

BIOLOGICKÁ ČÁST ČOV

doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.
5. 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)

Vývoj ištní odpadních vod

Jahr	Proces	Schlamm-alter (Tage)	Becken-volumen (l/Einwohner)
1950	Einführung Belebtschlamm: Elimination leicht abbaubarer organischer Stoffe	2-4	20-40
1970	Erweiterung durch Phosphatfällung und Nitrifikation	8-12	80-140
1980	Denitrifikation	10-15	100-160
1990	Biologische Phosphat-elimination	14-20	140-200

Redukce znečištění

Redukce znečištění 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

Zákony "legislativní rámec", odpady kaly 2, výsledek hromady vyhlášek + zákon (dále ovzduší zanedbáme – jen pro velké ČOV a navíc houští předpisů je "vydatnější")

- Existuje pověřená osoba s kulatým razítkem, která odebere kaly odvážené z ČOV, určí zda jsou typu ostatní "O" nebo nebezpečné "N", zařadí je dle katalogů odpadů a přiřadí číslo z katalogů odpadů. Sepíše zprávu (O vyloučení nebezpečných vlastností odpadu).
- Během rozhodování O/N + katalog. číslo se zjišťuje jak odpad vzniká, mikrobiologické testy, výluhové testy, ekotoxické testy, koncentrace kovů a dalších látek atd.
- Následně se opakují po určité období kvartálně (velké zdroje) nebo ročně kontrolní zprávy. Provozovatel chce mít kaly a odpady typu O – cca 10x nižší náklady na likvidaci.
- Z toho co se dovází na ČOV ke zpracování je to co má katalogové číslo odpad, a toto číslo musí být pro danou ČOV povoleno například i prostřednictvím provozního řádu na zpracování odpadů. Na zpracování tohoto odpadu vydává ČOV potvrzení. Vše ostatní je odpadní voda, i kdy se to házelo lopatou, čistě legislativně, jinak to není možné na ČOV dovést a zpracovat.
- V současnosti zákony komplikují zpracování kuchyňských odpadů (pasterizace), tlačí na snižování odpadů jdoucích na skládku, jsou přísné požadavky na aplikaci na zemědělskou půdu, schůdnější jsou rekultivace a kompostování a bude se rozšiřovat termické zpracování obecně.
- Nejčastěji se kal předává specializované firmě k dalšímu zpracování.

Biologický stupeň

- Využití aerobních bakterií, které ve svém metabolismu odbourají až 99 % organického znečištění
- Funkční polykultura – základ bakterie, dále jednobuněčné organismy (měňavky, bičíkovci,...)
- Hlavní proces – mineralizace, odbourání organických látek za vzniku CO₂ a H₂O
- Další proces nitrifikace + denitrifikace (převod amonných iontů na dusičnany)
- Následná sedimentace (aktivovaný kal)
- Odvod vyčištěné vody do recipientu

7

Biologický stupeň

- Hlavní předpoklad – biologická rozložitelnost látek v odpadní vodě
- Pozor!!! Nesmí být přítomny látky toxické pro organismy pomocí nichž čištění probíhá.
- Které to jsou? Zejména těžké kovy – chrom, měď, olovo, stříbro, atd. Ale také chlór – těkavý. Pozor na pH, oxidy síry.
- Důležitost teploty – Praha 12 st. Dříve, nyní 13 – 14 st. C

8

Aktivace

- Nejrozšířenější způsob biologického čištění OV aktivační proces – aktivace
- Principiálně je to kultivace biomasy s recyklem
- Aktivační směs vyniká smísením OV a vratného aktivovaného kalu – je nutné provzdušňovat
- Aktivovaný kal je separován v dosazovací nádrži
- Část je recirkulována – vratný kal, ostatní biomasa je odstraňována

