

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav aplikované a krajinné ekologie



**Hodnocení toxicity průsakových vod ze skládky
odpadů Štěpánovice**

Diplomová práce

Vedoucí práce:

Bc. Ing. Dana Adamcová Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Simona Grocholová

Brno 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Simona Grocholová**
Studijní program: Technologie odpadů
Obor: Technologie a management odpadů
Konzultant: doc. Mgr. Ing. Magdalena Daria Vaverková, Ph.D.
Název tématu: **Hodnocení toxicity průsakových vod ze skládky odpadů Štěpánovice**
Rozsah práce: cca 50 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika komunálního odpadu (pojmy, statistika, způsoby nakládání, legislativa).
2. Stručný popis procesu skládkování se zaměřením na monitoring vod.
3. Základní metody ekotoxikologie.
4. Popis skládky odpadů Štěpánovice (lokalizace, přírodní poměry, základní charakteristika zařízení, atd.).
5. Provedení testu inhibice růstu okřehku menšího (*Lemna minor*) na průsakových vodách ze skládky odpadů Štěpánovice.
6. Vyhodnocení výsledků a jejich interpretace.

Seznam odborné literatury:

1. GRODA, B. *Technika zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. 213 s. ISBN 80-7157-164-4.
2. ALTMANN, V. *Technika pro zpracování komunálního odpadu*. Praha: ČZU Praha, 2010. 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
3. FILIP, J. – KOTOVICOVÁ, J. – BOŽEK, F. *Komunální odpad a skládkování*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 121 s. ISBN 80-7157-712-X.
4. NOVOTNÁ, M. *Skládka jako centrum komplexního zpracování komunálního odpadu*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 55.
5. ANDĚL, P. *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. 1. vyd. Liberec: Evernia, 2011. 243 s. ISBN 978-80-903787-9-7.
6. PICKA, K. – MATOUŠEK, J. *Základy obecné a speciální toxikologie*. Praha: MŽP, 1996. 103 s. PHARE. ISBN 80-85368-91-9.
7. BALOG, K. – ZAPLETALOVÁ-BARTLOVÁ, I. *Základy toxikologie*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1998. 107 s. ISBN 80-86111-29-6.
8. PROKEŠ, J. *Základy toxikologie I. : Obecná toxikologie a ekotoxikologie*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1997. 165 s. ISBN 80-7184-418-7.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2014

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2016


Bc. Simona Grocholová
Autorka práce




Bc. Ing. Dana Adamcová, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Dr. Milada Štátná
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Hodnocení toxicity průsakových vod ze skládky odpadů Štěpánovice**, vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne _____

Poděkování

Děkuji paní Bc. Ing. Daně Adamcové, Ph.D. za vedení diplomové práce, odborné konzultace, cenné rady, trpělivost a ochotu. V neposlední řadě také děkuji paní doc. Mgr. Ing. Magdaleně Darii Vaverkové, Ph.D. za odborné konzultace k diplomové práci.

Děkuji také rodině a přátelům za podporu po celou dobu studia.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce je testování toxicity průsakových vod skládky tuhých komunálních odpadů Štěpánovice. V literárním přehledu je věnována pozornost právním předpisům týkajících se skládkování odpadů, základním pojmům v této oblasti používaným. Dále se pozornost zaměřována na komunální odpady a jejich statistiky, skládky a jejich technické zabezpečení s důrazem na monitoring skládek. V závěru první části diplomové práce je popsána problematika toxikologie a jejich základních metod. Experimentální část spočívá v hodnocení průsakových vod odebraných na skládce tuhých komunálních odpadů Štěpánovice. Testování toxicity průsakových vod je prováděno na základě Testu toxicity při semichronické expozici vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.). Následně jsou provedeny výpočty inhibice růstu a jejich zhodnocení.

Klíčová slova

Komunální odpad, skládka, průsakové vody, toxicita, okřehek menší, hořčice bílá

Abstract

The aim of this dissertation is to test the toxicity of the leachates at the landfill Štěpánovice with municipal solid waste. From literary works, the focus has been put on the legal regulations concerning the landfill's waste. Furthermore, the attention has been drawn to the municipal wastes and their statistics, and also to the landfills and their engineering controls/technical security with the emphasis on the landfills monitoring. The issues of toxicology and its methods are described in the conclusion of the first section of the dissertation. The experimental section is based on the evaluation of the leachates which had been collected at the landfill Štěpánovice. The testing has been done on the basis of Toxicology testing with a semi-chronic exposure to the common duckweed (*Lemna minor* L.). Consequently, the calculations of the growth inhibition have been carried out and analysed.

Keywords

Municipal waste, landfill, leachates, toxicity, common duckweed, white mustard

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍLE PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	11
3.1	Vybrané základní pojmy v oblasti skládkování.....	11
3.2	Vybrané právní normy odpadového hospodářství.....	12
3.2.1	Právní akty Evropské Unie.....	12
3.2.2	Právní akty České republiky.....	13
3.3	Odpadové hospodářství – komunální odpady.....	14
3.3.1	Charakteristika komunálního odpadu.....	14
3.3.2	Nakládání s komunálním odpadem.....	16
3.4	Vývoj a současný stav v produkci a nakládání s komunálními odpady v České republice.....	18
3.5	Skládky komunálních odpadů v České republice.....	20
3.5.1	Dělení skládek.....	21
3.5.2	Skládka jako stavba.....	23
3.5.3	Proces skládkování.....	27
3.6	Základní metody toxikologie.....	28
3.6.1	Ekotoxikologie.....	29
3.6.2	Základy metodiky ekotoxikologie.....	29
4	MATERIÁL A METODIKA.....	31
4.1	Materiál.....	31
4.1.1	Přírodní podmínky.....	31
4.1.2	Současný stav.....	33
4.1.3	Technologie ukládání odpadů.....	35
4.2	Metodika.....	36

4.2.1	Odběr vzorků průsakových vod.....	36
4.2.2	Test toxicity při semichronické expozici vůči okřehku menšímu (<i>Lemna minor</i> L.).....	37
4.2.3	Test semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>)	41
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	46
5.1	Výsledky Testu toxicity při semichronické expozici vůči okřehku menšímu (<i>Lemna minor</i> L.).....	46
5.2	Výsledky Testu semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>)	51
5.3	Srovnání testu toxicity na okřehku menším (<i>Lemna minor</i> L.) a hořčici bílé (<i>Sinapis alba</i>).....	54
6	ZÁVĚR.....	55
7	LITERATURA.....	57
7.1	Knižní zdroje.....	57
7.2	Internetové zdroje.....	58
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
9	SEZNAM TABULEK.....	64
10	POUŽITÉ ZKRATKY.....	65
11	PŘÍLOHY.....	66

1 ÚVOD

Světová populace planety Země přesahuje sedm miliard obyvatel. V posledním století došlo k velkému pokroku ve všech oblastech vědy i života obecně. To souvisí s růstem produkce odpadů. Zatímco v dřívějších dobách byly produkovány odpady přírodního charakteru, zejména od průmyslové revoluce vznikají odpady, které člověk neumí v současnosti efektivně odstranit a tak zabránit jejich přenášení na další generace.

V současnosti jsou odpady, pro které není další využití (recyklace, kompostování), odstraňovány spalováním nebo skládkováním. Spalováním je odstraněno asi jen dvacet procent všech vznikajících odpadů. Skládkování je v současnosti nejvíce využívaný způsob odstraňování odpadů.

Skládky odpadů mohou mít negativní vliv na své okolí.. Je proto důležité monitorovat tyto nepříznivé faktory, kterých je celá řada, především plynné emise, tvorba a složení průsakových vod, hlučnost, prašnost. Při úniku těchto látek do životního prostředí může dojít k jeho poškození nebo narušení některé jeho složky. Skládka jako zařízení pro odstraňování odpadů musí splňovat legislativní předpisy, jejich dodržování předchází případným nepříznivým vlivům skládky na okolní životní prostředí.

Tato diplomová práce je zaměřena na průsakové vody tvořící se v tělese skládky. Složení průsakových vod je různé, závislé na složení uložených odpadů na skládce. Průsakové vody jsou tvořeny dešťovými vodami, vodami obsaženými v odpadu a látkami, které jsou výsledkem chemických a biologických procesů ve skládkovém tělese.

Jedna z možností jak otestovat toxicitu průsakových vod skládky, jsou testy toxicity na okřehekku menším (*Lemna minor* L.) a hořčici bílé (*Sinapis alba*). Tyto rostliny jsou běžně používány k testům ekotoxicity právě pro jejich citlivost na toxické látky v životním prostředí.

2 CÍLE PRÁCE

Tématem diplomové práce je hodnocení toxicity průsakových vod skládky Štěpánovice.

Cíle diplomové práce jsou:

- Základní charakteristika komunálního odpadu,
- stručný popis procesu skládkování se zaměřením na monitoring vod,
- popis skládky odpadů Štěpánovice,
- provedení testu inhibice růstu okřehku menšího,
- vyhodnocení výsledků a jejich interpretace.

Teoretická část bude zaměřena na přehled literaturou zaměřenou na skládkování odpadů a testy toxicity. Praktická část bude probíhat v laboratořích Ústavu aplikované a krajinné ekologie Mendelovy univerzity v Brně.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Tato kapitola se zabývá problematikou odpadového hospodářství obecně v České republice (dále jen ČR). Dále se bude zaměřovat na oblast skládkování. Především právní normy týkající se skládek, oblast technického zajištění skládek a jejich monitoringu.

V následující podkapitole bude obecně charakterizováno hodnocení toxicity látek a popis základních používaných metod.

3.1 Vybrané základní pojmy v oblasti skládkování

Dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech) je pojem odpad specifikován jako: odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost zbavit.

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech vyjmenovává další základní pojmy:

- Komunální odpad (dále jen KO) – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpad, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.
- Odpad podobný komunálnímu odpadu – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden v Katalogu odpadů jako komunální odpad.
- Skládka – zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů (www.mzp.cz).

Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů uvádí další základní pojmy:

- Inertní odpad – odpad, který nemá nebezpečné vlastnosti a u něhož z anormálních klimatických podmínek nedochází k žádným významným fyzikálním, chemickým nebo biologickým změnám.

- Vodný výluh – roztok, který byl připraven ze vzorku odpadu podle ČSN EN 12 457-4 (83 8005).
- Výluhovou třídou – množina nejvýše přípustných hodnot koncentrací ukazatelů vybraných škodlivin v prvním vodném výluhu odpadu připraveného podle ČSN EN 12 457-4 (83 8005) (www.zakonyprolidi.cz).

Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů vymezuje pojem průsaková voda jako: jakákoliv kapalina prosakující odpady uloženými na skládce nebo ve skládce zadržována (www.eur-lex.europa.eu).

3.2 Vybrané právní normy odpadového hospodářství

ČR je jednou z členských zemí Evropské Unie (dále jen EU) od 1. května 2004. Z právního hlediska se ČR zavazuje k dodržování právních aktů EU a jejich implementace do vlastního právního řádu.

3.2.1 Právní akty Evropské Unie

Evropský právní systém je tvořen primárním a sekundárním právem. Primární právo jsou původní prameny evropského práva – zakládající smlouvy (Pařížská smlouva, Římské smlouvy a Maastrichtská smlouva), pozměňující smlouvy (Jednotný evropský akt, Amsterodamská smlouva, Niceská smlouva, Lisabonská smlouva) a další. Právní normy týkající se odpadového hospodářství jsou zařazeny do sekundárního práva EU. Rozhodovací proces zastávají Evropský parlament a Rada EU (www.eur-lex.europa.eu).

- **Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic**

Tato směrnice stanovuje opatření na ochranu lidského zdraví, životního prostředí, pravidla pro nakládání s odpady a předcházení nepříznivým vlivům spojeným se vznikem odpadů a omezování celkových dopadů využívání zdrojů (www.eur-lex.europa.eu). Do právního řádu ČR je tato směrnice implementována prostřednictvím zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech.

- **Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů**

Směrnice upravuje technické a provozní požadavky na skládky a odpady ukládané na nich. Postupy a návody na předcházení a omezování negativních vlivů skládkování na okolní životní prostředí, především se zaměřuje na předcházení znečištění povrchových a podzemních vod, půdy a ovzduší (www.eur-lex.europa.eu).

3.2.2 Právní akty České republiky

Právní řád ČR je založen na psaném právu, obsahuje zákony a další právní akty, ratifikované a vyhlášené mezinárodní smlouvy, k nimž dal souhlas Parlament ČR a nálezy Ústavního soudu. (www.e-justice.europa.eu). Zákonodárná moc v ČR je vykonávána prostřednictvím Parlamentu ČR, který je tvořen dvěma komorami – Poslanecká Sněmovna a Senát.

- **Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších předpisů**

Tento zákon upravuje pravidla pro nakládání s odpady, předcházení jejich vzniku, základní pojmy v odpadovém hospodářství, vymezuje povinnosti ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Dále se zaměřuje na práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a vymezuje působnost orgánů veřejné správy v tomto odvětví (www.mzp.cz).

- **Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů**

Vyhláška stanovuje povinnost pro původce i oprávněné osoby zařazovat odpady, dle druhů odpadů v Katalogu odpadů pod šestimístný kód (skupina, podskupina a druh odpadu). V příloze č. 1, je uveden Katalog odpadů, který je rozdělen do dvaceti skupin. Skupina 20 je určena právě pro komunální odpad. (www.mzp.cz).

- **Vyhláška č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů**

Norma je zaměřena na technické požadavky na skládky, seznam odpadů, které je zakázáno ukládat na skládky, zabývá se také způsoby hodnocení odpadů podle vyluhovatelnosti a mísitelnosti. Jsou zde popsány požadavky na ukládání odpadů z azbestu, dočasné skladování kovové rtuti. Požadavky na ukládání technologického materiálu a jsou zde popsány způsoby vytváření a čerpání finanční rezervy (www.mzp.cz).

V přílohách této vyhlášky jsou uvedeny podmínky přejímky odpadů do zařízení a dokladování kvality přijímaných odpadů. V příloze č. 2 vyhlášky se uvádí vyluhovatelnost a její třídy. V dalších přílohách jsou uvedeny podmínky mísitelnosti odpadů ukládaných na skládky a podmínky, které musí odpad splňovat při ukládání na skládku a další (www.zakonyprolidi.cz).

- **Vyhláška č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů**

V této vyhlášce jsou upraveny především náležitosti žádosti souhlasu k provozování zařízení k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů, které musí splňovat provozovatelé zařízení. Dále jsou zde popsány technické požadavky na zařízení k využívání, odstraňování odpadů. Určuje způsob vedení průběžné evidence její ohlašování, obsah provozního řádu a provozního deníku (www.mzp.cz).

3.3 Odpadové hospodářství – komunální odpady

V této kapitole je věnována pozornost charakteristice KO. Obecnému nakládání s KO v ČR. Statistice KO. Především je zde kladen důraz na oblast nakládání s odpadem prostřednictvím skládkování.

3.3.1 Charakteristika komunálního odpadu

KO je odpad z domácností občanů obcí a odpad podobný komunálnímu odpadu. KO se dělí na další složky: směsný komunální odpad, separované složky KO (papír, plast,

sklo, nápojové kartóny), nebezpečný odpad, objemný odpad, odpad ze zahrad a parků, atd. (www.mzp.cz). Tyto odpady jsou v Katalogu odpadů zařazeny do skupiny 20. Dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech je původcem KO obec, poté co občan odloží odpad do sběrné nádoby na odpad.

- **Směsný komunální odpad**

Směsný KO tvoří asi 60% KO v ČR. Definujeme ho jako směs KO, které je již dále není možno třídít nebo jakkoliv využít. Směsný KO je odstraňován na skládkách KO nebo ve spalovnách KO, kde se využívá alespoň pro výrobu tepla a elektrické energie (www.vitejtenazemi.cz).

- **Separovaný komunální odpad**

Je převážně tvořen vytríděnými plastovými, papírovými odpady a odpady ze skla. Dále jsou to ve většině měst odpady z tetrapakových obalů, železa a neželezných kovů, textilu, dále jsou tříděny i elektroodpady a baterie. Separované odpady jsou tříděny převážně do barevně oddělených sběrných nádob (modré – papír, žluté – plast, bílé – číré sklo, zelené – barevné sklo). Nejčastěji se jedná o odpady z obalů potravin a zboží běžné spotřeby. Tyto separované odpady jsou dále zpracovávány recyklací (www.vitejtenazemi.cz).

- **Nebezpečný odpad**

Odpad, který obsahuje nebezpečné látky nebo má nebezpečné vlastnosti. Nejčastěji se jedná o chemikálie z domácností, léčiva, patří, zde také obaly znečištěné nebezpečnými látkami. Řadí se do této skupiny i baterie, zářivky. S těmito odpady se nakládá dle přísných pravidel. Předány nebo odstraněny mohou být jen osobami majícími oprávnění k nakládání s nebezpečnými odpady. Tyto odpady jsou obyvateli odnášeny na sběrné dvory nebo do mobilních sběrných kontejnerů (www.vitejtenazemi.cz).

- **Objemný odpad**

Odpad, který je KO z domácností a svými rozměry převyšuje kapacitu běžných sběrných nádob na odpad. Jedná se především o starý nábytek, koberce, lepenkové odpady, plastové, kovové obaly, atd. (NOVOTNÁ, 2013)

- **Biologicky rozložitelný komunální odpad**

Tvoří významnou skupinu KO. Jedná se o odpad z domácností jako kuchyňské zbytky. Biologicky rozložitelný komunální odpad (dále jen BRKO) vzniká také při údržbě zahrad (posečená tráva, listí, větve), řadí se zde také odpady z údržby zeleně a parků obce.

Ve vesnické zástavbě jsou tyto odpady nejčastěji odstraňovány kompostováním samotnými producenty, ve městech jsou BRKO odstraňovány na komunitních nebo průmyslových kompostárnách (www.vitejtenazemi.cz).

3.3.2 Nakládání s komunálním odpadem

Původci a oprávněné osoby jsou povinny nakládat s KO dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Mezi nakládání s odpady se řadí shromažďování a skladování odpadů po svozu odpadů v obci. Sběr a výkup odpadů se týká především odpadů jako papír, kovové odpady, které jsou vykupovány za určené ceny. Do využívání odpadů je řazena recyklace odpadů. Sklo, papír a plasty jsou nejvíce recyklovanými odpady v ČR. Odpady, které nemají další využití, jsou odstraňovány spalováním a v největším objemu skládkovány.

- **Shromažďování a skladování odpadů**

Shromažďováním se rozumí krátkodobé soustředování odpadů ve sběrných nádobách k tomu určených v místě jejich vzniku, před jejich dalším zpracováním. Skladování odpadů je soustředování odpadů na dobu až tří let před jejich následným využitím anebo jeden rok před jejich odstraněním (www.mzp.cz).

- **Sběr a výkup odpadů**

Sběr a výkup odpadů se řídí zákonem č. 185/2001 Sb. o odpadech. Provozovatelé jsou povinni uvádět v provozovně skupiny odpadů dle Katalogu odpadů, které mají povolené odebírat. Shromažďovat odpady kde skupin odpadů v nádobách řádně označených, zabráňujících únikům do životního prostředí a odcizení. Při výkupu a sběru odpadů jsou povinni identifikovat osoby a vést evidenci o těchto odpadech a osobách. Při výkupu a sběru za úplatu jsou finanční prostředky hrazeny převodem na bankovní konto (www.zakonyprolidi.cz).

- **Využívání odpadů**

Povinnosti provozovatelů využívajících odpady jsou uvedeny v zákoně č. 185/2001 Sb. o odpadech. Provozovatel zařízení má povinnost zveřejňovat seznam odpadů, k jejichž využívání je oprávněn, vést evidenci o odpadech, ověřovat jejich nebezpečné vlastnosti. Zabezpečit odpady před úniky do životního prostředí a odcizením. Nakládat s odpady v souladu s provozním řádem zařízení (www.zakonyprolidi.cz). Nejčastěji používaný způsob využívání odpadu je recyklace.

Recyklace

Recyklace je znovuvyužití surovin obsažených v odpadech. Odpady jsou tvořeny velkým množstvím různých druhů materiálů, které mají různé chemické a fyzikální vlastnosti. Separace jednotlivých složek – jednodruhových materiálů je základním předpokladem dalšího využití těchto odpadů jako tzv. druhotných surovin. Recyklace má pozitivní vliv na spotřebu primárních surovin, ale také na snížení množství odstraňovaných odpadů (JUNGA A KOL., 2015).

První fází recyklace KO je třídění odpadů samotnými občany (nejčastěji plast, papír, sklo). Dále probíhá recyklace v zařízeních určených k nakládání s odpady, kde jsou odpady dále tříděny např. metodou ručního třídění, mechanickým tříděním, magnetické třídění, pneumatické a hydraulické třídění odpadů (JUNGA A KOL., 2015).

Následně je z nich vytvářen materiál, který je dále použitelný pro výrobu, např. plastové vločky, regranuláty, atd. (www.vitejtenazemi.cz).

- **Odstranění odpadů**

Odstranění odpadů je konečná činnost v nakládání s odpady, kdy nedochází k dalšímu využití odpadů, a to i v případě kdy jako vedlejší produkt např. u spalování KO vzniká teplo nebo elektrická energie (NOVÁKOVÁ, 2013). V ČR je odpad odstraňován především skládkováním, v druhé řadě spalováním. Asi 3 % odpadů je odstraňováno kompostováním, jedná se o BRKO.

Spalování

Spalování KO je nedílnou součástí odstraňování odpadů. V ČR je ročně tímto způsobem odstraněno asi 13% všech KO. V ČR jsou tři spalovny KO (Praha, Brno, Liberec).

Je postavena i čtvrtá spalovna KO v Chotíkově u Plzně, která zatím není v provozu, probíhají zde zkoušky provozu spalování na prvních tunách odpadů (www.ekolist.cz). Spalování je termické zpracování odpadů s následným energetickým využitím (výroba tepla, elektrické energie) (JUNGA A KOL., 2015).

Mezi výhody spalování řadíme především radikální zmenšení jak hmotnostního objemu odpadů (až o 70%), tak objemového podílu odpadů (až 90%), dalším pozitivním důsledkem spalování je využívání energetického potenciálu odpadů (JUNGA A KOL., 2015).

Spalování má samozřejmě i své nevýhody a to vysoké investiční a provozní náklady, potřeba vysoce kvalifikovaných zaměstnanců, v neposlední řadě emise škodlivých plynů (dioxiny, oxidy dusíku, atd.) (JUNGA A KOL., 2015).

Skládkování

Jedná se o další konečný způsob odstranění odpadů. Skládkování bude věnována pozornost v následujících kapitolách podrobněji.

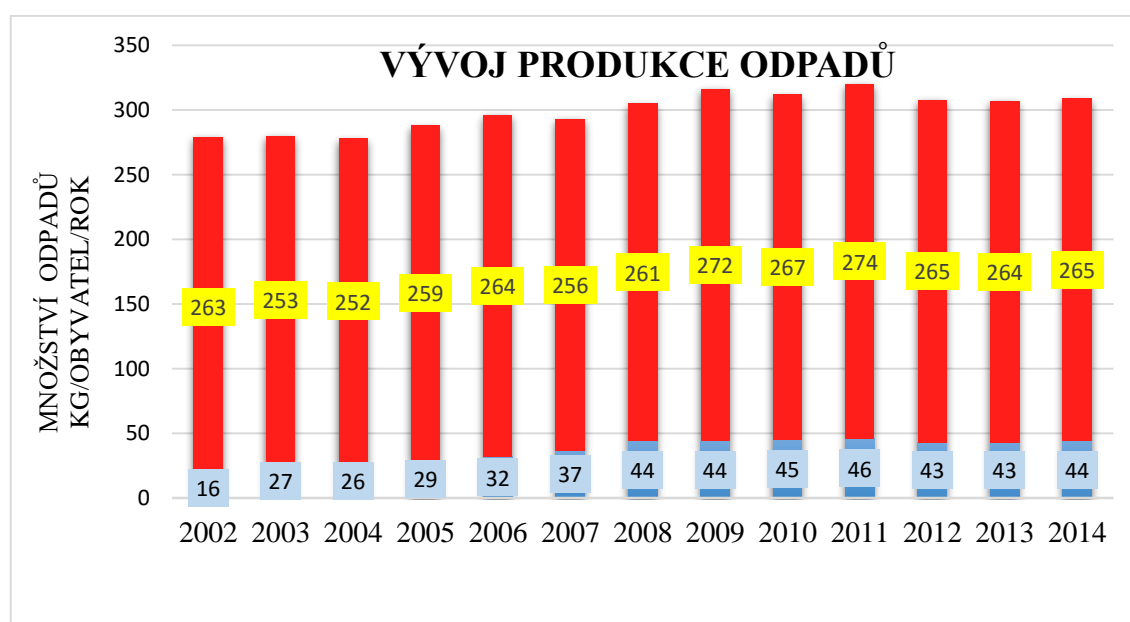
3.4 Vývoj a současný stav v produkci a nakládání s komunálními odpady v České republice

Český statistický úřad uvádí, dle svých statistických šetření, že v roce 2014 v roce celková produkce odpadů dosáhla hodnoty $238 \cdot 10^9$ kilogramů (dále jen kg) odpadů. Na Obr. 1, v posledních třech letech (2012 – 2014) je uvedena produkce odpadů za obyvatele/rok okolo 310 kg, z čehož lze vyvodit stagnaci produkce KO odpadů v ČR. Od roku 2002, lze vidět nárůst odpadů z 280 kg/rok/obyvatel KO na dnešních 310 kg/rok/obyvatel KO. (www.czso.cz) Tento nárůst je připisován životnímu stylu obyvatel a vyspělosti společnosti. V ČR připadá dlouhodobě asi 300 kg KO za obyvatele/rok, zatím co například v Rakousku nebo Německu jsou tyto hodnoty dvojnásobné. Celkově v EU z šetření Eurostatu vyplývá, že v roce 2011 bylo průměrné množství vyprodukovaného odpadu na obyvatele 503 kg/rok (www.statistikaamy.cz).

