

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv žížal na chování mikropolutantů v čistírenských
kalech**

Diplomová práce

Autor práce

Bc. Vojtěch Pospíšil

Technologie odpadů (WASTEM)

Vedoucí práce

Doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.

Konzultant

Mgr. Alena Grasserová

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv žížal na chování mikropolutantů v čistírenských kalech" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Doc. Ing. Alešovi Hančovi, Ph.D a konzultantce Mgr. Aleně Grasserové, kteří se mnou intenzivně spolupracovali na vysoce odborné úrovni. Velkou podporou a motivací při studiu pro mě byla moje nejbližší rodina, které touto cestou chci rovněž poděkovat.

Diplomová práce byla vytvořena v rámci projektu NAZV č. QK1910095 s názvem „Využití vermikompostování k eliminaci mikropolutantů za účelem bezpečné aplikace čistírenského kalu na zemědělskou půdu.“

Vliv žížal na chování mikropolutantů v čistírenských kalech

Souhrn

Na základě rozboru literární rešerše a výsledků experimentu byl stanoven vliv žížal *Eisenia andrei* na změnu vybraných obsahu léčiv, látek osobní potřeby a endokrinních disruptorů. Experiment byl založen na vermikompostování čistírenských kalů smíchaných v určitém poměru se slaměnými peletami. V laboratorních podmínkách na pokusné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu probíhal experiment po dobu čtyř měsíců. Vermikompostování bylo provedeno vždy ve dvou opakováních pro každou variantu. Experiment probíhal také vždy s použitím žížal a bez nich, aby bylo možné stanovit vliv žížal na chování stanovovaných látek během procesu. Obsah mikropolutantů byl stanoven před zahájením pokusu u vstupních materiálů (čistírenské kaly, slaměné pelety a žížaly), poté měsíc po zahájení experimentu a na konci po čtyřech měsících.

Odebrané vzorky zanalyzoval Mikrobiální ústav AV ČR pomocí kapalinové chromatografie a poskytl datové podklady pro diplomovou práci. Sledované parametry byly zejména obsahy mikropolutantů v jednotkách ng/g a jejich změny napříč variantami směsí vstupních surovin, času a použití žížal či nikoliv. Pro ověření stanovených hypotéz byly vytvořeny individuální parametry jako je míra degradace, efekt žížal nebo vermiakumulace, na základě kterých byly hypotézy vyhodnoceny.

Z uvedených výsledků bylo zjištěno snížení obsahu mikropolutantů v průběhu experimentu, a to zejména u variant s použitím žížal. Tento jev byl proměnlivý v závislosti na druhu mikropolutantu. Nejvýznamněji se příznivý vliv žížal projevil u látek triclosan (o 30 – 43 % nižší koncentrace než varianta bez použití žížal), sulfanilamid (3 – 37 %), amitriptylin (15 – 19 %) a carbamazepin (10 – 42 %). Vermiakumulace se nejvíce projevila u látek kofein (40 – 184 % koncentrace mikropolutantu v žížale, v poměru s koncentrací ve vermikompostovaném materiálu), diclofenac (144 – 207 %) a telmisartan (1,5 – 44 %), u kterého byla stanovena také nejvyšší koncentrace ze všech stanovovaných látek v žížalách ($151,54 \pm 112,83$ ng/g).

V závěru práce byla zhodnocena také pozitiva vermikompostování čistírenských kalů ve vztahu ke snížení obsahu mikropolutantů, které literární rešerše a výsledky experimentální části diplomové práce potvrzují. Na základě těchto výsledků lze technologii vermikompostování doporučit k dalšímu výzkumu zpracování čistírenských kalů. V budoucnu tato technologie může napomoci snižovat riziko kontaminace půd mikropolutanty.

Klíčová slova: vermikompostování, čistírenský kal, léčiva a látky osobní potřeby, endokrinní disruptory, žížaly, *Eisenia andrei*

Influence of earthworms on the behavior of micropollutants in sewage sludge

Summary

Based on the literature search and the results of the experiment, the influence of the *Eisenia andrei* on the change of selected contents of pharmaceuticals, personal care products and endocrine disruptors was determined. The experiment was based on vermicomposting of sewage sludge mixed in a certain ratio with straw pellets. The experiment lasted for four months in laboratory conditions at the FAPPZ experimental station in Červený Újezd. Vermicomposting was performed in duplicate for each variant. Experiment was also always performed with and without earthworms, in order to determine the effect of earthworms on the behavior of the determined substances during the process. The concentration of micropollutants was determined before the start of the experiment for the input materials (sewage sludge, straw pellets and earthworms), then one month after the start of the experiment and at the end after four months.

The collected samples were analyzed by the institute of Mikrobiální ústav AV ČR using liquid chromatography and provided data for the diploma thesis. The monitored parameters were mainly the contents of micropollutants in units of ng/g and their changes across variants of mixtures of raw materials, time and the use of earthworms or not. To verify the established hypotheses, individual parameters such as the degree of degradation, the effect of earthworms or vermicumulation were created, based on which the hypotheses were evaluated.

According to determined results, a reduction in the content of micropollutants was found during the experiment, especially in the variants using earthworms. This phenomenon was variable depending on the type of micropollutant. The most significant effect of earthworms was determined with triclosan (30 – 43% lower concentrations than the earthworm-free variant), sulfanilamide (3 – 37%), amitriptyline (15 – 19%) and carbamazepine (10 – 42%). Vermiacumulation was most significant for caffeine (40 – 184% of the micropollutant concentration in the earthworm in relation to the concentration of vermicomposted material), diclofenac (144 – 207%) and telmisartan (1,5 – 44%), at which the highest concentration of all specified substances in earthworms was determined ($151,54 \pm 112,83$ ng / g).

At the end, the positives of vermicomposting of sewage sludge in relation to the reduction of the content of micropollutants were also evaluated, which are confirmed by the literature search and the results of the experimental part of the diploma thesis. Based on these results, vermicomposting technology can be recommended for further research in the way of treatment of sewage sludge. In the future, this technology can help reduce the risk of soil contamination by micropollutants.

Keywords: vermicomposting, sewage sludge, pharmaceuticals and personal care products, endocrine disruptors, earthworms, *Eisenia andrei*

Obsah

1 Úvod	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Mikropolutanty, léčiva a prostředky osobní potřeby	11
3.1.1 Léčiva a jejich běžní zástupci v odpadních a povrchových vodách	11
3.1.1.1 Veterinární a humánní antibiotika.....	12
3.1.1.2 Analgetika a protizánětlivá léčiva.....	13
3.1.1.3 Antidepresiva	14
3.1.1.4 Steroidní hormony	14
3.1.2 Endokrinní disruptory	15
3.1.3 Různorodost cest léčiv do životního prostředí.....	15
3.2 Čistírny odpadních vod	16
3.3 Čistírenské kaly	17
3.3.1 Zpracování kalů před jejich výstupem z technologie čištění.....	18
3.3.2 Složení a rizika čistírenských kalů	18
3.3.3 Nakládání s čistírenskými kaly v ČR.....	19
3.4 Léčiva a látky osobní potřeby a jejich míra odstranění v ČOV	21
3.4.1 Koncentrace PPCP při procesu čištění na ČOV	22
3.4.2 Mechanismus odstranění mikropolutantů z odpadních vod	24
3.4.3 Čistírenské technologie zaměřené na eliminaci mikropolutantů	26
3.5 Vermikompostování.....	27
3.5.1 Využití vermikompostování v odpadovém hospodářství	27
3.5.2 Žížaly	28
3.5.3 Faktory ovlivňující proces vermikompostování	28
3.5.4 Výhody vermikompostování	29
3.6 Využití žížal k degradaci mikropolutantů, vermiremediace.....	31
3.6.1 Degradace alifatických uhlovodíků	31
3.6.2 Imobilizace rizikových prvků a kovů	32
3.6.3 Degradace polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU).....	32
3.6.4 Degradace léčiv pomocí žížal	32
4 Metodika	34
4.1 Design experimentu.....	34
4.1.1 Vstupní materiály.....	35
4.1.2 Vzorkování	35
4.2 Laboratorní analýzy	36
4.2.1 Extrakce za zvýšeného tlaku a teploty	36

4.2.2	Kapalinová chromatografie.....	37
4.3	Analýzy výstupních hodnot	38
4.3.1	Analýza dat vermikompostovaného materiálu z obou odběrů.....	38
4.3.2	Mechanismus výpočtu vstupního mixu	39
4.3.3	Metodika stanovení efektu žížal na degradaci mikropolutantů	40
4.3.4	Vermiakumulace	40
5	Výsledky	41
5.1	Obsah mikropolutantů ve vstupních materiálech	41
5.1.1	Slaměné pelety	41
5.1.2	Čistírenské kaly	41
5.1.3	Žížaly	42
5.2	Obsah mikropolutantů v prvním odběru vermikompostu.....	43
5.3	Obsah mikropolutantů na konci vermikompostování.....	43
5.3.1	Vermikompostovaný materiál.....	43
5.3.2	Obsah mikropolutantů u žížal	44
5.4	Efekt žížal u degradace mikropolutantů.....	45
5.4.1	Varianta 100 % čistírenského kalu	46
5.4.2	Varianta 75 % kal a 25 % sl. pelet.....	46
5.4.3	Varianta 50 % kal a 50 % sl. pelet.....	47
5.4.4	Varianta 25 % kal a 75 % sl. pelet.....	48
5.4.5	Varianta 100 % slaměných pelet	49
5.5	Vermiakumulace	50
5.5.1	Kofein	50
5.5.2	Karbamazepin	51
5.5.3	Cetirizin	51
5.5.4	Citalopram	52
5.5.5	Diclofenac	53
5.5.6	Telmisartan	53
5.5.7	Triclosan	54
5.6	Statistické šetření	55
5.6.1	Testování rozdělení dat	55
5.6.2	Neparametrické testování	55
6	Diskuze	56
6.1	Koncentrace mikropolutantů ve vstupních materiálech	56
6.1.1	Slaměné pelety	56
6.1.2	Čistírenské kaly	56
6.1.3	Žížaly	57
6.2	Koncentrace mikropolutantů v prvním odběru	57
6.3	Koncentrace mikropolutantů na konci vermikompostování	57
6.3.1	Žížaly na konci vermikompostování.....	57

6.4	Výsledný účinek žízála na snížení koncentrace mikropolutantů.....	58
6.5	Vermiakumulace	58
6.6	Design experimentu a statistické šetření.....	59
7	Závěr	60
8	Literatura	61
9	Seznam použitých tabulek a obrázků	70
10	Samostatné přílohy	72

1 Úvod

Uspokojování lidských potřeb vede nepochybně k užívání přírodních zdrojů a produkci odpadních materiálů a látek. Jedna z nejdůležitějších výzev z pohledu životního prostředí a rozvoje naší společnosti je udržitelnost a přechod z lineárního modelu odpadového hospodářství. Zařadit některé odpadní produkty do cirkulární ekonomiky nemusí představovat významný problém v případě existence poptávky na trhu, nebo specifické technologie. Ovšem u některých materiálů je situace výrazně složitější.

Při provozování čistíren odpadních vod vzniká jako odpad tzv. čistírenský kal. Jeho uplatnění se s postupem technologického pokroku a legislativních rámců do značné míry měnilo, nicméně aplikace čistírenských kalů do půdy představuje významný podíl využívání tohoto materiálu. Kaly z procesu čištění odpadních vod po vhodných úpravách mohou představovat významný zdroj živin a organické hmoty pro zemědělskou půdu. Aplikace čistírenských kalů do půdy může mít v případě dodržení specifických podmínek neoddiskutovatelný pozitivní vliv také na půdní vlastnosti a výnosy zemědělských plodin. Nicméně použití těchto materiálů jsou spojená jak s riziky známými, tak i méně prozkoumanými a je potřeba se jim blíže věnovat. Ke známým rizikům, jako jsou obsahy patogenních organismů, rizikových prvků nebo perzistentních organických polutantů existuje nespočet studií a vědeckých prací. Vzhledem k tomu, že negativní působení těchto látek jsou známy, ve většině zemí jsou obsahy patogenů a rizikových prvků sledovány a použití kalů je limitováno legislativou. Situace o mnoho složitější nastává u obsahu mikropolutantů, jako jsou například léčiva a látky osobní potřeby, nebo endokrinních disruptorů. Tyto látky ještě do nedávna nebyly dostatečně vnímány jako potenciální hrozba pro životní prostředí. Problematiku mikropolutantů můžeme rozdělit do dvou hlavních rovin.

První problém představuje samotné stanovení takovýchto látek vzhledem k tak nízkým koncentracím. Další problematika s tím spojená je i různorodé chování látek při degradaci. Často vznikají degradační metabolity, které současná věda nedokáže přesně popsat včetně jejich chování na biosféře. Mikropolutanty a jejich účinky totiž na rozdíl od jiných xenobiotik vyskytujících se ve vyšších řádech koncentrace lze stanovit jen nákladnou a vysoce přesnou analýzou. Jejich množství, ve kterých se totiž vyskytují v čistírenských kalech se pohybuje v řádech jednotek až tisíců nanogramů. Technologický pokrok stanovení takovýchto koncentrací látek tak otevřel „novodobý“ problém spotřeby léčiv a látek osobní potřeby, který je potřeba intenzivně řešit. A to zejména kvůli schopnosti těchto látek způsobit účinek i v tak nízkých koncentracích vlivem akumulace. Výsledkem je tedy i absence jakéhokoli monitorování produkce mikropolutantů čistírnami odpadních vod.

Druhou rovinu problematiky mikropolutantů představuje absence ověřených, účinných a nákladově efektivních technologií degradace těchto látek. Jednou z možných a perspektivních metod k degradaci mikropolutantů obsažených v čistírenských kalech je vermikompostování, na které tato diplomová práce cílí. Technologie kompostování s použitím žížal je výhodná zejména vzhledem k její nízké náročnosti celého procesu, a navíc i absence překopávání na rozdíl od běžného kompostování. V následujících kapitolách je charakterizován na základě experimentu vliv žížal na chování mikropolutantů v čistírenských kalech. Tato perspektivní technologie by mohla jednou napomoci řešení otázky, jakým způsobem s mikropolutanty v čistírenských kalech nakládat.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce je zjistit vliv žížal na změnu obsahů vybraných mikropolutantů během vermikompostování čistírenského kalu s přidavkem slaměných pelet.

Hypotézy:

1. Během vermikompostování dochází k průkaznému poklesu obsahu farmak a endokrinních disruptorů
2. Obsah farmak a endokrinních disruptorů během procesu je nepřímo úměrný zastoupení žížal
3. Ve změnách obsahů mezi jednotlivými mikropolutanty během procesu jsou rozdíly

3 Literární rešerše

3.1 Mikropolutanty, léčiva a prostředky osobní potřeby

PPCP neboli léčiva a prostředky osobní potřeby (z anglického Pharmaceuticals and Personal Care Products) nejčastěji rozdělujeme do 2 skupin. V první skupině kromě léčiv využívaných ve zdravotnictví řadíme dále i veterinární léčiva, analgetika, regulátory tuků, beta-blokátory, kontrastní látky využívané v radiologii a hormonální látky. Druhou skupinu tvoří látky osobní potřeby, do kterých můžeme zahrnout vůně, UV filtry využívané v opalovacích krémech, repelenty, surfaktanty a antiseptika. Jednotlivé skupiny a podskupiny s uvedenými sloučeninami jsou uvedeny v následující tabulce č. 1.

Tabulka 1 léčiva a prostředky osobní potřeby (PCPP) (Ellis 2006)

Skupina, podskupina PPCP	Sloučeniny
Léčiva	
Veterinární a humánní antibiotika	Trimethoprim, erythromycin, lincomycin, sulfamethoxazol, chloramfenikol, amoxicilin
Analgetika a protizánětlivé léky	Ibuprofen, diclofenac, fenoprofen, acetaminofen, naproxen, acetylsalicylová kyselina, fluoxetin, ketoprofen, Indometacin, paracetamol
Antidepresiva	Diazepam, karbamazepin, primidon, salbutamol
Regulátory tuků	Clobriřin, bezafibrát, fenofibrová kyselina, etofibrát, gemfibrozil
Beta-blokátory	Metoprolol, propranolol, timolol, sotalol, atenolol
Kontrastní média pro rentgeny	Iopromid, iopamidol, diatrizoát
Steroidy a hormony	Estradiol, estron, estriol, diethylstilbestrol
Prostředky osobní potřeby	
Vůně	Nitro, polycyklické a makrocyclické mošusy, ftaláty
UV filtry	Benzofenon, methylbenzyliden, camphor
Repelenty proti hmyzu	N, N-diethyltoluamid
Surfaktanty	Alkylbenzen sulfonáty, ethoxysulfáty, alkyl sulfáty
Antiseptika	Triclosan, triclocarban, hexachlorofen

Míra spotřeby léčiv a prostředků osobní potřeby se každoročně zvýší v průměru o 3 až 4 hmotnostních %. Například v Německu se ročně spotřebuje přibližně 140 000 tun šamponu a více než 600 tun antibiotik. Ve Francii, Itálii a Španělsku se pohybuje roční spotřeba antibiotik okolo 300 tun. V Británii je registrováno přes 3 000 přípravků s účinnou látkou paracetamolem s celkovou spotřebou 2 000 tun ročně. Kromě registrovaných látek se do odpadních vod dostávají také látky zakázané, které řadíme mezi PPCP. Jedná se primárně o návykové látky, narkotika a meziprodukty při jejich ilegální výrobě (Ellis 2006)

3.1.1 Léčiva a jejich běžní zástupci v odpadních a povrchových vodách

Léčivým přípravkem se dle zákona č. 387/2007 Sb. rozumí:

- „látko nebo kombinace látek prezentovaná s tím, že má léčebné nebo preventivní vlastnosti v případě onemocnění lidí nebo zvířat, nebo

- b) látka nebo kombinace látek, kterou lze použít u lidí nebo podat lidem, nebo použít u zvířat či podat zvířatům, a to buď za účelem obnovy, úpravy či ovlivnění fyziologických funkcí prostřednictvím farmakologického, imunologického nebo metabolického účinku, nebo za účelem stanovení lékařské diagnózy.“

Za léčivou látku považujeme jakoukoliv látku či směs látek primárně určených k použití při výrobě nebo přípravě výše zmíněného léčivého přípravku v případě, že se po použití při výrobě nebo přípravě stane právě účinnou složkou léčivého přípravku. Léčivá látka má za účel vyvolání účinku farmakologického, metabolického nebo imunologického s výsledkem ovlivnění fyziologických funkcí či případně ke stanovení lékařské diagnózy. Dle zákona o léčivech jsou za léčiva považovány léčivé látky a léčivé přípravky. V České republice je správním úřadem v oblastech léčiv Státní ústav pro kontrolu léčiv (SÚKL), který je podřízen Ministerstvu zdravotnictví (Zákon č. 387/2007 Sb.; SÚKL 2021).

Ke klasifikaci léčiv využíváme Anatomicko-terapeuticko-chemické skupiny (zkráceně ATC), které jsou definovány Světovou zdravotnickou organizací (WHO – World Health Organization). Princip klasifikace spočívá v kategorizaci do pěti úrovní dle charakteristiky léčivého přípravku. První úroveň se čtrnácti hlavními skupinami klasifikuje léčiva na základě místa účinku, tzv. anatomická úroveň. V druhé úrovni se léčiva klasifikují dle jejich užití. Třetí úroveň odpovídá farmakologickému hledisku, čtvrtá chemické struktury léčiv a v poslední páté úrovni charakterizuje vlastní léčivou látku (WHO 2021; SÚKL 2021).

Následující tabulka č. 2 shrnuje roční spotřebu léčiv v ČR za rok 2010 dle SÚKL. Již z prodaných objemů lze odhadovat významnou zátěž na odpadní vody, potažmo životní prostředí obecně, obzvláště co se týče skupiny analgetik (paracetamol, ibuprofen a kyseliny acetylsalicylové).

Tabulka 2 TOP 10 léčivých přípravků podle hlavních ATC skupin (na 7. míst) v počtech balení, upraveno (SÚKL 2010)¹

ATC	Název skupiny	Počet balení (mil.)	Počet DDD (mil.)	Ceny původce (mld.)
N02BE01	Paracetamol	12,467	22,223	0,174
M01AE01	Ibuprofen	9,503	112,888	0,417
B05BB01	Elektrolyty	8,920	0,000	0,234
N02BE51	Paracetamol, kombinace kromě psycholeptik	5,263	10,224	0,311
C10AA05	Atorvastatin	3,872	177,087	1,101
B01AC06	Kyselina acetylsalicylová	3,743	224,594	0,118
C09AA05	Ramipril	3,705	277,253	0,464
A10BA02	Metformin	3,368	84,332	0,342
A02BC01	Omeprazol	3,318	141,831	0,655
R01AA07	Xylometazolin	3,260	37,981	0,189

3.1.1.1 Veterinární a humánní antibiotika

Antibiotika jsou látky s inhibičními účinky na růst a množení mikroorganismů, a to zejména bakterií. Rozlišujeme bakteriostatický a bakteriocidní účinek. Tyto látky vznikají přirozeně jako evoluční adaptace bakterií (rod *Bacillus spp.*) a mikroskopických hub

¹ Cena původce – cena, za kterou je léčivý přípravek nebo potravina pro zvláštní lékařské účely (PZLÚ) dodávána původcem první osobě oprávněné léčivý přípravek nebo PZLÚ distribuovat nebo vydávat, bez obchodní přírážky a daně z přidané hodnoty, DDD – definovaná denní dávka

(*Penicillium*, *Cephalosporium* a *Actinomycetes*) na vnější prostředí. V léčivech se využívají i jejich syntetické deriváty (Votava 2005; Lincová & Farghali 2007).

Tetracyklinová antibiotika jsou jedna z nejvíce využívaných skupin ve veterinární a humánní léčbě, stejně tak využívaná i v zemědělství. Z environmentálního hlediska je věnována největší pozornost tetracyklinům vzhledem k jejich prokázaným významným negativním vlivům na životní prostředí včetně lidského zdraví. Při léčbě tetracyklinovými antibiotiky se více než 70 % vylučuje v aktivní formě pomocí moči a exkrementů lidí i zvířat. V prostředí vykazují značný hydrofilní charakter a nízkou těkavost, což vede k jejich nebyvalé perzistenci ve vodním prostředí. Rezidua těchto léčiv podporují vývoj mikroorganismů rezistentních na antibiotika, které mohou vyvolat nepříznivé účinky na lidské zdraví. Na základě výsledků nedávných studií tetracyklinových antibiotik v životním prostředí byla prokázána inhibice růstu některých suchozemských i vodních druhů. Kromě toho mohou zbytkové koncentrace tetracyklinových antibiotik působit jako endokrinní disruptory. Většina pozorování uvádí běžné čistírenské procesy pro eliminaci těchto látek jako neefektivní, proto se doporučuje využít alternativních procesů zejména formou úpravy biologické části čistírny odpadních vod (Xu et al. 2021).

S užíváním antibiotik se pojí významná problematika zabývající se rezistentností bakterií, což z dlouhodobého hlediska představuje zásadní problém vzhledem k absenci či neefektivnosti alternativních léčeb. Leart-Boron et al. v roce 2020 studovali vzorky polské řeky Bialka na obsah antibiotik, antimikrobiální rezistence a přítomnost β -laktamázy (nejběžnější mechanismus destrukce antibiotik bakteriemi) u *Escherichia coli*. Nejčastěji byla detekována antibiotika trimethoprim a ofloxacin. Výsledky ukázaly nejvyšší rezistenci *Escherichia coli* na antibiotikum ampicilin (64,5 % kmenů) a cefazolin (50 %). Nejvyšší procento rezistentních kmenů bylo nalezeno v blízkosti výpusti čistírny odpadních vod, což představuje významný kvalitativní problém této povrchové vody s možným dopadem na životní prostředí (Torok et al. 2009).

3.1.1.2 Analgetika a protizánětlivá léčiva

Analgetika jsou léčiva tlumící bolest, způsobují tzv. analgesii (bezbolestný stav). Tato léčiva lze rozdělit do dvou hlavních skupin, a to neopioidní analgetika (tlumící zároveň i záněty a blokují tvorbu prostaglandinů) a opioidní analgetika (působící na receptory v centrální nervové soustavě). Z hlediska problematiky těchto látek v odpadovém hospodářství, potažmo životním prostředí významnější skupinu tvoří neopioidní analgetika. Ta jsou na rozdíl od opioidních analgetik užívána ve vysoké míře.

Neopioidní analgetika působí především analgeticky, antipyreticky a částečně i antiflogisticky. Za nejprodávanější analgetikum a antipyretikum je považován paracetamol, a to zejména díky jeho vysoké bezpečnosti na organismus pacienta. Na rozdíl od ostatních analgetik je bezpečné jeho užití u těhotných a kojících žen včetně dětí. Další významnou látkou využívanou jako nesteroidní antirevmatikum s analgetickými, antipyretickými a protizánětlivými účinky je ibuprofen. Jeho předností je potlačení bolesti různých etiologií, ať už se jedná o bolest zánětlivou, migrenózní či viscerální (Lüllmann et al. 2004).

Spotřeba léčiv za rok 2010 znázorněná v tabulce č. 2 obsahuje zejména analgetika, jakožto nejpoužívanější léčiva. Nejprodávanějším analgetikem je paracetamol, kterého se

prodalo téměř 18 milionů kusů balení. Ibuprofenu 9,5 milionu a kyseliny acetylsalicylové 3,7 milionu (SÚKL 2010).

Ziylan & Ince zjišťovali v roce 2011 mimo jiné výskyt a osud analgetik v odpadních a povrchových vodách. Průměrné koncentrace analgetik a protizánětlivých léčiv (včetně jejich reziduí) na přítoku čistírny odpadních vod se mohou pohybovat od 200 do 600 µg/L, které lze běžnými čistírenskými procesy snížit na 25 až 35 µg/L. V povrchových vodách byly nalezeny tyto látky v koncentracích od 0,4 do 0,5 µg/L. Z dlouhodobého hlediska se může při expozici těmito látkami projevit chronická toxicita. Ta se může projevit u některých vodních organismů včetně nežádoucích účinků pro člověka.

3.1.1.3 Antidepresiva

Farmaka působící na příznaky depresivního syndromu se nazývají antidepresiva. Na základě mechanismů působení je dělíme do dvou skupin, a to na inhibitory vychytávání monoaminů (dříve označovány jako thymoleptika) a inhibitory aminooxidáz (dříve thymoeretika) (Lincová & Farghali 2007).

Hlavním vstupem těchto látek do životního prostředí je z metabolismu pacientů užívajících tato léčiva. Ta se vylučují ve větší míře v nezměněné podobě. Jejich množství však není oproti analgetikům a antibiotikům tak vysoké, nicméně jejich přítomnost v povrchových vodách je nežádoucí zejména kvůli ovlivňování endokrinního a nervového systému. Běžně detekovaná antidepresiva v odpadních a povrchových vodách jsou karbamazepin, diazepam, fluoxetin, lorazepam a paroxetin. Obecně jsou tyto látky považovány za velmi stabilní při procesu čištění na ČOV (čistírně odpadních vod) a často je potřeba využít pokročilejší technologie pro jejich spolehlivou degradaci (Heberer 2002; Ven et al. 2006). Například Ternes et al. zjistili míru odstranění diazepamu na běžné ČOV mezi 50 až 90 %, Radjenovic et al. uvádějí odstranění paroxetinu 89,7 % při použití membránového bioreaktoru (Aydin et al. 2017).

3.1.1.4 Steroidní hormony

Procesem steroidogeneze vznikají z cholesterolu steroidní hormony, které plní v organismu funkci jako chemického přenašeče. Vznikají v endokrinních žlázách a rozdělujeme je na testosteron (androgen), estrogen, kortizol, aldosteron, progesteron a kalcitriol (Matouš 2010).

Nejvýznamnějšími polutanty odpadních i povrchových vod z této skupiny jsou estron (E1) a 17-beta-estradiol (E2). V menších množstvích lze však také nalézt ve vodách i estriol (E3) a 17-alfa-ethinylestradiol (E4). Kvůli svým negativním účinkům se zařazují jako hlavní látky skupiny endokrinních disruptorů (kap. 3.1.2.). Odstraňování těchto sloučenin z odpadních vod lze do určité míry uskutečňovat v biologickém bloku ČOV. Nicméně mohou zde při tomto procesu setrvat stále škodlivé meziprodukty. Za jednu z nejúčinnějších metod odstraňování hormonů bez generování vedlejších a škodlivých produktů je považován ultrazvuk (zvukové vlny s vyšší frekvencí než 20 kHz) (Musielak et al. 2016; Moreira et al. 2017; Roudbari & Rezakazemi 2018).

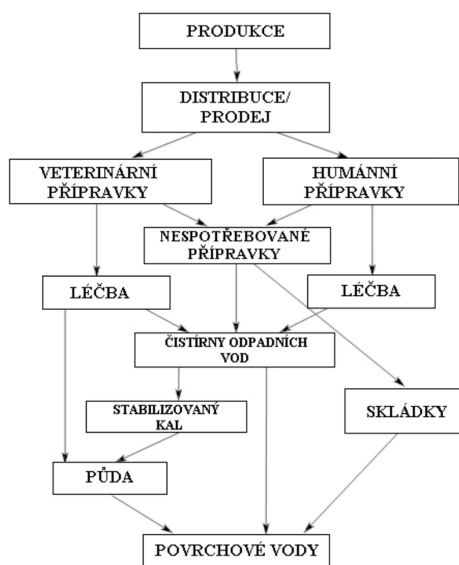
3.1.2 Endokrinní disruptory

Speciální podskupinou látek s významným negativním dopadem na životní prostředí je skupina nazývaná jako endokrinní disruptory (z anglického Endocrine Disrupting Compounds). Tyto látky bývají obzvláště nebezpečné, neboť mohou narušit činnost organismu napadnutím žláz produkujících hormony, nebo samy mohou vykazovat hormonální povahu. Nejvýznamnější látky této skupiny jsou estrogény, případně sloučeniny s estrogení aktivitou. Dále jsou do této skupiny řazeny například i bisfenol, genistein, estradiol, estriol, estron a daidzein. Tyto látky se dostávají do odpadních vod a životního prostředí primárně z používání hormonálních antikoncepcí. Další skupinou látek považovanou za endokrinní disruptory jsou kontrastní látky využívané při rentgenových vyšetřeních (Morteani et al. 2006; Kotyza et al. 2009).

3.1.3 Různorodost cest léčiv do životního prostředí

Léčiva a jejich metabolity jsou velmi specifické polutanty životního prostředí. Primárním zdrojem těchto polutantů jsou lidé a zvířata užívající tyto léky za účelem specifického farmakologického účinku. Léčiva se přitom často vylučují v nezměněné podobě, případně ve formě jejich metabolitů prostřednictvím moči a exkrementů. Ve formě odpadních vod u humánních přípravků odcházejí do čistírny odpadních vod. Tyto mikropolutanty jsou však poměrně „novodobým“ problémem a jejich odstranění v těchto systémech neprobíhá s uspokojivou účinností. Zbytkové koncentrace těchto látek tak opouští čistírnu odpadních vod a mohou představovat závažný problém pro životní prostředí. Dalším problémem pojícím se s vypouštěním reziduí léčiv do recipientu je také riziko spojené s kontaminací zdrojů pitných vod.

Druhou alternativní cestou léčiv do životního prostředí je přes čistírenské kaly, které se mohou používat jako hnojivo na zemědělské půdě. Stejně tak i v této variantě je riziko průniku těchto mikropolutantů do potravinového řetězce vysoké. Dalším zdrojem léčiv jako xenobiotik v životním prostředí je neodborné nakládání s prošlými léčivy, které se dostávají do odpadních vod spláchnutím nebo do povrchových vod z průsakových vod skládek komunálních odpadů (Bindzar et al. 2009; Kotyza et al. 2009; Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech 2020).



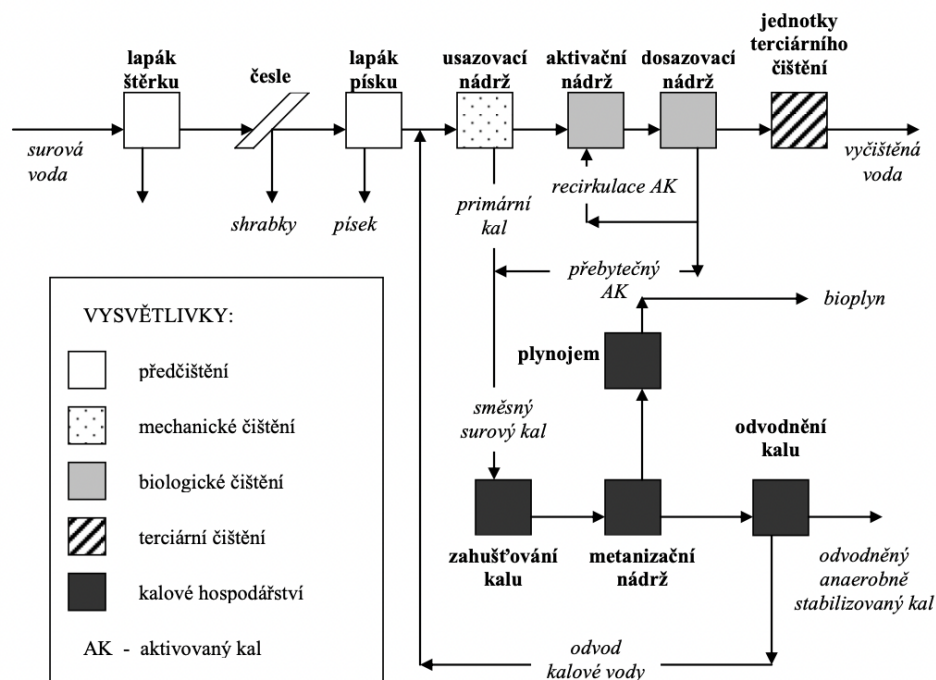
Obrázek 1 - tok léčiv a jejich metabolitů do životního prostředí (Kotyza et al. 2009)

3.2 Čistírny odpadních vod

V ČR se nachází 2 731 čistíren odpadních vod s celkovou kapacitou více než 4 miliony m³ za den. Ročně tyto čistírny zpracují a vyčistí téměř 800 milionů m³ odpadních vod, z toho více než 300 milionů m³ (39 %) jsou splaškové vody z domácností. Tyto vody jsou charakteristické mimo jiné i vysokým obsahem reziduí léčiv a prostředků osobní potřeby kvůli jejich vysokému užívání. Obsahy těchto látek v průmyslových vodách jsou relativně nízké vzhledem k dobrému předčištění v jednotlivých průmyslových odvětvích, kde k jejich produkci dochází. Poměrně nebezpečný je obsah reziduí léčiv a prostředků osobní potřeby v průsakových vodách skládek komunálních odpadů. Ačkoliv dle platného odpadového legislativního rámce (zejména zákon č. 541/2020 Sb) je ukládání nespotřebovaných léčiv na skládky zakázán, stále je jejich obsah ve výluhu významný (Bindzar et al. 2009; Český Statistický Úřad 2020; Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech 2020).

Proces čištění odpadních vod na mechanicko-biologických čistírnách odpadních vod lze charakterizovat jako sled mechanických, fyzikálních, chemických a biochemických procesů. Samotné technologie čištění vychází z analogie principu samočištění uskutečňované v přírodních tocích. Nerozpuštěné makroskopické znečišťující látky se zachytávají a ulpívají na překážkách, kde dochází k jejich následné degradaci za působení mikroorganismů. Ostatní nerozpuštěné látky přirozeně sedimentují ke dnu, kde se bez přístupu kyslíku anaerobně rozkládají. Anorganické látky pouze sedimentují a jsou součástí vodního dna nádrží a vodních toků.

Rozpuštěné mikroskopické organické látky jsou principiálně složitěji odstranitelné. Degradace těchto látek dosáhneme za pomoci mikroorganismů schopných využívat tyto látky jako potravu. Mikroorganismy toto znečištění transformují nejenom jako zdroj energie, ale i jako stavební materiál své biomasy. Při nastavování procesů čištění odpadních vod musíme vycházet z potřeby jednotlivých společenstev mikroorganismů. Základním rozdělením mikroorganismů v procesu biochemického čištění odpadních vod je z hlediska vztahu ke kyslíku O₂, a to na aerobní a anaerobní. Některé specifické látky k jejich úplnému odstranění z čištěné vody vyžadují střídavé aerobní a anaerobní podmínky. Například amoniakální dusík je schopen se v aerobním prostředí oxidovat nitrifikačními bakteriemi za vzniku dusitanů a dusičnanů. Následná redukce na plynný dusík N₂ však probíhá jinými společenstvy mikroorganismů za anaerobních podmínek.



Obrázek 2 - základní schéma mechanicko-biologické ČOV (Švehla et al. 2007)

Obrázek číslo 2 znázorňuje zjednodušené schéma mechanicko-biologické čistírny odpadních vod. Surová voda z kanalizačního systému vstupuje do tzv. ochranné části čistírny, kde dochází k jejímu předčištění. V zařízeních jako jsou lapák štěrku, česle a lapák písku dochází k odstranění nejhrubších nerozpuštěných znečištění. Primární čištění je založeno na sedimentaci v usazovací nádrži, odkud se odvádí primární kal do kalového hospodářství. V následující sekci čistírny se odstraňují zejména rozpuštěné znečišťující látky v aktivně aerované aktivační nádrži, kde mikroorganismy spotřebovávají při procesu oxidace kyslík. Dochází zde k vysokému nárůstu biomasy mikroorganismů, kterou je potřeba od čišťené vody oddělit. K tomu slouží dosazovací nádrž, odkud odchází aktivovaný kal částečně zpět do aktivační nádrže a slouží jako inokulum. Přebytkový aktivovaný kal podobně jako primární kal vstupuje do kalového hospodářství. Vyčištěná voda dle velikosti čistírny (parametrem je EO – ekvivalentní obyvatel) a technologie může být dále zpracovávána v terciální jednotce čištění, kde je velice často čištěna od rozpuštěného dusíku a fosforu. Zejména tyto dva parametry významně ovlivňují eutrofizaci povrchových vod (Pošta et al. 2005; Švehla et al. 2007; Bindzar et al. 2009).

3.3 Čistírenské kaly

Čistírenský kal je možné definovat jako suspenzi pevných látek ve vodě. Jeho povaha závisí na typu čišťené vody a na technologii použité při čištění odpadní vody.

Zpracování čistírenských kalů závisí vždy na jejich konečném využití, důležitou vlastností pro jejich možné využití je stupeň stabilizace kalu. Jedná se o způsob úpravy kalu, při kterém se snižuje množství biologicky rozložitelných látek. Pokud je čistírenský kal stabilní, předpokládá se minimální (či žádný) samovolný biologický rozklad tohoto materiálu.

Kromě fyzikálních a chemických vlastností jako je například obsah sušiny, hustota, pH, či obsahy mikro a makroživin, jsou také velmi důležité biologické parametry kalu. Kromě biologické stability se dále měří obsahy patogenů (hygienické vlastnosti kalu) (Bindzar et al. 2009; Černý et al. 2019)

3.3.1 Zpracování kalů před jejich výstupem z technologie čištění

Nejčastějším zpracováním čistírenských kalů před jejich trvalým odstraněním je jejich anaerobní stabilizace. Kromě snížení reaktivity organického materiálu má tato metoda ještě další významnou vlastnost, a to vznik energeticky bohatého bioplynu. Jeho využíváním (např. spalováním, kogenerací) můžeme energeticky pokrýt i část provozu čistírny. Ať už se jedná o zahřívání metanizačních nádrží, či zvýšení elektrické soběstačnosti provozu při kogeneracích.

Takto stabilizovaný kal je již pro čistírnu nevyužitelný a snahou při zpracování kalů před opuštěním čistírny je minimalizovat jeho obsah vody. Respektive zvýšit obsah sušiny na maximální úroveň. Tím snižujeme jeho objem a využití je poté ekonomicky výhodnější. Legislativní rámec využití čistírenských kalů s novými novelizacemi legislativy zpřisňuje možnosti využívání kalů z důvodu lepší ochrany životního prostředí (Bindzar et al. 2009; Černý et al. 2019; Ministerstvo životního prostředí 2020).

3.3.2 Složení a rizika čistírenských kalů

Složení kalů z čistíren odpadních vod vzhledem k jejich vysoké heterogenitě je poměrně rozmanité. Průměrné složení z hlediska organické a anorganické složky jsou uvedeny v následující tabulce č. 3. Je zde patrný trend snížení organické hmoty při procesu stabilizace kalu. Tento jev je zapříčiněn přeměnou snadno biologicky rozložitelných na bioplyn v anaerobních podmínkách (případně v aerobních na CO₂ při procesu kompostování) (Mata-Alvarez et al. 2000; Černý et al. 2019).

Tabulka 3 - průměrné složení čistírenských kalů (Mata-Alvarez et al. 2000)

	Primární kal [%]	Sekundární kal [%]	Stabilizovaný, odvodněný kal [%]
Organický podíl	47-70	63-82	34-62
Anorganický podíl	30-53	18-37	36-66
Obsah vody	88-89	95-98	64-83

Z hlediska živinného složení lze tyto kaly charakterizovat hodnotami v tabulce č. 4. pH je dále udáváno v průměru 7,1. Tyto parametry jsou z pohledu využitelnosti kalů na zemědělské půdě příznivé i z důvodu dobré přístupnosti pro rostliny vzhledem k minerální formě těchto živin (například dusík v amonné formě, fosfor ve formě dihydrogenfosforečnanu, síra v síranové podobě) (Černý et al. 2019).

Tabulka 4 - nejčastěji uváděné hodnoty obsahu živin a organických látek v sušině čistírenských kalů (Černý et al. 2014)

Živina	Rozsah [%]	Průměr [%]	Živina	Rozsah [mg/kg]	Průměr [mg/kg]
N	2,2-4,8	3,2	Zn	135-1819	795
P	0,8-2,5	1,9	Cu	205-1347	486
K	0,2-0,6	0,4	Mn	187-558	270
Mg	0,4-2,3	0,9	B	24-71	48
S	0,3-2,3	0,9	Mo	3-13	6
OL	33-57	47			

Z povahy těchto materiálů s ohlednutím na původ vzniku vyplývá možné nežádoucí riziko při nakládání s kaly. Zdravotní riziko vyplývá z možného obsahu toxických látek, patogenních mikroorganismů a dalších mikropolutantů jako jsou endokrinní disruptory, léčiva a další PPCP včetně mikroplastů (blíže charakterizováno v kapitole 3.4.1). Dle zákona o odpadech lze charakterizovat tyto nebezpečné vlastnosti: infekčnost (HP 9), ekotoxicita (HP 14) a schopnost materiálu uvolňovat nebezpečné látky do životního prostředí při odstraňování (HP 13). Infekčnost souvisí s vysokými hodnotami nebezpečných mikroorganismů včetně nižších živočichů. Riziko je spojeno i z produkovaných toxinů těchto organismů. Ekotoxikologické riziko je spojeno s bezprostředním nebo pozdějším negativním vlivem na jednu nebo více složek životního prostředí. Poslední riziko (HP 13) spočívá zejména v produkci plyných složek při procesu stabilizace kalu (Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech 2020; MŽP 2021).

3.3.3 Nakládání s čistírenskými kaly v ČR

Legislativně je nakládání s kaly v ČR regulováno zejména těmito právními předpisy:

- Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech
- Zákon č. 61/2017 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)
- Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška č. 237/2017 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva
- Vyhláška č. 377/2013 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv

Způsob nakládání s kaly v České republice je uveden v tabulce č. 5. Z hlediska jejich využití dominují zejména metody přímé aplikace a rekultivace s kompostováním. Dále se tyto materiály skládají či spalují, případně původce zvolí jiný způsob. Tento jiný způsob většinou charakterizuje uložení kalů na skládku ve smyslu technického zabezpečení skládky (Wanner 2019).

Tabulka 5 - způsob nakládání s kaly v ČR v letech 2009 až 2018 v procentech (Wanner 2019)

Rok	Množství sušiny kalů [t]	Přímá aplikace a rekultivace [%]	Kompostování [%]	Skládkování [%]	Spalování [%]	Jiný způsob [%]
2009	168 164	25,24	48,00	3,53	1,30	21,93
2010	170 689	35,53	26,67	3,62	1,95	32,23
2011	163 818	37,69	28,07	5,82	2,16	26,26
2012	168 190	30,87	31,64	5,55	2,10	29,84
2013	154 274	35,46	32,66	4,62	2,09	25,16
2014	159 162	30,05	38,02	3,29	2,14	26,50
2015	172 997	36,45	38,77	3,76	1,25	19,76
2016	173 709	36,01	37,51	5,86	2,77	17,84
2017	178 077	42,37	34,22	6,63	2,66	14,12
2018	202 358	43,92	31,88	8,76	9,61	5,83

Skládkování či jiné využití kalů ve smyslu uložení kalů jako technické zabezpečení skládky je z hlediska současné odpadové politiky EU a ČR nežádoucí. Skládkování recyklovatelných odpadů by mělo být do roku 2025 omezeno a od roku 2030 by měly všechny členské státy EU tento způsob odstraňování odpadů opustit. Provozovatelé ČOV nebudou již tento způsob odstranění kalů do budoucna aplikovat (Wanner 2019).

Za vhodnou alternativu skládkování je považována přímá aplikace na půdu a rekultivace. Konkrétně tato aplikace byla dříve upravena (nad rámec zákona o odpadech) vyhláškou Ministerstva životního prostředí č. 437/2016 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě. Vyhláška od roku 2016 výrazně zpřísnovala možné využití kalů v zemědělství. Nicméně tato vyhláška byla k 1.1.2021 zrušena a kompletně nahrazena novým zákonem o odpadech č. 541/2020 sb. a zejména vyhláškou č. 273/2021. Na zemědělskou půdu je možné aplikovat pouze upravený kal, který splňuje podmínky dané tímto zákonem a vyhláškou. Stěžejními parametry jsou mikrobiologická kritéria a hodnoty koncentrací rizikových látek a prvků (viz tabulka 6). Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech aplikovaných na půdu v tabulce 6 upravují z rizikových látek pouze halogenované organické sloučeniny (AOX), polychlorované bifenylly (PCB) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Nijak však neupravuje použití kalů s obsahy léčiv a prostředků osobní potřeby (PPCP). Dále je také stanovena i lhůta 48 hodin, do kdy musí být tento materiál zapraven do půdy. Potřeba dodání živin do půdy musí být podložena agrochemickými rozbořem této půdy. Maximální aplikační dávka kalů nesmí překročit více než 5 tun sušiny kalů na jeden hektar v průběhu 3 po sobě následujících let. Tato hodnota může být až 10 tun sušiny kalů, ale pouze v případě, že kaly obsahují méně než polovinu limitního množství každé ze sledovaných rizikových látek a prvků (Vyhláška č. 273/2021 Sb., Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech 2020).

Tabulka 6 - příloha č. 38 k vyhlášce č 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady – mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě

Riziková látka	Mezní (maximální) hodnoty koncentrací v kalech (mg.kg ⁻¹ sušiny)
As - arzén	30
Cd - kadmium	5
Cr - chrom	200
Cu - měď	500
Hg - rtuť	4
Ni - nikl	100
Pb - olovo	200
Zn - zinek	2500
AOX	500
PCB (suma 7 kongenerů -28+52+101+118+138+153+180)	0,6
PAU (suma antracenu, benzo(a) antracenu, benzo(b) fluoranthenu, benzo(k) fluoranthenu, benzo(a) pyrenu, benzo(ghi) perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3 -cd)pyrenu,naftalenu a pyrenu)	10

Dalším významným využitím kalů je kompostování. Tento proces je regulován vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 237/2017 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva. Tato vyhláška po novelizaci v roce 2017 přináší zpřísnění zejména v mikrobiologických požadavcích na organická hnojiva a substráty, při jejichž výrobě se použily odpady z procesu čištění odpadních vod (např. kaly). Tento fakt vedl z hlediska provozovatelů ČOV k nemožnosti spolupracovat s lokálními kompostárnami.

Termické zpracování kalů je jednou z možných alternativ nakládání s kaly, ať už se jedná o spalování, nebo pyrolýzu. Tyto metody však momentálně nejsou příliš rozšířené kvůli energetické náročnosti celého procesu. V laboratorních podmínkách však při dobré účinnosti odvodnění kalů tyto technologie vykazují zajímavý potenciál (Wanner 2019).

3.4 Léčiva a látky osobní potřeby a jejich míra odstranění v ČOV

Ročně se v ČR spotřebuje téměř 300 milionů balení léčiv. Jak již bylo nastíněno v předchozích kapitolách, v závislosti na typu léčiva se až 95 % podaného množství může v nemetabolizované formě vyloučit močí a stolicí, kdy se tyto látky dostávají do čistíren odpadních vod. Pro většinu léčiv se jeví standardní čištění na mechanicko-biologických čistírnách jako nedostatečné vzhledem k zachytitelným množstvím těchto látek na výstupu z ČOV (Zuccato et al. 2000; Calamari et al. 2003; Castiglioni et al. 2006; SÚKL 2020).

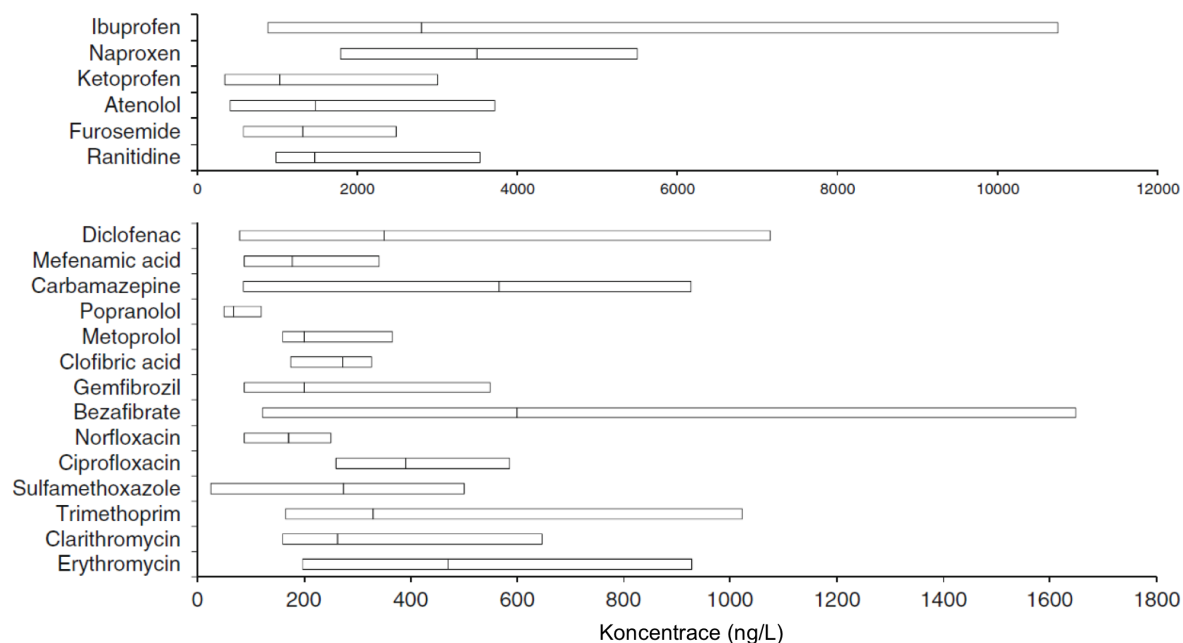
V roce 2006 Castiglioni et al. sledovali míru odstraňování léčiv v 6 mechanicko-biologických ČOV s celkovým počtem 2 830 220 EO a objemovým průtokem 369 700 m³ za den. Výsledky tohoto pozorování jsou uvedeny v tabulce č. 7. U vybraných léčiv byly stanoveny koncentrace na vstupu (v mg.den⁻¹.1000 EO⁻¹), výstupu a v povrchové vodě. Znepokojivé mohou být vypouštěné koncentrace těchto látek na výstupu z čistírny. Celkové množství těchto látek ze sledovaných ČOV činilo 60–180 kg za den. V tomto výzkumu byly také sledovány rozdíly v zimním a letním období, kde například u ibuprofenu rozdíl činil 84 %. V zimním období jeho množství činilo v přepočtu na 1000 EO 122 mg.den⁻¹, zatímco v létě pouze 20 mg.den⁻¹.

Tabulka 7 - míra odstranění vybraných léčiv na mechanicko-biologických ČOV v Itálii, upraveno (Castiglioni et al. 2006)

Léčiva	Množství na přítoku (mg/den/1000 EO)	Míra odstranění (%)	Množství na odtoku (mg/den/1000 EO)	Snížení koncentrace v toku po 1 km (%)	Množství v povrchové vodě (mg/den/1000 EO)
atenolol	494	21	281	28	257
ofloxacin	360	57	233	27	94
hydrochlorothiazide	354	44	415	64	197
furosemide	277	15	195	27	66
ciprofloxacin	259	63	97	5	224
ranitidine	188	72	96	17	33
ibuprofen	122	55	28	21	35
sulfamethoxazole	65	24	10	3	122
bezafibrate	50	30	29	34	38
enalapril	31	69	1,2	22	6
clarithromycin	21	0	55	41	66
carbamazepine	12	0	28	22	28
erythromycin	5	0	5	35	3
spiramycin	5	0	35	46	30
salbutamol	4	0	4	27	2
lincomycin	3	0	5	18	4

3.4.1 Koncentrace PPCP při procesu čištění na ČOV

Guasch et al. v roce 2012 shrnuli výsledky pozorování koncentrace léčiv a látek osobní potřeby v procesu čištění odpadních vod v zemích po celém světě (Rakousko, Kanada, Anglie, Německo, Řecko, Španělsko, Švýcarsko, USA a několik dalších). V surových odpadních vodách bylo detekováno více než 150 druhů léčiv náležících do různých terapeutických skupin v koncentracích dosahujících až v řádech mg/L. Jejich výskyt v prostředí byl ovlivněn velikostí výroby (u průmyslových odpadních vod), dávkováním, frekvencí užívání, metabolismem, perzistencí látek v životním prostředí a v neposlední řadě účinností odstraňování těchto látek v čistírnách odpadních vod. Na obrázku č. 3 jsou znázorněny koncentrace nejčastěji detekovaných látek v surové odpadní vodě na přítoku do ČOV.

