

# APLIKOVANÁ HYDROBIOLOGIE - ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD



Množství splaškových vod závisí na způsobech zásobování domácností vodou, na jejich vybavení a na způsobech nakládání s odpadními vodami



tzv. **specifická spotřeba vody** (množství odpadních vod)  
v obcích do 50 obyvatel – 80 až 100 l/os. a den  
v obcích do 200 obyvatel – 100 až 120 l/os. a den  
v obcích do 500 obyvatel – 120 až 130 l/os. a den

### Znečištění komunálních vod

- Hrubě rozptýlené látky
  - Jemně rozptýlené usaditelné látky
  - Jemně rozptýlené obtížně usaditelné a neusaditelné látky a rozpuštěné látky
- 
- Organické látky (BSK vs CHSK)
  - Sloučeniny dusíku
  - Sloučeniny fosforu

Populační ekvivalent, resp. ekvivalentní počet obyvatel:

$$E = \text{BSK}_5 \cdot Q / 60,$$

kde hodnota BSK je v  $\text{g}/\text{m}^3$ ,  $Q = \text{spotřeba vody } (\text{m}^3) \text{ za den}$ ,  $60 = \text{specifické množství}$

Populační ekvivalent je množství znečištění, které je stejné, jako znečištění tohoto druhu produkované denně jednou osobou.



|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| BSK <sub>5</sub> | - 60 g na obyvatele a den   |
| NL               | - 55 g na obyvatele a den   |
| Ncelk.           | - 12 g na obyvatele a den   |
| Pcelk.           | - 1.55 g na obyvatele a den |

Obvykle bývá nižší

BSK<sub>5</sub> : CHSK - poměrné zastoupení rozložitelných látek



> 0.5 - obsahuje organické látky převážně biologicky rozložitelné

odpadní vody ze škrobáren (0.57), droždářen (0.64) a cukrovarů (0.70)

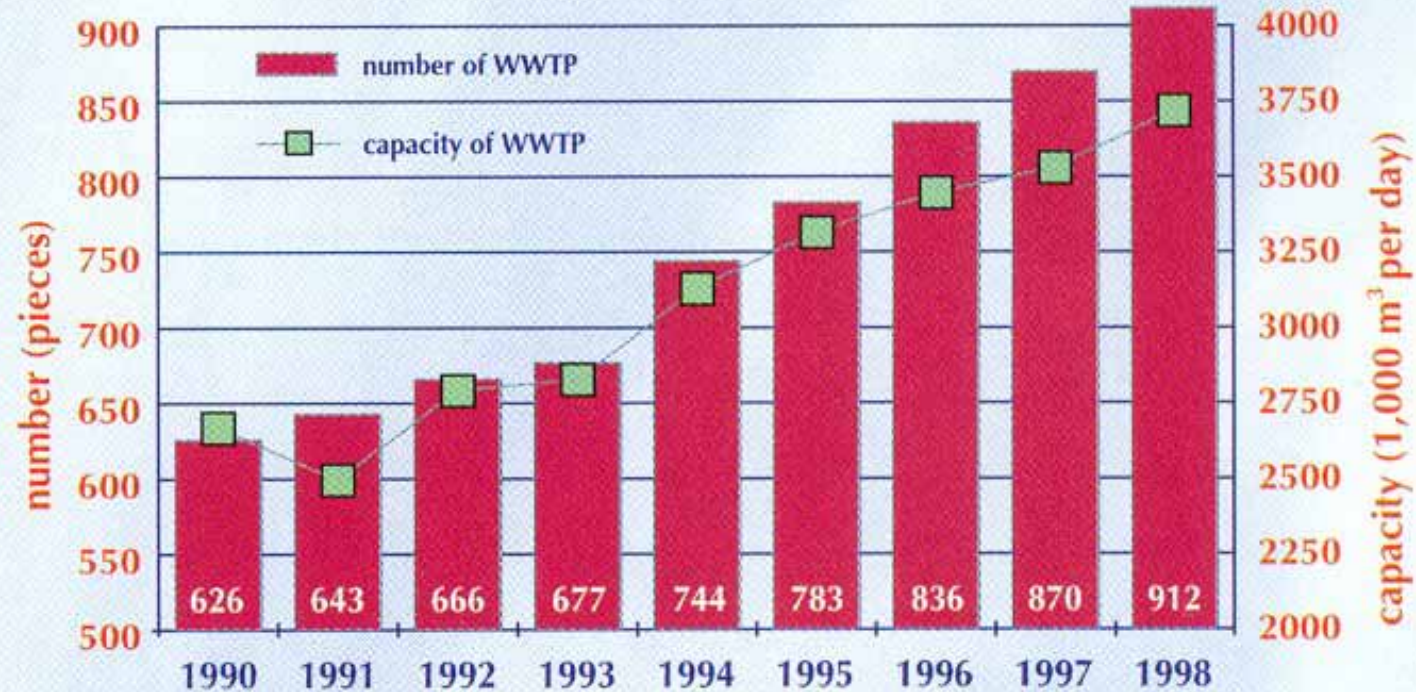
## % obyvatel připojených na kanalizační systém (2000)



~ 24 000 km kanalizací,  
651 000 domovních  
připojení

## Vývoj počtu městských ČOV a jejich kapacity

### *Municipal waste water treatment plants*



+ 1600 dalších  
ČOV

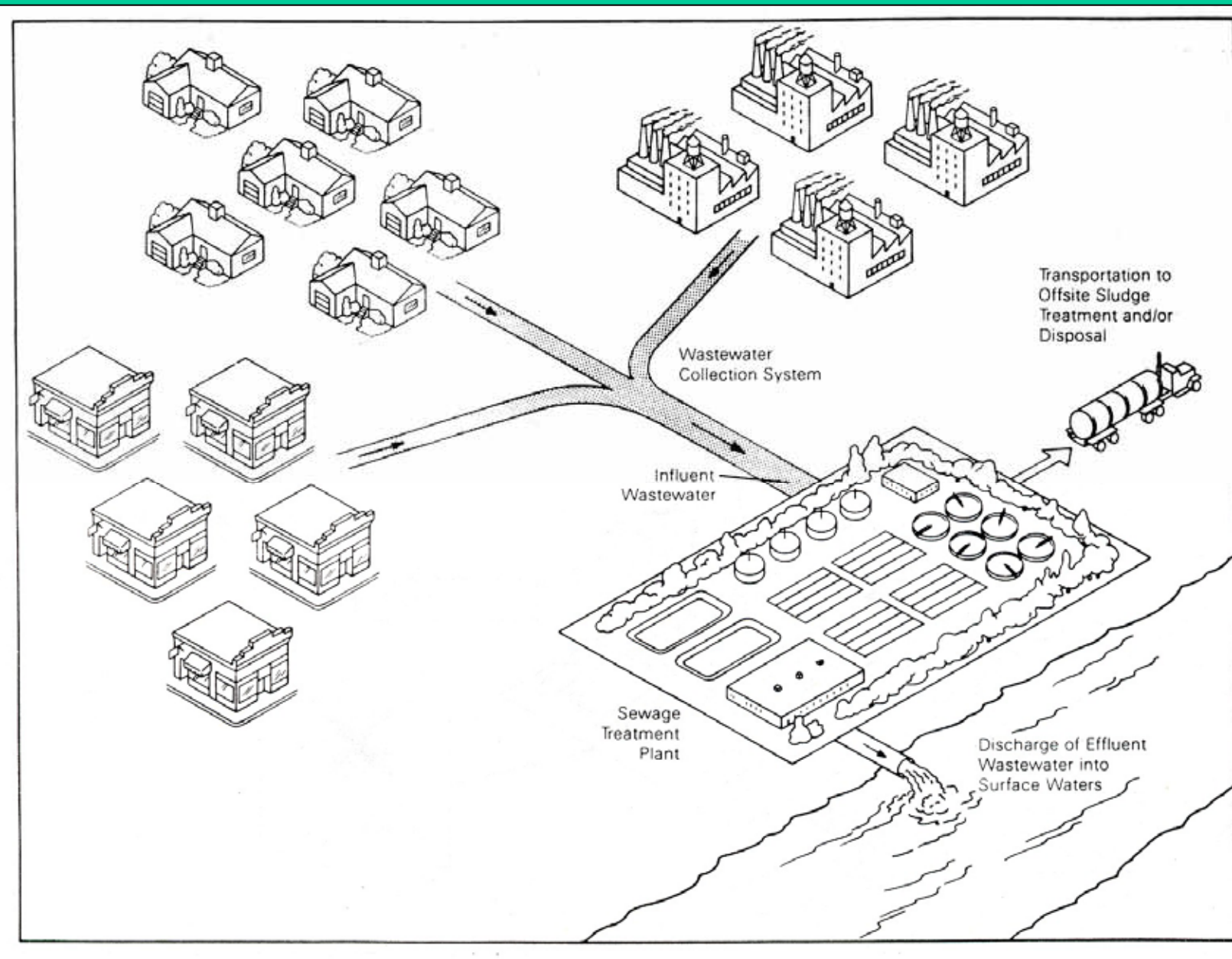
Nařízení vlády ČR č. 171/92 Sb., kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod. Závazné hodnoty zbytkového znečištění v mg/l do roku 2005 (EO – ekvivalentní obyvatel; NL – nerozpuštěné látky)

| Počet EO                 | BSK <sub>5</sub> | CHSK <sub>Cr</sub> | NL |
|--------------------------|------------------|--------------------|----|
| do 50 EO (do 3 kg/d)     | 80               | -                  | 65 |
| do 500 EO (do 30 kg/d)   | 60               | -                  | 55 |
| do 5000 EO (do 300 kg/d) | 50               | 170                | 45 |

Počty mikroorganismů běžně nalézaných v nečištěných  
splaškových vodách

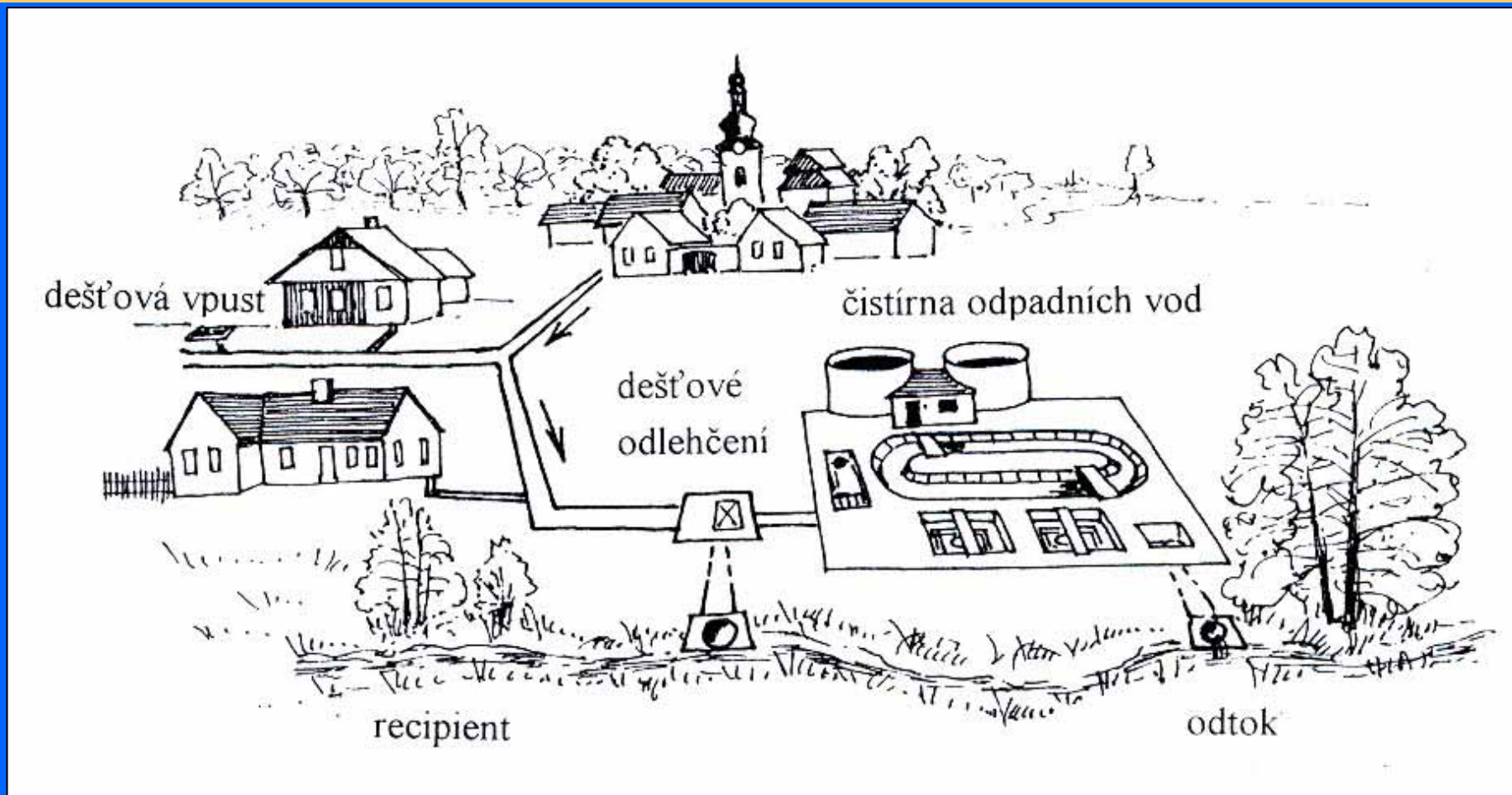
| Organismus                     | Koncentrace (v 1 ml) |
|--------------------------------|----------------------|
| Celkové koliformní             | $10^5$ - $10^6$      |
| Fekálně koliformní             | $10^4$ - $10^5$      |
| Fekální streptokoky            | $10^3$ - $10^4$      |
| Enterokoky                     | $10^2$ - $10^3$      |
| <i>Shigella</i>                | Přítomná             |
| <i>Salmonella</i>              | $10^0$ - $10^2$      |
| <i>Clostridium perfringens</i> | $10^1$ - $10^3$      |
| <i>Giardia</i> cysty           | $10^{-1}$ - $10^2$   |
| <i>Cryptosporidium</i> cysty   | $10^{-1}$ - $10^1$   |
| Helminthes vajíčka             | $10^{-2}$ - $10^1$   |
| Enteroviry                     | $10^1$ - $10^2$      |

# Centralizovaný systém odvádění a čištění odpadních vod

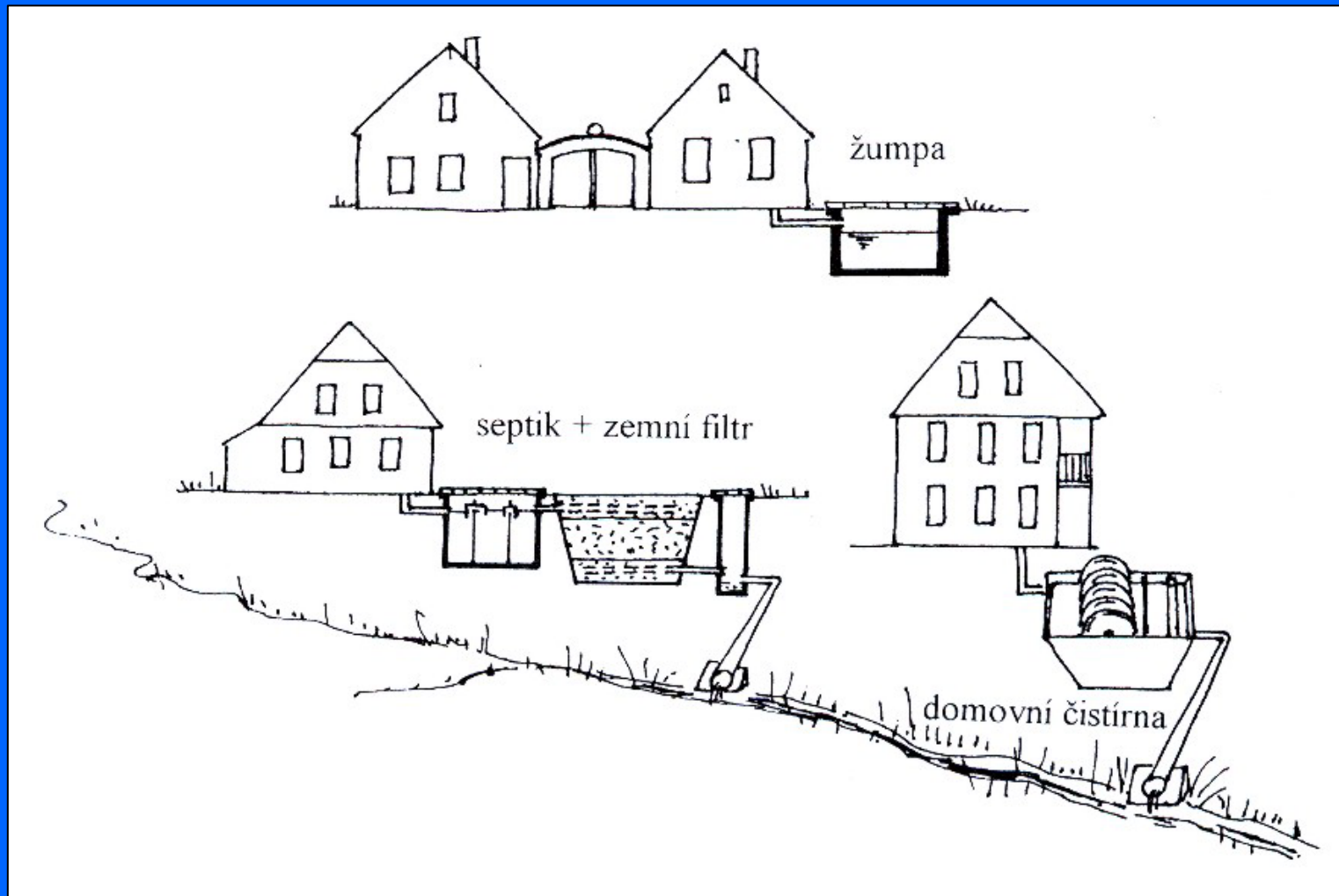




## Centralizovaný systém nakládání s odpadními vodami s jednotnou kanalizací



## Decentralizovaný systém nakládání s odpadními vodami



## Biologické čištění odpadních vod

Biologické čištění = pouze voda obsahující látky schopné biochemického rozkladu = BSK

**Principem** je využití odpadní vody jako substrátu pro růst biomasy o vysoké koncentraci, ale nízké růstové rychlosti, případně sorpce nerozložitelných látek

Jde o napodobení, usměrnění a zintenzivnění přirozených rozkladných procesů a pochodů samočištění, které se vyskytují v půdním a vodním prostředí.