Z celkového množství produkce odpadů $238 \cdot 10^9$ kg, u nebezpečných odpadů byla dosažena hodnota $1\,168 \cdot 10^6$ kg. Největší podíl na produkci odpadů má průmyslový/podnikový sektor, kde v roce 2014 bylo vyprodukováno $202 \cdot 10^9$ kg odpadu,

i většina z výše uvedeného množství nebezpečných odpadů je produkována tímto odvětvím a to $1\,154 \cdot 10^6$ kg (www.czso.cz).

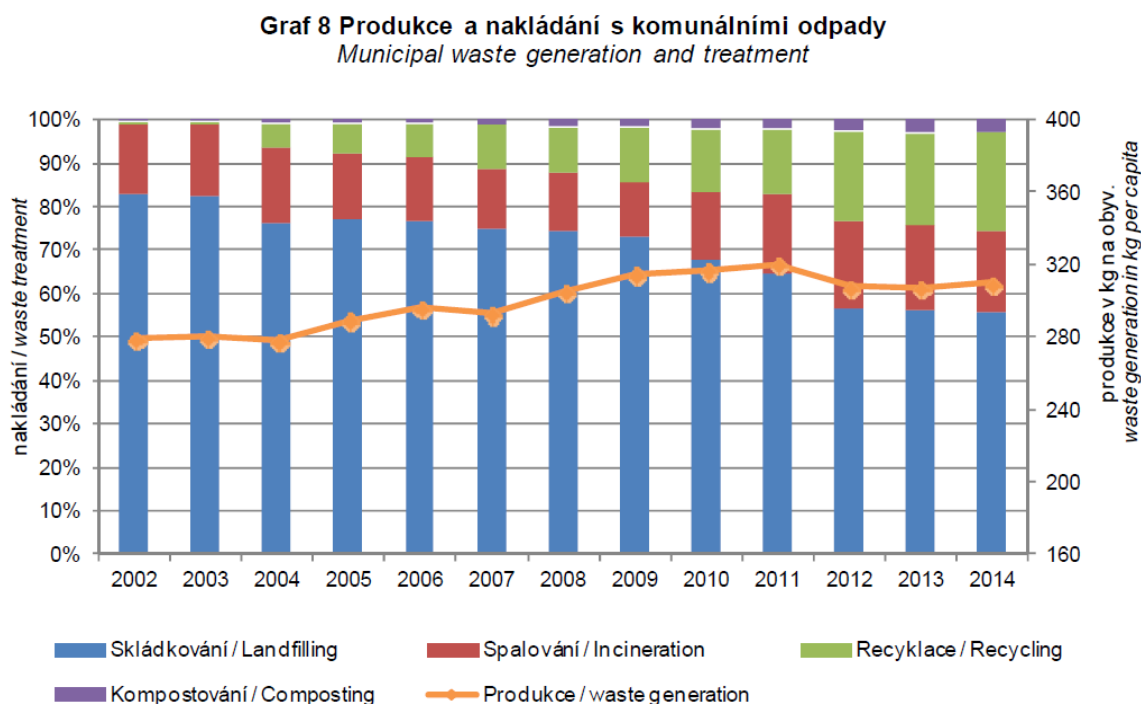
KO, jimž se především zabývá tato diplomová práce, byl zjištěn v množství $33 \cdot 10^9$ kg. Jeden obyvatel ČR v roce 2014 tedy vyprodukoval 309 kg KO. Největší podíl v KO má směsný komunální odpad z běžného svozu 64 %, separovaný odpad (papír, plasty, sklo) 15 % a objemný odpad 9 % z celkového množství KO (www.czso.cz). Na Obr. 1 je vidět, že odpadů separovaných (modře označeny) je opravdu jen malý podíl, ale jejich produkce pomalu narůstá. Ostatní odpady (červeně označeny) jsou průměrně ve stále stejné výši produkce.



Obr. 1 Vývoj produkce komunálních odpadů (Zdroj: www.czso.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

Vývoj v nakládání s odpady v ČR je znázorněn na Obr. 2. Na první pohled je zřejmé, že v celé historii v nakládání s odpady převažuje především způsob nakládání – skládkování. Z dlouhodobého hlediska, lze vidět (Obr. 2), že se od tohoto způsobu pouští a hledají se jiné řešení pro nakládání a odstraňování odpadů. V roce 2002 se skládalo přes 80 % odpadů, v roce 2014 to bylo asi 55 %. Z Obr. 2 vyplývá, že v roce 2002 nebyly odpady zpracovávány způsobem recyklace v ČR, až v dalších letech je tento způsob využíván, kdy v roce 2014 je recyklací zpracováno asi 24% všech KO. Kompostováním se začaly odpady zpracovávat až v roce 2004, kdy 1 % tvořilo

zanedbatelný podíl na odstraňování odpadů, v posledních letech (2012 – 2014) je možné sledovat mírný nárůst (na 3 %) v odstraňování odpadů tímto způsobem.



Obr. 2 Produkce a nakládání s komunálními odpady (Zdroj: www.czso.cz)

Dle Plánu odpadového hospodářství ČR (2015 – 2024) jsou pro nakládání s KO určeny cíle, které navazují na Směrnici EU 2008/98/ES o odpadech. Zaměřuje se na recyklaci, především zvýšení celkové úrovně přípravy k opětovnému použití a recyklaci na 50 % do roku 2020. Velká změna nastává v povinnosti obcí stanovit systém odděleného sběru pro BRKO, aby bylo zabráněno skládkování těchto odpadů a podpora jeho dalšího využití. Dále je zde upřednostňováno energetické využívání odpadů a významné omezení skládkování (www.mzp.cz)

3.5 Skládky komunálních odpadů v České republice

Na skládky je v ČR ukládáno asi 55 % KO tj. $1\,700 \cdot 10^6$ kg KO (www.czso.cz). Jedná se o nejčastěji využívaný způsob k odstraňování odpadů. Jako důvod pro skládkování jsou uváděny nízké náklady na skládkování, a i to že jde o nejbezpečnější a nejvíce prověřenou technologii. Skládkování sebou nese i negativa, a to především dlouhá aktivita odpadu po uložení do skládkového tělesa, produkce skládkových plynů.

Nejedná se o konečné řešení a odstranění odpadů, ale odsunutí problému a ponechání dalším generacím. V odpadu uloženém na skládky je velký podíl využitelných a recyklovatelných složek odpadu. Jedná se o nejméně příznivý způsob v nakládání s odpady pro životní prostředí (JUNGA A KOL., 2015).

V ČR je 206 povolených skládek s dobou skládkování 30 let, tyto skládky jsou určeny pro uložení jak nebezpečných odpadů, tak odpadů ostatních (JUNGA A KOL., 2015). Skládek pro KO je 148, inertní odpad (dále jen IO) je ukládán na 32 skládkách a 26 skládek je určeno pro nebezpečný odpad (dále jen NO). (KIZLINK, 2014)

3.5.1 Dělení skládek

Skládka je zařízení k odstraňování odpadů. Na skládky je možno přijímat jen odpady, které jsou povoleny k uložení na skládku, dle její skupiny. Legislativa dělí skládky dle tříd vyluhovatelnosti do tří následujících skupin:

Skládky inertních odpadů (S-IO)

- bez zkoušek mohou být přijímány odpady uvedené v příloze č. 8 Vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, ve znění pozdějších předpisů (např. beton, cihly, sklo, keramické výrobky, zemina a kameny),
- odpady, u kterých vodný výluh nepřekročí v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné hodnoty pro výluhovou třídu I,
- odpad musí vyhovět limitním koncentracím pro organické škodliviny v sušině.

Skládky ostatních odpadů (S-OO)

- ostatní odpad (OO) – je charakterizován jako odpad, který nevykazuje ani jednu z vlastností NO, do odpadů kategorie OO jsou zařazovány i KO.

a) S-OO1

- bez zkoušek mohou být přijímány odpady uvedené v příloze č. 8 Vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, ve znění pozdějších předpisů (např. beton, cihly, sklo, keramické výrobky, zemina a kameny),

- vodný výluh nesmí překročit v žádném z ukazatelů nejvýše přípustné limity pro výluhovou třídu IIa,
- odpady s nízkým podílem biologicky rozložitelných odpadů (BRO) – do 5 % celkového organického uhlíku (dále jen TOC) v sušině,

b) S-OO3

- na tuto kategorii skládky nesmějí být ukládány odpady na bázi sádry,
- bez zkoušek mohou být přijímány odpady uvedené v příloze č. 8 Vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, ve znění pozdějších předpisů (např. beton, cihly, sklo, keramické výrobky, zemina a kameny),
- odpady nehodnotitelné podle třídy vyluhovatelnosti (KO, směsný stavební odpad), s podstatným podílem biologicky rozložitelného odpadu,
- musí splňovat nejvýše přípustné limitní hodnoty pro třídu vyluhovatelnosti III,
- mohou být ukládány odpady z azbestu.

Skládky nebezpečných odpadů (S-NO)

- bez zkoušek mohou být přijímány odpady uvedené v příloze č. 8 Vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, ve znění pozdějších předpisů (např. beton, cihly, sklo, keramické výrobky, zemina a kameny),
- odstraňují se odpady, které nevyhovují III třídě vyluhovatelnosti,
- nejsou přijímány odpady, které mají více než 6 % TOC v sušině,
- jsou přijímány odpady z azbestu,
- kovová rtuť je ukládána jen k dočasnému skladování (www.mzp.cz, JUNGA A KOL., 2015).

Způsob stavby skládkového tělesa ovlivňuje její další provoz. Nejoblíbenější jsou skládky nadúrovňové násypové, pro jejich snadnou obsluhu, monitoring a bezpečnost provozu. Například skládky postavené pod úrovní terénu jsou náročnější na technické odčerpávání průsakových vod a skládkových plynů. Skládky se dělí podle svého umístění v terénu:

- podúrovňové,
- nadúrovňové,
- podzemní,
- svahové,
- násypové,
- kombinované (FILIP A KOL., 2006).

Dále rozděluje skládky podle toho, v jaké fázi životnosti se nacházejí:

- připravované skládky,
- skládky v provozu,
- skládky s ukončenou činností (JUNGA A KOL., 2015).

3.5.2 Skládka jako stavba

Skládka je zařízení provozované za účelem odstraňování odpadů. Její stavbě předchází výběr vhodné lokality a legislativní schvalovací proces. Vzhledem ke skutečnosti, že skládka má vliv na okolní životní prostředí (prašnost, pachové vjemy, možné havárie a úniky průsakových vod a skládkových plynů) je velmi důležité navržení skládky jako stavby, jejího technického řešení zabezpečení proti znečištění okolního prostředí.

Technické řešení zabezpečení skládek

Technické řešení skládek určuje především druh skládky, tak aby byla zabezpečená ochrana životního prostředí, zdraví obyvatel a bezpečný provoz skládky.

Základní technické požadavky na skládky:

- a) těsnící systém,
- b) odvodňovací systém,
- c) odplyňovací systém,
- d) provozně technické zařízení,
- e) zařízení pro zajištění monitoringu skládky (JUNGA A KOL., 2015).

Ad a) Těsnící systém skládky

Těsnící systém skládky chrání okolní životní prostředí skládky před úniky nebezpečných látek do okolí a skládkové těleso před mechanickým poškozením. Je navrhován

především dle skupiny skládky a druhu odpadu uloženého na ni. V těchto odpadech je obsaženo velké množství vody, dalším faktorem je i zatékající dešťová voda. Vznikají výluhy z odpadů, které obsahují vlastnosti uložených odpadů, které při úniku mohou kontaminovat podzemní vody a povrchové vody (JUNGA A KOL., 2015).

Skládky se proto zabezpečují hydroizolačním těsnicím systémem. Těsnění zabezpečuje skládku jak na jejím dně tak povrchu. Je několik druhů těsnicích systému, které jsou voleny na základě druhu ukládaného materiálu a přírodních podmínek (JUNGA A KOL., 2015).

Těsnění jednoduché

- minerální těsnění (tloušťka 0,6 až 1 m),
- geosyntetické bentonitové rohože (tloušťka 5 až 10 mm),
- geomembrány - plastové fólie (tloušťka 1,5 až 2,5 mm).

Kombinované těsnění

- spolupůsobení těsnicí fólie (zabraňují průniku vody) a minerálního těsnění (zabraňují chemické difúzi) (JUNGA A KOL., 2015).

Ad b) Odvodňovací systém

Na skládku působí jak vody z vnějšího prostředí (např. dešťové), tak uvnitř skládky (průsakové vody). Množství vnějších vod je ovlivňováno hydrogeologickými a klimatickými podmínkami v lokalitě skládky (FILIP A KOL, 2006).

Odstranění průsakových vod skládky je zajištěno prostřednictvím odvodňovacího systému, který se skládá z:

- plošné drény,
- trubní drény,
- akumulární nádrže průsakových a dešťových vod,
- technologická zařízení na zneškodnění průsakových vod (JUNGA A KOL., 2015).

Plošné drény jsou tvořeny přírodními materiály (např. kamenivo) a zajišťují filtrační vrstvu přes, kterou je odváděna voda do sběrných drénu. Tyto sběrné drény jsou vyrobeny z vysoce odolných materiálů a slouží k odvádění průsakových vod z tělesa skládky.

Následuje odtok vod do svodného drénu, kterým protéká voda do akumulární jímky (FILIP A KOL, 2006).

Akumulační jímka je postavena mimo skládkové těleso, z nepropustných chemicky odolných materiálů. Vody akumulované v jímce jsou následně odstraňovány na čistírně odpadních vod. Akumulační nádrže na skládce slouží k zachycení dešťových vod a vod ze sekcí skládky, kde ještě nebyl ukládán odpad (FILIP A KOL, 2006).

Průsakové vody obsahují mnoho organických a anorganických látek, které mohou být nebezpečné pro své okolí (např. Hg, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb), ukazateli pro vyhodnocení průsakových vod je biologická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku (CHSK), pH a sloučeniny dusíku (FILIP A KOL, 2006).

Ad c) Odplyňovací systém

Odpad je reaktivním materiálem, vlivem biochemických procesů dochází k uvolňování skládkových plynů. Tyto plyny obsahují především oxid uhličitý, metan, oxidy síry a dusíku. Zvláště u skládek KO je důležitý odplyňovací systém, vzhledem k většímu obsahu BRO dochází i k většímu vzniku skládkových plynů. Skládkové plyny mají negativní vliv na skládku, ohrožuje bezpečnost skládky (nebezpečí výbuchu a vzniku požáru), dále pachová zátěž okolního prostředí. (JUNGA A KOL., 2015).

Množství a kvalita skládkového plynu je ovlivněná délkou provozu skládky, rychlostí rozkladných procesů odpadu a množstvím organických materiálů. Odplyňovací systém je zajištěn:

- svislé vrty a jímací studny,
- horizontální drény a vrty,
- kombinované prvky – svislé, vodorovné nebo šikmé drény a vrty (JUNGA A KOL., 2015).

Odvod plynu ze skládky probíhá přetlakem nebo podtlakovým čerpáním. Odstranění skládkového plynu záleží na složení plynu. Skládkový plyn je zpracováván v kogeneračních jednotkách, pokud kvalita a množství plynu neumožňuje energetické využití, je plyn odstraňován spalováním (JUNGA A KOL., 2015).

Ad d) Provozně technická zařízení

Mezi technická zařízení skládky je řazena zejména provozní budova (zázemí pro administrativu a zaměstnance. Mostní váha s detekčním rámem sloužící pro kontrolu a monitoring navážených odpadů. Dalšími zařízeními jsou sklady a garáže pro mechanizaci zabezpečující provoz skládky. Celý areál skládky musí být také oplocen (JUNGA A KOL., 2015).

Ad e) Zařízení pro zajištění monitoringu skládky

Hlavním úkolem monitorovacího zařízení je kontrola jakosti podzemních a povrchových vod, sledování množství a složení skládkového plynu, chování procesů ve skládkovém tělese a úroveň prašnosti na skládce (FILIP A KOL, 2006).

Monitoring skládky se řídí normou ČSN 83 8036 Skládkování odpadů – Monitorování skládek. Dle normy ČSN 83 8036 je monitorování definováno jako: soubor činností, kterými se sleduje vliv skládky na okolní prostředí a chování jednotlivých částí skládky (www.nase1stranky.wz.cz).

Monitorovací zařízení je součástí každé skládky. Rozsah systému monitorování se stanovuje na základě vyhodnocení stupně rizika ovlivnění okolí, již při navrhování skládky. Následně je vypracován Program kontroly a monitorování skládky:

- monitoring jakosti a množství průsakových vod,
- sledování hladiny podzemních a povrchových vod,
- monitoring množství a složení skládkového plynu,
- sledování tělesa skládky a jeho podloží,
- kontrolu shody přijímaných odpadů s kritérii pro danou skupinu skládky,
- kontrolu správné činnosti opatření určených k ochraně životního prostředí,
- kontrolu plnění podmínek určených v povolení k provozování skládky,
- v průběhu provozu monitorovacího systému je možno doplnit body programu podle potřeby, např. měření prašnosti (www.nase1stranky.wz.cz).

Skládka je monitorována v průběhu celé své životnosti – monitoruje se již v průběhu příprav a výstavby, následně provoz skládky a nakonec po celou dobu po uzavření

skládky (FILIP A KOL., 2006). Monitoring skládky je provozovatelům skládky nařízen zákonem minimálně po dobu 30 let.

Výsledky monitoringu jsou zaznamenávány v provozním deníku zařízení. Metody měření a limitní hodnoty jsou určeny v provozním řádku provozovny (www.nase1stranky.wz.cz).

3.5.3 Proces skládkování

Skládkování odpadů začíná příjmem odpadů na skládku. Odpad je přijímán na základě dokumentu - Základního popisu odpadu. V dokumentu jsou uvedeny všechny náležitosti dle Vyhlášky č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky, ve znění pozdějších předpisů.

Následuje samotné uložení odpadu do skládkového tělesa. Pro efektivní uložení odpadu se využívá řada mechanizace (kompaktor, dozer, traktorové rypadlo, kontejnerový jeřáb, zametací a kropící vozidlo a další) (JUNGA A KOL., 2015).

Velmi důležitou činností je zhutňování odpadů. Zhutňováním se zvyšuje objemová hmotnost odpadu o 30 až 50 %. Díky zhutňování je možno na skládku uložit větší množství odpadů, zvyšuje se soudržnost odpadu a snižuje riziko sesedání odpadu v průběhu času. Zintenzivňují se rozkladné procesy, zvyšuje se vlhkost uložených odpadů, zároveň se snižuje množství lehkých odpadů odnášených větrem. Po každých asi dvou metrech zhutnělého odpadu je položena mezivrstva inertních odpadů, která zvyšuje pevnost skládkového tělesa a omezení šíření zápachu. Další činností je zvlhčování odpadů, důležité především v letních měsících, důvodem zvlhčování je udržování vhodné vlhkosti, pro optimální průběh rozkladných procesů, prevence požárů a snížení prašnosti (JUNGA A KOL., 2015).

Po naplnění kapacity tělesa skládky je na řadě uzavření a následná péče o skládku. Jedná se o konečné zabezpečení a zkulturnění území skládky a okolí. Uzavírání probíhá po jednotlivých sekcích skládky po naplnění jejich maximální kapacity. Cílem rekultivace je zkulturnění znehodnocené krajiny a jeho opětovné začlenění. Vytvářejí se lesní nebo zemědělské plochy. Projekt rekultivace je navržen již v projektové dokumentaci skládky. Samotná rekultivace probíhá v několika etapách:

- úprava tvaru skládkového tělesa,

- izolační vrstva (svrchní těsnění),
- ochrana izolačních vrstev,
- začlenění skládky do okolního prostředí (JUNGA A KOL., 2015).

3.6 Základní metody toxikologie

Obecně je toxikologie věda, která zabývá vztahem chemických látek a jejich účinku na živé organizmy a ekosystémy. (MARKOVÁ, 1998) V podstatě se zabývá průběhem účinku toxických látek v organismu, způsoby léčby otrav toxiny a bezpečnostními opatřeními před toxickými účinky. Toxikologie se zabývá jak bezprostřední (akutní) toxicitou, tak toxicitou s časovým posunem (chronická a pozdní toxicita) (HON, 2013).

Základní pojmy

- toxicita – míra vlivu jakým působí jedovaté látky na živé organizmy,
- environmentální toxicita – chemická látka působící toxicky na faunu, flóru, narušující stabilitu ekosystému,
- perzistence – setrvávání chemických látek v životním prostředí,
- bioakumulace – hromadění látek v živých organizmech,
- toxická látka – neboli jedovatá látka, je chemická látka působící nepříznivě na organizmy nebo ekosystémy,
- toxin – jedovatá látka, která je původu živočišného, rostlinného, mikrobiálního,
- expozice – vystavení organismu účinku toxické látky, při které dojde k průniku jedovaté látky dovnitř organismu (HON, 2013).

Druhy intoxikací

- akutní intoxikace – organismu je vystaven jednorázově nebo krátkodobě vyšší koncentraci jedovaté látky,
- chronická intoxikace – dlouhodobá expozice organismu nízkým koncentracím toxických látek,
- pozdní toxicita – dlouhodobé působení toxické látky (i několik let) (HON, 2013).

Metody zjišťování toxicity chemických látek

- in vitro – zkoumání toxicity na jednoduchých živých organizmech (prvoci, řasy, semena rostlin, červi) ve skle,
- in vivo – testování na živých zvířatech (HON, 2013).

3.6.1 Ekotoxikologie

Ekotoxikologie je obor, který spojuje ekologii a toxikologii. Zahrnuje působení cizorodých látek na volně žijící organismy v jejich přirozeném prostředí. Dále se zabývá zkoumáním přestupu nepříznivě působících chemických látek přímo ze životního prostředí na člověka (z vody, půdy, ovzduší) nebo prostřednictvím přirozených nebo člověkem řízených potravních řetězců. (PROKEŠ, 2005)

3.6.2 Základy metodiky ekotoxikologie

Metodiky ekotoxikologie se zaměřují na expozici toxikantu v prostředí a hodnocení účinku. Metodika expozice je zaměřena na popis šíření látek a jejich koncentrace v prostředí. Metodika účinku studuje změny, které způsobuje jedovatá látka v prostředí. V ekotoxikologii jsou pro vyhodnocení toxicity používány i metody bioindikační, kde z výsledků chování živých organismů je vyvozován stav okolního prostředí.

Metodiky hodnocení expozice

Zahrnuje popis všech jevů, které jsou pozorovány mezi výstupem toxikantu ze zdroje a jeho přímým kontaktem s biosystémem.

Rozdělení metodiky hodnotících pohyb látek v prostředí:

- Hodnocení pohybu a přeměny toxikantu v prostředí – dynamická složka,
- hodnocení hladiny a rozšíření toxikantu v prostředí – statická složka, principem je odběr vzorků, chemická analýza a vyhodnocení vzorků (ANDĚL, 2011).

