

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko - geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**VLIV VYBRANÝCH PRACÍCH A ČISTICÍCH PROSTŘEDKŮ NA
INHIBICI AKTIVAČNÍHO KALU**

**THE EFFECT OF SELECTED DETERGENTS AND CLEANING AGENTS
ON THE ACTIVATED SLUDGE INHIBITION**

Diplomová práce

Autor:

Bc. Vít Pavelek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Vít Pavelek**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou

Téma: **Vliv vybraných pracích a čisticích prostředků na inhibici aktivačního kalu**
The effect of selected detergents and cleaning agents on the activated sludge inhibition

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Charakteristika aktivačního kalu
3. Respirační inhibice aktivačního kalu
4. Měření respirační inhibice
5. Vyhodnocení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

DAVIES, P. S.. The biological basis of wastewater treatment. Glasgow: Strathkelvin Instruments Ltd, 2005. pp. 3-11.

ŠKROBÁNKOVÁ, H., ŠKROBÁNKOVÁ, S.. Metodika pro stanovení respirační inhibice aktivovaného kalu. Ostrava 2011. VŠB – TU Ostrava, Hornicko – geologická fakulta.

PITTER, P.. Hydrochemie. 4. akt. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

GUTIÉRREZ, M., ETXEBARRIA, J., FUENTES, L.. Evaluation of wastewater toxicity: comparative study between Microtox and activated sludge oxygen uptake inhibition. Water Research, 2002. 36, pp. 919–924.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Hana Škrobánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu

prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlašuji že,

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35- využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60- školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo- diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. 4. 2014

.....
Vít Pavelek

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě dne 26. 4. 2014

.....
Vít Pavelek

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Haně Škrobánkové, Ph.D. za odborné vedení, vstřícnost, pohodu a rady při zpracování diplomové práce.

Dále společnosti SSÚD Mankovice za možnost odběru aktivačního kalu z jejich ČOV.

Anotace:

Práce se zabývá vlivem různých typů pracích a čisticích prostředků na respirační inhibici kalu v aktivačním procesu malých a domovních čistíren odpadních vod. Tyto ČOV jsou inhibicí značně ovlivněny, neboť u nich nedochází k dostatečnému naředění koncentrací daných látek. To má za následek narušení metabolismu mikroorganismů, snížení respirační rychlosti a produkce energie, čímž se sníží i bakteriální růst. Tím klesá schopnost oxidace organického znečištění a snižuje se účinnost čistírny odpadních vod. Měřením respirační inhibice jsme schopni zjistit, do jaké míry jsou látky přítékající v odpadní vodě toxické. Výzkum porovnával vliv tzv. ekologických a běžně používaných pracích a čisticích prostředků. Práce dále zkoumá, jaké toxické látky jsou obsaženy v různých typech domácích čisticích prostředků a jejich vliv na mikroorganismy v aktivovaném kalu. Měření probíhalo na respirometru firmy Strathox od společnosti Strathkelvin Instruments. Získaná data jsou následně vyhodnocena.

Klíčová slova:

Respirační inhibice, aktivační kal, čistírna odpadních vod, prací a čisticí prostředky.

Summary:

The thesis evaluates the influence of different types of detergents and cleaning products on the respiratory inhibition of the sludge in the activation process of a small domestic wastewater treatment plants. These wastewater treatment plants are greatly affected by inhibition, because the sufficient dilution of concentrations of the substances does not occur. This results in distortion of the metabolism of microorganisms, reducing the respiration rate and the production of energy, thus reducing bacterial growth. This decreases the ability of the oxidation of organic pollution and reduces the efficiency of the wastewater treatment plant. By measuring respiratory inhibition, we are able to determine the extent to which the substances in the wastewater are toxic. The research evaluated the impact of so called "environmental" and commonly used detergents and cleaning agents. The thesis also examines which toxic substances are contained in different types of household cleaners and their effect on microorganisms in activated sludge. Measurements were carried out by using respirometer from company Strathox which is a subsidiary of Strathkelvin Instruments. The acquired data are afterwards evaluated

Key words:

Respiratory inhibition, activated sludge, wastewater treatment, detergents and cleaning agents.

Obsah:

1. Úvod a cíle práce	1
2. Charakteristika aktivačního kalu	1
2.1. Klasická teorie aktivačního kalu	2
2.2. Mikroorganismy vyskytující se v aktivačním kalu	3
2.2.1. Bakterie	4
2.2.2. Houby	6
2.2.3. Prvoci	7
2.2.4. Metazoa	7
2.3. Faktory ovlivňující růst organismů	7
2.3.1. Nutrienty	7
2.3.2. Vliv teploty na mikroorganismy	8
2.3.3. Vliv pH	9
2.3.4. Nepřítomnost uživatelů	9
2.3.5. Nadužívání čisticích prostředků	10
2.3.6. Koncentrace rozpuštěného kyslíku	10
2.4. Charakteristika malých čistíren odpadních vod	10
2.4.1. Domovní čistírna odpadních vod, kategorie (0 - 50 EO)	11
2.4.2. Čistírna odpadních vod, kategorie (50 - 500 EO – 10 – 100m ³ /den)	11
2.4.3. Čistírna odpadních vod, kategorie (500 - 2000 EO, 100 – 400m ³ /den)	12
3. Respirační inhibice aktivačního kalu	12
3.1. Respirace	12
3.2. Respirační inhibice	14
3.3. Vliv toxických látek na metabolismus mikroorganismů	14
3.4. Endogenní stav	16
3.5. Podmínky pro optimální odstranění znečištění	18
3.6. Popis toxických látek	19
3.6.1. Organické polutanty	19
3.6.1.1. Tenzidy	19
3.6.1.2. Detergenty	20

3.6.2. Potenciálně toxické prvky - anorganické polutanty.....	20
3.6.2.1. Kadmium	23
3.6.2.2. Chrom	24
3.6.2.3. Měď	24
3.6.2.4. Olovo	25
3.6.2.5. Zinek.....	26
3.6.2.6. Rtuť.....	26
4. Měření respirační inhibice	27
5. Vyhodnocení	31
5.1. Vliv pracího prášku Ariel.....	32
5.2. Vliv pracího prášku Woolite.....	33
5.3. Vliv čisticího prostředku ECOVER.....	34
5.4. Vliv pracího prášku Korrekt.....	35
5.5. Vliv čisticího prostředku SAVO.....	36
5.6. Porovnání inhibičního vlivu vybraných prostředků.....	37
6. Závěr	39
Seznam použité literatury:	40
Seznam elektronických zdrojů:.....	41
Seznam obrázků:.....	1
Seznam tabulek:.....	2
Seznam grafů:	3

1. Úvod a cíle práce

Diplomová práce se zabývá problematikou respirační inhibice mikroorganismů vyskytujících se v aktivačním kalu, způsobenou vlivem různých druhů pracích a čisticích prostředků. Měření bylo prováděno na vzorcích aktivačního kalu z čistírny odpadních vod, patřící ke společnosti SSÚD (Středisko správy a údržby dálnic). Tato čistírna spadá do kategorie 1 – 50 EO.

Respirace (biologická oxidace) je nejdůležitějším metabolickým dějem buněk, kterým pro sebe aerobní a některé druhy anaerobních organismů získávají energii potřebnou pro své životní pochody. Opakem respirace je inhibice, ke které dochází při vysokých koncentracích pro mikroorganismy toxických látek. To má za následek zpomalení čisticích a biologických procesů v aktivačním procesu a tento stav lze označit jako nevhodný. Cílem měření respirační inhibice je zjistit jaké prací a čisticí prostředky v jakých koncentracích jsou škodlivé, pro bezproblémový chod aktivačního procesu u aerobních čistíren odpadních vod. Dalším důvodem měření je nalézt koncentrace daných látek, které ještě nemají negativní inhibiční účinek na mikroorganismy obsažené v aktivačním kalu. Měření respirační inhibice se používá ke sledování toxicity přítoků na vstupu do čistíren odpadních vod a zároveň se jím testuje respirační inhibice uhlíkatých bakterií podílejících se na oxidaci biologicky odbouratelných organických látek.

Měření byla prováděna respirometrem Strathox od společnosti Strathkelvin Instruments. Metodika k měření respirační inhibice lze nalézt v ČSN EN ISO 8192, nebo v technické dokumentaci přístroje Strathox společnosti Strathkelvin Instruments. Měření vlivu vybraných pracích a čisticích prostředků bylo prováděno na aktivačním kalu z čistírny odpadních vod společnosti SSÚD Mankovice,

Cílem této práce je měření respirační inhibice mikroorganismů obsažených v aktivačním kalu z ČOV společnosti SSÚD Mankovice a zjištění jaké prostředky v jakém množství tento problém způsobují. Byly porovnávány následující druhy čisticích prostředků: Ariel prací gel na bílé prádlo, Woolite prací gel na barevné prádlo, ECOVER ekologický čisticí prostředek na mytí nádobí, SAVO a Korrekt prací gel.

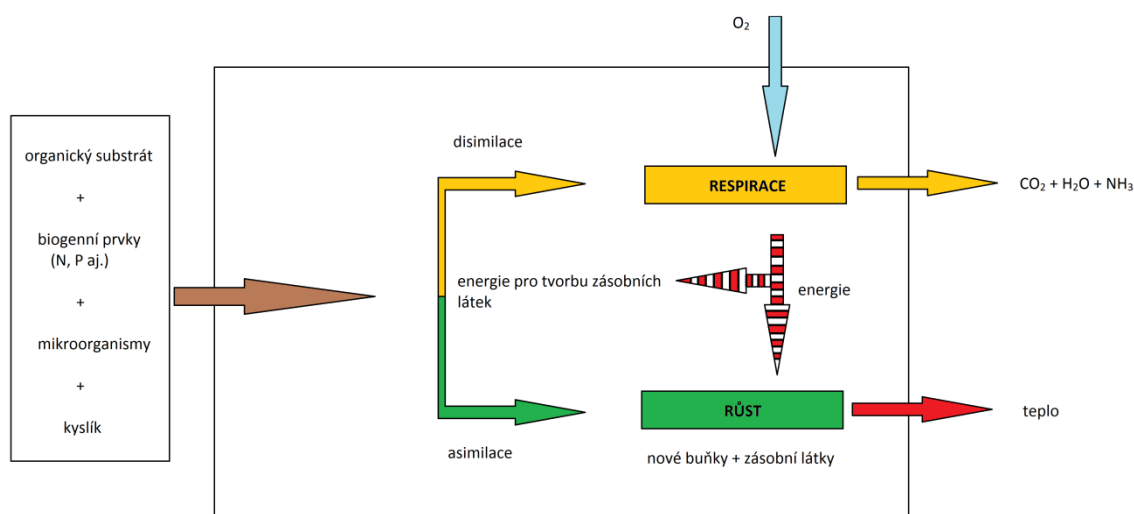
2. Charakteristika aktivačního kalu

Aktivační kal je takzvaná směsná kultura, ve které se mikroorganismy vyskytují ve formě tzv. zoogleí, což jsou shluky mikroorganismů. V aktivačním kalu se mimo jiné nacházejí i kvasinky, plísňe, houby a drobná metazoa. Poprvé se aktivační proces podařilo praktikovat v roce 1913 dlouhodobým provzdušňováním městských splašků v Manchesteru. Od doby prvního vzniku se již tento princip vyvinul a prodělal mnoho změn. V prvních pokusech o

čištění odpadních vod aktivačním kalem docházelo k tomu, že byl aktivační kal vypěstován a po vyčištění odpadní vody byl i s vodou odstraněn. Pak následovalo opětovné napuštění odpadní vody a čekalo se, až se mikroorganismy namnoží a dojde k odstranění znečištění. Tento proces měl nevýhodu, že vždy musel být vypěstován nový aktivační kal, což prodlužovalo dobu čištění. V dalších pokusech o čištění již byla část aktivačního kalu odebrána a vložena do aktivační nádrže s odpadní vodou. Tím se proces čištění zrychlil a jak již bylo zmíněno výše, do dnešní doby prodělal značných změn [4],[5].

2.1. Klasická teorie aktivačního kalu

U biologického čištění odpadních vod v aerobních podmínkách se využívá biochemických procesů, jež jsou podmíněny činností aerobních mikroorganismů. Tyto mikroorganismy rozkládají substrát (směs organických látek obsažených ve vodě) oxidačními procesy za přítomnosti molekulárního kyslíku.



Obrázek 1 Schéma probíhající reakce[1].

Aerobní organismy působením svých enzymů štěpí oxidačními procesy organické látky obsažené v odpadní vodě. K této oxidaci využívají molekulární kyslík, přičemž hovoříme o exogenním metabolismu. Výslednými produkty tohoto procesu jsou H₂O, CO₂ a dusík je přeměněn na amoniak. Oxidačními procesy je získávána energie pro růst a vývoj mikroorganismů a k získání zásobních látek. K této syntéze je zapotřebí biogenních prvků, které jsou získávány jednak z rozloženého organického substrátu a jednak z vnějšího prostředí. Mezi makrobiogenní prvky můžeme zařadit C, N, P, O, S, H. Tyto prvky jsou nepostradatelnou součástí životních pochodů mikroorganismů. V některých případech se

může stát, že substrát bude vykazovat nedostatky především dusíku a fosforu (hlavně při čištění průmyslových odpadních vod) v takovém případě se musí tyto chybějící prvky do procesu oxidace dodávat uměle. Vlivem syntetických pochodů vzniká organická hmota, která slouží pro nové buňky nebo jako zásobní látka mikroorganismů. Společně s exogenním odbouráváním organického substrátu dochází i k takzvanému endogennímu metabolismu, při kterém dochází k odbourávání nahromaděné zásobní látky z těl mikroorganismů. K tomuto metabolismu dochází ve chvíli, kdy je substrát zcela vyčerpán a organismus je dále nucen spotřebovávat energii pro své zachování [6],[10],[16].

Při biologické oxidaci odpadní vody v oxickém prostředí musí být splněny tyto základní podmínky: substrát, kyslík, mikroorganismy, biogenní prvky [10].

- **Substrát.** Zajištění dostatečného přísunu substrátu (biogenních prvků). Substrát spolu s biogenními prvky se nachází přímo v odpadní vodě. Pokud dojde k jeho poklesu např. při nepřítomnosti uživatelů v domě u malých ČOV, musí být jeho deficit dotován.
- **Kyslík.** Zajištění dostatečného prokysličování. Při procesu aerobního čištění odpadních vod je přívod vzduchu nezbytný.
- **Mikroorganismy.** Zapracování mikroorganismů je úkon nezbytný k jejich namnožení. Toto se děje ještě před zahájením biologických pochodů. Vychází se z toho, že se tyto mikroorganismy již nacházejí v odpadní vodě, v případě biologického čištění dochází k tzv. naočkování přimícháním aktivovaného kalu z již provozovaného systému.
- **Biogenní prvky (N, P).** Jsou součástí substrátu a slouží jako důležité prvky pro život mikroorganismů.