Čistírenská praxe dává přednost aerobním pochodům  $\Rightarrow$  rychlejší rozklad znečišťujících látek (BSK), nevýhodou je aplikace pouze na čištění odpadních vod s menším zatížením.

### **Přírodní způsoby čištění**

Čištění probíhá v přirozených podmínkách



### **Umělé způsoby čištění**

Čištění probíhá v uměle vytvořených podmínkách



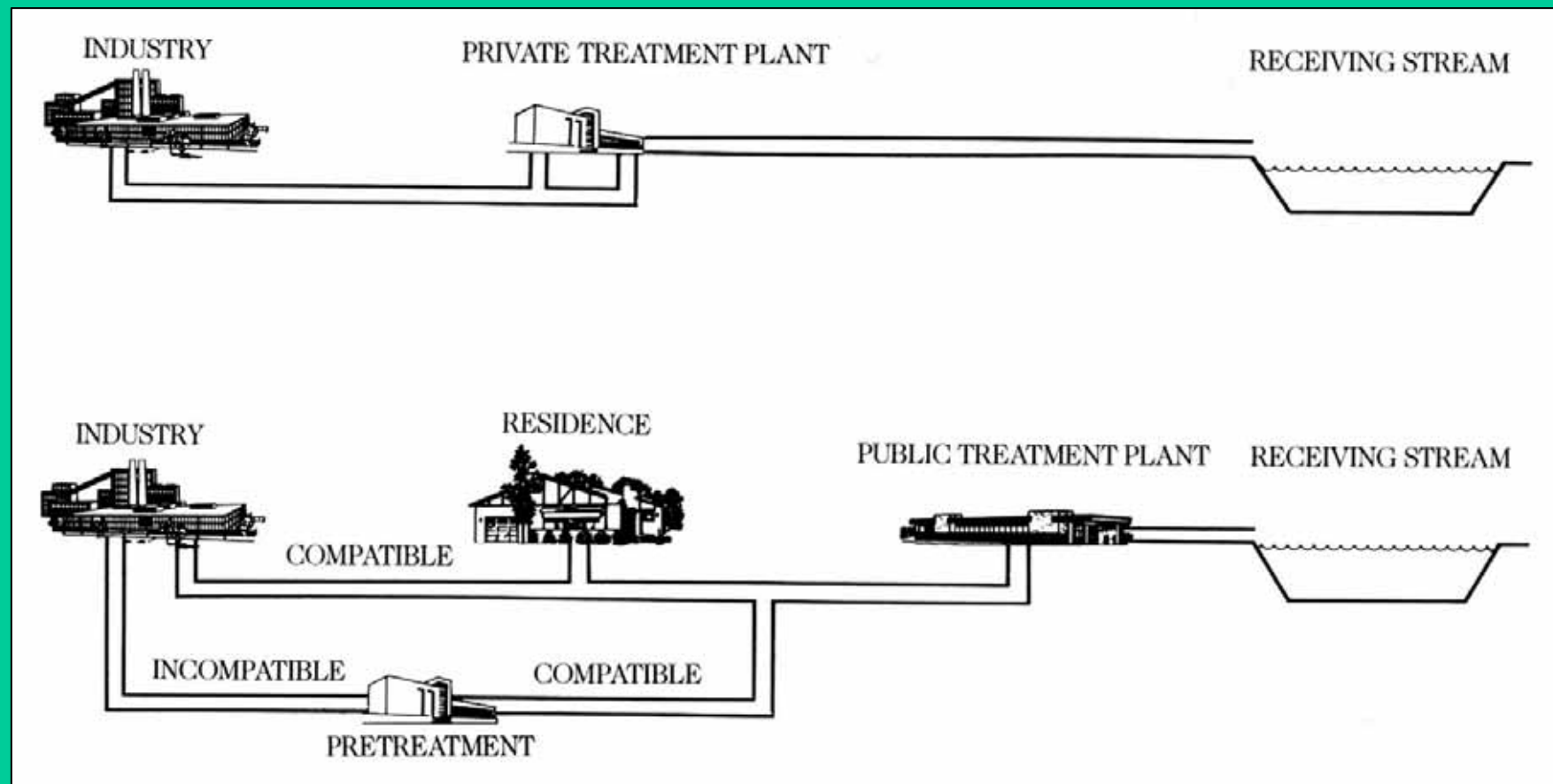
## Městské (konvenční) čistírny odpadních vod

Hlavním cílem je odstranění organických látek (BSK), obsažených v komunálních (splaškových) odpadních vodách.

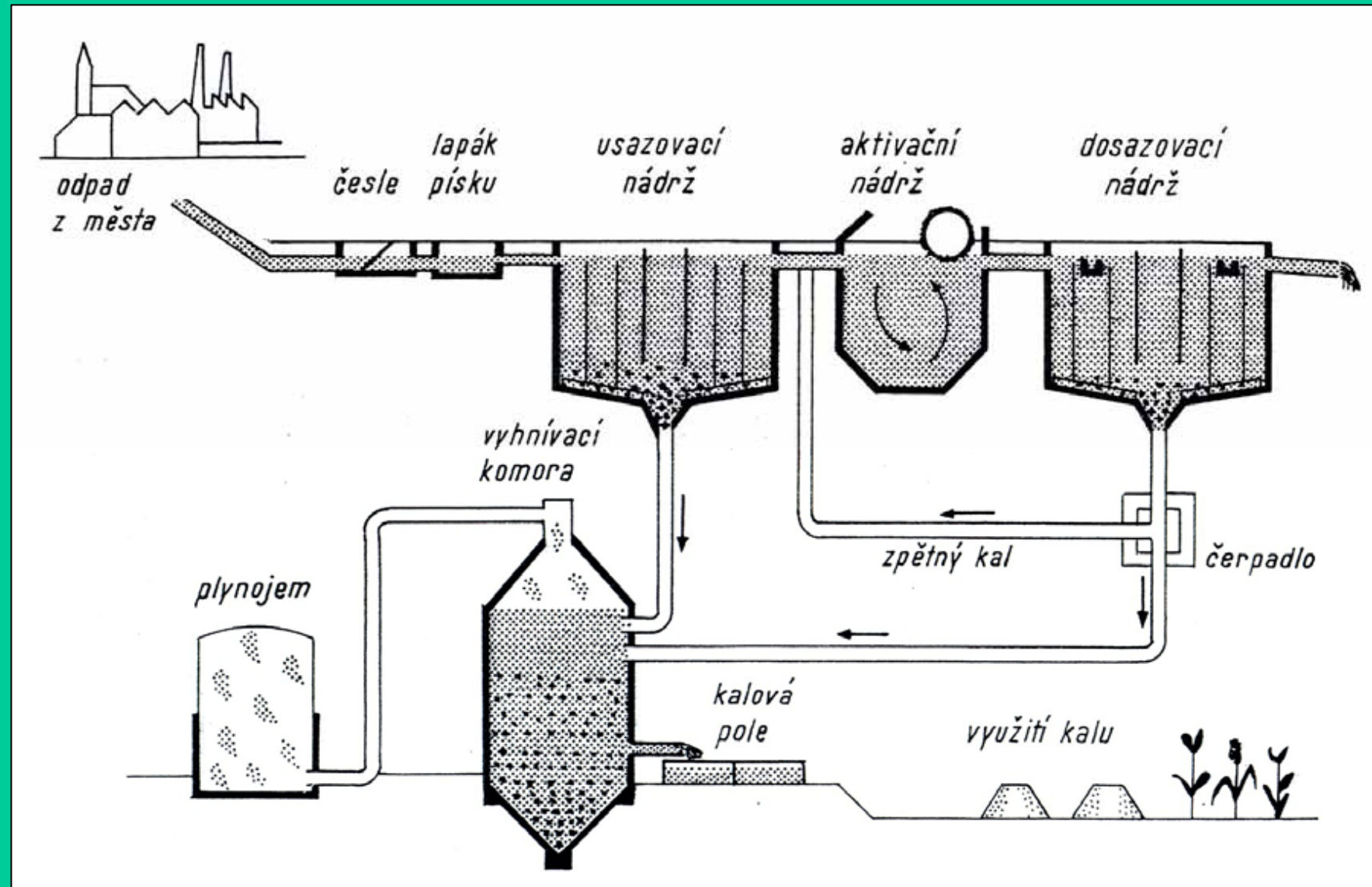
### Zařízení pro odstraňování organických látek v odpadní vodě

| Látky v odpadní vodě                                | Zařízení na čistírně                          |
|---|---|
| • Hrubé plovoucí nečistoty: kusy dřeva, hadry apod. | ⇒ Hrubé česle (mezery mezi česlicemi 5-10 cm) |
| • Menší plovoucí nečistoty: zbytky zeleniny a ovoce | ⇒ Jemné česle (mezery mezi česlicemi 1-3 cm)  |
| • Písek, škvára sunut po dně stoky                  | ⇒ Lapač písku                                 |
| • Jemný organický kal                               | ⇒ Sedimentační (usazovací) nádrž              |
| • Tuky  | ⇒ Lapač tuků                                  |
| • Rozpuštěné organické látky                        | ⇒ Biologický stupeň čistírny                  |

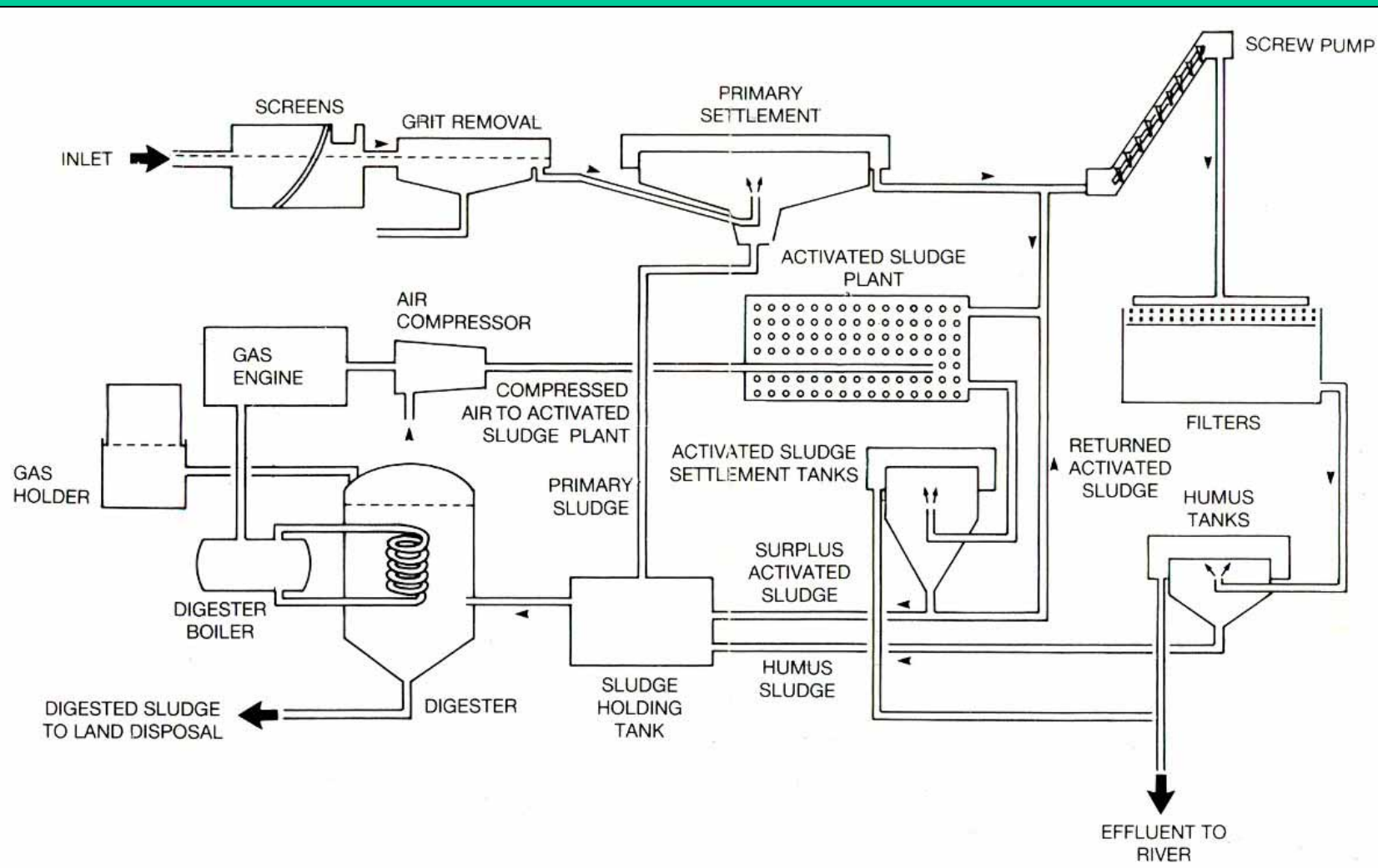
## Napojení průmyslových ČOV na systém městské ČOV

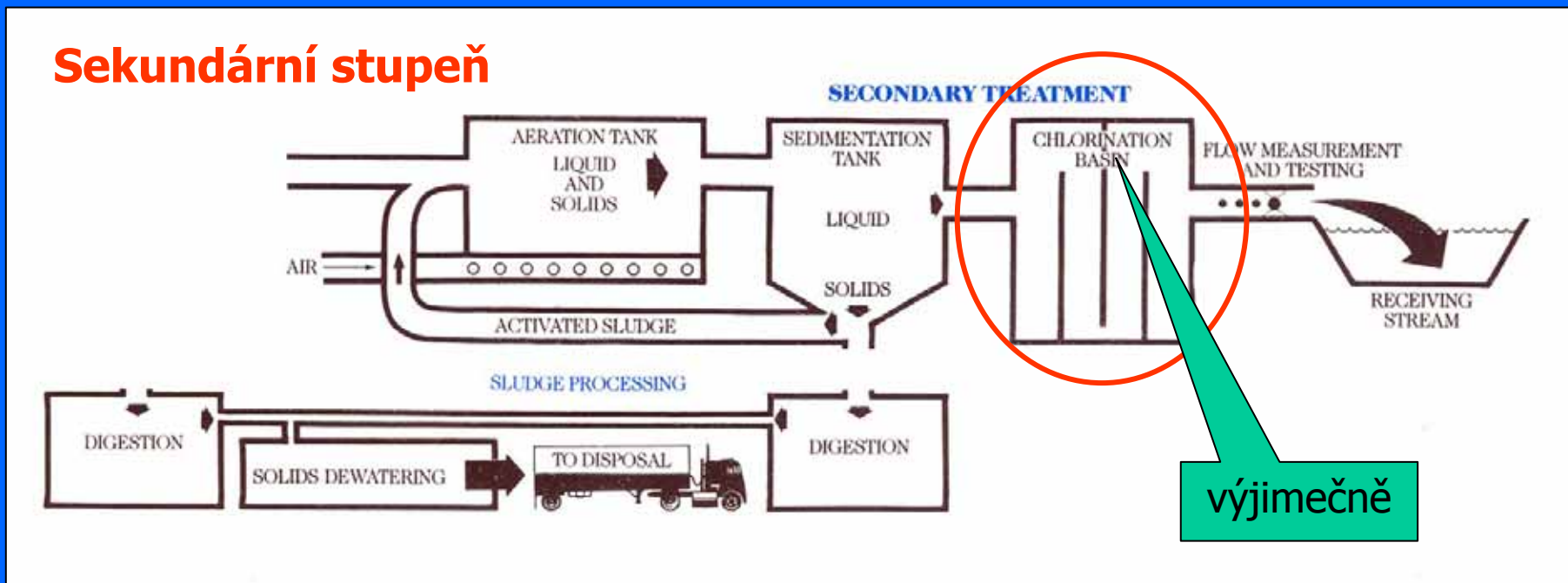
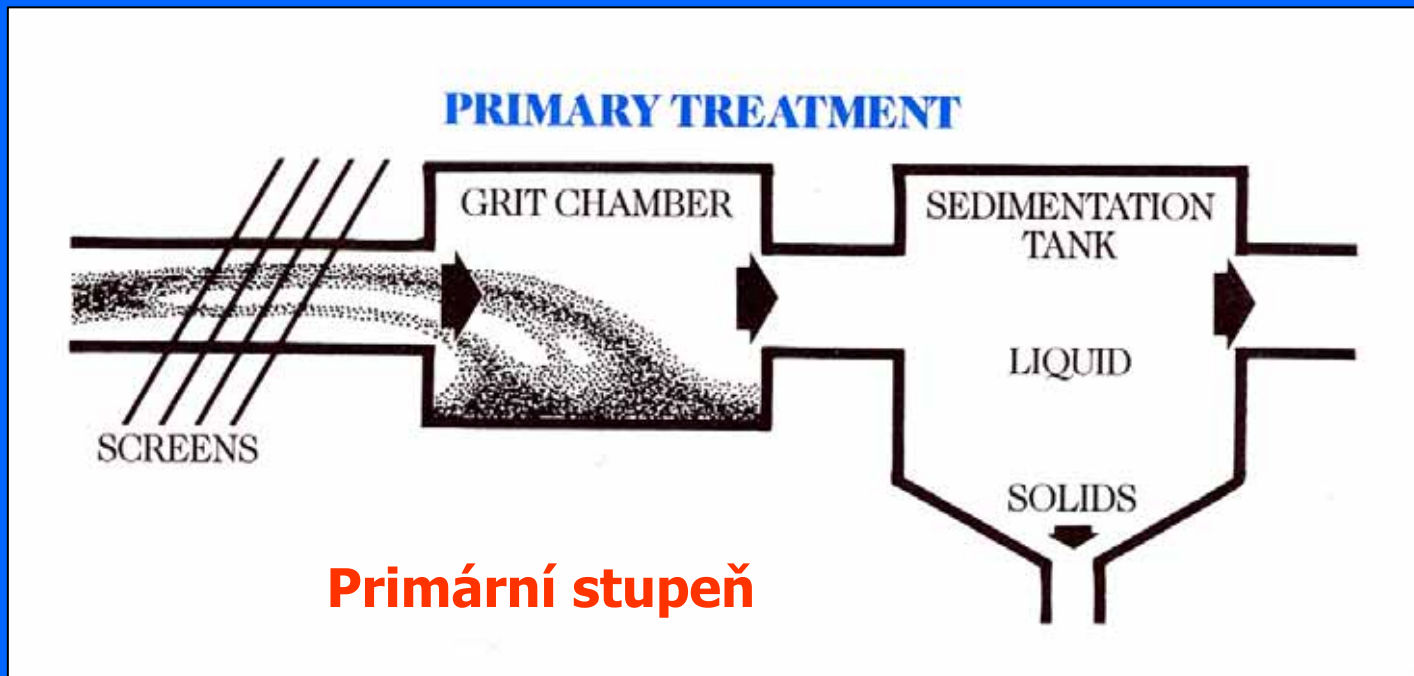


