

## BIOLOGICKÁ ČÁST ČOV RECIRKULACE KALU, ŘÍZENÍ PROCESŮ

doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.  
6. hodina

### Obsah

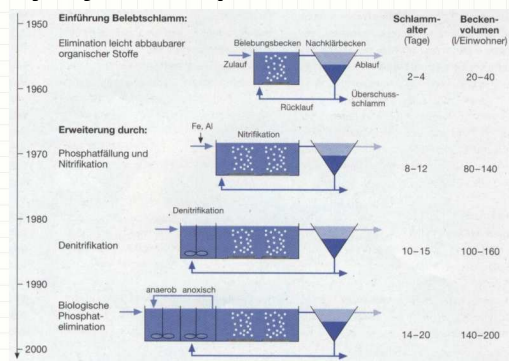
- Biologická část ČOV
- Aktivační nádrže
- Dosazovací nádrže
- Regenerační nádrže

### Biologické čištění odpadních vod

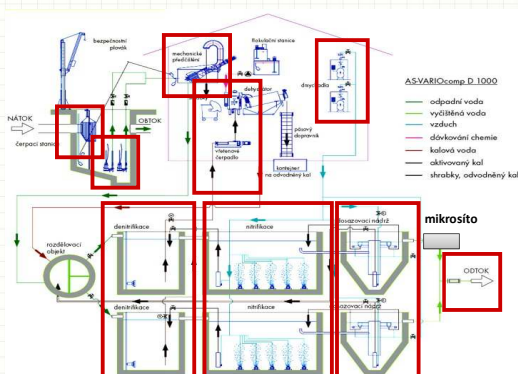
- **Proč:** k odstranění znečišťujících látek, které jsou rozpuštěny nebo rozptýleny v odpadní vodě (nejsou schopny sedimentace)
- **Jak:** Principem je **biologická kultura mikroorganismů**, která tyto látky z vody, v rámci svých životních procesů, získává jako stavební látky a zdroj energie a která je od vyčištěné odpadní vody oddělitelná jednoduchým fyzikálním postupem (obvykle sedimentací)

3

### Vývoj ištní odpadních vod



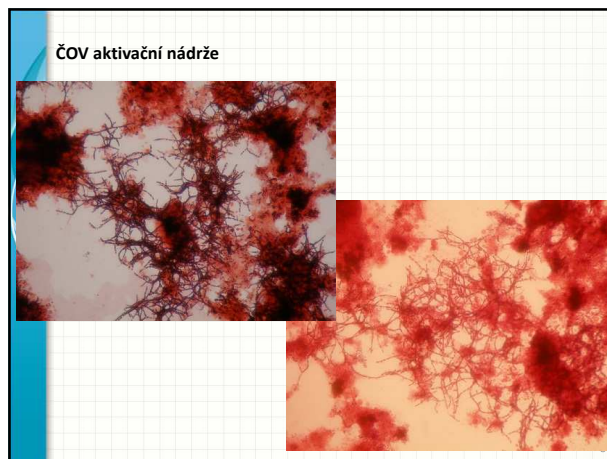
### Čistírny odpadních vod



### ČOV aktivační nádrže

- Domov srdce ČOV – bakterie + další mikroorganismy
- dle zvolené technologie se odstraňují jen organické látky (CSHK, BSK, NL) nebo i fosfor a dusík
- fosfor se dnes v praxi odstraňuje i na malých ČOV také srážením železitými nebo hliníkovými solemi (hliník se používá, pokud chceme omezit i vláknité bytění a pěnu v AN (Microthrix vlákná), ale je dražší
- Pokud jsou na ČOV Vyhňovací nádrže nebo se písek usazuje už v AN, pak je vhodné podélný LP z části neprovzdušňovat – méně sedimentů v technologii
- Velmi častá instrumentace a analyzátoři a sondy, provzdušňování AN spotřebuje 35 – 65% elektrické energie z celkové spotřeby ČOV
- dodávka vzduchu ručně, dle koncentrace kyslíku, dle koncentrace amoniakálního dusíku, přechází se na komplexní systémy, které osahají co teče na aktivaci, odhadnou kolik je potřeba vzduchu pro bakterie a pak osahají odtok a dle toho případně dopraví interní parametry algoritmu (WTOS od Hach-Lange, STAR – Veolia) nebo jsou jiné komplexní kombinace, **komplexnost a návratnost dle velikosti ČOV**
- čím větší ČOV tím komplexnější systém regulace AN – návratnost investic, **účinnější dmychadla – turbodmychadla místo rootsových dm.**
- doporučeno stírat pěnu z AN funkčním systémem (sníží i dávku hliníku)

6



**Stanovení emisních limitů**

- Vodoprávní úřad stanoví **emisní limity** do výše **emisních standardů**.

Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

A.  
Městské odpadní vody

(hodoty pro citlivé oblasti a osazeni povrchové vody)

**Tabulka Ia: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p)<sup>1)</sup>, maximální hodnoty (m)<sup>2)</sup> a hodnoty průměru<sup>3)</sup> koncentrace ukazatelů znečištění vypisovaných odpadních vod v mg/l**

Kategorie ÚOV (EO)	ČRS <sub>20</sub>		BSK <sub>5</sub>		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		N <sub>org</sub> (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		P <sub>org</sub> <sup>4)</sup>
	p <sup>1)</sup>	m <sup>2)</sup>	p <sup>1)</sup>	m <sup>2)</sup>	průměr <sup>3)</sup>	m <sup>2)</sup>	průměr <sup>3)</sup>	m <sup>2)</sup>	průměr <sup>3)</sup>	m <sup>2)</sup>	
< 500 <sup>5)</sup>	150	230	40	80	50	80	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-
2 000 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 <sup>6)</sup>
10 000 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	10	20	1	3

- Od 1.1.2010 stanoví VÚ emisní limity **kombinovaným způsobem tak aby** do 22.12.2015 byly dosaženy imisní standardy koncentrace znečištění v toku nebo nemohou-li být dosaženy ani BAT technologií, potom BAT limity.

