za definovaných podmínek. Po inkubaci se hodnotí úbytek tenzidu, spotřeba kyslíku, nebo tvorba oxidu uhličitého a identifikují se produkty degradace (Blažej et al., 1977).

Vliv biologicky odbouratelných prostředků na ekosystém není znám. Toto označení tak neznamená, že prostředek je neznečišťující. Biologicky rozložitelný produkt může být rozložen mikroorganismy, ale také dále může způsobovat poškození ekosystému (Kogawa et al., 2017).

Pro test biodegradace syntetických sloučenin se obvykle používají smíšené mikrobiální kultury a rozlišují se dvě skupiny testů – test potenciálu biologické rozložitelnosti, který ukazuje náchylnost sloučeniny k biodegradaci, a simulační test informující o rychlosti biodegradace za příslušných podmínek prostředí (Griffiths et al., 1986). Pro sledování rozsahu biologického rozkladu chemikálií se v dnešní době používají testy OECD301 A-F (Pedrazzani et al., 2012).

Na úspěšnost a proveditelnost biodegradace mají kromě chemické struktury tenzidu také vliv faktory prostředí jako je teplota, pH, salinita, oxidačně-redukční potenciál, přítomnost jiných sloučenin a konkurenční organismy (Amund et al., 1997; Nwinyi & Umame, 2021).

Praktické využití znalostí biologické degradace tenzidů probíhá v čistírnách odpadních vod. Zde bylo také zjištěno, že přítomnost těchto látek inhibuje rozklad i snadno biologicky odbouratelných sloučenin jako je škrob. Použití čistírny odpadních vod se začleněním bakteriálních kultur degradujících PAL vede k nízkým koncentracím těchto látek v životním prostředí (Rebello et al., 2014).

Poznatky o tom, jak se bakterie vypořádají s kontaminovaným prostředím, mohou poskytnout informace o užitečných enzymech pro odstranění znečištění. Použití organismů (mikroorganismů, hub, zelených rostlin, enzymů) schopných rozložit (metabolizovat) kontaminanty z půdy a vody představuje velmi jednoduchou a nenákladnou metodu označovanou pojmem bioremediace (Clark & Pazdernik, 2016; Jakovljević & Vrvic, 2018). Vývojem a užitím biologických systémů pro remediaci kontaminovaného prostředí (pevnina, voda, ovzduší) a pro výrobní procesy přívětvých pro životní prostředí se zabývá environmentální biotechnologie (Khan, 2016). Důležitou roli při zpracování odpadů hrají houbové enzymy. Pro biočištění půd a vod kontaminovaných uhlovodíky lze použít kultury hub rodu *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium* a *Cladosporium* (Jakovljević & Vrvic, 2018).

2.8 Laboratorní metody hodnocení mycí účinnosti mycích prostředků

Detergenční účinek je dán procesy rozpouštění detergentu, smáčení mytého povrchu roztokem detergentu, interakcí detergentu s nečistotou, odstranění nečistoty z povrchu a její udržení v roztoku detergentu. Nečistota či špína představuje nechtěné látky usazené na pevném povrchu. V případě textilií se obvykle jedná o prach, pot, kožní maz, krev, saze a jiné. Nečistotou podlah je hlavně prach. Nečistoty mohou být kapalné, pastovité, nebo pevné. Proces detergence, jehož cílem je vrátit povrchu vzhled, který měl před znečištěním, se označuje pojmem praní (pevným povrchem je látka), nebo mytí (pevným povrchem je např. sklo, dlaždice, porcelán). Detergence pracuje na základě elektrického náboje. Má-li pevný povrch záporný náboj, pak po přidání vodného roztoku aniontového tenzidu se náboj ještě zvýší. Hydrofóbní nečistota přitahovaná tímto tenzidem získá rovněž záporný náboj a je tak od povrchu odpuzována. Uvolnění nečistoty do roztoku tenzidu je podporováno zvýšením teploty a mechanickou silou (Šmidrkal, 2020).

Zjištění účinnosti detergentu a optimalizace jeho složení probíhá aplikačními testy. Talířovým testem se stanovuje mycí účinnost prostředků na nádobí a prací účinnost se určuje pracími testy v laboratorní pračce (Šmidrkal, 2020). Hodnotící testy mohou být na kvalitativní, kvantitativní, nebo antiredepoziční. Mezi kvantitativní metody patří vážkové metody, ostatní chemické a fyzikálně-chemické způsoby stanovení, stanovení za použití radioizotopů a stanovení pomocí emise světla (Blažej et al., 1977). Pro hodnocení mytí tvrdých povrchů neexistují standardní metody bez použití stírání (Chateau et al., 2004).

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Materiál

3.1.1 Mycí prostředky na podlahy

Kompletní seznam mycích prostředků, který byl získán Mgr. Zuzanou Huňkovou je uveden v příloze 1. Dále se ovšem pracovalo pouze s prostředky na podlahy.

Prostředky získané z fakult Univerzity Palackého v Olomouci:

Cyrlometodějská teologická fakulta:

- Mr. Proper Clean and Shine Lemon
 - <5% aniontové povrchově aktivní látky, 5-15% neiontové tenzidy, benzisothiazolinone, glutaral, parfémy, citral, citronellol, hexyl cinnamal, limonene, linalool (Zdroj: MP toner s.r.o.)
- Pulirapid CASA s vůní bílého muškátu
 - <5 % neiontové povrchově aktivní látky, parfémy (limonene, hexyl cinnamal, linalool, butylphenyl methylpropional, geraniol) (Zdroj: Bezpečnostní list; Svět úklidu)
- Savo dezinfekce PRIM univerzální použití květinová vůně
 - Voda, chlornan sodný, chlorid sodný, hydroxid sodný, oxid kokamin, parfém (Zdroj: Unilever)
 - Nevhodný na linoleum (Zdroj: Teta drogerie)
- Tuklar Super Metallic
 - Nebezpečná látka: ethylenglykol (Zdroj: Bezpečnostní list; ICIS)
 - Nevhodný na parkety a laminátové povrchy.

Filozofická fakulta:

- Mr. Proper Clean and Shine Ocean
 - <5% aniontové povrchově aktivní látky, 5-15% neiontové tenzidy, benzisothiazolinone, glutaral, parfémy, citral, citronellol, hexyl cinnamal, limonene, linalool (MP toner s.r.o.)
- Sidolux Universal Marseilské mýdlo
 - < 5% aniontové povrchově aktivní látky, < 5% neiontové povrchově aktivní látky, parfémy (benzyl salicylate, citronellol, coumarin, geraniol, hexyl cinnamal, hydroxyisohexyl 3-cyclohexene carboxaldehyde, linalool, alpha-isomethyl ionone), konzervační činidla (benzisothiazolinone, methylisothiazolinone) (Zdroj: Bezpečnostní list, LAKMA)

- Sidolux Premium Floor Ylang Ylang
 - <5% aniontové povrchově aktivní látky, <5% neiontové povrchově aktivní látky, parfém (hexyl cinnamal), konzervační činidla (benzisothiazolinone, methylisothiazolinone) (Zdroj: Bezpečnostní list; LAKMA)

Fakulta tělesné kultury:

- Sidolux
 - Nejpravděpodobněji se jedná o prostředek Sidolux Universal Marseilské mýdlo.

Přírodovědecká fakulta:

- Cleamen 122
 - >30 % voda, <5 % neionogenní tenzidy, anionaktivní tenzidy, polyakryláty, konzervační činidlo, parfém (hexyl cinnamal, citronellol), barvivo (Zdroj: Bezpečnostní list; Vybavení pro úklid)
- Cleanfix Ecofloor Fresh 3v1
 - 5-15 % neiontově povrchově aktivní látky, <5 % parfém (hexyl cinnamal, linalool, geraniol, benzyl salicylate) a konzervační činidla (methylisothiazolinone, benzisothiazolinone) (Zdroj: Bezpečnostní list; Vše pro úklid)
 - Nevhodné na nenatřené dřevěné a korkové podlahy.
- Dr. Schultz PU Cleaner
 - < 5% neiontové povrchově aktivní látky, aniontové povrchově aktivní látky, parfém (limonene) (Zdroj: Bezpečnostní list; Dřevěné podlahy levně)
 - Nevhodné pro citlivé povrchy jako je dřevo nebo kov.

Rektorát Univerzity Palackého:

- Profimax Cleaner Alco
 - Nebezpečné látky: propan-2-ol, 2-(2-butoxyethoxy)ethanol, alkoholy C12-14 ethoxylované (Zdroj: Bezpečnostní list; Drogerie ZDE)

Lékařská fakulta:

- Krystal Soap Cleaner
 - >30 % voda, <5 % anionaktivní tenzidy, amfoterní tenzidy, neionogenní tenzidy, chlorid sodný, konzervační činidlo, silikony, parfém (hexyl cinnamal), barviva (Zdroj: Bezpečnostní list; Svět úklidu)

Vybrané ekologické prostředky zakoupené pro tuto studii:

- Ecover Mýdlový čisticí prostředek na podlahy
 - 15-30 %: mýdlo, < 5 %: parfém (limonen, citral) (Zdroj: Bezpečnostní list; Zelená domácnost)
 - Nevhodný na laminované podlahy, podlahy z tvrdého dřeva, lakované a voskované podlahy
 - Certifikáty Cruelty-free, Ecolabel
- Jelen tekutý rejžák s vůní meduňky
 - 15-30 % mýdlo, <5 % parfém (Zdroj: Bezpečnostní list; Vybavení pro úklid)
 - Nevhodný na voskované, leštěné a lakované podlahy.
- Sonett Podlahový čistič
 - >30% mýdlo z olivového oleje, včelí vosk 5-15%, rostlinný alkohol (ethanol) 5-15%, neiontové povrchově aktivní látky 5–15% karnaubský vosk 1–5%, esenciální olej cajeput (linalool, cajeput) <1%, balzamické přísady, voda (Zdroj: Sonett)
 - Certifikáty: Eco Garantie, Eco Control
- Merida Eco Floor
 - <5 % neiontové povrchově činné látky, <5 % mýdlo, parfémy (Zdroj: Bezpečnostní list; Merida)
 - Certifikáty: Ecolabel
- Winni's Pavimenti
 - <5 % alkohol, mýdlo, aniontové povrchově aktivní látky, neiontové povrchově aktivní látky, phenoxyethanol, draselná sůl kyseliny sorbové, parfémy (Zdroj: Bezpečnostní list; Košík.cz)
 - Certifikáty: VEGAN OK, SKINECO
- Officina Naturae Solara Detergente Universale
 - Voda, alkohol, kaprylyl/kapryl glukosid, kokosový glukosid, peroxid vodíku, kanolamidopropylbetain, iminodisukcinát tetrasodný, kyselina citónová, olej borovicelesní, limonen (Zdroj: Econeia)
 - Certifikát: ICEA Eco Detergent
- Tierra Verde Univerzální čistič na povrchy
 - < 5 % neiontové tenzidy, <5 % mýdlo, benzoan sodný, limonene (Zdroj: Bezpečnostní list; Nuspring)
 - Certifikáty: Eco Garantie

3.1.2 Měření povrchového napětí

Laboratorní materiál a přístroje:

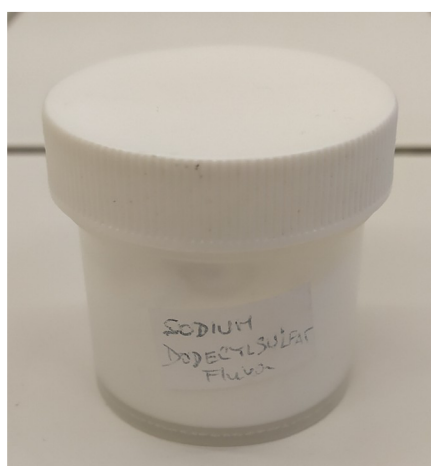
- 22 odměrných baněk o objemu 500 ml nebo 250 ml, kádinka, skleněná pipeta o objemu 5 ml, silikonový balónek, kahan, zápalky, buničina
- Analytické váhy (Katedra analytické chemie), Tenziometr TD1 LAUDA (Obrázek 5; zapůjčeno z Katedry fyzikální chemie)

Chemikálie:

- 20 výše zmíněných mycích prostředků
- 20,15 mg dodecylsulfátu sodného, p.a., Fluka (Obrázek 6)
- destilovaná voda



Obrázek 5: Tenziometr TD1 LAUDA



Obrázek 6: Dodecylsírán sodný

3.1.3 Laboratorní test mycí účinnosti

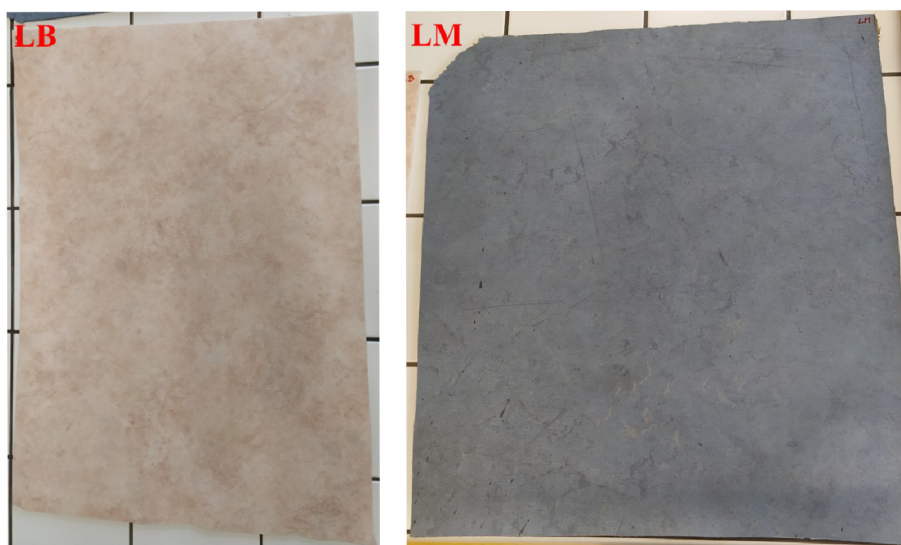
3.1.3.1 Příprava povrchů

Laboratorní materiál:

- 5 různých povrchů: dřevěná parketa, keramická kachle, kus hladkého mramoru (Obrázek 7); hladké modré lino a drsné béžové lino (Obrázek 8)
- fix, pravítko, nůžky



Obrázek 7: Dřevěná parketa (D), keramická kachle (K), mramor (M)



Obrázek 8: Béžové drsné lino (LB), modré hladké lino (LM)

3.1.3.2 Příprava „umělé špíny“

Laboratorní materiál a přístroje:

- 2 prachovnice, automatická pipeta o objemu 5 ml
- analytické váhy, ultrazvuková čistička

Chemikálie:

Pro směs s hliněným prachem:

- 37 g hliněného prachu o velikosti částic 0,1-0,2 mm
- 5 g slunečnicového oleje Gold plus (Obrázek 9)
- 5 g motorového oleje Genuine GM 10W-40 (Obrázek 9)
- 2,5 g aktivního černého uhlí
- 200 ml acetonu
- 3 ml destilované vody

Pro směs s prachem z vysavače:

- 37 g prachu z vysavače
- 5 g slunečnicového oleje Gold plus (Obrázek 9)
- 5 g motorového oleje Genuine GM 10W-40 (Obrázek 9)
- 2,5 g aktivního černého uhlí
- 200 ml acetonu
- 3 ml destilované vody



Obrázek 9: Slunečnicový a motorový olej

3.1.3.3 Nanášení „umělé špíny“

Laboratorní materiál a přístroje:

- automatická pipeta o objemu 0,5 ml, odpařovací miska, štětec o průměru 1 cm, kádinka, filtrační papír, rukavice
- analytické váhy (Katedra analytické chemie)

Chemikálie:

- aceton
- voda

3.1.3.4 Mycí experiment

Laboratorní materiál a přístroje:

- 20 kuchyňských houbiček Niteola (Obrázek 10), odpařovací miska
- 10 homogenně zašpiněných povrchů

Chemikálie:

- roztoky mycích prostředků zředěných dle doporučení výrobce

Software:

- ImageJ 1.53T

3.1.4 Mikroskopické pozorování povrchů

Laboratorní materiál a přístroje:

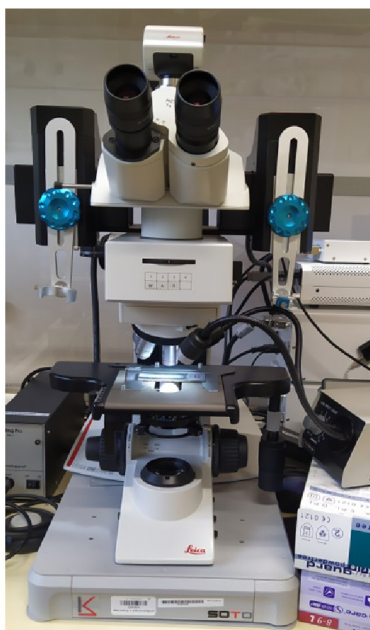
- lina po mycím experimentu
- nůžky, diodové světlo
- světelný mikroskop Leica DM2700M (Obrázek 11; Katedra analytické chemie)

Software:

- program Leica Application Suite X



Obrázek 10: Houbičky použité při mycím experimentu



Obrázek 11: Světelný mikroskop Leica DM2700M

3.1.5 Spektrofotometrie

Laboratorní materiál a přístroje:

- automatická pipeta, skleněná pipeta, 2 křemenné kyvety, odměrné baňky o objemu 100 ml
- spektrofotometry Shimadzu UV-1601 a GENESYS 180 (Obrázek 12)

Chemikálie:

- 20 testovaných mycích prostředků
- dodecyl sulfát sodný
- destilovaná voda



Obrázek 12: Spektrofotometry Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B)

3.1.6 Hmotnostní spektrometrie

Laboratorní materiál a přístroje:

- automatická pipeta, špičky, 12 odměrných baněk o objemu 100 ml, 12 kolonek pro extrakci tuhou fází Strata® SDB-L 100 µm Styrene-divinylbenzene (200 mg / 6 ml; Obrázek 13), skleněné lahvičky
- vakuová komora (Katedra analytické chemie), ultrazvuková čistička (Katedra analytické chemie)
- Vysokorozlišující tandemový hmotnostní spektrometr Synapt G1 (Katedra analytické chemie; Obrázek 14-A)
 - Iontový zdroj elektrosprej (ESI) – pozitivní i negativní ionizace
- Kapalinový chromatograf Acquity UPLC H-Class (Obrázek 14-B)
 - Kolona: Kinetex® 2.6u C18 100A, 100 x 2.1 mm (Obrázek 14-C)

Chemikálie:

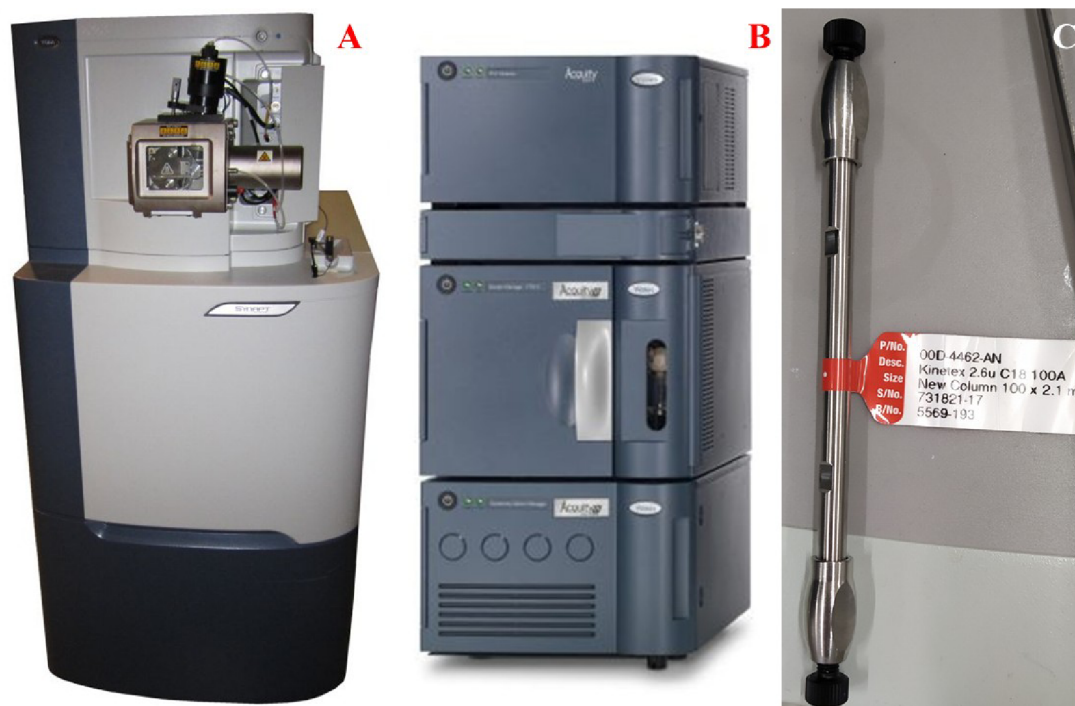
- 20 testovaných mycích prostředků
- kofein
- destilovaná H₂O
- Milli-Q H₂O vyrobená purifikační stanicí Millipore, Merck
- methanol (gradient grade, Sigma-Aldrich)
- Mobilní fáze:
 - 90 % Milli-Q H₂O s 0,1% (v/v) kyselinou mravenčí (Sigma-Aldrich)
 - 10 % acetonitril (gradient grade, Sigma-Aldrich) s 0,1% (v/v) kyselinou mravenčí (Sigma-Aldrich)
- leucin-enkefalin (puriss, Sigma-Aldrich)

Software

- MassLynx V4.2 SCN (service change note) 1016



Obrázek 13: Kolonka pro extrakci tuhou fází Strata® SDB-L 100 µm Styrene-divinylbenzene (200 mg / 6 ml)



Obrázek 14: A – Vysokorozlišující tandemový hmotnostní spektrometr Synapt G1; B – Kapalinový chromatograf Acquity UPLC H-Class; C – Kinetex® 2.6µ C18 100A, 100 × 2,1 mm

3.2 Metody a postup

3.2.1 Výběr prostředků

S pomocí koordinátorky udržitelného rozvoje Univerzity Palackého v Olomouci Mgr. Zuzany Huňkové byl získán seznam čistících prostředků používaných na fakultách univerzity (viz Příloha 16). Následně ze seznamu byly vybrány prostředky na podlahy (třináct produktů; viz kapitola 2.1) a z jednotlivých fakult byly získány jejich vzorky. Pro porovnání bylo vybráno sedm prostředků považovaných za ekologické.

3.2.2 Měření povrchového napětí

Povrchové napětí bylo měřeno při dvojnásobné koncentraci mycích prostředků. Nejprve při stonásobném zředění všech prostředků a poté při zředění doporučeném výrobcem. K dispozici bylo 16 odměrných baněk o objemu 250 ml a 6 o objemu 500 ml. Tyto baňky byly označeny zředěním a použitým mycím prostředkem.

Pro dosažení 100× zředění byly připraveny roztoky mycích prostředků v poměru 1:99. Pomocí skleněné pipety tak bylo odměřeno do menších baněk 2,5 ml prostředku a do větších baněk 5 ml. Následně byly odměrné baňky doplněny po rysku destilovanou vodou, opatřeny zábrusovou zátkou a řádně promíchány. Jako kontrola při měření byl použit roztok dodecylsíranu sodného (SDS) o koncentraci $1,4 \times 10^{-4}$ mol/l. Pro přípravu tohoto roztoku byla nejprve vypočtena navážka SDS úpravou vzorce $n = \frac{m}{M_r}$:

$$c_{\text{SDS}} = 1,4 \times 10^{-4} \text{ mol/l} = 1,4 \times 10^{-7} \text{ mol/ml} \quad n = \frac{m}{M_r} \rightarrow m = M_r \times n$$

$$M_{r(\text{SDS})} = 288,38 \text{ g/mol} \quad m_1 = 288,38 \times (1,4 \times 10^{-7}) = 4,0373 \times 10^{-5} \text{ g/ml}$$

$$m_2 = 0,0202 \text{ g/500 ml}$$

Uvedené množství SDS bylo následně naváženo na analytických vahách do navažovací lodičky a poté přeneseno do odměrné baňky o objemu 500 ml. Nakonec byla baňka také doplněna po rysku destilovanou vodou, zašpuntována a promíchána. S roztokem se pracovalo až po rozpuštění SDS.

Při přípravě roztoků s doporučeným zředěním bylo nejprve potřeba vypočítat potřebný objem dle informace od výrobce. K tomu byl použit vzorec: $V_x = \frac{V_D \times V_B}{V_C}$, kde

V_x je vypočítaný objem mycího prostředku, V_B objem odměrné baňky a V_D je doporučený objem mycího prostředku v celkovém objemu V_C dle doporučení výrobce. Pokud výrobce udával rozmezí hodnot objemů, byl pro výpočet použit jejich průměr. Tyto hodnoty jsou zapsány v tabulce 2. Na základě zjištěných objemů mycích přípravků byly připraveny roztoky prostředků stejným postupem jako v případě 100× zředění.