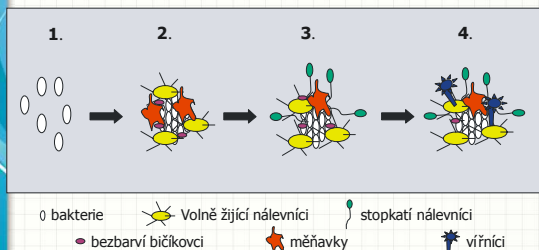
9

Aktivace

- Při tomto druhu čištění je odpadní voda směřována s tzv. **aktivovaným kalem** za dostatečného provzdušňování
- Aktivovaný kal je tvořen **mikroorganismy**, převážně bakteriemi; je směsnou kulturou mikroorganismů
- Od čistých kultur se liší tím, že je schopen se **oddělovat** od kapalně fáze **prostou sedimentací**, protože má vločkovitý charakter. Tato vlastnost je nezbytná pro úspěšné biologické čištění.

10

Fáze vzniku vločky aktivovaného kalu



11

Biologické odstraňování nutrientů

- Nutrienty v OV – anorganické sloučeniny dusíku a fosforu
- Zvýšená přítomnost vyvolává problémy:
 - Amoniak je toxický pro vodní organismy
 - Zvýšené náklady nebo znemožnění úpravy vody pro pitnou
 - Eutrofizace povrchových vod se všemi průvodními jevy (sinice,...)

12

Dusík a fosfor – makrobiogenní prvky (nutrienty)

Problém:

- Eutrofizace
- Toxický účinek NH_3 na ryby
- Negativní vliv eutrofizovaných vod při úpravě na vodu pitnou
- Zvýšený obsah dusičnanů v pitné vodě
- Klasická aktivace odbourá N – 20 %; P – 30 %
- ČR citlivá oblast – $\text{Nc} = 10 \text{ mg/l}$ (90 – 95 %); $\text{P}_{\text{celk.}} = 1 \text{ mg/l}$ (95 %)

13

Odbourání N a P na limity EU!!!

Jak na N:

A. Nitrifikace -

- biochemická oxidace na amoniakální dusík a dusičnany

B. Denitrifikace

- Biochemická redukce dusičnanů na oxidy dusíku a plynný dusík. Drahé – nutný substrát jako zdroj energie a C

Jak na P:

- Srážení solemi Al nebo Fe

14

Nutrienty v aktivovaném kalu

- Vyrovnaný poměr nutrientů hraje zásadní roli, pokud mají mikroorganismy pracovat s maximální účinností. Nejdůležitější z těchto nutrientů je uhlík, dusík a fosfor.
- Uhlík
 - Uhlík je hlavní složkou organických látek obsažených v odpadních vodách. Podléhá mikrobiální biodegradaci v aktivovaném kalu za anaerobních podmínek (Bio-P), v anoxickém prostředí (denitrifikační zóna) a v prooxidizované části biologického stádia (nitrifikační zóna).
 - Mikroorganismy využívají uhlíkových sloučenin pro stavbu buněčných struktur a při tvorbě energie. Uhlíkové sloučeniny se stanovují jako parametry CH_5K , BSK_5 nebo TOC.
- Dusík
 - Na přítoku do čistírny odpadních vod je dusík přítomen v organicky vázané formě (organický N) a jako amoniakový dusík ($\text{NH}_4\text{-N}$). Během biologického čištění odpadní vody se organický N pro středními bakterií v aktivovaném kalu přeměňuje na $\text{NH}_4\text{-N}$. $\text{NH}_4\text{-N}$ a $\text{NH}_4\text{-N}$ z přítoku se oxidují na dusitany a posléze na dusičnany (nitrifikace).
 - Dusíkové sloučeniny, které v aktivovaném kalu nepodléhají biologickému odbourávání, se přeměňují za anoxických podmínek (v nepřítomnosti rozpustěného O_2) na elementární dusík (denitrifikace), který uniká ve formě plynného N_2 do atmosféry.
 - 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).
- Fosfor
 - Zátěž P v přítoku do čistírny odpadních vod je tvořena fosforem obsaženým v orthofosforečnanech ($\text{PO}_4\text{-P}$), polyfosforečnanech a organických sloučeninách fosforu. Jejich součet udává souhrnný parametr „celkový fosfor“ ($\text{P}_{\text{celk.}}$).

