

# **Dlouhodobý vyluhovací test solidifikovaného odpadu**

Agáta Vyoralová

---

Bakalářská práce  
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Agáta Vyoralová**  
Osobní číslo: **T12313**  
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Dlouhodobý vyluhovací test solidifikovaného odpadu**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracuje literární rešerši o dlouhodobém vyluhování solidifikovaných odpadů.
2. Provedte experimentální laboratorní studii dlouhodobého vyluhování zvoleného solidifikovaného odpadu.
3. Dosažené výsledky přehledně písemně zpracujte a kriticky zhodnoťte.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

-VAN DER SLOOT, H.A, L. HEASMAN a Ph. QUEVAUVILLER. Harmonization of leaching/extraction tests. 1998. vyd. Amsterdam: Elsevier science B.V., 1998. ISBN 0-444-82080-7 - Song, FY at al., Leaching behavior of heavy metals from sewage sludge solidified by cement-based binders, CHEMOSPHERE 92(2013), str. 344-350

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Vratislav Bednařík, Ph.D.**

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**2. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**20. května 2016**

Ve Zlíně dne 2. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: VYORALOVA AGÁTA

Obor: IOŽP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 18.5.2016



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá dlouhodobým vyluhovacím testem solidifikovaného odpadu. Solidifikovaný odpad je dvojího typu. Jeden je odpad z galvanického pokovování z MESIT galvanica s.r.o., který je považovaný za nebezpečný. Obsahuje toxické kovy, zejména zinek. Druhý je odpad simulovaný také s obsahem zinku ve známém množství. Proto byla měřena koncentrace zinku ve výluzích u obou typů odpadů jako jeden ze sledovaných kritických parametrů. Monolitická tělesa vytvořena z odpadu byla natřena různými nátěry, které slouží jako sekundární bariéra. Poté byly vloženy do destilované vody a vyluhovány. Po daných časových intervalech byly odebrány vzorky výluhů a byly měřeny následující vlastnosti pH, konduktivity a koncentraci zinku po dobu několika měsíců.

**Klíčová slova:** dlouhodobé vyluhovací testy, sekundární bariéra, solidifikovaný odpad, nebezpečný odpad, zinek

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the long-term leaching test solidified waste. Solidified waste is two-fold. One is waste from electroplating of the mosque Galvanic Ltd., which is considered dangerous. Containing toxic metals, in particular zinc. The second simulated waste also contains zinc in a known amount. Therefore, the concentration of zinc in extracts of both types of waste was measured as one of the critical parameters monitored. The monolithic body made of waste was coated with different coatings, which serves as a secondary barrier. They were then placed in distilled water and eluted. After given time intervals, samples were taken of the extracts were measured and the following properties of pH, conductivity and concentration of zinc for several months.

**Keywords:** long-term leaching tests, a secondary barrier, solidified waste, hazardous waste, zinc.

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Vratislavu Bednaříkovi, Ph. D. za odborné vedení, ochotu, obrovskou trpělivost, vynaložený čas a cenné rady při jejím zpracování. Děkuji také Ing. Štěpánu Vinterovi za cenné rady a pomoc. V neposlední řadě, děkuji za podporu a důvěru své rodině, která při mně stálá po čas celého studia.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 SOLIDIFIKACE/ STABILIZACE</b> .....	<b>12</b>
1.1 POJIVA.....	13
1.1.1 Anorganická pojiva .....	13
1.1.1.1 Hydraulická pojiva.....	13
1.1.1.2 Nehydraulická pojiva.....	14
1.1.2 Organická pojiva .....	14
1.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ STABILIZACI/SOLIDIFIKACI .....	14
<b>2 VYLUHOVACÍ TESTY</b> .....	<b>15</b>
2.1 TESTY UŽÍVANÉ V ČR .....	15
2.2 TESTY UŽÍVANÉ MIMO ČR.....	15
2.2.1 SPLP - Synthetic Precipitation Leaching Procedure.....	15
2.2.2 EP – Extraction Procedure .....	16
2.2.3 TCLP – Toxicity Characteristic Leaching Procedure .....	16
2.2.4 TVA Eluat Test .....	17
2.3 OVLIVŇUJÍCÍ FAKTORY .....	17
<b>3 DLOUHODOBÉ VYLUHOVACÍ TESTY</b> .....	<b>19</b>
3.1 MEP - MULTIPLE EXTRACTION PROCEDURE.....	19
3.2 SET - SEQUENTIAL EXTRACTION TEST .....	19
3.3 SCE - SEQUENTIAL CHEMICAL EXTRACTION .....	19
<b>4 NEBEZPEČNÝ ODPAD</b> .....	<b>20</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>22</b>
<b>5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>23</b>
5.1 POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	23
5.2 CHEMIKÁLIE A MATERIÁLY .....	23
5.2.1 Odpad .....	23
5.2.2 Simulovaný odpad.....	23
5.2.3 Nátěrové hmoty .....	23
5.3 PŘÍPRAVA MONOLITICKÝCH TĚLES SOLIDIFIKOVANÉHO ODPADU .....	24
5.3.1 Solidifikace reálného odpadu .....	24
5.3.2 Solidifikace simulovaného odpadu .....	25
5.3.3 Vytváření sekundární bariéry na tělesech .....	25
5.3.4 Tělesa bez nátěru.....	26
5.4 TEST VYLUHOVATELNOSTI MONOLITICKÝCH TĚLES .....	26
5.4.1 Měření konduktivity.....	26
5.4.2 Měření pH .....	26
5.4.3 Stanovení koncentrace zinku pomocí atomové absorpční spektrometrie.....	26
<b>III VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....	<b>27</b>
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....	<b>28</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>



<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>44</b>
<b>7 SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>45</b>
7.1 PŘÍLOHA Č. 1 .....	45

## ÚVOD

V dnešní době je velkou škálou a množstvím odpadů zatěžováno prostředí kolem nás, to prostředí, ve kterém žijeme. Většinou je za těmito odpady přímo člověk, který produkuje ve velkém množství nejen komunální odpad z domácností, ale i odpad z průmyslové, stavební či zemědělské výroby. Chemický odpad je pro životní prostředí nejméně šetrný, protože právě tento odpad v sobě obsahuje těžké toxické kovy i jiné nebezpečné látky, které se mohou dostat i do potravního řetězce. To znamená, že se dostávají i do organismů a způsobují zdravotní potíže a ve velkých koncentracích může dojít i k úmrtí. Zákon o odpadech a legislativa s tímto související udává limit pro ukládání odpadu na skládku. Pokud odpad těmto podmínkám nevyhovuje, jednou z možností je upravit jej pomocí stabilizace/solidifikace (S/S) a poté uložit na skládku. U odpadů upravovaných S/S metodou je důležitá i jejich dlouhodobá stabilita a chování v životním prostředí po delší době. To je hlavní důvod, proč se zabývám v této práci dlouhodobým vyluhovacím testem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SOLIDIFIKACE/ STABILIZACE

Stabilizace a solidifikace (S/S) je užívána k zamezení znečištění životního prostředí především těžkými kovy. Také slouží k imobilizaci polutantů v matrici. Tím se dosáhne možnosti uložení odpadu na skládku, popřípadě využití odpadu, jako například konstrukční materiál. Tyto technologie zahrnují různé typy fyzikálně-chemických úprav odpadů, přičemž probíhají dva procesy souběžně. Jednak se stabilizují nebo zachycují kontaminanty, které jsou obsažené v odpadu, chemickou reakcí, nebo absorpcí na vhodném sorbentu, čímž se převádí na méně rozpustnou nebo méně mobilní formu to je stabilnější formu. Tento proces se nazývá stabilizace. Druhým procesem je solidifikace, při které dochází ke zpevnění odpadu, tj. například ze sypké nebo tekuté konzistence do podoby pevného tělesa. Může docházet k vytváření bariéry, která zpomaluje nebo znemožňuje transport toxic-  
kých látek do prostředí. K stabilizaci a solidifikaci dochází působením vhodného pojiva, například cementu. V případě některých odpadů je S/S komplikovaná například z důvodu přítomnosti amfoterních kovů (jako je zinek) a proto se hledají jiné možnosti. Například silikonové pryskyřice by mohly být jednou z variant. [1], [2], [4]

Technologie užívané pro solidifikaci jsou:

- Cementace
- Bitumenace
- Vitifikace
- Fixace na jiné materiály, které jsou více vhodné

### Cementace

Cement se mísí s odpadem ve vhodném poměru. Probíhá za normální teploty s dostupným zařízením k použití, jedná se o relativně levnou a jednu z nejpoužívanějších S/S technologií. [4]

### Bitumenace

Technologie, kdy se za zvýšené teploty mísí odpad s asfaltovými typy pojiv. Je vhodná i pro fixaci kapalných koncentrátů a kalů, avšak je důležité, aby se přebytečná voda z odpadu odpařila a tím došlo k odvodnění a odpad se současně promíchal s bitumenem. Nevýhodou je zvýšené riziko požáru a pracovního úrazu právě vlivem vysoké teplotě při zpracování odpadu. Další nevýhodou je možnost uvolňování těžkých nebezpečných látek z odpadu. Pro solidifikaci vlhkých odpadů je možné použít asfaltových emulzí, což umožní

provádět solidifikaci za běžné teploty bez zahřívání. Oproti cementaci vede bitumenace k lepším produktům, co se týká vyluhovatelnosti nebo konečného objemu, který je menší než u cementace. [3], [4]

#### Vitrifikace

Je to takzvané zesklenní tavením při vysokých teplotách. Tato metoda je aplikována především při zpracování toxických zbytků ze spaloven nebezpečného odpadu. Samotný odpad již obsahuje sklotvorné látky, ale pro vytvoření spolehlivé matrice se přidávají skelné střepy, například z nevratného obalového skla. Tyto skla mají vysokou odolnost vůči působení vody, proto není problém zpracovávat tímto způsobem odpady, které mají vysoké koncentrace škodlivých látek. Díky převodu prakticky všech sloučenin na oxidy tato technologie významně snižuje objem. Konečné sklo se dá použít k výrobě stavebního materiálu, díky tomu, že je vysoce inertní. Výsledný produkt, po úpravě touto technologií, lze použít do cementových nebo bitumenových směsí. [4]

#### Fixace na jiný materiál

Cílem této technologie je snížit vyluhovatelnost, než se odpad trvale uloží. Používá se zde například odpadní sádra, která vzniká při procesu odsiřování spalin. [4]

## 1.1 Pojiva

Mohou to být organické i anorganické materiály, které slouží k fixaci kontaminovaných materiálů v průběhu S/S procesu. Pojiva se při solidifikaci užívají organické a anorganické, popřípadě se mohou užívat jejich kombinace. [3], [5]

### 1.1.1 Anorganická pojiva

Dělí se na hydraulická a nehydraulická pojiva. Nízká cena materiálu, jednoduchá technologie nebo aplikovatelnost na různé druhy odpadů patří k výhodám. Naopak celkový nárůst objemu odpadu, či vysoký obsah nečistot patří k nevýhodám. Nejběžnějšími jsou vápno, sádra, silikáty, portlandský cement. [3], [5]

#### 1.1.1.1 Hydraulická pojiva

Do této skupiny patří látky na bázi cementu. Ty po smíchání s vodou samy tuhnou pod vodou i na vzduchu. Po přidání vody vzniká pevná matrice, jelikož dochází k hydrataci

křemičitanů cementu. V případě, že je v odpadu obsaženo dostatečné množství vody, stačí k solidifikaci přidání cementu a další přídavek vody není potřebný.

Portlandský cement - K stabilizaci odpadu dochází tím, že většina těžkých kovů se převádí do formy málo rozpustných oxidů, čím se brání jejich vyluhování do vody. Odpad solidifikovaný portlandským cementem se vyznačuje vysokou pevností. [3]

#### **1.1.1.2 Nehydraulická pojiva**

Takzvaná vzduchová pojiva tvrdnou jen na vzduchu. Ve vytvrzené formě jsou odolná vůči vodě. Patří zde například vápno.