## Schema městské čistírny odpadních vod



# Čistírna odpadních vod







Mechanické česle



Strojně stírané česle



Usazovací nádrž



Primární stupeň  
ČOV

# ČOV Olomouc





Aktivace

Dosazovací  
nádrže



Stabilizační nádrže  
aktivovaného kalu

## Redukce znečištěnin v odpadní vodě na různých stupních konvenční ČOV

| Stupeň               | Odstranění (%)     |       |                     |
|----------------------|--------------------|-------|---------------------|
|                      | Suspendované látky | BOD   | Koliformní bakterie |
| Primární sedimentace | 40-95              | 30-35 | 40-75               |
| Biologický filtr     | 20-90              | 60-95 | 85-95               |
| Aktivace             | 70-97              | 70-96 | 95-99               |

# Skrápěné biofiltry



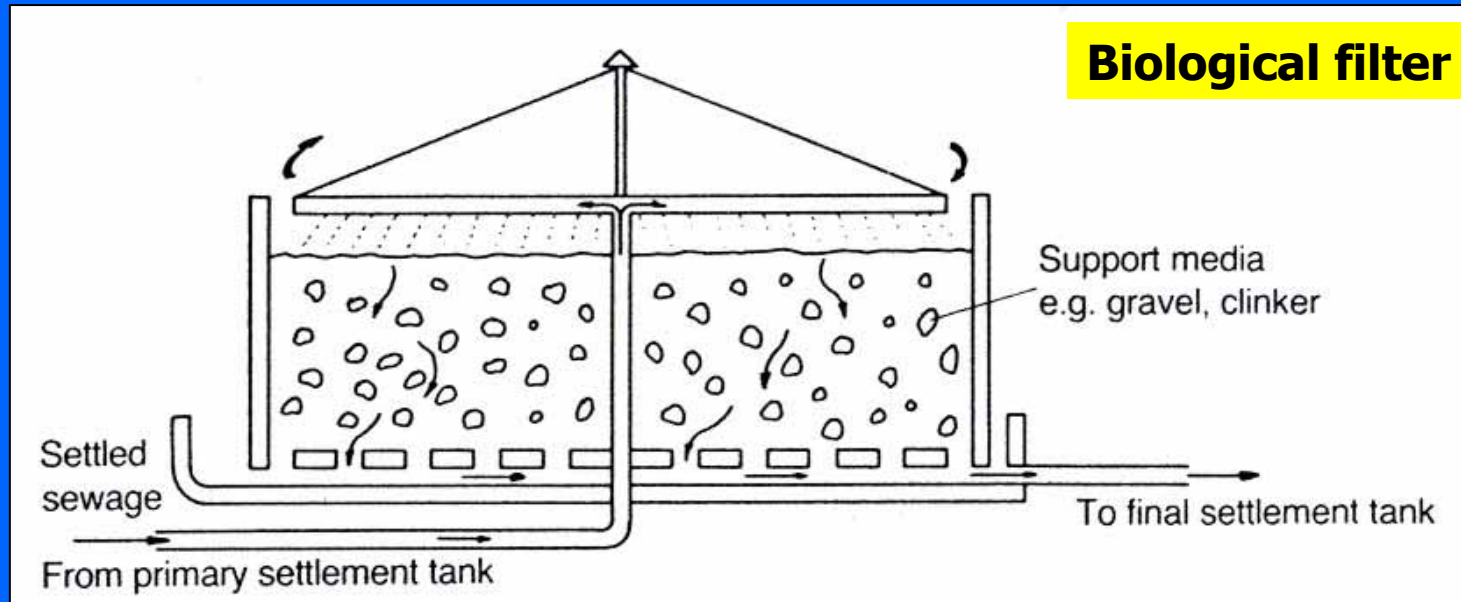
Segnerovo kolo

směsná kultura v  
biofilmových reaktorech

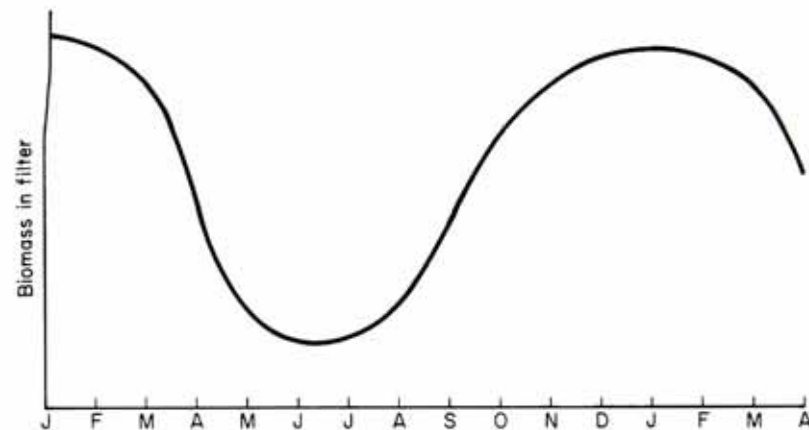


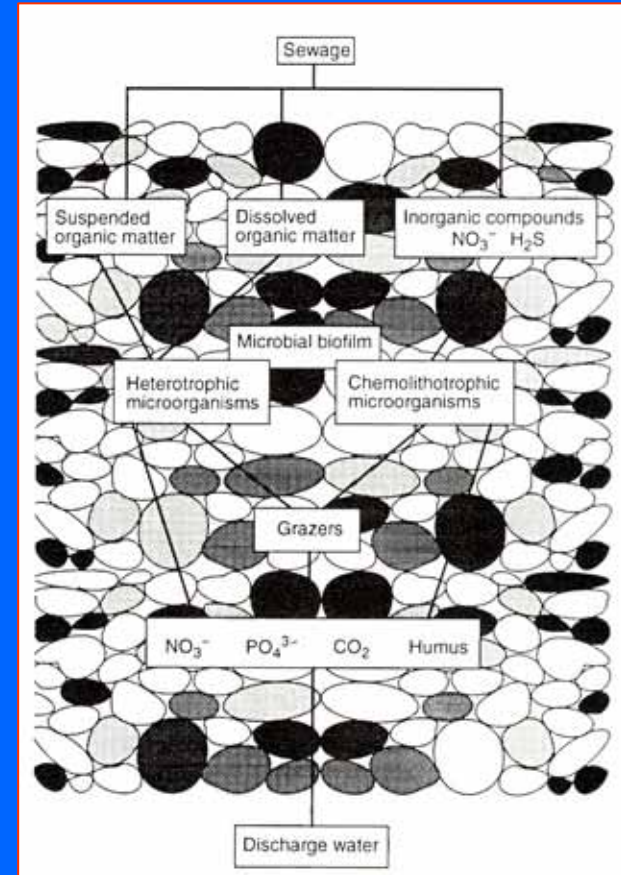
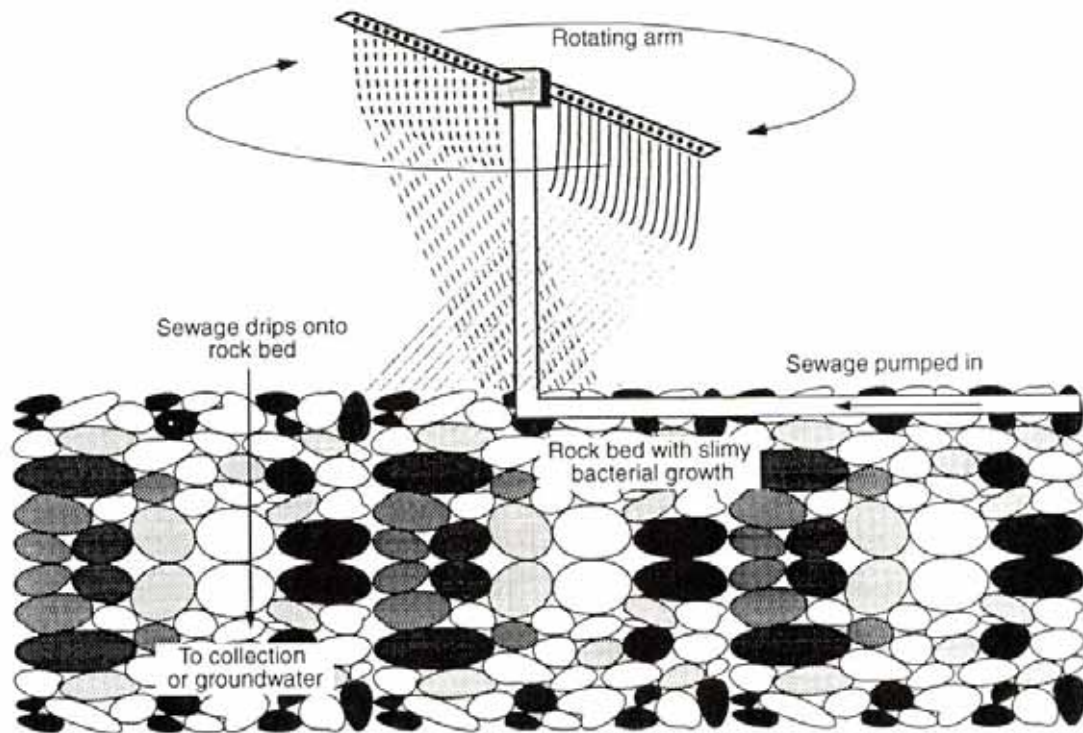
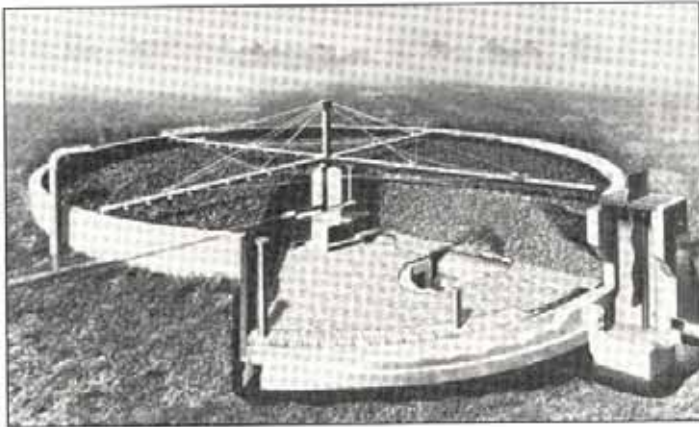
Povrchová blána

## Biological filter

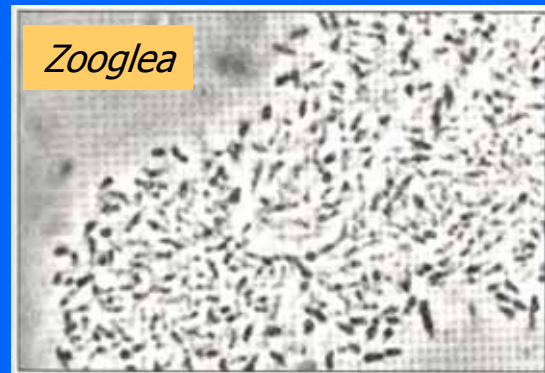


## Sezónní vývoj biomasy





Zooglea





# Oživení skrápěných biofiltrů

Sladká (1965); Sládeček et al. 1996)

## **Mikromycety**

*Fusarium aquaeductum*

*Aspergillus*

*Penicillium*

*Fusarium*

*Alternaria*

*Cladosporium*

*Sepedonium*

*Trichoderma*

*Mucor*

*Rhizopus*

## **Sinice**

*Oscillatoria limosa*

*Phormidium autumnale*

*Pseudanabaena catenata*

## **Bezobratlí**

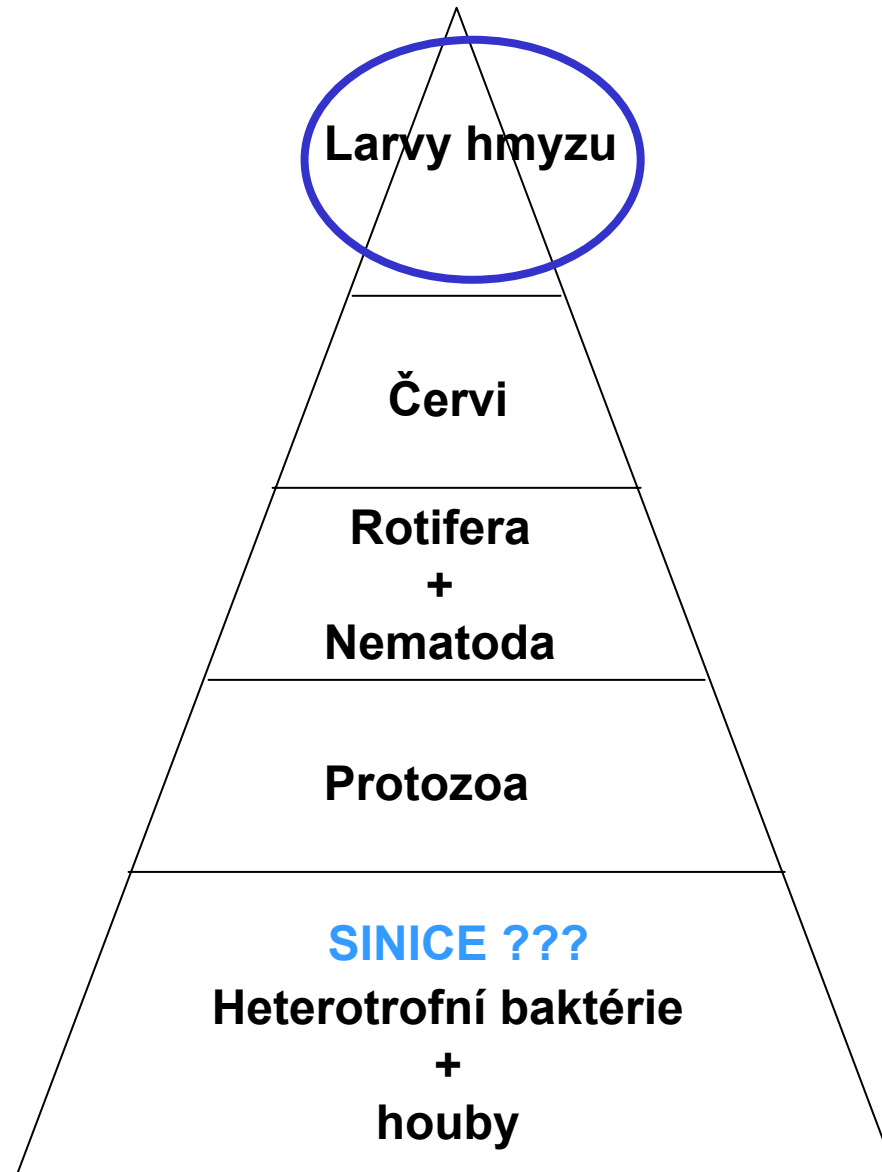
Nematoda

Oligochaeta

Rotifera

Insecta

# BIOFILTR ČOV



***Psychoda alternata***



## Rotační biodisky (biodiskové reaktory)

↪ princip skrápěných biofiltrů = přisedlé biofilmové společenstvo

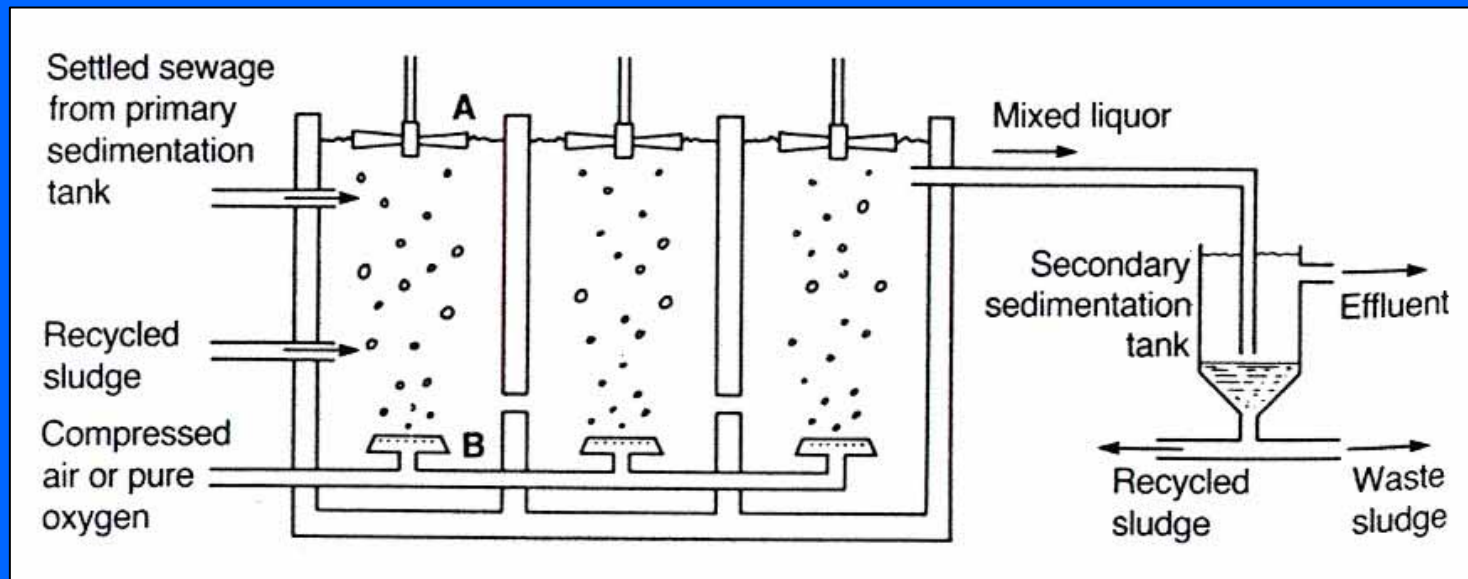
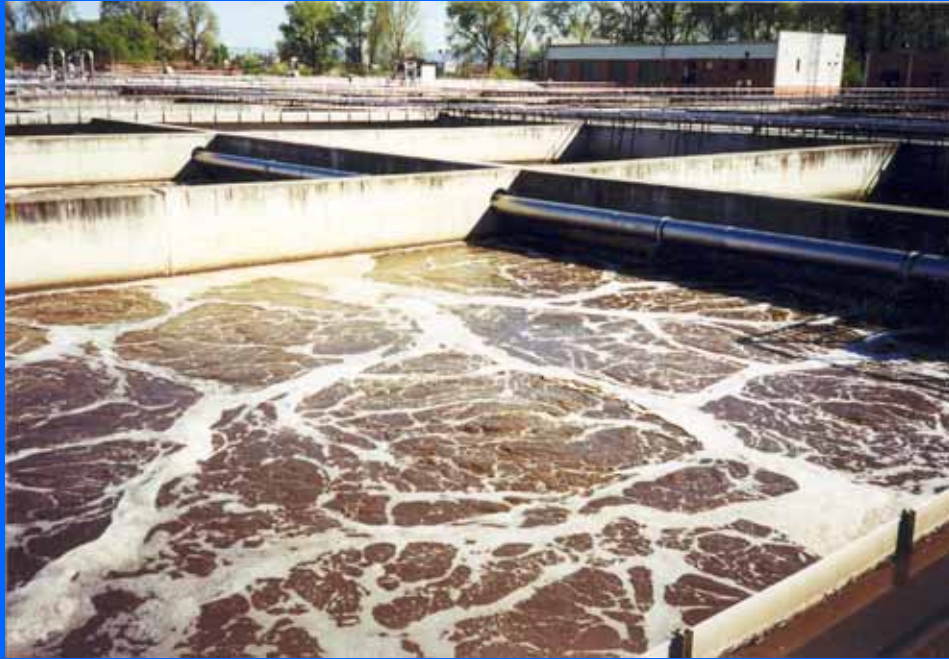


