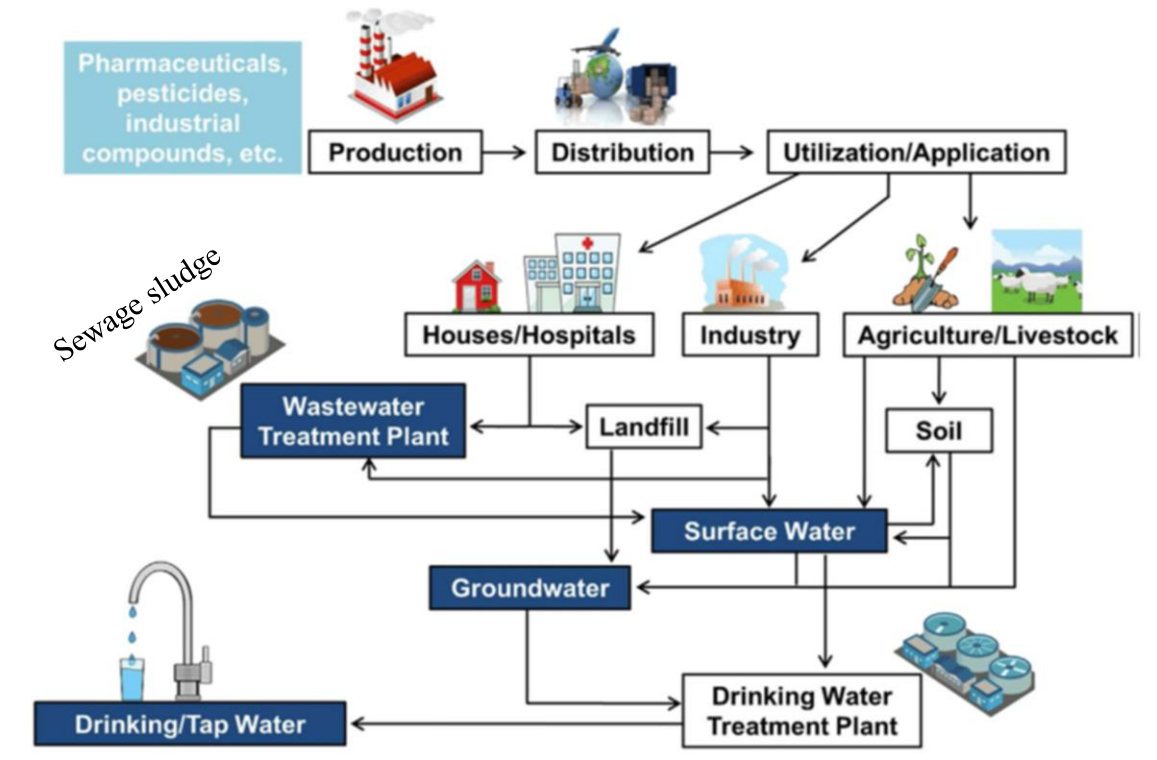
MIKROPOLUTANTY V KONOPÍ SETÉM PO APLIKACI KOMPOSTŮ A VERMIKOMPOSTŮ NA BÁZI ČISTÍRENSKÝCH KALŮ

Aleš Hanč, Bayu Dume, Pavel Míchal, Šárka Kušnierová, Tomáš Cajthaml a Alena Grasserová

[1]Česká zemědělská univerzita v Praze, [2]Mikrobiologický ústav AV ČR, Praha

Mikropolutanty

- Výskyt v **mikro**gramech na kg
- **Odkud pochází?**
- průmyslové procesy
- v barvách a nátěrech
- pesticidy
- farmaceutické přípravky (humánní použití i veterinární léčiva)
- součást produktů osobní hygieny, kosmetika, detergenty

