

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

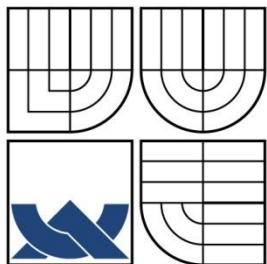
ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD V HUSTOPEČÍCH - HODNOCENÍ
SOUČASNÉHO STAVU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

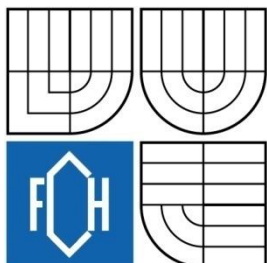
LENKA JURASOVÁ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

*INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIROMENTAL
PROTECTION*

ČIŠTÍRNA ODPADNÍCH VOD V HUSTOPEČÍCH – HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STRAVU

MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT PLANT IN HUSTOPEČE – APPRAISAL OF PRESENT STATE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LENKA JURASOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. JAROSLAV MEGA, Ph.D.

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0420/2009** Akademický rok: **2009/2010**
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí
Student(ka): **Lenka Jurasová**
Studijní program: Chemie a chemické technologie (B2801)
Studijní obor: Chemie a technologie ochrany životního prostředí (2805R002)
Vedoucí práce: **RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.**
Konzultanti: Ing. Hana Homolová

Název bakalářské práce:

Čistírna odpadních vod v Hustopečích - hodnocení současného stavu

Zadání bakalářské práce:

Srovnání použité technologie a účinnosti čistírenského procesu před a po rekonstrukci čistírny odpadních vod v Hustopečích

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2010

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Lenka Jurasová
Student(ka)

RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Josef Čáslavský, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

V práci je shrnuta problematika čištění odpadních vod se zřetelem na konkrétní technologii použitou na čistírně odpadních vod v Hustopečích. S ohledem na to, že koncem roku 2009 byla dokončena rekonstrukce této čistírny, je porovnána technologie čištění odpadních vod před rekonstrukcí a po ní. Na základě dostupných informací je vyhodnocena účinnost procesu čištění pro vybrané ukazatele jakosti vody (CHSK_{Cr} , BSK_5 , celkový obsah dusíku a celkový obsah fosforu) před rekonstrukcí za období let 2005 až 2009. Na zpracování dat o hodnotách výše uvedených ukazatelů jakosti vody za období leden až duben 2010 je prezentován způsob srovnání účinnosti čistírenského procesu před rekonstrukcí čistírny a po ní.

ABSTRACT

This paper summarizes the problems of sewage treatment with respect to the particular technology used for sewage disposal plant in Hustopeče. In view of the fact that at the end of 2009 was ended the reconstruction of this plant there compared the wastewater disposal technology before and after the reconstruction. Based on available information, there is assessed the effectiveness of the sewage disposal process for selected indicators of water quality (CHSK_{Cr} , BSK_5 , total nitrogen and total phosphorus) before the reconstruction for the period 2005-2009. By way of the data processing of the above mentioned indicators of water quality for the period January to April 2010 is there presented a way to compare the sewage disposal effectiveness before and after the reconstruction the Hustopeče sewage disposal plant.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čištění odpadních vod, rekonstrukce ČOV v Hustopečích, hodnocení účinnosti čištění.

KEYWORDS

Sewage disposal, the reconstruction of sewage disposal plant in Hustopeče, assessing of the sewage disposal effectiveness.

JURASOVÁ, L. *Čištění odpadních vod v Hustopečích - hodnocení současného stavu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. 47 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsou správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jaroslavu Megovi, Ph.D. za pedagogickou a odbornou pomoc a také za cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Ráda bych poděkovala manažerce jakosti v laboratořích čistírny odpadních vod v Břeclavi Ing. Haně Homolové, za poskytnutí potřebných materiálů k experimentální části bakalářské práce a za cenné rady.

V neposlední řadě panu Skurkovi, vedoucímu čistírny odpadních vod v Hustopečích, za informace týkající se technologii úpravy vody a provozní řády čistírny Hustopeče.

Obsah:

1	Úvod.....	7
2	Odpadní voda	8
2.1	Odpadní vody	8
2.1.1	Splašková odpadní voda.....	8
2.1.2	Městská odpadní voda.....	8
2.1.3	Průmyslová odpadní voda	9
2.1.4	Odpadní vody srážkové.....	9
2.2	Složení odpadní vody	9
2.2.1	Organické znečištění	10
2.2.2	Anorganické látky	12
3	Procesy čištění odpadní vody.....	14
3.1	Mechanické čištění	14
3.2	Biologické čištění	14
3.3	Odstraňování organických látek	15
3.4	Odstraňování anorganických látek	15
3.4.1	Fosfor a jeho odbourávání.....	15
3.4.2	Odbourávání dusíku	16
3.5	Kalové hospodářství	18
3.5.1	Kal	18
4	Město Hustopeče	21
5	Technologie čištění odpadních vod před rekonstrukcí.....	22
5.1	Základní vodohospodářské údaje o čistírně odpadních vod.....	22
5.2	Průtoky a látkové zatížení čistírny odpadních vod.....	22
5.3	Charakter provozu čistírny odpadních vod.....	22
5.4	Technologie čištění odpadních vod	23
5.5	Kalové hospodářství	24
6	Nové objekty na čistírně.....	25
6.1	Jímka na dovážené vody.....	25
6.2	Separátor písku	25
6.3	Aktivační nádrže.....	25
6.4	Dosazovací nádrže.....	26
6.5	Usazený kal.....	26
6.6	Chemické hospodářství.....	26
6.7	Užitková voda.....	26
6.8	Kalové hospodářství	27

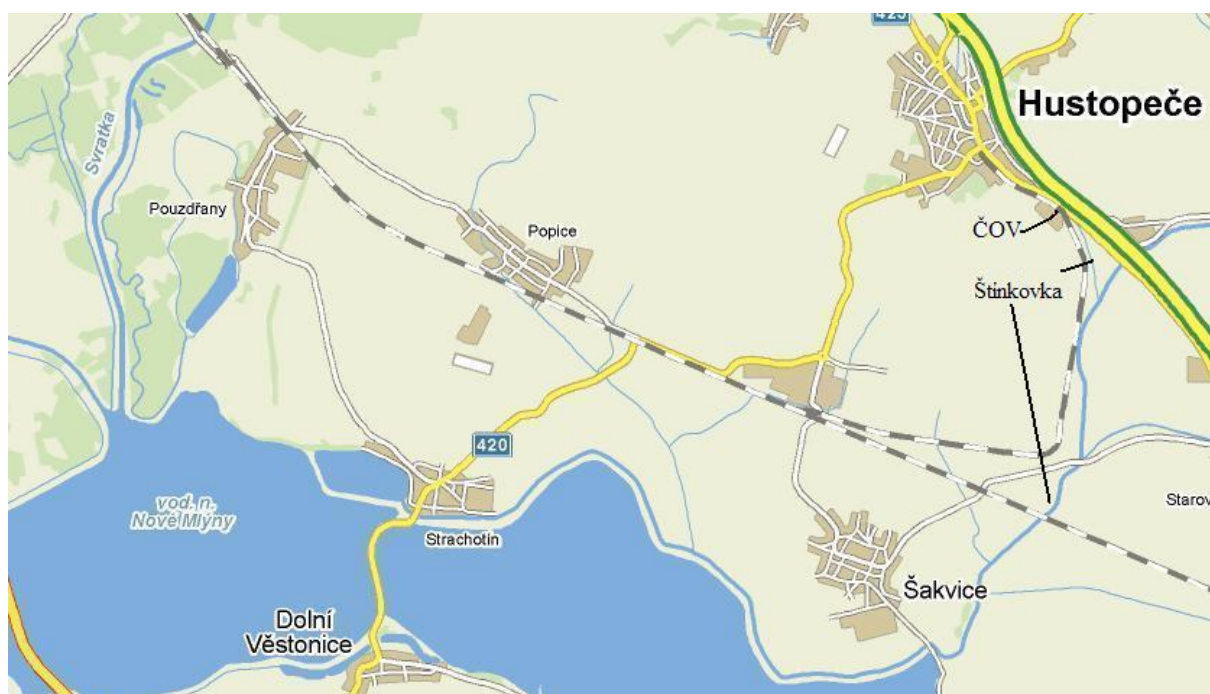
6.8.1	Uskladňovací a zahušťovací nádrž.....	27
6.8.2	Odvodnění kalu	27
6.8.3	Hygienizace kalu	28
6.8.4	Projektové parametry zatížení	28
7	Porovnání stavu před a po rekonstrukci	30
7.1	Odlehčovací a vypínací komora	30
7.2	Jímka na septické vody.....	30
7.3	Šneková čerpací stanice.....	30
7.4	Separátor písku	31
7.5	Dešťové zdrže.....	31
7.6	Aktivační nádrže.....	31
7.7	Chemické hospodářství.....	32
7.8	Dosazovací nádrže	32
7.9	Zahušťovací nádrž	33
7.10	Uskladňovací nádrž.....	34
7.11	Kalové hospodářství.....	34
7.12	Stanice hygienizace kalu	34
8	Srovnání ukazatelů jakosti vody	35
8.1	Hodnocení jakosti vody	35
8.2	Základní statistické charakteristiky	35
8.2.1	Frekvenční a distribuční čáry	35
8.2.2	Statistické charakteristiky souboru dat.....	35
8.3	Hodnocení jakosti vody před rekonstrukcí	36
9	Závěr.....	41
10	Seznam literatury a použitých zdrojů.....	42
11	Seznam příloh.....	44

1 ÚVOD

Cíl práce je porovnat účinnost čistírny odpadních vod (ČOV) v Hustopečích před a po rekonstrukci.