Čistírna pro malé zdroje znečištění (2-12 EO;  
rodinné domky, drobné provozovny, penzióny, bistra,  
rekreační objekty)

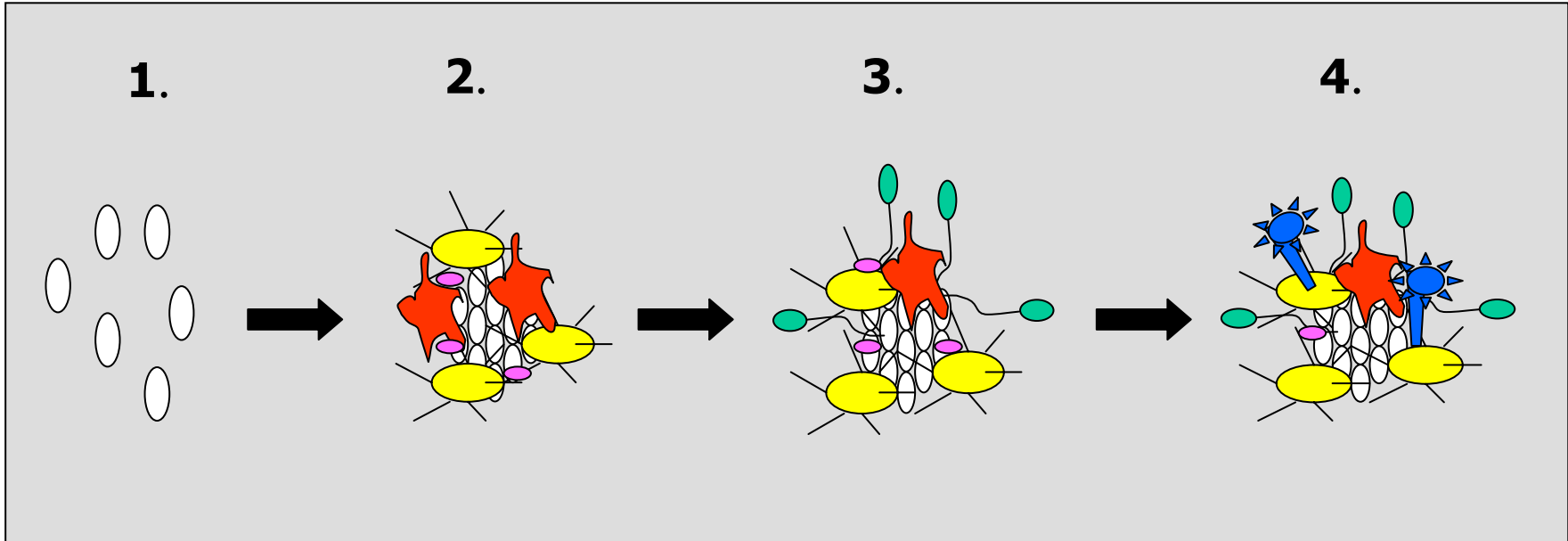
# Aktivace



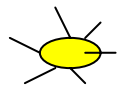
Aerobní čištění směsnou kulturou ve vzosu



## Fáze vzniku vločky aktivovaného kalu



○ bakterie



Volně žijící nálevníci



stopkatí nálevníci

● bezbarví bičíkovci

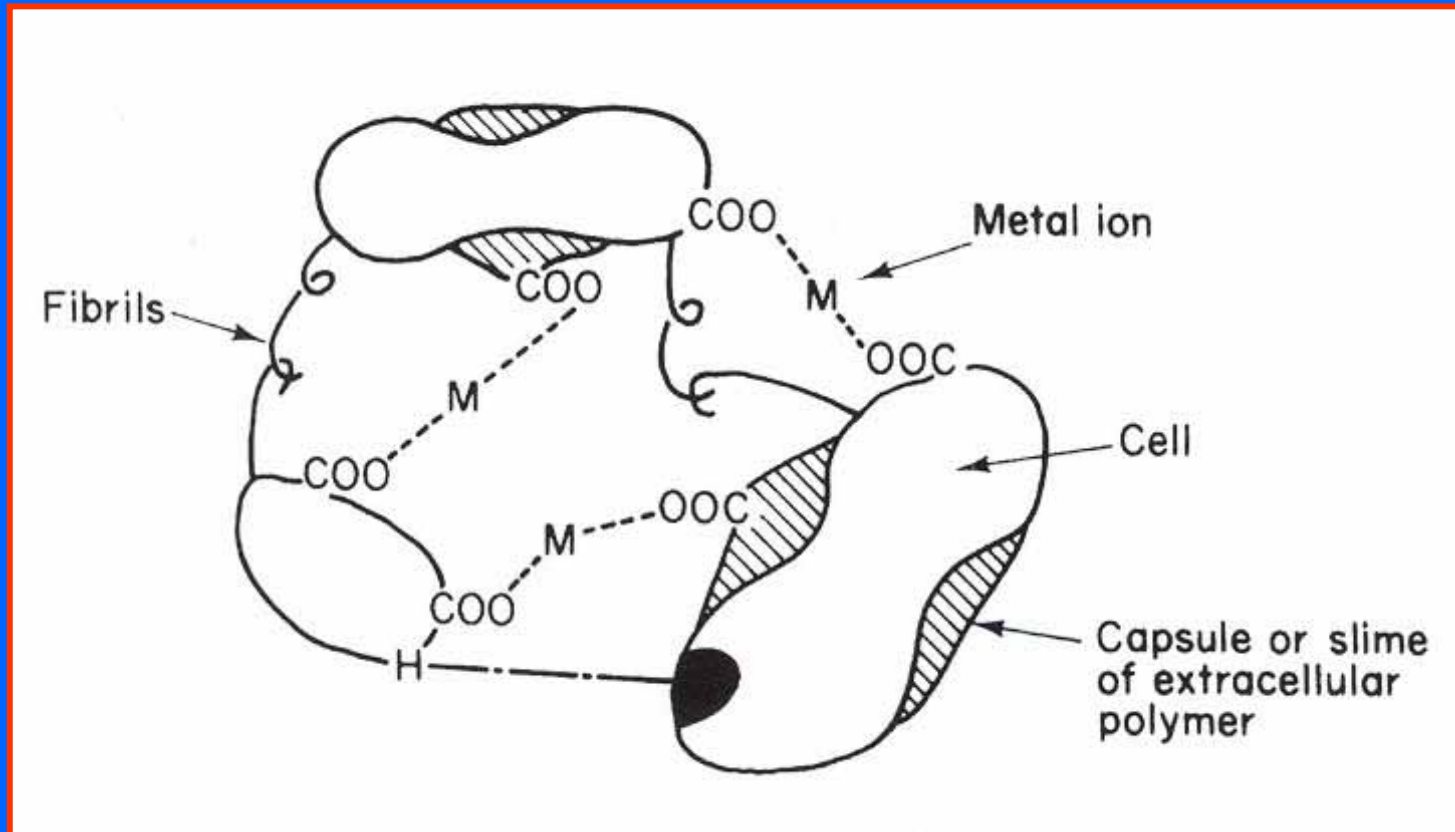


měňavky



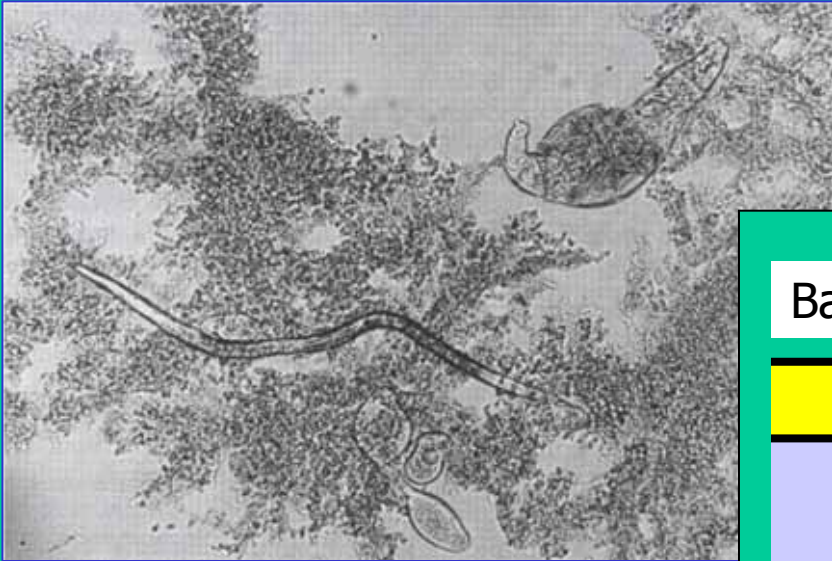
vířníci

Schema pravděpodobné struktury vločky





## Typická vložka aktivovaného kalu



### Bytnění kalu

= velký objem pro usazení



Nadměrný rozvoj vláknitých organismů (*Sphaerotilus* apod.)

## Bakteriální rody vyskytující se v aktivovaném kalu

### Dominantní rody

### Akcesorické rody

*Zooglea*

*Aeromonas*

*Pseudomonas*

*Aerobacter*

*Commomonas*

*Micrococcus*

*Flavobacterium*

*Spirillum*

*Alcaligenes*

*Acinetobacter*

*Brevibacterium*

*Gluconobacter*

*Bacillus*

*Cytophaga*

*Achromobacter*

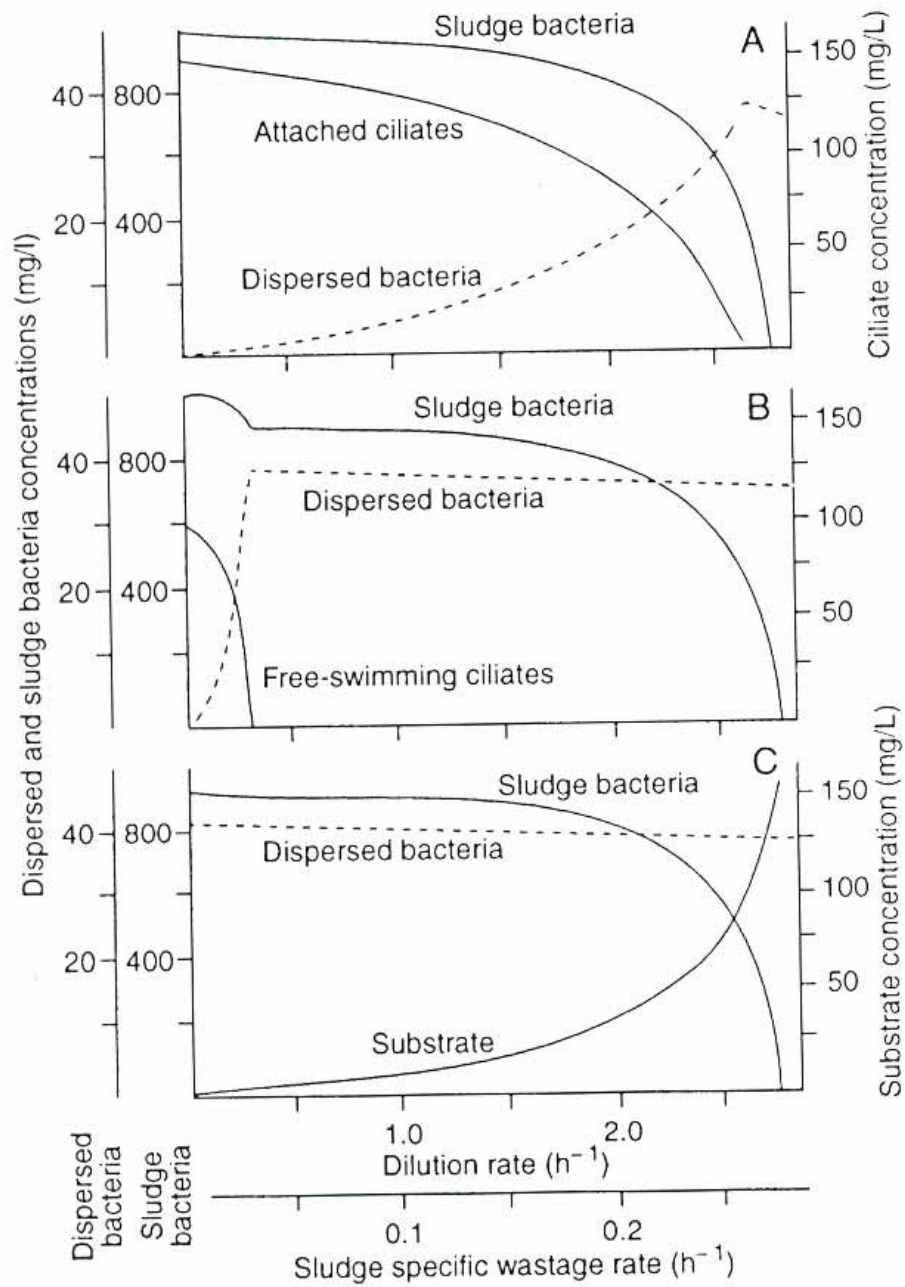
*Hyphomicrobium*

*Corynebacterium*

*Sphaerotilus*

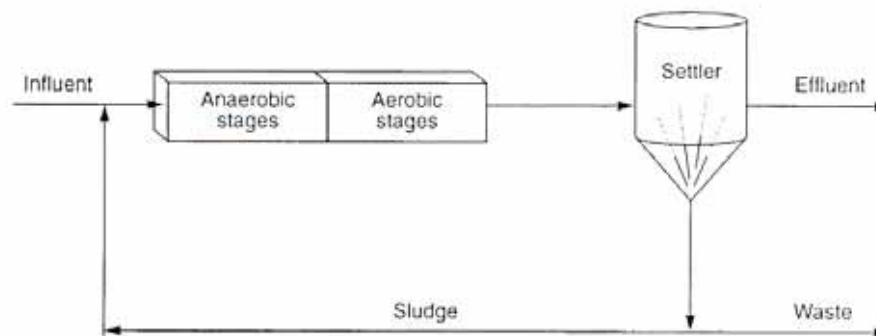
## Vliv nálevníků na kvalitu odtoku z aktivačního systému

| <b>Parametry výtoku</b>                                     | <b>Absence nálevníků</b> | <b>Přítomnost nálevníků</b> |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Celkové BSK (mg.l <sup>-1</sup> )                           | 53-70                    | 7-24                        |
| Rozpuštěné BSK (mg.l <sup>-1</sup> )                        | 30-35                    | 3-9                         |
| Suspendované látky (mg.l <sup>-1</sup> )                    | 86-118                   | 26-34                       |
| Počet kultiv. bakterií (10 <sup>6</sup> .ml <sup>-1</sup> ) | 160                      | 1-9                         |