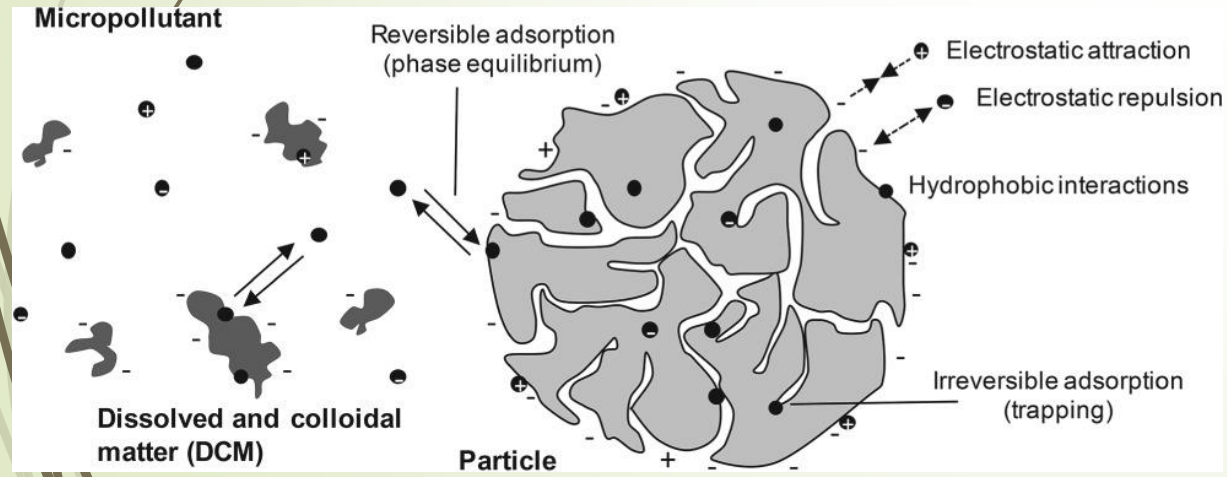


Source: Pathak et al. 2020

Léčiva a prostředky osobní péče - PPCPs z anglického Pharmaceuticals and Personal Care Products

Léčiva	
Veterinární a humánní antibiotika	Trimethoprim, erythromycin, lincomycin, sulfamethoxazol, chloramfenikol, amoxicillin
Analgetika a protizánětlivé léky	Ibuprofen, diclofenac, fenoprofen, acetaminofen, naproxen, acetylsalicylová kyselina, fluoxetin, ketoprofen, indometacin, paracetamol
Antidepresiva	Diazepam, karbamazepin, primidon, salbutamol
Regulátory tuků	Clobrifin, bezafibrát, fenofibrová kyselina, etofibrát, gemfibrozil
Beta-blokátory	Metoprolol, propranolol, timolol, sotalol, atenolol
Kontrastní média pro rentgeny	Iopromid, iopamidol, diatrizoát
Steroidy a hormony	Estradiol, estronestriol, diethylstilbestrol
Prostředky osobní potřeby	
Vůně	Nitro, polycyklické a makrocyklické mošusy, ftaláty
UV filtry	Benzofenon, methylbenzyliden, camphor
Repelenty proti hmyzu	N,N-diethyltoluamid
Surfaktanty (povrchově aktivní látky)	Alkylbenzen sulfonáty, ethoxysulfáty, alkylsulfáty
Antiseptika	Triclosan, triclocarban, hexachlorofen

- Spotřeba léčiv a prostředků osobní potřeby se celosvětově zvyšuje o 3 – 4 %
- Roční spotřeba paracetamolu v ČR představuje téměř 12,5 mil balení, ibuprofenu 200 tun
- U léčiv běžně dochází k vylučování až 80 % původního množství látky v nezměněné, či metabolizované formě v moči a exkrementech.
- Spotřebovaná humánní léčiva a produkty denní potřeby odchází v odpadní vodě na čistírnu odpadních vod (ČOV), kde při procesu čištění dojde pouze k částečnému odbourání těchto mikropolutantů.
- Část neodbouraných látek opouští čistírnu ve „vyčištěné“ odpadní vodě do recipientu
- Zbytek se koncentruje do čistírenského kalu