Metodiky hodnocení účinku

Tato metoda hodnotí toxicitu v závislosti na velikosti dávky a následné reakci prostředí na ni. Nejčastěji používané metody u hodnocení toxicity.

- a) Ekotoxikologické biotesty

Laboratorní testy, kdy se testuje vliv jedné chemické látky na jeden druh organismu. Testovat je možné i směs chemických látek a rovněž lze využít i standardizované vícedruhové testy. Celý postup je přesně daný od přípravy vzorků až po vyhodnocení testu.

b) Sada testů

Používá se celá sada samostatných individuálních testů s různými druhy, které jsou vybírány tak aby reprezentovaly jak taxonomické, tak funkční složení ekosystému. Výsledná toxicita se posuzuje na základě vyhodnocení všech testů získaných v sadě.

c) Mikrokosmy

Laboratorní testy, při kterých je vystaveno toxické látce v jednom prostoru současně více druhů organismů.

d) Transplantační pokusy

Modelový organismus vypěstovaný v laboratoři je implementován do místa expozice toxické látky, zde je ponechán po stanovenou dobu. Poté znovu přenesen do laboratoře k hodnocení biochemické, fyziologické, morfologické přeměny a kumulace toxikantu v těle organismu.

e) Mezokosmy a polní studie

Testování toxických látek na reálných výsecích ekosystémů v prostředí. Nejkomplexnější testy, při kterých je možno sledovat široké spektrum ekologických reakcí.

f) Ekotoxikologické terénní studie

Skutečné ekosystémy s reálným vlivem toxických látek. Vyhodnocují se testy dopadů bezprostředně provedeného chemického zásahu a chemických kontaminací z minulosti (ANDĚL, 2011)

Bioindikační metody

Měří se koncentrace toxické látky nebo se sledují změny organismu, které signalizují přítomnost toxické látky v přirozeném či umělém prostředí. (PROKEŠ, 2005)

4 MATERIÁL A METODIKA

Hlavním tématem této kapitoly bude charakteristika skládky tuhých komunálních odpadů Štěpánovice (dále jen TKO Štěpánovice) a popis metodiky hodnocení toxicity průsakových vod na této skládce odebraných.

4.1 Materiál

Pro odběry průsakových vod byla zvolena skládka TKO Štěpánovice. Dále budou popsány přírodní podmínky na skládce a v okolí skládky. Případná toxicita průsakových vod může mít vliv na okolní životní prostředí skládky, proto je nutné uvést jeho základní charakteristiku.

4.1.1 Přírodní podmínky

TKO Štěpánovice se nachází v Plzeňském kraji, 1 km severně od obce Štěpánovice a 1 km jižně od obce Dehtín. Na Obr. 3 je zobrazena skládka a její okolí na leteckém snímku. Nachází se v široce otevřeném údolí, které je orientováno západ-východ. Provozovatelem zařízení je Odpadové hospodářství města Klatov. Dle Integrovaného povolení TKO Štěpánovice je její projektovaná kapacita 275 000 m³ s předpokládaným množstvím 20·10⁶ kg odpadů uložených na skládku za rok (www.mzp.cz).



Obr. 3 Letecký snímek TKO Štěpánovice (zdroj: www.google.cz, upraveno GROCHOLOVÁ, 2016)

• Klimatické poměry

Lokalita TKO Štěpánovice se nachází dle klimatické rajonizace v mírně teplé oblasti MT 10. Klimatická oblast MT 10 je charakterizována dlouhým, teplým a suchým létem, přechodným obdobím je mírně teplé jaro a podzim. Zima je krátká, mírně teplá a velmi suchá, s krátkými obdobími sněhové pokrývky. Nejchladnějším měsícem je leden (-2,1 °C), nejteplejším měsícem je červenec (17,1 °C), průměrná roční teplota na Klatovsku je 8,0 °C. Roční srážkový průměr dané lokality činí 582 mm. Celoroční průměrná relativní vlhkost vzduchu je 75 % (VAVERKOVÁ, 2015).

• Hydrologické poměry

TKO Štěpánovice leží v soutokovém úhlu řeky Úhlavy a Točnického potoka. Z vodohospodářského pohledu patří lokalita do povodí řeky Úhlavy, její plocha dosahuje 919,4 km² a délka toku je 108,5 km. Povodí řeky Úhlavy je významný vodohospodářský tok, který je tvořen pstruhovou vodou od Dolní Lhoty, vodní nádrží Nýrsko, chráněným úsekem horního toku, protékajícím Chráněnou krajinnou oblastí Šumava a ochranným pásmem vodního zdroje II. Stupně pro město Plzeň (VAVERKOVÁ, 2015).

- **Geomorfologické poměry**

Lokalita se nalézá v Švihovské vrchovině, podle regionálního členění reliéfu ČR. V oblasti se nachází různě odolné horniny spilitového stupně barrandienského proterozoika s pozdně variskými magmatiky, Břidlice, drobové břidlice a nepřeměněné až mírně přeměněné droby jsou základními horninami nacházejícími se na tomto území (KRÁL, 2012).

- **Hydrogeologické poměry**

Území skládky se nachází v hydrogeologickém rajónu č. 131 – Kvartérní sedimenty Úhlavy mezi Nýrskem a Klatovy. Skalní podloží tvořené horninami svrchního proterozoika (břidlice) je charakterizováno nulovou průlinovou propustností a velice omezenou puklinovou propustností. To vytváří přirozenou izolační bariéru (KRÁL, 2012).

- **Biogeografické a geobiocenologické členění**

Biogeografické členění ČR lokalita náleží do přírodní lesní oblasti 6 Západočeská pahorkatina. Geobiocenologické členění je následující:

Tab. 1 Lokalita TKO Štěpánovice z biogeografického hlediska (VAVERKOVÁ, 2015)

Biogeografická provincie	Středoevropské listnaté lesy
Biogeografická podprovincie	Hercynská
Biogeografický region	1,28 Plzeňský

4.1.2 Současný stav

Zařízení je v provozu od roku 1996. Skládky je projektována jako 3 etapová s celkovou kapacitou 569 000 m³. Třetí etapa však dodnes nebyla vystavěna, a tak je kapacita skládky, jak již bylo uvedeno výše pro I. etapu 71 000 m³ o ploše 8 750 m² a pro II. etapu s kapacitou 218 000 m³ o ploše 26 600 m². I. etapa skládky byla ukončena v roce 2003 (VAVERKOVÁ, 2015).

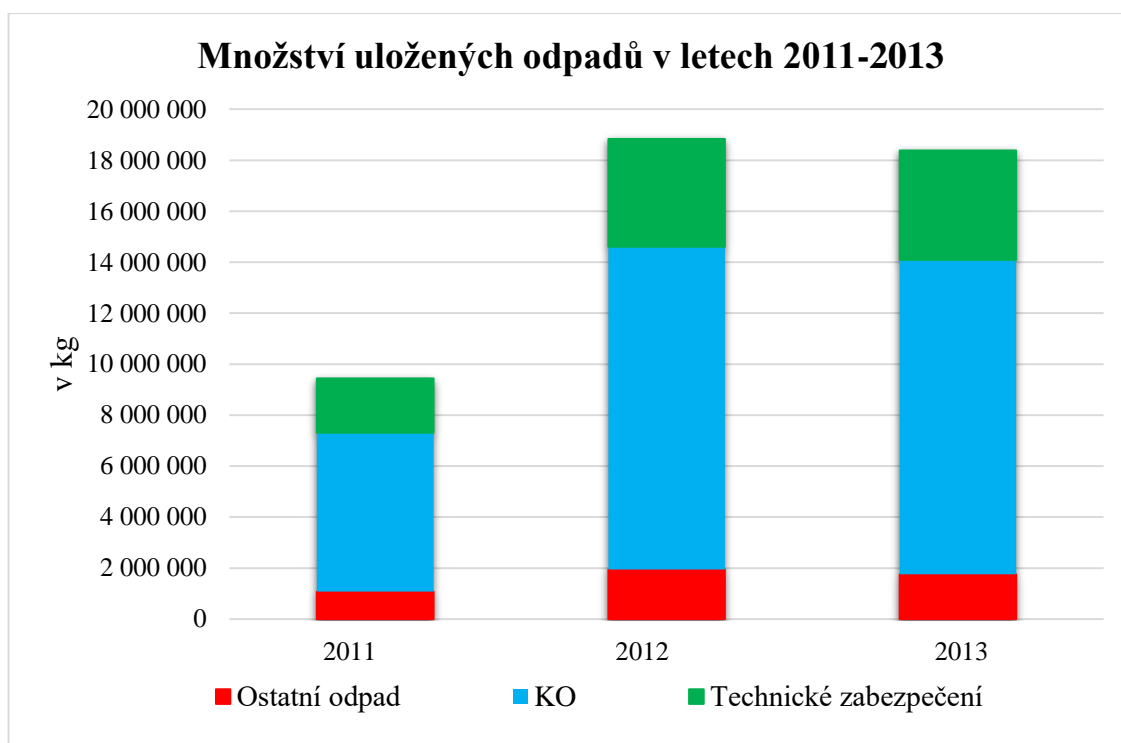
Identifikační údaje skládky jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 Identifikační údaje TKO Štěpánovice (zdroj: www.mzp.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

Provozovatel zařízení	Odpadové hospodářství města Klatov
Adresa sídla nebo podnikání	Sadová 362, 339 01 Klatovy 4
IČO	64388620
Kategorie dle přílohy č.1, zákona č. 76/2002 Sb.	5.4 Sklárky, které přijímají více než 10 t odpadu denně nebo mají celkovou kapacitu větší než 25 000t, s výjimkou skládek inertního odpadu.
Název zařízení	Skládka tuhého komunálního odpadu Štěpánovice
Umístění zařízení	kraj: Plzeňský; obec: Klatovy; katastrální území: Dehtín; Štěpánovice parcelní čísla:651/4, 634/2, 634/1, 651/2,5,8, 1007/3, 732/4, 634/18, 118/2, 117/2, 118/1, 119/2

TKO Štěpánovice je zařazena do kategorie S-OO. Jsou zde uloženy odpady kategorie ostatní odpad, jejichž vodný výluh nepřekračuje v žádném z ukazatelů limitní hodnoty výluhové třídy III. Dále odpady kategorie ostatní odpad, které nelze hodnotit na základě vodného výluhu (KO, stavební a demoliční odpad) (VAVERKOVÁ, 2015).

Na Obr. 4 je znázorněn vývoj množství ukládaných odpadů na skládku v letech 2011-2013. Na skládku je odstraňován odpad kategorie ostatní odpad, KO a ostatní odpad jako technické zabezpečení skládky. Z Obr. 4 je patrné, že v letech 2011 a 2012 došlo ke skokovému nárůstu ukládání odpadů, především v kategorii KO. V Tab. 3 je zobrazeno množství a druh odpadů uložených na skládce v letech 2011 – 2013.



Obr. 4 Množství odpadů uložených na skládku Štěpánovice 2011-2013 (zdroj: VAVERKOVÁ, 2015, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

Tab. 3 Tabulka množství a druhu uložených odpadů v letech 2011 – 2013 na TKO Štěpánovice (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

(v kg)	2011	2012	2013
Ostatní odpad	$1\,077 \cdot 10^3$	$1\,942 \cdot 10^3$	$1\,755 \cdot 10^3$
KO	$6\,237 \cdot 10^3$	$12\,658 \cdot 10^3$	$12\,335 \cdot 10^3$
Technické zabezpečení	$2\,130 \cdot 10^3$	$4\,234 \cdot 10^3$	$4\,290 \cdot 10^3$

4.1.3 Technologie ukládání odpadů

TKO Štěpánovice, je provozována v souladu s vydaným Integrovaným povolením a Provozním řádem. Je vedena průběžná evidence a řádně podávána předepsaná hlášení. Při převzetí odpadů na skládku je odpad vážen na silniční váze umístěné u vjezdu do areálu a evidován. Vyložený odpad je ukládán do skládkového tělesa a rozhrnován po její ploše, následně hutněn pojížděním hutnicího mechanismu (VAVERKOVÁ, 2015).

Mezi hlavní zařízení skládky patří již zmíněna silniční váha (Schenck DFT – E2) a vrátnice u vjezdu do areálu. Provozní budova zajišťuje zázemí pro zaměstnance a administrativu skládky. K zachycování průsakových vod skládkového tělesa slouží jímka průsakových vod I. a II. etapy (www.mzp.cz).

4.2 Metodika

Laboratorní testování probíhalo v laboratoři Ústavu krajinné a aplikované ekologie Mendelovy univerzity v Brně. Byl prováděn Test toxicity při semichronické expozici vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.), pro srovnání byl zvolen ještě Test semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba*). Oba tyto testy byly prováděny na průsakových vodách odebraných na TKO Štěpánovice.

4.2.1 Odběr vzorků průsakových vod

Vzorky průsakových vod byly odebírány z jímky průsakových vod (Obr. 5). Vzorky byly odebírány do odběrových plastových nádob a řádně označeny. Poté převezeny do laboratoře a zamrazeny pro účely následného vyhodnocení. Vzorky byly odebírány v následujících měsících: Září/2014, Květen/2015, Červenec/2015, Září/2015.



Obr. 5 Jímka průsakových vod TKO Štěpánovice (zdroj: VAVERKOVÁ, ADAMCOVÁ, 2015)

4.2.2 Test toxicity při semichronické expozici vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.)

Test byl proveden na základě modifikovaného laboratorního návodu č.4 – Laboratoř ekotoxikologie a LCA, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT v Praze (www.old.vscht.cz). Účelem testu je testování toxicity roztoků a suspenzí na zástupci vyšších vodních rostlin. Testuje se inhibice růstu podle růstové křivky. Doba expozice je 7 dní, z toho důvodu se test považuje za semichronický, je zahrnut jak akutní účinek na organismus, tak dlouhodobé působení.

- **Charakteristika okřešku menšího (*Lemna minor* L.)**

Dle taxonomického dělení rostlin patří *Lemna minor* L. do oddělení krytosemenných rostlin (*Angiospermophyta*) kvetoucích, třídy jednoděložných (*Monocotyledonopsida*), čeledě *Lemnaceae*. Okřehek menší (*Lemna minor* L.) (Obr. 6) slouží na vodních hladinách jako potrava pro ryby a vodní ptactvo. Za správných podmínek vytváří kompaktní porosty, které nepropouštějí světlo, a jejich asimilační kyslík uniká do vzduchu, což vede ke zhoršení vod pod nimi, může zapříčinit eutrofizaci vod.

Okřehek menší je drobná rostlina s plochými stélkami a jemnými kořínky. Květy se obvykle nevyvíjí. Běžně roste ve stojatých nebo mírně tekoucích vodách (www.old.vscht.cz).



Obr. 6 Okřehek menší (*Lemna minor* L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)

- **Pracovní postup**

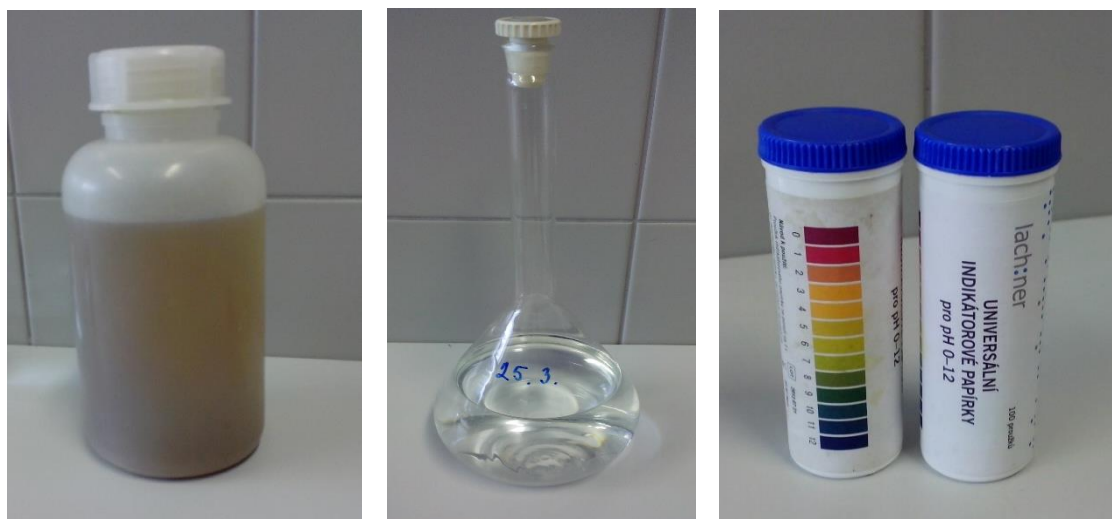
K testování jsou řaděny odebrané průsakové vody skládky TKO Štěpánovice v daných poměrech s předpřipraveným živným roztokem. Živný roztok používaný v tomto testu toxicity byl připraven na Ústavu chemie Mendelovy univerzity v Brně.

Na přípravu 1 000 ml živného roztoku k 900 ml destilované vody bylo použito 20 ml zásobního roztoku I, II, III. Dále 1 ml zásobních roztoků IV, V, VI, VII, a VIII, tento výsledný roztok byl doplněn na objem 1 000 ml. Charakteristika zásobních roztoků je uvedena v Příloze č. 1 (www.old.vscht.cz).

Následně byl proveden test toxicity, podmínky testu jsou uvedeny v následující Tab 4. Do Petriho misek bylo naměřeno přesné množství (Tab. 5), jak vzorku průsakových vod, tak živného roztoku ve stanovených množstvích (Tab. 5). Do každé Petriho misky jsou pomocí pinzety přeneseny stélkové kolonie okřehku menšího. Do každé misky devět rostlin. Každý vzorek se řádně označí a je pořízena fotodokumentace (Příloha č. 2).

Tab. 4 Podmínky testu toxicity na okřehek menším (*Lemna minor* L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Testovací organismus	okřehek menší (<i>Lemna minor</i> L.)
Barva	zelená
Typ testu	statický
Počet iniciačních stélek v jedné koncentraci	9
Sledovaná odezva	inhibice růstu, nekróza, chloróza
Podmínky testu	stálá teplota a osvětlení
Opakování	2
Objem testované koncentrace	10 ml
Teplota	24 (±2) °C
Doba expozice	7 dní
Chemikálie	vzorek průsakových vod, živný roztok
Pomůcky a zařízení	petriho misky, pinzeta, pipety, kultivační komora se stálým osvětlením, pH-metr (Obr. 7)



Obr. 7 Pomůcky a zařízení – zleva – vzorek průsakové vody, živný roztok, pH indikátorové papírky (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)

Tab. 5 Množství, koncentrace, značení testu (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Vzorek	Značení	Množství (v ml)	Koncentrace (v %)
100 % živný roztok (kontrola)	100% Ž 1 100% Ž 2	10ml živný roztok	100 % živný roztok
100 % průsakové vody	100% P 1 100% P 2	10 ml průsak. voda	100 % roztok průsak. vody
P1	P1 A P1 B	9 ml živný roztok 1 ml průsaková voda	10% roztok
P2	P2 A P2 B	8 ml živný roztok 2 ml průsaková voda	20% roztok

- **Sledování růstu kolonií**

Během expozice byla prováděna kontrola vzorků každé dva dny, kdy byl sledován vzhled kolonií, teplota a pH. Sledována byla tzv. nekróza (odumřelá tkáň stélek – bílá nebo rozmočená) a tzv. chloróza (zežloutnutí tkáně). Opět je pořízena fotodokumentace.

- **Vyhodnocení testu**

Test byl vyhodnocen sedmý den, opět byl spočítán počet stélek, nekróza, chloróze, změřeno pH a teplota. Na základě výsledků byl proveden výpočet růstové rychlosti (viz rovnice 1) a inhibice růstu (viz rovnice 2).

Vzorec výpočtu růstové rychlosti:

(1)

$$\mu = \frac{\ln N_n - \ln N_0}{t_n}$$

N_0 = počet lístků na začátku testu/období

N_n = počet lístků na konci testu/období

t_n = doba trvání testu (PAVLOVSKÝ, 2015)

Vzorec výpočtu inhibice růstu:

Z hodnot vypočtených pro růstovou rychlost je vypočítána inhibice růstu pro dané koncentrace.

(2)

$$I_{\mu i} = \frac{\mu_c - \mu_i}{\mu_c} 100$$

$I_{\mu t}$ = inhibice pro danou koncentraci i zjištěná na základě porovnání růstových rychlostí, je-li $I_{\mu t} < 0$, jedná se o stimulaci růstu

μ_c = růstová rychlost v kontrole

μ_i = růstová rychlost v testované koncentraci (PAVLOVSKÝ, 2015)

4.2.3 Test semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba*)

Test byl proveden na základě modifikovaného laboratorního návodu č. 3 – Laboratoř ekotoxikologie a LCA, Ústav chemie ochrany prostředí, VŠCHT v Praze (www.old.vscht.cz). Test je určen k testování odpadních vod a jejich možného použití pro závlahy v zemědělství. Předmětem testu je vliv skládkových průsakových vod na klíčivost semen a růst kořene hořčice bílé (*Sinapis alba*) na podložkách nasycených roztoky zkoumané látky.

- **Charakteristika hořčice bílé (*Sinapis alba*)**

Hořčice bílá (*Sinapis alba*) je řazena do čeledi brukvovitých, *Brassicaceae*. Patří mezi olejninu, jednoletá, časně jarní rostlina. Vyznačuje se tenkým vřetenovitým kořenem, lodyhu má vzpřímenou, až 1 500 mm vysokou s listy jasně zelené barvy. Rostlina se pěstuje pro zrno. Zrno je poměrně velké, žluté barvy, kulovitěho tvaru (Obr. 8) (www.old.vscht.cz).



Obr. 8 Hořčice bílá (*Sinapis alba*) (zdroj: www.frumenta.cz)

- **Pracovní postup**

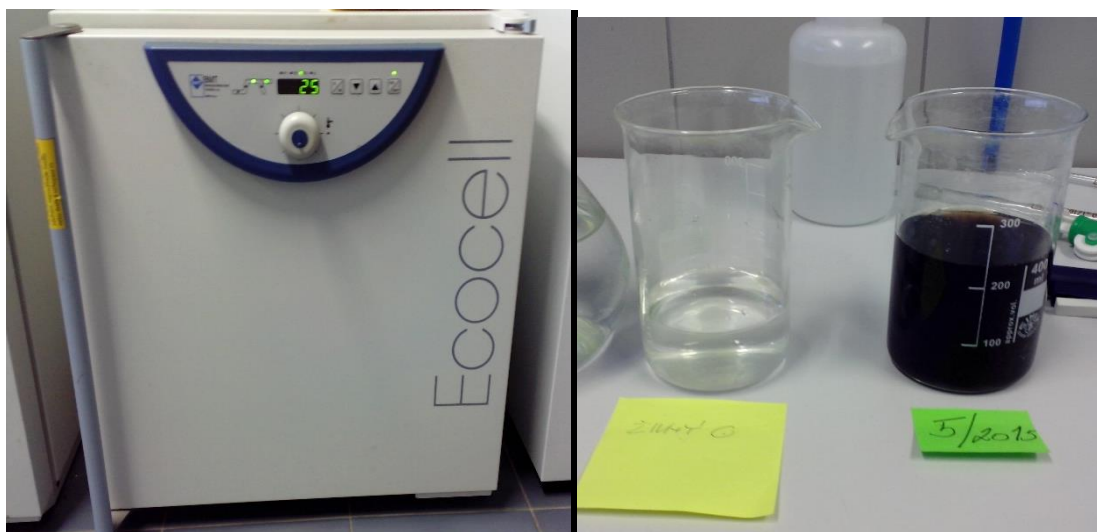
Podmínky testu toxicity na hořčici bílé (*Sinapis alba*) jsou uvedeny v Tab. 6. Do řádně označených Petriho misek bylo napipetováno přesné množství jak živného roztoku, tak průsakových vod (Tab. 7) o celkovém objemu 5 ml. Pro každou koncentraci jsou použita dvě opakování.

Pro přípravu živného roztoku byla dle návodu použita deionizovaná voda, do níž byly přidány zásobní roztoky (Příloha č. 3). Od každého roztoku 5 ml a doplněno deionizovanou vodou na 1 000 ml (www.old.vscht.cz).