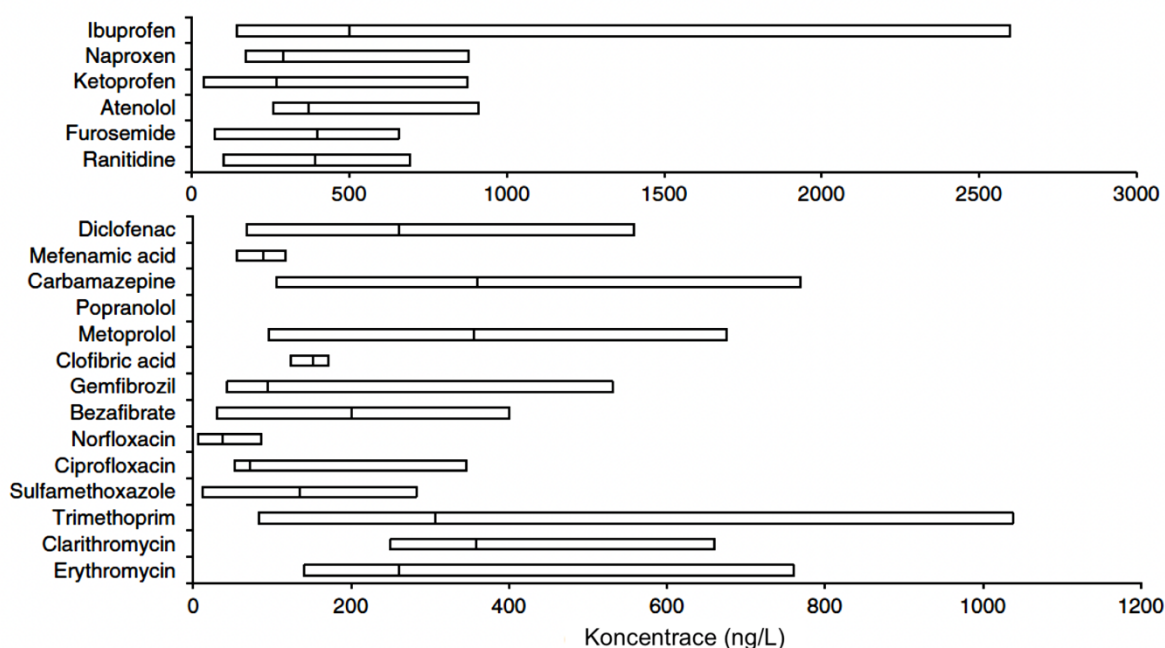


Obrázek 3 – koncentrace (ng/L) 20 typických zástupců látek PPCP na vstupu do ČOV (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012)

NSAID – nesteroidní antiflogistika (z anglického – NonSteroidal Anti-Inflammatory Drug) jsou nejpoužívanější skupinou léků k léčbě akutních bolestí a zánětů. Patří mezi nejčastěji detekovaná léčiva na vstupu do ČOV, jmenovitě se jedná o ibuprofen, diklofenak,

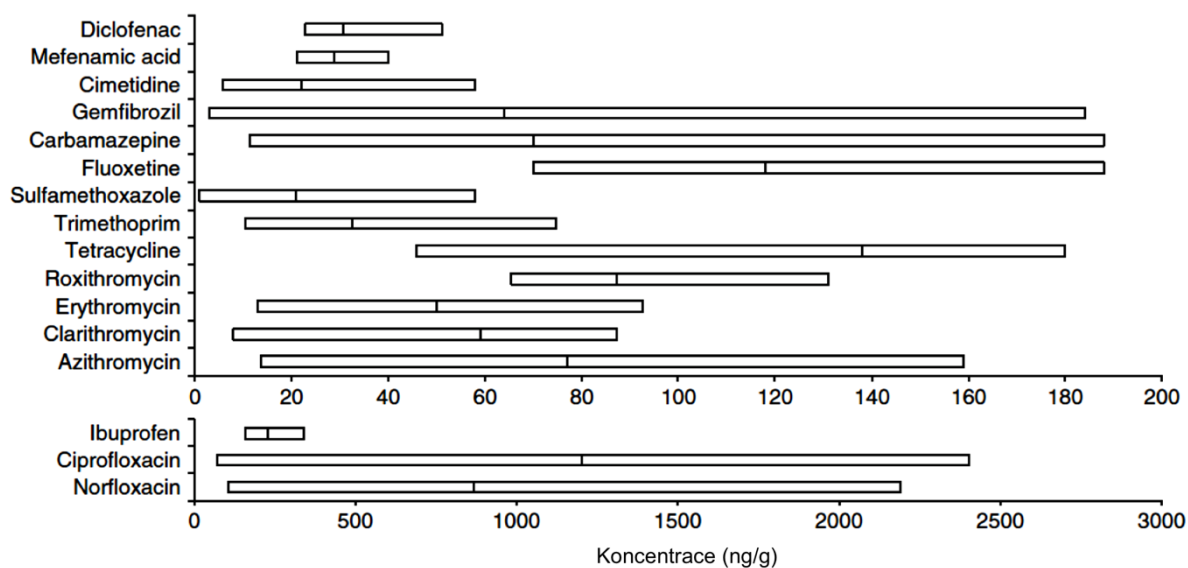
naproxen, ketoprofen a kyselinu mefenamovou. Jejich podání bývá nejčastěji perorální (ale lze je aplikovat i lokálně) a jsou k dispozici ve většině případů bez lékařského předpisu čili volně prodejné. Na vstupu do ČOV detekujeme velmi vysoké koncentrace těchto látek vzhledem k jejich vysoké spotřebě. Látky obvykle detekované v nejvyšších koncentracích v surové odpadní vodě jsou ibuprofen, naproxen a ketoprofen, a to v koncentracích v rozmezí několika mg/L (Migege et al. 2009; Guasch et al. 2012).

Na obrázku č. 4 jsou znázorněny koncentrace těchto 20 látek ve vyčištěné odpadní vodě po procesu čištění v objektech ČOV. Nejvyšší koncentrace v těchto vodách vykazuje analgetikum ibuprofen, které v 75. percentilu dosahuje koncentrací přes 2500 mg/L s mediánem okolo 500 mg/L.



Obrázek 4 – koncentrace (ng/L) 20 typických zástupců látek PPCP na výstupu z ČOV (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012)

Koncentrace sledovaných mikropolutantů při procesu čištění se i částečně odstraňují z čištěné vody kvůli odvádění primárního a sekundárního kalu. Koncentrace léčiv a látek osobní potřeby v čistírenských kalech (v ng/g) jsou uvedeny v obrázku č. 5. Takto vysoké hodnoty koncentrací představují poměrně značnou překážku pro bezproblémové využití těchto kalů například při aplikaci na zemědělskou plochu.



Obrázek 5 – koncentrace (ng/g) 20 typických zástupců látek PPCP v čistírenských kalech (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012)

3.4.2 Mechanismus odstranění mikropolutantů z odpadních vod

Principy odstraňování mikropolutantů jsou v zásadě velmi podobné odstraňování organického znečištění. Rozlišujeme odstraňování polutantu formou sorpčních procesů a degradací (biotických či abiotických). Mezi běžně uplatňované mechanismy v systémech čistíren odpadních vod řadíme fotodegradaci, sorpci a biodegradaci. Z hlediska účinnosti tyto první tři metody se dle mnoha autorů jeví jako neuspokojivé. Vzhledem k tomu se využívá (často zatím jen experimentálně) alternativních postupů. Zejména se jedná o chemickou oxidaci, membránové metody a fytoremediaci (Kotýza et al. 2009).

Fotodegradační mechanismus

Fotochemická degradace je považována mnoha autory za hlavní mechanismus samovolného rozpadu a degradace léčiv v povrchových vodách. U tohoto typu degradace dále rozlišujeme mechanismus na radikálový rozpad a přímou fotolýzu (Doll & Frimmel 2003; Kotýza et al. 2009).

U radikálového rozpadu se mikropolutant rozpadá na základě účinku silného oxidačního činidla, které může být samotný kyslík O_2 , hydroxyl ($\cdot OH$) či alkylperoxyl ($RO_2\cdot$). Tato cesta rozkladu byla ověřena na několika sloučeninách, nicméně celý mechanismus není zcela ověřen pro všechny typy léčiv a endokrinních disruptorů (Andreozzi et al. 2003; Lam & Mabury 2005; Kotýza et al. 2009).

Princip přímé fotolýzy je založen na adsorpci fotonů slunečního záření na samotné molekule mikropolutantu. Tato adsorpce způsobuje její rozpad na jednodušší látky. Adsorpční spektrum molekuly znečišťující látky rozhoduje o samotné účinnosti celého procesu stejně tak, jako intenzita slunečního záření. Intenzita záření je především závislá na oblačnosti a ročním období. Dalším faktorem účinnosti je také hloubka molekuly mikropolutantu od hladiny a míra znečištění samotné čištěné vody, protože dochází k adsorpci nejenom samotného léčiva, ale všech dalších rozpuštěných a nerozpuštěných polutantů. Obecně lze tedy říct, že rychlost a

účinnost degradace ve větších hloubkách se významně snižuje (Tixier et al. 2003; Kotyza et al. 2009).

Sorpce

Většina čistíren odpadních vod provozovaných v Evropě využívá tohoto procesu jako základní mechanismus u degradace mikropolutantů. Jinak tomu je u vod povrchových, kde zejména převládá fotodegradace. Sorpce se dá považovat za analogii fotolýzy, kde místo adsorpce fotonu molekulou polutantu je adsorbován (i absorbován) polutant do aktivního kalu. Samotný proces sorpce je uskutečňován na základě hydrofobní interakce aromatických a alifatických mikropolutantů s lipofilními látkami se kterými jsou v bezprostředním styku. Tyto lipofilní látky se mohou nacházet u membrány mikroorganismů či přímo v částicích kalu. Xenobiotikum (v tomto případě například léčiva a látky osobní potřeby) vykazuje pozitivní náboj na rozdíl od záporně nabitého povrchu biomasy, což umožňuje adsorpci působením elektrostatických sil mezi odlišně nabitými částicemi, které se přirozeně přitahují (Schwarzenbach et al. 2003; Larsen et al. 2004; Kotyza et al. 2009).

Biodegradace

Biodegradaci označujeme proces rozkladu za pomoci biologické aktivity. V případě mikropolutantů v čistírnách odpadních vod jde o rozklad uskutečňovaný mikroorganismy z biologické (sekundární) části čistírny. Xenobiotikum se může činností mikroorganismů zcela rozložit, nebo alespoň degradovat na méně komplexní sloučeniny (Kotyza et al. 2009).

Všeobecně je známo, že většina degradačních procesů, u kterých probíhá odstraňování mikropolutantů je aerobních. Ovšem některé specifické sloučeniny se uspokojivě biodegradují pouze za anoxických podmínek, jako například antibiotika roxithromycin, klarithromycin a klindamycin. Dalším výrazným faktorem je i teplota, která souvisí s ročním obdobím. V letních měsících je účinnost degradace podstatně vyšší (Sui et al. 2015).

Chemická oxidace

Jedna z možností odstranění mikropolutantů z odpadních vod je i chemická oxidace. Jedná se o proces, kdy xenobiotikum chemicky reaguje s oxidačním činidlem (např. ozon O_3), které přijímá od ostatních látek elektrony, čímž se redukuje. V procesech zaměřených na degradaci léčiv se jeví jako perspektivní metoda ozonizace. Na základě výzkumu Andreozii et al. bylo dokázáno, že lze zcela degradovat například paracetamol při koncentraci 5 mmol/L po 20 minutách na CO_2 a jednoduché dikarboxylové kyseliny. Podobná úspěšnost u odstraňování této účinné látky vykazovaly systémy při využití kombinace H_2O_2 a UV. Další studie poukazují mimo jiné i na předpoklad snížené biologické aktivity degradačních produktů vzniklé při využití těchto chemicko-fyzikálních metod (Andreozzi et al. 2003; Ternes et al. 2003; Kotyza et al. 2009).

Membránové metody

Principy čištění odpadních vod na základě membránových metod se řadí mezi velmi perspektivní a progresivní technologie. Výsledky studující vliv zejména nanofiltrace a reverzní osmózy na odstranění xenobiotik jsou velmi příznivé, nicméně tyto technologie se primárně

využívají při čištění vod pitných. Jejich provozní náklady se odhadují zhruba na 0,2 eur/m³ odpadní vody (Bruggen et al. 2001; Kotyza et al. 2009).

Fytoremediace

Dalším alternativním mechanismem odstranění mikropolutantů z čištěné odpadní vody je využití rostlin a fytoremediace – využití kořenových čistíren odpadních vod (např. jako terciální čištění). U těchto metod dochází v oblasti kořenů k precipitaci kontaminantu v blízkosti kořenů nebo přímo k absorpci v kořenech. Účinnost těchto technologií byla prokázána například u antibiotik s rostlinami *Myriophyllum aquaticum* či *Pistia stratiotes* (Gujarathi et al. 2005; Soudek et al. 2008; Kotyza et al. 2009).

3.4.3 Čistírenské technologie zaměřené na eliminaci mikropolutantů

Technologicky nejsnadnější metodou pro maximalizaci eliminace mikropolutantů je samotné zaměření na zlepšení procesu sekundárního čištění v biologické fázi. Právě tato část ČOV je zodpovědná za největší míru degradace komplexních látek a znečištění. Zároveň se jedná o nejčastější technologii využívanou při čištění odpadních vod, proto je ekonomicky výhodné správně nastavit procesy uvnitř tohoto systému. Ačkoliv sekundární (biologické) čištění odpadních vod je schopné odbourávat léčiva a prostředky osobní potřeby, výsledný efekt však nemusí být vždy dostačující. Míra degradability PPCP je přímo závislá na době zdržení v aktivačním procesu a stáří aktivovaného kalu. Význam eliminace PPCP v primární mechanické části čistírny je možné považovat za zanedbatelný (Castiglioni et al. 2006; Váňa et al. 2010).

S rostoucí dobou zdržení a stáří aktivovaného kalu se zvyšuje míra degradace PPCP. Delší reakční doba umožňuje nejenom mikroorganismům lépe a kvalitněji provádět jednotlivé degradační procesy, ale také zlepšuje jejich adaptaci na dané prostředí. Významná je rovněž i diverzita jednotlivých společenstev, která se může při delších reakčních dobách zvyšovat. U většiny farmak při standardní době zdržení aktivovaného kalu 15-20 dní se uvádí účinnost okolo 90 %, ovšem s výjimkou určitých specifických látek jako je karbamazepin, kyselina klofibrová a diklofenak.

Čištění odpadních vod v membránových technologiích je charakteristické mimo jiné i poměrně vysokým udržováním stáří kalu. Tomu odpovídá i statistické navýšení účinnosti degradace léčiv oproti standardnímu biologickému čištění (Clara et al. 2004; Strenn et al. 2004; Lishman et al. 2006; Váňa et al. 2010).

V případě nedostatečné eliminace PPCP v biologické fázi je doporučováno zařazení speciálních terciálních dočišťovacích technologií ke snížení zbytkových koncentrací. Nevýhodou využívání těchto technologií je jejich vysoká pořizovací i provozní cena, což ekonomicky výrazně prodražuje chod čistírny. Jako perspektivní technologie pro odbourávání léčiv se považuje flokulace, ozonizace, membránová filtrace, adsorpce na aktivní uhlí, fotokatalýza a speciální oxidace (Metcalf et al. 2003; Castiglioni et al. 2006).

3.5 Vermikompostování

Vermikompostováním se označuje proces, při kterém se využívá žížal pro rozklad biologicky rozložitelné organické hmoty (Dominquez 2004). Jedná se o netermofilní biodegradaci za společného působení žížal a mikroorganismů (Suthar 2009). Rozkládání organické hmoty začíná v žaludku žížaly a poté dále pokračuje do trávícího systému, kde je pomocí mikroorganismů a enzymů štěpena na jednodušší látky. Přidaná hodnota žížal oproti klasickému kompostování je také zvýšení povrchu organických látek, což zlepšuje mikrobiální aktivitu a urychluje celý proces. Výsledný produkt označovaný jako vermikompost je ceněným agronomickým produktem vzhledem k vysokému obsahu živin a stabilní organické hmotě. Jeho použití bývá nejčastěji jako organické hnojivo (Yadav & Garg 2019). Kromě primárního rozkladu organické hmoty je vermikompostování také ceněno díky poměrně efektivnímu odstranění znečišťujících látek, ať už se jedná o alifatické uhlovodíky, endokrinní disruptory, farmaka, polycyklické aromáty aj. Pokud se jedná o cílené odstranění nebo degradaci znečišťujících látek, jedná se o proces nazývaný vermiremediace (Rodriguez-Campos et al. 2014). V roce 2019 Shi et al. definovali vermiremediaci jako bioremediační technologii založenou na žížalách, při které se využívá životního cyklu žížaly (jako je krmení, segmentace, metabolismus a sekrece), či jiné interakce s vnějšími abiotickými i biotickými faktory vedoucími k akumulaci, extrakci, transformaci či jinému jevu schopnému degradovat kontaminující látky v půdě a životním prostředí. Kromě degradace kontaminujících látek dokážou žížaly při svém metabolismu i imobilizovat rizikové prvky (Grassarová et al. 2020).

Na rozdíl od třífázového kompostování probíhají při vermikompostování pouze 2 fáze, a to aktivní fáze a fáze zrání. Chybí zde fáze termofilní, která by zapříčinila úhyn žížal. První fáze zahrnuje proces trávení organické hmoty žížalami, při kterém dochází ke změně fyzikálních a mikrobiálních vlastností vstupního materiálu. Ve druhé fázi dochází ke zrání kompostu a žížaly se aktivně přesouvají zpět do míst, kde dochází k aktivní části (Lavelle 1988; Samal et al. 2018).

3.5.1 Využití vermikompostování v odpadovém hospodářství

Produkce odpadních materiálů včetně těch biologicky rozložitelných ve světě každým dnem narůstá. Z tohoto důvodu zde vzniká potřeba vyvíjet nové technologie. Podobně tomu je i u vylepšování stávajících systémů ke zpracování a odstraňování odpadů. Biologicky rozložitelné odpady, které jsou odhadovány na zhruba 46 % z celkového množství odpadů, lze efektivně odstranit pomocí technologie kompostování, případně i pomocí vermikompostování (Lim et al. 2016; Kundan et al. 2019). Tyto dvě metody jsou v souladu se životním prostředím a minimalizují možné negativní jevy, kde lze výsledné produkty vracet do půdy jako organické hnojivo. Nejrozšířenějším způsobem odstraňování biologicky rozložitelných odpadů z globálního hlediska je skládkování. Tento způsob je nejméně vhodný zejména ze 2 hlavních důvodů, a to kvůli průsaku skládkových výluhů nesoucích v sobě často toxické látky a kvůli uvolňování skleníkových plynů (objemově nejvíce oxidu uhličitého a metanu) (Hao et al. 2004; Hait & Tare 2012).

3.5.2 Žížaly

Žížaly jsou kroužkovci patřící do kmene *Annelida* a třídy *Oligochaeta*, jedná se o dlouhé, nitkovité živočichy s jednotnými prstencovými strukturami po celé délce svého těla. V současnosti je popsáno více než 4 400 druhů těchto tvorů a předpokládá se, že jich ještě tisíce čeká na objevení. Z tohoto množství se však pro vermikompostování používá jen velmi malé druhové množství (Rajendran & Thivyatharsan 2014; Thakur et al. 2021). Žížaly se rozdělují z hlediska způsobu života na podzemní a žížaly žijící na povrchu. Jejich rozdílnosti jsou uvedeny v následující tabulce (Nagavallemma et al. 2004).

Tabulka 8 - rozdílnost mezi žížalami žijící pod zemí a na povrchu (Nagavallemma et al. 2004)

	Žížaly žijící pod zemí	Žížaly žijící na povrchu
Typičtí zástupci	<i>Pertima elongate</i> , <i>Pertima asiantica</i>	<i>Eisenia fetida</i> , <i>Eudrilus eugeniae</i>
Místo života	Hluboko pod zemí	Svrchní část půdy těsně pod povrchem
Délka života	Až 15 let	Okolo 28 měsíců
Barva	Bledá barva	Červená nebo fialová
Délka žížaly	20 až 30 cm	10 až 15 cm
Rychlost přeměny org. hmoty	Pomalá	Rychlá

Nejpoužívanějšími druhy pro vermikompostování jsou *Eisenia fetida* a *Eisenia andrei*. Tyto druhy mají dobrou teplotní toleranci a mohou žít v organických odpadech s různými obsahy vlhkosti. Jedná se o odolné žížaly schopné v krátkém čase poměrně rychle přeměnit organický odpad na vermikompost. Na rozdíl od většiny ostatních druhů lze za pomoci těchto žížal vermikompostovat i odpady jako jsou čistírenské kaly nebo některá statková hnojiva. V přirozeném prostředí se v půdě díky těmto vlastnostem stávají dominantním druhem. Za optimálních podmínek se doba od uložení kokonu až po vyvinutí sexuálně dospělého jedince pohybuje od 21 do 30 dní. Do vytvoření dalšího kokonu tato doba činí 45 až 51 dní. Žížaly po spáření, které probíhá v organické hmotě, vytvoří kokon do 48 hodin a rychlost kladení těchto kokonů je zhruba 0,35 až 1,3 za den. Po inkubační době 18 až 26 dní se líhne okolo 3 životaschopných jedinců v závislosti na teplotě. Žížaly z těchto dvou druhů se dožívají v průměru 4,5 až 5 let (Domínguez & Edwards 2004). V závislosti na vnějších podmínkách může jedna žížala denně přeměnit od 100 do 300 mg organického odpadu na 1 g tělesné hmotnosti (Xie et al. 2016).

3.5.3 Faktory ovlivňující proces vermikompostování

Funkce žížal a mikroorganismů je přímo závislá na obsahu vlhkosti v matrici. Pro přežití *Eisenia fetida* je nutná vlhkost od 50 do 90 % (Reinecke & Venter 1987). V nižších hodnotách dochází ke snížení rychlosti metabolismu až ke smrti jedince. Jako nejvhodnější se uvádí vlhkost nad 70 % do 85 % (Domínguez & Edwards 1997).

Optimální rozsah pH vhodný pro biologickou aktivitu žížal se pohybuje od 5,5 do 8,5 přičemž nejvyšší aktivitu žížaly vykazují při neutrální reakci. Hodnota pH je v průběhu vermikompostování variabilní. Na počátku tento parametr klesá z alkalického na kyselý. Koncové produkty organického rozkladu jsou však různé organické kyseliny, huminové kyseliny, fenolové a karboxylové funkční skupiny, které reakci snižují a posouvají pod neutrální hranici. Vznikají rovněž i amonné ionty působící alkalicky. Množství a poměry těchto látek rozhodují o finálním pH vermikompostu. Výsledný produkt často odpovídá neutrální reakci

(Pramanik et al. 2007; Surindra 2010). Například při vermikompostování zbytků hub klesla hodnota pH z původních 8,4 na 7,6 (Song et al. 2014), u odpadů z banánovníků z 8,8 na 7,9 (Khatua et al. 2018). Opačně se však chovaly vermikompostované kaly, kde vzrostlo pH ze 7,8 na 9,3 (Gomez et al. 2015).

Významný vliv na aktivitu žížal má také teplota. Při snižující se teplotě se jejich metabolismus výrazně zpomaluje. V zimním období se žížaly postupně přesouvají do nižších vrstev, kde nedochází k promrzání a zastavují svou metabolickou činnost (Sudkolai & Nourbakhsh 2017). Mez tolerance teplot se liší druh od druhu, nicméně teplota při vermikompostování by se měla udržovat nad 10 °C v zimě a pod 35 °C v letním období. Vyšší teploty rovněž podporují mikrobiální aktivitu působící na snižování obsahu kyslíku matrice, což negativně působí na činnost a přežití žížal (Prakash & Karmegam 2010; Sinha et al. 2012). Optimální teplota pro nejčastěji využívaný druh *Eisenia fetida* se udává 25 °C, přičemž teplotní tolerance je udávána od 0 do 35 °C. Příliš vysoké teploty rovněž působí negativně na obsah dusíku z důvodu tékání amoniaku, při nižších teplotách naopak nedochází k uspokojivému hygienizačnímu efektu (Edwards 1988).

Klíčovým parametrem je i obsah vzduchu, respektive kyslíku. Respirace u žížal probíhá prostřednictvím její kůže. Kyslík je absorbován kůží a dále difunduje do krve, odkud je transportován do všech buněk těla (Dominguez et al. 2001). Při snížení koncentrace kyslíku se zpomaluje metabolismus žížal, což může být způsobeno jak teplotou, tak nadměrnou vlhkostí vytlačující kyslík z pórů. Rovněž se uvádí u *Eisenia fetida* schopnost migrace z vodou přesycených do vlhkostně optimálních oblastí (Chowdhury et al. 2014).

Důležitou roli v růstu a reprodukce žížal během vermikompostování má kvalita krmení. Nízká frakce usnadňuje částečně žížalám práci s fragmentací materiálu a zvyšuje plochu pro mikroorganismy, nicméně snižuje obsah kyslíku a zvyšuje teplotu vermikompostu (Chowdhury et al. 2014; Gomez et al. 2015).

Žížaly jsou fotofóbními organismy, tudíž vyžadují prostředí bez světla. Ačkoliv nemají oči, světlo vnímají skrz jejich kůži, díky čemuž dokážou zjistit, zdali se blíží k povrchu či nikoliv (Kundan et al. 2019).

Rychlost degradace organického odpadu dále závisí i na poměru C:N. Pokud se příliš odchyluje od optimálního pásma, rychlost rozkladu se zpomaluje. Optimum poměru je nezbytné pro efektivní proces vermikompostování, protože mikroorganismy potřebují uhlík pro metabolismus a dusík pro syntézu proteinů (Scheu 1992).

3.5.4 Výhody vermikompostování

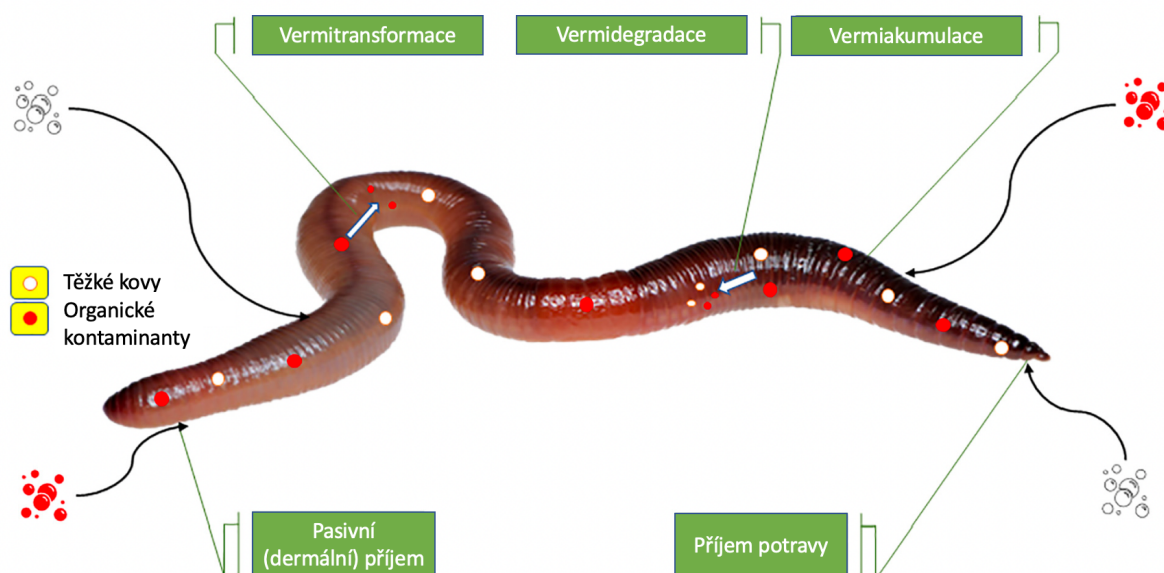
- 1 Nejdůležitějším pozitivním aspektem vermikompostu je jeho stoprocentně organická struktura. Původní odpadní organické materiály jsou rychle rozloženy žížalami, což vede ke vzniku stabilního, netoxického materiálu s dobrou strukturou, který má ekonomicky významnou hodnotu. Působí také jako půdní kondicionér a zlepšuje růst rostlin (Dominguez 2004).
- 2 Vermikompostováním vzniká produkt, který je přirozeně navržen pro dobrý růst rostlin, a to hned z několika důvodů. Nejvýznamnějším přínosem je snadná vstřebatelnost živin rostlinami vzhledem k jejich ideálním chemickým formám. Je tomu tak opačně od hnojiv minerálních, kde musí dodávané látky procházet dalšími chemickými

přeměnami, než je rostlina schopna tyto živiny využít. Při vermikompostování vzniká i tzv. „žížalí čaj“ což je látka vysoce ceněná pro vysoký obsah snadno vstřebatelných živin. Další výhodou je také nižší vyplavitelnost živin vodou z půdy oproti minerálním hnojivům (Lim et al. 2015).

- 3 Organická hmota procházející trávicím ústrojím žížal je obohacena o prospěšné bakterie a další mikroorganismy. Ty pomáhají rostlinám stát se odolnější vůči chorobám a rovněž pomáhají redukovat některé škůdce. Přítomnost rozmanité a bohaté půdní mikroflóry totiž zlepšuje fyzický stav rostlin, které jsou poté atraktivnější pro různé hmyzožravé druhy živočichů, například ptáky. Ty poté mohou pomáhat odstraňovat škůdce rostlin (Awasthi et al. 2014).
- 4 Vermikompost obsahuje růstové hormony rostlin napomáhající zdravému růstu. Tyto hormony rovněž podporují klíčení semen, růst rostliny je silnější a zlepšuje se i výnos plodin (Ndegwa & Thompson 2001).
- 5 Vermikompost obsahuje koloidní částice a dokáže udržet až devítinásobek své původní hmotnosti. Přispívá tak ke zlepšení vodního režimu půd. Zadržuje vodu při deštích a v suchém období vlhkost postupně uvolňuje kořenům rostlin s velmi nízkou evaporací (Dominquez 2004).
- 6 Celý proces vermikompostování je poměrně snadný a finančně nenáročný. Díky tomu je možné používat vermikompostování i v ekonomicky méně vyvinutých částech světa (Kundan et al. 2019).

3.6 Využití žíhal k degradaci mikropolutantů, vermiremediace

Mikropolutanty lze do určité míry uspokojivě degradovat pomocí žíhal. Děje se tomu tak na základě 3 hlavních mechanismů označovaných jako vermiakumulace, vermitransformace a vermidegradace. U vermiakumulace dochází k přijímání a ukládání kontaminantu do těl žíhal. Tohoto mechanismu je docilováno ve větší míře konzumováním potravy s daným mikropolutantem. V menší míře k vermiakumulaci dochází při styku žíhal s roztokem, ve kterém se nachází daný mikropolutant v rozpuštěné podobě. U vermitransformace kontaminantů dochází k rychlé konverzi pomalu biodegradabilních pevných odpadů na hodnotná hnojiva za společného účinku žíhal a mikroorganismů. Vermidegradace je mechanismus, kdy dochází k přeměně mikropolutantu na nižší chemické sloučeniny, případně u rizikových prvků ke změně valenčního stavu prvku. Tohoto procesu je docilováno díky mikroflóře obsažené uvnitř trávicího aparátu žíhal a specifických enzymů jako je CYP450 a peroxidáza. Společně tyto 3 mechanismy označují proces zvaný vermiremediace, který je blíže popsán v následujícím obrázku (Shi et al. 2020; Zeb et al. 2020).



Obrázek 6 - grafické znázornění mechanismů vermiremediace (upraveno), (Zeb et al. 2020)

3.6.1 Degradace alifatických uhlovodíků

Při vermiremediaci alifatických uhlovodíků žíhal stimuluje bioremediaci překopáváním, fragmentací, provzdušňováním půdy, což vede ke zvýšení mikrobiální aktivity a urychlení celého procesu (Schaefer & Juliane 2007). Jak vermikompostované materiály procházejí trávicím systémem žíhal, vylučované enzymy mohou rovněž zvýšit rychlost degradace cílové znečišťující látky. Tyto mechanismy by však uspokojivě neodstraňovaly alifatické uhlovodíky bez přidání speciálních bakteriálních kmenů (tzv. proces bioaugmentace) (Chachina et al. 2015). Nejlepších výsledků bývá dosaženo při kombinaci vermikompostování a bioaugmentace, protože alochtonní bakterie nejsou příliš efektivní v novém prostředí. Tyto bakterie vykazují nízkou míru adaptability (Rabodonirina et al. 2019). Koolivand et al. v roce 2020 ve své studii zaměřené na bioremediaci alifatických uhlovodíků pomocí žíhal zkoumali

vliv bioaugmentace, samotné vermiremediace a kombinaci vermiremediace a bioaugmentace. Výsledky potvrdily, že nejvyšší účinnosti bylo dosaženo právě při výše zmíněné kombinaci.

3.6.2 Imobilizace rizikových prvků a kovů

Jedním z limitujících faktorů využití čistírenských kalů na zemědělské půdě je poměrně vysoký obsah rizikových prvků jako jsou Cu, Mn, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd a As. Možné řešení je úprava těchto kalů pomocí procesu vermikompostování, kdy dochází k imobilizaci rizikových prvků do těl žížal (Sinha et al. 2008). Dle několika studií jsou žížaly skvělými akumulátory kovů, zejména zinku a kadmia, které zabudovávají do svých měkkých tkání. V tomto smyslu lze žížaly využít i jako indikátory znečištění kovy. Kovy lze také transformovat do jiného valenčního stavu uvnitř trávicího traktu žížal (Grassarová et al. 2020).

Chen & Hu v roce 2019 studovali distribuci rizikových prvků v čistírenských kalech při vermikompostování a pěstování rostlin. U rostlin docházelo k absorpci zejména v podzemní části a to 1 – 35,9krát více než v nadzemní části. Žížaly však neměly významný vliv na akumulaci rizikových prvků do rostlin. Samotné žížaly však významně imobilizovaly rizikové prvky z kalů, a to v následujícím pořadí $Cd > Mn > Ni > Zn > Pb > Cr > Fe$.

3.6.3 Degradace polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU)

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou organické sloučeniny se dvěma i více benzenovými jádry. Nejběžnějším zástupcem je benzo(a)pyren. Ačkoliv je vliv žížal při degradaci pozitivní, jako slabé místo se jeví poměrně vysoká citlivost žížal na tyto látky, kdy může dojít ke snížení počtu jedinců (Hernandez et al. 2013). Byl dokázán pozitivní vliv žížal při odstraňování PAU z půdy. Žížaly mohou „absorbovat“ rozpuštěné PAU přes svou pokožku stejně tak jako je mohou pohltit společně s potravou ústy. Žížaly mohou zvýšit degradaci uhlovodíků pomocí stimulování mikrobiální flóry. A také zlepšení jejich růstu díky vylučování snadno rozložitelného uhlíku. Pozitivní vliv je také dosahován provzdušňováním a promícháváním (Sinha et al. 2008). U antracenu bylo prokázáno 93 % snížení původní koncentrace v kontaminované půdě (Gonzalez et al. 2010). Žížaly *Eisenia fetida* podle dalšího experimentu dokázaly snížit koncentraci pyrenu až o 91 % (Sun et al. 2011), 99 % fenantrenu, 16 % benzo(a)pyrenu a 43 % fluoranthenu (Contreras et al. 2008; Shi et al. 2020).

3.6.4 Degradace léčiv pomocí žížal

Aplikace hnojiv na bázi čistírenských kalů a stájových odpadů na zemědělskou půdu vzhledem k poměrně vysoké rezistivitě těchto látek k degradaci vedou k obavám zanášení reziduí této skupiny mikropolutantů do životního prostředí (Arnold et al. 2014). Z tohoto důvodu se v posledních letech začal hledat alternativní způsob odstraňování těchto xenobiotik a několik studií publikovaných v posledních letech potvrzují pozitivní vliv žížal při degradaci léčiv. Žížaly v tomto pohledu akumulují ve svých tělech tyto mikropolutanty, které odebírají z půdy nebo vermikompostu (Carter et al. 2014; Bergé & Vulliet 2015). Slabé místo této metody může být z hlediska potravinového řetězce, kde žížala může sloužit jako potrava pro různé predátory jako jsou například ptáci. Tyto chemické látky představují tudíž riziko i

z hlediska sekundární intoxikace pro vyšší potravní skupiny. Z tohoto důvodu je důležité provádět metody degradace v kontrolovaných podmínkách (Shore et al. 2014).

Carter et al. v roce 2014 a 2016 publikovali výsledky studie zaměřené na účinky a vlastnosti půd na absorpci 4 farmak (karbamazepin, diklofenak, fluoxetin a orlistat) v koncentracích 26, 25, 28 a 44 mg/kg do žížal *E. fetida*. Celková úmrtnost žížal během experimentu byla nižší než 4 %, a proto lze minimálně akutní účinky toxicity na absorpci vyloučit. Transformace léčiv do žížal je výrazně ovlivněna vlastnostmi půdy, jako je pH a teplota. Původní koncentrace těchto 4 farmak obsažených v půdě byla snížena a dle očekávání se obsah farmak v žížalách zvýšil.

Xia et al. v roce 2020 publikovali výsledky experimentu založeném na degradaci antibiotika tetracyklinu z čistírenského kalu pomocí žížal. Uvedli mimo jiné i významnou závislost účinnosti na původní koncentraci mikropolutantu. U vysoce znečištěných kalů degradace tetracyklinu odpovídala 16,07 %, zatímco u nízkých koncentrací degradace vzrostla až ke 43,24 %.

4 Metodika

Experimentální část diplomové práce vychází z provedeného experimentu na pokusné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu. Tento pokus byl založen 19.3.2020, ukončen byl 17.7.2020 a spočíval ve vermikompostování čistírenského kalu smíchaného v různých poměrech surovin se slaměnými peletami. Následné vyhodnocení odebraných vzorků probíhalo v Mikrobiologickém ústavu AV ČR, v. v. i. (MBÚ), kde se stanovovaly koncentrace 52 mikropolutantů (rezidua léčiv a hormonální látky).

4.1 Design experimentu

Experiment založený na vermikompostování čistírenského kalu probíhal v kontrolovaných laboratorních podmínkách ve vermikompostovacích miskách s rozměry 40 x 40 x 20 cm umístěných v kovových konstrukcích (obrázek č. 7). Každá tato miska na dně obsahovala tkaninu zabráňující průlezu použitých žíjál vně misky a shora černou geotextílii s kovovým víkem. Na zachytávání výluhů sloužily kovové nádoby pod jednotlivými miskami. Tyto výluhy sloužily k opětovnému vlhčení jednotlivých směsí, díky čemuž nedocházelo k úniku látek z roztoku.

Laboratorní podmínky během experimentu byly zajištěny klimatizací s cirkulací vnitřního vzduchu a vzduchotechnikou pro výměnu vnitřního vzduchu s prostředím venkovním. Po celou dobu experimentu byla v místnosti konstantní teplota 23 °C, stálé umělé světlo a vzdušná vlhkost odpovídající průměrné hodnotě 80 %. Vzdušná vlhkost se zajišťovala umělým odparem vody z kádinky s vodou na topné desce.



Obrázek 7 - vermikompostovací nádoby (zdroj: Bc. Nikola Kozlíková)

4.1.1 Vstupní materiály

Primární vstupní surovinou pro vermikompostování byl nestabilizovaný čistírenský kal. Tento kal pocházel z čištění městských odpadních vod, konkrétně z čistírny s ekvivalentním počtem obyvatel 3500. Tento kal byl odebrán opakovaně 3x v množství 500 g. Jako další vstupní materiál byly zvoleny slaměné pelety (značky Granofyt s.r.o.), které byly před zahájením experimentu namočený do vody v poměru 1:4 (na jeden díl suchých slaměných pelet připadaly 4 díly horké vody). Jednotlivé varianty experimentu dle poměru vstupních materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Zdrojem žížal *Eisenia andrei* byl substrát se žížalami, kde 1 L substrátu odpovídal 126 kusů žížal. Tento substrát byl založen na bázi matoliny a jeho objemová hmotnost činila 685 g/L se sušinou 44 %. Dále byla stanovena průměrná hmotnost žížal 19 g.

Tabulka 9 – vstupní materiály pro vermikompostování a jejich poměrné množství

Varianta	Opakování	Kal [%]	Kal [kg]	Vlhké pelety [%]	Vlhké pelety [kg]	Poměr surovin K:P	Žížalí substrát
1	A	100	9	0	0	1:0	3 l
1	B	100	9	0	0	1:0	bez subst.
1	C	100	9	0	0	1:0	3 l
2	A	75	6,75	25	2,25	3:1	3 l
2	B	75	6,75	25	2,25	3:1	bez subst.
2	C	75	6,75	25	2,25	3:1	3 l
3	A	50	4,5	50	4,5	1:1	3 l
3	B	50	4,5	50	4,5	1:1	bez subst.
3	C	50	4,5	50	4,5	1:1	3 l
4	A	25	2,25	75	6,75	1:3	3 l
4	B	25	2,25	75	6,75	1:3	bez subst.
4	C	25	2,25	75	6,75	1:3	3 l
5	A	0	0	100	9	0:1	3 l
5	B	0	0	100	9	0:1	bez subst.
5	C	0	0	100	9	0:1	3 l
14	A	100	9	0	0	1:0	bez subst.
14	B	75	6,75	25	2,25	3:1	bez subst.
14	C	50	4,5	50	4,5	1:1	bez subst.
15	A	25	2,25	75	6,75	1:3	bez subst.
15	B	0	0	100	9	0:1	bez subst.

Jednotlivé vstupní materiály byly míseny po menších dávkách k zajištění lepšího promíchání. Poté byly smíchány dohromady a opětovně promíseny. Takto připravená směs byla připravena pro dávkování do vermikompostérů.

4.1.2 Vzorkování

Z každé varianty uvedené v tabulce č. 9 byly odebírány vzorky v měsíční periodě, a to od dubna do července tak, aby bylo možné sledovat případnou degradaci mikropolutantů v čase. Odebírány byly jak vzorky vermikompostu, tak i samotných žížal.

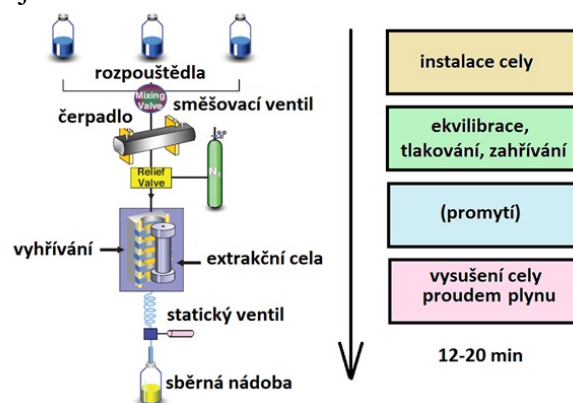
Pro stanovení mikropolutantů ve vermikompostu bylo odebíráno 150 g substrátu. Tyto vzorky byly lyofilizovány, homogenizovány a uchovány v chladu. Žížaly s minimální délkou 3 cm byly separovány z 500 g odebíraného vermikompostovaného materiálu, který se poté již do vermikompostovací misky nevracel. Separované žížaly byly po omytí osušeny, zváženy, lyofilizovány, homogenizovány a taktéž uchovány v chladu až do doby analýzy.

4.2 Laboratorní analýzy

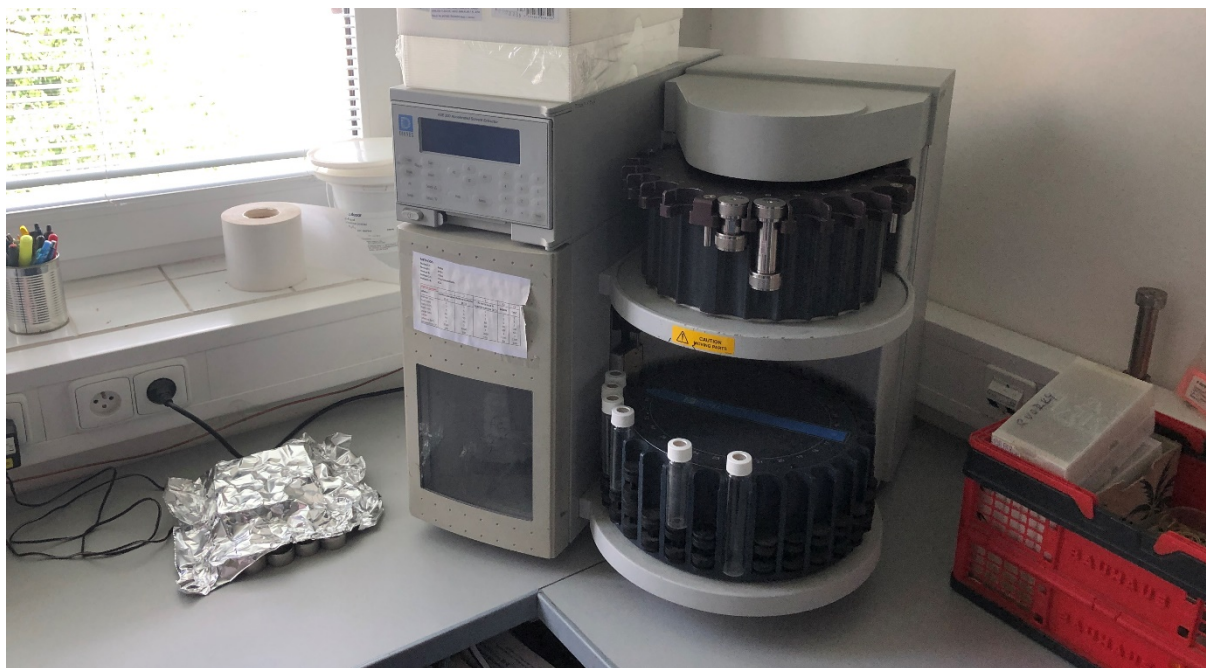
Samotné analýzy po skončení experimentu probíhaly v Mikrobiologickém ústavu AV ČR z důvodu potřeby vysoce citlivých laboratorních přístrojů. Analýzy probíhaly v režimu tzv. „scheduled analysis“. Na rozdíl od obecných analýz, kde se přesně před analýzou neví, jaké látky (případně v jakých mírách) se ve vzorcích objevují, v této analýze se cílilo pouze na 52 mikropolutantů a to jak ze skupiny farmak (např. diklofenak, gabapentin, ibuprofen, karbamazepin, kofein, paracetamol, tramadol), tak endokrinních disruptorů (např. bisfenol, genistein, estradiol, estriol, estron, daidzein). Vzorky byly nejprve extrahovány a poté analyzovány v kapalinovém chromatografu.

4.2.1 Extrakce za zvýšeného tlaku a teploty

Vzorky byly extrahovány methanolem pomocí přístroje Dionex ASE 200 (extrakce za zvýšeného tlaku a teploty) viz obrázek 9. Extrakční patrona byla naplněna 1,5 g vzorku přesně (u vzorků žížal byly navážky menší) a doplněna po okraj práným mořským pískem. Teplota rozpouštědla byla 80 °C a tlak 10,3 MPa. Extrakce probíhala ve třech extrakčních cyklech s 5-minutovými statickými kroky mezi cykly. Získané extrakty byly odpařeny na 5 mL, centrifugovány (6 000 g, 10 minut) a analyzovány na kapalinovém chromatografu s hmotnostní detekcí. Schéma extrakce je znázorněno na obrázku č. 8.



Obrázek 8 schéma extrakce za zvýšeného tlaku a teploty (dostupné z: <https://www.pragolab.cz/extrakce-za-zvyseneho-tlaku-a-teploty>)



Obrázek 9 - extraktor Dionex ASE 200

4.2.2 Kapalinová chromatografie

Methanolové extrakty byly analyzovány na kapalinovém chromatografu (viz obrázek č. 10) s hmotnostní detekcí Agilent 6470 Triple Quadrupole LC/MS System vybaveným kolonou Agilent Poroshell 120 EC-C18 (100×3 mm; 2,7 μm), předkolonou Agilent Poroshell 120 EC-C18 (5×3 mm; 2,7 μm) a trojitým kvadrupólem Agilent 6470. Mobilní fáze sestávala z 0,5 mM fluoridu amonného v MiliQ vodě (0,01% kyselina mravenčí) (A) a 100% methanolu (B). Program gradientové eluce byl následující (čas [min], % fáze B): 0, 5; 0,5, 5; 3,17, 50; 4,5, 50; 12,5, 100; 14,5, 100; 15,17, 5; 15,83, 5. Celková délka jedné analýzy byla 16,5 minuty, průtok mobilní fáze byl 0,6 mL/min a objem nástřiku vzorku 2 μL. Kolona s předkolonou byly vyhřívány na teplotu 40 °C a teplota zdroje byla 180 °C (průtok plynu 6 L/min). Za účelem eliminace rušivých vlivů matrice byly vzorky analyzovány metodou standardního přidavku. Koncentrace standardních přidavků byla vždy 1, 5, a 25 ng/mL. Vzorky s vysokou koncentrací analytů mimo kalibrační rozsah byly ředěny methanolem a přeměřeny. Parametry měření hmotnostního spektrometru byly optimalizovány pomocí programu MassHunter Workstation Optimizer a Source Optimizer (Verze 10.0, SR1, Agilent) a jsou uvedeny v tabulkách v příloze č. 1 a 2. Data byla vyhodnocena v programu MassHunter Workstation Quantitative Analysis (Verze 10.0, Agilent).



Obrázek 10 - kapalinový chromatograf

4.3 Analýzy výstupních hodnot

Vstupní data pro následující analýzu diplomové práce byla získaná zejména z kapalinové chromatografie. Ze stanovovaných 52 mikropolutantů bylo 20 z nich pod mírou detekce. Data bylo nejprve nutné dle schéma pokusu z tabulky č. 9 transformovat a dopočítat základní statistické analýzy. K vyhodnocení dat byl použit software Microsoft Excel v. 2107, v16.54 a Statistica 12. Pokud byla hodnota koncentrace nižší než mez detekce kapalinové chromatografie, byly příslušné hodnoty označeny jako „NA“ (z anglického Not Available) místo číselného vyjádření. Pro následující výpočty ve vzorcích však byly hodnoty „NA“ nahrazeny nulou. Pro sjednocení dat jsou veškeré koncentrace uváděny ve stejných jednotkách ng/g.

Ačkoliv se odebíraly vzorky i během vermikompostování s odstupem jednoho měsíce (po prvním, druhém, třetím a čtvrtém měsíci), vyhodnoceny byly pouze hodnoty z prvního odběru a na konci vermikompostování. Dále byly analyzovány vstupní materiály (včetně žížal) a žížaly na konci procesu. Výpočet aritmetického průměru byl proveden pomocí vzorce =PRŮMĚR a směrodatná odchylka pomocí vzorce =SMODCH.VÝBĚR.S.

4.3.1 Analýza dat vermikompostovaného materiálu z obou odběrů

První měsíc od začátku experimentu byly analyzovány odběrové vzorky vermikompostovaného materiálu. Ve vzorcích z tohoto odběru se stanovilo 23 druhů

mikropolutantů. Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. III, kde každý mikropolutant je analyzován ve třech tabulkách a dvou grafech. V první tabulce jsou uvedeny koncentrace dané látky pro dvě samostatná měření (var. A a var. C dle schéma experimentu uvedeného v tabulce č. 9) s použitím žížal skrz pět variant lišících se poměrem hlavních surovin (čistírenský kal a slaměné pelety). Následně byly stanoveny aritmetické průměry a směrodatné odchylky. Matice pro transformaci dat do této analýzy je uvedena v příloze č. V a VI. V druhé tabulce z přílohy č. III jsou uvedeny výsledky variant bez použití žížal.

Třetí tabulka znázorňuje porovnání aritmetických průměrů z první a druhé tabulky s použitím žížal (Vermis +) a bez použití žížal (Vermis -). Rozdíl mezi těmito průměry je zde uveden jak absolutně (v koncentraci ng/g), tak relativně (v procentech) vztažený vůči variantě bez žížal. První sloupcový graf (koncentrace mikropolutantu 1. odběr [ng/g]) vizualizuje napříč variantami poměru vstupních surovin. Varianty jsou seřazeny od nejvyššího zastoupení kalu až po 100 % slaměných pelet. První sloupec v dané variantě (např. 100 % čistírenského kalu) odpovídá koncentraci daného mikropolutantu ve vermikompostovaném materiálu s použitím žížal. Druhá hodnota odpovídá variantě bez žížal.

Tyto rozdíly mezi koncentracemi s použitím a bez použití žížal jsou dále znázorněny v samostatném grafu (Rozdíl koncentrace [ng/g] 1. odběru mikropolutantu vůči variantě bez žížal) a vychází z třetí tabulky. Kladné procentuální hodnoty představují o kolik procent byla vyšší koncentrace dané látky vůči variantě bez žížal a obráceně.