Tabulka 2: Výpočet a hodnoty objemů mycích prostředků pro doporučené zředění

Mycí prostředek	Informace o zředění od výrobce (objem prostředku / objem vody; ml)	Vypočtený objem mycího prostředku (ml)	Skutečně použité objemy prostředků (ml)
Odměrná baňka o objemu 500 ml			
Ecover	30 / 5000	2,982	3,000
Jelen	0,5 víčka (26 ml) / 10000	1,297	1,300
Sonett	5 / 5000	0,495	0,500
Winni's Pavimenti	25 / 5000	2,488	2,500
Officina Naturae	15 / 5000	1,496	1,500
Odměrná baňka o objemu 250 ml			
Mr. Proper Lemon	60 / 5000	2,964	3,000
Mr. Proper Ocean	60 / 5000	2,964	3,000
Pulirapid CASA	2-3 uzávěry (50-75 ml) / 5000	3,086	3,000
Savo PRIM	200 / 1000	41,667	41,600
Tuklar	Neředí se	250,000	250,000
Sidolux Universal	1,5 uzávěru (46,5 ml) / 5000	2,304	2,400
Sidolux Premium	50 / 5000	2,475	2,500
Floor			
Sidolux	1,5 uzávěru (46,5 ml) / 5000	2,304	2,400
Cleamen 122	15-60 / 10000	0,934	1,000
Cleanfix Ecofloor	100 / 10000	2,475	2,500
Dr. Schultz	50 / 10000	1,244	1,250
Profimax Alco	25-200 / 10000	2,781	2,800
Krystal	1 polévková lžice (12 ml) / 5000	0,599	0,600
Merida	100 / 10000	2,475	2,500
Tierra Verde	50 / 10000	1,244	1,250

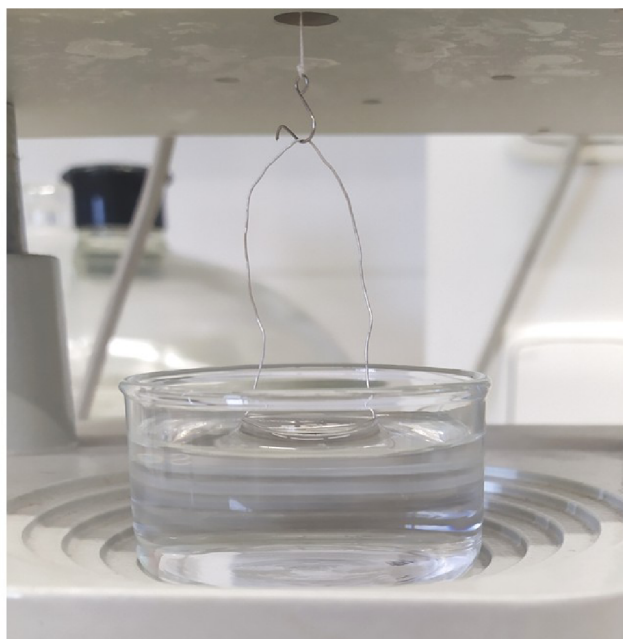
U takto připravených roztoků mycích prostředků, destilované vody a roztoku SDS bylo postupně měřeno povrchové napětí pomocí tenziometru TD1 LAUDA. Do skleněné nádoby byl nalit zředěný prostředek alespoň do $\frac{3}{4}$ objemu. Tato nádoba byla následně položena na výsuvný stolek tenziometru a otáčením šroubu byla vysouvána vzhůru dokud nedošlo k ponoření platinového kroužku pod hladinu roztoku. Poté byl stolek snížen tak, aby byl kroužek téměř na úrovni povrchu kapaliny. Následným snižováním docházelo k nárůstu síly bránící odtržení kroužku od hladiny měřené kapaliny až do jejího maxima, které se projevilo odtržením kroužku (Obrázek 15). Tato síla je úměrná povrchovému napětí, které bylo z přístroje odečteno.

Mezi měřeními jednotlivých prostředků byl platinový kroužek krátce ponořen do destilované vody, vyžhán v plameni plynového kahanu a po vychladnutí byl znovu použit. Skleněná nádoba byla vymyta destilovanou vodou a vysušena buničinou.

3.2.3 Laboratorní test mycí účinnosti

3.2.3.1 Příprava povrchů

Všechny povrchy (dřevěná parketa, modré hladké lino, drsné béžové lino, keramická kachle, kus hladkého mramoru) byly nejprve umyty od nečistot a vysušeny. Následně byly jejich plochy rozděleny na 23 políček o rozměrech 6×3 cm a každé políčko bylo popsáno názvy a číselným označením jednotlivých prostředků (Obrázky 20-24).



Obrázek 15: Detail na platinový kroužek při měření povrchového napětí

3.2.3.2 Příprava „umělé špíny“

Byly připraveny 2 druhy „umělé špíny“ s odlišným typem prachu.

Postup pro „umělou špínu“ s prachem z vysavače:

Nejprve byl zvážena veškerý prach z vysavače a na základě jeho hmotnosti (37 g) bylo dle Ren a kol., 2017 dopočítáno potřebné množství olejů a aktivního uhlí.

Tabulka 3: Komponenty umělé špíny uvedené v článku Ren a kol., 2017

	Prach	n-tetrakosan	Saze
Procentuální složení	75%	20%	5%

75 % = 37 g prachu

20 % = x g olejů $\rightarrow x = 37 \cdot \frac{20}{75} = 9,866 \text{ g} = 10 \text{ g} \rightarrow 5 \text{ g}$ slunečnicového a 5 g motorového

5 % = y g aktivního uhlí $\rightarrow y = \frac{37 \cdot 5}{75} = 2,466 \text{ g} = 2,5 \text{ g}$

Do prachovnice byl přemístěn veškerý prach z vysavače (37 g) a k němu byly postupně naváženy ostatní složky, tedy 5 g slunečnicového oleje, 5 g motorového oleje a 2,5 g aktivního uhlí. Následně bylo přidáno 200 ml acetonu a 3 ml destilované vody a nádoba byla uzavřena a promíchána.

Postup pro „umělou špínu“ s hliněným prachem:

Do prachovnice bylo odměřeno 37 g hliněného prachu, 5 g slunečnicového oleje, 5 g motorového oleje a 2,5 g aktivního uhlí. Poté byla tato směs rovněž doplněna o 200 ml acetonu a 3 ml destilované vody.

Obě prachovnice byly poté uzavřeny, promíchány a sonifikovány.

3.2.3.3 Nanášení „umělé špíny“

Automatickou pipetou bylo odměřeno přibližně 0,5 ml suspenze „umělé špíny“ a převedeno do odpařovací misky. Na připravená políčka byla špína rozetřena pomocí plochého štětce o šířce 1,4 cm. Cílem bylo dosáhnout homogenního rozprostření směsi ve všech políčkách (Obrázek 26-30).

3.2.3.4 Mycí experiment

Kuchyňské houbičky byly rozstříhány na rozměry 1,3×1,5×2,5 cm (Obrázek 16). Celkem bylo zapotřebí 220 houbiček o těchto rozměrech (22 políček k testování × 5 povrchů × 2 druhy „umělé špíny“). Postupně byly malé houbičky ponořovány do příslušných roztoků mycích prostředků a přiřazená políčka byla jimi 5× setřena s použitím jen minimálního tlaku. Povrchy a jednotlivá políčka byly následně vyfoceny.

V případě použití špíny s hliněným prachem bylo na jednotlivé povrchy pro zjištění rozdílů v mycí schopnosti jednotlivých prostředků potřeba jiného počtu setření. Pro viditelný účinek prostředků na dřevěnou parketu bylo potřeba 5 setření, na modré hladké lino 50, béžové drsné lino 70, keramickou kachli 20 a na mramor 18 setření.

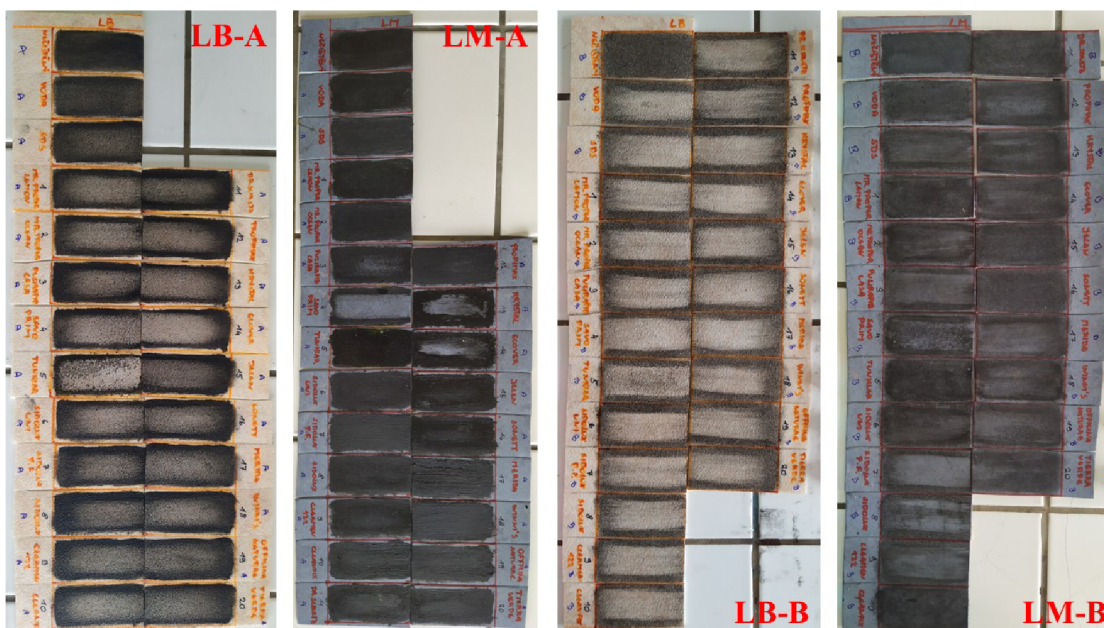
Pro vyhodnocení byly po mycím procesu všechny povrchy vyfoceny a následně byl na snímcích, po jejich převedení do černobílého formátu, určen odstín šedi na každém čištěném i nečištěném políčku s využitím softwaru ImageJ.

3.2.4 Mikroskopické pozorování povrchů

Po mycím procesu byla lina rozstříhána na jednotlivá políčka (Obrázek 17), která byla následně vkládána na mikroskopický stolek mikroskopu Leica DM2700M pro pozorování při zvětšení 5×10 za využití programu Leica Application Suit X. V případě mikroskopování hladkého modrého lina bylo pro lepší viditelnost použito i diodové světlo. Vyhodnocení proběhlo v programu ImageJ na základě rozdílů v odstínech šedi mikroskopických snímků a veškeré výsledky jsou zapsány v příloze 1.



Obrázek 16: Příprava houbiček pro mycí proces



Obrázek 17: Drsné béžové (LB) a hladké modré (LM) lino zašpiněné směsí s hliněným prachem (A), nebo prachem z vysavače (B), po mycím experimentu nastříhané na jednotlivá políčka.

3.2.5 Spektrofotometrie

Mycí prostředky byly zředěny dle doporučení výrobce stejným postupem jako při měření povrchového napětí, ale byly použity jiné objemy (odměrné baňky 100 ml).

Pipetované objemy vypočtené vzorcem $V_x = \frac{V_D \times V_B}{V_C}$ (viz 3.2.2 Měření povrchového

napětí) jsou uvedeny v tabulce 4. Navážka SDS byly zjištěna rovněž na základě úpravy

vzorce $n = \frac{m}{Mr}$ (viz 3.2.2 Měření povrchového napětí). Na 1 ml roztoku tak bylo potřeba

$4,0373 \times 10^{-5}$ g SDS, tzn. na 100 ml se použilo $4,0373 \times 10^{-3}$ g (0,0040 g SDS).

Připravené roztoky byly postupně odlévány do kyvety, která byla pro měření vložena do spektrofotometrů. UV-VIS spektra z obou spektrofotometrů všech 20 prostředků, destilované vody a roztoku SDS byla zaznamenány fotograficky. Ze spektrofotometru GENESYS 180 byla získána i data pro tvorbu grafů (data jsou uvedena v příloze 3).

Jelikož po prvním měření některé prostředky překračovaly hranici absorbance, bylo je nutné více zředit. Jednalo se o produkty Savo PRIM (finální zředění 100×), Tuklar (1000×), Sidolux Universal (1000×) a Sidolux (1000×).

Tabulka 4: Vypočtené objemy jednotlivých čisticích prostředků pro spektrofotometrii.

	Doporučený objem prostředku na celkový objem (ml)	Vypočtený, pipetovaný objem (ml)	Hmotnost odměřeného objemu (g)
Mr. Proper Lemon	60 / 5060	1,186	1,6528
Mr. Proper Ocean	60 / 5060	1,186	1,6993
Pulirapid CASA	62,5 / 5062,5	1,235	1,6654
Savo PRIM	200 / 1200	16,660	17,7296
	-*	1,000	1,3105
Tuklar	Neředí se	100,000	100,9284
	-*	0,100	0,1357
Sidolux Universal	46,5 / 5046,5	0,921	1,1390
	-*	0,100	0,1042
Sidolux Premium Floor	50 / 5050	0,990	1,0859
Sidolux	46,5 / 5046,5	0,921	1,1312
	-*	0,100	0,1395
Cleamen 122	37,5 / 10037,5	0,374	0,5788
Cleanfix Ecofloor	100 / 10100	0,990	1,0050
Dr. Schultz	50 / 10050	0,498	0,7152
Profimax Alco	112,5 / 10112,5	1,112	1,4683
Krystal	12 / 5012	0,239	0,2998
Ecover	30 / 5030	0,596	0,6476
Jelen	26 / 10026	0,259	0,3734
Sonett	5 / 5005	0,099	0,1150
Merida	100 / 10100	0,990	1,2133
Winni's	25 / 5025	0,498	0,6346
Officina Naturae	15 / 5015	0,299	0,3705
Tierra Verde	50 / 10050	0,498	0,5929

* Pro přílišnou koncentraci prostředků při prvním měření byly produkty přeměřovány při dalším (větším) zředění – Savo PRIM při zředění 100×, Tuklar, Sidolux Universal a Sidolux při zředění 1000×.

3.2.6 Hmotnostní spektrometrie

Pro měření byly vybrány konvenční a ekologické prostředky, které v předešlých testování na základě předběžného pozorování dosahovaly nejlepších nebo nejhorších výsledků (Tabulka 5). Tyto prostředky byly 100× zředěny do 100 ml odměrných baněk a před doplněním objemu na 100 ml destilovanou vodou byl přidán 1 ml standardu. Standard představoval roztok kofeinu o koncentraci 1 mg/ml vytvořený navážením 25,1 g kofeinu do 25 ml odměrné baňky a doplněním destilovanou vodou (Tabulka 6). Jako blank sloužila destilovaná voda (99 ml) s 1 ml standardu.

Tabulka 5: Vybrané mycí prostředky pro analýzu v hmotnostním spektrometru

	Důvod výběru prostředku	Odměřený objem (ml)	Hmotnost odměřeného objemu (g)
Pulirapid CASA	Nízké povrchové napětí	1,00	1,1732
Savo PRIM	Vysoké povrchové napětí a dobrá mycí účinnost	1,00	1,2679
Tuklar	Špatná mycí účinnost	1,00	1,2141
Sidolux Premium Floor	Mycí účinnost (nejlepší dřevo, nejhorší kachle)	1,00	1,0788
Dr. Schultz	Špatná mycí účinnost	1,00	1,1913
Profimax	Špatná mycí účinnost	1,00	1,1209
Ecover	Mycí účinnost (drsne béžové lino a hladké modré lino nejlepší, kachle nejhorší)	1,00	1,0215
Sonett	Mycí účinnost (dřevo nejlepší, mramor nejhorší)	1,00	1,0496
Merida	Vysoké povrchové napětí	1,00	1,1840
Winni's Pavimenti	Nízké povrchové napětí	1,00	1,1696
Officina Naturae	Špatná mycí účinnost	1,00	1,2226

Tabulka 6: Příprava standardu

	Hmotnost navážky v 25 ml odměrné baňce (mg)	Koncentrace v roztoku (mg/ml)	Objem odměřený ke vzorkům čistících prostředků (ml)	Koncentrace ve vzorcích mycích přípravků (µg/ml)
Kofein	25,10	1,0004	1,00	10,00

Zředěné čisticí prostředky byly přečištěny přes kolonky Strata® SDB-L s tuhou fází tvořenou styren-divinylbenzenovým kopolymerem. Nejprve byly kolonky aktivovány 3 ml metanolu a promyty 3 ml vysoce čištěné vody (Milli-Q, Merck-Millipore). Následně byl nanesen 1 ml vzorku a kolonky byly znovu promyty 3 ml vysoce čištěné vody (Milli-Q, Merck-Millipore). Poté proběhla eluce 3 ml metanolu. Z každého eluátu byl odebrán 1 ml do skleněné lahvičky a ponechán k volnému odpaření rozpouštědla.

Po odpaření bylo do lahviček napipetováno po 1 ml mobilní fáze, která byla připravena smícháním 13,5 ml roztoku destilované vody s 0,1% kyselinou mravenčí a 1,5 ml roztoku acetonitrilu s 0,1% kyselinou mravenčí. Obsah lahviček byl homogenizován a promíchán v ultrazvukové lázni. Připravené vzorky byly umístěny do autosampleru kapalinového chromatografu a automaticky dávkovány pro LC/MS analýzu.

Parametry pro kapalinový chromatograf byly následující:

Doba analýzy: 15 min

Komentář: Výběr rozpouštědla A: A1

Výběr rozpouštědla B: B1

Limit nízkého tlaku: 0,0 bar

Limit vysokého tlaku: 1034,200 bar

Název rozpouštědla A: Voda + 0.1% kyselina mravenčí

Název rozpouštědla B: Acetonitril + 0.1% kyselina mravenčí

Autosampler: Možnost smyčky: Částečné plnění dávkovací smyčky s přeplněním dávkovací jehly

	Čas (min)	Průtok	%A	%B	Křivka
1.	Počáteční	0,200	90,0	10,0	
2.	1,00	0,200	50,0	50,0	6
3.	3,00	0,200	20,0	80,0	6
4.	5,00	0,200	5,0	95,0	6
5.	12,00	0,200	0,0	100,0	6
6.	14,00	0,200	0,0	100,0	6
7.	14,10	0,200	99,0	1,0	6
8.	14,51	0,200	99,0	1,0	6

Parametry pro hmotnostní spektrometr:

Napětí na sprejovací kapiláře (kV):	2,5
Napětí na „sample cone“ (V):	30,0
Napětí na „extraction cone“ (V):	4,0
Teplota zdroje (°C):	120
Teplota desolvace (°C):	220
Sprejovací průtok plynu (l/hod):	0,0
Desolvační tok plynu (l/hod):	600,0
Funkční parametry – Funkce 1 – TOF MS funkce:	
Skenovací doba (s):	0,200
Interscan Time (s):	0,020
Počáteční hodnota m/z:	50,0
Konečná hodnota m/z:	1200,0
Počáteční čas (min):	0,00
Konečný čas (min):	15,00
Kolizní energie (eV):	4,0
Funkční parametry – Funkce 2 – TOF MS funkce:	
Skenovací doba (s):	0,200
Doba mezi skeny (s):	0,020
Počáteční hmotnost :	50,0
Konečná hmotnost:	1200,0
Počáteční čas (min):	0,00
Konečný čas (min):	15,00
Kolizní energie (eV):	30,0
Funkční parametry – Funkce 3 – Reference:	
Skenovací doba (s):	1,00
Interval (s):	10
Napětí na „sample cone“ při referenčním skenu (V):	25,0
Kolizní energie (eV):	6,0

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1 Měření povrchového napětí

Měření povrchového napětí bylo provedeno, jelikož schopnost snižovat povrchové napětí souvisí s mycí účinností daného prostředku. Jedná se tak o významný parametr při posuzování mycí schopnosti čistících prostředků. Nejlepší mycí účinnost tak byla obecně očekávaná u prostředků s nejnižším povrchovým napětím.

U 100× zředěných roztoků čistících prostředků bylo ve třech opakováních změřeno povrchové napětí pomocí tenziometru TD-1 LAUDA. Získané hodnoty byly zapsány do tabulky 7 a z průměrných hodnot byl vytvořen graf (Obrázek 18).

Celkových nejnižších povrchových napětí dosahovaly ekologické prostředky Winni's Pavimenti (26,37 N/m) a Jelen (27,67 N/m) následované produkty Sonett (29,30 N/m), Officina Naturae (30,13 N/m) a Ecover (30,53 N/m). Nejnižších hodnot v případě neekologických produktů dosáhly prostředky Krystal (31,83 N/m), Dr. Schultz (33,20 N/m), Pulirapid CASA (33,40 N/m), Cleanfix Ecofloor (33,57 N/m), a Sidolux Premium Floor (34,50 N/m). Naopak celkových nejvyšších hodnot dosahovalo Savo PRIM (58,30 N/m) a ekologický prostředek Merida (41,33 N/m).

V případě čistících prostředků zředěných dle doporučení výrobce proběhlo dvojí měření ve třech opakováních, celkově tedy 6 měření každého vzorku (Tabulka 8) a z jejich průměrných hodnot byl vytvořen graf (Obrázek 19).

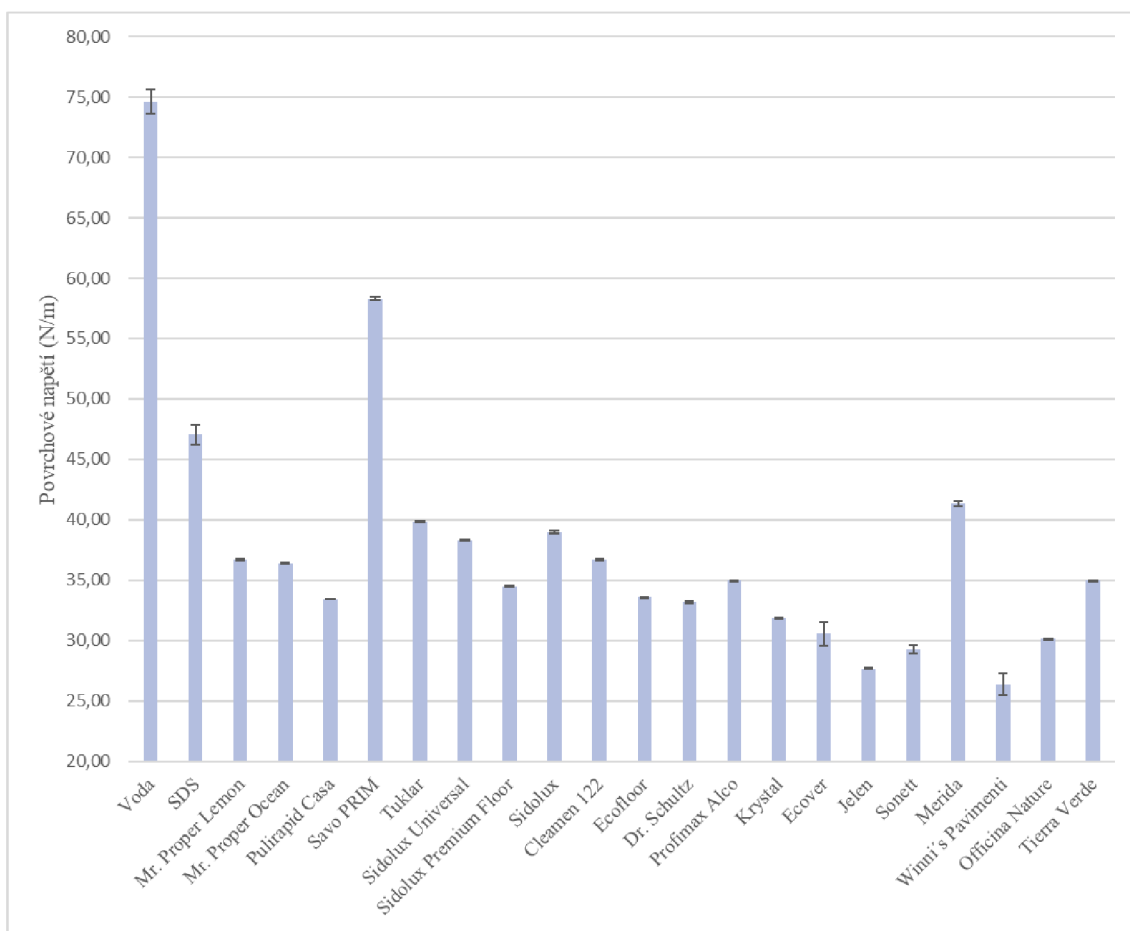
Nejnižší průměrná povrchová napětí v sadě ekologických prostředků byla naměřena u produktů Jelen (33,67 N/m), Sonett (34,03 N/m) a Ecover (34,47 N/m) a v případě neekologických u prostředků Pulirapid CASA (30,02 N/m) a Tuklar (33,03 N/m). Celkového nejnižšího povrchového napětí (v sadách ekologických i neekologických) dosahoval Pulirapid CASA. Nejvyšší průměrné hodnoty pak byly naměřeny u přípravků Savo PRIM (63,28 N/m), a ekologického prostředku Merida (45,08 N/m). Prostředek Savo PRIM však má mycí schopnosti vycházející z přítomnosti složek aktivního chlóru spíše než ze snižování povrchového napětí při smývání nečistoty z povrchu.

Druhé měření, u prostředků zředěných dle doporučení výrobce, proběhlo pro kontrolu před aplikací při laboratorním testu mycí účinnosti. U některých přípravků byly naměřeny rozdílné hodnoty povrchového napětí. Tyto změny mohly být ovlivněny

stabilitou připravených roztoků při skladování po dobu 46 dnů mezi oběma měřeními. Rozdíly byly zaznamenány u použitého standardu SDS a u prostředků Savo PRIM, Pulirapid CASA, Jelen, Sonett, Dr. Schultz, Ecover, Winni's Pavimenti, Officina Naturae, Tierra Verde. V těchto prostředcích tak zřejmě docházelo k určitým chemickým změnám. Nejvyšší odchylky dosáhlo Savo PRIM (o 24 N/m rozdílné oproti prvnímu měření). Tento rozdíl může souviset s tím, že aktivní chlorové složky jsou náchylné k rozkladu redukcí nebo fotolýzou.