Do každé Petriho misky s testovaným vzorkem je vložen filtrační papír s 15 otvory, na každý otvor je vloženo jedno semeno hořčice bílé (*Sinapis alba*). Expozice testovaného roztoku vůči hořčici bílé (*Sinapis alba*) je 72 hodin, po které jsou za stálé teploty uchovávány v termostatu (Obr. 9). Po 72 hodinách se provede vyhodnocení testu měřením délky kořene s přesností na jeden milimetr a následný výpočet inhibice růstu. Při testu je pořízena fotodokumentace (Příloha č. 4).

Tab. 6 Podmínky testu toxicity na Hořčici bílé (*Sinapis alba*) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Testovaná rostlina	Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>)
Barva	Okrově žlutá
Počet semen v Petriho misce	15
Sledovaná odezva	Délka kořene
Opakování	2
Objem testované koncentrace	5 ml
Teplota	20 (\pm 1) °C
Doba expozice	72 hodin
Osvětlení	Bez přístupu světla
Chemikálie	Živný roztok (připraven Ústavem chemie Mendelovy univerzity), odebrané vzorky průsakových vod
Pomůcky a zařízení	Petriho misky, filtrační papír, pipety, termostat, milimetrové měřítko



Obr. 9 Pomůcky a zařízení – zleva – termostat (značka Eccocell), živný roztok a vzorek průsakových vod (květen 2015) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)

Tab. 7 Množství, koncentrace testovaného roztoku hořčice bílé (*Sinapis alba*) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Vzorek	Označení	Množství (v ml)	Koncentrace (v %)
100 % živný roztok (kontrola)	100% Ž 1 100% Ž 2 100% Ž 3	5 ml živný roztok	100% živný roztok
100 % průsakové vody	100% P 1 100% P 2 100% P 3	5 ml průsaková voda	100% roztok průsakových vod
90 %	90% 1 90% 2 90% 3	4,5 ml průsaková voda 0,5 ml živný roztok	90% roztok
75 %	75% 1 75% 2 75% 3	3,75 ml průsaková voda 1,25 živný roztok	75% roztok
50 %	50% 1 50% 2 50% 3	2,5 ml průsaková voda 2,5 ml živný roztok	50% roztok
25 %	25% 1 25% 2 25% 3	1,25 ml průsaková voda 3,75 ml živný roztok	25% roztok

- **Vyhodnocení testu**

Pro každé ředění byl vypočten aritmetický průměr délky kořene ze všech opakování. Následně je s průměrných délek vypočítána inhibice růstu (viz rovnice 3).

(3)

$$I = \frac{D(k) - D(t)}{D(k)}$$

I = je inhibice růstu kořene (%)

$D(k)$ = průměrná délka kořene v kontrole (mm)

$D(t)$ = průměrná délka v testované koncentraci (mm) (www.old.vscht.cz)

Pro výpočet inhibice růstu pro test toxicity hořčice bílé (*Sinapis alba*) byl použit program MS Excel, který je využíván pro výpočet inhibice na Phytotoxkitu, který byl dodán od výrobce tohoto zařízení.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

První část této kapitoly je věnována výsledkům měření testu toxicity na okřehku menším (*Lemna minor* L.). V další části budou interpretovány výsledky testu toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*). Test toxicity hořčice bílé (*Sinapis alba*) byl zvolen pro porovnání výsledků. Testy fytoxicity na okřehku menším (*Lemna minor* L.) a hořčici bílé (*Sinapis alba*) jsou běžně používány k testování kapalných látek a suspenzí. Z tohoto důvodu byly zvoleny i v tomto případě.

5.1 Výsledky Testu toxicity při semichronické expozici vůči okřehku menšímu (*Lemna minor* L.)

Výsledky z testování toxicity průsakových vod jsou uvedeny v Tab. 8, konkrétně se jedná o hodnoty naměřené při testu vzorku průsakových vod ze září/2014. V Příloze č. 5 jsou uvedeny tabulky měření – květen/2015, červenec/2015, září/2015.

Tab. 8 Tabulka hodnot měření – vzorek – Zář/2014 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Test Zář/2014	Vzorek	pH	Teplota [°C]	Počet lístků	Nekróza /chloróza
0 den - start	100% Ž 1	7,5	24	9	-
	100% Ž 2	7,5	24	9	-
	100% P 1	8	24	9	-
	100% P 2	8	24	9	-
	P1 A	7	24	9	-
	P1 B	7	24	9	-
	P2 A	7	24	9	-
	P2 B	7,5	24	9	-
3 den 1 kontrola	100% Ž 1	7	20	13	-/1
	100% Ž 2	7	20	11	-/1
	100% P 1	7,5	20	9	-
	100% P 2	8	20	9	-/1
	P1 A	6,5	20	9	-/1
	P1 B	6,5	20	11	-
	P2 A	7	20	11	-/2
	P2 B	6,5	20	11	-/1
5 den 2 kontrola	100% Ž 1	6,5	22,5	13	-/2
	100% Ž 2	6,5	22,5	11	-/1
	100% P 1	7,5	22,5	11	-/1
	100% P 2	8	22,5	11	-/1
	P1 A	6	22,5	14	-/1
	P1 B	6	22,5	12	-/1
	P2 A	7	22,5	12	-/2
	P2 B	6,5	22,5	12	-/2
7 den vyhodnocení	100% Ž 1	6	21	13	-/3
	100% Ž 2	6,5	21	11	-/4
	100% P 1	7	21	11	-/10
	100% P 2	7,5	21	11	-/9
	P1 A	5	21	22	-/3
	P1 B	5,5	21	12	-/5
	P2 A	6	21	12	-/6
	P2 B	6	21	12	-/5

Na základě měření, byla vypočtena růstová rychlost okřehku menšího (*Lemna minor* L.) v průsakových vodách skládky TKO Štěpánovice pro všechny zkoumané vzorky. Tab. 9 a Tab. 10 uvádějí výsledky výpočtu růstové rychlosti okřehku menšího (*Lemna minor* L.), které jsou dále použity pro výpočet inhibice růstu.

Tab. 9 Výsledky růstové rychlosti testu na okřešku menším (*Lemna minor* L.) 1 (zdroj: GROCHOLOVÁ)

RŮSTOVÁ RYCHLOST					
	1 kontrola	2 kontrola	Vyhodnocení	Průměrná hodnota	μ
Září/2014					
100% Ž 1	0,095	-0,017	-0,013	0,022	0,008
100% Ž 2	0,035	0	-0,051	-0,005	
100% P 1	0,00	0,021	-0,328	-0,102	-0,089
100% P 2	-0,039	0,044	-0,229	-0,075	
P1 A	-0,039	0,097	0,054	0,037	0,019
P1 B	0,066	0	-0,064	0,000	
P2 A	0	0,21	-0,073	0,046	0,02
P2 B	0,035	0	-0,051	-0,005	
Květen/2015					
100% Ž 1	-0,013	-0,017	0	-0,01	0,024
100% Ž 2	0,095	0,024	-0,016	0,034	
100% P 1	-0,039	-0,162	0	-0,067	-0,056
100% P 2	-0,084	0	-0,048	-0,044	
P1 A	0	-0,05	0	-0,017	-0,029
P1 B	0	-0,071	-0,048	-0,04	
P2 A	0,067	-0,064	0	0,001	0,007
P2 B	0	0,021	0,017	0,013	
Červenec/2015					
100% Ž 1	0,067	0,033	-0,037	0,021	0,009
100% Ž 2	-0,039	0	0,031	-0,004	
100% P 1	-0,084	-0,169	-0,058	-0,104	-0,088
100% P 2	-0,135	-0,081	0	-0,072	
P1 A	0	-0,023	-0,0411	-0,021	-0,015
P1 B	0,035	-0,044	0	-0,009	
P2 A	0	-0,05	-0,022	-0,024	-0,072
P2 B	0	0	-0,36	-0,12	

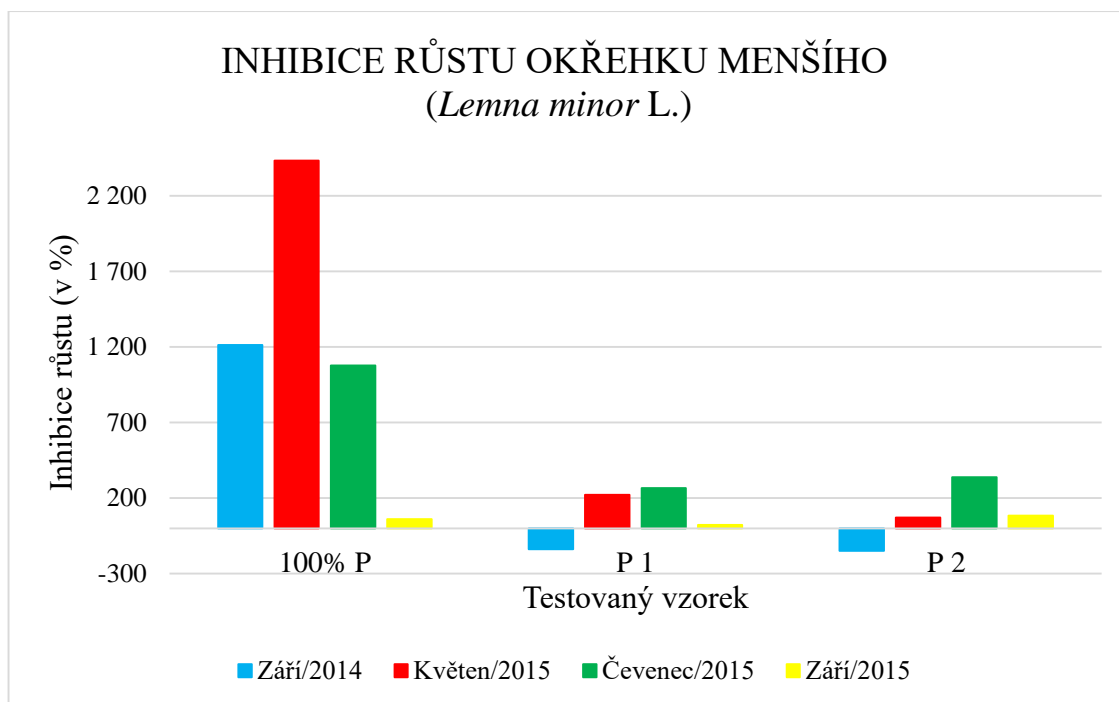
Tab. 10 Výsledky růstové rychlosti testu na okřehku menším (*Lemna minor* L.) 2 (zdroj: GROCHOLOVÁ)

RŮSTOVÁ RYCHLOST					
	1 kontrola	2 kontrola	Vyhodnocení	Průměrná hodnota	μ
Září/2015					
100% Ž 1	0,035	-0,045	0,016	0,002	-0,049
100% Ž 2	0,096	-0,435	0,034	-0,101	
100% P 1	-0,039	0,024	-0,017	-0,01	-0,019
100% P 2	-0,084	0	0	-0,028	
P1 A	0	-0,024	-0,041	-0,065	-0,038
P1 B	0,035	-0,045	-0,019	-0,01	
P2 A	0,067	-0,04	0	0,009	-0,008
P2 B	0	-0,05	-0,022	-0,024	

Cílem testování byl výpočet a pozorování inhibice růstu okřehku menšího (*Lemna minor* L.) v průsakových vodách. Výsledky výpočtu inhibice růstu jsou zobrazeny v Tab. 11.

Tab. 11 Výsledky inhibice růstu testu na okřehku menším (*Lemna minor* L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

INHIBICE RŮSTU (v %)				
	Září /2014	Květen/2015	Červenec/2015	Září/2015
100% P	1 213	2 433	1 078	61
P 1	-138	221	267	22
P 2	-150	71	338	84



Obr. 10 Inhibice růstu okřehku menšího (*Lemna minor* L.)(zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Výsledky testu toxicity potvrzují, že průsakové vody TKO Štěpánovice mají negativní vliv na růst rostlin. Největší inhibice růstu okřehku menšího (*Lemna minor* L.) vykazuje vzorek 100% P (100% koncentrace průsakových vod) – potvrzeno zpomalení (zastavení) růstu ve všech měřených vzorcích všech sledovaných období. Ve vzorcích P 1 a P 2 z testovaného období Září/2014 byla naměřena stimulace růstu rostlin. Průsakové vody skládky v tomto období nevykazují toxicitu pro rostliny. Dále je možno pozorovat, že jak vzorek Září/2014 tak Září/2015 vykazují nejmenší toxicitu. Největší rozdíly v inhibici růstu vykazuje vzorek 100% P, v různých obdobích má velký rozsah toxicity na rostliny, to je zřejmě zapříčiněno klimatickými podmínkami daných měsíců (vlhkost, teplo, srážky).

5.2 Výsledky Testu semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba*)

Test toxicity na hořčici bílé (*Sinapis alba*) byl vybrán pro srovnání výsledných hodnot s testovaným okřehkem menším (*Lemna minor* L.). Testovány byly stejné vzorky průsakových vod ze skládky TKO Štěpánovice, jak bylo v případě testu toxicity na okřehku menším (*Lemna minor* L.). Nebyl vyhodnocován vzorek Září/2014, protože již nebyl k dispozici. U testů na hořčici bílé (*Sinapis alba*) je také vyhodnocována inhibice růstu, která je počítána z konečných délek kořenů po 72 h expozice hořčice bílé (*Sinapis alba*) vůči testovanému roztoku. Konečné hodnoty a výsledná inhibice růstu jsou uvedeny v Tab. 12 pro vzorek Květen/2015 25%, pro další testované měsíce jsou výsledky v Příloze č. 6.

Tab. 12 Tabulka výsledků hodnot testu Hořčice bílé (*Sinapis alba*)– květen/2015 – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 25%						
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3			
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)			
1	7	15	10			
2	9	13	10			
3	3	8	5			
4	10	8	11			
5	11	13	7			
6	10	10	12			
7	11	8	13			
8	7	8	13			
9	6	5	5			
10	10	3	3			
11	8	5	6			
12	9	5	7			
13	7	7	8			
14	9	8	9			
15	7	5	6	PRŮMĚR	INHIBICE V %	
Klíčivost	15	15	15	15		
Průměr	8,27	8,07	8,33	8,22		43,94
Odchylka	2,15	3,43	3,11			
VC%	26,05	42,55	37,31			
Nejdelší kořen	11,00	15,00	13,00	13,00		58,51

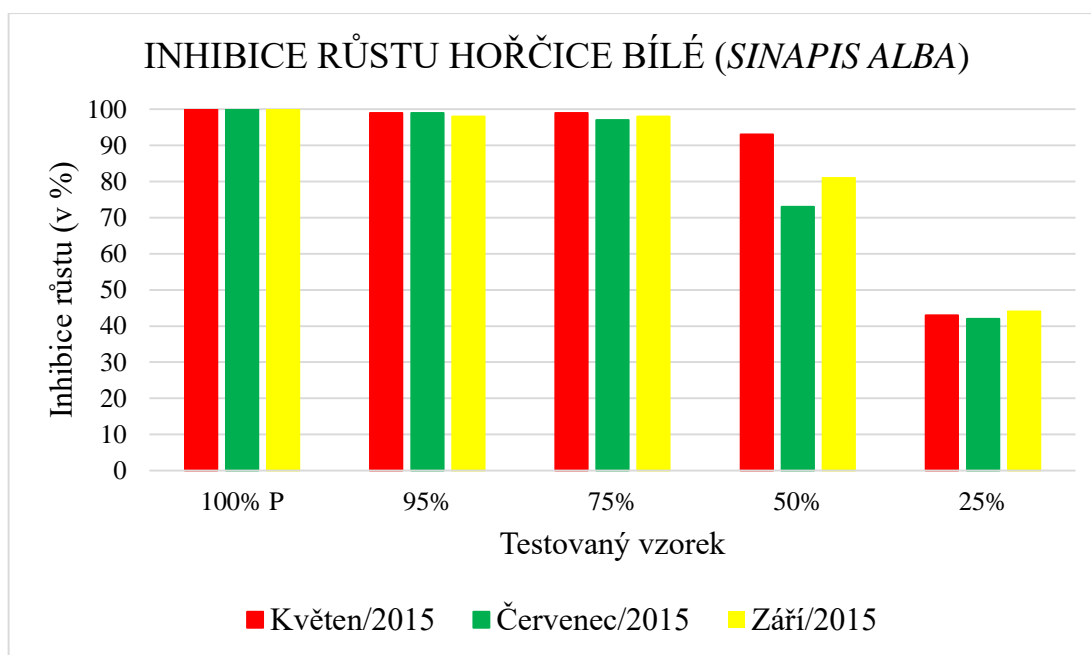
Souhrnné výsledky testování inhibice růstu jsou znázorněny v Tab. 13, pro všechna testovaná období.

Tab. 13 Tabulka inhibice růstu hořčice bílé (*Sinapis alba*) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) (v %)			
vzorek	Květen/2015	Červenec/2015	Září/2015
100% P	100	100	100
90%	99	99	98
75%	99	97	98
50%	93	73	81
25%	43	42	44

Test toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*) je často voleným testem k hodnocení toxicity kapalných látek. Výhodou tohoto testu je vysoká standardizace, možnost vytvoření velkého počtu vzorků a opakování testu. Nevýhodou je, že výsledky neodpovídají reálné situaci v přírodních podmínkách.

Test toxicity v tomto případě ukazuje zpomalení růstu ve všech sledovaných vzorcích. 25% koncentrace je nejméně toxická pro semena a růst hořčice bílé (*Sinapis alba*). U vzorku 100% P je 100% inhibice ve všech případech, jak je možno vidět na Obr. 11.



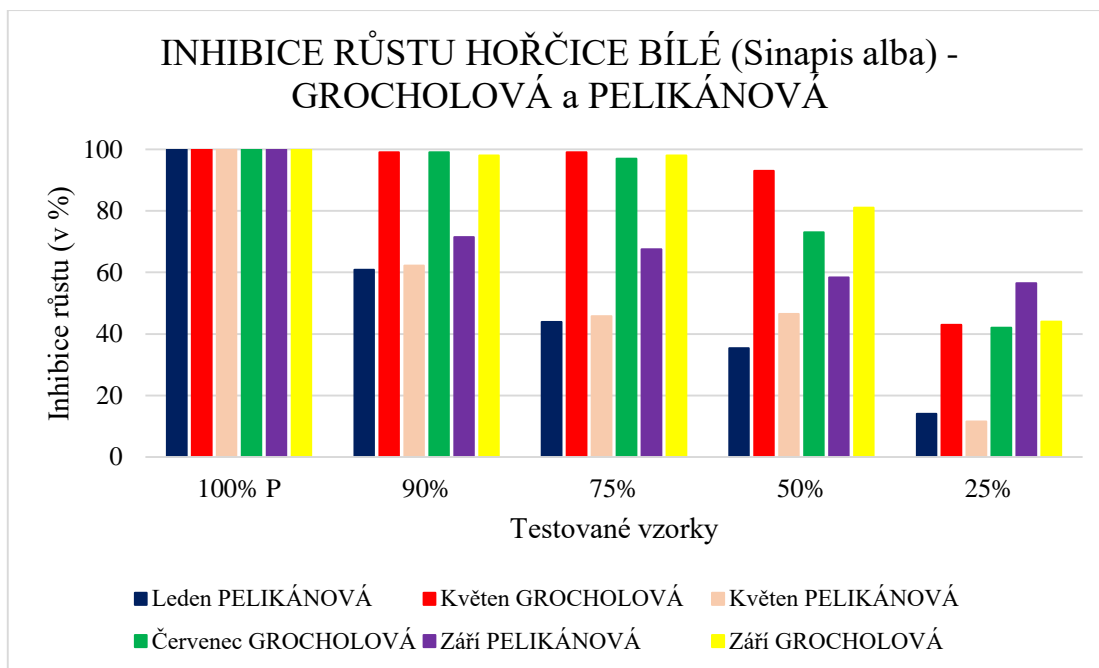
Obr. 11 Inhibice růstu hořčice bílé (*Sinapis alba*) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Pelikánová (2016) uvádí výsledky hodnocení růstu inhibice hořčice bílé (*Sinapis alba*) na průsakových skládkových vodách TKO Štěpánovice v Tab. 14.

Tab. 14 Tabulka inhibice růstu hořčice bílé (*Sinapis alba*), (zdroj: PELIKÁNOVÁ, 2016, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

Inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) (v %)			
vzorek	leden	květen	září
Průsak 100%	100	100	100
90%	60,87	62,19	71,44
75%	43,95	45,84	67,49
50%	35,4	46,57	58,36
25%	14,1	11,62	56,55

Při srovnání výsledků (Obr. 12) obou prací se při hodnocení obě shodují, v 100% inhibici růstu hořčice bílé (*Sinapis alba*) ve vzorku se 100 % průsakových vod skládky. Další výsledky jsou rozdílné. Pelikánová (2016) ve všech vzorcích vyhodnotila nižší inhibici růstu ve všech testovaných případech (mimo vzorek s 100% koncentrací průsakových vod) a to průměrně o 30%. Výsledkem však v obou pracích a všech testovaných vzorcích zjištěna toxicita průsakových vod skládky TKO Štěpánovice na růst hořčice bílé (*Sinapis alba*).



Obr. 12 Srovnání inhibice růstu hořčice bílé (*Sinapis alba*) GROCHOLOVÁ a PELIKÁNOVÁ (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

5.3 Srovnání testu toxicity na okřehku menším (*Lemna minor* L.) a hořčici bílé (*Sinapis alba*)

Hořčice bílá (*Sinapis alba*) i okřehek menší (*Lemna minor* L.) jsou využívány k určování toxicity, zejména kapalných látek. Oba testy používají pro vyhodnocení testu výpočet inhibice růstu. U okřehku menšího (*Lemna minor* L.) je pozorován růst stélek během expozice vůči roztoku. U hořčice bílé (*Sinapis alba*) je inhibice růstu vyhodnocována z délky kořene.

Pro oba tyto testy byly použity testované vzorky Květen/2015, Červenec/2015 a Zář/2015.

Výsledkem obou testů je zpomalení růstu ve všech srovnávaných vzorcích. Oba tyto testy dokazují, že průsakové skládkové vody jsou nebezpečné a toxické pro své okolní životní prostředí.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na hodnocení toxicity průsakových vod skládky TKO Štěpánovice. V současnosti je více než 50 % KO skládkováno. Tyto odpady jsou hrozbou pro životní prostředí současné generace i pro příští generace. Složení KO je směsí látek všech druhů a průsakové vody jimi tvořené mohou ohrožovat naše životní prostředí. Testy toxicity jsou důležité při určení nebezpečnosti těchto vod na své okolí, při určení jejich následného využití nebo způsobů jejich odstraňování.

Vzorky k testování byly odebírány z jímky průsakových vod v různých časových intervalech (Září/2014, Květen/2015, Červenec/2015, Září/2015) na skládce TKO Štěpánovice.

Hodnocení toxicity probíhalo v laboratořích Ústavu aplikované a krajinné ekologie, Mendelovy univerzity. Testy se řídily modifikovanými návody vytvořenými na VŠCHT v Praze.

Pro testování toxicity byl zvolen Test toxicity při semichronické expozici vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.). A pro srovnání výsledků a průkaznosti testů, dodatečně otestováno na Testu semichronické toxicity se semeny hořčice bílé (*Sinapis alba*).

Test toxicity expozice vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.) byl testován na vzorcích - Září/2014, Květen/2015, Červenec/2015, Září/2015. Test toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*) byl testován na vzorcích - Květen/2015, Červenec/2015, Září/2015. Vzorek Září/2014 již nebyl k dispozici.

V obou testech byla prokázána toxicita průsakových vod. Byla vypočtena inhibice růstu jak pro okřehek menší (*Lemna minor* L.) tak hořčici bílou (*Sinapis alba*). V obou případech dochází ke zpomalování růstu. Z porovnání testů vzešlo, že vyšší toxický účinek mají testované průsakové vody na okřehek menší (*Lemna minor* L.) než hořčici bílou (*Sinapis alba*).

Avšak test toxicity na okřešku menším (*Lemna minor* L.) u vzorku Září/2014 P 1 a P 2 vykazuje inhibici růstu a pro rostliny není nebezpečný. I vzorek Září/2015 vykazuje nízkou inhibici růstu ve srovnání s ostatními testovanými vzorky jiných ročních období. Na tyto změny v toxicitě průsakových vod mají největší vliv klimatické podmínky

(vlhkost, srážky, teplota) daného ročního období a pak samozřejmě složení uložených odpadů ve skládkovém tělese.

