



Agronomická  
fakulta

3. června 2015, Brno

Připravil: doc. Ing. Tomáš Vítěz,  
Ph.D.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ (13)

Čistírny odpadních vod

Mendelova  
univerzita  
v Brně



- Inovace studijních programů AF a ZF MENDELU
- směřující k vytvoření mezioborové integrace
- CZ.1.07/2.2.00/28.0302

## Úvod a cíl

- Presentace je zaměřena na problematiku čištění a čistíren odpadních vod (ČOV). Cílem je získání základních informací v oblasti produkce a čištění odpadních vod. Presentace je členěna do dílčích celků, které se zabývají např. Historií a současností stokování a čištění odpadních vod.

## Klíčová slova

- Odpadní vody, čistírna odpadních vod, aktivace, kalové hospodářství, stokování.

## Historický vývoj čištění odpadních vod

- Starověké **Řecko, Řím** – první kanalizační soustavy odpadní vody svedeny do řek, nebo vsakovány.
- **Středověk** – velký úpadek.
- 18.století – **výstavba kanalizačních systémů** (odkanalizování armádních objektů, později církevních a veřejných staveb).
- Konec 19.století – **stokové soustavy** ve většině evropských měst.
- 1865 – **Anglie** - vznik „Royal Commission on River Pollution“.

## Historický vývoj čištění odpadních vod

- 1860 – **První kanalizační ČOV** – splaškové farmy.
- 1876 – Anglie – **první zákon** o ochraně toků před znečištěním.
- 1880 – **První sedimentační čistírny**.
- 1898 – Anglie – založení „Royal Commission on Sewage Disposal“.
- 1900 – **První biofiltry** s přerušovanou činností.
- 1910 – USA – pokusné **provzdušňování splašků** (pokusná ČOV Lawrence, Massachusetts).
- 1912 – Anglie – Vynález **aktivačního systému** – Arden, Lockett, Fowler ČOV Manchester.

## Zásobování pitnou vodou

Zásobování vodou z vodovodů v letech 1989 a 2006–2012

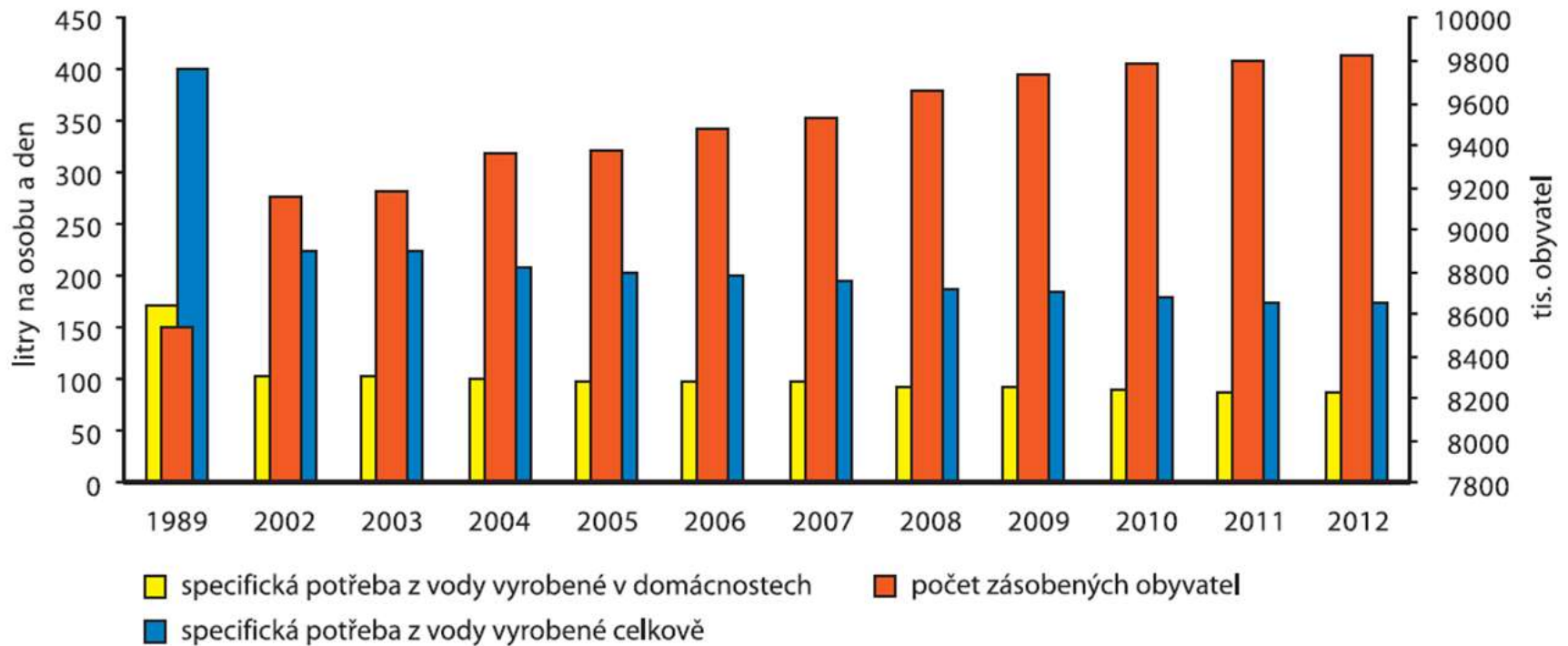
Ukazatel	Měrná jednotka	1989	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Obyvatelé (střední stav)	tis. obyv.	10 364,0	10 267,0	10 323,0	10 430,0	10 491,0	10 517,0	10 495,0	10 509,0
Obyvatelé skutečně zásobovaní vodou z vodovodů	tis. obyv.	8 537,0	9 483,0	9 525,0	9 664,2	9 733,0	9 787,5	9 805,4	9 823,1
	%	82,4	92,4	92,3	92,7	92,8	93,1	93,4	93,5
Voda vyrobená z vodovodů	mil. m <sup>3</sup> /rok	1 251,0	699,0	683,0	667,1	653,3	641,8	623,1	623,5
	% k 1989	100,0	55,9	54,6	53,3	52,2	51,3	49,8	49,8
Voda fakturovaná celkem	mil. m <sup>3</sup> /rok	929,4	528,1	531,7	516,5	504,6	492,5	486,0	480,7
	% k 1989	100,0	56,8	57,2	55,6	54,3	53,0	52,3	51,7
Specifická potřeba z vody vyrobené	l/os. den	401,0	202,0	196,0	188,0	184,0	180,0	174,0	173,8
	% k 1989	100,0	50,4	48,9	46,9	45,8	44,8	43,4	43,3
Specifické množství vody fakturované celkem	l/os. den	298,0	153,0	153,0	146,0	142,0	137,9	135,8	134,1
	% k 1989	100,0	51,3	51,3	49,0	47,7	46,3	45,6	45,0
Specifické množství vody fakturované pro domácnost	l/os. den	171,0	97,5	98,5	94,2	92,5	89,5	88,6	88,1
	% k 1989	100,0	57,0	57,6	55,1	54,1	52,3	51,8	51,5
Ztráty vody na 1 km řadů	l/km den	16 842,0 <sup>*)</sup>	5 673,0	4 893,0	4 889,0	4 705,0	4 673,0	4 220,0	4 351,0
Ztráty vody na 1 zásob. obyvatele	l/os. den	90,0 <sup>*)</sup>	42,0	36,0	37,0	35,0	35,0	32,0	33,0

Pramen: ČSÚ

Pozn.: \*) Údaje za vodovody hlavních provozovatelů.

## Zásobování pitnou vodou

Vývoj počtu zásobovaných obyvatel a specifické potřeby vody fakturované v letech 1989 a 2002–2012



Pramen: ČSÚ



## Odvádění a čištění odpadních vod

### Odvádění a čištění odpadních vod z kanalizací v letech 1989 a 2006–2012

Ukazatel	Měrná jednotka	Rok							
		1989	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Obyvatelé (střední stav)	tis. obyv.	10 364	10 267	10 323	10 430	10 491	10 517	10 495	10 509
Obyvatelé bydlící v domech připojených na kanalizaci	tis. obyv.	7 501	8 215	8 344	8 459	8 530	8 613	8 672	8 674
	%	72,4	80,0	80,8	81,1	81,3	81,9	82,6	82,5
Vypouštěné odp. vody do kanalizace (bez srážkových vod) celkem	mil. m <sup>3</sup>	877,8	542,0	519,3	508,8	496,4	490,3	487,6	473,2
	% k 1989	100,0	61,7	59,2	58,0	56,6	55,9	55,5	53,9
Čištěné odpadní vody včetně vod srážkových <sup>1)</sup>	mil. m <sup>3</sup>	897,4	857,4	841,2	807,5	842,9	957,9	871,0	836,7
Čištěné odpadní vody celkem bez vod srážkových	mil. m <sup>3</sup>	627,6	510,6	497,6	485,0	472,7	471,5	472,2	459,4
	% k 1989	100,0	81,4	79,4	77,3	75,4	75,2	75,3	73,2
Podíl čištěných odpadních vod bez vod srážkových <sup>2)</sup>	%	71,5	94,2	95,8	95,3	95,2	96,2	96,8	97,1

Pramen: ČSÚ

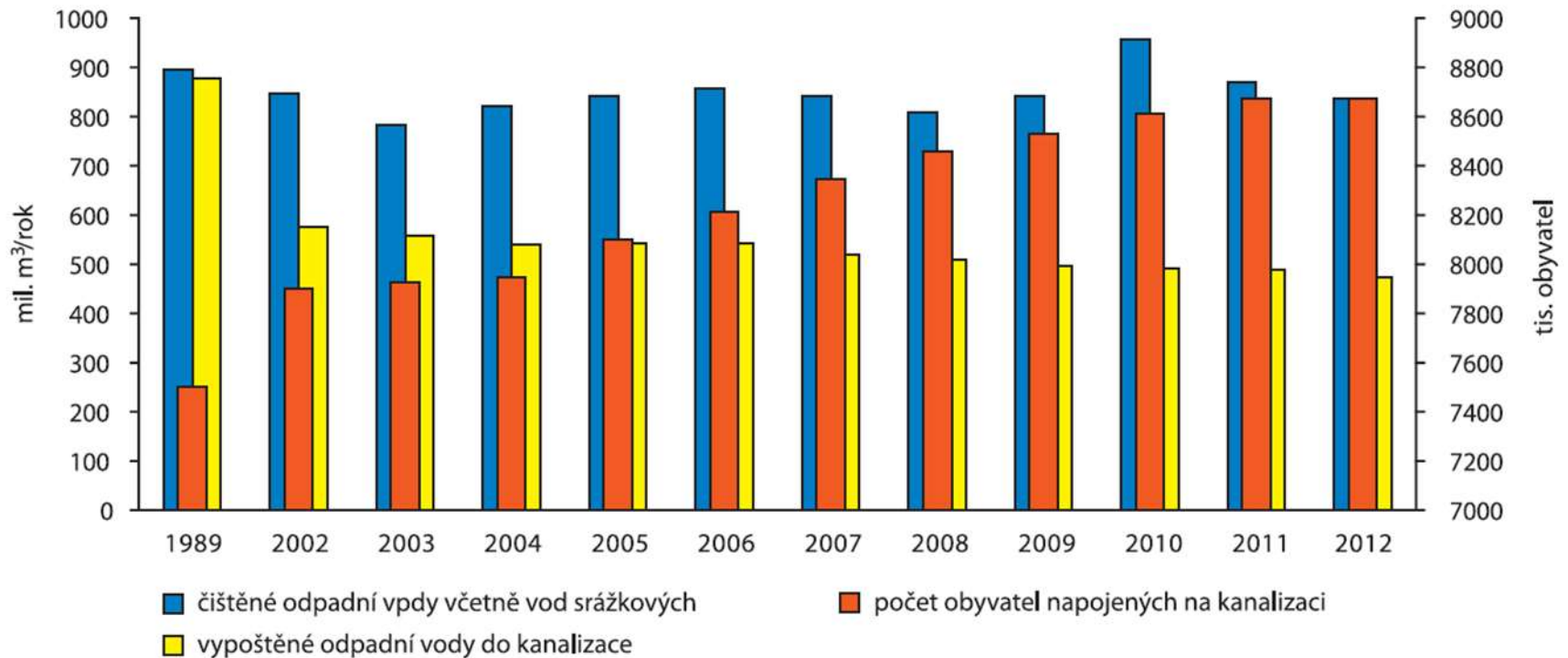
Pozn.: <sup>1)</sup> V roce 1989 se jedná o údaje za kanalizace hlavních provozovatelů.

<sup>2)</sup> Jedná se o podíl z vod vypouštěných do kanalizace.



## Odvádění a čištění odpadních vod

Vývoj počtu obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci a množství vypouštěných a čištěných odpadních vod v letech 1989 a 2002–2012



## Odvádění a čištění odpadních vod

Počet obyvatel bydlících v domech připojených na kanalizaci a množství vypouštěných a čištěných odpadních vod v roce 2012 v jednotlivých krajích

Kraj, území	Obyvatelé bydlící v domech připojených na kanalizaci pro veřejnou potřebu		Odpadní vody vypouštěné do kanalizace pro veřejnou potřebu	Čištěné odpadní vody bez vod srážkových	
	celkem	podíl k celk. počtu obyvatel	celkem	celkem	podíl
	(počet)	(%)	(tis. m <sup>3</sup> )	(tis. m <sup>3</sup> )	(%)
Hl. město Praha	1 243 355	100,0	75 683	75 683	100,0
Středočeský kraj	882 473	68,6	51 067	50 765	99,4
Jihočeský kraj	551 453	86,7	34 884	33 235	95,3
Plzeňský kraj	453 395	79,3	29 831	28 576	95,8
Karlovarský kraj	284 851	94,2	14 678	14 625	99,6
Ústecký kraj	667 054	80,6	29 933	29 177	97,5
Liberecký kraj	291 238	66,4	14 252	14 002	98,2
Královéhradecký kraj	419 585	75,8	23 161	21 632	93,4
Pardubický kraj	373 584	72,3	21 648	21 313	98,5
Kraj Vysočina	439 273	85,9	20 089	17 504	87,1
Jihomoravský kraj	1 023 383	87,7	53 568	52 235	97,5
Olomoucký kraj	502 046	78,7	28 790	27 888	96,9
Zlínský kraj	531 854	90,4	27 515	26 136	95,0
Moravskoslezský kraj	1 010 578	82,3	48 131	46 632	96,9
<b>Česká republika</b>	<b>8 674 121</b>	<b>82,5</b>	<b>473 230</b>	<b>459 404</b>	<b>97,1</b>

## Provozně ekonomické aspekty

- Počty evidovaných majetků v jednotlivých skupinách infrastrukturního majetku v letech 2005 – 2010

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Vodovodní řady	11 329	12 178	12 641	13 034	13 203	13 691
Stavby pro úpravu a zdroje bez úpravy	3 294	3 433	3 469	3 562	3 561	3 596
Stokové sítě	5 598	5 702	6 132	6 352	6 498	6 865
Čistírny odpadních vod	1 931	2 116	2 252	2 326	2 366	2 480
<b>Celkem</b>	<b>22 152</b>	<b>23 429</b>	<b>24 494</b>	<b>25 274</b>	<b>25 628</b>	<b>26 632</b>

- Infrastrukturní majetek v délkách (km) a počtech (ks)

	2009	2010	Rozdíl
Vodovodní řady (km)	72 792,6	73 928,8	1 136,2
Stavby pro úpravu a zdroje bez úpravy (ks)	3 561,0	3 596,0	35,0
Stokové sítě (km)	38 258,6	40 710,4	2 451,8
Čistírny odpadních vod (ks)	2 366,0	2 480,0	114,0

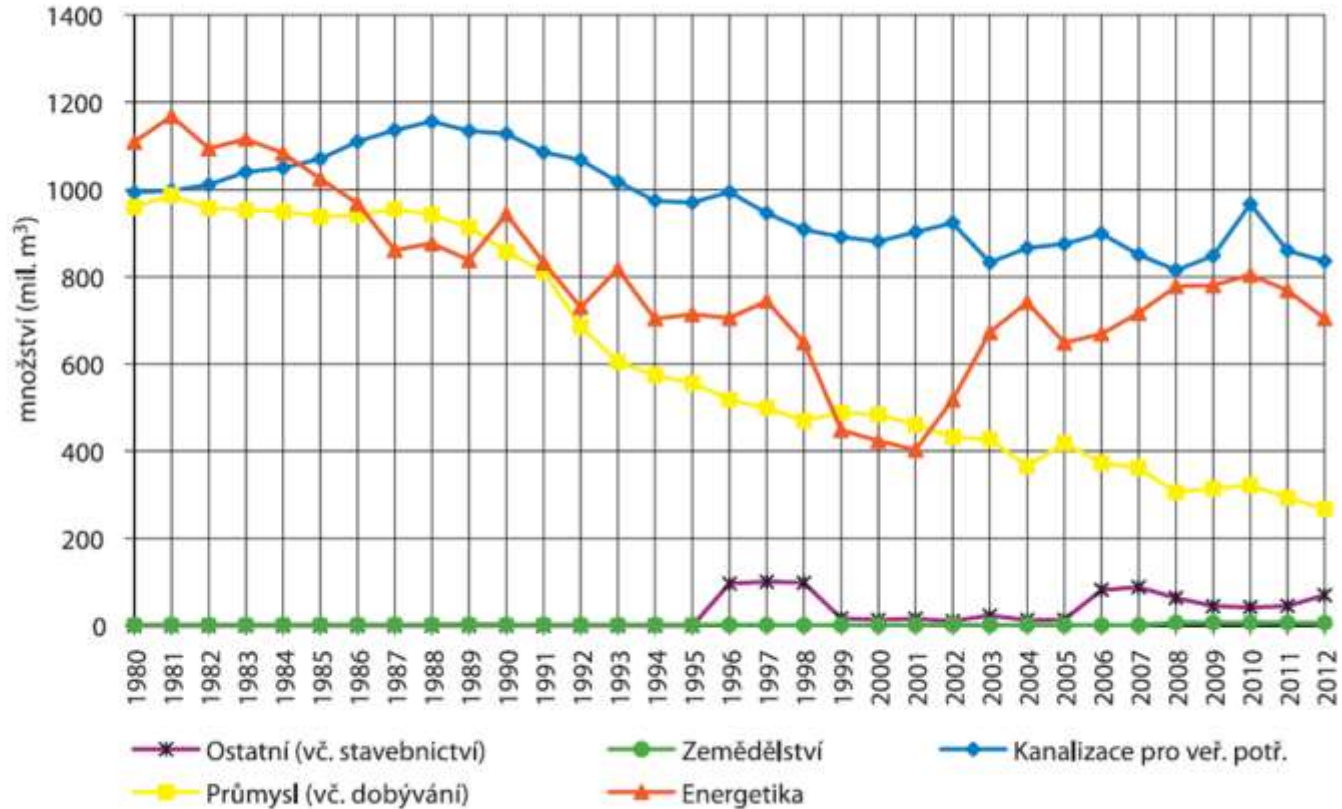
## Provozně ekonomické aspekty

*Spotřeba vody, průměrné ceny bez DPH pro vodné a pro stočné v roce 2012*

Kraj	Specifické množství vody fakturované celkem	Specifické množství vody fakturované domácnostem	Průměrná cena pro vodné	Průměrná cena pro stočné
	(l/os/den)	(l/os/den)	(Kč/m <sup>3</sup> )	(Kč/m <sup>3</sup> )
Hl. město Praha	173,6	106,5	35,8	29,1
Středočeský	126,2	88,8	35,2	27,3
Jihočeský	123,4	86,8	34,1	26,3
Plzeňský	139,7	81,9	31,3	25,5
Karlovarský	132,4	83,2	35,8	30,7
Ústecký	129,8	79,6	37,4	38,5
Liberecký	130,0	84,2	36,4	40,5
Královéhradecký	125,0	82,0	30,3	30,1
Pardubický	125,5	79,7	29,1	33,4
Vysočina	120,8	79,9	32,5	21,8
Jihomoravský	133,8	92,9	28,2	31,5
Olomoucký	120,5	83,7	29,6	28,7
Zlínský	116,8	77,0	33,1	30,1
Moravskoslezský	135,3	91,7	29,4	28,6
<b>Česká republika</b>	<b>134,1</b>	<b>88,1</b>	<b>32,7</b>	<b>29,6</b>