Tabulka 7: Naměřené hodnoty povrchového napětí 100× zředěných prostředků

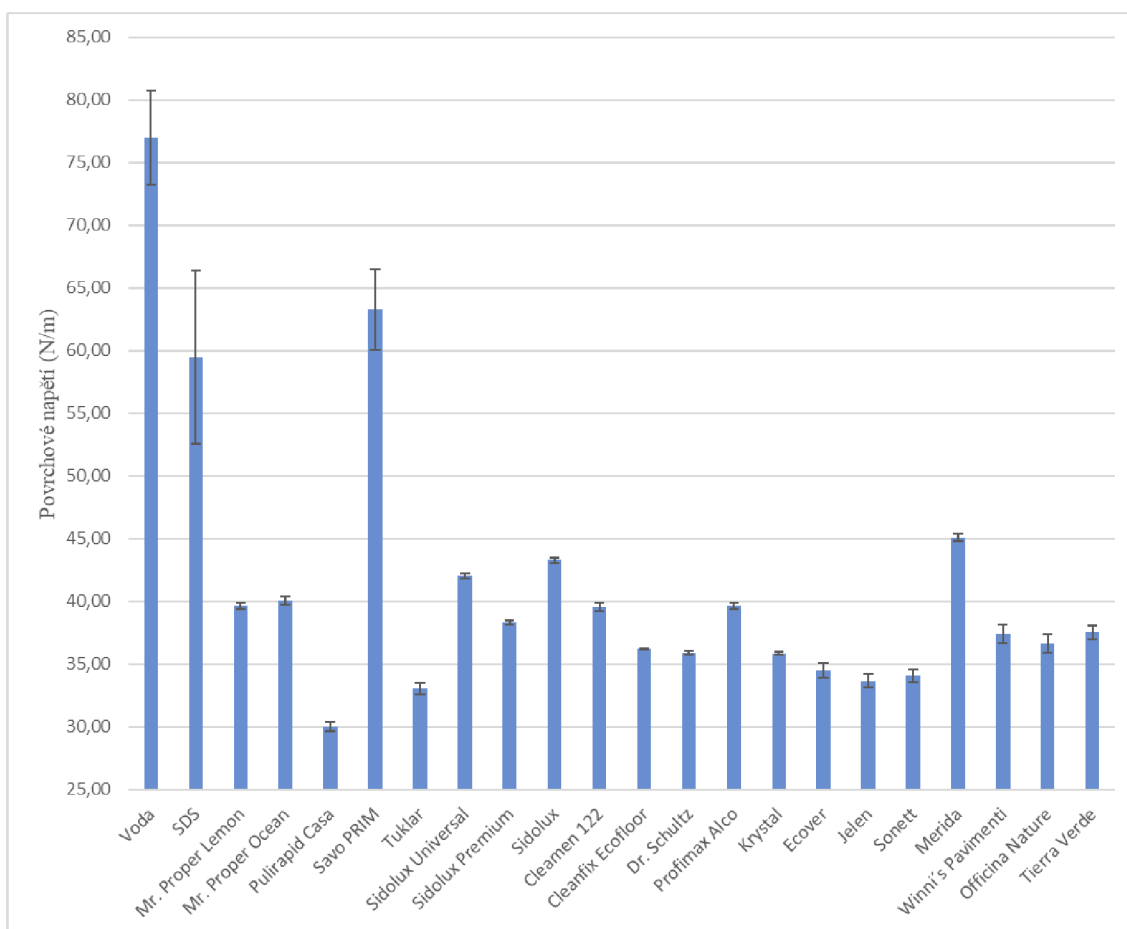
Prostředek	První měření	Druhé měření	Třetí měření
Voda	73,20	75,50	75,10
SDS	45,90	47,30	47,90
Mr. Proper Lemon	36,60	36,70	36,80
Mr. Proper Ocean	36,40	36,30	36,40
Pulirapid CASA	33,40	33,40	33,40
Savo PRIM	58,40	58,10	58,40
Tuklar	39,90	39,80	39,80
Sidolux Universal	38,20	38,30	38,30
Sidolux Premium Floor	34,50	34,40	34,60
Sidolux	38,80	39,00	39,10
Cleamen 122	36,60	36,70	36,80
Cleanfix Ecofloor	33,60	33,50	33,60
Dr. Schultz	33,30	33,20	33,10
Profimax	34,90	35,00	35,00
Krystal	31,90	31,80	31,80
Ecover	29,70	30,00	31,90
Jelen	27,70	27,60	27,70
Sonett	29,80	29,10	29,00
Merida	41,60	41,30	41,10
Winni's Pavimenti	27,60	26,00	25,50
Officina Naturae	30,20	30,10	30,10
Tierra Verde	34,90	35,00	35,00



Obrázek 18: Průměr naměřených hodnot povrchového napětí 100× zředěných prostředků (n = 3).

Tabulka 8: Naměřené hodnoty povrchového napětí prostředků zředěných dle doporučení výrobce. Veškeré hodnoty jsou v N/m.

Prostředek	První měření	Druhé měření	Třetí měření	Čtvrté měření	Páté měření	Šesté měření
Voda	80,30	80,10	80,30	75,70	73,00	72,40
SDS	65,60	65,70	66,00	53,60	53,20	52,70
Mr. Proper Lemon	39,40	39,50	39,40	39,90	39,80	39,80
Mr. Proper Ocean	39,70	39,70	39,80	40,30	40,40	40,40
Pulirapid Casa	29,70	29,70	29,70	30,30	30,40	30,30
Savo PRIM	60,20	60,40	60,60	65,20	66,40	66,90
Tuklar	32,60	32,80	32,60	33,20	33,30	33,70
Sidolux Universal	42,20	42,20	42,20	41,70	41,90	42,10
Sidolux Premium	38,40	38,20	38,10	38,40	38,50	38,20
Sidolux	42,90	43,20	43,50	43,50	43,30	43,30
Cleamen 122	39,10	39,20	39,70	39,70	39,80	39,90
Cleanfix Ecofloor	36,20	36,20	36,20	36,30	36,20	36,10
Dr. Schultz	36,10	36,10	36,00	35,90	35,70	35,70
Profimax Alco	39,30	39,60	39,70	39,60	40,00	39,60
Krystal	36,00	35,80	35,60	36,00	35,80	35,90
Ecover	35,20	34,90	34,70	33,90	34,40	33,70
Jelen	33,40	33,20	33,00	34,20	34,20	34,00
Sonett	33,80	33,60	33,40	34,40	34,50	34,50
Merida	45,30	45,30	45,40	45,00	44,80	44,70
Winni's Pavimenti	38,40	37,80	37,80	36,60	37,00	36,70
Officina Naturae	37,90	36,90	36,70	36,40	36,30	35,70
Tierra Verde	37,80	36,80	37,20	37,70	37,40	38,40



Obrázek 19: Průměr naměřených hodnot povrchového napětí prostředků zředěných dle doporučení výrobce (n = 6)

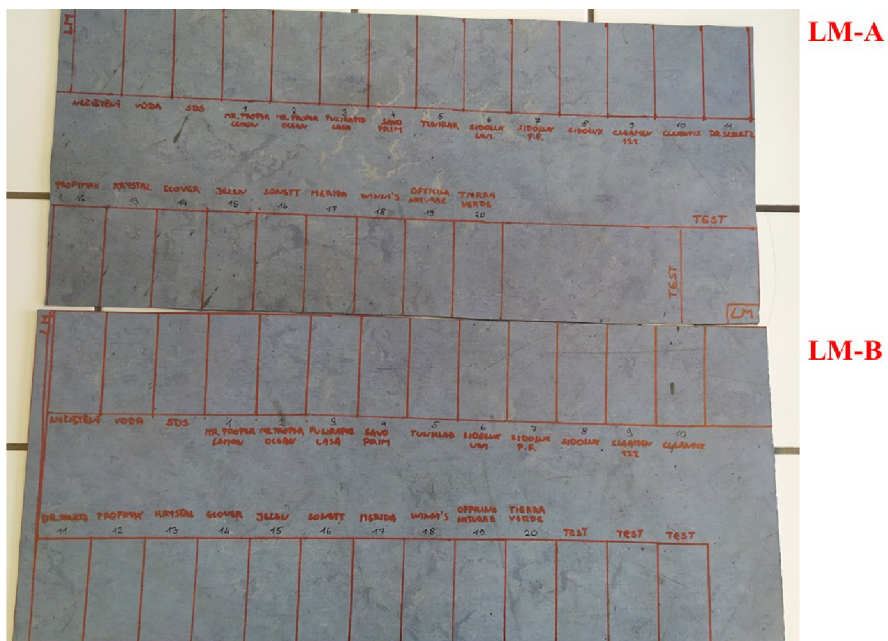
4.2 Laboratorní test mycí účinnosti a mikroskopické pozorování povrchů

4.2.1 Příprava povrchů

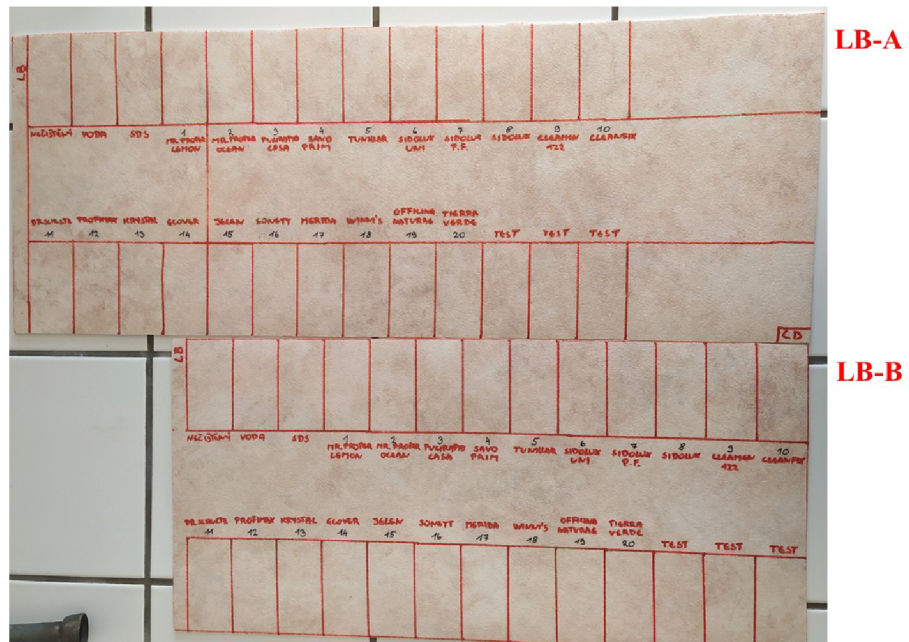
Pět různých povrchů vyskytujících se v budovách Univerzity Palackého v Olomouci bylo nachystáno pro testování mycí účinnosti (Obrázky 20-24). Dřevěná parketa, keramická kachle a hladký mramor byly dodány správou budou PřF v jednom exempláři, proto v těchto třech případech byly povrchy nachystány nejprve pro aplikaci směsi s hliněným prachem a po vyhodnocení byly pečlivě umyty a připraveny k opětovnému testování s druhým typem „umělé špíny“.



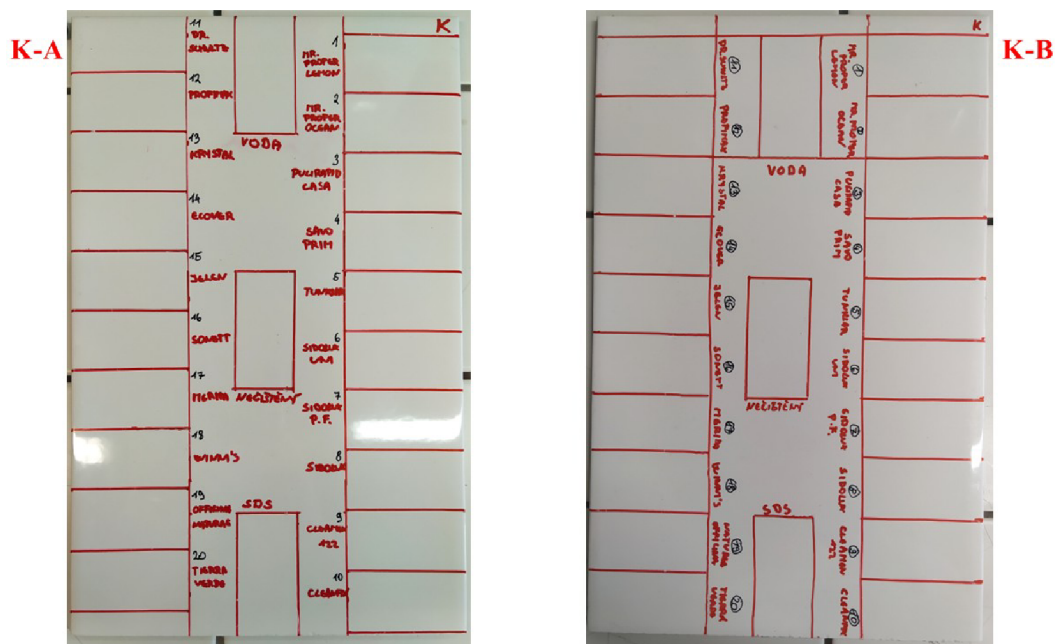
Obrázek 20: Povrchy připravené pro mycí experiment – dřevěná parketa (D)



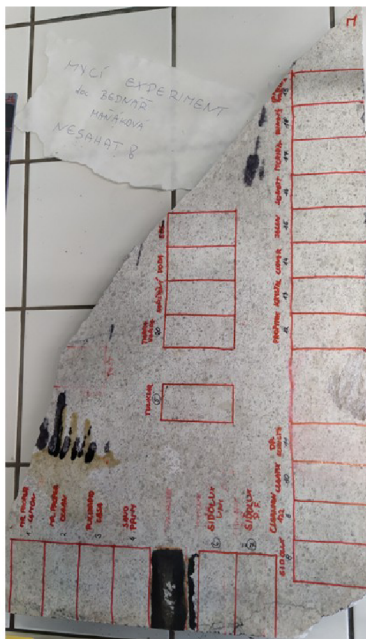
Obrázek 21: Povrchy připravené pro mycí experiment – modré hladké lino (LM) pro použití umělé špíny se základem z hliněného prachu (A) nebo prachu z vysavače (B).



Obrázek 22: Povrchy připravené pro mycí experiment – béžové drsné lino (LB) pro použití umělé špíny se základem z hliněného prachu (A) nebo prachu z vysavače (B).



Obrázek 23: Povrchy připravené pro mycí experiment – keramická kachle (K) pro použití umělé špíny se základem z hliněného prachu (A) nebo prachu z vysavače (B).

M-A**M-B**

Obrázek 24: Povrchy připravené pro mycí experiment – mramor (M) pro použití umělé špíny se základem z hliněného prachu (A) nebo prachu z vysavače (B).

4.2.2 Příprava „umělé špíny“

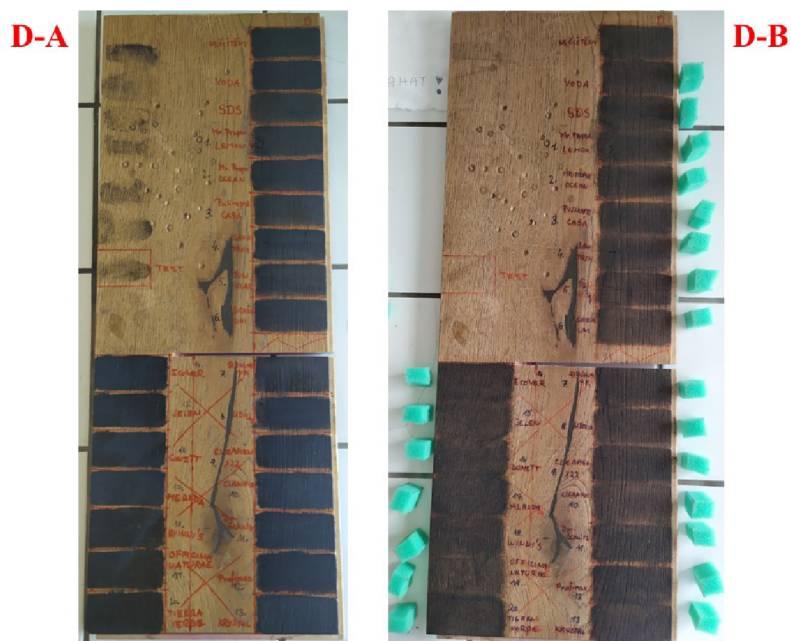
Pro testování mycí účinnosti byly připraveny dvě směsi „umělé špíny“ pro nanesení na připravené povrchy (Obrázek 25). Směsi se odlišovaly druhem použitého prachu pro lepší zhodnocení účinnosti čistících prostředků.



Obrázek 25: Přichystané prachovnice s připravenou „umělou špinou“ obsahující hliněný prach (prachovnice napravo) a prach z vysavače (prachovnice nalevo)

4.2.3 Nanášení umělé špíny

Připravené směsi byly homogenně nanесeny na políčka přichystaných povrchů (Obrázky 26-30). Nejprve proběhla práce se směsí s hliněným prachem a po dokončení vyhodnocení mycího experimentu se přešlo na práci se směsí s prachem z vysavače. Důvodem, který byl již zmíněný výše, bylo, že k dispozici byla pouze jedna dřevěná parketa, keramická kachle a hladký mramor.

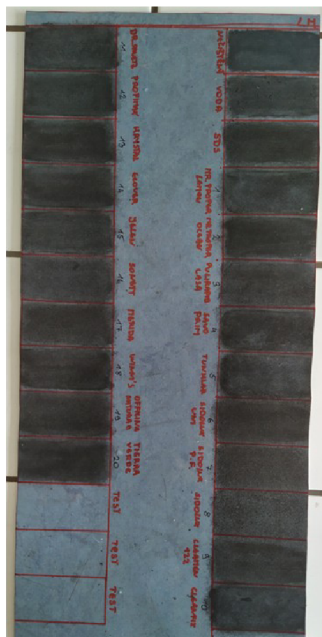


Obrázek 26: Povrchy po nanesení umělé špíny – dřevěná parketa (D) za použití směsi s hliněným prachem (A) nebo prachem z vysavače (B)

LM-A

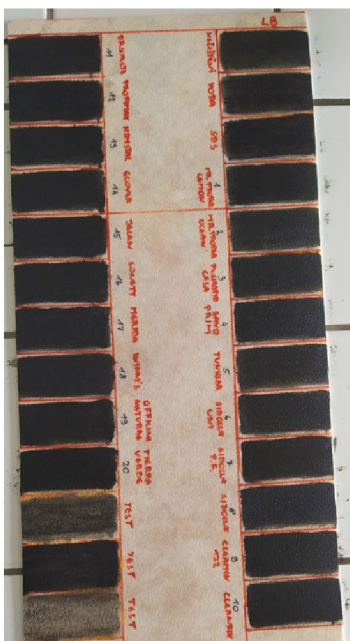


LM-B

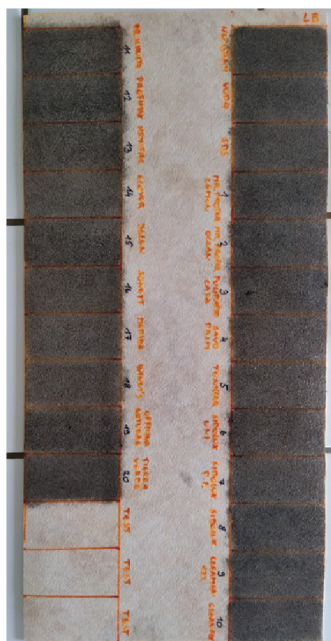


Obrázek 27: Povrchy po nanesení umělé špíny – modré hladké lino (LM) za použití směsi s hliněným prachem (A) nebo prachem z vysavače (B)

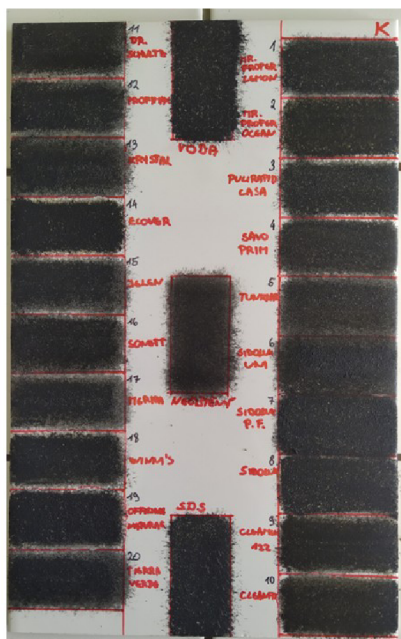
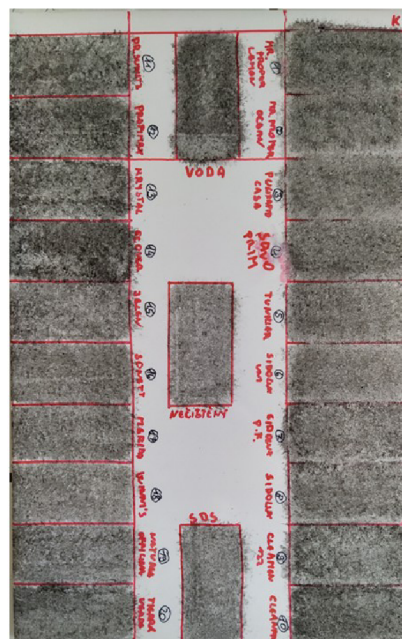
LB-A



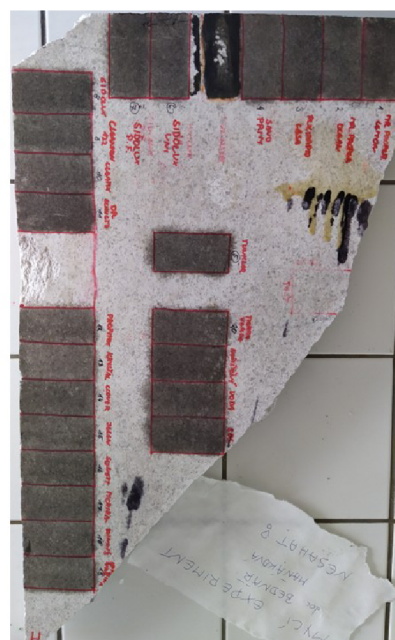
LB-B



Obrázek 28: Povrchy po nanesení umělé špíny – béžové drsné lino (LB) za použití směsi s hliněným prachem (A) nebo prachem z vysavače (B)

K-A**K-B**

Obrázek 29: Povrchy po nanesení umělé špíny – keramická kachle (K) za použití směsi s hliněným prachem (A) nebo prachem z vysavače (B)

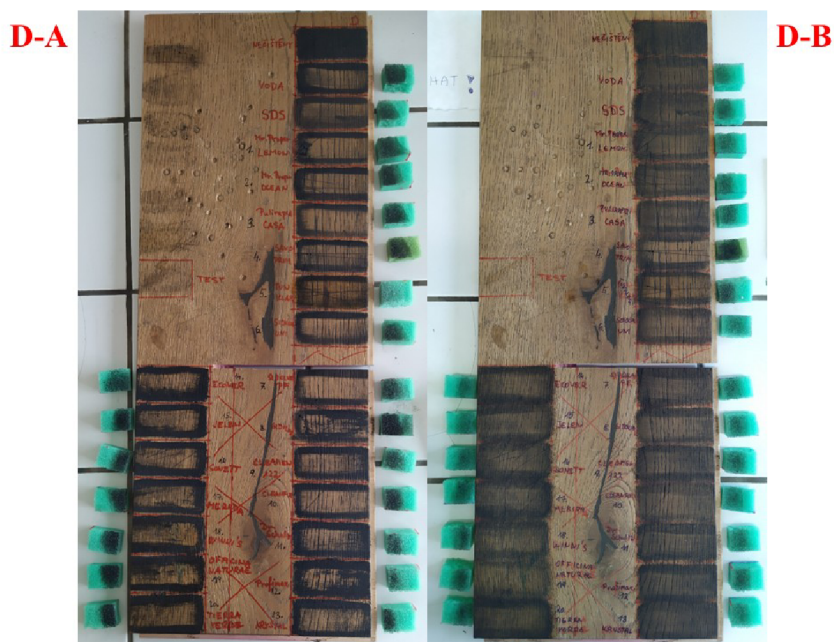
M-A**M-B**

Obrázek 30: Povrchy po nanesení umělé špíny – hladký mramor (M) za použití směsi s hliněným prachem (A) nebo prachem z vysavače (B)

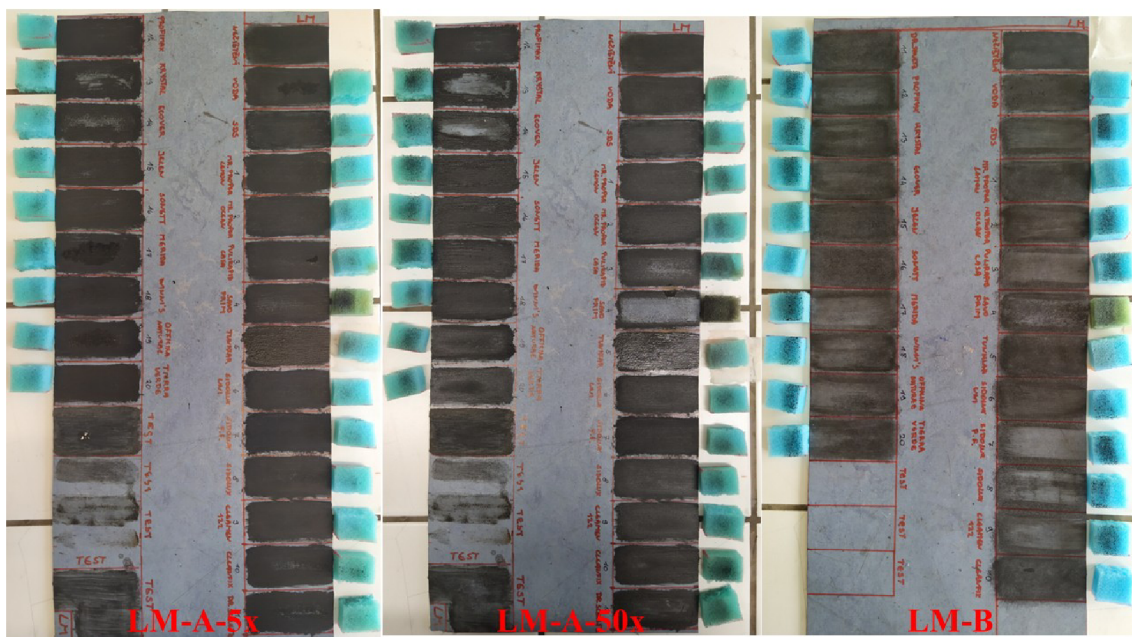
4.2.4 Mycí experiment

Připravená políčka na jednotlivých površích byla 5× setřena houbičkou namočenou v příslušném čisticím prostředku zředěném dle doporučení výrobce. Při zašpinění směsí s hliněným prachem byl tento počet setření dostačující jen na dřevěné parketě, kde došlo k nejlepšímu smytí nečistoty v případě použití produktu Sidolux Premium Floor (Obrázek 31-D-A). U ostatních povrchů zašpiněných směsí s hliněným prachem bylo potřeba více setření, aby alespoň jeden prostředek nečistotu smyl (Obrázky 31-35).