U hořčice bílé (*Sinapis alba*) byla ve všech testovaných koncentracích (100%, 90%, 75%, 50%, 25%) prokázána inhibice růstu a tím negativní vliv průsakových vod na růst rostlin. Při 100% koncentraci průsakových vod, byla klíčivost semen hořčice bílé (*Sinapis alba*) pozastaven zcela ve všech testovaných případech pro všechny období. Nejnižší inhibice růstu byla u vzorku 25%, avšak i v tomto případě se pohybovala průměrně okolo 40 %.

Výsledky testu toxicity na hořčici bílé (*Sinapis alba*) byly srovnány s testem na hořčici bílé (*Sinapis alba*) PELIKÁNOVÁ (2016), který byl testován, dle stejného návodu a na stejných průsakových vodách skládky TKO Štěpánovice (vzorky Leden, Květen, Září). PELIKÁNOVÁ (2016) také potvrzuje inhibici růstu kořene ve všech testovaných koncentracích i obdobích.

V testech semichronické toxicity na okřešku menším (*Lemna minor* L.) i na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*), byla prokázána toxicita a negativní vliv průsakových vod skládky TKO Štěpánovice na růst rostlin.

7 LITERATURA

7.1 Knižní zdroje

ANDĚL, P. *Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring*. 1. vyd. Liberec: Evernia, 2011. 243 s. ISBN 978-80-903787-9-7.

FILIP, J. -- KOTOVICOVÁ, J. -- BOŽEK, F. *Komunální odpad a skládkování*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 121 s. ISBN 80-7157-712-X.

HON, Zdeněk. *Základy toxikologie pro obor vodního hospodářství*. 1. vyd. České Budějovice: Vysoká škola evropských a regionálních studií, 2013. ISBN 978-80-87472-56-9.

JANKŮ, Martin. *Základy práva pro posluchače neprávnických fakult*. 3., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2008. Beckovy mezioborové učebnice. ISBN 978-80-7400-078-2.

JUNGA, Petr, Tomáš VÍTĚZ a Petr TRÁVNÍČEK. *Technika pro zpracování odpadů I*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-209-0.

KIZLINK, Juraj. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3. uprav. a rozš. vyd., v nakl. CERM 1. vyd. Brno: CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-884-7.

KRÁL, PH.D., Ing. Vladimír. *Kompletní bilance skládky odpadů a optimalizace biologické rekultivace skládky Štěpánovice*. Brno, 2012. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně.

KURAŠ, Mečislav. *Odpady a jejich zpracování*. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.

MARKOVÁ, Helena. *Základy toxikologie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita, 1998. ISBN 80-704-2757-4.

NOVOTNÁ, Markéta. *Skládka jako centrum komplexního zpracování komunálního odpadu*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně.

PAVLOVSKÝ, JIŘÍ. *Cvičení z ekotoxikologických testů*[online]. Ostrava, 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/617/cs/ke-stazeni/EKOTOXIKOLOGICKE-TESTY-cviceni.pdf>. VŠB-TUO.

PELIKÁNOVÁ, Aranka. *Analýza toxicity průsakových vod ze skládky odpadů Štěpánovice*. Brno, 2016. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.

PROKEŠ, Jaroslav. *Základy toxikologie: obecná toxikologie a ekotoxikologie*. 1. vyd. Praha: Galén, c2005. ISBN 80-726-2301-X.

VAVERKOVÁ, PH.D., Mgr. Ing. Magdalena. *Hodnocení potencionálních vlivů skládky na životní prostředí*. Brno, 2015. Habilitační práce. Mendelova univerzita v Brně.

7.2 Internetové zdroje

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ KOMUNÁLNÍ
ODPADY. *Www.vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z:
[http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=biologicky_rozlozitelne_komunalni_odpady
&site=odpady](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=biologicky_rozlozitelne_komunalni_odpady&site=odpady)

ČSN 83 8036 Skládkování odpadů – Monitorování
skládek. *Www.nase1stranky.wz.cz* [online]. 2002 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z:
<http://nase1stranky.wz.cz/zs3/838036.pdf>

NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 352/2014 Sb. o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024. *Www.mzp.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/\\$FILE/ODOP-Narizeni_vlady_o_POH_CR-20150113.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/ODOP-Narizeni_vlady_o_POH_CR-20150113.pdf)

NEBEZPEČNÉ KOMUNÁLNÍ ODPADY. *Www.vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=nebezpecne_komunalni_odpady&site=odpady

PRIMÁRNÍ PRÁVO. *Www.eur-lex.europa.eu* [online]. 2010 [cit. 2016-02-14]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=URISERV%3A114530>

PRODUKCE, VYUŽITÍ A ODSTRANĚNÍ ODPADŮ. *Www.czso.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20543779/280020-15.pdf/76c06fdc-4af7-4b98-aeed-7435a611e10a?version=1.1>

RECYKLACE. *Www.vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=recyklace&site=odpady>

ROZHODNUTÍ O VYDÁNÍ INTEGROVANÉHO POVOLENÍ. *Www.mzp.cz* [online]. 2003 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/0/7CEF99D7D12E2138C1256DD000281DBA/\\$FILE/skl%C3%A1dka%20%C5%A0t%C4%9Bp%C3%A1novice%20-%20rozhodnut%C3%AD%20o%20IP%20-%20OPRAVEN%C3%89.doc](http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/0/7CEF99D7D12E2138C1256DD000281DBA/$FILE/skl%C3%A1dka%20%C5%A0t%C4%9Bp%C3%A1novice%20-%20rozhodnut%C3%AD%20o%20IP%20-%20OPRAVEN%C3%89.doc)

SMĚRNICE EP A RADY (ES) č. 98/2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic. *Www.eur-lex.europa.eu* [online]. 2008 [cit. 2016-02-14]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:CS:PDF>
Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů. *Www.eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:CS:HTML>

SMĚSNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD. *Www.vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=smesny_komunalni_odpad&site=odpady

SPALOVNA U PLZNĚ ZAČALA ZPRACOVÁVAT PRVNÍ ODPAD. *Www.ekolist.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/spalovna-u-plzne-zacala-zpracovavat-prvni-odpad>

Statistika: Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin v roce 2014. *Www.tretiruka.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://www.tretiruka.cz/news/statistika-csu-produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-a-produkce-druhotnych-surovin-v-roce-2014/>

Test toxicity při semichronické expozici vůči okřehku menšímu (*Lemna minor* L.). *Www.old.vscht.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/uchop/ekotoxikologie/04_okrehek.pdf

Test semichronické toxicity se semeny hořčice (*Sinapis alba*). *Www.old.vscht.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: http://old.vscht.cz/uchop/ekotoxikologie/03_%20horcice.pdf

URBAN DEVELOPMENT SERIES. *Www.siteresources.worldbank.org* [online]. 2012 [cit. 2016-04-03]. Dostupné z: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap3.pdf>

VYHLÁŠKA č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. *Www.mzp.cz* [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/%24file/V%20294_2005.pdf

VYHLÁŠKA č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. *Www.zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-294>

VYHLÁŠKA č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů). *Www.mzp.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/744B4ECF4745BE95C12570060044610A/%24file/V%20381_2001.pdf

VYHLÁŠKA č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. *Www.mzp.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/D8BA26756F2F18B5C1257561003D1242/%24file/V%20383_2001.pdf

VÝCHOD EVROPY SKLÁDKUJE, ZÁPAD RECYKLUJE. *Www.statistikaamy.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-02-24]. Dostupné z: <http://www.statistikaamy.cz/2014/02/vychod-evropy-skladkuje-zapad-recykluje/>

VYTRÍDITELNÉ SLOŽKY ODPADŮ. *Www.vitejtenazemi.cz* [online]. 2013 [cit. 2016-03-01]. Dostupné z: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vytriditelne_slozky_odpadu&site=odpady

ZÁKON č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů. *Www.mzp.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/%24file/Z%20185_2001.pdf

ZÁKON č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů. *Www.zakonyprolidi.cz* [online]. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1	Vývoj produkce komunálních odpadů (Zdroj: www.cszo.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)	19
Obr. 2	Produkce a nakládání s komunálními odpady (Zdroj: www.cszo.cz)	20
Obr. 3	Letecký snímek TKO Štěpánovice (zdroj: www.google.cz, upraveno GROCHOLOVÁ, 2016)	32
Obr. 4	Množství odpadů uložených na skládku Štěpánovice 2011-2013 (zdroj: VAVERKOVÁ, 2015, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016).....	35
Obr. 5	Jímka průsakových vod TKO Štěpánovice (zdroj: VAVERKOVÁ, ADAMCOVÁ, 2015).....	37
Obr. 6	Okřehek menší (<i>Lemna minor</i> L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015).....	38
Obr. 7	Pomůcky a zařízení – zleva – vzorek průsakové vody, živný roztok, pH indikátorové papírky (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015).....	40
Obr. 8	Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) (zdroj:www.frumenta.cz).....	42
Obr. 9	Pomůcky a zařízení – zleva – termostat (značka Eccocell), živný roztok a vzorek průsakových vod (květen 2015) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015).....	43
Obr. 10	Inhibice růstu okřehku menšího (<i>Lemna minor</i> L.)(zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)	50
Obr. 11	Inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016) ...	53
Obr. 12	Srovnání inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) GROCHOLOVÁ a PELIKÁNOVÁ (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	54

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1	Lokalita TKO Štěpánovice z biogeografického hlediska (VAVERKOVÁ, 2015).....	33
Tab. 2	Identifikační údaje TKO Štěpánovice (zdroj: www.mzp.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016).....	34
Tab. 3	Tabulka množství a druhu uložených odpadů v letech 2011 – 2013 na TKO Štěpánovice (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	35
Tab. 4	Podmínky testu toxicity na okřehku menším (<i>Lemna minor</i> L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	39
Tab. 5	Množství, koncentrace, značení testu (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	40
Tab. 6	Podmínky testu toxicity na Hořčici bílé (<i>Sinapis alba</i>) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	43
Tab. 7	Množství, koncentrace testovaného roztoku hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	44
Tab. 8	Tabulka hodnot měření – vzorek – Září/2014 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)	47
Tab. 9	Výsledky růstové rychlosti testu na okřehku menším (<i>Lemna minor</i> L.) 1 (zdroj: GROCHOLOVÁ.....	48
Tab. 10	Výsledky růstové rychlosti testu na okřehku menším (<i>Lemna minor</i> L.) 2 (zdroj: GROCHOLOVÁ.....	49
Tab. 11	Výsledky inhibice růstu testu na okřehku menším (<i>Lemna minor</i> L.) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	50
Tab. 12	Tabulka výsledků hodnot testu Hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>)– květen/2015 – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	51
Tab. 13	Tabulka inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>) (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016).....	52
Tab. 14	Tabulka inhibice růstu hořčice bílé (<i>Sinapis alba</i>), (zdroj: PELIKÁNOVÁ, 2016, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016).....	53

10 POUŽITÉ ZKRATKY

BRKO	– biologicky rozložitelné komunální odpady
BRO	– biologicky rozložitelné odpady
BSK	– biologická spotřeba kyslíku
č.	– číslo
ČR	– Česká Republika
EU	– Evropská Unie
CHSK	– chemická spotřeba kyslíku
KO	– komunální odpady
ml.	– mililitr
OH	– odpadové hospodářství
Sb.	– sbírky
TOC	– celkový organický uhlík
VŠCHT	– Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

11 PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha č. 1 Zásobní roztoky živného roztoku – okřehek menší (*Lemna minor* L.)

Příloha č. 2 Fotodokumentace okřehek menší (*Lemna minor* L.)

Příloha č. 3 Zásobní roztoky živného roztoku – hořčice bílá (*Sinapis alba*)

Příloha č. 4 Fotodokumentace hořčice bílá (*Sinapis alba*)

Příloha č. 5 Výsledné hodnoty testu toxicity vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.)

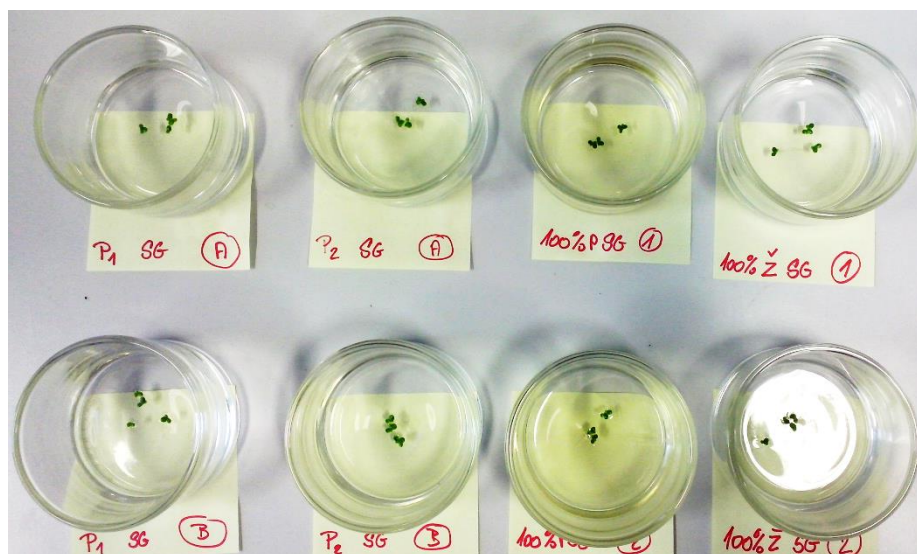
Příloha č. 6 Výsledné hodnoty testu toxicity vůči hořčici bílé (*Sinapis alba*)

Příloha č. 1: Zásobní roztoky živného roztoku – okřehek menší (*Lemna minor* L.)

Tabulka složení zásobních roztoků pro přípravu živného roztoku – test toxicity okřehek menší (*Lemna minor* L.) (zdroj: www.old.vscht.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

Zásobní roztok	Chemikálie	(g/l)
I	KNO ₃	17,50
	KH ₂ PO ₄	4,50
	K ₂ HPO ₄	0,63
II	MgSO ₄ · 7H ₂ O	5,00
III	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	14,75
Zásobní roztok	Chemikálie	(mg/l)
IV	H ₃ BO ₃	120,00
V	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	180,00
VI	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O	44,00
VII	MnCl ₂ · 4H ₂ O	180,00
VIII	FeCl ₃ · 6H ₂ O	760,00
	Na ₂ · EDTA · 2H ₂ O	1 500,00

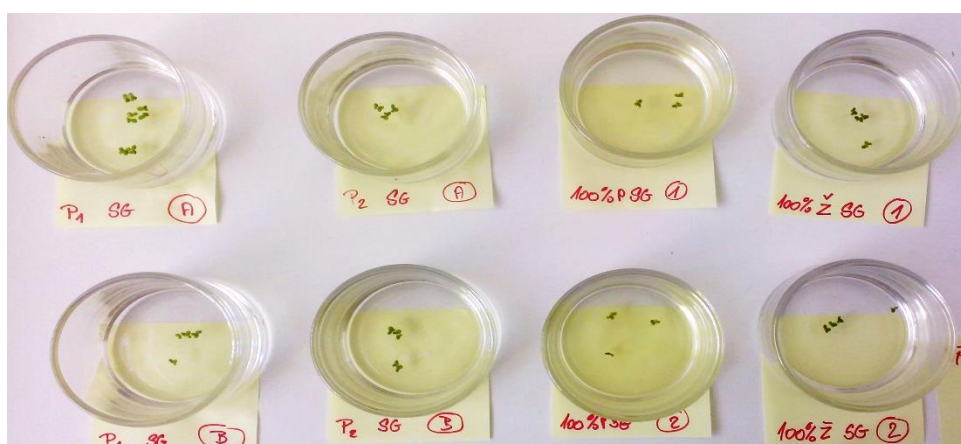
Příloha č. 2: Fotodokumentace okřehek menší (*Lemna minor* L.)



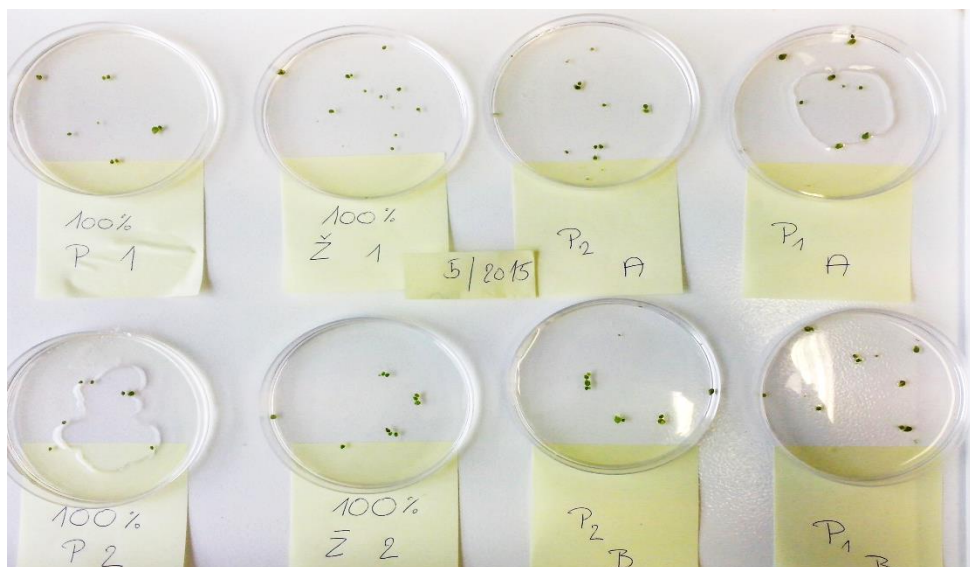
Založení pokusu – vzorek září/2014 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



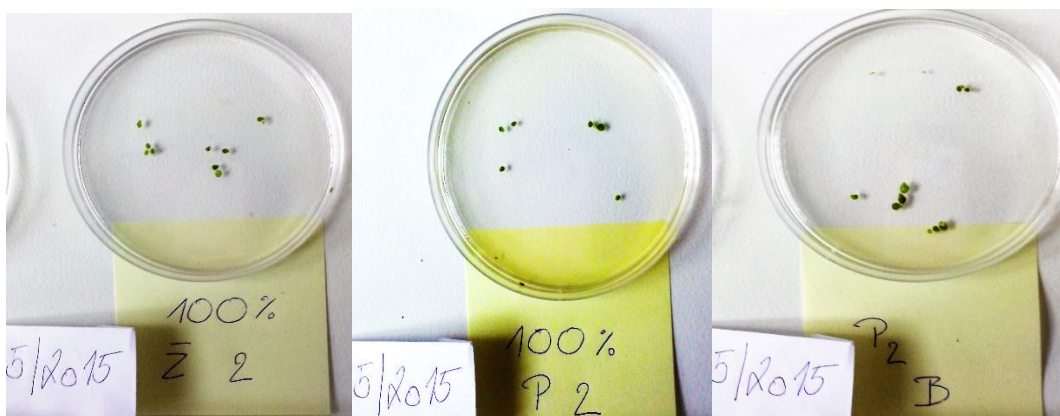
Kontrola 1 – vzorek 100% Ž 1, 100% P 1, P2 A (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



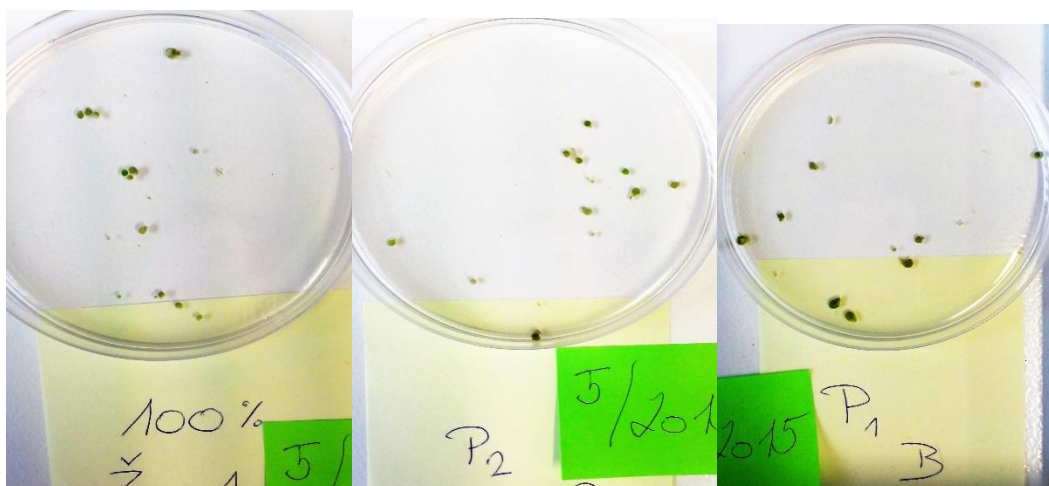
Vyhodnocení – září/2014 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



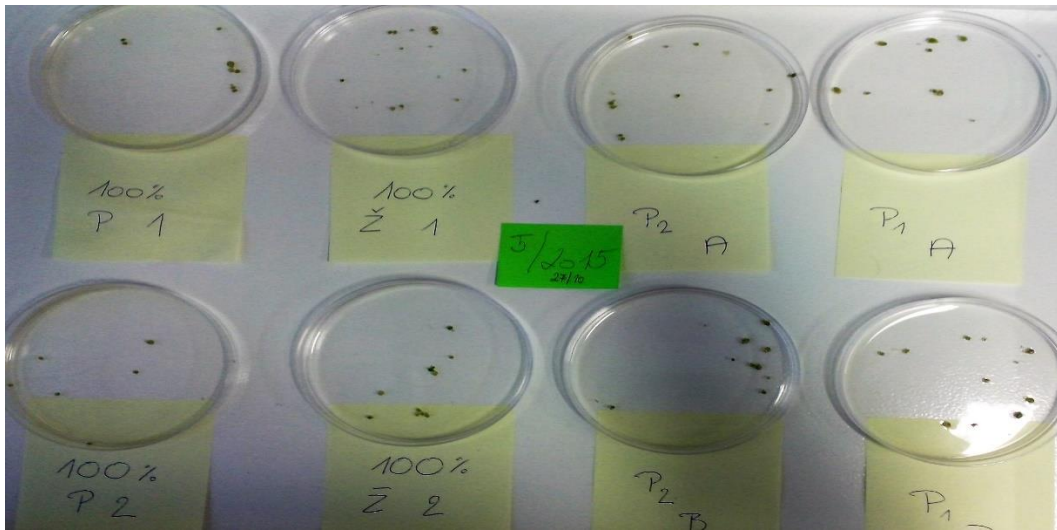
Založení testu – květen/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



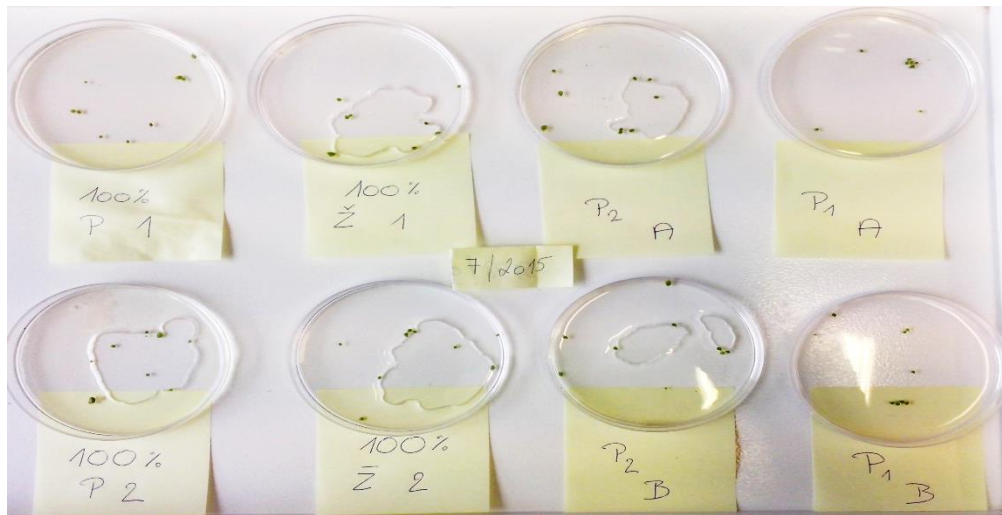
Kontrola 1 – vzorek 100% Ž2, 100% P2, P2 B (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