#### **1.1.2 Organická pojiva**

Používají se hlavně u typů odpadů, které nejde odstranit termicky, např. radioaktivních odpadů. Výhodou jejich použití je odolnost vůči biodegradaci nebo vysoká hydrolytická stabilita solidifikovaného odpadu. Patří zde odpadní plasty, polyestery, epoxidové pryskyřice, či bitumenové živice. [3], [5]

### **1.2 Faktory ovlivňující stabilizaci/solidifikaci**

Tento proces může být ovlivněn různými chemickými látkami, které jsou v odpadu obsaženy nebo i jinými vlivy nepříznivě. Je především ovlivněn:

- Množstvím použité vody,
- dobou a teplotou tuhnutí,
- poměrem hmotnosti odpadu k hmotnosti pojiva,
- kontaminanty obsaženými v odpadu.

Tyto účinky mají vliv ten, že může dojít ke zpomalení tuhnutí, snížení pevnosti či větší vyluhovatelnosti kontaminantů. Pro tyto důvody je nutné dodržovat stejné podmínky – poměr odpadu a pojiva, dobu a teplotu tvrdnutí, atd. [6]

## 2 VYLUHOVACÍ TESTY

Vyluhovací metody se dají dělit do tří skupin:

- 1. statické testy
  - Je to test prováděný u monolitických nebo zrnitých těles. Používá se pro drcený půdní vzorek. Vyluhování zabere několik hodin někdy až dní.
- 2. dynamické testy
  - U tohoto testu se využívá zrnitý materiál odpadu. Převážnou většinou se provádí bez úpravy odpadu, či vzorku. Délka vyluhování je několik dnů až týdnů.
- 3. testu se také provádí v nádobách na vyluhování
  - Používá se zde monolitické těleso, či monolitický vzorek. Doba pro vyluhování se může řadit do několika dnů až týdnů. [7]

### 2.1 Testy užívané v ČR

Podstata spočívá ve vyluhování odpadu v destilované vodě.

### 2.2 Testy užívané mimo ČR

V zahraničí jsou využívány testy, které obsahují i jiné média než je destilovaná voda. Jsou to například kyselina octová, kyselina sírová nebo kyselina dusičná.

- SPLP – Synthetic Precipitation Leaching Procedure.
- EP – Extraction Procedure.
- TCLP – Toxicity Characteristic Leaching Procedure.
- TVA - Eluat Test. [8]

#### 2.2.1 SPLP - Synthetic Precipitation Leaching Procedure

Metoda SPLS stanovuje mobilitu v půdách, vodách či odpadech jak organických tak i anorganických analytů. Jako vyluhovací kapalina se používá vodný roztok kyseliny sírové a dusičné. [9]

Tato metoda byla navržena takovým způsobem, aby byla schopna simulovat materiál ležící na místě v okolí srážek. S předpokladem, že je déšť mírně kyselý. [10]

Byla prvotně navržena, aby zhodnotila jakým způsobem čistit půdu pod programem EPA „Clean Closure Program“. Touto metodou dokážeme odhadnout výluh z odpadů umístěny na skládkách vystavených kyselým dešťům.

SPLP je podobná metodě uvedené v kapitole 3.2.3 TCLP. [9]

### 2.2.2 EP – Extraction Procedure

Tato metoda je standardním vsázkovým vyluhovacím testem, který vyvinula americká agentura EPA, která se zabývá ochranou životního prostředí, pro klasifikaci odpadů. Jde o extrakci granulovaného odpadu během 24 hodin, kde poměr kapalné a pevné složky činí  $L/S = 20$  l/kg. Pro udržení konstantní hodnoty pH5 je přidána destilovaná voda a přerušovaně přidávána kyselina octová (HAC). Jelikož je na alkalitě odpadů závislý stupeň kontroly pH, je přídavek kyseliny octové omezen maximálně na 4 ml z 0,5M HAC na 100 g odpadu. V roce 1990 však byla tato metoda nahrazena metodou TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure). Tímto je simulován scénář špatného hospodaření, kdy by byl průmyslový odpad odstraňován společně s komunálním odpadem na skládce. [8]

### 2.2.3 TCLP – Toxicity Characteristic Leaching Procedure

Tato metoda je standardním vsázkovým vyluhovacím testem, který vyvinula agentura EPA v USA. Jde o stanovení mobility organických a anorganických znečišťujících látek v kapalném a pevném odpadu, ale i v odpadu, který má více fází. Vyhodnocuje z odpadů vyluhovatelnost těžkých kovů, z části těžkých organických sloučenin i pesticidů [15]. Tento test je prováděn při poměru kapalné a pevné fáze  $L/S = 20$  l/kg s vyluhovací dobou  $18 \pm 2$  hodiny. Metoda TCLP je podobná extrakčnímu testu toxicity EP. TCLP v závislosti na alkalitě odpadního materiálu udává volbu mezi dvěma vyluhovacími médii. Odpadní materiály, které jsou velmi alkalické se luhují s daným množstvím roztoku kyseliny octové (pH = 2,88). Kdy další odpadní materiály se luhují s daným množstvím pufového roztoku, který má hodnotu pH = 4,93 a je tvořen roztokem NaOH a HAC. Teoreticky má mít výsledný výluh hodnotu pH = 5. Je zde však možnost, že budou odpadní materiály silně alkalické. V tomto případě může být hodnota pH mezi 5-12. Následkem toho mohou být samy výsledné zkoušky velmi proměnlivé. [8]



### 2.2.4 TVA Eluat Test

Tato metoda je švýcarským standardním vsázkovým vyluhovacím testem využitým ve švýcarské směrnici pro nakládání s odpady. Jde zde o dvě po sobě jdoucí extrakce, kdy je poměr  $L/S = 10$  l/kg s destilovanou vodou. Při extrakci je ze spodní části nádoby odpad neustále probubláván oxidem uhličitým. To vede většinou k ustálení pH mezi 5-6. Každá extrakce trvá 24 hodin. U této metody nejsou žádné podmínky velikosti částic. TVA se užívá pro odpady granulované. [8]

## 2.3 Ovlivňující faktory

Většina testů má základ na stejném principu, liší se však menšími úpravami v daných podmínkách testování. Veškeré dostupné testy můžeme podle hlavní charakteristiky dělit do skupin:

- Specifické testy zaměřené na problematiku chemických parametrů
  - Chemická extrakce – postupná,
  - statistické testy pH.
- Částečné nebo celkové rovnováhy vyluhovacích testů
  - Jednoduchá extrakce
    - komplexy z organických složek,
    - nízké. kapalné/pevné poměry.
  - Jednotlivá dávka extrakce
    - S kontrolou pH,
    - bez kontroly pH.
- Testy dynamické na vyluhování
  - Nádržní vyluhovací zkoušky,
  - testy proudící pro opakované dávky. [8]

Chemické faktory, které jsou schopny ovlivňovat výluh:

- Kinetická kontrola nebo rovnováha uvolnění,
- potenciál vyluhovatelnosti prvků,
- pH materiálu nebo okolí, kde je materiál uložen,

- faktory vytvářené biologicky
  - ovlivňují redoxní potenciál, pH, nebo například komplexy s organickými látkami,
- redoxní stav materiálu nebo okolí, kde je materiál uložen.

Fyzikální faktory, které jsou schopny ovlivňovat výluh:

- Teplota,
- průtok,
- čas vyluhování,
- velikost částic výluhu,
- geometrický tvar materiálu, ze kterého je vyluhování kontrolováno většinou pomocí difúzních procesů,
- u minerální struktury heterogenita nebo homogenita pevné matrice,
- pórovitost tuhé matrice,
- propustnost matrice při testech,
- hydrogeologické podmínky. [8]

### 3 DLOUHODOBÉ VYLUHOVACÍ TESTY

Jinak řečeno jsou to extrakční testy, které patří k testům použitelnosti. Obecně zahrnují protřepávání jemně rozmělněných formem odpadu v loužícím roztoku, který může být kyselý nebo neutrální. Může se měnit během extrakčního testu. Extrakční testy mohou zahrnovat jedno- nebo několikanásobné extrakce. Mezi několikanásobné extrakce patří například níže uvedené testy. [7]

#### 3.1 MEP - Multiple Extraction Procedure

Metoda dlouhodobé vyluhovatelnosti kontaminantů z pevných odpadů. V tomto testu je využit počáteční výluh v kyselině octové. Po ní následuje sekvenční extrakce pomocí simulovaných kyselých dešťů. Metoda SPLP užívá velmi podobný způsob simulovaného deště s výjimkou pH, které je  $3,0 \pm 0,2$ . Každý krok extrakce je prováděn po dobu 24 hodin. Poměr kapalné a pevné látky je 20:1. [19]

#### 3.2 SET - Sequential Extraction Test

Metoda SET je metodou dlouhodobého vyluhovacího testu, který jako loužící médium používá 0.04 M kyseliny octové s poměrem kapaliny k pevné látce 50 : 1. Maximální velikost částic u této metody je 9,5 mm. Počet extrakcí je 15. Extrakce se provádí po 24 hodinách každá. [7]

#### 3.3 SCE - Sequential Chemical Extraction

Metoda SCE je metodou dlouhodobého vyluhovacího testu, který jako loužící médium používá pět loužících roztoků rostoucí acidity s poměrem kapaliny k pevné látce, který může být různý 16 :1 až 40 : 1. Maximální velikost částic u této metody je 150  $\mu\text{m}$ . U této metody je 5 extrakcí s tím, že doby extrakce můžou být různé a to od 2 do 24 hodin. [7]

## 4 NEBEZPEČNÝ ODPAD

Představuje kategorii odpadu, který se vyznačuje specifickými vlastnostmi. Platí zde specifická pravidla a právní normy pro osoby, které nakládají s tímto druhem odpadu. Nemůže se s ním nakládat jako např. se smíšeným komunálním odpadem nebo odpadem určeným k běžné recyklaci z důvodu negativního vlivu na životní prostředí a zdraví lidí. Odstraňování se provádí buď ve speciálních spalovnách nebezpečných odpadů, nebo se ve specializovaných firmách dále recykluje. [11]

Pokud odpad:

- vykazuje aspoň jednu z nebezpečných vlastností uvedených v příloze,
- je uveden v Katalogu odpadů jako nebezpečný,
- je smíšen z odpadů uvedených v Katalogu odpadů jako nebezpečný.

Výše uvedené informace jsou čerpaný ze Zákona o odpadech sb. 2001, §6, odstavce č. 1 v platném znění. [12]

Na základě tzv. "Seznamu nebezpečných vlastností odpadů", který je vydán evropskou komisí (č. 1357/2014), se posuzuje škodlivost nebo nebezpečnost odpadu. Tyto vlastnosti jsou: [13]

*Tab. 1: Seznam nebezpečných vlastností odpadů [14]*

<b>Charakterizace nebezpečného odpadu</b>	
HP1	Výbušné
HP2	Oxidující
HP3	Hořlavé
H4	Dráždivé – dráždivé pro kůži a pro oči
H5	Toxicita pro specifické cílové orgány/Toxicita při vdechnutí
H6	Akutní toxicita
H7	Karcinogenní
H8	Žíravé
H9	Infekční
H10	Toxické pro reprodukci
H11	Mutagenní
H12	Uvolňování akutně toxického plynu
H13	Senzibilizující
H14	Ekotoxický
H15	Odpad schopný vykazovat při nakládání s ním některou z výše uvedených nebezpečných vlastností, kterou v době vzniku neměl

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5.1 Pomůcky a přístroje

- předvážky, Kern 440-22, Německo;
- analytické váhy, Scaltec SBC 32, Německo;
- Kuchyňský robot, KitchenAid Artisan, 5KSM150, USA;
- pH metr, Inolab pH 730P, Wissenschaftlich – Technische Werkstätten, Německo;
- konduktormetr, Microprocessor Conductivity Meter LF 3000;
- atomový absorpční spektrometr GBC 933AA, GBC Scientific equipment PTY LTD, Austria;
- filtrační zařízení – teflonové ( FT UTB Zlín, Česko)

### 5.2 Chemikálie a materiály

- Oxid zinečnatý
- Síran zinečnatý heptahydrát
- Destilovaná voda

#### 5.2.1 Odpad

V experimentální části mé bakalářské práce jsem pracovala s odpadem z galvanického pokovování z MESIT galvanica s.r.o., který je považovaný za nebezpečný. Obsahuje toxické kovy, zejména zinek. Jeho sušina je 31,68 % v 1,0065 g.