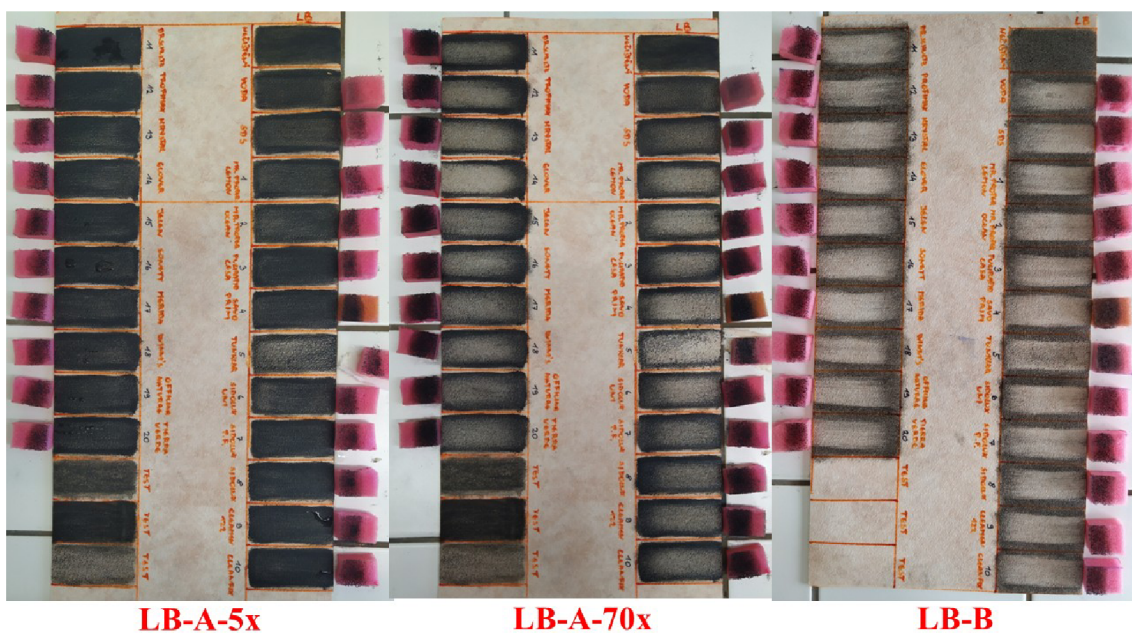
Dle vytvořených snímků jednotlivých povrchů po mycím experimentu byla porovnána mycí účinnost na základě vyhodnocení úrovně jasu v programu ImageJ. Při tomto hodnocení se v případě lin pracovalo také se snímky získanými mikroskopickým pozorováním (Obrázky 36-43). Pro modré hladké lino zašpiněné hliněným prachem byla mikroskopie pro vyhodnocení zásadní, jelikož při fotografování celých povrchů docházelo ke zdatelným odleskům a tedy ke snížení kvality měřených prostředků (Obrázek 32). Výpočty a veškerá data k vyhodnocení mycího experimentu jsou uvedeny v příloze 1.



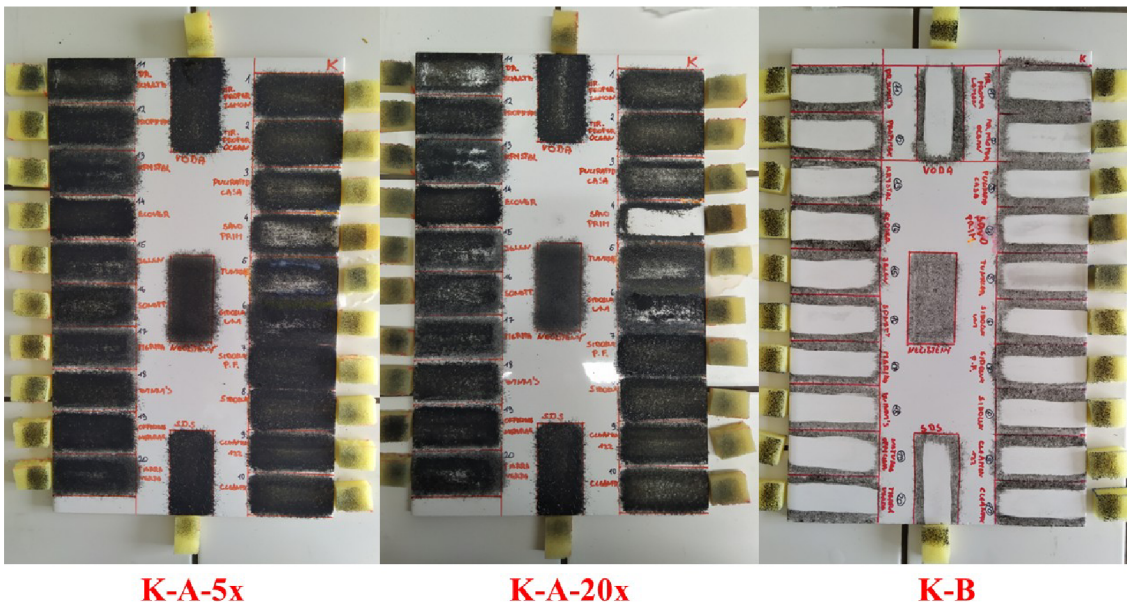
Obrázek 31: Povrchy po mycím procesu – dřevěná parketa (D) při zašpinění směsí se základem z hliněného prachu (A) nebo prachu z vysavače (B)



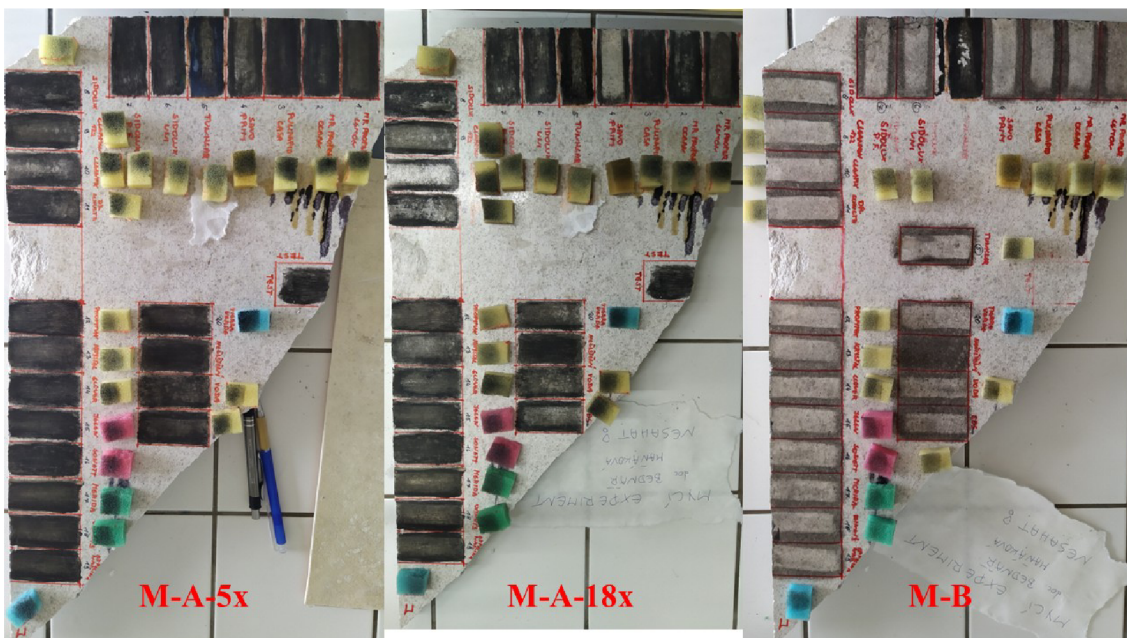
Obrázek 32: Povrchy po mycím procesu – modré hladké lino (LM) při zašpinění směsí se základem z hliněného prachu (A; po 5 a 50 setřeních) nebo prachu z vysavače (B)



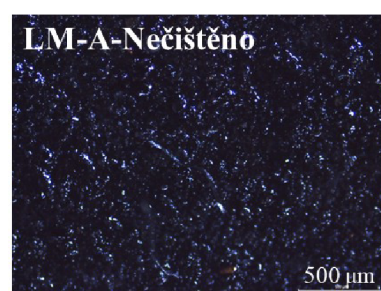
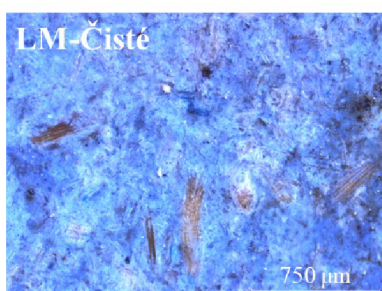
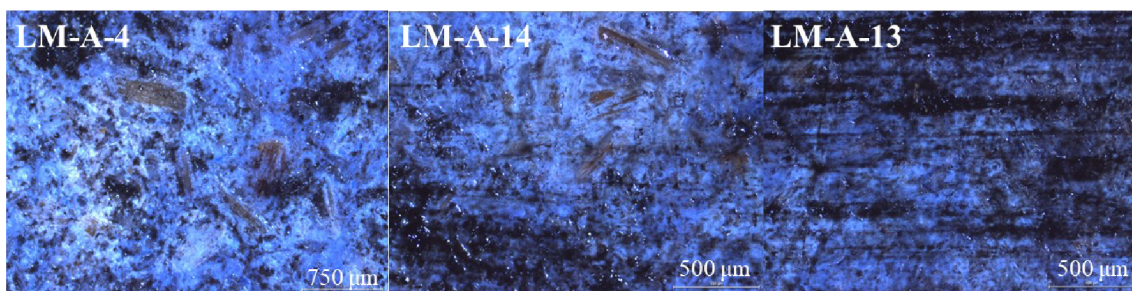
Obrázek 33: Povrchy po mycím procesu – béžové drsné lino (LB) při zašpinění směsí se základem z hliněného prachu (A; po 5 a 70 setřeních) nebo prachu z vysavače (B)



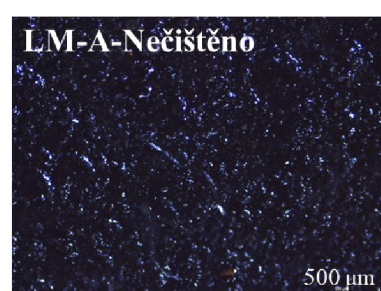
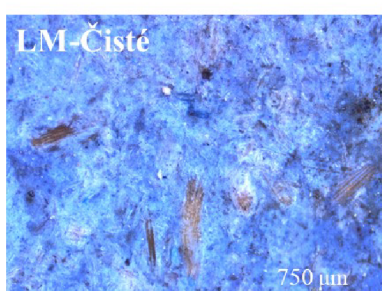
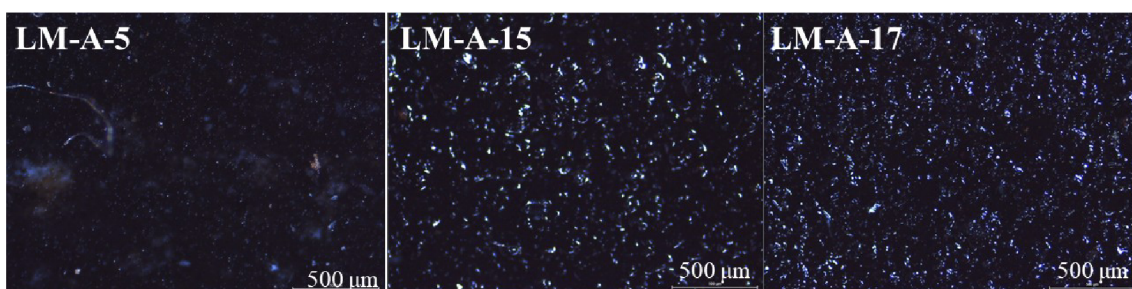
Obrázek 34: Povrchy po mycím procesu – keramická kachle (K) při zašpinění směsí se základem z hliněného prachu (A; po 5 a 20 setřeních) nebo prachu z vysavače (B)



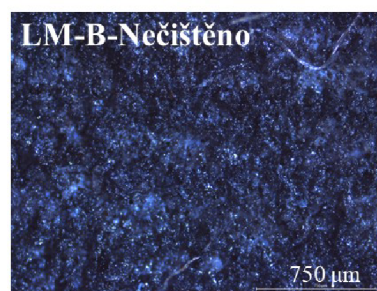
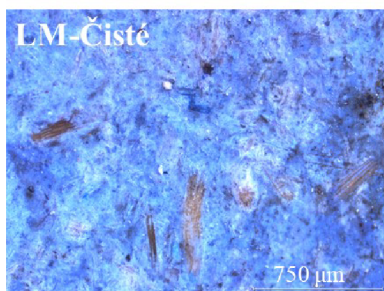
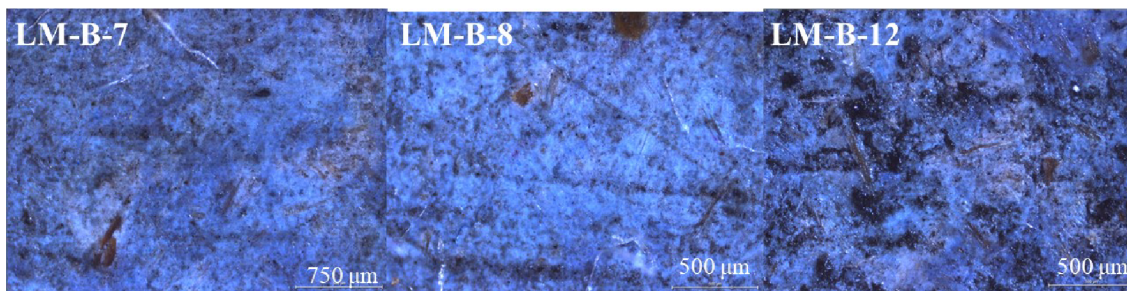
Obrázek 35: Povrchy po mycím procesu – mramor (M) při zašpinění směsí se základem z hliněného prachu (A; po 5 a 18 setřeních) nebo prachu z vysavače (B).



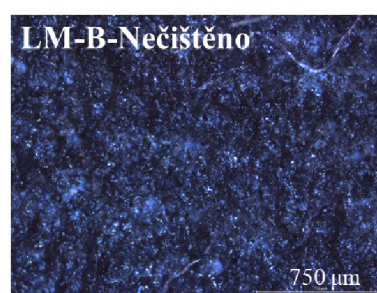
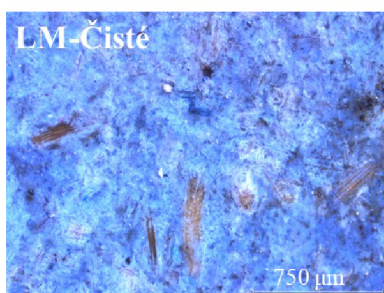
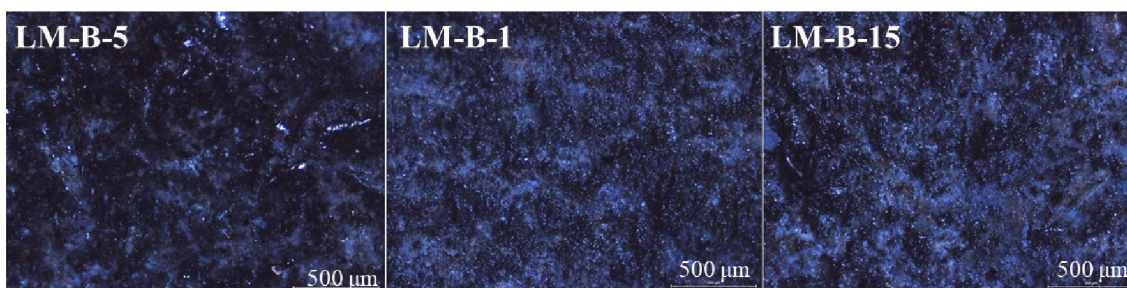
Obrázek 36: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejlepší mycí účinností (4 = Savo; 14 = Ecover; 13 = Krystal) v případě hladkého modrého lina (LM) zašpiněného nečistotou s hliněným prachem (A) po mycím procesu při porovnání čistého a nečistěného povrchu.



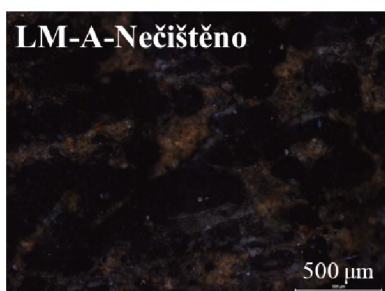
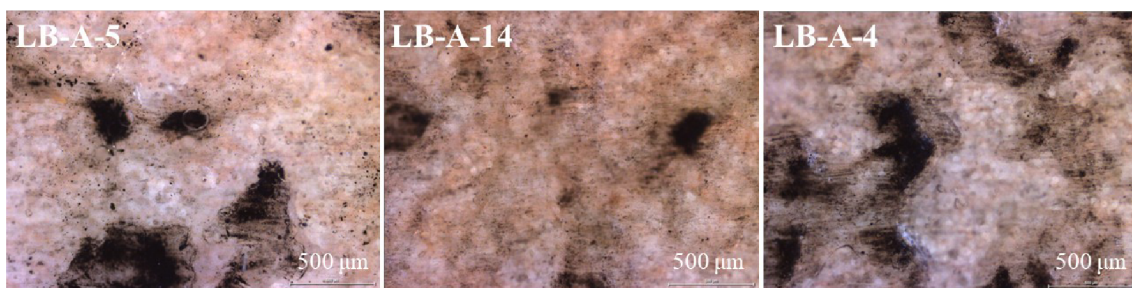
Obrázek 37: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejhorší mycí účinností (5 = Tuklar; 15 = Jelen; 17 = Merida) v případě hladkého modrého lina (LM) zašpiněného nečistotou s hliněným prachem (A) po mycím procesu při porovnání čistého a nečistěného povrchu.



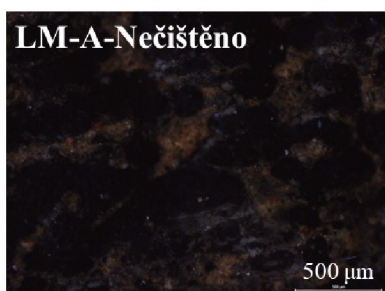
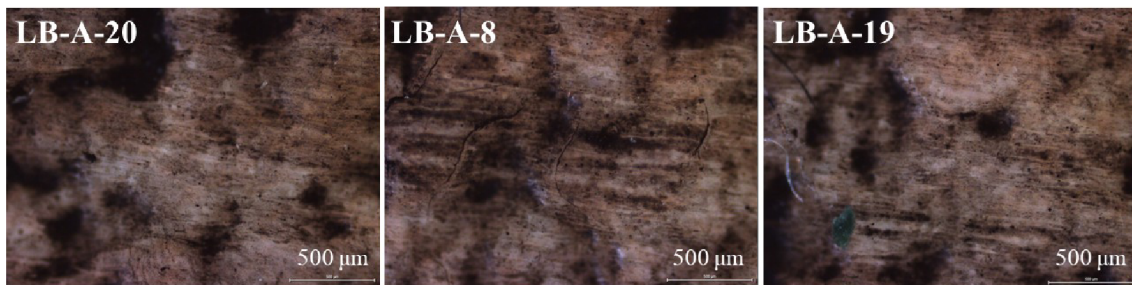
Obrázek 38: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejlepší mycí účinností (7 = Sidolux Premium Floor; 8 = Sidolux; 12 = Profimax) v případě hladkého modrého lina (LM) zašpiněného nečistotou s prachem (B) z vysavače po mycím procesu při porovnání čistého a nečistěného povrchu.



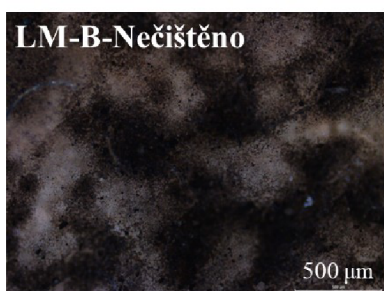
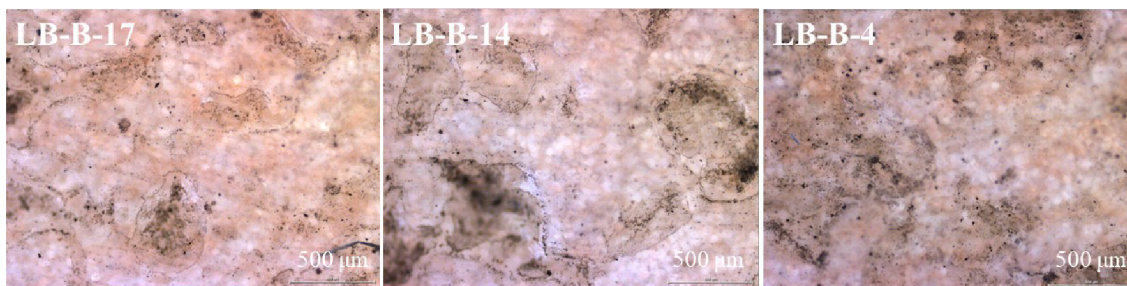
Obrázek 39: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejhorší mycí účinností (5 = Tuklar; 1 = Mr. Proper Lemon; 15 = Jelen) v případě hladkého modrého lina (LM) zašpiněného nečistotou s prachem z vysavače (B) po mycím procesu při porovnání čistého a nečistěného povrchu.



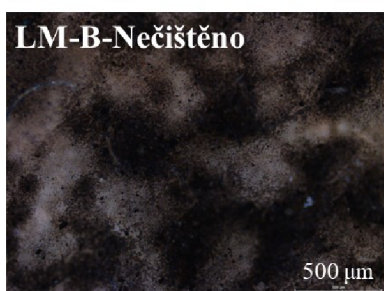
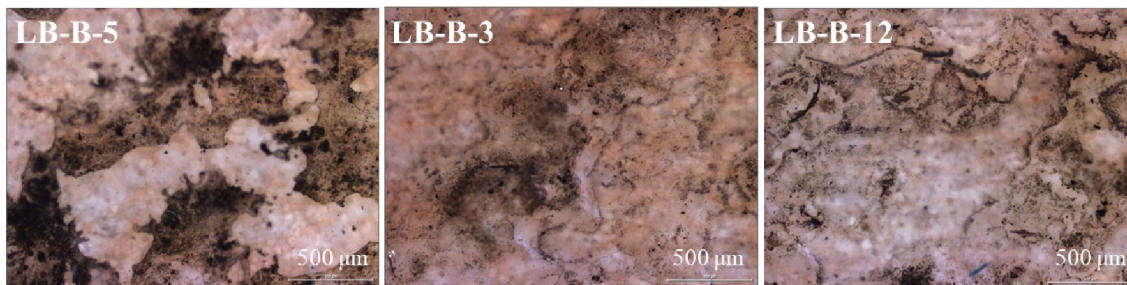
Obrázek 40: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejlepší mycí účinností (5 = Tuklar; 14 = Ecover; 4 = Savo) v případě drsného béžového lina (LB) zašpiněného nečistotou s hliněným prachem (A) po mycím procesu při porovnání s nečistěným povrchem.



Obrázek 41: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejhorší mycí účinností (20 = Tierra verde; 8 = Sidolux; 19 = Officina Naturae) v případě drsného béžového lina (LB) zašpiněného nečistotou s hliněným prachem (A) po mycím procesu při porovnání s nečistěným povrchem.



Obrázek 42: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejlepší mycí účinností (17 = Merida; 14 = Ecover; 4 = Savo) v případě drsného béžového lina (LB) zašpiněného nečistotou s prachem z vysavače (B) po mycím procesu při porovnání s nečistěným povrchem.



Obrázek 43: Mikroskopické snímky povrchů při použití tří prostředků s nejhorší mycí účinností (5 = Tuklar; 3 = Pulirapid CASA; 12 = Profimax) v případě drsného béžového lina (LB) zašpiněného nečistotou s prachem z vysavače (B) po mycím procesu při porovnání s nečistěným povrchem.

Výsledky z pozorování povrchů jsou pro směs s hliněným prachem shrnuty v tabulkách 9-10, pro směs s prachem z vysavače tabulkách 11-12 a pro mikroskopické pozorování v tabulce 13-14. V tabulce 15 je uvedeno porovnání obou vyhodnocení. Celkové zhodnocení mycí účinnosti je uvedeno v tabulce 16. Výpočty a veškerá data, na základě kterých proběhlo vyhodnocení, jsou uvedeny v příloze 17.