2.2. Mikroorganismy vyskytující se v aktivačním kalu

Organismy vyskytující se v aktivačním kalu jsou stejně různorodé a pestré jako látky (substrát) přitékající v odpadní vodě. Zástupci mikroflóry si buď vzájemně konkurují, nebo jeden druhému vytvářejí podmínky vhodné pro jeho další vývoj. (koncový produkt jednoho druhu slouží jako potrava druhu dalšímu) Základním principem biologických systémů je odstranění organických látek. Na tomto procesu se podílí velké množství mikrobiálních společenství. Při vhodných podmínkách probíhají i procesy na nichž se podílejí speciální druhy mikroorganismů. Vhodným příkladem je oxidace amoniaku na dusičnany a dusitany za přítomnosti nitrifikačních bakterií [6],[11].

Z hlediska výživy (trofie, z řeckého trofé) dělíme organismy na několik základních metabolických typů:

Dle způsobu příjmu energie je dělíme na:

- **fototrofní**, tyto organismy využívají světelnou energii a mění ji na chemickou
- **chemotrofní** zdrojem energie organismů jsou chemické reakce (oxidace organických či anorganických látek).

Z hlediska syntézy organické hmoty je dělíme:

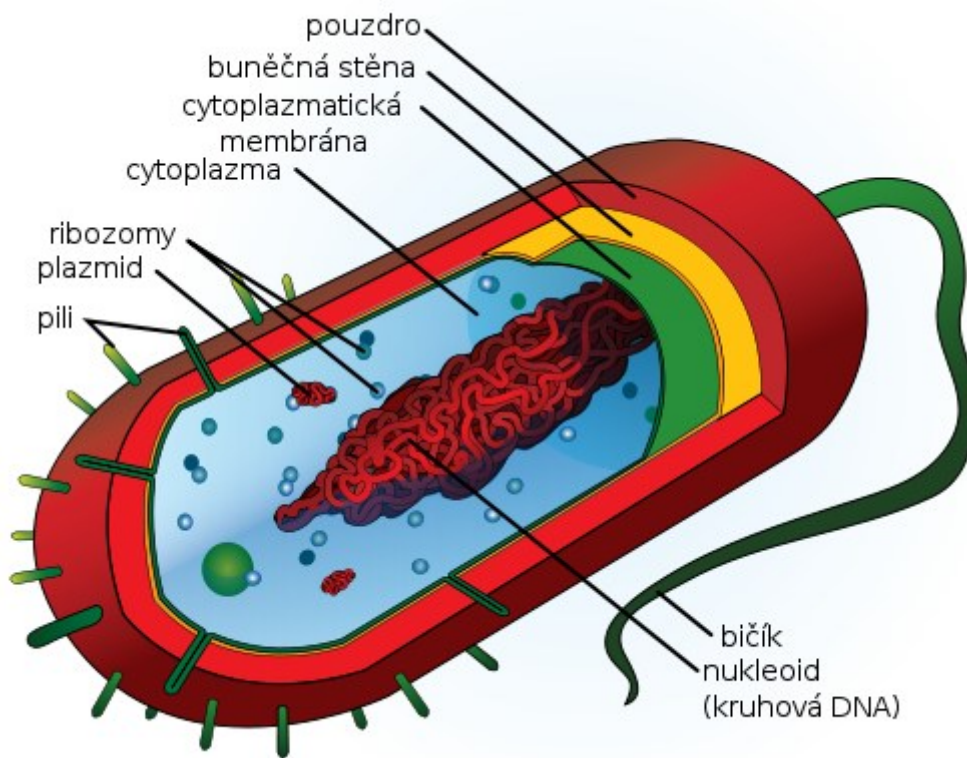
- **autotrofní** organismy přeměňují látky anorganické na látky organické
- **heterotrofní** organismy získávají energii z prostředí ve formě živin (z těl jiných organismů).

Dle využití vodíku tyto organismy dělíme:

- **lithotrofní**, které využívají vodík z anorganických látek
- **organotrofní**, které využívají vodík z látek organických.

2.2.1. Bakterie

V nejhojnější míře jsou v aktivačním kalu zastoupeny bakterie. Bakterie se řadí mezi nejmenší živé mikroskopické organismy jednobuněčného formátu, které přežívají téměř v jakémkoliv prostředí. Přizpůsobí se extrémním podmínkám, jako jsou vysoké popřípadě nízké teploty. Jsou schopny žít téměř na kterémkoliv povrchu, který se vyznačuje unikátní živnou půdou. Na níž postupně rostou a množí se. Bakterie dosahují délky 0,5 – 2 μm a které mohou vytvářet shluky a vlákna [6]. Řez bakteriální buňkou můžeme vidět na obr. č. 2.



Obrázek 2 Řez bakteriální buňkou [30].

Běžné formy bakterií jsou tvořeny několika strukturami bakteriální buňky, důležitější části jsou tyto:

Buněčná stěna. Tvoří vnější část bakterie, buňku chrání před poškozením a zároveň propustí většinu důležitých živin [6].

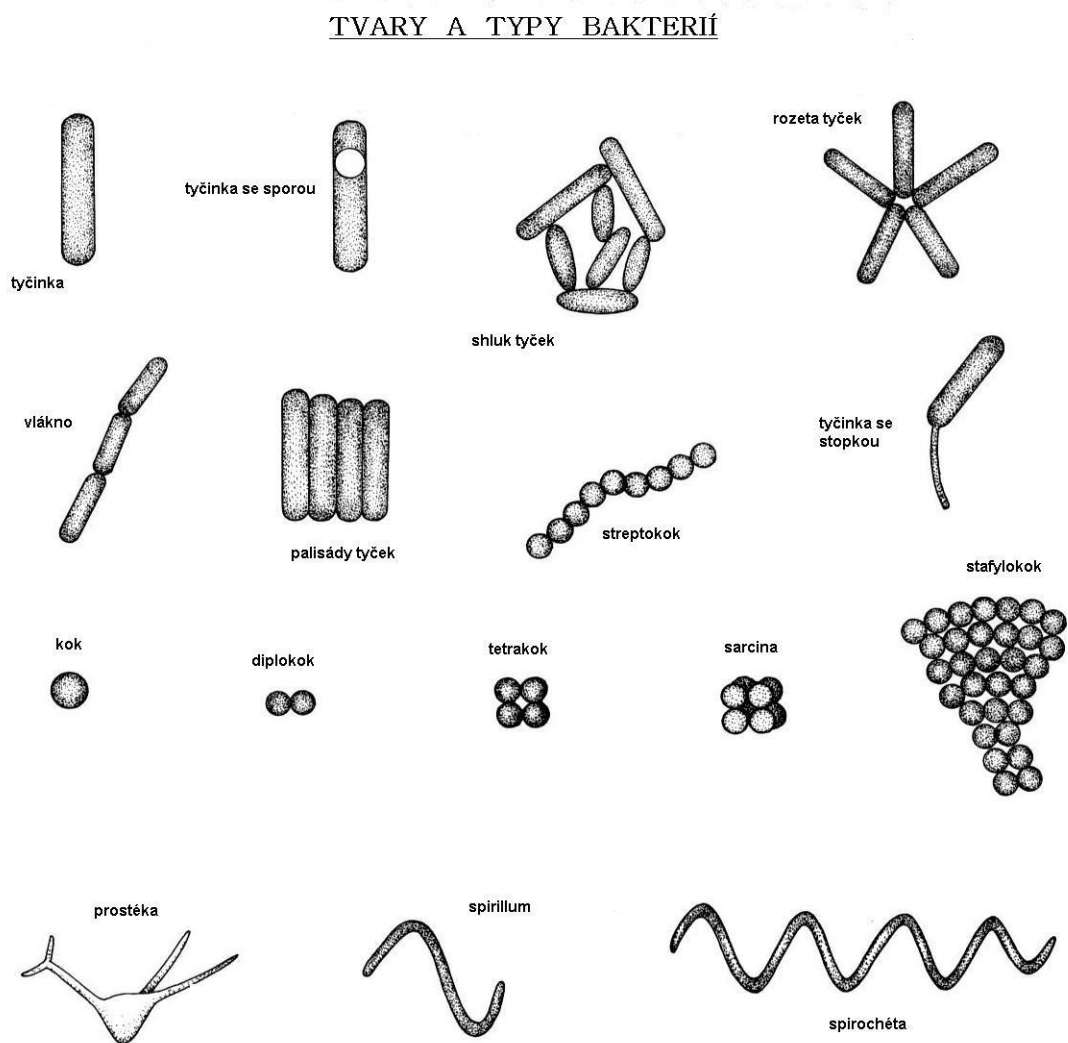
Cytoplazmatická membrána. Jde o velmi tenkou polopropustnou obalovou část, která je tvořena specifickým stavebním materiálem tzv. fosfolipidů. Tato membrána slouží jako prostředí, přes které vstupují živiny do buňky a rovněž prostředí, přes které odcházejí odpadní látky. Tento biochemický proces probíhá za pomoci neobyčejných transportních proteinů [6].

Molekula DNA. Je genetická informace uvnitř buňky. Jedna (do kruhu uzavřená) molekula DNA. Od okolí není ničím ohraničena, někdy je nazývána „nepravé jádro“.

Cytoplazma. Nachází se uvnitř samotné buňky. Obsahuje vodu, bílkovinnou složku a další rozpuštěné prvky. V této látce se nachází obrovské množství cytoplazmatických útvarů, tzv. ribozomů. V těchto speciálních částicích probíhá produkce vysokomolekulárních látek, takzvaných bílkovin [6].

Ribozomy. Částice, v nichž probíhá tvorby bílkovin.

Bakterie dosahují délky několika mikrometrů jejich tvar, je nejčastěji kokovitý, nebo tyčinkovitý. Rovněž se vyskytují v zakřivené či spirálové podobě, jak je znázorněno na obr. č. 3. V aktivačním kalu se vyskytuje široké spektrum bakterií, nejčastěji se však vyskytují tyto rody: *Pseudomonas*, *Azobacter*, *Micrococcus*, *Achromacter*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Nocardia*, *Bacillus*. [5], [6].



Obrázek 3 Tvary a typy bakterií [31]

2.2.2. Houby

Využívají ke svému růstu stejné zdroje energie a živin jako bakterie, nebo žijí saprofytický (k výživě využívají odumřelou organickou hmotu). Většinou vytvářejí mnohobuněčná,

rozvětvená vlákna. Jejich shluky vytvářejí podhoubí (mycelium). Nadměrné rozmnožení zejména vláknitých hub působí bytnění kalu, což je v čistírenském procesu nežádoucí [6],[9].

2.2.3. Prvoci

Jsou obtížně definovatelnou skupinou organismů. Společným znakem prvoků je jednobuněčné tělo, tzn., že buňka zastupuje všechny životní funkce. Skládá se z jádra, organely a zásobních látek. Pohyb u těchto organismů je vykonáván buď přeléváním plazmy, pomocí brv či bičíků [9].

2.2.4. Metazoa

Jsou to mnohobuněčné organismy, s delší inkubační dobou než předchozí typy mikroorganismů. Nejhojnějšími zástupci bývají vířníci, hlístice a roztoči. V případě jejich přemnožení může dojít k markantnímu úbytku kalu. (stane se jejich potravou) [9].

2.3. Faktory ovlivňující růst organismů

Vzhledem k tomu, že aktivační kal je v podstatě živá hmota, musí k němu být takto přístupováno. Jako vše živé potřebuje potravu, tu v tomto případě obstarávají nutrienty a jiné odpadní látky, jejichž množství je ovlivněno zdroji na kanalizační síti, nebo přímým přítokem odpadních vod u malých ČOV. Kyslík a jeho dostatek v aktivačním procesu má za následek dobře rostoucí aktivační kal. Vlivem teploty dochází ke zpomalení, či urychlení růstu těchto organismů a to ovlivňuje proces oxidace odstraňovaných látek. Vliv nesprávného pH může pro mnohé bakterie působit inhibičně. Velice důležitý je vliv stáří a zatížení kalu. Také vysoké koncentrace pracích a čisticích prostředků, které obsahují tenzidy a detergenty mohou do jisté míry způsobovat inhibici. Tenzid je látka organického původu, schopna se hromadit a zároveň snižovat mezifázovou energii soustavy. Detergenty se skládají z tenzidů a dalších látek, které mají detergenční vlastnosti, což je schopnost převádět nečistoty z pevného rozhraní do objemové fáze roztoku [3],[7].

2.3.1. Nutrienty

Důležitou složkou jsou nutrienty dusík (N) a fosfor (P). Účinnost čištění může být ovlivněna i nutriční nevyvážeností dané OV. Jde především o nedostatek jednoho z těchto makrobiogenních prvků. V městských OV je těchto prvků dostatek, případně nadbytek. Problém nastává u odpadních vod, které jsou na tyto prvky chudé. Následující vztah udává potřebný poměr dusíku a fosforu. BSK₅ : N : P = 100 : 5 : 1 z uvedeného vztahu vyplývá, že na odstranění 100kg BSK₅ je zapotřebí 5kg dusíku a 1kg fosforu. Nadměrné množství nutrientů způsobuje ve vodním ekosystému eutrofizaci povrchových vod[3].

V odpadní vodě se vyskytují jak v anorganické formě v podobě iontů, tak vázané v organických sloučeninách.

Dusík

Dusičnany se v surové odpadní vodě vyskytují velice málo, převládající formou je dusík, který je součástí organických látek a jeho amoniakální forma. V odpadních vodách totiž dochází velmi rychle k biologické hydrolýze močoviny i biologickému rozkladu aminokyselin [3],[12],[23].

Forma amoniakálního dusíku je za přítomnosti kyslíku nestálá a podléhá biochemické oxidaci až na dusičnanovou formu. Oxidaci provádí nitrifikační bakterie, které nejsou v odpadní vodě přítomny a vyskytují se v recipientech nebo v čistírnách odpadních vod jako součást aktivovaného kalu či nárůstové kultury. Toxické účinky amoniaku se projevují hlavně u jeho nedisociované formy NH₃ a to jak na zooplankton, tak na vyšší organismy. Celkový dusík je součtem všech forem anorganicky a organicky vázaného dusíku [23].

Fosfor

Patří mezi významný nutrient, vyskytuje se jak součást organických látek v odpadní vodě, tak i ve formě fosforečnanů. Nutné je také připomenout častý vysoký obsah fosforečnanů v silných průmyslových pracích a čisticích prostředcích [13]. Fosforečnany v prostředcích určených pro domácnost jsou limitovány platnou legislativou, kterou představuje novela zákona o vodách č. 150/ 2010 Sb., kterou se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých předpisů. Tato novela výslovně zmiňuje pouze prací prostředky pro praní textilu a nezmiňuje prostředky mycí [8]. Přípustná hodnota ve vyčištěné vodě dle NV 23/2011 je uvedena jako parametr celkový fosfor (P_{celk}) a její velikost je 10 mg/l [12],[13],[23]. Vlivem pracích prostředků s rozdílnými obsahy fosforu se zabývá [22].