Nutrienty v aktivovaném kalu

- Vyrovnaný poměr nutrientů zásadní pro dobrou funkci mikroorganismů
- Nejdůležitější je poměr mezi C, N a P

Organické sloučeniny + O_2 + nutrienty



Nový buněčný materiál + CO_2 + H_2O

15

Odstraňování dusíku

- Formy dusíku – amoniakální a organický
- Cíl – zoxidovat sloučeniny dusíku na dusičnany
- Oxidace amoniakálního dusíku ve dvou krocích: nejprve na dusík dusitanový (NO_2) a pak na dusičnanový (NO_3)
- Proces se nazývá – nitrifikace a probíhá pouze v oxických (aerobních) podmínkách

17

Odstraňování dusíku

- Následný proces, při kterém je dusičnanový dusík redukován a jako plynný dusík N_2 uniká z vodního prostředí je označován – denitrifikací
- Podmínky pro denitrifikaci – absence molekulárního kyslíku, přítomnost dusičnanového nebo dusitanového dusíku – je pouze možné v anoxickém prostředí

18

Princip odstraňování dusíku

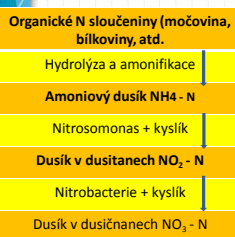
- **Nitrifikace**
 - Nitrifikace probíhá ve dvou fázích.
 - Nitritace - Nitritační bakterie převádějí amoniak na dusitany. Známa nitritační bakterie je Nitrosomonas.
 - Nitratace - Nitratační bakterie převádí dusitany na dusičnany. Známa nitratační bakterie je Nitrobacter.
- **Denitrifikace**
 - Denitrifikace je přeměna dusičnanů na plynný dusík. Při nedostatku kyslíku ji využívají některé bakterie např. Pseudomonas a některé houby.

Ostraňování fosforu

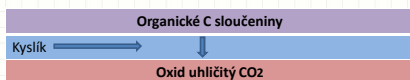
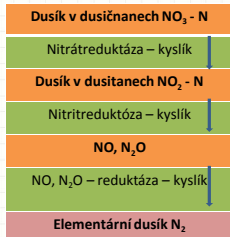
- Základní formy fosforu v OV – ortofosforečnany, polyfosforečnany a organicky vázaný fosfor
- Odstranění biologicky pomocí poly-P bakterií
- Častěji chemickým srážením – železnaté, železité nebo hlinité soli; dávkování před dosazovací nádrž
- Zdroj fosforu – pračky, myčky, apretační prostředky

Procesy během nitrifikace (oxidační) a denitrifikace (redukční)

Nitrifikace



Denitrifikace



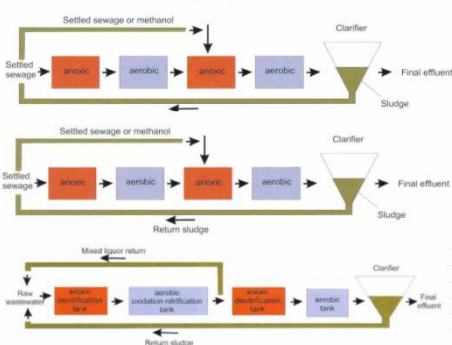
21

Poměr C : N : P

- Při aerobním čištění odpadních vod se poměr mezi C : N : P má pohybovat 100 : 10 : 1 a 100 : 5 : 1
- Zkušenosti ukazují že městské odpadní vody mají poměr C : N : P \approx 100 : 20 : 5
- Je-li na přítoku do biologické části ČOV nepoměr nutrientů, nebo některého je nedostatek nastanou problémy v čištění

