

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ

KATEDRA CHEMIE

**STANOVENÍ VYBRANÝCH PARAMETRŮ
ODPADNÍCH VOD A OPTIMALIZACE ČISTÍCÍHO
PROCESU V PODMÍNKÁCH MALÉ ČOV**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ANNA KESLOVÁ

PŘÍRODOVĚDNÁ STUDIA

CHEMIE SE ZAMĚŘENÍM NA VZDĚLÁVÁNÍ

VEDOUCÍ PRÁCE: ING. JAN HRDLIČKA, PH.D.

PLZEŇ 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 28. června 2019

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Hrdličkovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady, připomínky a čas, který mi během zpracování dané problematiky a vypracování bakalářské práce věnoval.

Dále bych ráda poděkovala Vodohospodářskému podniku a.s. za umožnění práce pod jejich společností v rámci zakázky na Krajském soudě Plzeň, kde se celá bakalářská práce odehrávala a především pak Ing. Petru Dolejší za jeho pomoc při odběru vzorků, jeho rady a čas, který mi během vypracování bakalářské práce věnoval.

A v neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za jejich podporu a trpělivost při zpracování této práce.

Anotace

Cílem bakalářské práce je stanovení vybraných parametrů odpadních vod v podmínkách malé ČOV.

Teoretická část obsahuje popis a druhy odpadních vod, postupy čištění odpadních vod. Dále obsahuje seznámení s metodami analýzy vod, s odběry vzorků a stanovovanými parametry. Experimentální část obsahuje popis místa odběru vzorků odpadních vod a způsob jejich konzervace. Jako hlavní část obsahuje popis vybraných stanovení s ohledem na možnosti laboratoře.

V poslední části práce jsou výsledky vybraných stanovení, jejich grafické znázornění a popis získaných výsledků. Závěr zahrnuje závěrečné zhodnocení výsledků vybraných stanovení a zdůvodnění získaných hodnot.

Klíčová slova: odpadní vody, čistírna odpadních vod, parametry, odběry vzorků, vzorky

Annotation

The aim of this Bachelor's Thesis is to define the chosen parameters of wastewater in small wastewater treatment plant.

The theoretical part contains the description and kinds of wastewater and the procedure of its cleaning. Further it gives us insight into the methods of water analysis, sampling and the stated parameters.

The experimental part contains the description of the place where the samples were taken and the way of the samples preservation. The main part contains the description of the chosen regulations with respect to the possibilities of the laboratory.

The last part of the Thesis contains the results of the chosen regulations, their graphs and the description of the gained results. The conclusion includes the final assessment of the results of the chosen regulations and the substantiation of the acquired values.

Key words: wastewater, wastewater treatment, parameters, sampling, sample

Obsah:

1. Úvod.....	11
2. Teoretická část.....	11
2.1. Druhy odpadních vod.....	11
2.1.1. Splaškové a městské odpadní vody.....	12
2.1.2. Průmyslové odpadní vody.....	12
2.2. Čištění odpadních vod.....	13
2.2.1. Znečišťující látky v odpadních vodách a procesy jejich odstranění.....	13
2.2.2. Procesy čištění odpadních vod.....	15
2.2.2.1. Mechanické procesy.....	15
2.2.2.2. Chemické a fyzikálně-chemické procesy.....	16
2.2.2.3. Biologické procesy aerobní a anaerobní.....	16
2.3. Čistírny odpadních vod.....	17
2.3.1. Technologické linky velkých a středních čistíren odpadních vod.....	17
2.3.2. Technologické linky malých čistíren.....	19
2.3.3. Malé čistírny odpadních vod (domovní čistírny odpadních vod).....	20
2.4. Metody analýzy vod.....	22
2.4.1. Odběr a konzervace vzorku.....	22
2.4.1.1. Odběr vzorku.....	22
2.4.1.1.1. Faktory ovlivňující odběru vzorků.....	23
2.4.1.1.2. Konzervace vzorku.....	25
2.4.2. Úprava vzorků před stanovením.....	28
2.4.3. Metody stanovení vzorků.....	29
2.4.3.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL.....	29
2.4.3.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL.....	32
2.4.3.3. Hodnota pH.....	34

2.4.3.3.1. Potenciometrické stanovení hodnoty pH.....	35
2.4.3.4. Chemická spotřeba kyslíku.....	36
2.4.3.4.1. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným-CHSK _{Cr} – standardní metoda.....	38
2.4.3.5. Tenzidy (PAL).....	42
2.4.3.5.1. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS).....	46
3. Experimentální část	50
3.1. Odběry vzorků	50
3.2. Konzervace vzorků.....	55
3.3. Stanovení vybraných parametrů vzorků	56
3.3.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL.....	56
3.3.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL.....	57
3.3.3. Stanovení hodnoty pH.....	57
3.3.4. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným-CHSK _{Cr}	58
3.3.5. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS).....	60
4. Výsledky stanovení a jejich zdůvodnění	60
4.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL.....	60
4.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL.....	66
4.3. Stanovení hodnoty pH.....	72
4.4. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným- CHSK _{Cr}	77
4.5. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS).....	96
5. Závěr	98
Seznam literárních zdrojů.....	100

Seznam obrázků a fotografií, tabulek, grafů, rovnic, použitých chemikálií.....	102
Seznam příloh.....	9

Seznam zkratk a symbolů:

NL nerozpuštěné látky

RL rozpuštěné látky

CHSK_{Cr} chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným

ČOV čistírna odpadních vod

$\rho(\text{NL } 105)$ hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek NL po vypušení při 105°C vyjádřená v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$\rho(\text{NL } 550)$ hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek NL po vypušení při 550°C vyjádřená v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$\rho(\text{Z}\check{\text{Z}})_{\text{NL}}$ hmotnostní koncentrace ztráty žiháním nerozpuštěných látek v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$\rho(\text{RL } 105)$ hmotnostní koncentrace rozpuštěných látek RL po vypušení při 105°C vyjádřená v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$\rho(\text{RL } 550)$ hmotnostní koncentrace rozpuštěných látek RL po vypušení při 550°C vyjádřená v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

$\rho(\text{Z}\check{\text{Z}})_{\text{RL}}$ hmotnostní koncentrace ztráty žiháním rozpuštěných látek v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$

BiAS bismuth active substance

CTAS cobalt-thiocyanate active substance

MBAS stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří

MANOXOL OT dioktylsulfojantaran sodný

DBSNa dodecylbenzensulfonan sodný

n-DSNa dodekan-1-sulfát-sodný

NEL nepolární extrahovatelné látky

EL extrahovatelné látky

PAL_A tenzidy anionaktivní

1. Úvod

Odpadní vody jsou druhy znečištěných vod. Znečištění těchto vod způsobuje lidská činnost. Odpadní vody jsou vody z domácností, škol, průmyslových, dopravních, zdravotnických zařízení a dalších institucí. Při průchodu vod zmíněnými zařízeními se mění jejich vlastnosti, jako je teplota a zejména složení, a tím se zhoršuje kvalita této vody. Je to změna chemických, biologických i fyzikálních vlastností. Kvůli zhoršení daných vlastností a kvality odpadních vod, by odpadní vody mohly zapříčinit zhoršení jakosti i jiných druhů vod (povrchové, podzemní), se kterými by se smísily po zpětném vypuštění do kanalizací nebo vodních recipientů¹.

Proto se odpadní vody před vypuštěním do životního prostředí čistí, toto čištění probíhá v Čistírnách odpadních vod (ČOV).

Čistírny odpadních vod se rozdělují na velké a střední čistírny, do nich spadají městské čistírny odpadních vod a čistírny průmyslových odpadních vod, které mají tři části, a to mechanickou část, biologickou a chemicko-fyzikální část čištění odpadních vod. Dalším typem čistíren odpadních vod jsou malé čistírny, do této kategorie spadají malé čistírny odpadních vod v malých obcích a hlavní druhem těchto čistíren jsou domovní čistírny odpadních vod, které se používají především u rodinných domů.

Čištění odpadních vod je proces odstraňování znečišťujících látek mechanických, biologických a chemických, proto aby se mohly vyčištěné odpadní vody vypouštět zpět do vodních útvarů a nezneškodily tak kvalitu a vlastnosti jiných druhů vod.

2. Teoretická část

2.1. Druhy odpadních vod

Existují dva druhy odpadních vod, a to splaškové a městské odpadní vody a průmyslové odpadní vody.

Každý druh obsahuje odpadní vody z jiných zařízení a každý má trochu jiné vlastnosti, a proto i čistící procesy jednotlivých druhů jsou odlišné.

¹ Vodní recipient je vodní útvar, nádrž nebo vodní tok, do kterého ústí povrchové vody, odpadní vody a další vody z přítoků.

2.1.1. Splaškové a městské odpadní vody

Splaškové a městské odpadní vody, jiným názvem také Komunální odpadní vody jsou druhy odpadních vod z domácností, škol, stravovacích zařízení, ubytovacích zařízení, firem, státních institucí, veřejných míst a dalších zařízení, kde neprobíhá průmyslová výroba nebo výroba spojená s chemickým ošetřením procesů v zařízení.

Zbarvení těchto vod je šedé až šedohnědé barvy. Tento druh odpadních vod se vyznačuje silným zápachem a jejich teplota se pohybuje kolem 5 až 20°C. Rozmezí teplot je dáno klimatickými podmínkami v dané oblasti a závisí i na ročním období. Hodnota pH těchto vod je 6,8 až 7,5.

2.1.2. Průmyslové odpadní vody

Průmyslové odpadní vody zahrnují širokou skupinu odpadních vod.

Svémi vlastnostmi se výrazně liší od splaškových vod a charakter jejich vlastností je dán hlavně druhem závodu, jako i její množství, které je dáno velikostí závodu.

Průmyslové odpadní vody se mohou lišit složením i v rámci jednoho závodu, který obsahuje více druhů použité technologie v různých odvětvích daného závodu.

Se stále větším vývojem průmyslové zóny, vývojem technologií a používaných nástrojů a chemikálií se s časem mění i vlastnosti, složení a množství těchto vod, a to má za následek změny jejich koncentrací, a dále zánik nebo přítomnosti nových látek či organismů.

U průmyslových odpadních vod vznikají její další podskupiny podle druhu průmyslových odvětví.

- Technologické vody
- Chladicí vody
- Splaškové vody
- Srážkové vody
- Podzemní vody z hydrogeologické ochrany

[6, 10]

2.2. Čištění odpadních vod

2.2.1. Znečišťující látky v odpadních vodách a procesy jejich odstranění

Látek znečišťující odpadní vody je více druhů (viz Tabulka 1) a každý druh těchto látek má odlišné vlastnosti. Kvůli těmto rozdílným vlastnostem není možné z odpadní vody tyto látky odstranit jediným procesem, který by zároveň splňoval podmínky ekonomické stránky, tak i stránky z hlediska dokonalosti čistícího procesu odpadních vod, tak aby bylo možné odpadní vody zpět vypustit do kanalizace či životního prostředí.

Z tohoto důvodu se při procesu čištění odpadních vod používá několik procesů, které jsou seřazeny za sebou a každý z těchto procesů má jinou podstatu, funguje jiným způsobem než procesy další. Sled těchto jednotlivých procesů se pak jako celek nazývá technologická linka čištění.

Tabulka 1 – Skupiny znečišťujících látek

Označení skupiny	Znečišťující látky	Příklady
1.	Rozpuštěné	(látky, které projdou filtrem o velikosti pórů 4 µm)
1.1.	organické	
1.1.1.	biologicky rozložitelné	(cukry, mastné kyseliny)
1.1.2.	biologicky nerozložitelné	(azobarviva)
1.2.	anorganické	(těžké kovy, fosforečnany, sulfidy, amonné ionty)
2.	Nerozpuštěné	
2.1.	organické	
2.1.1.	biologicky rozložitelné	(bakterie škrob,)
2.1.2.	biologicky nerozložitelné	(papír, plasty)
2.1.3.	usaditelné	(celulosová vlákna)
2.1.4.	neusaditelné	(bakterie, papír)
2.1.4.1.	koloidní	(bakterie)
2.1.4.2.	plovoucí	(papír)
2.2.	anorganické	
2.2.1.	usaditelné	(hlína písek,)
2.2.2.	neusaditelné	(brusný prach)

Mimo tabulku je třeba zmínit i další znečišťující faktory, které se v odpadní vodě mohou vyskytovat. Mezi tyto druhy znečišťujících faktorů patří tepelné znečištění, radioaktivita a přítomnost tenzidů (povrchově aktivních látek), mikrobů, mikropolutantů a dalších polutantů².

Jak už bylo uvedeno, proces čištění odpadních vod je sled několika procesů lišících se jejich principem. Zvolení jednotlivých procesů a jejich sled se volí na základě znečištění dané odpadní vody a také musí být splněny určité podmínky.

Podmínky pro splnění a účinnost čistícího procesu:

- Proces čištění musí být účinný
- Proces by měl být ekonomicky uspokojivý

² Polutant je znečišťující látka. Může být ve formě pevné, plynné i kapalné a v určitých koncentracích působí škodlivě na prostředí, ve kterém se nachází.

- Proces by neměl být příliš energeticky náročný
- Při procesu by se do čištěné odpadní vody neměly přidávat další znečišťující látky (př. anorganické soli nebo organické látky)

2.2.2. Procesy čištění odpadních vod

Procesy k čištění odpadních vod jsou rozděleny do 3 základních skupin, v každé z nich jsou ještě další podskupiny čistících procesů odpadních vod (viz Tabulka 2). V této tabulce jsou uvedeny i skupiny znečišťujících látek (z Tabulky 1), které se danými procesy odstraňují z odpadních vod.

Tabulka 2 – Procesy čištění odpadních vod

Procesy	Skupiny znečišťujících látek (viz tabulka 1.)
Mechanické procesy	
cezení (česle)	2.1.2.;2.1.4.2.
usazování (usazovací nádrže)	2.1.3.;2.2.1.
centrifugace (centrifugy)	2.1.2.;2.2.1.
flotace (flotační nádrže)	2.1.3.;2.2.1.
filtrace (pískové filtry, síta)	
Chemické a fyzikálně chemické procesy	
čiření (koagulace) a srážení	1.1.2.;1.2.;2.2.
neutralizace	1.2.
oxidace a redukce	1.1.2.;2.1.
sorpční procesy (aktivní uhlí)	1.1.2.;1.2.
procesy založené na výměně iontů (ionexy)	1.2.
odpařování, spalování	1.1.2. (př. silně kocn. odpadní vody)
destilace, stripování	1.1.2.;1.2. (př. NH ₃)
membránové procesy	2.1.;2.2.; částečně i 1.)
Biologické procesy aerobní a anaerobní	
biologické filtry	1.1.1.;1.2.;2.1.1.
aktivační procesy	1.11.;1.2.;2.1.1.
stabilizační nádrže a laguny	11.1.;1.2.;2.1.1.

2.2.2.1. Mechanické procesy

Mechanickými procesy čištění odpadních vod jsou procesy usazování a zahušťování suspenze odpadních vod. Mechanické procesy v ČOV jsou rozděleny do několika částí. Usazování suspenze probíhá při hrubém

předčištění odpadních vod, a to v lapácích písku a šterku, v česlích, v usazovacích nádržích. Zahušťování suspenze pak probíhá zároveň při usazování v usazovací nádrži.

2.2.2.2. Chemické a fyzikálně-chemické procesy

Chemické a fyzikálně-chemické procesy čištění odpadních vod jsou převážně procesy srážení a koagulace, kdy se koagulant smísí s odpadní vodou a vznikají vločky (chemický kal). Dalšími procesy v této části čistírny odpadních vod je neutralizace vod, aby odpadní voda splňovala rozmezí hodnot pH pro vypuštění do toku. Mezi další procesy patří procesy založené na výměně iontů, měniče iontů neboli ionexy slouží k zachycení iontových látek kladného nebo záporného náboje rozpuštěných ve vodě. Sorpčními procesy se pak odstraňují další látky z roztoku navázáním na povrch jiné látky, většinou se proces adsorpce provádí s aktivním uhlím. Procesy membránové zajišťují odstraňování polutantů z odpadních vod, separace polutantů z odpadních vod jiným způsobem je obtížná, proto se volí tento způsob. Je několik druhů membránových procesů, z nichž každý funguje na jiném principu. Většina zatím zmíněných fyzikálně-chemických čistírenských procesů funguje na principu separace. Posledním z hlavních procesů v tomto odvětví jsou oxidačně-redukční reakce, kdy nežádoucí látky v odpadní vodě zlikvidujeme nebo přeměníme na látky méně nežádoucí, těchto kroků dosáhneme právě chemickou oxidací či redukcí. Oxidační a redukční reakce jsou i základním procesem u biologického čištění odpadních vod, které patří mezi nejrozšířenější technologie čištění odpadních vod.

2.2.2.3. Biologické procesy aerobní a anaerobní

Základem biologického čištění odpadních vod jsou reakce s mikroorganismy a jejich schopnosti rozkládat organické látky ve vodách. Tento proces ovlivňuje několik faktorů, a to obsah kyslíku ve vodě, teplota vody, hodnota pH, typ znečištění vody, přítomnost dalších látek a použití technologie čištění odpadní vody. V biologických procesech v ČOV se používají procesy aerobní, anaerobní a jejich kombinace. Procesy aerobní probíhají za

přítomnosti molekulárního kyslíku, jedná se o oxidační rozklad organických látek molekulárním kyslíkem. V tomto procesu jsou produkty oxid uhličitý CO_2 a voda H_2O . Při tomto způsobu čištění odpadních vod aerobní mikroorganismy rozkládají organické látky (substrát) za přítomnosti kyslíku. Jsou dva způsoby aerobní čištění, extenzivní kam patří vegetační čistírny a biologické rybníky a intenzivní kam spadá aktivační procesy, biofiltry, biofilmové reaktory. Procesy anaerobní probíhají za nepřítomnosti kyslíku, používají se při čištění odpadních vod s velkým organickým znečištěním. Při tomto procesu se anaerobní mikroorganismy vyskytují rovnou v reaktorech jako volné nebo na bionosiči či v suspenzi. Produkty anaerobního procesu je směs methanu CH_4 , oxidu uhličitého CO_2 a také bioplyn, který lze zpětně využít ke spalování a vytápění reaktorů a budov v areálu ČOV.

[3, 8, 10, 21]

2.3. Čistírny odpadních vod

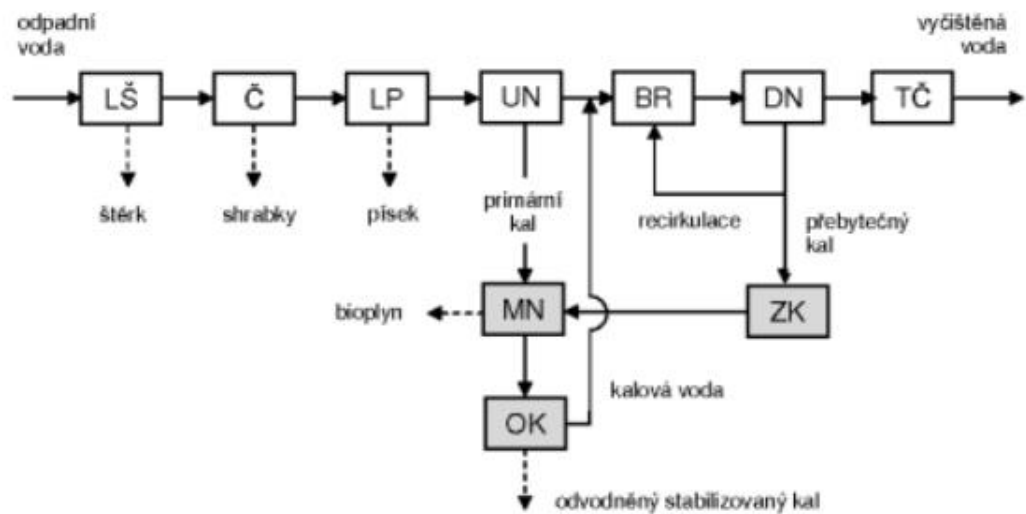
2.3.1. Technologické linky velkých a středních čistíren odpadních vod

Do této skupiny spadají městské čistírny odpadních vod (čistírny odpadních vod veřejných kanalizací) a čistírny průmyslových odpadních vod. V předešlé kapitole jsme se věnovali jednotlivým procesům čištění odpadních vod, kde jsou v tabulce uvedeny jednotlivé části třech hlavních procesů - mechanických, chemických a fyzikálně-chemických a biologických procesů. Čistírny odpadních vod jsou složeny z těchto částí, ale jednotlivé čistírny se mohou v některých částech lišit. Nejužívanější schéma čistírny odpadních vod je takové, kdy čistírna obsahuje jako první část mechanickou, tj. mechanické čištění odpadních vod, v této části se odpadní voda zbavuje hrubých nečistot, látek a dalších předmětů, a to na jednotlivých částech mechanického čištění. Mechanické čištění obsahuje hrubé a jemné česle, lapáky písku a štěrku, zřídka se zařazují i lapáky tuků. Poslední částí mechanického čištění je sedimentace v usazovacích nádržích, usazený kal z usazovacích nádrží jde jako primární kal do methanizační nádrže, kde se stabilizuje a poté se z něj vyrobí bioplyn. Druhou částí čistíren odpadních vod je biologické čištění, to probíhá v biologickém reaktoru buď v aktivačních

nádržích, kde se odpadní voda smíchá s biomasou, nejčastěji s bakteriemi vhodného rodu ve formě suspenze nebo čištění probíhá v biofiltru s biomasou ve formě biofilmu. Biologická část čistírny pak musí obsahovat i separační stupeň, aby oddělila vyčištěnou vodu od bakterií, tato separace probíhá v dosazovacích nádržích. Oddělená část biomasy (kalu) se pak vrací zpět do biologické části, ale pouze její část, druhou část tvoří přebytečný kal, který jde jako primární kal do methanizační nádrže, kde se stabilizuje za anaerobních podmínek a poté se z něj vyrobí bioplyn, druhá část kalu v methanizační nádrži se odvodní a jde zpět do biologické části. Po vyčištění v dosazovacích nádržích se v této fázi se vyčištěná voda vypouští do recipientu, pokud její hodnoty odpovídají kvalitě vody, kterou lze vypustit.

Pokud parametry kvality vody neodpovídají daným hodnotám, při kterých lze vodu zpětně vypustit do recipientu, je třeba, aby voda prošla ještě třetí částí čistírny odpadních vod, a to chemickou a fyzikálně-chemickou částí, kdy je odpadní voda čištěna vybranými způsoby podle jejího znečištění. V této části se pak volí vhodná metoda čištění, a to membránová filtrace nebo adsorpce na aktivní uhlí, koagulace, procesy výměny iontů na ionexech.

Poslední částí čistíren odpadních vod jsou akumulární nádrže na dešťovou vodu, kdy při extrémních srážkách akumulární nádrže zachycují a akumulují dešťovou vodu, kdy po skončení srážek se voda z akumulárních nádrží postupně přičerpává k přítoku na čistírnu. Klasické schéma čistírny odpadních vod je schematicky znázorněno na obrázku 1.



Obrázek 1 – Schéma ČOV

LŠ - lapák štěrku, Č – česle, LP – lapák písku, UN – usazovací nádrž, BR – biologický reaktor (aktivační nádrž nebo biofiltr), DN – dosazovací nádrž, TČ – terciární čištění, ZK zahušťování kalu, MN – methanizační nádrž (anaerobní stabilizace kalů), OK – odvodňování anaerobně stabilizovaného kalu

Zdroj: BINDZAR, Jan a kol. Základy úpravy a čištění vod. Praha: VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-729-3.

2.3.2. Technologické linky malých čistíren

Technologické rozložení linek malých čistíren odpadních vod je většinou jednodušší než linky velkých a středních čistíren, avšak obsahují podobné části čištění. Liší se většinou v tom, že u malých čistíren chybí primární sedimentace kalu a jeho stabilizace při anaerobních podmínkách v methanizační nádrži. Je to hlavně z ekonomického hlediska, kdy se u malých čistíren odpadních vod nevyplatí kaly anaerobně stabilizovat právě v methanizačních nádržích. Neboť následná výroba bioplynu ze stabilizovaného kalu je výhodná až od určité produkce bioplynu, která je pro malé čistírny v takovém rozsahu neuskutečnitelná.

V tomto případě se tedy přebytečný kal z čistícího procesu v malých čistírnách stabilizuje aerobně nebo chemicky.

[3, 10]

2.3.3. Malé čistírny odpadních vod (domovní čistírny odpadních vod)

Čistírny odpadních vod tohoto typu jsou většinou vyráběny jako kontejnery z polypropylenu, laminátu nebo nerezové oceli. V těchto malých čistírnách odpadních vod se rozlišují dva způsoby čištění odpadních vod, a to způsob aerobní a anaerobní nebo i jejich kombinace. Všechny tyto způsoby fungují na principu biologického čištění odpadních vod za použití biomasy. Při aerobním způsobu se používá kyslík, který je dodán do aktivační směsi. Při anaerobním způsobu je čistící proces bez přístupu vzduchu a jeho účinnost čištění vody je oproti aerobnímu nižší.

U anaerobní čistírny odpadních vod je její použití doporučováno u objektů, které nejsou trvale obydleny nebo jsou obydleny příležitostně. Výhodou těchto čistíren je nulová spotřeba elektrické energie, možnost přerušovaného provozu a malé náklady na provoz. Nevýhodou je pak životnost dočišťovacích filtrů a vysoký spád filtru. Čistírna je tvořena nádrží rozdělenou na usazovací část, anaerobní reaktor s biofiltrem a dosazovací část. Rozklad znečištěné odpadní vody biomasou probíhá bez přístupu vzdušného kyslíku. V kombinaci s dalšími stupni čištění, s pískovým nebo zemním filtrem je možné dosáhnout požadované kvality vypouštěné vody.

Aerobní čistírny odpadních vod se rozdělují na tři druhy – biofiltry, biodisky a aktivační nádrže.

U biofiltrů je principem čištění interakce biomasy se znečištěnou odpadní vodou, v tomto případě jsou mikroorganismy na bionosiči, na který se rozstříkuje odpadní voda skrápěcí aparaturou. Tento typ ČOV je narozdíl od anaerobního typu vhodný pro trvale obydlené objekty, mezi jeho výhody patří nízké provozní náklady a jeho nenáročnost. Nevýhodou je vysoký spád filtru, zanášení filtru při špatně fungující usazovací nádrži. Biofiltr je tvořen nádrží s roštem na dně a náplní (plastová, z kamene). Roštovým dnem je přiváděno dostatečné množství vzduchu díky přirozenému proudění vzduchu, a tak je

vzduch přiváděn do biofiltru pro biologický proces čištění. Technologicky se čistírna skládá z usazovací nádrže, biofiltru a dosazovací nádrže. Povrch náplně biofiltru slouží jako pevný poklad (bionosič) mikroorganismů, které se po nějaké době na náplni uchytí a tyto mikroorganismy pak plní svou funkci, tj. rozkládají přítomné organické látky v odpadní vodě. Účinnost tohoto typu ČOV závisí na volbě náplně biofiltru a jeho objemu. Rychlost a účinnost biologických procesů v ČOV jsou závislé na teplotě, která ovlivňuje rozpustnost kyslíku potřebného k procesu čištění. V ČR se biofiltry nevyužívají tak často, ve větší míře jsou využívány v USA, Nizozemsku a Rakousku.

Dalším typem aerobní ČOV jsou biodisky. Rotační biodiskové čistírny odpadních vod využívají činnosti mikroorganismů přisedlých na bionosiči na ploše biodisků, obdobně jako u biofiltrů. Rozdílem je, že bionosič s mikroorganismy není odpadní vodou skrápěn, ale samotný nosič je v odpadní vodě částečně ponořen a otáčí se v ní. Při tomto procesu dochází ke kontaktu jak s odpadní vodou, tak se vzduchem a tím je zajištěn přísun kyslíku k mikroorganismům. Technologicky se čistírna skládá z usazovací nádrže, biodisků a dosazovací nádrže. Tento typ ČOV lze použít pro objekty trvale obydlené a lze ho použít i pro málo koncentrované odpadní vody s nízkým obsahem znečištění a v lokalitách, kde je nátok odpadních vod nerovnoměrný. Výhodou jsou nízké náklady na nákup ČOV, nenáročnost a stabilita provozu. Nevýhodou je, že ve srovnání s aktivačními technologiemi má vyšší spotřebu energie. V ČR jsou biodisky často využívány, především jako domovní čistírny.