## Vypouštění odpadních vod

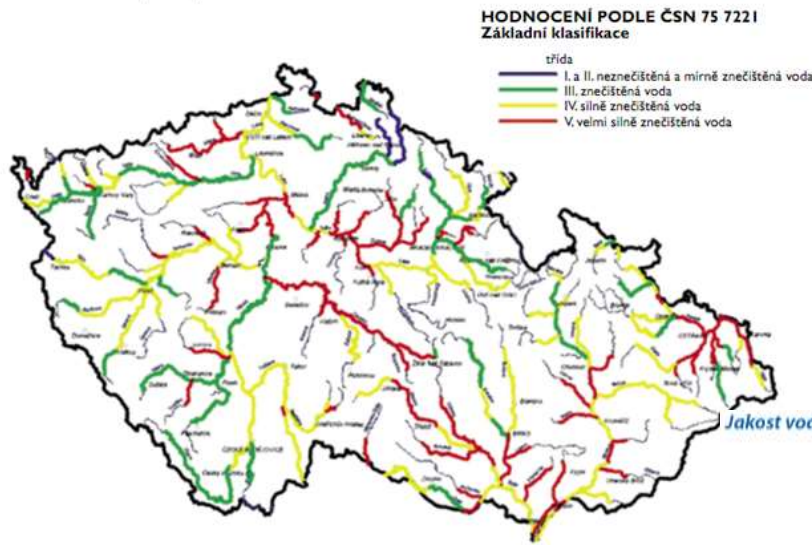
Vypouštění odpadních vod v ČR v letech 1980–2012





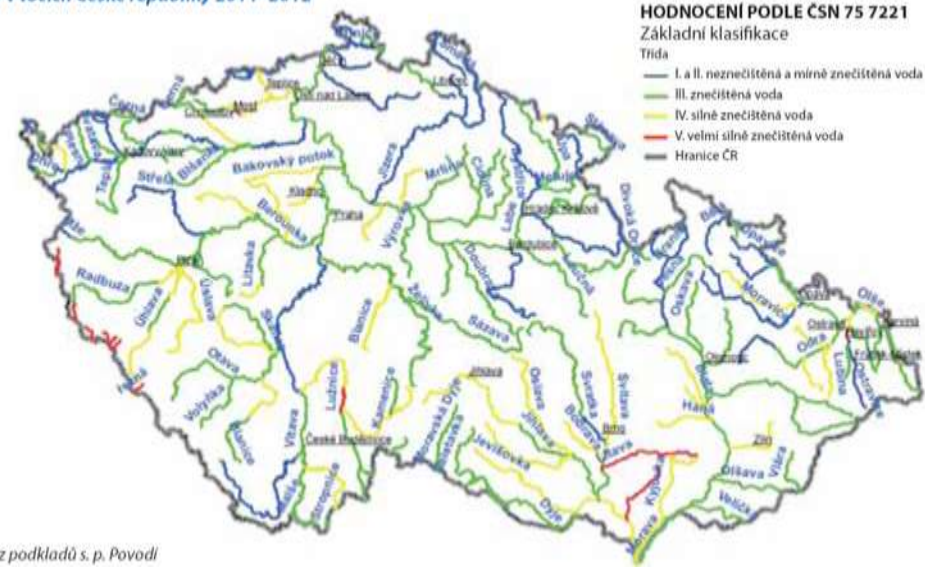
## Jakost vody ve vodních tocích

Jakost vody v tocích České republiky 1991–1992



Pramen: ČHMÚ

Jakost vody v tocích České republiky 2011–2012



Pramen: MŽP z podkladů s. p. Povodí



## Stokování – městské odvodnění

- Zabývá se **vznikem, transportem a čištěním** odpadních vod a jejich **vlivem** na vodní toky a vodní zdroje.
- **Hlavní prvky:**
  - zásobování pitnou vodou,
  - stoková síť,
  - čistírna odpadních vod,
  - vodní toky,
  - podzemní voda.

## Stokování – městské odvodnění

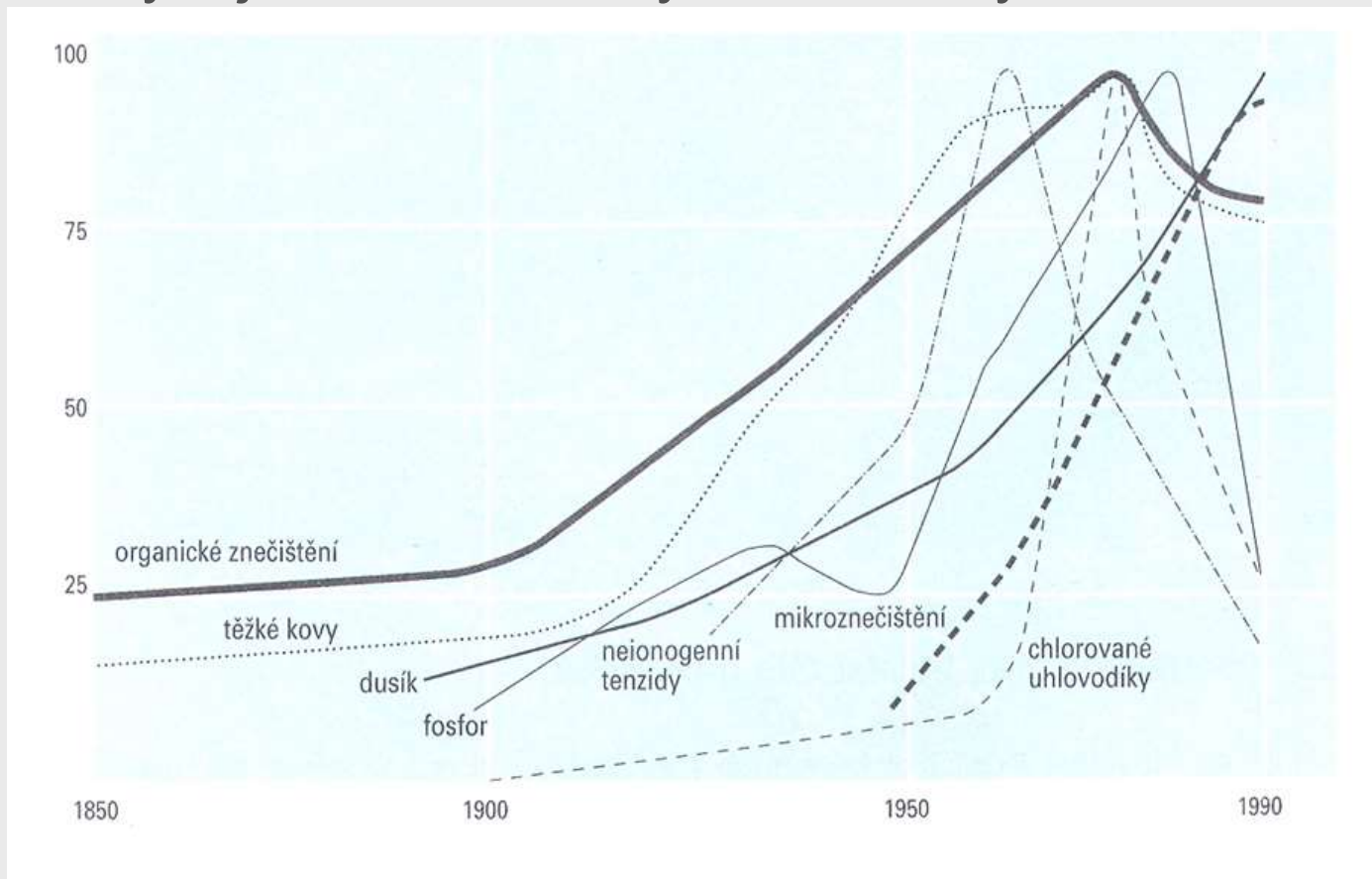
- **Hlavní úkoly:**
  - ochrana vodních ekosystémů,
  - osobní hygiena,
  - obecná hygiena,
  - komfort bydlení,
  - ochrana před lokálními záplavami.

## Čištění odpadních vod

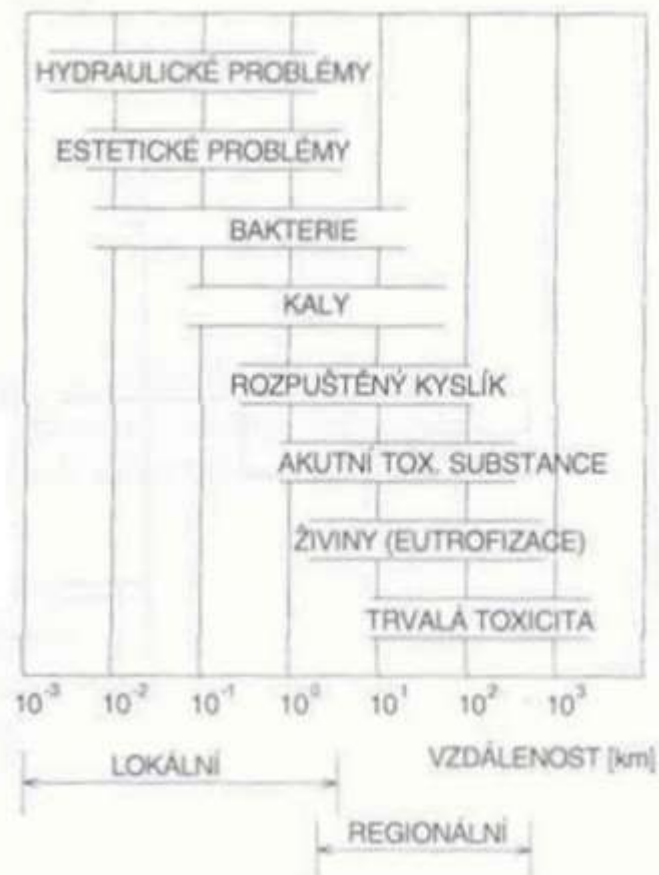
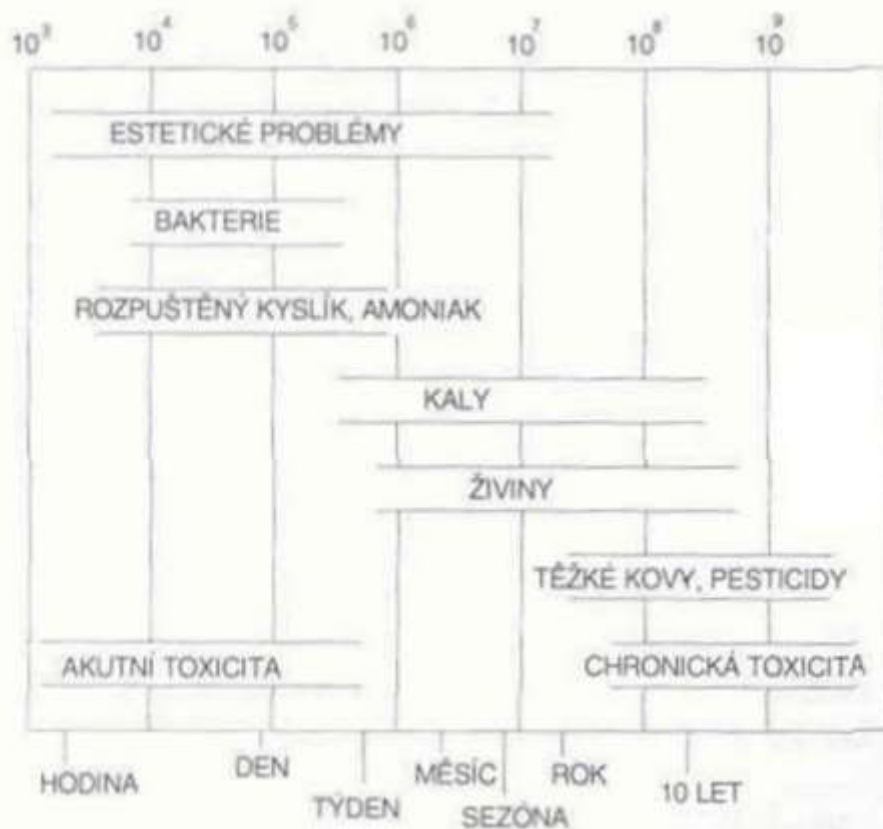
- **Ochrana vodních toků** je zaměřena především na zajištění požadované jakosti odpadních vod na odtoku z ČOV.
- Typické příznaky **obsahu odpadních vod** v tocích (zápach, kal, nedostatek kyslíku) způsobené organickými látkami byly v evropských poměrech prakticky odstraněny.
- **Nové problémy** při čištění: dusík, fosfor, mikroznečištění, léčiva.

## Čištění odpadních vod

- Příklad vývoje znečištění Rýna mezi léty 1850-1990



## Důvody pro čištění odpadních vod



## Znečišťující látky v odpadních vodách

- **Znečištěná voda** - je charakteristická změnou fyzikálních, chemických a biologických vlastností vody, která omezuje, nebo znemožňuje její použití k daným účelům.
- **ROZPUŠTĚNÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY** ( $< 0,4 \mu\text{m}$ )
  - organické,
  - biologicky rozložitelné (cukry, mastné kyseliny, ...),
  - biologicky nerozložitelné (azobarviva,...),
  - anorganické (těžké kovy, sulfidy, ...).



## Znečišťující látky v odpadních vodách

- **NEROZPUŠTĚNÉ** ( $> 0,4 \mu\text{m}$  )

- **organické:**

- biologicky rozložitelné (škrob, bakterie,...)
- biologicky nerozložitelné (papír, plasty,...)
- usaditelné
- neusaditelné
- koloidní (bakterie,...)
- plovoucí (papír,...)

- **anorganické:**

- usaditelné (písek,....)
- neusaditelné (brusný prach,....)



## Nutrienty

- **Uhlík**

- **hlavní složka organických látek** obsažených v odpadních vodách,
- mikroorganismy využívají uhlíkových sloučenin pro **stavbu buněčných struktur** a při tvorbě energie.

Organické sloučeniny + O<sub>2</sub> + nutrienty

↓ Mikroorganismy

Nový buněčný materiál + CO<sub>2</sub>↑ + H<sub>2</sub>O

- uhlíkové sloučeniny se stanovují jako parametry **CHSK<sub>Cr</sub>**, **BSK<sub>5</sub>** nebo **TOC**.

## Nutrienty

- **Uhlík**

- **CHSK<sub>Cr</sub>** (chemická spotřeba kyslíku); přibližně odpovídá množství kyslíku, kterého je zapotřebí pro úplnou oxidaci uhlíkových sloučenin včetně redukovaných uhlíkových anorganických sloučenin,

- **BSK<sub>5</sub>** (biologická spotřeba kyslíku); tato hodnota ukazuje spotřebu elementárního kyslíku během pěti dní biologického rozkladu prostřednictvím mikroorganismů za standardních podmínek,

## Nutrienty

- **Uhlík**

- **TOC** (celkový organický uhlík) odráží obsah organicky vázaného uhlíku; na rozdíl od BSK5 parametr TOC také zahrnuje uhlík ve sloučeninách, které se obtížně biologicky rozkládají.

## Nutrienty

- **Dusík**

- na přítoku do čistírny odpadních vod je dusík přítomen v **organicky vázané formě** (organický N) a jako **amoniový dusík** ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ),

- nejprve se amoniový dusík **oxiduje** na dusitany a posléze na **dusičnany** (nitrifikace),

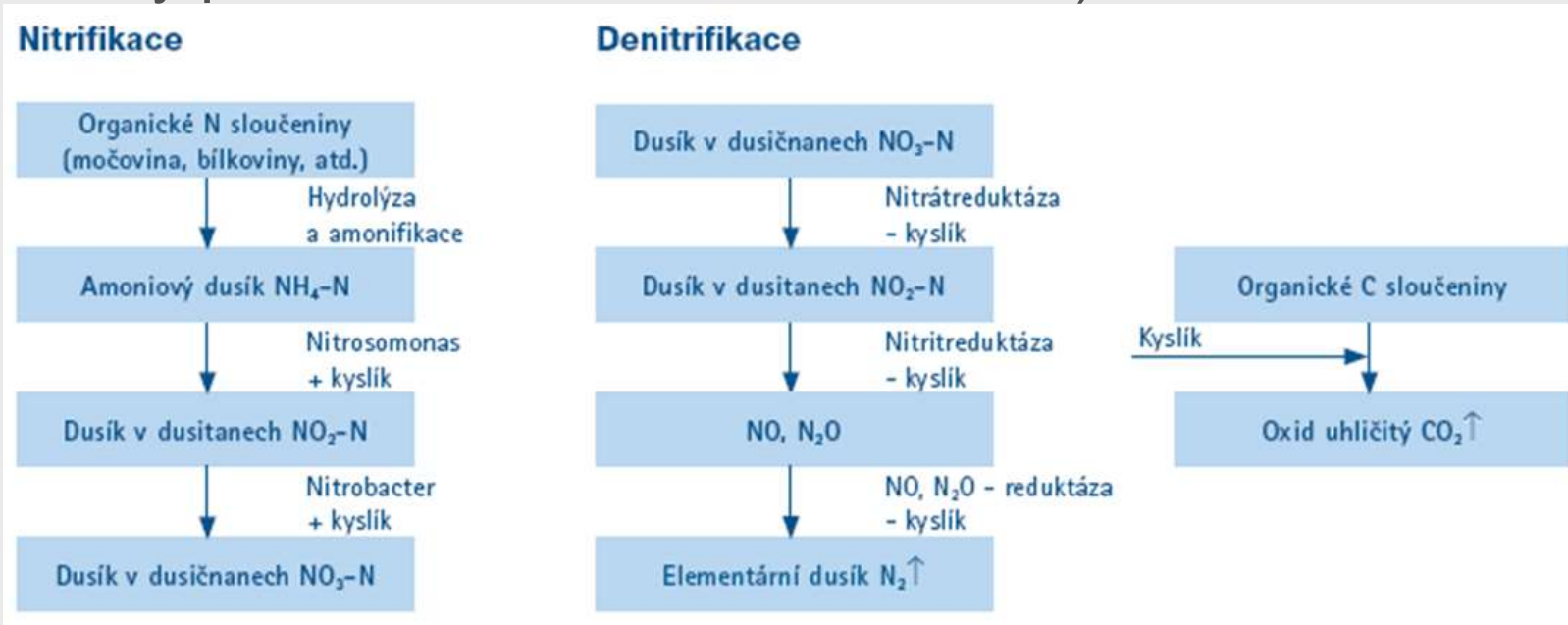
- následně se přeměňují **dusičnany** za anoxických podmínek (v nepřítomnosti rozpuštěného  $\text{O}_2$ ) na **elementární dusík** (denitrifikace), který uniká ve formě plynného  $\text{N}_2$  do atmosféry.

## Nutrienty

- Dusík**

- **dusíkaté sloučeniny** se stanovují jako:

$\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  a TN (celkový dusík, který je důležitý pro bilanci a kontrolu na odtoku).





## Nutrienty

- **Fosfor**

- **zátěž P na přítoku** do čistírny odpadních vod je tvořena fosforem obsaženým v orthofosforečnanech ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ), polyfosforečnanech a organ. sloučeninách fosforu,
  - jejich součet udává souhrnný parametr „**celkový fosfor**“ ( $\text{P}_{\text{celk.}}$ ),
  - během **biologického čištění** odpadních vod se polyfosforečnany a organicky vázaný fosfor přeměňují na orthofosforečnany.