22

Modifikovaný aktivační proces s odstraňováním fosforu



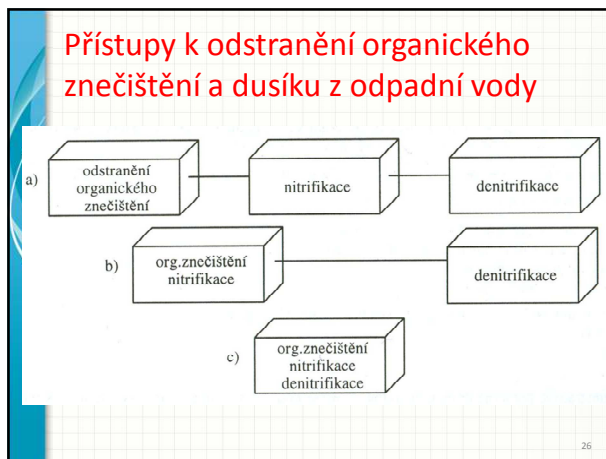
Příčiny nedostatku nutrientů ve stádiu biologického čištění odpadních vod

Nedostatek	Příčiny/původ odpadních vod
Uhlík	<ul style="list-style-type: none"> • Dlouhá doba v kanalizační síti • Dalekosáhlé primární čištění • Průmyslové vody s vysokým obsahem dusíku (mléko, maso)
Dusík	<ul style="list-style-type: none"> • Odpadní vody s nízkým obsahem dusíku: <ul style="list-style-type: none"> › Papírenský průmysl › Zpracování ovoce a zeleniny
Fosfor	<ul style="list-style-type: none"> • Výluh za skládky odpadů, odpadní vody ze zpracování ovoce a zeleniny

24

Nedostatek	Nápravné opatření
Uhlík	<ul style="list-style-type: none"> • Vynechat primární čištění • Zvýšit objem denitrifikace při zachování dostatečného objemu pro nitrifikaci (minimální stáří kalu 9 dní)
Dusík	<ul style="list-style-type: none"> • Vyrovnat poměr nutrientů: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Přídavkem N sloučenin (např. močoviny) ➤ Přídavkem odpadní vody z domácností
Fosfor	<ul style="list-style-type: none"> • Vyrovnat poměr nutrientů: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Přídavkem P sloučenin (dostupných průmyslových produktů (např. fosfátová hnojiva, kyselina fosforečná) ➤ Přídavkem odpadní vody z domácností