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

**Důvody pro odstraňování nutrientů**

- zvýšené náklady na úpravu vody při vodárenském využívání, případně jeho znemožnění
- eutrofizace povrchových vod se všemi průvodními negativními jevy
- toxická amoniaku (zejména nedisociované formy) na vodní organismy

**Rozdílné podmínky limitující růst řas v závislosti na poměru N/P (vyjádřeno jako hmotnostní poměr)**

	N-limitující	Střední hodnoty	P-limitující
Sladké vody	≤ 4,5	4,5 – 6	≥ 6
Mořské pobřeží	≤ 5	5 – 10	≥ 10

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

**Biologické odstraňování dusíku - principy**

**Inkorporace do nově syntetizované biomasy**

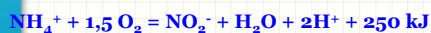
- část dusíku z odpadní vody může být využita pro syntézní účely organotrofními mikroorganismy
- nově vzniklá biomasa může obsahovat 6 - 8 % N, část takto odstraněného dusíku se vrací do technologické linky z kalového hospodářství

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

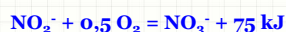
## Biologické odstraňování dusíku - principy

### Nitrifikace

oxidace amoniakálního dusíku na dusík dusitanový (nitritace)



oxidace dusitanového dusíku na dusík dusičnanový (nitratice)



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Biologické odstraňování dusíku - principy

### nitrifikační bakterie

z oddělené skupiny nitrifikačních bakterií: nitritační a nitratační

- využívají energie z oxidace amoniakálního a dusitanového dusíku, přičemž novou biomasu syntetizují z uhlíku anorganického (CO<sub>2</sub>)
- pomalu rostoucí, zastoupení v AK cca 1 – 3 %
- podléhají celé řadě inhibičních vlivů

- vyšší stáří AK (12 – 15 dní)
- teplota (12 °C)
- koncentrace rozp. kyslíku (teor. 4,57 g O<sub>2</sub>/g NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, reál. 4,2)
- hodnota pH (zpomalení při 7,0 – 7,2, zastavení při 6,5 – 6,0)
- složení OV
- rychlost nitrifikace 2 – 5 mg/(g.h)

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Biologické odstraňování dusíku - principy

### Nitritace

- vysoká spotřeba kyslíku, mikroorganismy získají energii oxidací amoniaku – malý výtěžek, nízká růstová rychlost
- H<sup>+</sup> - pokles pH – autoinhibice
- H<sup>+</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> = HNO<sub>2</sub> – vysoce toxická, autoinhibice, nestabilní, jedním z produktů NO – extrémně toxický
- inhibice zvenčí (allylthiomocovina – org. sloučeniny S)

### Nitratice

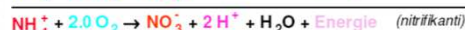
- nižší spotřeba kyslíku
- mnohem stabilnější proces

## Nitrifikace - Denitrifikace

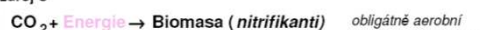
### Nitrifikace

Nitrifikace je mikrobiologická oxidace amonia NH<sub>4</sub><sup>+</sup> přes dusitany NO<sub>2</sub><sup>-</sup> na dusičnany NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

substrát

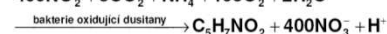


zdroj C



## Nitrifikace - Denitrifikace

### Nitrifikace



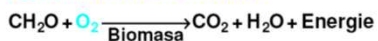
## Odstraňování dusíku Biologické konverze

- Způsoby:
  - Denitrifikace
    - mikrobiologická redukce dusičnanů
  - Inkorporace N do biomasy
    - $i_N = 0,08-0,09 \text{ gN g}^{-1} \text{ CHSK}$
    - $i_N = 0,04-0,05 \text{ gN g}^{-1} \text{ BSK}_5$

## Denitrifikace

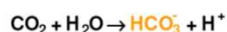
Denitrifikace je mikrobiologická redukce dusičnanů  $\text{NO}_3^-$  na elementární dusík  $\text{N}_2$

### Aerobní heterotrofní růst



### Denitrifikace

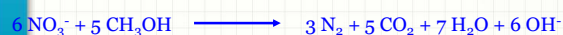
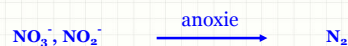
#### Anoxický heterotrofní růst



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Biologické odstraňování dusíku - principy

### Denitrifikace



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Biologické odstraňování dusíku - principy

### Denitrifikace

#### denitrifikační bakterie

- zdroj energie i C – organické látky
- rychle rostoucí, cca 80 – 90 % bakterií v AK
- méně citlivé

- denitrifikace 1 g  $\text{NO}_3^-$ -N ~ 8 g CHSK
- substrát lze i dotovat do systému
- rychlosti denitrifikace 5 – 15 mg/(g.h)
- částečné zvyšování alkality

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Výhody zařazení denitrifikace do technologické linky

