

# Hodnocení vlivů systémů sberu, transportu, zpracování a využití bioodpadů na zdraví

## Hodnocení účinnosti hygienizace pro technologie zpracovávající bioodpad



Ladislava Matějů  
Magdalena Zimová



[lmateju@szu.cz](mailto:lmateju@szu.cz)

MAIL

Státní zdravotní ústav  
Šrobárova 47, Praha

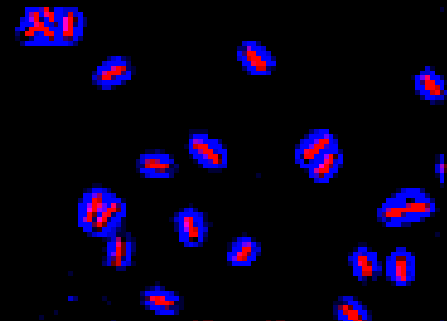


# Analýza stávajících zdravotních rizik při nakládání s biodegradabilním odpadem

**rizika pro člověka, zvířata a rostliny -  
v matrici přítomné patogenní a  
potenciálně patogenní organismy**

- Zdravotní riziko při práci
- Rizika pro veřejné zdraví
- Riziko při využívání bioodpadu
- Možná zdravotní rizika vznikají po celý cyklus nakládání s bioodpady od jejich vzniku až po jejich odstranění nebo využití

- **Patogenní mikroorganismy**
- bakterie
- viry
- paraziti
- **toxické chemické látky**
- toxické kovy
- perzistentní organické látky



# pracovního prostředí.

Expozicí bioodpady mohou vznikat následující onemocnění:

Gastroenteritida

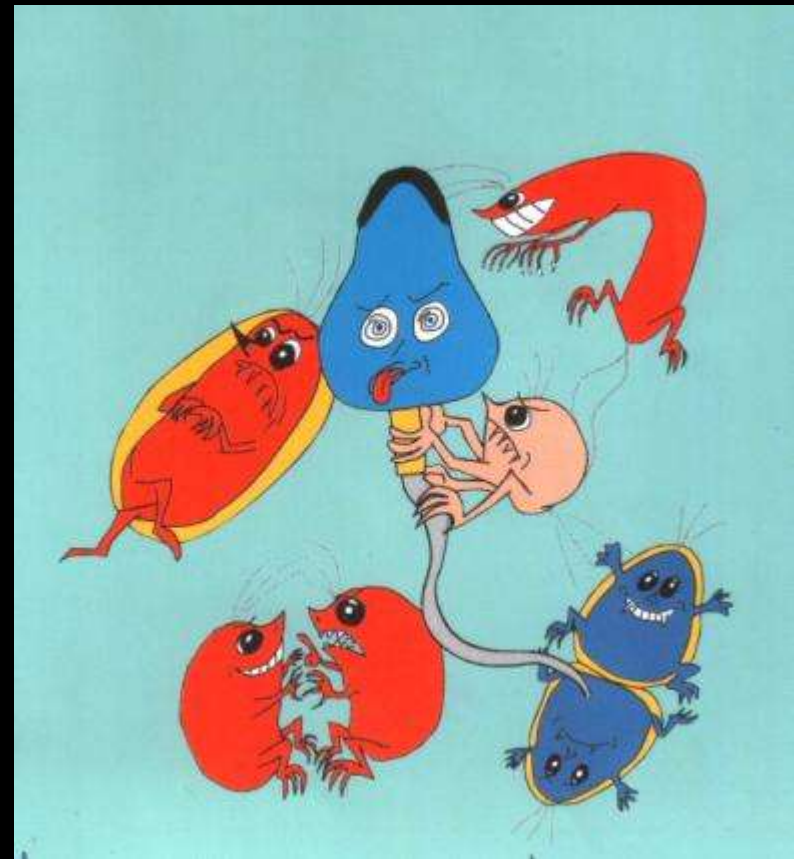
Weilovo onemocnění

Hepatitida

Astma

Infekce kůže a očí

Alergická onemocnění



# **Analýza stávajících zdravotních rizik při nakládání s biodegradabilním odpadem**

**Bioaerosol je definován jako rozptýlené biologické částice o velikosti 0,02 až 100  $\mu\text{m}$**

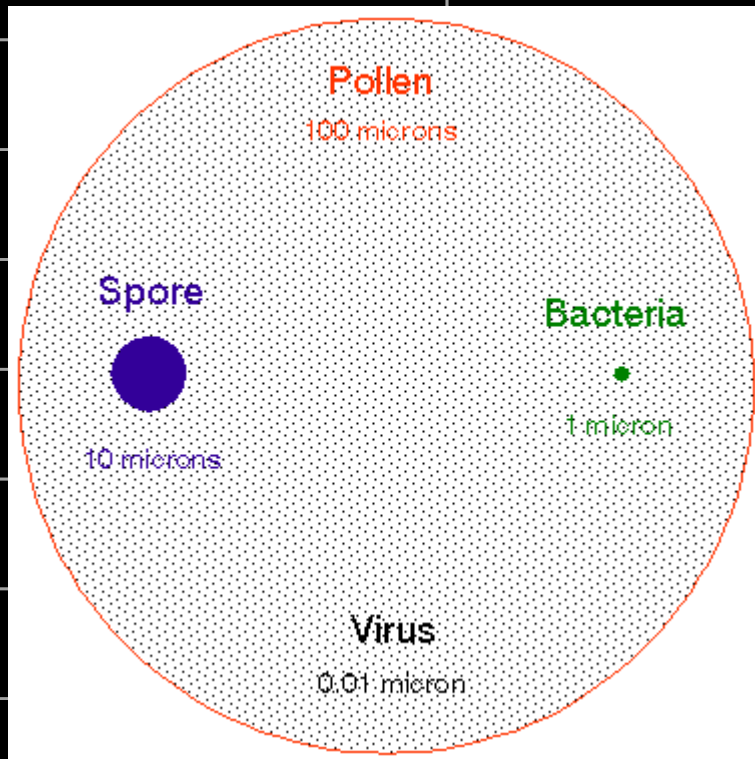
**Složení a koncentrace mikrobiálních bioaerosolů se různí podle zdroje, mechanismu vzniku a konkrétních podmínek na lokalitě.**

**Mikroorganismy, které se vyskytují v bioaerosolech jsou zástupci bakterií, virů a plísní.**

**Kromě těchto živých částic se v bioaerosolech vyskytují jiné mikroskopické částice jako jsou pyly a zbytky buněk vyšších organismů.**



| Druh částice                            | Velikost (μm) |
|---|---------------|
| Kouř                                    | 0,001 – 0,1   |
| Kondenzační jádra                       | 0,1 – 20,0    |
| Prach                                   | 0,1 – cm      |
| Viry                                    | 0,015 – 0,45  |
| Bakterie                                | 0,3 – 10      |
| Spory hub (plísň)                       | 1,0 – 100     |
| Řasy                                    | 0,5 – cm      |
| Části lišejníků                         | 1,0 – cm      |
| Prvoci                                  | 2,0 – cm      |
| Pylová zrna                             | 10,0 – 100,0  |
| Rostlinné a zvířecí části, semena, hmyz | > 100         |



## Bakterie a houby ve vzduchu (KTJ.m-3) a endotoxiny (ng.m-3) na různých pracovištích v zemědělství (Crook,1995, Eduard, 1997,. Crook a Swann 2001)

| Pracovní aktivita                             | Bakterie         | Houby            | Endotoxiny       | Dominantní organismy  |
|---|------------------|------------------|------------------|---|
| Manipulace s plesnivým senem, obilím na farmě | $10^8$           | $10^8$           |                  | Plísně <i>Aspergillus</i><br><i>Aspergillus fumigatus</i> ,<br>aktinomycety |
| Sklizeň obilí                                 | $10^7$ až $10^8$ | $10^3$ až $10^7$ |                  | Plísně včetně <i>Aspergillus</i> , G <sup>+</sup> bakterie                  |
| Sekání krmiva                                 |                  | $10^3$           | $10^1$ až $10^2$ | Plísně včetně <i>Aspergillus</i>  |
| Stáje   | $10^3$ až $10^5$ | $10^4$ až $10^5$ | $10^3$ až $10^4$ | Plísně včetně <i>Aspergillus</i>  |
| Konírna                                       | $10^5$           | $10^3$ až $10^4$ | $10^1$ až $10^4$ | Plísně včetně <i>Aspergillus</i>  |
| Vepřín  | $10^4$ až $10^6$ | $10^4$ až $10^5$ | $10^2$ až $10^4$ | G <sup>+</sup> a G <sup>-</sup> bakterie                                    |
| Drůbežárny                                    | $10^5$           | $10^3$           | $10^2$           | Plísně včetně <i>Aspergillus</i>  |
| Manipulace s houbovým kompostem               | $10^7$           | $10^5$           |                  | Houby ( <i>Trichoderma</i> )  |
| Sběr hub                                      | $10^3$           | $10^5$           |                  | Houby ( <i>Paecilomyces</i> )   |
| Kompostování kůry                             | $10^4$ až $10^5$ | $10^4$ až $10^7$ |                  |   |