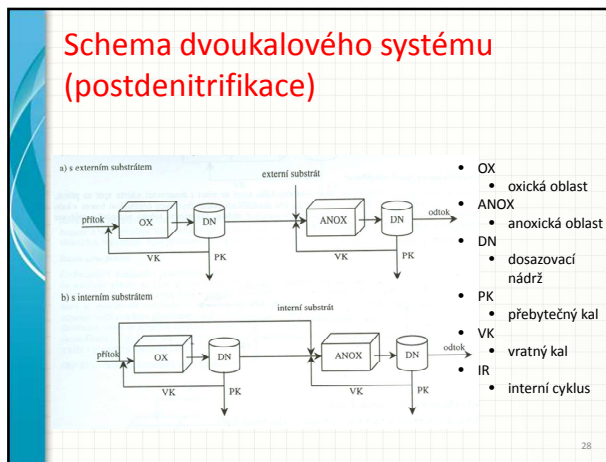
25



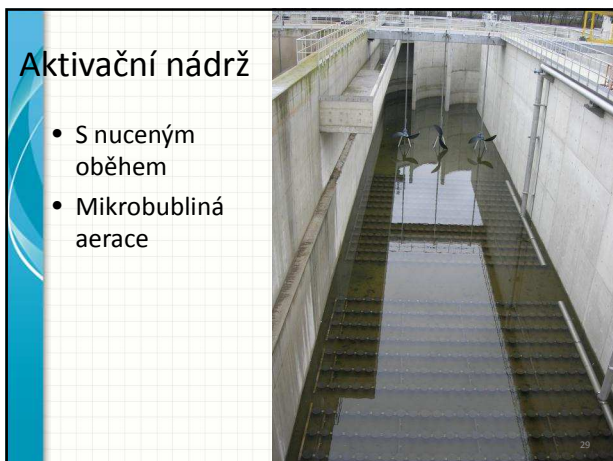
26



27



28



29



30

Aktivační nádrže



Rotací aerátory - nevhodné



Denitrifikace / nitrifikace

31

ČOV aktivační nádrže, vzkaz až do Německa přes Vltavu a Labe



32

Mikrobubliná aerace, dávkování vratného kalu (přítok z mechanické části ČOV)



33

Řešení odstraňování dusíku, problémy

- Preferenci má splnění podmínek pro růst nitrifikačních bakterií:
 - rostou pomalu → v vysoké stáří kalu
 - dostatečný přívod kyslíku
 - Stabilní pH cca 7,0, teplota nad 12 st. C
- Řešení nízké růstové rychlosti:
 - vysoké stáří kalu → vysoká zásoba kalu v systému
 - zařazení regenerace vratného kalu

34

Řešení odstraňování dusíku, problémy

- Protichůdné „požadavky“ denitrifikačních bakterií:
 - rozpuštěný kyslík je blokuje, vadí jim „převzdušňování“ v nitrifikaci
 - Vysoké stáří kalu snižuje jejich aktivitu
 - Nízké látkové zatížení (nedostatek organického substrátu) zhoršuje redukci dusičnanů na plynný dusík
- Proto se často aplikuje dávkování externích organických substrátů (metanol)

35

Brno Modřice - přetížení čistírny, částečné odumření biomasy aktivace; nežádoucí mikroorganismus, který likviduje osazení aktivace; zpěněný povrch



36

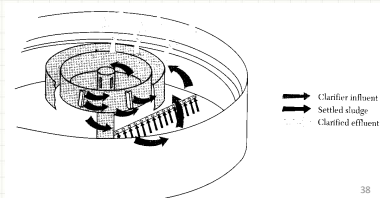
Řešení odstraňování fosforu

- Převod rozpuštěného anorganického fosforu na málo rozpustné fosforečnany kovů, tvorba hydroxidů kovů
- Jako koagulanty se přidávají soli železa a hliníku nebo vápno
- Při aplikaci vápna nutná neutralizace (změna pH)

37

Moderní konstrukce dosazovacích nádrží

- Rozhodující je správné dimenzování a konstrukce těchto partií:
 - Uklidňovací a flokulační zóna
 - Stírání hladiny
 - Bezpečné odvádění odsazené vody při různých průtocích
 - Účinné shrabování dna a odvod zahuštěného kalu



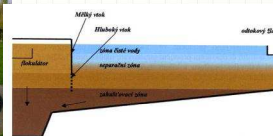
38

ČOV dosazovací nádrže, odtok



39

Dosazovací nádrže



40

Funkce dosazovací nádrže



funguje



nefunguje

41

Kalový index

- Odběr z nátoky na DN
- $KI = V_k / X$
- kde V_k je objem aktivovaného kalu, který se usadí z 1 litru aktivní směsi po 1/2 hodině v Imhoffově kuželi, X je koncentrace kalové sušiny aktivní směsi ($g \cdot ml^{-1}$).

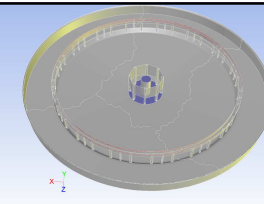
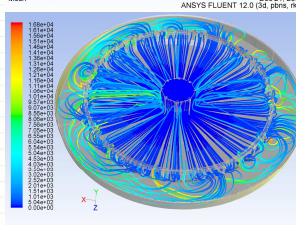


normální	$KI < 100 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$
lehký	$KI = 100 - 200 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$
zbytný	$KI > 200 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$