#### 5.2.2 Simulovaný odpad

Mimo odpadu z galvanického pokovování, jsem pracovala i se simulovaným odpadem, který byl připravený smícháním křemenného písku a ZnO.

#### 5.2.3 Nátěrové hmoty

- Latex  
Pro venkovní a vnitřní nátěry zdíva, omítek, dřeva, dřevotřískových desek. [15]  
Po natření na monolitické těleso vytvořen bílý povlak.
- Akrylátová barva  
Barva ředitelná vodou, vhodná na dřevo, papír, plast, keramiku. Voděodolná. [16]  
Po natření na monolitické těleso vytvořen modrý povlak.

- Methylsilikonová pryskyřice

Jsou to speciální pojiva pro odolné nátěrové hmoty. [17]

Po nátěru na monolitické těleso vytvořen průhledný lesklý povlak.

### 5.3 Příprava monolitických těles solidifikovaného odpadu

#### 5.3.1 Solidifikace reálného odpadu

Příprava monolitických těles solidifikovaného odpadu byla za užití níže uvedených přísad v daném množství:

*Tab. 2: Poměry přísad u přípravy S/S odpadu*

Poměry směsi:	Příprava:
<b>70 % odpadu</b>	700 g
<b>30 % cementu</b>	300 g
<b>Destilovaná voda</b>	5 ml

V první řadě bylo naváženo 700 g odpadu se 300 g cementu. Tyto navážené látky byly vloženy do mísy a za použití kuchyňského robotu byly smíchány. Z důvodu nižšího obsahu vody v odpadu bylo při míchání přidáno 5 ml destilované vody. Doba míchání byla 5 minut. Směs byla dále převedena do plastových vzorkovnic o výšce 70 mm a průměru 29 mm. Z důvodu lepší manipulace se ztuhlým odpadem byla směs naplněna pouze do  $\frac{3}{4}$  vzorkovnice. Vzorkovnice byly uzavřeny plastovými víčky a nechány k vytvrdnutí. Doba tvrdnutí byla 30 dnů. Po vyjmutí odpadu ze vzorkovnic zůstaly válečky odpadu o průměru, který se pohyboval kolem 27 mm a výšce kolem 43 mm s váhou pohybující se od 25 – 35 g. Těchto monolitických těles bylo 15.



### 5.3.2 Solidifikace simulovaného odpadu

Příprava simulovaného odpadu monolitických těles solidifikovaného odpadu byla za užití níže uvedených přísad v daném množství:

Tab. 3: Poměry přísad u přípravy S/S odpadu

Poměry směsi:	Příprava:
<b>70 % odpadu</b>	100 g ZnO + 600 g písku
<b>30 % cementu</b>	300 g
<b>Destilovaná voda</b>	141 ml

V první řadě bylo naváženo 100 g ZnO a 600 g písku, tyto navážené látky byly vloženy mísy. K těmto dvěma látkám se přidalo 300 g cementu a za užití kuchyňského robotu byly suroviny smíchány. Jelikož jsme potřebovali docílit stejné konzistence, jako byl původní odpad, bylo třeba přidávat postupně destilovanou vodu. Při hodnotě 141 ml byla již konzistence vyhovující. Celý proces zpracování trval 10 minut. Tato směs byla dále převedena do plastových vzorkovnic o výšce 70 mm a průměru 29 mm. Z důvodu lepší manipulace se ztuhlým odpadem byla směs naplněna pouze do  $\frac{3}{4}$  vzorkovnice. Naplněné vzorkovnice byly uzavřeny plastovými víčky a nechány k vytvrdnutí. Po vyjmutí odpadu ze vzorkovnic zůstaly válečky odpadu o průměru, který se pohyboval kolem 27 mm a výšce kolem 45 mm s váhou pohybující se od 50 – 60 g. Těchto monolitických těles bylo 15.

### 5.3.3 Vytváření sekundární bariéry na tělesech

U většiny monolitických těles byly provedeny nátěry různými ochrannými chemikáliemi, které měly zamezit, alespoň částečně, uvolnění látek do výluhu. Tyto nátěry byly nanášeny za cílem získání sekundární bariéry. Celkem bylo u každého odpadu natřeno 12 těles. Byly použity čtyři různé nátěry. Každý nátěr byl proveden na 3 tělesech:

- Dvojvrstvý nátěr akrylátovou barvou,
- nátěr latexem a akrylátovou barvou,
- dvojvrstvý nátěr methylosilikonovou pryskyřicí,
- nátěr akrylátovou barvou a methylosilikonovou pryskyřicí.

### 5.3.4 Tělesa bez nátěru

U obou dvou typů odpadu byly poslední 3 tělesa bez nátěru jakoukoli chemickou látkou. Tyto tělesa se uložily do destilované vody v monolitickém stavu, jak popisuje kapitola 5.3, bez chemického ošetření.

## 5.4 Test vyluhovatelnosti monolitických těles

Dříve než byla monolitická tělesa uložena do láhví s destilovanou vodou, každá láhev byla důkladně vymyta 1M HNO<sub>3</sub> a poté destilovanou vodou. Byly použity láhve skleněné a láhve plastové. V průběhu vyluhování byly měřeny hodnoty pH, konduktivity a koncentrace zinku. Na úplném konci dlouhodobého vyluhovacího testu, který trval 139 dní, byl obsah každé lahve přefiltrován přes teflonové filtrační zařízení, které obsahovalo filtry ze skleněných vláken. Velikost pórů filtrů byla 4,5 μm.

### 5.4.1 Měření konduktivity

Pomocí konduktometru LF 3000, byla měřena hodnota konduktivity v jednotkách mS/cm.

### 5.4.2 Měření pH

Výluhy byly měřeny pH metrem Inolab pH 730P za užití kombinované skleněné elektrody. Před každým měřením výluhů byla prováděna kalibrace pomocí pufrů 7 a 10.

### 5.4.3 Stanovení koncentrace zinku pomocí atomové absorpční spektrometrie

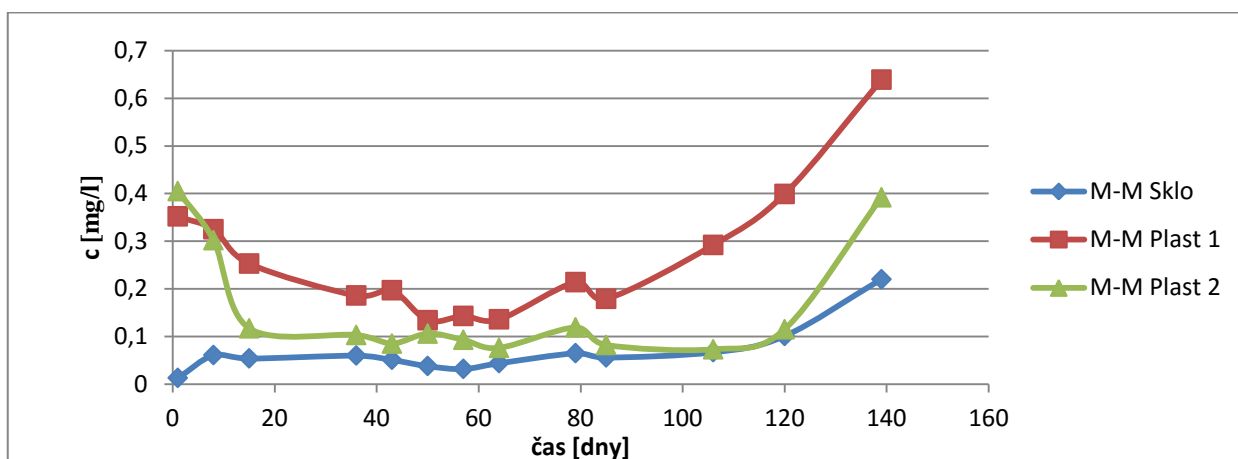
Stanovení zinku bylo prováděno pomocí plamenové atomové absorpční spektrometrie (AAS) při vlnové délce 213,9 nm. Při každém měření byla prováděna kalibrace pomocí standardů, které byly připraveny rozpuštěním heptahydrátu síranu zinečnatého v destilované vodě. Koncentrace zinku v použitých standardech byly následující 0,25; 0,5; 1; 2; 2,5; 5 mg/l.

### **III. VÝSLEDKY A DISKUSE**

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky všech měření jsou podrobně zobrazeny v příloze č. 1, v tabulkách č. 4 – 17, dle jednotlivých dnů měření. Tab. 4 obsahuje první měření, to je po prvním dnu vyluhování. Tab. 17 obsahuje poslední měření, to je hodnoty po 139 dnech vyluhování. Z těchto výsledků byly zjištěny vlastnosti jednotlivých typů sekundárních bariér. Na obrázcích č. 1 - 10 jsou znázorněny závislosti koncentrace zinku na době vyluhování pro jednotlivé odpady a typy sekundárních bariér. V každém z grafů je srovnání výluhu ze skleněné a dvou plastových láhví.

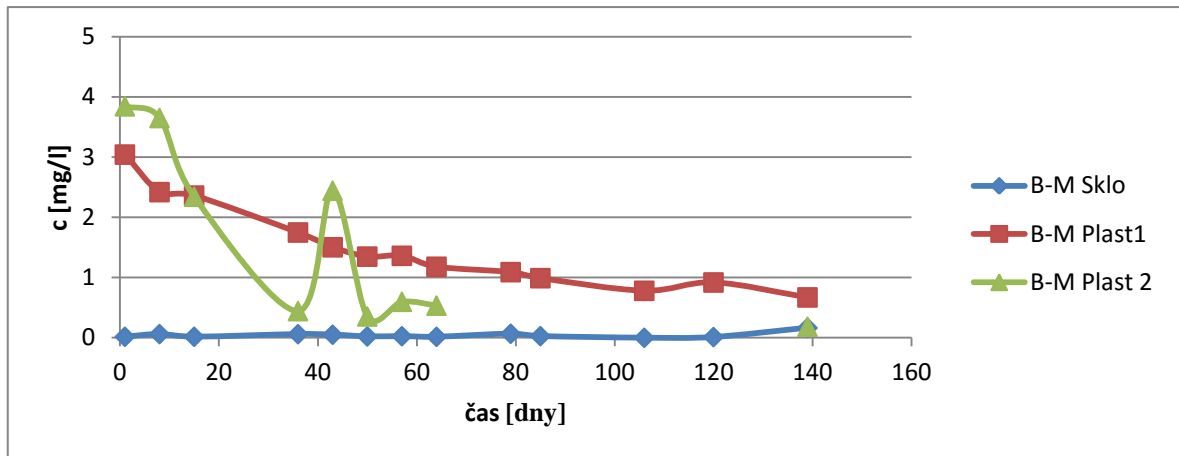
- Reálný odpad (RO)
  - Dvojvrstvý nátěr akrylátovou barvou (M-M):



Obr. 1: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-M)

Obr. 1 vykazuje, že tělesa uložená v plastových láhvích mají vyšší koncentraci než těleso uložené ve skleněné láhvi. Z počátku jsou koncentrace klesající, ale se stoupající dobou uložení se jejich koncentrace opět navyšuje.