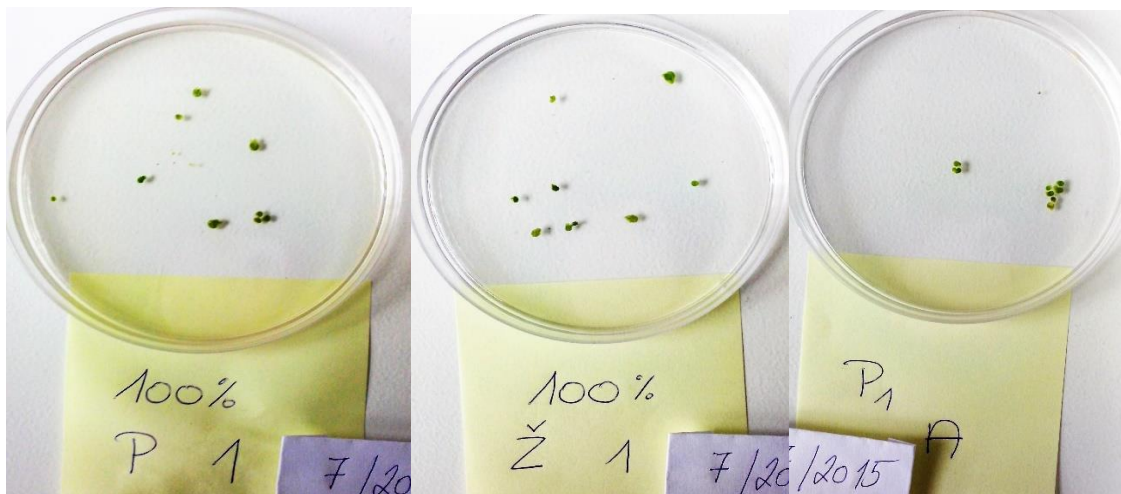
Kontrola 2 – vzorky 100% Ž1, P2 A, P1 B (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



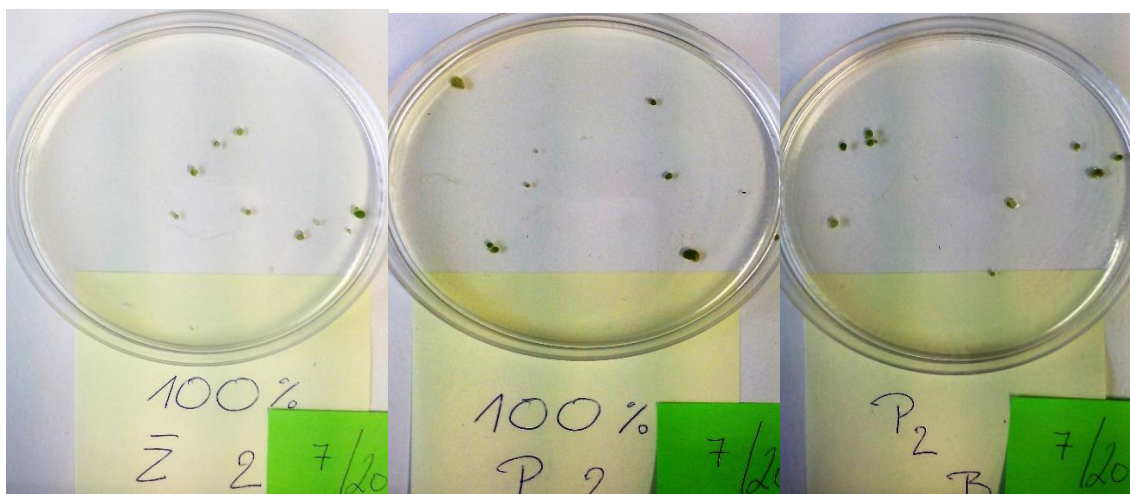
Vyhodnocení – květen/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



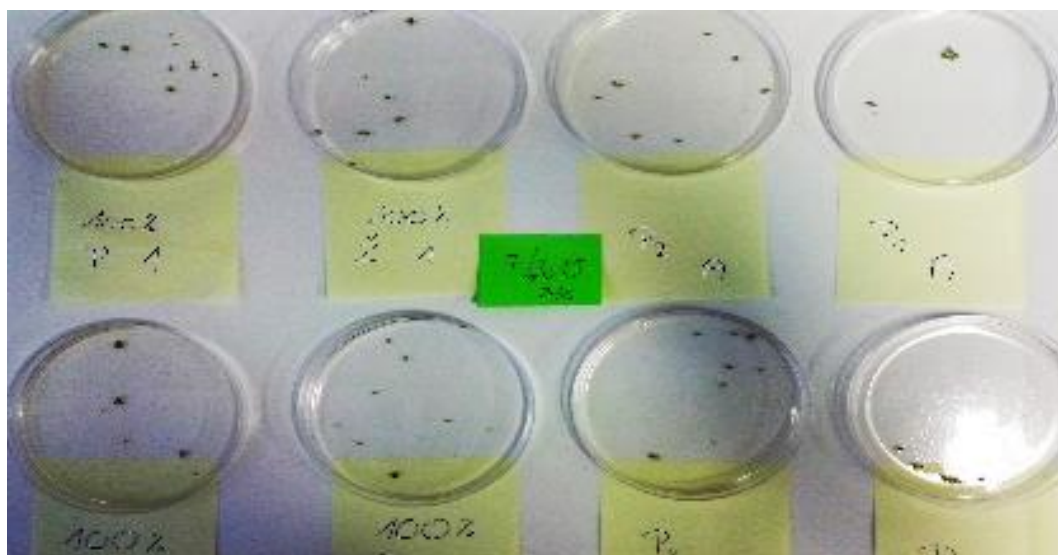
Založení testu – vzorek červenec/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



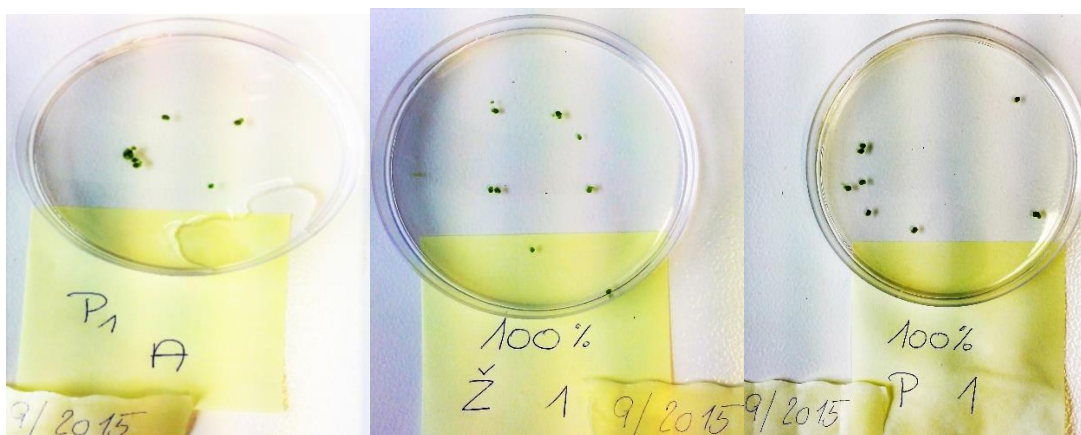
Kontrola 1 – vzorky 100% P1, 100% Ž1, P1 A (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



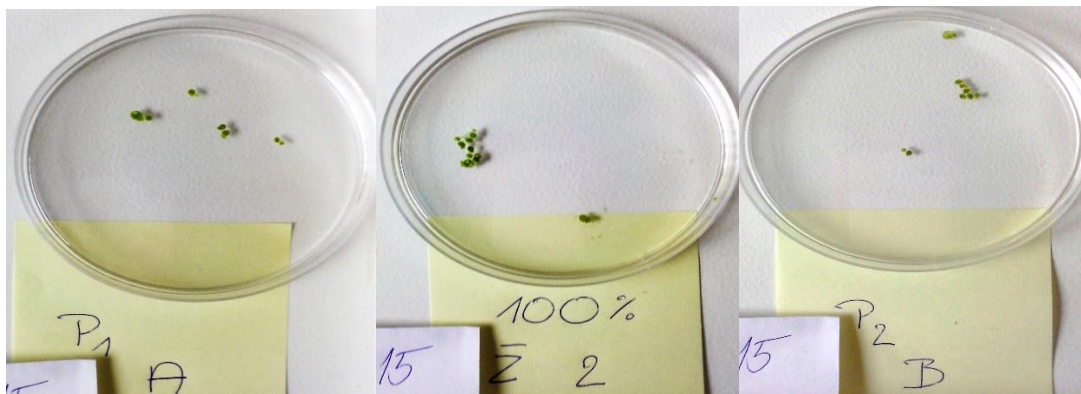
Kontrola 2 – vzorek 100% Ž2, 100% P2, P2 B (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



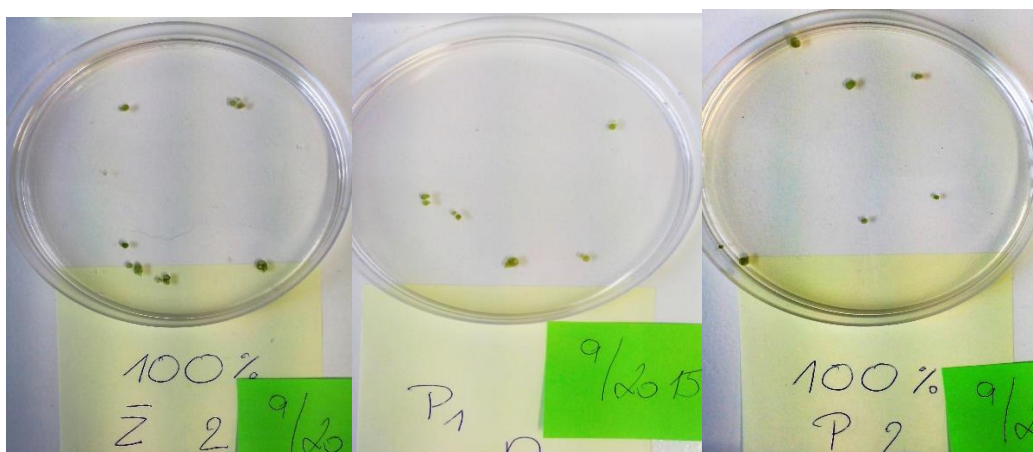
Vyhodnocení – červenec/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



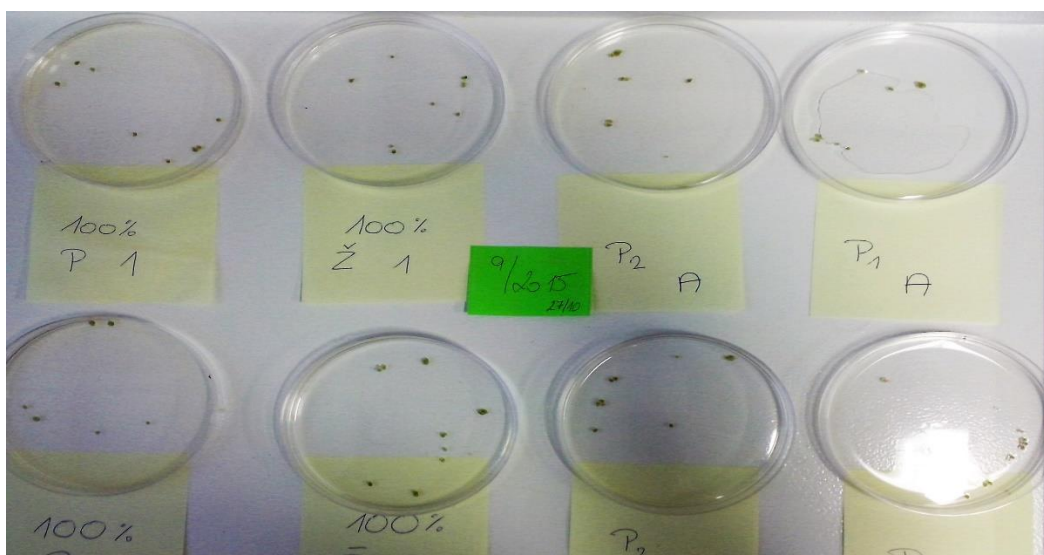
Založení testu – výběr vzorků září/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



Kontrola 1 – vzorek P1 A, 100% Ž2, P2 B (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



Kontrola 2 – vzorky 100% Ž2, P1 A, 100% P2 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)



Vyhodnocení – září/2016 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2015)

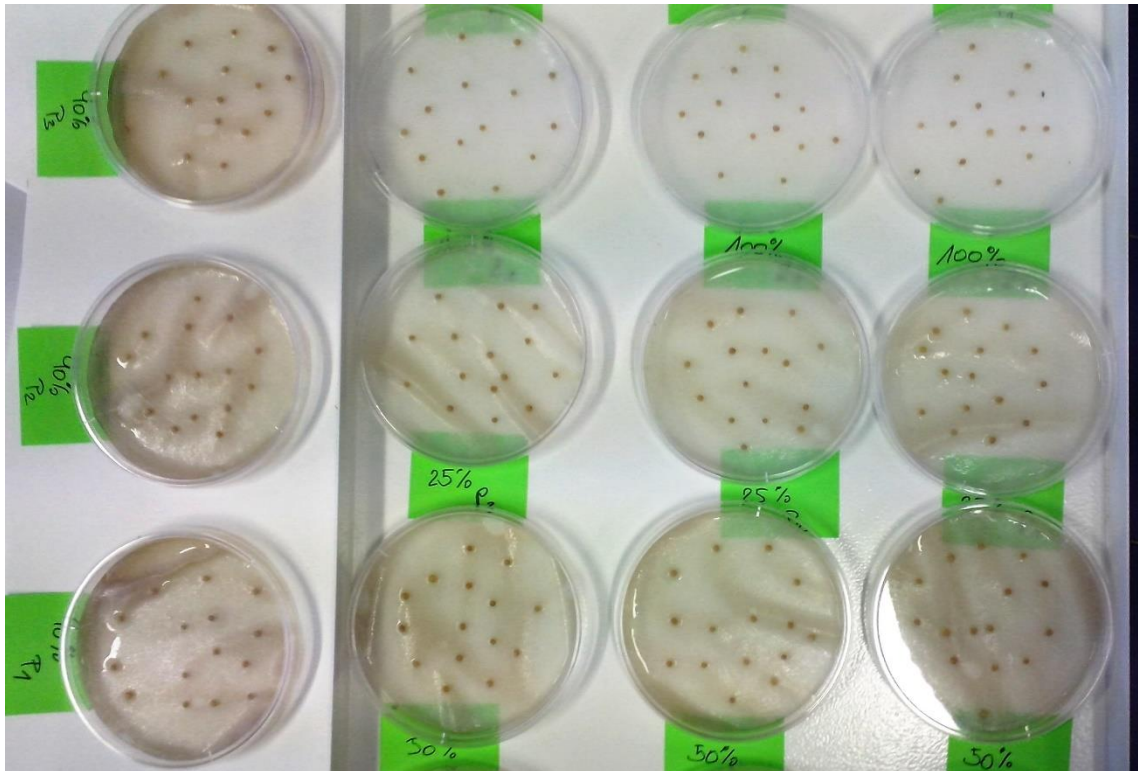
Příloha č. 3 Zásobní roztoky živného roztoku – hořčice bílá (*Sinapis alba*)

Tabulka zásobních roztoků pro přípravu živného roztoku – test toxicity na hořčici bílé (*Sinapis alba*) (zdroj: www.old.vscht.cz, upraveno: GROCHOLOVÁ, 2016)

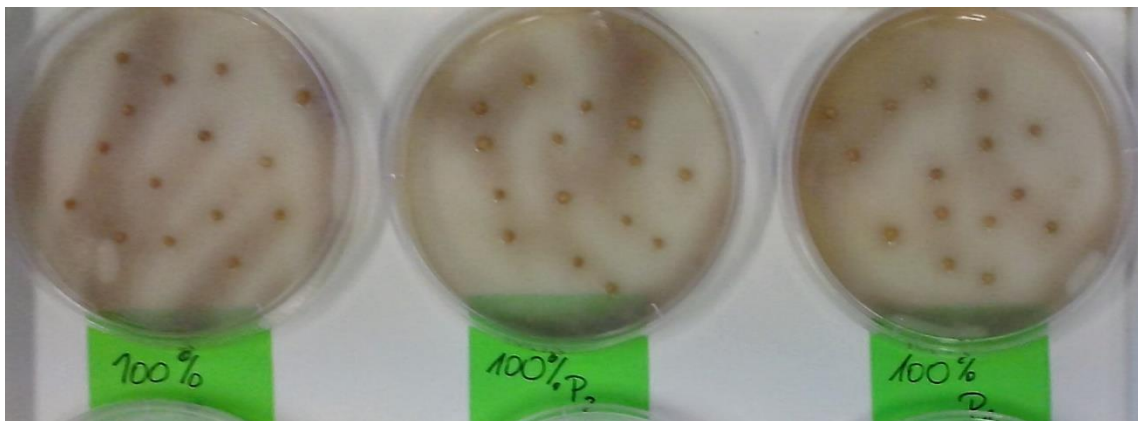
Zásobní roztok (ZR)	Chemikálie	Koncentrace v zásobním roztoku (g/l)
ZR 1	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	117,6
ZR 2	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	49,3
ZR 3	NaHCO_3	25,9
ZR 4	KCl	2,3

Příloha č. 4: Fotodokumentace hořčice bílá (*Sinapis alba*)

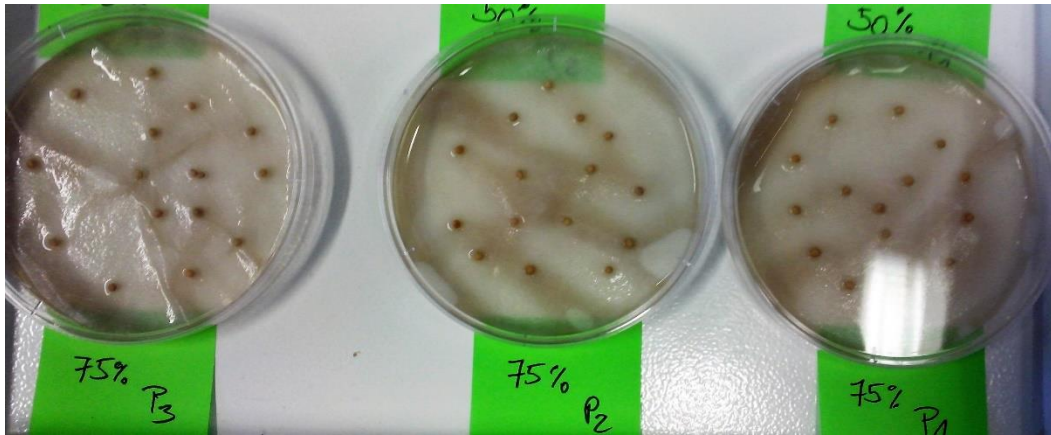
Test – Květen/2015



Založení – vzorky 90%, 25%, 50%, 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



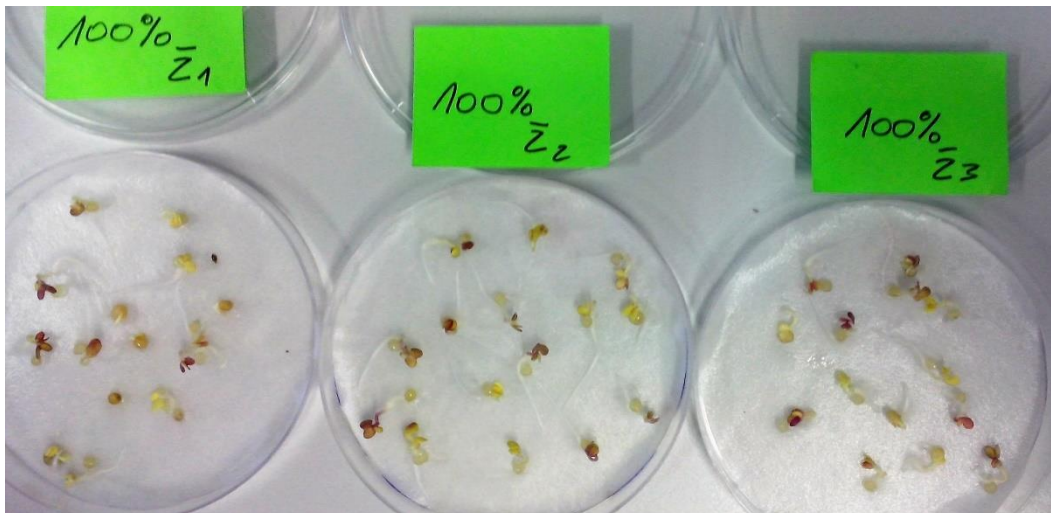
Založení – 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



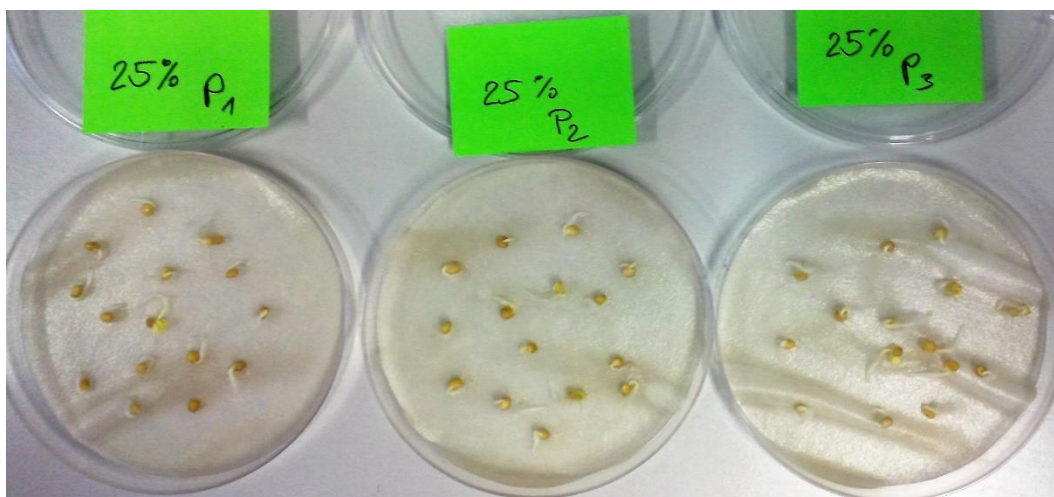
Založení – vzorek 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



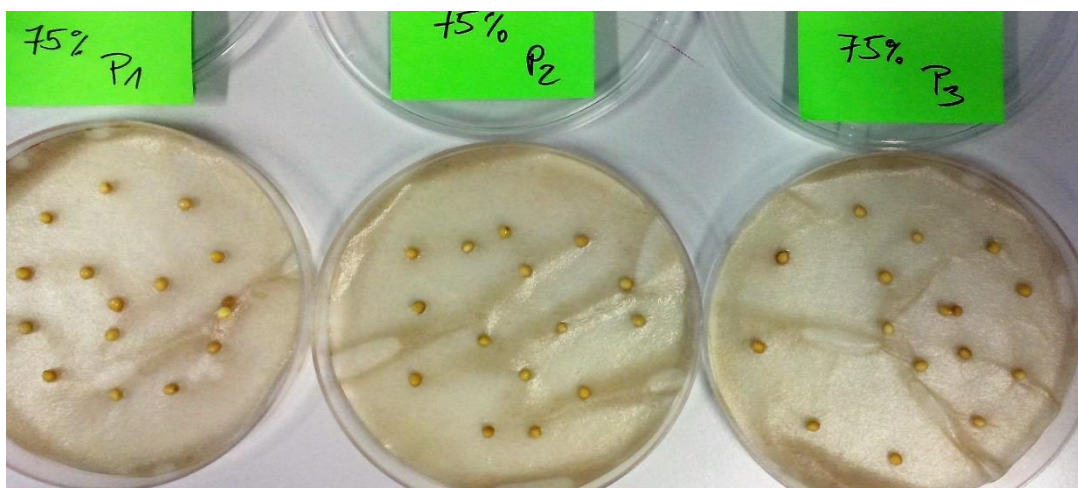
Vyhodnocení – vzorek 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