## Nutrienty

- **Fosfor**

- **požadavek organismů ohledně P** vyplývá ze specifické úlohy fosforu v jejich energetickém metabolismu. P je nutný pro tvorbu buněčných membrán a DNA,

- určité množství fosforu v odpadních vodách se odbourává **biologicky** (bio-P), zbytek lze odstranit pomocí **fyzikálně chemického srážení** fosforečnanů,

- fosforové sloučeniny **se stanovují** jako orthofosforečnany (řízené srážení) a jako Pcelk (bilance, kontrola vody na odtoku).

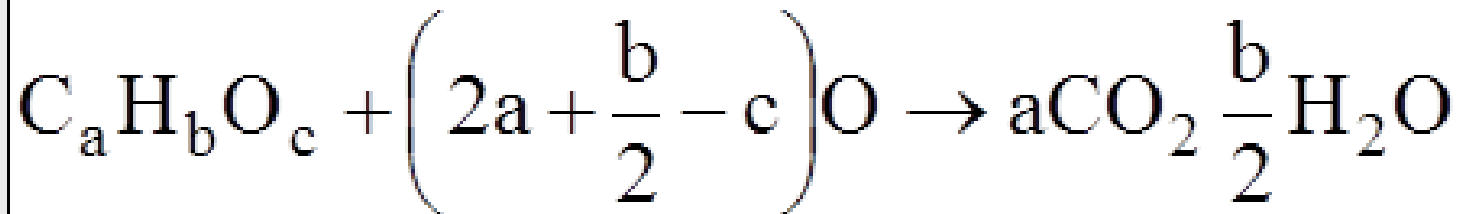
## Stanovení organických látek v odpadní vodě

- **Skupinová stanovení**

- TSK            teoretická spotřeba kyslíku
- CHSK        chemická spotřeba kyslíku
- BSK            biochemická spotřeba kyslíku

## Teoretická spotřeba kyslíku

- Vyjadřuje se jako **množství kyslíku** [g] potřebné na **úplnou oxidaci 1g dané látky**.



$$TSK = \frac{8(4a + b - 2c)}{M_r}$$

$M_r$  ... je relativní molekulová hmotnost sloučeniny.

## Chemická spotřeba kyslíku

- Udává množství kyslíku potřebného k oxidaci organických látek za použití **silných organických činidel**.
- **CHSK (Cr)** .. dichromanu draselného  $K_2Cr_2O_7$
- **CHSK (Mn)** .. manganistanu draselného  $KMnO_4$
- Pro stanovení CHSK vzorku vody se provádí oxidace látek v ní obsažených působením dichromanu draselného v prostředí 50 %  $H_2SO_4$  za teploty bodu varu roztoku a působením katalyzátoru síranu stříbrného  $Ag_2SO_4$ .

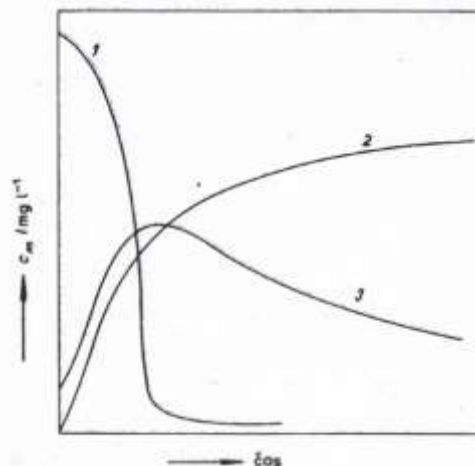
## Chemická spotřeba kyslíku

- **CHSK** se stanoví ze spotřeby oxidující látky, ale vyjadřuje se v **ekvivalentech odpovídající oxidaci kyslíkem**.
- Vyjadřuje se v **mg.l<sup>-1</sup>** spotřeby oxidačního činidla vyjádřené redoxním ekvivalentem kyslíku.



## Biochemická spotřeba kyslíku

- **Množství kyslíku** spotřebovaného **mikroorganizmy** pro rozklad organických látek za aerobních podmínek (JEN LÁTKY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉ).
- **Oxidace** nově vzniklých **zásobních látek** probíhá cca 20 dní (tato doba je pro praktické využití příliš dlouhá používá se 5 denní inkubace – BSK<sub>5</sub>).



Obr. 2.4 Průběh BSK,  
odstraňování substrátu v roztoku  
(jako CHSK) a růstu biomasy  
[14]  
1 – CHSK, 2 – BSK, 3  
– biomasa

## Průběh BSK – kinetická rovnice 1. řádu

$$\frac{d(\text{BSK}_t)}{dt} = K_1(\text{BSK}_c - \text{BSK}_t)$$

- $\text{BSK}_t$  ... BSK v čase  $t$
- $\text{BSK}_c$  ... celková BSK<sub>c</sub>
- $k_1$ ...rychlostní konstanta
- Integrací pro počáteční podmínky  $t = 0$ ,  $\text{BSK}_t = 0$ :
- $\text{BSK}_t = \text{BSK}_c (1 - 10^{-k_1 \cdot t})$

## Průběh BSK – kinetická rovnice 1. řádu

- **Konstanta  $k_1$  závisí** na tom:
  - jak rychle jsou odpadní látky schopny biologické oxidace odpadní voda  $k_1 = 0,15 – 0,2$  na den,
  - počátečním počtu přítomných bakterií,
  - adaptaci bakterií na dané organické látky.
- **Značná variabilita konstanty  $k_1$**  ukazuje že  $BSK_5$  není přesnou a reprezentativní mírou biologicky rozložitelného znečištění.

## Poměr CHSK a BSK<sub>5</sub>

- Poměr těchto dvou souhrnných parametrů odráží **biologickou odbouratelnost** znečišťujících látek v odpadních vodách.
- Pokud **poměr CHSK<sub>Cr</sub> : BSK<sub>5</sub> nepřekročí 2:1**, znamená to **dobrou biologickou odbouratelnost**.
- **Vyšší hodnoty** svědčí o přítomnosti obtížně biologicky odbouratelných látek.

## Splaškové odpadní vody - průměrné hodnoty produkované 1 obyvatelem za den

• <b>Látky</b>	Anorganické	Organické	Veškeré	BSK <sub>5</sub>
Nerozpuštěné	15	40	55	30
- usaditelné	10	30	40	20
- neusaditelné	5	10	15	10
Rozpuštěné	75	50	125	30
<b>CELKEM</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>180</b>	<b>60</b>

t = 5 – 20 °C, pH = 6,8 až 7,5

## Splaškové odpadní vody - průměrné hodnoty produkované 1 obyvatelem za den

- **Průměrné znečištění** splaškové odpadní vody **na přítoku** do ČOV (ČSN 75 6401):
- BSK<sub>5</sub> 60
- CHSK<sub>Cr</sub> 120
- Nerozpuštěné látky 55
- Celkový dusík (N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, Norg) 1
- Celkový fosfor 2,5

(hodnoty v g za den na 1 EO)

## Definice ekvivalentního obyvatele (EO)

- Při **navrhování čistíren** se vychází z produkce specifického znečištění v **g na 1 obyvatele a den** (populační ekvivalent).
- **Průmyslové a ostatní vody** lze přepočítat a zahrnout do celkové bilance ve formě EO
- Počet ekvivalentních obyvatel (**EO**) se vyjádří **dle vztahu:**

$$EO = \frac{BSK_{5, \text{celk}}}{BSK_{5, \text{spec}} (60 \text{g/EO} \cdot \text{den})}$$

## Původ znečišťujících látek

- **Splaškové vody** – především látky obsažené v pitné vodě, moči a fekáliích.

• pH		6,5 – 8,5	-
• NL		200 – 700	mg/l
	usaditelné	73	%
	neusaditelné	27	%
• RL		600 – 800	mg/l
• BSK5		100 – 400	mg/l
• CHSKCr		250 – 800	mg/l
• TOC	250	mg/l	
• Ncelk		30 – 70	mg/l
• N-NH <sub>4</sub>		20 – 45	mg/l
• Pcelk	5 – 15	mg/l	
• Poměr BSK:CHSK	0,5	-	



## Nejdůležitější související legislativa

- Zákon č. 254/2001 Sb. **o vodách** (v platném znění) - definuje pojem odpadní vody.
- Zákon č.274/2001 Sb. **o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu** ve znění zákona 76/2006 Sb.
- Nařízení vlády 61/2003 Sb. ve zněmí 229/2007 Sb. a 23/2011 Sb. **o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění** povrchových vod, náležitostech k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- Zákon č. 185/2001 Sb. **o odpadech** (v platném znění) - určuje nakládání s odpady z ČOV (kaly, shrabky, písek, půda z kořenových polí apod.)

## Emisní standardy

### Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

#### A. Městské odpadní vody

(hodnoty pro citlivé oblasti a ostatní povrchové vody)

**Tabulka 1a: Emisní standardy:** přípustné hodnoty (p)<sup>3)</sup>, maximální hodnoty (m)<sup>4)</sup> a hodnoty průměru<sup>5)</sup> koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV (EO) <sup>1) 7)</sup>	CHSK <sub>Cr</sub>		BSK <sub>5</sub>		NL		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		N <sub>celk</sub> <sup>2) 8) 9)</sup>		P <sub>celk</sub> <sup>9)</sup>	
	p <sup>3)</sup>	m <sup>4)</sup>	p <sup>3)</sup>	m <sup>4)</sup>	p <sup>3)</sup>	m <sup>4)</sup>	průměr <sup>5)</sup>	m <sup>4) 6)</sup>	průměr <sup>5)</sup>	m <sup>4) 8)</sup>	průměr <sup>5)</sup>	m <sup>4)</sup>
< 500 <sup>1)</sup>	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 <sup>10)</sup>	8 <sup>10)</sup>
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

- 1) Rozumí se kategorie čistírny odpadních vod vyjádřená v počtu ekvivalentních obyvatel. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK<sub>5</sub> za den. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku, s výjimkou neobvyklých situací, přivalových dešťů a povodní.  
U kategorií ČOV pod 2000 EO lze použít pro účel zařazení čistírny do velikostní kategorie (v tabulce 1a nebo 1b v příloze č. 1 a v tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení) výpočet z bilance v ukazateli BSK<sub>5</sub> v kg za kalendářní rok na přítoku do čistírny vydělený hodnotou 21,9.
- 2) Celkový dusík je ukazatel, který zahrnuje všechny formy dusíku.
- 3) Uváděné přípustné koncentrace „p“ nejsou aritmetické průměry za kalendářní rok a mohou být překročeny v povolené míře podle hodnot uvedených v příloze č. 5 k tomuto nařízení. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku A nebo B nebo C podle poznámky 3) k tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení.

## Definice odpadní vody dle zákona 254/2001 Sb.

- **Odpadní vody** jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z nich odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.

# Základní metody čištění odpadních vod

- **Mechanické.**
- **Fyzikálně chemické.**
- **Biologické.**
- V praxi je používána **většinou kombinace** všech tří postupů).

## Rozdělení odpadních vod

- Odpadní vody **splaškové**.
  - Odpadní vody **průmyslové**.
  - Odpadní vody srážkové (**dešťové**).
  - Vody **balastní**.
- 
- Kvalita městských odpadních vod je určena **kvalitou jejích jednotlivých složek** a vzájemným **objemovým podílem**.

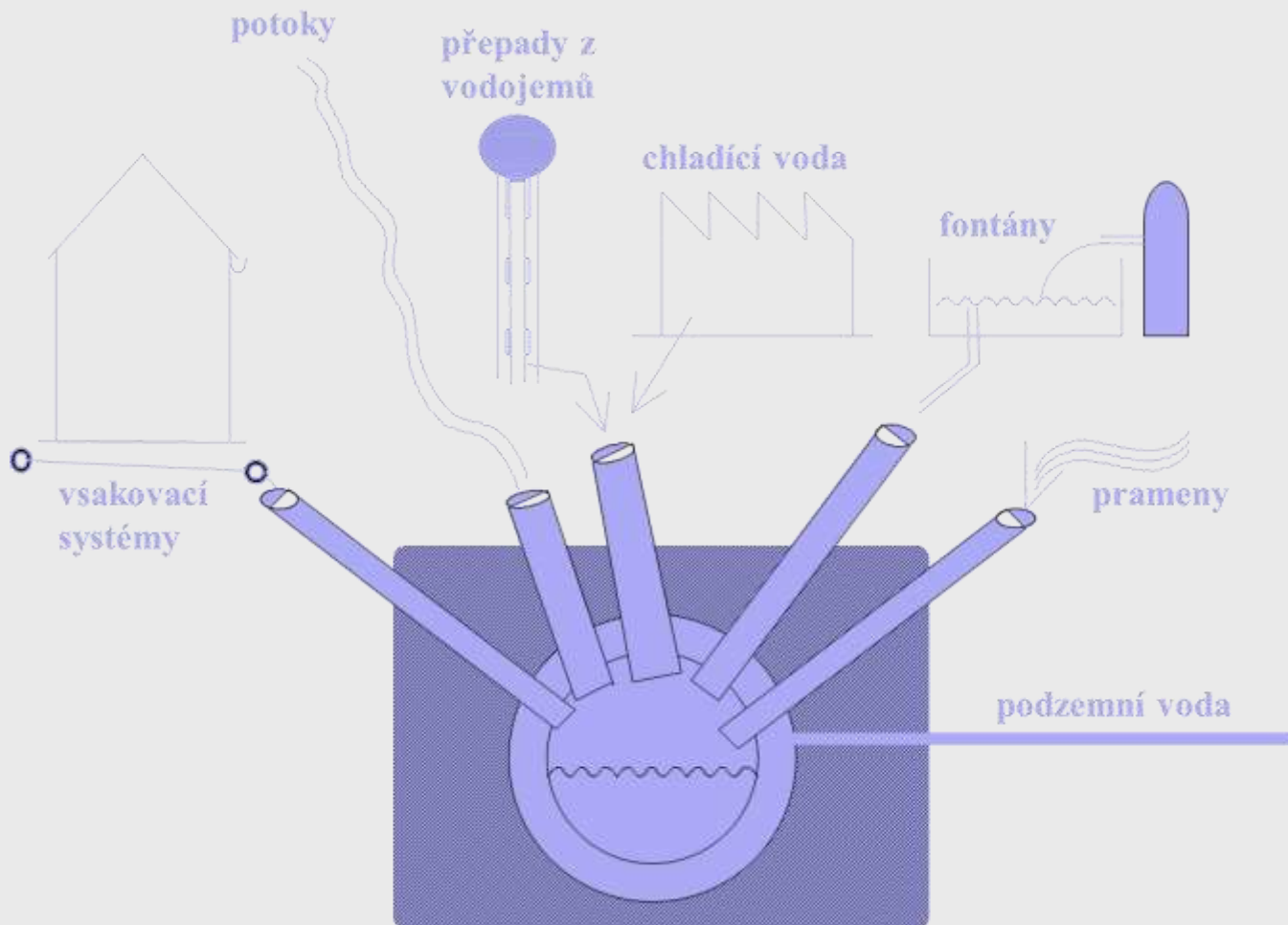
## Splaškové vody

- Odpadní vody z **domácností**.
- Odpadní vody z **objektů občanské vybavenosti**.
- Odpadní vody z **průmyslu**.

## Srážkové (dešťové) vody

- Rozhodující pro navrhování a provoz **stokových sítí**.
- Určení **návrhového deště**.
- Určení **množství vody, přitékající** do kanalizace.
- Popis **proudění** ve stokové síti.

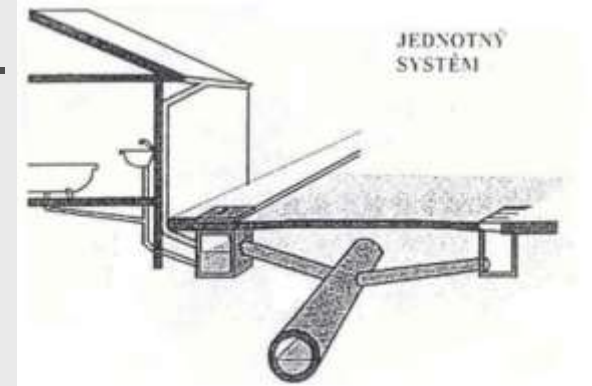
# Balastní vody



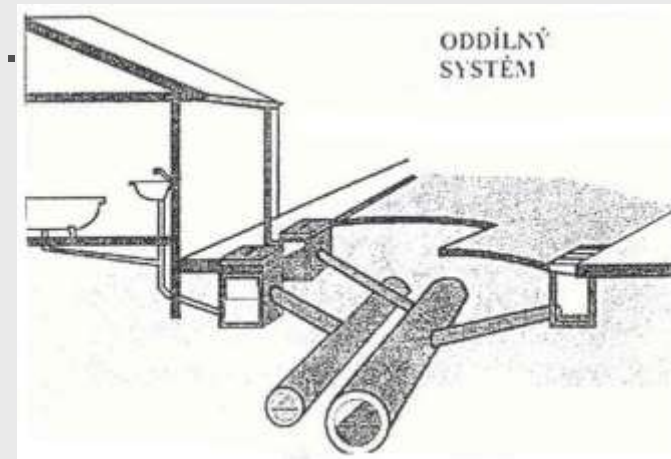


## Odvádění odpadních vod - stokování

- **Jednotný systém** - dopravuje **veškeré druhy** odpadních vod **společnou trubicí** na ČOV.



- **Oddílný systém** - odvádí **různé druhy** odpadních vod **samostatnými trasami** stokové sítě.