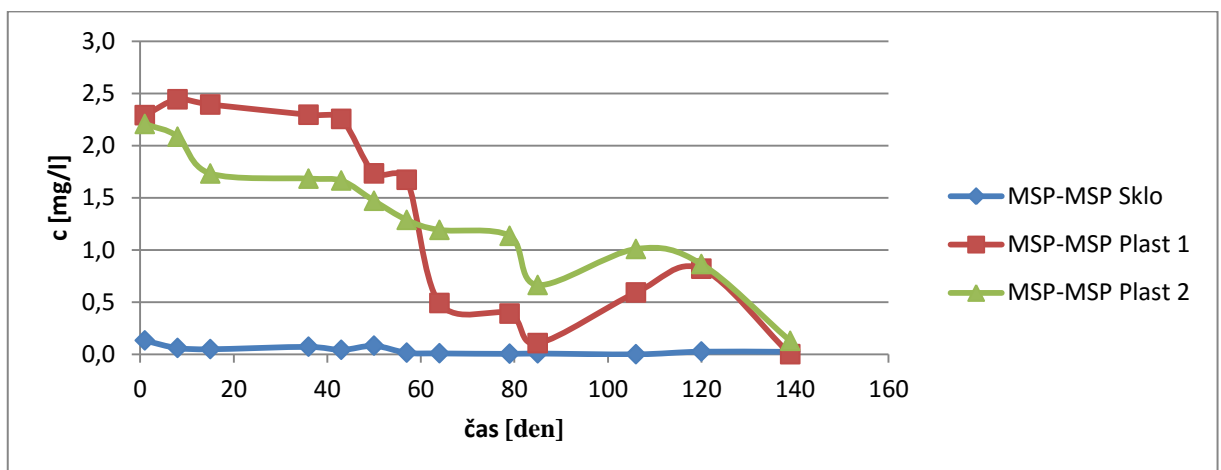
- Nátěr latexem a akrylátovou barvou (B-M):



Obr. 2: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (B-M)

Na obrázku č. 2 jde vidět, že těleso uložené ve skleněné láhvi má všechny hodnoty těsně nad hranicí nulové koncentrace zinku. Avšak plastové láhve již při prvním měření, které bylo sedmý den od uložení těles k vyluhování, obsahovaly koncentrace zinku znatelně vyšší s postupným poklesem. Pouze u plastové láhve bylo jedno měření s velkým nárůstem koncentrace, která se však při následujícím měření opět razantně snížila.

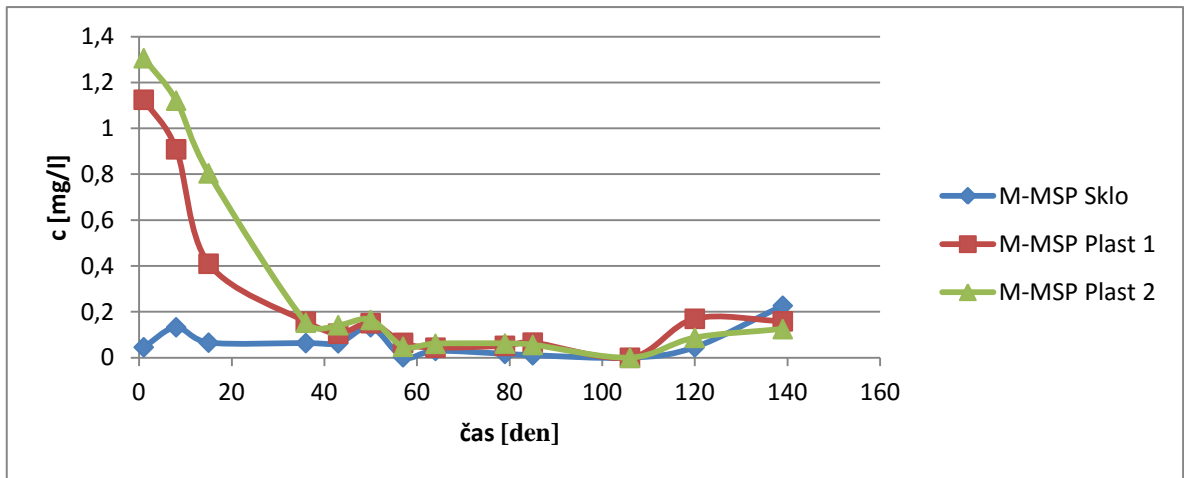
- Dvojrstvý nátěr methylosilikonovou pryskyřicí (MSP-MSP):



Obr. 3: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (MSP-MSP)

Obr. 3 vykazuje, že těleso uloženo ve skleněné láhvi má koncentraci u nulové hodnoty, ale zato plastová láhev již na začátku měření měla koncentraci znatelně vyšší s postupným poklesem.

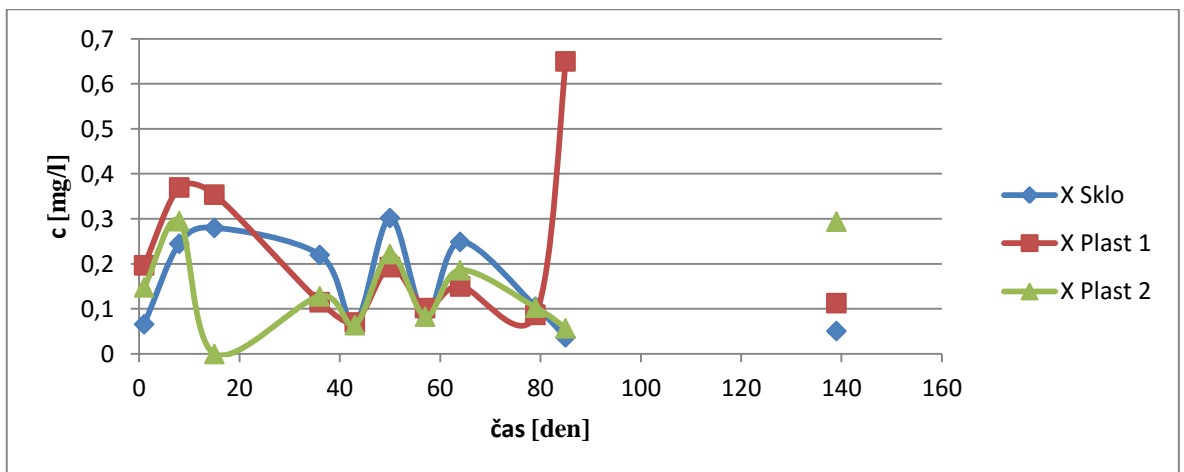
- Nátěr akrylátovou barvou a methylsilikonovou pryskyřicí (M-MSP):



Obr. 4: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-MSP)

Na obrázku č. 4 jde vidět, že těleso uložené ve skleněné láhvi má všechny hodnoty těsně nad hranicí nulové koncentrace a tělesa v plastových láhvích mají klesající koncentraci zinku.

- Tělesa bez chemického ošetření (X):

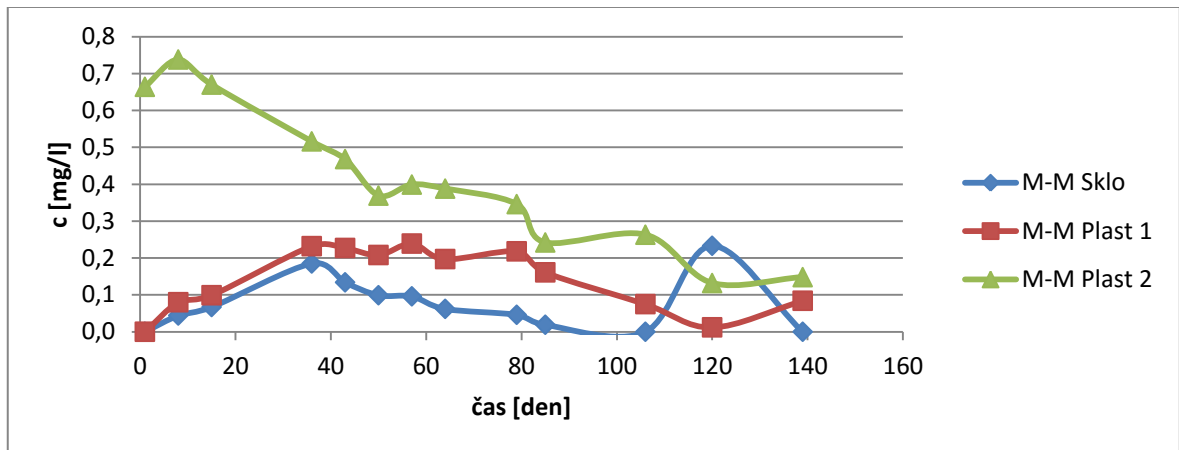


Obr. 5: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (X)

U těles bez chemického ošetření můžeme pozorovat střídavý nárůst koncentrace s klesáním. Z důvodu rozpadnutí těles a ucpávání kapiláry AAS bylo nutno pravidelné měření těchto vzorků po 80 dnech přerušit a další stanovení koncentrace zinku bylo provede-

no až při posledním měření výluhu po filtraci. Ta byla po 139 dnech velmi podobná koncentraci zinku naměřené v prvním měření.

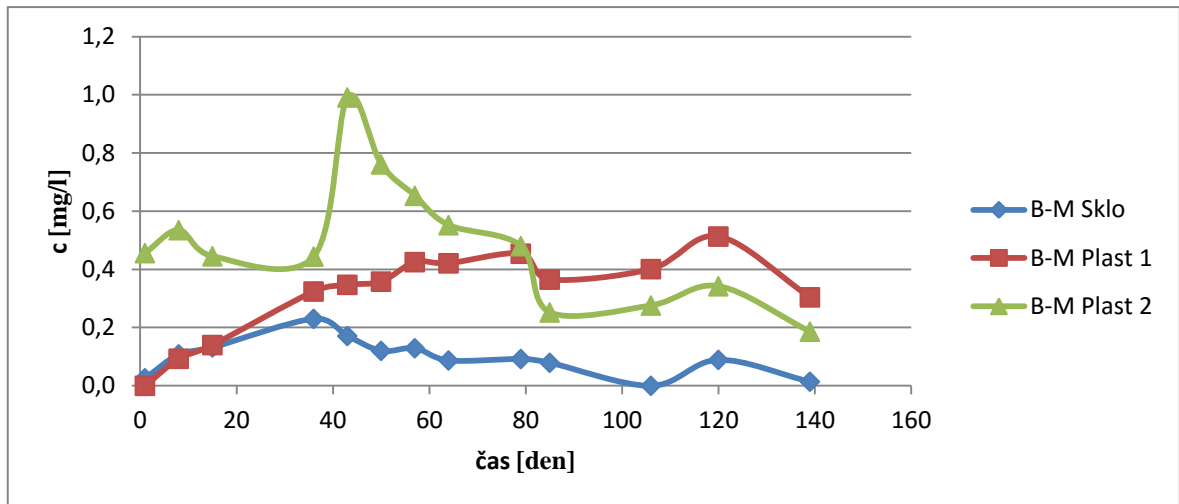
- Simulovaný odpad (SO)
  - Dvojrstvý nátěr akrylátovou barvou (M-M):



Obr. 6: SO- Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-M)

V obrázku č. 6 můžeme pozorovat, že tělesa v plastové láhvi č. 1 jsou spíše podobné tělesu v láhvi skleněné. V tomto případě se u skleněné láhve vyskytuje koncentrace viditelně vyšší než 0 mg/l. Zato v plastové láhvi č. 2 je už v počátku měření vysoká koncentrace oproti láhvi č. 1, ale u posledního měření jsou plastové láhve ve srovnatelných koncentracích zinku.

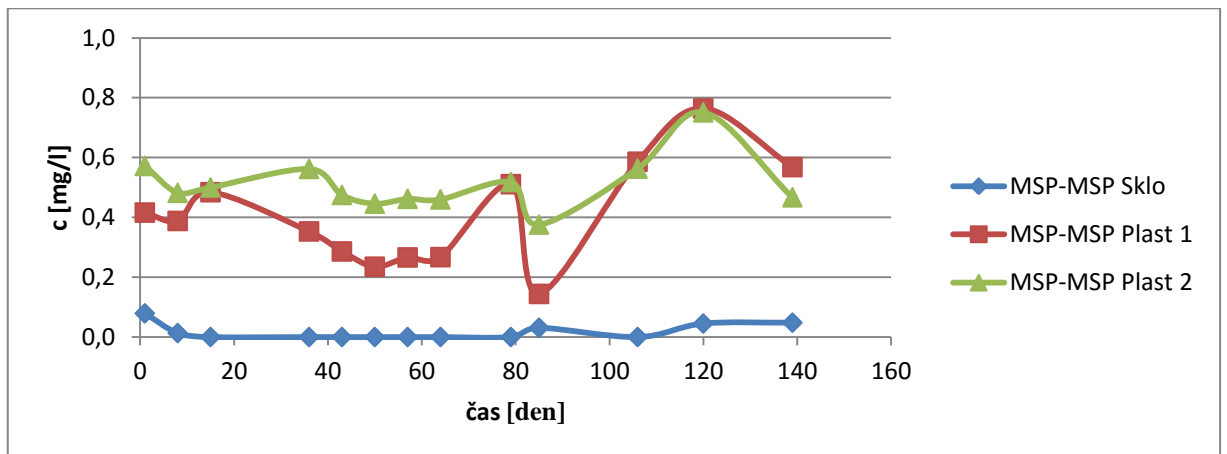
- Nátěr latexem a akrylátovou barvou (B-M):



Obr. 7: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (B-M)

Obr. 7 vykazuje stejně jako Obr. 6 vyšší koncentraci v plastové láhvi č. 2 v počátečních měřeních. Je viditelné, že ve skleněné láhvi jsou koncentrace v hodnotách blízkých 0 mg/l.