## Mikrobiální zatížení v různých místech měření (Kliche et al 1999)

|                        |                        | Počet mikroorganismů KTJ/ m <sup>3</sup> |                       |                       |
|------------------------|------------------------|--|-----------------------|-----------------------|
| Mikroorganismy         | Měřicí místo           | Minimum                                  | Maximum               | Medián                |
| Celkové počty bakterií | Okolí města            | 10 <sup>1</sup>                          | 10 <sup>3</sup>       | 10 <sup>2</sup>       |
|                        | <b>Kompostárna</b>     | <b>10<sup>2</sup></b>                    | <b>10<sup>8</sup></b> | <b>10<sup>3</sup></b> |
|                        | Kravín                 | 10 <sup>4</sup>                          | 10 <sup>5</sup>       | neg                   |
|                        | Chov prasat            | 10 <sup>3</sup>                          | 10 <sup>5</sup>       | neg                   |
|                        | Drůbežárna             | 10 <sup>6</sup>                          | 10 <sup>9</sup>       | neg                   |
| Celkové počty plísní   | Okolí města            | -  | 10 <sup>3</sup>       | 10 <sup>1</sup>       |
|                        | Obytné budovy - indoor | -  | 10 <sup>4</sup>       | 10 <sup>1</sup>       |
|                        | Seník                  | neg                                      | 10 <sup>7</sup>       | neg                   |
|                        | <b>Kompostárna</b>     | <b>10<sup>2</sup></b>                    | <b>10<sup>8</sup></b> | <b>10<sup>3</sup></b> |
|                        | <b>Biofiltr</b>        | <b>10<sup>2</sup></b>                    | <b>10<sup>7</sup></b> | <b>10<sup>4</sup></b> |
| Actinomycety           | Okolí města            | -  | 10 <sup>2</sup>       | neg                   |
|                        | Seník                  | neg                                      | 10 <sup>5</sup>       | neg                   |
|                        | <b>Kompostárna</b>     | <b>10<sup>1</sup></b>                    | <b>10<sup>6</sup></b> | <b>10<sup>4</sup></b> |

| <b>Škodlivina</b>                 | <b>Zdraví ohrožující koncentrace</b>  | <b>Způsobené onemocnění</b>  | <b>Reference</b>  |
|-----------------------------------|---|--|---|
| <b>endotoxiny</b>                 | <p>1000 – 2000 ng/m<sup>3</sup><br/>500 – 1000 ng/m<sup>3</sup></p> <p>100 – 200 ng/m<sup>3</sup><br/>50 ng/m<sup>3</sup></p>     | <p>Toxický syndrom z prachu<br/>Horečka<br/>Snížení vydechovaného objemu vzduchu<br/>Bronchitida</p> | <p>Malmros a Peterson (1988)<br/>a Miller et al. (1994)</p> |
| <b>Spory plísní</b>               | <p>1.10<sup>6</sup> KTJ/m<sup>3</sup></p> <p>&gt;10<sup>6</sup> KTJ/m<sup>3</sup></p> <p>&gt;10<sup>3</sup> KTJ/m<sup>3</sup></p> | <p>Toxický syndrom z prachu<br/>Exogenní alergická alveolitis<br/>Alergické symptomy</p>             | <p>Eduard et al. (1993)<br/>a Rylander (1986)</p>           |
| <b>Actinomycety</b>               | >10 <sup>8</sup> KTJ/m <sup>3</sup>   | Exogenní alergická alveolitida   | Rylander et al. (1982)                                      |
| <b>Pathogenní mikro-organismy</b> | Závisí na infekčnosti   | Specifický původce, hlavně onemocnění dýchacích cest, střevní a krční infekce                        |   |
| <b>mykotoxiny</b>                 |   | mykotoxikozy   | Ghio a Roggli (1995)  |



# Zdravotní rizika při nakládání s bioodpady

## Souhrn literárních údajů pro různé rizikové skupiny při nakládání s bioodpady

|                   |                     | domácnosti      |                         | sběrná místa        |                    | transport           |                    | kompostování        |                    |
|-------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| popis<br>expozice |                     | bioodpad        | ostatní                 | bioodpad            | ostatní            | bioodpad            | ostatní            | bioodpad            | ostatní            |
|                   |                     | z<br>domácností | í<br>typy<br>odpad<br>u | z<br>domácnost<br>í | typy<br>odpad<br>u | z<br>domácnost<br>í | typy<br>odpad<br>u | z<br>domácnost<br>í | typy<br>odpad<br>u |
| měřeni            | toxické chem. látky | -               | -                       | *                   | *                  | *                   | *                  | **                  | **                 |
|                   | prach               | -               | -                       | *                   | *                  | -                   | *                  | *                   | ***                |
|                   | aerosol             | -               | -                       | -                   | -                  | -                   | -                  | -                   | **                 |
|                   | houby               | *               | -                       | *                   | *                  | -                   | *                  | **                  | ***                |
|                   | bakterie            | *               | -                       | *                   | *                  | *                   | *                  | **                  | ***                |
|                   | endo-toxiny         | *               | -                       | *                   | -                  | -                   | *                  | *                   | ***                |

