

Zdravotní rizika při nakládání s kaly z městských čistíren odpadních vod



***Státní
zdravotní ústav
Šrobárova 48,
Praha 10***

Ladislava Matějů,
Zdislava Drahošová
Marta Kořínková
ladislava.mateju@szu.cz

Kaly z čistíren odpadních vod

Riziky společná .

Toxické prvky a toxické látky (zbytky léčiv, hormony a endokrinní disruptory)

Patogenní a podmíněně patogenní organismy

V čistírenských kálech se vyskytují dle místních poměrů:

Aeromonas, Legionella Bacillus Listeria Brucella, Mycobacterium Campylobacter, Proteus, Citrobacter, Pseudomonas, Clostridium, Salmonella, Coxiella, Shigella, Enterobacter, Serratia, Erysipelothrix, Staphylococcus, Escherichia, Streptococcus, Francisella, Yersinia, Klebsiella, Vibrio,

Astroviruses, Norwalk viruses, Caliciviruses, Reovirus, Hepatitis virus, Rotavirus, Enterovirus

Balantidium, Giardia, Cryptosporidium, Toxoplasma, Entamoeba

Ascaris, Taenia, Hymenolepis, Trichuris rhea, Necator, Toxocara

Antibiotická rezistence

Čistírny odpadních vod, kam přitékají odpadní vody a vznikají kaly, jsou klíčovým úložištěm **bakterií rezistentních na antibiotika (ARB)** a **genů pro antibiotickou rezistenci (ARGs)**.

Bakterie mají vyvinuty různé způsoby přenosu rezistence mezi sebou, a to nejen v rámci jednoho druhu, ale i mezidruhově

To je výhodné pro bakterie zejména ve chvíli, kdy je v prostředí neinhibiční koncentrace antibiotik, při které dochází k selekci rezistentních bakterií, jejich pomnožení a úspěšnému předávání rezistentních genů.

I neškodná bakterie tak může svou schopnost odolnosti proti antibiotikům předat bakteriím mnohem nebezpečnějším.

V případě aplikace kalů (s antibiotiky a rezistentními bakteriemi) na zemědělskou půdu, se geny rezistence

snadno šíří v životním prostředí. **A ačkoli množství rezistentních bakterií přítomných v kalu časem klesá,**

mohou přenášet geny kódující rezistenci na antibiotika na okolní půdní bakterie a

vytvářet tak rezervoár rezistentních genů

Z půdy se pak mohou dostávat rezistentní

bakterie i do potravního řetězce a představují

tichou hrozbu sníženého účinku antibiotik

v boji s lidskými patogeny

Antibiotická rezistence

ČOV a půda jsou rezervoárem rezistentních genů

- přítomnost atb. v nízkých dávkách
- velká diverzita ARB a ARGs
- vhodné prostředí pro šíření rezistence (dostatečná vlhkost, teplota, organický substrát, živiny)
- přítomnost antimikrobiálních látek, (těžkých) kovů, biocidů, které mohou být příčinou efluxních pump
- dostatečná doba kontaktu
- vysoká koncentrace mikroorganismů
- podmínky pro množení ARB/ARGs



Studie EU, Španělsko, Slovensko

Čistírenské kaly a redukce ARGs

Většina (> 99%) ARGs se akumuluje v přebytečném kalu ARB a ARGs jsou tak více koncentrovány v kalu než v odpadní vodě.

Skládkování a využití na zemědělskou půdu neupravených kalů jsou kritické cesty pro šíření ARGs a ARB z kalu do prostředí horizontálním přenosem genů jsou rizikem pro lidské zdraví.

Kontrola ARGs a jejich odstranění na ČOV je tak účinnou metodou prevence šíření ARGs uvolňujících se do prostředí.

Obsah ARGs efektivně snižují technologie anaerobního rozkladu, aerobního rozkladu, kompostování, bio-sušení a sušení vzduchem. Vyšší redukce se dosáhne při kombinaci anaerobního nebo aerobního rozkladu s předúpravami jako je

- mikrovlnné záření,
- tepelná hydrolýza
- ozonace

Studie prokázaly opětovný výskyt a nárůst ARGs po předúpravě během anaerobního rozkladu. Dosud však není vysvětleno proč.