# Odvádění odpadních vod - stokování



## Doprava odpadních vod

- **Gravitační doprava** odpadních vod.
- **Nucená doprava** odpadních vod.
  - **podtlakové,**
  - **tlakové.**

## Doprava odpadních vod

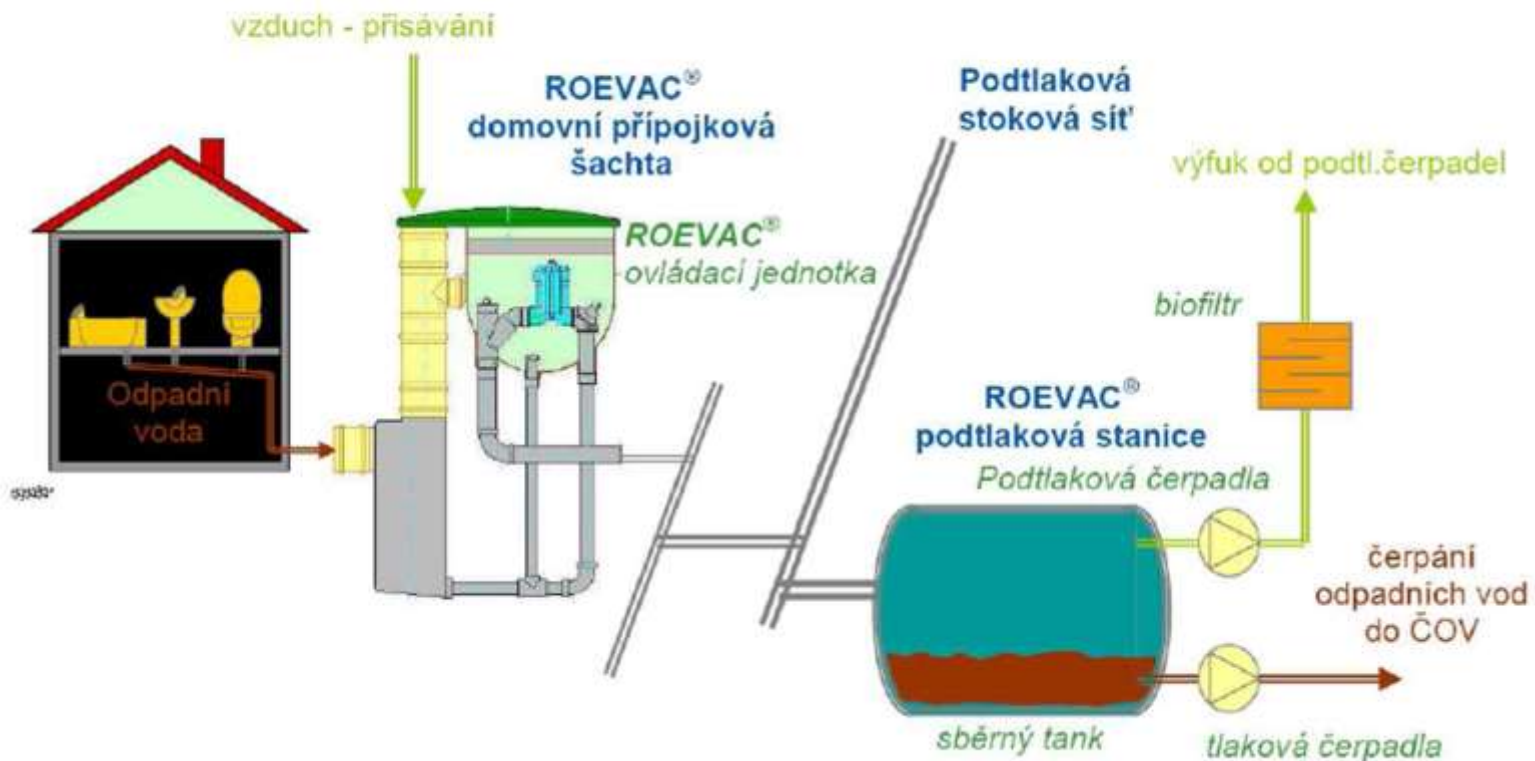
- Podtlaková kanalizace



# Doprava odpadních vod

- Podtlaková kanalizace

## SCHÉMA SYSTÉMU





## Doprava odpadních vod

- Podtlaková kanalizace

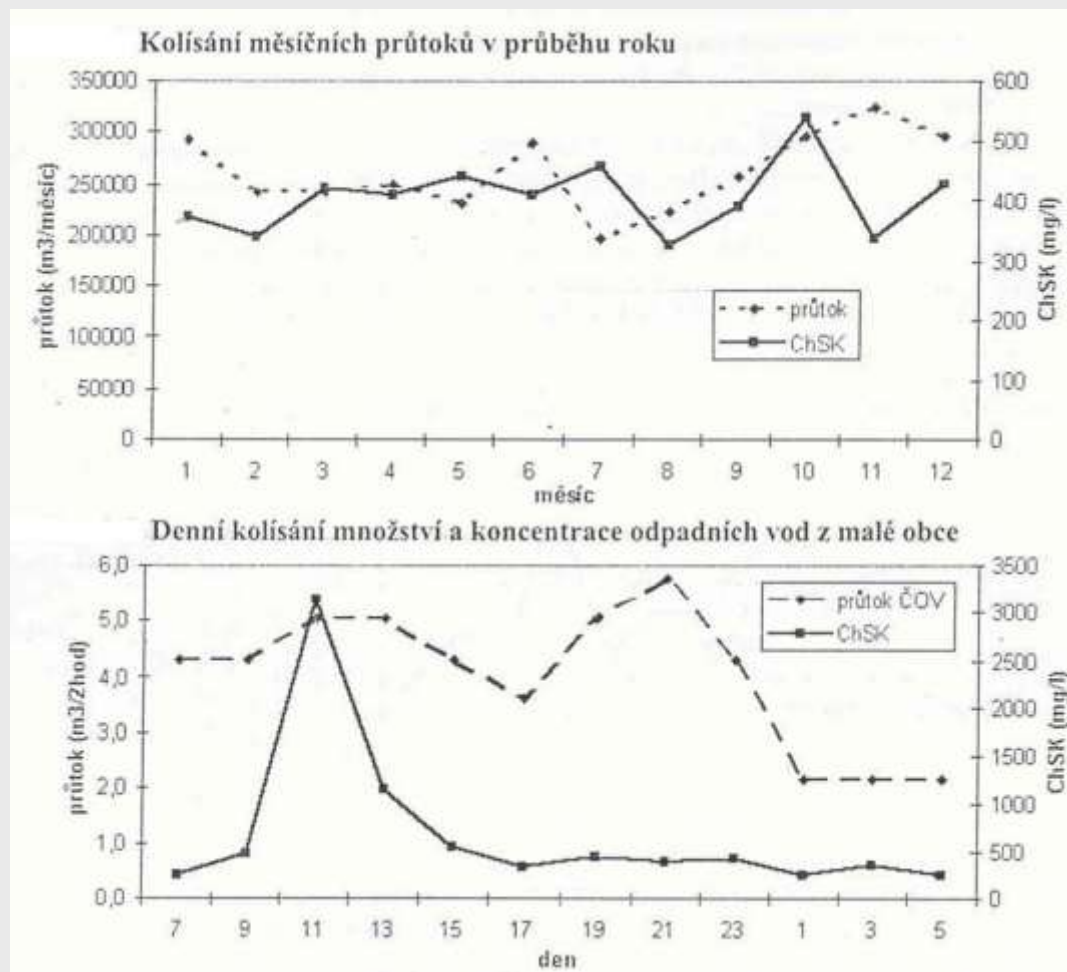


## Doprava odpadních vod

- Tlaková kanalizace – čerpací stanice (česlicové koše)



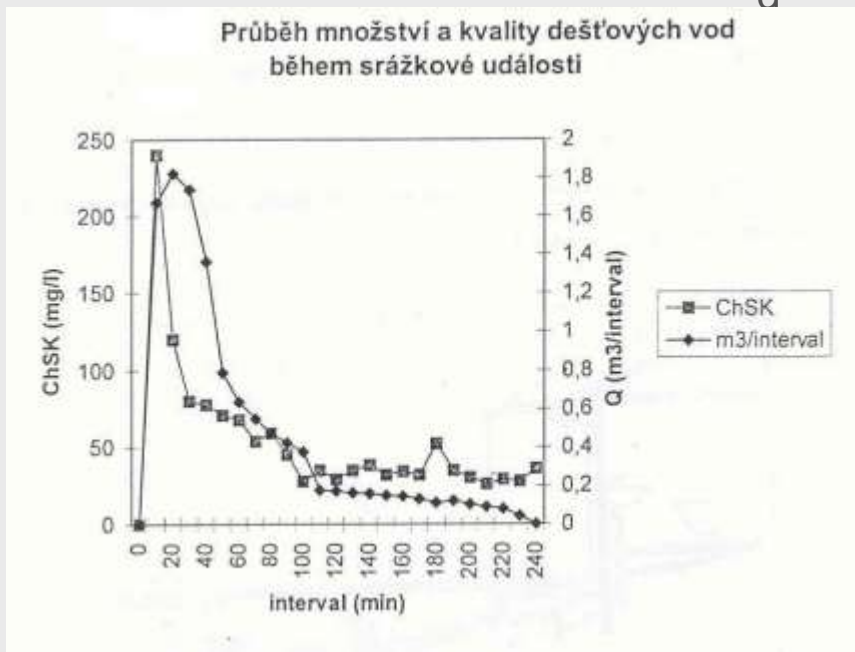
# Hydraulické zatížení čistírny odpadních vod





## Dešťové přítoky

- **Návrh dešťového přítoku** na biologickou linku ČOV (ČSN 75 6401)
  - ČOV do 5000 EO  $1,2 Q_h$
  - ČOV nad 5000 EO  $2 Q_d - Q_B$



## Dešťové přítoky

Přítok odpadních vod

13 060 EO

$Q(24) = 24,9 \text{ l/s}$

$Q(d) = 32,9 \text{ l/s}$

$Q(h) = 63,5 \text{ l/s}$

$Q(\text{dešť}) = 2 Q(d) - Q(b) = 63,5 \text{ l/s}$

MAX PŘÍTOK ZA DEŠTĚ - za poslední odlehčovací komorou:  
400 l/s



OBJEM PRO 20 MINUT  
ZDRŽENÍ

$0,336 \text{ m}^3/\text{s} = 20,16 \text{ m}^3/\text{min}$   
 $20 * 20,16 = 403 \text{ m}^3$

## Dešťové přítoky

- Dešťová zdrž - ČOV Líně u Plzně.

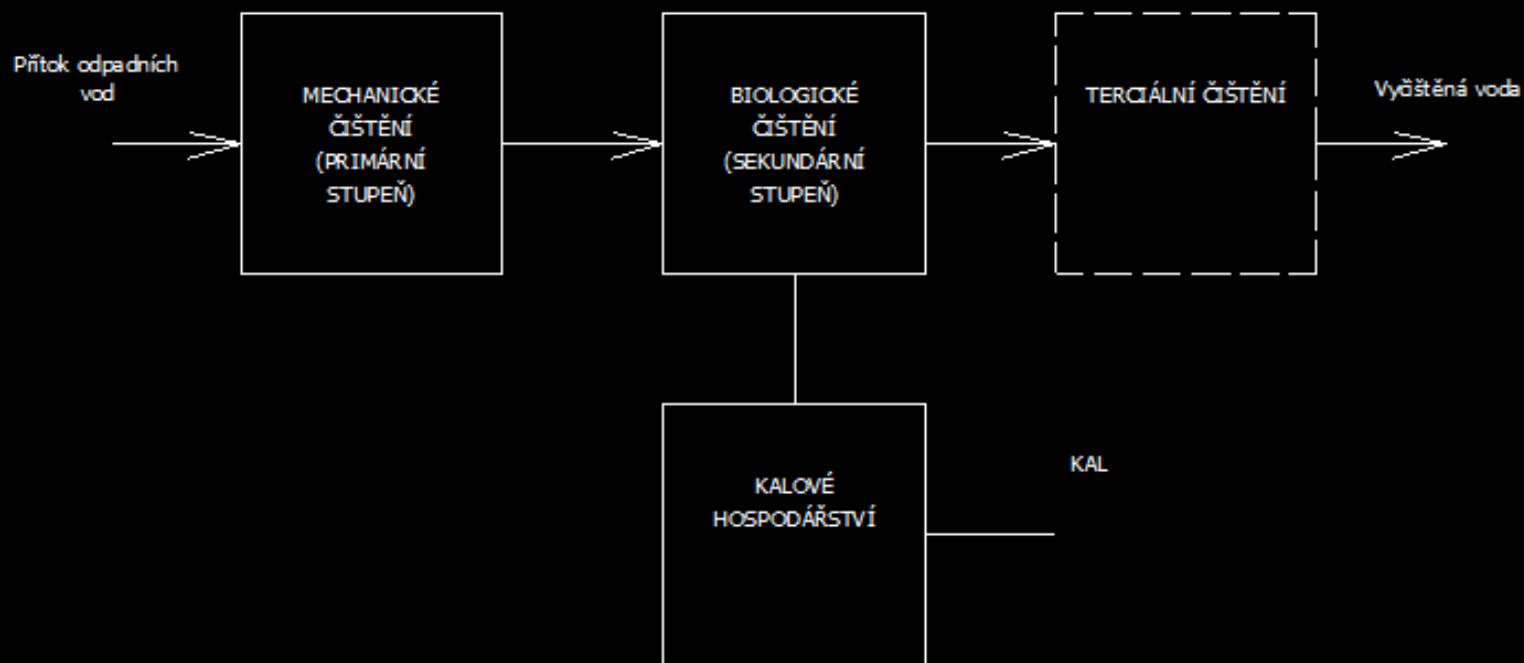


## Dešťové přítoky

- Dešťová zdrž - ČOV Nové Město na Moravě.



# Blokové schéma ČOV



## Mechanické čištění

- 1) **Lapáky štěrku** – pouze u jednotné kanalizace,
  - příslušenství – separátor štěrku
- 2) **Česle**
  - ruční, strojní
  - hrubé, jemné
  - příslušenství – lis na shrabky, propírání shrabků,
- 3) **Lapáky písku**
  - komorové, vertikální, vírové, provzdušňované
  - příslušenství – separátor písku, pračka písku

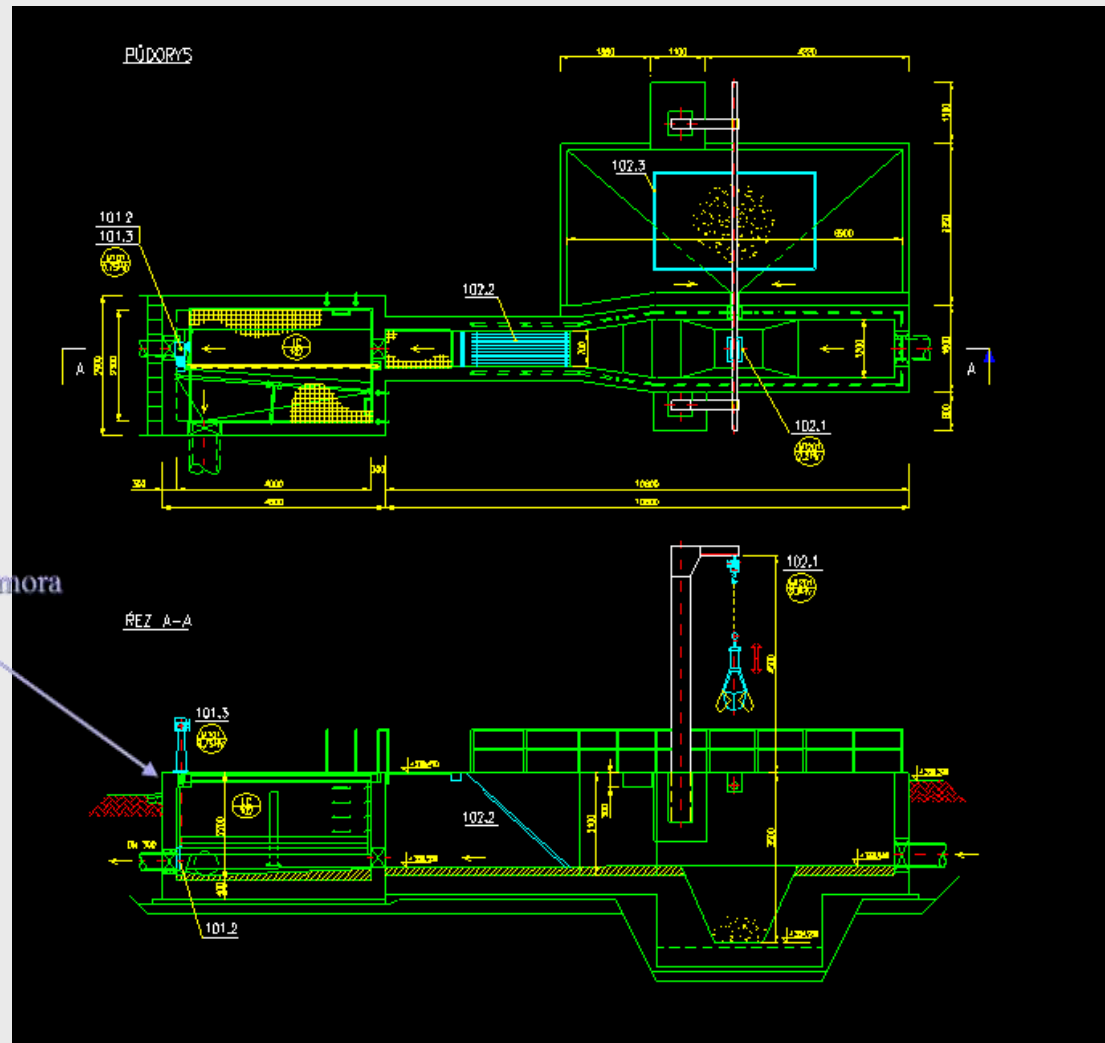
## Mechanické čištění

- 4) **Usazovací nádrže**
  - kruhové, podélné,
  - vzniká primární kal.

# Mechanické čištění

- Lapák štěrku

Odlehčovací komora





## Mechanické čištění

- Lapák štěrku



## Mechanické čištění

- Separátor šterku



## Mechanické čištění

- **Česle** - slouží pro zachycení **hrubých nerozpuštěných látek** a tím působí jako **ochrana** následujících technologií ČOV.
  - **Ruční** (pouze výjimečně),
  - **Strojní** (pákové, rotační, stupňovité, samočistící).
- Podle velikosti **průliny** se rozdělují:
  - **Hrubé,**
  - **Jemné,**
- Odpadním produktem **SHRABKY** – 4 ÷ 8 kg/ (EO a rok):
  - lisování, promývání,
  - skládka, kompostování , spalování.

## Mechanické čištění

- **Složení shrabků:**

50 %	textil,
20 – 30 %	papír,
5 – 10 %	plasty,
2 %	gumové výrobky,
2 – 3 %	zbytky ovoce a zeleniny,
2 – 3 %	nerozpadlé fekálie.

## Mechanické čištění

- Shrabky





## Mechanické čištění

- Česle

### MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

#### Česle ručně stírané - ČR

Česle ručně stírané (ČR) jsou charakterizovány česlicovou mříží, která zabudovaná do otevřeného kanálu vytváří překážku plovoucím a usazeným pevným látkám. Škrabky zachycené na mříži jsou vyjímány ručním hrábem.

ČR nacházejí uplatnění v čistírnách odpadních vod, kde jsou umísťovány do obtokových kanálů a odlehčovacíh kanálů nebo předjemně stropně stírané česle.

#### Technické údaje

Sátka kanálu:	B	400 + 2000 mm
Hloubka kanálu:	H	500 + 3000 mm
Sátka průřezu:	e	15, 20, 30, 60, 100 mm
Sklon česle:	α	35 + 60°

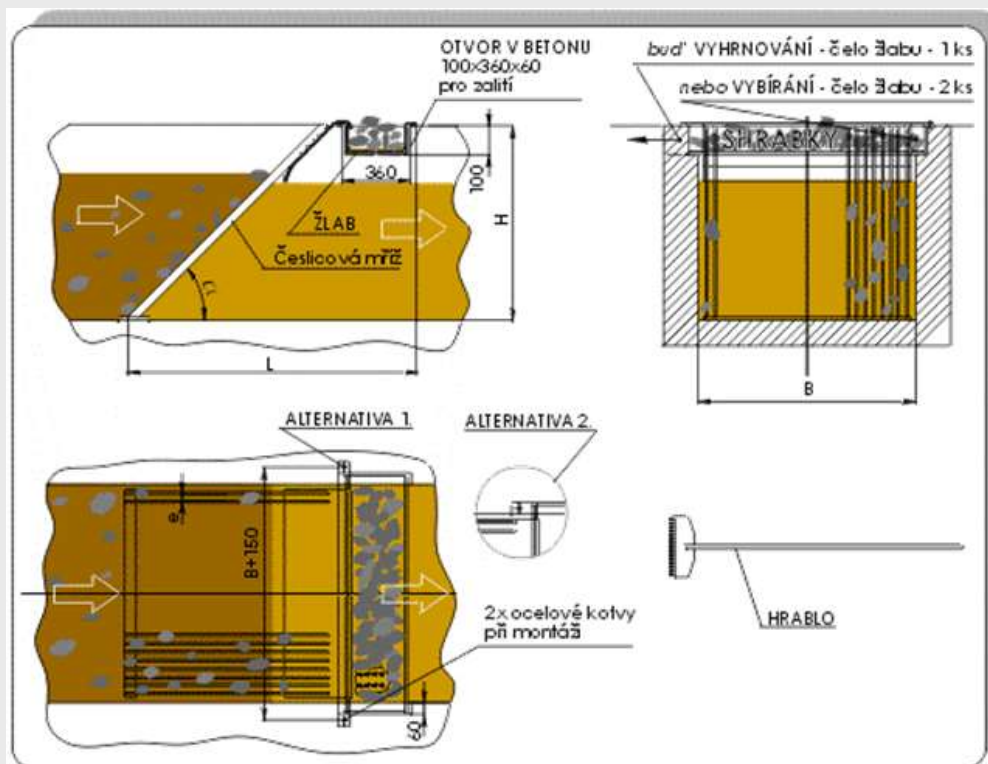
Jiné než tabulkou parametry je třeba provádět a sjednat.