2.3.2. Vliv teploty na mikroorganismy

Teplota je velmi významně ovlivňující prvek aktivace. U bakterií rozlišujeme **minimální růstovou teplotu**, tj. teplota, při které má bakterie zanedbatelnou rychlost růstu, nebo teplota, při níž dojde k zastavení růstu a k dělení buněk. **Optimální růstovou teplotu**, při které mikroorganismus dosáhne nejvyšší rychlosti růstu. **Maximální růstová teplota** je nejvyšší teplota při níž se mikroorganismus může rozmnožovat, nebo teplota při jejímž dalším zvýšením dojde k zastavení růstu a k dělení buněk. Pro každou bakterii platí určité rozmezí teplot, ve kterých se jim daří [6], [9]. Lze je rozdělit do tří kategorií:

- Psychrofilní – chladnomilné (-5°C – 30°C, optimální růst 10 -20°C)
- Mezofilní (20 – 40°C, optimální růst 37.5°C)
- Termofilní – teplomilné (30 – 80°C, optimální růst 45 – 55°C)

Teplota zároveň ovlivňuje rozpustnost kyslíku ve vodě, na kterém jsou mikroorganismy v aktivačním kalu závislé. Čím vyšší teplota, tím je nižší rozpustnost kyslíku. Optimální teplota pro bakterie se pohybuje v rozmezí 10 – 20°C [6].

Je samozřejmostí, že těchto optimálních podmínek nebývá často dosaženo. U samotného aktivačního procesu probíhá oxidace a růst mikroorganismů v širokém spektru teplot. S poklesem teploty dochází ke zpomalení této rychlosti.

2.3.3. Vliv pH

Pro většinu mikroorganismů je vhodné pH v rozmezí 6 a 7,5. Kvasinkám vyhovuje pH 4 – 5,8 a plísním mezi 3,8 a 6. Aktivační kal se může adaptovat na rozmezí pH 6 – 9, nicméně optimální úroveň pH by se měla udržovat na úrovni 7 – 7,5 při tomto pH dochází k optimálnímu rozvoji mikroorganismů a následně k odstraňování organického znečištění. V případě poklesu pH na hodnoty kolem pH 6 vzniká riziko růstu vláknitých hub. Přípustné pH se odvíjí od faktu, jestli je kyselost nebo zásaditost organického či anorganického původu. V případě že organického, z rozkladu organických látek, může toto pH dosahovat rozmezí hodnot 5 – 11. V případě že jsou příčinou anorganické kyseliny, či zásady musí být tyto látky vhodným způsobem neutralizovány aby pH čištěné vody zůstalo na úrovni 6 – 8 [9].

2.3.4. Nepřítomnost uživatelů

Tímto problémem jsou ohroženy především malé domovní ČOV. Vlivem činnosti mikroorganismů dochází ke spotřebování organického substrátu a u mikroorganismů začne docházet k endogenní respiraci a jejich postupnému vymírání. Krátkodobá nepřítomnost uživatelů (v rádech dnů) není problémem. K problémům může docházet i v případech, kdy se uživatelé sice nacházejí v objektu připojeném na malou ČOV, ale neprodukují dostatečné množství nutrientů (hnědě a žluté vody). V případě, že do DČOV jsou odváděny především šedé vody (vody z koupelny, praní, kuchyně) dojde ke spotřebování substrátu a následnému vyhladovění bakterií. V tomto případě jsou navíc bakterie inhibovány čisticími prostředky z domácnosti. Při nepřítomnosti dlouhodobé (např. v rekreačních objektech může dojít ke spotřebování veškerého substrátu a mikroorganismy vyhynou. V takovém případě se musí ČOV znovu zapracovat a následně používat. Největší problémy s fungováním těchto domovních ČOV jsou způsobeny nesprávným provozem a zanedbanou údržbou [10],[11].

U velkých čistíren odpadních vod se tento problém prakticky nevyskytuje, neboť téměř vždy je kanalizací dopraveno potřebné množství živin a substrátu pro mikroorganismy.

2.3.5. Nadužívání čisticích prostředků

V dnešní době kdy se moderní domácnosti jen těžce obejdou bez jakýchkoliv pracích a čisticích prostředků (tenzidů a detergentů a dezinfekčních prostředků). Tenzid je organická látka, která je schopna snižovat mezifázovou energii soustavy. Detergent je směsí tenzidů a látek, mající detergenční schopnosti. Detergence je schopnost rozpouštět nečistotu z pevného povrchu do samotné objemové fáze roztoku [7].

U domovních ČOV nastává následující problém: Působením těchto látek dochází k poškození metabolismů daných mikroorganismů a v důsledku dochází ke snížení čisticí schopnosti. V případě vypuštění velkého množství jakéhokoliv čisticího a dezinfekčního prostředku může dojít k inhibici respirace mikroorganismů, která je úzce propojená s veškerými metabolickými procesy probíhajícími u aerobního čištění odpadních vod a tudíž se čištění stane neefektivní a v krajním případě může dojít až k odumření mikroorganismů. Následný stav se musí řešit zavedením nové mikrobiologické kultury v dané ČOV. Nesprávná funkce ČOV se projeví zápachem a nefunkčností biologického procesu čištění. Tomuto problému se dá předejít postupnou adaptací mikroorganismů, dostatečným množstvím substrátu a dostatečným množstvím ředícího média (vody)[17].

2.3.6. Koncentrace rozpuštěného kyslíku

Kyslík je nepostradatelný při aerobní respiraci. Různé mikroorganismy ke svému růstu potřebují různé množství rozpuštěného kyslíku. V případě, že dojde k poklesu kyslíku pod určitou mez, respirace se zastaví a mikroorganismy odumírají. Tzv. kritická mez je charakterizována množstvím rozpuštěného kyslíku v rozmezí 0.3 – 1mg/l O₂. V praxi by se toto množství kyslíku mělo pohybovat minimálně nad horní hranici této koncentrace. Většinou by se mělo počítat i s potřebnou technologickou rezervou [1].

Musíme počítat s tím, že rozpustnost kyslíku klesá se zvyšující se teplotou [3].

2.4. Charakteristika malých čistíren odpadních vod

Malé čistírny odpadních vod (MČOV) jsou charakterizovány zejména tím, pro jaký počet ekvivalentních obyvatel jsou dimenzovány. Jak již uvádí název MČOV jsou taktéž kapacitně navrhovány na nižší kapacitu a zatížení než jako městské ČOV. Využívají se převážně v malých obcích, v odlehlých lokalitách velkých měst, kde by bylo ekonomicky nevýhodné stokovat splašky na jednu centrální ČOV. Využívají se i v odlehlých oblastech, jako třeba na horách u různých rekreačních středisek, kde není jiná možnost čištění. DČOV se navrhují od 1 – 50EO a nejčastěji se využívají pro rodinné domy, chaty, rekreační objekty. MČOV se navrhují od 50 EO výše, slouží k čištění vod z obcí, větších firem atp.

Musí být zohledněno, kde se bude vyčištěná OV odvádět, k průběhu vypouštění, možnostem investora (kvalita provozování) a odpovídajícími legislativními předpisy [17].

2.4.1. Domovní čistírna odpadních vod, kategorie (0 - 50 EO)

Čistírny spadající do této kategorie se používají k čištění OV z domů nebo skupin domů a počet obyvatel napojených na tuto ČOV nesmí překročit počet EO na kterou je ta či ona čistírna dimenzována. V případě překročení počtu napojených EO by již tato čistírna nemohla být považována za čistírnu této kategorie [17].

Kategorie domovních čistíren patří do kategorie tzv. balených čistíren, kdy je na místo určení dodán již kompletní výrobek připravený k téměř okamžitému používání. Aby bylo zaručeno, že tato čistírna splňuje všechny požadavky na bezproblémový provoz, musí být opatřena certifikátem CE (Communité Européen). Tato zkratka udává, že výrobek byl odzkoušen certifikovanou zkušebnou.

Tyto typy DČOV nejsou vhodné k čištění průmyslových odpadních vod a vod které neobsahují dostatečné množství organické hmoty. Mikroorganismy v nich jsou taktéž náchylné na nadužívání čisticích a dezinfekčních prostředků v domácnosti. V případě vyhubení mikrofauny dochází k nefunkčnosti dané ČOV. Zároveň vyvstává otázka, zda není výhodnější užití například septiku s 30% účinností, než využití nefungující čistírny, která je v zásadě považována za „ekologičtější“ [17].

DČOV se ještě mohou dělit dle nejčastějších zdrojů a jejich užívání:

- Malý zdroj do 5 (max. 10) EO užívaný trvale – např. rodinný dům, nebo občasně - např. chaty a rekreační objekty. Uživatelé jsou převážně laici, kteří jsou s funkcí a obsluhou pouze seznámeni a tak chtějí být starostmi o provoz zatěžování co nejméně.
- Střední zdroj od 10 do 50 EO užívaný trvale – např. malá firma, domov pro seniory nebo penzion týdenními či sezónními výkyvy, nebo s velkou nerovnoměrností - např. restaurace u frekventovaného turistického místa[17].

2.4.2. Čistírna odpadních vod, kategorie (50 - 500 EO – 10 – 100m³/den)

Čistírny spadající do této kategorie jsou obvykle dodávány jako balené čistírny s plastovou, nebo kovovou nádrží a technologií. (ekonomická hranice je na různých místech různá, ale zpravidla je to 300EO) U větších čistíren této kategorie se již jedná o betonové nádrže s dodatečně montovanou technologií. Tyto čistírny se již dají využít k čištění odpadních vod z obcí, průmyslových podniků a ubytovacích zařízení. Z důvodu jejich velikosti a relativně malé kapacity se instalují převážně jen na splaškovou kanalizační síť a na jednotnou kanalizační síť se prakticky neumísťují.

Problematikou a technickými normami k těmto čistírnám, se v ČR zabývá ČSN 75 6402, která se zahrnuje čistírny od 0 do 500 EO. V rámci evropských norem pro tuto kategorii platí normy pro čistírny větší než 50 EO tj. ČSN EN 12255 [17].

2.4.3. Čistírna odpadních vod, kategorie (500 - 2000 EO, 100 – 400m³/den)

Čistírny odpadních vod této kategorie jsou výhradně realizovány jako kombinace stavební části s technologickými součástmi, které se montují dodatečně. (v podstatě se jedná o betonové nádrže s přidruženými objekty vybavenými o technologické celky) Tyto čistírny se taktéž z důvodu jejich velikosti a relativně malé kapacity instalují převážně jen na splaškovou kanalizační síť a na jednotnou kanalizační síť se umísťují jen výjimečně.

Požadavky na ně kladené jsou popsány v novelizované ČSN 75 6401 čistírny odpadních vod pro větší počet EO než 500 a v ČSN EN 12255 – 1 – 16. V těchto předpisech a normách jsou také uvedeny veškeré požadavky na projektovou dokumentaci a na uvádění těchto zařízení do provozu. Technologie musí odpovídat takovým parametrům, aby byla schopna zaručit podstatné snížení amoniakálního dusíku. Tzn., že u těchto čistíren bude probíhat nitrifikační proces i při teplotách přesahujících 12°C. U těchto ČOV se jako nejvýhodnější technologie jeví nízko zátěžová aktivace se stabilní nitrifikací. [17]

3. Respirační inhibice aktivačního kalu

3.1. Respirace

Respirace (biologická oxidace) patří k nejvýznamnějším a nejdůležitějším metabolickým pochodům buněk. Těmito pochody je aerobním a některým druhům anaerobních bakterií dodávána potřebná energie k jejich životním pochodům. Respirací heterotrofními bakteriemi, které jsou v čistírenské technologii hlavními činiteli rozkladu znečištění, jsou rozkládány organické látky na CO₂ a H₂O a získaná energie je uložena do makroergických sloučenin (ATP) [1],[16].

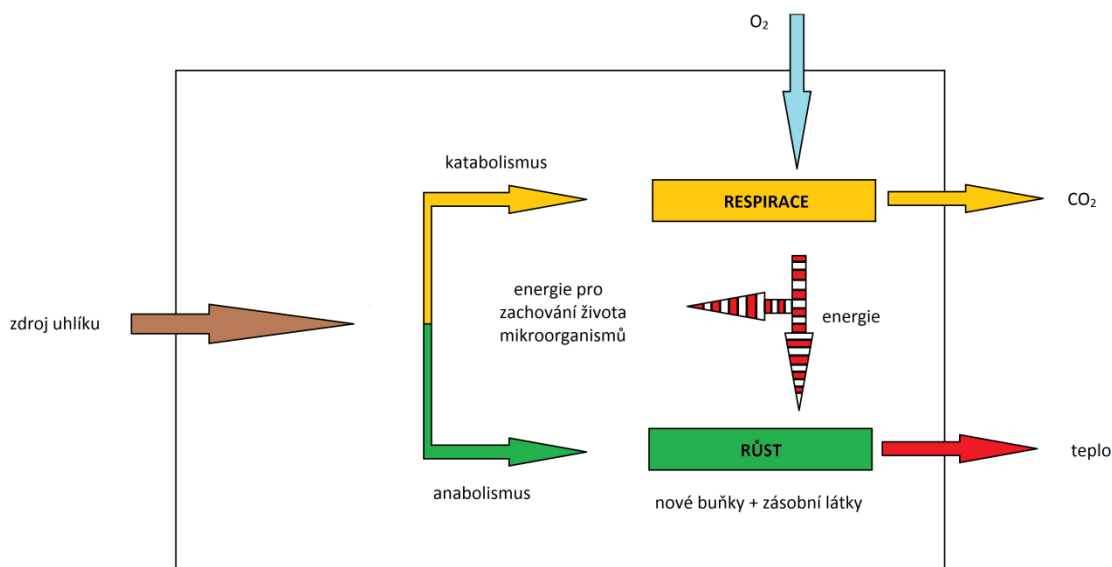
Z biochemického hlediska jde o systém ne sebe navazujících enzymatických reakcí, které zahrnují:

- Oxidaci odpadní vody na určité organické kyseliny
- Štěpení organických kyselin na CO₂ a H₂O za současného odbourávání vodíku
- Využití vodíku v respiračním řetězci kde je uložen ve formě protonů a elektronů ve vodíkovém gradientu, který slouží k získání energie vázané v ATP

V metabolismu bakterií probíhají stovky a tisíce procesů, které se vztahují k čištění odpadních vod. Zjednodušeně se dají popsat třemi nejdůležitějšími:

- Příjmem potravy
- Respirací
- Růstem a rozmnožováním

Na obr. č. 4 jsou znázorněny tyto ucelené a na sobě závislé procesy.



Obrázek 4 Hlavní procesy metabolismu bakterií [1].

Z obr. č.4 je patrné, že část přijatého organického uhlíku je spotřebována katabolickou větví, kde je respirací rozkládán na jednodušší formy za současného vzniku energie a CO₂. Zbývající organický uhlík je spotřebováván anabolickou větví. Energie je spotřebovávána, vzniká teplo a vznikají nové buňky. Respirace má za úkol vytvořit energii, která je důležitá pro růst a zachování života bakterií [1].

Tyto tři již zmíněné procesy korespondují s hlavními procesy čistírenské linky:

Příjem potravy = biodegradace, respirace = provzdušňování, růst a rozmnožování = produkce biomasy [16].

Respirační aktivita bakteriálních buněk obecně je nejčastěji vyjádřena jako spotřeba O₂ za určitý čas [16].