Posledním typem aerobního typu ČOV jsou aktivační technologie, tj. čištění odpadních vod v aktivačních nádržích. Způsob čištění je opět založen na přítomnosti mikroorganismů, které se v aktivační nádrži drží ve vlnosku díky provzdušňování celé nádrže. U tohoto typu ČOV jsou různé modifikace, technologie aktivačních čistíren jsou různé, mohou být s usazovací nádrží nebo bez, aktivace s denitrifikací nebo bez denitrifikace. Technologické rozložení pak záleží na požadavcích na vyčištění odpadní vod, podle tohoto kritéria se poté volí jednotlivé části aktivačních čistíren. Tento druh čištění odpadních vod se dostává do popředí, je nejvyužívanějším typem ČOV

především kvůli nízkým pořizovacím nákladům a účinnosti čištění, která je až 95 %. Tento typ je vhodný pro objekty trvale obydlené a mezi výhody patří už zmíněné pořizovací náklady, účinnost čistícího procesu, ale také nízká energetická náročnost. Mezi nevýhody patří citlivost na nárazové zatížení.

V oblasti malých domovních ČOV je stále rostoucí rozvoj a zájem o tato zařízení. Jejich vysoká technologická účinnost čistícího procesu v kombinaci s nízkými náklady, snadnou údržbou a obsluhou a energetickou nenáročností je dostupná pro širokou veřejnost, a i pro další zařízení a objekty, kde je tento typ čištění žádoucí.

[21, 22]

2.4. Metody analýzy vod

2.4.1. Odběr a konzervace vzorku

2.4.1.1. Odběr vzorku

Při odběru vzorků se setkáváme s různorodými podmínkami, na které je třeba při odběru dbát, nicméně jsou tyto podmínky tak odlišné, že nelze stanovit přesný návod, jak vzorky odebírat, který by se dal aplikovat na všechny druhy vzorků vod.

Odběr konkrétního druhu vzorku ovlivňuje několik faktorů, a to, jaký druh vzorku se odebere, v jakém místě, případně v jakém konkrétním bodě se odběr uskuteční, v jakém čase a zda se budou odběry uskutečňovat opakovaně v tomto čase nebo se vzorky budou odebírat v různých časových intervalech a nejdůležitějším faktorem pro odběr vzorků je technologie odběru. Podle těchto skutečností se pak volí vhodná metoda odběru vzorku.

Dalšími faktory je i druh vzorku, který odebíráme a také množství odebraného vzorku, které závisí na rozsahu stanovení, které se budou na vzorku provádět.

2.4.1.1.1. Faktory ovlivňující odběr vzorků

- Místo a bod odběru

Místo odběru je popsáno jako lokace odběru, tj. kde se místo odběru nachází (název města či obce, název vodního útvaru, název úpravní vody, případně vodojemu nebo čistírny odpadních vod). Stanovuje se i konkrétnější určení lokace, tj. zda se jedná o přítok nebo odtok odpadní vody, levý či pravý břeh u vodního toku nebo útvaru, vstupní nebo výstupní potrubí vodojemu).

Bod odběru určuje přesně místo ve vodním útvaru, kde je vzorek odebírán (odběr na hladině vodního útvaru, hloubkový odběr, z kohoutku u spotřebitele).

- Typy vzorků

- Prosté vzorky

Prosté vzorky lze odebrat buď jednorázově a náhodně a nebo je lze odebírat pravidelně za přesně určených podmínek.

- Směsné vzorky

Dva a více vzorků, případně jednotlivých vzorků, které jsou smíšené v různých poměrech, které jsou předem známé. Poměry, ve kterých se mísí jednotlivé vzorky, konkrétně hodnoty těchto poměrů vycházejí z průtoku nebo měřeného času.

- Množství vzorku a vzorkovnice

Množství vzorku je dáno počtem stanovení, která se u vzorku provádějí a objemy potřebnými na jednotlivá stanovení. Při odběru je nutné myslet na rezervu v případě, že by se některá stanovení musela opakovat.

Odběrové nádoby, vzorkovnice jsou nádoby skleněné nebo plastové, většinou se jedná o lahve.

Skleněné vzorkovnice se užívají ze sodno-vápenato-křemičitého skla, případně se používají i vzorkovnice z borokřemičitého skla, toho se využívá méně.

Platové odběrové nádoby se používají z polytetrafluorethylenu (PTFE), polyethylenu (PE), polyethylentereftalátu (PET) a polyvinylchloridu (PVC).

Pro většinu druhů parametrů stanovujících se u vod lze k odběru použít jak skleněné vzorkovnice, tak plastové. Pro některé ukazatele však lze použít jen jeden druh, neboť druhý je nevhodný.

Druh odběrových nádob a jejich počet musí odpovídat požadavkům na stanovení. Proto je třeba mít všechny odběrové nádoby řádně označeny, aby nedošlo k záměně.

- Způsob odběru a odběrová zařízení

Způsob odběru, technologie odběru je přímo úměrná druhu odebíraného vzorku (druhu vody), místem a bodem odběru, druhem vodního útvaru, druhem rozboru, místními podmínkami a dalšími podmínkami (přítomnost nemísitelných a nerozpuštěných látek ve vodě).

Vzorky se mohou odebírat přímo do odběrové nádoby nebo se za pomoci vzorkovačů odebírají v místech, kde nelze vzorek odebrat přímo do nádoby (hlubinné odběry).

K odběru prostých vzorků, které se obvykle odebírají manuálně se používá přímo vzorkovnice, nejčastěji ve formě lahve nebo naběráku.

U odběru v hloubce se používá zatěžkaná lahev nebo jiná nádoba, která má na zátce lanko, pomocí lanka se zátka uzavře prudkým trhnutím lanka v požadované hloubce vodního útvaru. Po naplnění se lahev vytáhne a uzavře.

U automatických vzorkovačů se používají dva hlavní druhy, časově závislé a objemově závislé. Oba tyto druhy lze použít u všech druhů vzorků, jak prostých, tak i směsných.

Jediným rozdílem u obou druhů je, že u časově závislého vzorkovače nejsou zakomponovány změny průtoku. Narozdíl od objemově závislého vzorkovače, který tyto změny zaznamenává.

- Záznam o odběru

Každý odběr musí být zaznamenán v podobě protokolu. Tento záznam obsahuje účel odběru, druh vzorku, místo a bod odběru, datum a čas odběru, označení odběrové nádoby a jméno a podpis pracovníka. Záznam dále obsahuje i informace o teplotě vody, teplotě vzduchu při odběru, zvolený způsob odběru, hodnotu průtoku vodního útvaru, měření a výsledky maření provedené v místě odběru vzorku a také údaje o konzervaci a přepravě vzorku.

Záznam musí obsahovat i další informace o případných dalších okolnostech, které by mohly ovlivnit vlastnosti nebo složení odebíraného vzorku (přítomnost ropných látek, povětrnostní podmínky a další).

[1, 5]

2.4.1.2. Konzervace vzorku

- Doba mezi odběrem a stanovením

Řada parametrů u vod, zejména odpadních, podléhá změnám s časem, proto pro co nejpřesnější výsledky je třeba stanovení provést nejlépe ihned po odběru.

Ne vždy lze tyto podmínky splnit, záleží na místě odběru, vzdálenosti místa odběru od laboratoře, kde se stanovení provede. Nicméně lze tyto změny minimalizovat, a to tím, že parametry, které se musí provést bezprostředně po odběru provedeme ihned, jakmile se dostaneme do laboratoře. Pro stanovení dalších parametrů, které lze provést s časovou prodlevou, vzorek konzervujeme, abychom zabránili změnám hodnot vzorku.

Vždy je nejlepší variantou, aby doba mezi odběrem a stanovením, i konzervovaného vzorku byla co nejkratší.

- Konzervace vzorku

Konzervace je způsob uchování stejných či mírně změněných parametrů vzorku od doby odběru až po stanovení.

Její funkce je, aby nedošlo k výrazným změnám parametrů vzorku do doby než začne stanovení a správnou konzervací vzorku lze tyto změny téměř potlačit.

Změny parametrů vzorku lze zmírnit i dalšími skutečnostmi, nejen výběrem správné vzorkovnice, ale i ochlazením vzorku hned po jeho odběru, většinou na teplotu 2 °C až 5 °C. Avšak ochlazení se nehodí na dlouhodobé skladování vzorku, a to zejména u odpadních vod.

Další metodou může být zmrazení na -20 °C, které umožňuje delší dobu skladování vzorku, ale je nutné, aby zmrazení i rozmrazení dopadlo tak, aby bylo možné vzorek vrátit do původního stavu.

Při těchto metodách, kdy zmírňujeme a zpomalujeme vliv změn na vzorky, je možné mluvit o metodách konzervace.

V tabulce 3 jsou uvedeny jednotlivé ukazatele vod rozdělené podle časového intervalu mezi odběrem a začátkem stanovení pro vzorky bez úprav a pro vzorky ochlazené po odběru.

Tabulka 3 – Ukazatele vod a jejich stanovení v rámci času

Stanovení má být provedeno do:	Stanovovaný ukazatel	Skladovat
Ihned po odběru vzorku	Barva, pach, teplota, konduktivita, pH, Fe, Cl ₂ , KNK, ZNK, formy CO ₂	Bez úpravy teploty
24 h	Zákal	Bez úpravy teploty
1 měsíce	F, Cl ⁻ , K ⁺ , Na ⁺	Bez úpravy teploty
6 h	Pach, pH, amoniakální N	Ochlazení na 2 °C až 5°C
24 h	Konduktivita, veškeré látky, barva ¹⁾ , KNK, ZNK, BSK ¹⁾ , fenoly, dusitany, dusičnany, fosfor rozpuštěný i celkový, Ca, Σ(Ca+Mg)	Ochlazení na 2 °C až 5°C
1 týdne	Sírany	Ochlazení na 2 °C až 5°C
1 měsíce	CHSK _{Mn} , CHSK _{Cr} , TOC	Zmrazení na -20 °C

1) Pro tato stanovení mají být vzorky skladovány ve tmě.

I tyto metody lze považovat za metody konzervace, pokud ale má být tato definice přesnější, jedná se o chemický způsob úpravy vzorku.

Volba správné metody konzervace není vždy jednoznačná, není zde univerzální metoda, která by se dala použít na všechny druhy vzorků. Proto se vzorek musí konzervovat z hlediska jednotlivých parametrů různými způsoby.

V tabulce 4 jsou uvedeny způsoby chemické konzervace vzorků podle stanovovaných ukazatelů vzorků vody.

Tabulka 4 – Způsoby chemické konzervace

Způsob chemické konzervace	Stanovovaný ukazatel	Doporučený interval mezi konzervací a rozborem
Nelze chemicky konzervovat	Barva, pach, chuť, zákal, teplota, konduktivita, pH, veškeré rozpuštěné a nerozpuštěné látky, Cl ₂ , KNK, ZNK, formy CO ₂ , BSK ₅ , O ₃	
Okyselení vzorku na hodnotu pH < 2		
kyselinou sírovou	CHSK _{Mn} ¹⁾	2 dny
	CHSK _{Cr} ¹⁾	5 dnů
	TOC ¹⁾	1 týden
	NO ₃ ¹⁾ , amoniakální a organický N ¹⁾	24 h
	Aniontové tenzidy ¹⁾	2 dny
kyselinou dusičnou	AOX ¹⁾	3 dny
kyselinou chlorovodíkovou	Fe ^{II}	1 týden ²⁾
(výběr kyseliny podle užití analytické metody stanovení)	Stopové prvky, těžké kovy, Al, Mn, celkové Fe, Ca, Σ(Ca+Mg)	1 měsíc
Speciální způsob konzervace	Kyanidy, rtuť, sulfidy	
Způsob konzervace je součástí analytického stanovení	Rozpuštěný O ₂	

1) I tyto vzorky mají být po provedení chemické konzervace ochlazeny na teplotu 2°C až 5°C.

2) Zkušenosti v laboratořích ukazují, že tato konzervace vždy účinná není (Fe^{II} se oxiduje na Fe^{III}). Proto možnost tohoto doporučeného způsobu konzervace, případně jejího časového intervalu, by měla být vždy pro každý druh vzorku vody experimentálně ověřena.

Chemické konzervační činidlo, které přidáváme ke vzorku nesmí rušit vlastní stanovení parametrů vzorku, proto je třeba dbát na vhodnou volbu činidla.

Konzervace tedy nezávisí jen na druhu vzorku, který je konzervován, ale i na analytické metodě, kterou budou parametry ve vzorku stanoveny.

[1, 4]

2.4.2. Úprava vzorků před stanovením

Než začne vlastní analytické stanovení parametrů vzorku vody je třeba vzorek upravit. Způsob úpravy a její následná realizace pak záleží na druhu vzorku, především na jeho složení a vlastnostech. Také je třeba myslet na stanovení, které se u vzorku bude provádět, aby byla zvolena správná předúprava vzorku.

Úpravou získáme vzorek bez látek, které by mohly případně u vzorku ovlivňovat metodu stanovení, a tak zkreslovat výsledky.

- Homogenizace

Existuje několik druhů homogenizace, aplikace určitého druhu na vzorek vody závisí na druhu látek ve vzorku obsažených a také na metodě stanovení parametrů u vzorku.

Prvním a zároveň nejjednodušším druhem homogenizace je pouhé protřepání vzorku. Tento druh homogenizace se používá u stanovení nerozpuštěných látek.

Pro stanovení dalších složek vzorku se používá homogenizace mixováním. Tento druh homogenizace se používá u stanovení veškerých látek (nerozpuštěných a rozpuštěných), neboť nelze homogenity dosáhnout pouhým protřepáním. Při tomto druhu homogenizace je doba mixování krátká a volí se i nízká četnost otáčení, aby nedošlo ke změnám složení vody ve vzorku příliš intenzivním mixováním, které má za následek velké provzdušnění vzorku a následnou oxidaci určitých složek ve vzorku.

Další druhy homogenizace jsou speciální druhy, které zpravidla bývají uvedeny v popisu stanovení daného parametru.

- Filtrace

Filtrace je nezbytnou součástí další úpravy vzorku před jeho stanovením. Je nutná pro další stanovení kvůli oddělení kapalné a tuhé fáze. Filtrace u

nerozpuštěných látek i u rozpuštěných probíhá s použitím filtru se střední velikostí pórů 0,45 μm .

Pro speciální účely může být k filtraci použit filtr s jinou hodnotou střední velikosti pórů. U odpadních vod je stanovena hodnota střední velikosti pórů filtru od 0,7 μm do 1,3 μm .

- Sedimentace

U stanovení rozpuštěných látek ve vzorku vody je při větší koncentraci nerozpuštěných látek vhodné tento vzorek před samotnou filtrací ještě předupravit právě sedimentací. Doba sedimentace záleží na stabilitě vzorku při stanovování dalších parametrů a s ohledem na kvalitativní a kvantitativní obsah nerozpuštěných látek.

- Odstředování

Používá se k odstraňování nerozpuštěných látek ze vzorku. V případech, kdy je ve vzorku velké množství nerozpuštěných látek, a bylo by těžší získat potřebný objem jen za pomoci filtrace se provádí odstředování za použití odstředivek s nastavitelnou frekvencí otáček.

Pro odstředování povrchových vod stačí frekvence otáčení do 50 s^{-1} , u odpadních vod je nutno tuto frekvenci zvýšit až na 150 s^{-1} , v některých případech až 250 s^{-1} .

[1, 7, 9, 11]

2.4.3. Metody stanovení vzorků

2.4.3.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL

Nerozpuštěné látky jsou složky vody přítomné ve vzorku. Jejich stanovení patří mezi základní charakteristiky chemických vlastností vody ve všech druzích. U odpadních vod je stanovení nerozpuštěných látek jedna ze základních charakteristik jejich chemického složení.

Nerozpuštěné látky jsou tuhé látky přítomné ve vodě. Jejich nerozpustnost, ale i možnou rozpustnost ovlivňuje teplota, způsob odběru vzorku vodu a další

vlastnosti, které mohou ovlivňovat rozpustnost těchto látek. Odstraňují se buď filtrací nebo odstředováním za předem daných podmínek.

Při stanovení nerozpuštěných látek se používá gravimetrické stanovení. Tyto látky se stanovují při teplotě 105 °C, kdy výstupem je sušina, nebo při teplotě 550 °C, jako zbytek po žihání. Hmotnostní rozdíl mezi těmito dvěma stanoveními se nazývá ztráta žiháním.

Odběr vzorku pro stanovení nerozpuštěných látek probíhá do skleněných nádob a není možno je chemicky konzervovat. Jedinou formou konzervace je uchovat je v chladu při 4 °C, přičemž stanovení musí být provedeno maximálně do 24 h od konzervace.

Pro stanovení se vzorek s nerozpuštěnými látkami vhodně homogenizuje, poté se přefiltruje filtrem s použitelnou velikostí pórů a pro další stanovení se používá složka zachycená na filtru.

Stanovení nerozpuštěných látek při teplotě 105 °C se označuje NL 105. Při tomto stanovení se nejprve připraví filtr předem vysušený v sušárně při 105 °C a vysušený do konstantní hmotnosti. Množství vzorku předem zhomogenizovaného se volí tak, aby výsledná sušina měla hmotnost od 5 do 50 mg. Maximální množství vzorku by mělo být 1000 ml. Filtrací za sníženého tlaku se vzorek přefiltruje. Výsledkem je filtr s obsahem nerozpuštěných látek, který se po krátké chvíli na vzduchu přemístí do sušárny s teplotou 105 °C a suší se do konstantní hmotnosti. Takto vysušený filtr se poté vloží do exsikátoru a po vyrovnání teploty se zváží. Tento postup opakujeme, dokud není hmotnost filtru se sušinou konstantní.

Takto vysušený filtr se sušinou dále pokračuje na stanovení zbytku po žihání při 550 °C, označovaného NL 550. Filtr se sušinou se vloží do vyžíhaného a zváženého platinového nebo porcelánového kelímku. Takto připravený kelímek se vloží do elektrické pece s nastavenou teplotou 550 °C a vyžihá se do konstantní hmotnosti. Vloží se do exsikátoru, kde se po ochlazení a vyrovnání teploty zváží.

U tohoto stanovení může dojít k negativním vlivům, které výsledky stanovení ovlivňují. Některé látky mohou při dané teplotě stanovení tēkat, a způsobují tak negativní chybu při stanovení. Další možné zkreslení výsledků stanovení u

nerozpuštěných látek může být to, že zůstávají na stěnách filtračního zařízení a nedají se převést na filtr.

Výpočty jednotlivých stanovení se provádějí podle daných vztahů. Hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek při stanovení NL 105 se vypočítá podle vztahu:

$$\rho(\text{NL } 105) = \frac{1000 \cdot [m_2 - m_1]}{V_0}$$

Vzorec 1 – Hmotnostní koncentrace NL 105

kde m_1 je hmotnost filtru před stanovením v mg, m_2 je hmotnost filtru s nerozpuštěnými látkami v mg a V_0 je objem vzorku použitý pro stanovení v ml.

Hmotnostní koncentrace zbytku po žihání při stanovení NL 550 se vypočítá podle vztahu:

$$\rho(\text{NL } 550) = \frac{1000 \cdot [m_4 - m_3]}{V_0}$$

Vzorec 2 - Hmotnostní koncentrace NL 550

kde m_3 je hmotnost prázdného porcelánového kelímku před stanovením v mg, m_4 je hmotnost kelímku se zbytkem po žihání v mg a V_0 je objem vzorku použitý pro stanovení v ml.

Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním se vypočítá podle vztahu mezi hmotnostními koncentracemi nerozpuštěných látek NL 105 a zbytku po žihání NL 550:

$$\rho(\text{ZŽ})_{\text{NL}} = \rho(\text{NL } 105) - \rho(\text{NL } 550)$$

Vzorec 3 - Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním u NL

Výsledky se vyjadřují v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ nebo v $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ záleží na obsahu nerozpuštěných látek. Pokud je hmotnostní koncentrace do $1000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, výsledek se zaokrouhluje na dvě platné číslice. Pokud je výsledek hmotnostní koncentrace nižší než $2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ při nejvyšším možném množství vzorku na stanovení, tj. 1000 ml, uvádí se výsledek hmotnostní koncentrace nerozpuštěných látek takto:

$$\rho(\text{NL 105}) < 2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$$

[1, 2, 7, 12, 13, 14]

2.4.3.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL

Stanovení rozpuštěných látek přítomných ve vzorku vody je jedna ze základních charakteristik chemických vlastností vody. U odpadních vod je stanovení rozpuštěných látek jednou ze základních vlastností chemického složení vod.

Stanovení rozpuštěných látek je gravimetrické stanovení. Tyto látky se stanovují buď při teplotě 105 °C, kdy výstupem je sušina, nebo při teplotě 550 °C jako zbytek po žihání. Hmotnostní rozdíl mezi těmito dvěma stanoveními je ztráta žiháním.

Odběr vzorku pro stanovení rozpuštěných látek probíhá se skleněnými lahvemi jako vzorkovnicemi a vzorek nelze chemicky konzervovat. Tyto vzorky lze zakonzervovat tak, že se nechají v chladu při 4 °C, přičemž stanovení musí být provedeno maximálně do 24 h od konzervace.

Pro stanovení se vzorek s rozpuštěnými látkami homogenizuje, přefiltruje filtrem s vhodnou velikostí pórů a pro další stanovení se používá filtrát.

Filtrace se provádí na filtrech ze skleněných vláken nebo na membránových filtrech.

Stanovení rozpuštěných látek při teplotě 105 °C se označuje RL 105. Připraví se vhodná odpařovací miska, která bude vyčištěná a vysušená v sušárně při 105 °C do konstantní hmotnosti a zvážená. Množství filtrátu na stanovení se volí tak, aby výsledný odparek měl hmotnost od 20 mg až do 250 mg. Takto zvolené množství filtrátu se poté vylije do odpařovací misky a miska s obsahem se vloží na vodní lázeň, kde se celý její obsah nechá odpařit do sucha. Miska s odparkem se přenesse do sušárny s teplotou 105 °C a suší se do konstantní hmotnosti. Opět se vloží do exsikátoru a po vyrovnání teploty se zváží, tento postup se opakuje tak dlouho, dokud není miska s odparkem v konstantní hmotnosti.

Zvážená miska s odparkem se dále zpracuje stanovením RL 550. Množství vzorku se volí tak, aby hmotnost zbytku po žihání byla minimálně 20 mg. Miska

s odparkem o konstantní hmotnosti se vloží do elektrické pece s teplotou 550 °C a vyžihá se do konstantní hmotnosti.

U těchto stanovení může dojít i k chybám, které výsledky stanovení zkreslují. U stanovení rozpuštěných látek je to jen možnost těkání některých látek při dané teplotě stanovení.

Výpočty jednotlivých stanovení se provádějí podle daných vztahů. Hmotnostní koncentrace rozpuštěných látek při stanovení RL 105 se vypočítá podle vztahu:

$$\rho(\text{RL } 105) = \frac{1000 * [m_2 - m_1]}{V_0}$$

Vzorec 4 - Hmotnostní koncentrace RL 105

kde m_1 je hmotnost prázdné misky před stanovením v mg, m_2 je hmotnost misky s odparkem v mg a V_0 je objem vzorku použitý pro stanovení v ml.

Hmotnostní koncentrace zbytku po žihání při stanovení RL 550 se vypočítá podle vztahu:

$$\rho(\text{NL } 550) = \frac{1000 * [m_3 - m_1]}{V_0}$$

Vzorec 5 - Hmotnostní koncentrace RL 550

kde m_1 je hmotnost prázdné misky před stanovením v mg, m_3 je hmotnost misky se zbytkem po žihání v mg a V_0 je objem vzorku použitý pro stanovení v ml.

Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním se vypočítá podle vztahu mezi hmotnostní koncentrací rozpuštěných látek RL 105 a zbytku po žihání RL 550:

$$\rho(\text{Z}\check{\text{Z}})_{\text{RL}} = \rho(\text{RL } 105) - \rho(\text{RL } 550)$$

Vzorec 6 - Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním u RL

nebo

$$\rho(\check{Z}\check{Z})_{RL} = \frac{1000 \cdot [m_2 - m_3]}{V_0}$$

Vzorec 7 - Hmotnostní koncentrace ztráty žháním u RL

Výsledné hodnoty se vyjadřují v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ nebo v $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ podle obsahu rozpuštěných látek. Výsledky se zaokrouhlují na dvě platné číslice.

[1, 2, 12, 13, 14, 15]

2.4.3.3. Hodnota pH

Veličina pH je definována jako hodnota, která udává zápornou hodnotu dekadického logaritmu aktivity vodíkových iontů a je vyjádřena v molech na liter. Aktivita vodíkových iontů je menší než koncentrace vodíkových iontů, a to v důsledku interakcí mezi ionty. Hodnota aktivity vodíkových iontů je téměř stejná jen v případech, kdy je hodnota pH měřena u velmi zředěných roztoků.

Stupnice hodnot pH je definována několika standardními srovnávacími roztoky, jinak také tlumivými roztoky o přesně definovaném složení, jež lze najít v tabulkách. Mezi látky, které se využívají při přípravě těchto roztoků patří hydrogenvinan draselný, hydrogenftalan draselný, směs hydrogenfosforečnanu disodného s dihydrogenfosforečnanem draselným nebo směs hydrogenuhličitanu sodného s uhličitanem sodným a tetraboritanem sodným.

Hodnota pH je zásadní hodnota, podle níž se může dále posuzovat daný vzorek a měření hodnoty pH se provádí u všech druhů vod.

Stanovení hodnoty pH se může provádět různými způsoby. Nejjednoduššími z nich jsou za použití indikátorových papírků a barevných indikátorů. Mezi složitější a také výrazně přesnější metody patří elektrometrické metody.

Stanovení pH lze též určit pomocí acidobazických indikátorů, které fungují v úzkém rozsahu hodnot pH, následné zabarvení vzorku vody se po přidání těchto indikátorů srovnává se zabarvením standardních tlumivých roztoků a jejich srovnáním se určuje hodnota pH daného vzorku.

V dnešní době se hodnota pH stanovuje zejména potenciometrickými metodami.

2.4.3.3.1. Potenciometrické stanovení hodnoty pH

Principem této metody je použití skleněné měrné elektrody a srovnávací elektrody neboli referentní (argentchloridová nebo kalomelová). Může se použít i kombinovaná elektroda, která sama o sobě tvoří článek.

Tento druh měření pH lze používat u všech druhů vod, i odpadních. Rozsah hodnot pH výrobci často uvádějí od hodnot 0 až 14, ale takové hodnoty u většiny vod nelze očekávat, proto se rozsah omezuje na hodnoty od 3 do 10. V krajních oblastech tohoto rozsahu pak mohou nastat chyby při měření, jelikož přístroj lze na tyto hodnoty nakalibrovat s výrazně sníženou správností stanovení. Měření by proto mělo probíhat v rozmezí hodnot, na které je přístroj nakalibrován. K dosažení přesnějších výsledků lze napomoci vhodným zvolením elektrody, jejíž vlastnosti vyhovují danému typu vzorku.

U vzorků vody je hodnota pH jednou z nejdůležitějších stanovení, v důsledku jejích rychle se měnících hodnot v čase je třeba stanovení pH provést co nejdříve, nejlépe ihned po odběru vzorku nebo bezprostředně po transportu do laboratoře. Při měření v laboratoři by se měla hodnota pH změřit nejpozději do 24 hodin a mělo by se zabránit změnám teploty vzorku, která má zásadní vliv na hodnotu pH, jako i výměna plynů s ovzduším, proto je třeba vzorek uchovávat v uzavřené vzorkovnici, aby nedošlo k těmto změnám.

Dalším rušivým vlivem může být přítomnost plynů, organických látek (tuky, oleje), znečištěné elektrody je třeba po měření otřít jemnou tkaninou, opláchnout destilovanou vodou, často se ještě oplachují zředěnou kyselinou chlorovodíkovou a znovu oplachují vodou, aby se důkladně zbavily všech nečistot. V tomto případě je třeba přístroj po vyčištění znovu zkalibrovat.