4.3.2 Mechanismus výpočtu vstupního mixu

Pro určení míry snížení koncentrace stanovovaných látek během procesu vermikompostování je klíčová informace o tom, jakou koncentraci měly vstupní mixy. Ty se skládaly ze dvou materiálů, a to z čistírenského kalu a slaměných pelet. Nicméně po smíchání již nebyly konkrétní koncentrace stanoveny a musely být dopočítány. Výpočet vstupního mixu vychází z proměnných: průměrná sušina (kaly 12,79 %, slaměné pelety 20,47 %), hmotnosti vstupních materiálů (čistírenské kaly a slaměné pelety, hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 9) a koncentrace mikropolutantů (uvedeny v tabulkách č. 10 a č. 11). Výpočet včetně analýzy jednotek je uveden v následujícím vztahu:

$$VM = \frac{(hm. kalu * suš. kalu * konc. v kalu) + (hm. pelet * suš. pelet * konc. v pel.)}{(hm. kalu * suš. kalu) + (hm. pelet * suš. pelet)}$$

$$VM = \frac{\left(g * \% * \frac{ng}{g}\right) + \left(g * \% * \frac{ng}{g}\right)}{(g * \%) + (g * \%)} = \frac{ng}{g}$$

- *VM = vstupní mix*
- *hm. kalu = hmotnost kalu*
- *suš. kalu = průměrná sušina kalu*
- *konc. v kalu = koncentrace mikropolutantu stanovená u čistírenského kalu*
- *hm. pelet = hmotnost pelet*
- *suš. pelet = průměrná sušina slaměných pelet*
- *konc. v pel. = koncentrace mikropolutantu stanovená u slaměných pelet*

4.3.3 Metodika stanovení efektu žížal na degradaci mikropolutantů

Pro vyhodnocení účinnosti vlivu žížal na degradaci mikropolutantů byl použit parametr „efekt žížal“. Hodnota efektu udává, o kolik procent bylo výraznější snížení koncentrace mikropolutantu s použitím žížal oproti variantě bez žížal. Například hodnota parametru 10 % znamená o 10 % lepší snížení koncentrace mikropolutantů s použitím žížal. Tento parametr je vypočítán dle následujícího vztahu:

$$\text{Efekt žížal} = (\text{míra degradace } V+) - (\text{míra degradace } V-)$$

Hodnota „míry degradace“ určuje o kolik procent se snížila koncentrace mikropolutantu oproti vstupní surovině nebo mixu. Kladné hodnoty tohoto parametru určují pozitivní míru degradace (výsledná koncentrace byla nižší, než na začátku), záporné hodnoty negativní míru (koncentrace na konci vermikompostování byla vyšší, než na začátku). Míra degradace byla určena pomocí následujících dvou vzorců:

$$\begin{aligned}\text{Míra degradace } V+ &= 1 - \frac{VK \text{ vermis} +}{\text{Vstupní surovina nebo Vstupní mix}} \\ \text{Míra degradace } V- &= 1 - \frac{VK \text{ vermis} -}{\text{Vstupní surovina nebo Vstupní mix}}\end{aligned}$$

Přičemž „VK vermis +“ udává koncentraci mikropolutantu v ng/g u dané varianty (všech pět variant od 100 % kalu až po 0 % kalu) s použitím žížal. „VK vermis –“ je naopak varianta bez žížal udávaná v %.

4.3.4 Vermiakumulace

Pro vyhodnocení vermiakumulace byl zaveden parametr „Poměr % v žížalách“. Tento parametr byl spočítán na základě následujícího vztahu:

$$\text{Poměr \% v žížalách} = \frac{\text{průměrná koncentrace v žížale}}{\text{průměrná koncentrace ve verm. materiálu (na konci verm.)}}$$

Tento vztah vyjadřuje, kolik % koncentrace mikropolutantu bylo v žížale detekováno na konci vermikompostování. Zásadní je hranice 100 %, určující stejnou koncentraci na konci vermikompostování v žížalách, jako byla v okolním materiálu. Pokud je hodnota parametru vyšší než hranice 100 %, znamená to zakoncentrování mikropolutantu do těla žížaly. Zcela zásadní pro hodnocení výsledků vermiakumulace jsou hodnoty výsledků nad 100 %.

5 Výsledky

5.1 Obsah mikropolutantů ve vstupních materiálech

Před samotným začátkem vermikompostovacího experimentu byly změřeny koncentrace mikropolutantů všech vstupních materiálů: slaměných pelet, čistírenského kalu a žířal. Největší množství druhů stanovovaných látek a jejich koncentrace byly detekovány dle předpokladu u čistírenských kalů. Množství a koncentrace mikropolutantů stanovených u slaměných pelet a žířal jsou v porovnání s čistírenskými kaly zanedbatelné. I přes to pro zachování přesnosti byly pro následující výpočty tyto hodnoty započítány a uvedeny.

5.1.1 Slaměné pelety

Kapalinová chromatografie detekovala u slaměných pelet nejmenší množství mikropolutantů s relativně nízkými koncentracemi. Z celkových 52 stanovovaných látek bylo detekováno pouze pět z nich a to kofein ($10,23 \pm 4,44$ ng/g), mirtazapin ($1,75 \pm 0,12$ ng/g), sulfapyridin ($1,69 \pm 0,06$ ng/g), telmisartan ($3,74 \pm 0,34$ ng/g) a venlafaxin ($1,67 \pm 0,05$ ng/g). Řádky Pelety 1 až 3 představují tři různá měření stejného materiálu, ze které jsou v dalších dvou řádcích vypočteny aritmetické průměry a směrodatné odchylky. Jak je z výsledků patrné, jedná se o relativně nízké koncentrace. Ovšem s přihlédnutím na typ materiálu je obsah takovýchto látek překvapivý.

Tabulka 10 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u slaměných pelet

	Kofein	Mirtazapin	Sulfapyridin	Telmisartan	Venlafaxin
Pelety 1	5,87	1,75	1,67	3,81	1,72
Pelety 2	10,07	1,87	1,76	3,38	1,67
Pelety 3	14,75	1,63	1,65	4,05	1,62
Průměr	10,23	1,75	1,69	3,74	1,67
S. odchylka	4,44	0,12	0,06	0,34	0,05

5.1.2 Čistírenské kaly

Kaly získané z ČOV byly z hlediska výsledných koncentrací stanovovaných látek bohatým zdrojem kontaminantů vstupujících do tohoto experimentu. Laboratorní analýza detekovala 32 mikropolutantů ve velmi rozdílných koncentracích. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna u telmisartanu ($10\,161 \pm 391,71$ ng/g) používaného k léčbě esenciální hypertenze. Tato hodnota převyšovala ostatní koncentrace o dva řády. Další vysoké koncentrace byly zjištěny u triclosanu ($543,24 \pm 62,07$ ng/g), citalopramu ($440,28 \pm 4,92$ ng/g) a diclofenacu ($284,22 \pm 16,97$ ng/g). Naměřená data, průměry a směrodatné odchylky detekovaných mikropolutantů v čistírenských kalech jsou uvedeny v následující tabulce č. 11. Kal 1 až 3 v následující tabulce představuje opakované měření stejného materiálu. Z výsledků je patrná velká variabilita výsledných hodnot.

Tabulka 11 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u čistírenských kalů

	Paracetamol	Amitriptylin	Atenolol	Atorvastatin	Bisfenol A
Kal 1	106,63	5,62	5,02	11,23	121,17
Kal 2	78,74	5,03	4,97	12,34	57,67
Kal 3	71,79	4,91	5,33	13,54	87,50
Průměr	85,72	5,19	5,11	12,37	88,78
S. odchylka	18,44	0,38	0,19	1,16	31,77
	Kofein	Carbamazepin	Carbamazepin 10,11-epoxid	Cetirizin	Citalopram
Kal 1	128,48	37,48	3,95	79,83	444,38
Kal 2	130,21	38,12	3,57	79,42	434,82
Kal 3	166,75	39,92	3,66	77,59	441,64
Průměr	141,81	38,51	3,72	78,95	440,28
S. odchylka	21,61	1,26	0,20	1,20	4,92
	Clarithromycin	Daidzein	Diclofenac	Equol	Estron
Kal 1	90,45	16,42	299,70	7,60	13,80
Kal 2	87,06	15,07	266,07	10,89	17,13
Kal 3	89,54	12,71	286,88	8,05	16,00
Průměr	89,02	14,73	284,22	8,85	15,64
S. odchylka	1,75	1,87	16,97	1,78	1,69
	Gabapentin	Genistein	Hydrochlorothiazid	Ibuprofen	Lamotrigin
Kal 1	15,29	14,54	152,94	85,98	166,44
Kal 2	17,14	14,58	83,97	99,52	70,01
Kal 3	13,92	15,32	74,87	76,49	78,09
Průměr	15,45	14,81	103,93	87,33	104,84
S. odchylka	1,61	0,44	42,69	11,58	53,49
	Metoprolol	Mirtazapin	Omeprazol	Paraxanthin	Sulfamethoxazol
Kal 1	130,12	66,68	1,50	20,03	22,41
Kal 2	54,90	57,65	1,24	31,04	20,16
Kal 3	62,66	65,47	1,08	34,72	21,70
Průměr	82,56	63,26	1,27	28,60	21,42
S. odchylka	41,37	4,90	0,21	7,65	1,15
	Sulfanilamid	Sulfapyridin	Telmisartan	Tramadol	Triclosan
Kal 1	14,05	17,21	10357,03	32,89	599,60
Kal 2	15,97	13,76	10417,15	39,18	553,40
Kal 3	17,45	14,70	9710,63	37,60	476,71
Průměr	15,82	15,22	10161,60	36,55	543,24
S. odchylka	1,70	1,78	391,71	3,27	62,07
	Trimethoprim	Venlafaxin			
Kal 1	53,09	27,90			
Kal 2	35,35	40,80			
Kal 3	46,75	33,20			
Průměr	45,06	33,97			
S. odchylka	8,99	6,49			

5.1.3 Žížaly

Množství mikropolutantů bylo změřeno před vermikompostováním i u žížal. Detekovány byly pouze dva mikropolutanty a to kofein ($6,05 \pm 1,19$ ng/g) a telmisartan ($2,24 \pm 0,19$ ng/g). Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce č. 12. Podobně jako u slaměných pelet a čistírenského kalu, Žížaly 1 až 3 z následující tabulky představují tři různé měření stejného materiálu.

Tabulka 12 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u žížal před vermikompostováním

	Kofein	Telmisartan
Žížaly 1	5,29	2,30
Žížaly 2	7,42	2,38
Žížaly 3	5,44	2,02
Průměr	6,05	2,24
S. odchylka	1,19	0,19

5.2 Obsah mikropolutantů v prvním odběru vermikompostu

Z podrobné analýzy uvedené v příloze č. III na základě metodiky uvedené v kapitole 4.3.1 je patrné, že největší vliv žížal na degradaci mikropolutantů byl patrný u látek: bisfenol A, daidzein, sulfanilamid, sulfapyridin a triclosan. U ostatních kontaminantů nelze s jistotou pozitivní vliv žížal na proces degradace potvrdit, ani vyvrátit.

5.3 Obsah mikropolutantů na konci vermikompostování

Na rozdíl od prvního odběru, kdy byly analyzovány pouze vermikompostované materiály, na konci experimentu se stanovily také koncentrace žížal. Na základě toho byl získán přehled jak o vermikompostovaném materiálu, tak o žížalách a jejich schopnosti degradace mikropolutantů a vermiakumulace. V následujících podkapitolách jsou uvedeny jednotlivé výsledky z dílčích analýz.

5.3.1 Vermikompostovaný materiál

Podobně jako u prvního odběru byla provedena analýza výsledků koncentrací vermikompostovaného materiálu dle stejné metodiky uvedené v kapitole 4.3.1. Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. IV. Následující tabulka č. 13 obsahuje sumarizovaná data na konci vermikompostování (sloupce „VK vermis +“ a „VK vermis -“) v porovnání se vstupními hodnotami (VS / VM) pro čtyři varianty experimentu (100 % č. kalu, 75 % č. kalu a 25 % sl. pelet, 50 % č. kalu a 50 % sl. pelet a 25 % č. kalu a 75 % sl. pelet). Hodnoty koncentrací u vzorků bez žížal jsou uvedeny ve sloupci „VK vermis -“, vzorky s žížalami ve sloupci „VK vermis +“. Poslední varianta se 100 % zastoupením slaměných pelet není uvedena vzhledem k zanedbatelným koncentracím mikropolutantů ve vstupním materiálu (viz tabulka č. 10).

Pro porovnání jsou uvedeny ve sloupci „VS / VM“ i stanovené koncentrace vstupních surovin („VS“ – u varianty 100 % č. kalu) a vstupního mixu („VM“ – u variant 75 %, 50 % a 25 % č. kalu). Na rozdíl od vstupních surovin (100 % č. kalu), kde byly použity koncentrace uvedené v tabulce č. 11, hodnoty u vstupního mixu byly dopočítány dle metodiky uvedené v kapitole č. 4.3.2.

Z výsledků uvedených v tabulce č. 13 je patrné, že se snižujícím se zastoupením kalu v mixu se přímo úměrně snižuje koncentrace mikropolutantů. Další zjevný trend z těchto výsledků je i snížení koncentrací daných látek u variant s použitím žížal. Tomuto jevu se věnuje samostatná kapitola 5.5.

Tabulka 13 - sumární porovnání vstupních koncentrací a koncentrací na konci vermikompostování v ng/g u varianty 100, 75, 50 a 25 % čistírenského kalu

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]											
	VS / VM				VK vermís +				VK vermís -			
	100	75	50	25	100	75	50	25	100	75	50	25
Amitriptylin	5,19	3,38	1,99	0,89	3,75	4,09	2,86	1,88	4,71	4,69	3,15	2,01
Atenolol	5,11	3,33	1,96	0,88	2,75	3,68	2,90	2,06	3,25	3,70	2,50	2,20
Atorvastatin	12,37	8,07	4,76	2,13	0,92	1,72	NA	NA	2,44	1,66	1,34	NA
Bisfenol A	88,78	57,90	34,15	15,31	28,91	74,38	32,82	16,21	48,45	70,96	28,76	17,86
Carbamazepin	38,51	25,11	14,81	6,64	33,63	33,97	23,29	17,53	38,29	36,42	29,48	18,76
Carbamazepin 10,11-epoxid	3,72	2,43	1,43	0,64	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cetirizin	78,95	51,49	30,36	13,61	44,15	65,63	42,73	22,79	45,70	55,99	44,55	20,11
Citalopram	440,28	287,14	169,34	75,91	403,30	464,65	291,72	165,48	332,00	444,50	294,38	146,05
Clarithromycin	89,02	58,05	34,24	15,35	9,35	12,59	9,13	5,27	13,13	8,35	7,16	5,85
Daidzein	14,73	9,61	5,67	2,54	3,48	4,45	3,06	2,06	3,82	4,55	3,00	2,22
Diclofenac	284,22	185,36	109,32	49,00	8,33	4,99	4,00	2,98	11,68	5,55	5,63	3,88
Equol	8,85	5,77	3,40	1,53	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Estron	15,64	10,20	6,02	2,70	3,46	6,06	3,53	2,34	3,25	4,46	3,64	5,18
Gabapentin	15,45	10,07	5,94	2,66	5,42	10,31	2,88	2,41	5,39	6,73	4,06	2,91
Genistein	14,81	9,66	5,70	2,55	3,49	5,99	3,96	2,28	3,33	4,30	3,62	3,61
Hydrochlorothiazid	103,93	67,78	39,97	17,92	20,89	34,73	19,92	5,12	23,19	30,01	22,58	6,86
Ibuprofen	87,33	56,96	33,59	15,06	NA	8,52	7,04	4,07	9,77	8,71	7,16	6,17
Kofein	141,81	96,04	60,84	32,92	45,81	42,10	26,67	17,19	53,93	40,43	28,14	16,47
Lamotrigin	104,84	68,38	40,32	18,08	20,55	24,10	14,26	7,56	41,20	26,02	17,28	7,90
Metoprolol	82,56	53,84	31,75	14,23	15,25	13,36	6,34	4,45	17,83	10,55	6,69	5,24
Mirtazapin	63,26	41,87	25,41	12,36	29,43	28,69	12,77	5,76	32,32	26,30	18,01	7,26
Omeprazol	1,27	0,83	0,49	0,22	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Paracetamol	85,72	55,90	32,97	14,78	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Paraxanthin	28,60	18,65	11,00	4,93	7,91	5,92	4,60	3,31	7,77	6,98	4,17	3,69
Sulfamethoxazol	21,42	13,97	8,24	3,69	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Sulfanilamid	15,82	10,32	6,09	2,73	3,38	4,49	3,88	1,96	9,18	6,77	4,08	2,58
Sulfapyridin	15,22	10,52	6,90	4,02	1,93	2,74	2,24	1,50	3,41	3,89	2,44	1,80
Telmisartan	10161,60	6628,44	3910,61	1755,10	8573,64	10002,63	5556,93	4947,61	9129,55	8477,47	5692,34	3211,24
Tramadol	36,55	23,84	14,06	6,30	28,28	27,89	14,90	8,73	22,64	18,70	16,29	7,18
Triclosan	543,24	354,28	208,94	93,66	218,50	109,06	38,87	11,56	453,58	228,46	101,87	46,52
Trimethoprim	45,06	29,39	17,33	7,77	4,45	4,14	2,90	2,04	4,05	4,20	3,89	2,29
Venlafaxin	33,97	22,73	14,09	7,24	33,82	36,60	20,19	12,90	27,23	24,79	48,07	11,83

5.3.2 Obsah mikropolutantů u žířal

Po ukončeném vermikompostování byly stanoveny koncentrace také v žířalách. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce č. 14. Jsou zde zaneseny pouze varianty 75, 50, 25 a 0 % čistírenského kalu. Jak je z této tabulky patrné, oproti vstupním hodnotám, kde byly stanoveny dva mikropolutanty a to kofein (6,05±1,19 ng/g) a telmisartan (2,24±0,19 ng/g), zde bylo detekováno dalších pět látek (karbamazepin, cetirizin, citalopram, diclofenac a triclosan).

Tabulka 14 - výsledné koncentrace ng/g mikropolutantů v žířalách

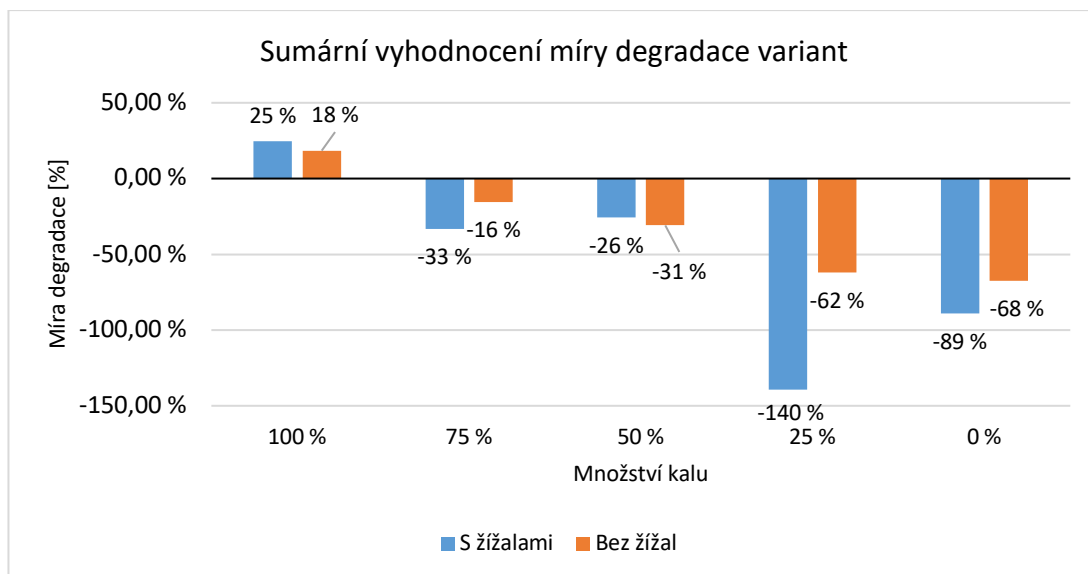
Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]			
	75	50	25	0
Kofein	32,12	10,58	15,83	14,99
Karbamazepin	13,55	21,56	5,71	NA
Cetirizin	8,44	9,53	7,00	NA
Citalopram	19,36	34,57	18,97	NA
Diclofenac	7,19	8,27	4,83	NA
Telmisartan	151,54	151,31	121,14	10,62
Triclosan	14,78	14,15	5,41	NA

5.4 Efekt žížal u degradace mikropolutantů

Výsledná data uvedená v této kapitole byla vyhodnocena na základě metodiky popsané v kapitole 4.3.4. Hodnoty byly vždy seřazeny od nejvyššího efektu žížal. Záporné hodnoty efektu byly z důvodu přehlednosti ponechány pouze ve výsledcích uvedených v příslušných tabulkách (příloha č. VII až XI). Grafy znázorňují pouze kladné hodnoty (případně nulové). Sumární vyhodnocení vychází z celkové sumy všech koncentrací mikropolutantů dané varianty s žížalami. Parametr „ Σ VS / VM“ byl stanoven jako suma koncentrací mikropolutantu vstupní suroviny (pouze u varianty 100 % čistírenského kalu), a vstupního mixu (zbytek variant 75, 50, 25 a 0 % čistírenského kalu). „ Σ VK verm. +“ vyjadřuje sumu koncentrací mikropolutantů stanovených ve vermikompostovaném materiálu na konci experimentu s použitím žížal. „ Σ VK verm. -“ vyjadřuje stejný parametr bez použití žížal.

Tabulka 15 - sumární vyhodnocení míry degradace mikropolutantů

Varianta [%]		Koncentrace [ng/g]			Podíl [%]		
Kal	Sl. pelety	Σ VS / VM	Σ VK verm. +	Σ VK verm. -	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
100	0	12687,83	9554,79	10351,06	24,69%	18,42%	6,28%
75	25	8281,31	11037,50	9565,14	-33,28%	-15,50%	-17,78%
50	50	4891,68	6154,38	6404,28	-25,81%	-30,92%	5,11%
25	75	2203,35	5277,05	3567,70	-139,50%	-61,92%	-77,58%
0	100	19,09	36,07	31,97	-88,98%	-67,50%	-21,48%

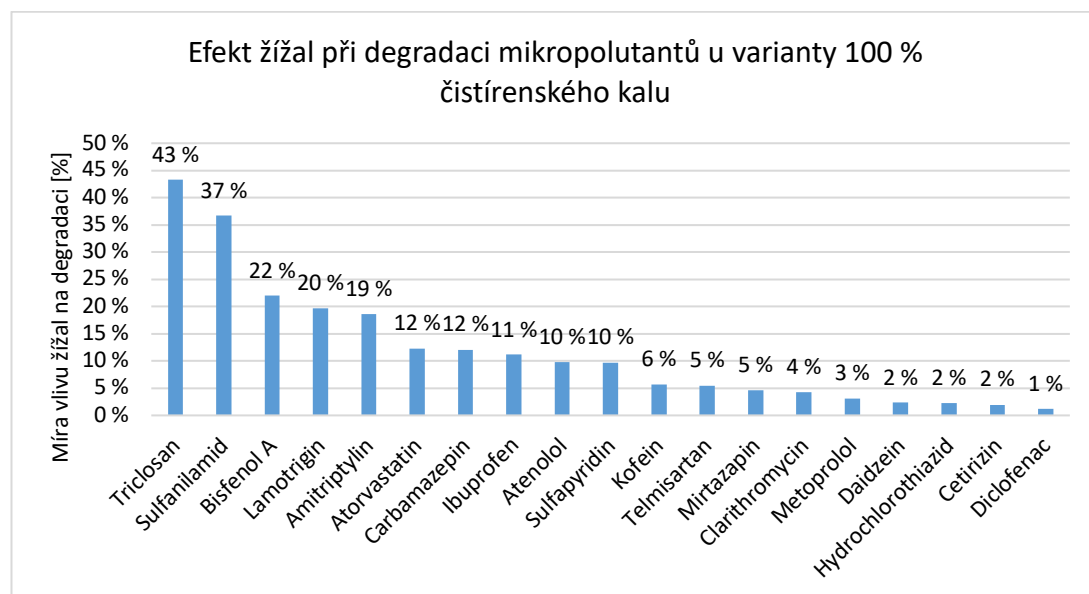


Obrázek 11 - sumární vyhodnocení degradace mikropolutantů

Na obrázku 11 graf znázorňuje pro každou variantu čistírenského kalu (100 % až 0 %) míru degradace s použitím žížal (modré sloupce) a bez použití žížal (oranžové sloupce). Z těchto výsledků je patrné, že pro posouzení vlivu žížal je nutná podrobnější analýza. Sumarizovaná data nám pouze dávají přehled o tom, jakým způsobem se mění koncentrace všech stanovovaných látek v experimentu. Varianty s žížalami a bez žížal se od sebe značně liší nejvíce u varianty 25 % čistírenského kalu. Komplexní sumární vyhodnocení je uvedeno v příloze č. XIX.

5.4.1 Varianta 100 % čistírenského kalu

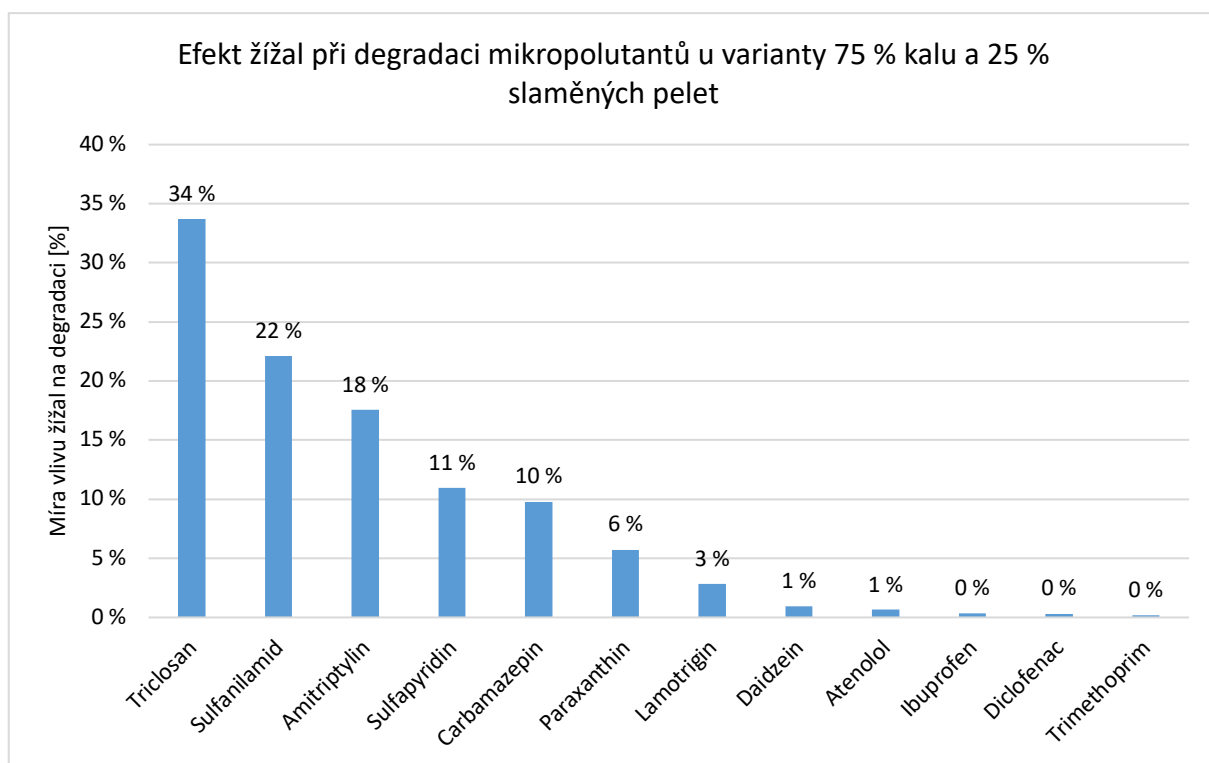
První varianta pouze s vermikompostováním čistírenského kalu vykazovala nejvyšší míru efektu žížal u triclosanu (43 %), sulfanilamidu (37 %), bisfenolu A (22 %), lamotriginu (20 %) a amitriptylinu (19 %). Pět mikropolutantů vyšlo s nulovým efektem žížal (paracetamol, carbamazepin 10,11-epoxid, equol, omeprazol, sulfamethoxazol). Tento jev je dán úplnou degradací těchto látek u obou variant (vermis + i -), respektive koncentrací na konci vermikompostování nižší než mez detekce. Posledních šest mikropolutantů (trimethoprim, genistein, estron, tramadol, citalopram, venlafaxin) vykazovalo na konci vermikompostování vyšší koncentraci než na začátku. Z tohoto důvodu vyšel parametr efekt žížal záporný a v grafu na obrázku č. 12 zobrazovány nejsou. Podrobná data jsou uvedena v příloze VII.



Obrázek 12 - graf míry efektu žížal u varianty 100 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)

5.4.2 Varianta 75 % kal a 25 % sl. pelet

Podobně jako u předchozí varianty, nejvyšší míra efektu žížal se projevila u triclosanu (34 %) a sulfanilamidu (22 %). Bisfenol A, který vyšel v předchozí variantě s mírou efektu žížal 22 % již ve variantě 75 % nevykazoval pozitivní hodnotu tohoto efektu (-6 %). Dalšími mikropolutanty s vysokou mírou efektu žížal byly amitriptylin (18 %), sulfapyridin (11 %) a carbamazepin (10 %). U látek ibuprofen, diclofenac a trimethoprim vyšel efekt nulový, a to kvůli stejné míře degradace u variant s žížalami i bez nich. Nicméně nedošlo k úplné degradaci pod míru detekce. Látky carbamazepin 10,11-epoxid, equol, omeprazol, paracetamol a sulfamethoxazol vykazovaly na konci vermikompostování úplnou degradaci mikropolutantu. Výsledky jsou znázorněny v následujícím grafu na obrázku 13 a v tabulce v příloze VIII.

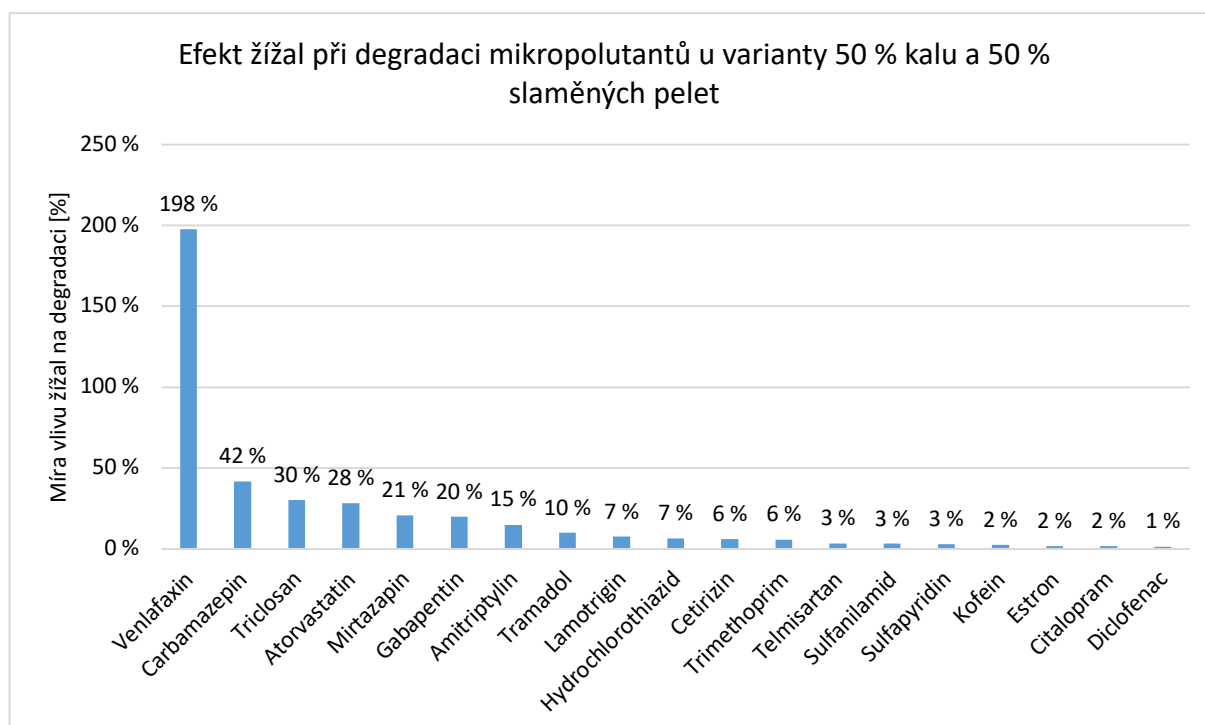


Obrázek 13 - graf míry efektu žížal u varianty 75 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)

5.4.3 Varianta 50 % kal a 50 % sl. pelet

Nejvyšší míru efektu žížal vykazuje ve variantě 50 % čistírenského kalu látka venlafaxin 198 %, zatímco u varianty 75 % odpovídala efektu -52 % a umístila se na poslední pozici v tabulce. Stejně tak tomu bylo u varianty 100 % čistírenského kalu, kde na poslední pozici s hodnotou efektu -19 % zaujímala poslední místo. Tento vysoký rozdíl je způsoben velmi vysokou koncentrací u varianty bez žížal (48,07 ng/g oproti původních 14,09 ng/g). Skutečná míra efektu je tudíž spekulativní.

Látky vykazující vysokou míru u této varianty byly dále carbamazepin (42 %), triclosan (30 %), atorvastatin (28 %), mirtazapin (21 %) a gabapentin (20 %). U carbamazepinu a triclosanu vyšly parametry velmi podobně, jako u předchozích variant. Látky carbamazepin 10,11-epoxid, equol, omeprazol, paracetamol a sulfamethoxazol byly zcela degradovány (pod mez detekce). Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. IX a grafu na obrázku 14.

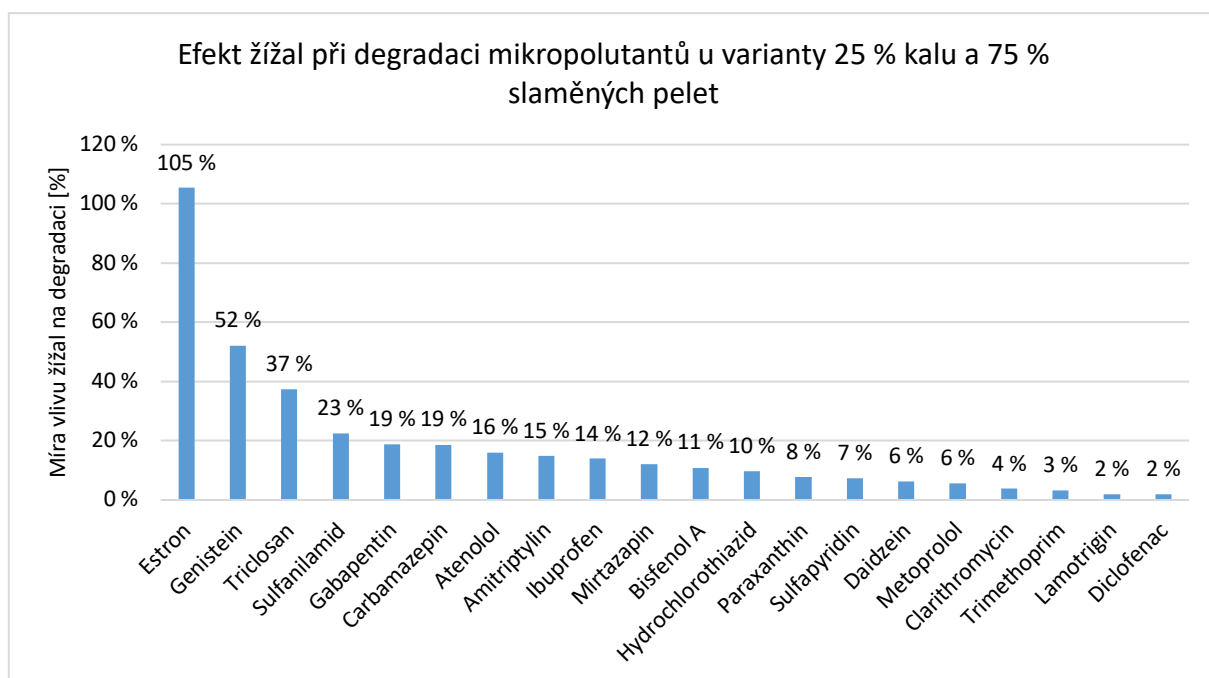


Obrázek 14 - graf míry efektu žížal u varianty 50 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)

5.4.4 Varianta 25 % kal a 75 % sl. pelet

Tato varianta je poslední variantou, kde byl použit čistírenský kal. Estron s hodnotou 105 % se dostal na první místo tabulky. Ovšem v tomto případě se jedná o velmi vysoké hodnoty koncentrace u varianty bez žížal (5,18 ng/g oproti původním 2,70 ng/g). Podobně jako u venlafaxinu z varianty 50 % čistírenského kalu je míra efektu variabilní.

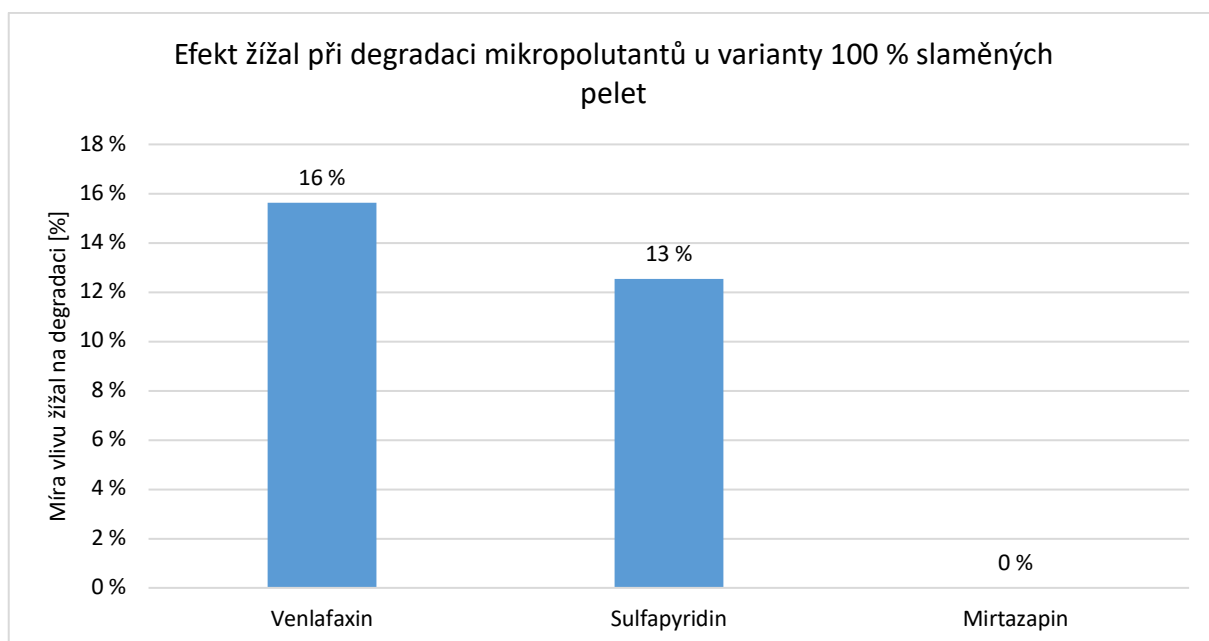
Efekt žížal byl dále vysoký u látek genistein (52 %), triclosan (37 %), sulfanilamid (23 %), gabapentin (19 %) a carbamazepin (19 %). Látky atorvastatin, carbamazepin 10,11-epoxid, equol, omeprazol, paracetamol a sulfamethoxazol byly degradovány pod mez stanovení. V následujícím obrázku č. 15 jsou uvedeny v grafu výsledky pro tuto variantu, podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. X.



Obrázek 15 - graf míry efektu žížal u varianty 25 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)

5.4.5 Varianta 100 % slaměných pelet

V poslední variantě, kde se vermikompostovaly pouze slaměné pelety se pozitivní efekt žížal projevil u dvou látek. První byla venlafaxin (16 %) a druhá sulfapyridin (13 %). Zcela degradovaná byla látka mirtazapin. U kofeinu a telmisartanu míra efektu žížal vyšla se zápornými hodnotami. Tabulka výsledků k této variantě je uvedena v příloze č. XI a následujícím grafu na obrázku č. 16.



Obrázek 16 - graf míry efektu žížal u varianty 100 % slaměných pelet (seřazeno od nejvyššího efektu)

5.5 Vermiakumulace

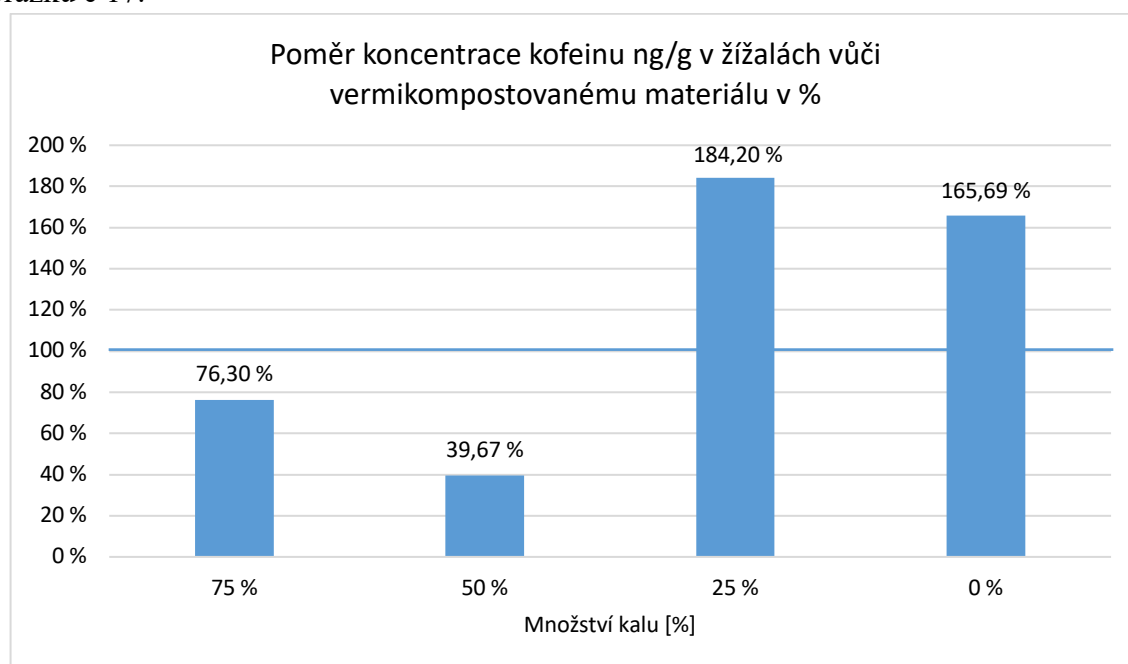
Dva mikropolutanty, u kterých se projevilo zvýšení koncentrace, byly již v žížalách stanoveny před experimentem v kapitole 5.2.3 (kofein $6,05 \pm 1,19$ ng/g a telmisartan $2,24 \pm 0,19$ ng/g). Dalších pět mikropolutantů přibýlo (karbamazepin, cetirizin, citalopram, diclofenac a triclosan). V této kapitole jsou uvedeny výsledky vermiakumulace pro všechny tyto mikropolutanty dle metodiky uvedené v kapitole 4.3.4.

V následujících tabulkách a grafech chybí varianta 100 % čistírenského kalu, u které na konci vermikompostování nebyly zaznamenány vlivem vysoké mortality žádné životaschopné žížaly. Výsledky koncentrace mikropolutantu v žížale vychází ze dvou měření (1. var. A, 2. var. C). Koncentrace dané látky v žížalách byla následně porovnávána s koncentrací látky ve vermikompostovaném materiálu (stanovené na konci vermikompostování).

Zásadní pro vermiakumulaci je sledování 2 hodnot, a to koncentrací v žížalách a dále poměr % v žížalách. Ačkoliv mnohdy poměr vykazoval nízké hodnoty (například u mikropolutantu citalopram byla hodnota parametru maximálně 11,85 %), reálné koncentrace mohou být i tak velmi vysoké (v případě telmisartanu až $151,54 \pm 112,83$ ng/g). Jednotlivé látky jsou blíže popsány v následujících podkapitolách.

5.5.1 Kofein

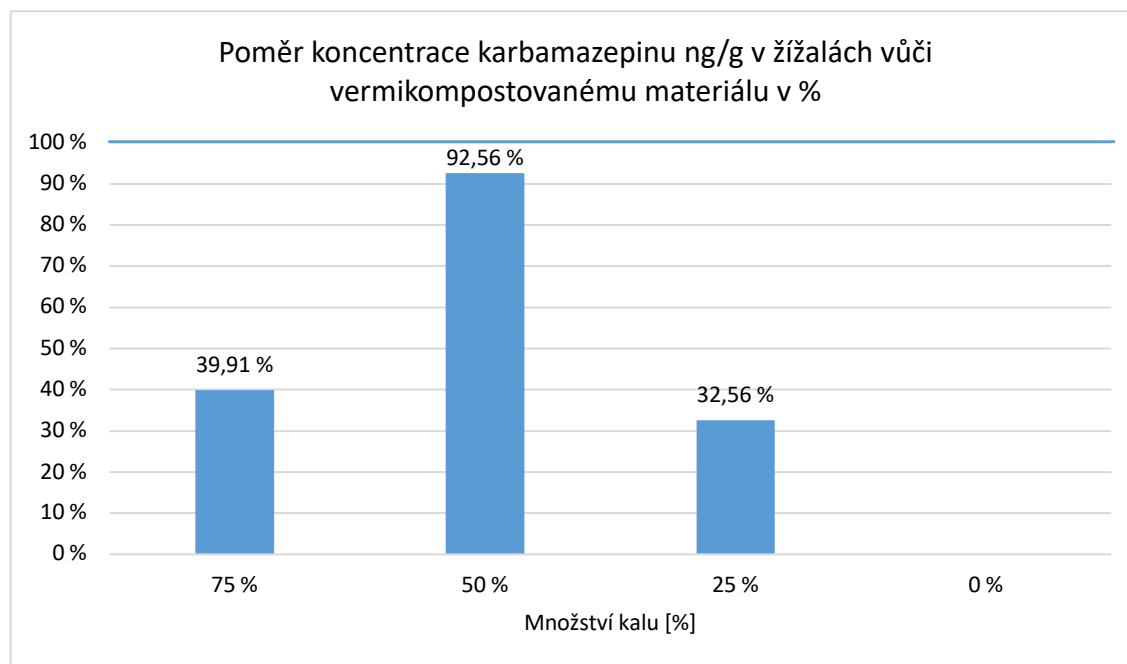
První ze dvou látek detekovaných v žížalách před samotným začátkem vermikompostování byl kofein. Oproti původní koncentraci v žížalách ($6,05 \pm 1,19$ ng/g) se na konci procesu koncentrace výrazně zvýšila. Nejvíce u varianty 75 % čistírenského kalu ($32,12 \pm 31,45$ ng/g) a 25 % čistírenského kalu ($31,66$ ng/g). Poměr kofeinu v žížalách u variant 75 a 50 % byl pod hranicí koncentrace okolního vermikompostovaného materiálu (76,30 % a 39,67 %). K relativně vysoké míře vermiakumulace došlo u variant 25 a 0 % čistírenského kalu (184,20 % a 165,69 %). Podrobné výsledky jsou uvedeny v příloze č. XII a následujícím obrázku č 17.



Obrázek 17 - poměr koncentrace kofeinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.2 Karbamazepin

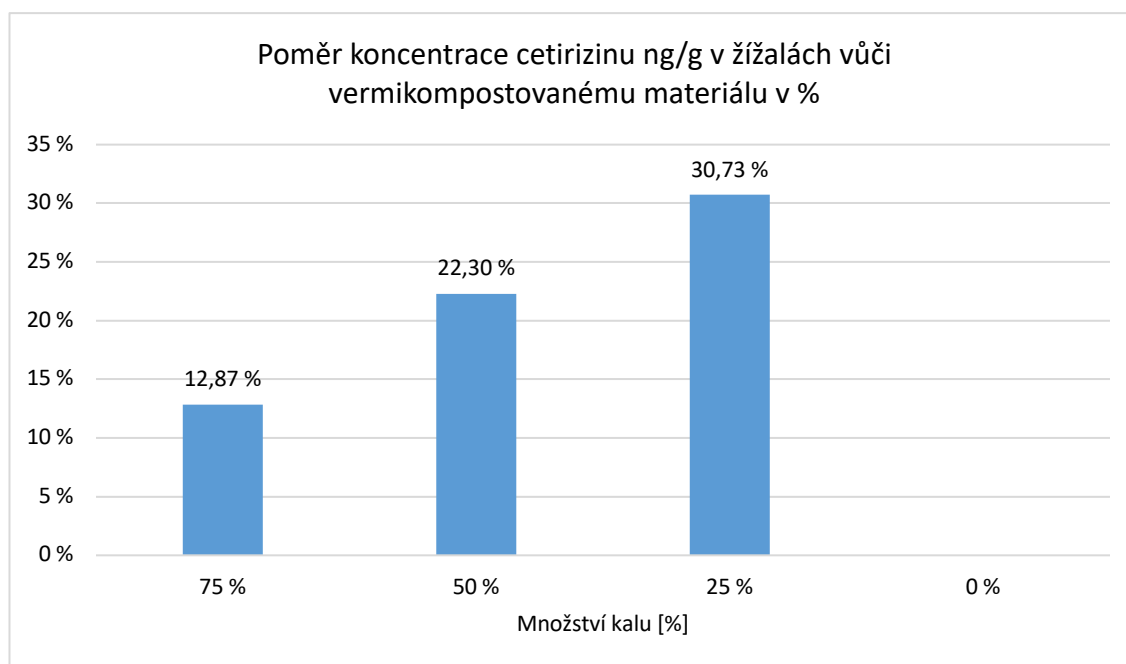
Mikropolutant karbamazepin vykazoval v žížalách nejvyšší koncentraci u varianty 50 % ($21,56 \pm 22,29$ ng/g), což ve srovnání s vermikompostovaným materiálem této varianty ($23,29 \pm 2,05$ ng/g) představuje poměr 92,56 %. U variant 75 % a 25 % je již poměr nižší a u varianty 100 % slaměných pelet se v žížalách nedetekovalo žádné množství této látky. Výsledky jsou uvedeny v následujícím obrázku č. 18 a v příloze č. XIII.



Obrázek 18 - poměr koncentrace kofeinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.3 Cetirizin

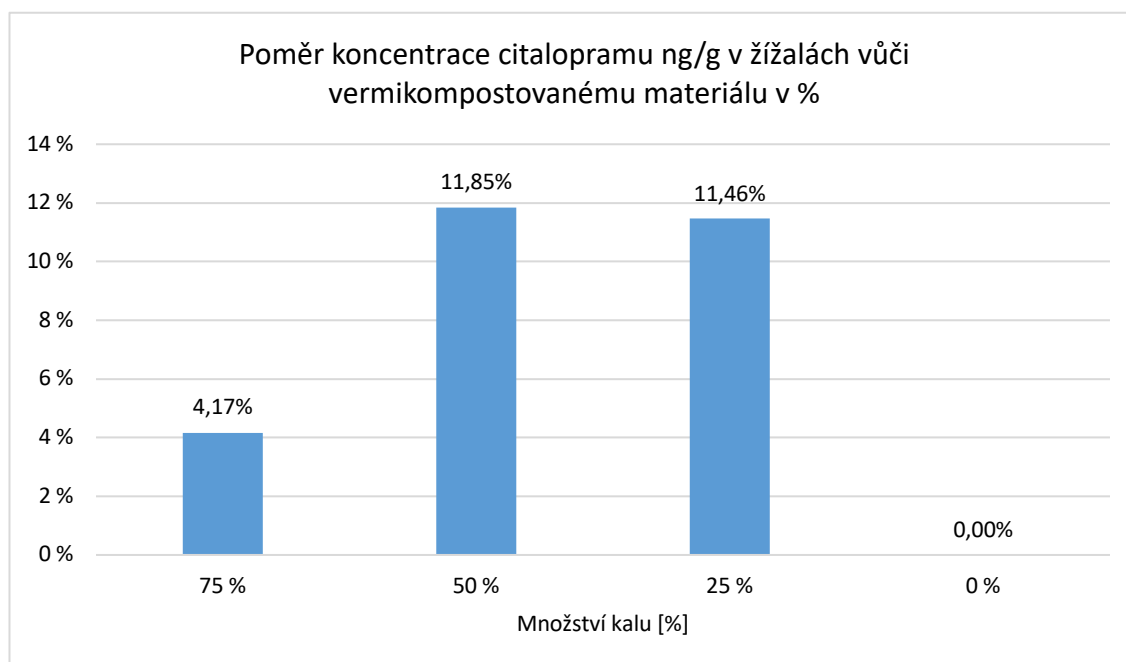
Vermiakumulace v případě cetirizinu dosáhla maximální úrovně 30,73 % a to v případě varianty 25 % čistírenského kalu. Nicméně nejvyšší koncentrace byla zaznamenána u varianty 50 % ($9,53 \pm 0,40$ ng/g). Podrobné výsledky jsou uvedeny v následujícím obrázku č. 19 a v příloze č. XIV.