Adsoprce mikropolutantů na kal a na rozpuštěné a koloidní látky (Margot et al. 2015)

Farmakum	Míra odstranění z odp. vody (%)
atenolol	21
ofloxacin	57
hydrochlorothiazide	44
furosemide	15
ciprofloxacin	63
ranitidine	72
ibuprofen	55
sulfamethoxazole	24
bezafibrate	30
enalapril	69
clarithromycin	0
carbamazepine	0
erythromycin	0

Translokace organických mikropolutantů v životním prostředí závisí na mnoha faktorech:

- ✓ Fyzikálně chemické vlastnosti mikropolutantů (disociační konstanta kyselin (pKa), rozdělovací koeficient oktanol-voda (K_{ow})
- ✓ Molekulární velikost
- ✓ Vlastnosti půdy nebo susbstrátu (pH, teplota, obsah org. hmoty)
- ✓ Environmentální podmínky (teplota, vlhkost, fotoperioda) - (Madikizela et al. 2018).

Původ kompostů a vermikompostů použitých v **experimentu**

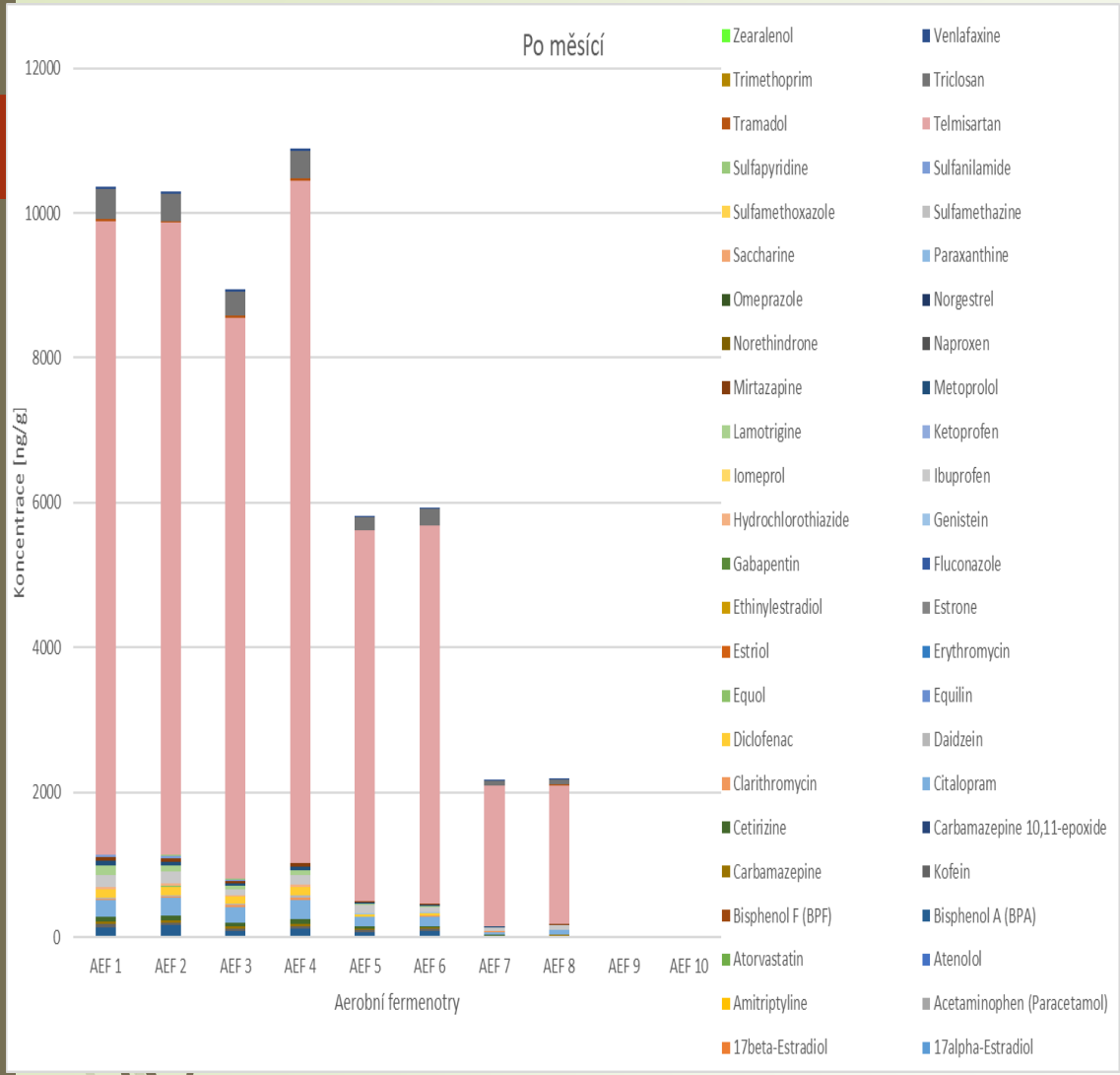
Čistírenské kaly:
z 52 stanovovaných látek se detekovalo 32 mikropolutantů a to nejvíce u telmisartanu (10 161 +/- 391 ng/g), triclosanu (543 +/- 62 ng/g) a citalopramu (440 +/- 5 ng/g)