- Dvojvrstvý nátěr methylosilikonovou pryskyřicí (MSP-MSP):

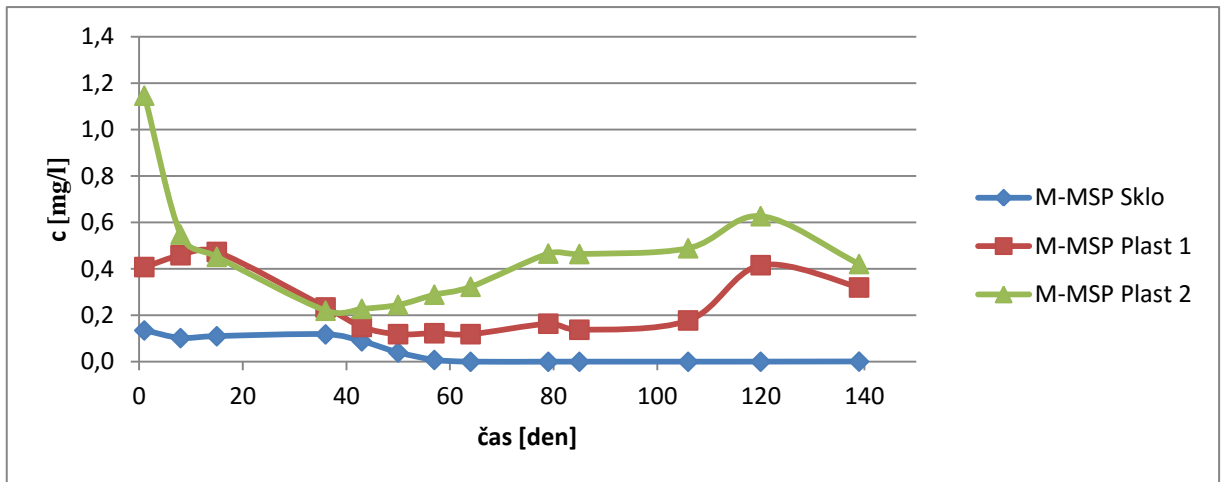


Obr. 8: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (MSP-MSP)

V obrázku č. 8 je hodnota koncentrace obou plastových láhví v prvním měření vyšší než v obrázcích 1 – 7 a i po 139 dnech zůstala bez velké změny. Koncentrace ve skle byla však ve všech měření blízká 0 mg/l.



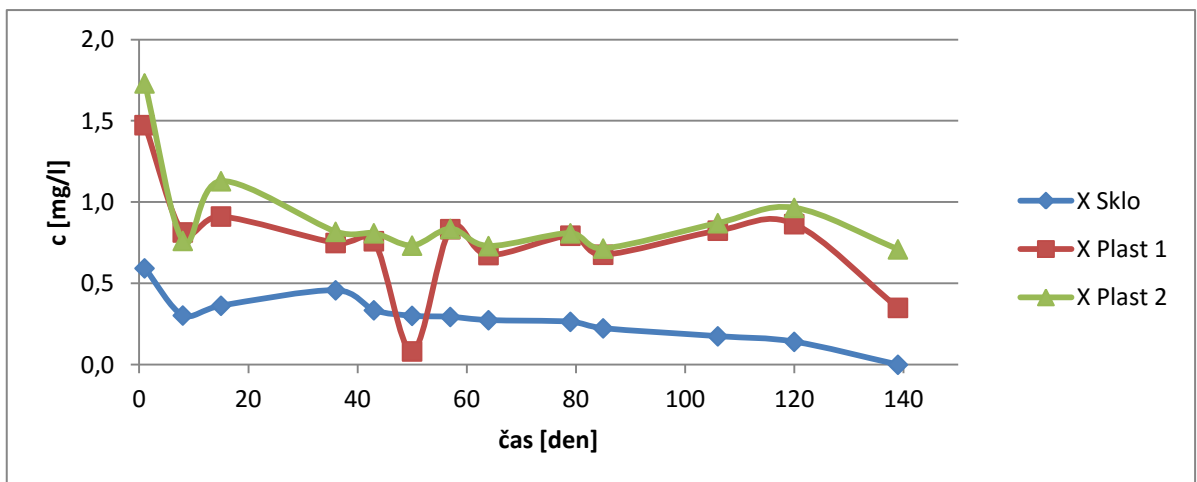
- Nátěr akrylátovou barvou a methylsilikonovou pryskyřicí (M-MSP):



Obr. 9 SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-MSP)

V tomto obrázku můžeme pozorovat velmi vysokou koncentraci plastové láhve č. 2 s následným klesáním. Hodnoty koncentrace klesly po šestém měření na 0 mg/l.

- Tělesa bez chemického ošetření (X):

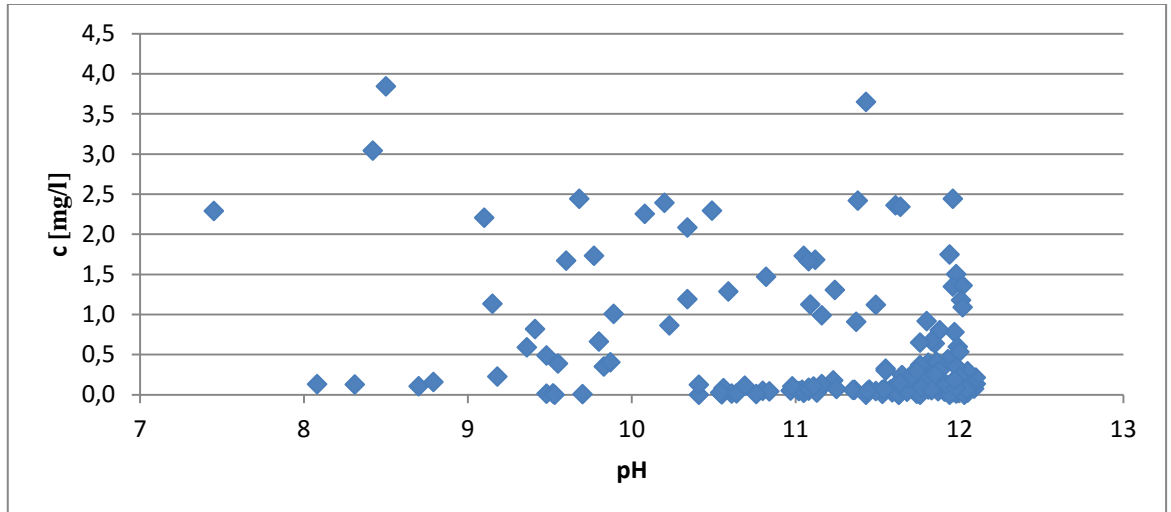


Obr. 10: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (X)

U těles bez chemického ošetření byla i ve skleněné láhvi koncentrace vyšší (1,474 mg/l) než u těles se sekundární bariérou. Během 139 dnů pomalu koncentrace zinku klesala až na 0 mg/l. U plastových láhví došlo ke snížení hodnot na 0,35 mg/l.

Koncentrace zinku v grafických závislostech na době vyluhování byly značně kolísavé. Pro ověření, zda toto kolísání je způsobeno měnící se hodnotou pH, byly vytvořeny grafické závislosti koncentrace zinku na pH.

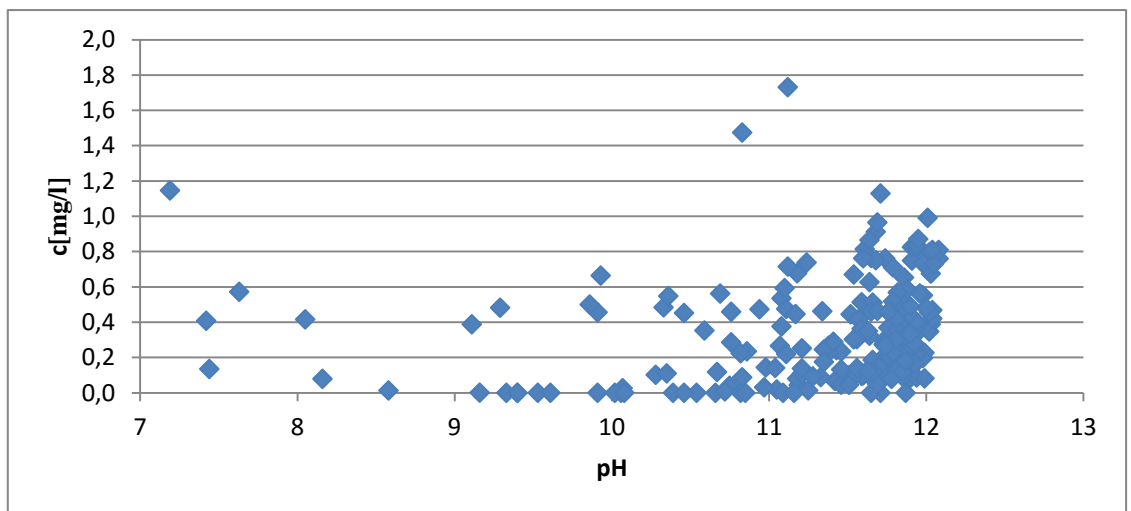
- Reálný odpad



Obr. 11: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na pH

- Simulovaný

odpad

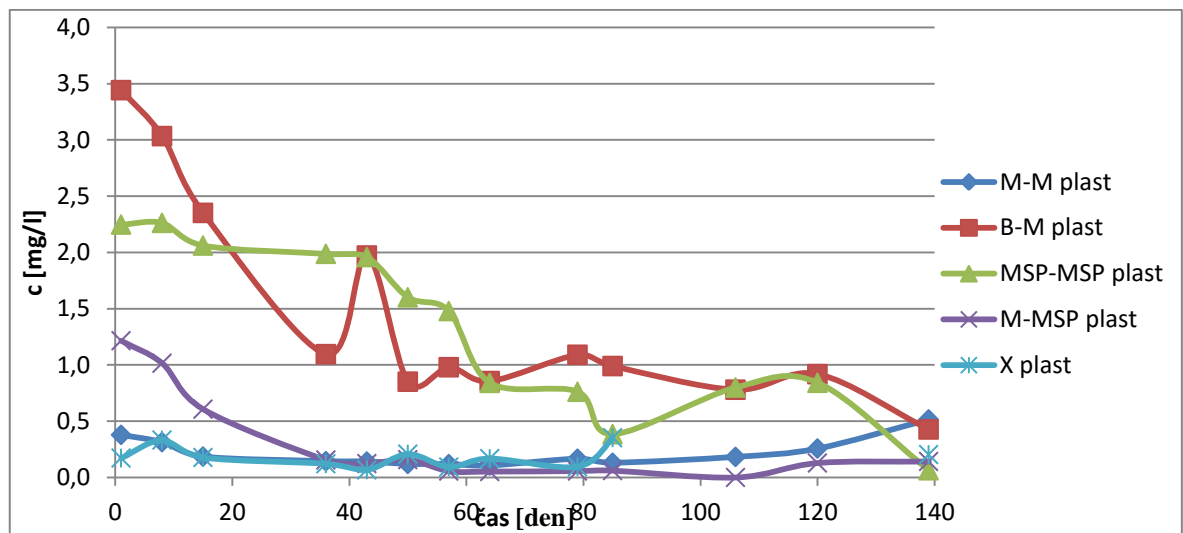


Obr. 12: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na pH

Na obrázcích č. 11 a 12 nelze určit žádný zřetelný trend. Nastává zde akumulace bodů v pravém dolním rohu grafu což je dáno okolností, že většina vyluhů měla pH značně alkalické.