Stanovení respirační rychlosti aktivačního kalu se využívá ke sledování aktivity mikroorganismů, ke stanovení oxigenační kapacity, k určení spotřeby O₂. Ke sledování adaptace kalu na určitou látku za určitých podmínek a na sledování toxicity látek a přípravků [2].

Respirační inhibice je stav, kdy dochází k narušení metabolismu určitou toxickou látkou. (prací, čisticí a desinfekční prostředek) Která je obsažena v odpadní vodě. I přesto, že se mikroorganismy jsou schopny na různé toxické látky adaptovat, může dojít k tomu, že jim tato látka způsobí narušení metabolismu. Dojde ke zpomalení oxidačních procesů a k následnému snížení přeměny organických látek na CO₂, H₂O, teplo a energii. V případě, že je organický substrát vyčerpán, bakterie následně začnou spotřebovávat vlastní zásobní složky a respirace přestává probíhat. Toto se následně projeví tak, že čistírna přestane plnit svou funkci. Pokud k tomu dojde, měl by být do systému dodán substrát, případně dodána nová kultura a čistírna se musí znova zapracovat [5],[9].

3.2. Respirační inhibice

Mikroorganismy jakožto živý organismus potřebují ke svému životu vhodné prostředí a přítomnost životně důležitých látek v odpadní vodě. Tyto látky slouží mikroorganismům jako stavební materiál k růstu a rozmnožování a k získání energie. Metabolismus mikroorganismů je charakterizován **anabolickými reakcemi**, které jsou syntetické procesy využívající energii (endergonické, endotermické reakce). Jedná se tedy o reakce, jejichž výsledkem je živá hmota a buněčná energie. Pokud je inhibována anabolická větev, dochází ke snížení růstu bakterií, což má za následek prudké snížení respirační rychlosti snížení potřeby energie[1],[6].

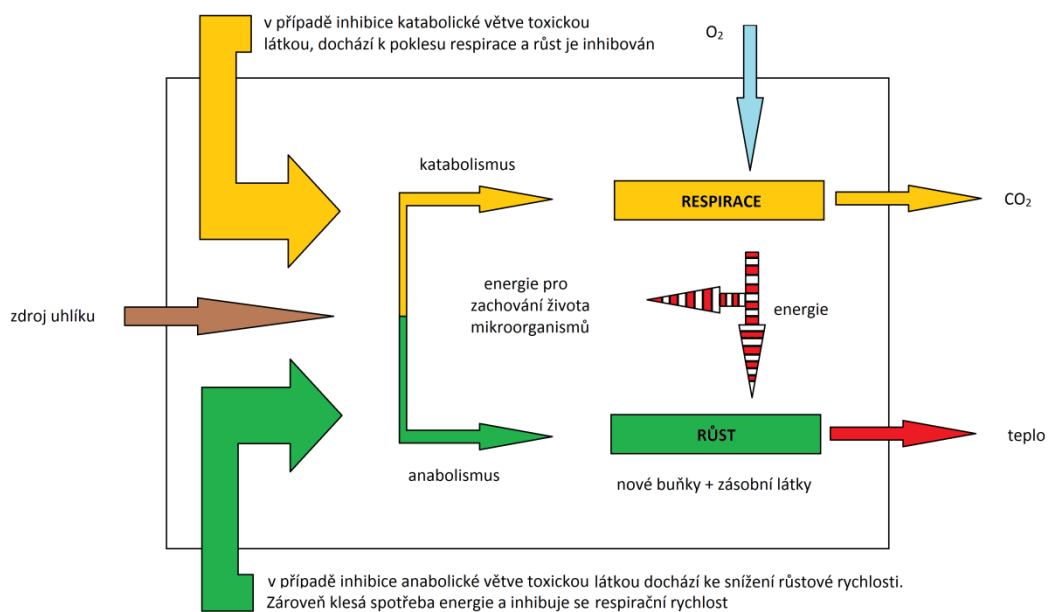
Oproti tomu probíhají **katabolické reakce**, při kterých energie vzniká (exergonické, exotermické) Všechny děje probíhající v organismech, tj. metabolismu, konzumace a pohyb jsou v podstatě chemické reakce, které u živých soustav probíhají velkou rychlostí [6].

V případě inhibování katabolické větve metabolismu, dochází ke snížení respirační rychlosti, následně ke snížení produkce energie, což je doprovázeno zpomalením bakteriálního růstu.

3.3. Vliv toxických látek na metabolismus mikroorganismů

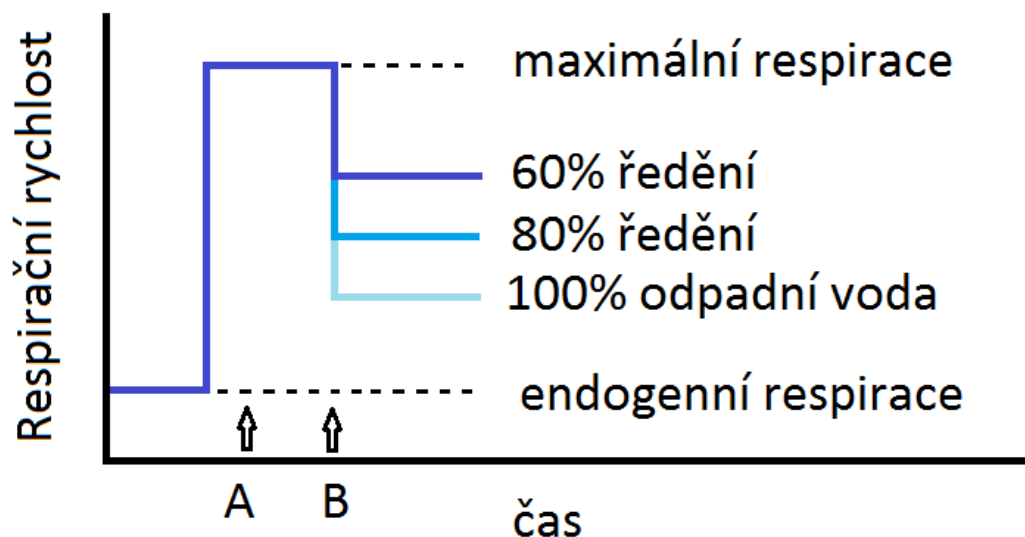
Samotné toxické látky mohou ovlivnit metabolismus bakterií a inhibovat oba procesy respirace a to jak anabolické, tak katabolické [14]. V případě ovlivnění katabolické větve metabolismu, dochází ke snížení respirační rychlosti, produkce energie což je doprovázeno zpomalením bakteriálního růstu. Pokud jsou inhibovány anabolické reakce, dochází ke

snížení růstu bakterií, což má za následek prudké snížení respirační rychlosti a snížení potřeby energie [1],[16]. Znázorněno na obr. 5.



Obrázek 5 Vliv toxických látek na metabolismus mikroorganismů[1].

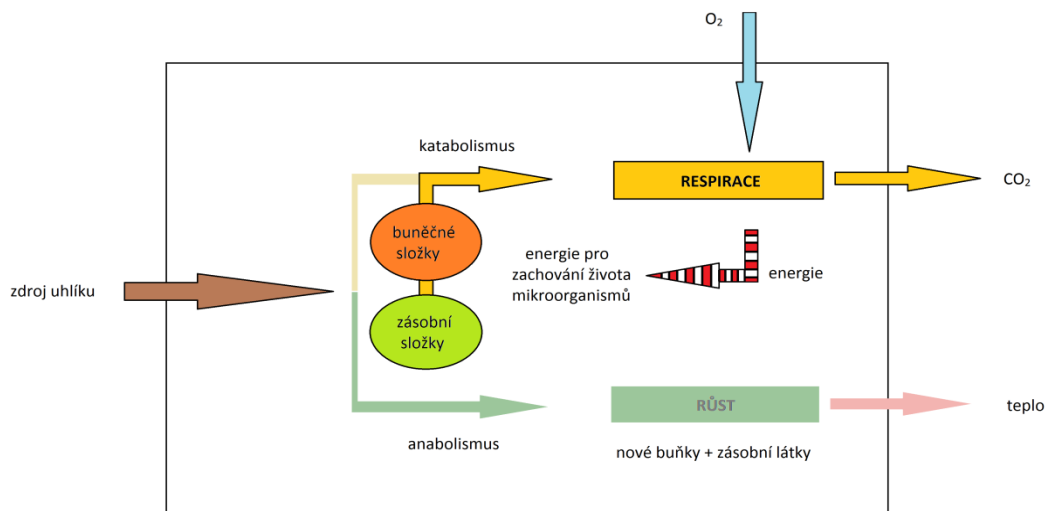
Každá toxická látka inhibuje všechny tři procesy stejně – příjem potravy, respiraci a růst. Z tohoto důvodu se u zjišťování toxicity měří respirační inhibice. Obr. č. 6 ukazuje průběh reakce po přidání toxické látky různé koncentrace [1]. je zde znázorněna změna respirační rychlosti z endogenního stavu po přidání (A) přebytku substrátu a (B) tří různých koncentrací toxické odpadní vody. Jak je z obrázku patrné, s rostoucí koncentrací toxické odpadní vody roste inhibice a zároveň klesá respirační rychlost.



Obrázek 6 Změna respirační rychlosti v závislosti na koncentraci toxické látky[1].

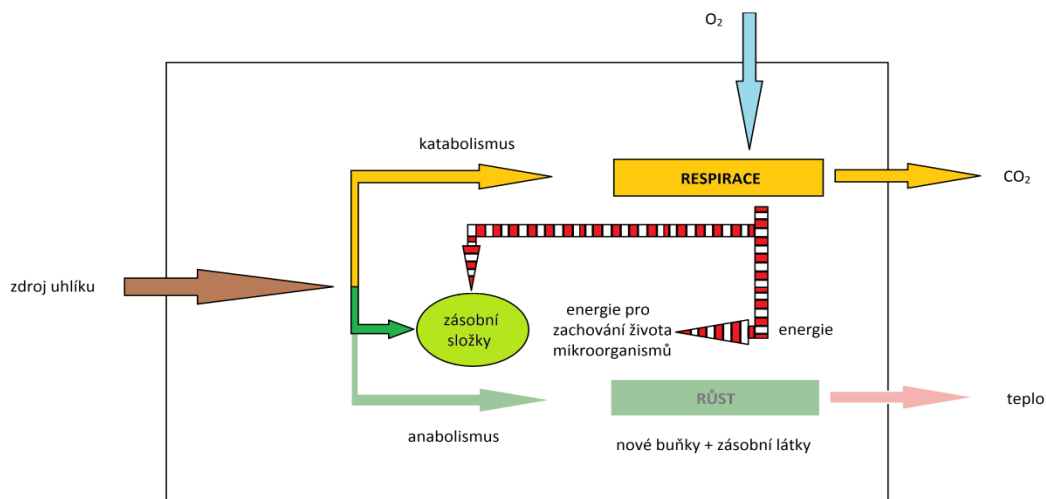
3.4. Endogenní stav

K endogennímu stavu dochází, v případě, že se bakteriální růst zastaví ale respirace i přesto stále probíhá, byť na nízké úrovni k zajištění dostatečné energie k udržení životaschopnosti bakterií. Tomuto stavu říkáme endogenní respirační rychlost. V případě vyčerpání zásobních složek začnou bakterie spotřebovávat své buněčné proteiny a jiné stavební molekuly pro zajištění dostatku uhlíku pro své endogenní dýchání. V konečné fázi buňka odumírá a otevírá se, čímž vytváří další zdroj uhlíku pro zbylé bakterie, viz obrázek č. 7 [1],[16].



Obrázek 7 Endogenní stav [1].

Po znovuobnovení přísunu potravy dochází u bakterií, které prodělaly endogenní stav k tomu, že bakterie nejprve začnou doplňovat své zásobní složky. Následně dochází k rychlému růstu bakterií, jak je znázorněno na obr. 8.



Obrázek 8 Znovuobnovení metabolických pochodů bakterií [1].

3.5. Podmínky pro optimální odstranění znečištění

Dnes používané technologie jsou dostatečně účinné k tomu, aby byly schopny snížit sledované ukazatele znečištění na úroveň odpovídající legislativě. Tyto hodnoty již představují podstatné snížení zatížení toků. Ukazatele CHSK, NL a dusík jsou na úrovni, jež výrazně nezatěžuje životní prostředí. Z hlediska eutrofizace vodních útvarů je nutné ještě více odbourávat fosfor, který se v tocích vyskytuje na desetinásobku hodnoty podporující rozvoj trofizace. Oproti tomu se začínají objevovat daleko zákeřnější látky, které v mnohých případech ani nebyly stanovovány a z toho důvodu je o nich malý přehled. Tyto polutanty se označují jako PPCP – Pharmaceutical and Personal Care Product. Jedná se o farmaka a prostředky pro osobní hygienu. Problémem ovšem nejsou pouze samotné farmaka, ale výsledný mix látek, které z nich vzniknou po průchodu lidským metabolismem [3], [5],[6].

U malých ČOV ovšem nejsou jen farmaka, které narušují jejich funkci. Do značné míry je narušují i prací a čisticí prostředky (tenzidy a detergenty) vypouštěné domácnostmi, viz kapitola 3. 5. popis toxických látek.

Tématika sledování a rozboru chování jednotlivých látek a jejich sloučenin je dnes předmětem řady výzkumných úkolů. Některé látky se procesem čištění z vody téměř odstraní, některé bohužel ne. Z tohoto důvodu je patrné, že pokud v budoucnu budeme

chtít tyto látky odstranit, tek se stávajícími postupy neuspějeme. V úvahu pak přicházejí především sorpce, oxidační procesy s využitím peroxidu, ozonu, UV záření a kombinací různých sorbentů a katalyzátorů. S kvalitou čištění se rovněž zvyšují náklady na samotný proces a je otázkou jeho ekonomická únosnost [18].

3.6. Popis toxických látek

Toxické látky jsou látky, které jsou škodlivé pro určitou složku životního prostředí. Toxicita – vlastnost toxických látek hromadit se a vyvolávat poškození živých organismů. Toxicita je závislá na teplotě, pH, a celkovém složení vody které ovlivňují jejich speciaci. Toxičtější působí především jednoduché iontové formy, než anorganické a organické komplexy, které jsou zpravidla méně toxické [3]. To, zda k poškození organismů dojde, záleží na množství toxické látky a na době jejího působení. Toxické znečišťující látky, látky se dají rozdělit do dvou hlavních skupin:

- Organické polutanty (tenzidy), včetně PAH, PCB, DEHP, dioxinů (PCDD) a furanů (PCDF).
- Potenciálně toxické prvky, včetně některých toxických kovů

Existuje více než 6000 druhů polutantů, které byly nalezeny v surové vodě. Většina z nich vznikla v důsledku lidské činnosti. Některé z nich jsou v ČOV snadno biologicky rozložitelné, jiné jsou trvalé. Výrobky určené pro použití v domácnosti rovněž obsahují potenciálně toxické látky, které mohou po použití skončit v odpadní vodě a mohou být vneseny do procesu aktivace [27].

3.6.1. Organické polutanty

V této skupině toxických látek se budu zabývat pouze čisticími prostředky, které obsahují tenzidy a detergenty, jejichž vlivem na aktivační kal se tato práce zabývá.