Před vybudováním čistírny byl potok Štinkovka, protékající Hustopečemi značně znečištěn, což mělo špatný dopad pro střední Novomlýnskou nádrž, kam Štinkovka vtéká. Po vybudování čistírny v roce 1994 se postupem času kvalita vody v potoku zlepšila, což mělo příznivý dopad na jakost vody ve strachotínském rybníku, jehož přepad ústí do vodní nádrže Nové Mlýny.

Umístění čistírny a Štinkovky je zobrazen na obr. 1.



Obr. 1: Mapa toku Štinkovky do nádrže Nové Mlýny [17].

2 ODPADNÍ VODA

2.1 Odpadní vody

Jako odpadní vody se obecně označují všechny vody odvážené ze sídlišť, obcí, domů, závodů, ze zdravotnických zařízení a jiných objektů či zařízení. Změní-li se po použití jejich kvalita, jakož i jiné vody, mohou ohrozit kvalitu povrchových nebo podzemních vod.

Odpadní vody se dělí na tři hlavní skupiny odpadních vod na splaškové, městské a průmyslové [1].

2.1.1 Splašková odpadní voda

Jedná se o vody, které jsou vypouštěny do veřejné kanalizace z bytů a obytných domů. Patří k nim odpadní vody městských budov, jakož jsou školy, školky, restaurace, hotely, kulturní zařízení apod. Vody z těchto budov mají podobný charakter jako odpadní vody od obyvatel. Specifické množství splaškových vod (množství od jednoho obyvatele na den) závisí na bytové vybavenosti (koupelny, sprchy, přívod pitné vody a jiné) a je prakticky shodné se spotřebou pitné vody.

Splaškové vody mají zpravidla šedou nebo šedohnědou barvu a bývají silně zakalené. Čerstvé splašky nemají příliš intenzivní zápach, avšak za několik hodin, když se vyčerpá rozpuštěný kyslík a začnou probíhat anaerobní pochody, začíná odpadní voda intenzivně páchnout a tmavnout, protože reakcí vznikají sulfidické síry se sloučeninami železa a vylučuje se černý FeS [1].

2.1.2 Městská odpadní voda

Je to směs splašků a průmyslových odpadních vod, popřípadě vody dešťové a jiných vod (např. z čištění ulic a veřejných prostranství) odváděných veřejnou kanalizací (do její sítě mohou vnikat i podzemní vody, zejména při špatném stavu kanalizační sítě. Podíl těchto balastních vod¹ může přesahovat 10 % celkového objemu odpadní vody). U velkých a malých měst obytného charakteru převládají odpadní vody splaškové. U malých měst průmyslového charakteru tomu může být naopak [1].

¹ Do veřejné kanalizace se dostává určité množství podzemních vod netěsnostmi z kanalizace a někdy jsou jí odváděny i vody povrchové. Tyto vody, které do veřejné kanalizace nepatří, vlastně nepatří mezi odpadní vody, ale i přesto se do ní dostávají a tvoří často svým objemovým množstvím významný podíl (podle kvality stokové sítě a výšky hladiny podzemní vody).

2.1.3 Průmyslová odpadní voda

Má na rozdíl od splaškových vod jiný charakter i složení. Některé odpadní vody lze čistit i se splaškovou vodou (s odpadní vodou, kde je převažující podíl organický).

Organické látky obsažené v průmyslových odpadních vodách lze rozdělit zhruba do čtyř skupin:

- Netoxické a biologicky rozložitelné látky - sacharidy, bílkoviny, alifatické kyseliny a jejich deriváty, glycerol aj.
- Netoxické a biologicky obtížně rozložitelné látky - alifatické sloučeniny s rozvětveným alkylem, zvláště s kvarterním uhlíkem v řetězci, některé hydroaromatické sloučeniny, vysokomolekulární polyethylenglykoly, aj.
- Toxické a biologicky rozložitelné látky - fenoly, organofosforové insekticidy, chlorfenoly, aj.
- Toxické a biologicky obtížně rozložitelné látky - chlorované uhlovodíky, nitroaniliny, některé kationové tenzidy aj.

Odpadní vody potravinářského průmyslu obsahují téměř výhradně netoxické a biologicky rozložitelné látky. Vedle toxických látek mohou být přítomny i látky jinak škodlivé (nadměrná pěnivost některých tenzidů při provzdušňování v aktivaci). Také oleje mohou působit obtíže při biologickém čištění (zabraňují přístup kyslíku k mikroorganismům) [2].

2.1.4 Odpadní vody srážkové

Ty jsou odváděny z obce jednotnou veřejnou kanalizací. Jejich množství závisí na velikosti odvodňované plochy, její kvalitě (sklonu, povrchu) a intenzitě srážek.

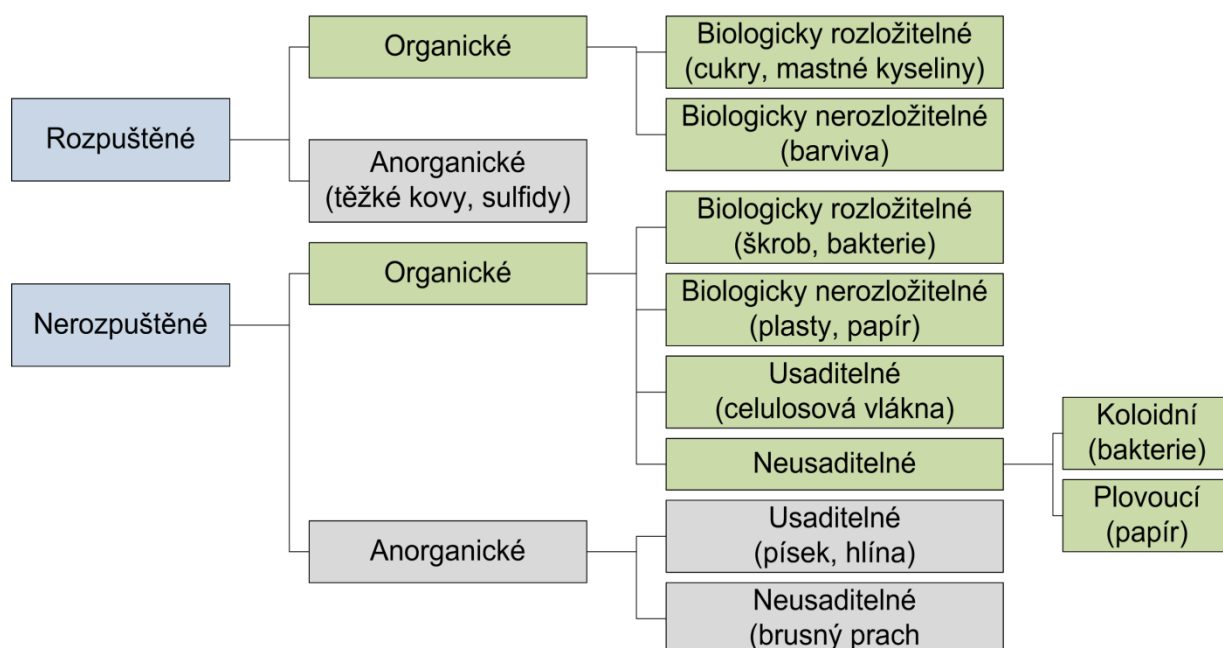
2.2 Složení odpadní vody

Látky způsobující znečištění odpadních vod mohou být rozděleny podle velikostí částic, viz tab. 1 [3]. Také záleží na rozdělení látek anorganického a organického původu.

Složení vody, přítomné ve vzorku, můžeme z fyzikálního hlediska rozdělit na látky rozpuštěné, nerozpuštěné a obojí pak dále můžeme dělit na látky organické a anorganické, viz. obr. 2.

Tab. 1: Dělení částic podle velikosti [3].

Látky	Rozpuštěné	Koloidní	Suspendované	usaditelné suspendované
Velikost částic v μm	$\leq 0,001$	0,001 – 1,0	1 – 100	≥ 100



Obr. 2: Přehled znečišťujících látek v odpadních vodách [15].