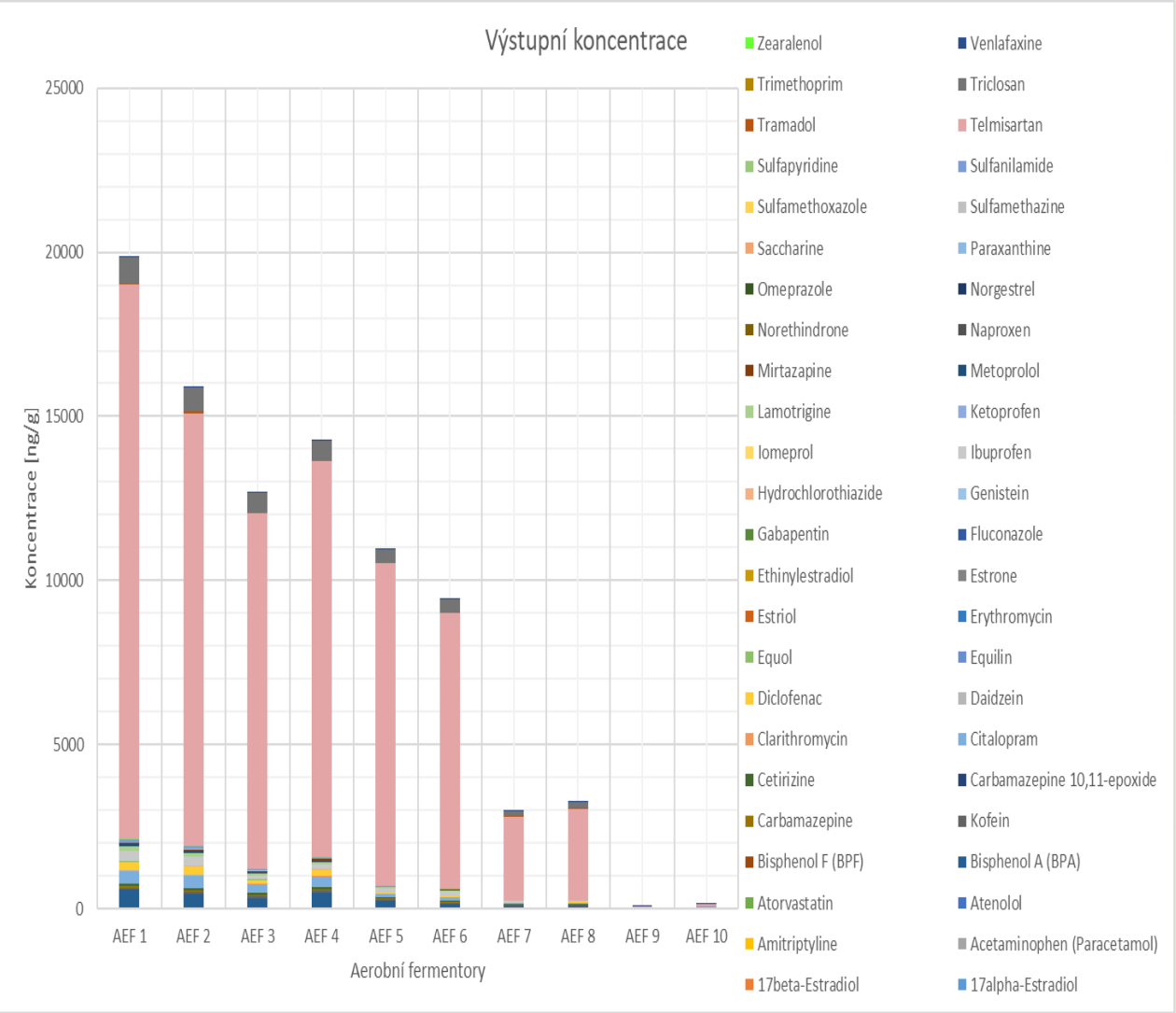
Sláma:
detekováno 5 látek (kofein, mirtazapin, sulfapyridin, telmisartan, venlafaxin)