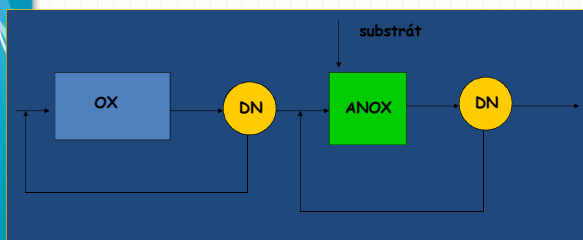
- **ekologické důvody** - odstranění dusíku – stupeň odstranění N v systému s denitrifikací je v rozmezí 90 - 95 %
- **ekonomické důvody** - úspora energie – lze uspořit až 60 % kyslíku využitelného na nitrifikaci při oxidaci organického znečištění za anoxických podmínek
- **technologické důvody** - odstranění nežádoucí denitrifikace – omezení vzplývání aktivovaného kalu v dosazovací nádrži na minimum

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

N - D

dvoukalový systém

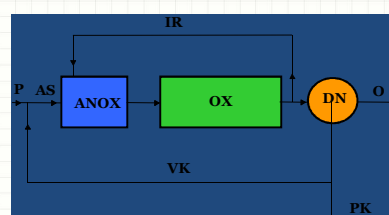


Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

## Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

D - N

aktivační systémy s predenitrifikací



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

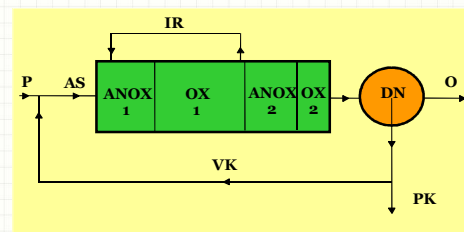
### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

- k dosažení běžně požadovaných účinností denitrifikace je nutno používat vysoké hodnoty recirkulačního poměru interní recirkulace ( $R_{int}$  = 2-3), s čímž je spojena zvýšená spotřeba energie na čerpání
- s vysokými hodnotami  $R_{int}$  se v systému smazává, a to i při kompartmentalizaci jednotlivých zón, koncentrační gradient potřebný pro dosažení přijatelných rychlostí procesů i k zamezení nadměrného růstu vláknitých mikroorganismů
- koncentrace dusičnanového dusíku v odtoku ze systému je stejná jako ve vnitřním recyklu, a tedy mnohdy nepřijatelně vysoká

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

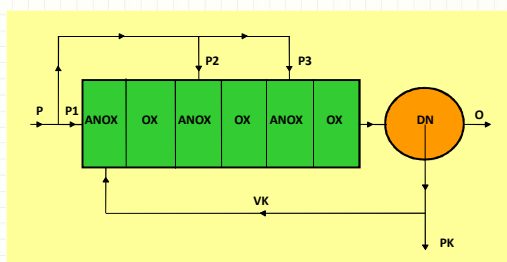
#### Čtyřstupňový proces BARDENPHO



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

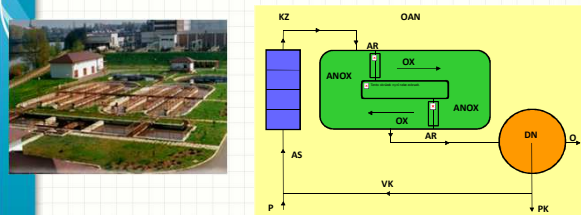
#### ALPHA systém (kaskádová aktivace)



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

#### Oběhová aktivace (simultánní nitrifikace a denitrifikace)



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

#### Simultánní nitrifikace a denitrifikace



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

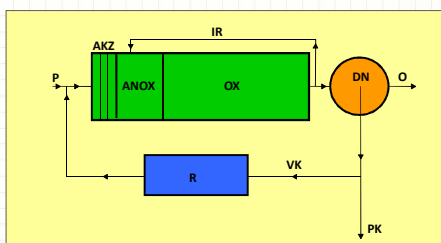


Systém s přerušovanou aerací

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

#### Aktivační systémy s regenerací kalu



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

#### Aktivační systémy s regenerací kalu

➤ zajištění potřebného "aerobního" stáří aktivovaného kalu pro úplnou nitrifikaci při snížených nárocích na celkový objem systému (oproti D-N lince lze uvažovat s úsporou objemu až 20%)

➤ přítomnost regenerační zóny zvyšuje celkovou metabolickou aktivitu mikroorganismů aktivovaného kalu vedoucí k zvýšení specifických rychlostí

➤ zlepšení bilance alkality v systému – pokud vstupní část R zóny anoxická (využití dusičnanů ve vratném aktivovaném kalu), možnost odvětvit část OV = D-R-D-N proces

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

#### Bioaugmentace

- dotace aktivačního systému nitrifikačními bakteriemi kultivovanými in situ
  - kultivace se provádí v kultivátoru, který je součástí aktivačního procesu nebo je umístěn v proudu vratného kalu (možnost využití regenerační nádrže)
- je to provzdušňovaný reaktor se zavedeným zdrojem obsahujícím dusíkaté látky (obvykle kalová voda), proces bioaugmentace vyžaduje splnění dvou předpokladů:
  1. vytvoření podmínek pro optimální růst nitrifikačních bakterií
  2. zajištění potřebného substrátu, tj. amoniakálního dusíku

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Další možnosti intenzifikace