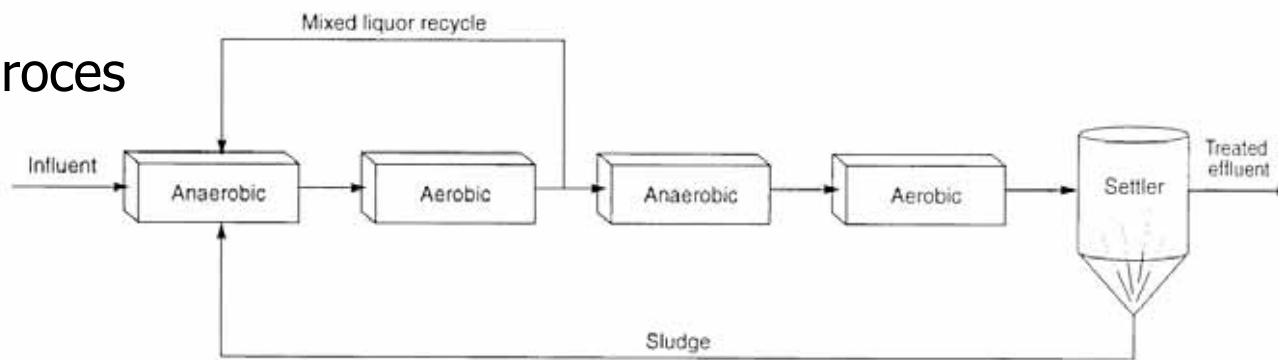


# Modifikovaný aktivační proces s odtraňováním fosforu z odpadní vody

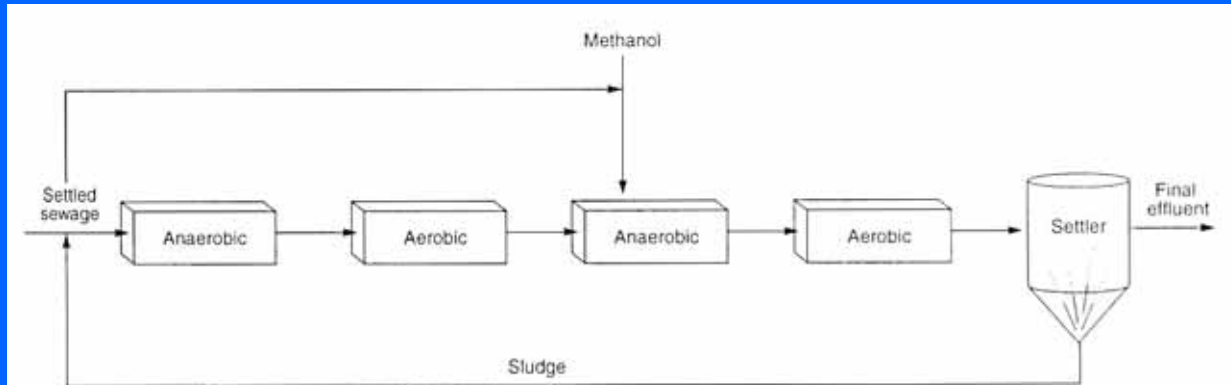
A/O proces



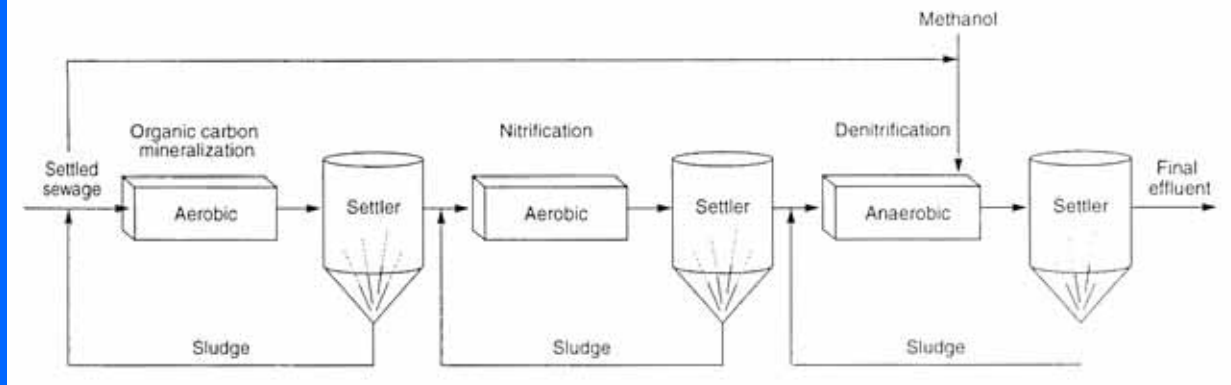
Bardenpho proces



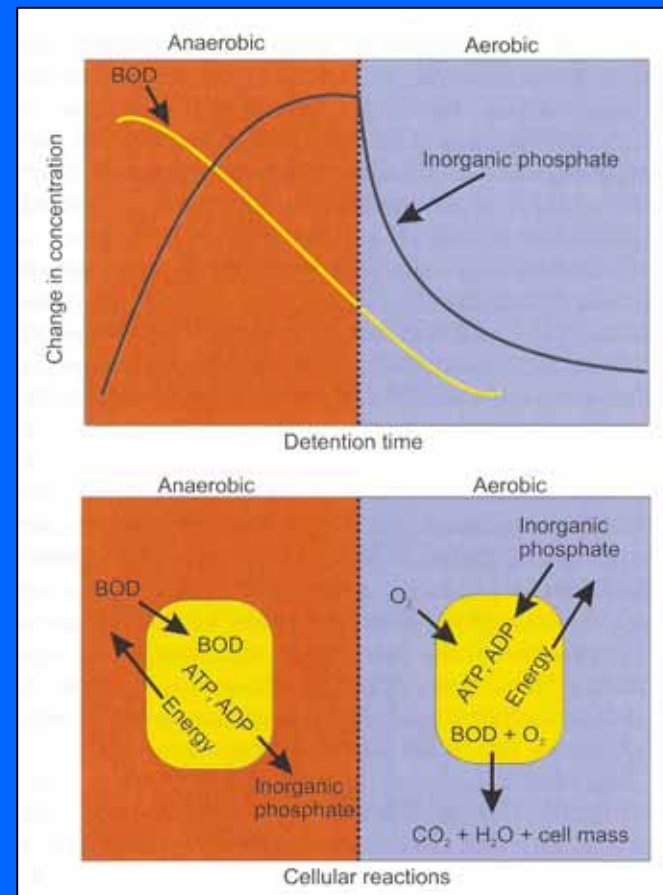
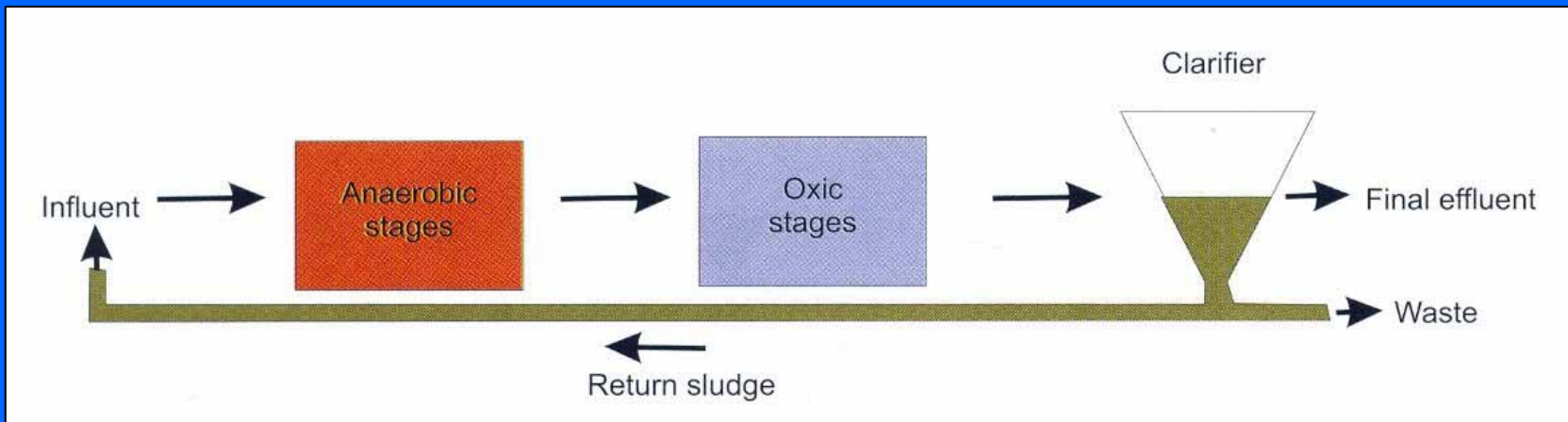
## Různé způsoby uspořádání aktivačního procesu zahrnujícího aerobní a anaerobní čištění pro odstraňování dusíku a redukci BSK

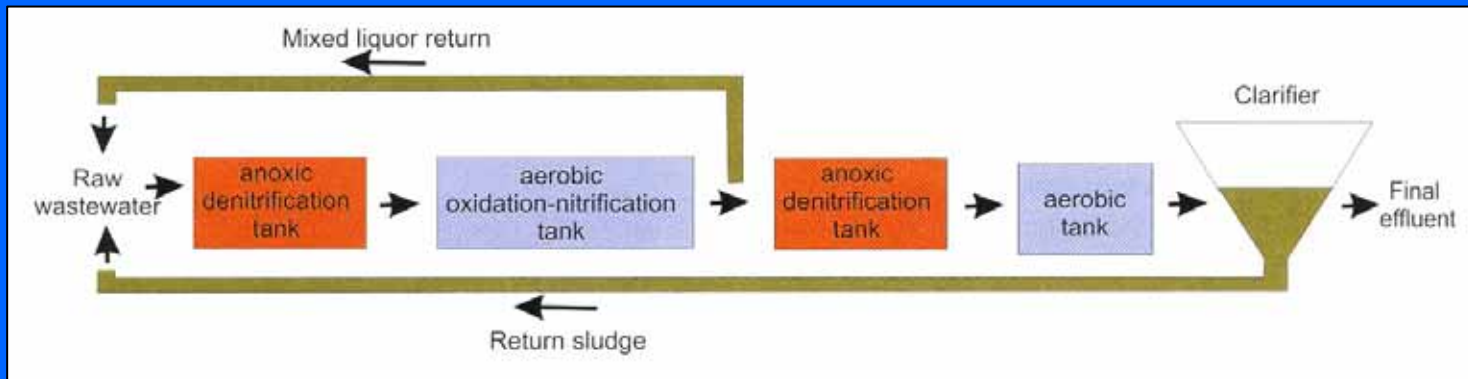
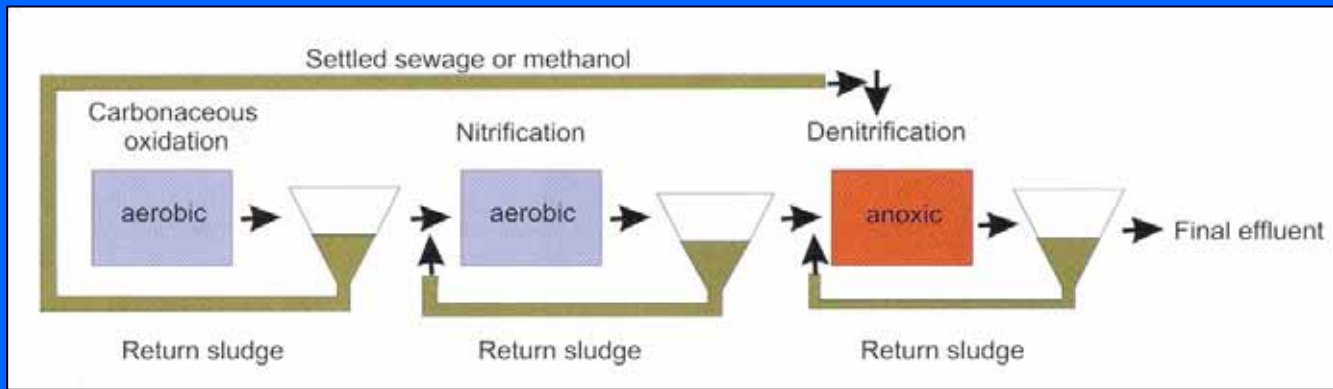
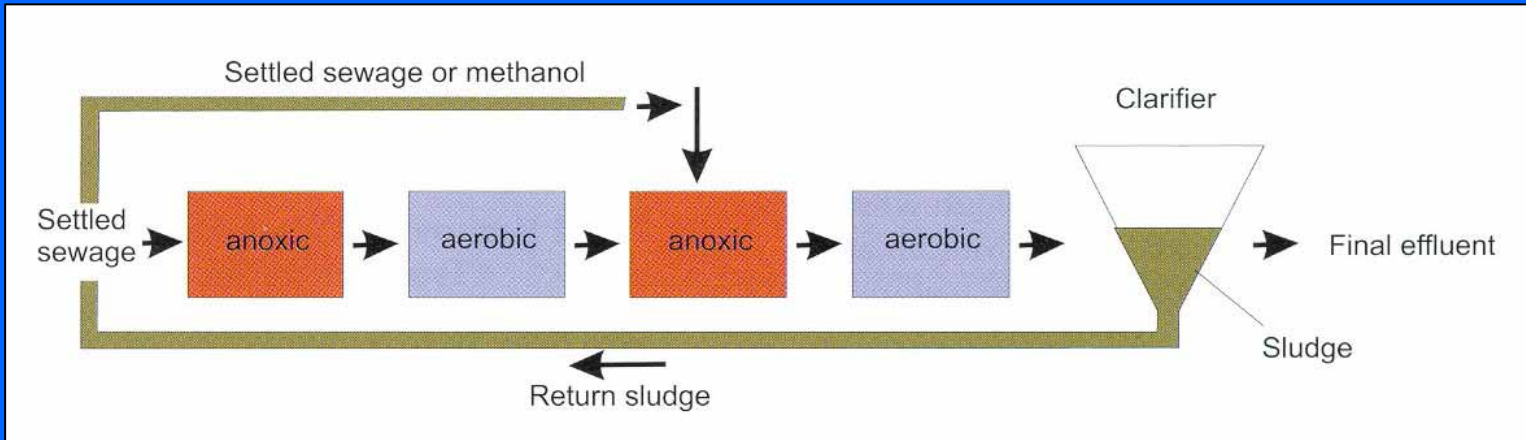


Jednoduchý systém se sérií anaerobních a aerobních nádrží



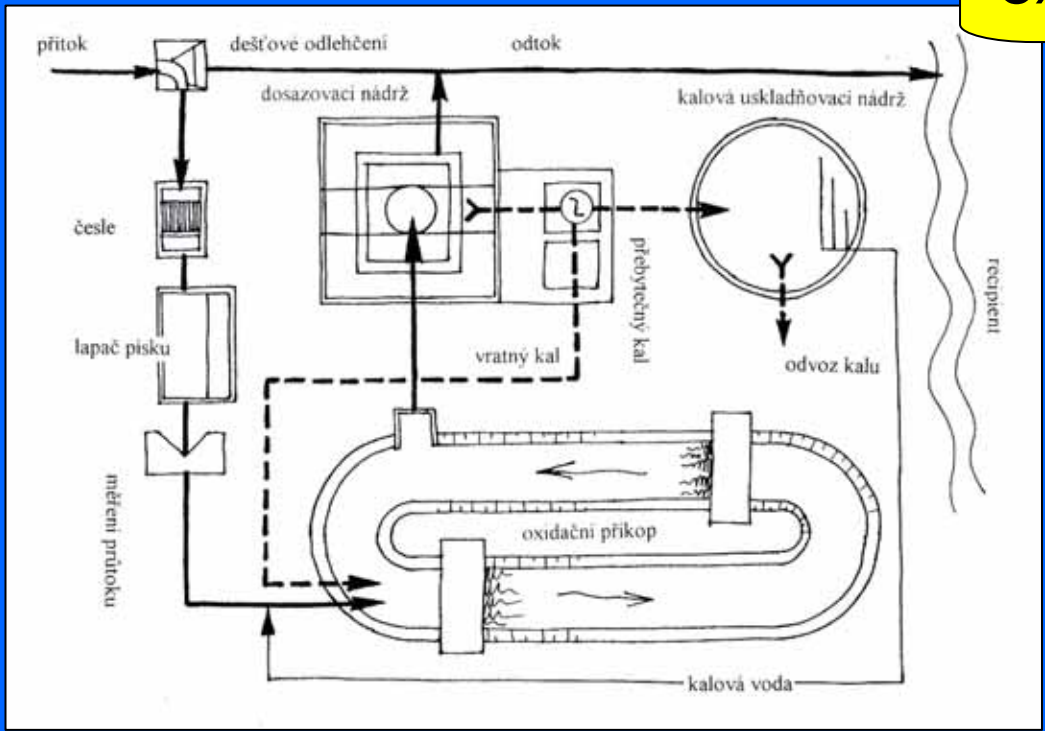
Multisystém se 3 oddělenými reaktory pro aerobní dekompozici organického uhlíku, aerobní nitrifikaci a anaerobní denitrifikaci







Oxidační příkop





## Kalový index

$$KI = V_k / X$$

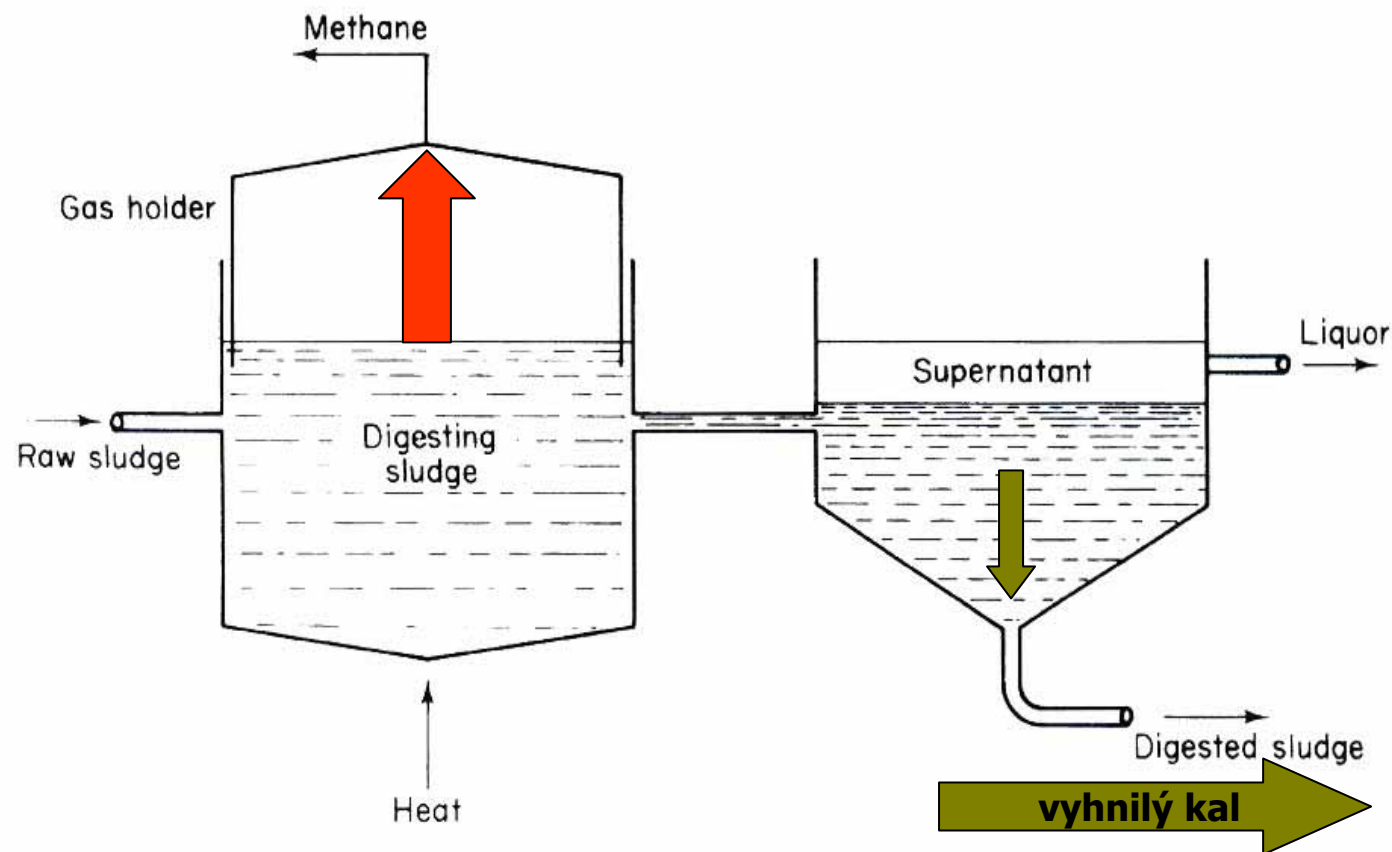
kde  $V_k$  je objem aktivovaného kalu, který se usadí z 1 litru aktivační směsi po 1/2 hodině v Imhoffově kuželi,  $X$  je koncentrace kalové sušiny aktivační směsi ( $\text{g.ml}^{-1}$ ).

|          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| normální | $KI < 100 \text{ g.ml}^{-1}$       |
| lehký    | $KI = 100 - 200 \text{ g.ml}^{-1}$ |
| zbytnělý | $KI > 200 \text{ g.ml}^{-1}$       |



Imhoffův kužel

## Anaerobní stabilizace kalu



Stabilizací kalu rozumíme rozklad jeho lehce odbouratelných látek, tj. mineralizaci

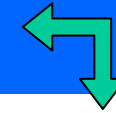
Předpokládá se, že v průběhu anaerobní stabilizace klesne obsah organické sušiny kalu asi o 45-65 %.