Obrázek 19 – poměr koncentrace cetirizinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.4 Citalopram

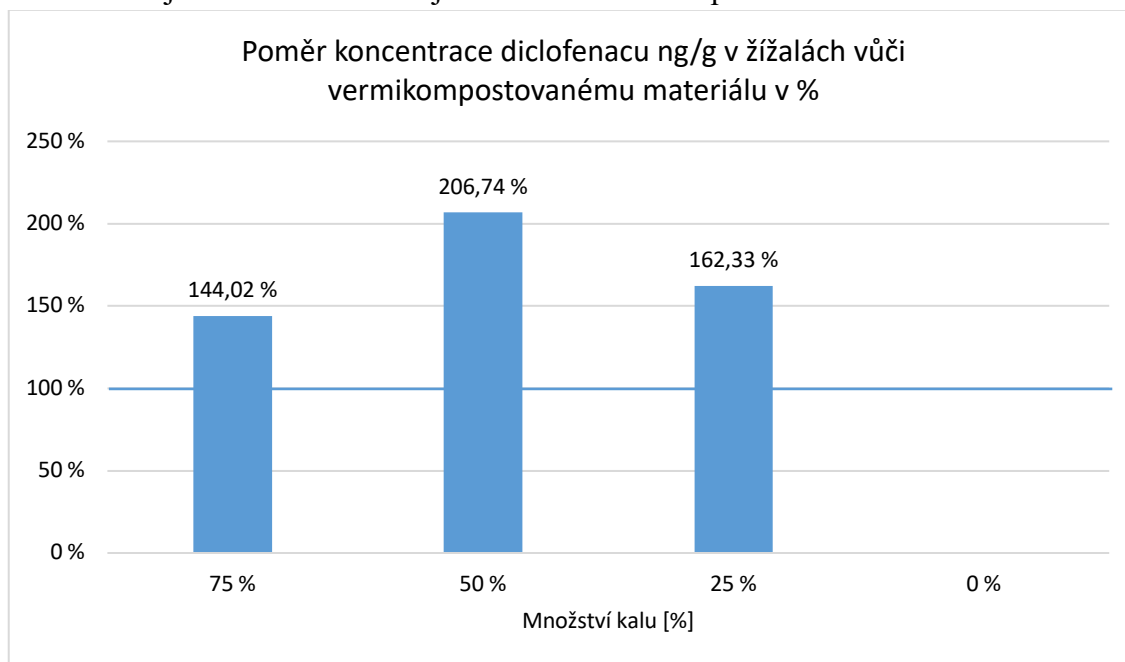
Nejslabší míra vermiakumulace byla stanovena u látky citalopram. Ačkoliv koncentrace stanovené v žížalách byly poměrně vysoké (až $34,57 \pm 0,08$ ng/g u varianty 50 %), koncentrace ve vermikompostovaném materiálu byly průměrně o řád vyšší (až $464,65 \pm 37,28$ ng/g u varianty 75 % čistírenského kalu). Výsledky vermiakumulace citalopramu jsou uvedeny v následujícím obrázku č. 20 a příloze č. XV.



Obrázek 20 – poměr koncentrace citalopramu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.5 Diclofenac

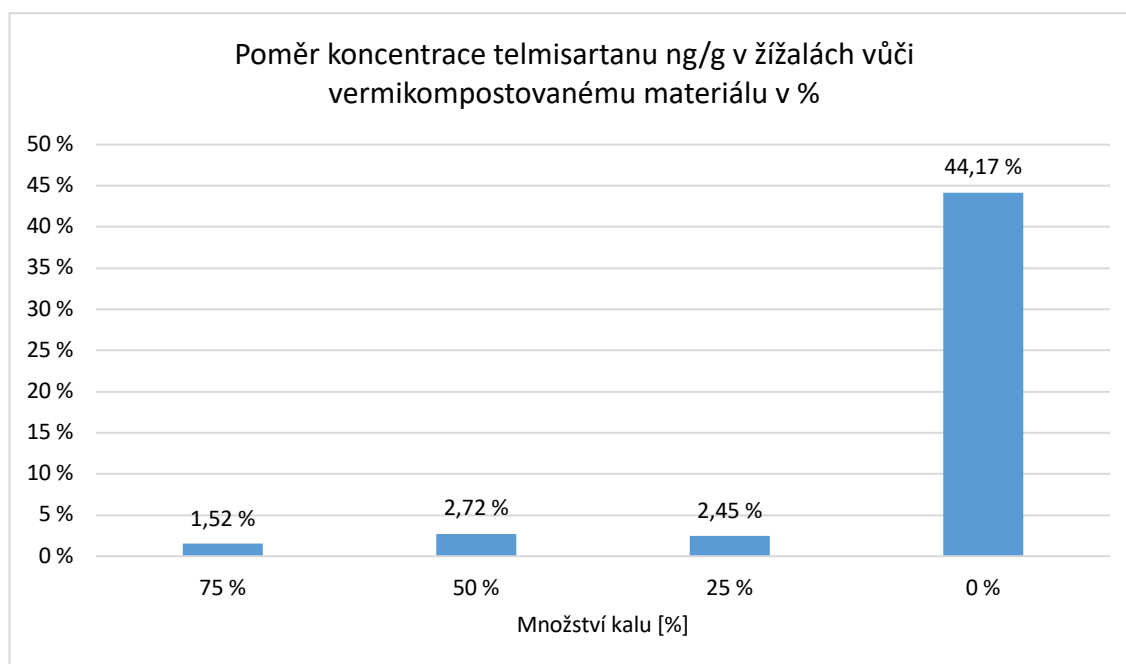
Mikropolutant diclofenac představuje nejvyšší poměr koncentrace v žížalách (až 206,74 % u varianty 50 %), což sice představuje více než dvojnásobnou koncentraci, než byla stanovena v okolním prostředí. Nicméně absolutní hodnoty koncentrací jsou relativně nízké. Maximální hodnota byla stanovena u varianty 50 % ($8,27 \pm 1,41$ ng/g). Vermiakumulace diclofenacu je uvedena v následujícím obrázku č. 21 a příloze č. XVI.



Obrázek 21 – poměr koncentrace diclofenacu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.6 Telmisartan

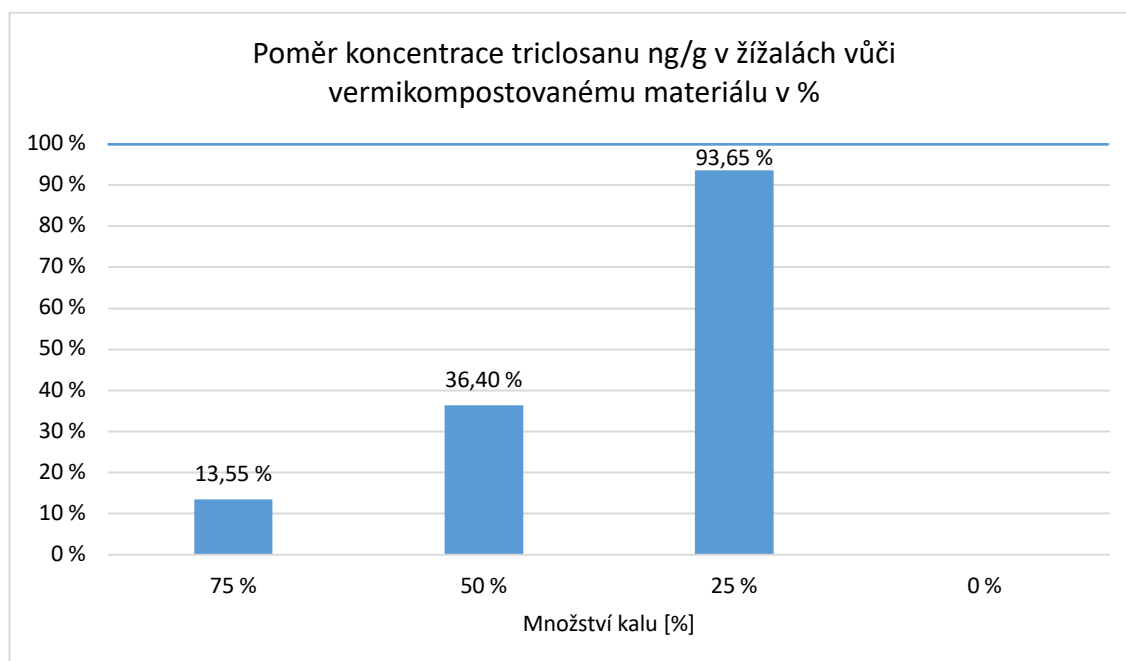
Podobně jako u kofeinu byl telmisartan detekován v žížalách již před začátkem experimentu. Z původních $2,24 \pm 0,19$ ng/g se koncentrace zvýšila až na $151,54 \pm 112,83$ ng/g a to konkrétně u varianty 75 % čistírenského kalu. Ovšem vzhledem k vysokým hodnotám ve vermikompostovaném materiálu (až $10002,63 \pm 808,43$ ng/g) se jedná o poměrově nízké koncentrace obsažené v žížalách. I přes tento fakt je telmisartan mikropolutantem obsaženým v tomto experimentu v žížalách v nejvyšších koncentracích. Kompletní výsledky vermiakumulace telmisartanu jsou uvedeny v následujícím obrázku č. 22 a v příloze č. XVII.



Obrázek 22 – poměr koncentrace telmisartanu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.5.7 Triclosan

Poslední detekovanou látkou v žížalách je mikropolutant triclosan. Nejvyšší poměr v žížalách vykazovala varianta 25 % čistírenského kalu (93,65 %) a nejvyšší hodnotu koncentrace varianta 75 % ($14,78 \pm 6,61$ ng/g). Vermiakumulace triclosanu je uvedena v následujícím obrázku č. 23 a příloze č. XVIII.



Obrázek 23 – poměr koncentrace triclosanu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %

5.6 Statistické šetření

Pro prokázání nebo vyvrácení hypotéz bylo potřeba všechna data statisticky vyhodnotit. Ačkoliv vstupních hodnot bylo vysoké množství, jednotlivá měření byla prováděna v nízkém počtu opakování, což významně ovlivnilo výsledné šetření. Nejprve bylo potřeba otestovat, zda data pochází z normálního rozdělení. Na základě výsledku se poté volil vhodný test.

5.6.1 Testování rozdělení dat

Pro účel vyhodnocení, zda data pochází z normálního rozdělení či nikoliv, se na úrovni $\alpha = 0,05$ data testovala pomocí Shapiro-Wilksova testu. Nulová hypotéza byla stanovena následovně:

H₀: vybraná data nepochází z normálního rozdělení

H₁: vybraná data pochází z normálního rozdělení

Testovány byly koncentrace mikropolutantů (vstupních materiálů a žížal, koncentrace po prvním odběru, na konci vermikompostování a žížal na konci procesu). Na základě hodnoty p ($p >$ hladina významnosti α) se nulová hypotéza přijímá. Testovaná data **nepochází** z normálního rozdělení.

5.6.2 Neparametrické testování

Vzhledem k výsledku Shapiro-Wilksova testu se nabízí pouze neparametrické testování. Pro testování statisticky významného rozdílu mezi vzorky s použitím a bez použití žížal byl použit Wilcoxonův párový test (alternativa parametrického párového Studentova t-testu) rovněž na úrovni $\alpha = 0,05$. Nulová hypotéza byla stanovena tímto způsobem:

H₀: neexistuje statisticky významný rozdíl mezi koncentracemi mikropolutantů stanovených u varianty s použitím žížal a bez použití žížal

H₁: existuje statisticky významný rozdíl mezi koncentracemi vybraných mikropolutantů
Na základě hodnoty p ($p >$ hladina významnosti α) se nulová hypotéza přijímá. **Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl** mezi koncentracemi mikropolutantů s použitím a bez použití žížal.

6 Diskuze

6.1 Koncentrace mikropolutantů ve vstupních materiálech

Čistírenský kal použitý v tomto experimentu byl považován za hlavní zdroj mikropolutantů, nicméně i přes to se naměřily nezanedbatelné koncentrace některých látek i u dalších vstupních materiálů.

6.1.1 Slaměné pelety

U slaměných pelet bylo analýzou stanoveno 5 xenobiotik. Konkrétně se jedná o látky: kofein, mirtazapin, sulfapyridin, telmisartan a venlafaxin. K diskusi se nabízí, jakým způsobem se do slámy mohly tyto látky dostat. Kofein je velmi rozšířenou stimulační látkou obsaženou v kávě, mirtazapin s venlafaxinem se řadí mezi antidepresiva užívané k léčbě depresivních stavů, sulfapyridin obsahuje léčiva s protizánětlivým účinkem, telmisartan se používá pro snížení vysokého krevního tlaku.

Jednoznačně tyto látky musí být výsledkem lidské činnosti a je vysoce pravděpodobné, že právě tyto látky jsou obsaženy ve slaměných peletách kvůli hnojení čistírenskými kaly. V případě hnojení statkovými hnojivy zemědělské půdy, na které byl pěstován tento materiál, by skladba stanovených mikropolutantů byla odlišná. Rozhodně by neobsahovala látky jako například kofein nebo antidepresiva mirtazapin a venlafaxin. Shodou okolností právě analýza vstupního materiálu, který v experimentu byl použit pouze pro zředění kalu, ukázala jak se může negativně projevit hnojení tímto typem odpadu. Zároveň tento fakt poukazuje i na to, že rostliny jsou schopny tyto látky absorbovat i částečně v nezměněné podobě. Právě těchto pět xenobiotik lze bezesporu považovat za perzistentní, vezmeme-li v úvahu komplexní a dlouhou cestu těchto látek od zdroje až do rostliny.

6.1.2 Čistírenské kaly

Jednotlivé hodnoty koncentrací detekovaných 32 mikropolutantů byly značně rozptýleny. Překvapující je zejména množství telmisartanu. Dále se zde vyskytují také látky, které bychom čekali v mnohem vyšších řádech koncentrací. Vzhledem k informacím uvedených v tabulce č. 2, kde nejvíce užívanými léky jsou paracetamol (12,467 mil. balení za rok) a ibuprofen (9,503 mil. balení za rok). Právě tyto dvě látky jsou zde detekovány v nízkých řádech koncentrace. V analyzovaném vstupním čistírenském kalu koncentrace těchto dvou analgetik nepřekročily v průměru koncentraci 100 ng/g. Důvodem může být dostatečná degradace v průběhu čištění odpadních vod a nízká schopnost přecházet do pevné fáze (hlavní směr pohybu mikropolutantu je ve vypouštěné vodě).

Tuto hypotézu podporují i výsledky jiných autorů, například Castiglioni, et al. v roce 2006 vyhodnocovali míru odstranění vybraných léčiv na ČOV (jak bylo uvedeno v kapitole 3.4). Ibuprofen na přítoku činil koncentraci 122 mg/den/1000 EO, došlo k průměrně 55 % odstranění a v povrchové vodě se vyskytovalo průměrně 35 mg/den/100 EO. Je pravděpodobné, že zbylých 45 % se z větší části muselo degradovat, protože se v čistírenských kalech (analyzované v rámci této diplomové práce) objevilo velice nízké množství tohoto léčiva.

6.1.3 Žížaly

Podobně jako u slaměných pelet, u žížal se také ještě před zahájením experimentu detekovaly mikropolutanty. Ačkoliv byly pouze 2 a v malém množství, opět šlo o kofein a telmisartan. Vzhledem k původu chovu žížal a používaném substrátu (matolína – odpadní produkt při lisování vinné révy), je obsah těchto dvou látek překvapivá. Vzhledem k původu kofeinu a telmisartanu, je jistý antropogenní původ.

6.2 Koncentrace mikropolutantů v prvním odběru

Analyzovaná data uvedená ve výsledcích jsou zatížena poměrně vysokým kolísáním a vykazují nekonzistentní trendy. Tento fakt znesnadňuje potvrzení nebo vyvrácení stanovených hypotéz. Předpokladem pro tento experiment bylo snížení koncentrace s použitím žížal vůči variantě bez žížal (záporné rozdíly uvedené ve výsledcích). Tento jev se významně (nikoliv statisticky) projevil u těchto látek: bisfenol A, daidzein, sulfanilamid, sulfapyridin a triclosan. Je pravděpodobné, že právě u těchto látek bude vliv žížal na degradaci významný.

6.3 Koncentrace mikropolutantů na konci vermikompostování

Oproti prvnímu odběru bylo stanoveno ve vermikompostu o 5 látek více (tedy 28). Tento jev byl způsoben nízkými koncentracemi blížíci se mezi detekce kapalinové chromatografie. To způsobilo nedostatek dat pro vyhodnocení a data o daném mikropolutantu ztratila konzistenci, a proto byla u prvního měření vynechána (například v jednom odběru byla detekována koncentrace a v dalších již nikoliv).

6.3.1 Žížaly na konci vermikompostování

Jako zcela nezbytné pro proces vermikompostování se jeví úprava čistírenských kalů před přidáním žížal. V praxi se toho docíluje nejčastěji předkompostováním, nebo (jako v tomto případě) zředěním kalu vhodným organickým odpadem. Tuto nutnost potvrzuje i tento experiment, kdy ve variantě 100 % čistírenského kalu nastala 100 % mortalita všech žížal. Tudíž při stanovování obsahu látek v žížalách na konci vermikompostování nebylo možné u varianty bez slaměných pelet tento parametr stanovit v důsledku absence životaschopného jedince. Vzniká tím otázka, co se dělo s vermikompostem u varianty bez slaměných pelet, když bylo pro žížaly toto prostředí tolik toxické a jaký to mělo výsledný vliv na výsledky. Je možné, že žížaly nějakou dobu přežívaly, ale nemohly se množit a v důsledku vysokých obsahů toxických látek nakonec zahynuly. Je potřeba zvážit i druhou variantu, kdy žížaly neměly absolutně žádný přínos pro degradaci látek vzhledem k rychlému úmrtí populace.

Zajímavé jsou výsledky u varianty 100 % slaměných pelet, kde byly detekovány jen dva mikropolutanty. Konkrétně šlo opět o kofein a telmisartan ovšem ještě ve vyšších koncentracích, než v sobě žížaly měly před procesem vermikompostování. Dokonce i v samotných slaměných peletách byla koncentrace těchto dvou látek nižší, než byla změřena u žížal po vermikompostování. Došlo tedy k určitému navýšení koncentrace těchto látek uvnitř žížal, čili vermiakumulaci.

6.4 Výsledný účinek žížal na snížení koncentrace mikropolutantů

Při vyhodnocování dat došlo u některých mikropolutantů k paradoxnímu jevu, a to zvýšením koncentrace na konci vermikompostování. Nejvýrazněji toto chování popisuje tabulka č. 15 a obrázek č. 11 v kapitole 5.5. Ve variantě 100 % slaměných pelet je sumární koncentrace o 89 % (u varianty s žížalami) a 68 % (u varianty bez žížal) vyšší než před začátkem vermikompostování. Je důležité správně interpretovat tato data. Ačkoliv se na první pohled zdají výsledky špatně pochopitelné, to co se při procesu vermikompostování dělo je typickým příkladem změn doprovázených těmito procesy.

Obecně se během kompostování dle zvolené technologie připraví vstupní suroviny, mechanicky dezintegrují, smíchají v určitém poměru a mikroorganismy (pokud mají optimální podmínky) začnou organickou hmotu rozkládat. Na začátku tedy máme určitý objem a hmotnost zakládky. Po skončení kompostování vlivem rozkladu látek se nezanedbatelná část vstupních surovin změní také v plynné produkty (jako je například oxid uhličitý) a uvolní se přebytečná kapalina. Na konci procesu tedy máme výrazně rozdílný objem i hmotnost výsledného produktu. Čím nižší objemová hmotnost (hmotnost vydělená objemem, například kg/m^3), tím lze předpokládat výraznější zvýšení koncentrací látek v kompostu, než bylo obsaženo ve vstupní biomase. Tento jev se týká samozřejmě všech látek, jako jsou živiny, rizikové prvky i polutanty.

Vzhledem k tomuto jevu nebylo možné hodnotit vliv žížal absolutně jako rozdíl koncentrace na konci oproti koncentraci na začátku, protože výsledné hodnoty neposkytují odpovědi ke stanoveným hypotézám. Proto bylo nutné porovnávat tyto rozdíly mezi variantami s žížalami a bez žížal. Po vztahování těchto rozdílů k původní koncentraci dostáváme vypovídající parametr k vyhodnocení míry degradace žížal, který dokáže eliminovat efekt akumulace látek během kompostování. Tento parametr byl v diplomové práci uveden jako efekt žížal a po sestupném seřazení (od nejvyššího efektu žížal po nejmenší) lze získat poměrně přesný přehled o tom, jaké látky jsou žížalami dobře degradovatelné.

Napříč variantami podílu směsi vstupních materiálů byly ve výsledcích rozdíly, a ne vždy všechny látky, které se s vysokým efektem degradovaly v jedné variantě, se v dalších variantách degradovaly stejně úspěšně. Jednoznačně však na základě výsledků lze žížalám přisoudit významnou pozitivní úlohu u degradace triclosanu, sulfanilamidu, amitriptylinu a carbamazepinu. Dále také s menším vlivem u lamotriginu, bisfenolu A a atorvastatinu. Mezi jednotlivými mikropolutanty jsou v míře degradace také významné rozdíly. Některé látky jsou téměř nedegradovatelné ať už s použitím žížal nebo bez, u některých je zase z výsledků patrný významný pokles koncentrace.

6.5 Vermiakumulace

Vzhledem k analyzovaným vzorkům žížal před experimentem a po něm bylo možné posoudit, co se z hlediska mikropolutantů uvnitř žížal děje. Vermiakumulace je stěžejním faktorem limitující tuto perspektivní technologii. Vlivem žížal sice dochází ke snižování některých látek, důležitý je ovšem mechanismus této „degradace“. U některých látek totiž snížení koncentrace může představovat nejenom degradaci, ale i akumulaci v tělech žížal. Vermikompostováním čistírenských kalů tedy snížíme obsahy daných polutantů a vyřešíme tím

jeden problém, ovšem okamžitě nastává problém následující – jak nakládat s žížalami, které ve svých tělech mají naakumulované polutanty. Této problematice se věnuje několik autorů, například Shore et al. v roce 2014 (jak bylo podrobněji popsáno v kapitole 3.6.4), kteří publikovali výsledky své práce, kde právě vermiakumulaci léčiv označují za velmi slabé místo celé metody vermikompostování.

Problém to představuje hned ze dvou důvodů. Není příliš velkým problémem separovat žížaly z vermikompostu, často se toho docílí jednoduše přidáním čerstvého materiálu (zakládky), kam si žížaly přirozeně přelezou. Nicméně máme stále žížaly neseparovány od vermikompostu nebo jiných materiálů, jen jsou odděleny od výsledného produktu. V případě pečlivého oddělení a separace žížal od jakýchkoliv příměsí a matric nastává ekonomický problém, protože se jedná většinou o časově náročné metody. Druhým problémem představuje způsob nakládání s žížalami. V případě nekontaminovaných žížal je spektrum využití široké, nicméně využití pro žížaly s vysokou bioakumulací léčiv prozatím neexistuje.

Jedno z možných řešení je neseparování žížal a ponechání populace přirozeně tak, jak se ve vermikompostu vyskytují. Tato možnost má ale své omezení v ohledu na bioakumulační limity žížal. Tyto organismy budou vermiakumulovat mikropolutanty do určitých úrovní, a poté se buď přestane koncentrace kontaminantů uvnitř organismu zvyšovat, nebo organismus zahyne. V obou případech to znamená snížení efektivity žížal na degradaci mikropolutantů. Je totiž možné, že měřitelný efekt žížal bude možný jen v případě použití „nových“ žížal v každé další zakládce.

Výsledky vermiakumulace z předchozích kapitol byly jednoznačně prokázány u sedmi látek. Významné hodnoty koncentrací byly zjištěny u pěti z nich. Nejproblematictější z hlediska parametru vermiakumulace budou představovat pravděpodobně látky telmisartan a kofein.

6.6 Design experimentu a statistické šetření

Obecně lze zhodnotit experiment za velmi úspěšný. Jeho komplexnost pomohla získat široké povědomí o tom, jaké faktory a do jaké míry ovlivňují vermikompostovací proces. Mezi hlavní faktory ovlivňující účinnost degradace mikropolutantů lze zařadit množství ředění čistírenského kalu slaměnými peletami, čas, použití žížal či nikoliv a typ kontaminantu. Nicméně vzhledem k vysoké komplexnosti těchto faktorů a vysoké náročnosti stanovení koncentrací nebylo možné získat dostatek dat pro standardní statistickou analýzu. I přes to s určitou přesností lze určit, které vlivy faktorů se jeví jako významné a jaký mají výsledný efekt na koncentrace xenobiotik.

Pro potvrzení statistickým šetřením by se musel experiment zopakovat, získat více dat a zaměřit se na konkrétní faktory. Jako optimální množství dat z jednoho měření se obecně považuje 10 a více vzorků. Výsledné hodnoty tohoto experimentu jsou často zatíženy vysokou chybou. V případě většího vzorku dat by se homogenita dat dala upravovat pomocí vylučování extrémních hodnot a tím zpřesnit statistické šetření (aritmetické průměry, směrodatné odchylky apod). Toho by se dalo docílit pomocí Dixonova testu extrémních odchylek v případě souboru s neznámým rozdělením. Ovšem pro aplikaci tohoto testu na získaná data byl zde nedostatek hodnot (například pro výpočet variačního rozpětí).

7 Závěr

Ačkoliv statistické šetření neprokázalo ani jednu ze stanovených hypotéz, na základě dílčích analýz a stanovení speciálních individuálních parametrů se podařilo identifikovat signifikantní rozdíly. To umožnilo získat odpovědi ke stanoveným hypotézám.

První hypotéza byla zaměřena na zjištění poklesu obsahu mikropolutantů v průběhu vermikompostování. K ověření hypotézy byly zjištěny matematickou metodou koncentrace stanovovaných kontaminantů na začátku vermikompostování a výsledky byly porovnány s hodnotami zjištěnými z kapalinové chromatografie na konci vermikompostování. Pro porovnání těchto hodnot byl zaveden parametr „míra degradace“ a byl stanoven pro varianty s žížalami a bez žížal. Na základě uvedených výsledků byl patrný významný pokles koncentrací stanovovaných mikropolutantů. A to u obou variant, přičemž varianty s obsahem žížal vykazovaly výraznější snížení koncentrace stanovovaných látek oproti variantám bez žížal.

Ve druhé hypotéze byl stanoven cíl prokázat, zda-li se obsahy mikropolutantů během procesu liší v nepřímé závislosti na zastoupení žížal. Pro ověření druhé hypotézy bylo nutné zavést individuální porovnávací parametr. V tomto případě se jednalo o parametr „efekt žížal“ a byla mu kvůli vysoké komplexnosti věnována v diplomové práci velká pozornost. Z uvedených výsledků byl pozorován významný rozdíl minimálně u triclosanu, sulfanilamidu, amitriptylu a carbamazepinu ve prospěch variant se žížalami. O něco nižší, ale přesto stále vysoké rozdíly byly dále stanoveny u dalších několika látek.

V poslední stanovené hypotéze bylo potřeba ověřit, zda jsou rozdíly ve změnách obsahů kontaminantů mezi jednotlivými mikropolutanty. Vlivy různých látek na degradaci byly posouzeny také na základě parametru „míry degradace“. Z něho byly patrné signifikantní rozdíly mezi jednotlivými látkami. Jako velmi stabilní látky se ukázaly například carbamazepin, telmisartan, citalopram nebo venlafaxin. Většina ostatních látek však na konci vermikompostování vykazovaly zásadní, nebo dokonce úplné degradace ve srovnání s výsledky na začátku procesu.

Diplomová práce na základě rozboru literatury a následném ověření v experimentální části potvrdila pozitivní efekt žížal během procesu vermikompostování na degradaci stanovovaných mikropolutantů obsažených v čistírenských kalech ve směsi se slaměnými peletami. Na základě výsledků lze vermikompostování doporučit k bližšímu prozkoumání ve vztahu snižování obsahu léčiv, látek osobní potřeby a endokrinních disruptorů v životním prostředí. Pro přesnější a statisticky průkaznému vyhodnocení bude potřeba odebrat a analyzovat větší množství vzorků. Nicméně aplikace vermikompostovaného čistírenského kalu na zemědělskou půdu pravděpodobně bude představovat významně nižší riziko z pohledu kontaminace půdy mikropolutanty, než neošetřená varianta.

8 Literatura

Andreozzi R, Caprio V, Marotta R, Vogna D. 2003. Paracetamol oxidation from aqueous solutions by means of ozonation and H₂O₂/UV system. *Water Research* **37**:993-1004.

Andreozzi R, Raffaele M, Nicklas P. 2003. *Chemosphere* **50**:1319-1330.

Arnold KE, Brown R, Ankley GT, Sumpter JP. 2014. Medicating the environment: assessing risks of pharmaceuticals to wildlife and ecosystems. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **369**:20130569.

Awasthi MK, Pandey AK, Khan J, Bundela PS, Wong JWC, Selvam A. 2014. Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting. *Bioresource Technology* **168**:214-221.

Aydin S, Aydin ME, Tekinay A, Kilic H. 2017. Antidepressants in urban wastewater treatment plant: Occurrence, removal and risk assessment. *Global Nest Journal* **19**:100-106.

Bergé A, Vulliet E. 2015. Development of a method for the analysis of hormones and pharmaceuticals in earthworms by quick, easy, cheap, effective, rugged and safe (QuEChERS) extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **407**:7995-8008.

Bindzar J. 2009. *Základy úpravy a čištění vod*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.

Bruggen BVD, Everaert K, Wilms D, Vandecasteele C. 2001. Application of nanofiltration for removal of pesticides, nitrate and hardness from ground water: rejection properties and economic evaluation. *Journal of Membrane Science* **193**:239-248.

Calamari D, Zuccato E, Castiglioni S, Bagnati R, Fanelli R. 2003. Strategic Survey of Therapeutic Drugs in the Rivers Po and Lambro in Northern Italy. *Environmental Science & Technology* **37**:1241-1248.

Carter L, Ryan JJ, Boxall A. 2016. Effects of soil properties on the uptake of pharmaceuticals into earthworms. *Environmental Pollution* **213**:922-931.

Carter LJ, Garman CD, Ryan J, Dowle A, Bergström E, Thomas-Oates J, Boxall BA. 2014. Fate and Uptake of Pharmaceuticals in Soil–Earthworm Systems. *Environmental Science & Technology* **48**:5955-5963.

Castellanos BH, Ortiz-Ceballos AI, Martinez S, Noa-Carrazana JC, Luna-Guido M, Dendooven L, Contreras-Ramos SM. 2013. Removal of benzo(a)pyrene from soil using an endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). *Applied Soil Ecology* **70**:62-69.

Castiglioni S, Bagnati R, Fanelli R, Pomati F, Calamari D, Zuccato E. 2006. Removal of Pharmaceuticals in Sewage Treatment Plants in Italy. *Environmental Science & Technology* **40**:357-363.

Clara M, Strenn B, Ausserleitner M, Kreuzinger N. 2004. Comparison of the behaviour of selected micropollutants in a membrane bioreactor and a conventional wastewater treatment plant. *Water Science & Technology* **50**:29-36.

Contreras-Ramos SM, Alvarez-Bernal D, Dendooven L. 2008. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil amended with biosolid or vermicompost in the presence of earthworms (*Eisenia fetida*). *Soil Biology and Biochemistry* **40**:1954-1959.

Coutino-Gonzalez E, Hernandez-Carlos B, Gutierrez-Ortiz R, Dendooven L. 2010. The earthworm *Eisenia fetida* accelerates the removal of anthracene and 9, 10-anthraquinone, the most abundant degradation product, in soil. *International Biodeterioration & Biodegradation* **64**:525-529.

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Sedlář O. 2019. Využití čistírenských kalů jako zdroje organických látek, racionální použití hnojiv. Praha, ČZU v Praze.

Černý J, Balík J, Kulhánek M, Vašák F, Vaněk V. 2014. Využití kalů z čistíren odpadních vod, racionální použití hnojiv. Praha, ČZU v Praze.

Český Statistický Úřad. 2020. Vodovody, kanalizace a vodní toky. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/vodovody-kanalizace-a-vodni-toky-2019> (accessed January 2021)

Doll TE, Frimmel FH. 2003. Fate of pharmaceuticals--photodegradation by simulated solar UV-light. *Chemosphere* **52**:1757-1769.

Dominguez J, Edwards CA, Dominiguez J. 2001. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (*Oligochaeta*) in cattle waste solids. *Pedobiologia* **45**:341-353.

Dominguez J, Edwards CA. 1997. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (*Oligochaeta*) in pig manure. *Soil Biology and Biochemistry* **29**:743-746.

Dominguez J. 2004. State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. Pages 401-424 in Edwards CA, editor. *Earthworm Ecology*, 2nd Edition. CRC Press, Boca Raton.

Edwards C. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **24**:21-31.

Ellis JB. 2006. Pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in urban receiving waters. *Environmental Pollution* **144**:184-189.

Fernandez-Gomez MJ, Nogales R, Plante A, Plaza C, Fernandez JM. 2015. Application of a set of complementary techniques to understand how varying the proportion of two wastes affects humic acids produced by vermicomposting. *Waste management* **35**:81-88.

Grasserová A, Hanč A, Innemanová P, Cajthaml T. 2020. Composting and vermicomposting used to break down and remove pollutants from organic waste: a mini review. *European Journal of Environmental Sciences* **10**:9-14.

Guasch H, Ginebreda A, Geiszinger A. 2012. Emerging and Priority Pollutants in Rivers, Bringing Science into River Management Plans. Springer-Verlag, Berlin.

Gujarathii NP, Haney BJ, Linden JC. 2005. Phytoremediation Potential of *Myriophyllum aquaticum* and *Pistia stratiotes* to Modify Antibiotic Growth Promoters, Tetracycline, and Oxytetracycline, in Aqueous Wastewater Systems. International Journal of Phytoremediation **7**:99-112.

Hait S, Tare V. 2012. Transformation and availability of nutrients and heavy metals during integrated composting-vermicomposting of sewage sludges. Ecotoxicology and Environmental Safety **79**:214-224.

Hao X, Chang C, Larney FJ. 2004. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. Journal of Environmental Quality **33**:37-44.

Heberer T. 2002. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. Toxicology letters **131**:5-17.

Chachina SB, Voronkova NA, Baklanova ON. 2015. Biological Remediation of the Engine Lubricant Oil-contaminated Soil with Three Kinds of Earthworms, *Eisenia Fetida*, *Eisenia Andrei*, *Dendrobena Veneta*, and a Mixture of Microorganisms. Procedia Engineering **113**:113-123.

Chen Z, Hu S. 2019. Heavy metals distribution and their bioavailability in earthworm assistant sludge treatment wetland. Journal of Hazardous Materials **366**:615-623.

Chowdhury MA, Neergaard AD, Jensen LS. 2014. Composting of solids separated from anaerobically digested animal manure: effect of different bulking agents and mixing ratios on emissions of greenhouse gases and ammonia. Biosystems Engineering **124**:63-77.

Khatua C, Sengupta S, Balla VK, Kundu B, Chakraborti A, Tripathi S. 2018. Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using *Eisenia fetida*. Waste management **79**:287-295.

Koolivand A, Saeedi R, Coulon F, Kumar V, Villasenor J, Asghari F, Faezeh H. 2020. Bioremediation of petroleum hydrocarbons by vermicomposting process bioaugmented with indigenous bacterial consortium isolated from petroleum oily sludge. Ecotoxicology and Environmental Safety **198**:110645.

Kotyza J, Soudek P, Kafka Z, Vaněk T. 2009. Léčiva – „nový“ environmentální polutant. Chemické listy **103**:540-547.

Lam MW, Mabury SA. 2005. Photodegradation of the pharmaceuticals atorvastatin, carbamazepine, levofloxacin, and sulfamethoxazole in natural waters. Aquatic Sciences **67**:177-188.

Larsen TA, Lienert J, Joss A, Siegrist H. 2004. How to avoid pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Biotechnology* **113**:295-304.

Lavelle P. 1988. Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils* **6**:237-251.

Lenart-Boron A, Prajsnar J, Guzik M, Boron P, Chmiel M. 2020. How much of antibiotics can enter surface water with treated wastewater and how it affects the resistance of waterborne bacteria: A case study of the Białka river sewage treatment plant. *Environmental Research* **191**:110037.

Lim PN, Wu TY, Clarke C, Daud NNN. 2015. A potential bioconversion of empty fruit bunches into organic fertilizer using *Eudrilus eugeniae*. *International Journal of Environmental Science and Technology* **12**:2533-2544.

Lim SL, Lee LH, Wi TY. 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production* **111**:262-278.

Lincová D, Farghali H. 2007. Základní a aplikovaná farmakologie, druhé, doplněné a přepracované vydání. Galén, Česká republika.

Lishman L, Smyth SA, Sarafin K, Kleywegt S, Tonito J, Pearl T, Lee B, Servos M, Beland M, Seto P. 2006. Occurrence and reductions of pharmaceuticals and personal care products and estrogens by municipal wastewater treatment plants in Ontario, Canada. *Science of The Total Environment* **367**:544-558.

Lüllmann H, Mohr K. 2004. Farmakologie a toxikologie, druhé české vydání. Grada, Praha.

Mata-Alvarez J, Mace S, Llabres P. 2000. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. *Bioresource Technology* **74**:3-16.

Matouš B. 2010. Základy lékařské chemie a biochemie, první vydání. Galén, Masarykova univerzita, Praha.

Metcalf CD, Koenig BG, Bennie DT, Servos M, Ternes TA, Hirsch R. 2003. Occurrence of neutral and acidic drugs in the effluents of Canadian sewage treatment plants. *Environmental Toxicology and Chemistry* **22**:2872-2880.

Miege C, Choubert JM, Ribeiro L, Eusebe M, Coquery M. 2009. Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants - Conception of a database and first results. *Environmental Pollution* **157**:1721-1726.

Ministerstvo zdravotnictví. 2007. Zákon o léčivech a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon o léčivech). In *Sbírka zákonů České republiky*, 2007. Česká republika.

Ministerstvo životního prostředí. 2016. Vyhláška č. 437/2016 Sb. Vyhláška o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb.,

o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky 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 (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). In Sbírka zákonů České republiky 2017. Česká republika.

Ministerstvo životního prostředí. 2020. Kaly z čistíren odpadních vod. Available from https://www.mzp.cz/cz/kaly_cistiren_odpadnich_vod (accessed leden 2021).

Ministerstvo životního prostředí. 2020. Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech. In Sbírka zákonů České republiky, 2021. Česká republika.

Ministerstvo životního prostředí. 2021. Vyhláška č. 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady. In Sbírka zákonů České republiky, 2021. Česká republika

Ministerstvo životního prostředí. 2021. Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství v OPŽP 2021-2027. Available from https://www.mzp.cz/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi (accessed březem 2022).

Moreira FC, Boaventura RAR, Brillas E, Vilar VJP. 2017. Electrochemical advanced oxidation processes: A review on their application to synthetic and real wastewaters. *Applied Catalysis B: Environmental* **202**:217-261.

Morteani G, Möller P, Fuganti A, Paces T. 2006. Input and fate of anthropogenic estrogens and gadolinium in surface water and sewage plants in the hydrological basin of Prague (Czech Republic). *Environmental Geochemistry and Health* **28**:257-264.

Musielak G, Mierzwa D, Kroehnke J. 2016. Food drying enhancement by ultrasound – A review. *Trends in Food Science & Technology* **56**:126-141.

Nagavallemma KP, Wani SP, Stephane L, Padmaja VV, Challagulla V, Rao MB, Sahrawat KL. 2004. Vermicomposting: recycling wastes into valuable organic fertilizer, Global Theme on Agroecosystems Report no. 8. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India.

Ndegwa PM, Thompson SA. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* **76**:107-112.

Pošta J. 2005. Čistírny odpadních vod. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Praha.

Prakash M, Kermegam N. 2010. Vermistabilization of pressmud using *Perionyx ceylanensis* Mich. *Bioresource Technology* **101**:8464-8468.

Pramanik P, Ghosh GK, Ghosal PK, Banik P. 2007. Changes in organic – C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology* **98**:2485-2494.

Rabodonirina S, Rasolomampianina R, Krier F, Drider D, Merhaby D, Net S, Ouddane B. 2019. Degradation of fluorene and phenanthrene in PAHs-contaminated soil using *Pseudomonas* and *Bacillus* strains isolated from oil spill sites. *Journal of Environmental Management* **232**:1-7.

Radjenovic J, Petrovic M, Barcelo D. 2007. Analysis of pharmaceuticals in wastewater and removal using a membrane bioreactor. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **387**:1365-1377.

Rajendran M, Rajendram T. 2014. Performance of different species of earthworms on vermicomposting. *International Journal of Research In Agriculture and Food Sciences* **2**:2311-2476.

Reinecke AJ, Venter JM. 1987. Moisture preferences, growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida* (*Oligochaeta*). *Biology and Fertility of Soils* **3**:135-141.

Rodriguez-Campos J, Dendooven L, Alvarez-Bernal D, Contreras-Ramos SM. 2014. Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review. *Applied Soil Ecology* **79**:10-25.

Roodbari AL, Rezakazemi M. 2018. Hormones removal from municipal wastewater using ultrasound. *AMB Express* **8**:91.

Samal K, Dash RR, Bhunia P. 2018. A comparative study of macrophytes influence on performance of hybrid vermifilter for dairy wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **6**:4714-4726.

Samal K, Mohan AR, Chaudhary N, Moulick S. 2019. Application of vermitechnology in waste management: A review on mechanism and performance. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **7**:103392.

Shi Z, Liu J, Tang Z, Zhao Y, Wang C. 2020. Vermiremediation of organically contaminated soils: Concepts, current status, and future perspectives. *Applied Soil Ecology* **147**:103377.

Shi Z, Wang C, Zhao Y. 2020. Effects of surfactants on the fractionation, vermiaccumulation, and removal of fluoranthene by earthworms in soil. *Chemosphere* **250**:126332.

Shore RF, Taggart M, Smits J, Mateo R, Richards N, Fryday S. 2014. Detection and drivers of exposure and effects of pharmaceuticals in higher vertebrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **369**:20130570.

Schaefer M, Filser J. 2007. The influence of earthworms and organic additives on the biodegradation of oil contaminated soil. *Applied Soil Ecology* **36**:53-62.

Scheu S. 1992. Automated measurement of the respiratory response of soil microcompartments: Active microbial biomass in earthworm faeces. *Soil Biology and Biochemistry* **24**:1113-1118.

Schwarzenbach RP, Gschwend PM, Imboden DM. 2002. Environmental Organic Chemistry, 2nd Edition. John Wiley & L Sons, Inc.

Sinha RK, Bharambe G, Ryan D. 2008. Converting wasteland into wonderland by earthworms – a low-cost nature's technology for soil remediation: a case study of vermiremediation of PAHs contaminated soil. *The Environmentalist* **28**:466-475.

Sinha RK, Bharambe G, Ryan D. 2008. Converting wasteland into wonderland by earthworms—a low-cost nature's technology for soil remediation: a case study of vermiremediation of PAHs contaminated soil. *The Environmentalist* **28**:466-475.

Sinha RK, Chandran V, Soni BK, Patel U, Ghosh A. 2012. Earthworms: nature's chemical managers and detoxifying agents in the environment: an innovative study on treatment of toxic wastewaters from the petroleum industry by vermifiltration technology. *The Environmentalist* **32**:445-452.

Song X, Liu M, Wu D, Qi L, Ye C, Jiao J, Hu F. 2014. Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues. *Waste Management* **34**:1977-1983.

Soudek P, Petrová Š, Benešová D, Kotyza J, Vaněk T. 2008. Fytoremediation and Possibilities of Increasing Its Effectivity. *Chemické listy* **102**:346.

SOVAK – Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR. 2018. SOVAK ČR k nakládání s čistírenskými kaly. Available from <https://www.sovak.cz/cs/clanek/sovak-cr-k-nakladani-s-cistirenskymi-kaly> (accessed květen 2021).

Strenn B, Clara M, Gans O, Kreuzinger N. 2004. Carbamazepine, diclofenac, ibuprofen and bezafibrate--investigations on the behaviour of selected pharmaceuticals during wastewater treatment. *Water and science technology* **50**:269-276.

Sudkolai ST, Nourbakhsh F. 2017. Urease activity as an index for assessing the maturity of cow manure and wheat residue vermicomposts. *Waste Management* **64**:63-66.

Sui Q, Cao X, Lu S, Zhao W, Qiu Z, Yu G. 2015. Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants* **1**:14-24.

SÚKL. 2011. Hodnocení dodávek distribuovaných léčivých přípravků za rok 2010. Available from <https://www.sukl.cz/hodnoceni-dodavek-distribuvanych-lecivych-pripravku-za-rok> (accessed březem 2021).

SÚKL. 2020. Hodnocení distribuovaných léčivých přípravků za rok 2019. Available from <https://www.sukl.cz/hodnoceni-distribuvanych-lecivych-pripravku-za-rok-2019> (accessed únor 2021).

SÚKL. 2021. Hlavní stránka Státního ústavu pro kontrolu léčiv. Available from www.sukl.cz (accessed březem 2021).

Suthar S. 2009. Vermicomposting of vegetable market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecological Engineering* **35**:914-920.

Suthar S. 2010. Pilot-scale vermireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. *Ecological Engineering* **36**:703-712.

Švehla P, Tlustoš P, Balík J. 2007. Odpadní vody. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra agrochemie a výživy rostlin, Praha.

Ternes TA, Bonerz M, Herrmann N, Löffler D, Keller E, Lacida BB, Alder AC. 2005. Determination of pharmaceuticals, iodinated contrast media and musk fragrances in sludge by LC/tandem MS and GC/MS. *Journal of chromatography* **1067**:213-223.

Ternes TA, Stüber J, Herrmann N, McDowell D, Ried A, Kampmann M, Teiser B. 2003. Ozonation: a tool for removal of pharmaceuticals, contrast media and musk fragrances from wastewater? *Water research* **37**:1976-1982.

Thakur A, Kumar A, Chava V, Kumar B, Kiran SS, Kumar V, Athokpam. 2021. A review on vermicomposting: by-products and its importance. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* **22**:156-164.

Tixier C, Singer HP, Oellers S, Müller SR. 2003. Occurrence and Fate of Carbamazepine, Clofibric Acid, Diclofenac, Ibuprofen, Ketoprofen, and Naproxen in Surface Waters. *Environmental Science & Technology* **37**:1061-1068.

Torok E, Moran E, Cooke F. 2009. *Oxford Handbook of Infectious Diseases and Microbiology* (1 ed.). Oxford University Press, Oxford.

Váňa M, Wanner F, Matoušová L, Fuksa JF. 2010. Možnosti odstraňování vybraných specifických polutantů v ČOV. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* **52**:1-16.

Ven KVD, Keil D, Moens LN, Hummelen PV, Remortel PV, Maras M, Coen WD. 2006. Effects of the antidepressant mianserin in zebrafish: molecular markers of endocrine disruption. *Chemosphere* **65**:1836-1845.

Votava M. 2005. *Lékařská mikrobiologie obecná*. 2. přepracované vydání. Neptun, Brno.

WHO. 2021. ATC - Structure and principles. Available from www.whocc.no/atc/structure_and_principles/ (accessed březem 2021).

Xia SQ, Zhao HT, Wu YF, Han SW, Mi WH, Kanf YJ, Hu J, Feng K. 2020. Effect of feeding conditions on the degradation of tetracycline in sewage sludge by earthworm. *Biochemical Engineering Journal* **160**:107608.

Xie D, Wu W, Hao X, Jiang D, Li X, Bai L. 2016. Vermicomposting of sludge from animal wastewater treatment plant mixed with cow dung or swine manure using *Eisenia fetida*. Environmental Science and Pollution Research **23**:7767-7775.

Xu L, Zhang H, Xiong P, Zhu Q, Liao C, Jiang G. 2021. Occurrence, fate, and risk assessment of typical tetracycline antibiotics in the aquatic environment: A review. Science of The Total Environment **753**:141975.

Yadav A, Garg VK. 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. Bioresource Technology **102**:2874-2880.

Yadav A, Garg VK. 2018. Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. Bioresource Technology **274**:512-517.

Zeb A, Li S, Wu J, Lian J, Liu W, Sun Y. 2020. Insights into the mechanisms underlying the remediation potential of earthworms in contaminated soil: A critical review of research progress and prospects. Science of The Total Environment **740**:140145.

Ziylan A, Ince NH. 2011. The occurrence and fate of anti-inflammatory and analgesic pharmaceuticals in sewage and fresh water: Treatability by conventional and non-conventional processes. Journal of Hazardous Materials **187**:24-36.

Zuccato E, Calamari D, Natangelo M, Fanelli R. 2000. Presence of therapeutic drugs in the environment. The Lancet **355**:1789-1790.