Kompostování

č. aer. ferm.	Složení směsi
1	kal 100 % hm. (45 kg)
2	kal 100 % hm. (45 kg)
3	kal 75 % hm. (33,75 kg) + pelety 25 % hm.
4	kal 75 % hm. (33,75 kg) + pelety 25 % hm.
5	kal 50 % hm. (22,5 kg) + pelety 50 % hm.
6	kal 50 % hm. (22,5 kg) + pelety 50 % hm.
7	kal 25 % hm. (11,25 kg) + pelety 75 % hm.
8	kal 25 % hm. (11,25 kg) + pelety 75 % hm.
9	pelety 100 % hm. (27 kg)
10	pelety 100 % hm. (27 kg)

4 l/min. po dobu 5 min. (14 dní) a pak 3 min. každou půlhodinu

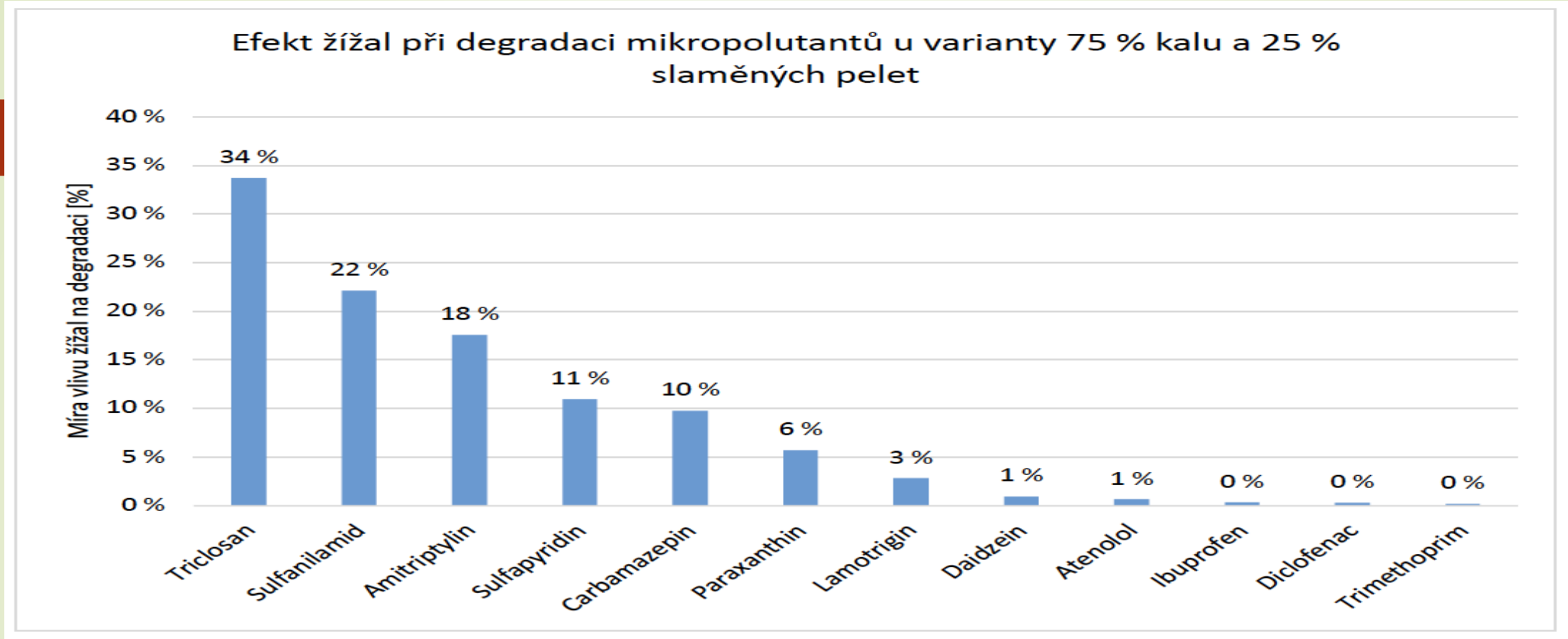

Po měsící
Koncentrace [ng/g]
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
AEF 1
AEF 2
AEF 3
AEF 4
AEF 5
AEF 6
AEF 7
AEF 8
AEF 9
AEF 10
Aerobní fermenotry
Zearalenol
Venlafaxine
Trimethoprim
Triclosan
Tramadol
Telmisartan
Sulfapyridine
Sulfanilamide
Sulfamethoxazole
Sulfamethazine
Saccharine
Paraxanthine
Omeprazole
Norgestrel
Norethindrone
Naproxen
Mirtazapine
Metoprolol
Lamotrigine
Ketoprofen
Iomeprol
Ibuprofen
Hydrochlorothiazide
Genistein
Gabapentin
Fluconazole
Ethinylestradiol
Estrone
Estriol