Ke stanovení veškerých, rozpuštěných a nerozpuštěných látek, se používá gravimetrické skupinové stanovení – ztráta žiháním (podrobněji v kapitole 2.2.1.3).

2.2.1 Organické znečištění

Organické látky ve vodách mohou být původu buď přírodního, nebo antropogenního, vznikající činností člověka.

Přírodní organické znečištění lze zařadit výluhy z půdy a sedimentů (půdní a rašelinný humus, výluhy z listů aj.), produkty životní činnosti rostlinných, živočišných organismů a bakterií. Jde o látky většinou biogenního původu, především o huminové látky. Mikroby a řasy při své životní činnosti produkují řadu nízko- a vysokomolekulární látky na bázi sacharidů, peptidů, aminokyselin, polyfenolů aj.

Látky antropogenního původu pocházejí ze splaškových a průmyslových vod, z odpadů ze zemědělství, ze skládek a mohou vznikat i při úpravě vody chlorací. Avšak některé organické látky mohou být jak přírodního, tak i antropogenního původu, a proto v těchto případech nelze považovat jejich přítomnost za jednoznačný průkaz znečištění přírodních vod odpadky z průmyslu, měst, nebo zemědělství.

Jednotlivá stanovení organických látek je poměrně složité a drahé, ale byly stanoveny základní ukazatele obsahu organických látek stanovení organických látek [1]. Množství organických látek se vyjadřuje jako:

- biochemická spotřeba kyslíku (BSK),
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK),
- ztráta žiháním,
- organický uhlík (C_{org}).

2.2.1.1 Biochemická spotřeba kyslíku

Důležitým ukazatelem jakosti vody je BSK, jež je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických, popř. anorganických, látek ve vodě. Vyjadřuje se v $mg \cdot l^{-1}$. Anorganickými látkami se zde rozumí amoniakální dusík (příp. dusitany), které mohou za určitých podmínek podléhat oxidaci (nitrifikaci), a tím také spotřebovávat rozpuštěný kyslík. Při stanovení BSK se však nitrifikaci amoniakálního dusíku obvykle zabraňuje, proto lze stanovenou hodnotu BSK považovat za míru koncentrace biologicky rozložitelných organických látek obsažených ve vodě. Jelikož organické látky jsou jednou z hlavních znečišťujících složek vody, patří BSK mezi důležité ukazatele čistoty nebo znečištění vody. Organické látky hrají důležitou úlohu při odčerpávání rozpuštěného kyslíku z vody.

Daná hodnota BSK závisí na době inkubace, na teplotě při inkubaci, koncentraci a stupni adaptace mikroorganismů provádějících rozklad, na koncentraci biogenních prvků v prostředí, přítomnost toxických či inkubačních látek, na koncentraci kyslíku, na pH prostředí atd.

Používanou metodou stanovení je tzv. zředovací metoda stanovení BSK_5 . Ta spočívá ve stanovení rozpuštěného kyslíku v předem upraveném vzorku (tzn. vytemperování roztoku na teplotu inkubace, nasycení vzorku kyslíkem, popřípadě zředění vzorku nebo současné zředění a inokulace vzorku) vody nultého a pátého dne inkubace, kde vzorek je ponechán v uzavřené láhvi v klidu při teplotě 20 °C bez přístupu vzduchu a světla [4].

2.2.1.2 Chemická spotřeba kyslíku

Koncentrace organických látek ve vodě se určuje podle množství oxidačního činidla, které se za určitých podmínek spotřebuje na jejich oxidaci, v $mg \cdot l^{-1}$. Organické látky mohou být za určitých podmínek oxidovány do různého stupně (v %), který se porovnává s teoretickou spotřebou kyslíku (TSK). - přepočítání CHSK resp. Teoretická spotřeba kyslíku na obsah organických látek ve vodě závisí na jejich elementárním složení. Z praktického hlediska se mohou přepočítávací faktory a v různých odpadních vodách pohybovat v širokém rozmezí, asi od 0,3 až do několika jednotek [4].

2.2.1.3 Ztráta žiháním

Ztráta žiháním představuje množství těkavých nebo látek spalitelných při teplotě 550 °C obsažených v sušině.

V průběhu stanovení ztráty žíháním dochází při teplotě stanovení 550 °C k dalším chemickým změnám anorganických sloučenin, přítomných v odparku. Část sloučenin při této teplotě zůstává beze změn chemického složení a jejich hmotnostní příspěvek v gravimetrickém hodnocení je stejný. Avšak některé anorganické látky podle teploty rozkladu mění za podmínek stanovení své chemické složení a předcházejí na sloučeninu s jinou hmotností (např. MgCl_2 přechází na MgO ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ na CaO).

Ztráta žíháním se vypočítá jako rozdíl stanovených hodnot sušeného a žíhaného odparku a odpovídá u většiny vzorků zhruba obsahu organických látek přítomných v nich [4].

2.2.1.4 Organický uhlík

Stanovení organického uhlíku je obecně založeno na principu oxidace organických látek na oxid uhličitý. Oxidace je u většiny stávajících analyzátorů prováděna termickou oxidací (při teplotách 680 °C až 1000 °C za přítomnosti katalyzátorů). Množství organického uhlíku ve vodě je udáván v miligramech uhlíku na jeden litr vody. Jedná se o analytický skupinový ukazatel vyjadřující množství organických látek ve vodě, jenž je využitelný pro stanovení kvality vody a ke sledování emisí vypouštěných do vod [4].

2.2.2 Anorganické látky

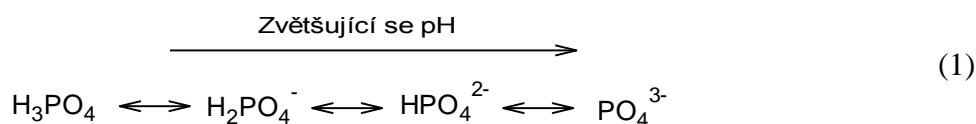
Anorganické látky jsou v odpadní vodě obsaženy většinou v rozpuštěné formě, obvykle se stanoví jako obsah iontů a solí v jejím zdroji. Přítomnost většiny těchto látek v odpadních vodách není důležitá. Současné čištění odpadních vod je zaměřeno na snížení obsahu dusíku, solí fosforu a těžkých kovů v těchto vodách.

Obsah dusíku a fosforu ve vodách je důležitý vzhledem k tomu, že tyto látky jsou základními živinami pro růst organismů, např. řas, v tocích. S růstem řas je spojena tvorba dalších organických látek (produktů metabolismu řas), které mohou při svém rozkladu značně zvyšovat potřebu kyslíku [3].

2.2.2.1 Fosfor

Fosfor P se vyskytuje v páté řadě periodické soustavy prvků a je i pátý z hlavních biogenních prvků. Často vystupuje jako prvek limitní. Je nezbytný pro růst a vývoj rostlin a živočichů [5].

Fosfor je prvek vyskytující se ve vodách jak v organických, tak i anorganických sloučeninách. Anorganické formy jsou orthofosfáty a polyfosfáty. Fosfátové ionty se lehko váží na železo, hliník a vápník, se kterými vytváří jednoduché soli nebo komplexy, jejichž rozpustnost se mění v závislosti na pH, teplotě a nasycení vody kyslíkem.



Organicky vázaný fosfor je obsažen hlavně v pevných látkách, avšak organofosfáty a polyfosfáty jsou ve vodě v rozpuštěné [6].

Autotrofní mikroorganismy fosfor přijímají a využívají ve formě rozpustných fosforečnanů. Nerozpuštěný anorganický fosfor je tvořen fosforečnany a to buď volně dispergovanými, nebo chemicky či sorpčně vázanými na anorganických nebo organických nerozpuštěných látkách [7].

Antropogenním zdrojem anorganického fosforu je především použitím fosforečných hnojiv a odpadní vody z prádelen a dalších provozů, do kterých se dostávají fosforečnany z pracích prostředků. V průměru tvoří 70 % z celkového množství. Dalším zdrojem jsou polyfosforečnany používané v čistících a odmašťovacích prostředcích a jako protikoroziční přísady.

Zdrojem organického fosforu je fosfor obsažený v živočišných odpadech. Organicky vázaný fosfor je produktem biologických procesů (rozklad vodní flóry a fauny, živočišné odpady, procesy biologického čištění odpadních vod apod.). Sloučeniny tohoto typu se vyskytují v městských splaškových vodách, odpadních vodách z potravinářského průmyslu apod. [6].

2.2.2.2 Dusík

V elementární formě je dusík přítomen v atmosféře asi ze 78 %. Vázaný se vyskytuje převážně ve formě amonných solí, dusičnanů a dusitanů (v mořské vodě).

Dusík je biogenní prvek, a je proto značném množství nahromaděn ve formě anorganických i organických sloučenin v ložiskách tvořených pozůstatky živých organismů [8].