9 Seznam použitých tabulek a obrázků

Tabulka 1 léčiva a prostředky osobní potřeby (PCPP) (Ellis 2006)	11
Tabulka 2 TOP 10 léčivých přípravků podle hlavních ATC skupin (na 7. míst) v počtech balení, upraveno (SÚKL 2010)	12
Tabulka 3 - průměrné složení čistírenských kalů (Mata-Alvarez et al. 2000).....	18
Tabulka 4 - nejčastěji uváděné hodnoty obsahu živin a organických látek v sušině čistírenských kalů (Černý et al. 2014)	19
Tabulka 5 - způsob nakládání s kaly v ČR v letech 2009 až 2018 v procentech (Wanner 2019)	20
Tabulka 6 - příloha č. 38 k vyhlášce č 273/2021 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady – mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě	21
Tabulka 7 - míra odstranění vybraných léčiv na mechanicko-biologických ČOV v Itálii, upraveno (Castiglioni et al. 2006)	22
Tabulka 8 - rozdílnost mezi žížalami žijící pod zemí a na povrchu (Nagavallemma et al. 2004)	28
Tabulka 9 – vstupní materiály pro vermikompostování a jejich poměrné množství.....	35
Tabulka 10 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u slaměných pelet.....	41
Tabulka 11 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u čistírenských kalů.....	42
Tabulka 12 - koncentrace ng/g stanovených mikropolutantů u žížal před vermikompostováním	43
Tabulka 13 - sumární porovnání vstupních koncentrací a koncentrací na konci vermikompostování v ng/g u varianty 100, 75, 50 a 25 % čistírenského kalu	44
Tabulka 14 - výsledné koncentrace ng/g mikropolutantů v žížalách	44
Tabulka 15 - sumární vyhodnocení míry degradace mikropolutantů	45
Obrázek 1 - tok léčiv a jejich metabolitů do životního prostředí (Kotyza et al. 2009)	15
Obrázek 2 - základní schéma mechanicko-biologické ČOV (Švehla et al. 2007).....	17
Obrázek 3 – koncentrace (ng/L) 20 typických zástupců látek PPCP na vstupu do ČOV (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012).....	22
Obrázek 4 – koncentrace (ng/L) 20 typických zástupců látek PPCP na výstupu z ČOV (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012).....	23
Obrázek 5 – koncentrace (ng/g) 20 typických zástupců látek PPCP v čistírenských kalech (25. percentil, medián, 75. percentil) (Guasch et al. 2012).....	24
Obrázek 6 - grafické znázornění mechanismů vermiremediace (upraveno), (Zeb et al. 2020).....	31
Obrázek 7 - vermikompostovací nádoby (zdroj: Bc. Nikola Kozlíková).....	34
Obrázek 8 schéma extrakce za zvýšeného tlaku a teploty (dostupné z: https://www.pragolab.cz/extrakce-za-zvyseneho-tlaku-a-teploty)	36
Obrázek 9 - extraktor Dionex ASE 200.....	37
Obrázek 10 - kapalinový chromatograf	38
Obrázek 11 - sumární vyhodnocení degradace mikropolutantů	45

Obrázek 12 - graf míry efektu žížal u varianty 100 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)	46
Obrázek 13 - graf míry efektu žížal u varianty 75 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)	47
Obrázek 14 - graf míry efektu žížal u varianty 50 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)	48
Obrázek 15 - graf míry efektu žížal u varianty 25 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu)	49
Obrázek 16 - graf míry efektu žížal u varianty 100 % slaměných pelet (seřazeno od nejvyššího efektu)	49
Obrázek 17 - poměr koncentrace kofeinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	50
Obrázek 18 - poměr koncentrace kofeinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	51
Obrázek 19 – poměr koncentrace cetirizinu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	52
Obrázek 20 – poměr koncentrace citalopramu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	52
Obrázek 21 – poměr koncentrace diclofenacu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	53
Obrázek 22 – poměr koncentrace telmisartanu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	54
Obrázek 23 – poměr koncentrace triclosanu ng/g v žížalách vůči vermikompostovanému materiálu v %	54

10 Samostatné přílohy

Příloha I - Parametry měření hmotnostního spektrometru u farmak a produktů osobní péče (PPCPs)

Farmaka a produkty osobní péče	Retenční čas [min]	Kvantifikační/kvalifikační přechod	Polarita	Kolizní energie [V]	Fragmentor [V]	Napětí kolizní cely [V]
Acetaminophen (Paracetamol)	3,2	152.1 → 65.0	Pozitivní	32	100	3
		152.1 → 110.1	Pozitivní	18	100	3
Amitriptyline	7,5	278.2 → 233.1	Pozitivní	16	120	4
		278.2 → 105.1	Pozitivní	28	120	4
Atenolol	3,1	267.2 → 145.1	Pozitivní	28	120	3
		267.2 → 56.0	Pozitivní	32	120	3
Atorvastatin	9,9	559.3 → 440.2	Pozitivní	24	165	3
		559.3 → 250.1	Pozitivní	48	165	3
Caffeine	4,0	195.1 → 138.0	Pozitivní	20	105	4
		195.1 → 110.0	Pozitivní	26	105	4
Carbamazepine	7,0	237.1 → 194.1	Pozitivní	20	120	4
		237.1 → 179.1	Pozitivní	40	120	4
Carbamazepine 10,11-epoxide	5,4	253.1 → 210.1	Pozitivní	12	65	4
		253.1 → 236.1	Pozitivní	8	65	4
Cetirizine	8,4	389.2 → 201.0	Pozitivní	20	110	3
		389.2 → 165.1	Pozitivní	48	110	3
Citalopram	5,5	325.2 → 109.1	Pozitivní	28	95	4
		325.2 → 234.1	Pozitivní	32	95	4
Clarithromycin	8,5	748.5 → 158.0	Pozitivní	32	100	4
		748.5 → 590.3	Pozitivní	20	100	4
Diclofenac	10,2	296.0 → 213.9	Pozitivní	40	85	4
		296.0 → 179.0	Pozitivní	60	85	4
Erythromycin	7,4	734.5 → 158.1	Pozitivní	32	105	4
		734.5 → 576.4	Pozitivní	20	105	4
Flukonazol	4,7	307.2 → 238.0	Pozitivní	16	95	4
		307.2 → 220.0	Pozitivní	20	95	4
Gabapentin	3,7	172.1 → 154.1	Pozitivní	14	95	3
		172.1 → 55.0	Pozitivní	28	95	3
Hydrochlorothiazide	3,1	296.0 → 268.9	Negativní	18	80	3
		296.0 → 205.0	Negativní	18	80	3
Ibuprofen	10,5	205.1 → 161.1	Negativní	4	65	4
		-				
lomeprol	2,9	777.9 → 405.0	Pozitivní	48	150	4
		777.9 → 686.8	Pozitivní	20	150	4
Ketoprofen	8,3	255.1 → 77.0	Pozitivní	48	110	3
		255.1 → 105.0	Pozitivní	28	110	3
Lamotrigine	4,6	256.0 → 43.2	Pozitivní	44	145	4
		256.0 → 211.0	Pozitivní	28	145	4
Metoprolol	4,5	268.2 → 74.1	Pozitivní	24	125	3
		268.2 → 56.0	Pozitivní	32	125	3
Mirtazapine	4,6	266.2 → 195.1	Pozitivní	32	95	4
		266.2 → 72.2	Pozitivní	20	95	4
Naproxen	8,7	231.1 → 185.1	Pozitivní	14	100	3
		231.1 → 170.1	Pozitivní	28	100	3
Omeprazole	6,7	346.1 → 198.1	Pozitivní	10	95	3
		346.1 → 136.1	Pozitivní	44	95	3
Paraxanthine	3,6	181.1 → 124.1	Pozitivní	20	90	4
		181.1 → 42.0	Pozitivní	48	90	4
Saccharine	3,1	182.0 → 42.0	Negativní	20	105	4
		182.0 → 106.0	Negativní	36	105	4
Sulfamethazine	4,0	279.0 → 186.0	Pozitivní	15	100	3
		279.0 → 124.0	Pozitivní	15	100	3
Sulfamethoxazole	4,3	254.1 → 65.0	Pozitivní	48	100	3
		254.1 → 156.0	Pozitivní	14	100	3
Sulfanilamide	1,6	173.0 → 92.0	Pozitivní	20	70	3
		173.0 → 156.0	Pozitivní	2	70	3
Sulfapyridine	3,5	250.1 → 92.0	Pozitivní	28	110	3
		250.1 → 156.0	Pozitivní	18	110	3
Telmisartan	9,5	515.2 → 276.1	Pozitivní	56	210	4
		515.2 → 497.2	Pozitivní	40	210	4
Tramadol	4,4	264.2 → 58.2	Pozitivní	20	95	4
		264.2 → 42.2	Pozitivní	84	95	4
Triclosan	11,4	289.0 → 35.0	Negativní	8	70	3
		289.0 → 37.0	Negativní	8	70	3
Trimethoprim	3,8	291.1 → 230.1	Pozitivní	24	140	3
		291.1 → 261.1	Pozitivní	28	140	3
Venlafaxine	5,2	278.2 → 58.2	Pozitivní	20	70	4
		278.2 → 260.2	Pozitivní	12	70	4

Příloha II - Parametry měření hmotnostního spektrometru u endokrinních disruptorů

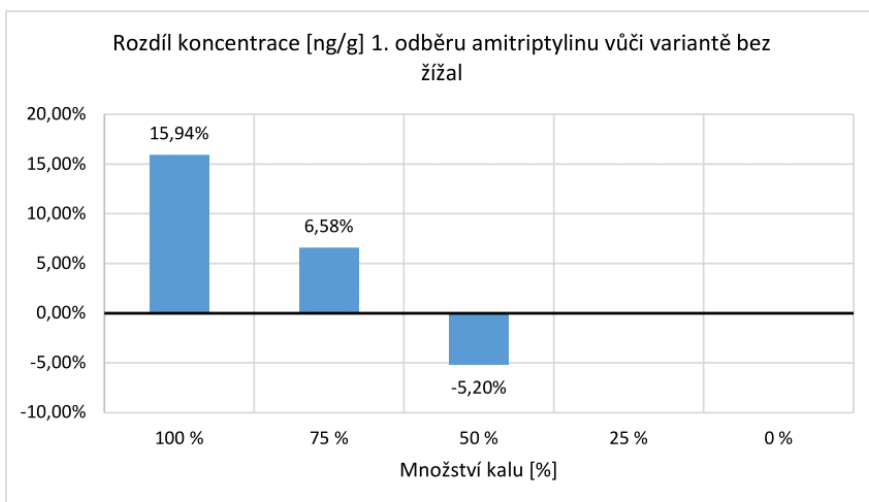
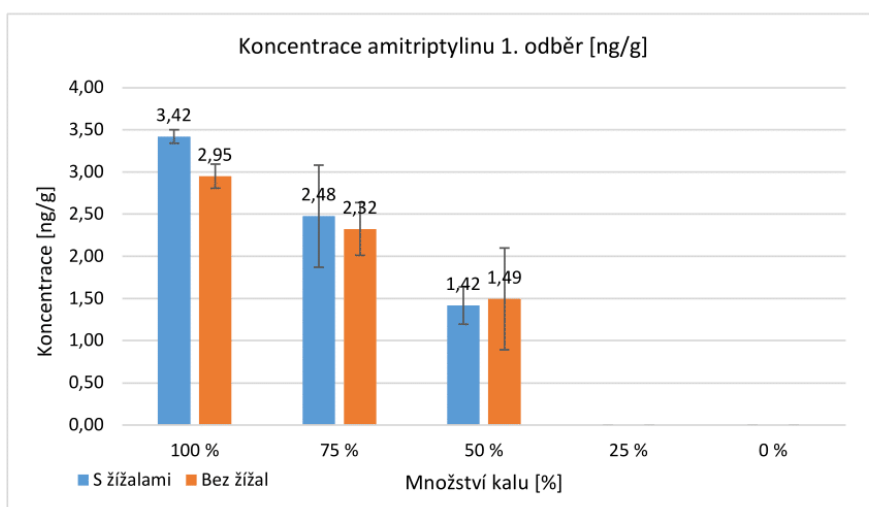
Endokrinní disruptory	Retenční čas [min]	Kvantifikační/kvalifikační přechod	Polarita	Kolizní energie [V]	Fragmentor [V]	Napětí kolizní cely [V]
17alfa-Estradiol	9,2	271.2 → 145.1	Negativní	44	160	3
		271.2 → 183.1	Negativní	48	160	3
17beta-Estradiol	8,9	271.2 → 145.1	Negativní	44	160	3
		271.2 → 183.1	Negativní	48	160	3
Bisphenol A (BPA)	8,0	227.1 → 212.1	Negativní	20	115	4
		227.1 → 133.0	Negativní	28	115	4
Bisphenol F (BPF)	6,6	199.1 → 105.0	Negativní	24	125	4
		199.1 → 93.0	Negativní	24	125	4
Daidzein	6,2	253.1 → 223.0	Negativní	40	145	4
		253.1 → 208.0	Negativní	36	145	4
Equilin	8,7	267.1 → 265.1	Negativní	24	145	4
		267.1 → 143.0	Negativní	36	145	4
Equol	6,7	241.1 → 119.0	Negativní	20	110	4
		241.1 → 121.0	Negativní	12	110	4
Estriol	6,0	287.2 → 145.0	Negativní	60	95	4
		287.2 → 255.1	Negativní	60	95	4
Estrone	7,1	269.2 → 159.0	Negativní	32	125	4
		269.2 → 143.1	Negativní	60	125	4
Ethinylestradiol	9,0	295.2 → 145.0	Negativní	48	200	3
		295.2 → 159.0	Negativní	36	200	3
Genistein	7,1	269.0 → 133.0	Negativní	32	140	4
		269.0 → 63.0	Negativní	28	140	4
Norethindrone	8,8	299.2 → 109.1	Pozitivní	32	130	4
		299.2 → 91.0	Pozitivní	56	130	4
Norgestrel	9,6	313.2 → 109.1	Pozitivní	32	130	3
		313.2 → 91.1	Pozitivní	48	130	3
Zearalenol	9,1	319.2 → 275.2	Negativní	20	160	3
		319.2 → 301.2	Negativní	24	160	3

Příloha III - analýza vstupních dat z prvního měření (VI)

Žířaly	Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	3,36	3,48	3,42	0,08
Ano	75%	25%	2,05	2,91	2,48	0,61
Ano	50%	50%	1,26	1,57	1,42	0,22
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,40	2,50	2,95	0,63
Ne	75%	25%	2,54	2,11	2,32	0,31
Ne	50%	50%	1,25	1,74	1,49	0,35
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

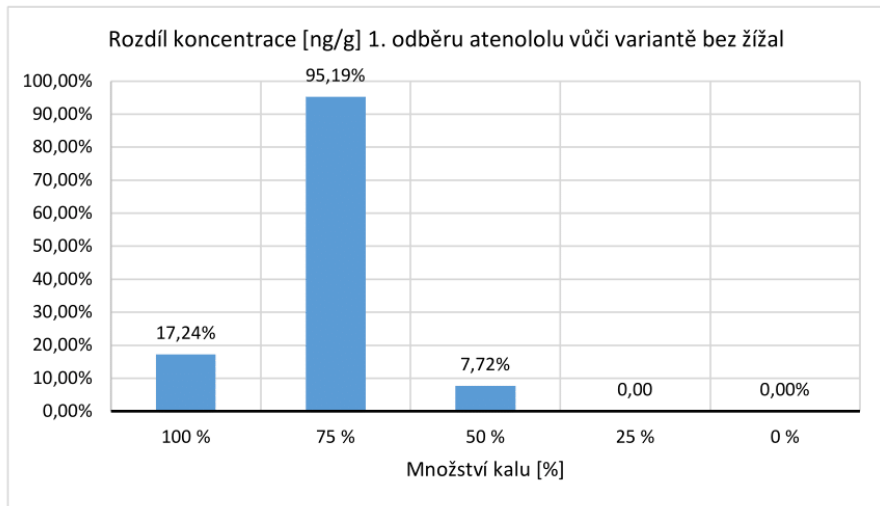
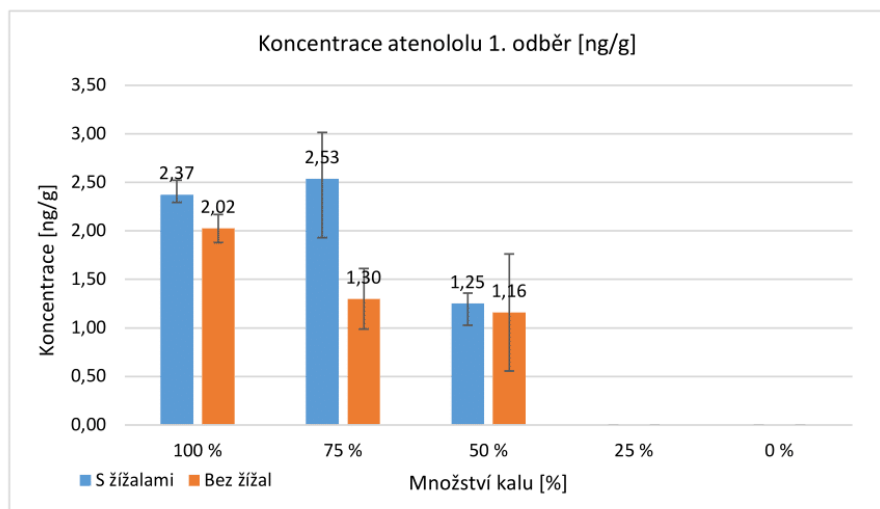
Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,42	2,95	0,47	15,94%
75%	25%	2,48	2,32	0,15	6,58%
50%	50%	1,42	1,49	-0,08	-5,20%
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žířaly	Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	2,48	2,27	2,37	0,15
Ano	75%	25%	2,87	2,20	2,53	0,48
Ano	50%	50%	1,33	1,17	1,25	0,11
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	2	2	2,02	0,14
Ne	75%	25%	2	1	1,30	0,31
Ne	50%	50%	1	2	1,16	0,60
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

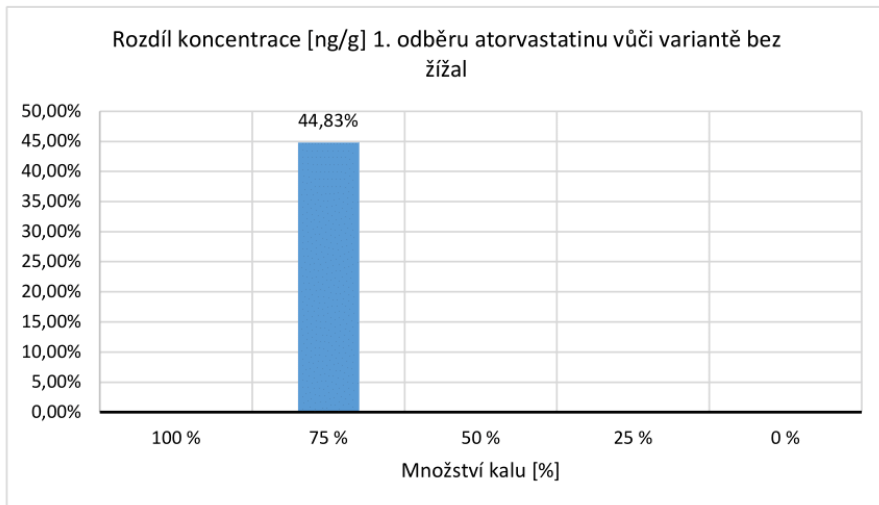
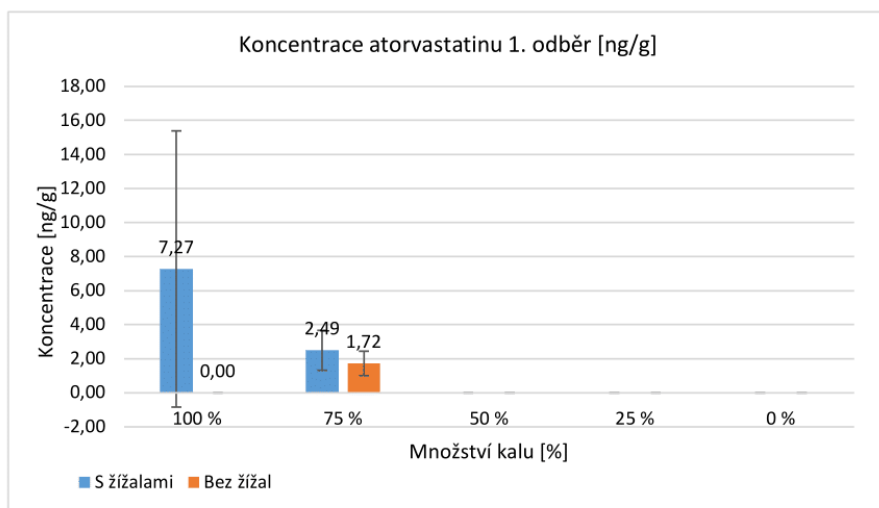
Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,37	2,02	0,35	17,24%
75%	25%	2,53	1,30	1,24	95,19%
50%	50%	1,25	1,16	0,09	7,72%
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žířaly	Kal	Pelety	Atorvastatin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	1,53	13,00	7,27	8,11
Ano	75%	25%	1,66	3,32	2,49	1,18
Ano	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Atorvastatin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	NA	NA	NA	NA
Ne	75%	25%	2	1	1,72	0,71
Ne	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

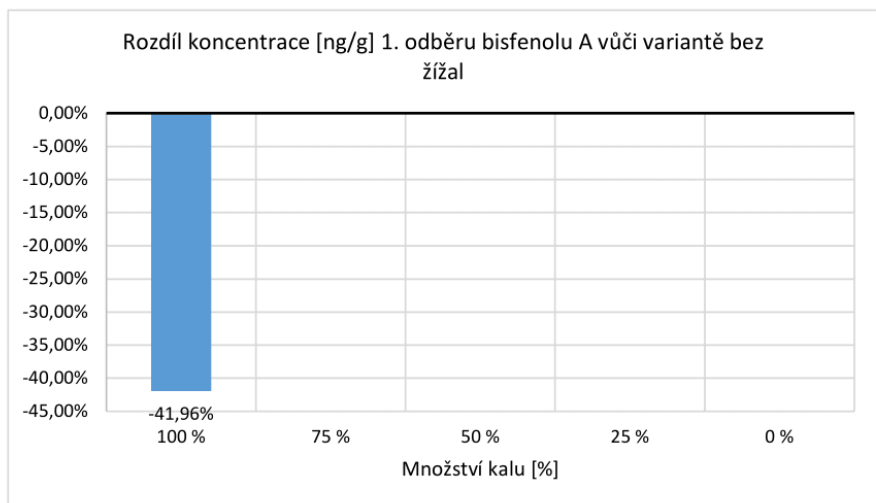
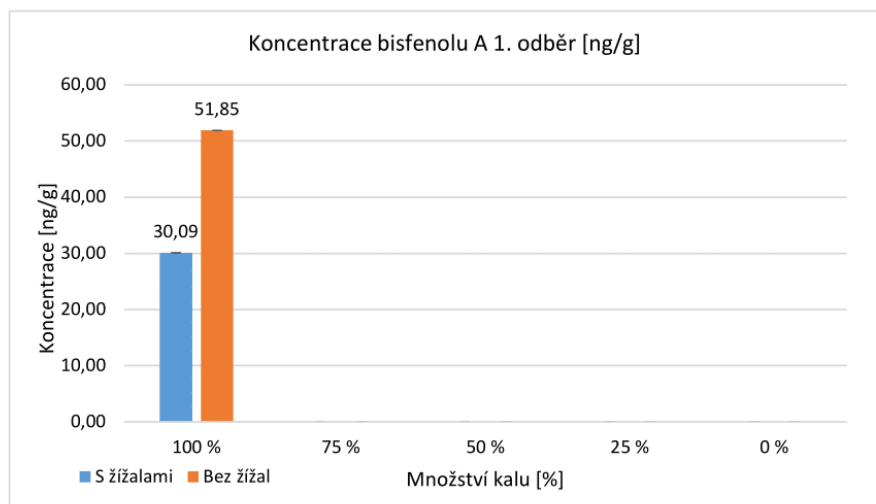
Kal	Pelety	Atorvastatin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	7,27	NA	NA	NA
75%	25%	2,49	1,72	0,77	44,83%
50%	50%	NA	NA	NA	NA
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	30	NA	30,09	NA
Ano	75%	25%	NA	NA	NA	NA
Ano	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	NA	52	51,85	NA
Ne	75%	25%	NA	NA	NA	NA
Ne	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

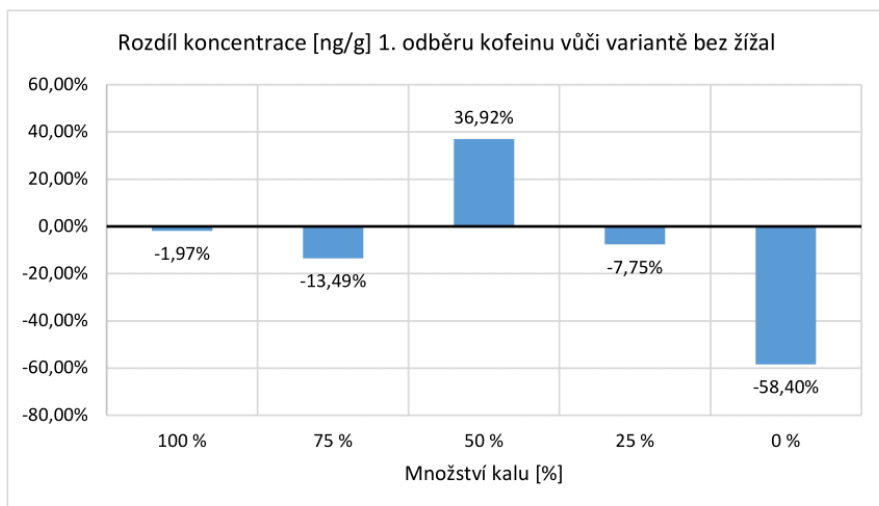
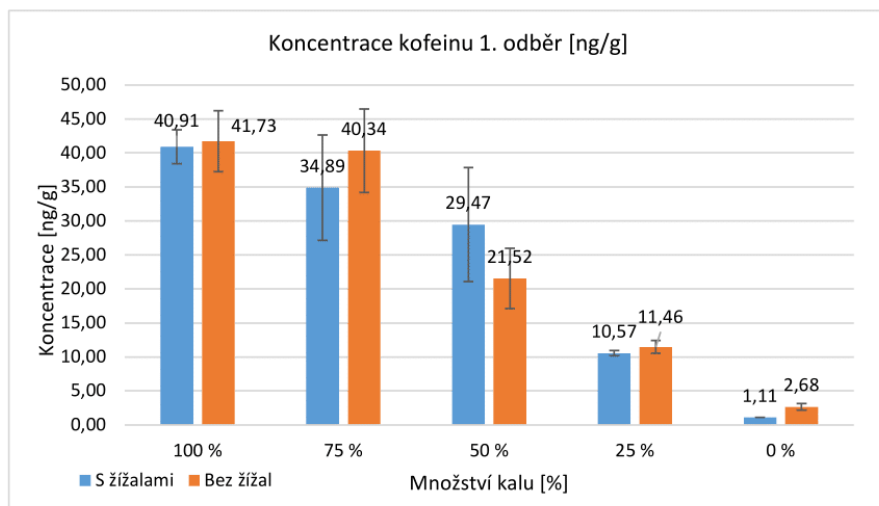
Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	30,09	51,85	-21,76	-41,96%
75%	25%	NA	NA	NA	NA
50%	50%	NA	NA	NA	NA
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žířaly	Kal	Pelety	Kofein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	39	43	40,91	2,48
Ano	75%	25%	29	40	34,89	7,75
Ano	50%	50%	24	35	29,47	8,40
Ano	25%	75%	10	11	10,57	0,39
Ano	0%	100%	NA	1	1,11	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Kofein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	39	45	41,73	4,47
Ne	75%	25%	45	36	40,34	6,13
Ne	50%	50%	18	25	21,52	4,44
Ne	25%	75%	12	11	11,46	0,94
Ne	0%	100%	2	3	2,68	0,47

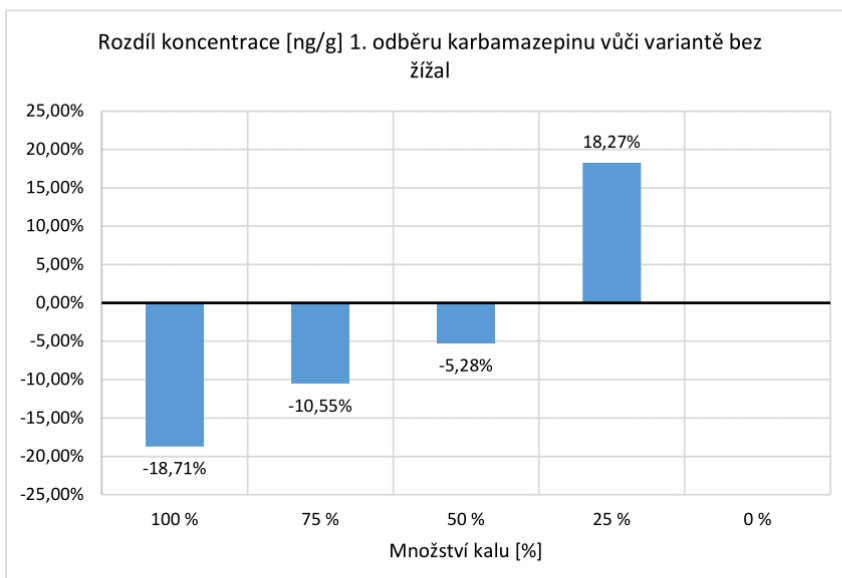
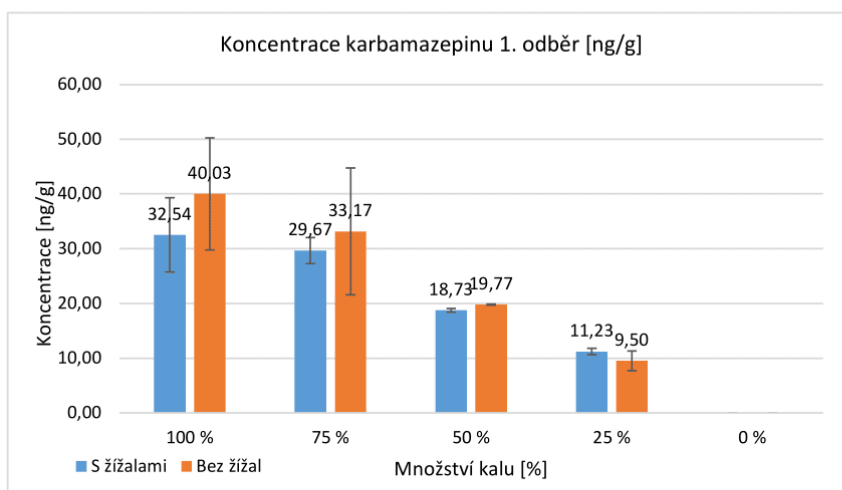
Kal	Pelety	Kofein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	40,91	41,73	-0,82	-1,97%
75%	25%	34,89	40,34	-5,44	-13,49%
50%	50%	29,47	21,52	7,95	36,92%
25%	75%	10,57	11,46	-0,89	-7,75%
0%	100%	1,11	2,68	-1,56	-58,40%



Žižaly	Kal	Pelety	karbamazepin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	28	37	32,54	6,79
Ano	75%	25%	28	31	29,67	2,38
Ano	50%	50%	19	19	18,73	0,32
Ano	25%	75%	12	11	11,23	0,59
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žižaly	Kal	Pelety	karbamazepin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	47	33	40,03	10,23
Ne	75%	25%	41	25	33,17	11,58
Ne	50%	50%	20	20	19,77	0,08
Ne	25%	75%	11	8	9,50	1,81
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

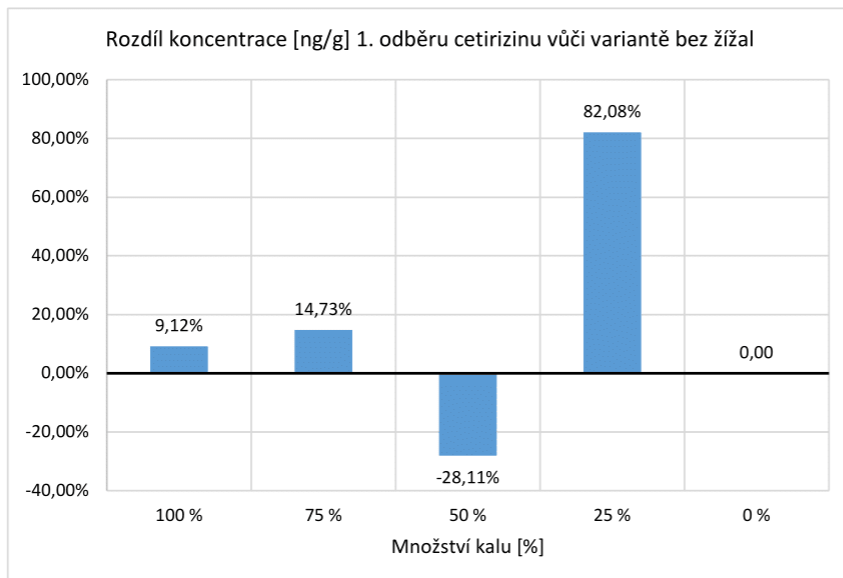
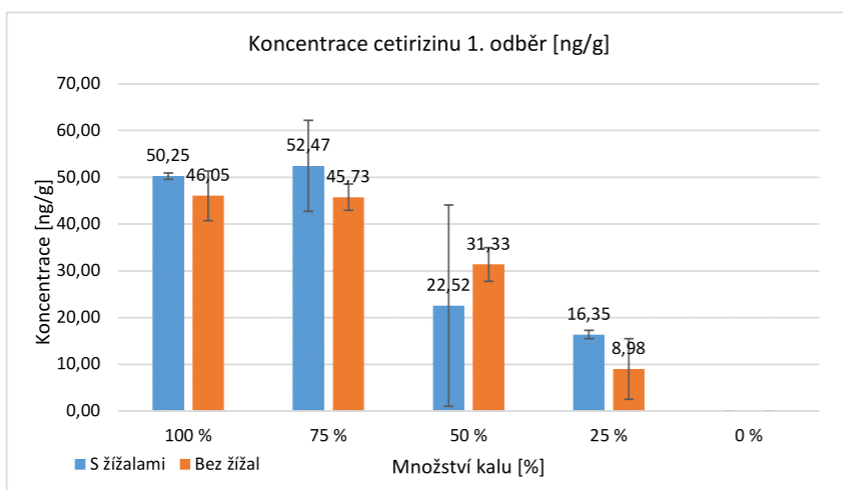
Kal	Pelety	karbamazepin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	32,54	40,03	-7,49	-18,71%
75%	25%	29,67	33,17	-3,50	-10,55%
50%	50%	18,73	19,77	-1,04	-5,28%
25%	75%	11,23	9,50	1,73	18,27%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	50	51	50,25	0,66
Ano	75%	25%	46	59	52,47	9,74
Ano	50%	50%	7	38	22,52	21,56
Ano	25%	75%	17	16	16,35	0,89
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	42	50	46,05	5,32
Ne	75%	25%	48	44	45,73	2,83
Ne	50%	50%	29	34	31,33	3,60
Ne	25%	75%	4	14	8,98	6,47
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

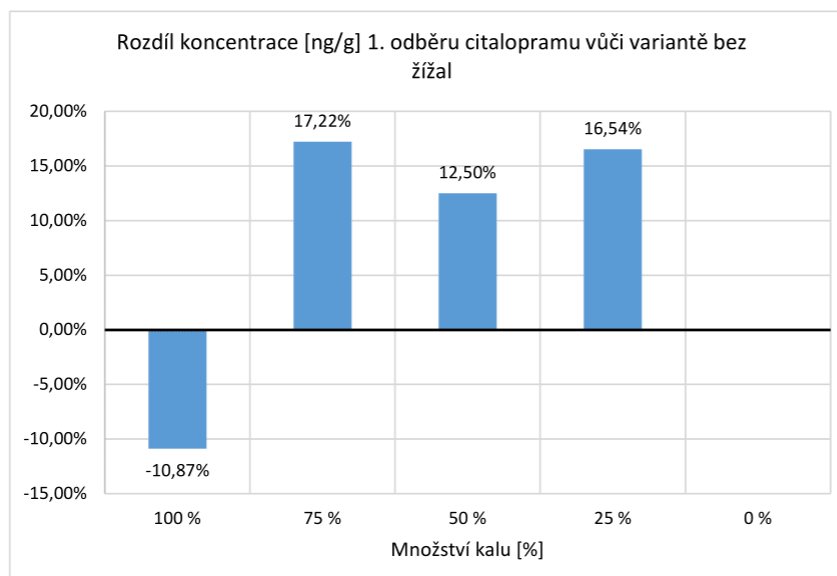
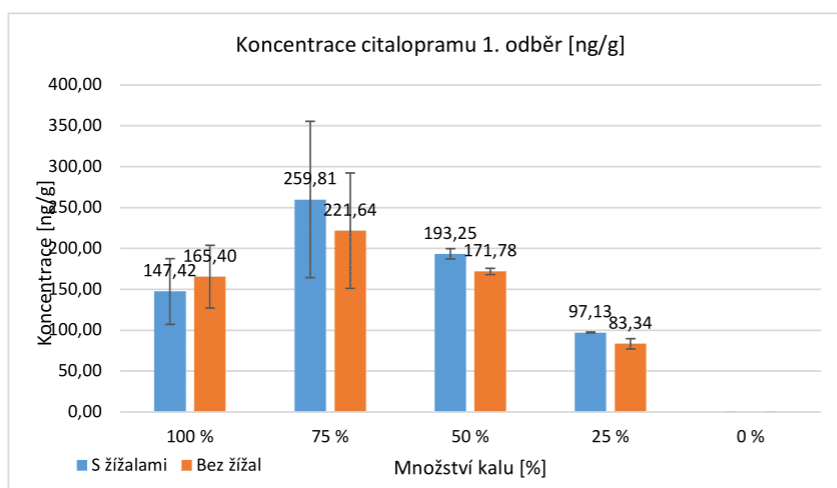
Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	50,25	46,05	4,20	9,12%
75%	25%	52,47	45,73	6,74	14,73%
50%	50%	22,52	31,33	-8,81	-28,11%
25%	75%	16,35	8,98	7,37	82,08%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žižaly	Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	176	119	147,42	40,08
Ano	75%	25%	192	327	259,81	95,52
Ano	50%	50%	189	198	193,25	6,30
Ano	25%	75%	97	97	97,13	0,44
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žižaly	Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	138	192	165,40	38,15
Ne	75%	25%	272	172	221,64	70,52
Ne	50%	50%	174	169	171,78	3,74
Ne	25%	75%	79	88	83,34	6,34
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

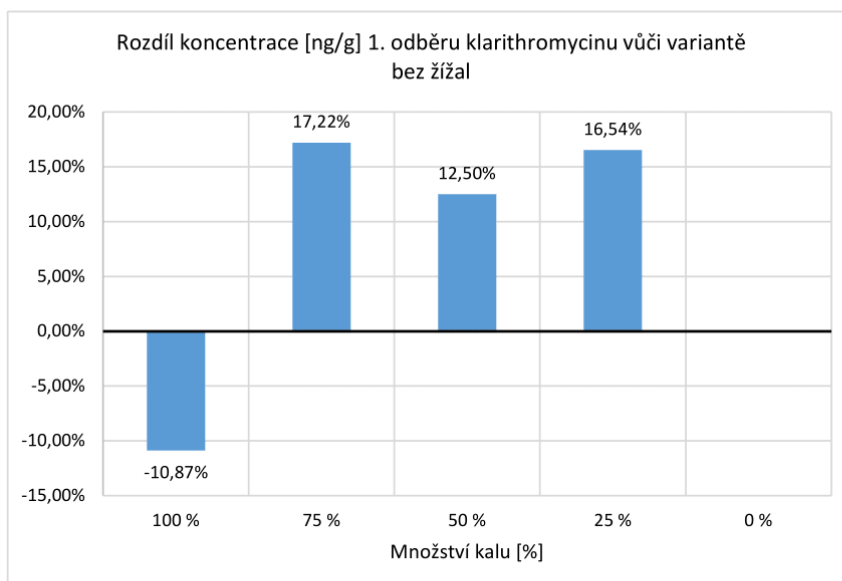
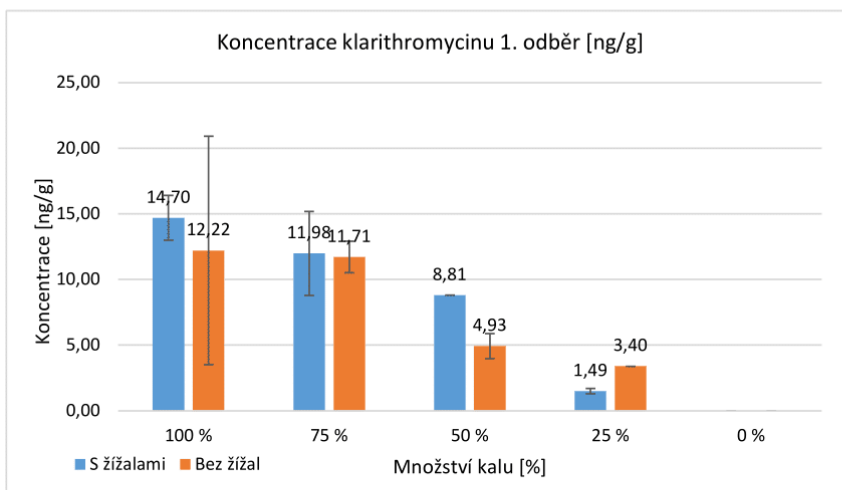
Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	147,42	165,40	-17,98	-10,87%
75%	25%	259,81	221,64	38,17	17,22%
50%	50%	193,25	171,78	21,47	12,50%
25%	75%	97,13	83,34	13,78	16,54%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žířaly	Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	13	16	14,70	1,70
Ano	75%	25%	10	14	11,98	3,19
Ano	50%	50%	NA	9	8,81	NA
Ano	25%	75%	2	1	1,49	0,20
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	6	18	12,22	8,70
Ne	75%	25%	11	13	11,71	1,19
Ne	50%	50%	4	6	4,93	0,96
Ne	25%	75%	NA	3	3,40	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

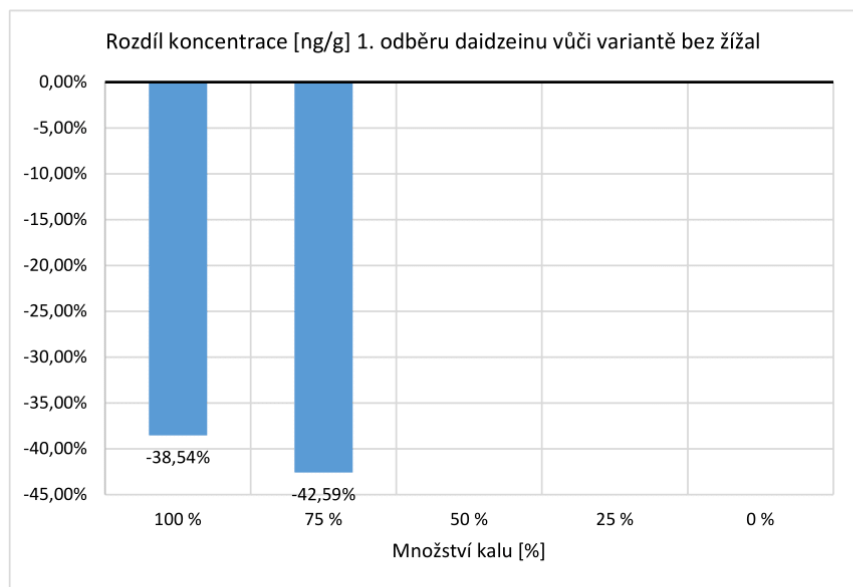
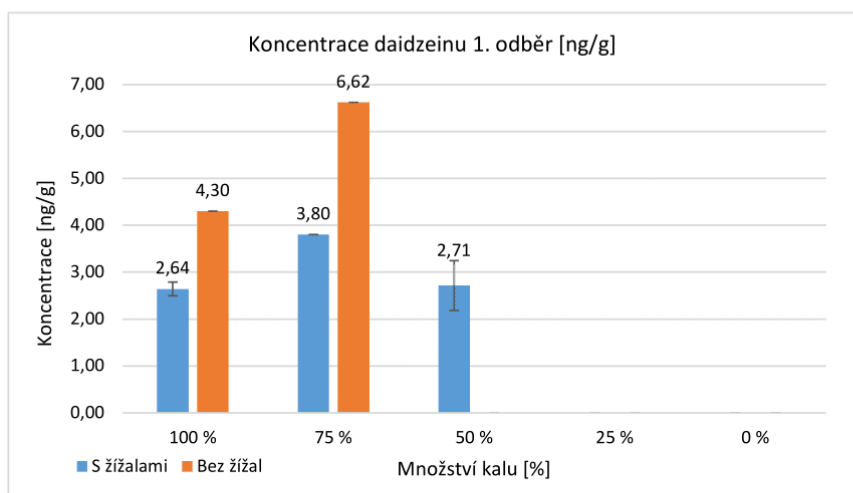
Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	147,42	165,40	-17,98	-10,87%
75%	25%	259,81	221,64	38,17	17,22%
50%	50%	193,25	171,78	21,47	12,50%
25%	75%	97,13	83,34	13,78	16,54%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Daidzein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	2,54	2,75	2,64	0,15
Ano	75%	25%	NA	3,80	3,80	NA
Ano	50%	50%	3,09	2,34	2,71	0,53
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Daidzein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	NA	4,30	4,30	NA
Ne	75%	25%	NA	6,62	6,62	NA
Ne	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

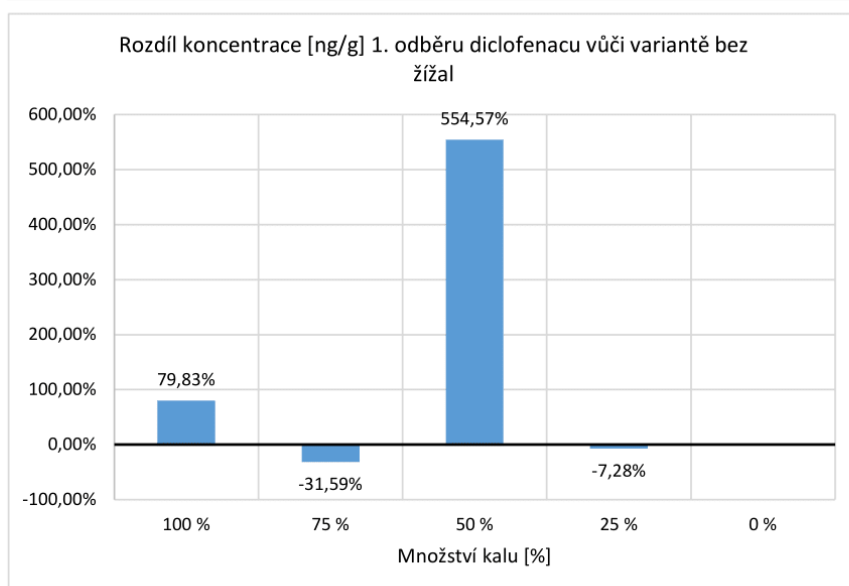
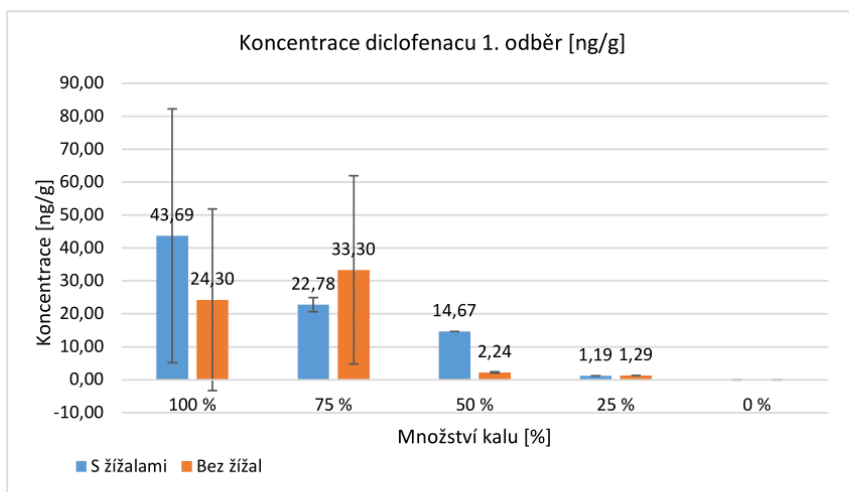
Kal	Pelety	Daidzein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,64	4,30	-1,66	-38,54%
75%	25%	3,80	6,62	-2,82	-42,59%
50%	50%	2,71	NA	NA	NA
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	16	71	43,69	38,50
Ano	75%	25%	21	24	22,78	2,11
Ano	50%	50%	NA	15	14,67	NA
Ano	25%	75%	1	NA	1,19	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	5	44	24,30	27,57
Ne	75%	25%	13	54	33,30	28,58
Ne	50%	50%	2	2	2,24	0,20
Ne	25%	75%	NA	1	1,29	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

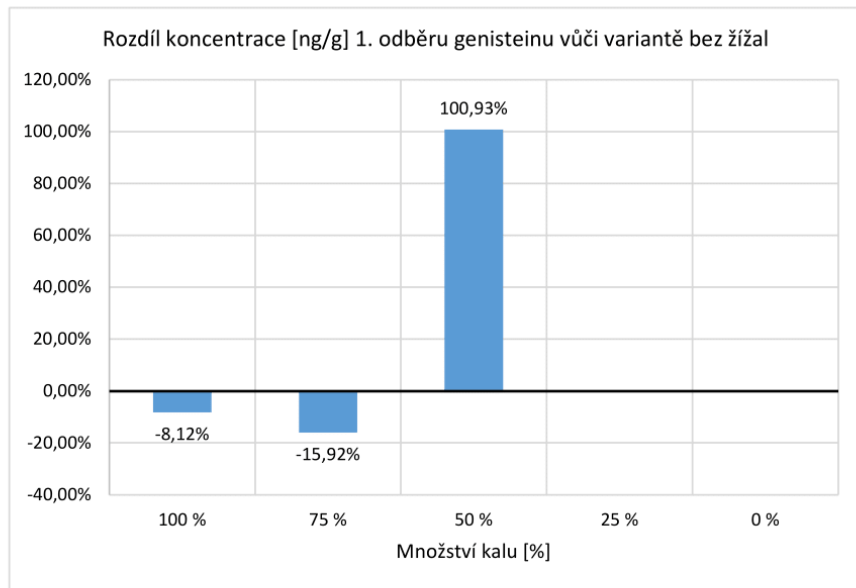
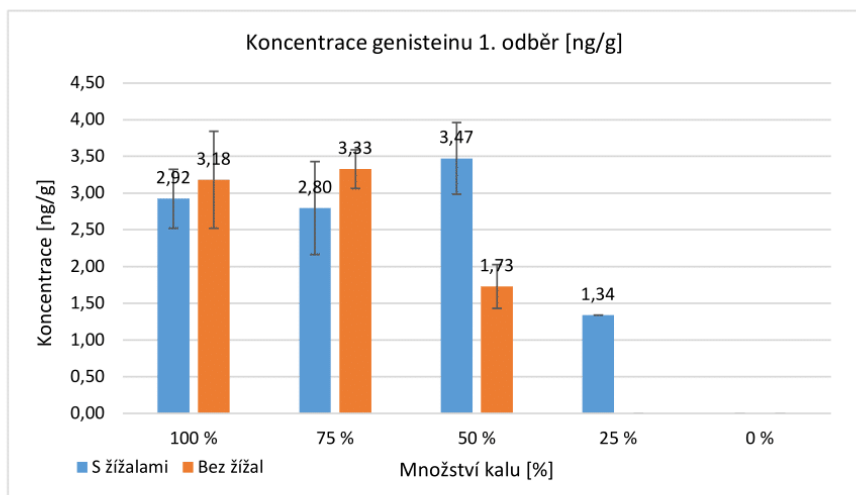
Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	43,69	24,30	19,39	79,83%
75%	25%	22,78	33,30	-10,52	-31,59%
50%	50%	14,67	2,24	12,43	554,57%
25%	75%	1,19	1,29	-0,09	-7,28%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žižaly	Kal	Pelety	Genistein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	2,64	3,21	2,92	0,40
Ano	75%	25%	2,35	3,24	2,80	0,63
Ano	50%	50%	3,82	3,13	3,47	0,49
Ano	25%	75%	1,34	NA	1,34	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žižaly	Kal	Pelety	Genistein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,65	2,71	3,18	0,66
Ne	75%	25%	3,14	3,51	3,33	0,26
Ne	50%	50%	1,52	1,94	1,73	0,30
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

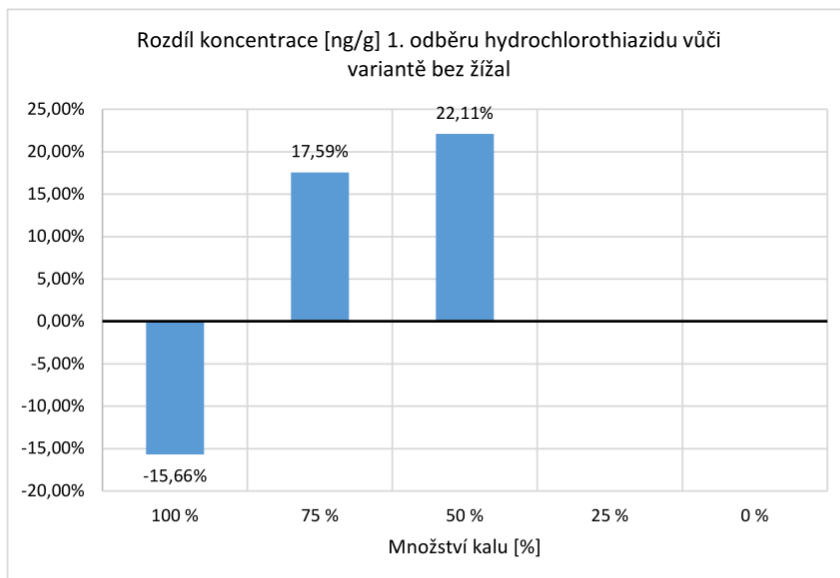
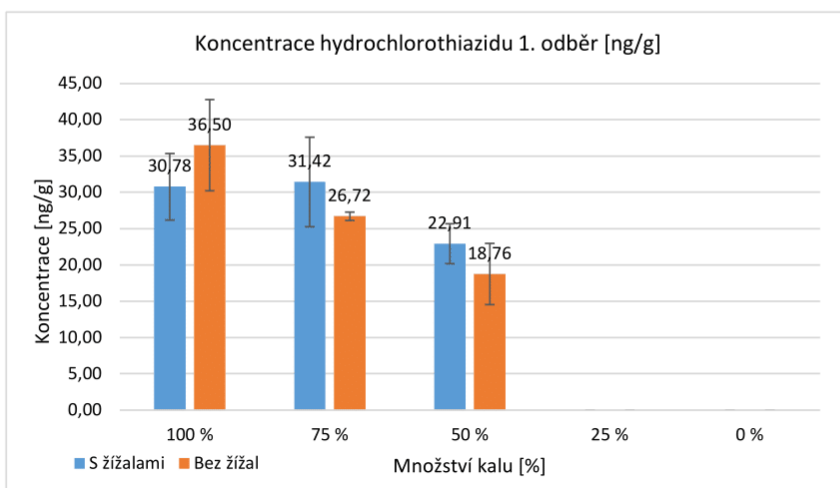
Kal	Pelety	Genistein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,92	3,18	-0,26	-8,12%
75%	25%	2,80	3,33	-0,53	-15,92%
50%	50%	3,47	1,73	1,74	100,93%
25%	75%	1,34	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	27,54	34,02	30,78	4,58
Ano	75%	25%	27,07	35,78	31,42	6,16
Ano	50%	50%	24,85	20,97	22,91	2,74
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	32,07	40,92	36,50	6,26
Ne	75%	25%	26,32	27,13	26,72	0,57
Ne	50%	50%	15,78	21,75	18,76	4,22
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

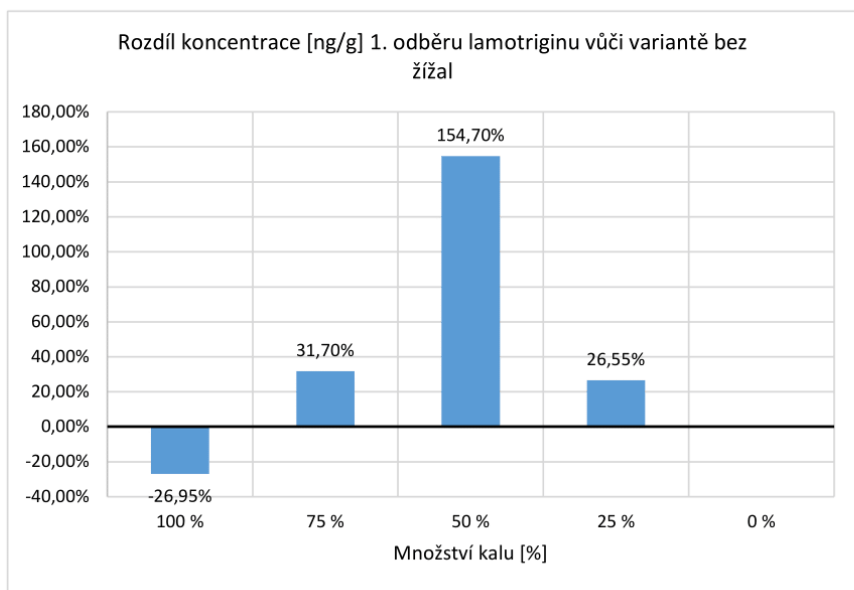
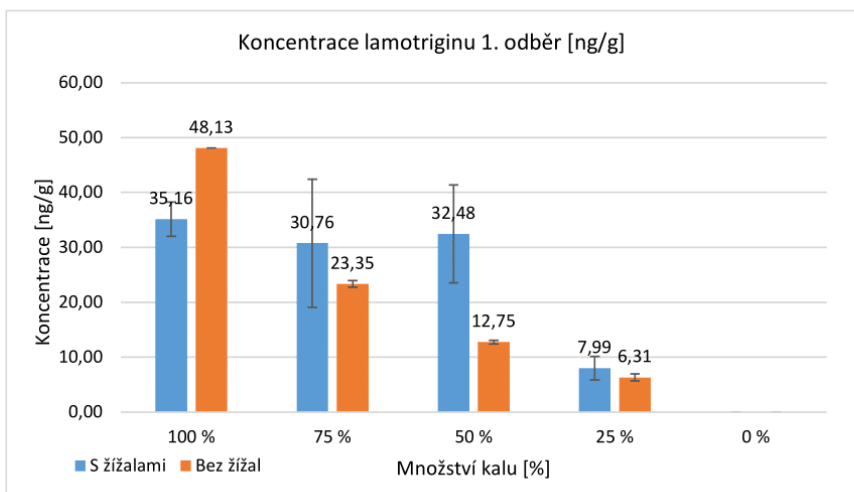
Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	30,78	36,50	-5,71	-15,66%
75%	25%	31,42	26,72	4,70	17,59%
50%	50%	22,91	18,76	4,15	22,11%
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žířaly	Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	37,37	32,94	35,16	3,14
Ano	75%	25%	22,50	39,02	30,76	11,68
Ano	50%	50%	38,79	26,17	32,48	8,93
Ano	25%	75%	6,47	9,51	7,99	2,14
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žířaly	Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	48,13	NA	48,13	NA
Ne	75%	25%	23,78	22,93	23,35	0,60
Ne	50%	50%	12,98	12,52	12,75	0,33
Ne	25%	75%	6,76	5,86	6,31	0,64
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