Erythromycin
Equol
Equilin
Diclofenac
Daidzein
Clarithromycin
Citalopram
Cetirizine
Carbamazepine 10,11-epoxide
Carbamazepine
Kofein
Bisphenol F (BPF)
Bisphenol A (BPA)
Atorvastatin
Atenolol
Amitriptyline
Acetaminophen (Paracetamol)
17beta-Estradiol
17alpha-Estradiol


Výstupní koncentrace
Koncentrace [ng/g]
25000
20000
15000
10000
5000
0
AEF 1
AEF 2
AEF 3
AEF 4
AEF 5
AEF 6
AEF 7
AEF 8
AEF 9
AEF 10
Aerobní fermentory
Zearalenol
Venlafaxine
Trimethoprim
Triclosan
Tramadol
Telmisartan
Sulfapyridine
Sulfanilamide
Sulfamethoxazole
Sulfamethazine
Saccharine
Paraxanthine
Omeprazole
Norgestrel
Norethindrone
Naproxen
Mirtazapine
Metoprolol
Lamotrigine
Ketoprofen
Iomeprol
Ibuprofen
Hydrochlorothiazide
Genistein
Gabapentin
Fluconazole
Ethinylestradiol
Estrone
Estriol
Erythromycin
Equol
Equilin
Diclofenac
Daidzein
Clarithromycin
Citalopram
Cetirizine
Carbamazepine 10,11-epoxide
Carbamazepine
Kofein
Bisphenol F (BPF)
Bisphenol A (BPA)
Atorvastatin
Atenolol
Amitriptyline
Acetaminophen (Paracetamol)
17beta-Estradiol
17alpha-Estradiol