Pro měření hodnot pH se kromě elektrod musí použít i přístroj, na který se elektrody připojí, a to pH-metr, který může využívat dvě elektrody, měrnou a referentní, anebo kombinovanou. Obvykle používané přístroje ukazují hodnotu pH na dvě desetinná místa, případně tři desetinná místa.

Samotný přístroj je třeba před každým měření správně kalibrovat. Obecně ale platí, že tlumivé roztoky by měly být zvoleny podle hodnot pH, které u vzorku očekáváme. Elektrodu nejprve opláchneme destilovanou vodou, poté prvním z tlumivých roztoků a vložíme do kádinky s prvním tlumivým roztokem za

míchání na magnetické míchačce, po zhomogenizování roztoku se míchání vypne a hodnota pH na pH-metru by měla odpovídat skutečné hodnotě pH tlumivého roztoku, která je dána normou. Hodnotu na pH-metru lze správným ovládním přístroje upravit. Takto se postupuje i s druhým tlumivým roztokem, dokud nejsou hodnoty obou roztoků správné. Teprve potom je přístroj zkalibrován a lze ho použít na měření vlastního vzorku. Pokud vzorek vykazuje hodnoty mimo rozsah kalibrace přístroje je třeba přístroj kalibrovat znovu.

Po sérii těchto kroků přichází vlastní měření. Vzorek nebo tlumivých roztok je třeba připravit do kádinky o vhodném objemu, aby zajistila dostatečné ponoření elektrody a zároveň místo pro míchadlo. Elektroda je nejprve opláchně destilovanou vodou a poté samotným vzorkem, až poté se vloží do vzorku za míchání magnetickou míchačkou, po zhomogenizování vzorku se míchání vypne a po ustálení hladiny přečteme hodnotu pH z přístroje.

Po měření je třeba přístroj i jeho části vyčistit. Zejména elektrodový systém, který je nejvíce namáhán. V případě znečištění organickými látkami (tuky, oleje) je třeba použít vhodné rozpouštědlo nebo roztok detergentu. Po takovém druhu chemického čištění je třeba přístroj rekalibrovat.

Hodnota pH se obecně uvádí na 2 desetinná místa, často se ale udává i na jedno desetinné místo vzhledem k přesnosti naměřených hodnot. U některých případů se uvádí i doba mezi odběrem vzorku a samotným měřením hodnot pH. Dále se uvádí i teplota vody během níž bylo pH měřeno.

[1, 2, 13, 14, 16]

2.4.3.4. Chemická spotřeba kyslíku

Chemická spotřeba kyslíku je určena jako hmotnostní koncentrace kyslíku, která je rovnocenná hmotnosti silného oxidačního činidla, které bylo spotřebováno za daných reakčních podmínek zpracování vzorku vody na oxidaci oxidovatelných látek obsažených v 1 litru vody.

Hlavní skupinou těchto látek jsou organické látky, které voda obsahuje v různých koncentracích, zaleží na stupni jejího znečištění. Neboť se jedná o nespecifický

ukazatel vody udává hodnota CHSK pouze odhad organického znečištění vody. Udává se v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ nebo u velkého znečištění (odpadní vody) se udává v $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

Stanovení CHSK patří mezi základní rozbory všech druhů vod. Rovněž slouží jako ukazatel kyslíkového režimu u odpadních a zvláštních vod.

U stanovení CHSK existuje více metod jejího stanovení a také se dají tyto metody různě přizpůsobovat dané situaci. Mohou se lišit použitím oxidačního činidla, reakčními podmínkami při oxidaci a samozřejmě typem vzorku, v tomto případě druhem vody.

U stanovení CHSK se používají dvě nejčastější oxidační činidla, a to manganistan draselný a dichroman draselný. Z těchto oxidačních činidel vychází název metody CHSK_{Mn} a CHSK_{Cr} . U obou těchto metod je u reakčních podmínek stejné prostředí, a to kyselé. Další faktory reakčních podmínek jako je teplota, doba oxidace nebo přítomnost katalyzátorů se u každé metody i při každém stanovení liší, zejména kvůli různým druhům vod, u kterých stanovení CHSK provádíme.

Obě metody se od sebe liší těmito podmínkami, ale také především v hodnotách. CHSK_{Mn} má nižší hodnoty než metoda s dichromanem draselným, a to u všech druhů vod, protože dichromanová metoda je účinnější a dosahuje oproti manganistanové metodě vyššího oxidačního účinku, neboť používá vyšší koncentraci oxidačního činidla, doba oxidace je delší, má vyšší teplotu při oxidaci a využívá ionty Ag^+ jako katalyzátor.

U manganistanového stanovení CHSK nelze tyto podmínky použít, protože manganistan za takových podmínek podléhá autoredukci.

CHSK_{Mn} lze použít pouze na stanovení pitné a přírodní vody. Nevýhodou je nízký oxidační účinek u organických látek. Kvůli tomuto faktoru lze metodu CHSK_{Mn} považovat jen za ukazatel kvality nebo naopak znečištění vody. Nelze ji považovat za ukazatel obsahu organických látek ve vodě, slouží pouze jako odhad této hodnoty ve vodě.

CHSK_{Cr} , výhody a nevýhody této metody jsou zcela opačné než u metody s manganistanem draselným. Nevýhodou je velká spotřeba činidel, velká spotřeba tepelné energie a časová náročnost. Výhodou je naopak vysoký stupeň oxidace organických látek. Většina organických látek je oxidována, ale jsou zde

i výjimky, které se neoxidují tak dokonale jako ostatní organické sloučeniny. Mezi tyto organické látky patří dusíkaté sloučeniny jako methylaminy, sloučeniny s vazbou $-S-CH_3$, sloučeniny s pyridinovým jádrem, kvartérní dusíkaté sloučeniny a ethylaminy. Důležitost výhody této metody přebyla nevýhody a je hlavním důvodem, že metoda $CHSK_{Cr}$ je standardizovanou metodou pro stanovení CHSK celosvětově a pro všechny druhy vod.

U této metody jako klasické titrační metody vedly nevýhody v podobě velké spotřeby činidel k provedení této metody jako semimikro metody stanovení $CHSK_{Cr}$. Změnou oproti klasické titrační metodě je výrazné zmenšení objemů všech reakčních činidel i samotného vzorku. Výhoda ve vysokém oxidačním stupni organických látek byla zachována a snížila se spotřeba všech činidel i náročnost na tepelnou energii. To vedlo ke standardizování i semimikro metod $CHSK_{Cr}$. Jedinou nevýhodou oproti standardní metodě $CHSK_{Cr}$ titrací je větší náročnost na dodržování postupů při této metodě.

2.4.3.4.1. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným- $CHSK_{Cr}$ – standardní metoda

Principem metody stanovení $CHSK_{Cr}$ je oxidace organických látek, které jsou obsaženy ve vzorku vody, tato oxidace probíhá s oxidačním činidlem dichromanem draselným v kyselém prostředí od kyseliny sírové. Celý tento proces oxidace probíhá za varu, který trvá 2 hodiny. Celý proces oxidace je ještě katalyzován ionty Ag^+ a je zde nadbytek dichromanu draselného.

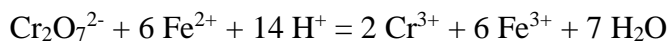
Negativní vliv může mítna celý proces přítomnost chloridů, které by byly oxidovány na Cl_2 , způsobovaly by při tomto stanovení pozitivní chybu, proto se jejich vliv odstraňuje přidáním síranu rtuťnatého. Při procesu oxidace se dichroman draselný, přesněji dichromanové ionty redukují na ionty chromité a nespotebované množství dichromanu draselného se po ukončení oxidace zjistí titrací neboli odměrným stanovením, odměrným roztokem síranu diamonno-železnatého na indikátor ferroin.

Při oxidaci se dichromanové ionty redukují na ionty chromité, tato redukce probíhá při oxidaci organických látek ze vzorku.



Rovnice 1 – Redukce dichromanu při reakci s organickou látkou

Při ukončení oxidace a následné titraci se dichroman draselný titruje roztokem síranu diamonno-železnatého.



Rovnice 2 – Reakce dichromanu s titračním činidlem

Metoda CHSK_{Cr} je použitelná ve všech druzích vod. Pro vody s CHSK_{Cr} v rozmezí od 5 do 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se pro stanovení používá dichroman draselný s koncentrací $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 1/240 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, pro vody s CHSK_{Cr} s většími hodnotami od 10 do 120 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se používá koncentrace dichromanu $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 1/120 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$. U odpadních vod se používá dichroman o vyšší koncentraci $c(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 1/24 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, lze použít pro vody s CHSK_{Cr} od 50 do 700 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Při vyšší hodnotě než 700 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se musí vzorek ředit.

Po odběru vzorku, u kterého stanovujeme CHSK_{Cr} , ať jde o jakýkoli druh vody, je nejlepší variantou stanovit CHSK_{Cr} ihned po odběru. Pokud nelze vzorek stanovit ihned po odběru je třeba jej řádně zakonzervovat a do 5 dnů stanovit CHSK_{Cr} . Konzervace pro toto stanovení se uplatňuje v podobě uchování vzorku v chladu při teplotě 2 až 5°C. Další konzervační postup se liší podle druhu vody.

U odpadních a povrchových vod, které sami o sobě obsahují velké množství nerozpuštěných látek, je nutno nejdříve vzorek zfiltrovat, neboť stanovení CHSK_{Cr} se stanovuje z filtrátu. Tato varianta se nazývá CHSK rozpuštěných oxidovatelných látek. Konzervace se provádí přidávkem 1 ml koncentrované kyseliny sírové na 100 ml vzorku. V případě nutnosti se přidávek kyseliny sírové zvýší tak, aby hodnota pH byla < 2. Takto zakonzervovaný vzorek s přidávkem koncentrované kyseliny sírové se rovněž uchovává v chladu při teplotě 2 až 5°C.

Než se začne se samotným stanovením CHSK_{Cr} je třeba si připravit laboratorní nádobí a chemikálie. U tohoto stanovení je třeba řádně čisté nádobí i chemikálie. Z laboratorního nádobí je potřeba mít varné baňky, zpětné chladiče, varné kuličky, topné těleso, homogenizátor.

Potřebné chemikálie můžeme mít už připravené, ale většinu je třeba ještě připravit v laboratoři. Z chemikálií je potřeba neredukující voda, roztok dichromanu draselného I. o koncentraci $c = 1/24 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, roztok dichromanu

draselného II. o koncentraci $c = 1/120 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, roztok dichromanu draselného III. o koncentraci $c = 1/240 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, kyselinu sírovou s katalyzátorem (v tomto případě Ag^+), roztok kyseliny sírové o koncentraci $c \approx 4 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, síran rtuťnatý práškový nebo krystalický, síran diamonno-železnatý o koncentraci $c \approx 0,25 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, síran diamonno-železnatý o koncentraci $c \approx 0,025 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$, ferroin. [1]

Postup při stanovení CHSK_{Cr} se liší podle hodnoty CHSK_{Cr} ve vzorku. A to na postup se vzorky, které mají CHSK_{Cr} větší než $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a na vzorky, které mají CHSK_{Cr} 10 až $120 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ nebo 5 až $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Postup stanovení je u obou případů stejný, liší se pouze v použití jiných koncentrací činidel.

Postup u vzorků s CHSK_{Cr} větší než $50 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$:

Do zábrusové baňky se vloží 2-3 varné kuličky předem vyčištěné. Pomocí pipety odpipetujeme do baňky 20 ml vzorku a další pipetou odpipetujeme do vzorku 10 ml dichromanu draselného standartního roztoku I. a zhruba 0,4 g síranu rtuťnatého. Takto připravenou směs v baňce promícháme a umístíme na připravenou topnou plotýnku, připevníme k baňce zpětný chladič, hadicí připojíme chladič z uzavěru vody a druhou hadicí k výpusti vody. Takto je připravená aparatura. Po ustavení aparatury ještě odměříme 30 ml kyseliny sírové s katalyzátorem Ag^+ a přilijeme do baňky přes zpětný chladič. Tuto směs v baňce opatrně promícháme a teprve poté se zapne zdroj tepla v podobě topné plotýnky. Směs v baňce je potřeba uvést k varu a tento var udržovat pomocí plotýnky 2 hodiny. Po uplynutí této doby se zdroj vypne a celý směs s baňkou se nechá vychladnout, po zhruba 15 minut ochlazení se přes zpětný chladič do směsi přidá asi 100 ml destilované vody, pomalu a po částech, směs se po každé části vždy promíchá a opět se přidá voda. Jakmile je ve směsi všechna destilovaná voda je třeba směs opět zamíchat a nechat opět vychladnout zhruba 15 minut. Po této době se odpojí chladiče a vypne se přívod vody. Obsah baňky je třeba zchladit na teplotu laboratoře, proto se ochladí pod proudem tekoucí vody. Když je teplota baňky, jak má být, stanoví se zbytek dichromanu draselného, který se nespoteboval při oxidaci za přidání 2 kapek indikátoru ferroinu a následnou titrací odměrných roztokem síranu diamonno-železnatého o koncentraci $c = 0,25 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$. Konec titrace, tj. bod ekvivalence titrace je v okamžiku kdy modrozelené zbarvení směsi změní svou barvu na červenohnědou.

Postup u vzorků s CHSK_{Cr} o hodnotách 10 až 120 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ nebo 5 až 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Tento postup je stejný jako postup u vzorků s CHSK_{Cr} větší než 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, změna je pouze v použití činidel. Místo dichromanu draselného standardního roztoku I. se používá dichroman draselný standardní roztok II. pro CHSK_{Cr} o hodnotách 10 až 120 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. A pro CHSK_{Cr} o hodnotách 5 až 50 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ se používá dokonce roztok dichromanu draselného standardního roztoku III. Zakončením stanovení je titrace síranem diamonno-železnatým o koncentraci $c = 0,025 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$.

U stanovení CHSK_{Cr} je pro výpočet parametrů stanovení důležitá i hodnota slepého stanovení, kdy se uskuteční postup s 20 ml neredukující vody místo vzorku. Hodnota slepého stanovení je ekvivalentní skutečnému množství dichromanu draselného, které bylo v reakční směsi pro oxidaci ve vzorku vody.

U stanovení CHSK_{Cr} mohou mít na výsledky vliv i další skutečnosti, tyto skutečnosti je třeba odstranit, aby se daly výsledky stanovení považovat za správné nebo s negativním vlivem počítat a zahrnout ho do výsledků jako skutečnost, která výsledky zkresluje. Hlavním z negativních vlivů na stanovení CHSK_{Cr} je přítomnost chloridů, jejich vliv na stanovení se odstraňuje přidávkou síranu rtuťnatého, jako je uvedeno v popisu stanovení. Přídavek síranu rtuťnatého má za následek, že ionty Hg^{2+} na sebe vážou chloridové ionty a společně tvoří chlorkomplexy.

Dalším vlivem může být přítomnost těkavých organických látek, které mohou vytékat ještě před začátkem stanovení. Těkání organických látek z kyselého prostředí vzorku s dalšími činidly se omezí přidáním kyseliny sírové do vzorku přes zpětný chladič.

Výpočet hodnoty CHSK_{Cr} se vypočítá jako hmotnostní koncentrace kyslíku, která se rovná množství spotřebovaného dichromanu draselného při oxidaci organických látek ve vzorku. Množství spotřebovaného dichromanu draselného se vypočítá jako rozdíl mezi množstvím dichromanu nespotebovaného při slepém stanovení a množstvím dichromanu nespotebovaného při oxidaci vzorku. Poté lze hodnoty CHSK_{Cr} vyjádřit těmito vztahy:

$$CHSK_{Cr} = \frac{f_t * c[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2] * (V_s - V_t) * M(O) * 10^3}{V_v}$$

Vzorec 8 – Vztah pro výpočet chemické spotřeby kyslíku

Kde f_t je titrační přepočítávací faktor pro titrační stanovení dichromanu draselného železnatou solí s danou hodnotou $f_t = 1/2$, $c[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2]$ je látková koncentrace odměrného roztoku síranu diamonno-železnatého použitého při titraci v $mol \cdot l^{-1}$, V_s je objem odměrného roztoku síranu diamonno-železnatého spotřebovaného při titraci dichromanu draselného při slepém stanovení v ml, V_t je objem odměrného roztoku síranu diamonno-železnatého spotřebovaného při titraci vzorku v ml, V_v je objem vzorku použitý pro stanovení $CHSK_{Cr}$ v ml a $M(O)$ je molární hmotnost kyslíku v $g \cdot mol^{-1}$ s hodnotou $M(O) = 16 g \cdot mol^{-1}$.

Po vyčíslení vztah dostane tento tvar:

$$CHSK_{Cr} = \frac{8000 * c[Fe(NH_4)_2(SO_4)_2] * (V_s - V_t)}{V_v}$$

Vzorec 9 - Vztah pro výpočet chemické spotřeby kyslíku

Výsledky stanovení se uvádí zaokrouhlené na nejbližší $mg \cdot l^{-1}$, je třeba u nich uvést, zda byl před stanovením vzorek zfiltrován nebo zhomogenizován.

[1, 11, 14, 15, 17, 28, 29, 20]

2.4.3.5. Tenzidy (PAL)

Tenzidy, termín používaný jako jiný název pro povrchově aktivní látky. Jsou to látky organického původu, které se při nízké koncentraci adsorbují na fázovém rozhraní látek a snižují povrchovou energii mezi těmito fázemi. U fází kapalina-plyn, jde o snižování povrchového napětí, u fází kapalina-kapalina a kapalina-tuhá látka jde o snižování mezifázového napětí na rozhraní fází.

Zdrojem tenzidů jsou prací, čistící, pěnicí a mycí prostředky, ty kromě tenzidů obsahují i další složky, které doplňují a zvyšují účinky tenzidů.

Celá skupina tenzidů se rozděluje na čtyři druhy, a to tenzidy aniontové, kationtové, neiontové a amfolytické (amfoterní).

- Aniontové tenzidy

Disociují na povrchově aktivní anion. Do této skupiny patří mýdla, alkylsulfáty, alkansulfonany, alkylbenzensulfonany, sulfatované neiontové tenzidy, alkensulfonany.

Zdroje aniontových tenzidů jsou zejména prací a čistící prostředky. Užíváním těchto prostředků v domácnostech, jiných zařízeních i v průmyslu se tyto látky dostávají do odpadních vod splaškových a průmyslových.

Obsah aniontových tenzidů v těchto druzích odpadních vod je od desítek do stovek mg.l^{-1} .

- Kationtové tenzidy

Disociují na povrchově aktivní kation. Do skupiny kationtových tenzidů patří kvartérní amoniové sloučeniny a pyridiniové sloučeniny, které obsahují alespoň jeden dlouhý hydrofobní řetězec.

Tyto tenzidy mají antiseptické, desinfekční a hydrofobické účinky a jejich zdrojem jsou výroby těchto tenzidů. Jsou součástí avivážních prostředků. Vyskytují se v odpadních vodách průmyslových, z výroby těchto tenzidů. Jelikož jsou součástí avivážních prostředků, mohou se při jejich použití dostat do odpadních vod splaškových.

Obsah kationtových tenzidů není v odpadních vodách sledován zejména kvůli jejich obtížnému stanovení.

- Neiontové tenzidy

Nedisociují, ale rozpouštějí se solvatací většího počtu hydrofilních skupin. V této skupině jsou obsaženy látky na bázi oxyethylenátů alkoholů, fenolů, amidů, aminů a kyselin.

Zdroje neiontových tenzidů jsou stejné jako u aniontových tenzidů. Tak se tento druh tenzidů dostává do odpadních vod splaškových a průmyslových.

Obsah neiontových tenzidů v odpadních vodách se odhaduje na stejnou nebo podobnou hodnotu jako obsah aniontových tenzidů.

- Amfolytické (amfoterní) tenzidy

Jejich struktura je dána dvěma hydrofilními skupinami, kyselá a zásadité, které molekule dávají amfoterní charakter. Kyselá skupina je tvořena většinou karboxylovou nebo sulfoskupinou a zásaditá skupina je tvořena aminoskupinami nebo amoniiovými skupinami. Do této skupiny tenzidů patří především alkylbetainy.

Jejich výsledné působení je dáno prostředím, ve kterém se nachází, v alkalickém prostředí se chovají jako aniontové tenzidy, a naopak v kyselém prostředí jako kationtové.

Zdroje amfoterních tenzidů jsou v avivážních a antistatických prostředcích.

Stanovení obsahu tenzidů by se mělo provádět ve všech druzích vod. Analytické stanovení tenzidů je obtížné zvláště vzhledem k velkému množství vyráběných a používaných tenzidů. Proto se vypracovaly jednotlivé analytické metody, kterými se ve vodách stanoví jednotlivé druhy tenzidů, jde tedy o skupinová stanovení jednotlivých druhů tenzidů. Skupinová stanovení všech druhů tenzidů se udávají jako hmotnostní koncentrace zvoleného standardu v mg.l^{-1} . Hodnota výsledku stanovení velice záleží na zvolení standardu, jelikož při skupinových stanoveních vykazují tenzidy různou citlivost, a to vzhledem ke struktuře a délce alifatického nebo alkylenoxidového řetězce, který obsahují.

- Stanovení aniontových tenzidů

Jako klasická metoda při sumárním stanovení sulfanových a sulfonových aniontových tenzidů se používá spektrofotometrická metoda s methylenovou modří. Tato metoda spočívá v reakci aniontového tenzidu s methylenovou modří za vzniku barevného iontového asociátu, který je extrahovatelný trichlormethanem. Výsledky této metody se pak liší podle použitého standardu, používá se buď dodecylsulfát nebo dodecylbenzensulfonát sodný. Výsledky metody se vyjadřují v mg.l^{-1} užitého standardu jako MBAS (methylene blue active substance).

Hlavní nevýhodou spektrofotometrických metod s použitím methylenové modři nebo jiné látky je především použití trichlormethanu.

- Stanovení neiontových tenzidů

Pro sumární stanovení neiontových tenzidů polyoxyalkylenového typu se používá metoda reakce hydrofilního polyoxyalkylenového řetězce se srážecími anionty v reakci, které reagují s oxoniovou solí obsaženou v tenzidu. Jako srážecí anionty se používají heteropolykyseliny jako kyselina wolframátosfosforečná, wolframátokřemičitá a molybdátosfosforečná, a nebo sloučeniny jako tetrajodobismutitany, tetrathiokyanatokobaltnatany nebo tetrajodortuťnatany.

Rychlost reakce závisí na délce oxyalkylenového řetězce. Pokud je v reakci použit tetrajodobismutan, tak se výsledky vyjadřují v mg.l^{-1} jako BiAS (bismuth active substance). Při použití tetrathiokyanatokobaltnatanu se vyjadřují výsledky v mg.l^{-1} jako CTAS (cobalt-thiocyanate active substance).

Všechna tato stanovení jsou zatížena chybou, neboť je ruší řada látek přítomných ve vodě, kde se dané tenzidy analyzují. Přítomnost kationtových tenzidů, bílkovin a dalších látek znemožňuje přímé stanovení neiontových tenzidů, a proto je nutné je před stanovením ze vzorku vody separovat. Metody separace jsou různé a dosud nebyla vybrána nejlepší metoda separace. Mezi tyto metody patří metody extrakční, adsorpční bublinové separace v systému kapalina-kapalina, tato metoda je v současné době celosvětově doporučována. Pro další separaci neiontových tenzidů se používají měniče iontů, to v případě separace neiontových tenzidů od aniontových a kationtových tenzidů. Kvůli časové, pracovní náročnosti a komplikovanému provedení separací je třeba počítat u stanovení se zatížením výsledků chybou.

- Stanovení kationtových tenzidů

Jako metody stanovení sumárních kationtových tenzidů na bázi kvarterních amoniových solí se používají spektrofotometrické metody. Kationtový tenzid reaguje s aniontovým barvivem a tvoří barevný iontový asociát, který je extrahovatelný trichlormethanem. Tato metoda je velice podobná metodě spektrofotometrické metodě s methylenovou modří pro aniontové tenzidy. Nejvíce jsou používány metody s disulfínovou modří nebo s bromfenolovou modří.

U kationtových tenzidů je však zásadní rušivý vliv aniontových tenzidů, které spolu s kationtovými reagují a vznikají komplexy inaktivní k používaným aniontovým barvivům. Koncentrace kationtových tenzidů je ve vodách velice nízká a ve srovnání s aniontovými tenzidy nepatrná. Bylo by třeba aniontové tenzidy z vody odseparovat pro úplné a relevantní stanovení kationtových tenzidů. Tato separace je možná měniči iontů, ale dosud nebyla vypracovaná taková metoda, která by mohla být použita na skupinové stanovení kationtových tenzidů a nebyla zatížena velkou chybou.

2.4.3.5.1. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS)

Principem stanovení aniontových tenzidů touto metodou je tvorba barevného iontového asociátu v poměru molekul 1:1, který vzniká reakcí sulfatovaných a sulfonovaných aniontových tenzidů s kationtovým barvivem, tedy methylenovou modří ve vodném roztoku.

Vzniklý iontových asociát methylenové modří s aniontovým tenzidem je extrahovatelný do trichlormethanu, podmínkou je dostatečně dlouhý a přímý acyklický uhlovodíkový řetězec iontového asociátu, aby byla extrakce uskutečnitelná. Právě s nižším počtem atomů uhlíku v uhlovodíkovém řetězci aniontového tenzidu se snižuje účinnost extrakce.

Rušivý vliv na stanovení mají především látky bílkovinného charakteru, které konkurují methylenové modří v kyselém prostředí při reakci s aniontovými tenzidy a způsobují negativní chybu stanovení. Vliv těchto látek znemožníme extrakcí iontového asociátu nejprve v prostředí alkalickém při pH 10 a až poté v prostředí kyselém, ve kterém má iontový asociát anionaktivní tenzid a methylenová modř má modré zbarvení. Intenzita modrého zbarvení asociátu závisí na struktuře anionaktivního tenzidu a je úměrná jeho obsahu v asociátu.

Tato metoda je vhodná pro spektrofotometrické měření při správně zvoleném standardu. Jednotlivé standardy reagují s různou citlivostí kvůli své odlišné struktuře, proto hodnota výsledku stanovení MBAS závisí na použitém standardu. Standardy jsou používány různé, v různých zemích jsou používány jiné standardy. Příkladem je Anglie, kde se používá dioktylsulfojantaran sodný (MANOXOL OT), v Německu a USA se používá dodecylbenzensulfonan sodný

(DBSNa). U nás v České republice se používá jako standard dodekan-1-sulfát-sodný (n-DSNa).

Metoda je vhodná pro stanovení aniontových tenzidů v pitné, povrchové a odpadní vodě. Bez objemové úpravy vody lze tenzidy stanovit v koncentraci od 0,1 mg.l⁻¹ do 1,6 mg.l⁻¹.

Kromě negativních chyb způsobených vlivem látek bílkovinného charakteru, mají na stanovení aniontových tenzidů ve vodách vliv i další skutečnosti. Jedním z rušivých vlivů, které způsobují negativní chybu při stanovení je přítomnost kationtových tenzidů, které konkurují methylenové modři a reagují s aniontovými tenzidy za vzniku asociátu, který je většinou pevnější než asociát vzniklý reakcí aniontového tenzidu s methylenovou modří.

Kromě těchto vlivů může obsah jiných látek (sulfáty, sulfonany, fenoly, karboxyláty, kyanidy, sulfidy, dusičnany a další), které reagují s methylenovou modří a tvoří sloučeniny rozpustné v trichlormethanu, mít za následek vyšší hodnoty stanovení MBAS a tvoří tak pozitivní chybu při stanovení aniontových tenzidů.