#### Zvýšení stáří pomocí nosičů biomasy

- zvýšení oxického i anoxického stáří kalu instalací nosiče o velkém povrchu do aktivační nádrže, na kterém se mohou MO aktivovaného kalu přichytit a nejsou vyplavovány ze systému
- pevné nosiče i nosiče ve vznosu
- zlepšení procesu nitrifikace nebo kultivace MO pro odstranění specifických polutantů

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Další možnosti intenzifikace

#### Dávkování externího substrátu pro denitrifikaci

- zlepšení nepříznivého poměru C/N v přítékající OV
- substráty: alkoholy (methanol), odpadní organické látky (G-fáze)

#### Optimalizace řízení procesů na ČOV

- na základě měření koncentrace kyslíku
- měření koncentrace amoniakálního a dusičnanového dusíku pomocí sond

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování dusíku

#### Heterotrofní nitrifikace

- schopnost některých bakterií, řas a hub oxidovat redukované sloučeniny dusíku (amoniak, dusitany, hydroxylamin)
- nejsou ale schopny z procesu získat energii – je nutný organický substrát
- pomalejší proces než autotrofní nitrifikace, ale vyšší zastoupení MO
- především v systémech s vysokým poměrem C:N a nízkou koncentrací kyslíku
- vyšší podíl asimilovaného dusíku = vyšší produkce kalu

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování dusíku

#### ANAMMOX

- určité druhy MO (*Brocardia anammoxidans* a *Kuenenia stuttgartiensis*) jsou schopny oxidovat amoniak na plynný dusík
- akceptorem elektronů je dusičnanový nebo dusitanový dusík (anoxická oxidace)
- dlouhá doba zpracování reaktoru (více než 100 dní), MO jsou velmi pomalu rostoucí

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování dusíku

#### SHARON

- proces založen na vyplavování nitratační MO ze systému při vyšších teplotách (30 – 35 °C) a krátké době zdržení (1 – 1,2 dne)
- za těchto podmínek je růstová rychlost nitrifikačních MO vyšší
- amoniakální dusík je oxidován jen na dusitany
- výhodou je nižší spotřeba kyslíku na oxidaci i substrátu na denitrifikaci
- nevýhodou je závislost na vysoké teplotě – vhodné pro průmyslové OV

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování dusíku

#### CANON

- kombinace nitrifikační a systému ANAMMOX
- aerobní nitrifikační bakterie oxidují amoniakální dusík na dusitany a spotřebovávají kyslík, čímž vytváří vhodné podmínky pro ANAMMOX bakterie
- vhodné pro menší zdroje dusíkatého znečištění

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování dusíku

#### NO<sub>x</sub> proces

- přidavek oxidů dusíku stimuluje denitrifikační aktivitu Nitrosomonaslike bakterií
- jsou pak schopny souběžné nitrifikace a denitrifikace za plně aerobních podmínek
- 60 % amoniakálního dusíku je přeměněno na plynný dusík, 40 % na dusitany
- nutný poměr NO<sub>x</sub>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se pohybuje od 1:1 000 do 1:5 000
- toxicita oxidů dusíku vůči některým mikroorganismům
- úspory organického substrátu i kyslíku

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Biofilmové reaktory

- pro nejmenší kategorie ČOV (do 500 EO)
- kultivace biomasy na nosiči (nárostová kultura)
- aerace přirozenou nebo nucenou ventilací
- především nitrifikace, částečná denitrifikace vlivem stratifikace ve vrstvě biofilmu
- nižší výkon než aktivace, ale i nižší provozní náklady a nároky na obsluhu

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

#### Zkrápěné biologické kolony

#### Rotační biofilmové reaktory



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

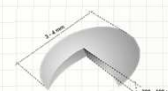
### Reaktory s expandovaným a fluidizovaným ložem



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Reaktory s imobilizovanou biomasou

- intenzifikace procesu biologického odbourávání dusíku
- uzavření vhodného MO do kapslí z polymerního materiálu
- náhrada běžné suspenze AK
- nižší produkce kalu, vyšší koncentrace MO v systému
- snadné udržení pomalu rostoucích MO v systému
- snadná separace od vyčištěné vody



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Biologické odstraňování fosforu - principy

#### Inkorporace do nově syntetizované biomasy

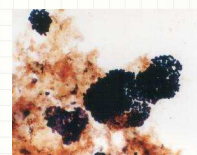
- jako nutrient inkorporován do nově syntetizované biomasy, odstraňován s přebytečným kalem
- obsah fosforu v sušině aktivovaného kalu z konvenčních čistíren cca 2 %

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Biologické odstraňování fosforu - principy

#### Zvýšené biologické odstraňování fosforu

- poly-P (polyfosfát akumulující) bakterie
- schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk při střídání anaer/ox podmínek obsah fosforu cca 9 – 10 %



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Biologické odstraňování fosforu - principy

- V anaerobních podmínkách se fermentativními procesy vytvářejí z organických látek v odpadní vodě nízkomolekulární sloučeniny jako nižší mastné kyseliny či nižší alkoholy
- Není přítomen ani kyslík, ani dusičnanový dusík, nemůže docházet k oxidativnímu využití těchto organických látek
- Poly-P bakterie jsou však schopny je akumulovat a ukládat ve formě zásobních látek jako poly-β-hydroxymáselná kyselina (PHB)
- Energie potřebná k tomuto procesu je uvolňována depolymerizací buněčných polyfosforečnanů, uložených v buňkách ve volutinových granulích
- Po přenosu do oxických podmínek jsou organické zásobní látky v buňkách poly-P bakterií oxidovány za přítomnosti molekulárního kyslíku.
- Uvolněná energie je v přebytku k potřebám buňky, a proto je tato energie zpětně ukládána do buněčných polyfosforečnanů