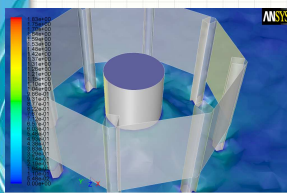
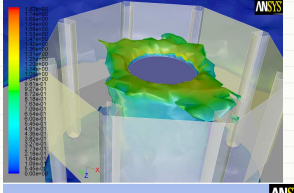
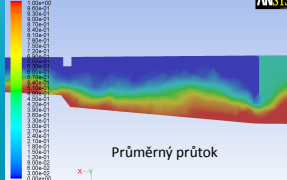
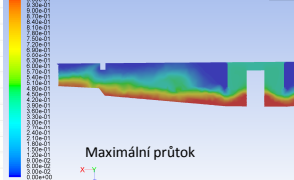
Současný stav

- Slouží jako kalibrační a srovnávací varianta
- Simulace proudění
 - Nebyly zjištěny zjevné problémy
- Simulace s kalem
 - Kal vytváří „kopce“ a převaluje se
 - Vyšší vírovitosti za sloupce
 - Nátokový objekt nasává již ztuhlý kal

ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, rns) Dec 21, 2009

Současný stav

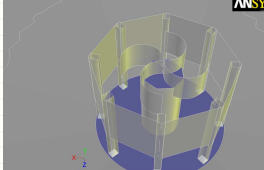
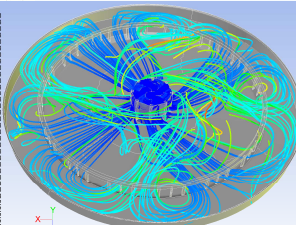
Průměrný průtok

Maximální průtok

ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, rns) Dec 21, 2009

Růžice klasická

- Ze zkušenosti z předešlých projektů
- Tvorba „bludných proudů“
- Tato varianta nezlepší průtokové charakteristiky nádrže

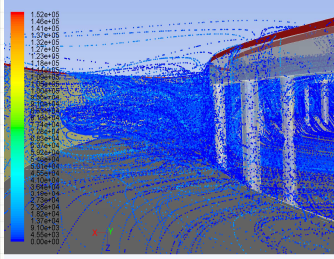



Proudnice pro průměrný průtok

ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, rns) Dec 22, 2009

Otevřený vnější přepad (všechny přepady otevřené)

- Otevření vnějšího žlábků vede ke zvýšení mrtvých prostorů pod vnějším žlábkem



ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, rns) Dec 22, 2009

Otevřený vnější přepad, zavřený vnitřní přepad u žlábků

- U této varianty je tvorba mrtvých prostor ještě patrnější
- Je to znát i na celkových výsledcích



Proudnice pro průměrný průtok

ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, ske) Dec 23, 2009

Otevřený vnější přepad, zavřený vnější přepad u žlábků

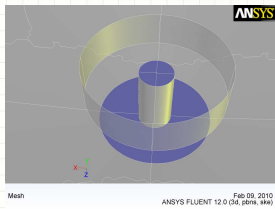
- Stejně problémy jako v předchozích případech
- Žlábek působí negativně na přirozené proudění – nadsvedává proudnice
 - Negativní vliv má i zvýšené dno na vnější části



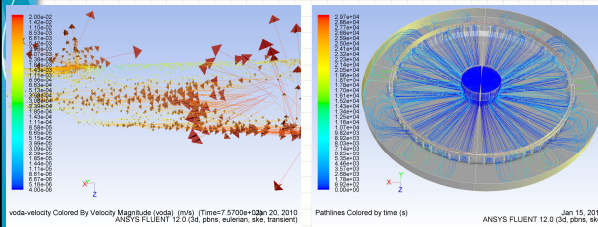
ANSYS FLUENT 12.0 (3d, pbrs, ske) Dec 23, 2009

Nový střed, původní žlábek

- Nátokový objekt byl vytvořen jako kruhový bez podpěrných pilířů
- Snížení sedimentačního prostoru o 0,87%
- Snížení cirkulačních rychlostí o 19,9% při průměrném průtoku
- 2/3 objemu uvnitř a 1/3 vně žlábků