Vermikompostování

Vemikompostování (surovin) s jednorázovým krmením

č. var.	opakování	složení	Objem substrátu do každé misky
1	a	kal 100 % hm. (9 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
1	b měř. teploty	kal 100 % hm. (9 kg)	bez substrátu
1	c	kal 100 % hm. (9 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
2	a	kal 75 % hm. (6,75 kg) + pelety 25 % hm. (2,25 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
2	b měř. teploty	kal 75 % hm. (6,75 kg) + pelety 25 % hm. (2,25 kg)	bez substrátu
2	c	kal 75 % hm. (6,75 kg) + pelety 25 % hm. (2,25 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
3	a	kal 50 % hm. (4,5 kg) + pelety 50 % hm. (4,5 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
3	b měř. teploty	kal 50 % hm. (4,5 kg) + pelety 50 % hm. (4,5 kg)	bez substrátu
3	c	kal 50 % hm. (4,5 kg) + pelety 50 % hm. (4,5 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
4	a	kal 25 % hm. (2,25 kg) + pelety 75 % hm. (6,75 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
4	b měř. teploty	kal 25 % hm. (2,25 kg) + pelety 75 % hm. (6,75 kg)	bez substrátu
4	c	kal 25 % hm. (2,25 kg) + pelety 75 % hm. (6,75 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
5	a	pelety 100 % hm. (9 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku
5	b měř. teploty	pelety 100 % hm. (9 kg)	bez substrátu
5	c	pelety 100 % hm. (9 kg)	3 l substrátu se žížalami z boku



Triclosan – antibakteriální činidlo, použití v šamponech, zubní pastě, deodorantech
Sulfanilamid – antibakteriální léčivo zejména proti kvasinkovým infekcím
Amitriptylin – antidepresivum
Sulfapyridin – antibakteriální lék používaný ve veterinárním lékařství
Karbamazepin – účinná látka pro léčbu epilepsie, neuropatické bolesti, schizofrenie a bipolární poruchy

Nádobový vegetační experiment s konopím setým

- Proč konopí seté?

- popularita konopí v poslední době významně stoupá díky víceúčelovému využití:
- pěstování pro konopné vlákno
- kanabidiol (CBD)
- potenciál sanovat kontaminované půdy
- přeměňovat velké množství atmosférického CO_2 na biomasu
- zdroj biomasy jako obnovitelného zdroje energie (Adesina et al. 2020).

Cíle práce a hypotézy

- Cílem práce bylo zjistit vliv kompostů a vermikompostů pocházejících z čistírenských kalů na obsah reziduí léčiv a hormonálně aktivních látek v půdě a v rostlinách konopí setého.

- Hypotézy:
- 1. Aplikace kompostů a vermikompostů zvyšuje obsah reziduí léčiv a hormonálně aktivních látek v půdě.
- 2. Existují průkazné rozdíly mezi obsahy těchto látek v rostlinách pěstovaných bez přídavku kompostů a vermikompostů a s jejich přídavky.
- 3. U některých látek existují průkazné rozdíly mezi obsahy v kořenech a nadzemní biomase.