Jímací stanice  
bioplynu

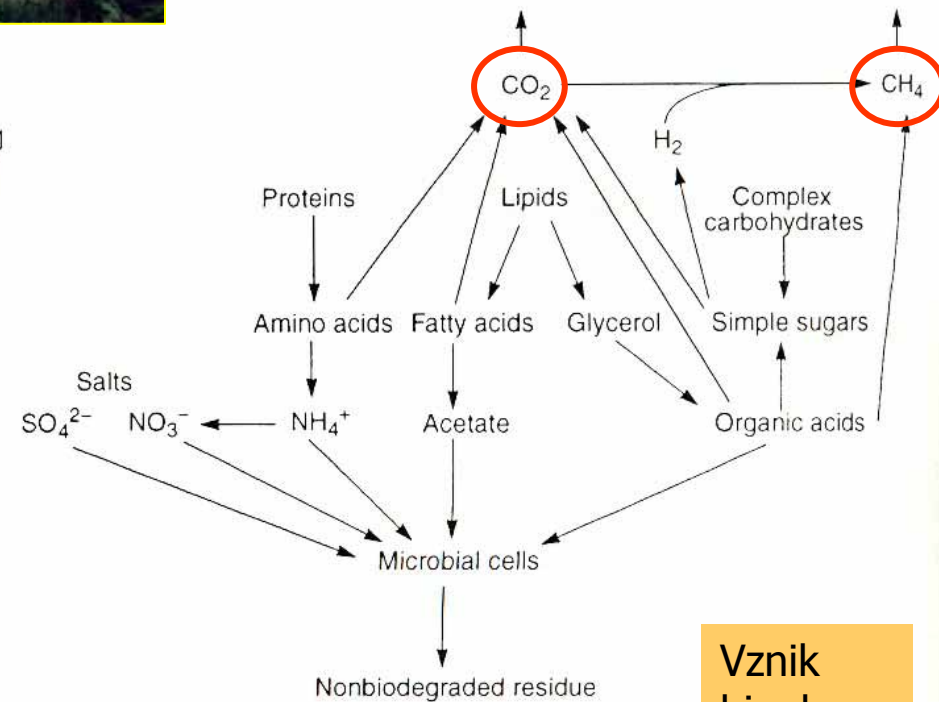
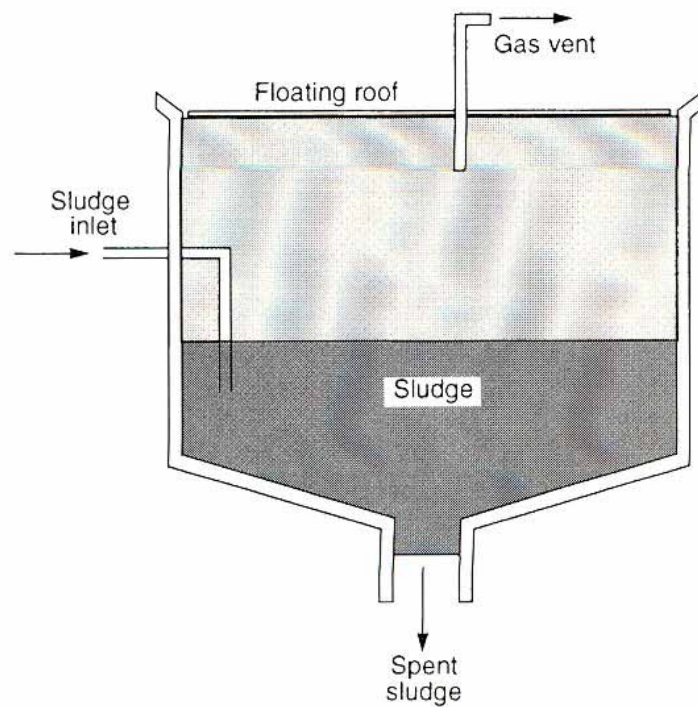


Plynojem



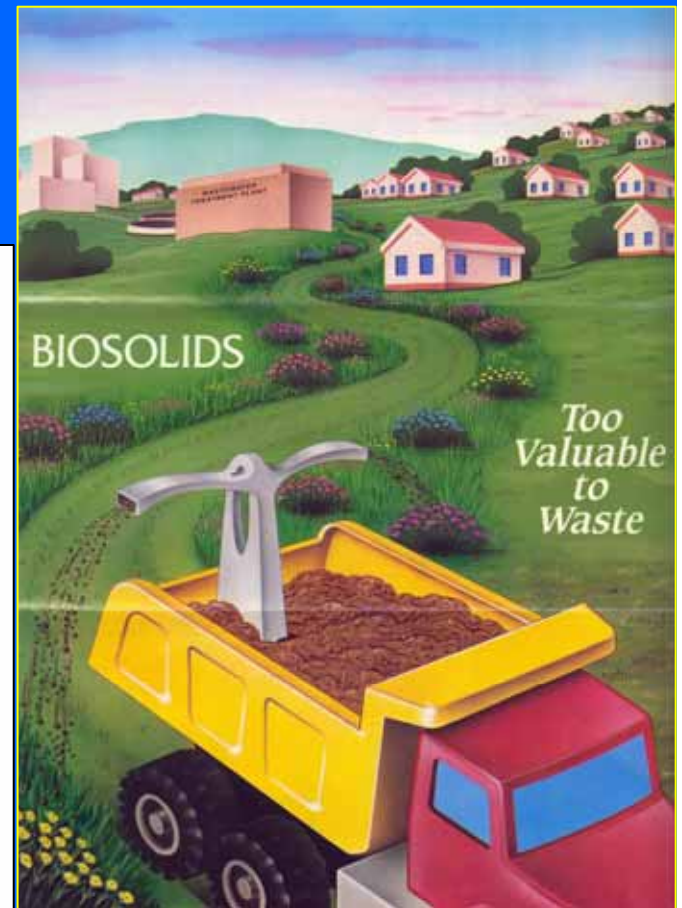
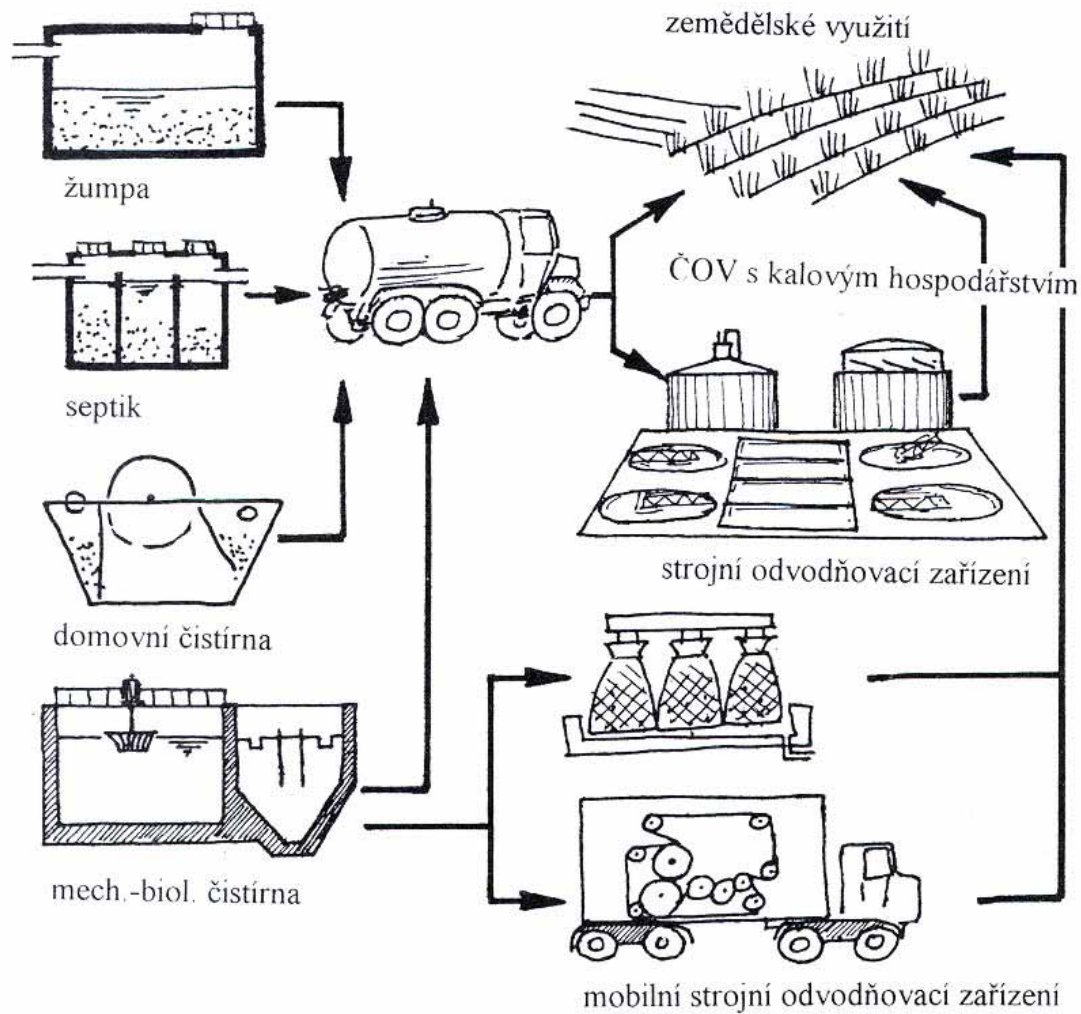
### Bioplyn

CH<sub>4</sub> (65-75 %) a CO<sub>2</sub> (25-35 %)  
 menší množství H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S



Vznik bioplynu

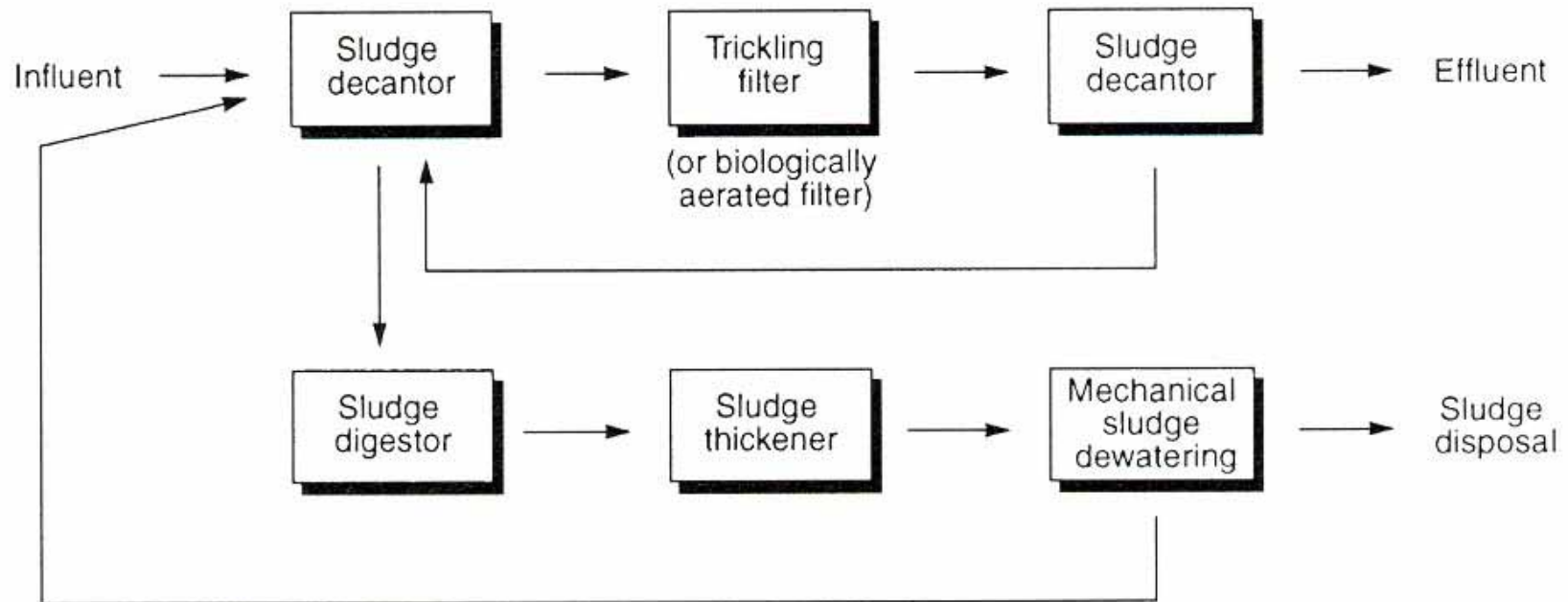
# Nakládání s kaly



Vyhnílý, stabilizovaný kal – ČOV Olomouc



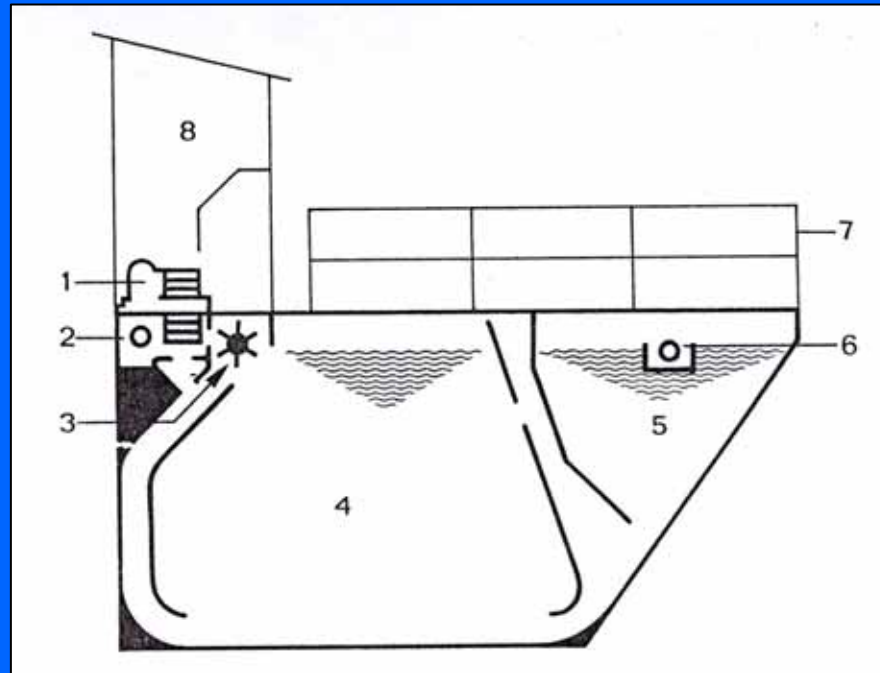
## Kombinace anaerobního vyhnívání a aerobního čištění pro domovní splašky s minimální produkcí kalu



## Malá biologická (domovní) čistírna

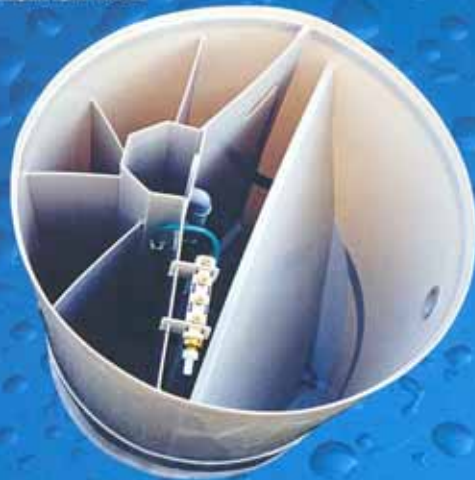


princip aktivace či rotačních biodisků

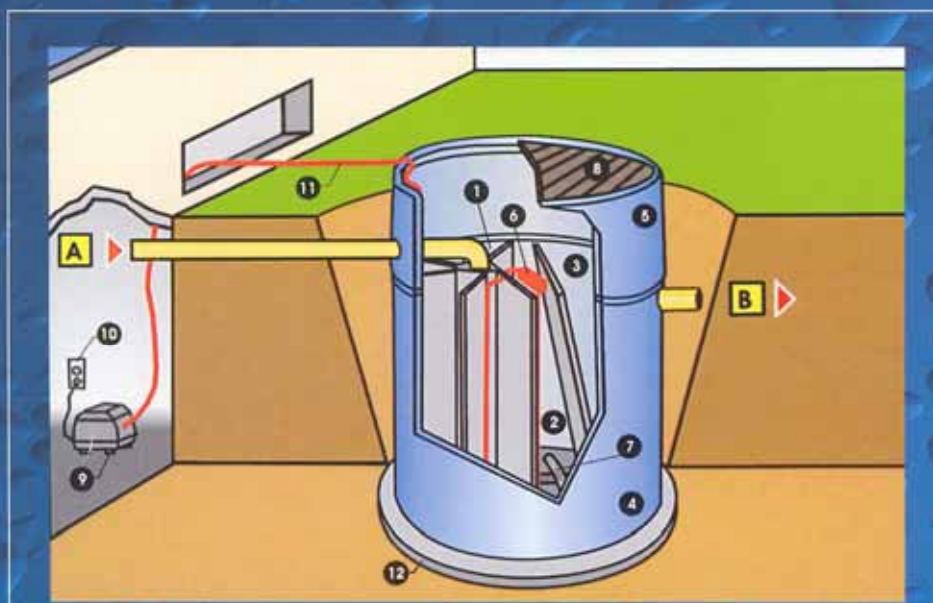




Čistiareň odpadových vôd B 6



Domová čistiareň **BIOCLAR B 6**



Rez domovej čistiarne odpadových vôd **BIOCLAR**

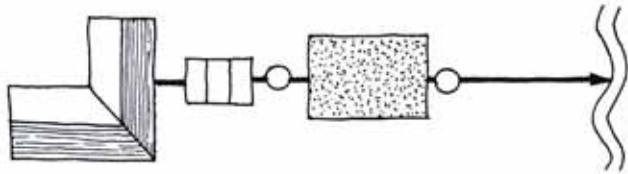
1. Denitrifikačná zóna
2. Aktivačná zóna
3. Separačná zóna
4. Plastová nádrž
5. Plastový nadstavec
6. Rozvod vzduchu
7. Prevzdušňovanie
8. Kryt
9. Vzduchový kompresor
10. Časový spínač
11. Hadica na vzduch
12. Podkladová betónová doska
- A. Prítok do čistiarne
- B. Odtok vyčistenej vody