Při stanovení je potřeba z laboratorního nádobí a přístrojů spektrofotometr, dělicí nálevky o objemu 250 ml, odměrná baňka o objemu 50 ml, vatový filtr, kyvety a odměrné nádobí. Z chemikálií je potřeba trichlormethan, u této látky je třeba zvýšená opatrnost, jelikož je jedná o látku toxickou je třeba zabránit styku s pokožkou a vdechování jeho par. Další látky potřebné pro stanovení jsou methylenová modř, u methylenové modři pak její neutrální a kyselý roztok, dále boritanový tlumivý roztok, který se připraví z tetraboritanu sodného, hydroxidu sodného a destilované vody v daném poměru. Poté potřebuje methanol a jako poslední látka, která je stanovení potřeba je standard, v tomto případě se jedná o n-dodekan-1-sulfát sodný.

Před samotným stanovením je třeba vzorek odebrat, pro odběr se používají čisté skleněné lahve, vymyté methanolem a destilovanou vodou. Při uchování vzorku se pro krátkodobou konzervaci doporučuje vzorek ochladit na 4°C. Při uchování vzorku déle než 24 hodin je třeba použít i konzervační činidlo. Při konzervaci do 4 dnů se používá 1 % roztok formaldehydu, při konzervaci do 8 dnů se používá trichlormethan.

Po samotném odběru vzorku, případně po jeho konzervaci je třeba před samotným stanovením provést přípravu roztoků standardu pro kalibraci. Ze standardu n-DSNa se připraví pracovní roztok a pak řada kalibračních roztoků o koncentraci od 0,05 mg.l⁻¹ až 1,6 mg.l⁻¹ n-DSNa. Takto připravené kalibrační roztoky se pak dále zpracovávají.

Kalibrační roztoky o koncentraci 0,05 mg.l⁻¹ až 0,3 mg.l⁻¹ se proměřují v kyvetách optické dráhy 5 cm na spektrofotometru. Kalibrační roztoky o koncentraci 0,2 mg.l⁻¹ až 0,8 mg.l⁻¹ se proměřují v kyvetách optické dráhy 2 cm na spektrofotometru. A kalibrační roztoky o koncentraci 0,3 mg.l⁻¹ až 1,6 mg.l⁻¹ se proměřují v kyvetách optické dráhy 1 cm na spektrofotometru. Z hodnot hmotnostních koncentrací n-DSNa kalibračních roztoků a odpovídajících naměřených hodnot absorbance se pomocí lineární regrese vypočítají parametry kalibrační přímky. U kalibrační přímky je třeba brát ohled na použitou methylenovou modř, jelikož každý preparát methylenové modři může poskytnout jiná data, proto je třeba před použitím jiné methylenové modři provést novou kalibraci, nová kalibrace se musí provést i při přípravě nových činidel. Z kalibrační přímky a naměřených parametrů se vyjádří analytická závislost MBAS v mg.l⁻¹ n-DSNa na absorbanci.

Postup stanovení se skládá z několika kroků, které na sebe navazují. Nejprve se připraví první dělicí nálevka o objemu 250 ml a do ní se odměří 100 ml vzorku s množstvím aniontového tenzidu od 5 μg do 200 μg (vzorek o koncentraci 0,05 mg.l⁻¹ až 2 mg.l⁻¹), výjimku tvoří splaškové odpadní vody u kterých je tento objem maximálně 10 ml jinak se při extrakci trichlormethanem vytváří nežádoucí stabilní emulze. Pokud má vzorek větší koncentraci odměřují se menší objemy vzorku, které se v dělicí nálevce doplňují destilovanou vodou na objem 100 ml. Po přidání určeného množství vzorku do dělicí nálevky se přidá 10 ml boritanového tlumivého roztoku a obsah dělicí nálevky se krouživými pohyby promíchá. Přidá se 5 ml neutrálního roztoku methylenové modři a nakonec 15 ml trichlormethanu. Směs v nálevce se protřepává asi 1 minutu, takto promíchaná se nechá v klidu upevněná na laboratorním stojanu v kruhu, aby se dokonale oddělily vrstvy.

Během ustalování vrstev v první dělicí nálevce se připraví směs do druhé dělicí nálevky, ta se skládá ze 110 ml destilované vody a 5 ml kyselého roztoku methylenové modři, obsah nálevky se poté krouživými pohyby promíchá.

Jakmile se vrstvy v první dělicí nálevce usadí, vypustí se spodní trichlormethanová vrstva v dělicí nálevce do druhé dělicí nálevky. Směs v druhé dělicí nálevce po přidání vrstvy trichlormethanu se opět po dobu 1 minuty protřepává a opět se uchytlí na laboratorní stojan, aby se v klidu oddělily vzniklé fáze. Po oddělení fází se spodní trichlormethanová vrstva vypustí přes vatový filtr do odměrné baňky o objemu 50 ml. Vatový filtr je smotek vaty (sklené nebo bavlněné) ovlhčený trichlormethanem a umístěný v nálevce, přes tento filtr a nálevku pak trichlormethanová vrstva protéká do odměrné baňky.

Tento postup, kdy dochází k extrakci alkalického a kyselého roztoku methylenové modři, se opakuje ještě 2x, ale s použitím 10 ml trichlormethanu místo předešlých 15 ml.

Trichlormethanové vrstvy získané během tohoto postupu se všechny vypustí do jedné odměrné baňky, kde se tyto extrakty spojí a poté se ještě doplní samotným trichlormethanem po rysku a obsah baňky se promíchá.

Při měření spektrofotometrem nás zajímá měření absorpance trichlormethanového extraktu při vlnové délce $\lambda = 650$ nm oproti trichlormethanu v kyvetě vhodné optické dráhy. Při měření je třeba kyvetu před každým měřením propláchnout měřeným vzorkem a poté ji vzorkem naplnit. Zároveň se kyvety po každém měření vymývají čistým trichlormethanem. Čistý trichlormethan v kyvetě slouží jako srovnávací, tudíž je třeba aby v kyvetě, aby jen čistý trichlormethan a nedostal se tam trichlormethanový extrakt. Modré zbarvení trichlormethanového extraktu je stálé, proto je možné měřit i více vzorků najednou.

I u této metody se provádí slepé stanovení s destilovanou vodou, při tom nahradíme vzorek destilovanou vodou a celý postup opakujeme.

Výslednou koncentraci aniontových tenzidů ve vzorku vody vyjadřujeme jako MBAS v mg.l^{-1} , tuto koncentraci určíme z kalibrační závislosti.

[1, 2, 15, 23, 27, 25]

3. Experimentální část

3.1. Odběry vzorků

V rámci spolupráce s Vodohospodářským podnikem bylo možné odebírat vzorky odpadní vody v rámci jejich zakázky na Krajském úřadě v Plzni. Odběry vzorků probíhaly v technické místnosti čistírny odpadních vod z mytí vozidel a provozu kuchyně na Krajské soudě v Plzni. Celé zařízení se skládá z několika částí, provoz zařízení je nepřetržitý, funguje celoročně a je v automatickém režimu na základě množství vody na přítoku. Zařízení je určeno k čištění odpadních vod z mytí a údržby automobilové techniky a odpadních vod z provozu kuchyně před vypuštěním do veřejné kanalizace města Plzně.

Jednotlivé části zařízení čistírny odpadních vod v areálu Krajského soudu.

- Hrubé předčištění, první část zařízení čistírny se skládá z akumulčních jímek a havarijního čerpadla. Akumulační jímky jsou dvě, jedna je na zaolejované vody z mytí a údržby vozidel (surové vody) a druhá akumulční jímka je na tukové vody z provozu kuchyně (odpadní vody).



Obrázek 2 – Přítok odpadní vody z provozu kuchyně



Obrázek 3 - Přítok odpadní vody z provozu kuchyně (detailní záběr)

Zdroj: Vlastní fotografie

- Čištění tukových vod z provozu kuchyně je další částí zařízení čistírny, skládá se ze systému ponorného čerpadla odpadní vody v akumulární jímce s tukovými odpadními vodami z provozu kuchyně s výtlakem DN 50 do gravitační lapáku tuku NG 2 a poslední částí je odtokové potrubí DN 100 do čerpací jímky.



Obrázek 4 – Lapák tuku



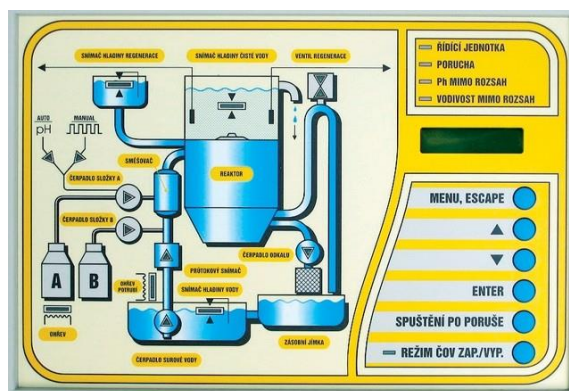
Obrázek 5 – Tuky a nerozpuštěné látky zachycené v lapáku tuku

Zdroj: Vlastní fotografie

- Čištění zaolejovaných vod z mytí a údržby automobilové techniky je složeno z ponorného čerpadla v akumulční jímce se zaolejovanými odpadními vodami, z čisticí kontinuální jednotky REBECY 01, odkalovací plastové jímky, zařízení pro uskladnění a gravitační zahuštění odpadních kalů a stojanu ČOV s obslužným žebříkem.



Obrázek 6 – Čisticí jednotka Rebeca



Obrázek 7 – Schéma čisticí jednotky Rebeca a její jednotlivé části

Zdroj: http://www.sebesta.cz/Chemicke_COV_Rebeka_01_02_03-44/cz

- Čerpací jímka vyčištěné vody a výtlač do veřejné kanalizace je poslední částí zařízení s je tvořen plastovou nádrží, ponorného čerpadla vyčištěné vody a následnému výtlaču vyčištěné vody DN 50 do splaškové kanalizace budovy.



Obrázek 9 – Čerpací jímka vyčištěné vody



Obrázek 8 – Vyčištěná voda v čerpací jímce

Zdroj: Vlastní fotografie

Principem čištění odpadních vod v čistírně areálu Krajského soudu je ten, že odpadní vody z mytí a údržby automobilové techniky jsou čištěny deemulgačními postupy v kontinuální čistící jednotce REBECA 01. Odpadní vody z provozu kuchyně jsou čištěny v gravitačním lapáku tuků typu NG 2. Vyčištěná voda z obou zařízení je odčerpána ze společné čerpací jímky do splaškové kanalizace budovy. Veškeré odpady z čistících procesů jsou uchovávány v místnosti čistírny a jsou vyváženy a zneškodňovány externí oprávněnou organizací. Schéma objektu čistírny odpadních vod viz příloha 1.

Technologie čištění odpadních vod u mytí a údržby automobilové techniky je založena na odtoku odpadních vod z mytí vozidel, která odtéká samostatnou kanalizací do akumulární jímky. Tam dojde k usazení případných sedimentů a zachytí se zde plovoucí látky včetně koncentrovaných fází ropných látek. Takto předčištěná odpadní voda se automaticky odčerpává ponorným čerpadlem (čerpadlo je řízeno hladinovým spínačem) do kontinuální čistící jednotky REBECA, kde se voda zbaví emulzní ropných látek, případně i stopových

tukových emulzí sorpčně deemulgačním účinkem koagulantu. Koagulant je tvořen přímo v reaktoru při čistícím procesu chemickou reakcí síranu železitého a hydroxidu sodného, tato činidla jsou automaticky přidávána ve formě vodných roztoků a jsou v zásobních nádobách čistírny a automaticky se přidávají vždy, když je přičerpaná surová voda do čistící jednotky. Poměr těchto činidel je dán automatickým systémem měření pH v reaktoru čistírny. Účinkem činidel dojde k vyvločkování koagulantu $\text{Fe}(\text{OH})_3$ a sorpci ropných a tukových emulzí na povrch vloček. Vločky jsou od vody odděleny následnou sedimentací v dosazováku čistící jednotky a dočišťovací filtrací přes organickou vrstvu polystyrenu. Takto vyčištěná voda pak odtéká z čistící jednotky do čerpací jímky vyčištěné vody a z té jde do splaškové kanalizace budovy. Při procesu čištění tohoto druhu odpadních vod vznikají dva druhy odpadu, první jsou kaly z procesu čištění. Tyto kaly jsou automaticky odčerpány do zahušťovacího vaku kalové nádrže, kde se zahustí odparem a odkapem. Kalová nádrž je umístěna na roštu jímky odpadní vody, takže odkapy kalu odtékají zpět k čerpání do čistící jednotky. Druhým vzniklým odpadem je filtrační vrstva v dosazováku, která se časem nasytí vločkami vzniklým při koagulaci a je třeba ji vyprat v připravené vaně, prací vody se vypustí do surové vody a pak je třeba filtrační vrstvy vrátit zpět do dosazováku.

Technologie čištění odpadních vod z provozu kuchyně je založena na odtoku odpadních vod z kuchyně tukovou kanalizací do akumulární jímky tukových vod. Odtud jsou čerpány do gravitačního lapáku tuku NG 2. Lapák tuku je složen z nátokové části se sedimentačním prostorem, z prostoru kde se separuje tuk, z prostoru akumulace zachyceného tuku a z odtokové části. Separace tuku probíhá principem oddělení 2 fází na základě rozdílné hustoty tukových částic a odpadní vody, celý tento proces je vlastně fyzikálním jevem. Průchod odpadní vody lapákem dojde k vzplývání částic tuku lehčích než je odpadní voda k hladině a k sedimentaci těžších částí na dno. Takto zachycené tuky a sedimenty je nutné z lapáku odstranit, a to ve chvíli kdy jejich vrstva dosáhne předepsané úrovně. Vyčištěná voda z lapáku tuku odtéká do čerpací jímky vyčištěné vody, odtud je vyčerpána do splaškové kanalizace budovy.

Při měření odpadních vod se provádí měření množství vyčištěné vody vodoměrem na výtlačku čerpadla z čerpací jímky vyčištěné vody. Toto měření se

provádí podle potřeby provozovatele. Dalším měření je měření složení odpadní vody, kdy se povinně měří složení odpadní vody na odtoku do kanalizace. Dané ukazatele pak mají dané limity, které nesmí překročit. Tyto limitní ukazatele na odtoku do kanalizace budovy jsou stanoveny vodoprávním rozhodnutím ze dne 17.1.2000 (ŽP 7642/99 - Ti), které stanovuje limitní hodnoty ukazatelů z ČOV na odtoku do kanalizace. Ukazatele, které se v tomto případě stanovují a jejich limitní hodnoty jsou nepolární extrahovatelné látky (NEL) s maximální hodnotou 10 mg/l, extrahovatelné látky (EL) s maximální hodnotou 45 mg/l, nerozpuštěné látky (NL) s maximální hodnotou 200 mg/l, tenzidy anionaktivní (PAL_A) s maximální hodnotou 15 mg/l a hodnota pH v rozmezí 6-9.

Odběry vzorků probíraly jednou za 14 dní ve vybraný den od 31.10.2018 do 20.2.2019 a bylo celkem 7 odběrů jednotlivých vzorků. Jednalo se o odběr tří různých vzorků odpadních vod a vzorky se odebíraly do tří stejných polyethylenových nádob s ochrannými uzávěry. První druh vzorku byl odebírán na přítoku odpadní vody. Druhým druhem byl odběr odpadní vody z gravitačního lapáku tuku. Posledním druhem byl odběr odpadní vody na odtoku.

Odebíraná odpadní voda byla z provozu kuchyně. Odpadní vodu z mytí vozidel (zaolejované vody s ropnými látkami) nebylo možné vzorkovat, neboť se v areálu Krajského soudu za poslední rok téměř přestalo automobily mýt a vyměňovat u nich olej, jak tomu bylo předtím, tím pádem odpadní voda z plochy mytí automobilů, která zůstává v jiné části budovy v nádrži nemá dostatečně vysokou hladinu, aby dosáhla na odtok samostatné kanalizace do zařízení čistírny na Krajském soude, tam by přitékala do akumulární jímky a poté byla přečerpána na čistící jednotku.

[26]

3.2.Konzervace vzorků

U vzorků bylo vybráno stanovení nerozpuštěných látek (NL), rozpuštěných látek (RL), hodnoty pH, stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným (CHSK_{Cr}) a stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS). Stanovení nerozpuštěných látek (NL), rozpuštěných látek (RL) a hodnot pH bylo prováděno

ihned po odběru vzorku, neboť u těchto stanovení nelze vzorek konzervovat a stanovení provádět zpětně. Z toho důvodu byla všechna tato stanovení provedena ihned po odběru vzorků na Krajském soudě v laboratoři katedry chemie.

Z časové náročnosti všech stanovení bylo stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným (CHSK_{Cr}) u prvních dvou vzorků provedeno až v dalších dnech, tudíž byl vzorek zakonzervován přidávkem 1 ml koncentrované kyseliny sírové na 100 ml vzorku a takto zakonzervovaný vzorek konzervačním činidlem byl v nádobě uložen do lednice kvůli ochlazení na konzervační teplotu 2 až 5°C. Takto může vzorek díky konzervaci vydržet až o 5 dní déle, což je i doporučený interval mezi konzervací a stanovením. U třetího vzorku už bylo stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným (CHSK_{Cr}) provedeno dvakrát ihned po odběru vzorku a jednou po konzervaci vzorku. Tento způsob byl zvolen kvůli zpětnému srovnání stanovení vzorku bez konzervace a vzorku s konzervací.

Posledním stanovením je stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS), toto stanovení bylo provedeno pouze jednou u posledního vzorku a stanovení proběhlo ihned po odběru vzorku.

3.3. Stanovení vybraných parametrů vzorků

3.3.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL

U stanovení nerozpuštěných látek bylo vybráno pouze stanovení NL 105, vzhledem k časové náročnosti všech stanovení a také vzhledem k možnostem a vybavení laboratoře na katedře chemie. Toto stanovení bylo prováděno ihned po odběru vzorku. U stanovení byly provedeny jen malé změny, především v použití filtru, který byl podle skript předepsán jako filtr ze skleněných vláken. Jelikož laboratoř na katedře chemie nevlastní filtr ze skleněných vláken, byla použita skleněná fritta s hustotou S3, která byla nejvhodnější volbou pro toto stanovení. Kromě této změny se už dále postupovalo podle daného postupu. U vzorku č. 1 byly objemy na toto stanovení zvoleny u přítoku 150 ml, u lapáku tuku a odtoku na 250 ml. Z výsledků poté bylo zjištěno, že tyto objemy jsou pro toto stanovení příliš velké, proto se u vzorku č. 2 pracovalo již s objemy menšími, a to u přítoku 100 ml, u lapáku tuku a odtoku se 150 ml. Tyto objemy splnily požadavky na výsledné hodnoty stanovení, proto se už pro zbytek vzorků neměnily.

Výsledky všech 7 odběrů jednotlivých vzorků z přítoků, lapáků tuku a odtoků byly vypočítány podle vztahu níže a jsou vyjádřené v mg.l⁻¹.

$$\rho(\text{NL } 105) = \frac{1000*[m_2 - m_1]}{V_0}$$

3.3.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL

U stanovení rozpuštěných látek bylo opět vybráno pouze stanovení RL 105 opět kvůli časové náročnosti a vzhledem k vybavení laboratoře. Toto stanovení bylo prováděno ihned po odběru vzorku. U stanovení nebyly provedeny žádné změny, stanovení probíralo přesně podle postupu. U vzorku č. 1 byly objemy na toto stanovení zvoleny jak u přítoku, tak u lapáku tuku a odtoku na 150 ml. Z výsledků poté bylo zjištěno, že tyto objemy jsou pro toto stanovení příliš velké, proto se u vzorku č. 2 pracovalo již s objemy menšími, a to u každého bylo odměřeno na stanovení 75 ml. Tento objem splnil požadavky na výsledné hodnoty stanovení, proto se už pro zbytek vzorků jeho hodnota neměnila.

Výsledky všech 7 odběrů jednotlivých vzorků z přítoků, lapáků tuku a odtoků byly vypočítány podle vztahu níže a jsou vyjádřené v mg.l⁻¹.

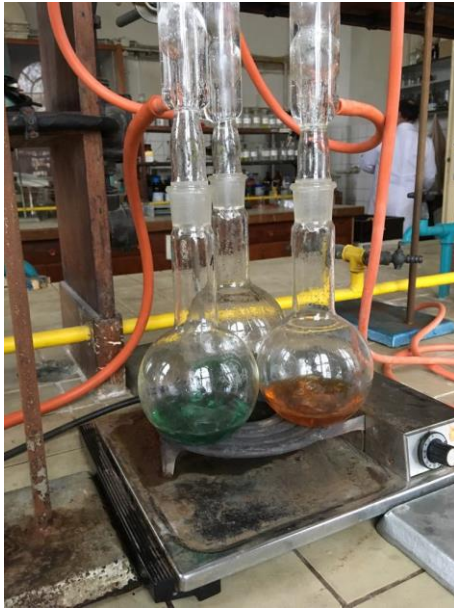
$$\rho(\text{RL } 105) = \frac{1000*[m_2 - m_1]}{V_0}$$

3.3.3. Stanovení hodnoty pH

Hodnoty pH se stanovovaly potenciometricky za použití laboratorního digitálního pH metru OP-211/1 od firmy Radelkis Budapest, Maďarsko. Elektroda v tomto případě byla kombinovaná pH elektroda typu pH 2+L, od firmy Elektrochemické detektory Turnov, Česká republika. Jako tlumivé roztoky byly použity, tlumivý roztok boritanový o přesném pH 9,18 a tlumivý roztok hydrogenftalanový o přesném pH 4,01, které byly před každým stanovením připraveny čerstvé podle přesně daného postupu. Ph metr byl před každým stanovením kalibrován pomocí tlumivých roztoků. Poté se měřily samotné vzorky odpadní vody od nejméně znečištěného druhu, tedy odtoku až po přítok. Hodnoty pH se s časem, a především s teplotou mění, proto bylo měření prováděno hned po odběru vzorku, aby byly hodnoty pH co nejméně ovlivněné.

3.3.4. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným- CHSK_{Cr}

U stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným byl vybrán postup pro vzorky s CHSK_{Cr} vyšším než 50 mg.l⁻¹, kvůli skutečnosti, že se stanovovali odpadní vody a počítalo se s vyššími hodnotami stanovení. Pro stanovení se používal filtrát vzorku, zbavený nerozpuštěných látek, které by mohly způsobovat negativní chybu u stanovení. U postupu byly provedeny některé změny vzhledem k časové náročnosti přípravy všech činidel a roztoků na měření a samotnou časovou náročnost stanovení a rovněž s ohledem na vybavenost laboratoře. Podle skript bylo třeba celou směs pod zpětnými chladiči vařit 2 hodiny a udržovat var. Z hlediska časové náročnosti metody stanovení, příprava a provedení dalších stanovení a přípravy veškerých roztoků, činidel, laboratorního nádobí a přístrojů byl postup modifikován a doba varu se upravila na 1 hodinu. U postupu byl rovněž předepsán objem u jednotlivých činidel a u vzorku, a to 10 ml dichromanu draselného a 20 ml vzorku. Po provedení stanovení s danými objemy se ale po několikaminutovém varu a po přidání koncentrované kyseliny sírové s katalyzátorem všechn dichroman draselný ve směsi zreagoval, oranžová směs přešla na jasně zelenou, což se mělo stát až při samotné titraci, kdy se mění oranžová směs na zelenou a v bodě ekvivalence se změni zelená barva na červenou v důsledku přidání indikátoru ferroinu. Tato barevná změna je vidět na fotografii, zelené roztoky jsou již se zreagovaným dichromanem draselným, oranžová směs je směs s destilovanou vodou na slepé stanovení. Směs v baňce během vaření by měla získat barvu na druhé fotografii, kdy je barva zelenohnědá, není jasně hnědá, tudíž tam zbytkový dichroman draselný, který následně měříme titrací, je obsažen.



Obrázek 11 – Zelená směs zreagovaného dichromanu draselného a oranžová směs na slepé stanovení s destilovanou vodou



Obrázek 10 – Zelenohnědé zbarvení částečně zreagovaného dichromanu draselného

Zdroj: Vlastní fotografie

Kvůli reakci, kterou dichroman draselný z obsahu směsi v baňkách zreagoval se objem vzorku a odměrného roztoku u první titrace vzorku č. 2 změnil na 10 ml vzorku a 10 ml dichromanu draselného, výsledek tohoto postupu byl ovšem stejný. U druhé titrace vzorku č. 2 se tedy objemy oproti původnímu postupu obrátily a pracovalo se s 10 ml vzorku a 20 ml dichromanu draselného, tento poměr objemů už vycházel, jak má, jak je vidět i na obrázku 10.

U vzorku č. 1 byl postup proveden ještě s varem 2 hodiny, ale už za změny formy síranu rtuťnatého. U vzorku č. 2 byly už provedeny dvě titrace, první za varu 1 hodiny a druhá za varu 2 hodiny. Jelikož u prvních dvou vzorků se zjišťoval celkový poměr vzorku a standardního odměrného roztoku v podobě dichromanu draselného, byly oba vzorky z prvních dvou odběrů ihned po odběru konzervovány a měření stanovení bylo provedeno zpětně po několika dnech. U vzorku č. 3 už byla provedena první a druhá titrace ihned po odběru vzorku s fungujícím poměrem objemů vzorku a dichromanu draselného, tedy 10 ml vzorku a 20 ml dichromanu a směs se vařila 1 hodinu. Poté byl vzorek konzervován a po několika dnech se provedla třetí titrace, konzervace byla provedena kvůli zjištění a porovnání hodnot titrace bez konzervace provedené ihned po odběru a hodnot titrace vzorku, který byl konzervován.

3.3.5. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS)

Posledním stanovením je stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS), toto stanovení bylo provedeno pouze jednou u posledního vzorku a stanovení proběhlo ihned po odběru vzorku. Nešlo o samotné stanovení jako takové, spíše byla tato metoda použita k zjištění, zda se ve vzorcích této konkrétní odpadní vody aniontové tenzidy vůbec nacházejí. Při práci přesně podle postupu však zkouška na přítomnost aniontových tenzidů byla negativní. Proto byl proveden ještě slepý pokus s destilovanou vodou kvůli ověření správnosti metody.

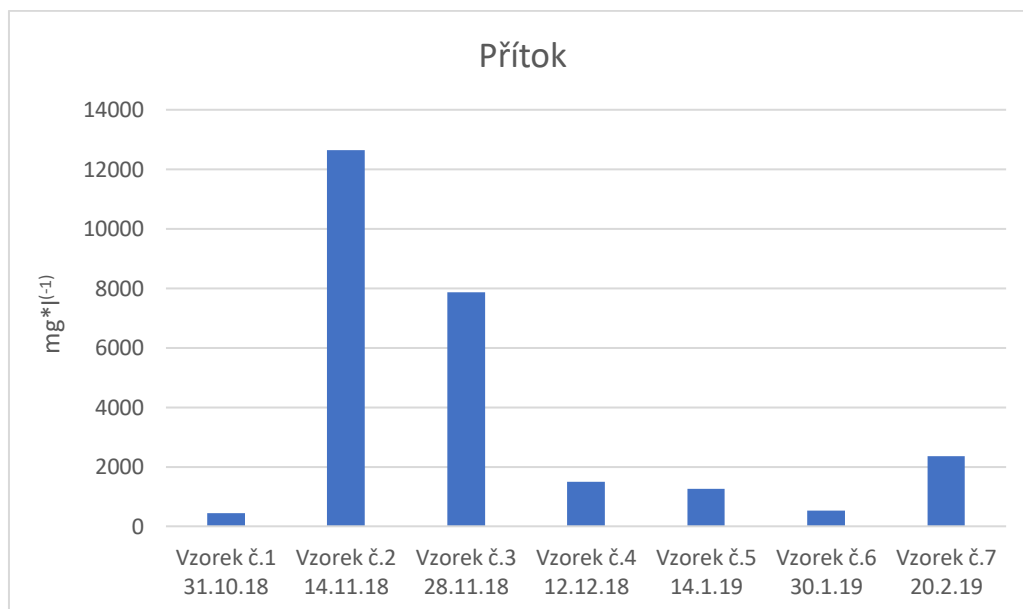
4. Výsledky stanovení a jejich zdůvodnění

4.1. Gravimetrické stanovení nerozpuštěných látek-NL

Tabulka 5 – Nerozpuštěné látky u přítoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Přítok	437,33	12635	7866	1500	1249	533	2364

Graf 1 – Nerozpuštěné látky u přítoku



V tabulce 5 jsou zaznamenány výsledky stanovení nerozpuštěných látek NL na přítoku odpadních vod z provozu jídelny, a to u všech sedmi vzorků, které byly odebrány.