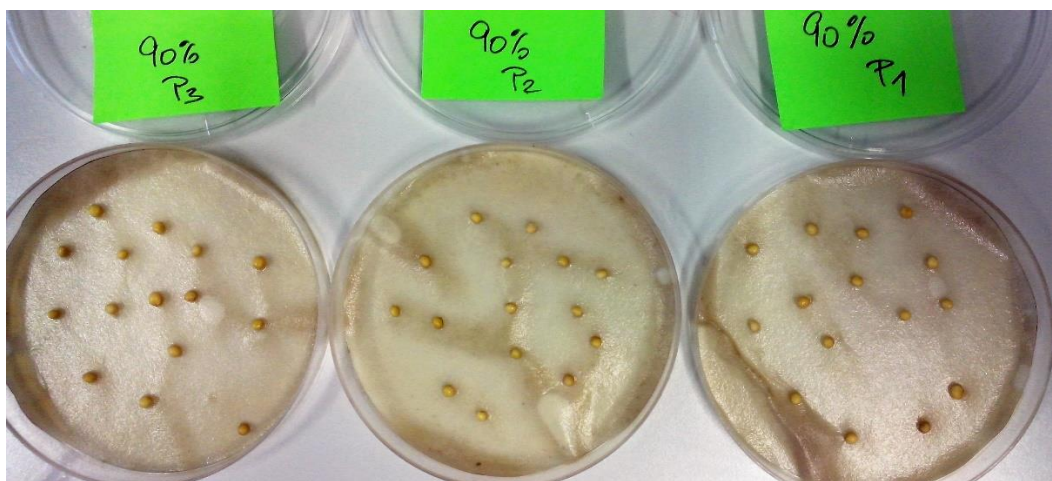
Vyhodnocení – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

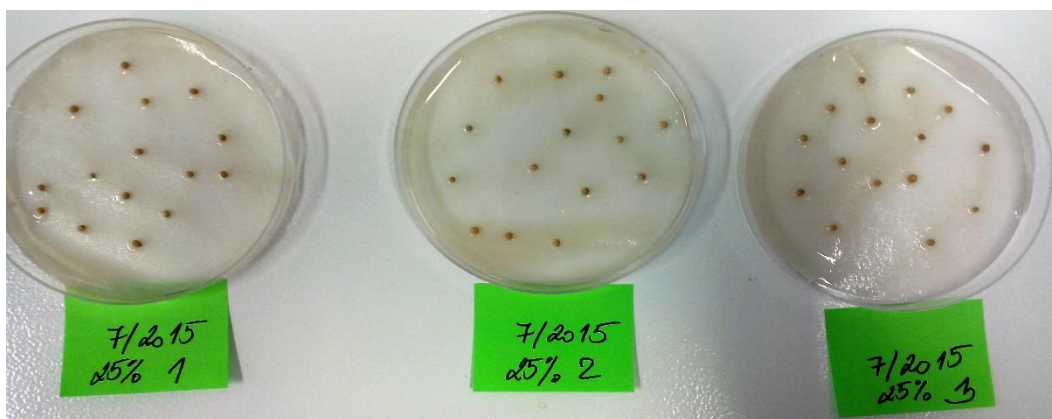


Vyhodnocení – 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

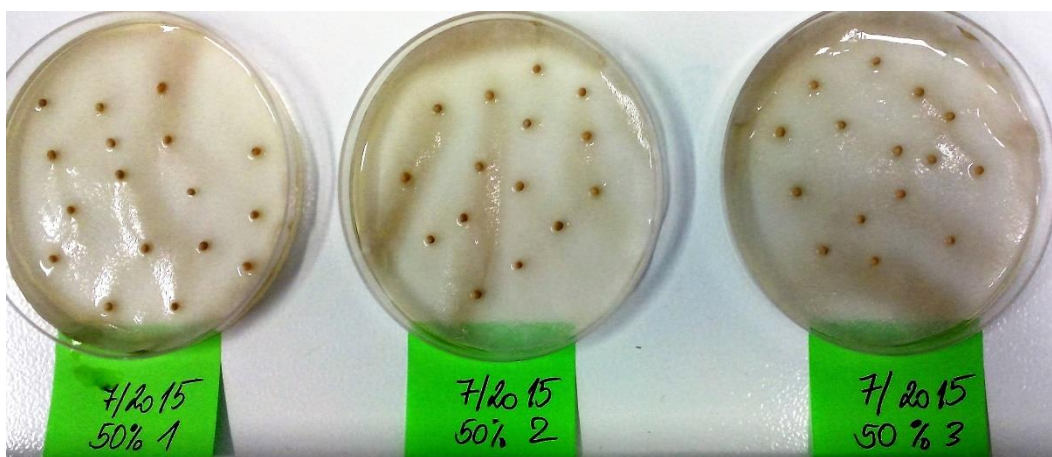


Vyhodnocení – 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

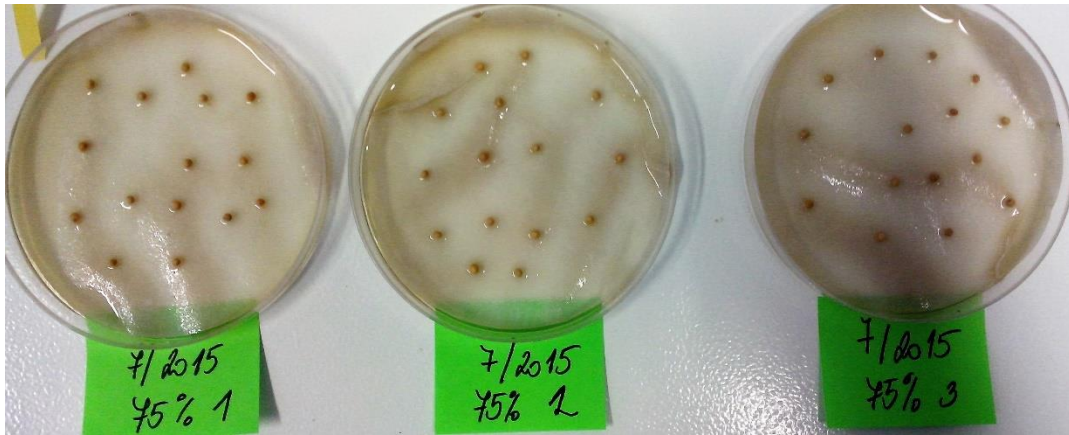
Test – Červenec/2015



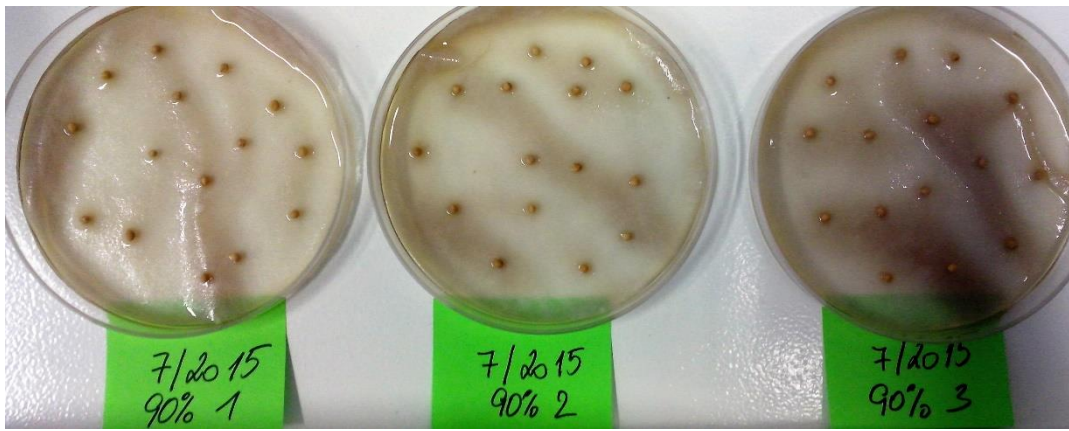
Založení – vzorek 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



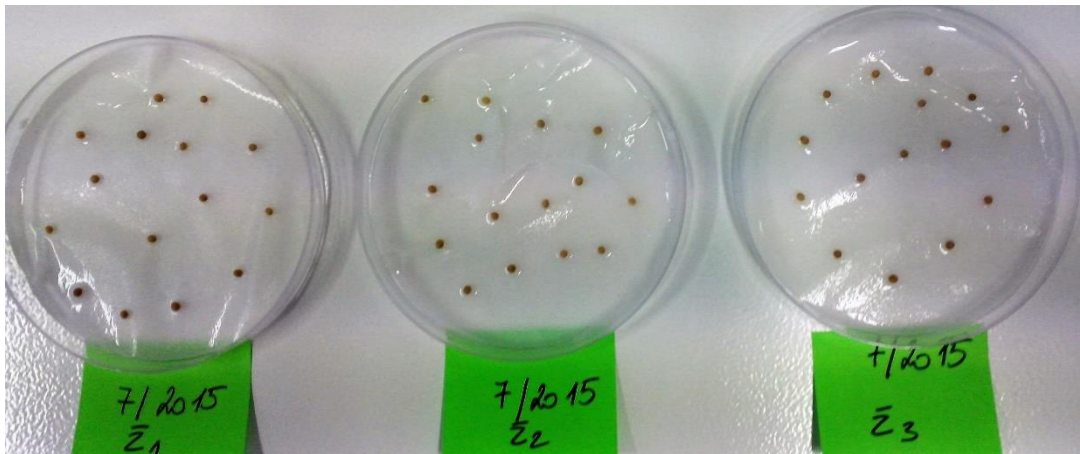
Založení – vzorek 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



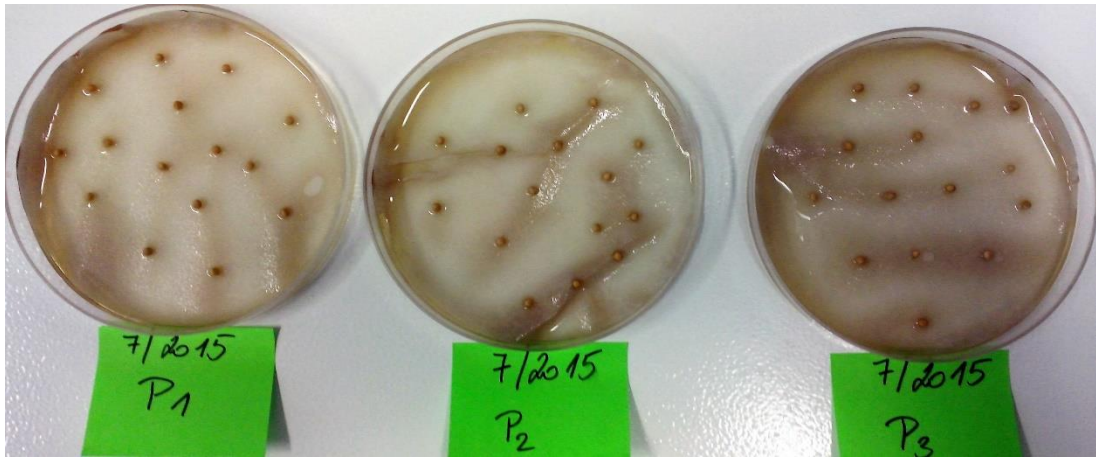
Založení – vzorek 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



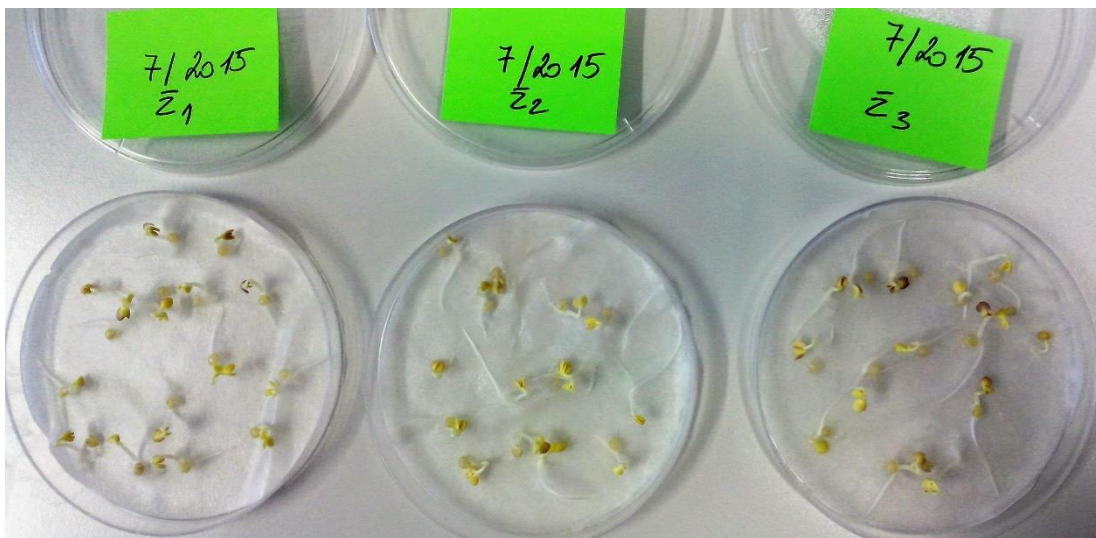
Založení – vzorek 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



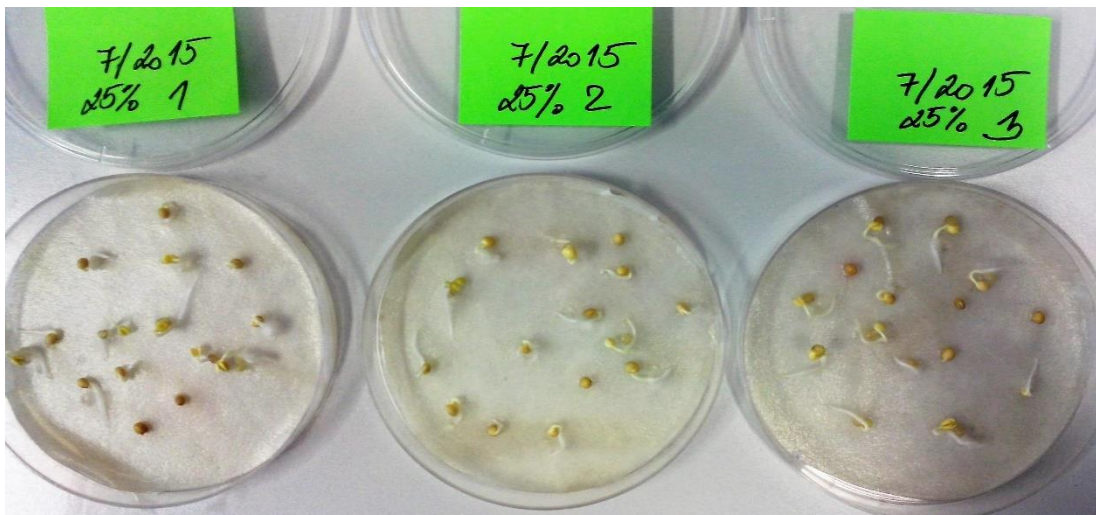
Založení – vzorek 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



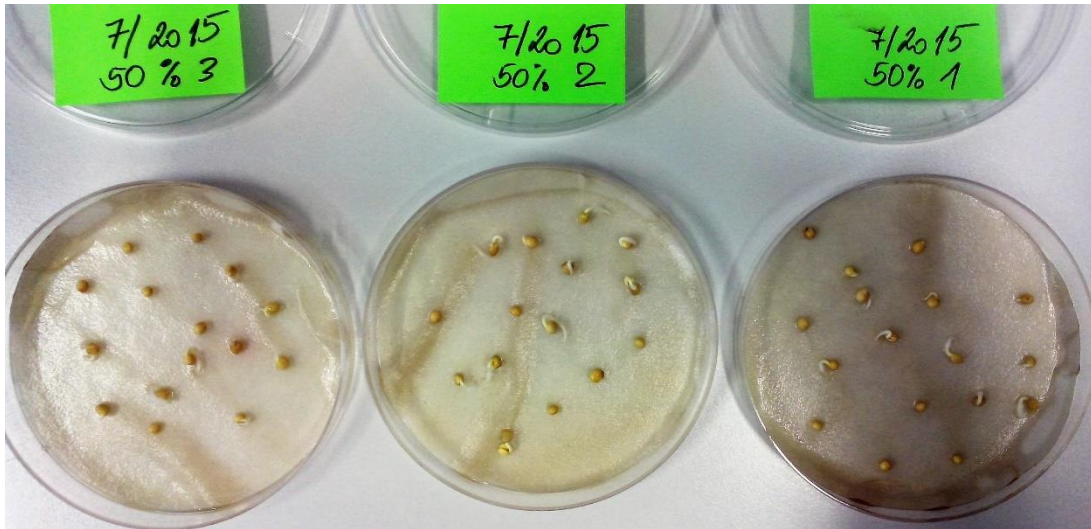
Založení – vzorek 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



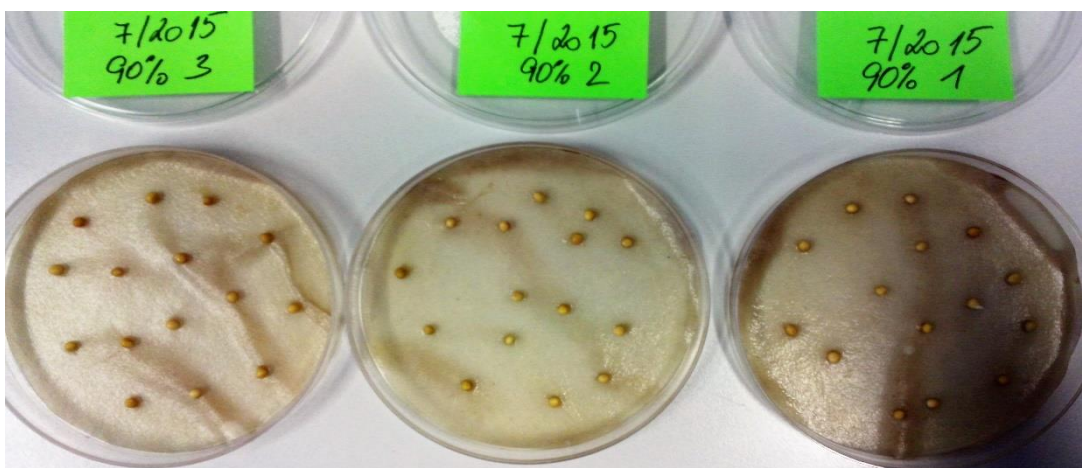
Vyhodnocení – vzorek 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

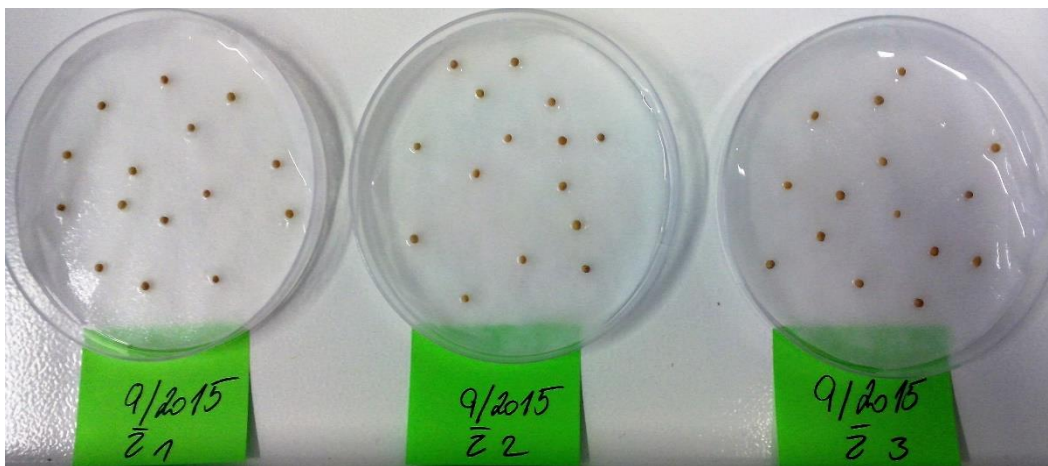


Vyhodnocení – vzorek 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

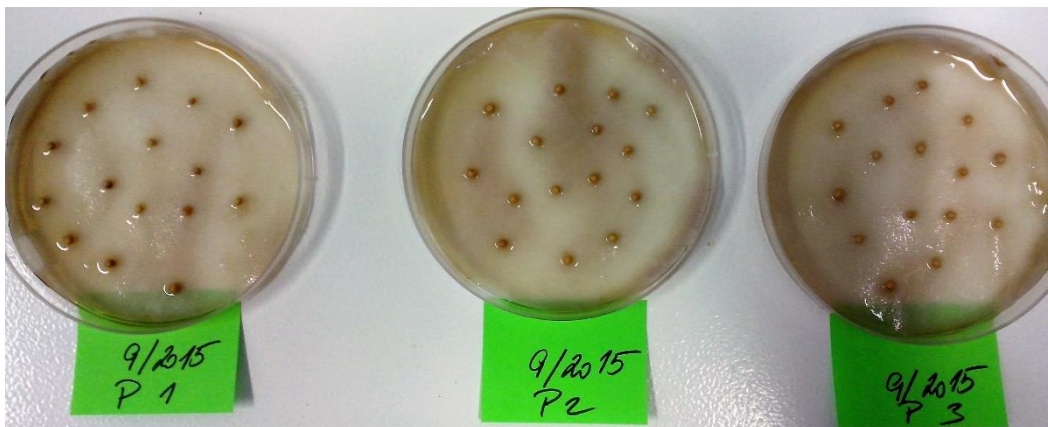


Vyhodnocení – vzorek 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

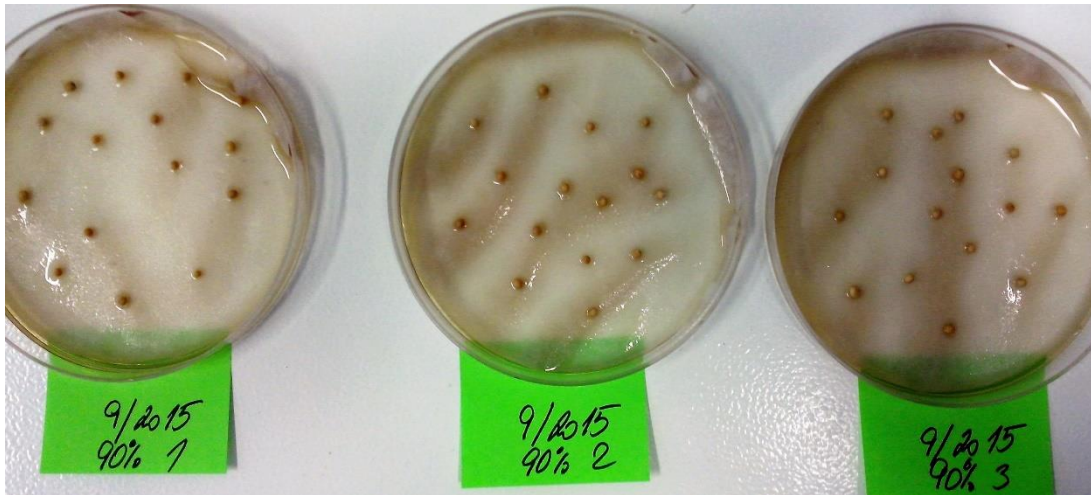
Test – Září/2015



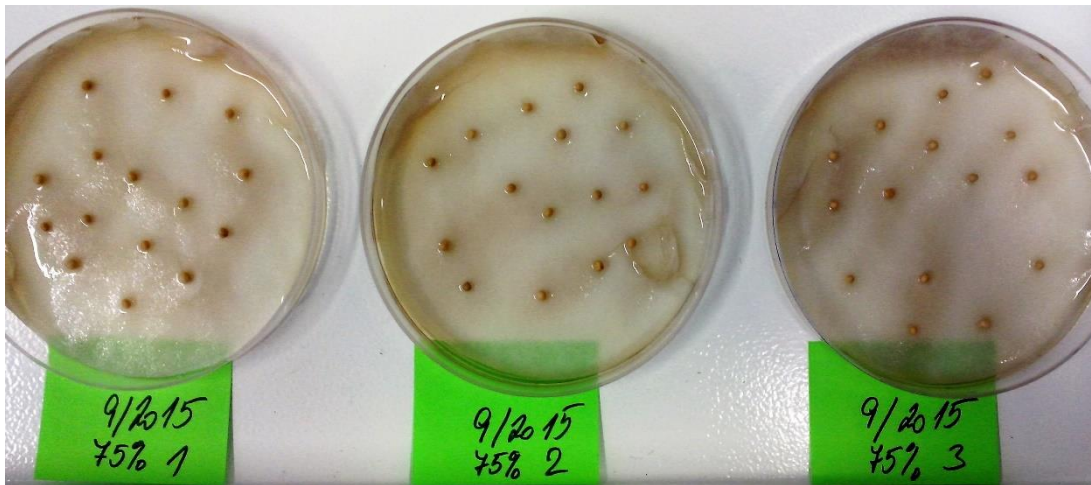
Založení – vzorek 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Založení – vzorek 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