# Zdravotní rizika při nakládání s bioodpady

## Souhrn literárních údajů pro různé rizikové skupiny při nakládání s bioodpady

| Popis expozice   |                           | domácnosti            |                     | sběrná místa          |                     | transport             |                     | kompostování          |                     |
|------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                  |                           | bioodpad z domácností | ostatní typy odpadu | bioodpad z domácností | ostatní typy odpadu | bioodpad z domácností | ostatní typy odpadu | bioodpad z domácností | ostatní typy odpadu |
|                  |                           |                       |                     |                       |                     |                       |                     |                       |                     |
| Zdravotní potíže | únava, bolesti hlavy      | -                     | -                   | *                     | -                   | -                     | -                   | -                     | **                  |
|                  | horečka                   | -                     | -                   | *                     | -                   | -                     | -                   | -                     | ***                 |
|                  | zažívací potíže           | -                     | -                   | *                     | *                   | -                     | *                   | -                     | **                  |
|                  | podráždění sliznic, kašel | -                     | -                   | *                     | *                   | -                     | *                   | -                     | ***                 |
|                  | svaly, klouby             | -                     | -                   | *                     | *                   | -                     | -                   | -                     | *                   |
|                  | porucha čichu             | *                     | -                   | -                     | -                   | -                     | -                   | -                     | -                   |



# Rizika při třídění a sběru bioodpadu



- Zápach
- Mikroorganismy
- Zdroj výskytu hmyzu a hlodavců
- Přenos možných infekčních onemocnění

## Opatření : organizační

- vhodné sběrné nádoby a jejich čištění a dezinfekce.
- spolupráce s občany a právníckými osobami, které separaci provádějí.

# Rizika při svozu bioodpadu

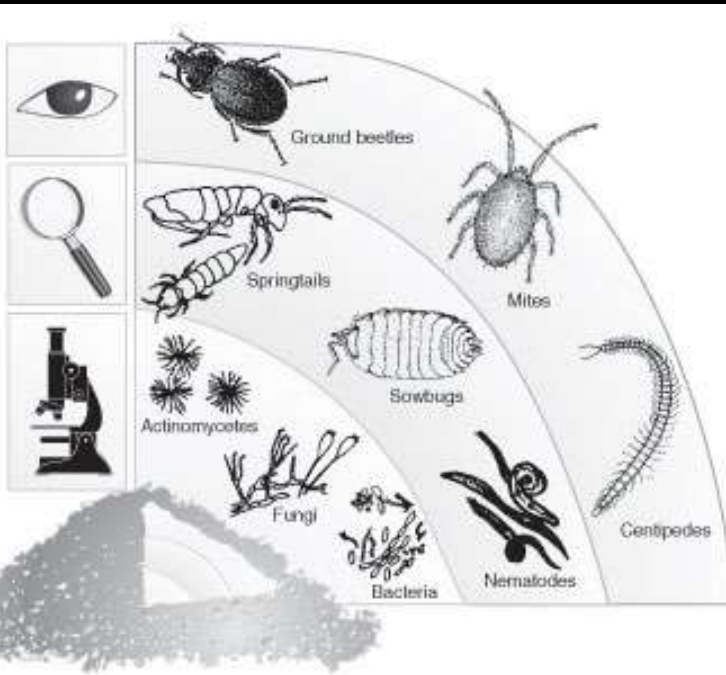
## Rizika pro pracovníky

- expozice bioaerosolu,
- poranění v případě netřídění odpadu ostrými předměty.

## Opatření

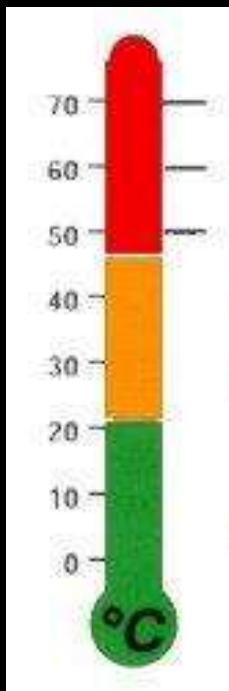
- vhodné přepravní obaly, jejich čištění a dezinfekci
- zkrácení časových intervalů odvozu, zabránění hnití odpadu





Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.,  
kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví  
při práci, zákon č. 309/2006 Sb., kterým se  
upravují  
další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví  
při  
práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění  
bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo  
poskytování služeb mimo pracovněprávní  
vztahy ( zákon o zajištění dalších podmínek  
bezpečnosti  
a ochrany zdraví při práci).

|                 | kategorie 2 | kategorie 3 | kategorie 4 |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Bakterie</b> | 119         | 36          | 0           |
| <b>Viry</b>     | 69          | 65          | 17          |
| <b>Paraziti</b> | 83          | 10          | 0           |



Teplota úhynu všech veget forem bakterií

Teplota, kdy uhynie 90% bakterií do 2 minut

Teplota, kdy uhynie 90% bakterií do 2 hodin

Teplota pro optimální množení

Bakterie nejsou aktivní



| Doba   | Teplota procesu |
|--------|-----------------|
| 7 min  | 70 °C           |
| 30 min | 65 °C           |
| 2 h    | 60 °C           |
| 15 h   | 55 °C           |
| 3 dny  | 50 °C           |

|                            | Redukce patogenů (log)        |                                |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                            | Kal ošetřen při 80 C po 90min | Odpadní vody ošetřené při 60 C |
| <i>E coli</i>              | >3.6                          | 6                              |
| <i>Enterococcus</i>        | >2.7                          | 3.4                            |
| Sulfitredukuující bakterie | 0.3                           | 0.1                            |
| Somatické kolifágy         | 0.6                           | 0.8                            |