Tabulka 9: Souhrnné vyhodnocení nejlepších a nejhorších výsledků čistících prostředků na povrchy zašpiněné hliněnou nečistotou při rozdělení na prostředky neekologické a ekologické. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinností) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Dřevěná parketa (5 setření)	Modré hladké lino (50 setření)	Běžové drsné lino (70 setření)	Keramická kachle (20 setření)	Hladký mramor (18 setření)
Neekologické prostředky					
Mr. Proper – Lemon					
Mr. Proper – Ocean					
Pulirapid CASA	Light Green		Dark Red	Light Green	Dark Red
Savo PRIM		Dark Green	Light Green	Dark Green	Dark Green
Tuklar	Dark Red	Dark Red	Dark Green		Dark Red
Sidolux Universal			Light Green		
Sidolux Premium Floor	Dark Green			Dark Red	Dark Red
Sidolux	Dark Red				
Cleamen 122				Dark Red	Light Green
Cleanfix	Light Green				Light Green
Dr Schultz			Dark Red	Light Green	
Profimax	Dark Red		Dark Red	Dark Red	
Krystal					
Ekologické prostředky					
Ecover	Light Green	Dark Green			
Jelen			Dark Red	Dark Green	Dark Red
Sonett	Dark Green		Light Green	Light Green	Dark Red
Merida	Light Green			Light Green	Dark Green
Winni's Pavimenti	Dark Red		Light Green	Dark Red	Dark Red
Officina Naturae	Dark Red		Dark Red	Dark Red	Light Green
Tierra Verde	Dark Red		Dark Red	Dark Red	Light Green

Tabulka 10: Vyhodnocení nejlepších a nejhorších výsledků čistících prostředků na povrchy zašpiněné hliněnou nečistotou. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinností) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Dřevěná parketa (5 setření)	Modré hladké lino (50 setření)	Běžové drsné lino (70 setření)	Keramická kachle (20 setření)	Hladký mramor (18 setření)
Mr. Proper – Lemon					
Mr. Proper – Ocean					
Pulirapid CASA	Light Green		Dark Red	Light Green	Dark Red
Savo PRIM		Dark Green	Light Green	Dark Green	Dark Green
Tuklar	Dark Red	Dark Red	Dark Green		Dark Brown
Sidolux Universal					
Sidolux Premium Floor	Dark Green				
Sidolux					
Cleamen 122					Light Green
Cleanfix	Light Green				Light Green
Dr Schultz			Dark Red	Light Green	
Profimax				Dark Red	
Krystal					
Ecover			Light Green		
Jelen					
Sonett					Dark Red
Merida					
Winni's Pavimenti	Dark Red				
Officina Naturae			Dark Red	Dark Red	
Tierra Verde	Dark Red			Dark Red	

Tabulka 11: Vyhodnocení nejlepších a nejhorších výsledků čistících prostředků na povrchy zašpiněné nečistotou s prachem z vysavače při rozdělení na prostředky neekologické a ekologické. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinnosti) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Dřevěná parketa (5 setření)	Modré hladké lino (50 setření)	Běžové drsné lino (70 setření)	Keramická kachle (20 setření)	Hladký mramor (18 setření)
Neekologické prostředky					
Mr. Proper – Lemon					
Mr. Proper – Ocean					
Pulirapid CASA					
Savo PRIM					
Tuklar					
Sidolux Universal					
Sidolux Premium Floor					
Sidolux					
Cleamen 122					
Cleanfix					
Dr Schultz					
Profimax					
Krystal					
Ekologické prostředky					
Ecover					
Jelen					
Sonett					
Merida					
Winni's Pavimenti					
Officina Naturae					
Tierra Verde					

Tabulka 12: Souhrnné vyhodnocení nejlepších a nejhorších výsledků čistících prostředků na povrchy zašpiněné nečistotou s prachem z vysavače. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinnosti) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Dřevěná parketa (5 setření)	Modré hladké lino (50 setření)	Běžové drsné lino (70 setření)	Keramická kachle (20 setření)	Hladký mramor (18 setření)
Mr. Proper – Lemon				[Dark Green]	[Dark Red]
Mr. Proper – Ocean					[Red]
Pulirapid CASA		[Light Green]			[Red]
Savo PRIM	[Dark Green]		[Light Green]		
Tuklar		[Dark Red]			
Sidolux Universal	[Light Green]				
Sidolux Premium Floor		[Dark Green]			
Sidolux	[Light Green]				
Cleamen 122					[Light Green]
Cleanfix		[Red]			
Dr Schultz			[Dark Red]		
Profimax			[Dark Red]		[Dark Green]
Krystal	[Dark Red]				
Ecover			[Dark Green]		
Jelen	[Red]				[Light Green]
Sonett		[Red]			
Merida		[Light Green]			
Winni's Pavimenti					
Officina Naturae					
Tierra Verde	[Red]		[Red]		

V případě mikroskopických snímků modrého hladkého lina zašpiněného hliněnou nečistotou byl jako prostředek s nejlepší účinností vyhodnocen produkt Savo PRIM, následovaný prostředky Ecover a Krystal (Obrázek 36; viz příloha 1). Nejméně účinné bylo produkty Tuklar, Jelen a Merida (Obrázek 37).

Dle vyhodnocování mikroskopických snímků povrchů hladkého modrého lina zašpiněných nečistotou s prachem z vysavače dosáhly nejlepších výsledků prostředky Sidolux Premium Floor, Sidolux, Profimax a Cleamen (Obrázek 38) a nejhorších Tuklar, Mr. Proper – Lemon a Krystal (Obrázek 39). Dle vyhodnocování snímků povrchů (Tabulka 12) měl nejlepší výsledek rovněž Sidolux Premium Floor (viz příloha 1). Pořadí účinnosti dalších prostředků vyhodnocených mikroskopicky a makroskopicky se poněkud liší (Tabulka 15). Určení důvodu těchto rozdílů však přesahuje rámec této studie.

Při porovnání vyhodnocení fotografických a mikroskopických snímků drsného béžového lina byla nejlepší mycí účinnost dosažena u shodných prostředků (viz Tabulka 15 a příloha 1). Konkrétně se jedná o produkty Tuklar, Ecover a Savo na hliněnou nečistotu a prostředky Ecover, Merida a Savo pro špinu s prachem z vysavače. Ale při porovnání nejhorších výsledků ke shodě nedošlo. V mikroskopickém pozorování drsného béžového lina s hliněnou nečistotou měly nejhorší účinek prostředky Tierra Verde, Sidolux a Officina Naturae. Při hodnocení fotografických snímků byly jako nejhorší vyhodnoceny prostředky Dr. Schultz, Pulirapid CASA a Officina Naturae. Prostředek Tierra Verde byl zde v pořadí 6. nejhorší a Sidolux 7. nejhorší. Nejhorší výsledky u mikroskopického pozorování při zašpinění nečistotou s prachem z vysavače měly produkty Tuklar, Pulirapid CASA a Profimax. Při vyhodnocování fotografických snímků byly nejhorší výsledky zaznamenány u produktů Profimax, Dr. Schultz a Tierra Verde, prostředek Tuklar byl 7. nejhorší a prostředek Pulirapid CASA 13. nejhorší. I v tomto případě studia mycích schopností na drsném béžovém líně se poněkud odlišovaly výsledky získané z fotografie povrchů a mikroskopických snímků.

Tabulka 13: Vyhodnocení mikroskopického pozorování nejlepších a nejhorších výsledků čistících prostředků na povrchy zašpiněné hliněnou nečistotou a nečistotou s prachem z vysavače. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinností) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Hliněný prach		Prach z vysavače	
	Hladké modré lino	Drsné béžové lino	Hladké modré lino	Drsné béžové lino
Mr. Proper – Lemon			Red	
Mr. Proper – Ocean				
Pulirapid CASA				Red
Savo PRIM	Green	Light Green		Light Green
Tuklar	Red	Green	Red	Red
Sidolux Universal				
Sidolux Premium Floor			Green	
Sidolux		Red	Light Green	
Cleamen 122				
Cleanfix				
Dr Schultz				
Profimax			Light Green	Red
Krystal	Light Green			
Ecover	Green	Green		Green
Jelen	Red		Red	
Sonett				
Merida	Red			Green
Winni's Pavimenti				
Officina Naturae		Red		
Tierra Verde		Red		

Tabulka 14: Souhrnné vyhodnocení mikroskopického pozorování nejlepších a nejhorších výsledků čisticích prostředků na povrchy zašpiněné hliněnou nečistotou a nečistotou s prachem z vysavače při rozdělení na prostředky neekologické a ekologické. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinnosti) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

	Hliněný prach		Prach z vysavače	
	Hladké modré lino	Drsné béžové lino	Hladké modré lino	Drsné béžové lino
Neekologické prostředky				
Mr. Proper – Lemon			Red	
Mr. Proper – Ocean	Red			
Pulirapid CASA	Light Green			Red
Savo PRIM	Dark Green	Light Green		Dark Green
Tuklar	Dark Red	Dark Green	Dark Red	Dark Red
Sidolux Universal		Light Green		Light Green
Sidolux Premium Floor		Red	Dark Green	
Sidolux	Red	Dark Red	Light Green	
Cleamen 122				
Cleanfix				Light Green
Dr Schultz		Red		
Profimax			Light Green	Red
Krystal	Light Green		Red	
Ekologické prostředky				
Ecover	Dark Green		Light Green	Light Green
Jelen	Dark Red	Red	Dark Red	Dark Red
Sonett	Red	Light Green	Red	Light Green
Merida	Red		Dark Green	Dark Green
Winni's Pavimenti		Light Green		
Officina Naturae	Light Green	Red	Light Green	Red
Tierra Verde		Dark Red	Red	Red

Tabulka 15: Porovnání výsledků pro vyhodnocení fotografických snímků v ImageJ a mikroskopických snímků s vyhodnocením v programu ImageJ. Tři nejlepší výsledky značeny zelenou barvou (nejtmavší po nejsvětlejší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek nejlepší mycí účinnosti) a tři nejhorší červenou (od nejsvětlejší po nejtmavší odstín, kdy nejtmavší značí prostředek s nejmenší mycí účinností).

*	Drsné béžové lino				Hladké modré lino	
	Hliněný prach		Prach z vysavače		Prach z vysavače	
	Fotografie	Mikroskopie	Fotografie	Mikroskopie	Fotografie	Mikroskopie
1						Red
2						
3	Red			Red	Light Green	
4	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green		
5	Dark Green	Dark Green		Dark Green	Dark Green	Dark Green
6						
7					Dark Green	Dark Green
8		Red				Light Green
9						
10					Red	
11	Dark Green		Red			
12			Dark Green	Red		Light Green
13						
14	Light Green	Light Green	Light Green	Light Green		
15						Red
16					Red	
17			Light Green	Dark Green	Light Green	
18						
19	Red	Red				
20		Dark Green	Red			

* 1 = Mr. Proper – Lemon; 2 = Mr. Proper – Ocean; 3 = Pulirapid CASA; 4 = Savo PRIM; 5 = Tuklar; 6 = Sidolux Universal; 7 = Sidolux Premium Floor; 8 = Sidolux; 9 = Cleanem 122; 10 = Cleanfix; 11 = Dr. Schultz; 12 = Profimax; 13 = Krystal; 14 = Ecover; 15 = Jelen; 16 = Sonett; 17 = Merida; 18 = Winni's Pavimenti; 19 = Officina Naturae; 20 = Tierra Verde

Tabulka 16: Celkové vyhodnocení mycí účinnosti čistících prostředků

	Prostředky	1. nejlepší	2. nejlepší	3. nejlepší	4. nejlepší	5. nejlepší
Hliněný prach	Neekologické	Savo PRIM	Cleanfix Ecofloor	Krystal	Dr. Schultz	Pulirapid CASA
	Ekologické	Ecover	Sonett	Jelen	Winni's Pavimenti	Merida
	Souhrnně	Savo PRIM	Cleanfix Ecofloor	Krystal	Dr. Schultz	Pulirapid CASA
Prach z vysavače	Neekologické	Sidolux	Savo PRIM	Sidolux Premium Floor	Cleamen 122	Profimax
	Ekologické	Merida	Ecover	Winni's Pavimenti	Officina Naturae	Sonett
	Souhrnně	Sidolux	Merida	Savo PRIM	Sidolux Premium Floor	Cleamen 122
Dohromady – bez ohledu na typ „umělé špíny“	Neekologické	Savo PRIM	Cleanfix Ecofloor	Krystal	Dr. Schultz	Pulirapid CASA
	Ekologické	Ecover	Merida	Winni's Pavimenti	Sonett	Jelen
	Souhrnně	Savo PRIM	Cleanfix Ecofloor	Krystal	Dr. Schultz	Ecover

4.3 Spektrofotometrie

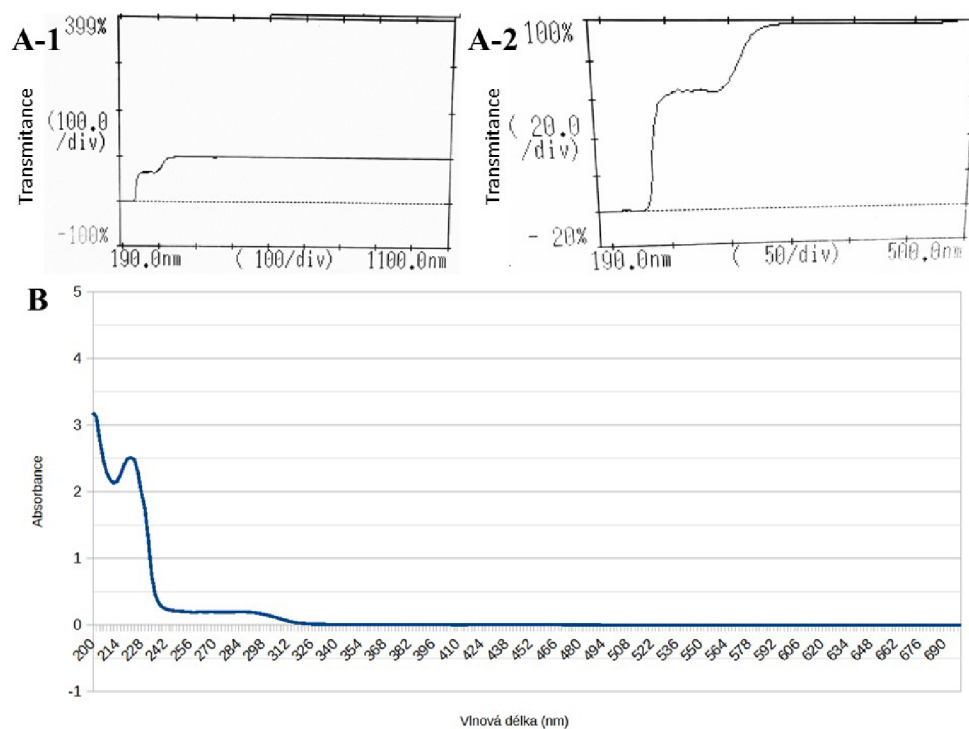
Měření absorbance v UV-VIS oblasti není parametrem souvisejícím s mycí schopností prostředků ani s jejich hodnocení „ekologičnosti“. Velkých rozdílů v absorbanci mezi přípravky však ukazují významně odlišné chemické složení.

Při použití spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (dále jen S) byla měřena transmitance v závislosti na vlnové délce a u spektrofotometru GENESYS 180 (dále jen G) absorbance v závislosti na vlnové délce. Spektrofotometr S umožňoval měření v širším rozsahu vlnových délek (190-1100 nm), zatímco modernější spektrofotometr G umožňoval export výsledků do MS Excel a lepší grafický vstup. Při vyhodnocování se tak pracovalo hlavně s daty ze spektrofotometru G, která jsou uvedena v příloze 2.

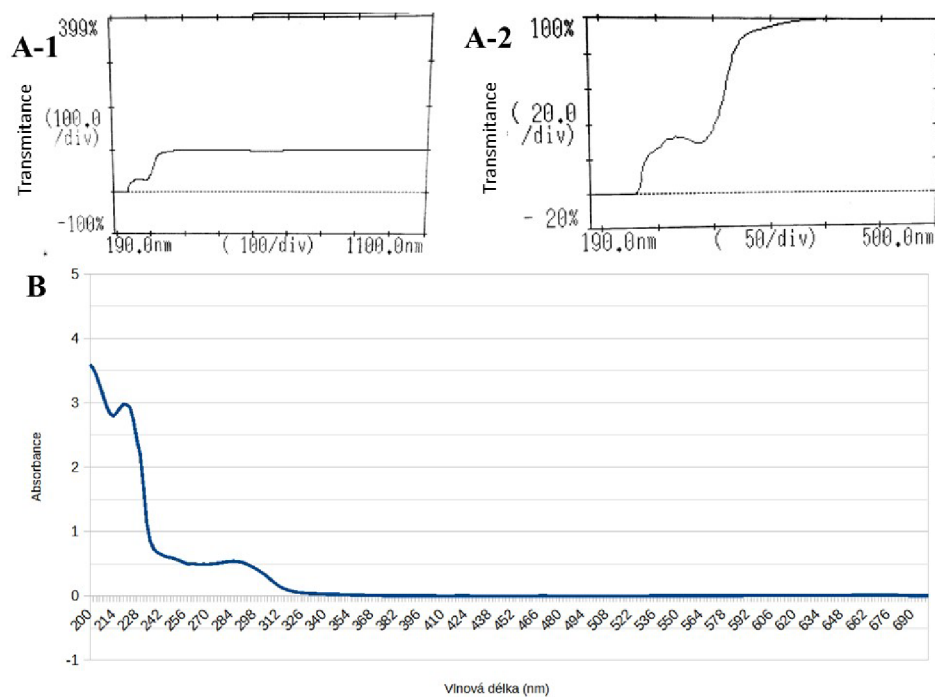
Ze všech 20 měřených prostředků vykazovalo 65 % produktů zvýšenou absorbanci v rozmezí vlnových délek 220-240 nm. Jedná se o prostředky Mr. Proper – Lemon, Mr. Proper – Ocean, Tuklar, Sidolux Universal, Sidolux Premium Floor, Sidolux, Cleamen 122, Cleanfix Ecofloor, Ecover, Jelen, Sonett, Winni's Pavimenti a Tierra Verde.

Dále 35 % prostředků mělo zvýšenou absorbanci v rozmezí 268-300 nm (produkty Mr. Proper – Ocean, Pulirapid CASA, Savo PRIM, Profimax, Krystal, Ecover, Winni's Pavimenti). Nejvyšší absorbanci v této oblasti byly zaznamenány u přípravku Savo PRIM a Winni's Pavimenti. U prostředku Savo PRIM ke tvaru budou přispívat látky s obsahem aktivního chlóru a lauryldimethylaminoxid. V případě produktu Winni's Pavimenti bude ke tvaru spektra nejspíše přispívat fenoxylethanol, který se ze všech testovaných prostředků vyskytuje pouze v tomto. V této části spektra také absorbuje benzyl salicylát a benzisothiazolon, který se nachází v produktu Cleanfix Ecofloor, jehož spektrum je při porovnání s ostatními přípravky značně odlišné.

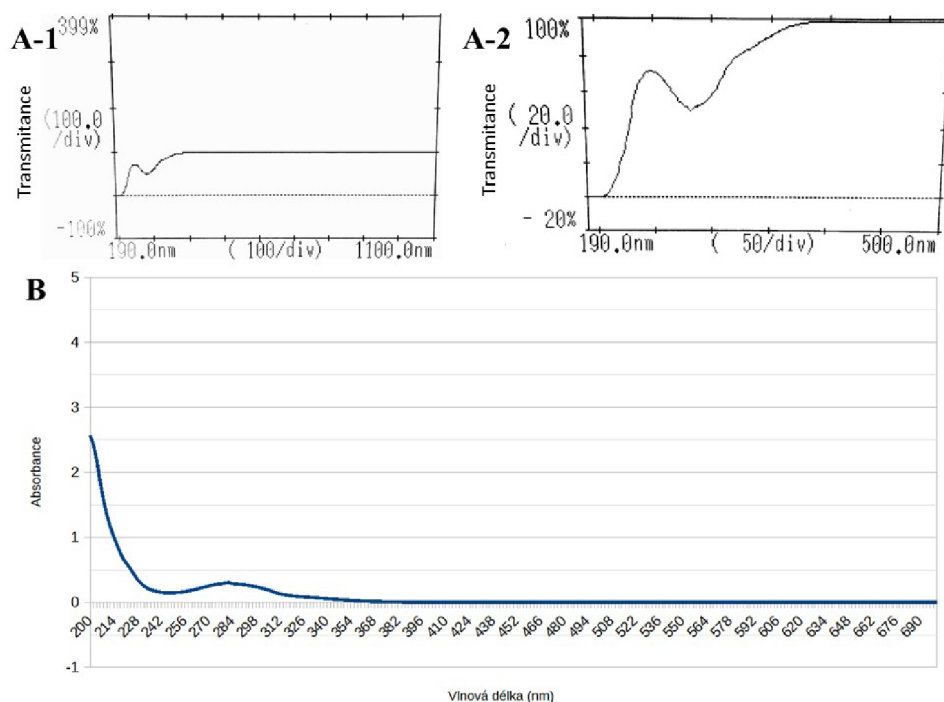
Při vlnových délkách menších 220 nm byla zjištěna zvýšená absorbance u všech prostředků. Spektra jsou ukázána na obrázcích 44-64. Spektra na obrázcích č. 47-49 a 51 jsou z druhého měření po vyšším zředění prostředků.



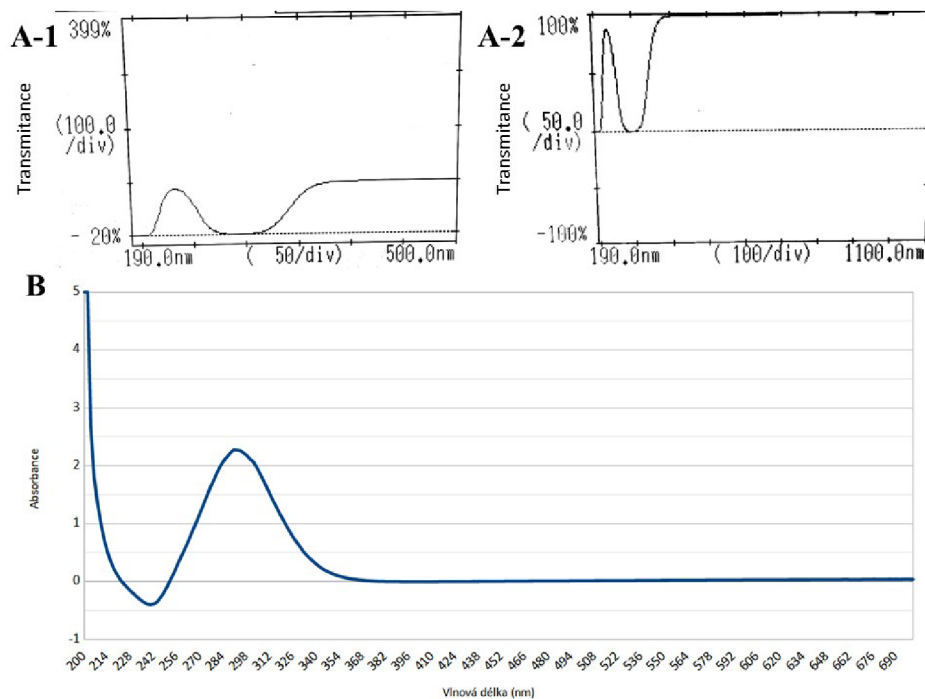
Obrázek 44: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 1 (Mr. Proper – Lemon). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 222 nm.



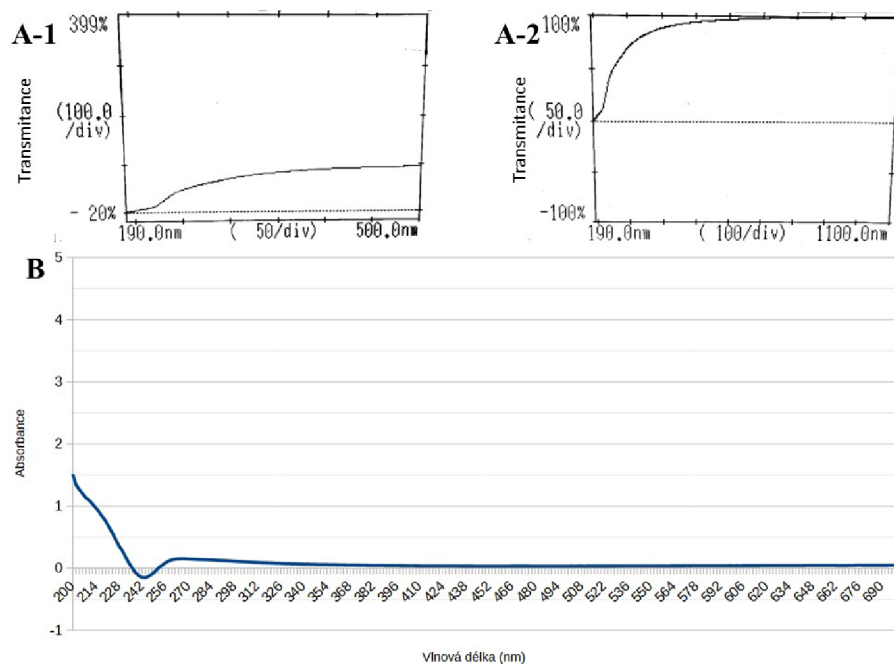
Obrázek 45: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 2 (Mr. Proper – Ocean). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200, 220 a 286 nm.



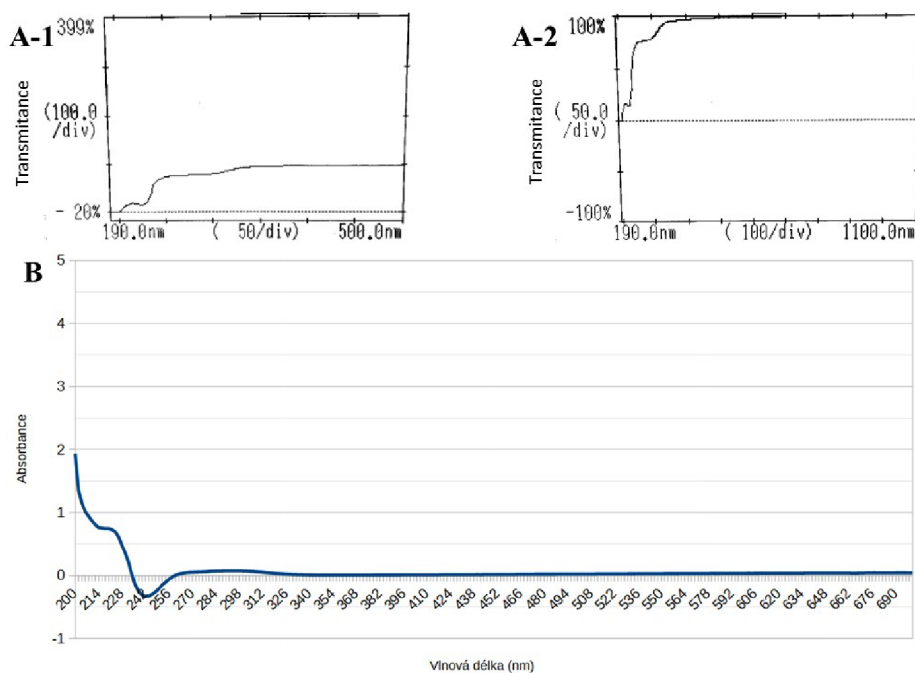
Obrázek 46: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 3 (Pulirapid CASA). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 282 nm.



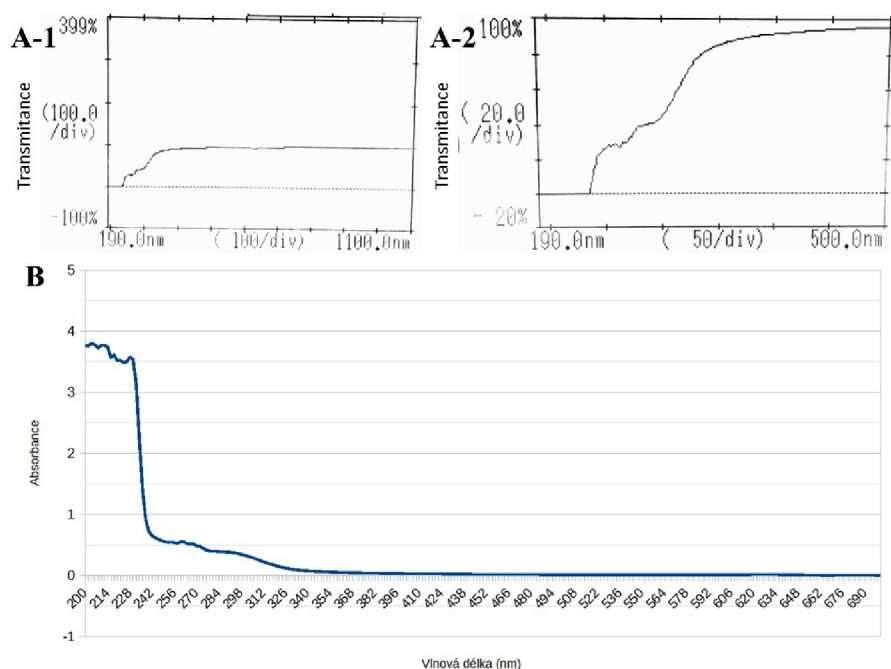
Obrázek 47: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 4 (Savo PRIM). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 290 nm.