Dusík se v odpadních vodách vyskytuje jak v organických sloučeninách, tak i v anorganických. Významným zdrojem organických (aminokyseliny, močovina, kyselina močová, nukleové kyseliny) i anorganických (amoniakální dusík, dusitany, dusičnany) sloučenin dusíku ve vodách jsou splaškové odpadní vody. Dalším významným zdrojem jsou odpady ze zemědělství (z živočišné výroby a splachy z obdělávané půdy hnojené dusíkatými hnojivy) a z potravinářského průmyslu. Některé průmyslové odpadní vody (například z tepelného zpracování uhlí nebo z galvanického pokovování) mohou obsahovat velké množství amoniakálního dusíku. Odpadní vody z výroby barviv a některé inhibitory koroze a nemrznoucí kapaliny mohou obsahovat dusitany [9].

3 PROCESY ČIŠTĚNÍ ODPADNÍ VODY

3.1 Mechanické čištění

Nejjednodušším způsobem čištění odpadní vody je mechanická separace znečišťujících látek, která se obvykle provádí ve dvou stupních. V prvním stupni dochází k oddělení hrubšího materiálu na česlích a v lapácích písku. V dalším stupni jsou odstraněny ostatní usaditelné látky – sedimentací v usazovacích nádržích. Tímto postupem lze obsah organických látek v městských odpadních vodách snížit přibližně o jednu třetinu.

Hrubší pevné částice se odstraňují průtokem odpadní vody přes rošty a síty. Těžší částice (tzn. zrnka písku a šterk) se usazují v lapácích písku. Ty se konstruují tak, aby rychlost průtoku nebyla rychlá, aby těžší částice mohly dobře sedimentovat.

Mechanickým čištěním dojde k odstranění 1/3 obsahu látek spotřebovávajících kyslík. Je zřejmé, že samotné mechanické čištění odpadní vody nestačí a slouží jen jako předčištění. Nedochozí při něm ani k odstranění rozpuštěných látek obsahující dusík a fosfor. Předčištění zabraňuje pouze zvýšené tvorbě kalu u vypuštění odpadní vody do vodních toků [3].

3.2 Biologické čištění

Především se jedná o rozložení organických látek v nich obsažených, z nichž však je biologicky rozložitelná jen jejich určitá část. To vše se děje účinkem mikroorganismů, především bakterií, pro které je organická hmota substrátem (získávají tak potřebnou energii, látky potřebné na syntézu biomasy (růstu)). Bakterie přeměňují organické látky na biologické vločky [12]. Rozkladný proces je velmi složitý a skládá se z řady reakcí. V tomto stupni čištění se odstraní jen takové množství živin, které může být zabudováno do buněčné hmoty. Rychlost tohoto procesu závisí na řadě faktorů (např. na obsahu kyslíku ve vodě, pH, teplotě, typu znečištění a přítomnosti toxických látek). Důležitá je použitá metoda čištění a velikost částic [3].

Při biologickém čištění odpadních vod se používá dvou různých postupů:

Anaerobní rozklad

Bez přítomnosti kyslíku, tzv. anoxickém prostředí. Organické látky se oxidují na CO₂ a H₂O, zatímco některé jiné látky se redukují na organické plyny, např. metan. Anaerobní biologické čištění se obvykle používá u silně znečištěných vod a také při běžném způsobu likvidace kalu, známém jako vyhnívání [3].

Aerobní rozklad

Při biologickém aerobním čištění dochází k oxidaci organických látek působením mikroorganismů za přítomnosti molekulárního kyslíku. Výsledným produktem jsou CO_2 a voda [3].

3.3 Odstraňování organických látek

Nejběžnějším způsobem biologického čištění odpadních vod je využití aktivačního procesu založeného na vytvoření aktivovaného kalu, což je směsná kultura mikroorganismů, kde ve vodě vytváří vločky (aerobní děj). K zajištění přístupu dostatečného množství kyslíku a dobrého kontaktu vloček kalu s vodou je třeba odpadní vodu intenzivně provzdušňovat a to se děje mechanickými aerátory nebo přívodem stlačeného vzduchu.

Aby byl biochemický rozklad organických látek dostatečně rychlý, je třeba zajistit dostatečně vysokou koncentraci aktivovaného kalu v odpadní vodě. Toho lze dosáhnout vracením (recirkulací) většiny aktivovaného kalu z dosazovací nádrže, v nichž se obě tyto složky oddělí sedimentací. Vyčištěná odpadní voda odtéká z biologické čistírny, ale zahuštěný sedimentovaný kal je vrácen do aktivačních nádrží, kde je udržována dostatečná koncentrace a přebytek aktivovaného kalu je odváděn ze systému jako přebytečná kal.

Při aktivačním procesu dochází ke koagulaci a sorpci suspendovaných a koloidních látek na shlucích mikroorganismů (vločkách) tvořících směsnou kulturu. Mechanismus odstraňování rozpuštěných organických látek je komplikovanější (difúze, sorpce, koagulace). Organické látky se současně štěpí účinkem enzymů na CO_2 a H_2O [3], [12].

3.4 Odstraňování anorganických látek

3.4.1 Fosfor a jeho odbourávání

Snížení obsahu fosforu, které lze dosáhnout klasickým biologickým čištěním, není většinou dostatečné k tomu, aby byl potlačen další růst obsahu organických látek. Až 30 % obsahu fosforu chemicky vázaného v nerozpuštěných látkách může být odstraněno v mechanickém stupni čištění. Avšak většina tohoto fosforu se do vody uvolňuje zpět při stabilizaci kalu.

Biologický stupeň čištění vyžaduje přítomnost fosforu pro růst mikroorganismů. Biologický kal obsahuje malé procento fosforu, avšak nějaké množství se do procesu vrací při stabilizaci. V souhrnu lze říci, že biologickým čištěním se odstraní maximálně 20 – 30% celkového fosforu přítomného v surové odpadní vodě.

Metody odstraňování jsou:

- chemické srážení fosforu,
- biologické odbourávání fosforu.

Chemické srážení fosforu

Chemické srážení v odpadní vodě je o převedení rozpuštěných anorganických forem fosforu na málo rozpustné fosfáty kovů. Zároveň dochází i k odstraňování organicky vázaného fosforu, jelikož obsah nerozpuštěných látek po chemickém srážení značně klesá. Na srážení se používá síran železitý.

Přídavkem koagulantu, srážedla, dochází ke srážení rozpuštěných anorganických fosfátů a dále i k tvorbě hydroxidů železa. Vznikají gelové vločky, které poutají fosfáty kovů a další nerozpuštěné látky přítomné ve vodách. Tento proces se nazývá koagulace [3].

Biologické odbourávání fosforu

Střídáním aerobních a anaerobních podmínek může být dosaženo vyšší absorpce fosforu aktivovaným kalem ve formě polyfosfátů. V anaerobní zóně mikroorganismy využívají energii, vázanou ve formě energeticky bohatých polyfosfátů. Zásobní fosfor se uvolňuje do roztoku výměnou za transport snadno přístupných organických látek do buňky. V aerobní zóně si mikroorganismy znovu vytvářejí energetickou zásobu ve formě polyfosfátů. Zásobní fosfor se uvolňuje do roztoku výměnou za transport snadno přístupných organických látek do jejich buněk [3].

3.4.2 Odbourávání dusíku

Amonné sloučeniny, dusičnany (nitráty) a dusitany (nitrity) se vyskytují v rozpustných formách. Z tohoto důvodu dochází k jejich akumulaci v jezerech i mořích, i když je dusík čištěním neustále odstraňován. V přirozeném prostředí probíhá neustále proces přeměny amonného dusíku na dusičnany (s dusitany jako meziproduktem), nitrifikace. Dusičnany a dusitany mohou být pak naopak v procesu zvaném denitrifikace a redukovány a uvolňovány ve formě plynného dusíku do atmosféry.

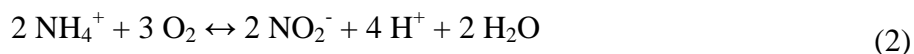
Dusík může být z odpadních vod odstraňován biologickými nebo fyzikálně-chemickými metodami jsou často finančně nákladnější než biologické, proto se používají jen tehdy, kdy nemůžou být použity metody biologické.

Nitrifikace

Amoniak tvoří běžnou složku odpadních vod a je při biologickém aerobním čištění, při vhodných podmínkách, oxidován na dusičnany mikrobiálním procese. Ty lze pak odstranit procesem denitrifikace.

Nitrifikace probíhá ve dvou stupních účinkem bakterií, které jako zdroj uhlíku používají CO₂. V prvním stupni (nitrifikačním) je oxidován amoniak na dusitany bakteriemi rodu

Nitrosococcus a ve druhém stupni (nitračním) jsou dusitany oxidovány bakteriemi rodu Nitrobacter na dusičnany.



Faktory ovlivňující proces nitrifikace je koncentrace rozpuštěného kyslíku a hodnota pH (optimální rozmezí pH pro rod Nitrosomonas se uvádí 7,9 až 8,2, pro rod Nitrobacter 7,2 až 7,6. Vyšší hodnoty pH mohou mít tedy za následek hromadění dusitanů).