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Biologické odstraňování fosforu - principy

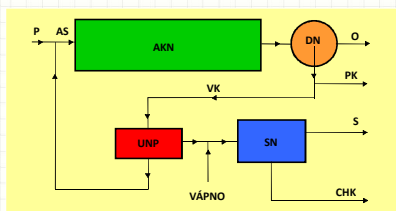
- Buňky poly-P bakterií v oxických podmínkách akumulují jak fosforečnany uvolněné za anaerobních podmínek, tak přinesené odpadní vodou
- Fosfor se ze systému odstraňuje vázán ve volutinových granulích v přebytečném aktivovaném kalu, který se odebírá v oxickém stavu
- Problém – při anaerobním vyhnívání PK se fosfor uvolní do kalové vody, která se obvykle vrací do aktivace – fosfor stále cirkuluje v systému!!!



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy zvýšeného biologického odstraňování fosforu

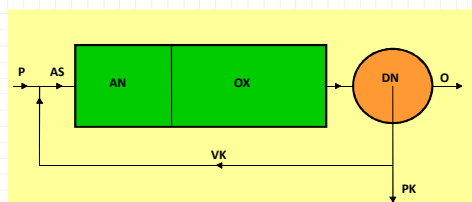
#### Systémy s odstraňováním fosforu mimo hlavní linku **PhoStrip**



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivační systémy zvýšeného biologického odstraňování fosforu

#### Systémy s odstraňováním fosforu v hlavní lince **A/O Process**



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Chemické srážení fosforu – srážecí činidla

- menší a střední ČOV – samostatně
- větší ČOV – i kombinace s biologickým odstraňováním

#### Srážedla:

##### Vápno

- $\text{Ca(OH)}_2$  > hydroxylapatity  $\text{Ca(OH)PO}_4$
- lehký kal, těžko zahustitelný a odvodnitelný
- srážení  $\text{PO}_4^{3-}$  v kalových vodách

##### Soli $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Al}^{3+}$ (sírany, chloridy)

- nerozpustné fosforečnany

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Chemické srážení fosforu – místo dávkování

- 1. Předřazené srážení (pre-precipitace, předsrážení)**
  - před usazovací nádrž - do lapáku písku nebo přítoku do usazovací nádrže
  - odstranění CHSK a potřeba fosforu pro aktivaci na syntézu biomasy!!!
- 2. Simultánní srážení**
  - do aktivace nebo do odtoku z aktivace před dosazovací nádrž
  - simultánně s biol. procesy, separace společně s kalem
- 3. Dosrážení (post-precipitace)**
  - za dosazovací nádrž (terciární čištění)
  - org. flokulanty, rychlé a pomalé míchání, separační nádrž nebo filtr

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Fyzikálně chemické metody odstraňování dusíku

- pouze tam, kde se nevyplatí biologické čištění (především průmyslové OV)

- stripování amoniaku
- srážení (struvit – hexahydrát fosforečnanu hořečnat-amonného)
- sorpce amonných iontů na zeolit

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování fosforu

#### Krystalizace

- proces je založen na krystalizaci fosforečnanu vápenatého na krystalizačních jádrech, kterými jsou většinou částice písku ( $\varnothing$  0,2 – 0,6 mm), ve fluidním reaktoru
- vznikající pelety jsou periodicky odebírány a nahrazovány menšími částicemi – novými krystalizačními jádry – kontinuální, říditelný proces
- vysoká rychlost krystalizace dovoluje nízké doby zdržení a tudíž i malý reaktor

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Alternativní způsoby odstraňování fosforu

#### Magnetické odstraňování

➤ Sorpce na povrch magnetitu

SiroFloc

➤ Magnetit jako krystalizační jádro

Smit Nymegen Magnetic Water  
Treatment System

CoMag

➤ Magnetické flokulanty

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

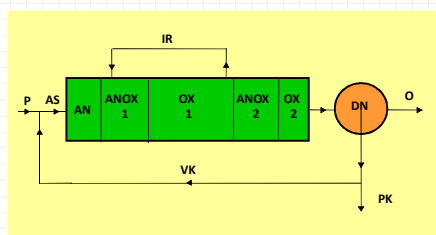
### Společné biologické odstraňování N a P

**Problémy - antagonismy v požadavcích na podmínky pro odstraňování dusíku a fosforu:**

- nitrifikační organismy jsou pomalu rostoucí, vyžadují vyšší stáří aktivovaného kalu **x** vyšší stáří snižuje aktivitu jak denitrifikačních, tak polyfosfát akumulujících mikroorganismů
- jak denitrifikační tak poly-P bakterie vyžadují pro svou činnost přítomnost lehce rozložitelných substrátů » **kompetice o organický substrát**
- nitrifikační bakterie jsou považovány za striktně aerobní mikroorganismy **x** zpomalení/zastavení metabolismu v jiných kultivačních podmínkách (koncept aerobního stáří)
- dusičnany vznikající nitrifikací v oxické části systému jsou přiváděny vratným aktivovaným kalem z dosazovací nádrže do anaerobní zóny » **anoxie** »

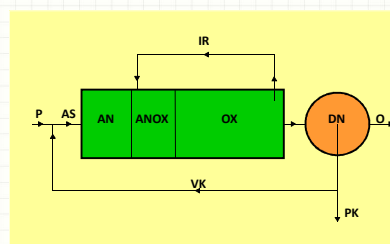
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Společné biologické odstraňování N a P (5-ti stupňový) BARDENPHO Process