Označení výrobku ČR B101000:

Pozn: Pro větší šířky kanálů je možné česle ručně stírané montovat ve dvojicích.



ISO 9001



## Mechanické čištění

- Česle



## Mechanické čištění

- Česle

kontinuální filtrační pás

MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

### Samočistící česle - SČČ

Použití zařízení

Samočistící česle (typ SČČ) jsou univerzálním odčůvčecím nespojitým štěr z kapalin. Uplatnění nacházejí v čísních odpadních vod, v průmyslu masném, chemickém, koželužném, pivovarském, bramboráckém, úpravárních vod, čísních staniích atd. Začínají se do vstupního odtoku mechanického předčištění na síto pískových klanů, odkud vynášejí zachycené třísky z hloubky 0,4-0,8 m nad úroveň hrany anodového stěže podlaží, do výšky posčtené následně k sídlu (kontejner, šnekový dopravník, trasování stratiů atp.). Česle je i použiti vložení do stávajících betonových jímek, usazení nádže apod., zejména u průmyslových provozů, kde je předčištění odpadních vod řešeno při rekonstrukci čísní. Předností je použití i pro hluboké klaně a uplatnění samočistícího efektu filtračního pásu.

#### Právní provozních údajů

Průtok Q	5-1000 l/s (3000 m³/h)
Sířka klanů	350-2000 mm
Hloubka klanů	450-1000 mm
Průřez	1, 3, 6, 10, 15 mm
Príkon	0,12-0,75 kW
Sklon rámců	60, 70, 75, 80, 85, 90°

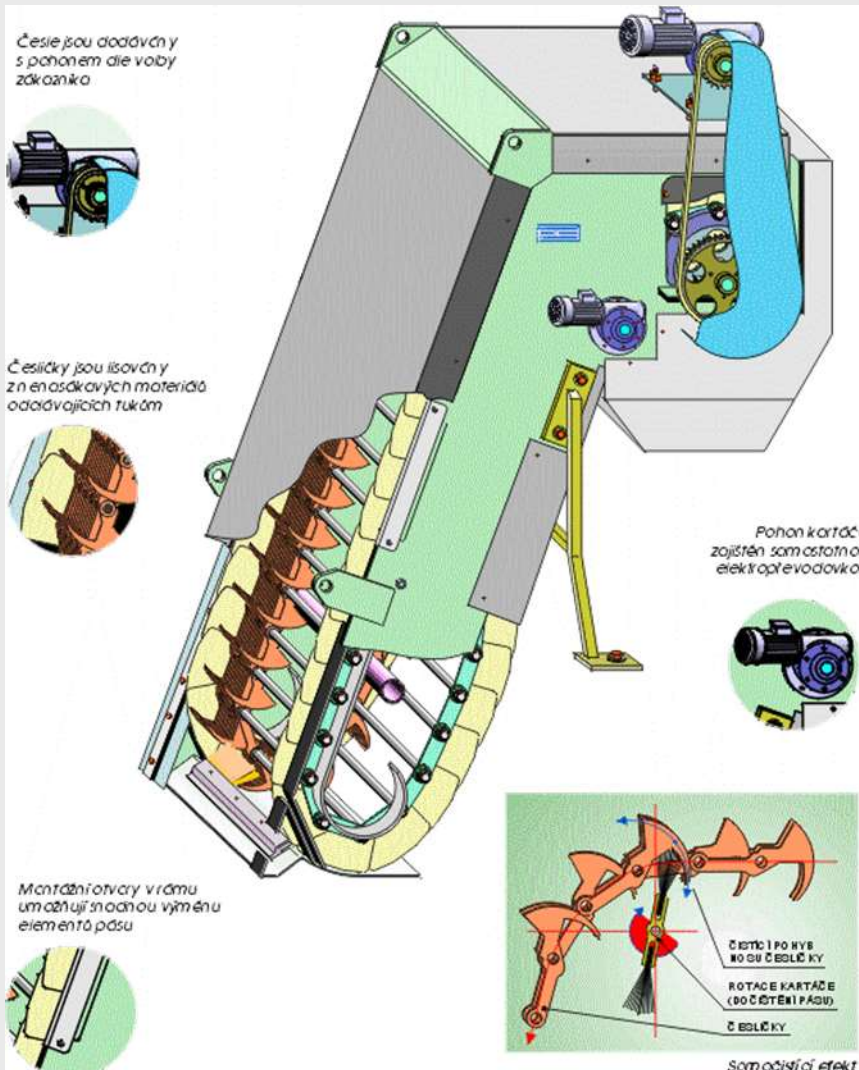
\* Pro síť v klaně větší než 1,25 m jsou šesle provedeny jako tzv. BIKART s posčtením pro síť v klaně až 2,2 m.



ISO 9001

SČČ-V na ČOV Prostějov

SČČ-V na ČOV v Brně-Medlově - celkový pohled





## Mechanické čištění

- Česle



## Mechanické čištění

- **Rotační česle:**
  - Mechanické předčištění, lisování v jednom zařízení,
  - průtok až 2800 l/s,
  - jemnost prūlin: 6 / 10 mm,
  - šířka žlabu: 600 – 3000 mm,
  - provoz až do teploty  $-25^{\circ}\text{C}$ ,
  - dopravník shrabků do 12 m,
  - instalace do žlabu i do nádoby
  - plněautomatický provoz.



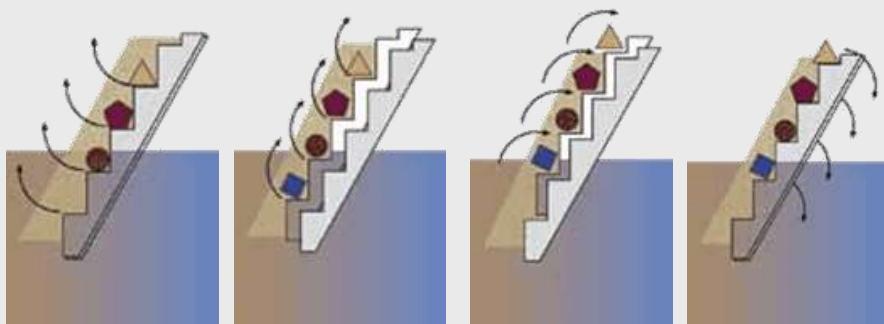
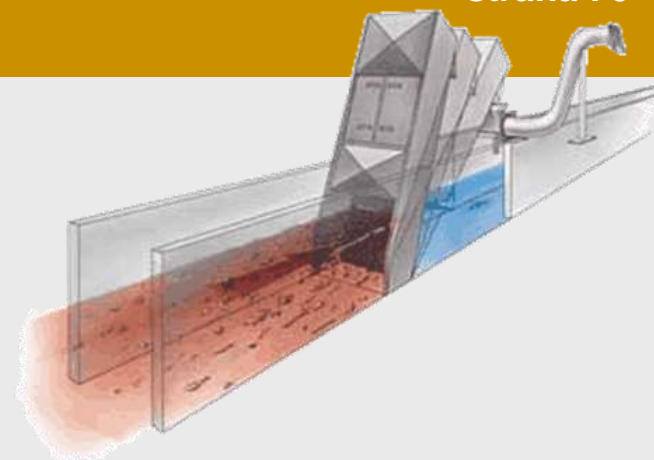
## Mechanické čištění

- Rotační česle



## Mechanické čištění

- **Česle STEP SCREEN:**
  - Doprava shrabků pomocí stupňovitých lamel,
  - průtok až 3300 l/s,
  - jemnost průlin: 3 / 6 mm,
  - malá zástavbová délka (instalace pod úhlem 45°),
  - plně automatický provoz.





## Mechanické čištění

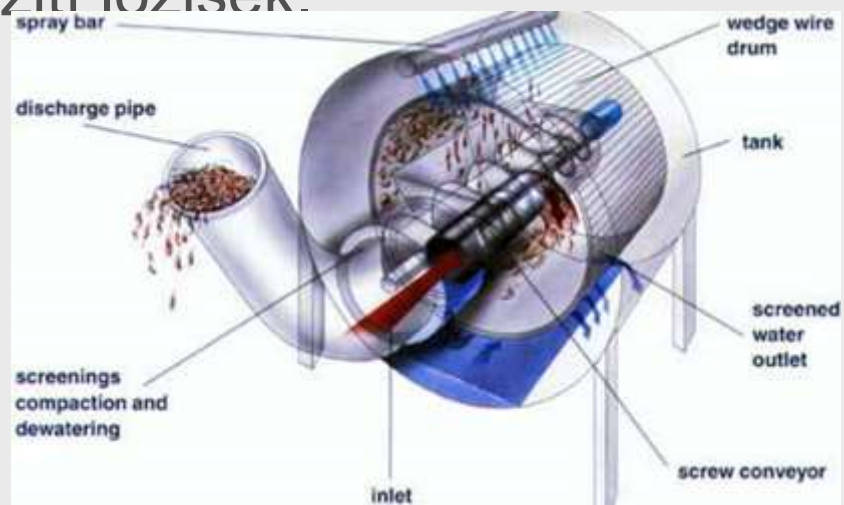
- Česle STEP SCREEN



## Mechanické čištění

- **Bubnové síto:**

- Čištění médií s vysokým podílem rychle sedimentovatelných látek,
- vhodné pro připojení na potrubní systém, jemnost průlin: 0,25 - 6 mm,
- pohyb síta na kladkách bez použití ložisek.



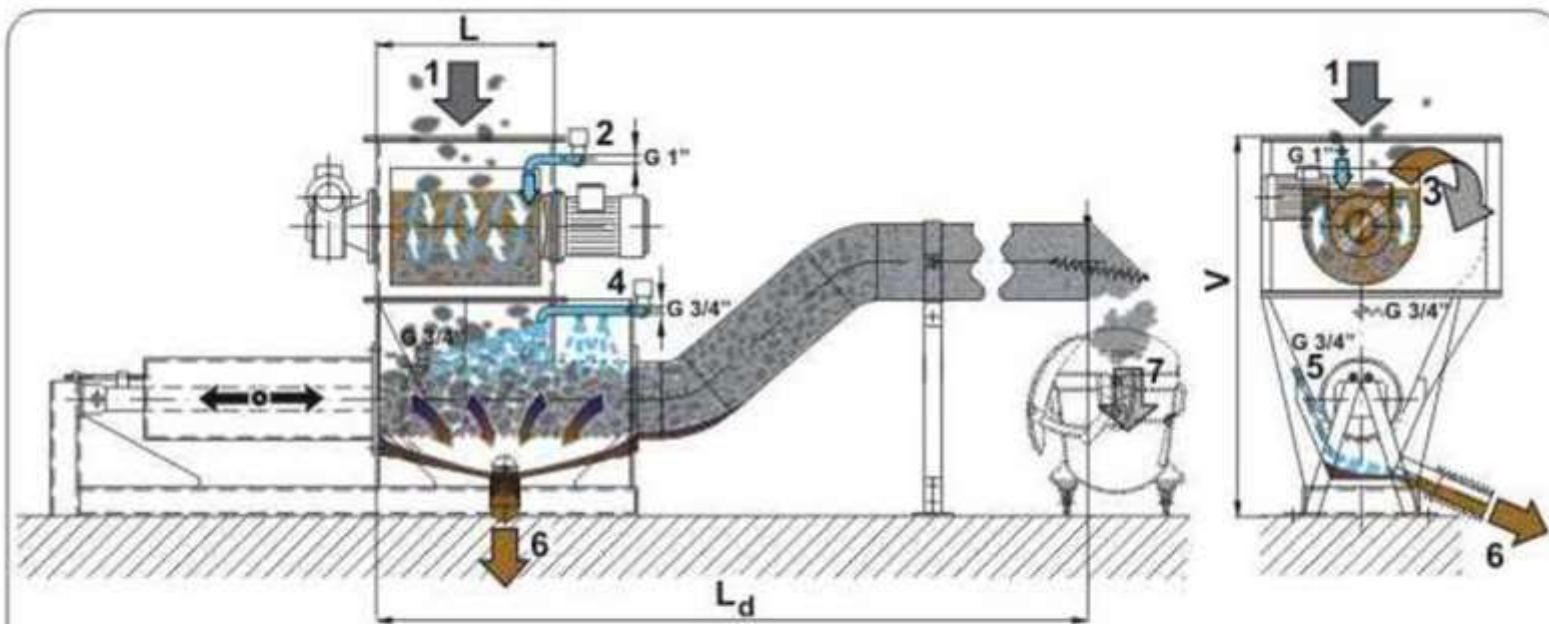
## Mechanické čištění

- Bubnové síto



## Mechanické čištění

- Pračka a lis na shrabky



- 1 - Vstup shrabků 2 - Přívod prací vody 3 - Vyklopení vypraných shrabků do prostoru lisu  
 4 - Přívod promývací vody 5 - Přívod oplachovací vody 6 - Výstup prolisku 7 - Výstup shrabků



## Mechanické čištění

- Pračka a lis na shrabky



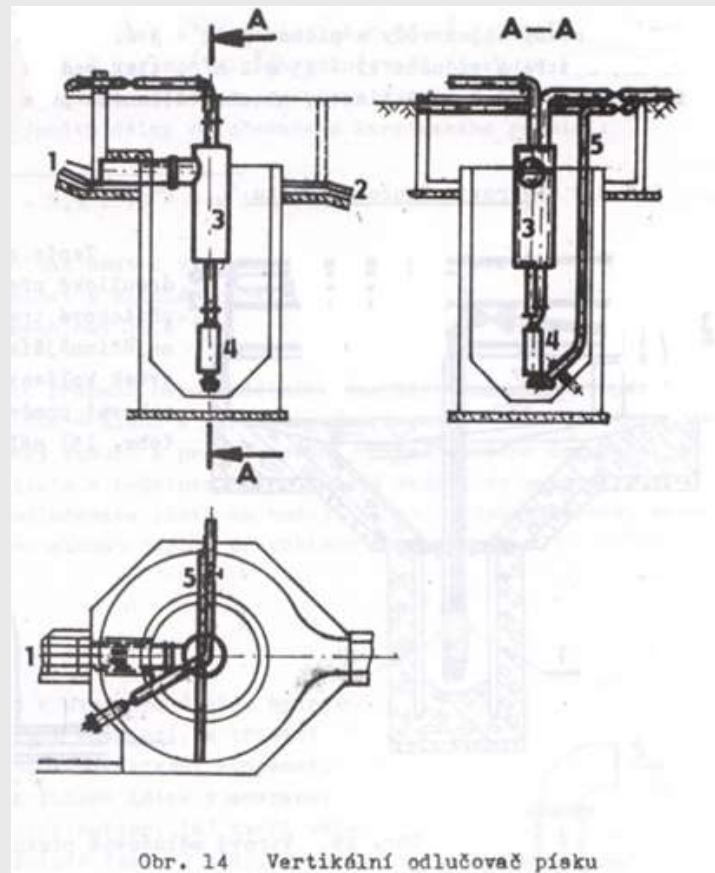
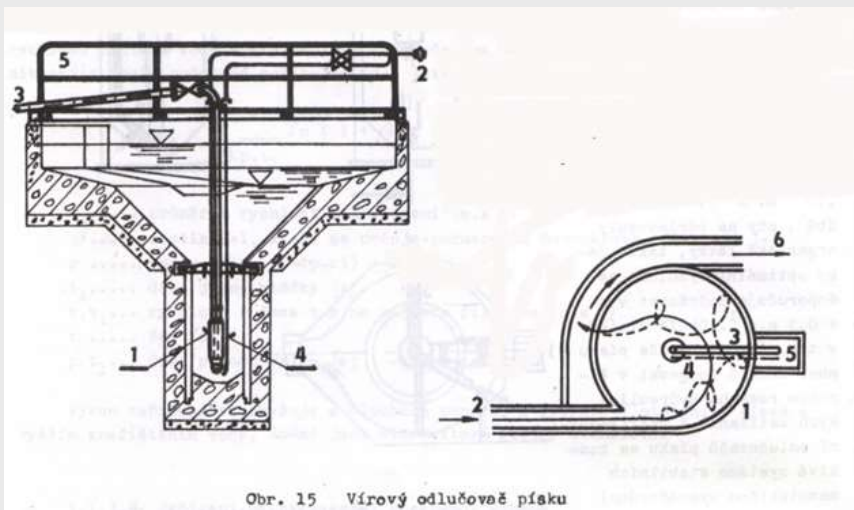
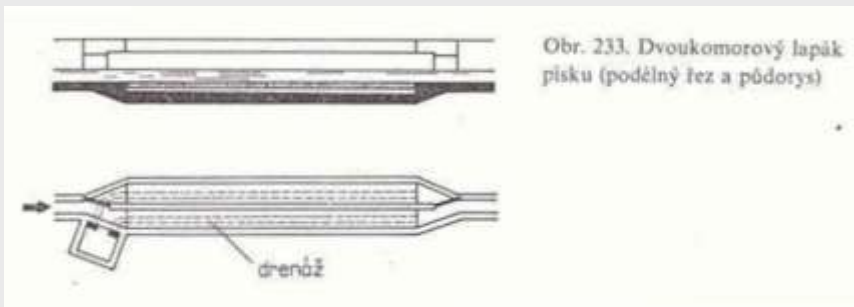
## Mechanické čištění