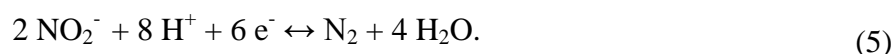
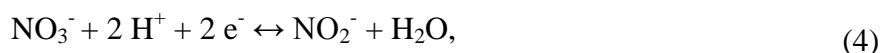
Optimální teplota by měla být v rozmezí 28 až 32 °C. V aktivačním procesu probíhá nitrifikace v širokém teplotním rozmezí 5 až 30 °C, ale s poklesem teploty o 10 °C se její rychlost zmenší přibližně na polovinu [3].

Denitrifikace

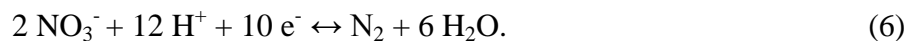
Za anoxických podmínek, v prostředí bez molekulárního kyslíku dochází k redukcí dusičnanů a dusitany na elementární dusík (N) nebo na oxid dusný (N₂O). Mikrobiální proces je výsledkem metabolické činnosti chemoorganotrofních aerobních bakterií, které při rozkladu organických látek využívají jako akceptor elektronů molekulární kyslík, ale v jeho nepřítomnosti jsou schopny využít náhradní akceptory elektronů, a to dusitany a dusičnany.

V prvním stupni jsou redukovány dusičnany na dusitany a ve druhém jsou tyto dále redukovány na dusík respektive N₂O, který je uvolňován do ovzduší.

Redukci NO₂⁻ a NO₃⁻ lze vyjádřit rovnicemi:



Výsledná redukce:



Denitrifikace probíhá v dostatečně širokém rozsahu pH, od 6 do 9. Nad hodnotou pH 7,3 vzniká především N₂, při nižších hodnotách pH se zvyšuje podíl N₂O.

Tam, kde probíhá v aktivaci nitrifikace (nízko-zatížené systémy), je účelné zajistit i denitrifikaci, a to z těchto důvodů:

- denitrifikační proces se získá zpět kyslík vázaný v dusičnanech (spotřebovaných pro oxidaci amoniaku na dusičnany) pro oxidaci organické hmoty, což vede k úsporám elektrické energie pro aeraci aktivace. Takto lze využít asi 2/3 kyslíku spotřebovaného pro oxidaci amoniaku na dusičnany,

- nejsou-li odstraněny dusičnany, dochází k jejich redukcí v dosazovací nádrži za uvolněného plynného dusíku, který vynáší vločky aktivovaného kalu a tím zhoršuje kvalitu odtoku,
- denitrifikací se uvolňují ionty OH^- , které neutralizují ionty H^+ , vznikající při nitrifikaci.

K určitému stupni denitrifikace dochází za přítomnosti dusičnanů v každé aktivační nádrži, neboť uvnitř vloček kalu jsou anoxické podmínky potřebné k průběhu procesu, i když koncentrace kyslíku v okolním prostředí není nulová. Má-li však být účinnost denitrifikace podstatně zvýšena, je nutno pro tento účel aktivační čistírnu vhodně upravit.

V provzdušňované, oxické zóně, dochází k oxidaci amoniaku na dusičnany a v následující zóně, anoxické, která není provzdušňována, ale jen míchána, aby nesedimentoval aktivovaný kal, jsou dusičnany redukovány na dusík [12].

Dosazovací nádrže

Slouží k oddělení biologického kalu, vločkovitého charakteru, sedimentací (viz biologické čištění) s aktivací nebo se zkrápěnými kolonami.

Aktivovaný kal se s čištěnou odpadní vodou vede do dosazovací nádrže, kde se odděluje a zahušťuje. Část takto zahuštěného kalu se vrací zpět do aktivační nádrže (recirkulace) a přebytečný kal se zpracovává vyhníváním. Vyčištěná a oddělená odpadní voda od aktivovaného kalu je vypouštěna do recipientu. Aktivace předpokládá mechanické zbavení hrubých nečistot, čištění v aktivační nádrži a separaci biomasy v dosazovací nádrži. Účinnost čistícího procesu závisí nejen na aktivaci, ale i na separaci. V případě přítomnosti sloučenin dusíku a fosforu v sekundárně čištěné odpadní vodě, se zařazuje terciární stupeň odbourání těchto nutrientů. Základními parametry aktivačního procesu z hlediska biocenózy je doba zdržení (poměr objemu nádrže k přítoku odpadní vody), stáří kalu (průměrná doba od vzniku vločky po její odstranění v přebytečném kalu), objemové zatížení (množství znečištění vyjádřené jako BSK_5 připadající na jednotku funkčního objemu technologického zařízení za jednotku času) a zatížení kalu (množství substrátu připadající na jednotku biomasy aktivovaného kalu za jednotku času). Účinnost čistícího aktivačního procesu se hodnotí na základě složení biocenózy, separovatelnosti vloček od vyčištěné vody [10].

3.5 Kalové hospodářství

3.5.1 Kal

V různých stupních čištění je znečištění odpadních vod přeměňováno na formu, kterou je možné odstranit některou ze separačních metod. Znečištění se odstraňuje ve formě kalu s vysokým procentem vody. Tento kal je zapotřebí dále zpracovat a to metodami, které jsou

nejvhodnější z hlediska technického, finančního a z hlediska účinku na životní prostředí. Charakter, vlastnosti a objem kalu, se liší stejně jako kvalita přítoku odpadní vody.

Náklady vynaložené na zpracování kalu jsou často značné. Někdy může být velmi obtížné určit správný způsob nakládání s konkrétním kalem a z toho vyplývá, že vyhovující kalové hospodářstvím nejdůležitějším stupněm v celém procesu čištění odpadních vod. To se skládá z jednotlivých stupňů, které tvoří posloupnost různých operací: zahuštění, stabilizace a odvodnění. Konečným stupněm nakládání s kalem je jeho kompostování, spalování nebo využívání jako přídatku do půdy ke zlepšení jejich vlastností [3].

3.5.1.1 Typy kalu

Kal separovaný v průběhu čištění je obvykle označován termínem surový kal. Aby byl tento kal biologicky stabilní, je třeba jej dále zpracovávat.

V závislosti na tom, odkud je kal při čištění vody získáván, ho lze rozdělit:

- primární kal, který je získáván z mechanického stupně čištění,
- sekundární nebo přebytečný, biologický kal z biologického čištění,
- terciární nebo chemický kal ze srážení biologického čištění [3].

3.5.1.2 Stabilizace kalu

Surový kal obsahuje biologicky rozložitelné látky, tzn., že bude biologicky aktivní, dokud nebude stabilizován. Aby se zabránilo tvorbě nežádoucích produktů a působení nežádoucích vlivů, je třeba rozklad kalu urychlit a to vyhníváním, aerobní stabilizací, kompostováním, tepelnou a chemickou oxidací, spalováním, hydrolýzou nebo vápněním [3].

3.5.1.3 Zahušťování kalu

Množství kalu je určeno obsahem jeho sušiny a vody. Snížením obsahu vody její separací od suspendovaných látek kalu lze změnit jeho objemové množství a hmotnost. Pokud se tato separace děje gravitačními silami, mluví se o zahušťování. Nejběžnějším způsobem zahušťování kalu je sedimentace. Dochází k ní v usazovacích a dosazovacích nádržích. Kal z těchto nádrží odváděný, obsahuje značné množství vody, kterou lze oddělit zahuštěním v samostatných zahušťovacích nádržích v pracovních cyklech: napuštění kalové suspenze – zahuštění sedimentací – odvedení kalu a vody. Na gravitační způsobu zahušťování kalu spočívá i flotace. Ta se hlavně používá pro zahušťování přebytečného biologického kalu [12].

3.5.1.4 Odvodňování kalu

K dalšímu snížení obsahu vody v kalu se dosáhne jeho odvodněním, kde se může snížit obsah vody až na 80 %. Získaný odvodněný kal je pevné, rýpavé konzistence. Rozlišuje se přirozený a strojní způsob odvodňování.

Strojní, nebo tzv. mechanické odvodňování kalu, probíhá filtrací suspenze za působení tlaků, nebo sedimentací za podstatného zvýšení gravitačních sil. U zařízení pro strojní odvodňování kalu se posuzuje jeho separační účinnost, což je procentuální podíl kalové sušiny, který přejde do odvodněného kalu (kalového koláče). Zbytek zůstane ve filtrátu (fugátu) a vrací se zpět do čistícího procesu. Separační účinnost bývá přes 95%.