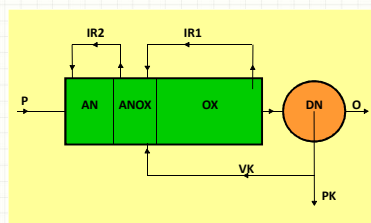
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Společné biologické odstraňování N a P PHOREDOX Process



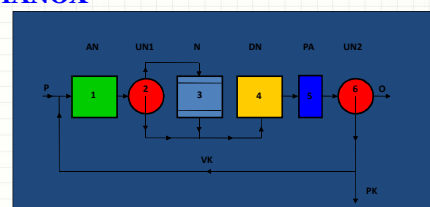
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Společné biologické odstraňování N a P UCT proces



Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

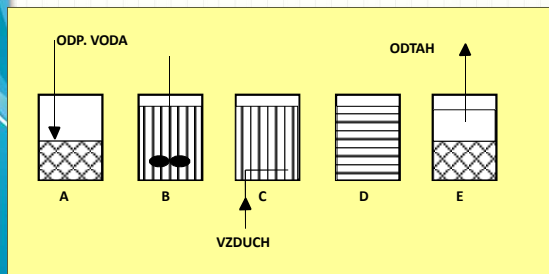
### Společné biologické odstraňování N a P DEPHANOX



P - přítok, O - odtok, VK - vratný aktivovaný kal, PK - přebytečný aktivovaný kal, 1 - anaerobní reaktor, 2 - první usazovací nádrž, 3 - biofilmový nitrifikační reaktor, 4 - anoxický reaktor, 5 - postaerace, 6 - 2. usazovací (dosazovací) nádrž

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Ústav technologie vody a prostředí

### Aktivace SBR (Sequencing Batch Reactor)



## BAT technologie

nejlepší dostupná technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod

nejúčinnější a nejpokročilejší stupeň vývoje použité technologie zneškodňování nebo čištění odpadních vod, která je vyvinuta v měřítku umožňujícím její zavedení **za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek** a zároveň je neúčinnější pro ochranu vod

### BAT technologie

#### ČOV do 2 000 EO

- odstraňování uhlíkatého znečištění a odstraňování sloučenin dusíku (amoniakální dusík  $N-NH_4^+$ ).
- od klasických zkrpěných biofiltrů přes rotační biofilmové reaktory až po aktivací proces, přednostně s aerobní stabilizací kalu.
- Nízko zatěžovaný aktivací proces i biofilmové reaktory produkují při teplotách nad 12°C plně nitrifikovaný odtok.

**BAT = nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací.**

Zejména v obcích s oddílnou kanalizací je vhodné v této velikostní kategorii používat aktivace typu SBR a to jak v původním jednoduchém provedení monobloků, tak zejména moderních systémů s časovým řízením. Různé "zelené" čistírenské technologie nemohou v dlouhodobém výhledu splňovat požadavky na jakost vyčištěné odpadní vody ani na provoz zařízení.

#### ČOV 2 001 – 10 000 EO

- odstraňování uhlíkatého znečištění, sloučenin dusíku, i když pouze v ukazateli  $N-NH_4^+$  a nově i fosforu ( $P_{celk}$ ).
- BAT = nízko zatěžovaná aktivace se stabilní nitrifikací a simultánním srážením fosforu solemi Fe nebo  $Al^{3+}$  doplněná terciárním dočištěním stávajících odtoků (mikrosita, jiné formy terciární filtrace).

**BAT = dva hlavní typy technologií, založené na aktivacím procesu:**  
 - D-N proces (nitrifikace s pre-denitrifikací)  
 - oběhová aktivace se simultánní nitrifikací a denitrifikací

### Emission standards of wastewater quality indicators

#### Městské odpadní vody

(hodnoty pro citlivé oblasti a ostatní povrchové vody)

Tabulka 1a: Emission standards of wastewater quality indicators (p) <sup>(1)</sup>, maximum values (m) <sup>(2)</sup> and average values (n) <sup>(3)</sup> of concentration indicators of wastewater quality indicators (mg/l)

Kategorie ČOV (EO)	CHSK <sub>Cr</sub>		BSK <sub>5</sub>		NL		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		N <sub>celk</sub>		P <sub>celk</sub>	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
< 500	150	230	40	80	30	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	20	60	20	60	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	6
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

#### BAT limits

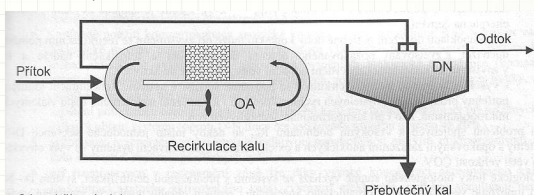
Kategorie ČOV (EO)	CHSK <sub>Cr</sub>		BSK <sub>5</sub>		NL		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		P <sub>celk</sub>	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
< 500	110	170	75	30	80	40	60	-	-	-
500 - 2000	75	140	75	22	30	85	25	30	12	20
2001-10000	70	120	80	18	25	90	20	30	8	15

ČOV 500 - 2000 EO	CHSK <sub>Cr</sub>		BSK <sub>5</sub>		NL		N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	
	p	m	p	m	p	m	p	m
Emission standards dle 61/2003 Sb.	125	180	30	60	40	70	20	40
Povolení vododopravního úřadu	80	120	30	70	30	70	20	40
BAT technologie	75	140	22	30	25	30	12	20
Reálné výsledky ČOV na odtoku rok 2009	22	35	2,3	3,8	3,2	8,2	3,6	26,3