3.6.1.1. Tenzidy

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky (PAL), které mají schopnost se již při nízké koncentraci koncentrovat na mezifázovém rozhraní koncentrovat a tím snižovat mezifázovou energii soustavy [7].

Podle toho jaký náboj tenzidy nesou, je rozdělujeme na:

- Ionogenní (nesoucí náboj), které se dělí na:
 - Anionaktivní (nesou záporný náboj)

- Katinoaktivní (nesou aktivní náboj)
- Amfolytické (nesou oba náboje, podle pH roztoku)
- Neionogenní (nejsou nositeli náboje, obsahují hydrofilní skupiny)

3.6.1.2. Detergenty

Jsou čisticí prostředky složené ze směsi tenzidů a dalších látek. Detergence je schopnost převádět nečistoty z pevného povrchu do objemové fáze roztoku [7].

Kromě tenzidů jsou v detergentech ještě další přísady. Obsah tenzidů se pohybuje kolem 20% a obsah přísad činí cca. 80%. Z dalších přísad stojí za zmínku zejména:

- Změkčovadla vody – mají za úkol odstraňovat kationty Ca^{2+} a Mg^{2+} . Obsah těchto látek je 20 – 40%
- Chemická bělidla – jsou to oxidační činidla mající za úkol odstraňovat, případně štěpit nečistoty. Obsah těchto látek je cca 30%.
- Alkalické přísady – zabraňují zpětnému usazování odstraněných nečistot na čištěný povrch. Obsah těchto látek je cca 10%.
- Ochranné koloidy – zabraňují zpětnému vylučování již odstraněných nečistot na čištěný povrch. Obsah těchto látek je cca 2% hmotnosti detergentu.
- Plniva – nejčastěji je použit síran sodný, který zlepšuje sypkost detergentu.
- Speciální přísady – jde o parfémy, enzymy rozkládající odolné nečistoty atp. – zabraňují zpětnému usazování odstraněných nečistot na čištěný povrch. Obsah těchto látek se pohybuje v desetinách procenta [3].

3.6.2. Potenciálně toxické prvky - anorganické polutanty

Potenciálně toxické látky (např. kovy) jsou v přírodě stabilní, hromadí se v organismech a neustále kolují v životním prostředí.

Můžeme je rozdělit:

- Kovy stopové – vyskytují se v organismech, životním prostředí ve velmi nízkých koncentracích, nepůsobících obtíže.
- Kovy esenciální – jsou kovy, jejichž přítomnost ve stopovém množství je pro organismy nezbytná. Můžeme hovořit o Cu, Ni, Cr, Co, Mn, Se, Zn, Fe, Mo, Sn. Tyto kovy jsou přítomny v některých enzymech. V případě, že je těchto kovů v organismu nadměrné množství, působí toxicky[3].

Do skupiny potenciálně toxických prvků, které lze označit jako těžké kovy, můžeme zařadit tyto látky. Kadmium (Cd), Chrom (Cr III a Cr VI), měď (Cu), Rtuť (Hg), Nikl (Ni), Olovo (Pb) a zinek (Zn) [3].

Z hlediska důležitosti těchto potenciálně toxických prvků patří mezi nejvýznamnější tyto:

- Kadmium (Cd)
- Chrom (Cr)
- Měď (Cu)
- Olovo (Pb)
- Nikl (Ni)
- Zinek (Zn)

Tyto potenciálně toxické látky jsou z domovů do ČOV extrahovány nejčastěji prostřednictvím těchto procesů [27]:

Kadmium (Cd) – exkrementy, vodou z koupelen, praním, vodou z kohoutku, z kuchyně

Chrom (Cr) – praním, z kuchyně, exkrementy, vodou z koupelen, vodou z kohoutku

Měď (Cu) – exkrementy, z domovní instalace, vodou z kohoutku, praním, z kuchyně

Olovo (Pb) – z domovní instalace, vodou z koupelen, vodou z kohoutku, praním, exkrementy, z kuchyně

Nikl (Ni) – exkrementy, vodou z koupelen, praním, vodou z kohoutku, z kuchyně

Zinek (Zn) – exkrementy, z domovní instalace, vodou z koupelen, praním, z kuchyně

Tyto kovy se následně ve vysokých koncentracích hromadí v mikroorganismech aktivačního kalu. Což může působit problém při jeho likvidaci [15].

Těžké kovy působí na aktivační kal negativně. Jejich vlivem dochází k poklesu respirační rychlosti. V případě stálého přísunu těchto kovů si aktivační kal vytvoří určitou formu rezistence, na dané podmínky se adaptuje a čisticí proces se nijak nezhorší. V případě že kal není adaptován, dochází k šoku a následuje snížení účinnosti čištění. V krajním případě až ke kolapsu celého systému [3].

Tabulka č. 1 uvádí, v jakých produktech užívaných v domácnosti se vyskytují potenciálně toxické kovy. Ty se následně mohou dostat do DČOV, a následně působit inhibičně na aktivační kal [3],[10].

V případě, je u sloupce prvku „ANO“, tak ho daný produkt obsahuje.

Tabulka 1 Potenciálně toxické kovy v prostředcích do domácnosti [27].

Produkty:	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Čisticí prostředky					Ano	Ano					
Prací prášky			Ano						Ano		Ano
Šampony, kosmetika			Ano			Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Dezinfekční prostředky							Ano				
Leštěnky	Ano					Ano					Ano
Léky a masti		Ano		Ano		Ano	Ano				Ano
Amalgamové výplně a teploměry							Ano				
Zdravotní doplňky				Ano		Ano				Ano	Ano
Potravinářské výrobky		Ano		Ano		Ano			Ano		Ano
Ochranné prostředky na dřevo		Ano									
Fotografování (hobby)	Ano				Ano		Ano				
Barvy a laky		Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Oleje a maziva					Ano	Ano			Ano		Ano
Pesticidy a zahradnické produkty			Ano		Ano	Ano	Ano		Ano		

Produkty:	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Hasicí přístroje					Ano						
Paliva						Ano	Ano		Ano		
Inkousty						Ano				Ano	
Maziva					Ano				Ano		Ano
Jiné zdroje:											
Hnědá a žlutá voda		Ano	Ano		Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Voda z vodovodu			Ano		Ano	Ano			Ano		Ano

Mezi toxické kovy ve vodním prostředí patří především Hg, Cd, Pb, As, Se, Cr, Ni. Z hlediska nebezpečnosti má prioritní význam rtuť, kadmium, olova a arsen. Tyto prvky inhibují růst organismů a činnost enzymů.[3] Tímto negativně ovlivňují samočisticí pochody v tocích, případně aerobní či anaerobní pochody na ČOV [3],[5],[6].

3.6.2.1. Kadmium

Pro svou chemickou podobnost se často vyskytuje společně se zinkem v jeho rudách. Hlavními zdroji kadmia v prostředí jsou atmosférické depozice, úniky při jeho zpracování, aplikace fosforečnanových hnojiv, které mohou obsahovat až 170mg/kg kadmia. Taktéž aplikace čistírenských kalů na zemědělské pozemky skýtá určitý problém, protože tyto kaly mohou někdy obsahovat až 1000mg v 1 kg sušiny. Dalšími zdroji jsou galvanické pokovování, výroba elektronických součástek a Ni – Cd akumulátorů. Vyskytuje se v barvách, pesticidech, pracích práscích, šamponech [3].

Formy výskytu ve vodách

Vyskytuje se jako jednoduchý ion, hydrokomplexy, karbonatkomplexy, případně o sulfatokomplex $[\text{CdSO}_4(\text{aq})]^0$. Za určitých podmínek může jednoduchý kation Cd^{2+} patřit společně s $[\text{CdCO}_3(\text{aq})]^0$ a $[\text{Cd}(\text{OH})_2(\text{aq})]^0$ mezi dominující formy kadmia ve vodě [3].

Vlastnosti a význam

Kadmium nepatří pro organismy mezi esenciální kovy, ale mezi velmi nebezpečné jedy, což bylo dříve podceňováno. Podle toxicity se nachází na druhém místě hned za rtutí. Kumuluje se v biomase, velice dlouho zůstává v těle. Detoxikace je velmi pomalá a hrozí nebezpečí chronických otrav. Kadmium zesiluje toxické účinky jiných kovů (Zn a Cu) [3].

3.6.2.2. Chrom

Vyskytuje se jako minerál chromit (FeCr_2O_4) a krokoit (PbCrO_4). Rovněž se vyskytuje v minerálech obsahujících hliník, který doprovází. Antropogenními zdroji jsou odpadní vody z povrchové úpravy kovů, barevné metalurgie, kožedělného a textilního průmyslu. Dalšími ze zdrojů jsou inhibitory koroze a vody z hydraulické dopravy popílku. V domovních produktech se nachází v čisticích prostředcích, pesticidech, mazivech, barvách a lacích [3].

Formy výskytu ve vodách

Z možných oxidačních stupňů se jeví jako nejvhodnější Cr^{III} a Cr^{VI} . U Cr^{III} se nejčastěji vyskytuje ion Cr^{3+} a hydrokomplexy $[\text{CrOH}]^{2+}$ až $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$. Jednoduchý ion Cr^{3+} převažuje jen v silně kyselém prostředí při pH pod 3,5. U Cr^{VI} přicházejí v úvahu jen formy CrO_4^{2-} , HCrO_4^- , a v některých průmyslových odpadech $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Rozpustnost Cr^{III} je dána rozpustností $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{s})$. Většina sloučenin Cr^{VI} je ve vodě dobře rozpustná. Při odstraňování Cr^{VI} musí být nejprve redukován na Cr^{III} a až následně odstraněn [3].

Vlastnosti a význam

Chrom patří mezi esenciální mikroprvky. Jeho toxicita se odvíjí od oxidačního stupně. Toxické jak pro živočichy, tak pro rostliny a bakterie jsou především sloučeniny Cr^{VI} . Taktéž má karcinogenní a genotoxické účinky [3].

3.6.2.3. Měď

Nejčastěji se vyskytuje ve formě sulfidů (chalkopyritu CuFeS_2 a chalkosinu Cu_2S) z nichž se měď dostává do podzemních vod v důsledku rozkladu sulfidických rud. Antropogenním

zdrojem mědi v povrchových vodách mohou být povrchové úpravy kovů, měděná krytina na střeších, algicidní preparáty, atmosférické depozice. V pitné vodě se zdrojem mědi stávají agresivní vodou narušené trubky. Vyskytuje se rovněž v čisticích prostředcích, šamponech, leštěnkách, pesticidech [3].

Formy výskytu ve vodách

Měď patří ke kovům, které snadno komplexují. Její formy výskytu ve vodách jsou různorodé v závislosti na jejich složení. Nejčastěji se vyskytuje jako ion Cu^{2+} nebo v hydrokomplexech $[\text{CuOH}]^+$, $[\text{Cu}(\text{OH})_3]^-$, $[\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{aq})]^0$, $[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$ a uhličitanové komplexy. $[\text{CuCO}_3(\text{aq})]^0$, $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$, $[\text{Cu}(\text{CO}_3)\text{OH}]^-$, a $[\text{Cu}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2]^{2-}$. Měď má ze všech kovů v oxidačním stupni II nejvýraznější komplexační vlastnosti. Koncentrace mědi ve vodě se odvíjí od jejího celkového složení [3].

Vlastnosti a význam

Měď patří mezi esenciální prvky, pro lidský organismus. Akutní, ani chronická onemocnění po požití vody s obsahem mědi nejsou známa. Měď není tak jedovatá jak se původně předpokládalo. V koncentracích kolem 1mg/l negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody. Značnou toxicitu představuje pro vodní organismy včetně ryb. Toxicita mědi vůči rybám, řasám a dalším mikroorganismům závisí na formách jejich výskytu [3].

3.6.2.4. Olovo

Vyskytuje se v olovené rudě galenitu (PbS), méně ve formách anglesit (PbSO_4) a cerusit (PbCO_3). Galenit nepodléhá chemické a biochemické oxidaci, proto se olovo poměrně málo hromadí v důlních vodách. Zdrojem mohou být výfukové plyny, akumulátory, broky, pájené spoje měděných potrubí. Z domácích produktů se vyskytuje v pracích prášcích, šamponech, pesticidech, barvách a lacích, olejích a mazivech [3].

Formy výskytu ve vodách

V přírodních vodách se nejčastěji vyskytuje jako jednoduchý ion Pb^{2+} (v kyselém prostředí) nebo jako karbonatokomplex $[\text{PbCO}_3(\text{aq})]^0$ (neutrální a slabě zásaditá oblast. V přírodních vodách je rozpustnost limitována rozpustností uhličitanu $\text{PbCO}_3(\text{S})$.

Vlastnosti a význam

Olovo má vysoký akumulační koeficient. Z tohoto důvodu se akumuluje v kalech, sedimentech, biomase mikroorganismů a rostlin. Z důvodu své toxicity je ve vodě velmi škodlivé. Toxicita olova pro mikroorganismy je rovněž závislá na chemickém složení vody [3].

3.6.2.5. Zinek

Nejvýznamnějším zdrojem zinku jsou zinkové rudy sfalerit (ZnS) a smithsonit (ZnCO₃). Vyskytuje se v jílích a půdách v hodnotách od 100 do 80mg/kg. Do podzemních vod se dostává oxidačními procesy sulfidických rud. Antropogenním zdrojem Zn v povrchových vodách je atmosférický spad. V odpadních vodách z průmyslu se vyskytuje především z povrchové úpravy kovů, zpracování tuků. Další kontaminace vzniká do povrchových vod z pozinkovaných kovů. (sudy, okapy, konstrukce atp.) V domácnostech se vyskytuje v pracích prášcích, šamponech, leštěnkách, barvách [3].

Formy výskytu ve vodách

Zinek se ve vodách vyskytuje ve formě jednoduchého iontu Zn²⁺, nebo v hydrokomplexech [ZnOH]⁺, [Zn(OH)₃]⁻, [Zn(OH)₂(aq)]⁰, [Zn(OH)₄]²⁻, [Zn(CO₃)(aq)]⁰, [Zn(CO₃)₂]²⁻, [ZnHCO₃]⁺, a v síranových vodách ve formě sulfanokomplexu [ZnSO₄]⁰. V povrchových a podzemních vodách je zinek přítomen obvykle v koncentračním rozmezí od 5μg/l do 200μg/l. Výsledná hodnota je závislá na chemickém složení vody, která může ovlivnit jeho rozpustnost [3].

Vlastnosti a význam

Zinek patří mezi esenciální prvky pro lidstvo, rostliny a zvířata. Doporučený denní příjem se pohybuje v rozmezí 10 – 20 mg. Z hygienického hlediska je zinek málo závadný. Pro vodní organismy a ryby je značně toxický již v desetinách mg/l. Toxicita se značně odvíjí od celkového složení vody [3].

3.6.2.6. Rtuť

Hlavní rudou je rumělka (HgS). Významnými zdroji rtuti jsou atmosférické vody kontaminované spalováním fosilních paliv. Její sloučeniny se nacházejí v některých průmyslových odpadních vodách a z rudných úpraven. Dalšími zdroji rtuti jsou rtuťnaté pesticidy, amalgamové výplně, dezinfekční prostředky, kosmetika [3].