Nezbytnou podmínkou pro strojní odvodňování čistírenských kalů je jejich předprava, kterou se dosáhne agregace koloidních částic i mikročástic do makro vloček. Jen za těchto podmínek je možná účinná filtrace suspenze, případně její odstranění a získání čirého filtrátu. Pro před úpravu čistírenského kalu odvodňovaného na tlakových lisech, nebo vakuových filtrech, se používají anorganické flokulanty – železité nebo hlinité soli a hydroxid vápenatý. Jejich dávky bývají v jednotkách procenta na obsah sušiny. Dávku anorganických flokulantů, srážedel, lze snížit, nebo zcela vyloučit přidávkem malého množství organických flokulantů. Ty se používají v gramových dávkách na kilogram sušiny kalu bez dalších přísad při předpravě kalů odvodňovaných na síťopásových lisech a odstředivkách [12].

3.5.1.5 Vyhánění kalu

Jedná se o anaerobní proces používaný k úpravě kalu, který je třeba uložit na kalové pole, nebo zbavit zápachu anebo jiných nežádoucích vlivů. Tímto procesem jde o to, aby se snížil objem kalu a zároveň i obsah organických látek (pod 50 %).

Proces probíhá postupně ve vyháněvacích nádržích s dobou zdržení 15 až 30 dní, ale vše záleží na pracovní teplotě, která bývá regulována. Nejdříve působí enzymy hydrolyzující sacharidy, tuky a bílkoviny na alkoholy, mastné kyseliny a aminokyseliny. Z alkoholů a jednoduchých mastných kyselin vzniká nakonec plynný metan a CO_2 .

Metan je podstatně méně rozpustný ve vodě než CO_2 , z čehož vyplývá, že vznikající plyn má vyšší obsah metanu než CO_2 , který zůstává v rozpuštěné formě ve vodné fázi [3].

4 MĚSTO HUSTOPEČE

Před 16 lety byla v Hustopečích vybudovaná mechanicko-biologická čistírna odpadních vod koncipovaná pro odbourávání uhlíkatého a dusíkatého znečištění – znázorněna na obr. 3. Jedná se o zařízení s trvalou obsluhou, avšak ve vysokém stupni automatizace vlastního provozu. V současnosti již čistírna pracuje za hranici své kapacity, což se projevuje jak při odstraňování dusíku, tak i uhlíku. Byla nutná rekonstrukce významné části stokové sítě, tak i rekonstrukce a zvýšení výkonu čistírny. V letech 2007 a 2009 prodělala z větší části rekonstrukci.

Město má jednotnou kanalizační síť a téměř kompletně vybudovanou. Ale značná část stokové sítě se nachází ve špatném technickém stavu a vyžadovala rekonstrukci. Také byla navržena rekonstrukce stavebně nevyhovujících úseků kanalizační sítě a rekonstrukce vnitřního vystrojení odlehčovacích komor. Rekonstrukce stok byla provedena v několika ulicích města a také byla realizována nová kanalizace v ulicích, kde dosud nebyla [10], [21].



Obr. 3: Čistírna odpadních vod v Hustopečích [18].

5 TECHNOLOGIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD PŘED REKONSTRUKCÍ

5.1 Základní vodohospodářské údaje o čistírně odpadních vod

Do čistírny jsou přiváděny odpadní vody z jednotné stokové sítě. Vypouštění odpadní vody do stokové sítě se řídí provozním a manipulačním řádem stokové sítě. Přitékající odpadní vody budou mít charakter běžných komunálních odpadních vod [10].

5.2 Průtoky a látkové zatížení čistírny odpadních vod

Dle projektové dokumentace bude do čistírny přiváděno následující hydraulické zatížení v tab. 2.

Tab. 2: Povolené limity na znečištění [13].

	Hodnoty do roku 2009
Průměrný denní průtok	70,6 m ³ ·h ⁻¹
Maximální denní průtok	2016,3 m ³ ·h ⁻¹
Minimální denní průtok	84,0 m ³ ·h ⁻¹
Výpočtový průtok (hodinové maximum)	145,9 m ³ ·h ⁻¹
Dešťový přítok do ČOV ze stokové sítě	3061,8 m ³ ·h ⁻¹
BSK5	259,8 mg·l ⁻¹
Počet ekvivalentních obyvatel (EO)	7340
N _{celk} ¹	43,4 mg·l ⁻¹
P _{celk}	6,5 mg·l ⁻¹

5.3 Charakter provozu čistírny odpadních vod

Čistírna odpadních vod slouží k likvidaci odpadních vod a vyčištěné odpadní vody budou vypouštěny do toku Štinkovky.

Jako technologie čištění odpadní vody byla navržena dlouhodobá aktivace se simultánní nitrifikace, denitrifikace a aerobní stabilizaci kalu.

¹ Celkový dusík znamená, že zahrnuje všechny formy dusíku, to je dusíku stanoveného Kjehdahlovou metodou (organický a amoniakální), dusičnanový a dusitanový dusík [10].

Navržená technologie čištění se vyznačuje vysokou účinností, přičemž je provozně jednoduchá a spolehlivá.

5.4 Technologie čištění odpadních vod

Odpadní vody jsou do čistírny přivedeny železobetonovým potrubím DN 1200 mm. Stoková soustava je vybudována jako jednotná.

Prvním objektem čistírny je odlehčovací a vypínací komora¹. Ta slouží k odlehčení dešťových přívalů převyšujících kapacitu mezního deště, to jest kapacitu, na níž jsou dimenzovány následující objekty čistírny, to znamená čerpací stanice splaškových a dešťových vod, biologická čistírenská linka a dešťové zdrže. Čistírna má rovněž možnost odražení veškerých přítékajících vod do recipientu, tj. obtékání celé čistírny.

V objektu je rovněž možnost odražení veškerých přítékajících vod do recipientu, tj. obtékání celé čistírny.

Odpadní vody dále přitékají do lapáku šterku a do hrubých česlí. Lapák šterku je vyklizen strojně, česle jsou stírány ručně.

Nadále odpadní vody odtékají do šnekové čerpací stanice dělené na sekci splaškovou a sekci dešťovou.

Dešťová voda je odváděna do dvojice dešťových zdrží, kde dochází k jejich akumulaci a po naplnění zdrží též k mechanickému čištění před jejich odtokem do recipientu (odtékající voda je měřena). Dešťové zdrže jsou vybaveny jako podélné usazovací nádrže. Obsah zdrží je po skončení srážkového přítoku do čistírny vypouštěn zpět před čerpací stanicí odpadních vod, odkud je přečerpáván do biologické části čistírny k vyčištění. Obtok dešťových zdrží se uskutečňuje tak, že se odstaví z funkce dešťová sekce čerpací stanice odpadních vod.

Splaškové vody jsou odváděny z čerpací stanice do hrubého předčištění, které sestává z jemných česlí a dvou vírových lapáků písku. Všechny prvky hrubého předčištění jsou vybaveny obtokem.

Po hrubém přečištění je odpadní voda přivedena do aktivačních nádrží. Aktivační proces probíhá ve dvou oběhových aktivačních nádržích s členěním na zóny nitrifikační a denitrifikační (oxické a anoxické). Z aktivačních nádrží odtéká voda do dvou dosazovacích nádrží o průměru 15 m, odsazená voda odtéká přes Venturiho měrný žlab do recipientu.

Vrácený kal je čerpán do aktivace šnekovou čerpací stanicí, přebytečný kal je čerpán do kalového hospodářství ponorným kalovým čerpadlem. Přebytečný aerobně stabilizovaný kal je zpracováván v kalovém hospodářství tvořeném zahušťovací zdrží, uskladňující nádrží a odvodňován pásovým lisem umístěný ve strojovně kalového hospodářství.

¹Za běžného provozního stavu je otevřen přítok směrem do čistírny a stavidlo směrem k odlehčovací stoece je uzavřeno. Objekt slouží jako poslední odlehčovací komora před čistírnou. V případě vyřazení čistírny z provozu, bude uzavřeno šoupě směrem do čistírny a bude otevřeno stavidlo směrem k odlehčovací stoece.

Kromě vlastní čistírenské linky splaškových vod jsou součástí čistírny též ostatní objekty zajišťující provoz ČOV a pracovní a sociální zařízení obsluhy (provozní budova, sklad olejů, oplocení, rozvod vody, plynu, elektrické energie, osvětlení, komunikace atd.) [13].

5.5 Kalové hospodářství

Přebytečný kal je přiváděn potrubím z kalového hospodářství. Manipulaci šoupat může být přiveden do zahušťovací nádrže přímo do uskladňovací nádrže. Za běžných podmínek se předpokládá nejdříve zahuštění, poté uskladnění. Zahuštěný kal bude přes šoupě odváděn do uskladňovací nádrže, nebo eventuálně do budovy odvodnění kalu. Spojovací cesty pro průtoky gravitační i s čerpáním jsou ovládány šoupaty a čerpadlem.

Použitím šoupěte je možno vypustit zahušťovací nádrž. Plovoucí kal se odvádí po otevření šoupěte.