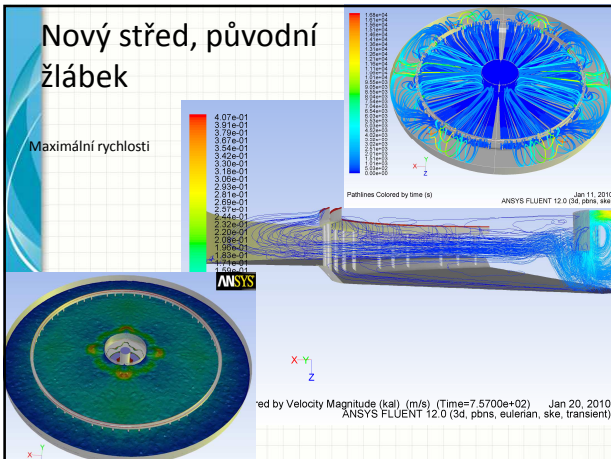


Nový střed, původní žlábek průměrné rychlosti



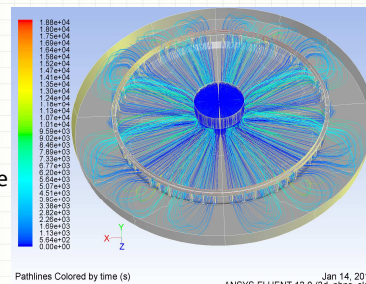
Nový střed, původní žlábek

Maximální rychlosti



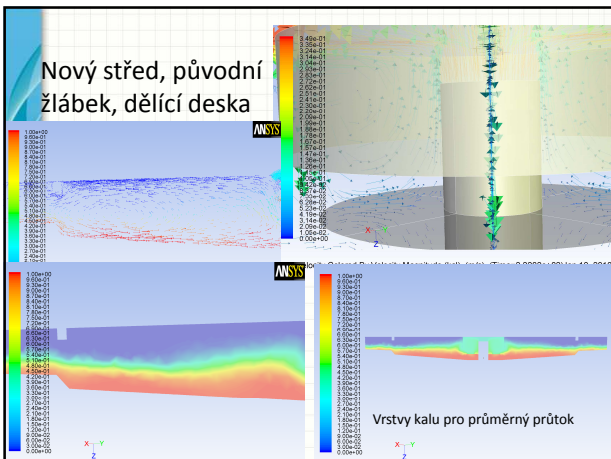
Nový střed - posazení žlábků dovnitř

- Metodika na rovnost ploch hladin
- Výsledky ukazují slabší hodnoty – vnější prostor už je příliš velký a vznikají mrtvé prostory



Proudnice pro průměrný průtok

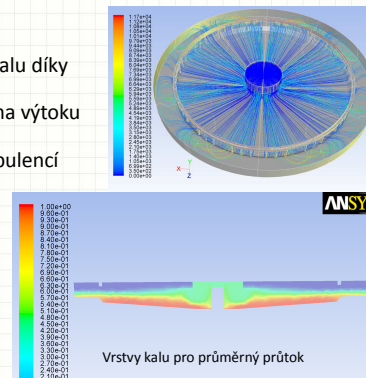
Nový střed, původní žlábek, dělicí deska



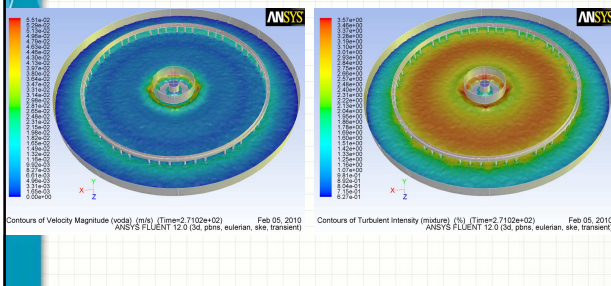
Nový střed - posazení žlábků vně, dělicí deska