Z tabulky 5 vychází graf 1, kde je přehledně znázorněný růst či pokles jednotlivých hodnot nerozpuštěných látek NL v průběhu času. Hodnoty nerozpuštěných látek NL jsou vyjádřeny v mg.l^{-1} .

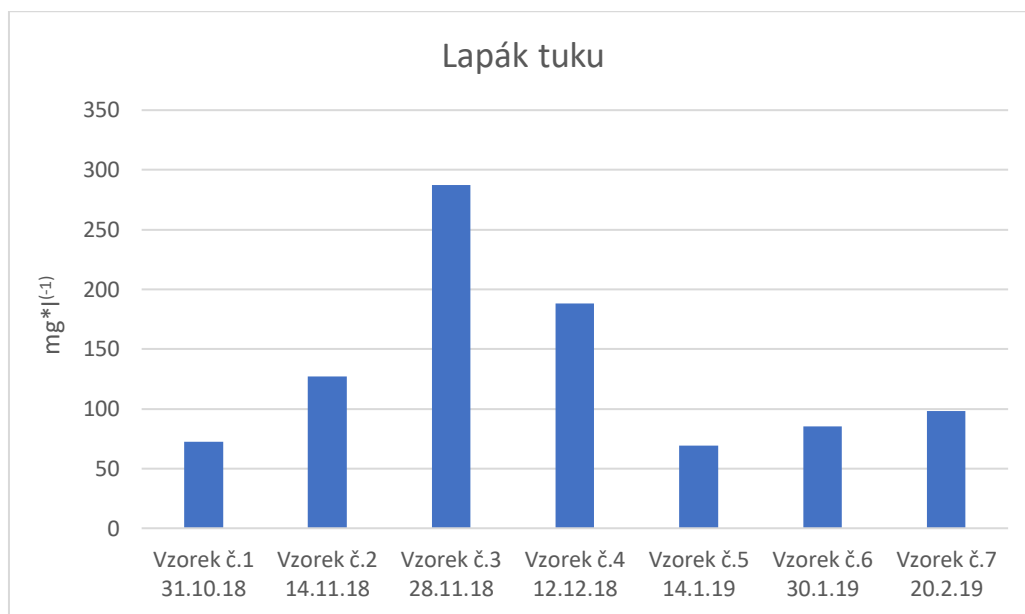
Z grafu je vidět, že hodnoty NL s časem kolísají, během časové osy odebrání vzorků je vidět pokles i výrazný nárůst hodnot. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.1, a to $437,33 \text{ mg.l}^{-1}$ naopak nejvyšší hodnota byla u vzorku č.2, a to $12\,635 \text{ mg.l}^{-1}$. Ostatní hodnoty kolísali také, ale ne v takovém rozsahu jako hodnoty vzorku č.1 a č. 2.

Růst a pokles jednotlivých hodnot vzorků je možné zdůvodnit několika způsoby. Jelikož se jedná o přítok odpadních vod z provozu kuchyně lze tady předpokládat velkou kolísavost hodnot, a to vzhledem k jednotlivým odběrovým dnům. Především se hodnoty mohou měnit z důvodu druhu připravovaného pokrmu v kuchyni, které může být více či méně mastné, může obsahovat více olejů a dalších tuků, které zvyšují hodnoty nerozpuštěných látek. Také lze vzít v potaz druh jídla z hlediska jeho konzumace a spotřeby, v hodnotách NL se může projevit i vyšší množství zbytků z nedojedených pokrmů a tím pádem se opět zvyšuje hodnota NL. Samozřejmě můžeme vzít v potaz i důslednost a postupy obsluhy v provozu kuchyně, kdy se může projevit především v tom ohledu, zda zbytky pokrmů vyhazují do odpadu (koš, kontejner) nebo zda talíře i se zbytky jídel splachují do dřezů a ty pak postupují do odpadu a objeví se u přítoku odpadních vod. Dalším důvodem vyšších či nižších hodnot NL může být počet lidí, kteří se v daný den v jídelně stravovali. U tohoto důvodu může mít vyšší počet lidí, co v jídelně jedli za následek nižší hodnoty NL vzhledem k menší míře zbytků. Nižší hodnoty NL mohou být způsobeny, jak vyšším počtem strážníků, tak i kvalitou a dobrou chutí připraveného jídla.

Tabulka 6 - Nerozpuštěné látky u lapáku tuku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Lapák tuku	72,4	127,33	287,33	188	69,33	85,33	98

Graf 2 - Nerozpuštěné látky u lapáku tuku



V tabulce 6 jsou zaznamenány výsledky stanovení nerozpuštěných látek NL na lapáku tuku, a to u všech sedmi vzorků, které byly odebrány.

Z tabulky 6 vychází graf 2, kde je přehledně znázorněn růst či pokles jednotlivých hodnot nerozpuštěných látek NL v průběhu času. Hodnoty nerozpuštěných látek NL jsou vyjádřeny v mg.l⁻¹.

Z grafu je vidět, že hodnoty NL na lapáku tuku s časem opět kolísají, jako tomu bylo u přítoku. Během časové osy odebrání vzorků je vidět pokles i výrazný nárůst hodnot. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.5, a to 69,33 mg.l⁻¹ naopak nejvyšší hodnota byla u vzorku č.3, a to 287,33 mg.l⁻¹.

Pokud budeme porovnávat hodnoty NL u přítoku a u lapáku tuku, je očividné, že hodnoty u lapáku tuku budou nižší z důvodu zachycení nerozpuštěných látek na povrchu lapáku tuku, což je i jeho primární funkce.

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku nejnižší 437,33 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 72,4 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku nejvyšší $12\,635\text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla $127,33\text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku 7866 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $287,33\text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 1500 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla 188 mg.l^{-1} .

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 1249 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $69,33\text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku 533 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $85,33\text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku 2364 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla 98 mg.l^{-1} .

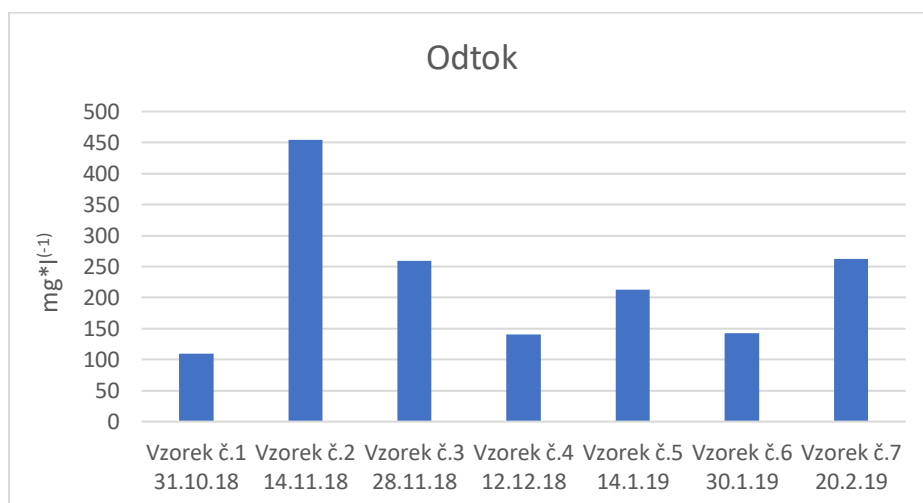
Z těchto hodnot vyplívá, že účinnost lapáku tuku a jeho čistící proces je dostatečně účinný. Z nasbíraných dat za časové období odběru jednotlivých vzorků hodnoty NL na lapáku tuku měnily, ale vždy byli nižší než u přítoku.

Z toho lze usoudit, že čistící proces lapáku tuků je dostatečně účinný, jelikož hodnota zachycených nerozpuštěných látek nebyla v průběhu odebírání vzorků nižší vyšší než u přítoku.

Tabulka 7 - Nerozpuštěné látky u odtoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Odtok	109,6	454,66	259,33	140	212,66	142,66	262,66

Graf 3 - Nerozpuštěné látky u odtoku



V tabulce 7 jsou zaznamenány výsledky stanovení nerozpuštěných látek NL na odtoku, a to u všech sedmi vzorků, které byly odebrány.

Z tabulky 7 vychází graf 3, kde je přehledně znázorněn růst či pokles jednotlivých hodnot nerozpuštěných látek NL v průběhu času. Hodnoty nerozpuštěných látek NL jsou vyjádřeny v mg.l⁻¹.

Z grafu je vidět, že hodnoty NL na odtoku s časem opět kolísají. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.1, a to 109,6 mg.l⁻¹, naopak nejvyšší hodnota byla u vzorku č.2, a to 454,66 mg.l⁻¹.

Z logické úvahy by se měly hodnoty NL u lapáku tuku a odtoku lišit tím, že hodnoty u odtoku by měly být buď stejné jako u lapáku tuku nebo nižší. Z naměřených hodnot tomu tak není. V tomto případě lze tuto skutečnost vysvětlit třemi způsoby. Prvním je skutečnost, že se při odběru vzorku z odtoku mohl nabrat vzorek s vyšším obsahem NL, které zůstaly na hladině, a to zapříčinilo vyšší hodnotu NL u odtoku. Nebo se mohlo jednat o pozitivní chybu při samotném stanovení nerozpuštěných látek gravimetricky. Nižší hodnoty NL u lapáku tuku a vyšší hodnoty NL u odtoku mohlo zapříčinit odebrání daných objemů vzorků k samotnému stanovení a v těchto objemech pro stanovení se mohlo vyskytovat více či méně NL vzhledem k odebrání objemu ze vzorku. Posledním možným vysvětlením je, že odpadní voda čerpaná

z lapáku tuku do odtokového potrubí vedeného do čerpací jímky vyčištěné vody bylo v daných odběrových dnech více znečištěno usazenými nerozpuštěnými látkami a voda čerpaná z lapáku tuku mohla být čerpána z místa s vyšším obsahem nerozpuštěných látek, jelikož ne veškeré nerozpuštěné látky se zachytily na hladině lapáku tuku, a tato skutečnost mohla vést k vyššímu obsahu NL u odtoku. Vyšší hodnota NL u odtoku mohla být také způsobena skutečností, že voda v odtoku je má jiné vlastnosti, je starší než voda v lapáku tuku a kvůli těmto skutečnostem zde mohou NL také vznikat, buď činností bakterií nebo změnou fyzikálních vlastností vody např. její teplotou.

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku nejnižší $437,33 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla $72,4 \text{ mg.l}^{-1}$ a hodnota u odtoku byla $109,6 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku ještě zvýšila, a to o $37,2 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku nejvyšší $12\,635 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla $127,33 \text{ mg.l}^{-1}$ a hodnota u odtoku byla $454,66 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku ještě zvýšila, a to o $327,33 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku 7866 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $287,33 \text{ mg.l}^{-1}$ a hodnota u odtoku byla $259,33 \text{ mg.l}^{-1}$. V lapáku tuku bylo zachyceno $96,348\%$ veškerých nerozpuštěných látek z přítoku. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku snížila, a to o 28 mg.l^{-1} . U vzorku č. 3 je hodnota vzorku NL u odtoku nižší než u lapáku tuku. Tato skutečnost byla měla být splněna u všech vzorku, nicméně lze u tohoto vzorku předpokládat správnou účinnost čistícího procesu lapáku tuku i samotného odběru vzorku a stanovení NL.

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 1500 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla 188 mg.l^{-1} a hodnota u odtoku byla 140 mg.l^{-1} . U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku snížila o 48 mg.l^{-1} . U vzorku č. 4 je hodnota vzorku NL u odtoku nižší než u lapáku tuku, stejně jako u vzorku č.3. U tohoto vzorku předpokládat správnou účinnost čistícího procesu lapáku tuku i samotného odběru vzorku a stanovení NL jako u předešlého vzorku č.3.

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 1249 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $69,33 \text{ mg.l}^{-1}$ a hodnota u odtoku byla $212,66 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku zvýšila o $143,33 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku 533 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 85,33 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 142,66 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 57,33 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku 2364 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 98 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 262,66 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota NL oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 164,66 mg.l⁻¹.

Z daných hodnot a rozdílů mezi hodnotami NL u lapáku tuku a u odtoku je patrné, že pouze u vzorků č. 3 a 4 byly splněny očekávané hodnoty NL vzhledem k čistícímu procesu lapáku tuku a faktu, že hodnoty NL by měly být na odtoku minimálně stejné nebo spíše nižší než hodnoty NL u lapáku tuku. U ostatních vzorků však tento jev nebyl splněn, proto lze předpokládat jednu nebo více možných chyb, které vedly k pozitivním chybám hodnot NL.

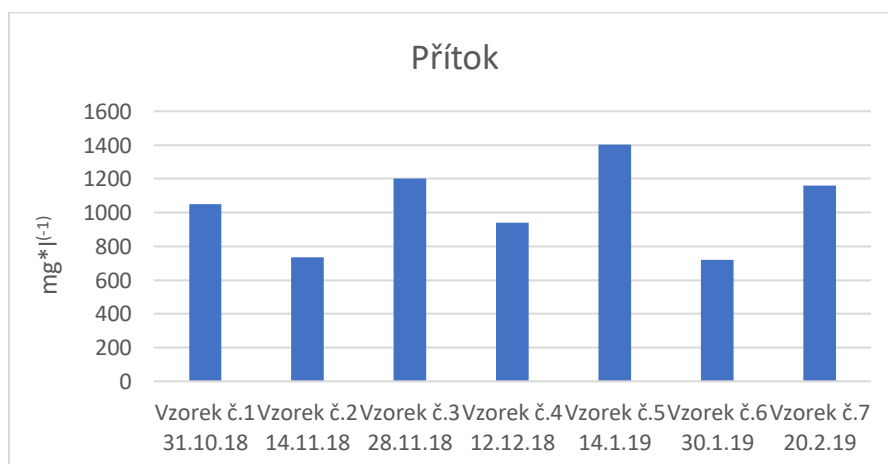
Z rozdílů hodnot NL u lapáku tuku a u odtoku, kdy byla hodnota NL u odtoku vyšší než u lapáku tuku, byl nejnižší rozdíl u vzorku č. 1 - 37,2 mg.l⁻¹ a nejvyšší rozdíl byl u vzorku č. 2 - 327,33 mg.l⁻¹.

4.2. Gravimetrické stanovení rozpuštěných látek-RL

Tabulka 8 - Rozpuštěné látky u přítoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Přítok	1048	734,66	1200,66	940	1404	721,33	1158,66

Graf 4 - Rozpuštěné látky u přítoku



V tabulce 8 jsou zaznamenány výsledky stanovení rozpuštěných látek RL na přítoku odpadních vod z provozu jídelny, u všech sedmi vzorků.

Z tabulky 8 vychází graf 4, kde je přehledně znázorněný graf růstu či poklesu jednotlivých hodnot rozpuštěných látek RL v průběhu času. Hodnoty rozpuštěných látek RL jsou vyjádřeny v mg.l^{-1} .

Z grafu je vidět, že jednotlivé hodnoty RL s časem kolísají, během časové osy odebrání vzorků se s každým vzorkem střídá růst a pokles hodnot. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.6, ta činí $721,33 \text{ mg.l}^{-1}$, a nejvyšší hodnota byla u vzorku č.5, a to 1404 mg.l^{-1} . Hodnoty se od sebe neliší výrazně, jejich hodnoty jsou s maximální rozdílem $682,67 \text{ mg.l}^{-1}$, což je rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou RL u vzorků č. 6 a č. 5.

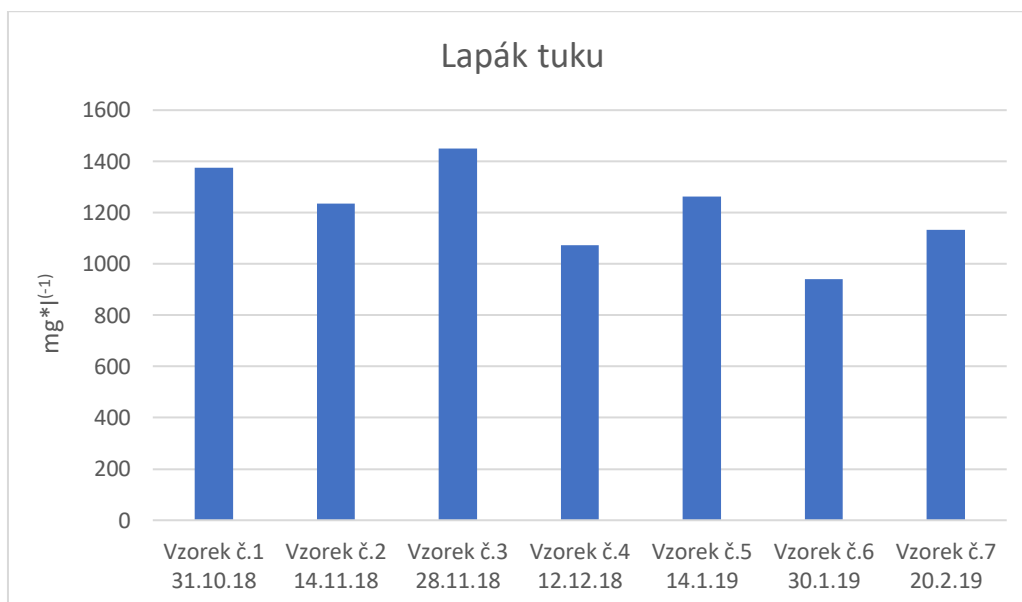
Růst a následný pokles jednotlivých hodnot RL u vzorků je možné vysvětlit několika způsoby. Jelikož se jedná o přítok odpadních vod z provozu kuchyně lze tady předpokládat kolísavost hodnot, především se hodnoty mohou měnit z důvodu druhu připravovaného pokrmu v kuchyni, které může obsahovat více či méně látek, které se ve vodě rozpustí a tvoří tak jednotlivé hodnoty rozpuštěných látek v odpadních vodách u každého o odebraných vzorků. Také lze vzít v potaz jídlo z hlediska jeho konzumace, spotřeby a likvidace, v hodnotách RL se může projevit vyšší množství zbytků z nedojedených pokrmů, které obsahují více látek, které se následně rozpustí ve vodě, a tím pádem vedou ke zvýšení hodnot RL, nižší hodnoty mohou být způsobeny menším množstvím nedojedených pokrmů, a to vede i k menší míře likvidace zbytků obsluhou kuchyně.

U rozpuštěných látek RL lze sledovat i nárůst a pokles hodnot v porovnání s hodnotami nerozpuštěných látek NL, u kterých je nárůst a pokles výrazně rozdílnější než u RL. Celkově jsou hodnoty NL vyšší než hodnoty RL, důvodem je vyšší množství látek ve vodě nerozpustných (tuky) než rozpustných, zvláště z provozu kuchyně lze očekávat vyšší množství tuků a dalších zbytků jako nerozpuštěných látek než látky, které se v odpadní vodě rozpustí.

Tabulka 9 - Rozpuštěné látky u lapáku tuku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Lapák tuku	1375,33	1236	1450,66	1073,33	1264	941,33	1132

Graf 5 - Rozpuštěné látky u lapáku tuku



V tabulce 9 jsou výsledky stanovení rozpuštěných látek RL na lapáku tuku, a to u všech sedmi vzorků.

Z tabulky 9 vychází graf 5, na grafu je znázorněn růst a pokles jednotlivých hodnot rozpuštěných látek RL v průběhu času. Hodnoty rozpuštěných látek RL jsou vyjádřeny v mg.l^{-1} .

Hodnoty RL na lapáku tuku s časem kolísají, jako tomu bylo u přítoku, ale rozdíl hodnot a kolísání je oproti přítoku výrazně nižší. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.6, a to $941,33 \text{ mg.l}^{-1}$, naopak nejvyšší hodnota byla u vzorku č.3, a to $1450,66 \text{ mg.l}^{-1}$. Maximální rozdíl hodnot RL je $509,33 \text{ mg.l}^{-1}$, jako rozdíl nejnižší a nevyšší hodnoty RL, rozdíly mezi ostatními vzorky jsou zhruba 100 až 200 mg.l^{-1} .

Pokud budeme porovnávat hodnoty RL u přítoku a u lapáku tuku je z grafů a tabulek vidět nárůst hodnot RL u lapáku tuku, a to v rámci stovek mg.l^{-1} .

U lapáku tuku je primární funkcí zachycení nerozpuštěných látek NL, u rozpuštěných látek se předpokládá jejich propustnost do lapáku tuku a následně i do odtoku. Vzhledem k rozpustnosti těchto látek je možné, že se množství rozpuštěných

látek zvýší i s možným postupem do lapáku tuku a odtoku, neboť se s časem postupně rozpouští stále více látek obsažených v odpadní vodě.

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku 1048 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $1375,33 \text{ mg.l}^{-1}$. Na lapáku tuku se tedy hodnota rozpuštěných látek u zvýšila o $327,33 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku $734,66 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla 1236 mg.l^{-1} . Na lapáku tuku se tedy hodnota rozpuštěných látek zvýšila o $501,34 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku $1200,66 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla nejvyšší $1450,66 \text{ mg.l}^{-1}$. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek zvýšila o 250 mg.l^{-1} .

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 940 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $1073,33 \text{ mg.l}^{-1}$. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek zvýšila o $133,33 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 1404 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla 1264 mg.l^{-1} . Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek snížila oproti hodnotě přítoku, a to o 140 mg.l^{-1} .

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku nejnižší $721,33 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla $941,33 \text{ mg.l}^{-1}$. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek zvýšila o 220 mg.l^{-1} .

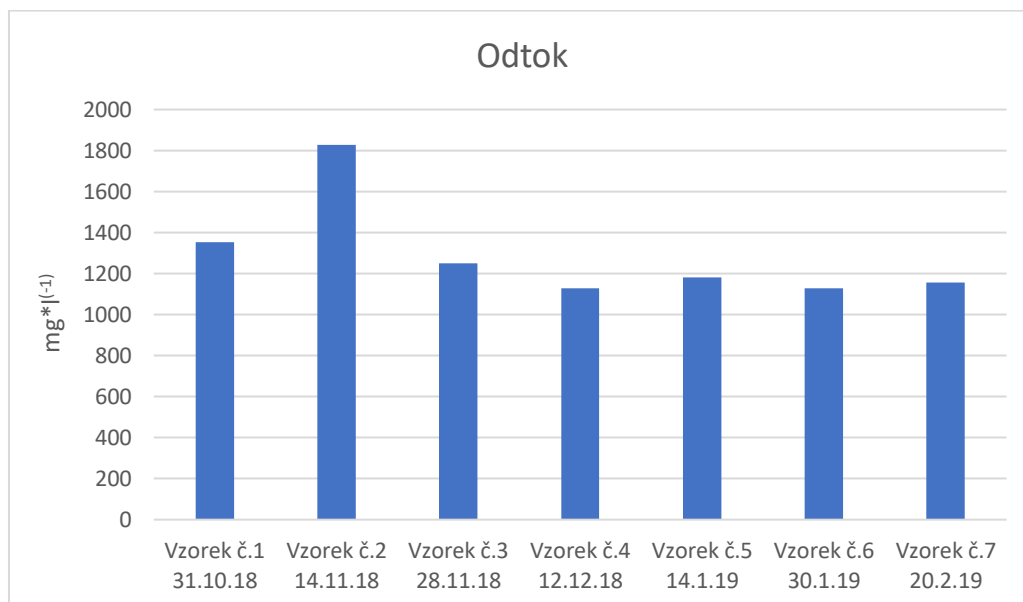
U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku $1158,66 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla 1132 mg.l^{-1} . Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek snížila, a to o $26,66 \text{ mg.l}^{-1}$.

Z těchto hodnot vyplývá, že u většiny vzorků je aplikovatelná teorie, že rozpuštěné látky RL se s časem rozpouští více, a tak se zvyšuje jejich hodnota, jak u lapáku tuku, tak u výsledného odtoku. U vzorků č. 1, 2, 3, 4 a č. 6 se skutečně hodnota RL zvýšila, nejvíce u vzorku č. 2. U vzorků č. 5 a č. 7 se naopak hodnota RL u lapáku tuku snížila, snížení hodnot RL může být zapříčiněno nižším obsahem rozpuštěných látek v konkrétním připravovaném jídle, menší mírou zbytků, které jsou odvedeny do odpadních vod, možným nízkým počtem strávníků v daný odběrový den.

Tabulka 10 - Rozpuštěné látky u odtoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Odtok	1353	1828	1250,66	1129,33	1182,66	1129,33	1156

Graf 6 - Rozpuštěné látky u odtoku



V tabulce 10 jsou hodnoty stanovení rozpuštěných látek RL na odtoku u sedmi odebraných vzorků.

Z tabulky 10 vychází graf 6, kde vidět růst či pokles jednotlivých hodnot rozpuštěných látek RL v čase. Hodnoty rozpuštěných látek RL jsou vyjádřeny v mg.l^{-1} .

V grafu jsou vidět hodnoty RL, které se s časem mění. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.4 a č. 6, a to $1129,33 \text{ mg.l}^{-1}$, nejvyšší hodnota byla u vzorku č.2, a to 1828 mg.l^{-1} .

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku 1048 mg.l^{-1} , hodnota na lapáku tuku byla $1375,33 \text{ mg.l}^{-1}$ a hodnota u odtoku byla 1353 mg.l^{-1} . Na lapáku tuku se tedy hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku zvýšila o $327,33 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se ale hodnota RL oproti lapáku tuku snížila o $22,33 \text{ mg.l}^{-1}$.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku $734,66 \text{ mg.l}^{-1}$, hodnota na lapáku tuku byla 1236 mg.l^{-1} a hodnota u odtoku byla 1828 mg.l^{-1} . Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku zvýšila o $501,34 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se hodnota RL oproti lapáku tuku ještě zvýšila, a to o 592 mg.l^{-1} .

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku 1200,66 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 1450,66 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 1250,66 mg.l⁻¹. Na lapáku tuku se tedy hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku zvýšila o 250 mg.l⁻¹. U odtoku se ale hodnota RL oproti lapáku tuku snížila o 200 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 940 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 1073,33 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 1129,33 mg.l⁻¹. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku zvýšila o 133,33 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota RL oproti lapáku tuku zvýšila o 56 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 1404 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 1264 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 1182,66 mg.l⁻¹. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek oproti hodnotě přítoku snížila, a to o 140 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota RL oproti lapáku tuku také snížila o 81,34 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku 721,33 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 941,33 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 1129,33 mg.l⁻¹. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku zvýšila o 220 mg.l⁻¹. U odtoku se ale hodnota RL oproti lapáku tuku zvýšila o 188 mg.l⁻¹.

U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku 1158,66 mg.l⁻¹, hodnota na lapáku tuku byla 1132 mg.l⁻¹ a hodnota u odtoku byla 1156 mg.l⁻¹. Na lapáku tuku se hodnota rozpuštěných látek oproti přítoku snížila, a to o 26,66. U odtoku se ale hodnota RL oproti lapáku tuku zvýšila o 24 mg.l⁻¹.