Uskladňovací nádrž kalu slouží k uskladnění zahuštěného kalu před odvodněním a případně k dalšímu zahuštění kalu. Zahušťování v uskladňovací nádrži se provádí zónovými odběry kalové vody manipulací se šoupaty. Vypouštění a míchání uskladňovací nádrže je možné po manipulaci se šoupaty a čerpadlem. Kal ze zahuštění k odvodnění na pásovém lisu [13].

6 NOVÉ OBJEKTY NA ČISTÍRNĚ

Čistírna byla doplněna o příjmovou stanici dovážených odpadních vod, o budovu dmýchárny, hygienizaci kalu vápnem a chemické hospodářství. Rekonstrukce se týkala i vstupní čerpací stanice, mechanického předčištění, dešťových zdrží, aktivačních nádrží, dosazovacích nádrží, čerpací stanice kalu a kalového hospodářství.

6.1 Jímka na dovážené vody

Kontejnerový žlab slouží na svážené septikové vody. Vybavení je instalováno v samostatném objektu na stropní desce jímky svážených septikových vod. Ponorné vrtulové míchadlo slouží k homogenizaci obsahu jímky svážených septikových vod. Čerpadlo septikových vod slouží je přečerpání svážených septických vod do biologického stupně [10].

6.2 Separátor písku

Za lapáky písku se nově vybudoval separátor písku. Ten má za úkol brát písek z vírových lapáků písku mamutovým čerpadlem, který slouží k vyčerpávání směsi písek-voda z lapáku písku. Z lapáku je písek spolu s vodou dopravován do separátoru písku. Sedimentovaný písek je dopravníkem vynášen do kontejneru. Separátor písku jen vybaven i pračkou písku a ten je opět automaticky vnější vodou vypírán a zbylé nepískové částice jsou odnášeny do odtoku. V separátoru se těžká fáze, především písek, usazuje na dně sběrné nádrže. Z ní je vyhrnován šnekovým dopravníkem do kontejneru, za současného odvodňování a praní. Voda je vrácena zpět do čistírenského procesu [10].

6.3 Aktivační nádrže

Nové aktivační nádrže¹ jsou směšovací. Nitrifikačně – denitrifikační proces je zajištěn vytvářením oxických a anoxických fází časového sledu s řízením celého technologického procesu automatickými řídicím a monitorovacím systémem.

V každé nádrži je aerační, který slouží k provzdušňování (vznosu O₂) do aktivační směsi v nitrifikační fázi. Dmychadlové soustrojí s elektromotory, které slouží jako zdroj tlakového vzduchu pro aerační systém v aktivačních nádržích. Míchadla jsou osazena v aktivačních nádržích, kde je instalováno spouštěcí a zvedací na natáčení míchadel v nádrži. Míchadla jsou v provozu během celé biologické činnosti:

¹ Železobetonové nádrže, které jsou propojeny rozdělovací a přepadovou jímkou. Šířka nádrže je 9,9 m a délka 46,1 m. Nádrž je ukončena oblouky o poloměru 4,95 m. V prostoru mezi nádržemi (šířka 2 m) je umístěna rozdělovací a přepadová jímka. Hloubka nádrží je 4,05 m a je ukončena 1,15 m nad upraveným terénem.

- 1) **Nitrifikace:** během ní je dmýchadlo zapnuto a snaží se udržet danou koncentraci kyslíku. Od dosažení této hodnoty se odpočítává čas nitrifikace. Ukončení procesu nitrifikace se předpokládá po plynutí přibližně 1,5 hodiny.
- 2) **Denitrifikace:** tento proces probíhá při vypnutých dmýchadlech a jeho ukončení se předpokládá asi po 30 minutách a pak se proces vrací opět ke kroku nitrifikace.

6.4 Dosazovací nádrže

Zařízení je tvořeno dvojicí kruhových dosazovacích nádrží¹, které slouží k separaci aktivovaného kalu a biologicky vyčištěné odpadní vody. Usazený kal je shrabován nově osazeným shrabovacím zařízením do kalové jímky ve středu nádrže. Plovoucí kal je z hladiny dosazovacích nádrží stírán zařízením a odpouštěn přes zařízení pro odtah plovoucího kalu do objektové kanalizace.

Biologicky vyčištěná voda odtéká z dosazovacích nádrží nově instalovaným sběrným děrovaným odtokovým potrubím do nově osazeného žlabu. Za dosazovací nádrží je odtok sveden do odtoku z čistírny [10].

6.5 Usazený kal

Je shrabován do jímky ve středu dosazovací nádrže, kde dochází k jeho částečnému zahuštění. Odtok kalu do čerpací stanice vráceného kalu je gravitační. Kal je čerpadly a potrubím dopravován do rozdělovacího objektu kalu před aktivační nádrže, kde je ovládán šoupaty [10].

6.6 Chemické hospodářství

Fosfor je z odpadní vody srážen 40 % roztokem síranu železitého, který je skladován v zásobní nádrži a do rozdělovacího objektu před aktivacemi, resp. do odtokového kusu z aktivačních nádrží do dosazovací nádrže je dávkován čerpadlem [10].

6.7 Užítková voda

Biologicky vyčištěná voda je zpětně využívána v provozu čistírny jako voda provozní. Pro čerpání vody je instalována nová automatická tlaková stanice, která je tvořena zásobní tlakovou nádobou a čerpadlem. To je osazeno v podzemních armaturní komoře jímky provozní vody. Na sání čerpadla (v suché jímce) je osazen filtr pro zachycení jemných nečistot [10].

¹ Jsou to dvě kruhové železobetonové nádrže s kuželovým dnem, svažující se ke středu do kalové jímky. Ve středu nádrže jsou osazeny ocelové roury sloužící pro přívod vody. Vnitřní průměr nádrže je 15 m. Hloubka 5,1 m. Součástí objektu jsou odtokové žlaby vyčištěné vody.

6.8 Kalové hospodářství

6.8.1 Uskladňovací a zahušťovací nádrž

Přebytečný kal je přiváděn potrubím z čerpací stanice přebytečného kalu. Šoupaty může být kal přiveden do zahušťovací nádrže nebo do uskladňovací nádrže¹.

Zahušťovací nádrž² umožňuje snížit sedimentací zavodněnost kalů. Nádrž je kruhová stojatá nádoba podle potřeby i uzavřená, s kuželovým dnem se sklonem vyústěným do středové kuželové jímky s hrdly pro odkalení nádrže, pro odběr usazeného kalu. Odsazená voda přepadá přes přelivovou hranu do sběrného obvodového žlabu a je odváděna hrdlem ven z nádrže.

Zahuštěný kal je shrnován škrabkami stíracích ramen ke středu do kuželové jímky, kde je dále zahušťován.

Uskladňovací nádrž kalu slouží k uskladnění zahuštěného kalu před odvodněním a eventuálně k dalšímu zahuštění.

Přebytečný kal je v uskladňovací nádrži provzdušňován za účelem homogenizace a udržení kalu v aerobních podmínkách. Vzduch pro provzdušňování kalu je dodáván dmýchadlem [10].

6.8.2 Odvodnění kalu

Zahuštěný kal je odvodňován v nově osazeném sítopásovém lisu. Kal je do lisu čerpán čerpadlem.

V procesu odvodnění dochází k postupnému odvodňování kalu v klínové zóně pásů až k závěrečnému odvodňování přes odvodňovací a následné vysokotlaké válce. Pásový lis je zhotovený z válcových profilů tvaru U ve formě uzavřeného rámu, do kterého jsou zabudovány všechny potřebné konstrukční celky (např. hnací, regulační, odvodňovací, vysokotlaké a vodící válce, pohon s regulací, stírání, žlaby na odvod filtrátu, gravitační zóna, násypky a jiné), které jsou nezbytné k zajištění efektivity procesu lisování kalů.

Odvodňovací proces u kalů probíhá za účinku vysokomolekulárních organických srážedel (flokulantů), které se připravují v dávkovacích stanicích (chemické hospodářství). Odtud jsou připravené roztoky dávkovacím čerpadlem s regulací plynule dákovány do kalového potrubí nebo do statického směšovače kalu, kde dochází k vysrážení kalu.

Odvodněný kal v pásovém lisu je dopravován nově osazeným žlabovým šnekovým dopravníkem, který dopravuje kal dál. Kalová voda je svedena do kanalizace čistírně [10].

¹ Železobetonová nádrž o průměru 8,62 m s kuželovým dnem. Hloubka nádrže je 7 m.

² Je to válcový železobetonový objekt o průměru 4,75 m. Hloubka nádrže je 3,3 m.

6.8.3 Hygienizace kalu

Účelem stabilizace a hygienizace čistírenského kalu vápnem je jeho úprava, která zabezpečí nepřekročení povoleného výskytu mikroorganismů. Hygienizace vápnem představuje dávkování práškového nehašeného vápna (CaO) do odvodněného kalu za zařízení pro strojní odvodnění. Odvodněný kal s obsahem 18 až 22% sušiny je promícháván s vápnem v poměru maximálně 30% vápna na sušinu kalu. Přitom dochází k alkalizaci na pH 12 a k chemické exotermní reakci (40 – 50 °C) vápna s obsaženou vodou v kalu; proces je doprovázen uvolňováním amoniaku, který je odsáván přes dezodorační filtr.