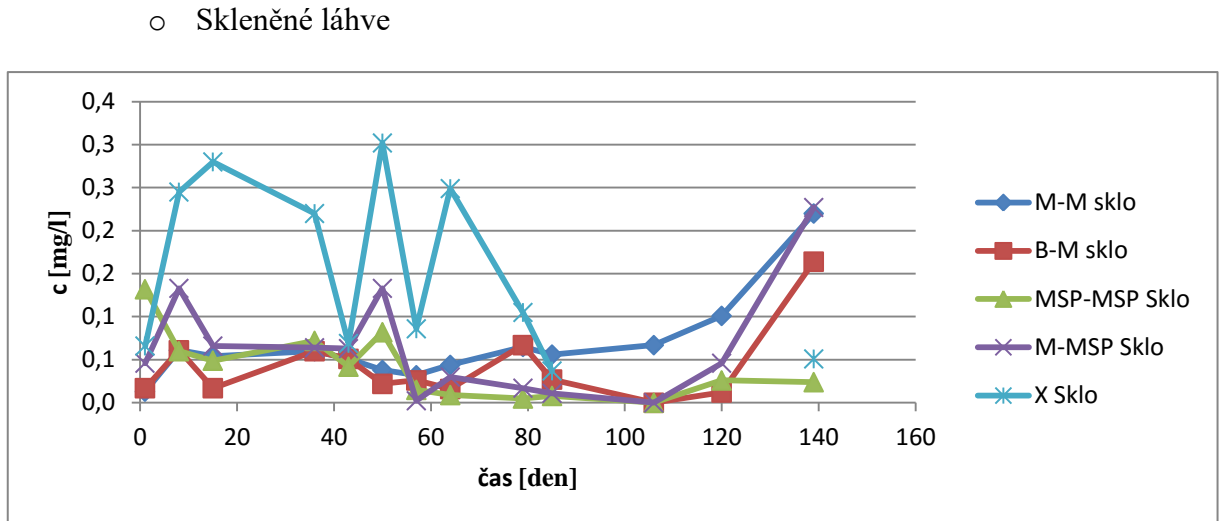
Dále byly z výsledků sestaveny porovnávací grafy různých nátěrů ve skleněných láhvích a v plastových láhvích.

- Reálný odpad
  - Plastové láhve



Obr. 13: RO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době v plastových láhvích

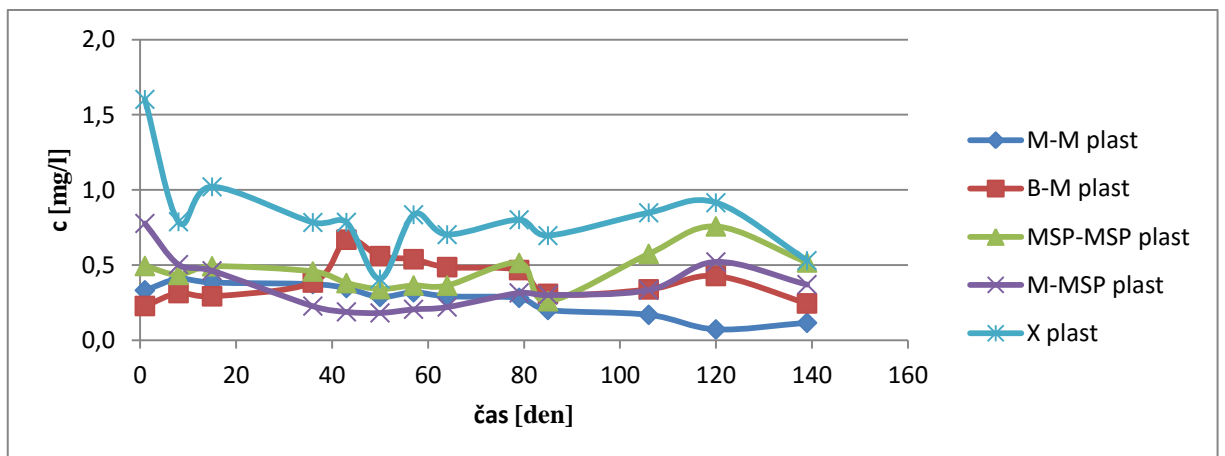
V obrázku č. 13 je viditelné, že tělesa bez chemického nátěru měly nejnižší koncentraci zinku. Nejlépe dopadly tělesa s nátěrem M-M a nátěrem M-MSP. Zbylé dva nátěry měly koncentrace zinku až 3,4425 mg/l.



Obr. 14: RO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době ve skleněných láhvích

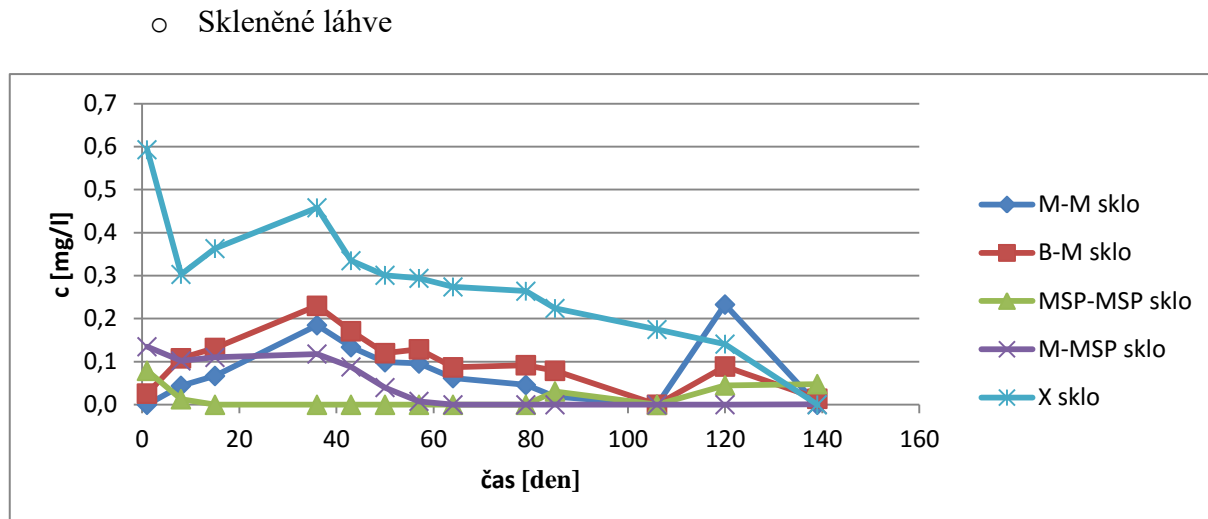
V obrázku č. 14 je viditelné, že tělesa bez chemického ošetření měly koncentrace zinku mezi 0 – 0,227 mg/l. Nejlépe dopadly tělesa s nátěrem B-M a nátěrem MSP-MSP. I zbylé dva nátěry měly po většinu měření koncentrace zinku nižší než tělesa bez chemického ošetření.

- Simulovaný odpad
  - Plastové láhve



Obr. 15: SO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době v plastových láhvích

Obr. 15 vypovídá, že nejlépe dopadl nátěr M-M. Ostatní nátěry měly taktéž nižší koncentrace zinku než tělesa bez nátěru. Tělesa bez nátěru měla nejvyšší koncentraci zinku 1,6025 mg/l a nejnižší 0,4075mg/l.

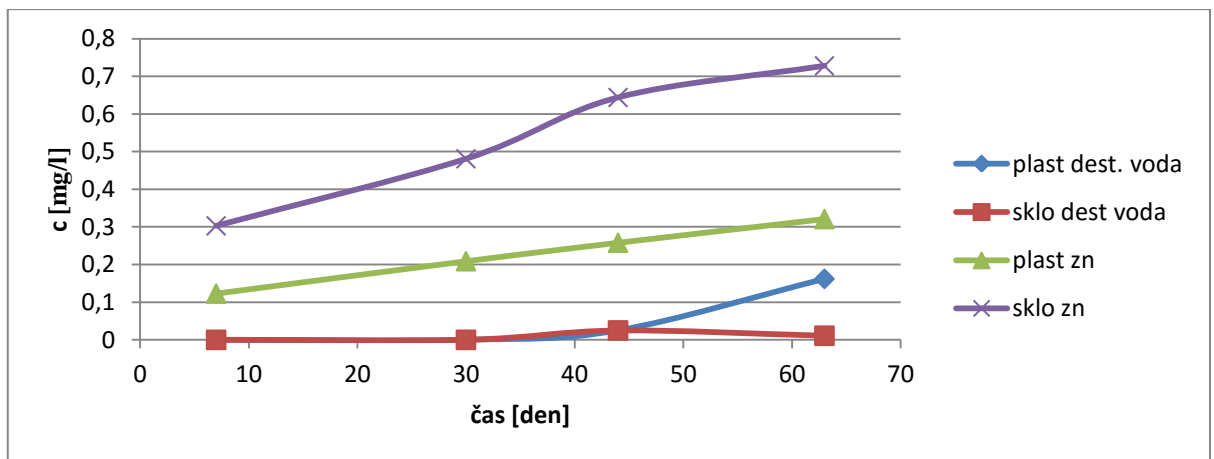


Obr. 16: SO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době ve skleněných láhvích

Obr. 16 vypovídá, že nejlépe dopadly tělesa s nátěrem MSP-MSP u kterého byla koncentrace zinku těles převážně 0 mg/l. Tělesa bez chemického ošetření měla nejvyšší koncentraci zinku 0,593, ale s dobou vyluhování klesla až na 0 mg/l.

Vyšší koncentrace zinku v plastových láhvích by mohla být způsobena uvolňováním zinku z plastových láhví. Naopak nižší koncentrace zinku ve skleněných láhvích by mohla být způsobena adsorbováním zinku na skleněný povrch láhve. Příčinu toho jevu jsem se pokusila zjistit slepými pokusy, které jsou uvedené níže.

Ze srovnání výsledků pokusů v plastových a skleněných láhvích byl vyvozen závěr, že monolitická tělesa bez chemického ošetření měla v některých případech nižší výsledné koncentrace zinku, než tělesa obsahující sekundární bariéru. Pro ověření, zda se zinek nevyluhuje ze samotných vyluhovacích lahví, byly vytvořeny slepé pokusy, kdy se skleněné i plastové láhve naplnily destilovanou vodou nebo roztokem zinku i koncentrací 0,2 mg/l a sledovaly se po dobu 63 dnů. Výsledky těchto slepých pokusů jsou shrnuty v následujícím obrázku 17.



Obr. 17 Závislosti koncentrace zinku na době u slepých vzorků

Z obrázku č. 17 plyne, že destilovaná voda jak v plastové tak i ve skleněné láhvi má po většinu doby trvání pokusu koncentraci zinku blízkou 0 mg/l. Avšak koncentrace zinku ve slepých pokusech, obsahujících roztok zinku po celou dobu pokusu rovnoměrně narůstaly a to v plastové láhvi z 0,123 mg/l na 0,321 mg/l a ve skleněné láhvi z 0,303 mg/l na 0,728 mg/l. Tento jev se nepodařilo uspokojivě vysvětlit, ale je zřejmé, že koncentrace zinku při dlouhodobém pokusu není stálá ani v jednom typu lahví.