## **Dezinfekce**

je soubor opatření, která mají za cíl přerušit cestu šíření nákazy od zdroje infekce ke vnímavému jedinci. Dezinfekce je předřazeným stupněm sterilizace

## **Vyšší stupeň dezinfekce**

### **Sterilizace**

je souhrn opatření, která vedou ke zničení všech rozmnožování schopných organismů a virů na předmětech a v produktech

### **Hygienizace**

je proces, kterým se snižuje mikrobiální znečištění matrice pod stanovenou hodnotu.



# Hygienizace

podle TNV 75 8090 „Hygienizace kalu“, proces, kterým se snižuje mikrobiální znečištění kalu pod stanovenou hodnotu. Technologie hygienizace mohou být chemické, fyzikální, biologické a nebo kombinace uvedených způsobů.

postupy hygienizace, dezinfekce a sterilizace by měly být validovány, stejně tak postupy hodnocení účinnosti.



# Kontrola účinnosti hygienizace

proces pro hygienizaci musí tedy být validován. Validace je proces poskytnutí důkazu, že proces (metoda nebo technologie) je schopný sloužit určenému účelu: v tomto případě prokázat snížení a přítomnost indikátorových organismů. Výsledkem má být numerická a popisná specifikace postupu včetně jednoznačně podrobného popisu předem určeného předmětu zájmu. Validace se obvykle provádí s použitím speciálně navržených schémat zkoušek. Jako validační prostředek pro účely kontroly hygienizace bioodpadů předpokládají a doporučují strategie EU:

- **přímé hodnocení procesu**
- **analýza konečného produktu nebo meziproductů bodovým testem.**

# Validace procesu biologického zpracování bioodpadů

se provádí pomocí vnesených organismů v zařízeních při zpracovávání kalů z čistíren odpadních vod nebo jiných odpadů, u kterých se předpokládá kontaminace patogenními činiteli a to:

- a) kontrolou dodržování stanovených technologických parametrů a kontrolou dodržování limitních hodnot vybraných kritérií pro hodnocení výstupů,
- b) testem přímého hodnocení procesu, při kterém se využívají vnesené indikátorové mikroorganismy:  
*Salmonella senftenberg* W 775 (H<sub>2</sub>S negativní)  
*Escherichia coli*.

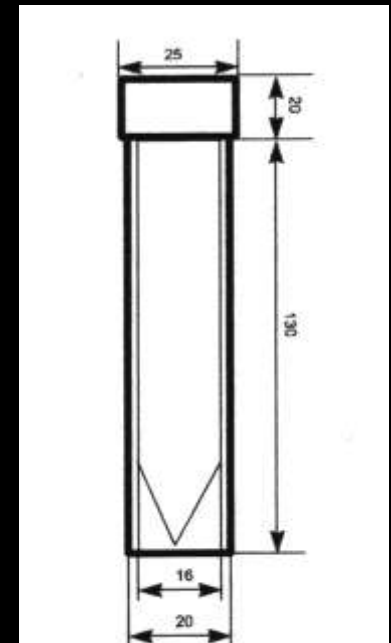
# Kritéria pro kontrolu účinnosti hygienizace prováděné na základě sledování indikátorových mikroorganismů

| Indikátorový mikroorganismus                  | Výstup                                       | Jednotky       | Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu |   | Limit (nález/ KTJ*) |
|---|--|----------------|--|---|---------------------|
| <i>Salmonella spp.</i>                        | Rekultivační kompost / rekultivační digestát | nález v 50g    | 5  |   | negativní           |
| <i>Termotolerantní koliformní bakterie</i> ** | Rekultivační kompost / rekultivační digestát | KTJ* v 1 gramu | 5  | 2 | $< 10^3$            |
|   |  |                |  | 3 | $< 50$              |
| <i>Enterokoky</i> **                          | Rekultivační kompost / rekultivační digestát | KTJ* v 1 gramu | 5  | 2 | $< 10^3$            |
|   |  |                |  | 3 | $< 50$              |