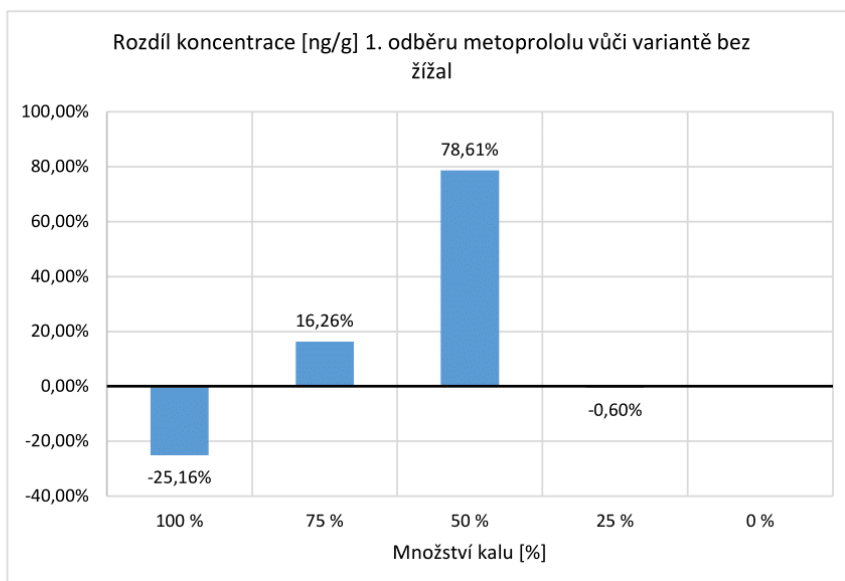
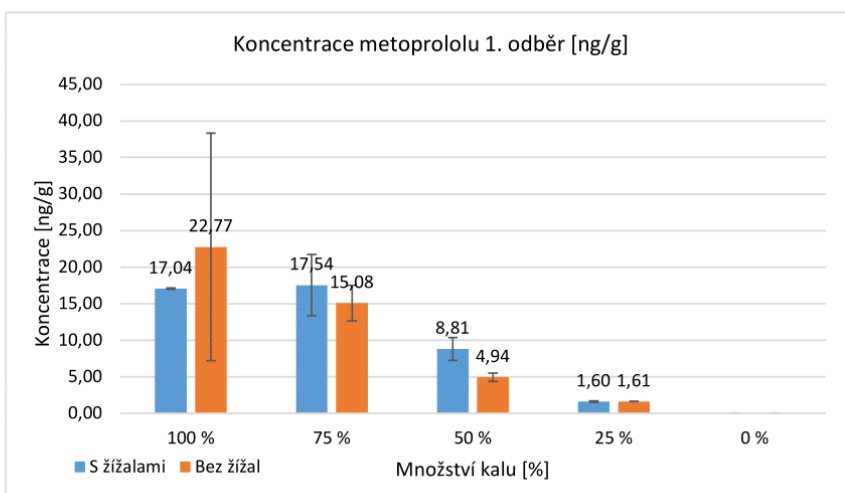
Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	35,16	48,13	-12,97	-26,95%
75%	25%	30,76	23,35	7,40	31,70%
50%	50%	32,48	12,75	19,73	154,70%
25%	75%	7,99	6,31	1,68	26,55%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žižaly	Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	16,97	17,11	17,04	0,10
Ano	75%	25%	14,56	20,51	17,54	4,20
Ano	50%	50%	9,91	7,72	8,81	1,56
Ano	25%	75%	1,55	1,65	1,60	0,07
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žižaly	Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	11,74	33,79	22,77	15,58
Ne	75%	25%	13,38	16,79	15,08	2,42
Ne	50%	50%	5,34	4,53	4,94	0,57
Ne	25%	75%	1,62	1,60	1,61	0,01
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

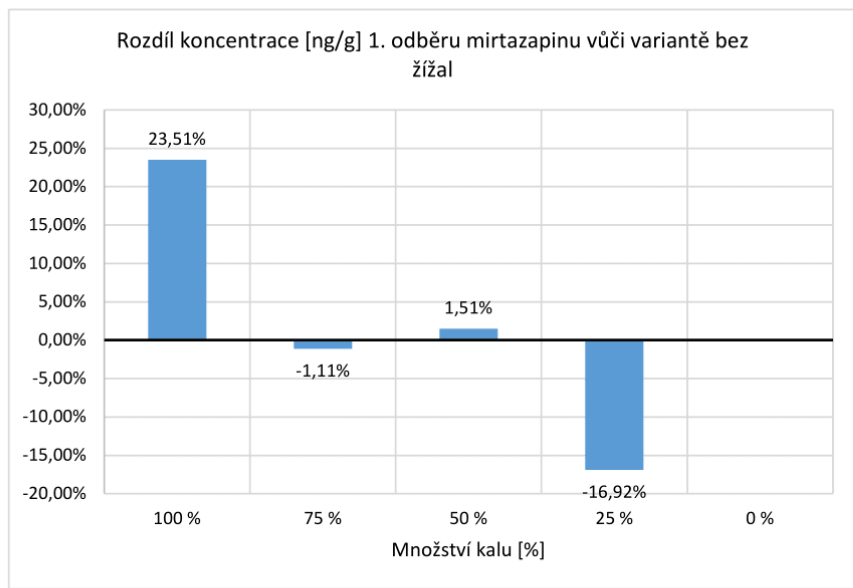
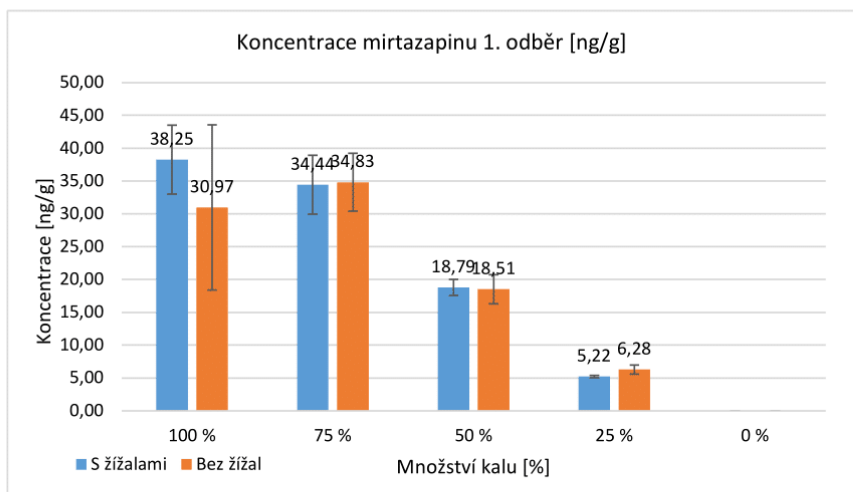
Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	17,04	22,77	-5,73	-25,16%
75%	25%	17,54	15,08	2,45	16,26%
50%	50%	8,81	4,94	3,88	78,61%
25%	75%	1,60	1,61	-0,01	-0,60%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	41,97	34,53	38,25	5,26
Ano	75%	25%	31,28	37,60	34,44	4,47
Ano	50%	50%	19,64	17,94	18,79	1,20
Ano	25%	75%	5,33	5,11	5,22	0,16
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	39,89	22,06	30,97	12,61
Ne	75%	25%	37,94	31,72	34,83	4,40
Ne	50%	50%	16,95	20,08	18,51	2,21
Ne	25%	75%	5,80	6,76	6,28	0,68
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

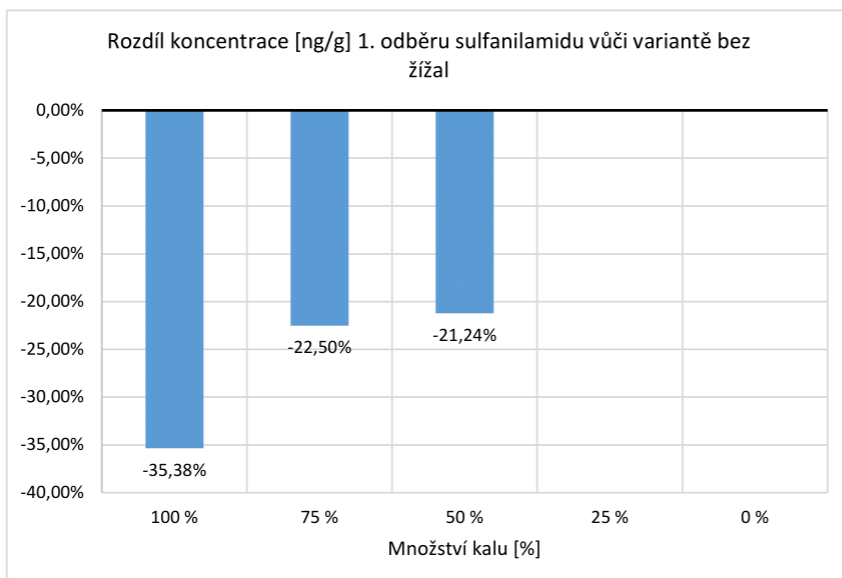
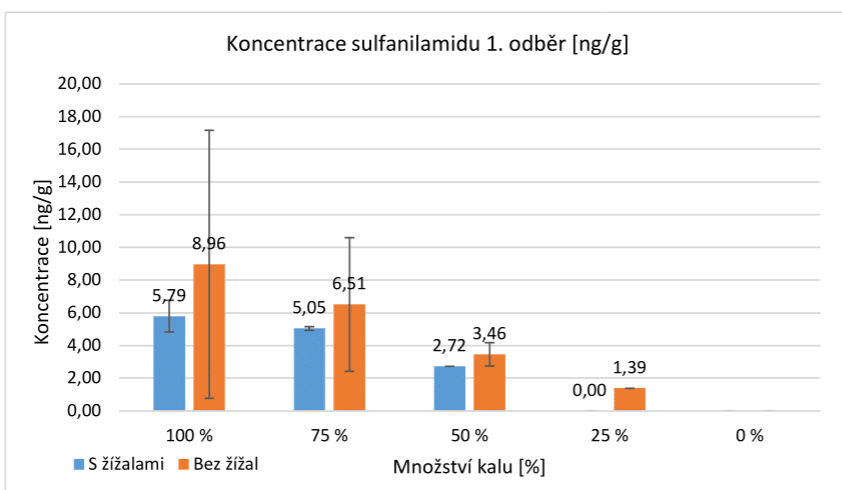
Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	38,25	30,97	7,28	23,51%
75%	25%	34,44	34,83	-0,39	-1,11%
50%	50%	18,79	18,51	0,28	1,51%
25%	75%	5,22	6,28	-1,06	-16,92%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	6,47	5,11	5,79	0,96
Ano	75%	25%	4,97	5,13	5,05	0,11
Ano	50%	50%	NA	2,72	2,72	NA
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,17	14,75	8,96	8,19
Ne	75%	25%	3,63	9,40	6,51	4,08
Ne	50%	50%	3,96	2,96	3,46	0,71
Ne	25%	75%	NA	1,39	1,39	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

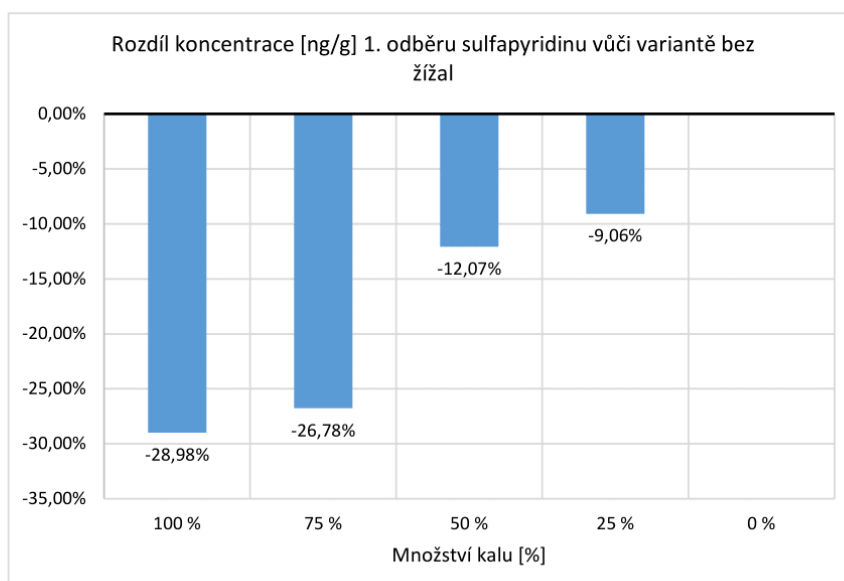
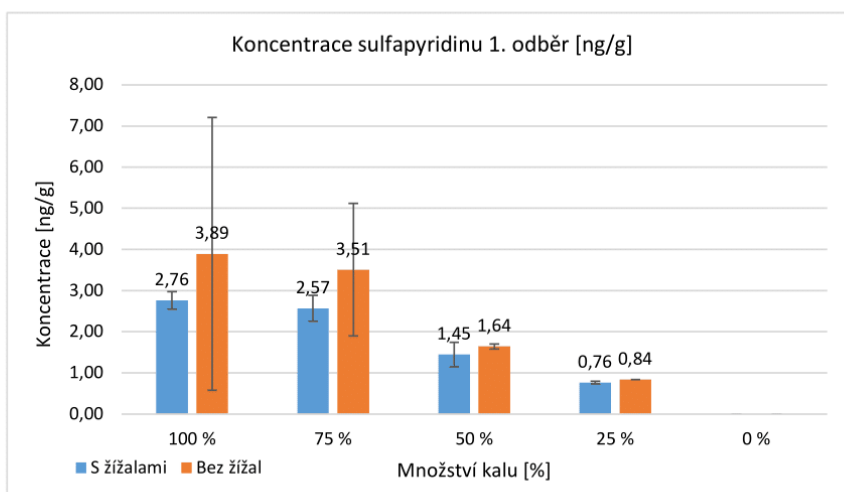
Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	5,79	8,96	-3,17	-35,38%
75%	25%	5,05	6,51	-1,47	-22,50%
50%	50%	2,72	3,46	-0,73	-21,24%
25%	75%	NA	1,39	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žižaly	Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	2,62	2,91	2,76	0,21
Ano	75%	25%	2,35	2,79	2,57	0,31
Ano	50%	50%	1,23	1,66	1,45	0,30
Ano	25%	75%	0,79	0,74	0,76	0,03
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žižaly	Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	1,55	6,24	3,89	3,32
Ne	75%	25%	2,37	4,65	3,51	1,61
Ne	50%	50%	1,60	1,69	1,64	0,06
Ne	25%	75%	NA	0,84	0,84	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

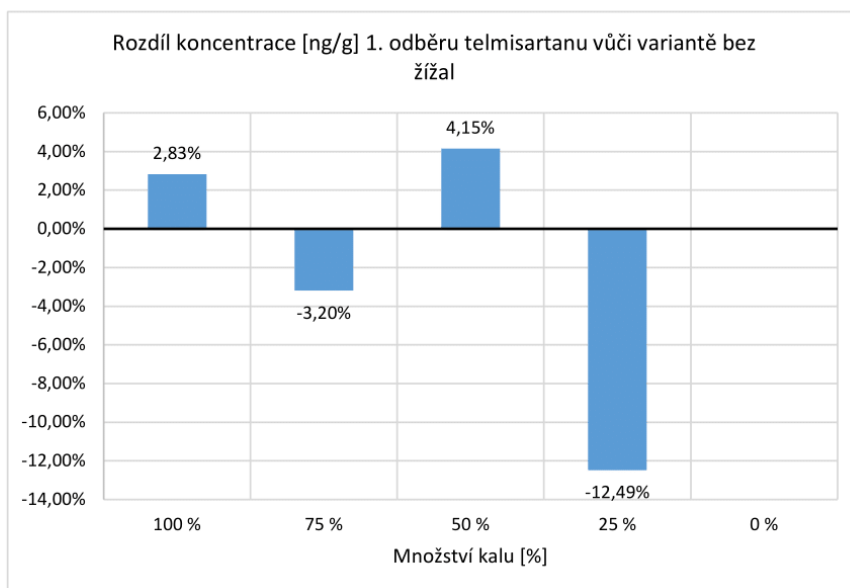
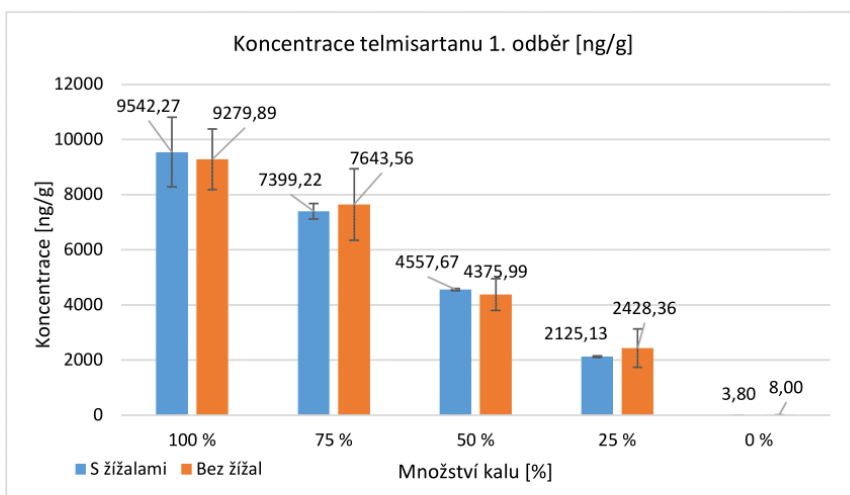
Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,76	3,89	-1,13	-28,98%
75%	25%	2,57	3,51	-0,94	-26,78%
50%	50%	1,45	1,64	-0,20	-12,07%
25%	75%	0,76	0,84	-0,08	-9,06%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žižaly	Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	10438,24	8646,31	9542,27	1267,09
Ano	75%	25%	7202,23	7596,21	7399,22	278,59
Ano	50%	50%	4532,18	4583,16	4557,67	36,05
Ano	25%	75%	2104,48	2145,78	2125,13	29,21
Ano	0%	100%	NA	3,80	3,80	NA

Žižaly	Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	10061,57	8498,21	9279,89	1105,47
Ne	75%	25%	8562,65	6724,46	7643,56	1299,79
Ne	50%	50%	3970,87	4781,11	4375,99	572,93
Ne	25%	75%	1936,87	2919,86	2428,36	695,08
Ne	0%	100%	12,21	3,79	8,00	5,95

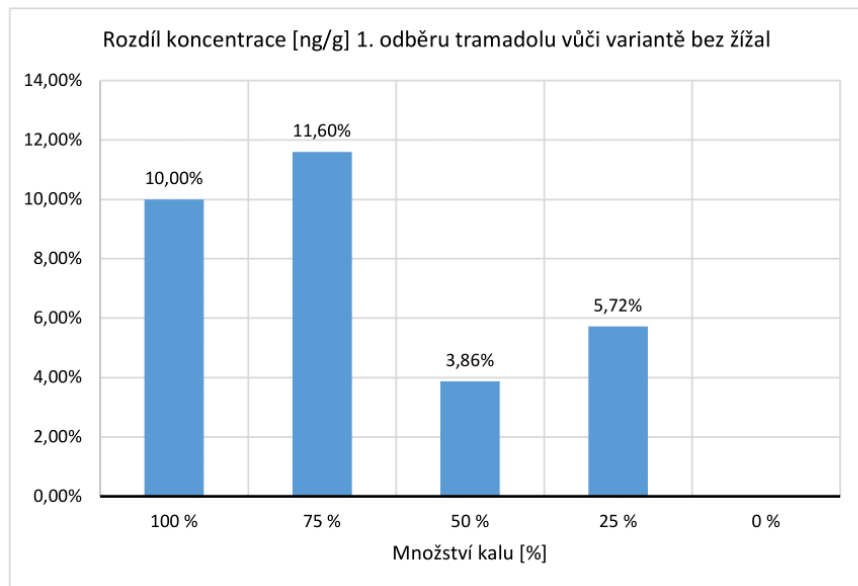
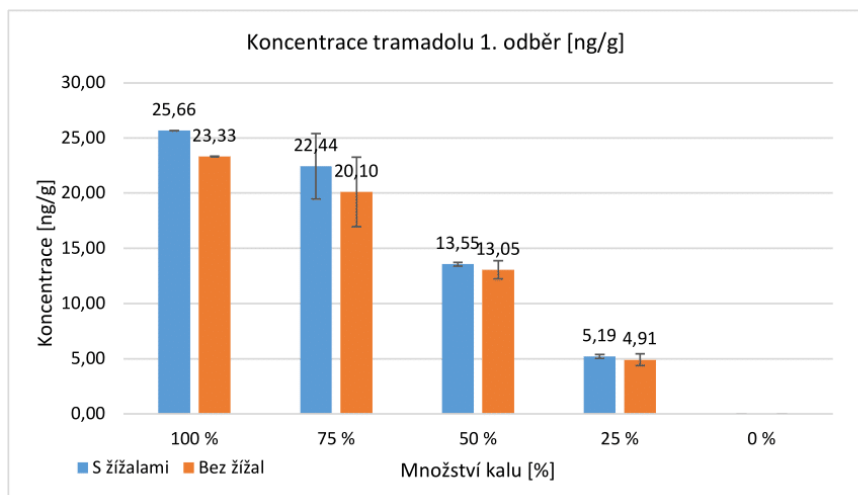
Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	9542,27	9279,89	262,38	2,83%
75%	25%	7399,22	7643,56	-244,33	-3,20%
50%	50%	4557,67	4375,99	181,68	4,15%
25%	75%	2125,13	2428,36	-303,23	-12,49%
0%	100%	3,80	8,00	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	25,65	25,68	25,66	0,02
Ano	75%	25%	20,33	24,54	22,44	2,98
Ano	50%	50%	13,44	13,67	13,55	0,17
Ano	25%	75%	5,31	5,06	5,19	0,18
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	23,31	23,35	23,33	0,03
Ne	75%	25%	22,33	17,88	20,10	3,15
Ne	50%	50%	12,46	13,63	13,05	0,83
Ne	25%	75%	5,29	4,53	4,91	0,54
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

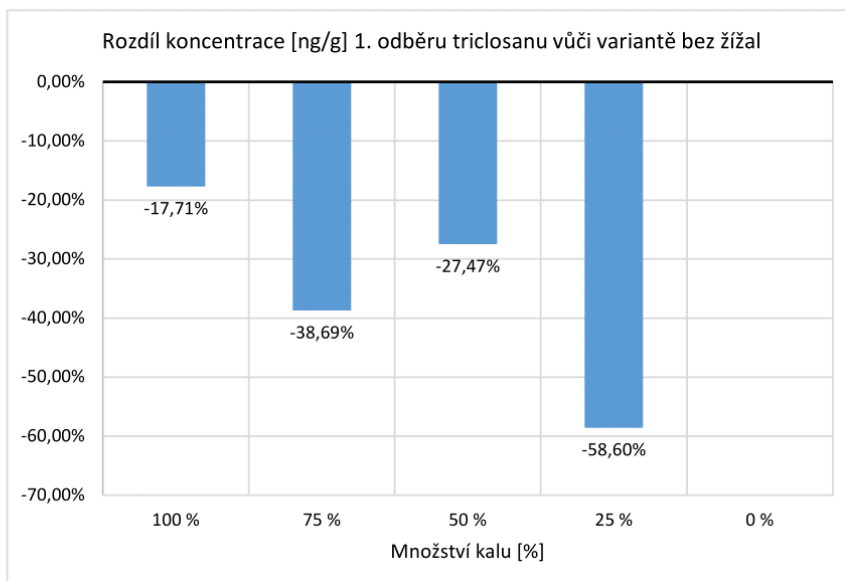
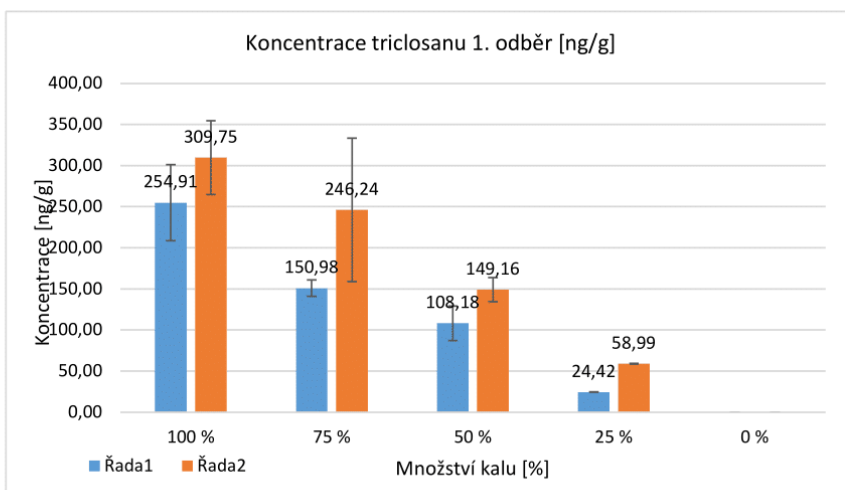
Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	25,66	23,33	2,33	10,00%
75%	25%	22,44	20,10	2,33	11,60%
50%	50%	13,55	13,05	0,50	3,86%
25%	75%	5,19	4,91	0,28	5,72%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	222,08	287,74	254,91	46,42
Ano	75%	25%	143,97	157,98	150,98	9,91
Ano	50%	50%	123,14	93,23	108,18	21,15
Ano	25%	75%	24,58	24,27	24,42	0,22
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	277,98	341,52	309,75	44,93
Ne	75%	25%	184,58	307,89	246,24	87,19
Ne	50%	50%	159,58	138,73	149,16	14,75
Ne	25%	75%	58,62	59,36	58,99	0,52
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

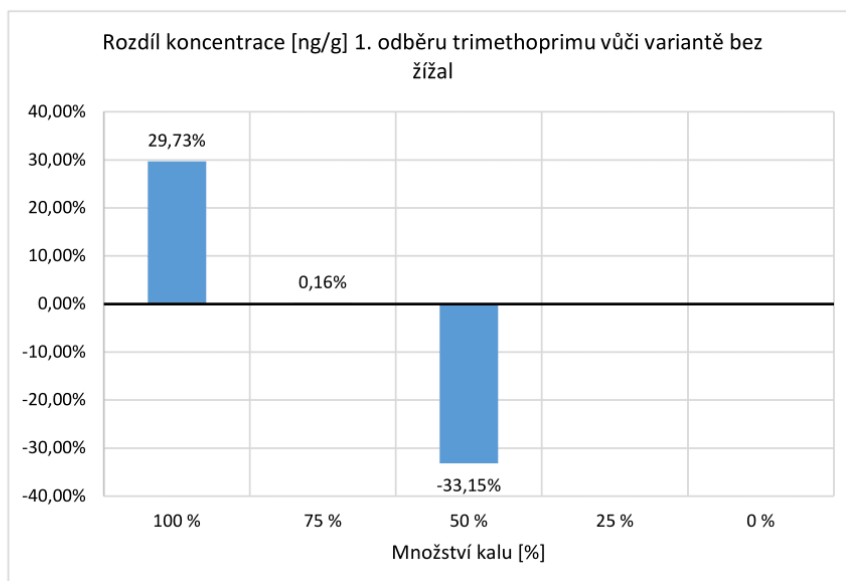
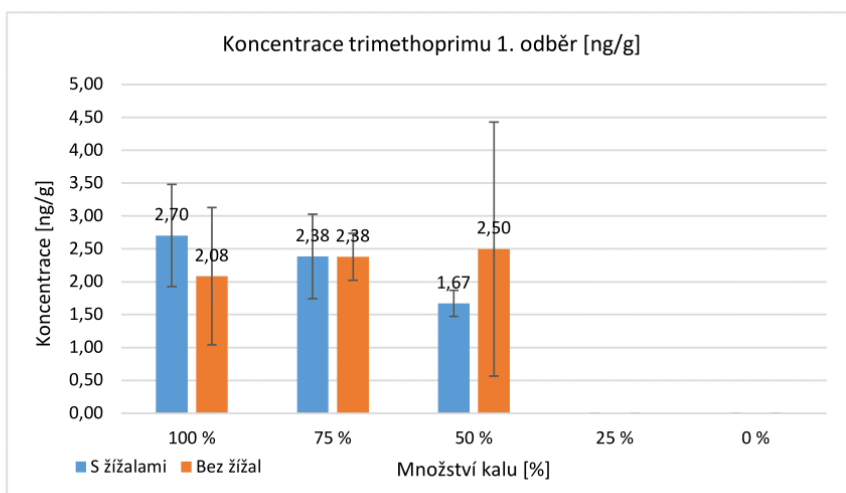
Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	254,91	309,75	-54,84	-17,71%
75%	25%	150,98	246,24	-95,26	-38,69%
50%	50%	108,18	149,16	-40,98	-27,47%
25%	75%	24,42	58,99	-34,56	-58,60%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Trimethoprim ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	3,25	2,15	2,70	0,78
Ano	75%	25%	1,93	2,84	2,38	0,64
Ano	50%	50%	1,53	1,81	1,67	0,20
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Trimethoprim ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	2,82	1,34	2,08	1,04
Ne	75%	25%	2,63	2,13	2,38	0,36
Ne	50%	50%	1,13	3,86	2,50	1,93
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

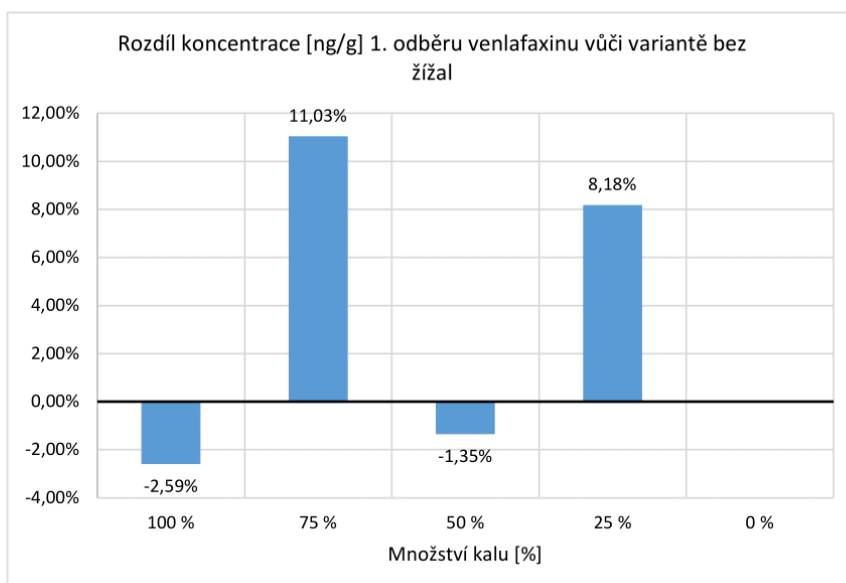
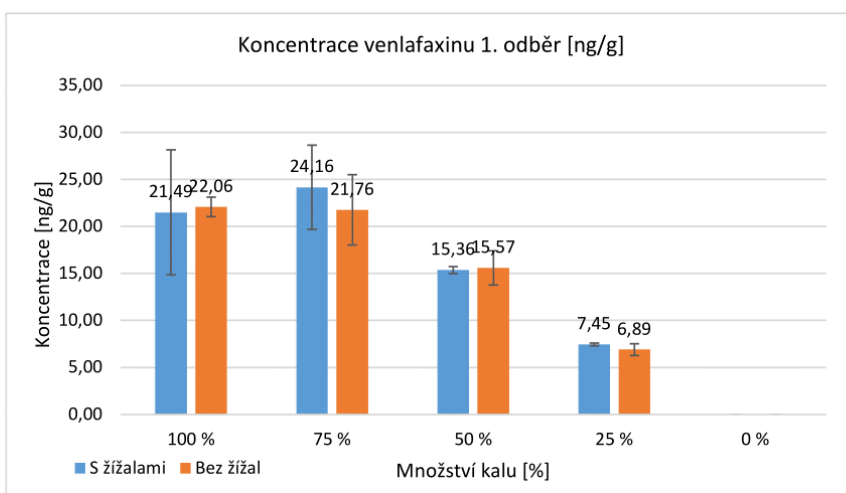
Kal	Pelety	Trimethoprim ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,70	2,08	0,62	29,73%
75%	25%	2,38	2,38	0,00	0,16%
50%	50%	1,67	2,50	-0,83	-33,15%
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Venlafaxin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	26,19	16,79	21,49	6,65
Ano	75%	25%	21,00	27,32	24,16	4,47
Ano	50%	50%	15,10	15,62	15,36	0,37
Ano	25%	75%	7,56	7,35	7,45	0,15
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Venlafaxin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	22,79	21,34	22,06	1,03
Ne	75%	25%	24,40	19,12	21,76	3,74
Ne	50%	50%	14,29	16,86	15,57	1,82
Ne	25%	75%	7,32	6,45	6,89	0,62
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Kal	Pelety	Venlafaxin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	21,49	22,06	-0,57	-2,59%
75%	25%	24,16	21,76	2,40	11,03%
50%	50%	15,36	15,57	-0,21	-1,35%
25%	75%	7,45	6,89	0,56	8,18%
0%	100%	NA	NA	NA	NA

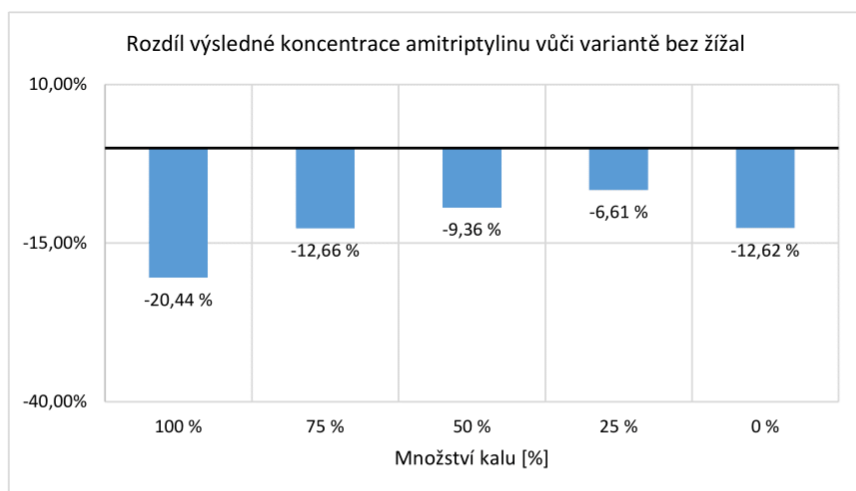
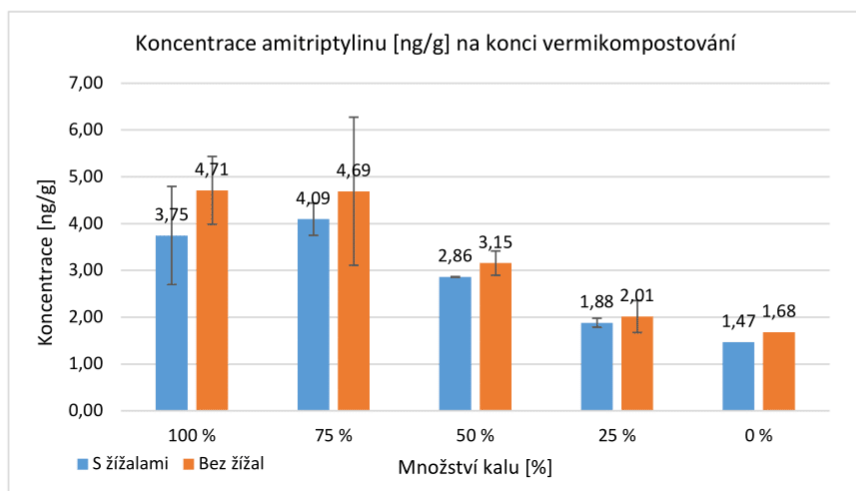


Příloha IV – analýza vstupních dat z posledního měření (V4)

Žížaly	Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	4,49	3,01	3,75	1,05
Ano	75%	25%	4,34	3,85	4,09	0,34
Ano	50%	50%	2,85	2,86	2,86	0,01
Ano	25%	75%	1,95	1,81	1,88	0,10
Ano	0%	100%	1,47	NA	1,47	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	5,22	4,20	4,71	0,72
Ne	75%	25%	5,81	3,57	4,69	1,58
Ne	50%	50%	3,34	2,97	3,15	0,26
Ne	25%	75%	2,25	1,77	2,01	0,34
Ne	0%	100%	NA	1,68	1,68	NA

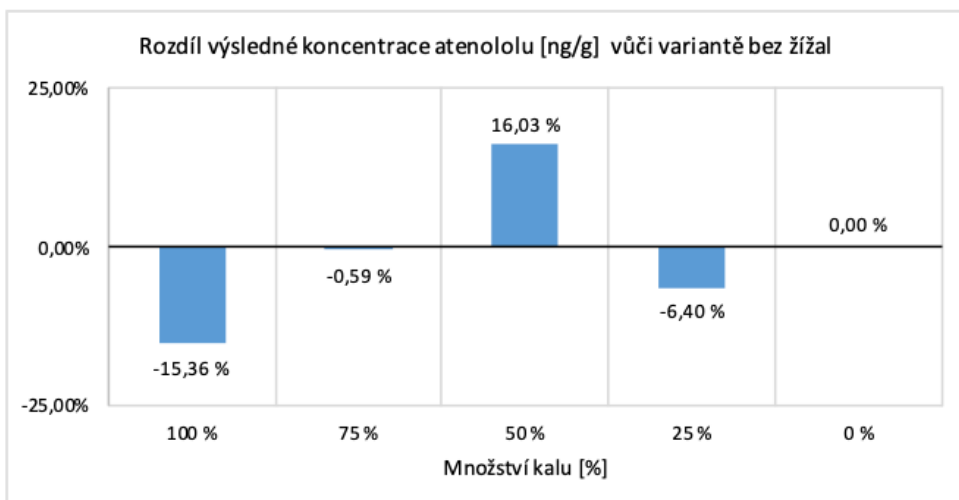
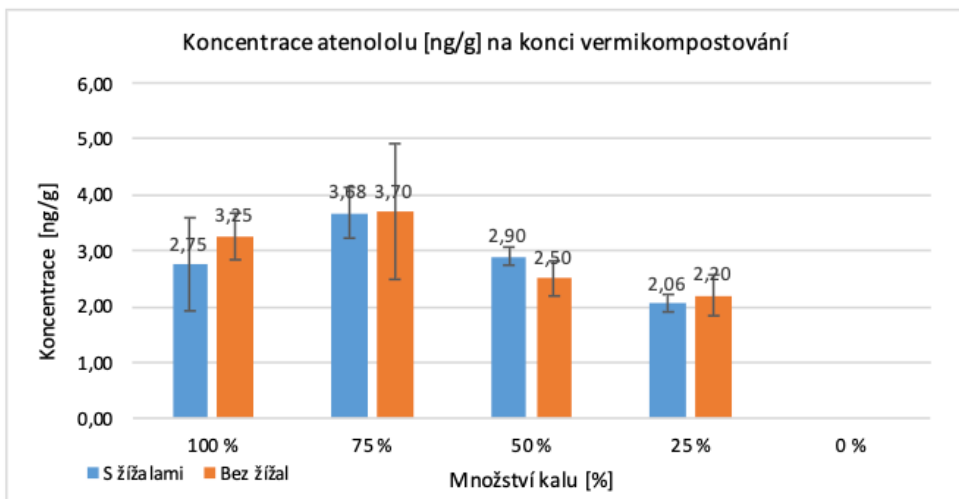
Kal	Pelety	Amitriptylin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,75	4,71	-0,96	-20,44%
75%	25%	4,09	4,69	-0,59	-12,66%
50%	50%	2,86	3,15	-0,30	-9,36%
25%	75%	1,88	2,01	-0,13	-6,61%
0%	100%	1,47	1,68	-0,21	-12,62%



Žížaly	Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	3,34	2,16	2,75	0,83
Ano	75%	25%	4,00	3,36	3,68	0,45
Ano	50%	50%	2,79	3,01	2,90	0,16
Ano	25%	75%	1,95	2,17	2,06	0,16
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,55	2,96	3,25	0,42
Ne	75%	25%	4,56	2,84	3,70	1,21
Ne	50%	50%	2,72	2,28	2,50	0,31
Ne	25%	75%	2,46	1,94	2,20	0,37
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

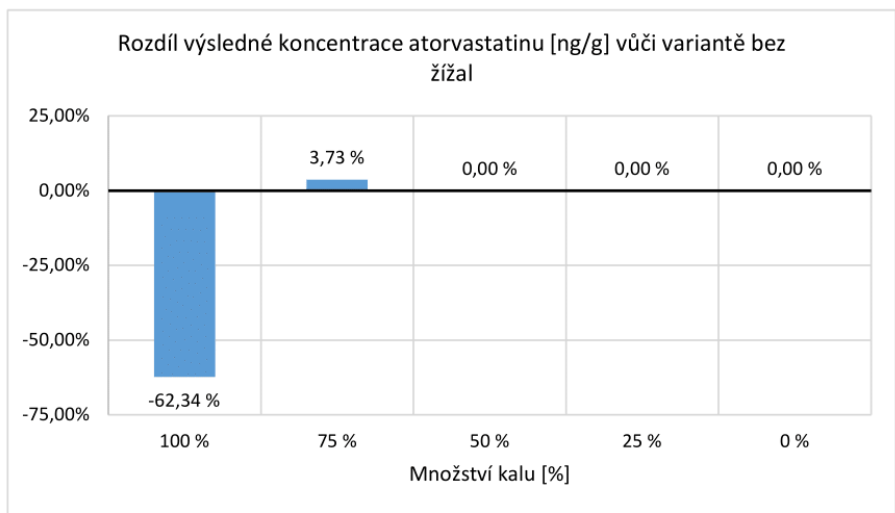
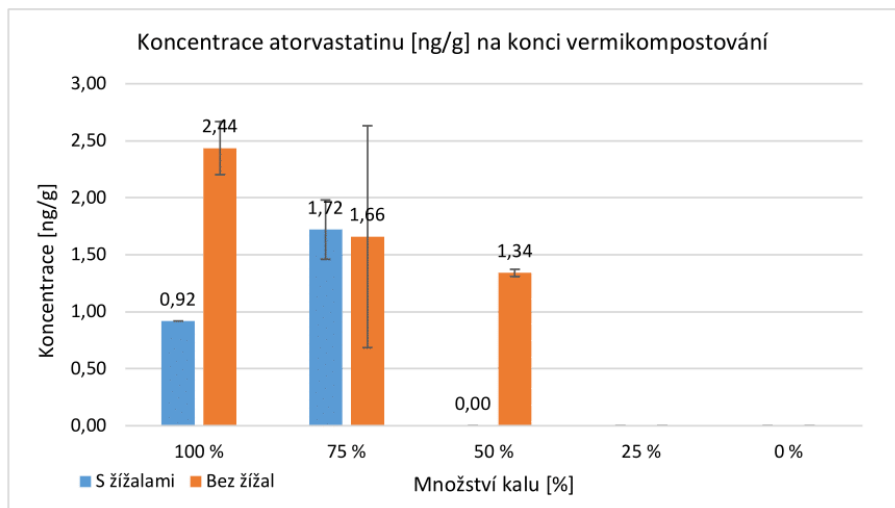
Kal	Pelety	Atenolol ng/g			
		Vermis+	Vermis-	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	2,75	3,25	-0,50	-15,36%
75%	25%	3,68	3,70	-0,02	-0,59%
50%	50%	2,90	2,50	0,40	16,03%
25%	75%	2,06	2,20	-0,14	-6,40%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kalu	Pelety	Atorvastatin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	NA	0,92	0,92	NA
Ano	75%	25%	1,90	1,54	1,72	0,26
Ano	50%	50%	NA	NA	NA	NA
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kalu	Pelety	Atorvastatin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	2,27	2,60	2,44	0,23
Ne	75%	25%	2,35	0,97	1,66	0,97
Ne	50%	50%	1,36	1,32	1,34	0,03
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

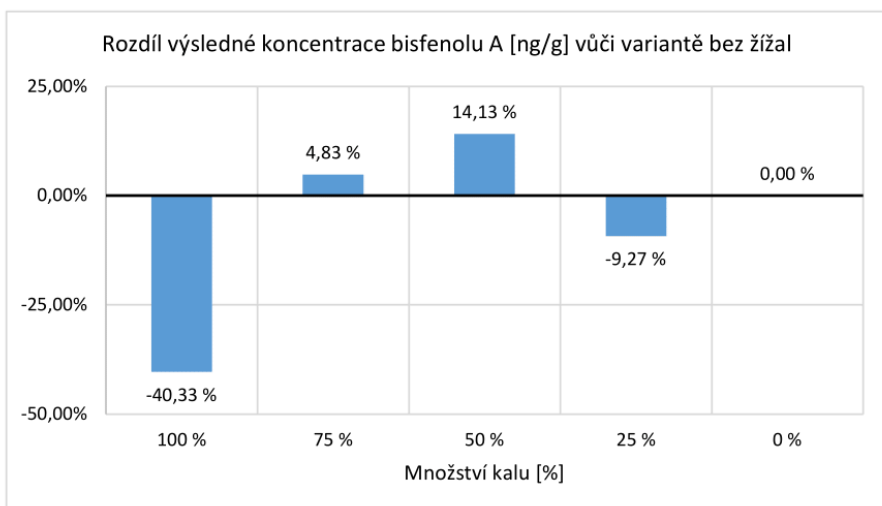
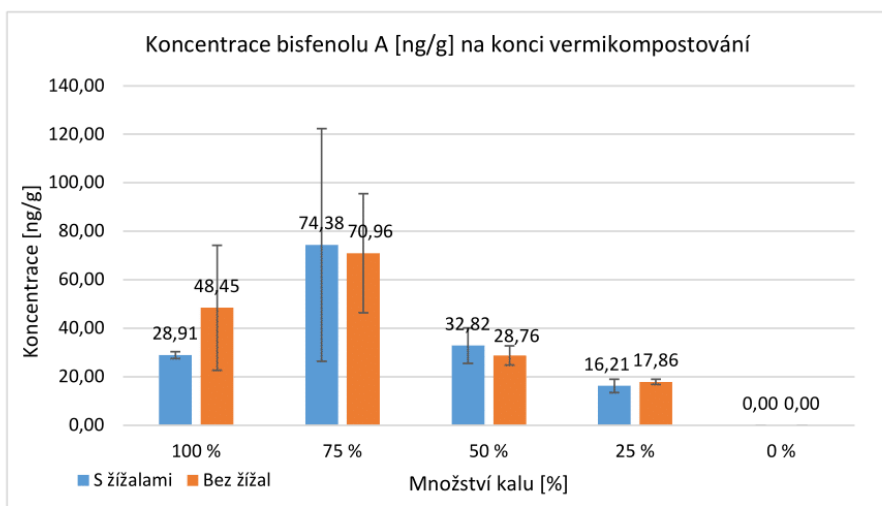
Kalu	Pelety	Atorvastatin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	0,92	2,44	-1,52	-62,34%
75%	25%	1,72	1,66	0,06	3,73%
50%	50%	NA	1,34	NA	NA
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	29,89	27,94	28,91	1,38
Ano	75%	25%	40,43	108,34	74,38	48,01
Ano	50%	50%	37,96	27,68	32,82	7,27
Ano	25%	75%	18,12	14,29	16,21	2,71
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	30,19	66,71	48,45	25,83
Ne	75%	25%	88,36	53,55	70,96	24,61
Ne	50%	50%	31,54	25,98	28,76	3,93
Ne	25%	75%	18,60	17,12	17,86	1,05
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

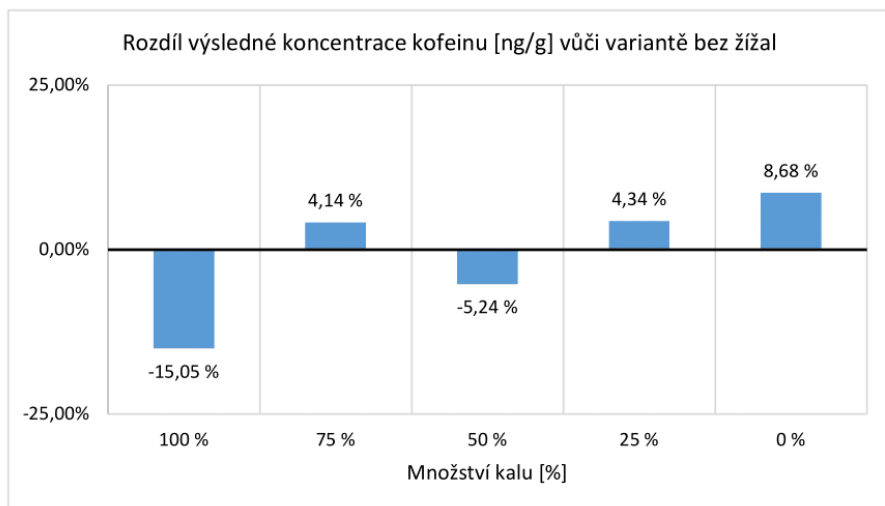
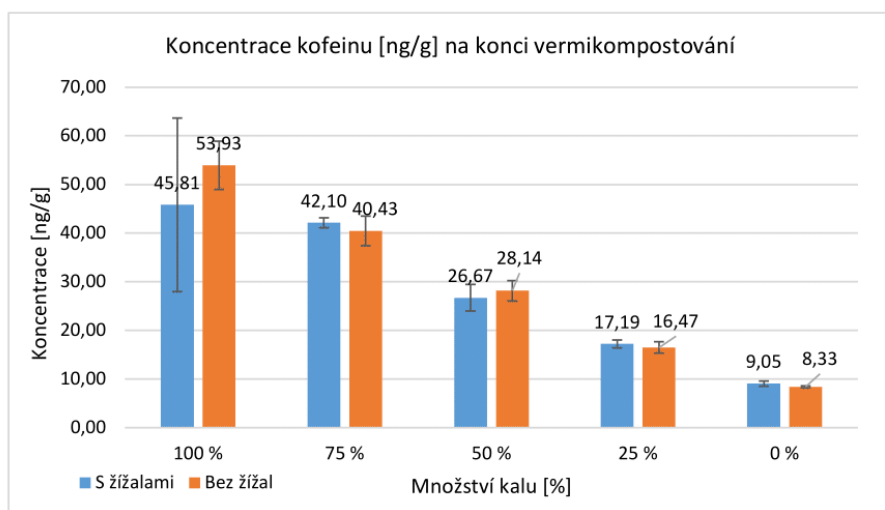
Kal	Pelety	Bisfenol A ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	28,91	48,45	-19,54	-40,33%
75%	25%	74,38	70,96	3,43	4,83%
50%	50%	32,82	28,76	4,06	14,13%
25%	75%	16,21	17,86	-1,66	-9,27%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Kofein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	58,44	33,19	45,81	17,85
Ano	75%	25%	42,86	41,35	42,10	1,06
Ano	50%	50%	28,60	24,74	26,67	2,73
Ano	25%	75%	17,75	16,62	17,19	0,80
Ano	0%	100%	8,67	9,43	9,05	0,54

Žížaly	Kal	Pelety	Kofein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	50,42	57,44	53,93	4,96
Ne	75%	25%	42,60	38,26	40,43	3,06
Ne	50%	50%	29,62	26,66	28,14	2,09
Ne	25%	75%	15,66	17,28	16,47	1,15
Ne	0%	100%	8,17	8,49	8,33	0,23