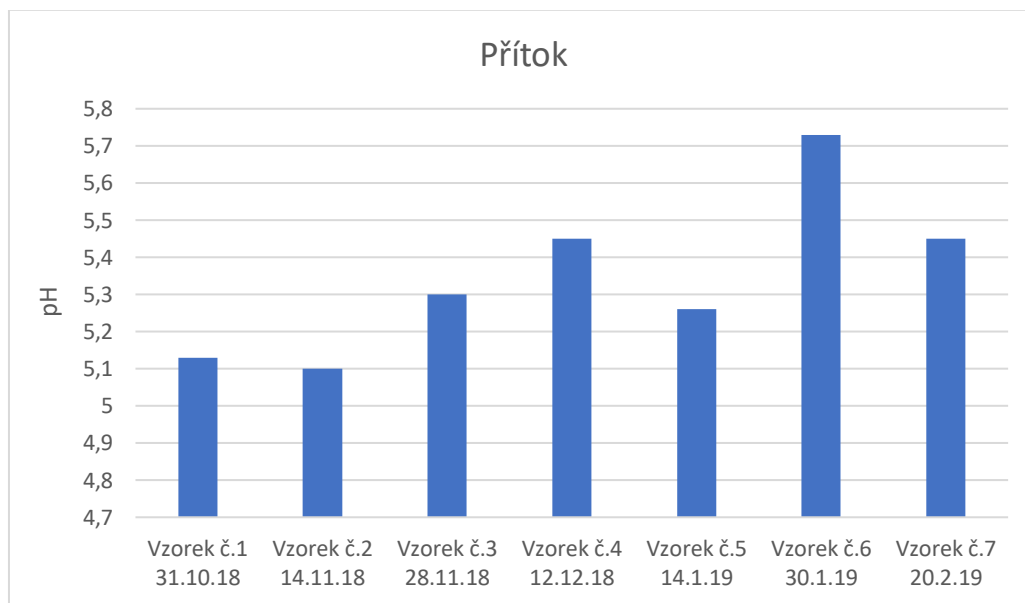
Z daných hodnot a rozdílů mezi hodnotami RL u lapáku tuku a u odtoku je patrné, že u většiny vzorků se hodnota RL ještě zvýšila. Nejmenší rozdíl mezi hodnotami RL u lapáku tuku a odtoku byl u vzorku č. 7 - 24 mg.l⁻¹. Největší rozdíl byl u vzorku č. 2 - 592 mg.l⁻¹. U vzorků č. 1, č. 3 a č. 5 se hodnota RL u odtoku snížila, a to u vzorku č. 1 o 22,33 mg.l⁻¹, u vzorku č. 3 o 200 mg.l⁻¹ a u vzorku č. 5 o 81,34 mg.l⁻¹.

4.3. Stanovení hodnoty pH

Tabulka 11 – Hodnoty pH u přítoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Přítok	5,13	5,10	5,30	5,45	5,26	5,73	5,45

Graf 7 - Hodnoty pH u přítoku



V tabulce 11 jsou hodnoty pH na přítoku.

Z tabulky 11 vychází graf 7, na grafu je znázorněn růst či pokles hodnot pH v průběhu času.

Z grafu je vidět, že jednotlivé hodnoty pH s časem kolísají, během časové osy odebrání vzorků se s každým vzorkem hodnota pH snižuje nebo zvyšuje. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.2, ta činí 5,10, a nejvyšší hodnota byla u vzorku č. 6, a to 5,73. Všechny hodnoty pH u vzorků se od sebe neliší výrazně, neliší se v ceých číslech, ale pouze v desetínách nebo setínách.

Růst a následný pokles jednotlivých hodnot pH u vzorků odpadní vody ovlivňuje především teplota. Teplota odpadní vody na přítoku, kde se vzorek odebírá a teplota vzorku po přenesení do laboratoře. Tyto dvě teploty se mohou během času měnit, první změna teploty nastává v okamžiku odebrání vzorku odpadní vody do vzorkovnice. Další změna teploty může nastat při transportu vzorků do laboratoře. Během stání vzorku před samotným stanovením hodnot pH může vzorek vody opět změnit svou teplotu. Dalšími vlivy na hodnotu pH je také obsah organických látek

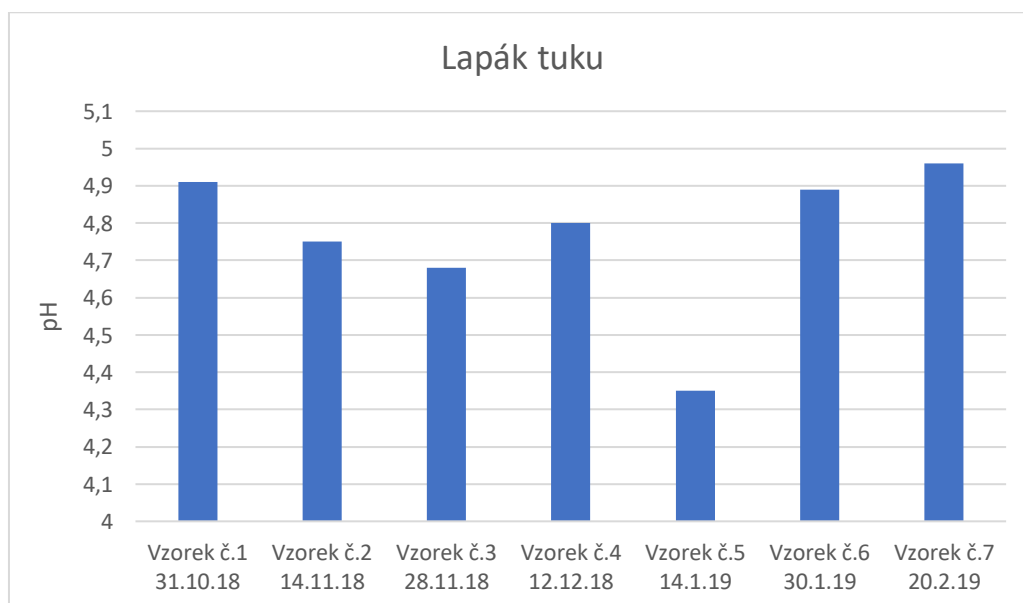
(tuky, oleje) nebo suspenzí v odpadní vodě, což způsobuje vyšší či nižší hodnoty pH vzhledem k charakteru (kyselý, zásaditý) látek obsažených ve vodě. Jelikož se jedná o přítok odpadních vod z provozu kuchyně lze tady předpokládat kolísavost hodnot, především se hodnoty mohou měnit z důvodu vyššího nebo nižšího obsahu nerozpuštěných a rozpuštěných látek. Samozřejmě se hodnoty pH budou měnit i s měnící se teplotou, která může nižší nebo vyšší podle použité teploty vody v kuchyni její obsluhou.

U rozpuštěných látek RL lze sledovat i nárůst a pokles hodnot v porovnání s hodnotami nerozpuštěných látek NL, u kterých je nárůst a pokles výrazně rozdílnější než u RL. Celkově jsou hodnoty NL vyšší než hodnoty RL, důvodem je vyšší množství látek ve vodě nerozpustných (tuky) než rozpustných, zvláště z provozu kuchyně lze očekávat vyšší množství tuků a dalších zbytků jako nerozpuštěných látek než látky, které se v odpadní vodě rozpustí.

Tabulka 12 - Hodnoty pH u lapáku tuku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Lapák tuku	4,91	4,75	4,68	4,80	4,35	4,89	4,96

Graf 8 - Hodnoty pH u lapáku tuku



V tabulce 12 jsou hodnoty pH na lapáku tuku, a to u všech sedmi vzorků.

Z tabulky 12 vychází graf 8, na grafu je znázorněn růst a pokles jednotlivých hodnot pH v čase.

Hodnoty pH na lapáku tuku s časem kolísají, jako tomu bylo u přítoku, ale rozdíl hodnot a kolísání je oproti přítoku nižší. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č.5, a to 4,35 a naopak nejvyšší hodnota byla u vzorku č.7, a to 4,96. Všechny hodnoty pH u vzorků z lapáku tuku se od sebe liší maximálně o 0,6 desetin, tento rozdíl je nevyšším rozdílem a je to rozdíl nejnižší a nejvyšší hodnoty Ph. Ostatní hodnoty se liší v průměru jen o 0,2 desetiny.

Pokud budeme porovnávat hodnoty pH u přítoku a u lapáku tuku je z grafů a tabulek vidět pokles hodnot pH u lapáku tuku, a to o jedno celé číslo, kdy z hodnot pH u přítoku, kde byly hodnoty $5,00 \pm$ desetiny a setiny, klesly hodnoty u lapáku tuku na $4,00 \pm$ desetiny a setiny.

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku 5,13, hodnota na lapáku tuku byla 4,91. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,22.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku 5,10, hodnota na lapáku tuku byla 4,75. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,35.

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku 5,30, hodnota na lapáku tuku byla 4,68. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,62.

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 5,45, hodnota na lapáku tuku byla 4,80. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,65.

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 5,26, hodnota na lapáku tuku byla 4,35. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,91.

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku 5,73, hodnota na lapáku tuku byla 4,89. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,84.

U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku 5,45, hodnota na lapáku tuku byla 4,96. Na lapáku tuku se hodnota pH snížila o 0,49.

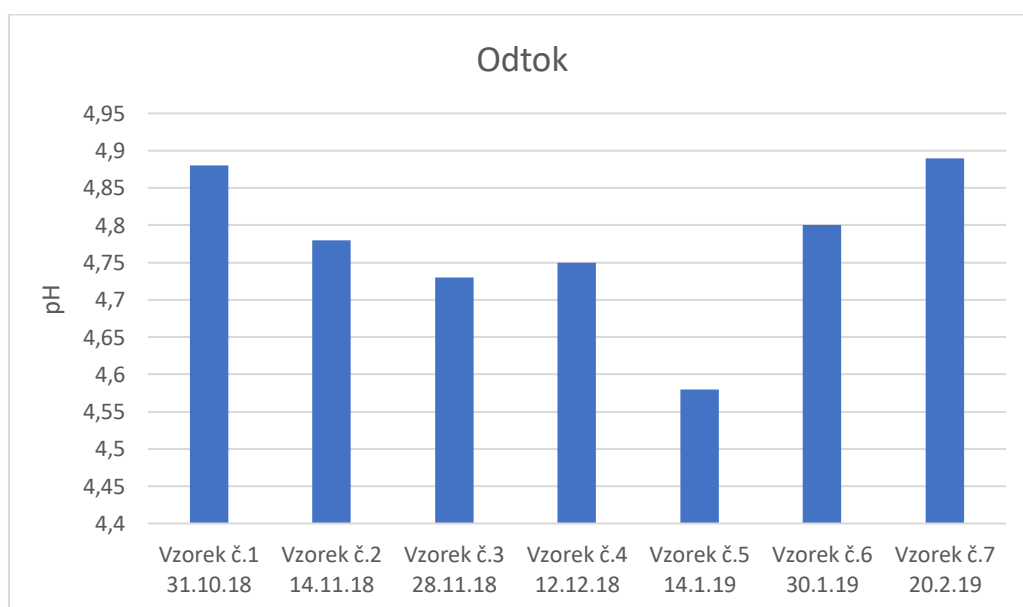
Z těchto hodnot vyplývá, že hodnoty pH u lapáku tuku klesly u všech odebraných vzorků. Nejvyšší snížení hodnot pH bylo u vzorku č. 5, kdy rozdíl hodnot byl 0,91. Nejnižší snížení bylo u vzorku č. 1, to bylo pouze 0,22. Příčinnou snížení hodnot je

změna teploty u lapáku tuku, kde se teplota vody zvyšuje, tím hodnoty pH klesají, tato změna hodnot je předpokládána. Pokles hodnot pH může být také způsoben nižším obsahem nerozpuštěných látek, který může snižovat hodnotu pH.

Tabulka 13 - Hodnoty pH u odtoku

	Vzorek č.1 31.10.18	Vzorek č.2 14.11.18	Vzorek č.3 28.11.18	Vzorek č.4 12.12.18	Vzorek č.5 14.1.19	Vzorek č.6 30.1.19	Vzorek č.7 20.2.19
Odtok	4,88	4,78	4,73	4,75	4,58	4,80	4,89

Graf 9 - Hodnoty pH u odtoku



V tabulce 13 jsou hodnoty pH na odtoku u odebraných vzorků.

Z tabulky 13 vychází graf 9, kde vidět kolísání jednotlivých hodnot pH v čase.

V grafu jsou vidět hodnoty pH, které se s časem mění. Nejnižší hodnota byla zaznamenána u vzorku č. 5 – 4,58, nejvyšší hodnota byla u vzorku č.7, a to 4,89.

U vzorku č. 1 byla hodnota u přítoku 5,13, hodnota na lapáku tuku byla 4,91 a hodnota u odtoku byla 4,88. Na lapáku tuku se tedy hodnota pH oproti přítoku snížila o 0,22. U odtoku se hodnota pH oproti lapáku tuku také snížila, ale jen o nepatrnou hodnotu 0,03.

U vzorku č. 2 byla hodnota u přítoku 5,10, hodnota na lapáku tuku byla 4,75 a hodnota u odtoku byla 4,78. Na lapáku tuku se hodnota pH oproti přítoku snížila o

0,35. U odtoku se hodnota pH oproti lapáku tuku zvýšila, ale jen o 0,03, jako u vzorku č. 1.

U vzorku č. 3 byla hodnota u přítoku 5,30, hodnota na lapáku tuku byla 4,68 a hodnota u odtoku byla 4,73. Na lapáku tuku se tedy hodnota pH oproti přítoku snížila o 0,62. U odtoku se ale hodnota pH oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 0,05.

U vzorku č. 4 byla hodnota u přítoku 5,45, hodnota na lapáku tuku byla 4,80 a hodnota u odtoku byla 4,75. Na lapáku tuku se hodnota pH oproti přítoku snížila o 0,65. U odtoku se hodnota pH oproti lapáku tuku snížila o 0,05.

U vzorku č. 5 byla hodnota u přítoku 5,26, hodnota na lapáku tuku byla 4,35 a hodnota u odtoku byla 4,58. Na lapáku tuku tedy hodnota pH oproti přítoku snížila o vysokých 0,91. U odtoku se ale hodnota pH oproti lapáku tuku zvýšila o 0,23.

U vzorku č. 6 byla hodnota u přítoku 5,73, hodnota na lapáku tuku byla 4,89 a hodnota u odtoku byla 4,80. Na lapáku tuku se tedy hodnota pH oproti přítoku opět snížila o hodnotu 0,84. U odtoku se hodnota pH oproti lapáku tuku snížila o 0,09.

U vzorku č. 7 byla hodnota u přítoku 5,45, hodnota na lapáku tuku byla 4,96 a hodnota u odtoku byla 4,89. Na lapáku tuku se tedy hodnota pH oproti přítoku snížila o 0,49. U odtoku se hodnota pH oproti lapáku tuku snížila, a to o 0,07.

Z daných hodnot a rozdílů mezi hodnotami pH u lapáku tuku a u odtoku je patrné, že u některých vzorků se hodnoty pH snižují a u některých zvyšují. Pokud by se měly tyto rozdíly porovnávat s rozdíly hodnot pH u přítoku a lapáku tuku, měly by hodnoty pH u odtoku být nižší než u lapáku tuku. Tato skutečnost je ale splněna jen u některých vzorků. U vzorků č. 2, č. 3, a č. 5 se hodnoty pH u odtoku oproti lapáku tuku zvýšily. Rozdíl nebyl vyšší než 0,23, což byla nejvyšší hodnota rozdílu mezi lapákem tuku a odtokem u vzorku č. 5. U vzorků č. 2 a č.3 byly rozdíly 0,03 a 0,05. Rozdíly hodnot pH u vzorků č. 2 a č.3 jsou velmi malé, proto je lze zanedbat. Rozdílem, který je patrný a projeví se u výsledků i dalších stanovení je rozdíl u vzorku č. 5, a to celých 0,23. Tento rozdíl již není zanedbatelný jako přechází dva, hodnota je mnohem vyšší. V tomto případě lze tento rozdíl a vyšší hodnotu pH u odtoku zdůvodnit možným vlivem přítomnosti nerozpuštěných látek, způsobem odběru daného vzorku, kdy mohlo být z odtoku odebrán vzorek s vyšším množstvím nerozpuštěných látek, které ve vodě zůstaly i jen v nepatrném množství. Další možná příčina mohlo být zkreslené měření hodnoty pH, kdy mohla být elektroda

více zanešena nerozpuštěnými látkami, což ovlivňuje měření. Posledním možným vysvětlením je vliv teploty, v čerpací jímce vyčištěné vody, kde je vyčištěná voda uchovávaná a jde dále do odtoku a do kanalizace mohla být vyšší teplota, to mohlo způsobit vyšší hodnotu pH.

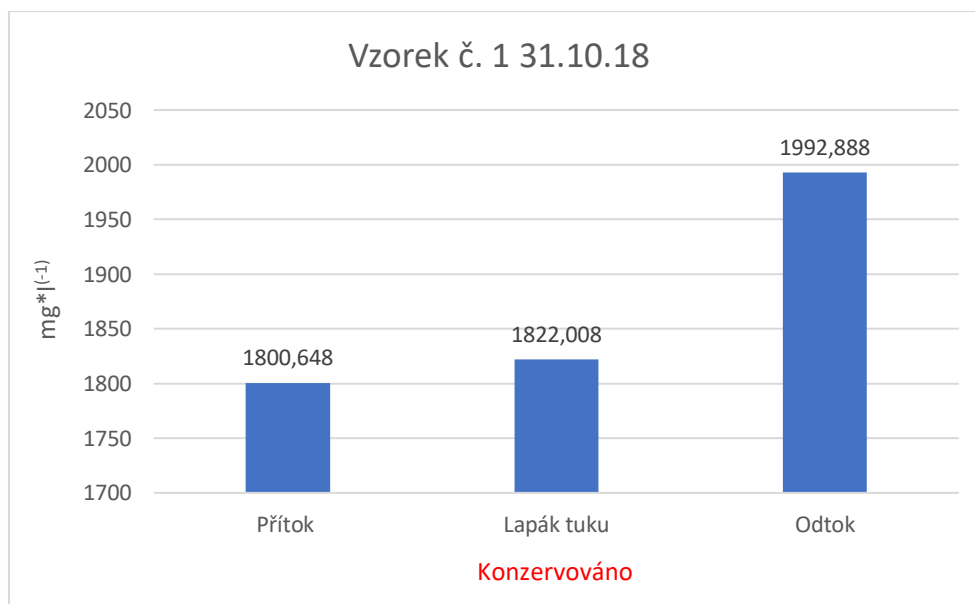
Nejmenší rozdíl mezi hodnotami pH u lapáku tuku a odtoku byla hodnota 0,03 u vzorků č. 1 a č. 2. Největší rozdíl byl u vzorku č. 5 - 0,23. U vzorků č. 3, č. 4, č. 6 a č. 7 se hodnota pH u odtoku snížila, a to u vzorku č. 3 o 0,05, u vzorku č. 4 o 0,05, u vzorku č. 6 o 0,09 a u vzorku č. 7 o 0,07.

4.4. Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným-CHSK_{Cr}

Tabulka 14 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 1

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 1 31.10.18	1800,648	1822,008	1992,888

Graf 10 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 1



V tabulce 14 jsou hodnoty stanovení CHSK_{Cr} u vzorku č. 1 na přítoku, lapáku tuku a odtoku.

Z tabulky 14 vychází graf 10, na grafu je vidět nárůst hodnot CHSK_{Cr} od přítoku po odtok. Hodnoty CHSK_{Cr} jsou vyjádřeny v mg.l⁻¹.

V grafu jsou vidět hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Jelikož byly vzorky vždy odebrány v jeden den, není u grafů všech sedmi vzorků časová závislost jednotlivých druhů vzorku. Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to $1800,648 \text{ mg.l}^{-1}$, nejvyšší hodnota byla u odtoku, a to $1992,888 \text{ mg.l}^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ $1800,648 \text{ mg.l}^{-1}$, u lapáku tuku $1822,008 \text{ mg.l}^{-1}$ a u odtoku byla hodnota nejvyšší $1992,888 \text{ mg.l}^{-1}$. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila o $21,36 \text{ mg.l}^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku zvýšila, a to o $170,88 \text{ mg.l}^{-1}$.

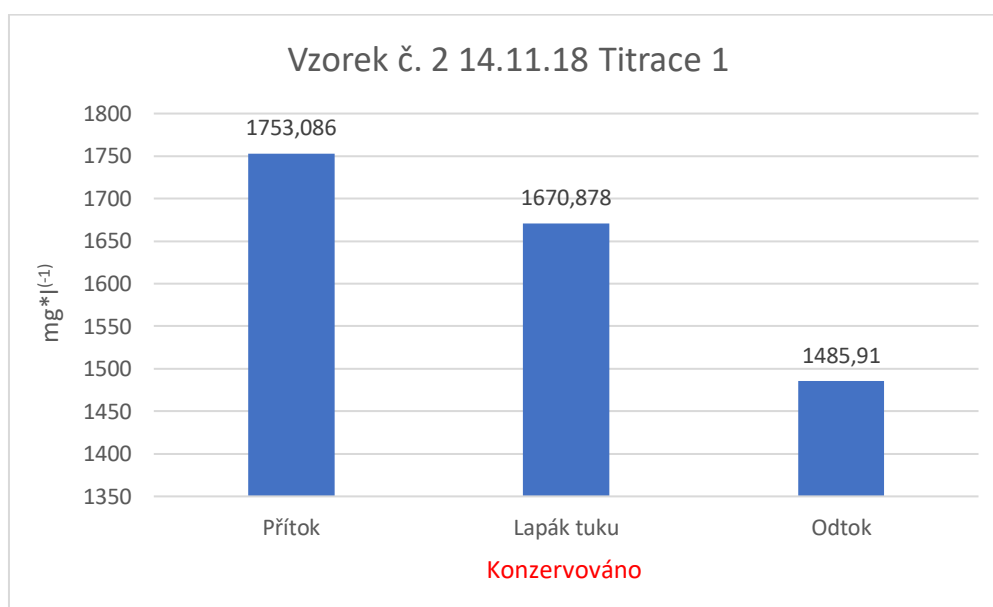
Z rozdílů hodnot $CHSK_{Cr}$ je vidět, že hodnoty u přítoku a lapáku tuku jsou si dost podobné, rozdíl je v rámci desítek a činí pouze $21,36 \text{ mg.l}^{-1}$. Výrazným rozdílem je hodnota u lapáku tuku s odtokem, který činí $170,88 \text{ mg.l}^{-1}$, což je o $149,52 \text{ mg.l}^{-1}$ více než rozdíl hodnot u přítoku a lapáku tuku.

Dané hodnoty jsou výsledky, které byly při měření stanoveny. Výsledky mohou být zkresleny faktem, že vzorky byly po jejich odběru zkonzervovány z časového hlediska a stanovení $CHSK_{Cr}$ se provádělo až po několikadenní konzervaci. Výsledné hodnoty se mohou lišit od skutečných hodnot $CHSK_{Cr}$, které by byly naměřeny ze vzorků stanovených ihned po odběru. Jelikož se u vzorku č. 1, jako u celkově prvního odebíraného vzorku, jednotlivá stanovení teprve optimalizovala pro daný druh odebírané odpadní vody a postupy stanovení se rovněž optimalizovali vzhledem k možnostem laboratoře, je třeba brát hodnoty u tohoto vzorku spíše jako přibližné.

Tabulka 15 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2, titrace 1

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 2 14.11.18 Titrace 1	1753,086	1670,878	1485,91

Graf 11 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2, titrace 1



V tabulce 15 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci u vzorku č. 2.

Z tabulky 15 vychází graf 11, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg.l^{-1}$.

V grafu jsou vidět hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u odtoku, a to 1485,91 $mg.l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla u přítoku, a to 1753,086 $mg.l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejvyšší 1753,086 $mg.l^{-1}$, u lapáku tuku 1670,878 $mg.l^{-1}$ a u odtoku byla hodnota nejnižší 1485,91 $mg.l^{-1}$. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku snížila o 82,208 $mg.l^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 184,968 $mg.l^{-1}$.

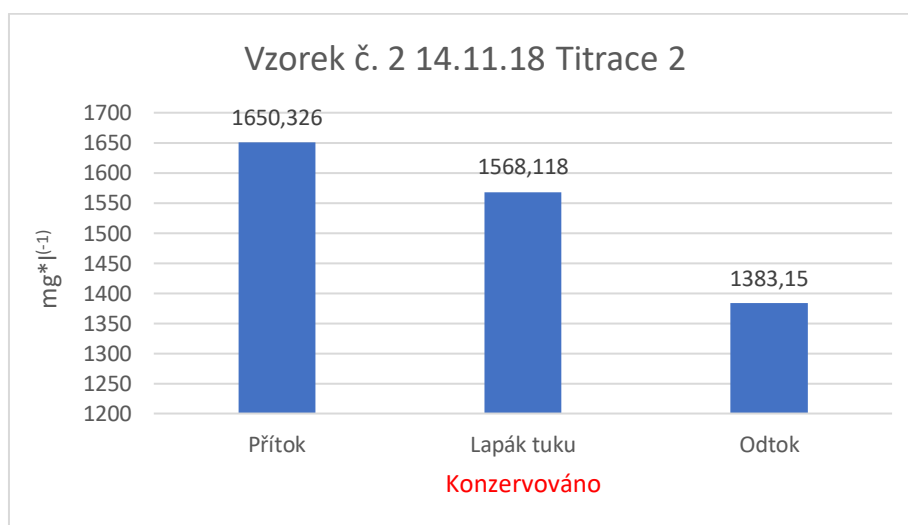
Z rozdílů hodnot $CHSK_{Cr}$ je vidět, že hodnoty u přítoku a lapáku tuku mají nižší rozdíl, ten činí 82,208 $mg.l^{-1}$. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem, který činí 184,968 $mg.l^{-1}$, je vyšší než u rozdílu hodnot u lapáku tuku s přítokem.

Výsledky, které byly při měření stanoveny mohou být opět zkresleny faktem, že vzorky byly po jejich odběru zkonzervovány a stanovení $CHSK_{Cr}$ se provádělo až po několikadenní konzervaci. U vzorku č. 2, kde se jedná o první titraci u tohoto vzorku, bylo stanovení provedeno podle postupu ve skriptech a doba varu byla 2 hodiny, jak bylo předepsáno. Vzhledem k těmto skutečnostem, jsou výsledné hodnoty $CHSK_{Cr}$ při těchto podmínkách vyhovující. Jelikož nebylo u tohoto vzorku provedeno stanovení ihned po odběru, není možnost výsledky ověřit a porovnat je se stanovením bez konzervace. Z rozdílu hodnot by poté bylo možné zjistit chybu, kterou je stanovení s konzervací zatíženo.

Tabulka 16 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2, titrace 2

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 2 14.11.18 Titrace 2	1650,326	1568,118	1383,15

Graf 12 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2, titrace 2



V tabulce 16 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 2 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se o druhou titraci u vzorku č. 2.

Z tabulky 16 vychází graf 12, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg \cdot l^{-1}$.

V grafu jsou znázorněny hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u odtoku, a to 1383,15 mg.l⁻¹, nejvyšší hodnota byla u přítoku, a to 1650,326 mg.l⁻¹.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejvyšší 1650,326 mg.l⁻¹, u lapáku tuku 1568,118 mg.l⁻¹ a u odtoku byla hodnota nejnižší 1383,15 mg.l⁻¹. Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku klesají od přítoku k odtoku stejně jako u první titrace tohoto vzorku. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku snížila o 82,208 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 184,968 mg.l⁻¹.

Z rozdílů hodnot $CHSK_{Cr}$ je známo, že hodnoty u přítoku a lapáku tuku mají nižší rozdíl, ten činí 82,208 mg.l⁻¹. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem, který činí 184,968 mg.l⁻¹, je vyšší než u rozdílu hodnot u lapáku tuku s přítokem.

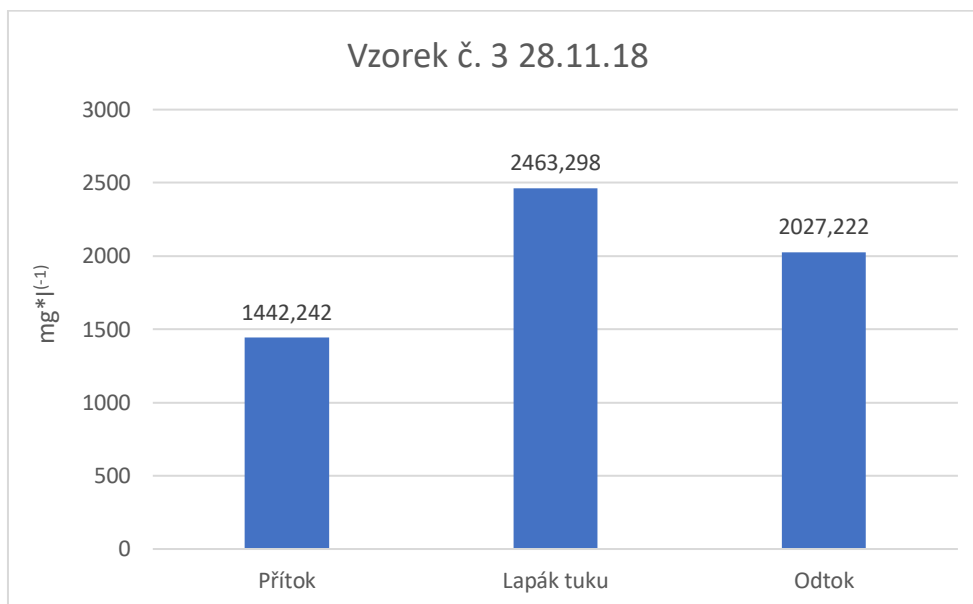
Ačkoliv byly hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u první titrace jiné, rozdíly u jednotlivých druhů vzorků jsou stejné.