### Moderní typy ČOV- OA, SBR, D-N

#### Oběhová aktivace

- D a N oddělená časově
- Nižší účinnost odstraňování N látek
- Nenáročná na udržení čistícího procesu

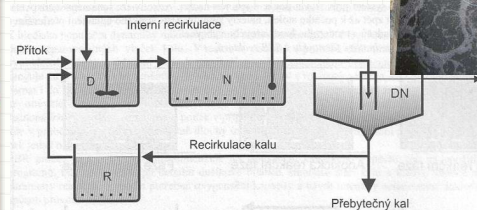


OA - oběhová aktivace  
DN - dosazovací nádrž

### Moderní typy ČOV- OA, SBR, D-N

#### D-N včetně modifikací

- D a N oddělená prostorově
- Vyšší účinnost odstraňování N látek za předpokladu udržení procesu
- Náročnější na udržení čistícího procesu

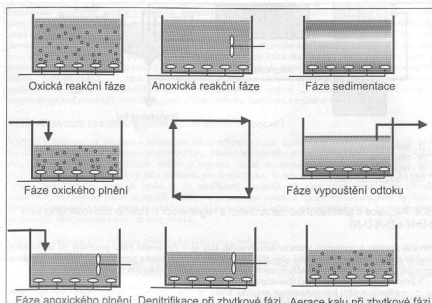


D - denitrifikace  
N - nitrifikace  
R - regenerace  
DN - dosazovací nádrž

## Moderní typy ČOV- OA, SBR, D-N

### SBR reaktor

- Všechny fáze probíhají v 1 nádrži – investiční úspora za stavbu
- Náročnější na řídicí systém
- Pouze pro OV s vyrovnanou kvalitou, OV bez balastních vod, vhodné na menší ČOV



## Odpady vznikající na ČOV

### 19 08 01 Shrabky z česlí

Likvidace – kompostování, spalování, skládkování



### 19 08 02 Písky z lapáků písku

Likvidace – kompostování, skládkování



### 19 08 05 Kaly z čištění komunálních odpadních vod

Likvidace – kompostování, aplikace na zemědělskou půdu, spalování



**Aplikace na zemědělskou půdu** – kal stabilizovaný, hygienizovaný dostatečně odvodněný (18% sušiny), splňuje limity mikrobiologické (2 kategorie), a chemické (těžké kovy), producent vypracuje „Plán aplikace kalu na zemědělskou půdu“, musí splňovat – vyhláška č. 382/2002 Sb.

## ČOV – stroje a zařízení



## ČOV – stroje a zařízení

### Čerpadla

- Čerpací jímka za česlemi, hrozí ucpávání čerpadel
- Sestava 2+1 skladová rezerva
- Zvedací zařízení (revize)
- Spolehlivá (reference), snadná údržba a servis
- Snadná manipulace
- Dostatečná průchodnost (hrozí ucpání)
- Ochrany (tepelná, proudová apod.) – MaR
- Spínání v kaskádě od hladin
- Správný výkon (Q/H křivka) – možnost změny frekvence



### Strojně stírané česle

- Od renomovaného výrobce jsou relativně spolehlivé
- Stírané síto (výměna kartáčů, dostatečná průlina)
- Mazání, převodovky
- Vhodné doplnit lištem na shrabky – méně odpadu



## ČOV – stroje a zařízení

### Lapák písku

- provzdušňovaný
- Snadný systém těžení (gravitačně, mamutky)
- Možnost doplnit pračku písku – mazání, převodovky



### Míchadla denitrifikace, aktivace

- Udrží kal ve vznosu
- Pomaloběžné, rychloběžná
- Drahá, poruchová
- Včetně spouštěcího zařízení
- Pravidelná výměna oleje, kontrola ucpávek



### Aerační systém nitrifikace

- aerační elementy, trubice, desky
- Snadná údržba – odvodňování, odtrhávání nárostů
- Zarůstání – roste tlaková ztráta – energie, dmychadla
- Trvanlivost 7-9 let
- Možnost dávkování kyseliny octové – prodloužení



## ČOV – stroje a zařízení

### Dmychadla

- Největší příkon, nejdůležitější
- Sestava 2+1 – možnost přepínání
- Protihlukové kryty
- Spolehlivá (reference), snadná údržba a servis
- Pravidelná výměna oleje, filtrů
- Ochrany (tepelná, tlaková apod.) – MaR
- Spínání v kaskádě od koncentrace kyslíku
- Správný výkon – možnost změny frekvence



### Dosazovací nádrž

- Pohon – převodovka (výměna oleje)
- Vybavení stíraním hladiny
- Údržba – čištění přepadových hran,
- Údržba – čištění jímky na plovoucí nečistoty



### Čerpadla VK a PK

- Mokrý/ suchá jímka
- Sestava 1+1 skladová rezerva
- Reference, snadná údržba



### ČOV – stroje a zařízení

**Kalové hospodářství**

**Stabilizace kalu**



- Míchání (míchadlo, čerpadlo, aerační elementy)

**Zahuštění kalu**

- Síta
- Zahušťovačky (stroj)

**Odvodnění kalu**

- Lísy - spíš v minulosti - sitopásový, plachetkový
- **Odstředivka** - i menších výkonů
  - Drahá
  - Energeticky náročná
  - Poměrně snadná obsluha
  - Produkuje dobře odvodněný kal
  - Pravidelné mazání, servis