## Přírodní způsoby čištění odpadních vod

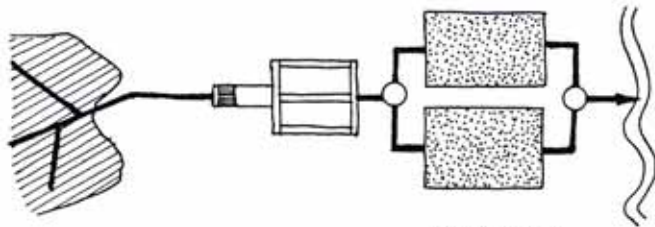
Dosahují příznivého čistícího účinku využitím samočisticích procesů v půdě, ve vodním prostředí a za součinnosti rostlin. Proces čištění je pozvolný, mikroorganismy pomalu rozkládají a mineralizují organickou hmotu, uvolněné živiny jsou využívány vegetací. Přírodní způsoby čištění vyžadují kvalitní mechanické předčištění

1. Půdní filtrace
2. Závlaha městskými, průmyslovými a zemědělskými odpadními vodami
3. Závlaha kejdou, tekutými vyhnílymi čistírenskými kaly a tekutými odpady
4. Aerobní biologické nádrže
5. Anaerobní biologické nádrže
6. Dočišťovací biologické rybníky
7. Průtočné vegetační čistírny s plovoucími vodními rostlinami
8. Vegetační kořenové čistírny s makrofyty
9. Průtočné žlabové bioeliminátory
10. Čištění kolonami imobilizovaných buněk v umělém prostředí

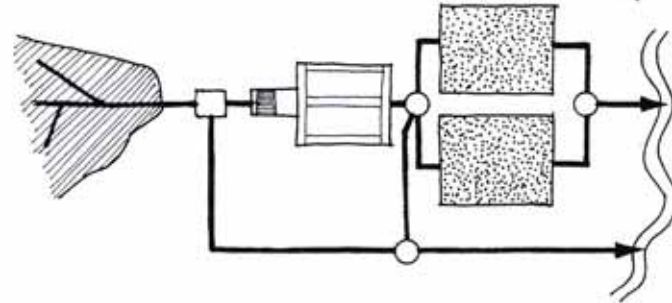
## Různé aplikace zemních filtrů



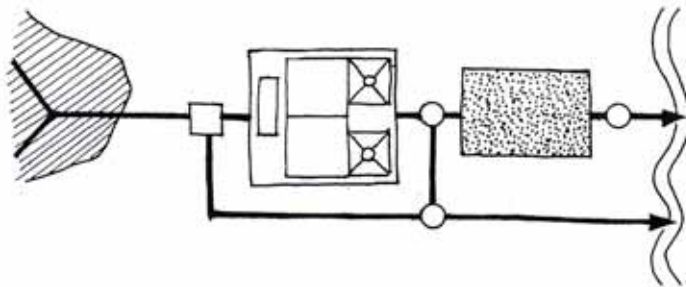
Domovní sestava septik – zemní filtr



Zemní filtr s předčištěním na splaškové kanalizaci

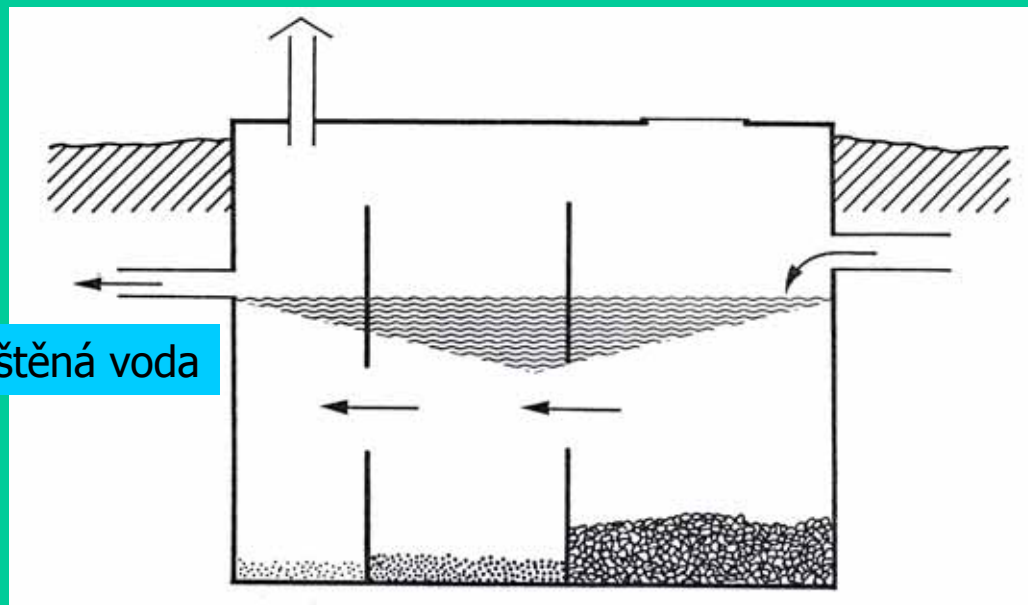


Zemní filtr s předčištěním na jednotné kanalizaci



Zemní filtr jako dočištění za  
mechanicko-biologickou čistírnou

## Biologický septik



vyčištěná voda

lehký kal

pevné částice

## Domovní sestava septik-zemní filtr

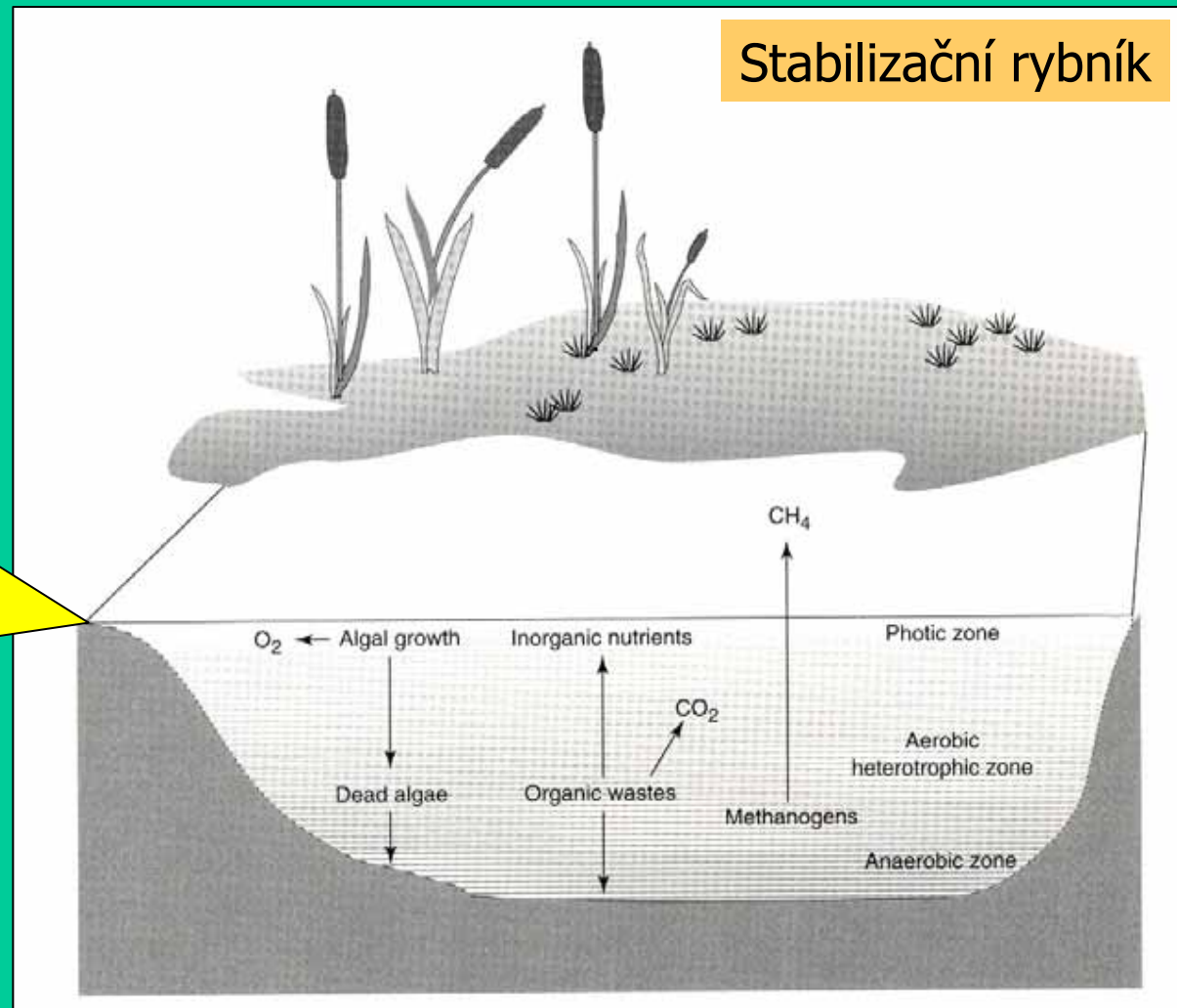


## Stabilizační nádrže a rybníky

používají se ke zneškodňování až úplnému vyčištění hnilobných odpadních vod za použití různých nádrží rybníčního typu. Na čistícím procesu se podílí bakterie ve vodě i v kalu a další fáze látkového koloběhu.

Kladem rybníků jsou nízké stavební a provozní náklady, k záporům patří hlavně značné nároky na plochu, zápachy v případě anaerobních stavů a nutnost odstraňování usazenin.

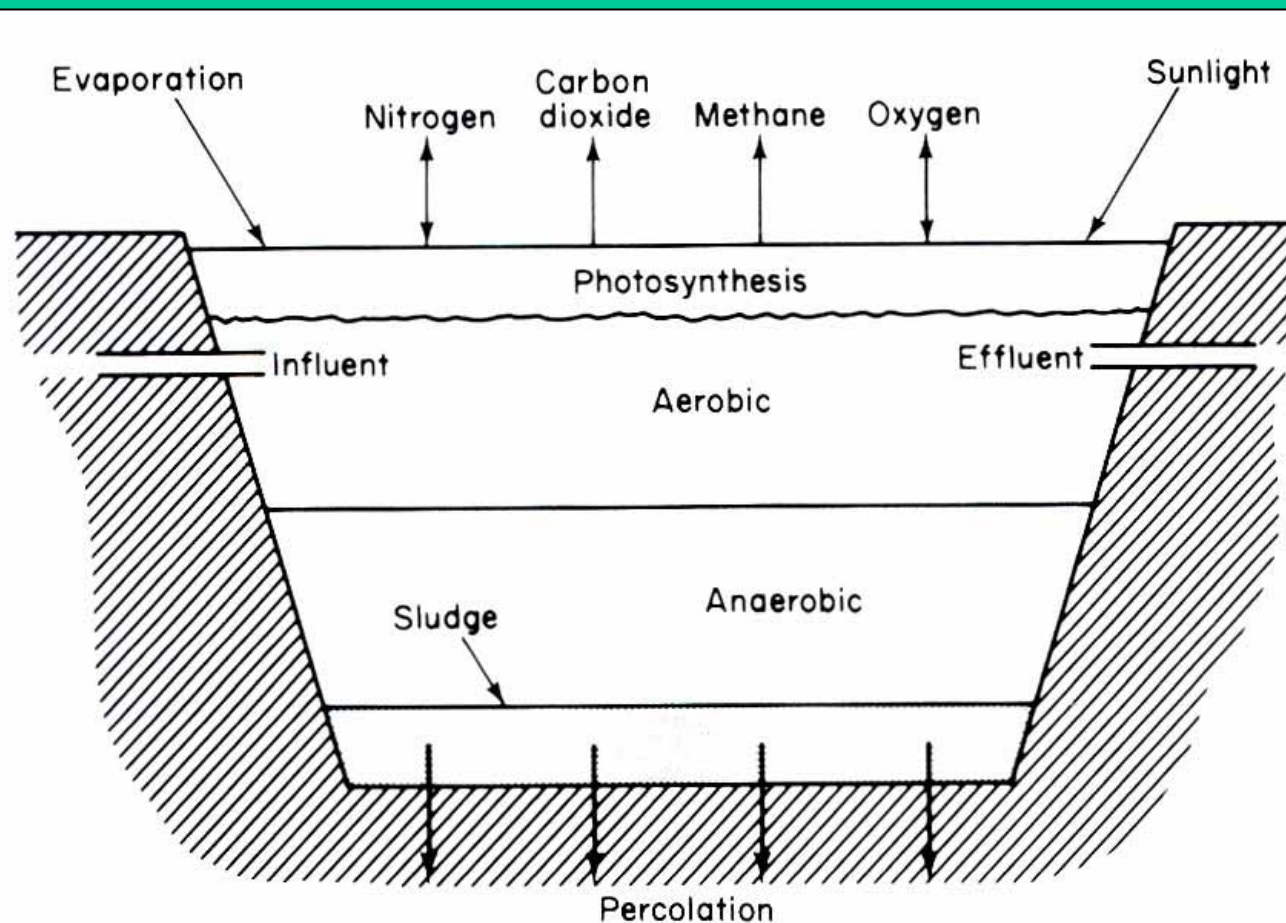
### Stabilizační rybník



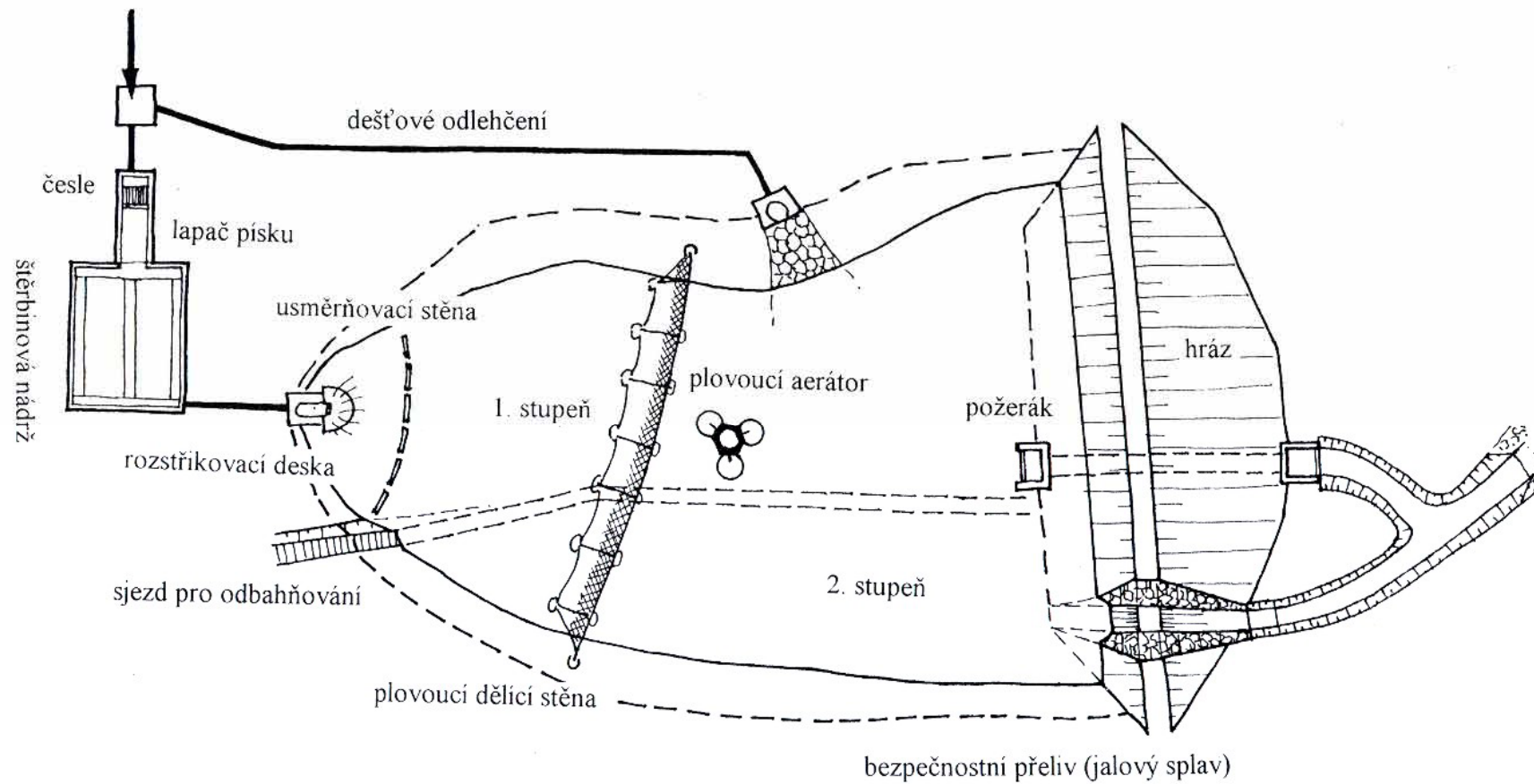
## Stabilizační nádrže

- Akumulační r. – kampaňové vody, jednorázové napuštění
- Asimilační r. – neustálé zatěžování odpadními vodami
- Stabilizační r. – soustava rybníků řazených za sebou