## ZÁVĚR

1. Vytvoření sekundární bariéry je schopno zabránit rozpadu těles solidifikovaného odpadů, nebo je alespoň schopno tento rozpad zpomalit.
2. Nejlepší sekundární bariéra je nátěr akrylátové barvy a na ní nátěr methylsilikonové pryskyřice. Obrázky 13-16 vykazují nízké koncentrace zinku.
3. Výsledky vyluhování ve skleněných a plastových láhvích jsou zcela odlišné. Příčinu této odlišnosti se nepodařilo zjistit, proto se nedá rozhodnout, zda je lepší provádět dlouhodobý vyluhovací test ve skleněných nebo plastových láhvích.
4. Dostatečná doba vyluhování by mohla být 90 dnů. Při této době vyluhování se zřetelně projevil u některých těles rozpad nebo porušení sekundární bariéry. Avšak důležité by bylo použití nádob, které by neovlivňovaly koncentraci stanovovaných prvků ve výluhu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Brook Michael A.: Silicon in Organic, Organometallic and Polymer chemistry, ISBN: 978-1-61344-633-1
- [2] Veselý, P., Bezkočka, K.: Pojiva na bázi polysiloxanů pro tepelně odolné nátěrové hmoty. Povrchové úpravy, 2008, 3.
- [3] Kuraš M. Technologie zpracování odpadů. Praha: VŠCHT Praha, 1993. stránky 247- 250. 80-7080-195-6.
- [4] Kafka Z., Čudová P. Stabilizace/solidifikace odpadů obsahujících těžké kovy. Chemické listy. 2001, 95, stránky 400 - 403.
- [5] Kafka Z., Vošický J. Chemická stabilizace nebezpečných složek v průmyslových. Chemické listy. [online]. 7. 9. 1998 [cit. 1998-09-07]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1998\\_10\\_789-793.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1998_10_789-793.pdf)
- [6] Kafka Z., Punčochářová J. Pojiva a aditiva pro chemickou stabilizaci nebezpečných odpadů. Chemické listy. 2002, 96, stránky 800 - 804.
- [7] Maršálek, B., Maršálková E. Srovnání metod pro vyluhování solidifikovaných odpadů. [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Bi5620/um/EM\\_predupravaVzorku.pdf](http://is.muni.cz/el/1431/jaro2012/Bi5620/um/EM_predupravaVzorku.pdf)
- [8] Sloop, H, L Heasman a Ph Quevauviller. 1997. Harmonization of leaching/extraction tests. New York: Elsevier, 281 p. ISBN 04-448-2808-7.
- [9] *US Environmental Protection Agency*. Characterizing Waste. [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/waste/nonhaz/industrial/guide/pdf/chap2.pdf>
- [10] *Novesis, INC*. TCLP vs SPLP. Novesis [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.novesis.com/tclp-vs-splp/>
- [11] Ptáček P. Nebezpečný odpad legislativa. Masarykova univerzita Brno. [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: [http://is.muni.cz/el/1441/podzim2013/SZ7BK\\_BiEV/um/](http://is.muni.cz/el/1441/podzim2013/SZ7BK_BiEV/um/)
- [12] Předpis č. 185/2001 sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Část druhá. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#cast2>



- [13] Předpis č. 185/2001 sb., Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#f5679594>
- [14] Nařízení komise EU č. 1357/2014 ze dne 18. 12. 2014, kterým se nahrazuje příloha III směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES o odpadech a o zrušení některých směrnic. Úřední věstník Evropské unie I 365/89. [online]. Dostupné z: <http://www.caoh.cz/data/article/narizeni1357-2014.pdf>
- [15] *Barvy a laky Hostivař a.s.* Latex univerzální V2020 [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.bal.cz/zbozi/17b-latex-univerzalni/1q>
- [16] *Papírnictví Pavlík.* Univerzální akrylátová barva modrá lesklá 50 g 1441 U5002 [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.papirnictvipavlik.cz/univerzalni-akrylatova-barva-modra-leskla-50g-1441-u5002/>
- [17] Veselý P., Bezkočka K. Pojiva na bázi polysiloxanů pro tepelně odolné nátěrové hmoty. Povrchové úpravy. Odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky. 3/2008 [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.povrchoveupravy.cz/2008-03-clanek01.html>
- [19] Townsend T., Tolaymat T., Solo-Gabriele B., Dubey B., Stook K a Wadanambi L.. Leaching of CCA-treated wood: implications for waste disposal. *Journal of Hazardous Materials*, 114/2004, s. 75-91.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AAS	Atomová absorpční spektrometrie
B - M	Nátěr latexem a akrylátovou barvou
EP	Extraction Procedure
EPA	Enviromental Protection Agency
HAC	Kyselina octová
L/S	Poměr kapalná a plynná fáze
MEP	Multiple Extraction Procedure
M - M	Dvojvrstvý nátěr akrylovou barvou
M - MSP	Nátěr akrylovou barvou a methylsilikonovou pryskyřicí
MSP – MSP	Dvojvrstvý nátěr methylsilikonovou pryskyřicí
RO	Reálný odpad
SCE	Sequential Chemical Extraction
SET	Sequential Extraction Test
SO	Simulovaný odpad
SPLP	Synthetic Precipitation Leaching Procedure
S/S	Stabilizace/Solidifikace
TCLP	Toxicity characteristic leaching procedure
TVA	Eluat test
X	Tělesa bez chemického ošetření

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

- Obr. 1: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-M)*
- Obr. 2: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (B-M)*
- Obr. 3: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (MSP-MSP)*
- Obr. 4: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-MSP)*
- Obr. 5: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (X)*
- Obr. 6: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-M)*
- Obr. 7: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (B-M)*
- Obr. 8: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (MSP-MSP)*
- Obr. 9 SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (M-MSP)*
- Obr. 10: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na době (X)*
- Obr. 11: RO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na pH*
- Obr. 12: SO - Stanovení závislosti koncentrace zinku na pH*
- Obr. 13: RO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době v plastových láhvích*
- Obr. 14: RO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době ve skleněných láhvích*
- Obr. 15: SO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době v plastových láhvích*
- Obr. 16: SO – Srovnání grafů závislosti koncentrace zinku na době ve skleněných láhvích*
- Obr. 17 Závislosti koncentrace zinku na době u slepých vzorků*

**SEZNAM TABULEK**

*Tab. 1: Seznam nebezpečných vlastností odpadů [14]*

*Tab. 2: Poměry přísad u přípravy S/S odpadu*

*Tab. 3: Poměry přísad u přípravy S/S odpadu*

*Tab. 4: Měření – 1. den*

*Tab. 5: Měření – 8. den*

*Tab. 6: Měření – 15. den*

*Tab. 7: Měření – 36. den*

*Tab. 8: Měření – 43. den*

*Tab. 9: Měření – 50. den*

*Tab. 10: Měření – 57. den*

*Tab. 11: Měření – 64. den*

*Tab. 12: Měření – 79. den*

*Tab. 13: Měření – 85. den*

*Tab. 14: Měření – 106. den*

*Tab. 15: Měření – 120. den*

*Tab. 16: Měření – 139. den*

## 7 SEZNAM PŘÍLOH

### 7.1 Příloha č. 1

V tabulkách č. 1-13 jsou zaznamenány naměřené hodnoty v jednotlivých časových intervalech. Tabulky obsahovaly hodnoty pH, konduktivity a koncentrace zinku všech luhovaných vzorků.

Tab. 4: Měření – 1. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	10,41	0,868	0,066	Simulova- ný	M-M16	10,54	0,0523	0,000
	M-M2	11,08	1,044	0,197		M-M17	9,33	0,2622	0
	M-M3	10,69	0,93	0,148		M-M18	9,93	0,357	0,664
	B-M4	9,52	0,295	0,017		B-M19	10,07	0,1126	0,026
	B-M5	8,42	0,1165	3,042		B-M20	10,06	0,194	0
	B-M6	8,5	0,1913	3,843		B-M21	9,91	0,309	0,456
	MSP- MSP7	8,08	0,014	0,132		MSP- MSP22	8,16	0,0355	0,079
	MSP- MSP8	7,45	0,017	2,29		MSP- MSP23	8,05	0,01071	0,416
	MSP- MSP9	7,13	0,0196	2,206		MSP- MSP24	7,63	0,00971	0,572
	M- MSP10	8,31	0,168	0,046		M- MSP25	7,44	0,0415	0,135
	M- MSP11	9,18	0,248	1,125		M- MSP26	7,42	0,0693	0,408
	M- MSP12	8,79	0,185	1,306		M- MSP27	7,19	0,02204	1,146
	X13	10,41	0,868	0,066		X28	11,1	0,141	0,593
	X14	11,08	1,044	0,197		X29	10,83	0,921	1,474
	X15	10,69	0,93	0,148		X30	11,12	0,984	1,731

Tab. 5: Měření – 8. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,36	1,582	0,061	Simulovaný	M-M16	11,19	0,722	0,044
	M-M2	11,55	1,92	0,325		M-M17	11,18	1,209	0,08
	M-M3	11,55	1,951	0,302		M-M18	11,24	1,445	0,738
	B-M4	11,53	1,936	0,061		B-M19	11,21	0,847	0,108
	B-M5	11,38	1,313	2,419		B-M20	11,28	1,411	0,093
	B-M6	11,43	1,627	3,649		B-M21	11,08	1,433	0,535
	MSP- MSP7	11,35	0,2084	0,06		MSP- MSP22	8,58	0,0681	0,013
	MSP- MSP8	9,68	0,1488	2,442		MSP- MSP23	9,11	0,0431	0,388
	MSP- MSP9	9,1	0,0435	2,084		MSP- MSP24	9,29	0,0326	0,482
	MSP- MSPp	11,02	0,993	0,133		M- MSP25	10,28	0,2975	0,102
	MSP- MSPp	11,09	1,166	0,909		M- MSP26	10,76	0,518	0,459
	MSP- MSPp	11,24	1,344	1,121		M- MSP27	10,36	0,2137	0,548
	MSP- MSPp	11,54	2,111	0,245		X28	11,54	2,252	0,303
	MSP- MSPp	11,69	2,526	0,37		X29	11,61	2,116	0,814
	MSP- MSPp	11,64	2,396	0,295		X30	11,6	2,144	0,762

Tab. 6: Měření – 15. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,55	2,059	0,054	Simulovaný	M-M16	11,42	1,476	0,067
	M-M2	11,71	2,584	0,253		M-M17	11,51	1,865	0,099
	M-M3	11,76	2,657	0,117		M-M18	11,54	1,991	0,67
	<b>B-M4</b>	11,76	2,616	0,017		<b>B-M19</b>	11,46	1,72	0,132
	B-M5	11,61	1,974	2,361		B-M20	11,56	2,101	0,14
	B-M6	11,64	2,186	2,342		B-M21	11,52	1,938	0,445
	MSP- MSP7	10,8	0,546	0,049		MSP- MSP22	9,4	0,1017	0
	MSP- MSP8	10,2	0,427	2,392		MSP- MSP23	10,33	0,288	0,484
	MSP- MSPp	10,34	0,291	1,731		MSP- MSP24	9,86	0,1121	0,5
	M- MSP10	11,16	1,303	0,066		M- MSP25	10,35	0,366	0,11
	M- MSP11	11,37	1,617	0,41		M- MSP26	10,94	0,784	0,473
	M- MSP12	11,49	1,962	0,804		M- MSP27	10,46	0,326	0,452
	X13	11,65	2,446	0,28		X28	11,59	2,369	0,363
	X14	11,76	2,97	0,354		X29	11,68	2,795	0,912
	X15	11,74	2,887	0		X30	11,71	2,76	1,129

Tab. 7: Měření – 36. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,93	3,47	0,06	Simulovaný	M-M16	11,71	2,392	0,185
	M-M2	12,01	3,89	0,186		M-M17	11,85	2,896	0,232
	M-M3	12,04	3,83	0,103		M-M18	11,86	3,08	0,516
	B-M4	12,03	3,92	0,06		B-M19	11,79	2,788	0,23
	B-M5	11,94	3,41	1,748		B-M20	11,88	3,15	0,324
	B-M6	11,93	3,42	0,443		B-M21	11,89	3,07	0,444
	MSP- MSP7	11,25	1,144	0,072		MSP- MSP22	9,91	0,1775	0
	MSP- MSP8	10,49	0,784	2,294		MSP- MSP23	10,59	0,403	0,353
	MSP- MSPp	11,05	0,961	1,682		MSP- MSP24	10,69	0,351	0,562
	M- MSP10	11,58	1,992	0,064		M- MSP25	10,67	0,506	0,118
	M- MSP11	11,86	3,02	0,157		M- MSP26	11,46	1,586	0,234
	M- MSP12	11,88	5,2	0,153		M- MSP27	11,11	0,667	0,22
	X13	11,86	3,16	0,22		X28	11,76	2,99	0,458
	X14	11,98	3,93	0,115		X29	11,91	3,83	0,749
	X15	11,94	3,8	0,128		X30	11,94	3,82	0,818