Formy výskytu ve vodách

Z anorganických sloučenin se v přírodě vyskytují Hg⁰, Hg²⁺, [Hg OH]⁺, [Hg(OH)₂(aq)]⁰, [HgOHCL]⁰ a chlorokomplexy [Hg Cl]⁺. Z organických forem to jsou především alkylmerkufylsloučeniny, především methylderiváty [3].

Vlastnosti a význam

Sloučeniny rtuti podléhají ve vodě jak chemickým, tak biochemickým změnám. Některé organismy jsou schopny methylovat Hg^{II} na methylrtuť CH_3Hg^+ a dále až na dimethylrtuť $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, což je těkavá forma, která je uvolňována do atmosféry. Bakteriální methylace může při určitých podmínkách probíhat i v aerobním prostředí, např. v aktivovaném kalu.

Organické sloučeniny rtuti mají mimořádnou akumulaci schopnost v organismech a dále se přenášet řetězcem [3].

4. Měření respirační inhibice

Samotné měření respirační inhibice v rámci diplomové práce bylo prováděno respirometrem Strathox od společnosti Strathkelvin Instruments. Metodika k měření respirační inhibice je dostupná v ČSN EN ISO 8192, nebo v technické dokumentaci přístroje Strathox společnosti Strathkelvin Instruments. Měření vlivu vybraných pracích a čisticích prostředků bylo prováděno na aktivačním kalu z čistírny odpadních vod společnosti SSÚD Mankovice, sídlícího na adrese: Mankovice 157, 742 35 Mankovice. ČOV je zachycena na fotografiích č. 9 – 11.

Měření respirační inhibice je prováděno z důvodu zjištění toxicity daných látek přitékající spolu s odpadní vodou do ČOV. Při tomto měření respirační inhibice byly porovnávány různé koncentrace těchto pracích čisticích prostředků (detergentů), Ariel prací gel na bílé prádlo, Woolite prací gel na barevné prádlo, ECOVER ekologický čisticí prostředek na mytí nádobí, Korrekt – Globus prací gel na prádlo, SAVO viz obrázek 12 - 16 a jejich vliv na samotný aktivační kal. Měřením se zjišťuje inhibice uhlíkatých bakterií, které se podílejí na procesu oxidace biologicky odbouratelných organických látek.



Obrázek 9 Pohled na exteriér ČOV [26]



Obrázek 10 Pohled 1 do interiéru ČOV [26]



Obrázek 11 Pohled 2 do interiéru ČOV [26]



Obrázek 12 Ariel [32]



Obrázek 13 Woolite [33]



Obrázek 14 ECOVER [34]



Obrázek 15 Korrek [35]

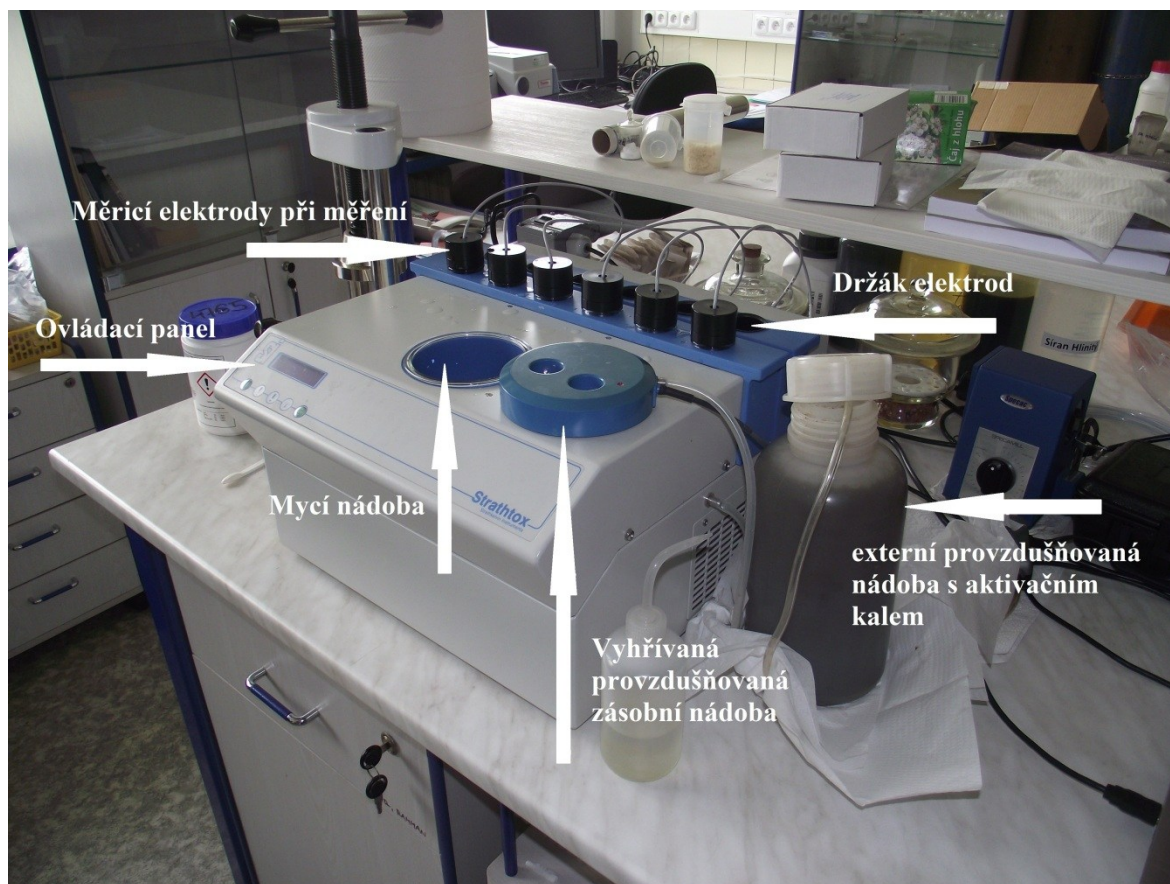


Obrázek 16 SAVO [36]

Samotné měření probíhalo následovně.

Nejprve byl odebrán čerstvý aktivační kal na ČOV společnosti SSÚD Mankovice. Následně byl dopraven do laboratoře geochemické analýzy nacházející se v budově „J“ VŠB – TU Ostrava, kde byl okamžitě po příjezdu provzdušňován externím aerátorem. Při provzdušňování byly dle metodiky měření připraveny roztoky těchto pracích a čisticích prostředků, Ariel, Woolite, ECOVER, Korrekt, SAVO o požadovaných koncentracích dle návodu k používání. Podle těchto koncentrací se následně určí závislost inhibice na koncentraci sledovaného prostředku.

Před samotným měřením byla provedena kalibrace přístroje a vyčištění mikrokatodových elektrod. Tento postup je ZCELA NEZBYTNÝ k tomu aby měření bylo skutečně přesné. Byl zvolen typ měření, tj. **Test respirační inhibice**, při kterém je porovnáváno pět různých koncentrací odpadní vody spolu s respirací kontrolního vzorku aktivovaného kalu. Po vložení připravených roztoků do držáku přístroje je do každé kádinky s roztokem velice rychle přidán aktivační kal a následně mikrokatodová měřicí elektroda. Důležitá pozornost musí být věnována odstranění vzduchových bublinek, nacházejících se pod samotnou elektrodou protože mohou zhatit celé měření. Respirometr na základě respirační rychlosti mikroorganismů v aktivačním kalu vypočítá hodnoty respirační inhibice. Průběh měření a samotné měření lze řídit a kontrolovat připojeným počítačem. Po odměření prvních pěti koncentrací musí být elektrody omyty destilovanou vodou a teprve poté může být spuštěno následující měření respirační inhibice aktivačního kalu. Měřicí přístroj v provozu je zobrazen na obr. č. 17.



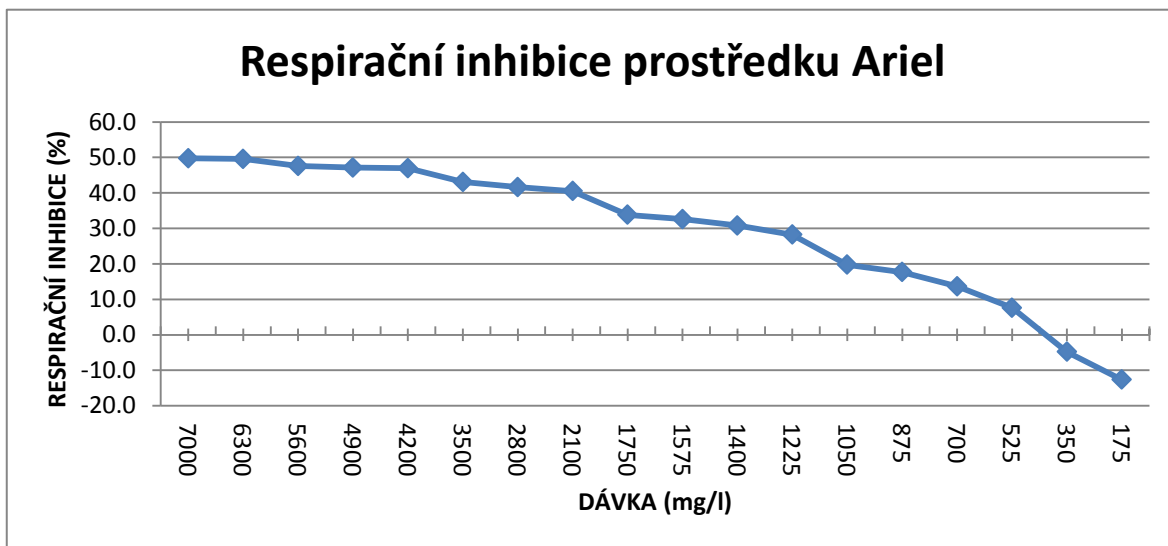
Obrázek 17 Popis respirometru Strathox [26].

5. Vyhodnocení

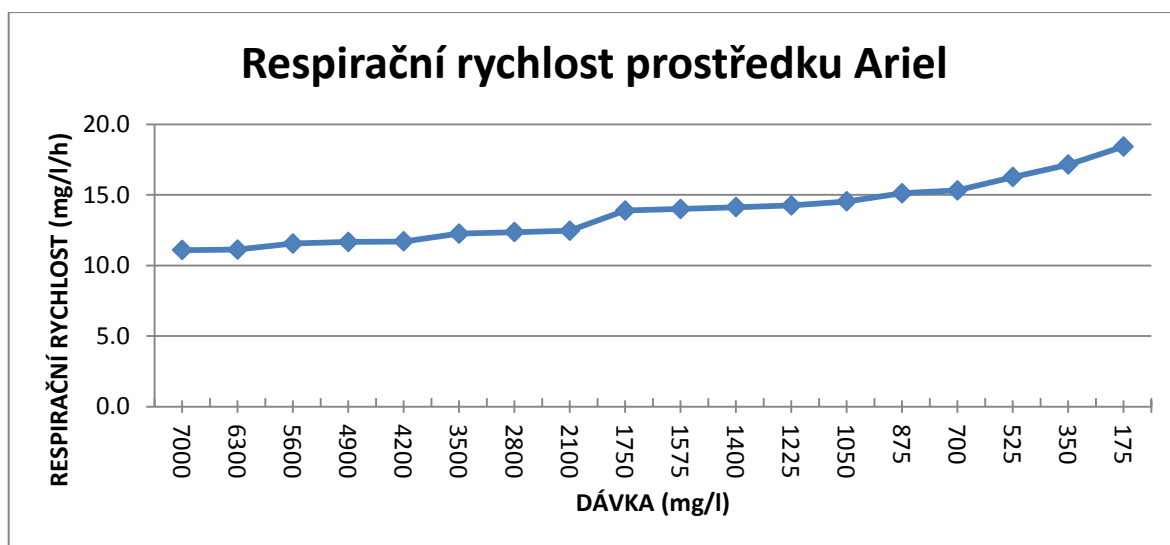
K hodnocení vlivu pracích a čisticích prostředků byly použity tyto přípravky. Ariel, Woolite, ECOVER, Korrekt, SAVO o požadovaných koncentracích dle návodu k používání. Z důvodu lepší porovnatelnosti výsledků bylo množství přípravků dávkováno dle hmotnosti kapslí Ariel, tj., 1 kapsle váží (cca 35g) a je určena na 5 l vody, což odpovídá jednomu pracímu cyklu.

U čisticího prostředku ECOVER je dávkování rovněž pro lepší porovnatelnost nastaveno stejně. V návodu k použití bylo uvedeno, že doporučené dávkování je jeden vstřík do vody, což je poměrně relativní a neurčitě. V následujících grafech je znázorněn průběh probíhající respirační inhibice a respirační rychlosti po přidání vybraného prostředku.