### ČOV – stroje a zařízení

**Terciární čištění - Mikrositový filtr**

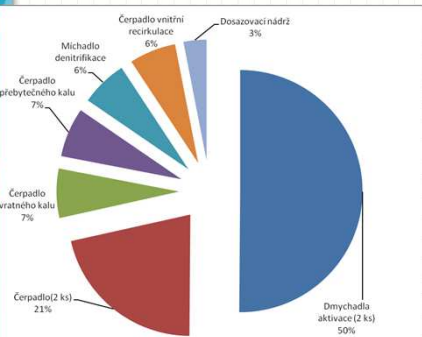
- Provozní jistota
- Buben se sítím o otvoru 60 mikrometrů
- Od renomovaných výrobců – spolehlivé zařízení
- Snadná údržba
- Pravidelná výměna síta

**Dávkování Fe soli**

- Slouží ke snížení koncentrace P na odtoku
- Jednoduché zařízení
- Zásobní nádrž + dávkovací čerpadlo
- Dávkuje se roztok síranu nebo chloridu Fe nebo síranu Al




### ČOV – stroje a zařízení - energie



n³/den; 4 l/s	
kW	%
6,1	47,86%
2,6	20,40%
0,8	6,28%
0,8	6,28%
0,75	5,88%
0,75	5,88%
0,37	2,90%
0,24	1,88%
0,15	1,18%
0,11	0,86%
0,075	0,59%
12,745	100,00%

### ČOV – řízení provozu, MaR



Varování, řídicí, datové a pravidelné informování SMS

GSM/GPRS datové přenosy na server (ne využívá Cat40sting!)

MA16-G3 Registrární a řídicí jednotka, průtokoměr, telemetrická stanice v síti GSM/GPRS

RS485

Výstupní výstupní modul DV2 Max 14 bodových výstupů (vstří)

MAH20-DIN Modul proudového výstupu Max 16 výstupů 4-20 mA

MZ201-EP Měření rozpouštěcího kyslíku a teploty

EasyTREK měření tlaku v jímcech a v nádržích

US1200 Nastel ČOV - měření průtoku

Aktivní nádrž

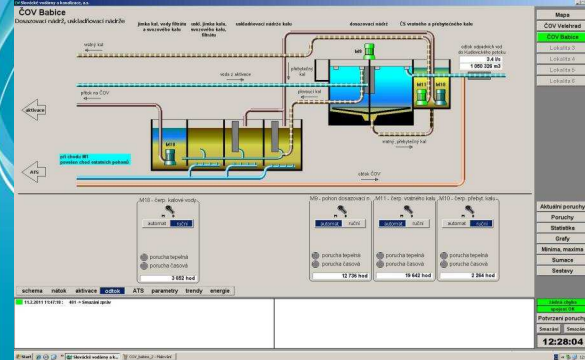
US1200 Odtok ČOV - měření průtoku

### ČOV – řízení provozu, MaR

**Měření provozních veličin:**

- Měření hladiny na přítoku
- Měření hladiny v čerpací jírně ČOV
- Měření průtoku a množství vyčištěné OV
- Měření obsahu kyslíku a teploty v nitrifikace
- Měření obsahu nerozpuštěných látek v AN
- Měření obsahu N-NH<sub>4</sub>
- Měření obsahu N-NO<sub>3</sub>
- Měření elektrické energie
- Ovládání elektrických strojů – všechna čerpadla, dmychadla, česle, elektropohony šoupátek, jezdových mostů, ventilátory

### ČOV – řízení provozu, dispečink



ČOV Bablice

Dispečink (vstří), měřiče (vstří) / měřiče (vstří) / měřiče (vstří) / měřiče (vstří)

Měření průtoku a množství vyčištěné OV

Měření obsahu kyslíku a teploty v nitrifikace

Měření obsahu nerozpuštěných látek v AN

Měření obsahu N-NH<sub>4</sub>

Měření obsahu N-NO<sub>3</sub>

Měření elektrické energie

Ovládání elektrických strojů – všechna čerpadla, dmychadla, česle, elektropohony šoupátek, jezdových mostů, ventilátory

12:28:04

## ČOV – problémy při provozování, příčiny, řešení

### Projekční

- Nedostatečné výchozí parametry (balasty, nerovnoměrnost znečištění, množství)
- Nedostatečné nebo nadměrné kapacity nádrží
- Nevhodné kapacity strojů a zařízení
- Nevhodné umístění objekty (hydraulika)
- Nevhodně zvolené materiály (korozí, abraze, opotřebení)
- Nekompletní dokumentace – improvizace při stavbě

### Stavební

- Špatně postavené nádrže
- Nevhodné výškové uspořádání a usazení strojů
- Nekvalitně provedená práce (sváry, kotvení)

### Provozní

- Poruchovost strojů
- Nedostatečná údržba
- Havárie na síti
- Nevhodně zvolené technologické parametry (množství kalu v AN, obsah kyslíku)

## ČOV – ekonomika provozu

### Zisky – stočné

Náklady jsou rozděleny do následujících položek:

- Čistící vozy
- Laboratorní rozbory
- Ostatní vnitro (zásobovací režie, doprava, oprava autodílny)
- Materiál
- Elektrická energie
- Plyn
- Opravy
- Nájemné
- Kalý
- Shrabky, písky
- Ostatní služby (revize, telefony)
- Pokuty
- Úplaty
- Odpisy
- Mzdy
- Ostatní (správní poplatky, cestovné, pojištění)

## ČOV – ekonomika provozu