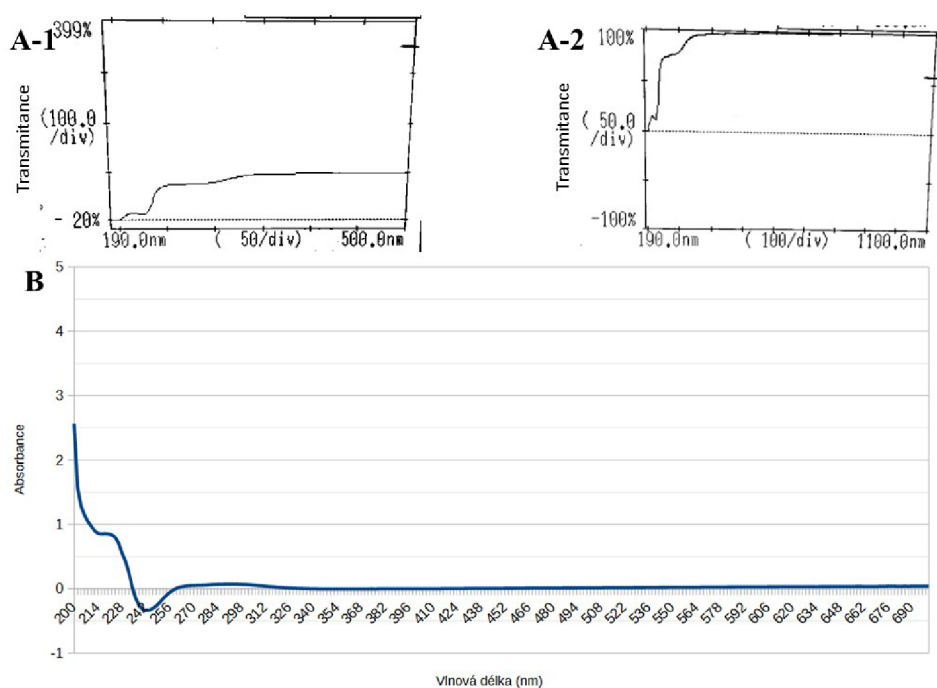
Obrázek 48: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 5 (Tuklar). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelné absorpční maximum při vlnové délce 200 nm.



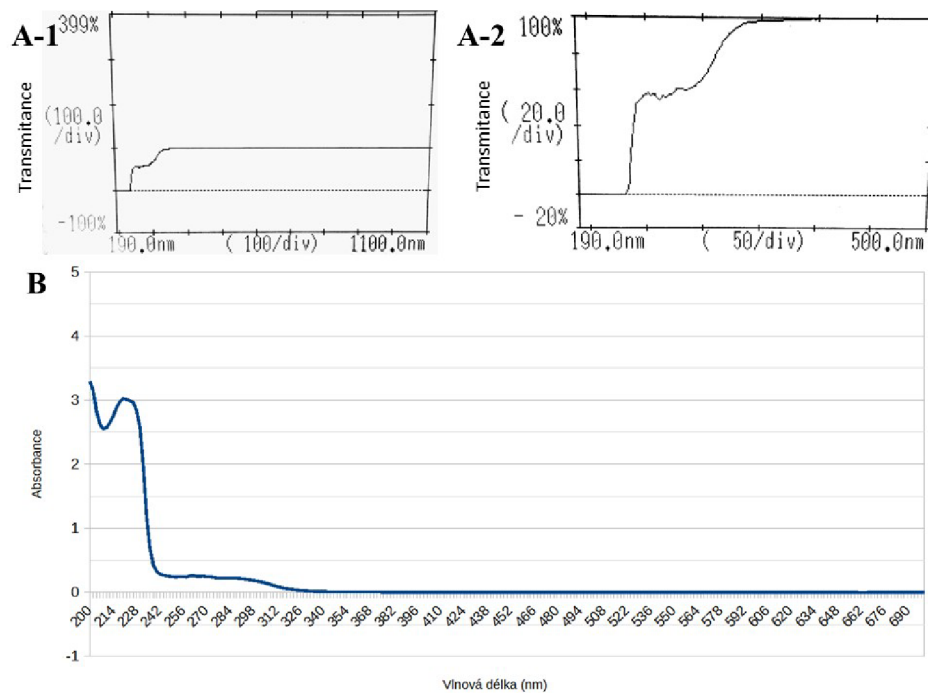
Obrázek 49: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 6 (Sidolux Universal). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 218 nm.



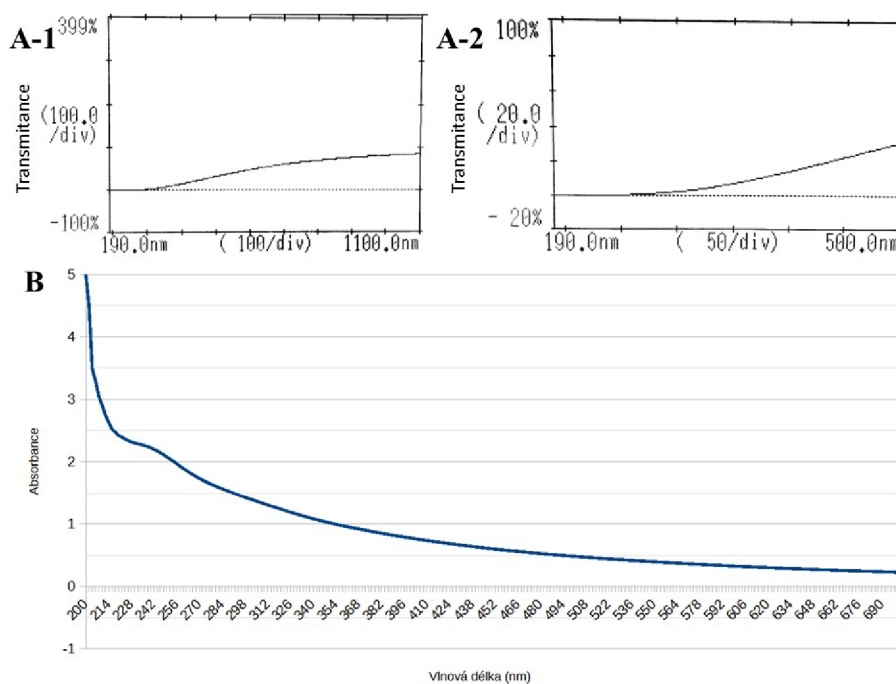
Obrázek 50: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 7 (Sidolux Premium Floor). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200, 203, 212, 218 a 228 nm



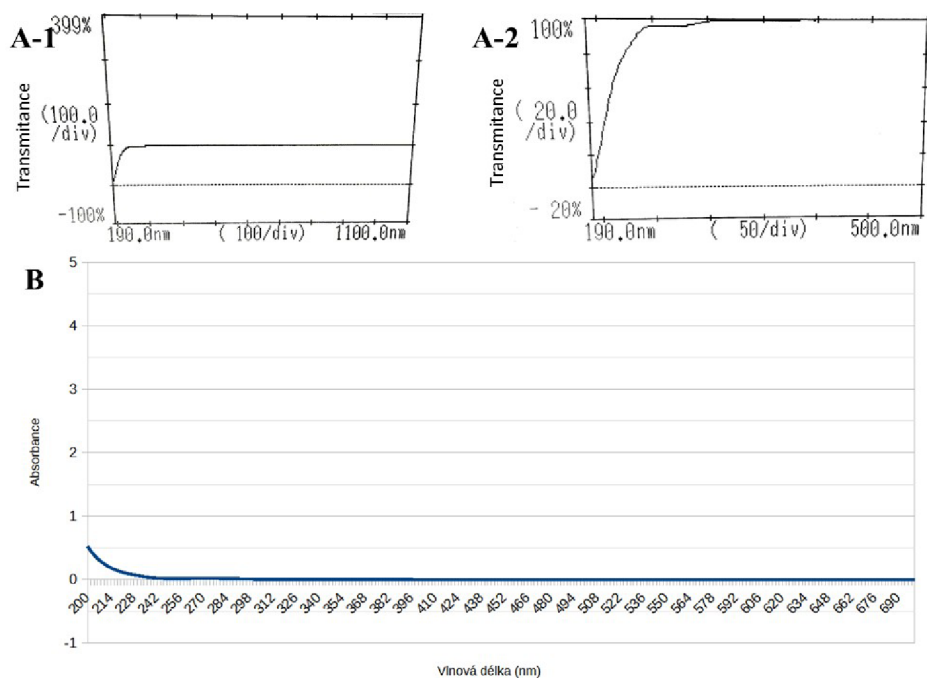
Obrázek 51: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 8 (Sidolux). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 218 nm.



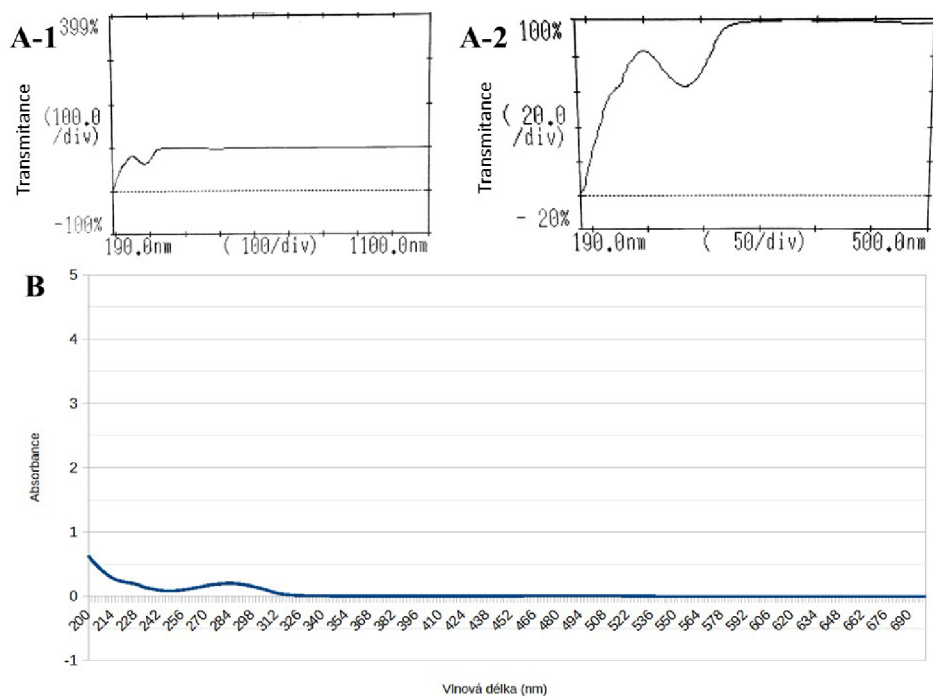
Obrázek 52: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 9 (Cleanman 122). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 220 nm.



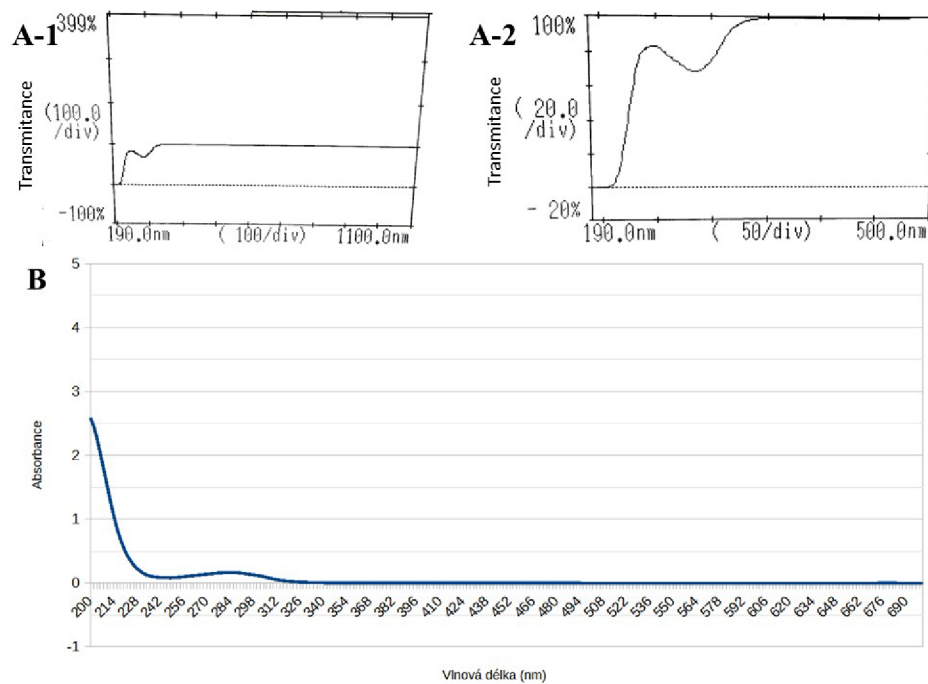
Obrázek 53: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 10 (Cleanfix Ecofloor). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 nm.



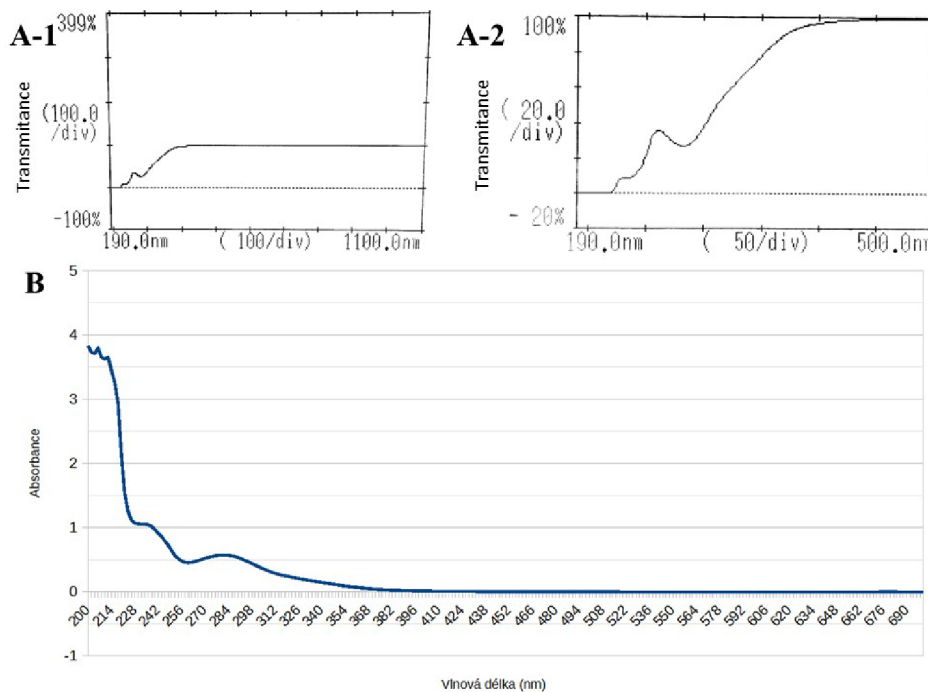
Obrázek 54: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 11 (Dr. Schultz). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 nm.



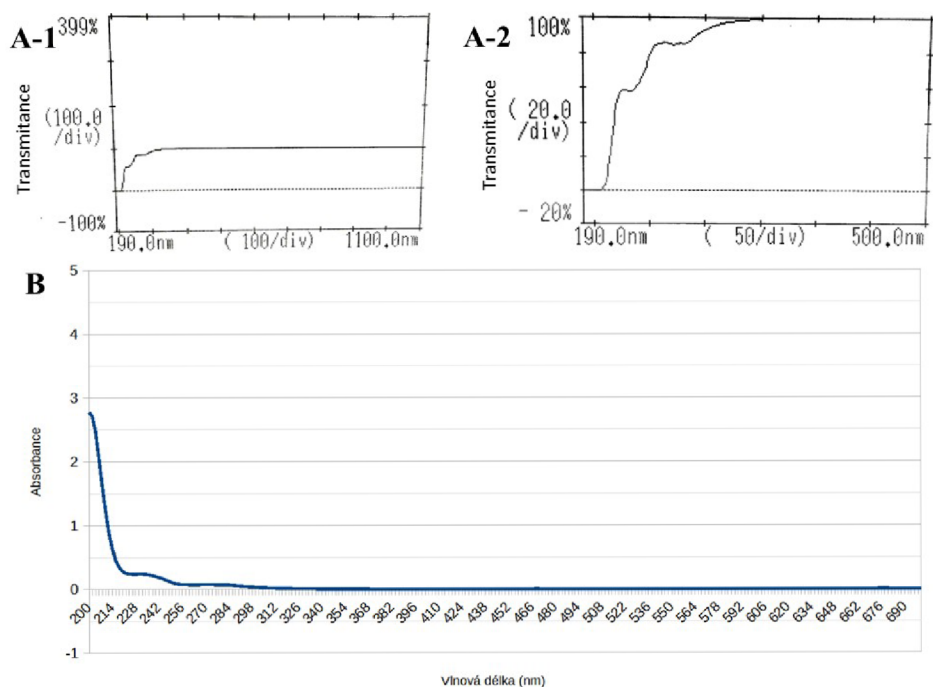
Obrázek 55: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 12 (Profimax). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 284 nm.



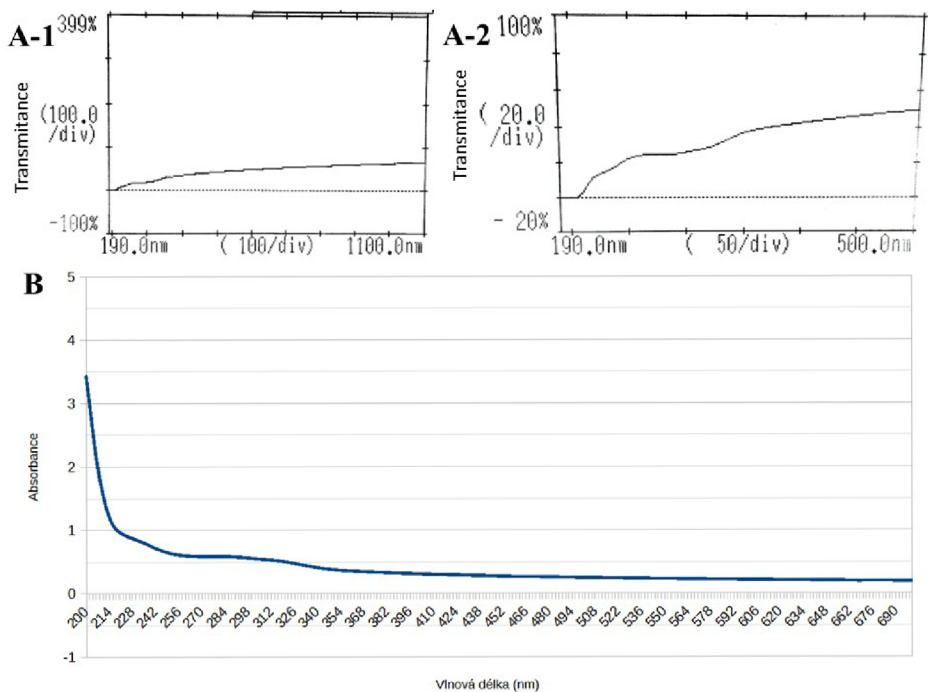
Obrázek 56: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 13 (Krystal). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 284 nm.



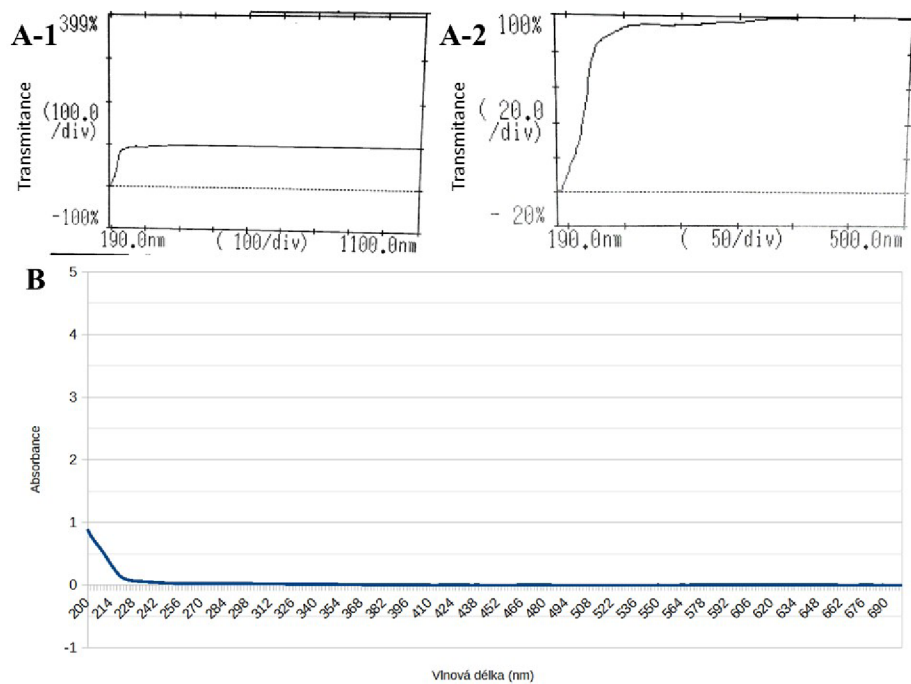
Obrázek 57: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 14 (Ecover). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200, 206, 212, 230 a 280 nm.



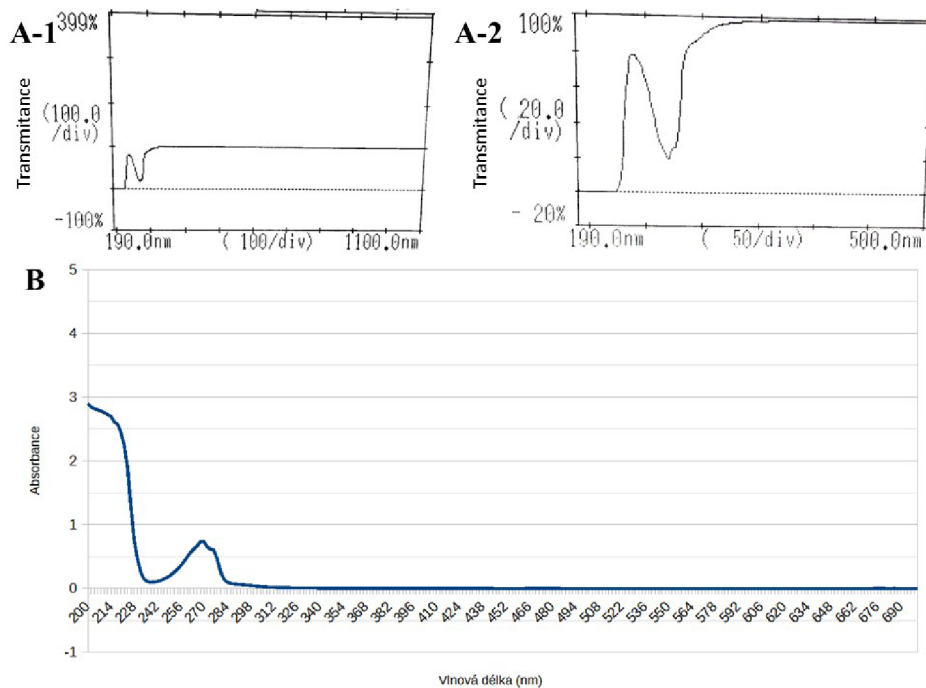
Obrázek 58: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 15 (Jelen). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelné absorpční maximum při vlnové délce 200 nm.



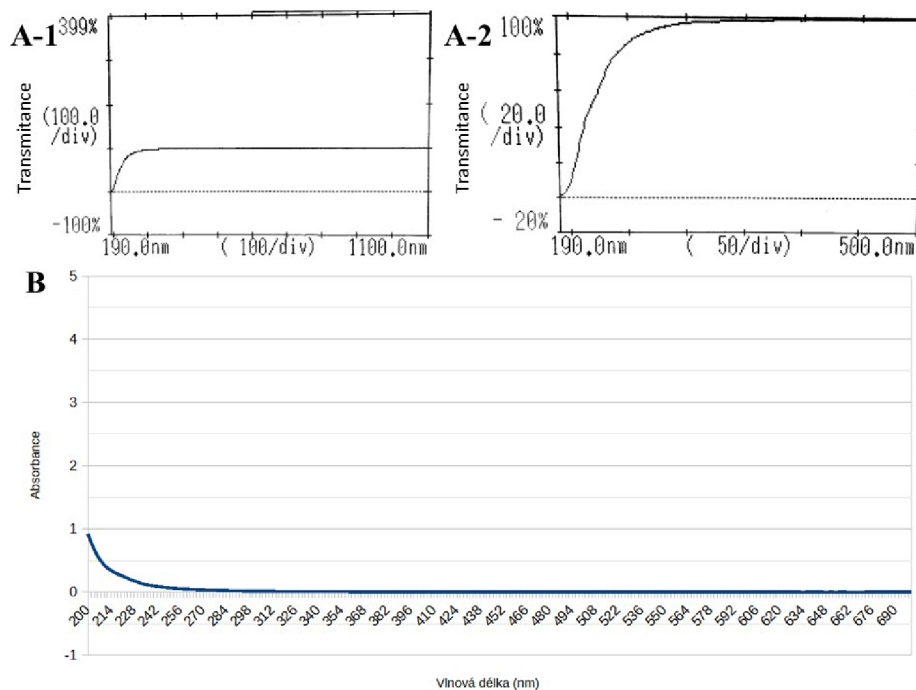
Obrázek 59: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 16 (Sonett). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelné absorpční maximum při vlnové délce 200 nm.