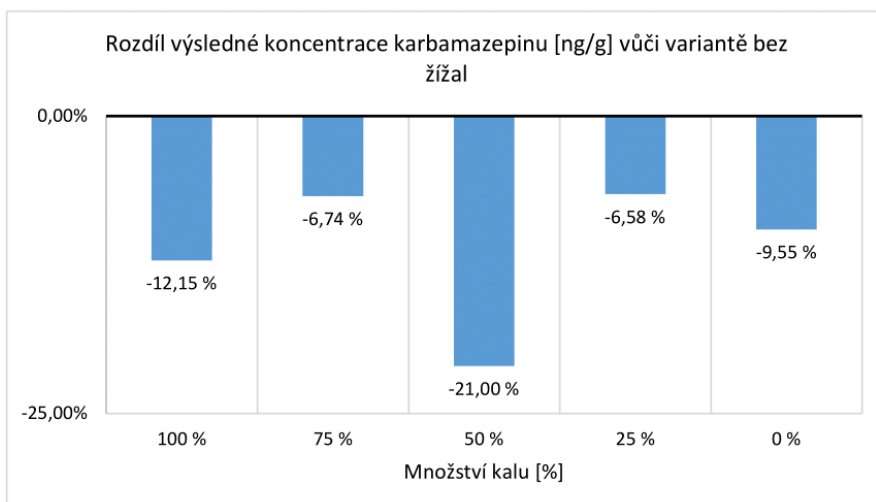
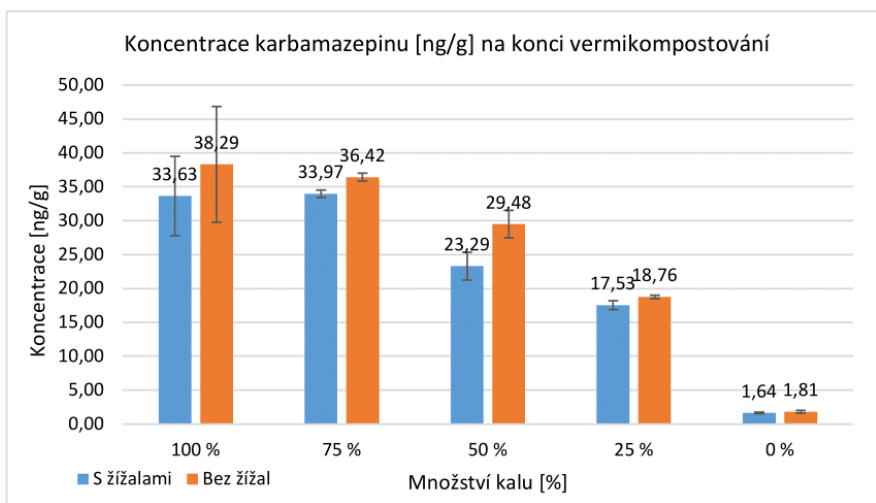
Kal	Pelety	Kofein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	45,81	53,93	-8,12	-15,05%
75%	25%	42,10	40,43	1,67	4,14%
50%	50%	26,67	28,14	-1,47	-5,24%
25%	75%	17,19	16,47	0,72	4,34%
0%	100%	9,05	8,33	0,72	8,68%



Žížaly	Kal	Pelety	Karbamazepin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	37,79	29,48	33,63	5,87
Ano	75%	25%	34,35	33,58	33,97	0,54
Ano	50%	50%	24,74	21,84	23,29	2,05
Ano	25%	75%	17,99	17,07	17,53	0,65
Ano	0%	100%	1,54	1,74	1,64	0,14

Žížaly	Kal	Pelety	Karbamazepin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	44,33	32,24	38,29	8,55
Ne	75%	25%	36,85	35,99	36,42	0,61
Ne	50%	50%	30,91	28,05	29,48	2,02
Ne	25%	75%	18,94	18,58	18,76	0,25
Ne	0%	100%	1,67	1,96	1,81	0,21

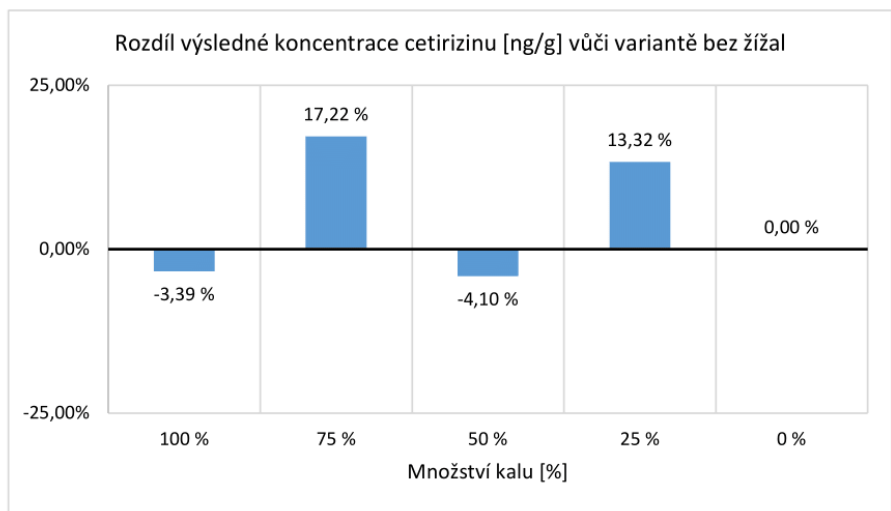
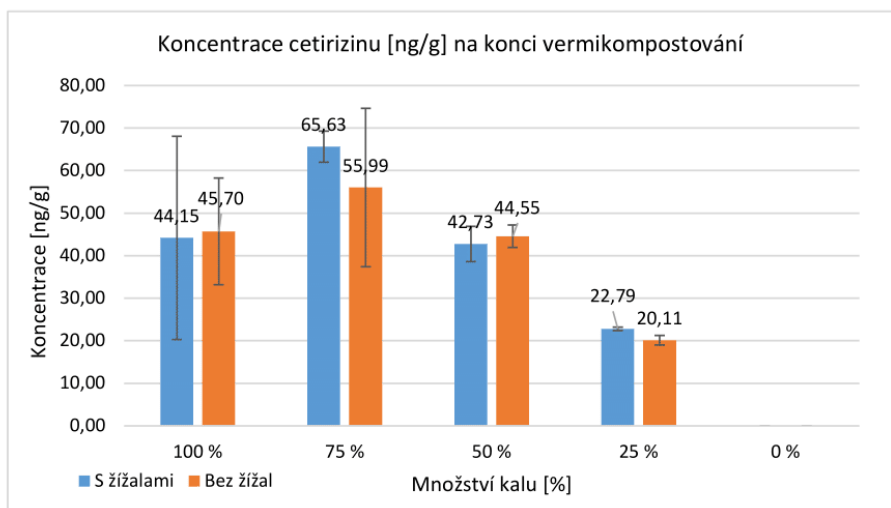
Kal	Pelety	Karbamazepin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	33,63	38,29	-4,65	-12,15%
75%	25%	33,97	36,42	-2,45	-6,74%
50%	50%	23,29	29,48	-6,19	-21,00%
25%	75%	17,53	18,76	-1,24	-6,58%
0%	100%	1,64	1,81	-0,17	-9,55%



Žížaly	Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	61,05	27,24	44,15	23,91
Ano	75%	25%	68,23	63,04	65,63	3,66
Ano	50%	50%	45,64	39,81	42,73	4,12
Ano	25%	75%	23,07	22,51	22,79	0,39
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	54,57	36,82	45,70	12,55
Ne	75%	25%	69,16	42,82	55,99	18,63
Ne	50%	50%	46,41	42,70	44,55	2,62
Ne	25%	75%	20,93	19,29	20,11	1,16
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

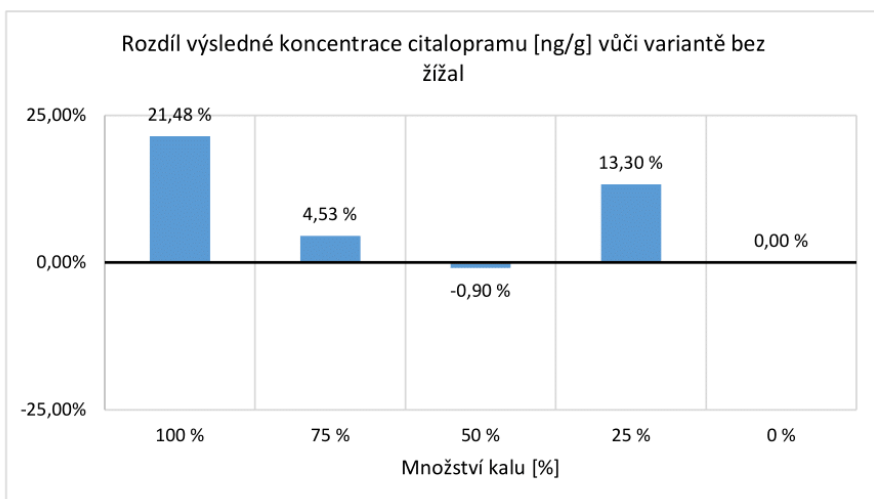
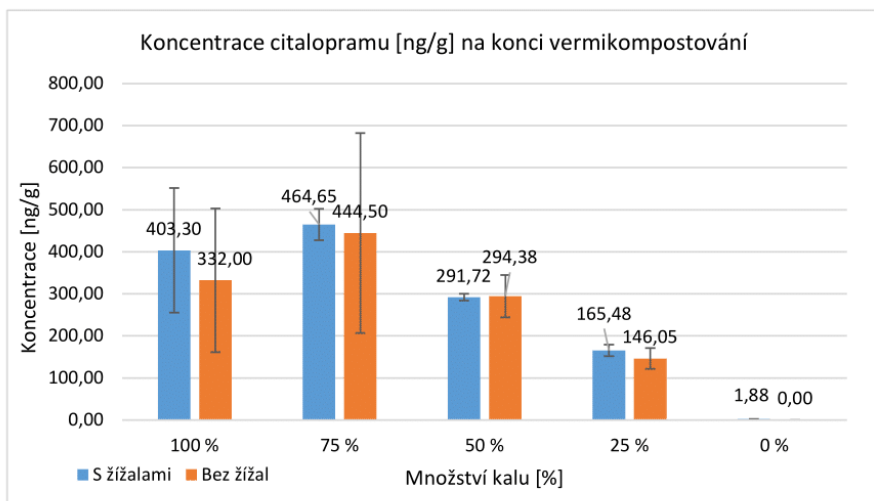
Kal	Pelety	Cetirizin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	44,15	45,70	-1,55	-3,39%
75%	25%	65,63	55,99	9,64	17,22%
50%	50%	42,73	44,55	-1,83	-4,10%
25%	75%	22,79	20,11	2,68	13,32%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	507,98	298,63	403,30	148,03
Ano	75%	25%	491,01	438,29	464,65	37,28
Ano	50%	50%	297,33	286,11	291,72	7,93
Ano	25%	75%	175,08	155,88	165,48	13,57
Ano	0%	100%	1,71	2,06	1,88	0,25

Žížaly	Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	452,83	211,16	332,00	170,89
Ne	75%	25%	612,64	276,35	444,50	237,79
Ne	50%	50%	330,07	258,68	294,38	50,48
Ne	25%	75%	163,66	128,45	146,05	24,90
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

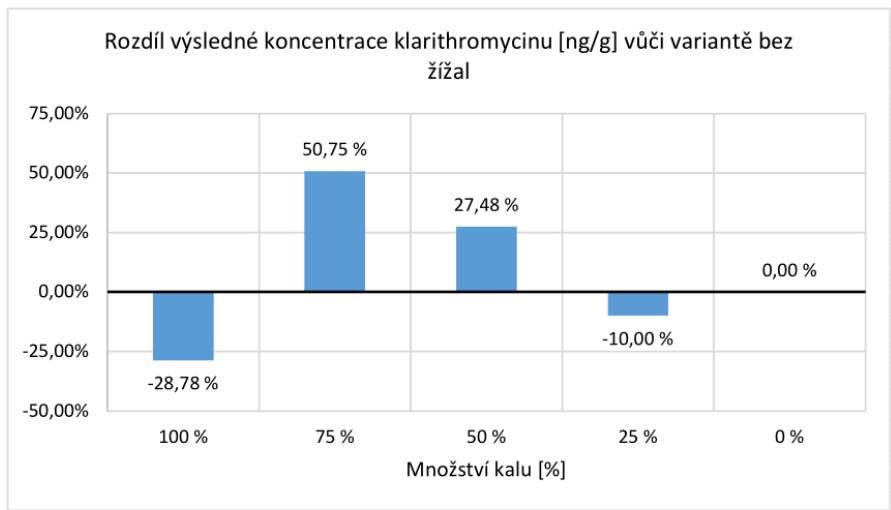
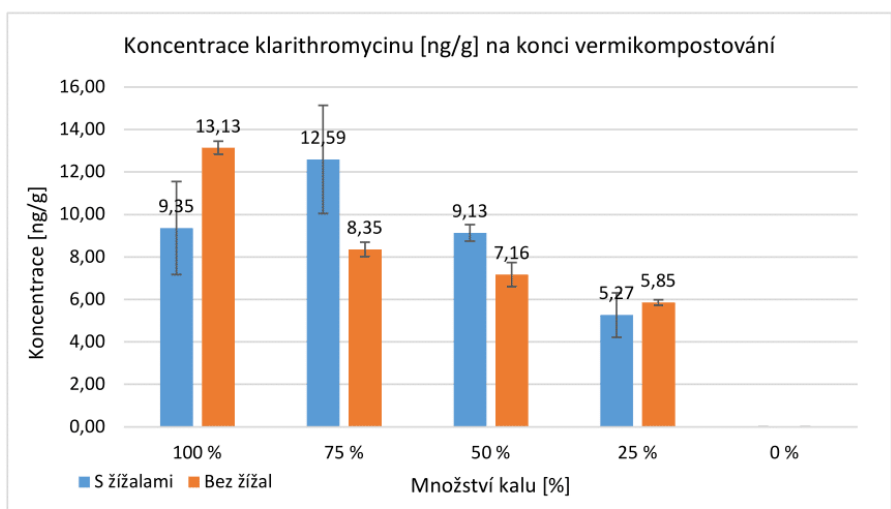
Kal	Pelety	Citalopram ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	403,30	332,00	71,30	21,48%
75%	25%	464,65	444,50	20,15	4,53%
50%	50%	291,72	294,38	-2,66	-0,90%
25%	75%	165,48	146,05	19,43	13,30%
0%	100%	1,88	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	10,91	7,80	9,35	2,19
Ano	75%	25%	14,39	10,78	12,59	2,55
Ano	50%	50%	8,86	9,40	9,13	0,38
Ano	25%	75%	4,53	6,01	5,27	1,05
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	13,35	12,92	13,13	0,31
Ne	75%	25%	8,59	8,11	8,35	0,34
Ne	50%	50%	6,76	7,56	7,16	0,57
Ne	25%	75%	5,76	5,94	5,85	0,13
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

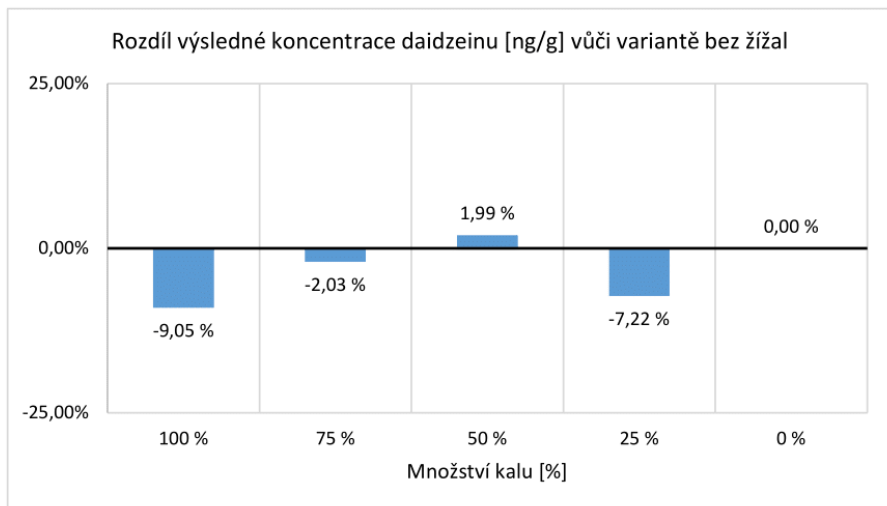
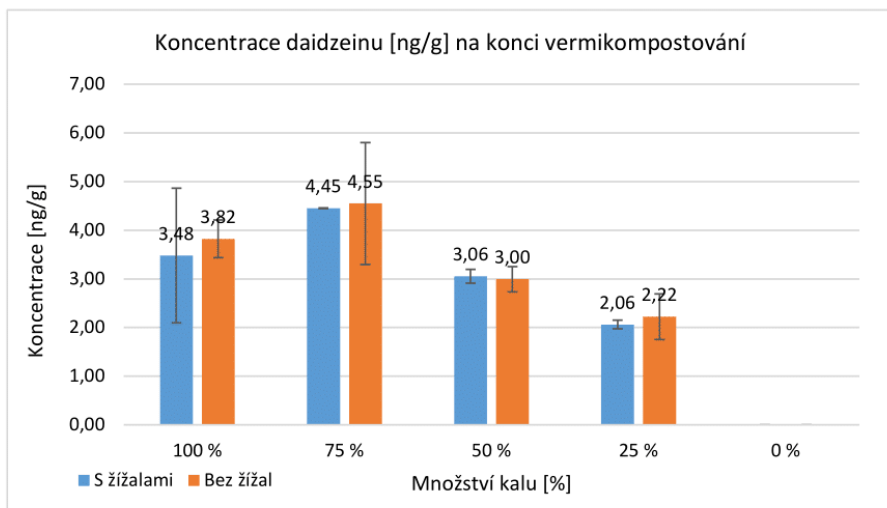
Kal	Pelety	Klarithromycin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	9,35	13,13	-3,78	-28,78%
75%	25%	12,59	8,35	4,24	50,75%
50%	50%	9,13	7,16	1,97	27,48%
25%	75%	5,27	5,85	-0,59	-10,00%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kalu	Pelety	Daidzein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	4,46	2,50	3,48	1,38
Ano	75%	25%	4,46	4,45	4,45	0,01
Ano	50%	50%	2,96	3,15	3,06	0,14
Ano	25%	75%	2,00	2,13	2,06	0,09
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kalu	Pelety	Daidzein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,55	4,10	3,82	0,39
Ne	75%	25%	5,43	3,66	4,55	1,25
Ne	50%	50%	3,18	2,81	3,00	0,26
Ne	25%	75%	2,56	1,89	2,22	0,47
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

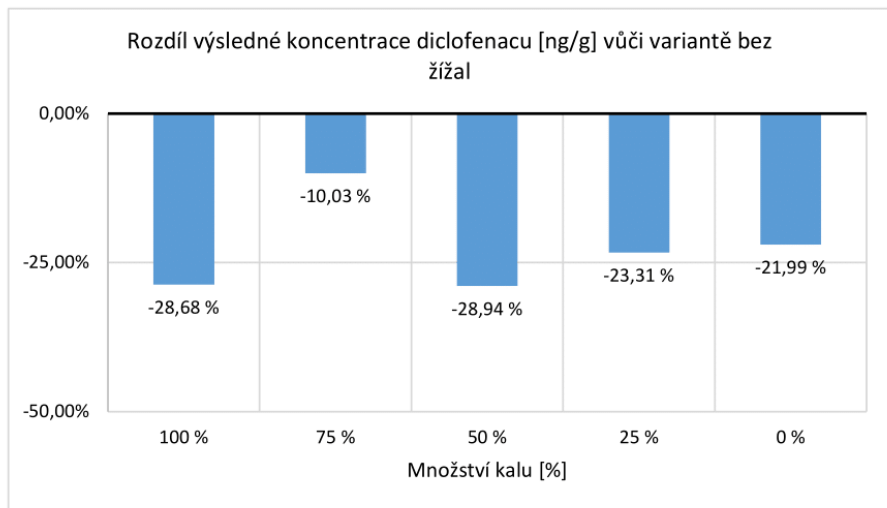
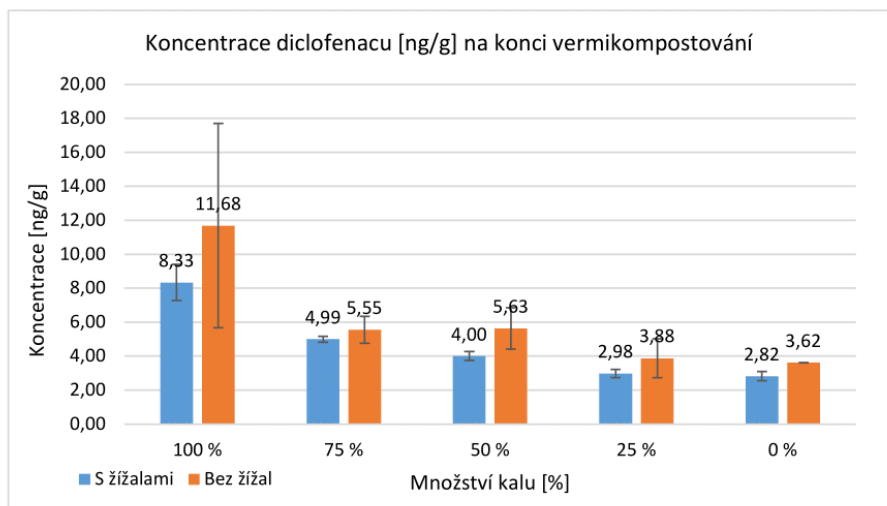
Kalu	Pelety	Daidzein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,48	3,82	-0,35	-9,05%
75%	25%	4,45	4,55	-0,09	-2,03%
50%	50%	3,06	3,00	0,06	1,99%
25%	75%	2,06	2,22	-0,16	-7,22%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	9,08	7,58	8,33	1,06
Ano	75%	25%	5,12	4,87	4,99	0,17
Ano	50%	50%	3,82	4,19	4,00	0,26
Ano	25%	75%	3,15	2,80	2,98	0,25
Ano	0%	100%	2,63	3,02	2,82	0,28

Žížaly	Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	7,43	15,93	11,68	6,01
Ne	75%	25%	6,10	5,00	5,55	0,78
Ne	50%	50%	4,77	6,49	5,63	1,22
Ne	25%	75%	3,07	4,70	3,88	1,15
Ne	0%	100%	3,63	3,61	3,62	0,01

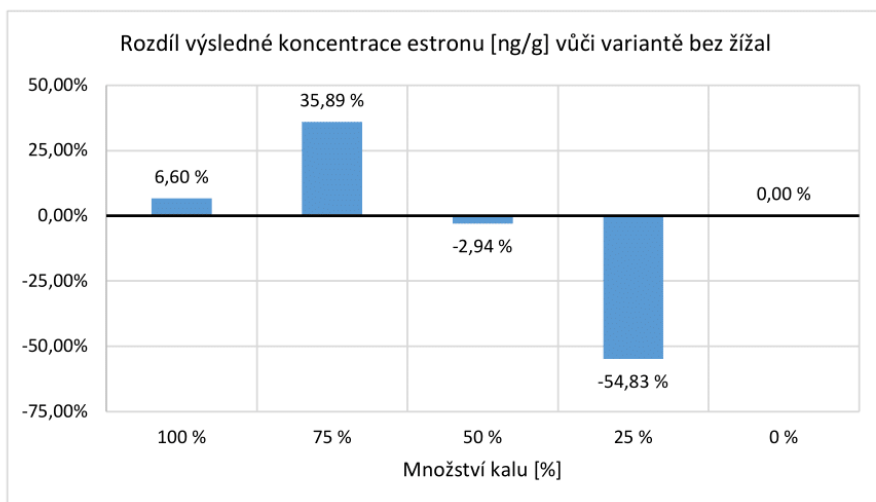
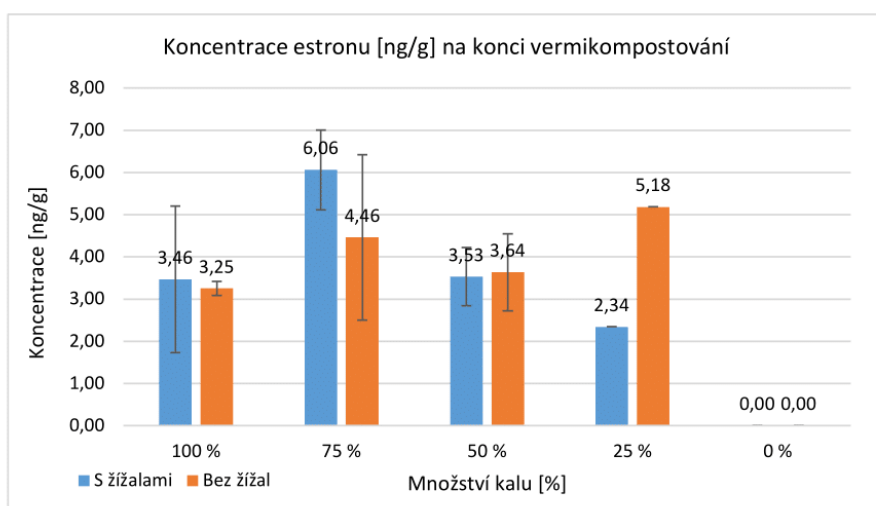
Kal	Pelety	Diclofenac ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	8,33	11,68	-3,35	-28,68%
75%	25%	4,99	5,55	-0,56	-10,03%
50%	50%	4,00	5,63	-1,63	-28,94%
25%	75%	2,98	3,88	-0,91	-23,31%
0%	100%	2,82	3,62	-0,80	-21,99%



Žížaly	Kal	Pelety	Estron ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	4,69	2,23	3,46	1,74
Ano	75%	25%	6,73	5,39	6,06	0,95
Ano	50%	50%	3,04	4,01	3,53	0,69
Ano	25%	75%	2,34	NA	2,34	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Estron ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,13	3,37	3,25	0,16
Ne	75%	25%	5,85	3,07	4,46	1,96
Ne	50%	50%	4,28	2,99	3,64	0,91
Ne	25%	75%	5,18	NA	5,18	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

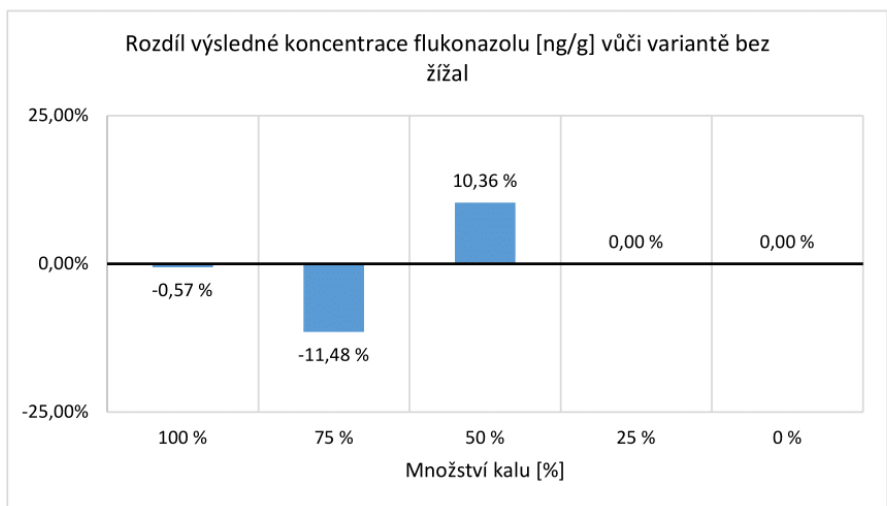
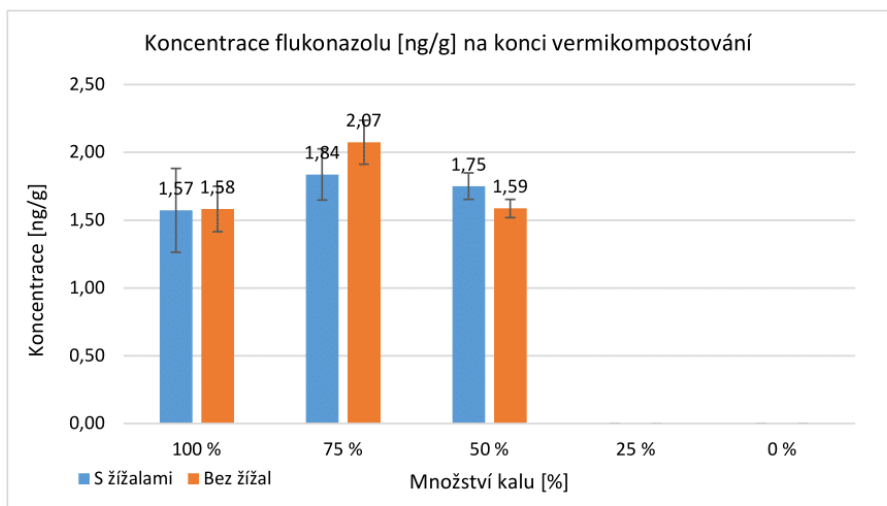
Kal	Pelety	Estron ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,46	3,25	0,21	6,60%
75%	25%	6,06	4,46	1,60	35,89%
50%	50%	3,53	3,64	-0,11	-2,94%
25%	75%	2,34	5,18	-2,84	-54,83%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Flukonazol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	1,79	1,35	1,57	0,31
Ano	75%	25%	1,97	1,70	1,84	0,19
Ano	50%	50%	1,82	1,68	1,75	0,10
Ano	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Flukonazol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	1,46	1,70	1,58	0,17
Ne	75%	25%	2,19	1,96	2,07	0,16
Ne	50%	50%	1,63	1,54	1,59	0,07
Ne	25%	75%	NA	NA	NA	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

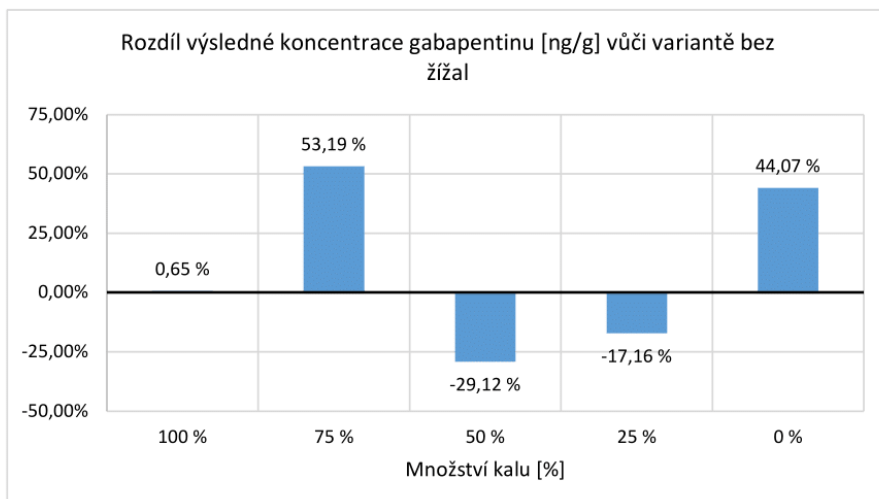
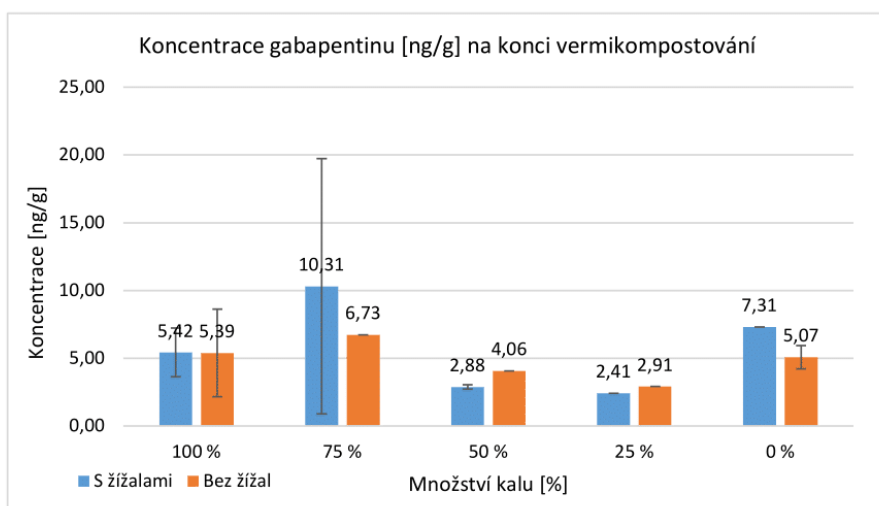
Kal	Pelety	Flukonazol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	1,57	1,58	-0,01	-0,57%
75%	25%	1,84	2,07	-0,24	-11,48%
50%	50%	1,75	1,59	0,16	10,36%
25%	75%	NA	NA	NA	NA
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Gabapentin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	6,70	4,15	5,42	1,81
Ano	75%	25%	16,97	3,65	10,31	9,42
Ano	50%	50%	3,00	2,76	2,88	0,17
Ano	25%	75%	2,41	NA	2,41	NA
Ano	0%	100%	NA	7,31	7,31	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Gabapentin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	7,67	3,11	5,39	3,23
Ne	75%	25%	6,73	NA	6,73	NA
Ne	50%	50%	4,06	NA	4,06	NA
Ne	25%	75%	2,91	NA	2,91	NA
Ne	0%	100%	5,68	4,46	5,07	0,86

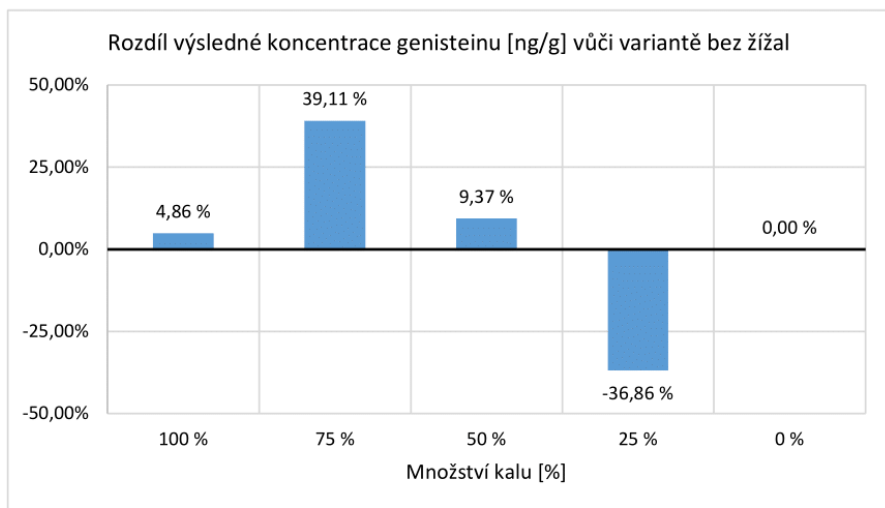
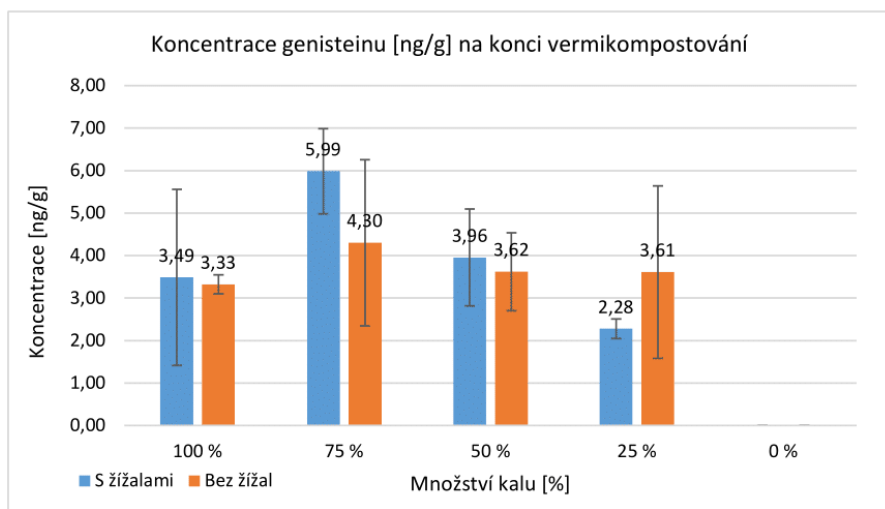
Kal	Pelety	Gabapentin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	5,42	5,39	0,04	0,65%
75%	25%	10,31	6,73	3,58	53,19%
50%	50%	2,88	4,06	-1,18	-29,12%
25%	75%	2,41	2,91	-0,50	-17,16%
0%	100%	7,31	5,07	2,24	44,07%



Žížaly	Kal	Pelety	Genistein ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	4,95	2,02	3,49	2,07
Ano	75%	25%	6,70	5,28	5,99	1,00
Ano	50%	50%	3,15	4,76	3,96	1,14
Ano	25%	75%	2,12	2,44	2,28	0,23
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Genistein ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	3,17	3,48	3,33	0,22
Ne	75%	25%	5,69	2,92	4,30	1,95
Ne	50%	50%	4,27	2,97	3,62	0,92
Ne	25%	75%	5,05	2,18	3,61	2,03
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

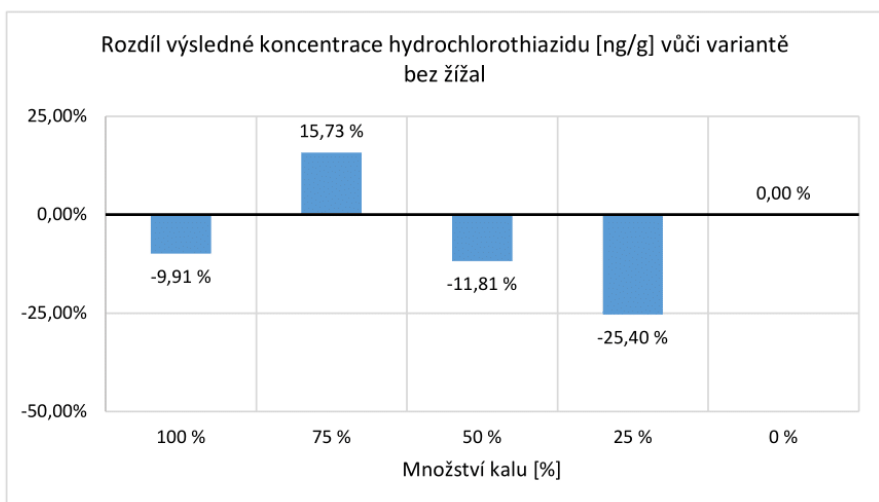
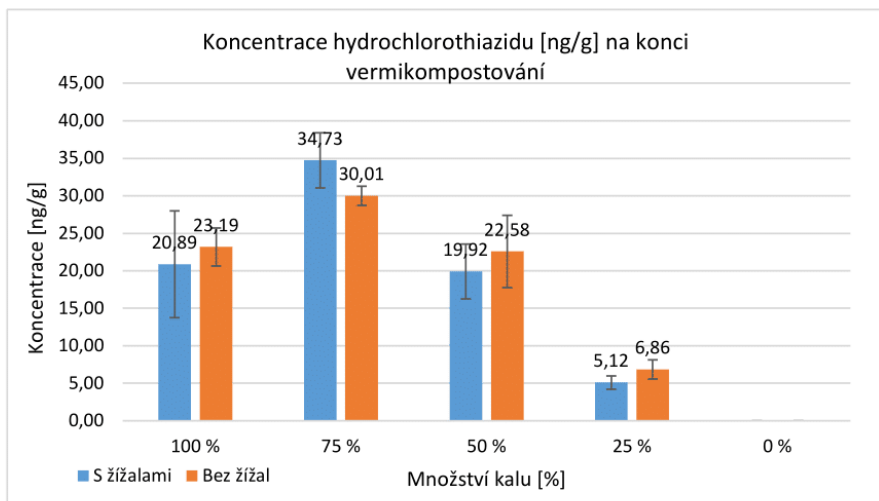
Kal	Pelety	Genistein ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,49	3,33	0,16	4,86%
75%	25%	5,99	4,30	1,68	39,11%
50%	50%	3,96	3,62	0,34	9,37%
25%	75%	2,28	3,61	-1,33	-36,86%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	25,92	15,85	20,89	7,12
Ano	75%	25%	37,34	32,13	34,73	3,68
Ano	50%	50%	17,35	22,49	19,92	3,64
Ano	25%	75%	4,49	5,74	5,12	0,88
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	24,98	21,39	23,19	2,54
Ne	75%	25%	30,91	29,11	30,01	1,27
Ne	50%	50%	19,17	26,00	22,58	4,83
Ne	25%	75%	5,96	7,75	6,86	1,26
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

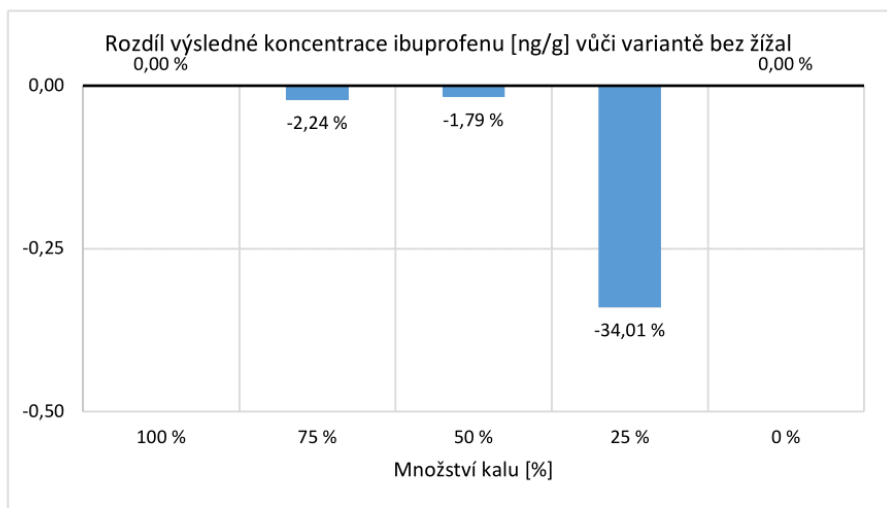
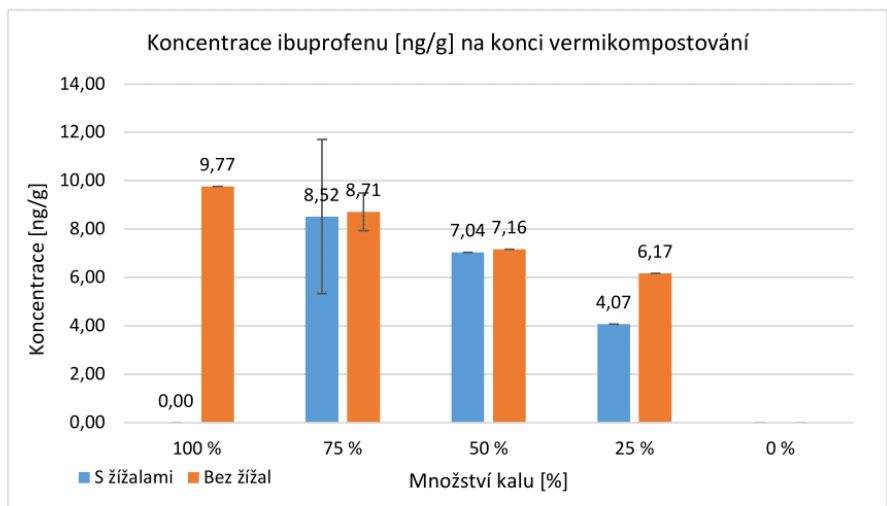
Kal	Pelety	Hydrochlorothiazid ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	20,89	23,19	-2,30	-9,91%
75%	25%	34,73	30,01	4,72	15,73%
50%	50%	19,92	22,58	-2,67	-11,81%
25%	75%	5,12	6,86	-1,74	-25,40%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Ibuprofen ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	NA	NA	NA	NA
Ano	75%	25%	10,77	6,26	8,52	3,19
Ano	50%	50%	7,04	NA	7,04	NA
Ano	25%	75%	4,07	NA	4,07	NA
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Ibuprofen ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	NA	9,77	9,77	NA
Ne	75%	25%	9,26	8,16	8,71	0,78
Ne	50%	50%	NA	7,16	7,16	NA
Ne	25%	75%	NA	6,17	6,17	NA
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

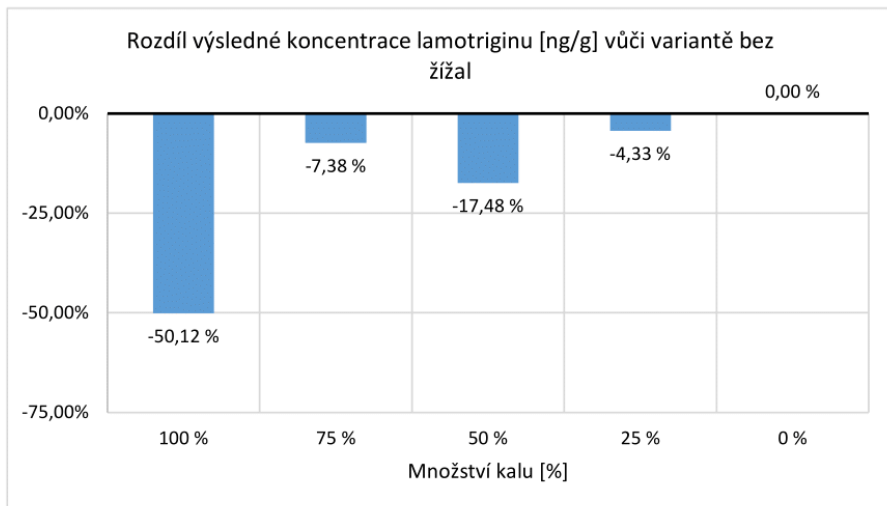
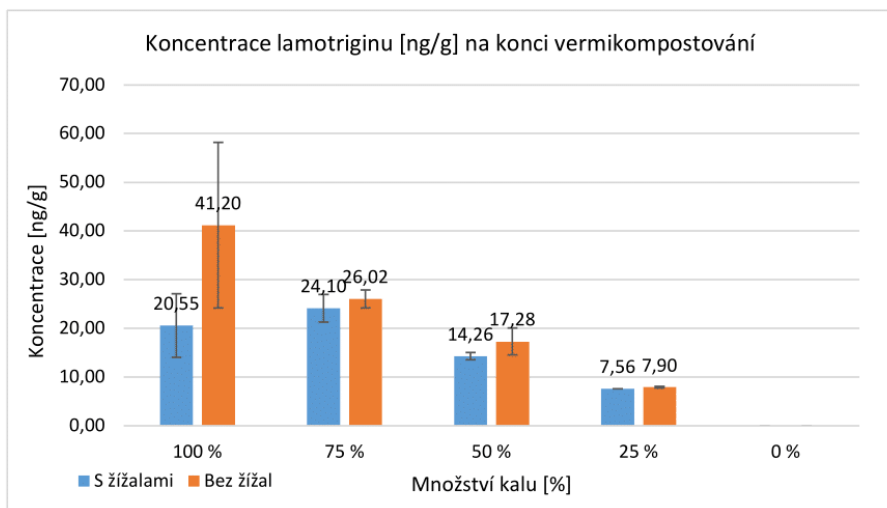
Kal	Pelety	Ibuprofen ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	NA	9,77	NA	NA
75%	25%	8,52	8,71	-0,19	-2,24%
50%	50%	7,04	7,16	-0,13	-1,79%
25%	75%	4,07	6,17	-2,10	-34,01%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	25,18	15,92	20,55	6,55
Ano	75%	25%	26,12	22,07	24,10	2,86
Ano	50%	50%	14,77	13,74	14,26	0,73
Ano	25%	75%	7,57	7,55	7,56	0,01
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	29,17	53,23	41,20	17,01
Ne	75%	25%	24,72	27,32	26,02	1,83
Ne	50%	50%	15,31	19,25	17,28	2,78
Ne	25%	75%	7,77	8,03	7,90	0,18
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

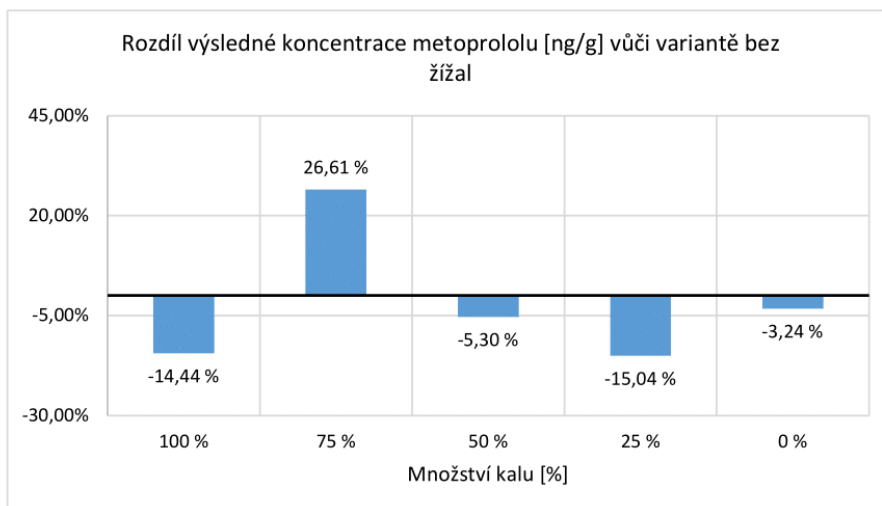
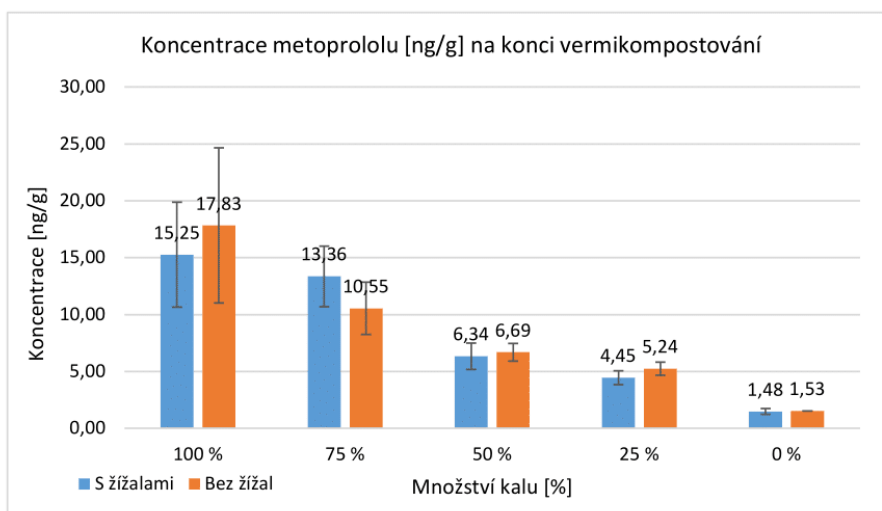
Kal	Pelety	Lamotrigin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	20,55	41,20	-20,65	-50,12%
75%	25%	24,10	26,02	-1,92	-7,38%
50%	50%	14,26	17,28	-3,02	-17,48%
25%	75%	7,56	7,90	-0,34	-4,33%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	18,51	11,99	15,25	4,61
Ano	75%	25%	11,48	15,24	13,36	2,66
Ano	50%	50%	5,51	7,16	6,34	1,17
Ano	25%	75%	4,02	4,88	4,45	0,61
Ano	0%	100%	1,30	1,66	1,48	0,25

Žížaly	Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	13,01	22,65	17,83	6,82
Ne	75%	25%	8,92	12,18	10,55	2,31
Ne	50%	50%	6,15	7,23	6,69	0,77
Ne	25%	75%	5,65	4,83	5,24	0,58
Ne	0%	100%	1,53	NA	1,53	NA

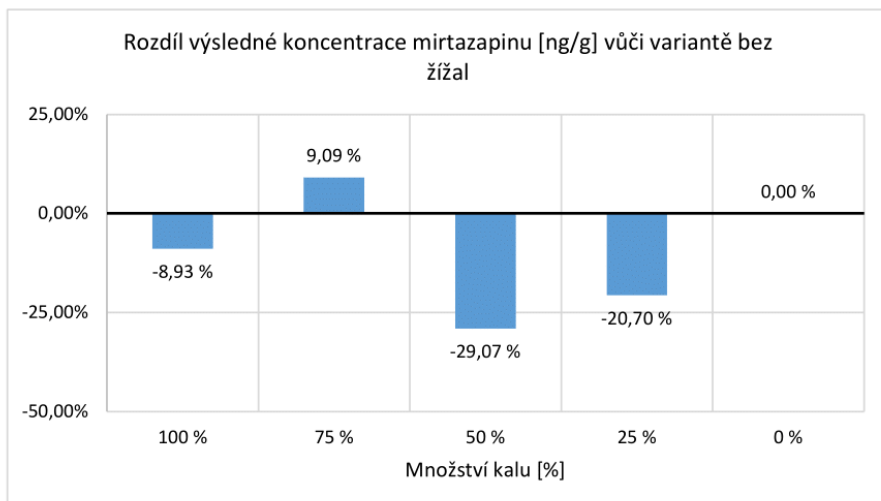
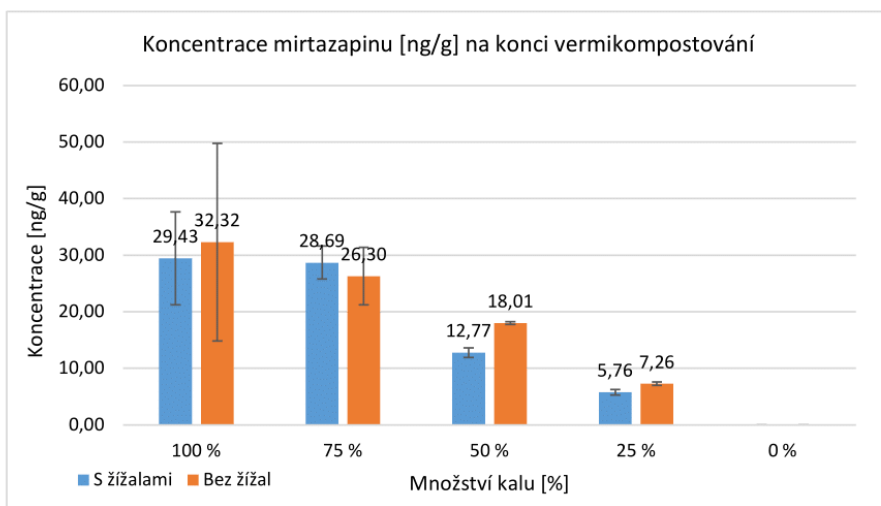
Kal	Pelety	Metoprolol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	15,25	17,83	-2,57	-14,44%
75%	25%	13,36	10,55	2,81	26,61%
50%	50%	6,34	6,69	-0,35	-5,30%
25%	75%	4,45	5,24	-0,79	-15,04%
0%	100%	1,48	1,53	-0,05	-3,24%