- Lapáky písku



## Mechanické čištění

- Lapáky v písku





## Mechanické čištění

- Štěrbínový lapák písku – ČOV Bohdalov



## Mechanické čištění

- Štěrbínový lapák písku



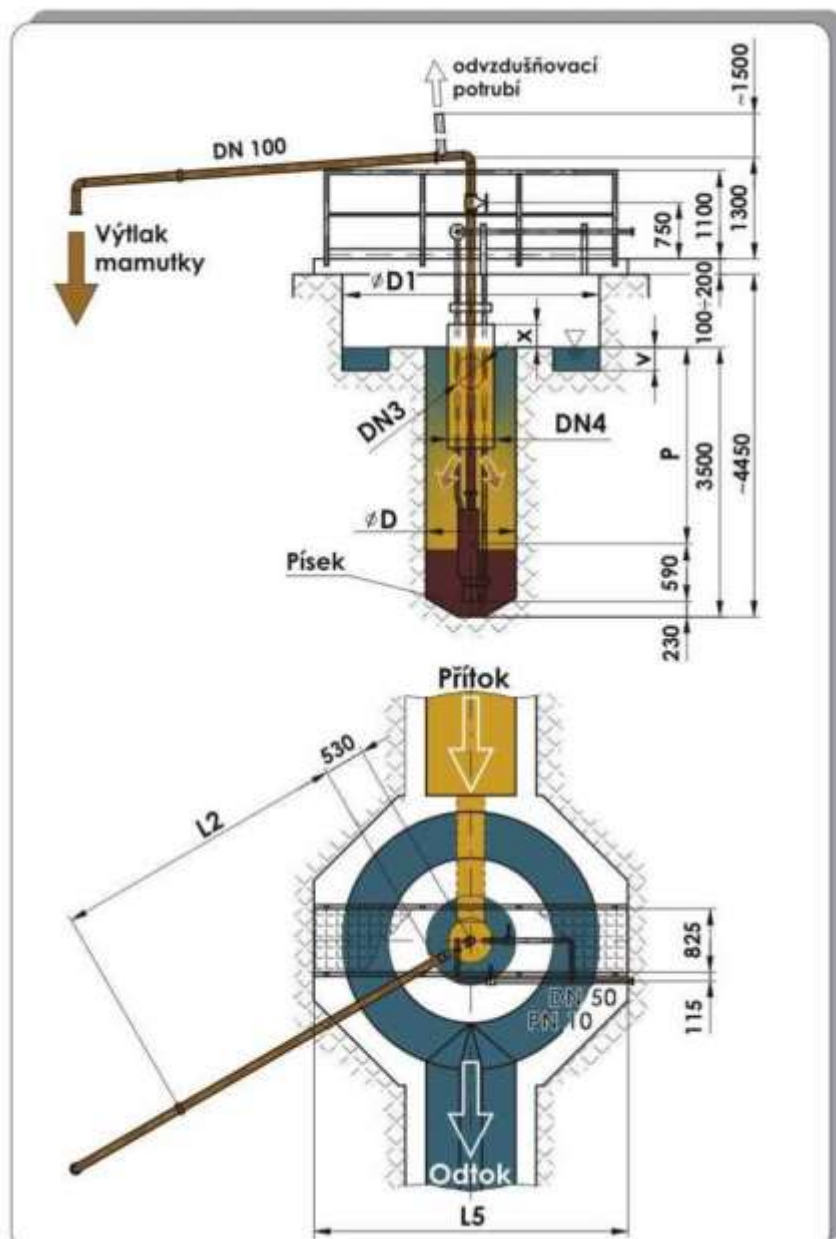
## Mechanické čištění

- Vertikální lapák písku



## Mechanické čištění

- Vertikální lapák písku





## Mechanické čištění

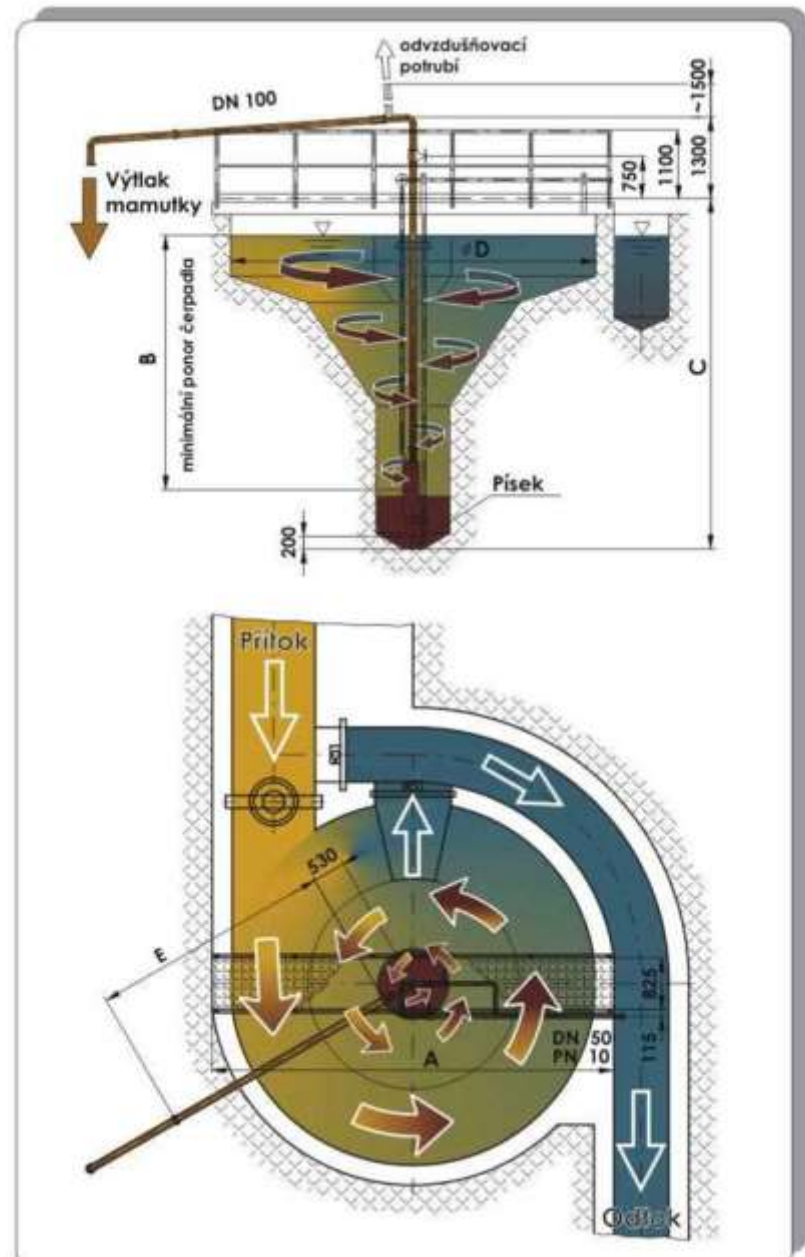
- Vírový lapák písku





## Mechanické čištění

- Vírový lapák písku



## Mechanické čištění

- Provzdušňovaný lapák písku – ČOV Dobřany



## Mechanické čištění

- Provzdušňovaný lapák písku



## Mechanické čištění

- **Separátor písku:**

- Přítok až 16 l/s,
- odloučení sedimentu až 95 % při velikosti zrna 0,2 mm
- připojení pomocí přírub,
- automatický provoz,
- zateplení pro provoz mimo budovu,
- možnost prodloužení dopravníku písku.





## Mechanické čištění

- Separátor písku – ČOV Moravany



## Mechanické čištění

- **Pračka písku**

- Příklad až 16 l/s,
- odloučení sedimentu až 95 % při zrnitosti 0,25mm,
- ztráta žíháním < 3 %,
- připojení pomocí přírub,
- zateplení pro provoz mimo budovu,
- možnost prodloužení dopravníku až na délku 12 m,
- maximální množství vytěženého písku 3 t/h.



## Mechanické čištění

- Pračka písku



## Mechanické čištění

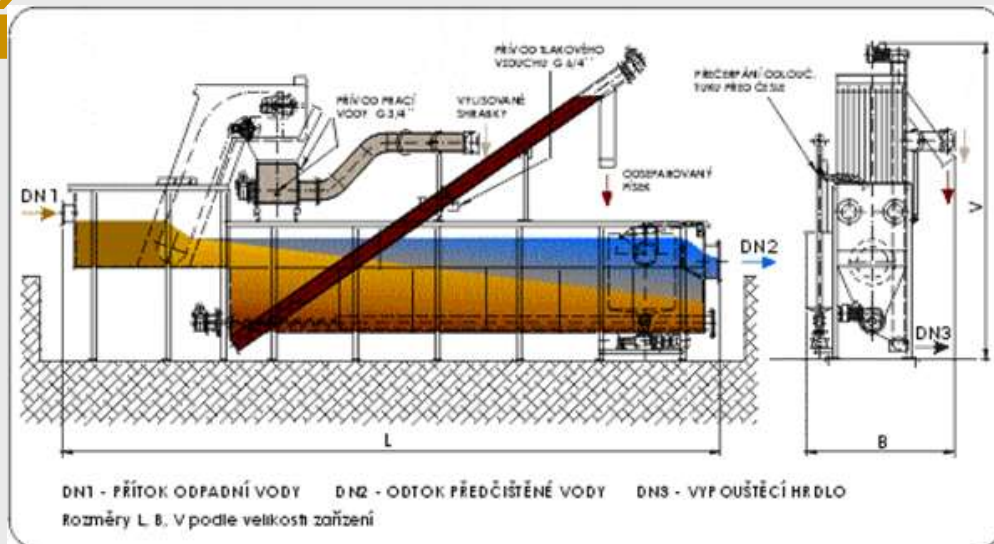
- **Pračka písku - výsledný produkt (písek) zařízení HUBER RoSF 4**





## Mechanické čištění

- Kombinovaná zařízení



## Mechanické čištění

- Usazovací nádrže



## Mechanické čištění

- **Usazovací nádrže**
  - slouží ke **gravitační separaci** suspendovaných látek (menších než 0,2 mm) obsažených v odpadní vodě,
  - nepoužívají se u malých ČOV a u systémů s aerobní stabilizací kalu,
  - **základní rozdělení:**
    - s **vertikálním** průtokem,
    - s **horizontálním** průtokem,
    - **pravoúhlé,**
    - **kruhové.**

## Mechanické čištění

- Usazovací nádrž – ČOV Moravské Budějovice



- Usazovací nádrž – ČOV Holýšov





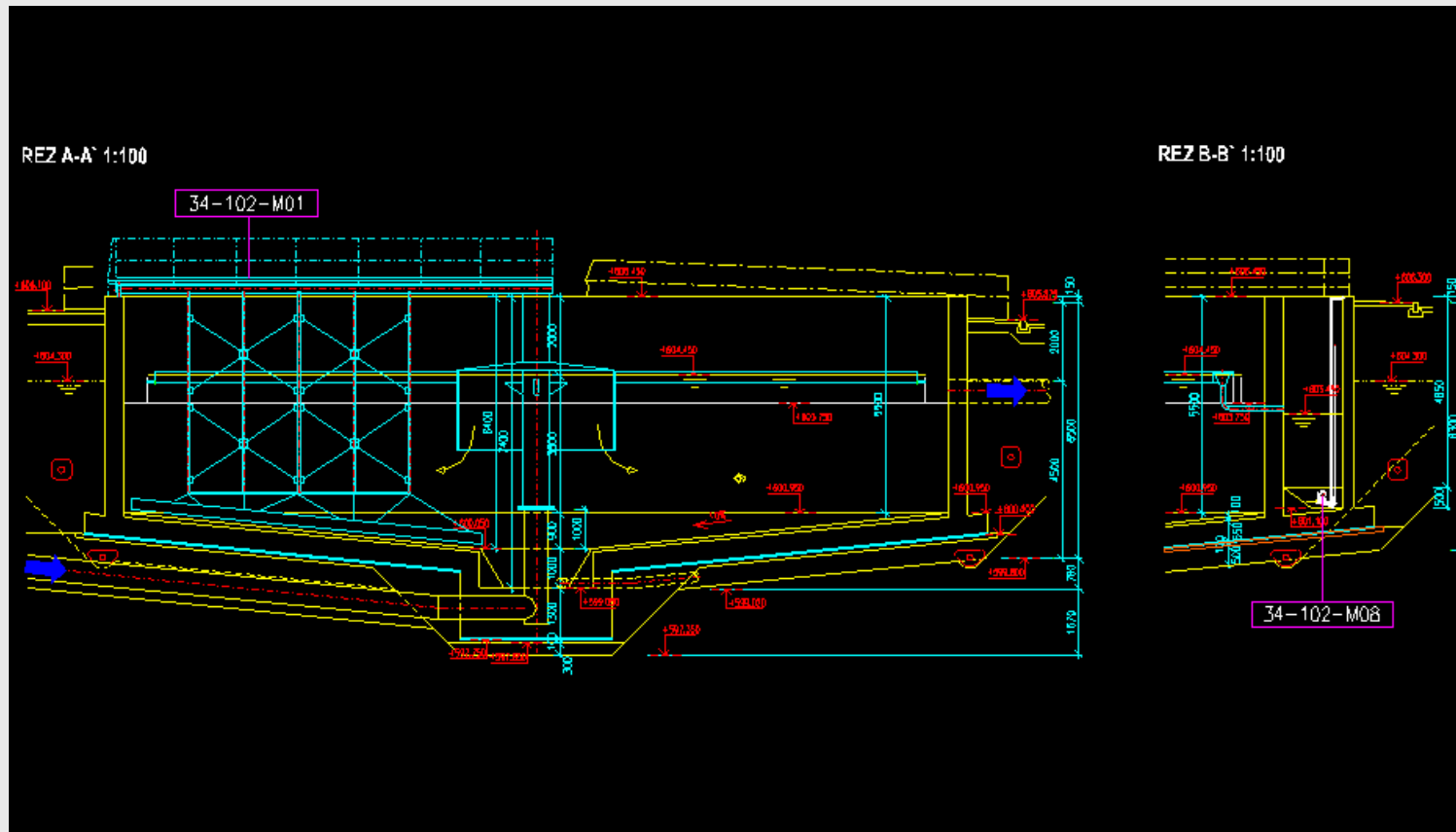
## Mechanické čištění

- Usazovací nádrž – ČOV Tišnov
- Usazovací nádrž – ČOV Blansko



# Mechanické čištění

- Řez kruhovou horizontálně protékanou **usazovací nádrží**.



## Mechanické čištění

- Usazovací nádrž UČOV Praha





## Mechanické čištění

- Usazovací nádrž UČOV Praha



# Biologické čištění odpadních vod

- **BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ (SEKUNDÁRNÍ)**
  - aktivační linka,
  - dosazovací nádrž.

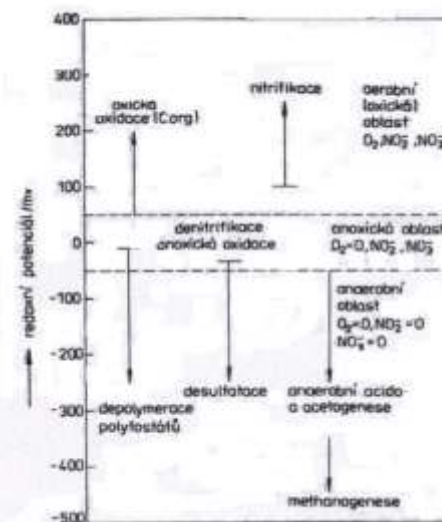


## Biologické čištění odpadních vod

- Při biologickém čištění odpadních vod v **aerobních podmínkách** se uplatňují **biochemické procesy**, podmíněné činností **mikroorganismů**, které rozkládají organické látky (substrát) v odpadní vodě.
- V praxi se realizuje tzv. **aktivačním systémem**.
- **Základní procesy probíhající v aktivační nádrži:**
  - biologická oxidace organického substrátu
  - biologická oxidace amoniakálního dusíku - **Nitrifikace**
  - biologická redukce dusitanů a dusičnanů na plynný dusík – **Denitrifikace**,
  - biologický rozklad fosforu, nebo jeho **chemické srážení**.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Základním principem** všech biologických čistírenských procesů jsou biochemické **oxidačně redukční reakce**.
- **Rozhodujícím faktorem** pro rozdělení těchto reakcí je **konečný akceptor elektronů** a s tím související **hladiny oxidačně redukčních potenciálů**:



Obr. 1.2 Hladiny redoxního potenciálu charakterizující procesy probíhající v oxické (kyslíkaté), anoxické (bezokyslíkaté, avšak v přítomnosti  $NO_2^-$  a  $NO_3^-$ ) a anaerobní oblasti. (Měřeno s elektrodami Pt-Ag/AgCl.)

# Biologické čištění odpadních vod

- **Nitrifikace**

- **biologická oxidace** amoniakálního dusíku na dusičnany a dusitany,
- probíhá ve dvou stupních:

A. **Amoniakální dusík je oxidován na dusitany**  
bakteriemi rodu Nitrosomonas, Nitrosococcus



## Biologické čištění odpadních vod

- **B. Vzniklé dusitany jsou oxidovány na dusičnany**  
rody Nitrobacter a Nitrosocystis
- $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$
- Obě skupiny jsou autotrofní a jako zdroj uhlíku potřebují  $\text{CO}_2$ .
- Celkem se spotřebuje 4,57 kg  $\text{O}_2$  na 1 kg  $\text{NH}_4$  (3,45 + 1,14)

## Biologické čištění odpadních vod

- **Biologická denitrifikace**
  - jedná se o **redukci dusičnanů a dusitanů na  $N_2$ , resp.  $N_2O$** ,
  - mohou ji provádět četné organotrofní bakterie,
  - organizmy mohou využívat oxidované formy dusíku pro syntézu buněčné hmoty,
  - **nitrátová asimilace**: Proces redukce dusičnanů na amoniak za účelem získání dusíku pro syntézu buněčné hmoty.



## Biologické čištění odpadních vod

- **nitratová disimilace:** (respirace) je proces při němž organizmy využívají dusičnanový dusík jako konečný akceptor elektronů místo molekulárního kyslíku.



- např.: **zdrojem uhlíku** je v tomto případě Glukoza:



## Biologické čištění odpadních vod

- **Odstraňování fosforu – chemické srážení**

- chemické srážení fosforečnanů spočívá ve tvorbě **nerozpustných sloučenin**,

- následná reakce se dá zjednodušeně popsat:



- současně s touto reakcí probíhá **tvorba hydroxidů**:



kde Me je obecný kov

- vzniklé **koloidní částice** se shlukují do větších **vloček**, které je možno separovat sedimentací v **dosazovacích nádržích**.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Odstraňování fosforu – chemické srážení**
  - jako **srážedla** se používají:
    - síran železitý
    - síran hlinitý
    - síran železnatý
    - hlinitan sodný
    - chlorid železnatý
    - chlorid železitý

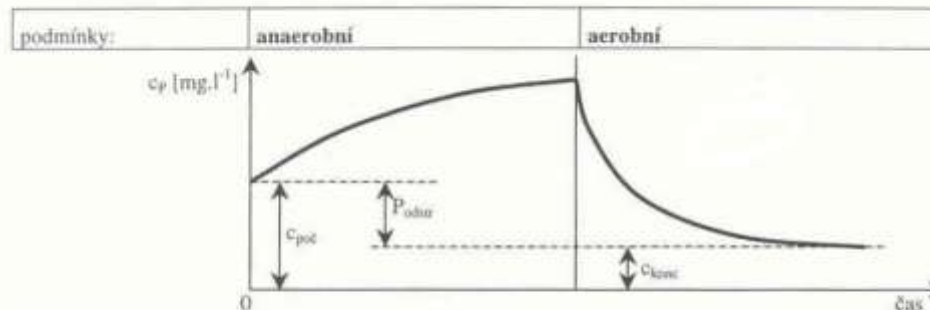
Všechny výše uvedené soli (mimo hlinitan sodný) **snižují pH systému**. Při dávkování je třeba důkladného promísení srážedla s vodou (cca 20 minut).

## Biologické čištění odpadních vod

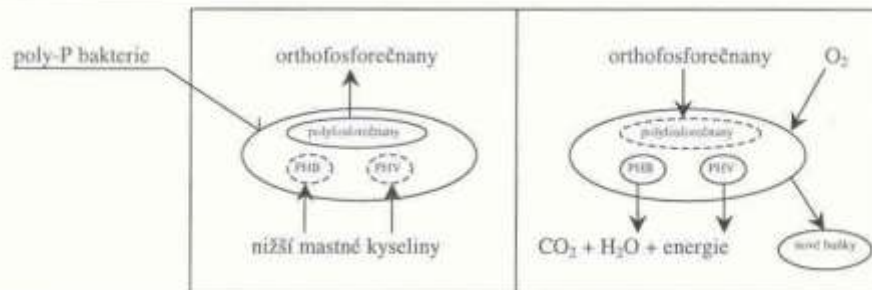
- Biologické odstraňování fosforu

Princip biologického odstraňování fosforu

$c_p$  – koncentrace fosforu,  $c_{poč}$  – počáteční koncentrace P,  $c_{konec}$  – konečná koncentrace P,  $P_{odstr}$  – odstraněný P



rozklad:	org.látky (nižší mastné kyseliny)	PHB a PHV
produkty:	PHB a PHV	$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energie}$
zdroj energie	rozklad polyfosforečnanů	oxidace PHB a PHV
energie se spotřebovává:	na tvorbu PHB a PHV	na tvorbu polyfosfátů + nových buněk



## Biologické čištění odpadních vod

- **Základní modifikace aktivačního procesu**

Rozdělení aktivačního systému **podle zatížení:**

Typ	BV [kg.m <sup>-3</sup> .d <sup>-1</sup> ]	BX [kg.kg <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> ]	$\theta_x$ [d]	$\theta$ [h]
<b>Nízkozatížené</b>	0,1 – 0,3	0,05 – 0,08	20+	24-72
- účinnost: oxidace org. látek: 95 %, nitrifikace: 90+ %, simultánní procesy				
<b>Střednězatížené</b>	0,3 – 1	0,08 – 0,5	3-15	4-12
- účinnost: oxidace org. látek: 95%, nitrifikace: 30 – 50%				
<b>Vysokozatížené</b>	nad 1	1-2	1-3	1-2
- účinnost: oxidace org. látek: 75 %, nitrifikace: 0%				

## Biologické čištění odpadních vod

- **Metody aerace - mechanická**

- Aerátory**
- s horizontální osou rotace
    - aerační válce
  - s vertikální osou rotace
    - aerační turbíny

### **Základní problémy:**

- častá poruchovost
- tvorba aerosolů
- negativní vliv na vločky
- ochlazování aktivace
- malá hloubka aktivace



## Biologické čištění odpadních vod

- **Mechanická aerace**



## Biologické čištění odpadních vod

- Mechanická aerace



## Biologické čištění odpadních vod

- **Metody aerace – pneumatická aerace**
  - zdrojem **tlakového vzduchu** – kompresor, dmychadlo,
  - vzduch je do nádrže dávkován **aeračními elementy**,
    - **hrubobublinnými** ( $d > 10$  mm)
    - **středobublinná** ( $d = 4 - 10$  mm)
    - **jemnobublinná** ( $d = 1 - 4$  mm)



## Biologické čištění odpadních vod

- Jemnobublinné aerační elementy – ČOV Šumperk



## Biologické čištění odpadních vod

- Jemnobublinné aerační elementy



## Biologické čištění odpadních vod

- Dmychadla

### Princip činnosti

dva speciálně profilované trojčité rotační písty jsou konstruovány tak, že se mohou otáčet proti sobě s minimální vůlí mezi sebou, jejich polohu a synchronizaci určuje rozvodové ústrojí.