Tab. 8: Měření – 43. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,97	3,41	0,051	Simulovaný	M-M16	11,83	2,063	0,134
	M-M2	12,04	4,09	0,197		M-M17	11,99	2,954	0,227
	M-M3	12,04	3,85	0,085		M-M18	12,04	3,14	0,468
	B-M4	12,04	3,94	0,051		B-M19	11,92	2,665	0,171
	B-M5	11,98	3,52	1,503		B-M20	12,02	3,28	0,347
	B-M6	11,96	3,5	2,442		B-M21	12,01	3,19	0,991
	MSP- MSP7	10,84	0,92	0,042		MSP- MSP22	10,02	2,281	0
	MSP- MSP8	10,08	0,767	2,254		MSP- MSP23	10,76	0,449	0,286
	MSP- MSPp	11,12	1,007	1,664		MSP- MSP24	11,11	0,508	0,475
	M- MSP10	11,45	1,663	0,063		M- MSP25	10,83	0,519	0,088
	M- MSP11	11,79	2,99	0,105		M- MSP26	11,7	1,744	0,15
	M- MSP12	11,85	3,42	0,142		M- MSP27	11,38	0,773	0,228
	X13	11,82	3,08	0,069		X28	11,9	2,745	0,335
	X14	11,93	3,97	0,07		X29	12,08	3,86	0,76
	X15	11,92	3,87	0,064		X30	12,08	3,92	0,809

Tab. 9: Měření – 50. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,91	3,51	0,038	Simulovaný	M-M16	11,6	2,101	0,099
	M-M2	12,02	4,3	0,134		M-M17	11,77	3,03	0,208
	M-M3	11,99	4,03	0,106		M-M18	11,76	3,19	0,369
	B-M4	11,99	4,09	0,022		B-M19	11,73	0,273	0,12
	B-M5	11,96	3,77	1,348		B-M20	11,82	3,37	0,358
	B-M6	11,89	3,66	0,354		B-M21	11,74	3,25	0,761
	MSP- MSP7	10,56	0,926	0,082		MSP- MSP22	10,08	0,298	0
	MSP- MSP8	9,77	0,772	1,732		MSP- MSP23	10,86	0,538	0,235
	MSP- MSPp	11,08	1,022	1,47		MSP- MSP24	11,17	0,784	0,446
	M- MSP10	11,64	1,842	0,133		M- MSP25	10,75	0,513	0,04
	M- MSP11	11,92	3,19	0,151		M- MSP26	11,66	2,007	0,119
	M- MSP12	11,98	3,45	0,165		M- MSP27	11,35	0,977	0,245
	X13	11,96	3,22	0,302		X28	11,81	2,672	0,301
	X14	12,05	4,18	0,193		X29	11,99	3,86	0,082
	X15	12,04	4,07	0,222		X30	11,98	3,95	0,733

Tab. 10: Měření – 57. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,96	3,5	0,032	Simulovaný	M-M16	11,59	1,809	0,096
	M-M2	12,08	4,42	0,143		M-M17	11,83	3,05	0,239
	M-M3	12,06	4,15	0,093		M-M18	11,86	3,23	0,399
	B-M4	12,05	4,23	0,026		B-M19	11,81	2,618	0,129
	B-M5	12,02	3,86	1,361		B-M20	11,91	3,43	0,425
	B-M6	11,99	3,7	0,598		B-M21	11,86	3,31	0,653
	MSP- MSP7	10,61	0,919	0,015		MSP- MSP22	10,66	0,405	0
	MSP- MSP8	9,6	0,797	1,671		MSP- MSP23	11,07	0,681	0,266
	MSP- MSPp	10,82	0,937	1,287		MSP- MSP24	11,34	1,126	0,462
	M- MSP10	11,62	1,995	0,0024		M- MSP25	10,72	0,481	0,008
	M- MSP11	11,89	3,32	0,065		M- MSP26	11,63	2,218	0,123
	M- MSP12	11,99	3,76	0,048		M- MSP27	11,41	1,162	0,289
	X13	11,88	3,12	0,086		X28	11,73	2,308	0,294
	X14	11,99	4,11	0,102		X29	11,92	3,82	0,834
	X15	12	4	0,083		X30	11,94	3,94	0,836

Tab. 11: Měření – 64. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	C <sub>zn</sub> [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	C <sub>zn</sub> [mg/l]
Reálný	M-M1	12	3,66	0,044	Simulovaný	M-M16	11,68	1,661	0,062
	M-M2	12,1	4,64	0,136		M-M17	11,98	3,09	0,197
	M-M3	12,09	4,34	0,076		M-M18	12,03	3,31	0,388
	B-M4	11,98	3,95	0,016		B-M19	11,94	2,537	0,087
	B-M5	12,01	4,06	1,179		B-M20	12,04	3,5	0,421
	B-M6	12	3,95	0,534		B-M21	11,98	3,39	0,552
	MSP- MSP7	10,76	0,971	0,009		MSP- MSP22	11,16	0,668	0
	MSP- MSP8	9,48	0,823	0,49		MSP- MSP23	11,38	0,924	0,267
	MSP- MSPp	10,59	0,91	1,191		MSP- MSP24	11,65	1,512	0,46
	M- MSP10	11,63	2,136	0,03		M- MSP25	10,82	0,481	0
	M- MSP11	11,87	3,41	0,044		M- MSP26	11,85	2,481	0,119
	M- MSP12	11,44	4,03	0,061		M- MSP27	11,64	1,438	0,323
	X13	11,89	3,32	0,249		X28	11,73	2,054	0,274
	X14	11,97	4,27	0,15		X29	12,03	3,8	0,675
	X15	11,98	4,21	0,186		X30	12,05	3,97	0,73

Tab. 12: Měření – 79. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,99	3,98	0,065	Simulovaný	M-M16	11,46	1,306	0,046
	M-M2	12,1	5,03	0,214		M-M17	11,94	3,17	0,218
	M-M3	12,07	4,62	0,119		M-M18	11,95	3,31	0,346
	B-M4	11,99	4,23	0,067		B-M19	11,85	2,419	0,092
	B-M5	12,02	4,48	1,09		B-M20	12,02	3,63	0,454
	B-M6					B-M21	12	3,49	0,48
	MSP- MSP7	10,55	1,021	0,005		MSP- MSP22	11,65	1,462	0
	MSP- MSP8	9,55	0,896	0,389		MSP- MSP23	11,66	1,69	0,511
	MSP- MSPp	10,34	0,917	1,134		MSP- MSP24	11,79	2,256	0,518
	M- MSP10	11,59	2,333	0,017		M- MSP25	10,46	0,428	0
	M- MSP11	11,87	3,77	0,052		M- MSP26	11,93	2,99	0,164
	M- MSP12	11,92	4,44	0,062		M- MSP27	11,77	2,067	0,466
	X13	11,85	3,73	0,105		X28	11,74	1,948	0,264
	X14	11,98	4,63	0,087		X29	12,02	3,83	0,794
	X15	11,97	4,53	0,103		X30	12,04	4,04	0,809

Tab. 13: Měření – 85. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,14	3,98	0,056	Simulovaný	M-M16	11,05	1,056	0,019
	M-M2	11,23	5,04	0,179		M-M17	11,82	3,11	0,161
	M-M3	11,92	4,57	0,082		M-M18	11,43	3,2	0,242
	B-M4	11,13	4,13	0,027		B-M19	11,78	2,321	0,079
	B-M5	11,16	4,5	0,99		B-M20	11,93	3,61	0,365
	B-M6					B-M21	11,21	3,43	0,252
	MSP- MSP7	9,7	1,017	0,008		MSP- MSP22	10,97	1,868	0,031
	MSP- MSP8	8,7	0,929	0,106		MSP- MSP23	10,98	2,014	0,144
	MSP- MSPp	9,15	0,902	0,663		MSP- MSP24	11,08	2,572	0,376
	M- MSP10	10,64	2,383	0,011		M- MSP25	9,4	0,4	0
	M- MSP11	10,97	3,65	0,066		M- MSP26	11,21	3,16	0,138
	M- MSP12	11,04	4,47	0,056		M- MSP27	11,69	2,279	0,464
	X13	10,98	3,43	0,037		X28	10,82	1,689	0,224
	X14	11,08	4,54	0,65		X29	11,18	3,71	0,677
	X15	11,11	4,79	0,057		X30	11,12	3,9	0,715

Tab. 14: Měření – 106. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,95	4,2	0,067	Simulovaný	M-M16	11,09	0,831	0,000
	M-M2	12,05	5,34	0,292		M-M17	11,89	3,1	0,075
	M-M3	12,06	4,81	0,073		M-M18	11,91	3,15	0,263
	B-M4	12,03	4,06	0		B-M19	11,71	1,986	0
	B-M5	11,97	4,75	0,78		B-M20	11,94	3,64	0,401
	B-M6					B-M21	11,93	3,42	0,276
	MSP- MSP7	10,41	1,083	0		MSP- MSP22	11,87	2,757	0
	MSP- MSP8	9,36	1,018	0,591		MSP- MSP23	11,88	3,03	0,586
	MSP- MSPp	9,8	0,951	1,008		MSP- MSP24	11,96	3,57	0,563
	M- MSP10	11,53	2,424	0		M- MSP25	9,53	0,389	0
	M- MSP11	11,81	3,84	0		M- MSP26	11,87	3,71	0,178
	M- MSP12	11,91	4,84	0		M- MSP27	11,9	3,11	0,489
	X13					X28	11,35	1,042	0,175
	X14					X29	11,91	3,61	0,825
	X15					X30	11,95	3,85	0,871

Tab. 15: Měření – 120. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,66	4,31	0,101	Simulovaný	M-M16	10,69	0,658	0,233
	M-M2	11,81	5,4	0,399		M-M17	11,75	2,986	0,012
	M-M3	11,78	4,85	0,115		M-M18	11,79	2,998	0,132
	B-M4	11,74	4,03	0,012		B-M19	11,33	1,765	0,089
	B-M5	11,8	4,94	0,918		B-M20	11,59	3,65	0,513
	B-M6					B-M21	11,59	3,39	0,342
	MSP- MSP7	10,54	1,168	0,026		MSP- MSP22	11,51	3,04	0,045
	MSP- MSP8	9,41	1,058	0,819		MSP- MSP23	11,65	3,67	0,764
	MSP- MSPp	9,89	1,048	0,864		MSP- MSP24	11,68	4,08	0,751
	M- MSP10	11,43	2,656	0,046		M- MSP25	9,61	0,397	0,0002
	M- MSP11	11,63	3,98	0,17		M- MSP26	11,57	4,06	0,416
	M- MSP12	11,76	4,87	0,087		M- MSP27	11,64	3,59	0,627
	X13					X28	11,04	0,953	0,141
	X14					X29	11,64	3,53	0,865
	X15					X30	11,69	3,8	0,965



Tab. 16: Měření – 139. den

Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]	Odpad	Vzorek	pH	Kond. [mS/cm]	Czn [mg/l]
Reálný	M-M1	11,76	3,73	0,22	Simulovaný	M-M16	10,39	0,581	0,000
	M-M2	11,85	5,23	0,639		M-M17	11,53	2,894	0,084
	M-M3	11,87	4,64	0,392		M-M18	11,65	2,874	0,148
	B-M4	11,74	3,33	0,164		B-M19	11,25	1,102	0,014
	B-M5	11,83	4,8	0,67		B-M20	11,56	3,2	0,304
	B-M6	11,84	4,68	0,183		B-M21	11,66	3,06	0,186
	MSP- MSP7	11,05	1,333	0,024		MSP- MSP22	11,69	2,906	0,048
	MSP- MSP8	9,53	1,102	0		MSP- MSP23	11,82	3,84	0,568
	MSP- MSPp	10,23	1,142	0,128		MSP- MSP24	11,84	4,11	0,467
	M- MSP10	11,49	2,382	0,227		M- MSP25	9,16	0,413	0,0008
	M- MSP11	11,69	3,66	0,159		M- MSP26	11,87	4,09	0,32
	M- MSP12	11,77	4,73	0,125		M- MSP27	11,81	3,73	0,421
	X13	11,68	3,09	0,051		X28	10,85	0,159	0
	X14	11,76	4,81	0,113		X29	11,63	2,648	0,35
	X15	11,83	4,67	0,294		X30	11,79	3,42	0,71