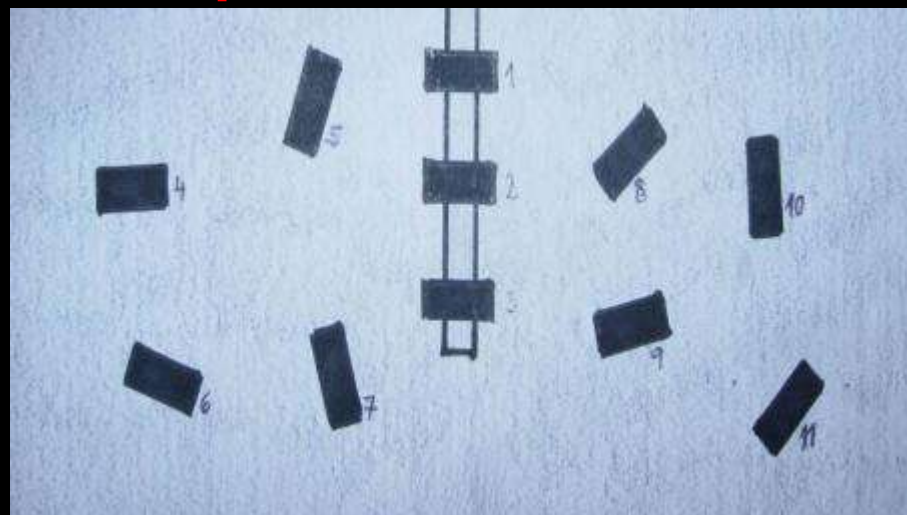
# Test přímého hodnocení procesu

Přímé hodnocení procesu spočívá v tom, že definované mikroorganismy jsou inokulovány do suroviny v inokulačních vacích na začátku procesu. V další etapě je hodnoceno přežívání těchto organismů k určení účinnosti technologie ošetření, která se hodnotí jako redukce patogenů

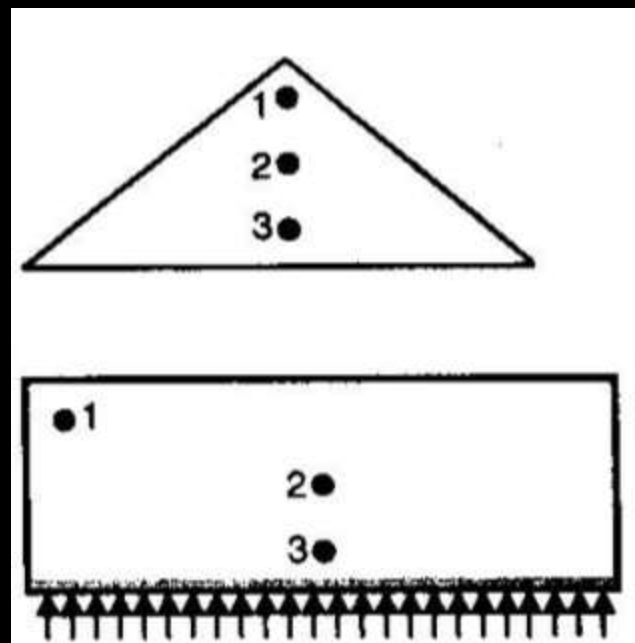
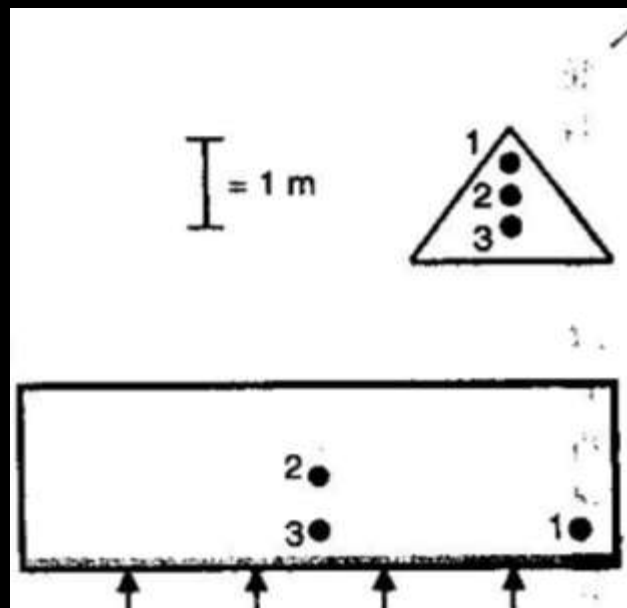
patrony



# Schéma umístění patron ve fermentoru



v hromadách



# Validace procesu biologického zpracování bioodpadů

Proces je možno považovat za ověřený, jestliže:

- výstup ze zařízení odpovídá stanoveným kritériím
- byly dodrženy všechny technologické parametry stanovené provozním řádem,
- počet kolonií tvořících jednotku u vneseného organismu se během procesu sníží minimálně o 6 řádů.