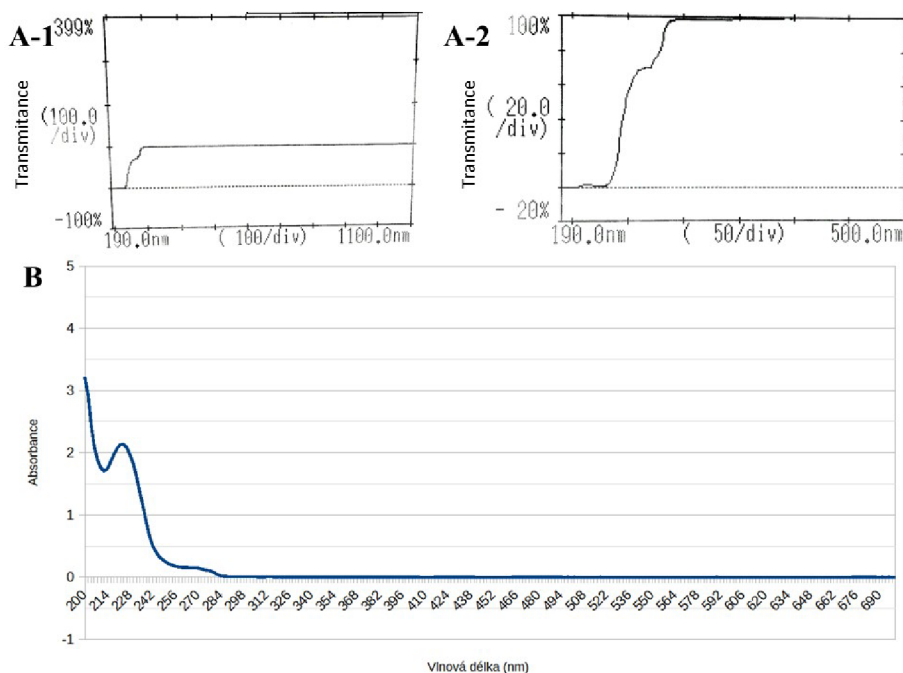
Obrázek 60: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 17 (Merida). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelné absorpční maximum při vlnové délce 200 nm.



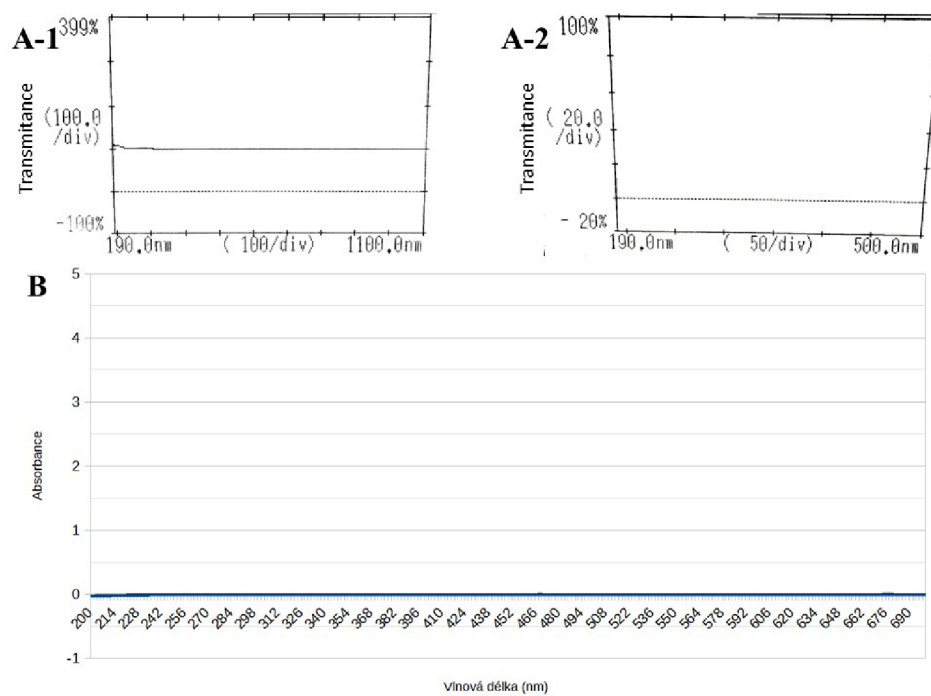
Obrázek 61: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 18 (Winni's Pavimenti). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 268 nm.



Obrázek 62: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 19 (Officina naturae). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelné absorpční maximum při vlnové délce 200 nm.



Obrázek 63: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření prostředku č. 20 (Tierra Verde). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum; B – Viditelná absorpční maxima při vlnové délce 200 a 224 nm.



Obrázek 64: Spektra získaná ze spektrofotometru Shimadzu UV-1601 (A) a GENESYS 180 (B) po měření kontroly (SDS). A-1 – Celé měřené spektrum; A-2 – Detailní záběr na spektrum

4.4 Hmotnostní spektrometrie

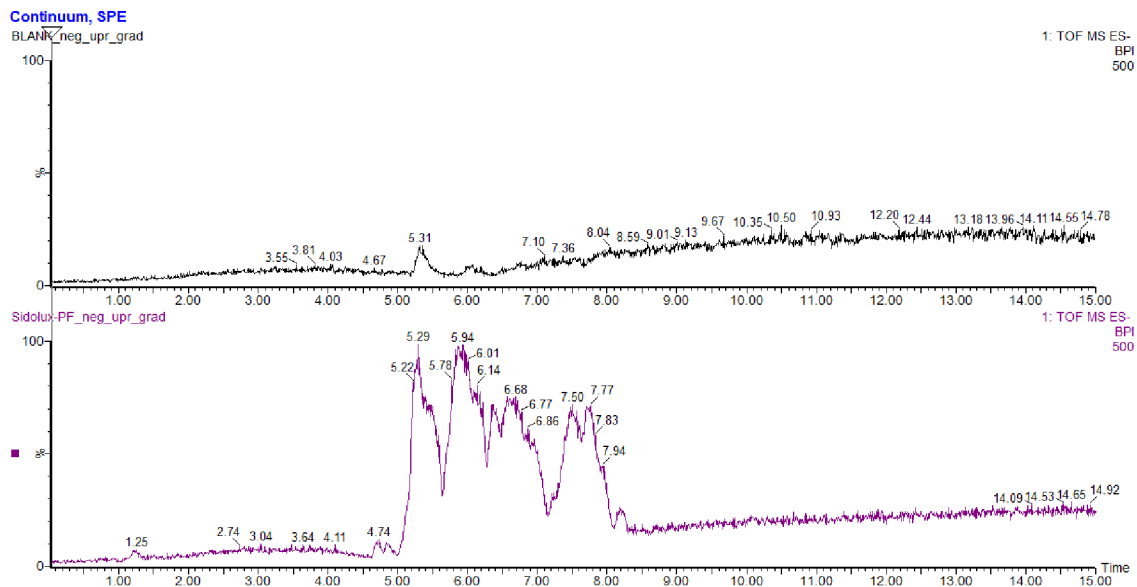
Na základě významnějšího rozdílu v povrchovém napětí a chování při mycím procesu na jednotlivých površích byly pro LC/MS analýzu vybráno těchto 11 prostředků: Pulirapid CASA, Savo PRIM, Tuklar, Sidolux Premium Floor, Dr. Schultz, Profimax, Ecover, Sonett, Merida, Winni's Pavimenti, Officina Naturae.

V této práci bylo použito spojení kapalinové chromatografie s hmotnostní spektrometrií při ionizaci elektrosprejem a použití hybridního analyzátoru typu Q-TOF. Z analýzy při pozitivní i negativní ionizaci byly získány chromatografy a spektra, na základě kterých bylo možné identifikovat některé látky přítomné v daných prostředcích. Přítomnost identifikovaných látek byla následně potvrzena využitím odborné literatury. Možné identifikované látky jsou vypsány v tabulce 17. Data k identifikaci daných látek jsou uvedena v tabulkách v příloze 3. Na obrázcích 65-73 jsou vyobrazeny chromatogramy a hmotnostní spektra prostředku Sidolux Premium Floor, jakožto ukázkového příkladu identifikace látek v obou ionizačních modech.

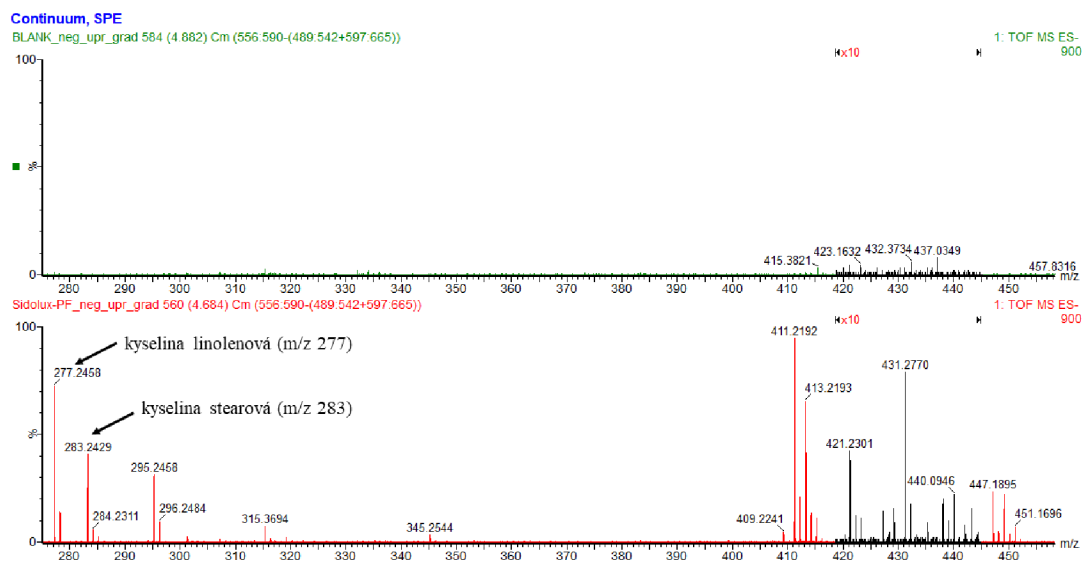
Při použití negativní ionizace byly v hmotnostním spektru prostředku Sidolux Premium Floor (Obrázky 65-70) identifikovány pravděpodobně monohydroxylované mononenasyčené mastné kyseliny s C_{18} - C_{21} , které mohou vznikat hydrolýzou acylglycerolů. Příkladem je kyselina ricinolejová (C_{18}) s m/z 297,2430 (Chatterjee et al., 2022), která by mohla být přítomna také v prostředcích Tuklar a Ecover (viz příloha 3).

Na základě článku Nascimento et al., 2019 je možné usuzovat, že v některých z přípravků (zvláště těch ekologických) se mohou nacházet saponiny. Konkrétně saponin olean-12-en-3 β ,24-diol ($C_{30}H_{50}O_2$) s m/z 441, který je přítomen v prostředku Winni's Pavimenti (m/z 441,3261). Dále jsou zřejmě přítomny saponiny kudzusapogenol A ($C_{30}H_{50}O_5$), 22-O-acetát-soyasapogenol B ($C_{32}H_{52}O_4$) a aglocone II ($C_{32}H_{50}O_5$).

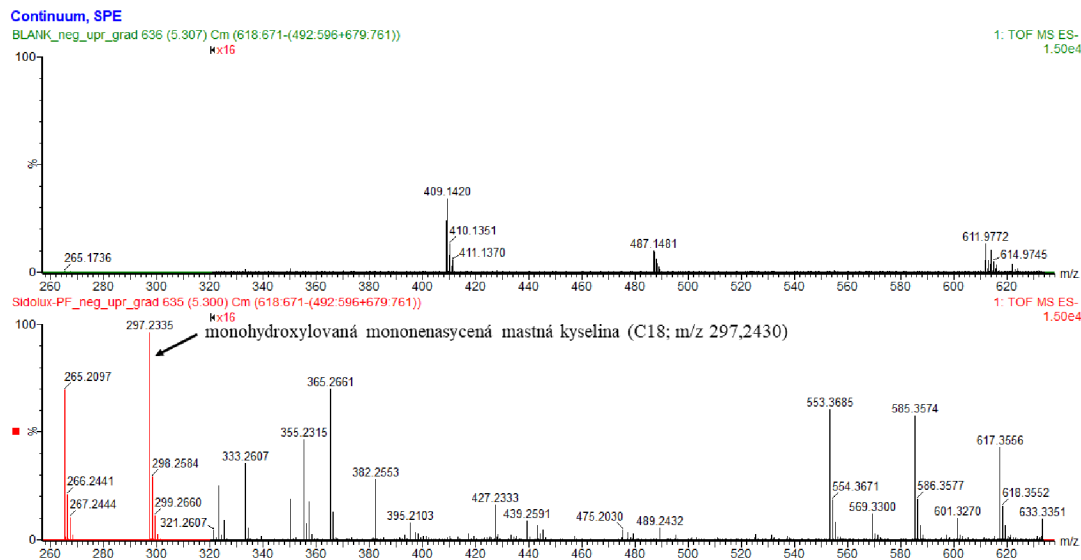
Kyseliny palmitová (m/z 255), linolenová (m/z 277), linolová (m/z 297), olejová (m/z 281), stearová (m/z 283) a eruková (m/z 337) se také v některých přípravcích nacházejí (tabulka 17 a příloha 3), buď jako samotné molekuly nebo vznikají rozkladem složitějších molekul jako jsou acylglyceroly (Banerjee et al., 2015; Goyal et al., 2012; Zhou et al., 2014). Pro jednoznačnější určení složení by bylo potřebné doplnit LC/MS analýzu cílenými experimenty s využitím MS/MS, to však překračuje rozsah této práce.



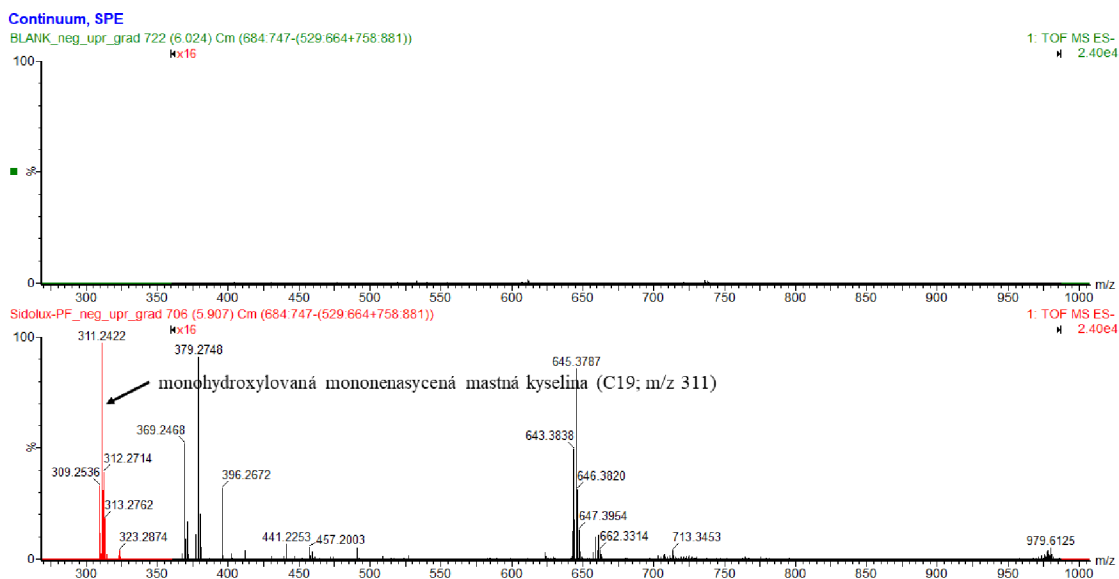
Obrázek 65: Chromatogram (intenzita nejintenzivnějšího píku, BPI) prostředku Sidolux Premium Floor (fialový) a blanku (černý) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí dobu trvání (15 minut) a svislá osa intenzitu píků.



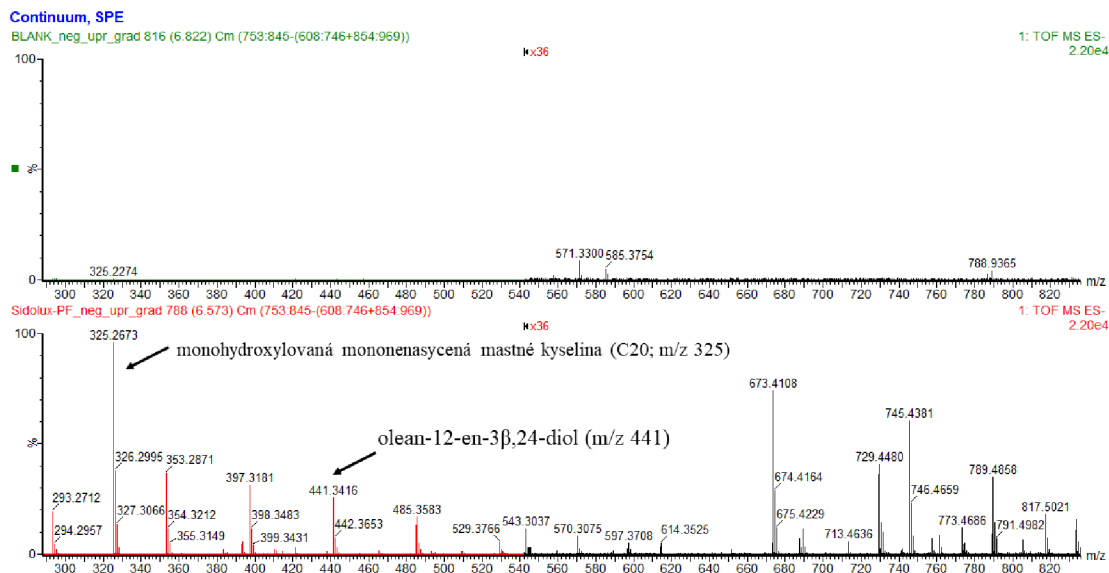
Obrázek 66: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červené) a blanku (zelené) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkou jsou vyznačeny identifikované látky (kyselina linolenová a kyselina stearová). Barevně odlišná část spektra je 10× zvětšená.



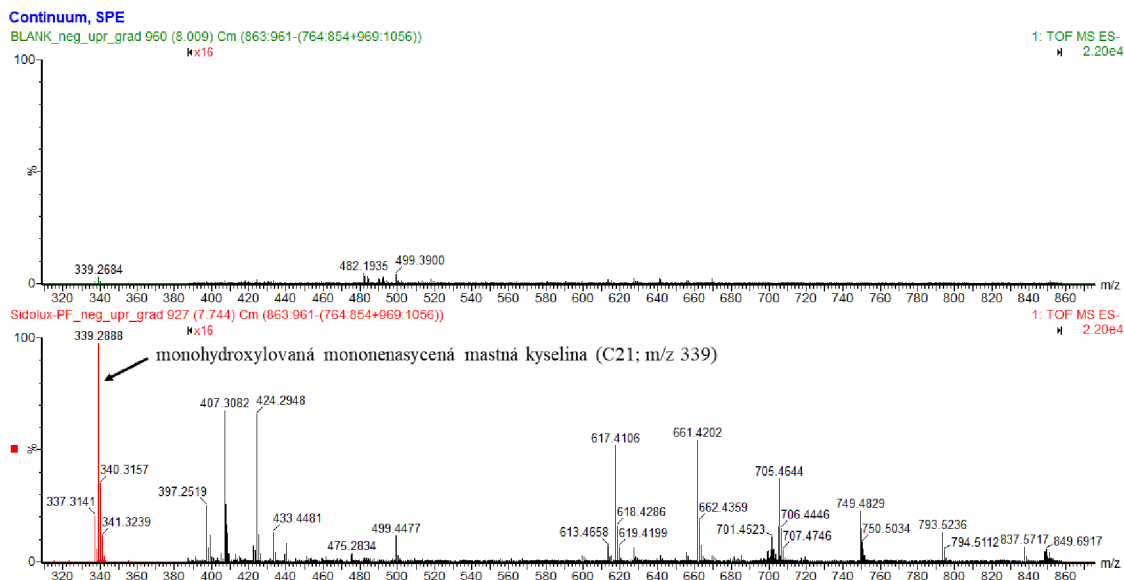
Obrázek 67: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červeně) a blanku (zeleně) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkou je vyznačená identifikovaná látka (monohydroxylovaná mononenasyčená mastná kyselina C₁₈ = ricinolejová kyselina). Barevně odlišná část spektra je 16× zvětšená.



Obrázek 68: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červeně) a blanku (zeleně) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkou je vyznačená identifikovaná látka (monohydroxylovaná mononenasyčená mastná kyselina C₁₉). Barevně odlišná část spektra je 16× zvětšená.



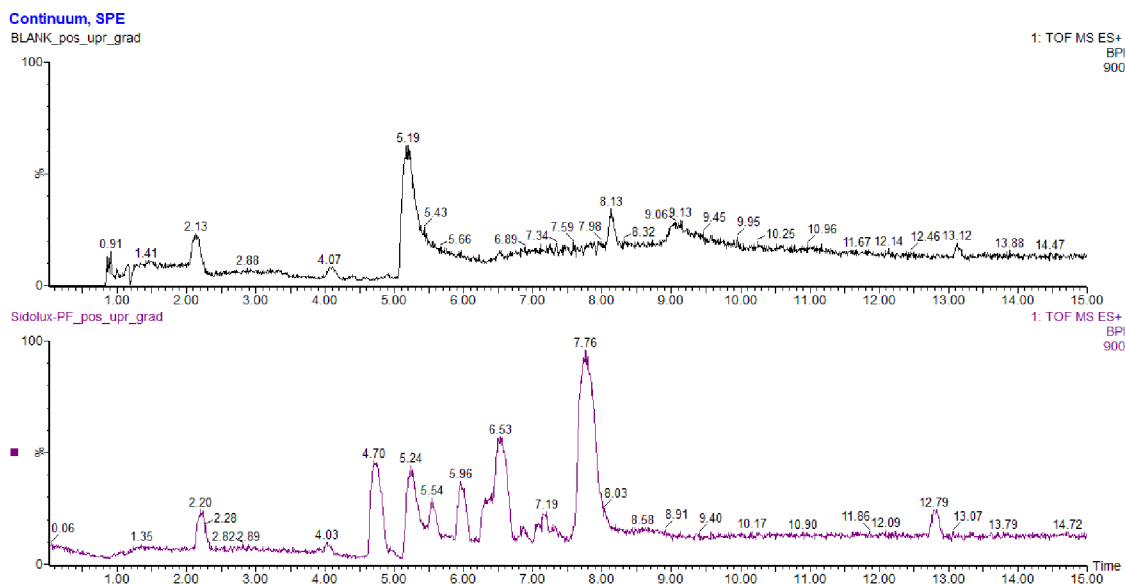
Obrázek 69: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červené) a blanku (zelené) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkou jsou vyznačeny identifikované látky (monohydroxylovaná mononenasyčená mastná kyselina C₂₀ a olean-12-en-3β,24-diol). Barevně odlišná část spektra je 36× zvětšená.



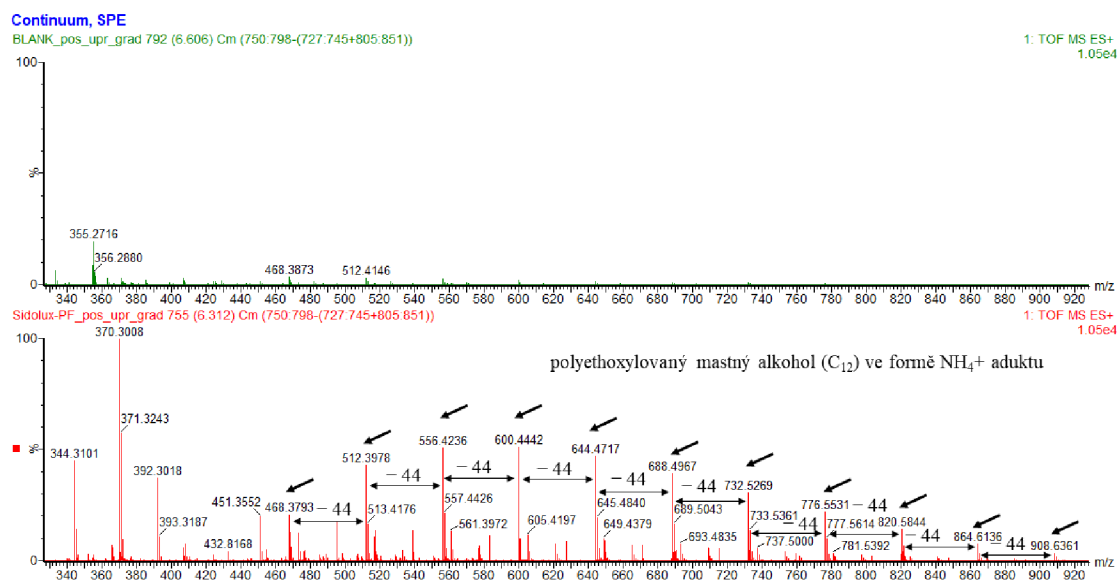
Obrázek 70: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červené) a blanku (zelené) při negativní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkou je vyznačena identifikovaná látka (monohydroxylovaná mononenasyčená mastná kyselina C₂₁). Barevně odlišná část spektra je 16× zvětšená.

Při použití pozitivní ionizace byly dle článku Nishikawa et al., 2003 identifikovány polyethoxylované mastné alkoholy ve formě NH_4^+ aduktu. Které se nacházely například v prostředku Sidolux Premium Floor. Dále byly dle článku Omar et al., 2018 identifikovány alkoholethoxyláty. Ty byly nalezeny v produktech Pulirapid, Tuklar, Sidolux Premium Floor a Profimax. V prostředcích Pulirapid, Tuklar a Dr. Schultz by také mohl přítomen větvený ethoxylovaný alkohol a v přípravku Winni's lineární ethoxylovaný alkohol (viz příloha 3). Na obrázcích 71-73 jsou vyobrazeny chromatogramy a hmotnostní spektra prostředku Sidolux Premium Floor.