Křídlo pístu prochází kolem vstupu do dmychadla, vzduch se přitom nasaje do prostoru mezi dvě křídla.



Píst umáší zachycený vzduch, který je poté stlačen



Zachycený vzduch má nyní tlak vytlačného potrubí a je hnán přes tlumič výtlaku do společného hlavního sběrače.

### KONSTRUKČNÍ PRVKY DMYCHADLA



Na rotujících hřídelích je těsnění bezkontaktního labyrintového typu. Prvky rozvodu a pohonu jsou utěsněny o-kroužky, které dokonale zabraňují průsaku oleje.



V zájmu dosažení maximální tuhosti a pevnosti je skříň dmychadla hustě žebrovaná. Skříň dmychadla, ložisková skříň a koncové kryty jsou vyrobeny z šedé litiny (GG20). Konstrukce skříň dmychadla umožňuje snadné zpětné proudění, které snižuje tlakovou pulsaci.



Šikmозubá kola rozvodového ústrojí jsou vyrobená z kalené legované oceli a připevněna ke kónickému nastavci hřídele pojistnou matiči. Ozubená kola a ložiska jsou mazána olejovým rozstříkáním.



Trojčité písty jsou zhotoveny z tvárné litiny (GGG40), upraveny na hřídel pomocí za tepla lisovaného uložení a jejich dynamické vyvážení umožňuje hladký provoz. Vysoká přesnost při výrobě povrchu hřídele pístu zaručuje provoz s nepatrnými odstupy mezi oběžnými koly a maximální účinnost dmychadla.



## Biologické čištění odpadních vod

- Dmychadla



## Biologické čištění odpadních vod

- Míchání aktivačních nádrží



## Biologické čištění odpadních vod

- Míchání aktivačních nádrží



## Biologické čištění odpadních vod

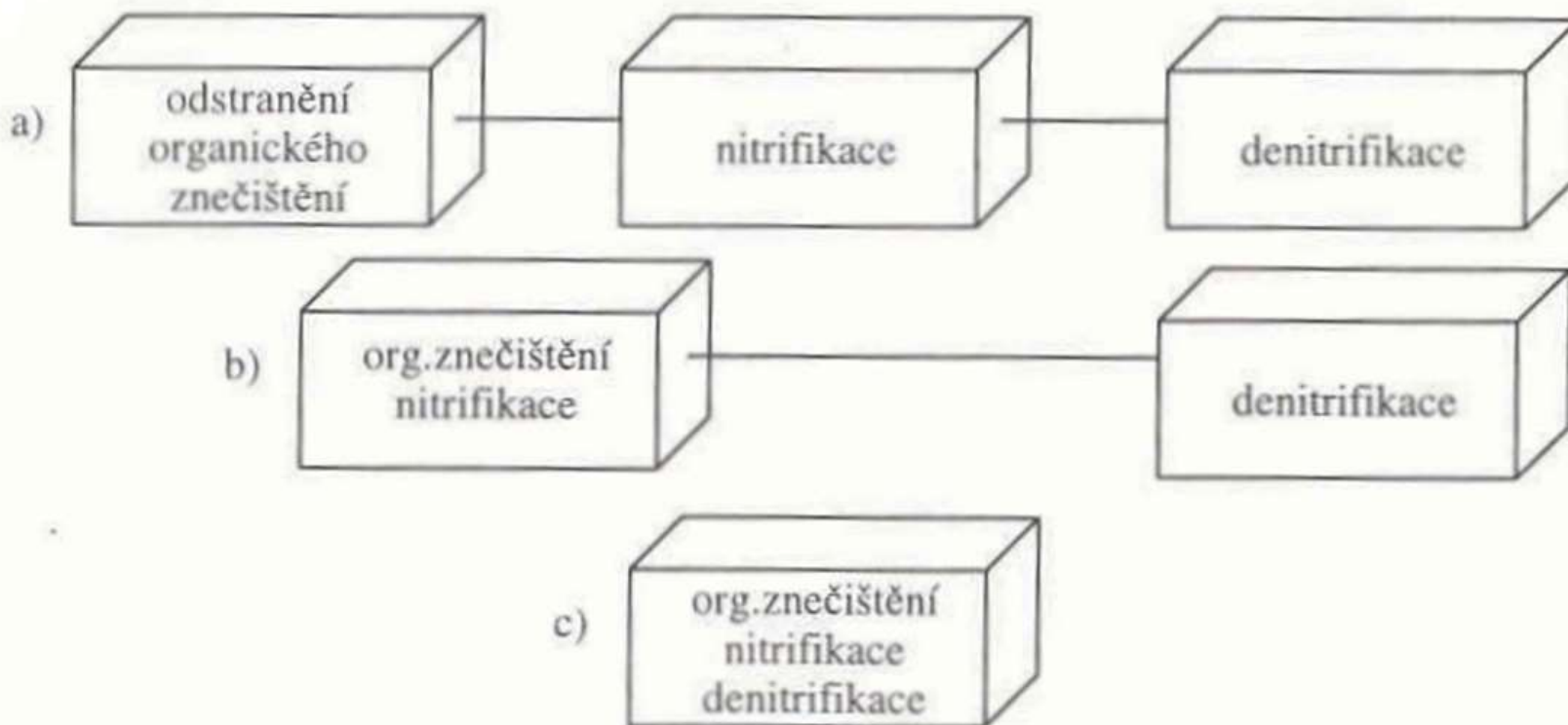
- Míchání aktivačních nádrží



## Biologické čištění odpadních vod

- Aktivační systémy pro odstraňování nutrientů

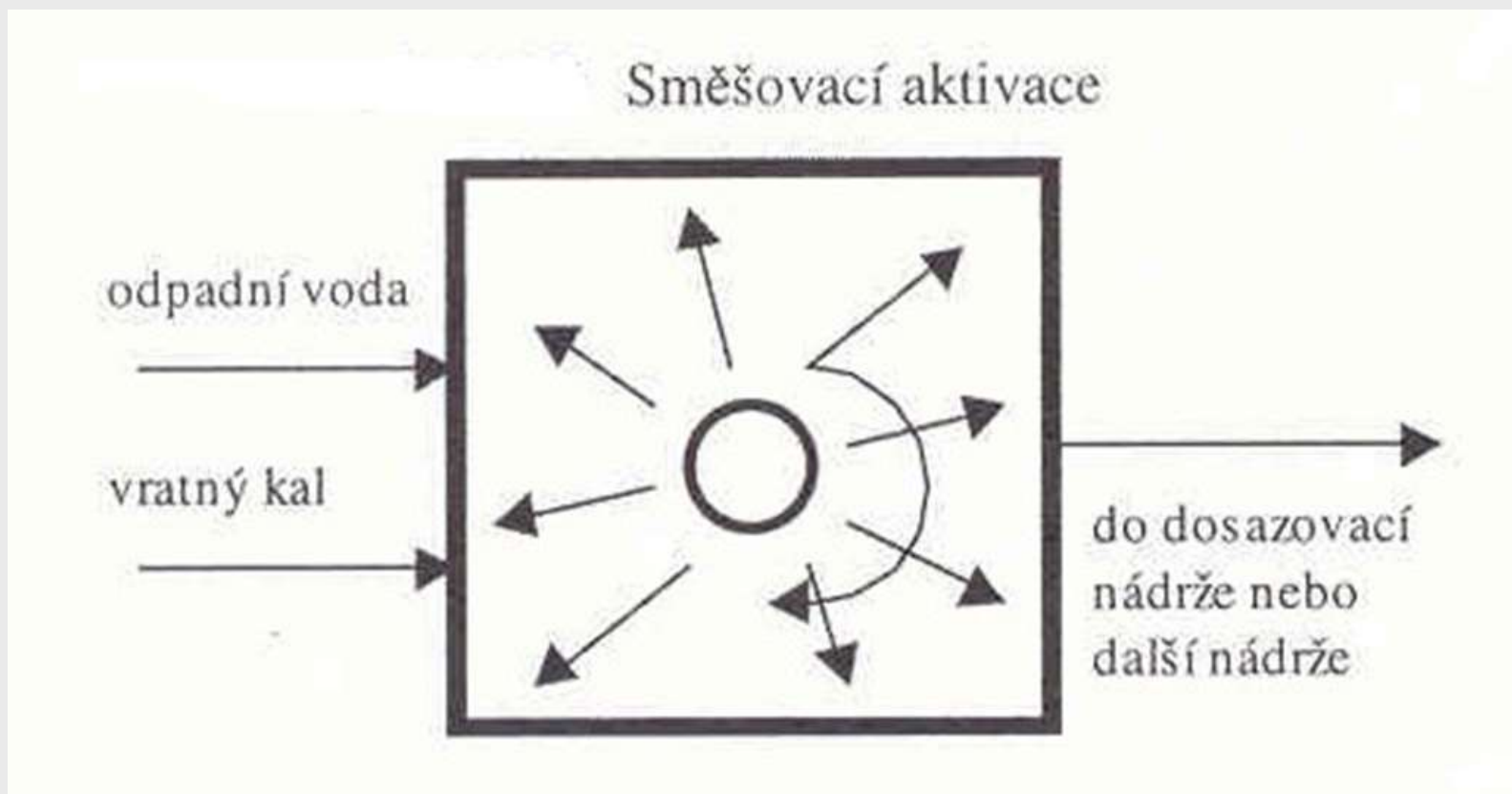
Tři přístupy k odstranění organického znečištění a dusíku z odpadní vody





## Biologické čištění odpadních vod

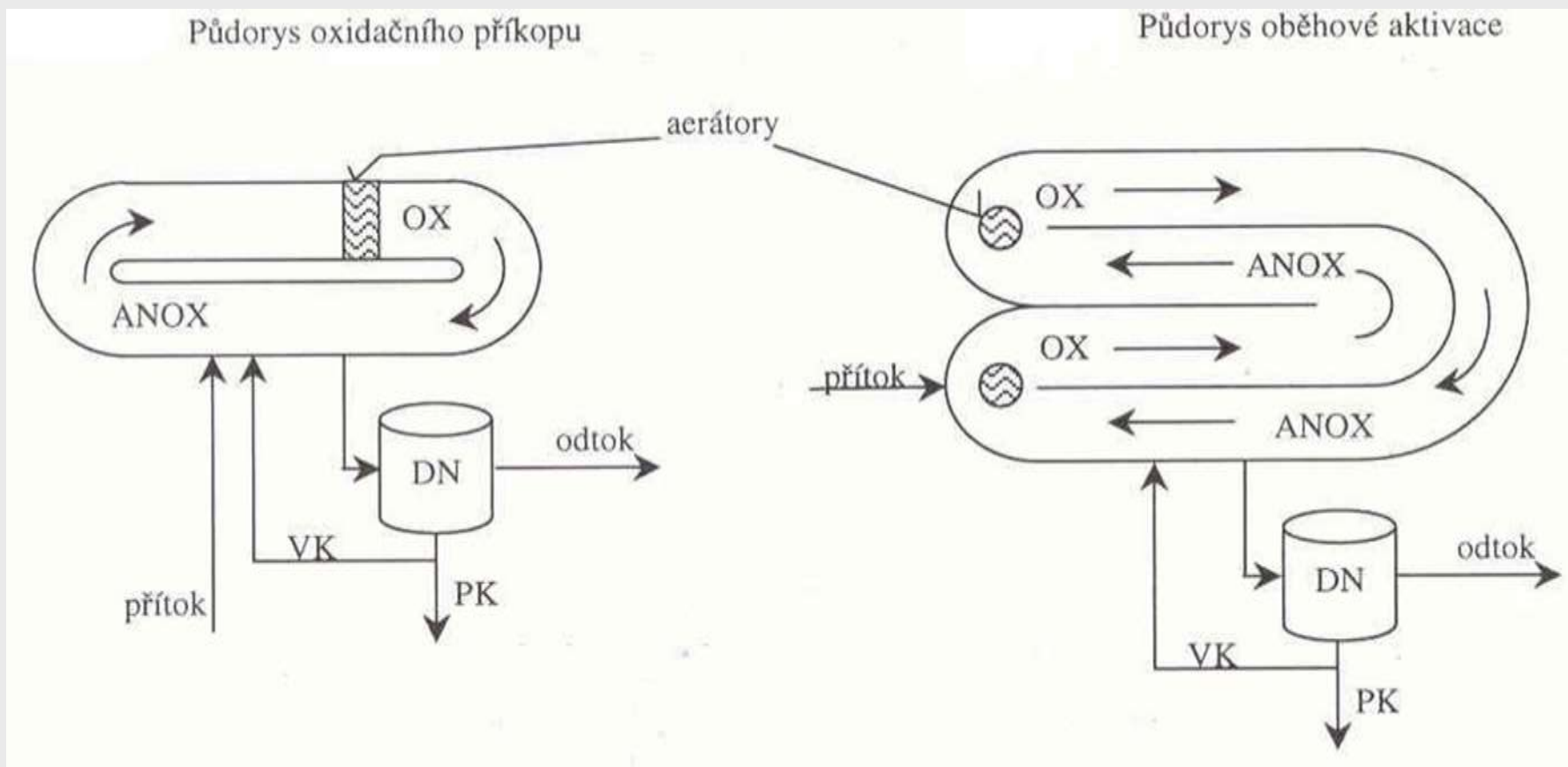
- Aktivační systém s řízenou aerací





# Biologické čištění odpadních vod

- Oběhová aktivace



## Biologické čištění odpadních vod

- Aktivační systémy pro odstraňování nutrientů



## Biologické čištění odpadních vod

- Aktivační systémy pro odstraňování nutrientů



## Biologické čištění odpadních vod

- **Aktivační systémy pro odstraňování nutrientů**





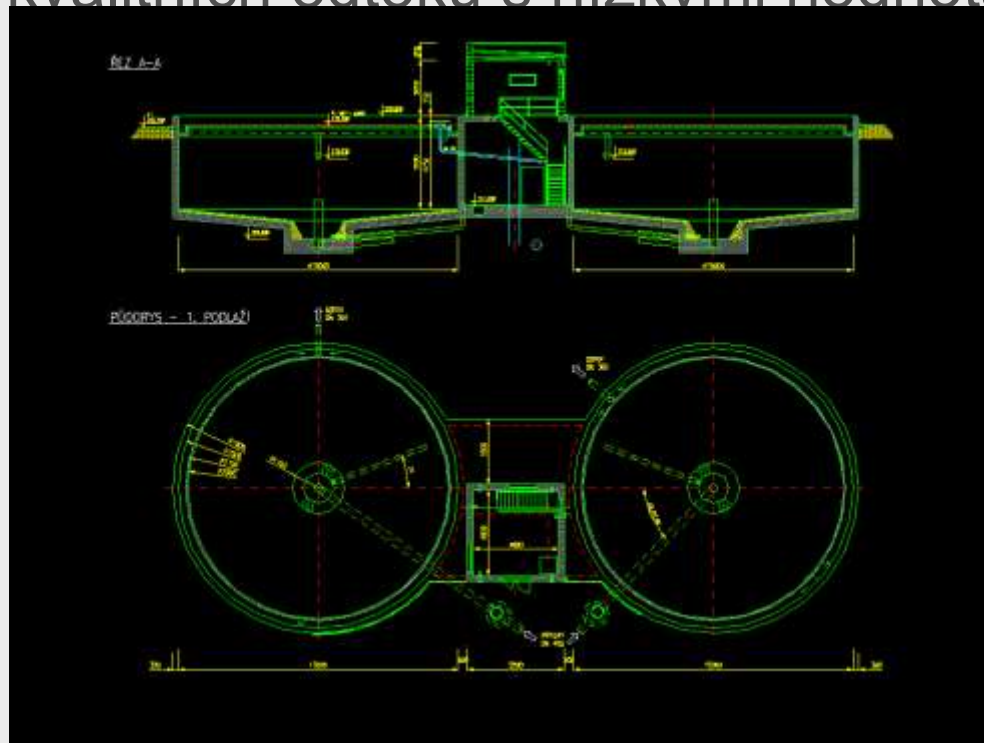
## Biologické čištění odpadních vod

- **Aktivační systémy pro odstraňování nutrientů**



## Biologické čištění odpadních vod

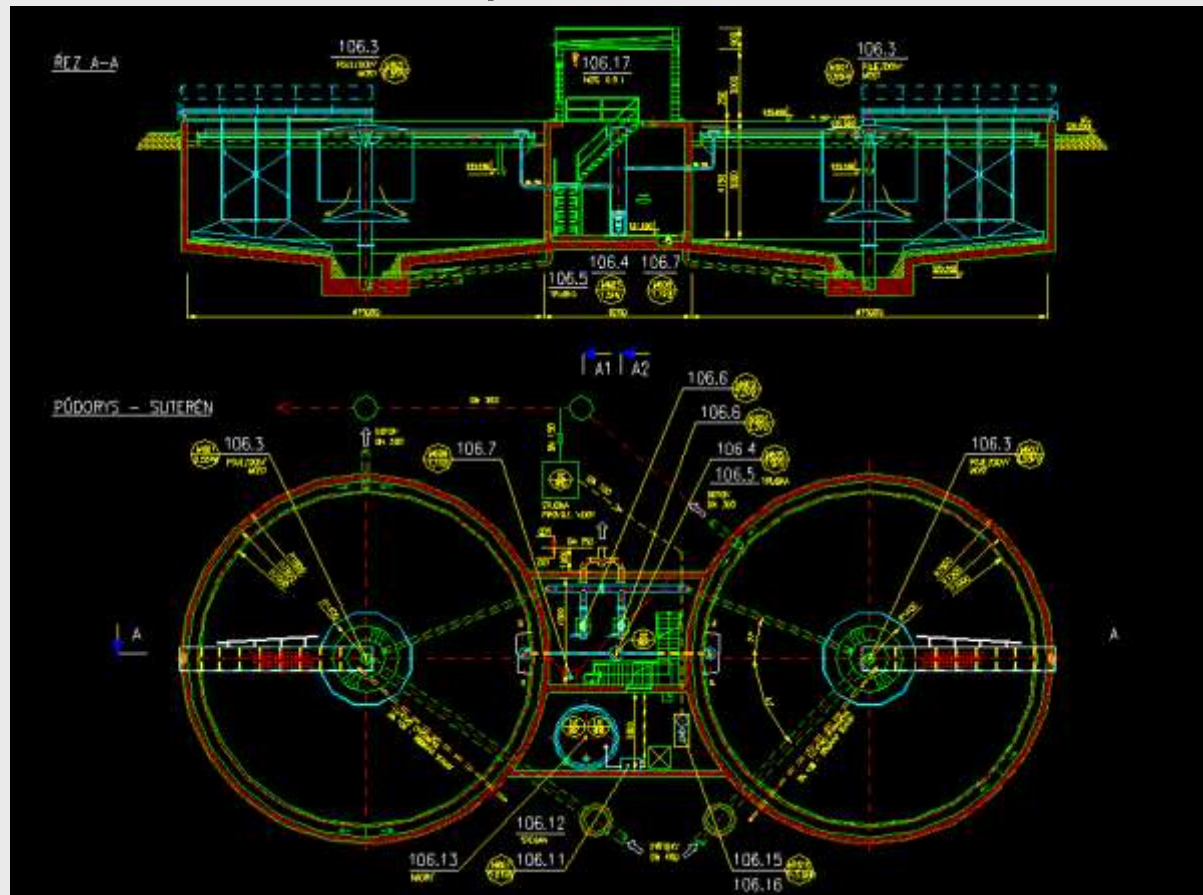
- **Dosazovací nádrže** – příklad řešení
  - slouží k **separaci aktivovaného kalu** od vyčištěné vody,
  - cílem je zajištění kvalitních odtoků s nízkými hodnotami NL a BSK<sub>5</sub>.