## Četnost kontrol výstupů ze zařízení k využívání bioodpadů

| Roční produkce výstupů | Jednotky | Četnost kontrol výstupů |
|------------------------|----------|-------------------------|
| Do 150 – malé zařízení | t        | 1 x za rok              |
| 0 - 1000               | t        | 2 x za rok*             |
| 1001 - 5000            | t        | 4 x za rok*             |
| 5001 a více            | t        | 12 x za rok*            |

# Mikrobiologické rozbory - zpracování digestátu a kompostu - materiály 3.kategorie

*Escherichia coli*

n – 5

c - 1

m - 1 000

M - 5 000 v 1g

*Enterococaceae*

n – 5

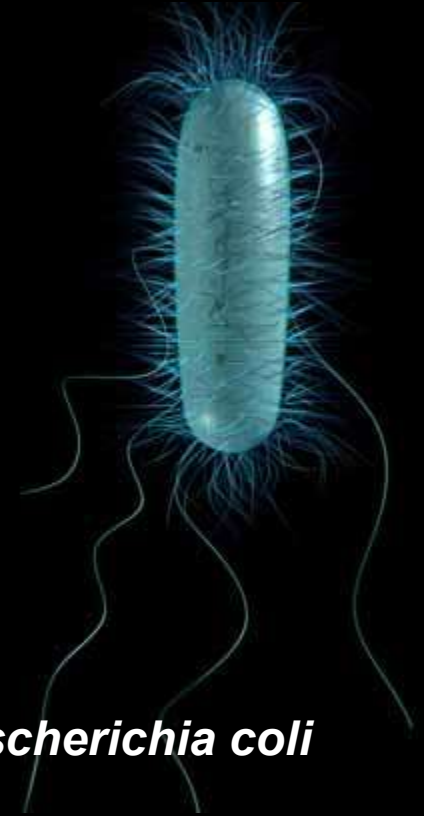
c - 1

m - 1 000

M - 5 000 v 1g

*Salmonella* negativní v 25 g

n-0, c-0, m-0, M-0



*Escherichia coli*

n = počet vzorků, které mají být vyšetřeny;

m = prahová hodnota počtu bakterií; výsledek je považován za uspokojivý, pokud počet bakterií ve všech vzorcích není vyšší než m;

M = nejvyšší hodnota počtu bakterií; výsledek je považován za neuspokojivý, pokud je počet bakterií v jednom nebo více vzorcích vyšší nebo roven M;

c = počet vzorků, u nichž může být počet bakterií mezi m a M; celý vzorek je považován za přijatelný, pokud ostatní vzorky mají počet bakterií nižší nebo roven m.