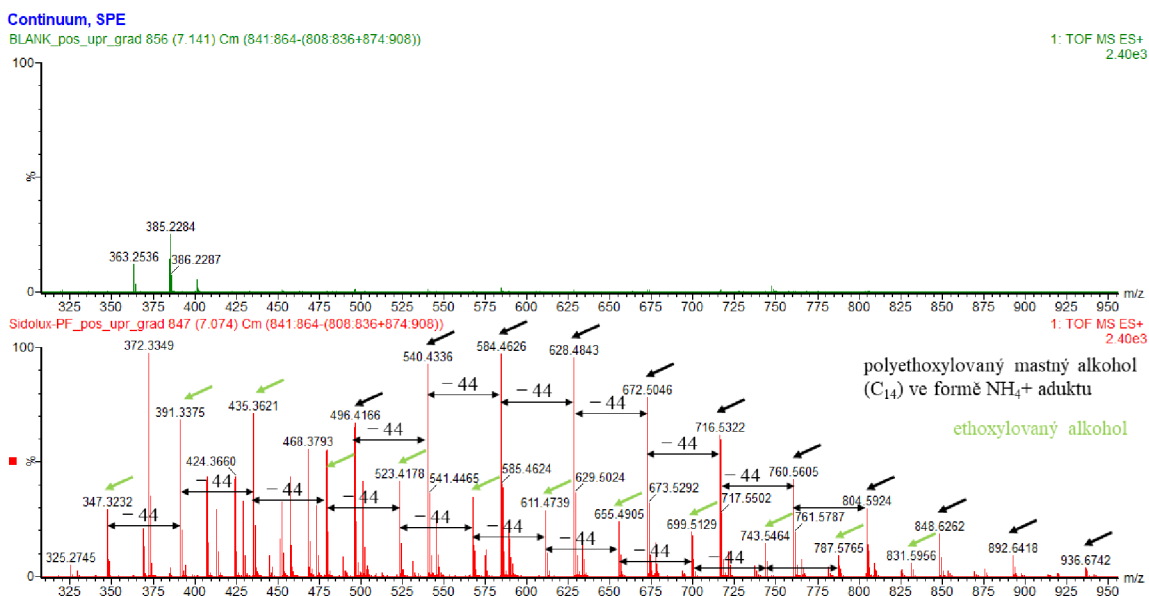
Mezi hmotnostními spektry prostředků bylo nalezeno 7 sad téměř shodných hodnot m/z, které se ale nepodařilo identifikovat. Jedna sekvence nalezená u všech přípravků, s výjimkou produktu Dr. Schultz, se vyznačovala nominálními hodnotami m/z 663, 685, 708, 736 a 963. Další sada hodnot m/z 149, 167, 279, 391, 413, 429 a 803 byla nalezena u všech prostředků kromě přípravku Pulirapid CASA. Dále se jednalo o m/z 484, 528, 572, 616, 660, 704, 748 u produktů Tuklar, Dr. Schultz, Sonett, Merida a Officina Naturae. Poté byly neidentifikovány sady m/z 166, 312, 393, 458 a m/z 180, 340, 421, 500, 508 u ekologických prostředků Sonett, Merida a Officina Naturae a hodnoty m/z 165, 310, 318, 391, 455 a 635 v případě produktů Merida a Winni's. Poslední touto sadou byly hodnoty m/z 363, 407, 451 pro přípravky Tuklar a Profimax.



Obrázek 71: Chromatogram (intenzita nejintenzivnějšího píku, BPI) prostředku Sidolux Premium Floor (fialový) a blanku (černý) při pozitivní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí dobu trvání (15 minut) a svislá osa intenzitu píků.



Obrázek 72: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červené) a blanku (zelené) při pozitivní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkami jsou vyznačeny homologické řady řetězců se vzrůstajícím počtem ethoxylovaných jednotek mastného alkoholu, které jsou kationizované jedním iontem NH₄⁺ (polyethoxylovaný mastný alkohol ve formě NH₄⁺ aduktu). Signál m/z 556,4236 představuje dodekanol s osmi ethoxylovanými jednotkami.



Obrázek 73: Hmotnostní spektrum prostředku Sidolux Premium Floor (červené) a blanku (zelené) při pozitivní ionizaci elektrosprejem. Vodorovná osa značí hodnotu m/z a svislá osa intenzitu vrcholů vzhledem k nejvyššímu. Šipkami jsou vyznačeny homologní řady narůstajícího řetězce identifikovaných tenzidů (černé šipky – polyethoxylovaný mastný alkohol (C₁₄) ve formě NH₄⁺ aduktu a zelené šipky – ethoxylovaný alkohol).

Tabulka 17: Souhrnné výsledky přítomnosti látek identifikovaných na základě dat z hmotnostních spekter jedenácti vybraných čistících prostředků. Jsou zahrnuty výsledky z pozitivní i negativní ionizace elektrosprejem.

Prostředek	Přítomnost možné identifikované látky					
	Kyseliny					
	palmitová	linolenová	linolová	olejová	stearová	eruková
Pulirapid	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Savo	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Tuklar	ANO	NE	NE	NE	NE	ANO
Sidolux Premium Floor	NE	ANO	NE	NE	ANO	NE
Dr. Schultz	NE	ANO	NE	NE	NE	ANO
Profimax	ANO	NE	ANO	NE	NE	NE
Ecover	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	NE
Sonett	ANO	NE	ANO	ANO	NE	NE
Merida	NE	NE	NE	NE	NE	ANO
Winni's Pavimenti	NE	NE	ANO	ANO	NE	ANO
Officina Naturae	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Monohydroxylované mononenasyčené mastné kyseliny (C ₁₈ -C ₂₁)						
Tuklar	ANO (C ₁₈)					
Sidolux Premium Floor	ANO					
Ecover	ANO (C ₁₈)					
Saponiny						
	olean-12-en-3β,24-diol (C ₃₀ H ₅₀ O ₂)	kudzusapogenol (C ₃₀ H ₅₀ O ₅)	22-O-acetát-soyasapogenol B (C ₃₂ H ₅₂ O ₄)	aglocone II (C ₃₂ H ₅₀ O ₅)		
Pulirapid	NE	NE	NE	NE		
Savo	NE	NE	NE	NE		
Tuklar	NE	NE	NE	NE		
Sidolux Premium Floor	ANO	NE	NE	NE		
Dr. Schultz	ANO	NE	NE	NE		
Profimax	NE	ANO	NE	NE		
Ecover	NE	NE	NE	NE	ANO	
Sonett	NE	ANO	ANO	ANO	NE	
Merida	NE	ANO	ANO	ANO	NE	
Winni's Pavimenti	ANO	NE	NE	NE	NE	
Officina Naturae	NE	ANO	ANO	ANO	NE	

Tabulka 17: Souhrnné výsledky přítomnosti látek identifikovaných na základě dat z hmotnostních spekter jedenácti vybraných čisticích prostředků. Jsou zahrnuty výsledky z pozitivní i negativní ionizace elektrosprejem (*pokračování*)

Prostředek	Přítomnost možné identifikované látky					
	Saponiny					
	olean-12-en-3 β ,24-diol (C ₃₀ H ₅₀ O ₂)	kudzusapogenol (C ₃₀ H ₅₀ O ₅)	22-O-acetát-soyasapogenol B (C ₃₂ H ₅₂ O ₄)	aglocone II (C ₃₂ H ₅₀ O ₅)		
Pulirapid	NE	NE	NE	NE		
Savo	NE	NE	NE	NE		
Tuklar	NE	NE	NE	NE		
Sidolux Premium Floor	ANO	NE	NE	NE		
Dr. Schultz	ANO	NE	NE	NE		
Profimax	NE	ANO	NE	NE		
Ecover	NE	NE	NE	ANO		
Sonett	NE	ANO	ANO	NE		
Merida	NE	ANO	ANO	NE		
Winni's Pavimenti	ANO	NE	NE	NE		
Officina Naturae	NE	ANO	ANO	NE		
	Polyethoxylovaný mastný alkohol					
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₇
Pulirapid	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
Savo	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Tuklar	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE
Sidolux Premium Floor	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE
Dr. Schultz	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Profimax	NE	ANO	NE	ANO	NE	NE
Ecover	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Sonett	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Merida	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Winni's Pavimenti	NE	ANO	NE	NE	NE	NE
Officina Naturae	NE	NE	NE	NE	NE	NE

5 ZÁVĚR

Na základě výsledků z měření povrchového napětí (kapitola 4.1) bylo předpokládáno, že nejlepší výsledky při laboratorním testu mycí účinnosti (kapitola 4.2) budou mít prostředky Pulirapid CASA a Tuklar a z ekologických prostředky Jelen, Sonett a Ecover a naopak nejhorší účinnost produkty Savo PRIM a ekologická Merida. Při mycím experimentu (kapitola 4.2.4) však byly výsledky velmi různorodé. Účinnost se velmi odvíjela od použitého povrchu a typu nečistoty (Tabulka 9-10 a 11-12) a s povrchovým napětím nekorespondovala. Při porovnání výsledků z obou typů „umělé špíny“ vychází, že účinnost je také silně ovlivněna složením nečistoty.

Na základě dobrých výsledků u prostředků Savo PRIM a Merida, u kterých bylo naměřeno vysoké povrchové napětí, lze předpokládat, že pracují na jiném principu než pouze na základě snížení povrchového napětí. Studium dalších efektů, jako jsou oxidační účinky prostředků, efekty spolupůsobení různých tenzidů a použitých solí jsou námětem pro další možné studie a přesahují rozsah a zaměření této práce.

Při aplikaci v provozu je také nutné se řídit instrukcemi výrobce a prostředky tak nepoužívat na povrchy, na které nejsou vhodné. Příkladem je prostředek Savo PRIM, který není vhodný na linoleum (kapitola 3.1.1) a je vhodné jej nejprve testovat na malé ploše.

Dle souhrnných výsledků mycí účinnosti uvedených v tabulce 16 jako nejlepší prostředek vychází Savo PRIM a z ekologických produktů prostředek Ecover. Je ale nutno poznamenat, že zjištěné rozdíly v mycích schopnostech vycházejí ze zjednodušených podmínek měření a jsou tak pouze nezávazným vodítkem. Přesnější data by poskytla širší statistická studie s nasazením prostředků v reálném provozu na jednotlivých součástech univerzity.

Spektrofotometrií bylo zjištěno, že 35 % prostředků má absorpční maxima v rozmezí vlnových délek 268-300 nm. Při vlnové délce 200 nm byla absorbance zvýšená u všech měřených prostředků.

Analýzou v ESI-Q-TOF-MS byly zjištěny některé složky tenzidů a jejich prekurzorů, zejména mastné kyseliny, obsažené ve vybraných jedenácti mycích prostředcích. V čistícím přípravku Savo PRIM se hmotnostní spektrometrií nepodařilo určit žádnou

látku. Při pozitivní ionizaci bylo nalezeno mnohem více tenzidů oproti ionizaci negativní a byla tedy úspěšnější. Nejvíce zastoupenou a identifikovanou skupinou tenzidů byly polyethoxylované mastné alkoholy. Detailnější identifikace látek obsažených v testovaných čistících prostředcích přesahuje rozsah této studie a může být předmětem pro další výzkum.

6 LITERATURA

- Abd El-Gawad, H. S. (2014). Aquatic environmental monitoring and removal efficiency of detergents. *Water Science*, 28(1), 51–64. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2014.09.001>
- Amund, O. O., Ilori, M. O., & Odetundun, F. R. (1997). Degradation of commercial detergent products by microbial populations of the Lagos lagoon. *Folia Microbiologica*, 42(4), 353–356. <https://doi.org/10.1007/BF02816949>
- Banerjee, S., Gupta, D., & Mazumdar, S. (2015). Regioselective Oxygenation of Polyunsaturated Fatty Acids by the Thermostable P450 from *Thermus thermophilus* HB27. *Current Biotechnology*, 4(3), 345–356. <https://doi.org/10.2174/2211550104666150806202934>
- Bezerra, K. G. O., Silva, I. G. S., Almeida, F. C. G., Rufino, R. D., & Sarubbo, L. A. (2021). Plant-derived biosurfactants: Extraction, characteristics and properties for application in cosmetics. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 34, 102036. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102036>
- Blažej, A., Hodul, P., Markušovská, E., Novák, L., Paulovič, M., & Vyskočil, I. (1977). *Tenzidy*. Alfa - Vydavatel'stvo technickej a ekonomickej literatúry.
- Clark, D. P., & Pazdernik, N. J. (2016). *Biotechnology*. Elsevier/AP Cell.
- Cole, R. B. (2010). *Electrospray and MALDI Mass Spectrometry Fundamentals, Instrumentation, Practicalities, and Biological Applications* (Second Edition). John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Dlamini, B., Rangarajan, V., & Clarke, K. G. (2020). A simple thin layer chromatography based method for the quantitative analysis of biosurfactant surfactin vis-a-vis the presence of lipid and protein impurities in the processing liquid. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101587. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101587>
- Dolman, B. M., Wang, F., & Winterburn, J. B. (2019). Integrated production and separation of biosurfactants. *Process Biochemistry*, 83, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.002>
- Drogerie ZDE <https://www.drogeriezde.cz/getattachment/7b3908a3-4e95-430f-ae9c-3505b0507e29/Bezpecnostni-list-Profimax-Alco-cleaner-hygienicky-cistic-s-alkoholem-oranzovy-11.pdf> (9.5.2023)
- Dřevěné podlahy levně https://www.drevene-podlahy-levne.cz/soubory/0715001090_2.pdf (9.5.2023)
- Eco garantie <https://ecogarantie.eu/cs/certifikat/> (9. 4. 2023)
- Eco label <https://www.ecolabel.net/cs/belgelendirme/> (9. 4. 2023)
- Econea <https://www.econea.cz/products/officina-naturae-super-koncentrovany-univerzalni-cistic-1-1?variant=45703148536039> (9.5.2023)
- Farias, C. B. B., Almeida, F. C. G., Silva, I. A., Souza, T. C., Meira, H. M., Soares da Silva, R. de C. F., Luna, J. M., Santos, V. A., Converti, A., Banat, I. M., & Sarubbo, L. A. (2021). Production of green surfactants: Market prospects. *Electronic Journal of Biotechnology*, 51, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.02.002>
- Goyal, S., Banerjee, S., & Mazumdar, S. (2012). Oxygenation of Monoenoic Fatty Acids by CYP175A1, an Orphan Cytochrome P450 from *Thermus thermophilus* HB27. *Biochemistry*, 51(40), 7880–7890. <https://doi.org/10.1021/bi300514j>

- Griffiths, E. T., Hales, S. G., Russell, N. J., Watson, G. K., & White, G. F. (1986). Metabolite Production during the Biodegradation of the Surfactant Sodium Dodecyltriethoxy Sulphate under Mixed-culture Die-away Conditions. *Microbiology*, 132(4), 963–972. <https://doi.org/10.1099/00221287-132-4-963>
- Guilhaus, M. (Ed.). (1995). *Time of flight mass spectrometry*. Trends in Analytical Chemistry.
- Hernández-Bermúdez de Castro, F., Gálvez-Borrego, A., & Calero-de Hoces, M. (1998). Surface Tension of Aqueous Solutions of Sodium Dodecyl Sulfate from 20 °C to 50 °C and pH between 4 and 12. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 43(5), 717–718. <https://doi.org/10.1021/jc9800149>
- Chateau, M., Galet, L., Soudais, Y., & Fages, J. (2004). A new test for cleaning efficiency assessment of cleaners for hard surfaces. *Journal of Surfactants and Detergents*, 7(4), 355–362. <https://doi.org/10.1007/s11743-004-0318-6>
- Chatterjee, M., Patel, J. B., Stober, S. T., & Zhang, X. (2022). Heterologous Synthesis and Secretion of Ricinoleic Acid in *Starmerella bombicola* with Sophorolipid as an Intermediate. *ACS Synthetic Biology*, 11(3), 1178–1185. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.1c00457>
- Chaturvedi, A. D., & Tiwari, K. L. (2013). Effect of Household detergents (Surfactants) Degraded through aquatic fungi. *Recent Research in Science and Technology*.
- Ibrahim, S., Diab, A., & Abdulla, H. (2021). Bio-cleaning Efficiency of Rhamnolipids Produced from Native *Pseudomonas aeruginosa* Grown on Agro-industrial By-products for Liquid Detergent Formulation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193(8), 2616–2633. <https://doi.org/10.1007/s12010-021-03555-3>
- Işgen, B., Salik, S. B., Goksu, L., Ulusoy, H., & Yılmaz, F. (2016). Bioattenuation of Detergent Plant Effluents Enhanced via Single Microbial Augmentations. *Journal of Surfactants and Detergents*, 19(3), 637–644. <https://doi.org/10.1007/s11743-016-1791-1>
- ICIS https://obchod.icis.cz/out/media/TUKLAR_SUPER_METALLIC_BL.pdf (9.5.2023)
- Jakovljević, V. D., & Vrvic, M. M. (2018). Potential of pure and mixed cultures of *Cladosporium cladosporioides* and *Geotrichum candidum* for application in bioremediation and detergent industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(3), 529–536. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.01.020>
- Jian, H., Liao, X., Zhu, L., Zhang, W., & Jiang, J. (2011). Synergism and foaming properties in binary mixtures of a biosurfactant derived from *Camellia oleifera* Abel and synthetic surfactants. *Journal of Colloid and Interface Science*, 359(2), 487–492. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2011.04.038>
- Kellner, R., Mermert, J. M., Otto, M., Valcárcel, M., & Widmer, H. M. (2004). *Analytical chemistry: A modern Approach to Analytical Science* (2nd Edition). Wiley-VCH.
- Khan, F. A. (2016). *Biotechnology fundamentals*. CRC Press.
- Kogawa, A. C., Cernic, B. G., do Couto, L. G. D., & Salgado, H. R. N. (2017). Synthetic detergents: 100 years of history. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(6), 934–938. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2017.02.006>
- Košík.cz https://static-new.kosik.cz/k3wCdnContainerk3w-static-cz-prod/files/safety_sheet/228044.pdf
- Kudelová, K., Jodlovská, J., & Šarapatka, B. (1999). *Odpady*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- LAKMA https://www.lakma.cz/wp-content/uploads/2023/01/BL_SIDOLUX-UNIVERSAL-SODA-POWER-s-vuni-MARSEILLE-SOAP-v5.pdf (9.5.2023)

- LAKMA https://www.lakma.cz/wp-content/uploads/2023/01/BL_SIDOLUX-PREMIUM-FLOOR-CARE-na-myti-podlah-VINYL-LINOLEUM-DLAZBA-OBKLADY-YLANG-YLANG-v4.pdf (9.5.2023)
- Lee, S., Lee, J., Yu, H., & Lim, J. (2016). Synthesis of environment friendly nonionic surfactants from sugar base and characterization of interfacial properties for detergent application. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 38, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.04.019>
- Liu, K., Sun, Y., Cao, M., Wang, J., Lu, J. R., & Xu, H. (2020). Rational design, properties, and applications of biosurfactants: A short review of recent advances. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 45, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2019.12.005>
- Merida <https://www.merida.cz/1162-ekologicky-prostredek-na-myti-podlahy-merida-eco-floor-1-1.html> (9.5.2023)
- Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019). Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26439–26448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05802-x>
- MP toner s.r.o. <https://www.mptoner.cz/mr-proper-clean-shine-lemon-univerzalni-cistic-1-1-p11854/> (9.5.2023)
- MP toner s.r.o. <https://www.mptoner.cz/mr-proper-clean-shine-ocean-univerzalni-cistic-1-1-p53620/> (9.5.2023)
- Muhammad, M. T., & Khan, M. N. (2018). Eco-friendly, biodegradable natural surfactant (Acacia Concinna): An alternative to the synthetic surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 188, 678–685. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.016>
- Müllerová, M., & Šváb, M. (2007). MĚŘENÍ KRITICKÝCH MICELÁRNÍCH KONCENTRACÍ TENZIDŮ VE VODNÝCH ROZTOCÍCH. *Chem. Listy*.
- Nascimento, Y. M., Abreu, L. S., Lima, R. L., Costa, V. C. O., Melo, J. I. M. D., Braz-Filho, R., Silva, M. S., & Tavares, J. F. (2019). Rapid Characterization of Triterpene Saponins from *Zornia brasiliensis* by HPLC-ESI-MS/MS. *Molecules*, 24(14), 2519. <https://doi.org/10.3390/molecules24142519>
- Nishikawa, M., Katagi, M., Miki, A., & Tsuchihashi, H. (2003). Forensic Toxicological Determination of Surfactant by Liquid Chromatography/ Electrospray Ionization Mass Spectrometry and Liquid Chromatography/Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. *Journal of Health Science*, 49(2).
- Nuspring https://www.nuspring.cz/cms/upload/files/BL_Univerz%C3%A1ln%C3%AD%20%C4%8Disti%C4%8D%20s%20pomoran%C4%8Dovou%20silic%C3%AD.pdf (9.5.2023)
- Nwinyi, O. C., & Umame, P. O. (2021). Degradation Potentials Of Tropical Soil Bacteria On Detergents. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 665(1), 012071. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/665/1/012071>
- Omar, A. B., Alawani, N., Al Moajil, A., & Aldarweesh, S. (2018). Alcohol Ethoxylate Nano Surfactant: Surface Tension and Compatibility with Acidizing Additives. *Day 1 Mon, April 30, 2018*, D011S013R003. <https://doi.org/10.4043/28801-MS>
- Pedrazzani, R., Ceretti, E., Zerbini, I., Casale, R., Gozio, E., Bertanza, G., Gelatti, U., Donato, F., & Feretti, D. (2012). Biodegradability, toxicity and mutagenicity of detergents: Integrated experimental evaluations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.07.023>
- Petrović, M., & Barceló, D. (2000). Determination of Anionic and Nonionic Surfactants, Their Degradation Products, and Endocrine-Disrupting Compounds in Sewage Sludge by Liquid

- Chromatography/Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 72(19), 4560–4567. <https://doi.org/10.1021/ac000306o>
- Pradhan, A., & Bhattacharyya, A. (2017). Quest for an eco-friendly alternative surfactant: Surface and foam characteristics of natural surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 150, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.013>
- Rebello, S., Asok, A. K., Mundayoor, S., & Jisha, M. S. (2014). Surfactants: Toxicity, remediation and green surfactants. *Environmental Chemistry Letters*, 12(2), 275–287. <https://doi.org/10.1007/s10311-014-0466-2>
- Sawalha, A. F. (2007). Storage and utilization patterns of cleaning products in the home: Toxicity implications. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1186–1191. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.007>
- Singh, A., Sharma, A., Bansal, S., & Sharma, P. (2018). Comparative interaction study of amylase and surfactants for potential detergent formulation. *Journal of Molecular Liquids*, 261, 397–401. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.04.047>
- Sonett <https://www.sonett.cz/sonett-podlahovy-cistic-500-ml/> (9.5.2023)
- Svět úklidu https://www.svetuklidu.cz/user/related_files/032_034_076_bl2020_pulirapid_casa-1.pdf (9.5.2023)
- Svět úklidu https://www.svetuklidu.cz/user/related_files/blcz_vbpmv_krystal_mydlovy_cistic_s_vcelim_vo_skem_od-20160222.pdf (9.5.2023)
- Šmidrkal, J. (2020). *Tenzidy*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- Teta drogerie <https://www.tetadrogerie.cz/eshop/katalog/savo-prim-1-2l-kvetinova-vune> (9.5.2023)
- Unilever <https://wiop.unilever.cz/brands/savo/savo-prim-kvetinova-vune-tekuty-cistici-a-dezinfekcni-pripravky-20245-9047484-1/> (9.4.2023)
- University of Pittsburgh, Department of Chemistry <https://www.chem.pitt.edu/facilities/mass-spectrometry/mass-spectrometry-introduction> (3.5.2023)
- Vše pro úklid https://www.vse-pro-uklid.cz/user/related_files/eco_floor_bl.pdf (9.5.2023)
- Vybavení pro úklid https://vybaveniprouklid.cz/files/product/7c/122b12016_72c7c24a3cd0f1816c9669d7ffba25f8.pdf (9.5.2023)
- Vybavení pro úklid https://vybaveniprouklid.cz/files/product/88/ccpuzakladcistic_ac5889f07ce9ceb5c82498b6952398fe.pdf (9.5.2023)
- Vybavení pro úklid https://vybaveniprouklid.cz/files/product/a2/jelen-tekuty-rejzak-medunka-bl-2018-v1_13da2c157b3531b00558ceea8b49555a.pdf (9.5.2023)
- Wang, R., Li, Y., & Li, Y. (2014). Interaction Between Cationic and Anionic Surfactants: Detergency and Foaming Properties of Mixed Systems. *Journal of Surfactants and Detergents*, 17(5), 881–888. <https://doi.org/10.1007/s11743-014-1605-2>
- Webmail <https://webmail.life.nthu.edu.tw/~labcjw/BioPhyChem/Mass/quadrupo.htm> (3.5.2023)
- Wu, Q., Zhao, L., Song, R., & Ma, A. (2019). Research progress of surfactant biodegradation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 227, 052023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/227/5/052023>
- Zelená domácnost <https://www.zelenadomacnost.com/m/ecover> (9.5.2023)

- Zhang, W., Wu, J., Xiao, J., Zhu, M., & Yang, H. (2021). Compatibility and Washing Performance of Compound Protease Detergent. *Applied Sciences*, *12*(1), 150. <https://doi.org/10.3390/app12010150>
- Zhou, Y., Wu, Z., Li, C., Wang, N., Zhang, X., Chen, H., & Xiao, S. (2014). Coupling neutral desorption sampling to dielectric barrier discharge ionization mass spectrometry for direct oil analysis. *Anal. Methods*, *6*(5), 1538–1544. <https://doi.org/10.1039/C3AY41817K>

7 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	„umělá nečistota“ s hliněným prachem
B	„umělá nečistota“ s prachem z vysavače
CMC	„critical micelle concentration“, kritická micelární koncentrace
D	dřevěná parketa
EI	ionizace elektronem
ESI	„electrospray ionisation“, elektrosprejová ionizace
HPLC	„high pressure liquid chromatography“, vysokoúčinná kapalinová chromatografie
K	keramická kachle
LB	drsne béžové lino
LC	„liquid chromatography“, kapalinová chromatografie
LM	hladké modré lino
M	hladký mramor
MALDI	„matrix-assisted laser desorption/ionization“, laserová desorpce/ionizace s použitím matrice
MS	„mass spectrometry“, hmotnostní spektrometrie
PAL	povrchově aktivní látky, tenzidy, sulfáty
Q	kvadrupólový analyzátor
TOF	„Time of flight“, detektor doby letu
UV-VIS spectrum	„ultraviolet-visible“ spektrum, ultrafialové-viditelné spektrum

8 PŘÍLOHY

1. Seznam čistících prostředků a vyhodnocení mycí účinnosti
2. Data ze spektrofotometru GENESYS 180
3. Data z hmotnostního spektrometru Synapt G-1