# Biologické čištění odpadních vod

- Dosazovací nádrže – příklad řešení



## Biologické čištění odpadních vod

- **Kruhová dosazovací nádrž – ČOV Blansko**



## Biologické čištění odpadních vod

- **Dosazovací nádrž**

Vstupní uklidňovací válec

Deflektor  
(zabránění zkratovým proudům)

Jímka na kal



Přítok z  
aktivace  
(pod nádrží)

## Biologické čištění odpadních vod

- **Dosazovací nádrž**



Pojezdový most

Jímka plovoucích nečistot

Lišta pro shrabování plovoucích nečistot

Deflektor  
(zabraňuje vířivým proudům u  
přepad. žlabu)

Odtokový žlab

Norná stěna



## Biologické čištění odpadních vod

- Dosazovací nádrž



Stamfordův deflektor

## Biologické čištění odpadních vod

- Podélná dosazovací nádrž – ČOV Ivančice





## Biologické čištění odpadních vod

- **Podélná dosazovací nádrž – ČOV Moravské Budějovice**



## Biologické čištění odpadních vod

- Čtvercová dosazovací nádrž – Jaroměřice nad Rokytnou



## Biologické čištění odpadních vod

- Starší typ dosazovací nádrže – ČOV Vyškov



## Biologické čištění odpadních vod

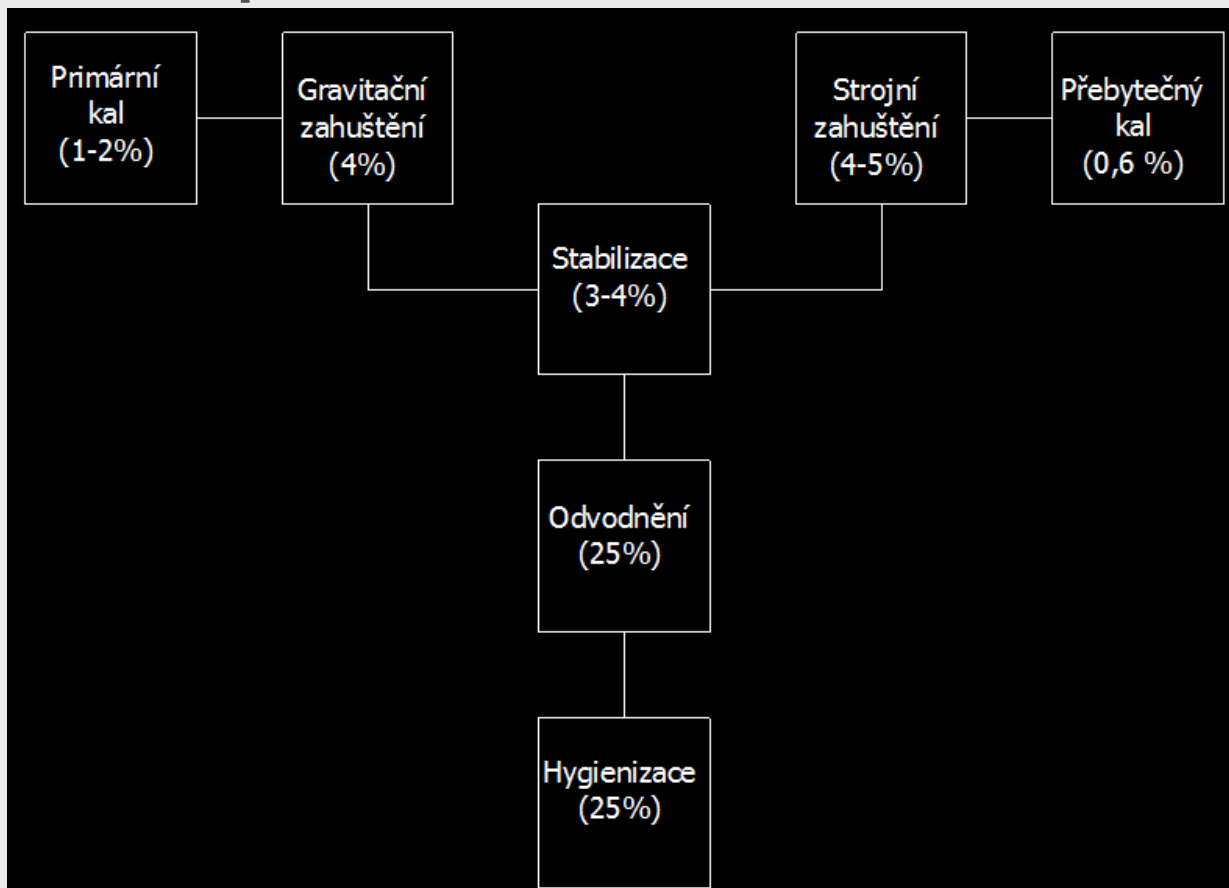
- Nový typ dosazovací nádrže – ČOV Vyškov





# Biologické čištění odpadních vod

- Kalové hospodářství



## Biologické čištění odpadních vod

- **Charakteristika kalu**

**Voda:** - volná,

- koloidně vázaná – vázaná povrchovými silami koloidních částic,

- kapilárně vázaná – vázaná kapilárními silami při slučování malých částic do větších celků.

**Suspendované látky:**

- hydrofilní – tvoří s molekulami vody pevné vazby,
- hydrofobní – tyto vazby netvoří.



## Biologické čištění odpadních vod

- **Charakteristika kalu**

**Koncentrace sušiny v %, nebo  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ :**

- stanoví se odpařením vody při 105 °C,
- primární kal 2,5 %,
- přebytečný kal 0,8 – 2 %,
- zahuštěný kal 4 – 9,
- odvodněný kal 20 – 25 %.

# Biologické čištění odpadních vod

- **Technologie zpracování kalu**

1. Zahuštění

2. Stabilizace

3. Odvodnění

4. Hygienizace

## Biologické čištění odpadních vod

- **Zahuštění kalu**

Účelem **zvýšení sušiny** – úspora objemů kalových nádrží,

- **Gravitační** (malé čistírny),
- **Strojní** (střední a velké čistírny),
  - rotační zahušťování,
  - šnekové lisy,
  - flotace.

## Biologické čištění odpadních vod

- Zahuštění kalu – rotační zahušťovač



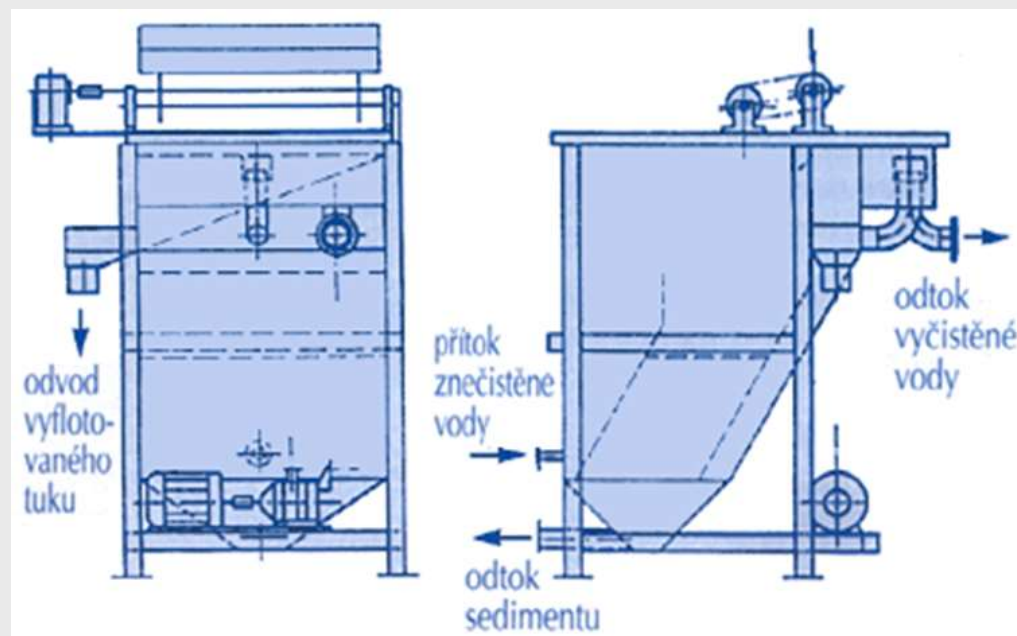
## Biologické čištění odpadních vod

- Zahuštění kalu – šnekový zahušťovač



## Biologické čištění odpadních vod

- Zahuštění kalu – flotační jednotka





## Biologické čištění odpadních vod

- **Stabilizace kalu**

- stabilizace probíhá s cílem **redukce odbouratelné organické hmoty a destrukce patogenních mikroorganismů,**

- **stabilizaci rozlišujeme:**

- podle oxidačně – redukčních podmínek,
      - podle teploty procesu,
      - chemické metody,
      - totální rozklad a jiné metody.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Podle oxidačně - redukčních podmínek stabilizace.**
  - **anaerobní metody:**
    - psychofilní,
    - mezofilní,
    - termofilní.
  - **aerobní metody:**
    - prosté uskladnění,
    - uskladnění s řízenou pneumatickou aerací,
    - stabilizace kyslíkem.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Podle teploty stabilizace:**
  - **psychrofilní** stabilizace (teplota okolí),
  - **mezofilní** stabilizace (32 – 45 °C),
  - **termofilní** stabilizace (nad 50 °C).

## Biologické čištění odpadních vod

- **Chemické metody stabilizace**
  - většinou metody spojené se **současným rozkladem nebo hygienizací**,
  - **rozklad kalu kyselinou sírovou** – systém Krepro (fa. Kemira a fa. Alfa Laval),
  - **stabilizace vápnem** v tekutém stavu.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Totální rozklad a jiné metody stabilizace kalu:**
  - **sušení** při nízkých teplotách,
  - **sušení** při vysokých teplotách (105 °C),
  - **totální rozklad kyslíkem** při teplotách 160 °C,
  - **spalování kalu** spolu s jiným palivem v elektrárnách nebo cementárnách.

## Biologické čištění odpadních vod

- **Odvodnění kalu**
  - **přírozené**
    - kalová pole
    - kalové laguny
  - **strojn**
    - kalolisy
    - sítopásové lisy
    - odstředivky



## Biologické čištění odpadních vod

- **Přirozené odvodnění kalu - kalová pole na ČOV Oslavany**



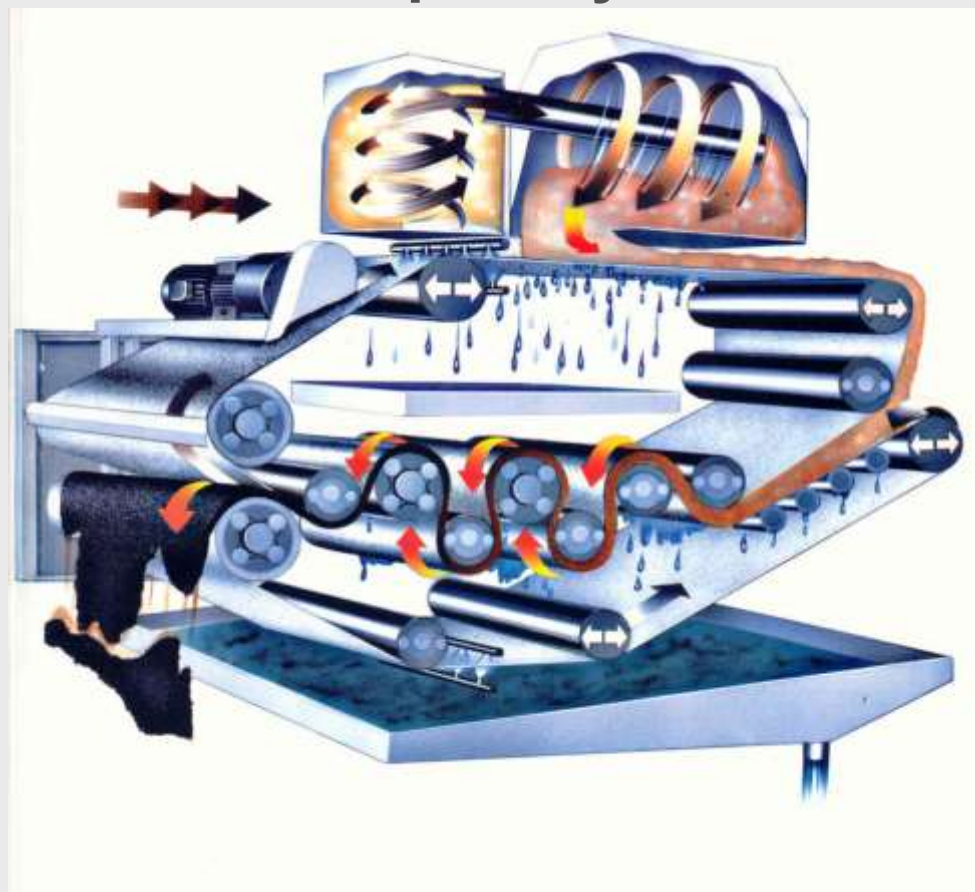
## Biologické čištění odpadních vod

- Strojní odvodnění kalu – kalolis



## Biologické čištění odpadních vod

- Strojní odvodnění kalu - sítopásový lis



## Biologické čištění odpadních vod

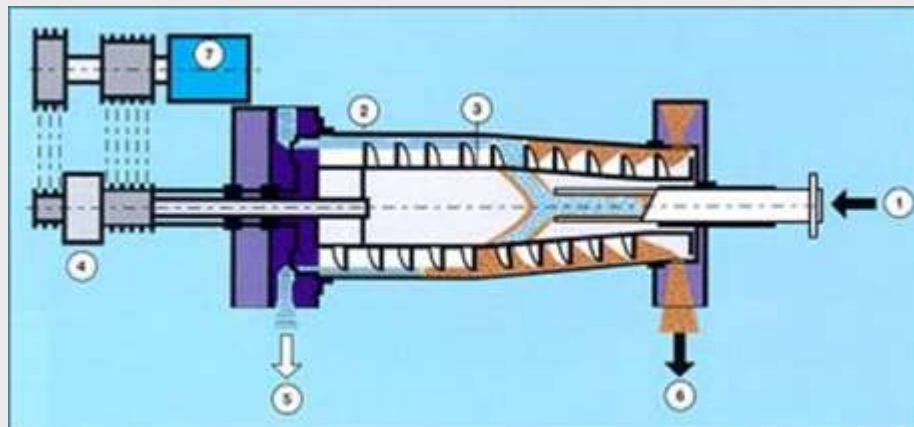
- Strojní odvodnění kalu – sítopásový lis na ČOV Líně





## Biologické čištění odpadních vod

- Strojní odvodnění kalu – dekantální odstředivka



## Biologické čištění odpadních vod

- **Strojní odvodnění kalu – dekantální odstředivka na ČOV Letovice**





## Biologické čištění odpadních vod

- **Hygienizace kalu**

- **tepelné zpracování** kalu při vysokých teplotách
- **pasterace** kalu
- **chemická úprava** kalu – vápnění
- **anaerobní termofilní metody** zpracování
- systém **AEROTHERM**
- **aerobní hygienizace vzduchem** – systém

FUCHS

- **kompostování**
- **AATS** s čistým kyslíkem
- **speciální metody**: ionizující záření, ozón, rozklad

## Biologické čištění odpadních vod

- **Hygienizace kalu** - mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě, podle požadavků vyhlášky MŽP ČR 382/2001 Sb. o podmínkách využití čistírenských kalů v zemědělství.
- \* **KTJ- kolonie tvořící jednotku**

Kategorie kalů	Přípustné množství mikroorganismů (KTJ*) v 1 gramu sušiny aplikovaných kalů		
	termotolerantní koliformní bakterie	enterokoky	<i>Salmonella sp.</i>
I.	$< 10^3$	$< 10^3$	negativní nález
II.	$10^3 - 10^6$	$10^3 - 10^6$	nestanovuje se

## Biologické čištění odpadních vod

- **Hygienizace kalu**
- Vysvětlivky:
  - **Kategorie I** - kaly, které je možno obecně aplikovat na půdy využívané v zemědělství při dodržení ostatních ustanovení této vyhlášky.
  - **Kategorie II** – kaly, které je možno aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin, a na půdy, na kterých se nejméně 3 roky po použití čistírenských kalů nebude pěstovat polní zelenina a intenzivně plodící ovocná výsadba, a při dodržení zásad ochrany zdraví při práci a ostatních ustanovení vyhlášky.

## Biologické čištění odpadních vod

- Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků v kalech pro jejich použití na zemědělské půdě (ukazatele pro hodnocení kalů)

Riziková látka	Mezní (maximální) hodnoty koncentrací v kalech ( $\text{mg.kg}^{-1}$ 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 6 kongenerů - 28+52+101+138+153+180)	0,6

## Biologické čištění odpadních vod

- Vzorkování čistírenských kalů

Strana 1/1

**Protokol o analýze vzorku č. 127 / 2002**

Profil : Boskovice-ČOV"A" odstředivý kal Odebral : vl. odběr  
 Datum, hodina odběru : 16.01.2002 / 1.00 Datum příjmu : 24.01.2002  
 Číslo profilu : 7012000000055 Typ vzorku : kalý  
 Odběratel : 49455842 VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. div. BOSKOVICE

Ukazatel	Měrná jednotka	Výsledek	Použitá metoda	Osvědčení
Arsen	mg/kg	2,0	SNP č. 21 (ČSN ISO 1485:ČSN EN ISO 11845)	■
Cín	%	0,40	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Hliník	%	0,8	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
hořčík	%	0,20	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Chrom	mg/kg	72	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Kadmium	mg/kg	<5	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Mangan	mg/kg	214	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Měď	mg/kg	206	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Molybden	mg/kg	<0,5		
Nikl	mg/kg	116	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Olovo	mg/kg	51	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Ruť	mg/kg	1,0	SNP č. 21 (ČSN ISO 1485:ČSN EN ISO 11845)	■
Sodík	%	<0,02	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Žlťžre	mg/kg	<0,5	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Vápník	%	0,60	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Zinek	mg/kg	878	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Železo	%	0,8	SNP č. 21 (ČSN ISO 4286:ČSN EN ISO 11205)	■
Kobalt	mg/kg	<10		

Výsledky školně se týkají jen skvělejších přehledů. Bez písemného souhlasu laboratoře se není protokol reprodukovat jinak než celým. Součástí protokolu je identifikace jednotlivých metod.

Rozbor vyhotoven dne: 06.02.2002 Vedoucí laboratoře Ing. Alois Konečný  
 Protokol vystaven v Modřicích dne: 06.02.2002