Čistírenské kaly a redukce ARGs

Redukci genů ARGs ovlivňuje několik faktorů :

Typy ARGs

typ ARG tedy hraje kromě teploty zásadní roli při snižování množství ARG. Někteří vědci spekulují, zda to nemůže být z důvodu různých reakcí mikroorganismů na anaerobní rozklad, jako je pokles či nárůst některých specifických bakterií při různých teplotách (Jang et al., 2017; Zhang, Yang, et al., 2015).

- geny pro rezistenci na **fosfomycin a tetracyklin** jsou redukovány stejně během **mezofilního a termofilního rozkladu**
- geny pro rezistenci na **acriflavine, makrolid-lincosamid-streptograminu (MLS) a sulfonamidu** jsou více redukovány při **termofilním rozkladu**.
- geny rezistence na **aminoglykosidy, bacitracin, beta-lactam, mutidrug a quinolon** jsou lépe odstraňovány během **mezofilního rozkladu**. Stejně tak bylo zjištěno, že množství *tetC*, *tetG* and *tetX* v mezofilním digestátu bylo nižší než v termofilním zbytku rozkladu.
- během **mezofilního** rozkladu byly redukovány geny rezistence proti **makrolidům (*mphB* a *mefA*) a aminoglykosidům (*aadE*)**, zatímco **etyrhromycin rezistentní geny (*ermF* a *ereA*)** významně **vzrostly** (Tian a kol. 2016).
- při teplotě **56°C** **fluorochinolon rezistentní geny (*qnrA*)** byly velmi málo redukovány a **dva tetracyklinové ARGs (*tetW* a *tetX*) poklesly zase o více než 99%** (Burch et al., 2016).

Technologie úpravy a předúpravy

Snížení obsahu ARGs během kompostování

Kompostování hnoje hospodářských zvířat považováno za slibnou technologii a má pozoruhodnou účinnost při snižování množství antibiotik.

Výskyt genů pro rezistenci na erythromycin se snížil o několik řádů během kompostování kejdy Chen a kol. (2007)..

Geny pro rezistenci na tetracyklin ze skupiny proteinů pro ochranu ribosomů a pump byly redukovány během kompostování až o 6 log a byly většinou nedetekovatelné v kompostu z prasečí kejdy Yu a kol. (2005).

Kompostování kalů může do určité míry ARGs obohatit (Su et al., 2015; Youngquist et al., 2016; Zhang, Chen, Sui, Tong, et al., 2016).

Diverzita a výskyt ARGs byly významně zvýšené a počet kopií ARGs se zvýšil více než třikrát během kompostovacího procesu. Především *tetX* se zvýšil nejvíce, až 7026,91krát po 50 dnech kompostování (Su a kol. 2015).

Snížení obsahu ARGs během dalších metod

Bio-sušení kalu - efektivní pro redukci ARGs a MGEs, navíc sušení je rychlejší než kompostování.

Některé ARG se při sušení významně sníží, u některých však dochází i k nárůstu. Změny v množství ARGs mohou být vysvětleny změnami v bakteriální komunitě a úbytek ARG může souviset se zánikem bakterií (Zhang, Sui, et al., 2016). bio-sušení

Sušení vzduchem – předpokládá se, že bude také docházet k redukci ARGs, ale v současné době je velmi málo informací o odstranění ARG při sušení

Prevence snížení rizik šíření do životního prostředí a rizika pro zdraví lidí je co nejefektivnější odstraňování ARGs, když lze:

- stanovit na ČOV ARGs s nejvyšším výskytem v kalu
- stanovit klíčové parametry ovlivňující redukci ARGs (teplota, pH, SRT(retenční čas a typ ARGs)
- stanovit a upravit metody odstranění ARGs, popřípadě zařadit metody předúpravy.

Právní rámec

Aby se zabránilo přenosu rezistentních patogenů do prostředí, je nezbytné (u kalů) zvolit takové metody zpracování, aby došlo k účinné hygienizaci.