# Hodnocení zdravotní nezávadnosti – zpracování hnoje

## *Escherichia coli*

n – 5

c - 5

m - 0

M - 1000 v 1g

## *Enterococaceae*

n – 5

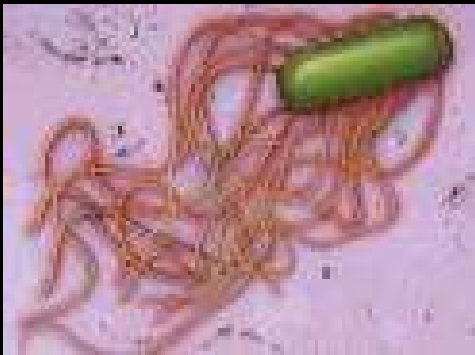
c - 5

m - 0

M - 1 000 v 1g

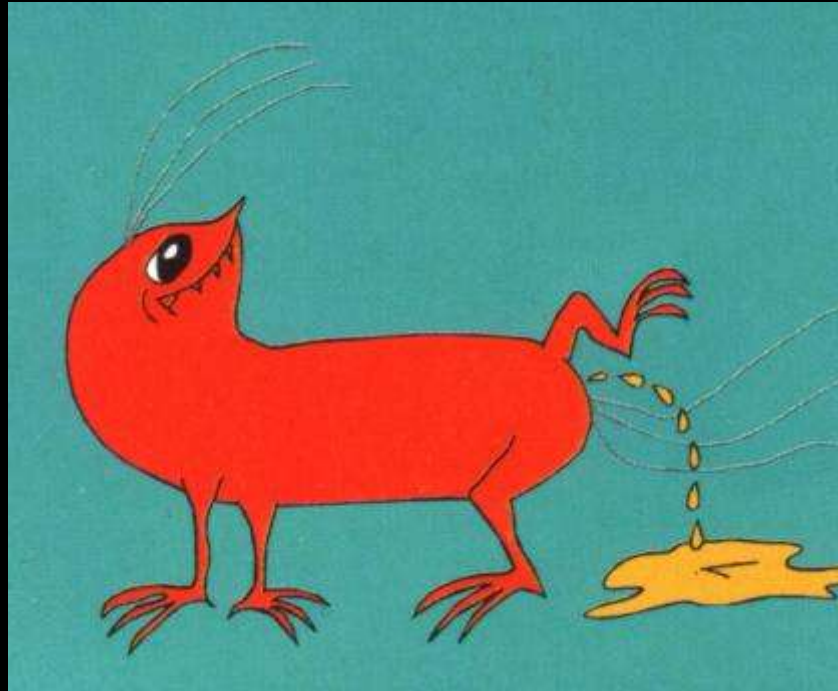
*Salmonella* negativní v 25 g

n-0, c-0, m-0, M-0



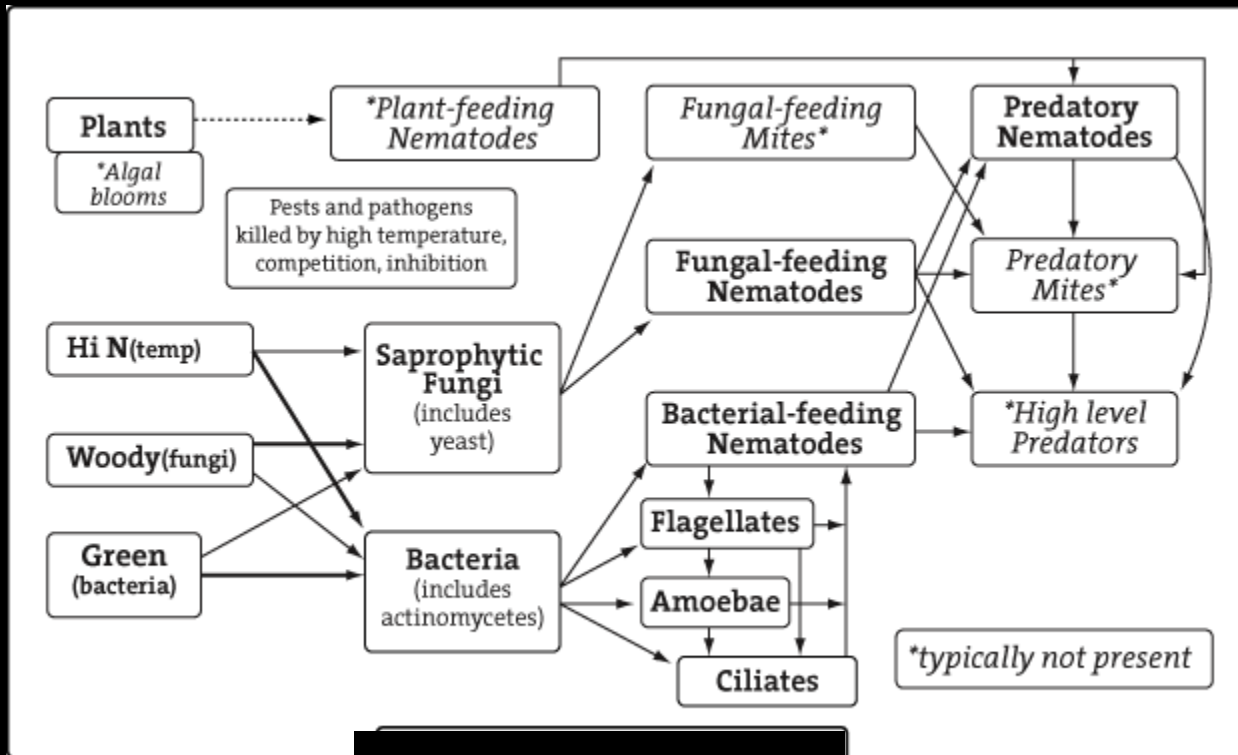
*Salmonella* sp.

# Otázky?

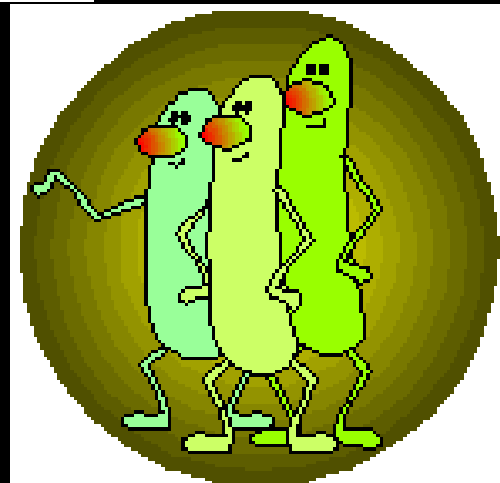


**Mikrobi jsou potvory**

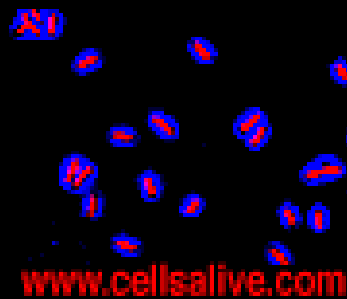
**Děkuji za pozornost**



**Co je kompost???**



# Začlenění do kategorií



## **Kontrola způsobů biologického zpracování bioodpadů z hlediska účinnosti hygienizace**

- monitoring technologických parametrů použité technologie (například teplota, vlhkost, doba zpracování) podle tabulky č. 2. 1 přílohy 3
- kritéria pro hodnocení výstupů ze zařízení stanovená v tabulce č. 3. 4 při četnosti kontrol podle tabulky č. 3. 6 přílohy č. 3,
- v případech podle § 4 odst. 3 ověření procesu biologického zpracování bioodpadů pomocí vnesených organismů.