5.1. Vliv pracího prášku Ariel.

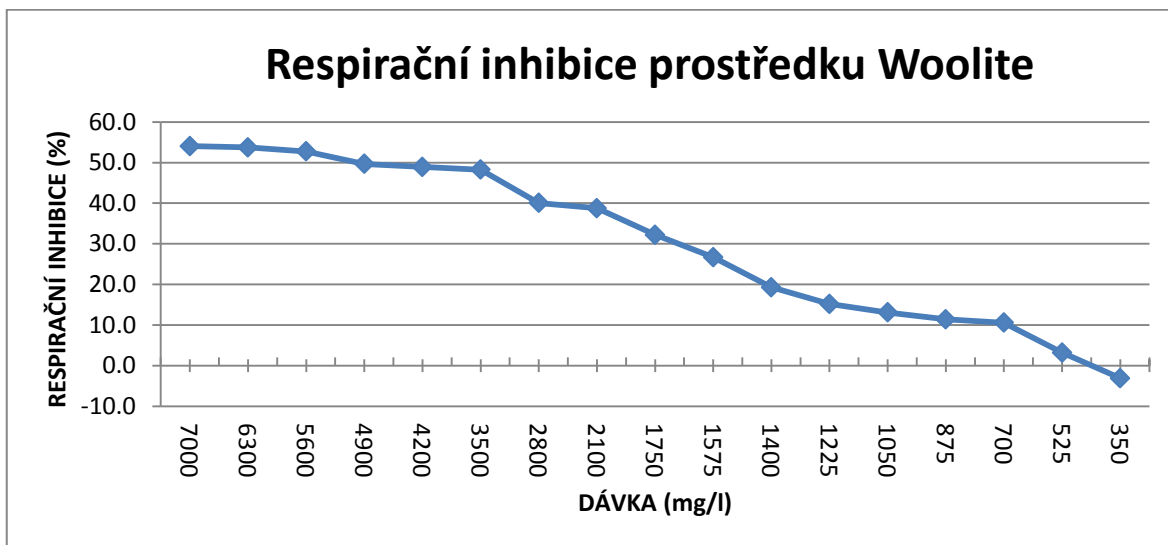


Graf 1 Respirační inhibice prostředku Ariel

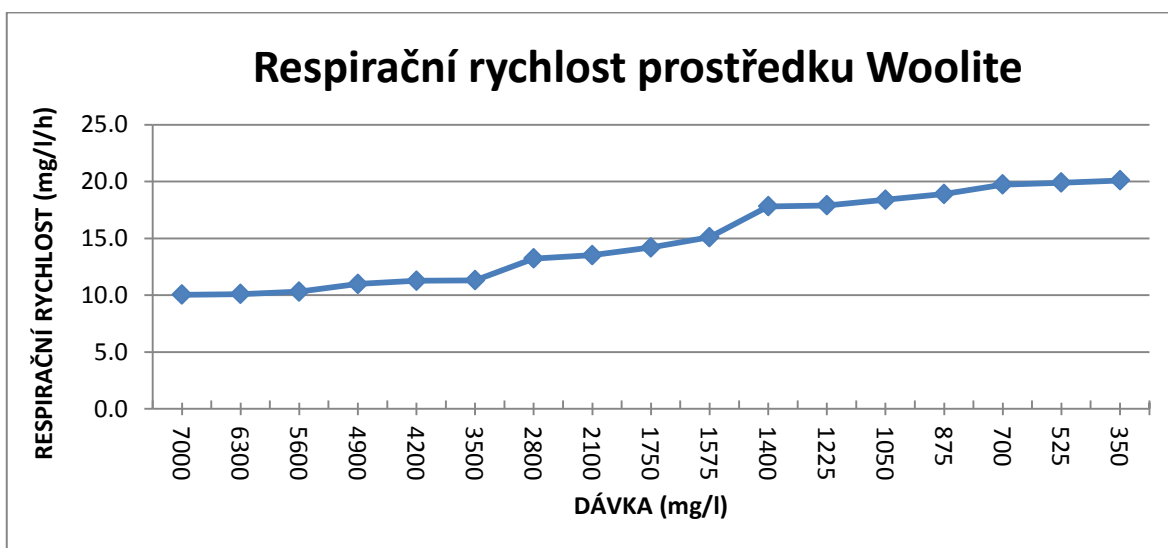


Graf 2 Respirační rychlost prostředku Ariel

5.2. Vliv pracího prášku Woolite.

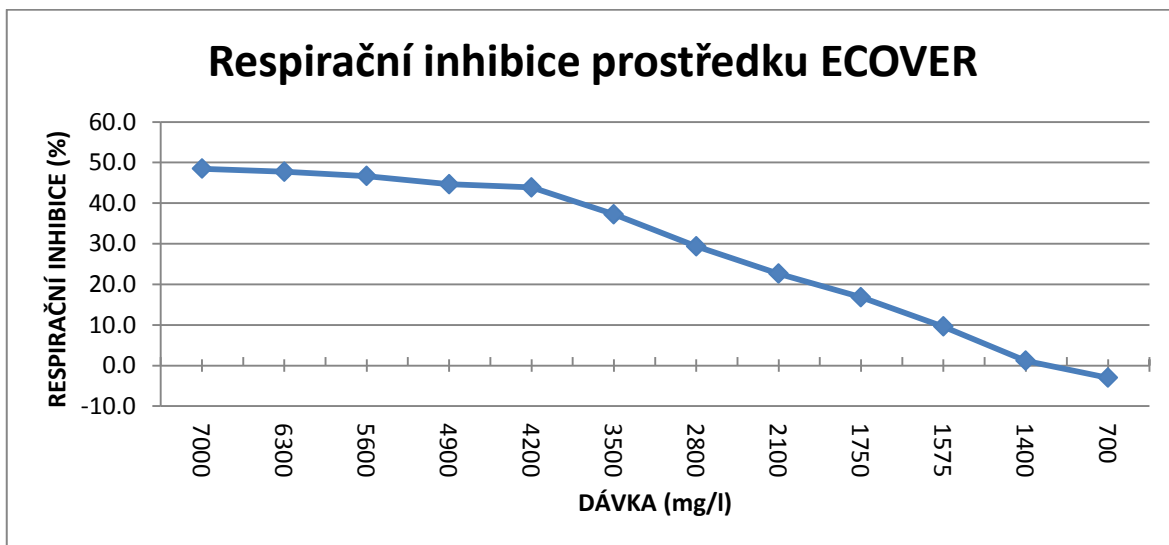


Graf 3 Respirační inhibice prostředku Woolite

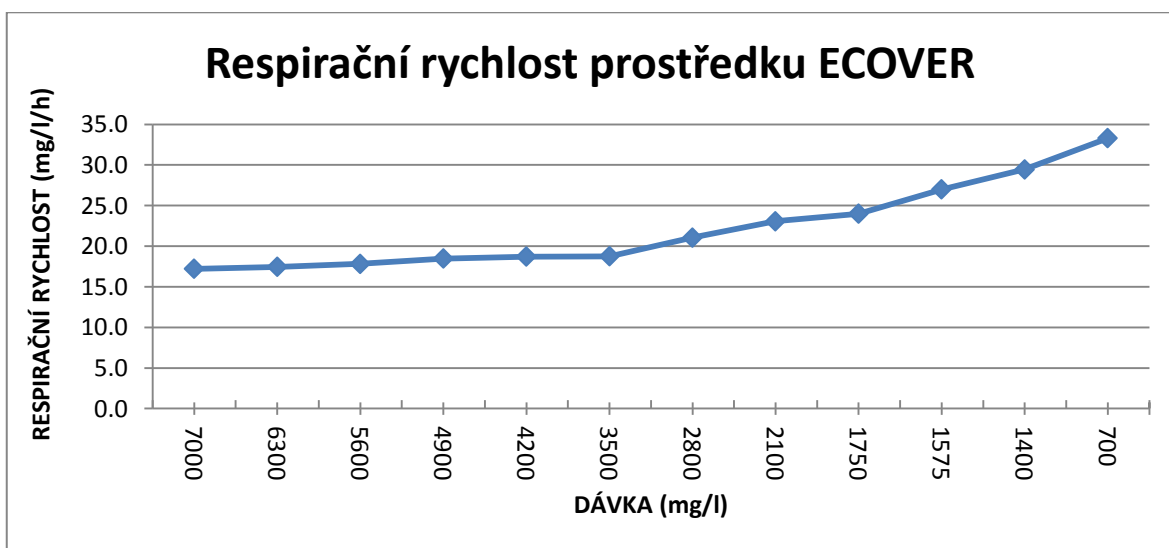


Graf 4 Respirační rychlost prostředku Woolite

5.3. Vliv čisticího prostředku ECOVER.

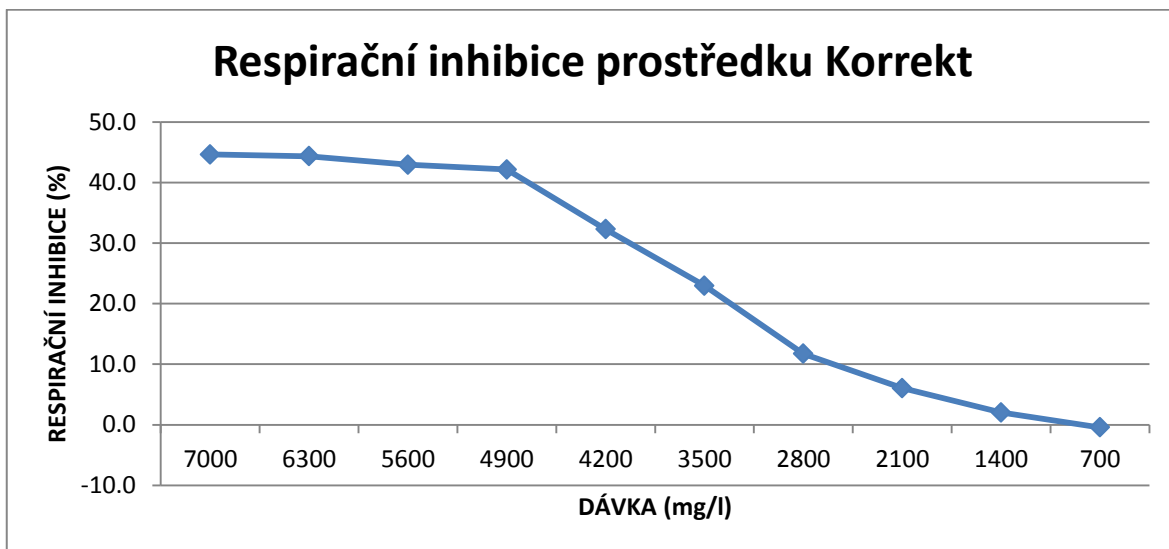


Graf 5 Respirační inhibice prostředku ECOVER

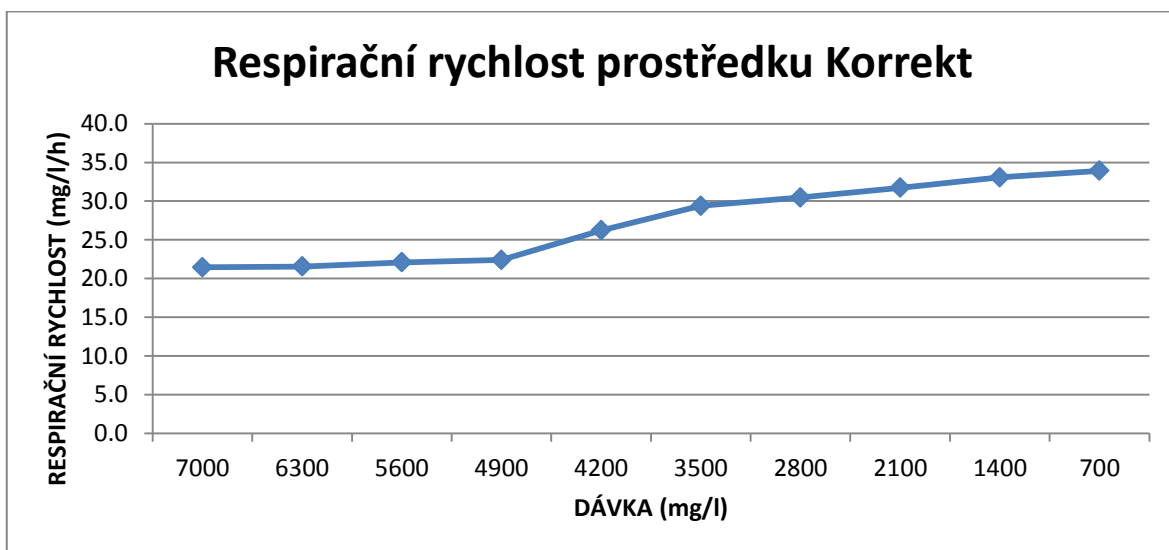


Graf 6 Respirační rychlost prostředku ECOVER

5.4. Vliv pracího prášku Korrekt.

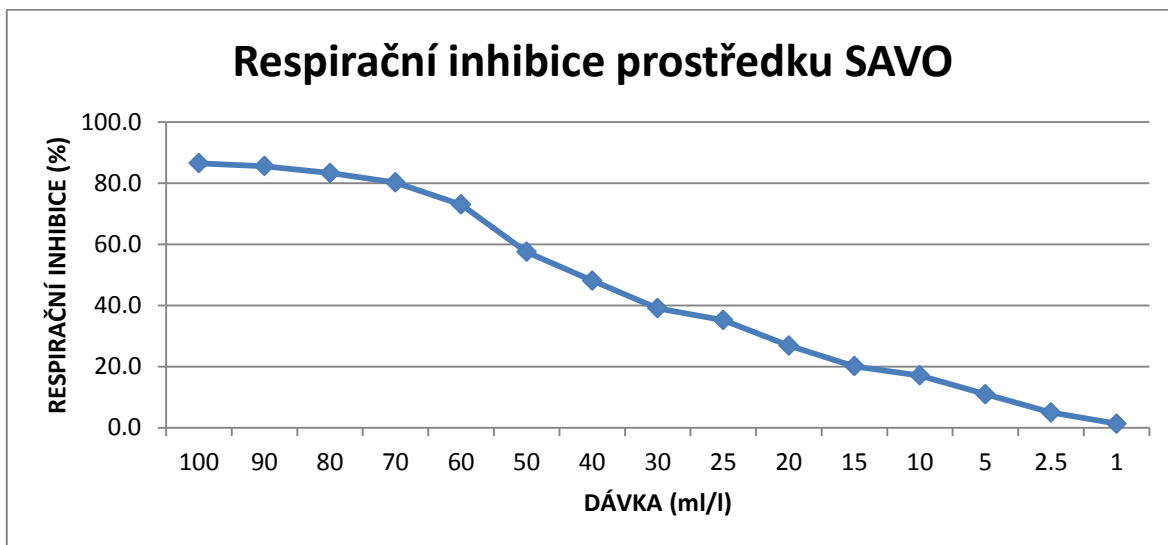


Graf 7 Respirační inhibice prostředku Korrekt

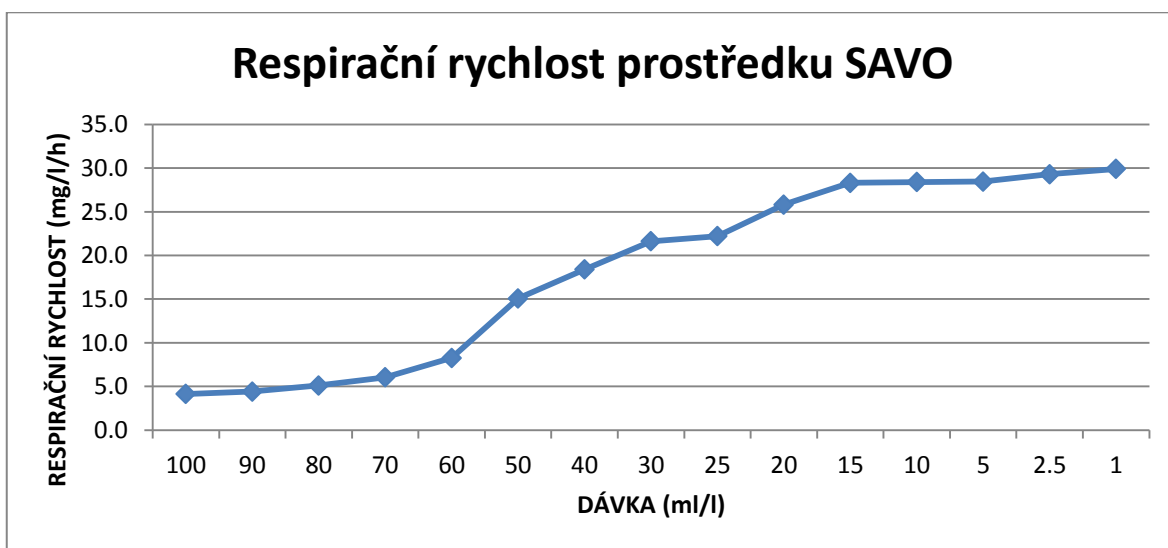


Graf 8 Respirační rychlost prostředku Korrekt

5.5. Vliv čisticího prostředku SAVO.



Graf 9 Respirační inhibice prostředku SAVO



Graf 10 Respirační rychlost prostředku SAVO

5.6. Porovnání inhibičního vlivu vybraných prostředků

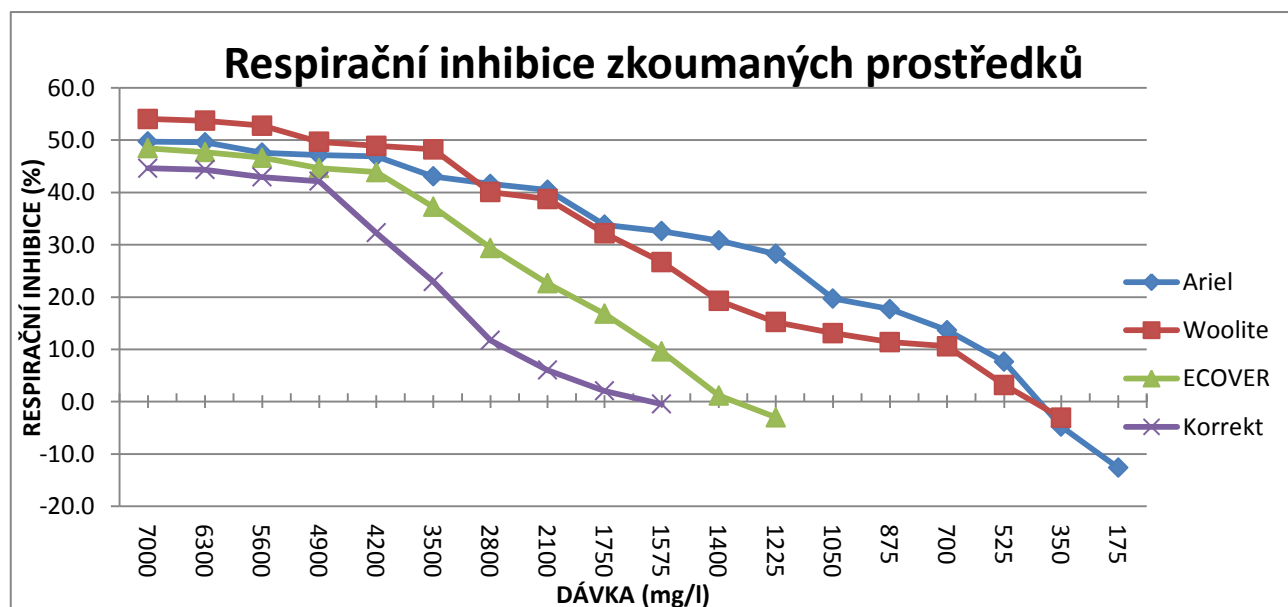
V tomto grafu jsou porovnávány prostředky Ariel, Woolite, ECOVER, Korrekt, Je zde vynechán čisticí a desinfekční prostředek SAVO a to z důvodu dávkování. Jak je patrné z grafu 11, největší respirační inhibici způsobuje Woolite, následován prostředky Ariel, ECOVER, Korrekt.

Dle vyhlášky 294/2005 Sb., která stanovuje požadavky na výsledky ekotoxikologických testů a z níž vyplývá, že toxická je pro mikroorganismy inhibice >30%.

Proto jsem dopočítal a vytvořil tabulku porovnání dávek jednotlivých přípravků s 30% inhibicí.

Tabulka 2 porovnání dávek s 30% inhibicí

	Dávka (mg/l)	Respirační inhibice (%)
Korrekt	3901	30.0
ECOVER	2823	30.0
Woolite	1630	30.0
Ariel	1364	30.0
	Dávka (ml/l)	Respirační inhibice (%)
SAVO	20	30.0



Graf 11 Respirační inhibice zkoumaných prostředků

Z ekonomického hlediska, tyto přípravky posuzuje tabulka 3.

Tabulka 3 Porovnání ekonomického hlediska.

Prostředek	Prům. cena / balení (Kč)	Množství (l)	Cena (Kč/l)
Ariel gel 38 kapslí	334	1.33	251
ECOVER	85	1	85
Woolite	220	4.50	49
SAVO	35	1	35
Korrekt	80	3	27

Jako nejdražší vychází prací gel Ariel, následuje druhý ECOVER, třetí Woolite, jako čtvrté se umístilo, SAVO, jako pátý je prací gel Korrekt.

6. Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval vlivem vybraných druhů pracích a čisticích prostředků na respirační inhibici aktivačního kalu. Objektem zkoumání byl kal z domovní čistírny odpadních vod společnosti SSÚD Mankovice, s jejichž laskavým svolením byl kal odebrán.

V praktické části této diplomové práce jsem změřil a porovnával respirační inhibice a respirační rychlosti způsobené těmito typy pracích a čisticích prostředků. Ariel, Woolite, ECOVER, Korrekt a SAVO.

Výsledky prokazují, že prostředkem způsobujícím nejvýznamnější inhibici při nejnižší dávce je desinfekční prostředek SAVO, který způsobuje poškození mikroorganismů v aktivačním kalu již při 20ml/l, následuje ho Ariel s dávkou 1225mg/l, Woolite s dávkou 1575mg/l, ECOVER s dávkou 2800mg/l a Korrekt s dávkou 3500mg/l.

Z výsledků vyplývá, že dané prostředky mají vliv na inhibici ČOV SSÚD Mankovice, nicméně zásadnější problém může nastat až při vyšších koncentracích, kdy by v ČOV nedošlo k naředění těchto koncentrací. Problémy také mohou způsobovat u malých domovních ČOV, ze kterých jsem chtěl pro porovnání odebrat aktivační kal, ale zjistil jsem, že žádná z mě přístupných ČOV správně nefunguje a tudíž provádění testů na tomto kalu nebylo možné.

Prostředky ECOVER a Korrekt, potvrdily, že jsou ekologičtější a biologicky rychleji odbouratelné než jejich konkurenti.

ECOVER je ekologický čisticí prostředek, při jehož měření jsme použili vyšší koncentrace pro lepší porovnatelnost výsledků. Tento prostředek je určený pro k mytí nádobí a nikoliv k praní a použitá dávka by v praxi měla být nižší. Pro lepší interpretaci výsledků by bylo vhodné tento přípravek porovnat s dalšími podobnými přípravky na mytí nádobí.

Korrekt je přípravek na praní prádla speciálně vyroben pro společnost Globus, splňující jejich požadavky na nízké ekonomické náklady.

U pracího prostředku Korrekt vychází cena a respirační inhibice velice malá, a je tudíž otázkou, jak kvalitní a účinný je tento prací gel... Tento parametr však tato diplomová práce neposuzovala.

Seznam použité literatury:

- [1] DAVIES, P. S.. *The biological basis of wastewater treatment*. Glasgow: Strathkelvin Instruments Ltd, 2005. pp. 3-11.
- [2] ŠKROBÁNKOVÁ, H., ŠKROBÁNKOVÁ, S.. *Metodika pro stanovení respirační inhibice aktivovaného kalu*. Ostrava 2011. VŠB – TU Ostrava, Hornicko – geologická fakulta.
- [3] PITTER, P.. *Hydrochemie*. 4. akt. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [4] GUTIÉRREZ, M., ETXEBARRIA, J., FUENTES, L.. *Evaluation of wastewater toxicity: Comparative study between Microtox and activated sludge oxygen uptake inhibition*. Water Research, 2002. 36, pp. 919–924.
- [5] MALÝ, J., MALÁ, J.: *Chemie a technologie vody*, Brno 2006, ARDEC, 2 doplněné vydání, 329 stran. ISBN: 80-86020-50-9.
- [6] AMBROŽOVÁ ŘÍHOVÁ, J. *Mikrobiologie v technologii vod*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technická v Praze, 2004. 244 s. ISBN 80-7080-534-X.
- [7] ŠMIDRKAL, J., *Tenzidy a detergenty dnes*. Chemické listy. 1999, 93. s. 421 – 427
- [8] Česká republika. *Zákon č. 150/2010 Sb.,: kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů*. In: 53/2010.
- [9] SLADKÁ, A., *Biologické metody a hodnocení čistírenských procesů*. 1. vydání. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. 123 s.