Výsledky, které byly při měření stanoveny mohou být opět zkresleny faktem, že vzorky byly po jejich odběru zkonzervovány a stanovení $CHSK_{Cr}$ se provádělo až po několikadenní konzervaci. U vzorku č. 2, jedná se o druhou titraci u tohoto vzorku, bylo stanovení provedeno podle postupu ve skriptech, ale doba varu byla zkrácena na 1 hodinu, kvůli časovým možnostem. Jelikož nebylo u tohoto vzorku provedeno stanovení ihned po odběru, není možnost výsledky ověřit a porovnat je se stanovením bez konzervace. Z rozdílů hodnot by poté bylo možné zjistit chybu, kterou je stanovení s konzervací zatíženo. U tohoto vzorku je možné porovnat hodnoty $CHSK_{Cr}$ u první titrace a u druhé titrace. Jednotlivé druhy vzorku (přítok, lapák tuku, odtok) se liší v jednotlivých hodnotách, v první titrace jsou hodnoty všech vzorků vyšší, ovšem rozdíly hodnot mezi jednotlivými vzorky jsou u první i druhé titrace stejné. Tento fakt nebyl předpokládán, zvláště vzhledem ke skutečnosti, že první titrace byla provedena za varu 2 hodiny a titrace dvě za varu 1 hodiny, což hodnoty $CHSK_{Cr}$ ovlivňuje.

Tabulka 17 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 3 28.11.18	1442,242	2463,298	2027,222

Graf 13 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3



V tabulce 17 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci a druhou titraci u vzorku č. 3 bez konzervace, hodnoty titrací jsou zprůměrované.

Z tabulky 17 vychází graf 13, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg.l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to 1442,242 $mg.l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla na lapáku tuku, a to 2463,298 $mg.l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 1442,242 $mg.l^{-1}$, u lapáku tuku 2463,298 $mg.l^{-1}$ byla nejvyšší a u odtoku byla hodnota 2027,222 $mg.l^{-1}$. Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 1021,056 $mg.l^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 436,076 $mg.l^{-1}$.

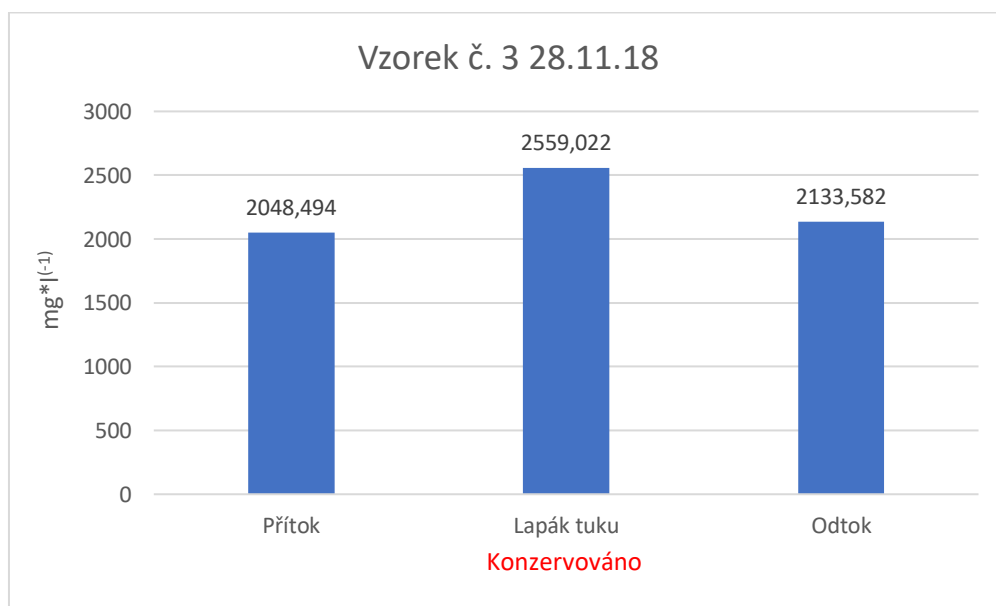
Rozdíly hodnot $CHSK_{Cr}$ u přítoku a lapáku tuku mají vyšší rozdíl, ten činí 1021,056 $mg.l^{-1}$. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem, který činí 436,076 $mg.l^{-1}$, je nižší než u rozdílu hodnot u lapáku tuku s přítokem.

Výsledky, které byly při měření stanoveny jsou naměřené výsledky a pro daný vzorek při předepsaných podmínkách jsou relevantní. U vzorku č. 3, jedná se o první a druhou titraci u tohoto vzorku, bylo stanovení provedeno podle postupu ve skriptech, ale doba varu byla zkrácena na 1 hodinu, kvůli časovým možnostem. Vzorek nebyl konzervován a stanovení bylo provedeno ihned po odběru vzorku. Z tohoto hlediska nemohly být hodnoty $CHSK_{Cr}$ zkresleny vlivem konzervace. Naměřené výsledky může ovlivňovat vliv doby varu – 1 hodina. Vliv na hodnoty má samozřejmě i vzorek vody jako takový, kdy hodnoty $CHSK_{Cr}$ ovlivňují vlastnosti vzorku, toto tvrzení je aplikovatelné na všechny odebrané vzorky.

Tabulka 18 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3, konzervováno

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 3 28.11.18	2048,494	2559,022	2133,582

Graf 14 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3, konzervováno



V tabulce 18 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 3 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se třetí titraci u vzorku č. 3 s konzervací.

Z tabulky 18 vychází graf 14, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg.l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, měnící se u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to 2048,494 $mg.l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla na lapáku tuku, a to 2559,022 $mg.l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 2048,494 $mg.l^{-1}$, u lapáku tuku 2559,022 $mg.l^{-1}$ byla nejvyšší a u odtoku byla hodnota 2133,582 $mg.l^{-1}$. Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 510,528 $mg.l^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 425,44 $mg.l^{-1}$.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u přítoku se lišily, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1442,242 $mg.l^{-1}$, u titrace s konzervací 2048,494 $mg.l^{-1}$. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy u tohoto vzorku vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 606,252 $mg.l^{-1}$.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u lapáku tuku se lišily, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 2463,298 $mg.l^{-1}$, u titrace s konzervací 2559,022 $mg.l^{-1}$. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 95,724 $mg.l^{-1}$.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u odtoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 2027,222 $mg.l^{-1}$, u titrace s konzervací 2133,582 $mg.l^{-1}$. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy opět vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 106,36 $mg.l^{-1}$.

Ačkoliv se hodnoty jednotlivých titrací lišily, jejich růst a pokles hodnot byl stejný. Hodnoty přítoků byly nejnižší a nejvyšší byly hodnoty u lapáku tuku. Zároveň byly u všech druhů vzorku hodnoty $CHSK_{Cr}$ vyšší u titrace s konzervací.

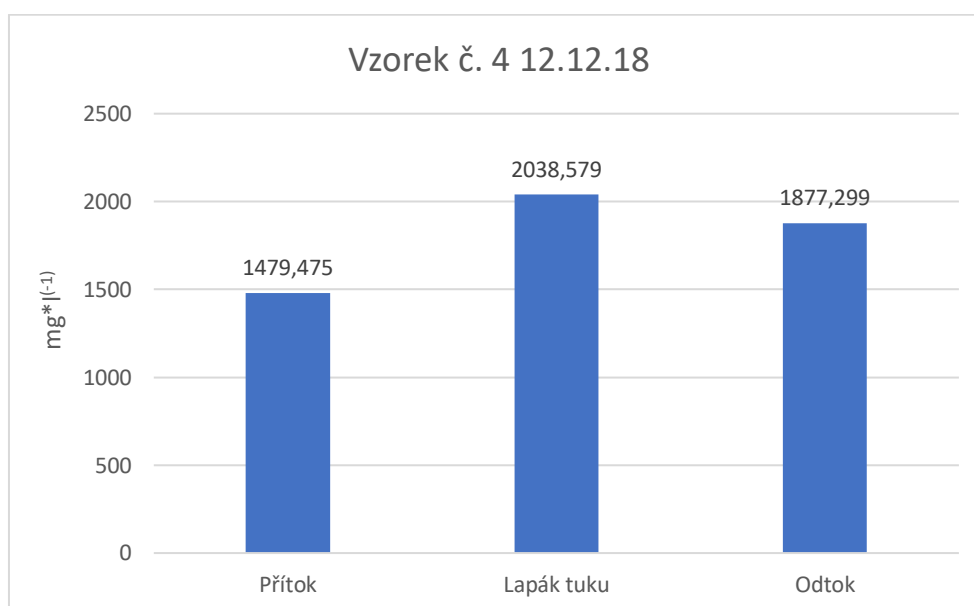
Výsledky, které byly při měření stanoveny jsou naměřené výsledky a pro daný vzorek při předepsaných podmínkách jsou relevantní. U vzorku č. 3, jedná se o třetí titraci u tohoto vzorku, bylo stanovení provedeno podle postupu ve skriptech a doba varu zůstala na 1 hodině. Vzorek byl konzervován a stanovení bylo provedeno po několika dnech. Z tohoto hlediska mohly být hodnoty $CHSK_{Cr}$ zkresleny vlivem konzervace, což byl jev, kterého se chtělo dosáhnout, z hlediska zpětného porovnání výsledků

vzorků bez konzervace a s konzervací, kdy nám porovnání dává opět další hodnoty k již známým výsledkům.

Tabulka 19 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 4

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 4 12.12.18	1479,475	2038,579	1877,299

Graf 15 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 4



V tabulce 19 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 4 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci a druhou titraci u vzorku č. 4 bez konzervace, hodnoty titrací jsou zprůměrované.

Z tabulky 19 vychází graf 15, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg.l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, měnící se u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to 1479,475 $mg.l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla na lapáku tuku, a to 2038,579 $mg.l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 1479,475 $mg.l^{-1}$, u lapáku tuku 2038,579 $mg.l^{-1}$ byla nejvyšší a u odtoku byla hodnota 1877,299 $mg.l^{-1}$. Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota

oproti přítoku zvýšila 559,104 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 161,28 mg.l⁻¹.

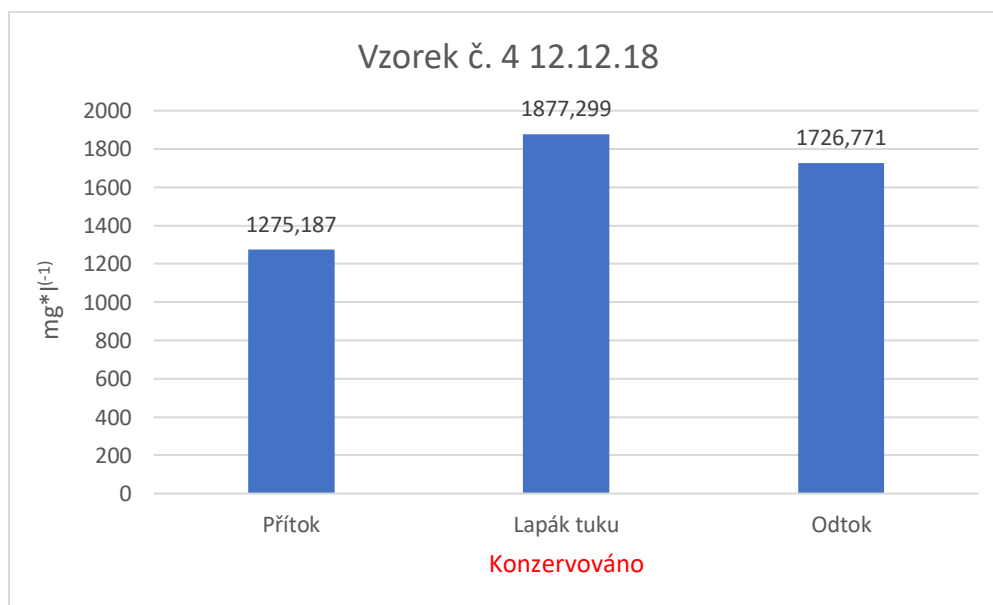
Rozdíly hodnot CHSK_{Cr} u přítoku a lapáku tuku mají vyšší rozdíl, ten činí 559,104 mg.l⁻¹. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem, který činí 161,28 mg.l⁻¹, je nižší než u rozdílu hodnot u lapáku tuku s přítokem.

Naměřené výsledky pro daný vzorek při předepsaných podmínkách jsou relevantní. U vzorku č. 4 se jedná o první a druhou titraci u tohoto vzorku. Vzorek nebyl konzervován a stanovení bylo provedeno ihned po odběru vzorku. Z tohoto hlediska nemohly být hodnoty CHSK_{Cr} zkresleny vlivem konzervace.

Tabulka 20 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 4, konzervováno

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 4 12.12.18	1275,187	1877,299	1726,771

Graf 16 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 4, konzervováno



V tabulce 20 jsou hodnoty stanovení CHSK_{Cr} u vzorku č. 4 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se třetí titraci u vzorku č. 3 s konzervací.

Z tabulky 20 vychází graf 16, hodnoty CHSK_{Cr} v grafu jsou od přítoku po odtok. Hodnoty CHSK_{Cr} jsou vyjádřeny v mg.l⁻¹.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, měnící se u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla opět u přítoku, a to 1275,187 mg.l⁻¹, nejvyšší hodnota byla na lapáku tuku, a to 1877,299 mg.l⁻¹.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 1275,187 mg.l⁻¹, u lapáku tuku 1877,299 mg.l⁻¹ byla nejvyšší a u odtoku byla hodnota 1726,771 mg.l⁻¹. Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 602,112 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 150,528 mg.l⁻¹.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u přítoku se lišily, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1479,475 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1275,187 mg.l⁻¹. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy u tohoto vzorku vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 204,288 mg.l⁻¹.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u lapáku tuku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 2038,579 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1877,299 mg.l⁻¹. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 161,28 mg.l⁻¹.

Hodnoty $CHSK_{Cr}$ titrace bez konzervace a titrace s konzervací u odtoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1877,299 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1726,771 mg.l⁻¹. Hodnota $CHSK_{Cr}$ byla tedy opět vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 150,528 mg.l⁻¹.

Ačkoliv se hodnoty jednotlivých titrací lišily, jejich růst a pokles hodnot byl stejný. Hodnoty přítoků byly nejnižší a nejvyšší byly hodnoty u lapáku tuku. Zároveň byly u všech druhů vzorku hodnoty $CHSK_{Cr}$ vyšší u titrace bez konzervace.

Avšak u tohoto vzorku byly hodnoty vzorku bez konzervace vyšší než u vzorku zakonzervovaného, u vzorku č. 3 tomu bylo naopak. Zvláštností je, že se u vzorku č. 4 opakuje hodnota 1877,299 mg.l⁻¹, u vzorku bez konzervace je tato hodnota u odtoku a u zakonzervovaného vzorku je u lapáku tuku, v tomto případě se jedná spíše o náhodu než opodstatněný fakt.

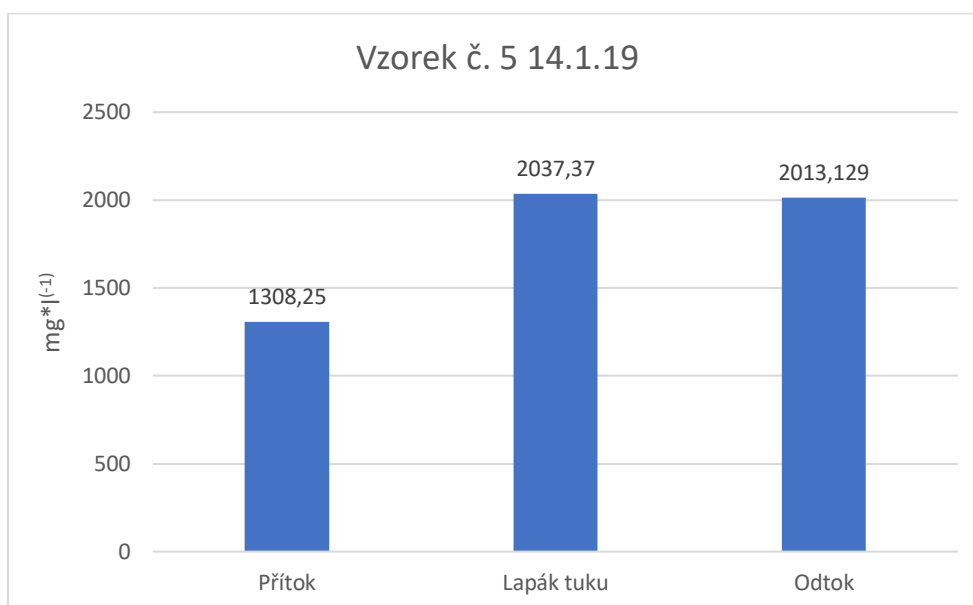
U vzorku č. 4, jedná se o třetí titraci u tohoto vzorku, byl vzorek konzervován a stanovení bylo provedeno po několika dnech. Z tohoto hlediska mohly být hodnoty $CHSK_{Cr}$ zkresleny vlivem konzervace, ale v porovnání s výsledky stanovení bez

konzervace nám tyto výsledky dávají porovnání jednotlivých vlivů na hodnoty CHSK_{Cr} u odebraných vzorků.

Tabulka 21 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 5

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 5 14.1.19	1308,25	2037,37	2013,129

Graf 17 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 5



V tabulce 21 jsou hodnoty stanovení CHSK_{Cr} u vzorku č. 5 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci a druhou titraci u vzorku č. 5 bez konzervace, hodnoty titrací jsou zprůměrované.

Z tabulky 21 vychází graf 17, graf znázorňuje hodnoty CHSK_{Cr} od přítoku po odtok. Hodnoty CHSK_{Cr} jsou vyjádřeny v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty CHSK_{Cr} , které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to 1308,25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, nejvyšší hodnota byla na lapáku tuku, a to 2037,37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

U přítoku byla hodnota CHSK_{Cr} nejnižší 1308,25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, u lapáku tuku 2037,37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ byla nejvyšší a u odtoku byla hodnota 2013,129 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. U hodnot u přítoku, lapáku tuku a odtoku se střídá růst a pokles jednotlivých hodnot. U lapáku tuku se hodnota

oproti přítoku zvýšila 729,12 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 24,241 mg.l⁻¹.

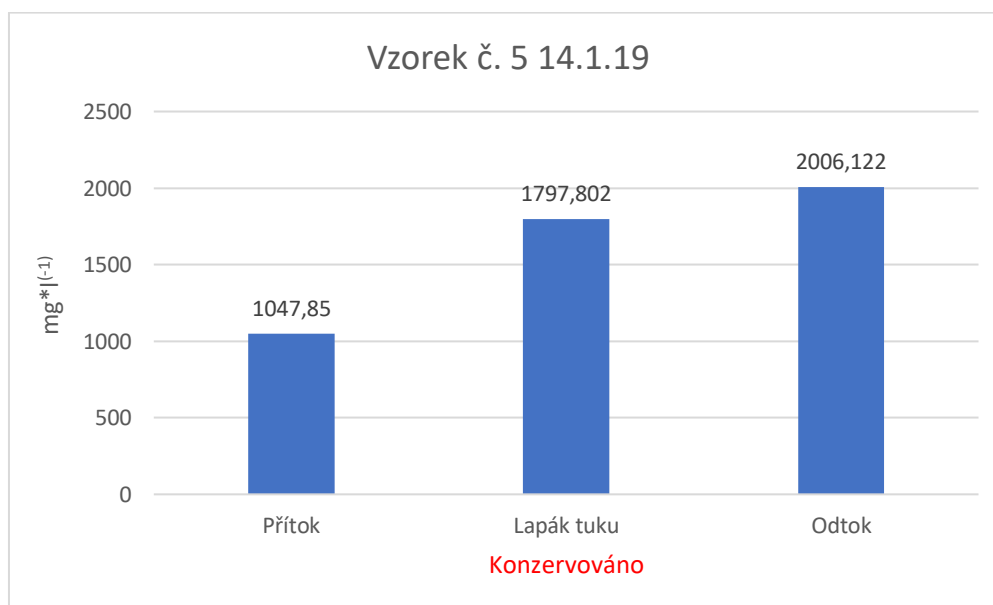
Rozdíly hodnot CHSK_{Cr} u přítoku a lapáku tuku mají vyšší rozdíl, ten činí 729,12 mg.l⁻¹. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem, který činí 24,241 mg.l⁻¹, je mnohem nižší.

Výsledky daného vzorku jsou vzhledem k daným podmínkám vyhovující. U vzorku č. 5 se jedná o první a druhou titraci u tohoto vzorku. Vzorek nebyl konzervován a stanovení bylo provedeno ihned po odběru vzorku.

Tabulka 22 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 5, konzervováno

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 5 14.1.19	1047,85	1797,802	2006,122

Graf 18 - CHSK_{Cr} u vzorku č. 5, konzervováno



V tabulce 22 jsou hodnoty stanovení CHSK_{Cr} u vzorku č. 5 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se třetí titraci u vzorku č. 5 s konzervací.

Z tabulky 22 vychází graf 18, hodnoty CHSK_{Cr} v grafu jsou hodnoty přítoku, lapáku tuku a odtoku. Hodnoty CHSK_{Cr} jsou vyjádřeny v mg.l⁻¹.

V grafu jsou hodnoty CHSK_{Cr} , měnící se u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla opět u přítoku, a to 1047,85 mg.l^{-1} , nejvyšší hodnota byla u tohoto vzorku na odtoku, a to 2006,122 mg.l^{-1} .

U přítoku byla hodnota CHSK_{Cr} nejnižší 1047,85 mg.l^{-1} , u lapáku tuku 1797,802 mg.l^{-1} a u odtoku byla nejvyšší hodnota 2006,122 mg.l^{-1} . Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 749,952 mg.l^{-1} . U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 208,32 mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u přítoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1308,25 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 1047,85 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy u tohoto vzorku vyšší u vzorku bez konzervace, a to o mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u lapáku tuku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 2037,37 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 1797,802 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 239,568 mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u odtoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 2013,129 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 2006,122 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy opět vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 7,007 mg.l^{-1} .

Hodnoty jednotlivých titrací se lišily a lišil se i jejich růst a pokles hodnot. U vzorku bez konzervace byla nejvyšší hodnota u lapáku tuku a u vzorku s konzervací byla tato hodnota u odtoku. Zároveň byly u všech druhů vzorku hodnoty CHSK_{Cr} vyšší u titrace bez konzervace.

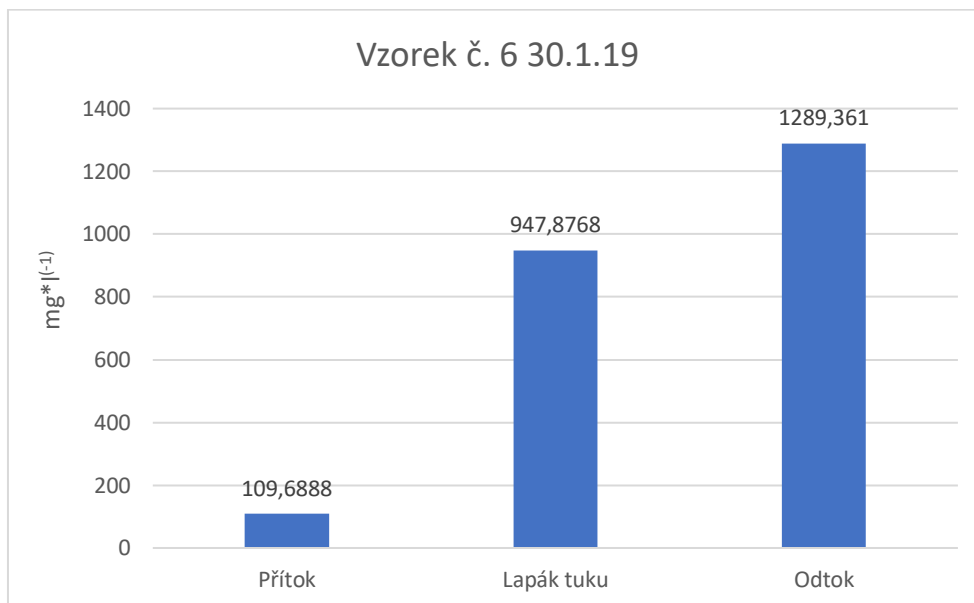
U tohoto vzorku byly hodnoty vzorku bez konzervace vyšší jako u vzorku č. 4.

U vzorku č. 5, jedná se o třetí titraci u tohoto vzorku, byl vzorek konzervován a stanovení bylo provedeno po několika dnech. Z tohoto hlediska mohly být hodnoty CHSK_{Cr} zkresleny vlivem konzervace, porovnáním s hodnotami vzorku bez konzervace nám tyto hodnoty dávají další informace o provedeném stanovení a vlivu konzervace na vzorek.

Tabulka 23 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 6

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 6 30.1.19	109,6888	947,8768	1289,361

Graf 19 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 6



V tabulce 23 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 6 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci a druhou titraci u vzorku č. 6 bez konzervace, hodnoty titrací jsou zprůměrované.

Z tabulky 23 vychází graf 19, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg \cdot l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u přítoku, a to 109,6888 $mg \cdot l^{-1}$, tato hodnota je nejnižší hodnotou stanovení $CHSK_{Cr}$ u všechny sedmi odebraných vzorků. Nejvyšší hodnota byla na odtoku, a to 1289,361 $mg \cdot l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 109,6888 $mg \cdot l^{-1}$, u lapáku tuku 947,8768 $mg \cdot l^{-1}$ a u odtoku byla nejvyšší hodnota 1289,361 $mg \cdot l^{-1}$. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 838,188 $mg \cdot l^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 341,4842 $mg \cdot l^{-1}$.

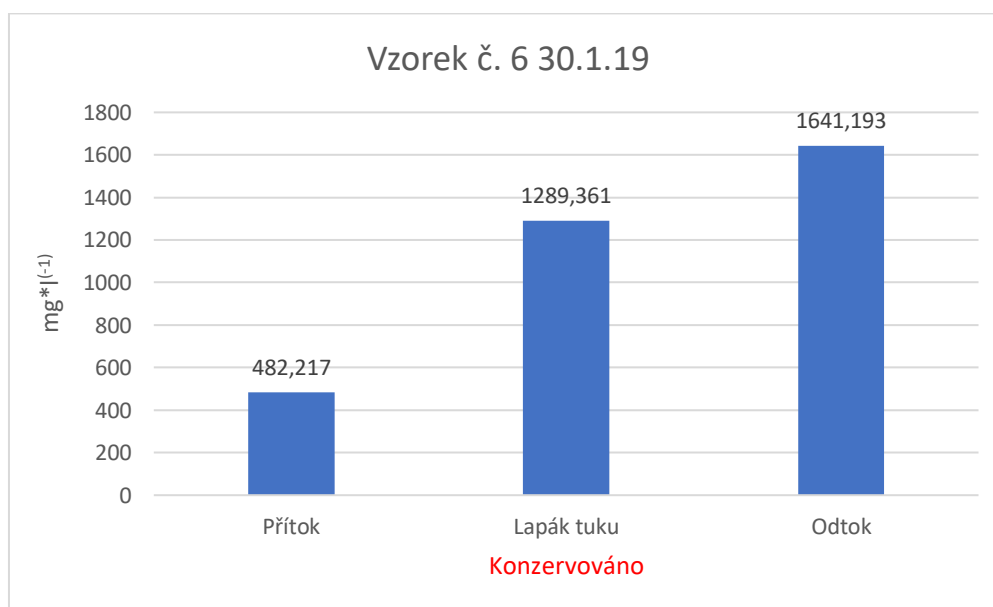
Rozdíly hodnot $CHSK_{Cr}$ u přítoku a lapáku tuku mají vyšší rozdíl, ten činí 838,188 $mg \cdot l^{-1}$. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem činí 341,4842 $mg \cdot l^{-1}$.