Hygienizace – fyzikální, chemický nebo biologický proces (nebo jejich kombinace), který zajistí zdravotní nezávadnost výsledných produktů (např. kalů nebo zbytků rozkladu), tj. zajistí inaktivaci patogenních a podmíněně patogenních biologických činitelů, popřípadě zajistí jejich inaktivaci pod hodnotu určenou právním předpisem

MZe ČR : TNV 75 8090 Hygienizace kalů v čistírnách odpadních vod (2015)

Vyhláška 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě

upravuje podmínky pro uložení upraveného kalu z ČOV

- e) mikrobiologická kritéria pro použití kalů,
- f) postupy analýzy kalů a půdy, včetně metod odběru vzorků,
- h) požadavky na ověření účinnosti technologie úpravy kalů,

Kvalita kalu je všeobecně je potvrzena mikrobiologickým rozbořem a prokazuje se

- 1) mikrobiologickým rozbořem aktuálních počtů indikátorových mikroorganismů ve výstupu dle přílohy 4 a 7, četnost rozbořů je uvedena v Příloze č.5
- 2) účinností hygienizace úpravy kalu dle §10

ČOV a nebo zařízení na úpravu kalů, které byly uvedeny do provozu přede dnem nabytí účinnosti vyhlášky, provede ověření účinnosti technologie úpravy kalů podle § 10 **do 31. prosince 2019.**

Účinnost úpravy (hygienizace) technologie.

Ověření účinnosti technologie úpravy kalů se provádí na základě odebrání 10 vzorků na vstupu a 10 vzorků na výstupu během 30 dnů, přičemž minimální doba mezi jednotlivými odběry vzorků na vstupu je 48 hodin a minimální doba mezi jednotlivými odběry vzorků na výstupu činí 48 hodin.

Rozdíl mezi kontaminací kalu před úpravou a kontaminací kalu po úpravě musí být minimálně 10^5 KTJ na gram kalu pro mikroorganismus *Escherichia coli* nebo enterokoky.

Dostatečný stupeň hygienizace kalů Předpokládá **snížení počtů minimálně o 5 řádů**, to znamená, že dojde k redukci 99,9999% počtů indikátorového organismu.

parametry pro výstup musí být v souladu se stanovenými limitními hodnotami indikátorových mikroorganismů uvedenými v příloze č. 4 k této vyhlášce.

Mikrobiologické limity ve výstupu

Hodnocení aktuálních počtů

Příloha č. 4 k vyhlášce č.437/2016 Sb., od 1.1.2020
Nařízení 1069/2009 platí bez časového omezení

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu		Limitní hodnota (nález/ KTJ*)
<i>Salmonella spp.</i>	nález v 50g	5		negativní
<i>Escherichia coli</i> nebo Enterokoky	KTJ* v 1 gramu	5	4 1	< 10 ³ < 5.10 ³

Kaly kategorie II podle odstavce 2 mohou být použity pouze na zemědělské půdě určené k pěstování technických plodin nebo v podzimním období na půdě určené k pěstování běžných plodin. Na dílu půdního bloku, kde byl použit kal kategorie II, nesmí být nejméně 3 roky po použití kalu pěstována polní zelenina, brambory a intenzivně plodící ovocná výsadba.

Příloha č. 7 k vyhlášce č.437/2016 Sb., , kategorie II do 1.1.2020

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limitní hodnota (nález/ KTJ*)
<i>Termotolerantní koliformní bakterie</i>	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	10 ³ - 10 ⁶
<i>Enterokoky</i>	KTJ* v 1 gramu sušiny	5	10 ³ - 10 ⁶

Příloha č. 7 k vyhlášce č.437/2016 Sb., kategorie I do 1.1.2020

Indikátorový mikroorganismus	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limitní hodnota (nález/ KTJ*)
<i>Salmonella spp.</i>	nález v 1 g sušiny	5	negativní
<i>TKB</i>	KTJ* v 1 gramu suš.	5	< 10 ³
<i>Enterokoky</i>	KTJ* v 1 gramu suš.	5	< 10 ³

Mikrobiologické limity výstupu

Indikátorový mikroorganismus	Výstup dle Nařízení 1069/2009 *		Výstup dle 341/2008 Sb. Limit nález	
<i>Salmonella spp.</i> nález v 50g	negativní		negativní	
<i>Escherichia coli</i> /TKB KTJ* v 1 gramu	1	$< 5 \cdot 10^3$	1	$< 10^3$
	4	$< 10^3$	4	< 50
<i>Enterokoky</i> KTJ* v 1 gramu	1	$< 5 \cdot 10^3$	1	$< 10^3$
	4	$< 10^3$	4	< 50

* Nařízení EU 1039/2001 umožňuje volbu TKB a enterokoků

Děkuji za pozornost