Schéma pokusu

Varianta	Nádoba	Hnojivo	Zemina v suchém stavu (g)	Hnojivo v čerstvém stavu (g)	Hnojivo v sušině (g)
1	1,2,3	kontrola – pouze zemina	5000	0	40
2	4,5,6	kompost - varianta 1	5000	337	40
3	7,8,9	kompost - varianta 2	5000	322	40
4	10,11,12	kompost - varianta 3	5000	320	40
5	13,14,15	kompost - varianta 4	5000	312	40
6	16,17,18	kompost - varianta 5	5000	264	40
7	22,23,24	vermikompost - varianta 1	5000	139	40
8	25,26,27	vermikompost - varianta 2	5000	161	40
9	28,29,30	vermikompost - varianta 3	5000	199	40
10	31,32,33	vermikompost - varianta 4	5000	207	40
11	34,35,36	vermikompost - varianta 5	5000	255	40
12	43,44,45	vermikompost - varianta 6	5000	175	40
13	46,47,48	vermikompost - varianta 7	5000	188	40
14	49,50,51	vermikompost - varianta 8	5000	185	40
15	52,53,54	vermikompost - varianta 9	5000	168	40
16	55,56,57	vermikompost - varianta 10	5000	235	40

Zakládání a průběh experimentu

Výsledky

- Na základě výsledků měření bylo ve vzorcích detekováno 14 chemických látek z celkem 52 sledovaných.
- Naměřené koncentrace látek kofein, karbamazepin, daidzen, genistein, paraxantin, telmisartan a tramadol byly detekovány ve všech třech skupinách vzorků, tedy v půdě, v kořenech i v nadzemních částech rostlin

Vzorek	Detekované látky													
	Kofein	Karbamazepin	Cetirizin	Daidzein	Diklofenak	Equol	Estron	Genistein	Lamotrigin	Paraxantin	Telmisartan	Tramadol	Triclosan	Venlafaxin
Půda	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Kořeny	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x
Nadzemní biomasa	x	x		x	x			x		x	x	x		

Vyhodnocení hypotéz

1. Aplikace kompostů a vermikompostů zvyšuje obsah reziduí léčiv a hormonálně aktivních látek v půdě.

Hypotézu 1 z větší části **zamítáme**, vzhledem k tomu, že se u většiny detekovaných látek nepodařilo statisticky potvrdit významný rozdíl.

2. Existují průkazné rozdíly mezi obsahy těchto látek v rostlinách pěstovaných bez přídavku kompostů a vermikompostů a s jejich přídavky.

Lze **z větší části potvrdit**, avšak výsledná data jsou zatížena poměrně vysokým kolísáním a nevykazují příliš konzistentní trendy.

3. U některých látek existují průkazné rozdíly mezi obsahy v kořenech a nadzemní biomase.

Podařilo se prokázat rozdíl mezi akumulací mikropolutantů v kořenech a nadzemních částech rostlin.
Vyšší akumulace kontaminantů v kořenech = obranný mechanismus rostlin konopí, chránit nadzemní části rostlin, zejména generativní orgány, před kontaminací.
Tímto výsledkem se však jeví konopí jako nepříliš vhodná plodina k remediaci půd znečištěných farmaky a endokrinními disruptory.

Další výsledky

- Zaznamenána souvislost mezi množstvím organické hmoty v půdě a množstvím přijatého mikropolutantu rostlinami.

Přičemž **nejvyšší bioakumulace kontaminantů byla zaznamenána u rostlin z nehnojených půd, tedy z půd s nejnižším množstvím organické hmoty.** Naopak nejnižší koncentrace byly naměřeny u variant, kde byl aplikován kompost či vermikompost na bázi 100 % pelet, tedy bez čistírenského kalu.

- Vliv aplikace kompostů a vermikompostů na obsah farmak a endokrinních disruptorů se statisticky projevil zvýšenými koncentracemi v případě vzorků půd a/nebo kořenů u látek karbamazepin, cetrizin, lamotrigin a telmisartan.

- Vlivem hnojení se u vzorků nadzemní biomasy významně projevil zvýšenými koncentracemi pouze tramadol, méně významně karbamazepin.

Závěr

- Kolísavé výsledky = analyzovat větší množství dat a experimenty s více druhy rostlin
- Prevence nadměrného používání farmak a prostředků osobní potřeby
- Správné nakládání s těmito látkami

Děkuji za pozornost