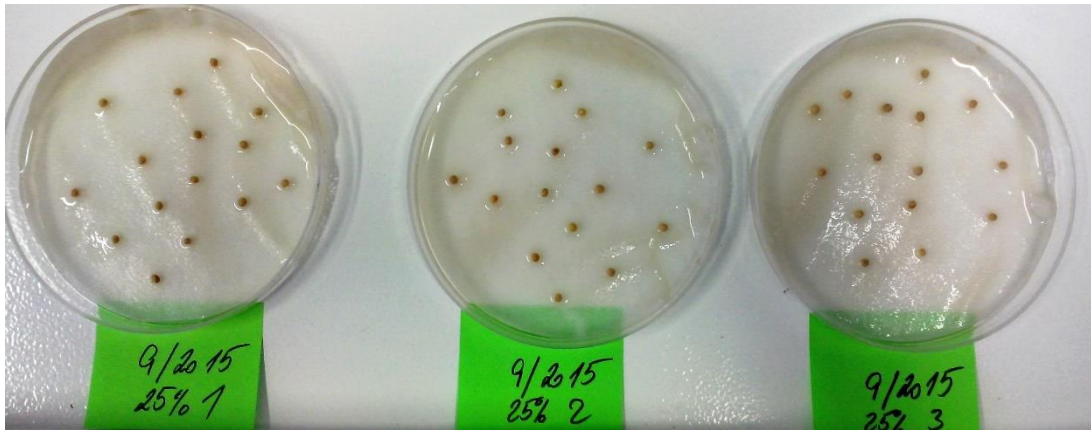
Založení – vzorek 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



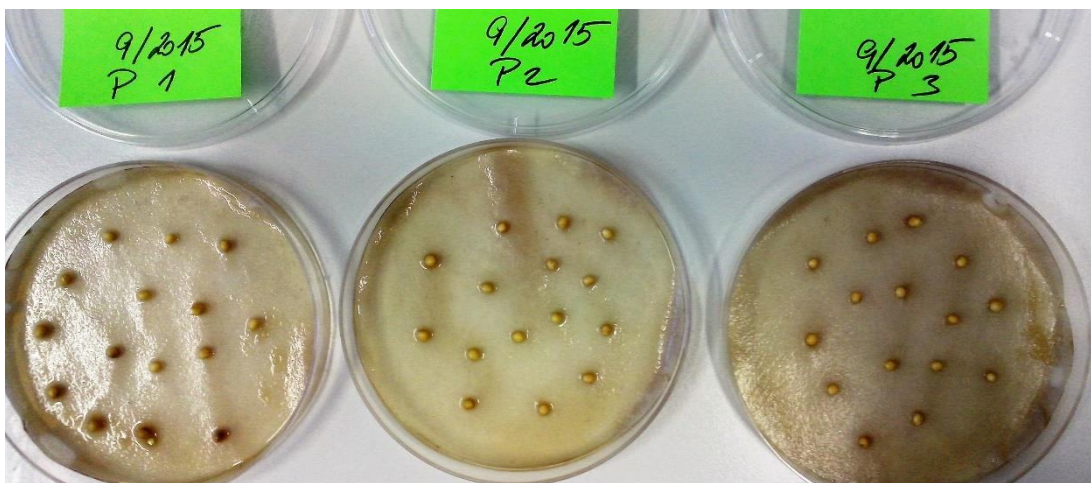
Založení – vzorek 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



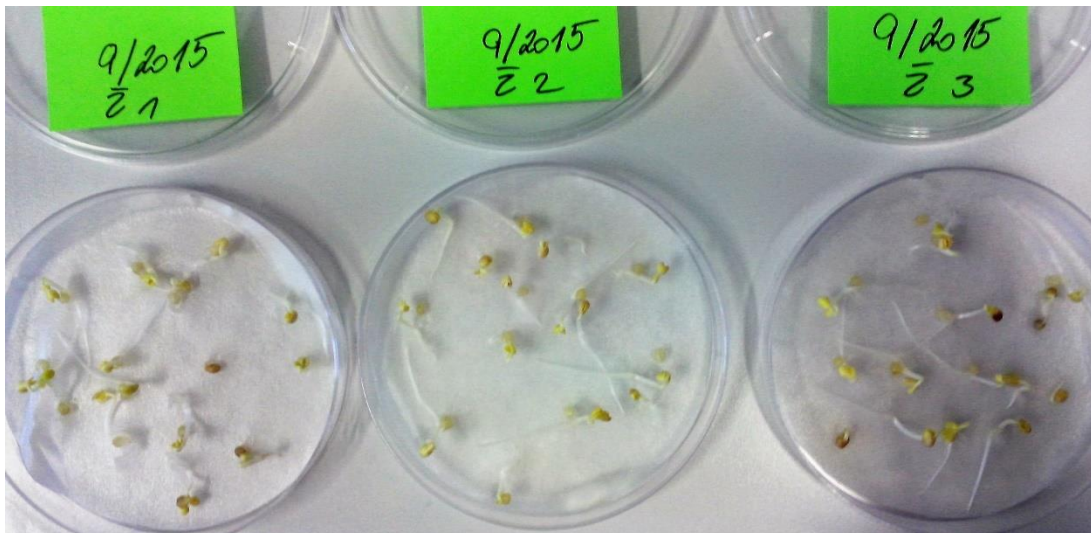
Založení – vzorek 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



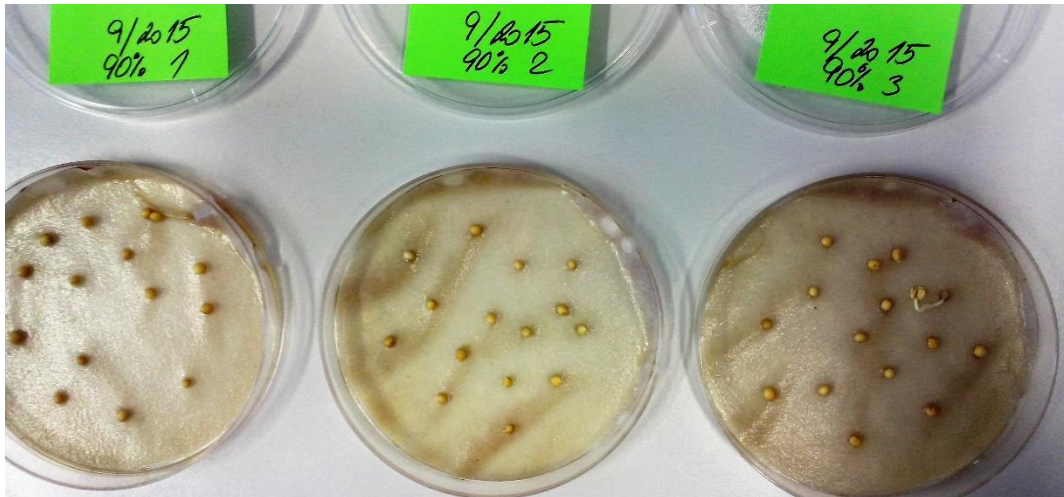
Založení – vzorek 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



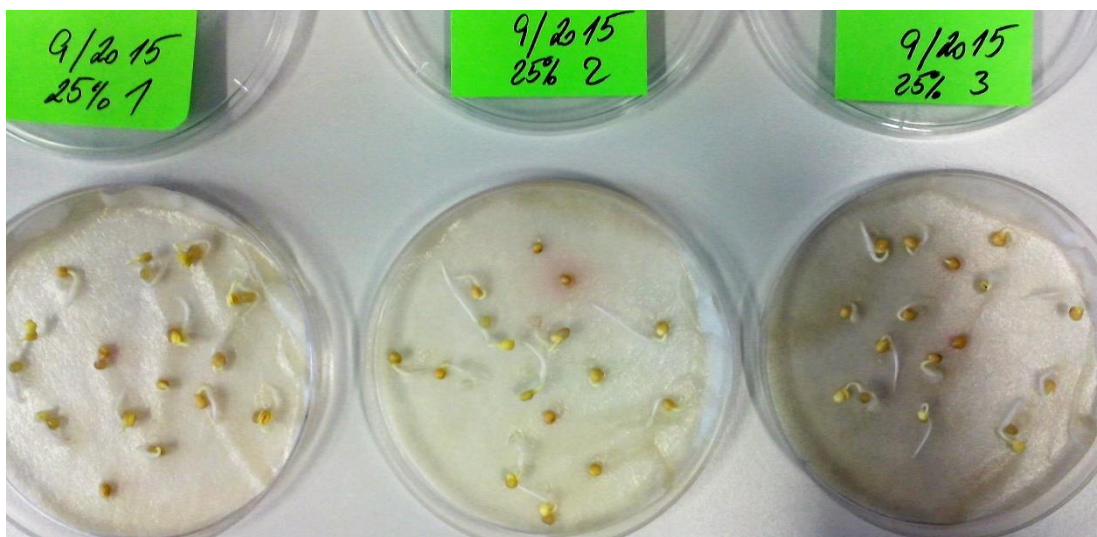
Vyhodnocení – vzorek 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)



Vyhodnocení – vzorek 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Příloha č. 5 – Výsledné hodnoty testu toxicity vůči okřešku menšímu (*Lemna minor* L.)

Tabulka výsledných hodnot okřehek menší (*Lemna minor* L.) – Květen/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Test Květen/2015	Vzorek	pH	Teplota [°C]	Počet lístků	Nekróza/ chloróza
0 den - start	100% Ž1	7	24	9	-
	100% Ž2	7	24	9	-
	100% P1	8	24	9	-
	100% P2	8	24	9	-
	P1 A	6	24	9	-
	P1 B	6	24	9	-
	P2A	7	24	9	-
	P2 B	6,5	24	9	-
3 den 1 kontrola	100% Ž1	6	25	12	-
	100% Ž2	6,5	25	13	-/1
	100% P1	7,5	25	10	1/1
	100% P2	7,5	25	9	-/2
	P1 A	6,5	25	10	-/1
	P1 B	5,5	25	10	-
	P2A	6	25	12	-/1
	P2 B	6,5	25	9	-
5 den 2 kontrola	100% Ž1	7	26	15	-/4
	100% Ž2	6,5	26	13	1/3
	100% P1	7,5	26	10	-/6
	100% P2	7,5	26	9	-/2
	P1 A	6	26	11	1/3
	P1 B	6	26	12	3/2
	P2A	6,5	26	13	3/2
	P2 B	7	26	12	-/2
7 den vyhodnocení	100% Ž1	6	25	17	-/6
	100% Ž2	6,5	25	16	1/7
	100% P1	8	25	10	-/6
	100% P2	8	25	9	-/4
	P1 A	7	25	11	1/3
	P1 B	7,5	25	12	5/2
	P2A	7	25	14	4/2
	P2 B	7	25	12	-/3

Tabulka výsledných hodnot okřehek menší (Lemna minor L.) – Červenec/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Test Červenec/2015	Vzorek	pH	Teplota [°C]	Počet lístků	Nekróza/ chloróza
0 den - start	100% Ž1	7	24	9	-
	100% Ž2	7	24	9	-
	100% P1	7,5	24	9	-
	100% P2	8	24	9	-
	P1 A	6	24	9	-
	P1 B	6	24	9	-
	P2A	7	24	9	-
	P2 B	6,5	24	9	-
3 den 1 kontrola	100% Ž1	7	25	12	-/1
	100% Ž2	6,5	25	11	1/2
	100% P1	7,5	25	9	1/1
	100% P2	7,5	25	9	-/3
	P1 A	6	25	10	-/1
	P1 B	6	25	10	-
	P2A	7	25	9	-
	P2 B	6,5	25	10	-/1
5 den 2 kontrola	100% Ž1	7	26	14	-/1
	100% Ž2	6,5	26	12	1/3
	100% P1	8	26	10	1/6
	100% P2	7,5	26	9	1/3
	P1 A	6	26	10	-/2
	P1 B	6,5	26	11	-/3
	P2A	6,5	26	11	-/4
	P2 B	6	26	12	1/2
7 den vyhodnocení	100% Ž1	6	25	16	2/4
	100% Ž2	6	25	14	1/3
	100% P1	8	25	10	1/7
	100% P2	8	25	9	1/3
	P1 A	6,5	25	10	-/4
	P1 B	7	25	11	-/3
	P2A	7	25	11	-/5
	P2 B	7	25	12	1/4

Tabulka výsledných hodnot okřehek menší (Lemna minor L.) – Září/2015 (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Test Září/2015	Vzorek	pH	Teplota [°C]	Počet lístků	Nekróza/ chloróza
0 den - start	100% Ž1	7	24	9	-
	100% Ž2	7	24	9	-
	100% P1	8	24	9	-
	100% P2	8	24	9	-
	P1 A	6,5	24	9	-
	P1 B	6,5	24	9	-
	P2A	6,5	24	9	-
	P2 B	7	24	9	-
3 den 1 kontrola	100% Ž1	6,5	25	11	-/1
	100% Ž2	6,5	25	12	-
	100% P1	7,5	25	10	1/1
	100% P2	7,5	25	9	-/2
	P1 A	6,5	25	10	-/1
	P1 B	6	25	10	-
	P2A	6	25	12	-/1
	P2 B	6,5	25	9	-
5 den 2 kontrola	100% Ž1	6,5	26	12	-/4
	100% Ž2	6,5	26	14	-/3
	100% P1	8	26	12	1/2
	100% P2	7,5	26	9	-/2
	P1 A	6	26	10	-/2
	P1 B	6	26	11	-/3
	P2A	7	26	13	-/4
	P2 B	6,5	26	11	1/3
7 den vyhodnocení	100% Ž1	6,5	25	14	1/4
	100% Ž2	7	25	17	-/3
	100% P1	7	25	12	1/3
	100% P2	7	25	9	-/2
	P1 A	6,5	25	10	-/4
	P1 B	6,5	25	12	2/3
	P2A	7	25	13	-/4
	P2 B	7	25	11	1/4

Příloha č. 6: Výsledné hodnoty testu toxicity vůči hořčici bílé (*Sinapis alba*)

Výsledky – Květen/2015

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 100% Ž				
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	20	16	35	
2	28	22	8	
3	30	21	17	
4	25	17	24	
5	26	11	16	
6	13	24	15	
7	15	12	10	
8	8	29	20	
9	3	18	7	
10	5	23	7	
11	1	19	8	
12	0	19	5	
13	17	14	3	
14	7	9	5	
15	8	10	10	PRŮMĚR
Klíčivost	15	15	15	15
Průměr	13,7333333	17,6	12,67	14,67
Odchylka	10,18	5,72	8,66	
VC%	74,13	32,48	68,35	
Nejdelší kořen	30,00	29,00	35,00	31,33

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – květen/2015 – 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 100% P						
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3			
	Délka(mm)	Délka(mm)	Délka(mm)			
1	0	0	0			
2	0	0	0			
3	0	0	0			
4	0	0	0			
5	0	0	0			
6	0	0	0			
7	0	0	0			
8	0	0	0			
9	0	0	0			
10	0	0	0			
11	0	0	0			
12	0	0	0			
13	0	0	0			
14	0	0	0			
15	0	0	0	PRŮMĚR		<u>INHIBICE V %</u>
Klíčivost	0	0	0	0	0	
Průměr	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00
Odchylka	0,00	0,00	0,00			
VC%	0,00	0,00	0,00			
Nejdelší kořen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – květen/2015 – 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 90%						
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3			
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)			
1	0	0	3			
2	0	0	0			
3	0	0	0			
4	0	0	0			
5	0	0	0			
6	0	0	0			
7	0	0	0			
8	0	0	0			
9	0	0	0			
10	0	0	0			
11	0	0	0			
12	0	0	0			
13	0	0	0			
14	0	0	0			
15	0	0	0	PRŮMĚR		<u>INHIBICE V %</u>
Klíčivost	0	0	1	0	0	
Průměr	0,00	0,00	0,20	0,07	0,07	99,55
Odchylka	0,00	0,00	0,77			
VC%	0,00	0,00	387,30			
Nejdelší kořen	0,00	0,00	3,00	1,00	1,00	96,81

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – květen/2015 – 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 75%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	3	2	0		
2	1	0	0		
3	0	0	0		
4	0	0	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	2	1	0	1	
Průměr	0,27	0,13	0,00	0,13	99,09
Odchylka	0,80	0,52	0,00		
VC%	299,55	387,30	0,00		
Nejdelsí kořen	3,00	2,00	0,00	1,67	94,68

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – květen/2015 – 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 50%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
		Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	5	1	2		
2	2	5	2		
3	5	2	4		
4	0	2	1		
5	0	6	7		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	3	5	5	4	
Průměr	0,80	1,07	1,07	0,98	93,33
Odchylka	1,78	1,94	2,02		
VC%	222,61	182,29	189,06		
Nejdelsí kořen	5,00	6,00	7,00	6,00	80,85

. Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – květen/2015 – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Květen/2015 – 25%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka(mm)	Délka(mm)	Délka(mm)		
1	7	15	10		
2	9	13	10		
3	3	8	5		
4	10	8	11		
5	11	13	7		
6	10	10	12		
7	11	8	13		
8	7	8	13		
9	6	5	5		
10	10	3	3		
11	8	5	6		
12	9	5	7		
13	7	7	8		
14	9	8	9		
15	7	5	6	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	15	15	15	15	
Průměr	8,27	8,07	8,33	8,22	43,94
Odchylka	2,15	3,43	3,11		
VC%	26,05	42,55	37,31		
Nejdelší kořen	11,00	15,00	13,00	13,00	58,51

Výsledky - Červenec/2015

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Červenec/2015 – 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 100% Ž				
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	12	26	33	
2	13	10	20	
3	21	19	25	
4	11	16	15	
5	17	5	44	
6	8	17	26	
7	5	32	36	
8	10	23	23	
9	18	8	18	
10	6	10	10	
11	9	8	26	
12	16	3	4	
13	17	5	7	
14	17	6	35	
15	5	7	3	PRŮMĚR
Klíčivost	15	15	15	15
Průměr	12,33333333	13	21,67	15,67
Odchylka	5,15	8,75	12,34	
VC%	41,76	67,31	56,97	
Nejdelší kořen	21,00	32,00	44,00	32,33

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 100% P				
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	0	0	0	
2	0	0	0	
3	0	0	0	
4	0	0	0	
5	0	0	0	
6	0	0	0	
7	0	0	0	
8	0	0	0	
9	0	0	0	
10	0	0	0	
11	0	0	0	
12	0	0	0	
13	0	0	0	
14	0	0	0	
15	0	0	0	PRŮMĚR
Klíčivost	0	0	0	0
Průměr	0	0	0,00	0,00
Odchylka	0,00	0,00	0,00	
VC%	0,00	0,00	0,00	
Nejdelší kořen	0,00	0,00	0,00	0,00

INHIBICE V %
100,00
100,00

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 90%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	1	1	0		
2	0	0	0		
3	0	0	0		
4	0	0	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	1	1	0	1	
Průměr	0,07	0,07	0,00	0,04	99,72
Odchylka	0,26	0,26	0,00		
VC%	387,30	387,30	0,00		
Nejdelší kořen	1,00	1,00	0,00	0,67	97,94

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 75%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	3	4	1		
2	0	3	2		
3	0	2	5		
4	0	0	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	1	3	3	2	
Průměr	0,20	0,60	0,53	0,44	97,16
Odchylka	0,77	1,30	1,36		
VC%	387,30	216,39	254,21		
Nejdelší kořen	3,00	4,00	5,00	4,00	87,63

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 50%						
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3			
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)			
1	2	7	16			
2	1	8	3			
3	7	11	4			
4	6	13	8			
5	6	2	9			
6	4	10	3			
7	7	3	5			
8	3	6	6			
9	1	5	4			
10	1	7	0			
11	8	8	0			
12	0	0	0			
13	0	0	0			
14	0	0	0			
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %	
Klíčivost	11	11	9	10		
Průměr	3,07	5,33	3,87	4,09		73,90
Odchylka	2,99	4,34	4,53			
VC%	97,41	81,32	117,25			
Nejdelší kořen	8,00	13,00	16,00	12,33		61,86

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Květen/2015 – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – červenec/2015 – 25%						
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3			
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)			
1	18	18	16			
2	12	7	11			
3	10	7	12			
4	6	15	15			
5	16	16	20			
6	8	13	15			
7	7	6	10			
8	6	12	8			
9	8	13	9			
10	5	10	7			
11	13	5	13			
12	11	10	2			
13	11	5	0			
14	0	0	0			
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %	
Klíčivost	13	13	12	13		
Průměr	8,73	9,13	9,20	9,02		42,41
Odchylka	5,11	5,48	6,37			
VC%	58,46	59,95	69,26			
Nejdelší kořen	18,00	18,00	20,00	18,67		42,27

Výsledky – Září/2016

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 100% Ž (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 100% Ž				
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	20	17	31	
2	5	12	26	
3	25	25	31	
4	15	29	5	
5	23	23	27	
6	6	26	21	
7	7	28	13	
8	7	3	30	
9	12	11	20	
10	10	8	25	
11	16	10	20	
12	10	6	6	
13	5	7	10	
14	10	9	8	
15	3	17	12	PRŮMĚR
Klíčivost	15	15	15	15
Průměr	11,6	15,4	19,00	15,33
Odchylka	6,83	8,78	9,32	
VC%	58,90	57,02	49,05	
Nejdelší kořen	25,00	29,00	31,00	28,33

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 100% P (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 100% P				
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)	
1	0	0	0	
2	0	0	0	
3	0	0	0	
4	0	0	0	
5	0	0	0	
6	0	0	0	
7	0	0	0	
8	0	0	0	
9	0	0	0	
10	0	0	0	
11	0	0	0	
12	0	0	0	
13	0	0	0	
14	0	0	0	
15	0	0	0	PRŮMĚR
Klíčivost	0	0	0	0
Průměr	0	0	0,00	0,00
Odchylka	0,00	0,00	0,00	
VC%	0,00	0,00	0,00	
Nejdelší kořen	0,00	0,00	0,00	0,00

INHIBICE V %
100,00
100,00

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 90% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 90%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	1	1	6		
2	0	0	0		
3	0	0	0		
4	0	0	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	1	1	1	1	
Průměr	0,07	0,07	0,40	0,18	98,84
Odchylka	0,26	0,26	1,55		
VC%	387,30	387,30	387,30		
Nejdelší kořen	1,00	1,00	6,00	2,67	90,59

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 75% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 75%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	2	3	2		
2	1	0	0		
3	0	0	0		
4	0	0	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	2	1	2	2	
Průměr	0,20	0,20	0,13	0,18	98,84
Odchylka	0,56	0,77	0,52		
VC%	280,31	387,30	387,30		
Nejdelší kořen	2,00	3,00	2,00	2,33	91,76

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 50% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 50%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	8	5	10		
2	8	7	8		
3	8	5	7		
4	5	3	3		
5	3	2	2		
6	4	7	10		
7	1	5	7		
8	2	8	0		
9	0	3	0		
10	0	0	0		
11	0	0	0		
12	0	0	0		
13	0	0	0		
14	0	0	0		
15	0	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	8	9	7	8	
Průměr	2,60	3,00	3,13	2,91	81,01
Odchylka	3,22	2,98	4,03		
VC%	124,03	99,20	128,72		
Nejdelší kořen	8,00	8,00	10,00	8,67	69,41

Tab. Výsledky hořčice bílá (*Sinapis alba*) – Září/2015 – 25% (zdroj: GROCHOLOVÁ, 2016)

Hořčice bílá (<i>Sinapis alba</i>) – Září/2015 – 25%					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3		
	Délka (mm)	Délka (mm)	Délka (mm)		
1	12	22	12		
2	10	15	10		
3	10	7	5		
4	9	11	3		
5	3	20	11		
6	11	12	6		
7	12	7	11		
8	6	11	10		
9	9	11	3		
10	10	13	8		
11	10	1	16		
12	11	8	13		
13	8	0	2		
14	2	0	5		
15	4	0	0	PRŮMĚR	INHIBICE V %
Klíčivost	15	12	14	14	
Průměr	8,47	9,20	7,67	8,44	44,93
Odchylka	3,23	6,96	4,64		
VC%	38,11	75,66	60,51		
Nejdelší kořen	12,00	22,00	16,00	16,67	41,18