Žížaly	Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	35,25	23,61	29,43	8,23
Ano	75%	25%	30,75	26,62	28,69	2,92
Ano	50%	50%	13,37	12,17	12,77	0,85
Ano	25%	75%	5,39	6,12	5,76	0,52
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	44,67	19,97	32,32	17,46
Ne	75%	25%	29,90	22,70	26,30	5,09
Ne	50%	50%	17,82	18,19	18,01	0,26
Ne	25%	75%	7,48	7,04	7,26	0,31
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

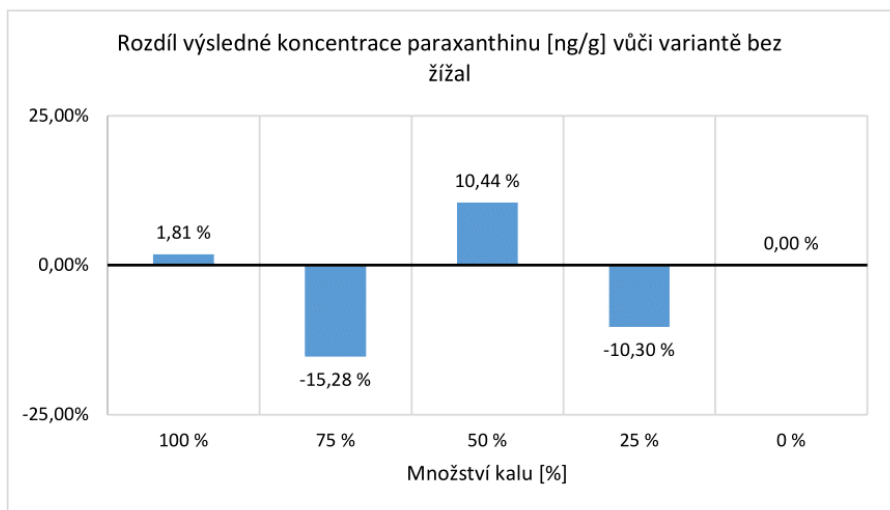
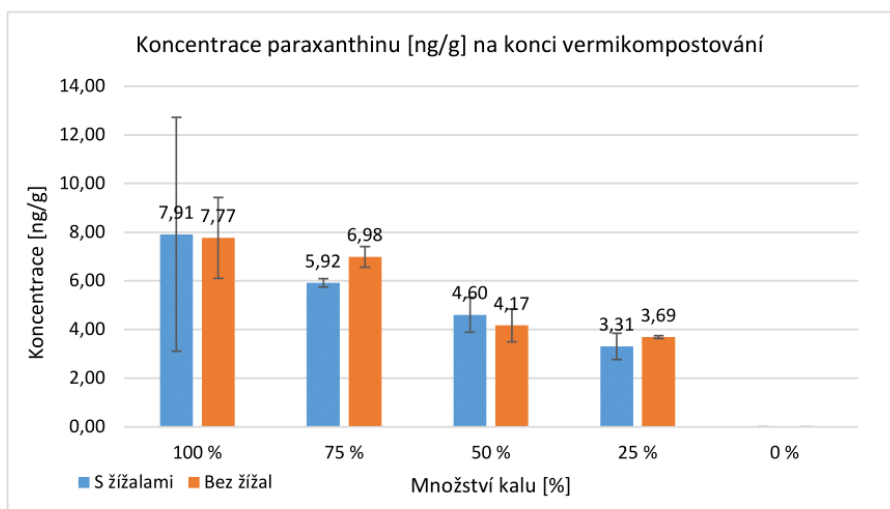
Kal	Pelety	Mirtazapin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	29,43	32,32	-2,88	-8,93%
75%	25%	28,69	26,30	2,39	9,09%
50%	50%	12,77	18,01	-5,23	-29,07%
25%	75%	5,76	7,26	-1,50	-20,70%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Paraxanthin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	11,31	4,51	7,91	4,81
Ano	75%	25%	6,04	5,80	5,92	0,17
Ano	50%	50%	5,11	4,10	4,60	0,72
Ano	25%	75%	3,69	2,92	3,31	0,55
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Paraxanthin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	6,59	8,95	7,77	1,66
Ne	75%	25%	7,28	6,69	6,98	0,42
Ne	50%	50%	4,65	3,69	4,17	0,68
Ne	25%	75%	3,73	3,65	3,69	0,05
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

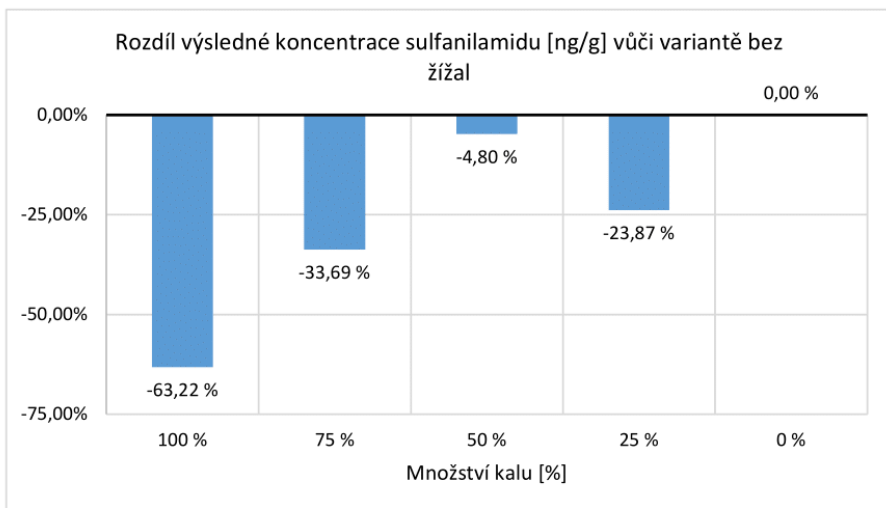
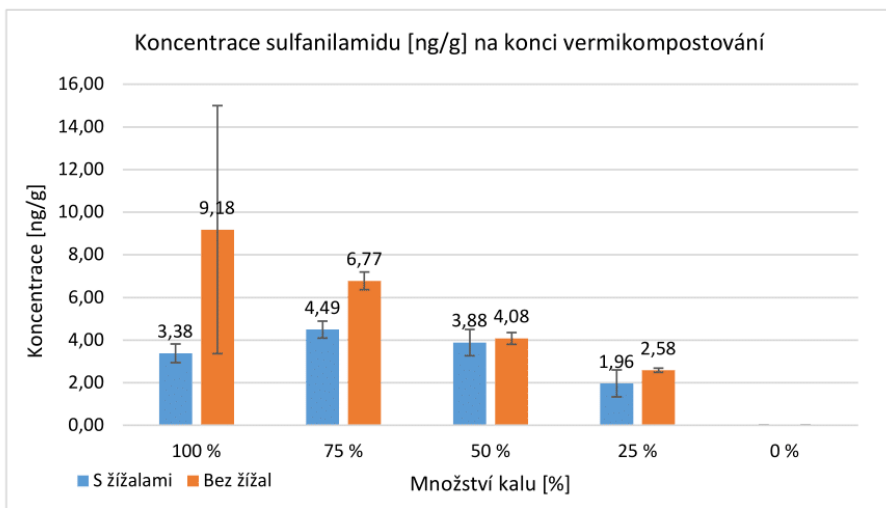
Kal	Pelety	Paraxanthin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	7,91	7,77	0,14	1,81%
75%	25%	5,92	6,98	-1,07	-15,28%
50%	50%	4,60	4,17	0,44	10,44%
25%	75%	3,31	3,69	-0,38	-10,30%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	3,69	3,07	3,38	0,44
Ano	75%	25%	4,77	4,21	4,49	0,40
Ano	50%	50%	3,44	4,32	3,88	0,62
Ano	25%	75%	2,41	1,52	1,96	0,63
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	5,07	13,29	9,18	5,81
Ne	75%	25%	6,48	7,07	6,77	0,42
Ne	50%	50%	4,28	3,88	4,08	0,28
Ne	25%	75%	2,65	2,51	2,58	0,10
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

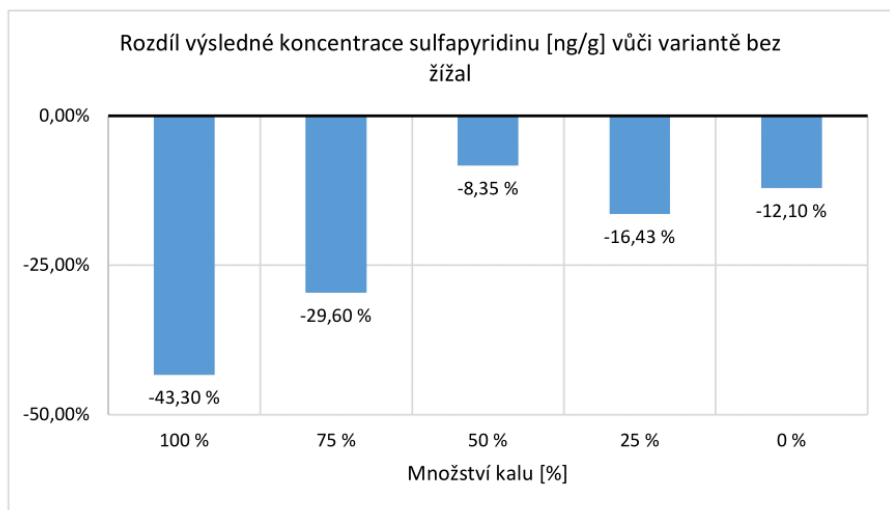
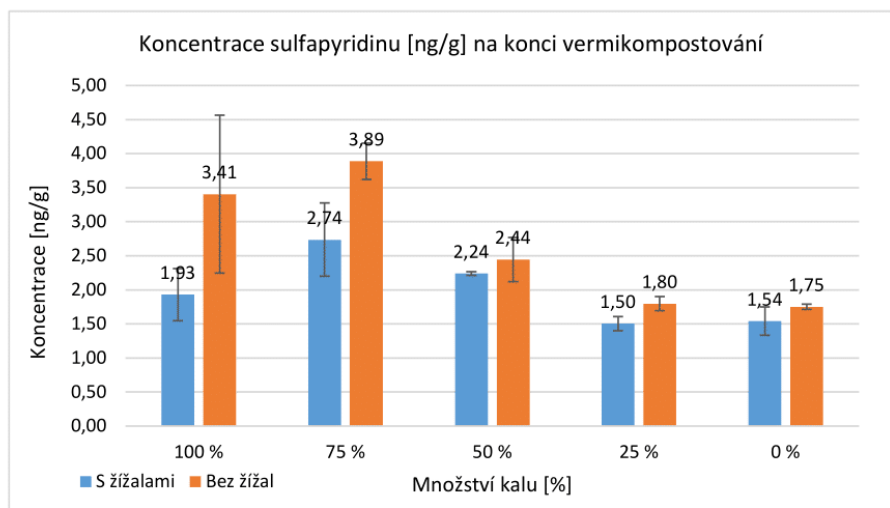
Kal	Pelety	Sulfanilamid ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	3,38	9,18	-5,80	-63,22%
75%	25%	4,49	6,77	-2,28	-33,69%
50%	50%	3,88	4,08	-0,20	-4,80%
25%	75%	1,96	2,58	-0,62	-23,87%
0%	100%	0,00	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	2,20	1,66	1,93	0,38
Ano	75%	25%	3,12	2,36	2,74	0,54
Ano	50%	50%	2,22	2,26	2,24	0,03
Ano	25%	75%	1,58	1,43	1,50	0,10
Ano	0%	100%	1,39	1,69	1,54	0,21

Žížaly	Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	2,59	4,22	3,41	1,16
Ne	75%	25%	4,08	3,70	3,89	0,27
Ne	50%	50%	2,67	2,22	2,44	0,32
Ne	25%	75%	1,87	1,73	1,80	0,10
Ne	0%	100%	1,72	1,78	1,75	0,04

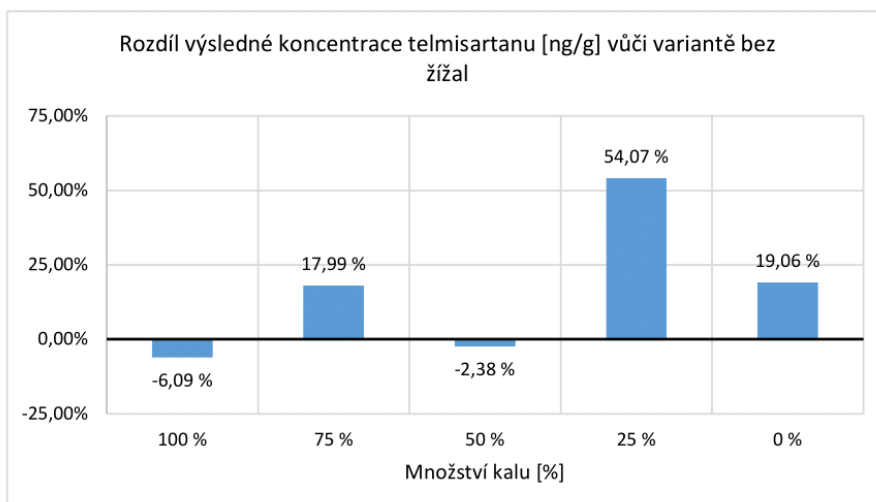
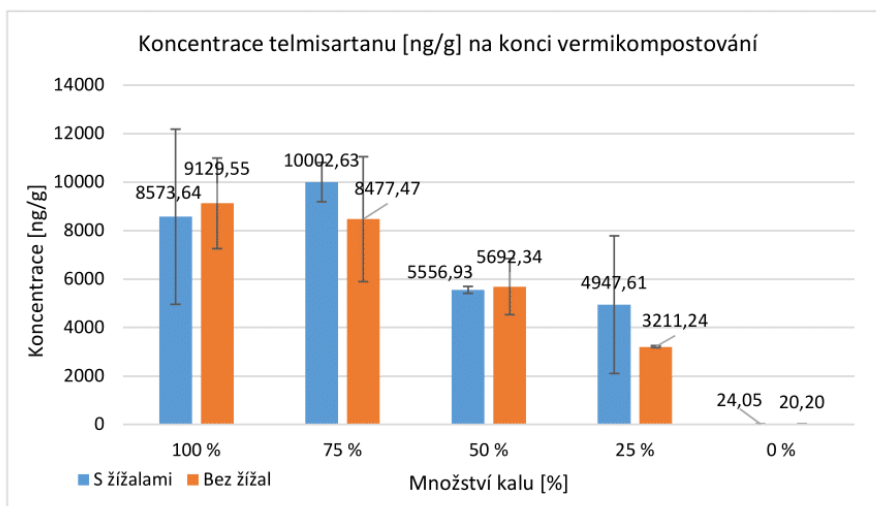
Kal	Pelety	Sulfapyridin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	1,93	3,41	-1,47	-43,30%
75%	25%	2,74	3,89	-1,15	-29,60%
50%	50%	2,24	2,44	-0,20	-8,35%
25%	75%	1,50	1,80	-0,30	-16,43%
0%	100%	1,54	1,75	-0,21	-12,10%



Žížaly	Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	11131,40	6015,88	8573,64	3617,22
Ano	75%	25%	10574,27	9430,98	10002,63	808,43
Ano	50%	50%	5654,63	5459,23	5556,93	138,17
Ano	25%	75%	6951,20	2944,02	4947,61	2833,50
Ano	0%	100%	22,61	25,48	24,05	2,03

Žížaly	Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	10449,81	7809,29	9129,55	1867,13
Ne	75%	25%	10297,54	6657,40	8477,47	2573,96
Ne	50%	50%	6515,34	4869,34	5692,34	1163,90
Ne	25%	75%	3182,27	3240,20	3211,24	40,96
Ne	0%	100%	15,65	24,74	20,20	6,43

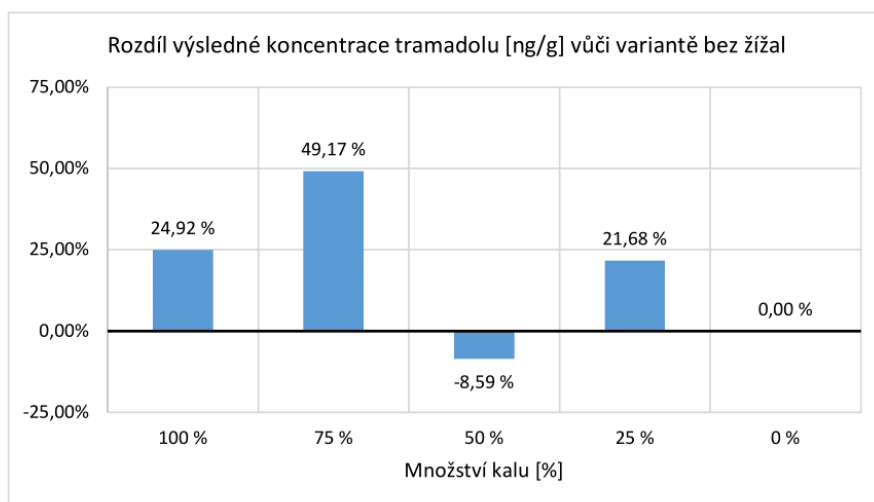
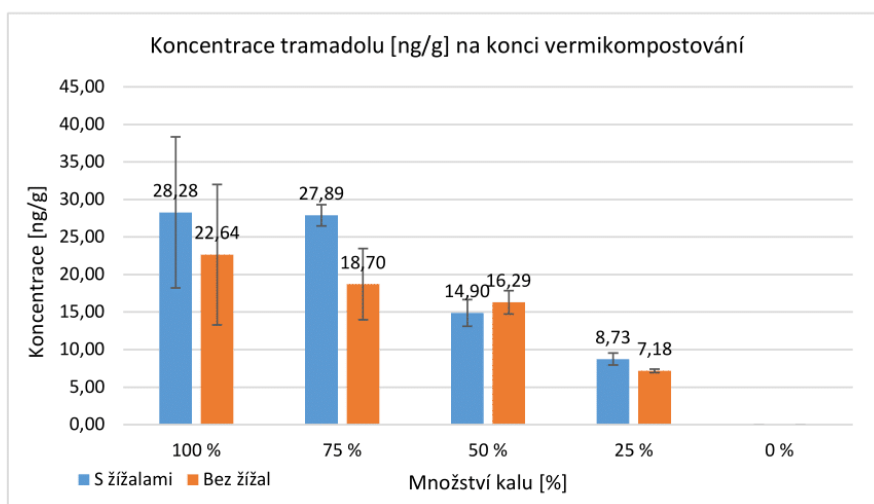
Kal	Pelety	Telmisartan ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	8573,64	9129,55	-555,91	-6,09%
75%	25%	10002,63	8477,47	1525,16	17,99%
50%	50%	5556,93	5692,34	-135,41	-2,38%
25%	75%	4947,61	3211,24	1736,37	54,07%
0%	100%	24,05	20,20	3,85	19,06%



Žížaly	Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	35,41	21,15	28,28	10,08
Ano	75%	25%	28,90	26,89	27,89	1,42
Ano	50%	50%	13,63	16,16	14,90	1,79
Ano	25%	75%	8,17	9,29	8,73	0,79
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	29,26	16,02	22,64	9,36
Ne	75%	25%	22,05	15,34	18,70	4,75
Ne	50%	50%	17,39	15,20	16,29	1,55
Ne	25%	75%	7,34	7,01	7,18	0,23
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

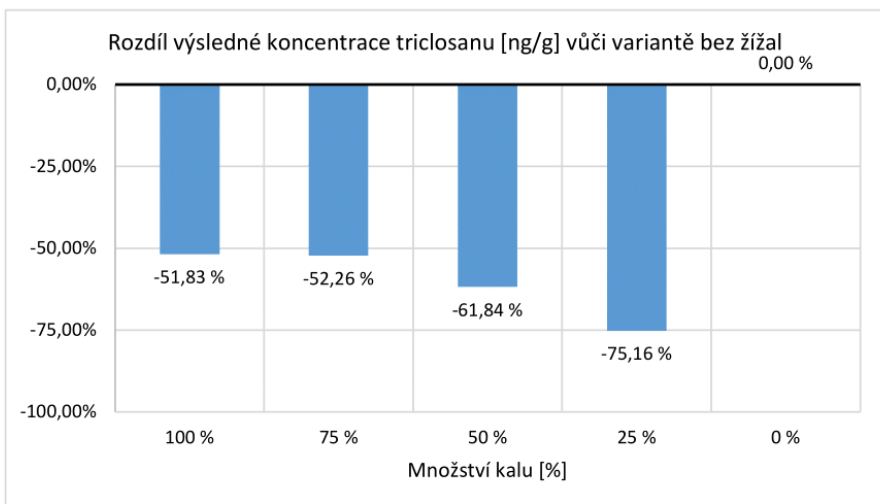
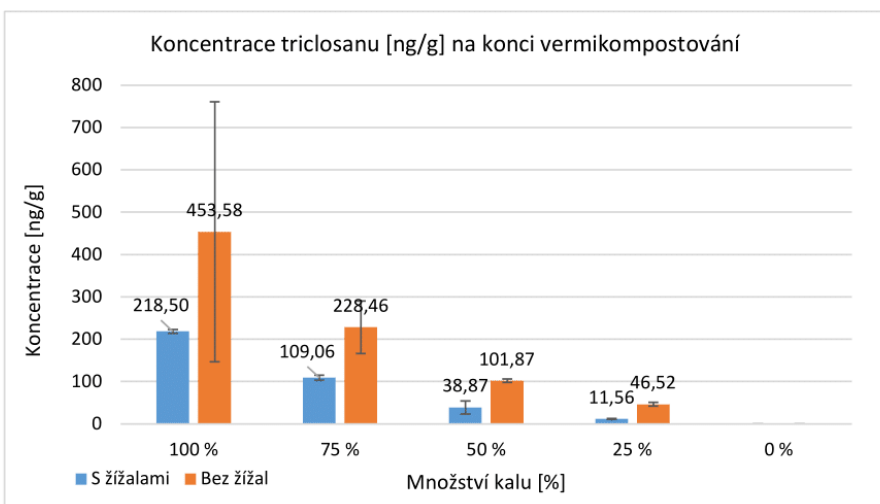
Kal	Pelety	Tramadol ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	28,28	22,64	5,64	24,92%
75%	25%	27,89	18,70	9,19	49,17%
50%	50%	14,90	16,29	-1,40	-8,59%
25%	75%	8,73	7,18	1,56	21,68%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	215,21	221,78	218,50	4,65
Ano	75%	25%	113,19	104,94	109,06	5,83
Ano	50%	50%	27,96	49,79	38,87	15,43
Ano	25%	75%	10,64	12,47	11,56	1,30
Ano	0%	100%	NA	NA	NA	NA

Žížaly	Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	236,43	670,74	453,58	307,11
Ne	75%	25%	184,47	272,45	228,46	62,21
Ne	50%	50%	98,99	104,74	101,87	4,06
Ne	25%	75%	43,60	49,44	46,52	4,13
Ne	0%	100%	NA	NA	NA	NA

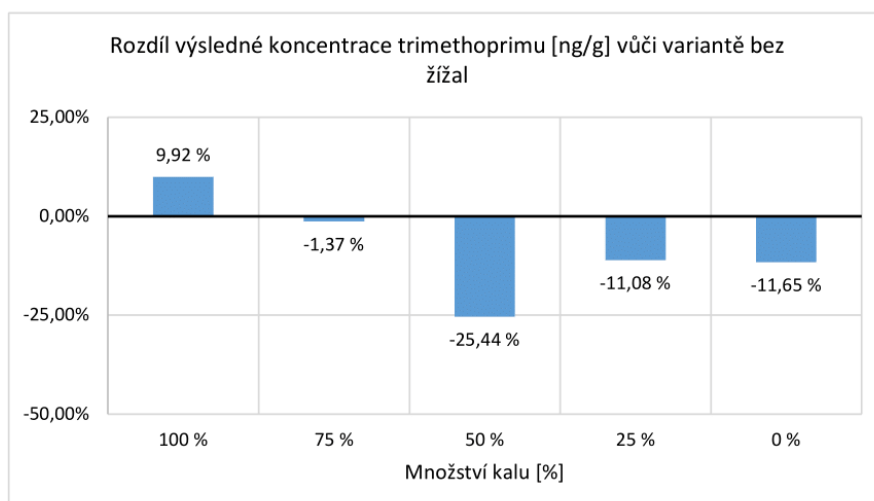
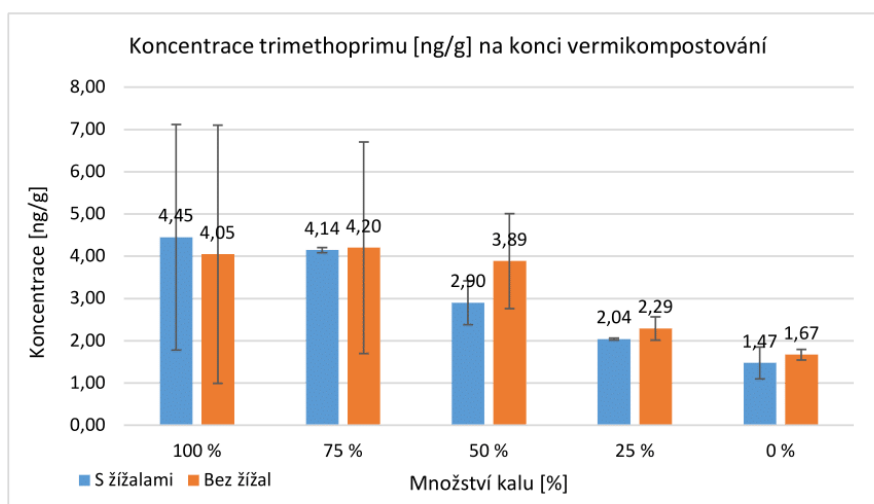
Kal	Pelety	Triclosan ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	218,50	453,58	-235,09	-51,83%
75%	25%	109,06	228,46	-119,40	-52,26%
50%	50%	38,87	101,87	-62,99	-61,84%
25%	75%	11,56	46,52	-34,97	-75,16%
0%	100%	NA	NA	NA	NA



Žížaly	Kalu	Pelety	Trimethoprim ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	6,34	2,56	4,45	2,67
Ano	75%	25%	4,19	4,10	4,14	0,06
Ano	50%	50%	2,53	3,26	2,90	0,52
Ano	25%	75%	2,05	2,02	2,04	0,02
Ano	0%	100%	1,21	1,74	1,47	0,38

Žížaly	Kalu	Pelety	Trimethoprim ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	6,21	1,89	4,05	3,06
Ne	75%	25%	5,97	2,43	4,20	2,50
Ne	50%	50%	4,68	3,09	3,89	1,12
Ne	25%	75%	2,49	2,09	2,29	0,28
Ne	0%	100%	1,76	1,58	1,67	0,12

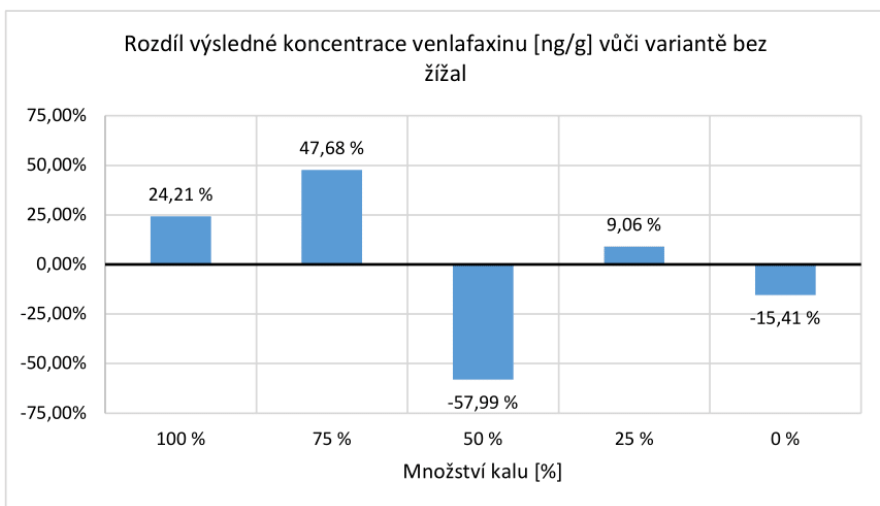
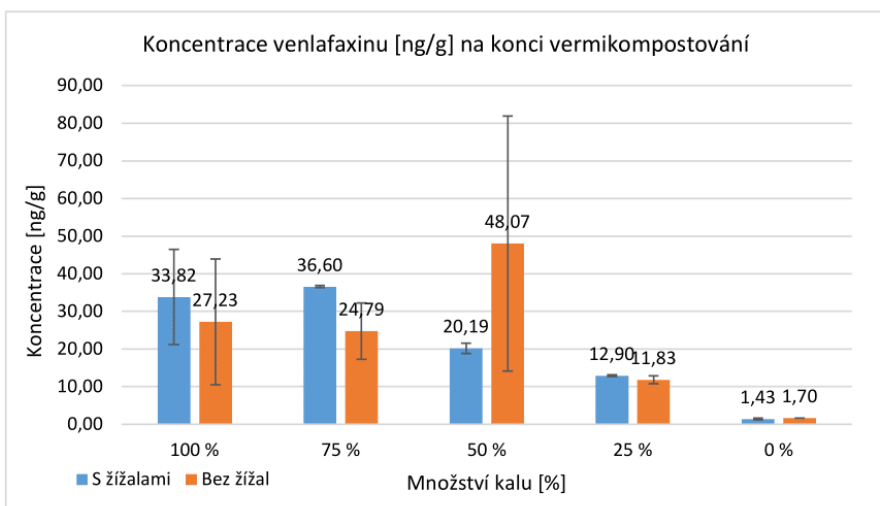
Kalu	Pelety	Trimethoprim ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	4,45	4,05	0,40	9,92%
75%	25%	4,14	4,20	-0,06	-1,37%
50%	50%	2,90	3,89	-0,99	-25,44%
25%	75%	2,04	2,29	-0,25	-11,08%
0%	100%	1,47	1,67	-0,19	-11,65%



Žížaly	Kaly	Pelety	Venlafaxin ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	42,77	24,88	33,82	12,65
Ano	75%	25%	36,79	36,41	36,60	0,27
Ano	50%	50%	19,24	21,15	20,19	1,35
Ano	25%	75%	12,75	13,06	12,90	0,22
Ano	0%	100%	1,25	1,62	1,43	0,26

Žížaly	Kaly	Pelety	Venlafaxin ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	39,05	15,40	27,23	16,72
Ne	75%	25%	30,08	19,49	24,79	7,49
Ne	50%	50%	24,13	72,01	48,07	33,85
Ne	25%	75%	12,58	11,08	11,83	1,06
Ne	0%	100%	1,69	1,70	1,70	0,01

Kaly	Pelety	Venlafaxin ng/g			
		Vermis +	Vermis -	Rozdíl	Rozdíl %
100%	0%	33,82	27,23	6,59	24,21%
75%	25%	36,60	24,79	11,82	47,68%
50%	50%	20,19	48,07	-27,88	-57,99%
25%	75%	12,90	11,83	1,07	9,06%
0%	100%	1,43	1,70	-0,26	-15,41%



Příloha V - matice pro transformaci výsledků spektrofotometrické analýzy dle schéma experimentu z tabulky č. 9 - varianty s použitím žížal

Žížaly	Kal	Pelety	Mikropolutant ng/g			
			1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka
Ano	100%	0%	1A	1C		
Ano	75%	25%	2A	2C		
Ano	50%	50%	3A	3C		
Ano	25%	75%	4A	4C		
Ano	0%	100%	5A	5C		

Příloha VI - matice pro transformaci výsledků spektrofotometrické analýzy dle schéma experimentu z tabulky č. 9 - varianty bez použití žížal

Žížaly	Kal	Pelety	Mikropolutant ng/g			
			1. (var. B)	2. (var. 14, 15)	Průměr	S. odchylka
Ne	100%	0%	1B	14A		
Ne	75%	25%	2B	14B		
Ne	50%	50%	3B	14C		
Ne	25%	75%	4B	15A		
Ne	0%	100%	5B	15B		

Příloha VII - efekt žížal při degradaci mikropolutantů u varianty 100 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu žížal)

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]				Podíl [%]		
	Vstupní surovina	VK vermís +	VK vermís -	Rozdíl	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
Triclosan	543,24	218,50	453,58	-235,09	60%	17%	43%
Sulfanilamid	15,82	3,38	9,18	-5,80	79%	42%	37%
Bisfenol A	88,78	28,91	48,45	-19,54	67%	45%	22%
Lamotrigin	104,84	20,55	41,20	-20,65	80%	61%	20%
Amitriptylin	5,19	3,75	4,71	-0,96	28%	9%	19%
Atorvastatin	12,37	0,92	2,44	-1,52	93%	80%	12%
Carbamazepin	38,51	33,63	38,29	-4,65	13%	1%	12%
Ibuprofen	87,33	NA	9,77	-9,77	100%	89%	11%
Atenolol	5,11	2,75	3,25	-0,50	46%	36%	10%
Sulfapyridin	15,22	1,93	3,41	-1,47	87%	78%	10%
Kofein	141,81	45,81	53,93	-8,12	68%	62%	6%
Telmisartan	10161,60	8573,64	9129,55	-555,91	16%	10%	5%
Mirtazapin	63,26	29,43	32,32	-2,88	53%	49%	5%
Clarithromycin	89,02	9,35	13,13	-3,78	89%	85%	4%
Metoprolol	82,56	15,25	17,83	-2,57	82%	78%	3%
Daidzein	14,73	3,48	3,82	-0,35	76%	74%	2%
Hydrochlorothiazid	103,93	20,89	23,19	-2,30	80%	78%	2%
Cetirizin	78,95	44,15	45,70	-1,55	44%	42%	2%
Diclofenac	284,22	8,33	11,68	-3,35	97%	96%	1%
Paracetamol	85,72	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Carbamazepin 10,11-epoxid	3,72	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Equol	8,85	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Omeprazol	1,27	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Sulfamethoxazol	21,42	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Gabapentin	15,45	5,42	5,39	0,04	65%	65%	0%
Paraxanthin	28,60	7,91	7,77	0,14	72%	73%	0%
Trimethoprim	45,06	4,45	4,05	0,40	90%	91%	-1%
Genistein	14,81	3,49	3,33	0,16	76%	78%	-1%
Estron	15,64	3,46	3,25	0,21	78%	79%	-1%
Tramadol	36,55	28,28	22,64	5,64	23%	38%	-15%
Citalopram	440,28	403,30	332,00	71,30	8%	25%	-16%
Venlafaxin	33,97	33,82	27,23	6,59	0%	20%	-19%

Príloha VIII - efekt žížal při degradaci mikropolutantů u varianty 75 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu žížal)

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]				Podíl [%]		
	Vstupní mix	VK vermís +	VK vermís -	Rozdíl	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
Triclosan	354,28	109,06	228,46	-119,40	69%	36%	34%
Sulfanilamid	10,32	4,49	6,77	-2,28	56%	34%	22%
Amitriptylin	3,38	4,09	4,69	-0,59	-21%	-39%	18%
Sulfapyridin	10,52	2,74	3,89	-1,15	74%	63%	11%
Carbamazepin	25,11	33,97	36,42	-2,45	-35%	-45%	10%
Paraxanthin	18,65	5,92	6,98	-1,07	68%	63%	6%
Lamotrigin	68,38	24,10	26,02	-1,92	65%	62%	3%
Daidzein	9,61	4,45	4,55	-0,09	54%	53%	1%
Atenolol	3,33	3,68	3,70	-0,02	-10%	-11%	1%
Ibuprofen	56,96	8,52	8,71	-0,19	85%	85%	0%
Diclofenac	185,36	4,99	5,55	-0,56	97%	97%	0%
Trimethoprim	29,39	4,14	4,20	-0,06	86%	86%	0%
Carbamazepin 10,11-epoxid	2,43	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Equol	5,77	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Omeprazol	0,83	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Paracetamol	55,90	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Sulfamethoxazol	13,97	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Atorvastatin	8,07	1,72	1,66	0,06	79%	79%	-1%
Kofein	96,04	42,10	40,43	1,67	56%	58%	-2%
Metoprolol	53,84	13,36	10,55	2,81	75%	80%	-5%
Mirtazapin	41,87	28,69	26,30	2,39	31%	37%	-6%
Bisfenol A	57,90	74,38	70,96	3,43	-28%	-23%	-6%
Hydrochlorothiazid	67,78	34,73	30,01	4,72	49%	56%	-7%
Citalopram	287,14	464,65	444,50	20,15	-62%	-55%	-7%
Clarithromycin	58,05	12,59	8,35	4,24	78%	86%	-7%
Estron	10,20	6,06	4,46	1,60	41%	56%	-16%
Genistein	9,66	5,99	4,30	1,68	38%	55%	-17%
Cetirizin	51,49	65,63	55,99	9,64	-27%	-9%	-19%
Telmisartan	6628,44	10002,63	8477,47	1525,16	-51%	-28%	-23%
Gabapentin	10,07	10,31	6,73	3,58	-2%	33%	-36%
Tramadol	23,84	27,89	18,70	9,19	-17%	22%	-39%
Venlafaxin	22,73	36,60	24,79	11,82	-61%	-9%	-52%

Príloha IX - efekt žížal při degradaci mikropolutantů u varianty 50 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu žížal)

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]				Podíl [%]		
	Vstupní mix	VK vermís +	VK vermís -	Rozdíl	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
Venlafaxin	14,09	20,19	48,07	-27,88	-43%	-241%	198%
Carbamazepin	14,81	23,29	29,48	-6,19	-57%	-99%	42%
Triclosan	208,94	38,87	101,87	-62,99	81%	51%	30%
Atorvastatin	4,76	0,00	1,34	-1,34	100%	72%	28%
Mirtazapin	25,41	12,77	18,01	-5,23	50%	29%	21%
Gabapentin	5,94	2,88	4,06	-1,18	52%	32%	20%
Amitriptylin	1,99	2,86	3,15	-0,30	-43%	-58%	15%
Tramadol	14,06	14,90	16,29	-1,40	-6%	-16%	10%
Lamotrigin	40,32	14,26	17,28	-3,02	65%	57%	7%
Hydrochlorothiazid	39,97	19,92	22,58	-2,67	50%	43%	7%
Cetirizin	30,36	42,73	44,55	-1,83	-41%	-47%	6%
Trimethoprim	17,33	2,90	3,89	-0,99	83%	78%	6%
Telmisartan	3910,61	5556,93	5692,34	-135,41	-42%	-46%	3%
Sulfanilamid	6,09	3,88	4,08	-0,20	36%	33%	3%
Sulfapyridin	6,90	2,24	2,44	-0,20	68%	65%	3%
Kofein	60,84	26,67	28,14	-1,47	56%	54%	2%
Estron	6,02	3,53	3,64	-0,11	41%	40%	2%
Citalopram	169,34	291,72	294,38	-2,66	-72%	-74%	2%
Diclofenac	109,32	4,00	5,63	-1,63	96%	95%	1%
Metoprolol	31,75	6,34	6,69	-0,35	80%	79%	1%
Ibuprofen	33,59	7,04	7,16	-0,13	79%	79%	0%
Carbamazepin 10,11-epoxid	1,43	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Equol	3,40	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Omeprazol	0,49	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Paracetamol	32,97	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Sulfamethoxazol	8,24	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Daidzein	5,67	3,06	3,00	0,06	46%	47%	-1%
Paraxanthin	11,00	4,60	4,17	0,44	58%	62%	-4%
Clarithromycin	34,24	9,13	7,16	1,97	73%	79%	-6%
Genistein	5,70	3,96	3,62	0,34	31%	36%	-6%
Bisfenol A	34,15	32,82	28,76	4,06	4%	16%	-12%
Atenolol	1,96	2,90	2,50	0,40	-48%	-27%	-20%

Príloha X - efekt žížal při degradaci mikropolutantů u varianty 25 % čistírenského kalu (seřazeno od nejvyššího efektu žížal)

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]				Podíl [%]		
	Vstupní mix	VK vermís +	VK vermís -	Rozdíl	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
Estron	2,70	2,34	5,18	-2,84	13%	-92%	105%
Genistein	2,55	2,28	3,61	-1,33	11%	-41%	52%
Triclosan	93,66	11,56	46,52	-34,97	88%	50%	37%
Sulfanilamid	2,73	1,96	2,58	-0,62	28%	5%	23%
Gabapentin	2,66	2,41	2,91	-0,50	9%	-9%	19%
Carbamazepin	6,64	17,53	18,76	-1,24	-164%	-183%	19%
Atenolol	0,88	2,06	2,20	-0,14	-134%	-150%	16%
Amitriptylin	0,89	1,88	2,01	-0,13	-110%	-125%	15%
Ibuprofen	15,06	4,07	6,17	-2,10	73%	59%	14%
Mirtazapin	12,36	5,76	7,26	-1,50	53%	41%	12%
Bisfenol A	15,31	16,21	17,86	-1,66	-6%	-17%	11%
Hydrochlorothiazid	17,92	5,12	6,86	-1,74	71%	62%	10%
Paraxanthin	4,93	3,31	3,69	-0,38	33%	25%	8%
Sulfapyridin	4,02	1,50	1,80	-0,30	63%	55%	7%
Daidzein	2,54	2,06	2,22	-0,16	19%	12%	6%
Metoprolol	14,23	4,45	5,24	-0,79	69%	63%	6%
Clarithromycin	15,35	5,27	5,85	-0,59	66%	62%	4%
Trimethoprim	7,77	2,04	2,29	-0,25	74%	71%	3%
Lamotrigin	18,08	7,56	7,90	-0,34	58%	56%	2%
Diclofenac	49,00	2,98	3,88	-0,91	94%	92%	2%
Atorvastatin	2,13	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Carbamazepin 10,11-epoxid	0,64	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Equol	1,53	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Omeprazol	0,22	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Paracetamol	14,78	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Sulfamethoxazol	3,69	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Kofein	32,92	17,19	16,47	0,72	48%	50%	-2%
Venlafaxin	7,24	12,90	11,83	1,07	-78%	-63%	-15%
Cetirizin	13,61	22,79	20,11	2,68	-67%	-48%	-20%
Tramadol	6,30	8,73	7,18	1,56	-39%	-14%	-25%
Citalopram	75,91	165,48	146,05	19,43	-118%	-92%	-26%
Telmisartan	1755,10	4947,61	3211,24	1736,37	-182%	-83%	-99%

Príloha XI - efekt žížal při degradaci mikropolutantů u varianty 100 % slaměných pelet (seřazeno od nejvyššího efektu žížal)

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]				Podíl [%]		
	Vstupní surovina	VK vermís +	VK vermís -	Rozdíl	Míra degradace V+	Míra degradace V-	Efekt žížal
Venlafaxin	1,67	1,43	1,70	-0,26	14%	-1%	16%
Sulfapyridin	1,69	1,54	1,75	-0,21	9%	-4%	13%
Mirtazapin	1,75	NA	NA	NA	100%	100%	0%
Kofein	10,23	9,05	8,33	0,72	12%	19%	-7%
Telmisartan	3,74	24,05	20,20	3,85	-542%	-440%	-103%

Príloha XII – vermiakumulace u kofeinu

Kal	Pelety	Kofein ng/g						Poměr
		Žížaly				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	% v žížalách
75%	25%	54,36	9,89	32,12	31,45	42,10	1,06	76,30%
50%	50%	13,13	8,02	10,58	3,62	26,67	2,73	39,67%
25%	75%	31,66	NA	31,66	NA	17,19	0,80	184,20%
0%	100%	11,90	18,08	14,99	4,37	9,05	0,54	165,69%

Príloha XIII – vermiakumulace u karbamazepinu

Kal	Pelety	Karbamazepin ng/g						
		Žížaly				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	21,85	5,26	13,55	11,74	33,97	0,54	39,91%
50%	50%	37,32	5,79	21,56	22,29	23,29	2,05	92,56%
25%	75%	5,92	5,49	5,71	0,30	17,53	0,65	32,56%
0%	100%	NA	NA	NA	NA	1,64	0,14	NA

Příloha XIV – vermiakumulace u cetirizinu

Kal	Pelety	Cetirizin ng/g						% v žížalách
		Žížaly				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	11,38	5,51	8,44	4,15	65,63	3,66	12,87%
50%	50%	9,81	9,25	9,53	0,40	42,73	4,12	22,30%
25%	75%	7,55	6,46	7,00	0,77	22,79	0,39	30,73%
0%	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Příloha XV – vermiakumulace u citalopramu

Kal	Pelety	Citalopram ng/g						
		Žížaly				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	31,08	7,65	19,36	16,57	464,65	37,28	4,17%
50%	50%	34,51	34,62	34,57	0,08	291,72	7,93	11,85%
25%	75%	20,23	17,71	18,97	1,79	165,48	13,57	11,46%
0%	100%	NA	NA	NA	NA	1,88	0,25	NA

Příloha XVI – vermiakumulace u diclofenacu

Kal	Pelety	Diclofenac ng/g						
		Diclofenac ng/g				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	7,56	6,82	7,19	0,53	4,99	0,17	144,02%
50%	50%	7,28	9,27	8,27	1,41	4,00	0,26	206,74%
25%	75%	4,97	4,70	4,83	0,19	2,98	0,25	162,33%
0%	100%	NA	NA	NA	NA	2,82	0,28	NA

Příloha XVII – vermiakumulace u telmisartanu

Kal	Pelety	Telmisartan ng/g						
		Telmisartan ng/g				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	231,32	71,76	151,54	112,83	10002,63	808,43	1,52%
50%	50%	71,76	230,85	151,31	112,50	5556,93	138,17	2,72%
25%	75%	133,31	108,97	121,14	17,21	4947,61	2833,50	2,45%
0%	100%	14,14	7,10	10,62	4,98	24,05	2,03	44,17%

Příloha XVIII – vermiakumulace u triclosanu

Kal	Pelety	Triclosan ng/g						
		Triclosan ng/g				Verm. materiál		
		1. (var. A)	2. (var. C)	Průměr	S. odchylka	Průměr	S. odchylka	
75%	25%	19,46	10,11	14,78	6,61	109,06	5,83	13,55%
50%	50%	12,86	15,44	14,15	1,82	38,87	15,43	36,40%
25%	75%	10,82	NA	10,82	NA	11,56	1,30	93,65%
0%	100%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Mikropolutant	Koncentrace [ng/g]										VK vermis -										Podíl [%]				Míra degradace V-				Vyhodnocení Vermis	% kalu
	VS / VM					VK vermis +					VK vermis -					Míra degradace V+					Míra degradace V-									
	100	75	50	25		100	75	50	25		100	75	50	25		100	75	50	25		100	75	50	25						
Amitriptylin	5,19	3,38	1,99	0,89		3,75	4,09	2,86	1,88	4,71	4,69	3,15	2,01	2,01		27,77%	21,09%	43,30%	-110,20%	9,21%	-38,64%	-58,10%	-125,08%	+	100					
Atenolol	5,11	3,33	1,96	0,88		2,75	3,68	2,90	2,06	3,25	3,70	2,50	2,20	2,20		46,07%	-10,43%	-47,69%	-133,86%	36,23%	-11,08%	-27,29%	-149,84%	+	100					
Atorvastatin	12,37	8,07	4,76	2,13		0,92	1,72	0,00	NA	2,44	1,66	1,34	NA	NA		97,59%	78,68%	100,00%	NA	80,31%	79,44%	71,84%	NA	+	50					
Bisfenol A	88,78	57,90	34,15	15,31		28,91	74,38	32,82	16,21	48,45	70,96	28,76	17,86	17,86		67,43%	-28,47%	3,88%	-5,87%	45,43%	-22,55%	15,78%	-16,68%	+	100					
Carbamazepin	38,51	25,11	14,81	6,64		33,63	33,97	23,29	17,53	38,29	36,42	29,48	18,76	18,76		12,66%	-35,24%	-57,26%	-164,00%	0,58%	-45,01%	-99,06%	-182,60%	-	100					
Carbamazepin 10,11-epoxid	3,72	2,43	1,43	0,64		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA					
Cetirizin	78,95	51,49	30,36	13,61		44,15	65,63	42,73	22,79	45,70	55,99	44,55	20,11	20,11		44,08%	-27,48%	-40,72%	-67,44%	42,12%	-8,75%	-46,73%	-47,76%	+	100					
Citalopram	440,28	287,14	169,34	75,91		403,30	464,65	291,72	165,48	332,00	444,50	294,38	146,05	146,05		8,40%	-61,82%	-72,27%	-118,00%	24,59%	-54,80%	-73,84%	-92,40%	-	100					
Clarithromycin	89,02	58,05	34,24	15,35		9,35	12,59	9,13	5,27	13,13	8,35	7,16	5,85	5,85		89,49%	78,32%	73,34%	65,68%	85,25%	85,62%	79,08%	61,87%	+	100					
Daidzein	14,73	9,61	5,67	2,54		3,48	4,45	3,06	2,06	3,82	4,55	3,00	2,22	2,22		76,40%	53,65%	46,08%	18,77%	74,05%	52,69%	47,13%	12,45%	+	100					
Diclofenac	284,22	185,36	109,32	49,00		8,33	4,99	4,00	2,98	11,68	5,55	5,63	3,88	3,88		97,31%	96,34%	93,92%	93,92%	95,89%	97,01%	94,85%	92,08%	+	75					
Equol	8,85	5,77	3,40	1,53		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA					
Estroon	15,64	10,20	6,02	2,70		3,46	6,06	3,53	2,34	3,25	4,46	3,64	5,18	5,18		77,85%	40,59%	41,34%	13,15%	79,22%	56,28%	39,56%	-92,25%	-	100					
Gabapentin	15,45	10,07	5,94	2,66		5,42	10,31	2,88	2,41	5,39	6,73	4,06	2,91	2,91		64,89%	-2,32%	51,54%	9,48%	65,11%	33,21%	31,63%	-9,27%	-	100					
Genistein	14,81	9,66	5,70	2,55		3,49	5,99	3,96	2,28	3,33	4,30	3,62	3,61	3,61		76,46%	38,02%	30,51%	10,70%	77,55%	55,44%	36,47%	-41,42%	-	100					
Hydrochlorothiazid	103,93	67,78	39,97	17,92		20,89	34,73	19,92	5,12	23,19	30,01	22,58	6,86	6,86		79,90%	48,76%	50,17%	71,45%	77,69%	55,72%	43,50%	61,73%	+	100					
Ibuprofen	87,33	56,96	33,59	15,06		NA	8,52	7,04	4,07	9,77	8,71	7,16	6,17	6,17		NA	85,05%	79,05%	72,94%	88,81%	84,70%	78,67%	59,00%	-	100					
Kofein	141,81	96,04	60,84	32,92		45,81	42,10	26,67	17,19	53,93	40,43	28,14	16,47	16,47		67,69%	56,16%	56,17%	47,79%	61,97%	57,90%	53,74%	49,96%	+	100					
Lamotrigin	104,84	68,38	40,32	18,08		20,55	24,10	14,26	7,56	41,20	26,02	17,28	7,90	7,90		80,40%	64,75%	64,64%	58,17%	60,71%	61,94%	57,15%	56,27%	+	100					
Metoprolol	82,56	53,84	31,75	14,23		15,25	13,36	6,34	4,45	17,83	10,55	6,69	5,24	5,24		81,53%	75,18%	80,05%	68,73%	78,41%	80,40%	78,93%	63,20%	+	100					
Mirtazapin	63,26	41,87	25,41	12,36		29,43	28,69	12,77	5,76	32,32	26,30	18,01	7,26	7,26		53,48%	31,48%	49,74%	53,40%	48,92%	37,19%	29,13%	41,23%	+	100					
Omeprazol	1,27	0,83	0,49	0,22		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA					
Paracetamol	85,72	55,90	32,97	14,78		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA					
Paraxanthin	28,60	18,65	11,00	4,93		7,91	5,92	4,60	3,31	7,77	6,98	4,17	3,69	3,69		72,34%	68,28%	58,14%	32,91%	72,83%	62,56%	62,10%	25,21%	-	100					
Sulfamethoxazol	21,42	13,97	8,24	3,69		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA					
Sulfanilamid	15,82	10,32	6,09	2,73		3,38	4,49	3,88	1,96	9,18	6,77	4,08	2,58	2,58		78,66%	56,47%	36,23%	28,02%	41,98%	34,35%	33,02%	5,45%	+	100					
Sulfapyridin	15,22	10,52	6,90	4,02		1,93	2,74	2,24	1,50	3,41	3,89	2,44	1,80	1,80		87,31%	73,97%	67,51%	62,63%	77,63%	63,02%	64,55%	55,28%	+	100					
Telmisartan	10161,60	6628,44	3910,61	1755,10		8573,64	10002,63	5556,93	4947,61	9129,55	8477,47	5692,34	3211,24	3211,24		15,63%	-50,90%	-42,10%	-181,90%	10,16%	-27,90%	-45,56%	-82,97%	+	100					
Tramadol	36,55	23,84	14,06	6,30		28,28	27,89	14,90	8,73	22,64	18,70	16,29	7,18	7,18		22,64%	-17,01%	5,95%	-38,56%	38,07%	21,56%	-15,91%	-13,87%	-	100					
Triclosan	543,24	354,28	208,94	93,66		218,50	109,06	38,87	11,56	453,58	228,46	101,87	46,52	46,52		59,78%	69,22%	81,39%	87,66%	16,50%	35,52%	51,25%	50,33%	+	25					
Trimethoprim	45,06	29,39	17,33	7,77		4,45	4,14	2,90	2,04	4,05	4,20	3,89	2,29	2,29		90,13%	85,90%	83,28%	73,79%	91,02%	85,70%	77,58%	70,52%	-	100					
Venlafaxin	33,97	22,73	14,09	7,24		33,82	36,60	20,19	12,90	27,23	24,79	48,07	11,83	11,83		0,42%	-61,02%	-43,30%	-78,27%	19,83%	-9,03%	-241,11%	-63,46%	-	100					