- [10] DOHÁNYOS, M.; KOLLER, J.; STRNADOVÁ, N. *Čištění odpadních vod*. 1. vydání Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1998. 177 s.
- [11] ORLOVSKIJ, Z. A. *Čištění odpadních vod v aktivačních nádržích*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. 128 s.
- [12] LUEDECKE, C., HERMANOVICX, S.W., JENKINS, D.. *Precipitation of ferric phosphate in activated sludge: a chemical model and its verification*. Water Science and Technology, 1989, No. 21, pp. 325 - 337.
- [13] FYTIANOS, K.; VOUDRIAS, E.; RAIKOS, N. *Modelling of phosphorus removal from aqueous and wastewater samples using ferric iron*. Environmental pollution. 1998, No. 10, s. 123-130.
- [14] DALZELL, D., ALTE, S., ASPICHUETA, E., SOTA, A., ETXEBARRIA, J., GUTIERREZ, C., HOFFMANN, C., SALES, D., OBST, U., CHRISTOFI, N.. *A comparison of five rapid direct toxicity assessment methods to determine toxicity of pollutants to activated sludge*. Chemosphere. 2002, 47, pp. 535–545.
- [15] ARTHURSON, V. *Proper Sanitization of Sewage Sludge: a Critical Issue for a Sustainable Society*. Appl. Environ. Microbiol. 2008, 74(17):5267. DOI: 10.1128/AEM.00438-08.

- [16] ŠKROBÁNKOVÁ, S. *Vliv polutantů na inhibici aktivačního kalu ÚČOV Ostrava.*, Ostrava, 2012. 76 s. Diplomová práce. VŠB - TUO.
- [17] KOLEKTIV AUTORŮ, *Sborník jaro 2008.*, 2008, Asio, spol s.r.o., 99 s
- [18] KOLEKTIV AUTORŮ, *Sborník jaro 2014.*, 2014, Asio, spol s.r.o., 82 s
- [19] HLAVÍNEK, P, Hlaváček, J.: *Čištění odpadních vod*, Brno 1996., Noel 2000 s.r.o., Brno, 1996, ISBN 80-86020-0-2.
- [20] XIE W. M. *Formation of soluble microbial products by activated sludge under anoxic conditions. Appl. Microbiol. Biotechnol.* et al. 2010. 87, pp. 373–382.
- [21] GRACY C., DIGGER G., LOVE N., FILIPE C. *Biological Wastewater treatment.* Taylor and Francis Group, LLC 2011. ISBN: 978-0-8493-9679-3.
- [22] KOČÍ, V. 1999: Toxicity of zeolitic and phosphate detergents. 19th International symposium Industrial toxicology '99 – sborník přednášek. Slovak society for industrial chemistry, Slovak Academy of Sciences, Bratislava 16-18. 6. str. 93-97 Slovensko.
- [23] AUGUSTIN, J., *Nakládání s odpadními vodami z masného průmyslu.*, Ostrava, 2012. 67 s. Diplomová práce. VŠB - TUO.
- [24] GERARDI M. *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process.* John Wiley and Sons, Inc., New York 2002. ISBN: 978-0-471-06508-1.
- [25] NI B.-J., YU H.-Q. *An approach for modeling two-step denitrification in activated sludge systems.* 2008. Chemical Engineering, Science 63, pp. 1449 – 1459.
- [26] PAVELEK, V., *Fotografie*, 2014.

Seznam elektronických zdrojů:

- [27] KOLEKTIV AUTORŮ, *Pollutants in urban wastewater and sewage sludge.* 273s,[online],[cit.2014-02-18].z URL.
http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/sludge_pollutants.pdf
- [28] Vydavatelstvi.vscht.cz., *Organismy v odpadních vodách*, [online], [cit. 2014-02-15]. Z URL <http://www.vscht.cz/document.php?docId=6159>
- [29] SLAVÍČEK, MAREK, *Fosfor v pracích prášcích a mycích prostředcích*; Vodní hospodářství; 1/2010. [online], [cit. 2014-02-15]. Z URL
<http://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2010/vh01-2010.pdf>
- [30] Genetika-biologie.cz., *Řez bakteriální buňkou*, [online], [cit. 2014-02-15]. Z URL <http://www.genetika-biologie.cz/prokaryota>
- [31] Vydavatelstvi.vscht.cz., *Tvary a typy bakterií*, [online], [cit. 2014-02-15]. Z URL http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/hesla/img_d10e642.html
- [32] Static.akniceny.cz, *Ariel gel*, [online], [cit. 2014-03-15]. Z URL
<http://static.akniceny.cz/foto/vyroby/1352500/1352297.jpg>
- [33] Levneelektro.cz, *Woolite*, [online], [cit. 2014-03-15]. Z URL
<http://img.levneelektro.cz/images/0071/00708241-1.jpg>

- [34] Prozdрави.cz, *Ecover*, [online], [cit. 2014-03-15]. Z URL <http://www.prozdрави.cz/photos/z/v/01/washing-up-liquid-with-camomile-and-marigold-extracts.jpg>
- [35] Akniceny.cz, *Korrekt*, [online], [cit. 2014-03-15]. Z URL <http://www.akniceny.cz/detail/korrekt-praci-gel-988699/>
- [36] Savo.eu, *SAVO*, [online], [cit. 2014-03-15]. Z URL http://www.savo.eu/editor/image/produkty1/tn_detail_obrazek_cz_5.jpg

Seznam obrázků:

Obrázek 1 Schéma probíhající reakce	2
Obrázek 2 Řez bakteriální buňkou.....	5
Obrázek 3 Tvary a typy bakterií	6
Obrázek 4 Hlavní procesy metabolismu bakterií.....	13
Obrázek 5 Vliv toxických látek na metabolismus mikroorganismů.....	15
Obrázek 6 Změna respirační rychlosti v závislosti na koncentraci toxické látky.....	16
Obrázek 7 Endogenní stav	17
Obrázek 8 Znovuobnovení metabolických pochodů bakterií	18
Obrázek 9 Pohled na exteriér ČOV	28
Obrázek 10 Pohled 1 do interiéru ČOV	28
Obrázek 11 Pohled 2 do interiéru ČOV	28
Obrázek 12 Ariel.....	29
Obrázek 13 Woolite	29
Obrázek 14 ECOVER	29
Obrázek 15 Korrekt	29
Obrázek 16 SAVO	29
Obrázek 17 Popis respirometru Strathox	31

Seznam tabulek:

Tabulka 1 Potenciálně toxické kovy v prostředcích do domácnosti.....	22
Tabulka 2 porovnání dávek s 30% inhibicí	37
Tabulka 3 Porovnání ekonomického hlediska.....	38

Seznam grafů:

Graf 1 Respirační inhibice prostředku Ariel.....	32
Graf 2 Respirační rychlost prostředku Ariel.....	32
Graf 3 Respirační inhibice prostředku Woolite	33
Graf 4 Respirační rychlost prostředku Woolite	33
Graf 5 Respirační inhibice prostředku ECOVER.....	34
Graf 6 Respirační rychlost prostředku ECOVER.....	34
Graf 7 Respirační inhibice prostředku Korrekt.....	35
Graf 8 Respirační rychlost prostředku Korrekt.....	35
Graf 9 Respirační inhibice prostředku SAVO	36
Graf 10 Respirační rychlost prostředku SAVO	36
Graf 11 Respirační inhibice zkoumaných prostředků.....	37