### Mikrobiální aktivity ve stabilizační rybníku

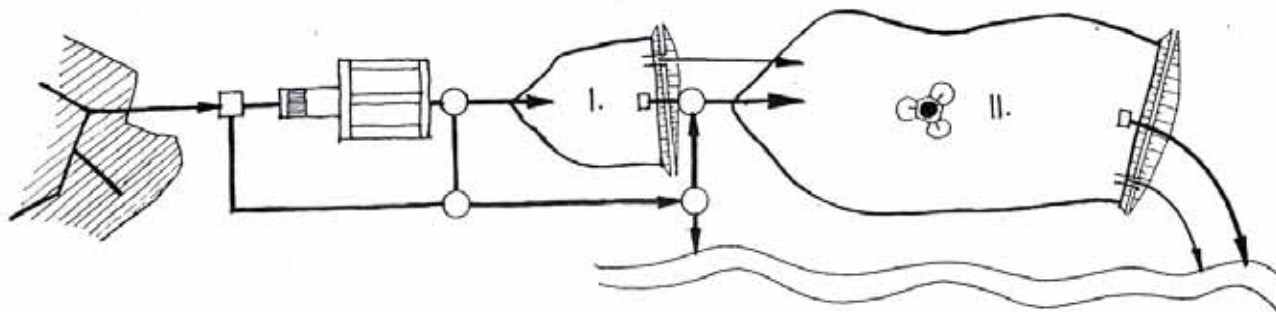


## Vybavení stabilizační nádrže (dvoustupňová nádrž dělená plovoucí stěnou)

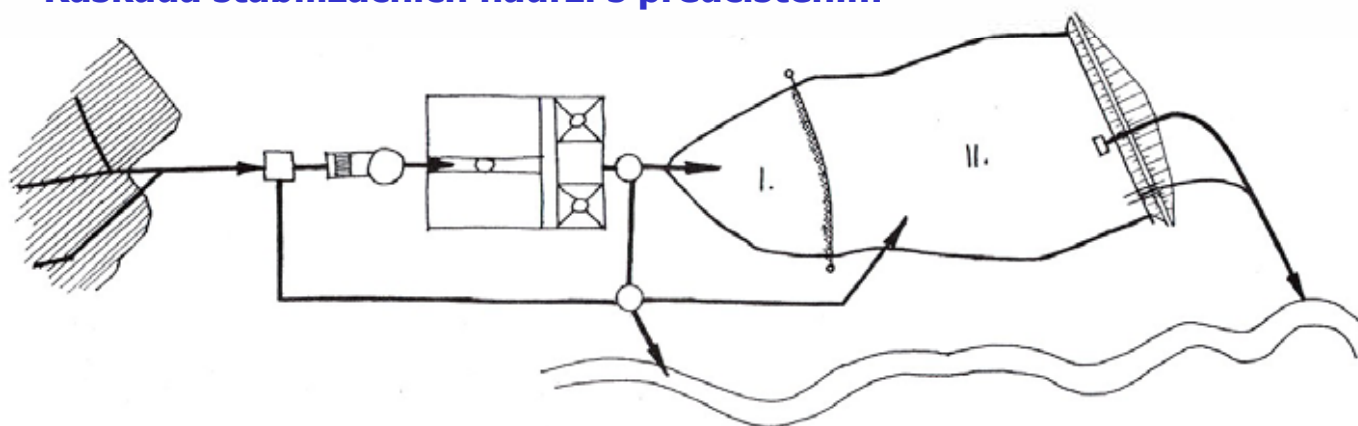




## APLIKACE STABILIZAČNÍCH NÁDRŽÍ



**Kaskáda stabilizačních nádrží s předčištěním**



**Dočišťování za mechanicko-biologickou čistírnou**

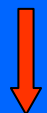
Čištění srážkových a odpadních vod pivovaru Nošovice



# CUKROVAR VRBÁTKY



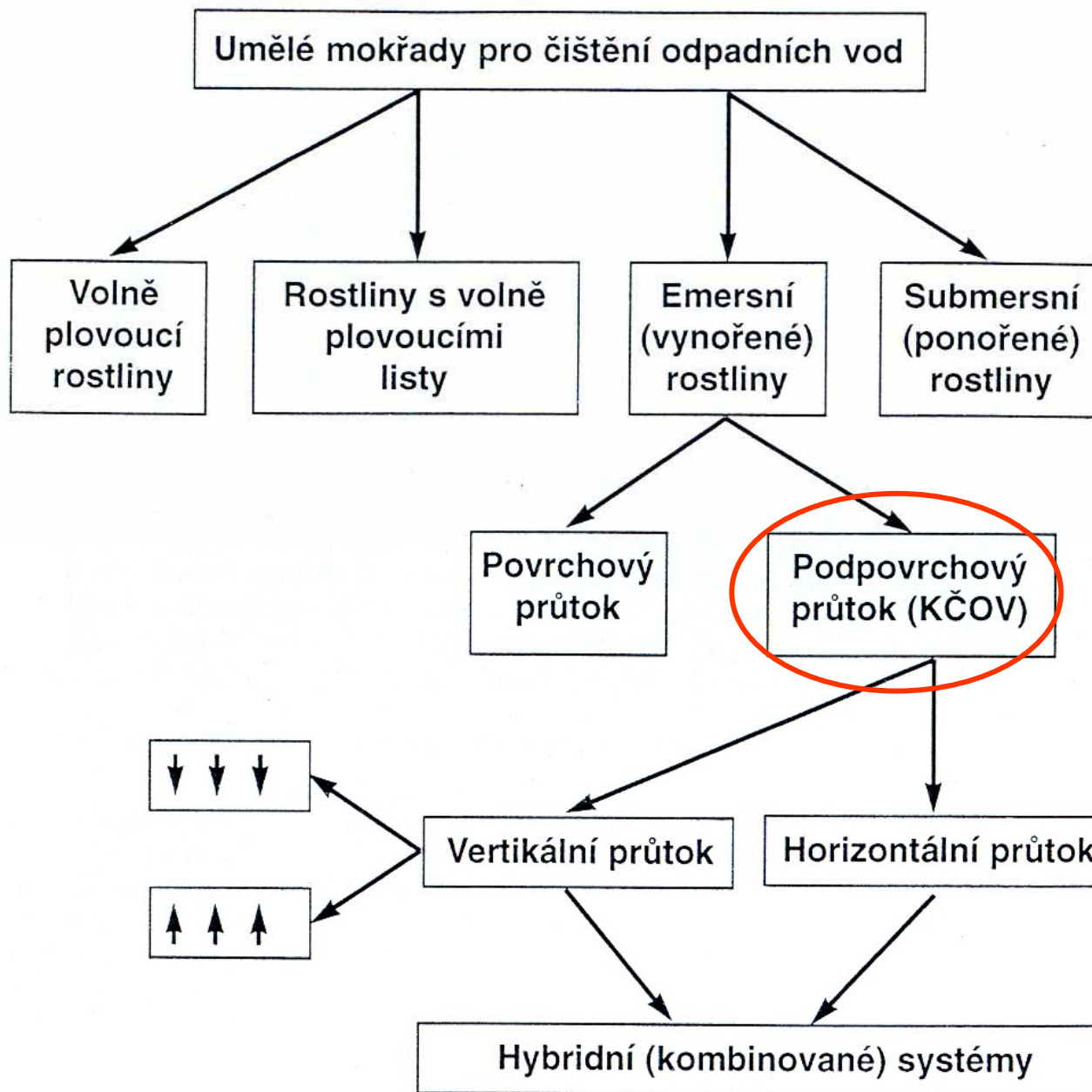
Kampaňové vody



Akumulační rybník  
(Září-červen)

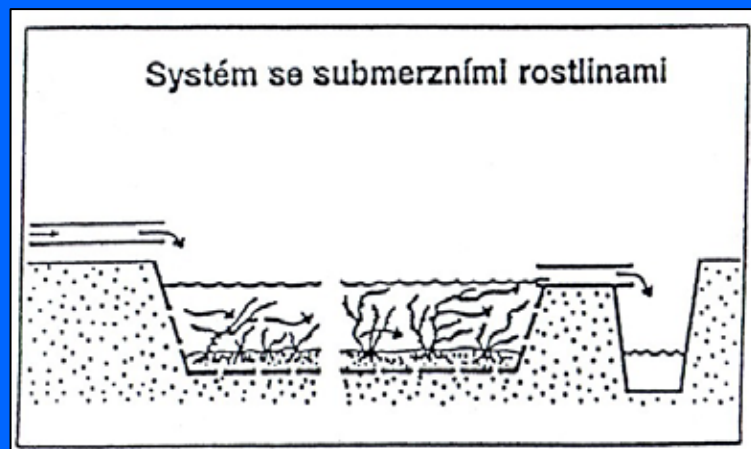
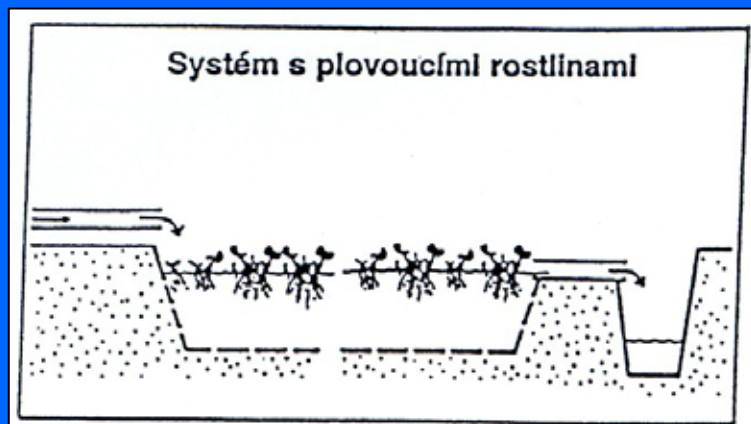




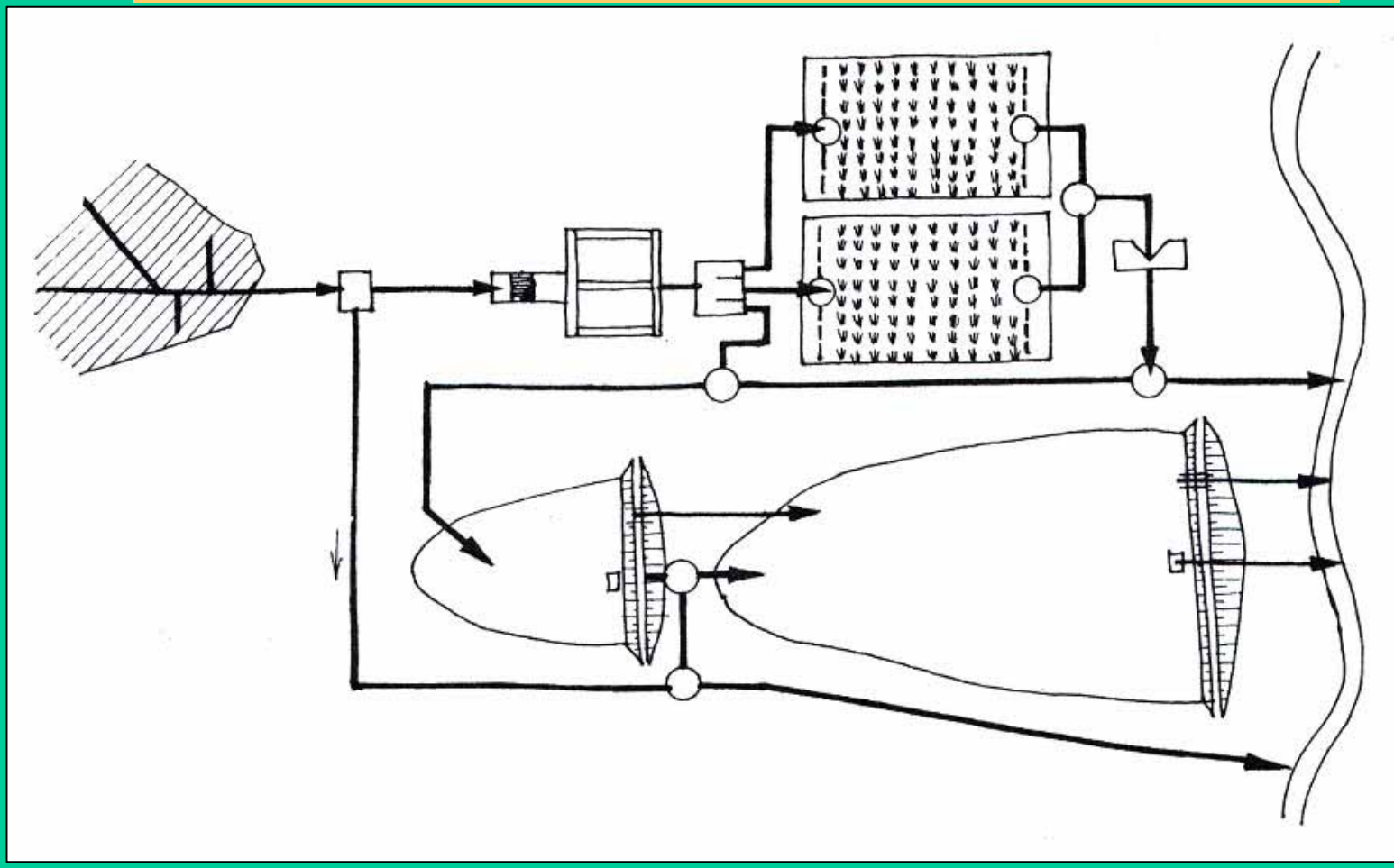


**Kořenové  
čistírny  
odpadních  
vod**

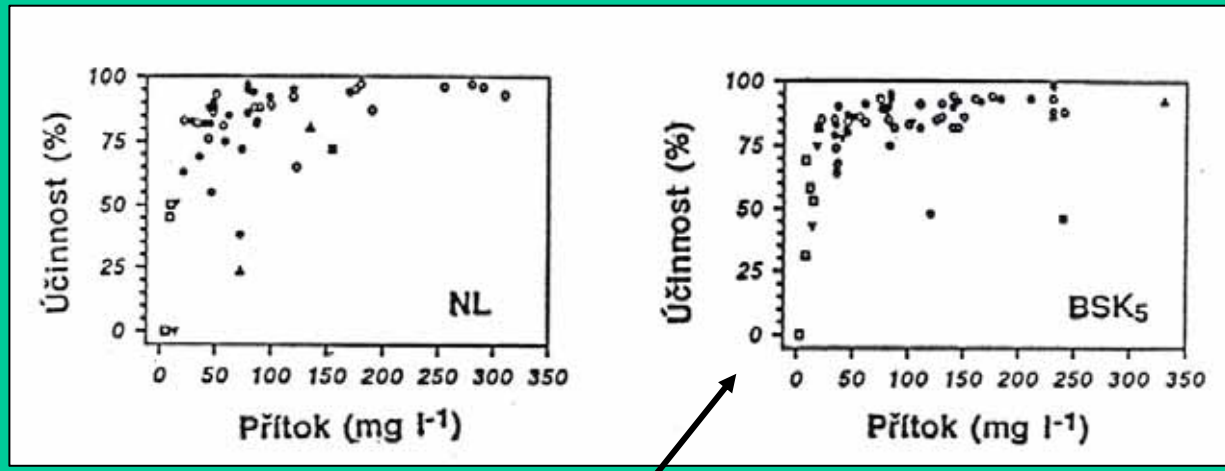
# System vegetačního čištění



Vegetační čistírna s dočištěním ve dvojici stabilizačních nádrží



Vztah mezi vstupní koncentrací nerozpuštěných látek a BSK<sub>5</sub> a účinností kořenových čistíren

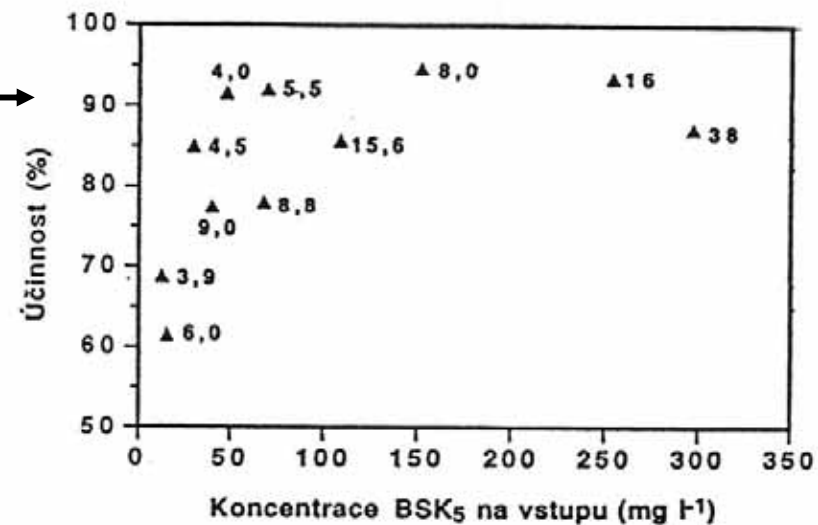


Závislost čistícího efektu (v %) na kvalitě surové vody je hyperbolická



Nutné klást důraz na kvalitu odtékající vody, ne na % účinnost

Vztah mezi koncentrací BSK<sub>5</sub> na přítoku a účinností 11 kořenových čistíren v ČR (čísla značí prům. koncentraci BSK<sub>5</sub> na odtoku)





## Srovnání vegetačního čištění odpadních vod s konvenční čistírnou

### **Výhody**

- Nízké provozní náklady
- Nízké energetické požadavky
- Mohou být postaveny u zdroje odpadní vody
- Více flexibilní a méně náchylné na náhlé přetížení
- Biomasa se může sklízet na krmivo pro zvířata nebo do kompostu

### **Nevýhody**

- Vyžadují velké zábory půdy
- Není využití pro velké objemy odtoků
- Snížená schopnost provozu v zimě
- Malá kapacita pro odstranění patogenů na výtoku
- Mohou být náchylné na vysoké hladiny polutantů (např. toxické kovy)