Výsledky daného vzorku jsou vzhledem k daným podmínkám vyhovující. U vzorku č. 6 se jedná o první a druhou titraci u tohoto vzorku. Vzorek nebyl konzervován a stanovení bylo provedeno ihned po odběru vzorku. Hodnoty všech druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok) jsou celkově nejnižší ze všech sedmi odebraných vzorků. Tato skutečnost je s největší pravděpodobností dána tím, že odběrový den byl několik dní po havárii objektu, kde se odebíraly vzorky. Havárie byla způsobena prasklým čerpadlem, tím pádem všechna voda z čerpacích jímek vytekla ven, tím byly změněny její vlastnosti, teplota a především byly hladiny všech částí objektů velmi malé a nedalo se téměř odebrat vzorky. Za těchto okolností se daly změny ve stanovení očekávat a nejsou proto překvapující.

Tabulka 24 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 6, konzervováno

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 6 30.1.19	482,217	1289,361	1641,193

Graf 20 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 6, konzervováno



V tabulce 24 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 5 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se třetí titraci u vzorku č. 5 s konzervací.

Z tabulky 24 vychází graf 20, hodnoty $CHSK_{Cr}$ v grafu jsou hodnoty přítoku, lapáku tuku a odtoku. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg \cdot l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty CHSK_{Cr} , u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok) se mění jejich hodnoty. Nejnižší hodnota byla opět u přítoku, a to 482,217 mg.l^{-1} , nejvyšší hodnota byla u tohoto vzorku na odtoku, a to 1641,193 mg.l^{-1} .

U přítoku byla hodnota CHSK_{Cr} nejnižší 482,217 mg.l^{-1} , u lapáku tuku 1289,361 mg.l^{-1} a u odtoku byla nejvyšší hodnota 1641,193 mg.l^{-1} . Hodnoty u přítoku, lapáku tuku a odtoku kolísají, střídá se růst a pokles hodnot. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku zvýšila 807,144 mg.l^{-1} . U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 351,832 mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u přítoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 109,6888 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 482,217 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy u tohoto vzorku vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 372,5282 mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u lapáku tuku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 947,8768 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 1289,361 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 341,4842 mg.l^{-1} .

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u odtoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1289,361 mg.l^{-1} , u titrace s konzervací 1641,193 mg.l^{-1} . Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy opět vyšší u vzorku zakonzervovaného, a to o 351,832 mg.l^{-1} .

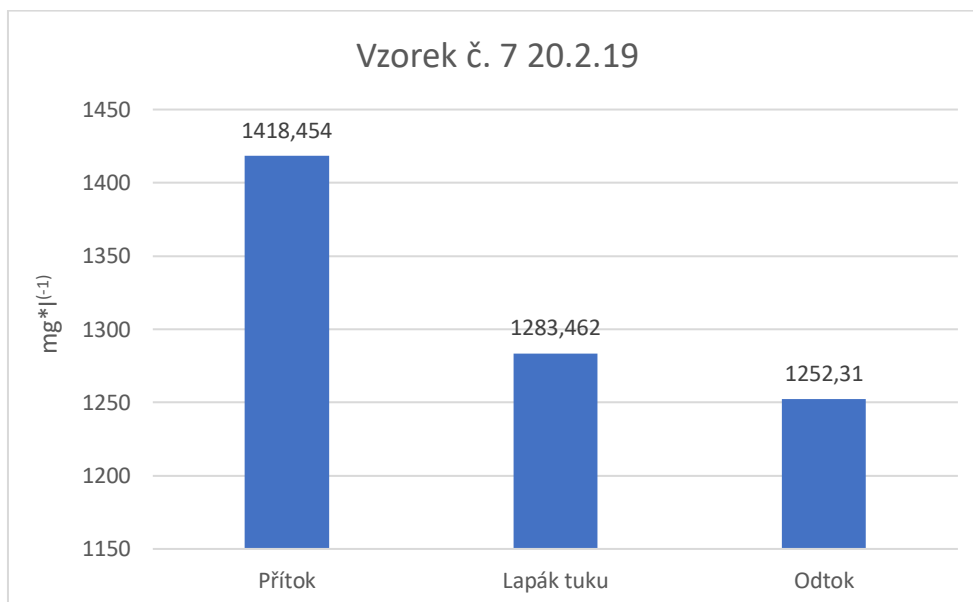
Hodnoty jednotlivých titrací se lišily, růst a pokles u jednotlivých druhů vzorku se však nelišil. Zároveň byly u všech druhů vzorku hodnoty CHSK_{Cr} vyšší u titrace s konzervací. Hodnota 1289,361 mg.l^{-1} se opakuje, u vzorku bez konzervace je tato hodnota u odtoku a u zakonzervovaného vzorku je u lapáku tuku, v tomto případě se opět jedná spíše o náhodu jako u vzorku č. 4.

Jedná se o třetí titraci u tohoto vzorku, byl vzorek konzervován a stanovení bylo provedeno za několik dní. Jak již bylo uvedeno u hodnot a grafu vzorku č. 5 bez konzervace, důvodem nízkých hodnot CHSK_{Cr} , nejnižších ze všech odebíraných vzorků, je havárie v objektu odběru vzorků.

Tabulka 25 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 7

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 7 20.2.19	1418,454	1283,462	1252,31

Graf 21 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 7



V tabulce 25 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 7 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se první titraci a druhou titraci u vzorku č. 7 bez konzervace, hodnoty titrací jsou zprůměrované.

Z tabulky 25 vychází graf 21, graf znázorňuje hodnoty $CHSK_{Cr}$ od přítoku po odtok. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg.l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, které se mění u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok). Nejnižší hodnota byla u odtoku, a to 1252,31 $mg.l^{-1}$. Nejvyšší hodnota byla na přítoku, a to 1418,454 $mg.l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejvyšší 1418,454 $mg.l^{-1}$, u lapáku tuku 1283,462 $mg.l^{-1}$ a u odtoku byla nejnižší hodnota 1252,31 $mg.l^{-1}$. U lapáku tuku se hodnota oproti přítoku snížila o 134,992 $mg.l^{-1}$. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku snížila, a to o 31,152 $mg.l^{-1}$.

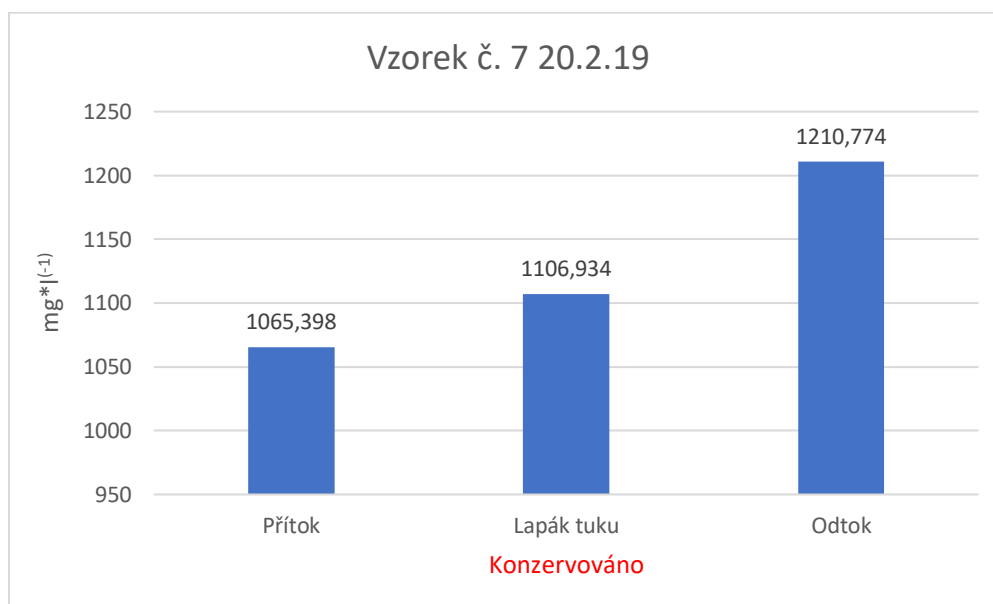
Rozdíl hodnot $CHSK_{Cr}$ u přítoku a lapáku tuku činí 134,992 $mg.l^{-1}$. Rozdíl mezi lapákem tuku s odtokem činí 31,152 $mg.l^{-1}$.

Výsledky daného vzorku jsou vzhledem k daným podmínkám vyhovující. U vzorku č. 7 se jedná o první a druhou titraci u tohoto vzorku. Vzorek nebyl konzervován a stanovení bylo provedeno ihned po odběru vzorku. Vzorek č. 7 je posledním odebíraným vzorkem.

Tabulka 26 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 7, konzervováno

	Přítok	Lapák tuku	Odtok
Vzorek č. 7 20.2.19	1065,398	1106,934	1210,774

Graf 22 - $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 7, konzervováno



V tabulce 26 jsou hodnoty stanovení $CHSK_{Cr}$ u vzorku č. 5 na přítoku, lapáku tuku a odtoku. Jedná se třetí titraci u vzorku č. 5 s konzervací.

Z tabulky 26 vychází graf 22, v grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$ přítoku, lapáku tuku a odtoku. Hodnoty $CHSK_{Cr}$ jsou vyjádřeny v $mg \cdot l^{-1}$.

V grafu jsou hodnoty $CHSK_{Cr}$, u jednotlivých druhů vzorku (přítok, lapák tuku, odtok) se mění jejich hodnoty. Nejnižší hodnota byla opět u přítoku, a to 1065,398 $mg \cdot l^{-1}$, nejvyšší hodnota byla u tohoto vzorku na odtoku, a to 1210,774 $mg \cdot l^{-1}$.

U přítoku byla hodnota $CHSK_{Cr}$ nejnižší 1065,398 $mg \cdot l^{-1}$, u lapáku tuku 1106,934 $mg \cdot l^{-1}$ a u odtoku byla nejvyšší hodnota 1210,774 $mg \cdot l^{-1}$. U lapáku tuku se hodnota

oproti přítoku zvýšila o 41,536 mg.l⁻¹. U odtoku se hodnota oproti lapáku tuku zvýšila, a to o 103,84 mg.l⁻¹.

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u přítoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1418,454 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1065,398 mg.l⁻¹. Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy u tohoto vzorku vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 353,056 mg.l⁻¹.

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u lapáku tuku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1283,462 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1106,934 mg.l⁻¹. Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 176,528 mg.l⁻¹.

Hodnoty CHSK_{Cr} titrace bez konzervace a titrace s konzervací u odtoku, rozdíl hodnot byl dán vlivem konzervace, hodnota u titrace bez konzervace byla 1252,31 mg.l⁻¹, u titrace s konzervací 1210,774 mg.l⁻¹. Hodnota CHSK_{Cr} byla tedy opět vyšší u vzorku bez konzervace, a to o 41,536 mg.l⁻¹.

Hodnoty jednotlivých titrací se lišily, růst a pokles u jednotlivých druhů vzorku byl opačný. U vzorku bez konzervace byla nejvyšší hodnota na přítoku a dále pak hodnoty klesaly. U vzorku zakonzervovaného byla nejvyšší hodnota u odtoku a hodnota přítoku byla nejnižší. U všech druhů vzorku byly hodnoty CHSK_{Cr} vyšší u titrace bez konzervace.

Jedná se o třetí titraci u tohoto vzorku, byl vzorek konzervován a stanovení bylo provedeno za několik dní.

4.5. Stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS)

Posledním stanovením bylo stanovení aniontových tenzidů methylenovou modří (MBAS), toto stanovení bylo provedeno pouze jednou u posledního vzorku č. 7 a stanovení proběhlo ihned po odběru vzorku a vzorek nebyl konzervován. Metoda byla provedena kvůli zjištění přítomnosti či nepřítomnosti aniontových tenzidů ve vzorku odpadní vody. Postup probíhal přesně podle skript, avšak zkouška na přítomnost aniontových tenzidů byla negativní. Z toho důvodu proveden ještě slepý pokus s destilovanou vodou, zda se ve vzorku odpadní vody opravdu aniontové tenzidy nenacházejí nebo byla chyba v provedení stanovení.



Obrázek 12 – Zkouška na aniontové tenzidy u vzorku odpadní vody



Obrázek 13 – Slepý pokus s destilovanou vodou

Zdroj: Vlastní foto

U slepého pokusu s destilovanou vodou, byl do destilované vody přidán aniontový tenzid v podobě přípravku na nádobí. Přídavek tohoto druhu tenzidu byl zhruba 2 kapky. Jak je vidět z porovnání fotografií, u první fotografie je spodní organická část čirá, zatímco by měly mít odstín modré barvy. U druhé fotografie se tento jev uskutečnil, odstín modré barvy je ovlivněn přídavkem tenzidu v podobě jaru, kdy se vytvořila značná vrstva pěny. Z tohoto důvodu je spodní vrstva jen světle modrá. Slepá pokus tedy potvrdil správnost provedení stanovení a potvrdil, že ve vzorku odpadní vody se aniontové tenzidy nenacházely.

Důvodem nepřítomnosti aniontových tenzidů ve vzorku odpadní vody může být vstřebání většiny aniontových tenzidů v nerozpuštěných látkách. Většina tenzidů se tedy naváže na nerozpuštěné látky organického původu (oleje, tuky) a pouze minimum těchto látek zůstává v odpadní vodě, kde v tak nízké koncentraci není možné jejich přítomnost stanovit. Dalším důvodem může být použití prostředků s aniontovými tenzidy v provozu kuchyně, kdy použití těchto přípravků nemusí v kuchyni probíhat a používají se přípravky s jinými druhy tenzidů nebo jinými látkami.

5. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo stanovení vybraných parametrů odpadních vod v podmínkách malé ČOV a případná optimalizace čistícího procesu v podmínkách malé ČOV.

Během časového období bylo odebráno sedm vzorků odpadní vody z areálu Krajského soudu, a to ve třech druzích – přítok, lapák tuku, odtok. U vzorků odpadní vody se sledovalo celkem pět vybraných parametrů - přítomnost nerozpuštěných látek NL, rozpuštěných látek RL, hodnota pH, chemická spotřeba kyslíku dichromanem draselným- $CHSK_{Cr}$ a přítomnost aniontových tenzidů methylenovou modří.

Výsledky stanovení nerozpuštěných látek na přítoku, lapáku tuku a odtoku jsou zaznamenány v tabulkách 5, 6 a 7. Tabulkám odpovídají grafy 1, 2 a 3. Z daných výsledků je patrné, že odpadní vody z provozu kuchyně jsou silně znečištěny a mají vysoký obsah nerozpuštěných látek, což je vidět na grafu 1, který znázorňuje nerozpuštěné látky u přítoku. Porovnáním hodnot u přítoku a lapáku tuku je jednoznačný výsledek, kdy hodnoty NL u přítoku klesly u lapáku tuku z tisíců na stovky $mg.l^{-1}$. Výstup v podobě odtoku toto tvrzení potvrzuje. Hodnoty NL u odtoku podle provozního řádu čistírny odpadních vod z provozu kuchyně v areálu Krajského soudu v Plzni musí mít hodnotu maximálně $200 mg.l^{-1}$ podle Kanalizačního řádu veřejné kanalizace města Plzně. V tomto případě byly limitní koncentrace překročeny u vzorku č. 2 o $254,66 mg.l^{-1}$, tato hodnota činí velké překročení daných limitů, jejím zdůvodněním může být pouze fakt, že u vzorku č. 2 byla nejvyšší hodnota NL i u přítoku, a to neskutečných $12\,635 mg.l^{-1}$. Dalšími vzorky, které překročily limity pro přítomnost nerozpuštěných látek jsou vzorky č. 3 o $59,33 mg.l^{-1}$, č. 5 o $12,66 mg.l^{-1}$ a č. 7 o $62,66 mg.l^{-1}$. U naměřených výsledků může hrát roli použití filtru, které se zvolilo kvůli možnostem laboratoře, proto mohou být hodnoty výsledků tímto faktem ovlivněny.

Výsledky stanovení rozpuštěných látek na přítoku, lapáku tuku a odtoku jsou zaznamenány v tabulkách 8, 9 a 10. Tabulkám odpovídají grafy 4, 5 a 6. Pro rozpuštěné látky RL nejsou v provozním řádu čistírny uvedeny žádné limity, proto lze naměřené výsledky považovat za vyhovující. U naměřených výsledků mohou hrát roli použité filtry, které byly vybrány vzhledem k možnostem laboratoře a mohou výsledky více či méně ovlivňovat.

Hodnoty pH naměřené u přítoku, lapáku tuku a odtoku jsou pod limitními hodnotami pH, které mají být 6-9 a dosahuje hodnot 4-5. Naměřené výsledky může ovlivňovat způsob

měření pH, který byl u vzorků použit. Teplota vzorků a obsah nerozpuštěných a rozpuštěných látek.

U stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem draselným-CHSK_{Cr} byly hodnoty měření ovlivněny faktem, zda byly vzorky konzervovány či nikoliv. Z těchto dat se poté u jednotlivých vzorků porovnávaly hodnoty CHSK_{Cr} u vzorků bez konzervace stanovované ihned po odběru se vzorky zakonzervovanými. Je třeba zmínit fakt, že postupy stanovení byly optimalizovány na vybavenost laboratoře a také na daný druh odpadní vody, z toho důvodu mohou být výsledky stanovení jiné než u klasické metody popsané v literatuře. V provozním řádu rovněž nebyly limity pro stanovení CHSK_{Cr}, proto lze naměřené hodnoty vzhledem k daným podmínkám považovat za relevantní.

Posledním stanovovaným parametrem byla přítomnost aniontových tenzidů v odebírané odpadní vodě. U tohoto stanovení se však přítomnost aniontových tenzidů nepotvrdila, a tudíž nejsou k dispozici naměřené hodnoty.

Všechna vybraná stanovení byla více či méně upravena a optimalizována vzhledem k časové náročnosti a možnostem laboratoře, za těchto podmínek byly naměřené hodnoty relevantní, ale kvůli změnám ve stanoveních nelze tyto hodnoty považovat za výchozí hodnoty čistírny odpadních vod z provozu kuchyně v areálu Krajského soudu v Plzni, ale pouze za přibližné.

Cílem bakalářské práce byl i návrh optimalizace čistícího procesu v podmínkách malé ČOV. V tomto případě lze pouze konstatovat fakt, že čistící jednotka REBECA 01, která čistila odpadní vody z provozu mytí automobilů, již není v provozu z důvodu ukončení mytí automobilů v areálu Krajského soudu. Proto lze u tohoto cíle zkonstatovat pouze funkčnost čistícího procesu odpadních vod z provozu kuchyně, kdy čištění probíhá pouze za použití lapáku tuku. Jak již bylo uvedeno, funkce lapáku tuku a množství zachycených látek na hladině je pro provoz této čistírny dostačující. U některých vzorků NL byly limitní hodnoty překročeny, ale tuto skutečnost lze přikládat i dalším vlivům, nejen samotné funkci lapáku tuku. Z hlediska optimalizace by se dalo navrhnout zakoupení a instalace nového lapáku tuku s lepšími vlastnostmi a lepší funkcí čištění. Ekonomicky méně náročná optimalizace by mohla zlepšit obsluhu u lapáku tuku, z hlediska četnosti odebírání nahromaděných látek na povrchu lapáku tuku a lepšího čištění zařízení, což povede k zlepšení jeho čistící funkce.

Seznam literárních zdrojů:

- [1] HORÁKOVÁ, Marta a kol. *Analytika vody*. 2.vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2003. ISBN 978-80-7080-520-6.
- [2] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.
- [3] DOHÁNYOS, Michal, Jan KOLLER a Nina STRNADOVÁ. *Čištění odpadních vod*. 2.vydání. Praha: VŠCHT Praha, 1998. ISBN 978-80-7080-316-5.
- [4] ČSN EN 25667-3 (75 7051) Odběr vzorků – Část 3: Pokyny pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi 09.1996.
- [5] ČSN EN 25667-2 (75 7051) Odběr vzorků – Část 2: Pokyny pro způsoby odběru vzorků 03.1995.
- [6] SÝKORA, Vladimír, Hana KUJALOVÁ a Pavel PITTER. *Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia*. Praha: VŠCHT Praha, 2016. ISBN 978-80-7080-949-5.
- [7] ČSN EN 872 (75 7349) Stanovení nerozpuštěných látek – Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken 07.1998.
- [8] HÜBNER, Pavel a kol. *Úprava vody pro průmyslové účely*. Praha: VŠCHT Praha, 2006. ISBN 80-7080-624-9.
- [9] ČSN 75 7300 Chemický a fyzikální rozbor. Všeobecná ustanovení. 02. 1994.
- [10] BINDZAR, Jan a kol. *Základy úpravy a čištění vod*. Praha: VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-729-3.
- [11] TNV 75 7520 Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK_{Cr}) Mze ČR a MŽP ČR. 07 1998.
- [12] ČSN 75 7346 Jakost vod. Stanovení rozpuštěných látek. 07. 1998
- [13] Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Public Health Association. Washington 1998.
- [14] HORÁKOVÁ, M., P. LISCHKE a A. GRÜN WALD. Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. vydání. Praha: SNTL a ALFA, 1988. ISBN 04-606-89.

- [15] Výhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví požadavky na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly, č. 376/2000 Sb., částka 103, s. 4879-4891. 2000.
- [16] ČSN ISO 10523 (75 7365) Jakost vod – Stanovení pH. Ánor 1996.
- [17] ČSN 75 7220 Jakost vod – Kontrola jakosti povrchových vod. 10. 1998.
- [18] ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod. 10. 1998.
- [19] ČSN 75 7241 Kontrola odpadních a zvláštních vod. 01. 1988.
- [20] TNV 75 7520 Jakost vod – Stanovení chemické spotřeby kyslíku dichromanem (CHSK_{Cr}). Mze ČR a MŽP ČR. 07. 1998.
- [21] SOJKA, Jan. *Malé čistírny odpadních vod*. 2. vydání. Brno: ERA, 2004. ISBN 80-86517-80-2.
- [22] SOJKA, Jan. *Čistírny odpadních vod pro rodinné domy*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4504-6.
- [23] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o požadavcích na zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy, č. 292/1997 Sb., částka 98, s. 5410-5418, 1997 a č. 241/1998 Sb., částka 83, s. 7639, 1998.
- [24] Nařízení vlády ČR ze dne 22. března 1999, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod, č. 82/1992Sb., částka 30, s. 2313-2328, 1999.
- [25] ČSN 78 7143 Jakost vod – Jakost vody pro závlahu. 05. 1992.
- [26] Provozní řád – čistírna odpadních vod z mycí plochy a z provozu kuchyně areálu Krajského soudu v Plzni. 2005.

Seznam obrázků a fotografií:

Obrázek 1 – Schéma ČOV	19
Obrázek 2 – Přítok odpadní vody z provozu kuchyně	50
Obrázek 3 - Přítok odpadní vody z provozu kuchyně (detailní záběr)	50
Obrázek 4 – Lapák tuku	51
Obrázek 5 – Tuky a nerozpuštěné látky zachycené v lapáku tuku	51
Obrázek 6 – Čistící jednotka Rebeca	52
Obrázek 7 – Schéma čistící jednotky Rebeca a její jednotlivé části.....	52
Obrázek 8 – Vyčištěná voda v čerpací jímce	53
Obrázek 9 – Čerpací jímka vyčištěné vody.....	53
Obrázek 10 – Zelenohnědé zbarvení částečně zreagovaného dichromanu draselného	59
Obrázek 11 – Zelená směs zreagovaného dichromanu draselného a oranžová směs na slepé stanovení s destilovanou vodou	59
Obrázek 12 – Zkouška na aniontové tenzidy u vzorku odpadní vody.....	96
Obrázek 13 – Slepý pokus s destilovanou vodou	96

Seznam tabulek:

Tabulka 1 – Skupiny znečišťujících látek	14
Tabulka 2 – Procesy čištění odpadních vod	15
Tabulka 3 – Ukazatele vod a jejich stanovení v rámci času.....	26
Tabulka 4 – Způsoby chemické konzervace	27
Tabulka 5 – Nerozpuštěné látky u přítoku	60
Tabulka 6 - Nerozpuštěné látky u lapáku tuku	62
Tabulka 7 - Nerozpuštěné látky u odtoku	64
Tabulka 8 - Rozpuštěné látky u přítoku	66
Tabulka 9 - Rozpuštěné látky u lapáku tuku	68
Tabulka 10 - Rozpuštěné látky u odtoku.....	70
Tabulka 11 – Hodnoty pH u přítoku	72
Tabulka 12 - Hodnoty pH u lapáku tuku.....	73
Tabulka 13 - Hodnoty pH u odtoku	75
Tabulka 14 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 1	77
Tabulka 15 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 2, titrace 1	79
Tabulka 16 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 2, titrace 2.....	80
Tabulka 17 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 3	82
Tabulka 18 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 3, konzervováno	83
Tabulka 19 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 4	85
Tabulka 20 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 4, konzervováno	86
Tabulka 21 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 5	88
Tabulka 22 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 5, konzervováno	89
Tabulka 23 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 6	91
Tabulka 24 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 6, konzervováno	92
Tabulka 25 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 7	94
Tabulka 26 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 7, konzervováno	95

Seznam grafů:

Graf 1 – Nerozpuštěné látky u přítoku.....	60
Graf 2 - Nerozpuštěné látky u lapáku tuku	62
Graf 3 - Nerozpuštěné látky u odtoku.....	64
Graf 4 - Rozpuštěné látky u přítoku.....	66
Graf 5 - Rozpuštěné látky u lapáku tuku.....	68
Graf 6 - Rozpuštěné látky u odtoku	70
Graf 7 - Hodnoty pH u přítoku	72
Graf 8 - Hodnoty pH u lapáku tuku	73
Graf 9 - Hodnoty pH u odtoku.....	75
Graf 10 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 1.....	77
Graf 11 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 2, titrace 1	79
Graf 12 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 2, titrace 2	80
Graf 13 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 3.....	82
Graf 14 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 3, konzervováno	83
Graf 15 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 4.....	85
Graf 16 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 4, konzervováno	86
Graf 17 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 5.....	88
Graf 18 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 5, konzervováno	89
Graf 19 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 6.....	91
Graf 20 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 6, konzervováno	92
Graf 21 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 7.....	94
Graf 22 - CHSK _{Cr} u vzorku č. 7, konzervováno	95

Seznam vzorců:

Vzorec 1 – Hmotnostní koncentrace NL 105	31
Vzorec 2 - Hmotnostní koncentrace NL 550.....	31
Vzorec 3 - Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním u NL	31
Vzorec 4 - Hmotnostní koncentrace RL 105	33
Vzorec 5 - Hmotnostní koncentrace RL 550.....	33
Vzorec 6 - Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním u RL.....	33
Vzorec 7 - Hmotnostní koncentrace ztráty žiháním u RL.....	34
Vzorec 8 – Vztah pro výpočet chemické spotřeby kyslíku	42
Vzorec 9 - Vztah pro výpočet chemické spotřeby kyslíku.....	42

Seznam rovnic:

Rovnice 1 – Redukce dichromanu při reakci s organickou látkou	39
Rovnice 2 – Reakce dichromanu s titračním činidlem	39

Seznam použitých chemikálií:

Destilovaná voda

Neredukovaná voda

Dichroman draselný - $K_2Cr_2O_7$

Kyselina sírová koncentrovaná 96 % p.a. - H_2SO_4

Síran stříbrný - $AgSO_4$

Síran rtuťnatý - $HgSO_4$

Síran diamonno-železnatý - $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

Ferroin

Tetraboritan sodný - $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$

Hydrogenftalan draselný

Trichlormethan – $CHCl_3$

Methylenová modř

Hydroxid sodný – $NaOH$

Tetraboritan sodný - $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$

Seznam příloh:

Příloha 1: Schéma objektu čistírny odpadních vod v areálu Krajského soudu v Plzni