- Dobré rozvrstvení kalu díky kalové desce
- Menší kalový skok na výtok z vtokového válce
- Celkové snížení turbulencí

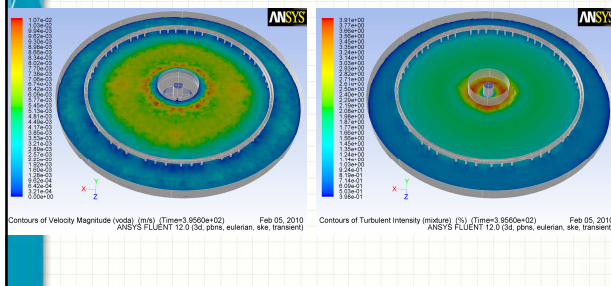
Zvýšení účinnosti separace a pozitivní vliv na reflukaci, resp. Nethrání vložek v nátokové oblasti



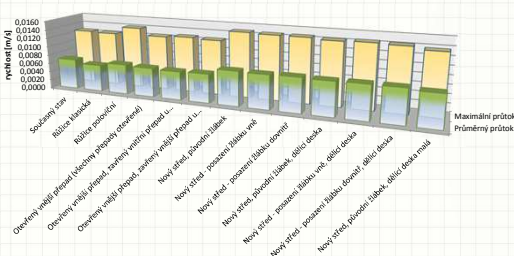
Vlastnosti kalu na kalové vrstvě – pro maximální průtok



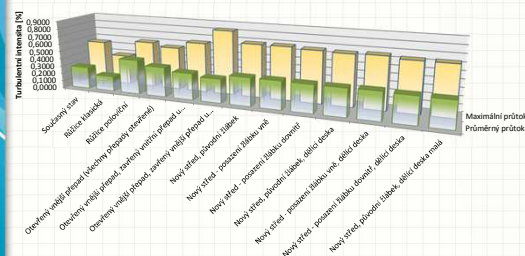
Rychlosti a turbulentní viskozita na hladině kalu pro maximální průtok



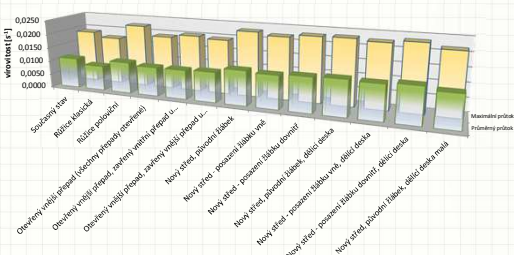
Porovnání průměrných rychlostí



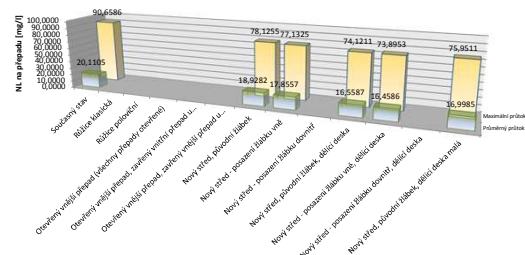
Porovnání průměrných turbulencí



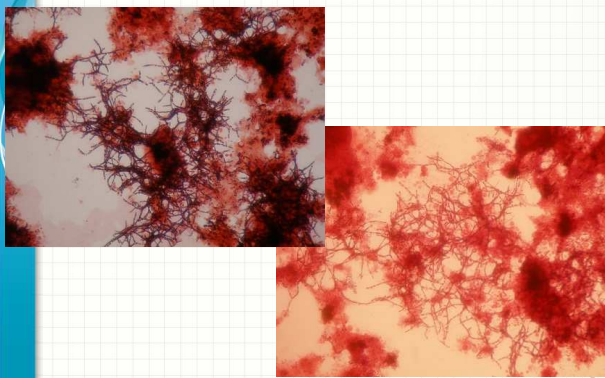
Porovnání průměrných vírovitostí



Porovnání NL na přepadu



ČOV aktivací nádrže



ČOV dosazovací nádrže, odtok postdenitrifikace



6
8