Vápno je do kalu dávkováno dopravníkem ze zásobníku vápna. Šnekovým dopravníkem je kal promícháný s vápnem a směs dále putuje na betonovou plochu, ze které je pak odvážen k likvidaci [10].

6.8.4 Projektové parametry zatížení

S rekonstrukcí byly stanoveny i nové parametry zatížení čistírny. V tab. 3 je možno porovnat parametry čistírny od roku 2009 a navržené hodnoty do budoucna. V tab. 4 jsou uvedeny emisní limity sledovaných ukazatelů znečištění vody pro danou čistírnu podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. [19].

Tab. 3: Průtoky čistírny a látkové zatížení [10].

	Dřívější hodnoty	Hodnota dle NV č. 61/2003 Sb.
Průměrný denní průtok Q_{24}	70,6 m ³ ·h ⁻¹	84,9 m ³ ·h ⁻¹
Maximální denní průtok	84,0 m ³ ·h ⁻¹	114,6 m ³ ·h ⁻¹
Minimální denní průtok	34,7 m ³ ·h ⁻¹	43,8 m ³ ·h ⁻¹
Dešťový přítok do ČOV ze stokové sítě	3061,8 m ³ ·h ⁻¹	3079,4 m ³ ·h ⁻¹
Počet ekvivalentních obyvatel (EO)	7340	9900
BSK ₅	440,4 kg·d ⁻¹	594,0 kg·d ⁻¹
CHSK _{Cr}	1051,6 kg·d ⁻¹	1188,0 kg·d ⁻¹
N _{celk}	73,4 kg·d ⁻¹	109,0 kg·d ⁻¹
P _{celk}	11,0 kg·d ⁻¹	25,0 kg·d ⁻¹

Tab. 4: Emisní limity [10].

Kapacita ČOV (EO)	CHSK_{Cr} (mg.l⁻¹)		BSK₅ (mg.l⁻¹)		N_{celk} (mg.l⁻¹)		P_{celk} (mg.l⁻¹)	
	p ¹	m	p	m	průměr	m	průměr	m
2001 – 10 000	100	150	20	40		40		6

¹ Přípustné hodnoty (p), maximální hodnoty (m) a hodnoty průměru koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod.

7 POROVNÁNÍ STAVU PŘED A PO REKONSTRUKCI

V tab. 5 je částečný harmonogram práce při rekonstrukci čistírny v letech 2008 až 2009.

Tab. 5: Harmonogram práce při rekonstrukci [20]:

Biologická čistírna	Zahájení	Dokončení	Počet dní
Oběhová aktivace I. etapa	13. 4. 2008	30. 10. 2008	200
Oběhová aktivace I. etapa	12. 1. 2008	22. 4. 2008	100
Dosazovací nádrž I. etapa	14. 4. 2008	20. 12. 2008	250
Dosazovací nádrž II. etapa	18. 2. 2008	19. 5. 2008	90
Biologické čištění	Zahájení	Dokončení	Počet dní
Oběhová aktivace I. etapa	17. 4. 2008	19. 10. 2008	185
Oběhová aktivace I. etapa	2. 4. 2009	17. 5. 2009	45
Dosazovací nádrž I. etapa	21. 4. 2009	18. 2. 2009	225
Dosazovací nádrž II. etapa	2. 5. 2009	31. 7. 2009	90
Dmýchárna	21. 9. 2009	20. 11. 2009	60

7.1 Odlehčovací a vypínací komora

Odlehčovací a vypínací komora neprošla žádnými změnami [11].

7.2 Jímka na septické vody

Jímka na septické vody se s ohledem na úspory energie využívá jen málokdy. Septické vody jsou většinou (v závislosti na znečištění) vypouštěny přímo na vstupu šnekové čerpací stanice [11].

7.3 Šneková čerpací stanice

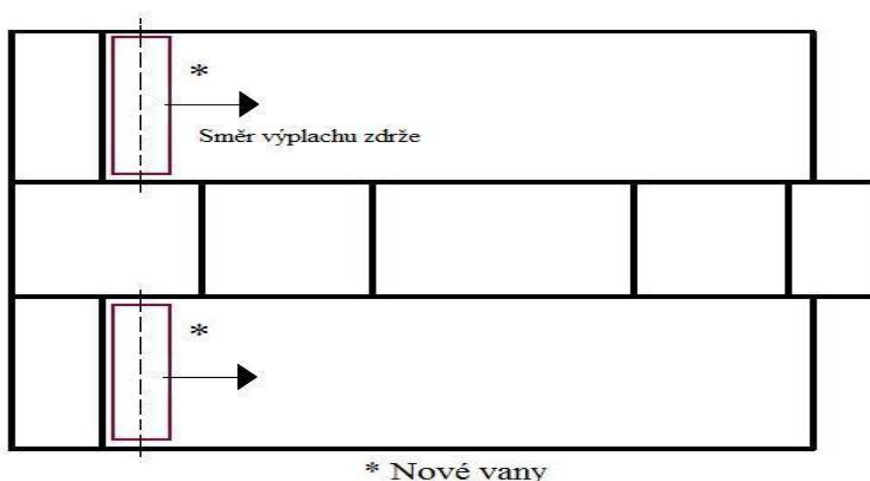
Před rekonstrukcí byla čerpadla šnekové čerpací stanice otevřená, nekrytá. Jako ochrana šneků před tepelným roztahováním a před přímým slunečním zářením sloužil pouze ocelový plech. Při rekonstrukci byly jednotlivé šneky zakryty a byly vyměněny korozí zničené vany, v nichž jsou šneky uloženy [11].

7.4 Separátor písku

Separátor písku je umístěný za vírovými lapáky a má vysokou účinnost separace písek - voda. Dříve byla vybudována pračka písku, ale její účinnost byla malá. Písek z ní vycházející byl příliš mokrá a zapáchal. Nový separátor by měl mít při čištění písku vyšší účinnost [11].

7.5 Dešťové zdrže

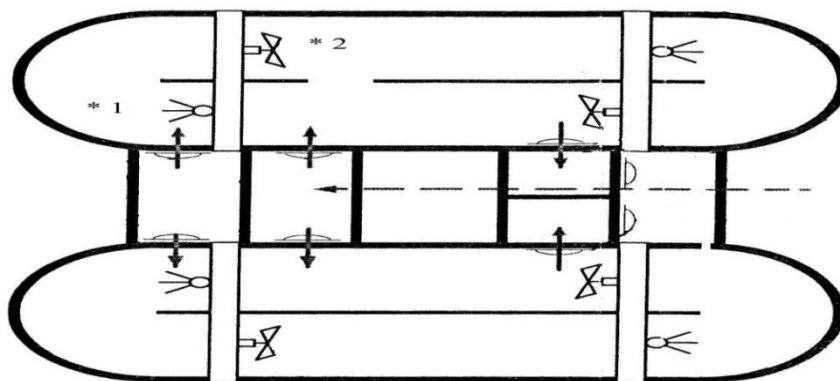
Dešťové zdrže byly před rekonstrukcí čištěny buď ručně, nebo tlakovou vodou z hydrantu. Nyní je čištění řešeno nově vybudovanou vyplachovací vanou, která se po naplnění vodou vlivem změny těžiště, přelivové hrany, se překlopí a dojde tak k vyprázdnění obsahu vany proti zadní stěně zdrže, viz obr. 4. Vyplachovací vany jsou zhotoveny z nerez oceli [11].



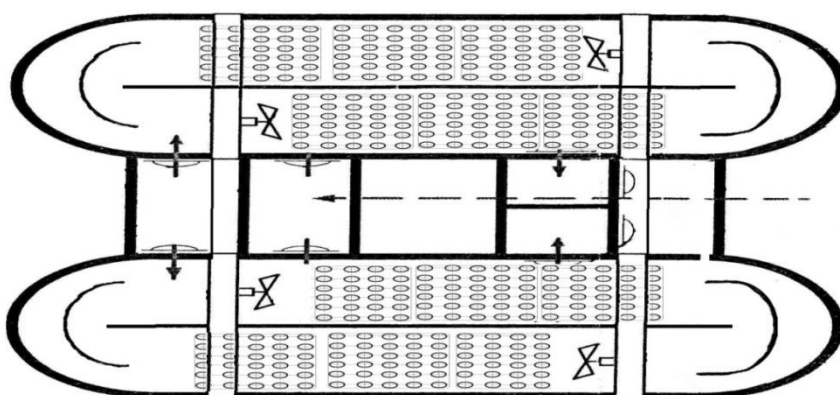
Obr. 4: Dešťové zdrže.

7.6 Aktivační nádrže

Aktivační nádrže prošly největší proměnou. Byla vyměněna čerpadla Emu, která pracovala v aeračním systému a která byla poruchová, což se promítalo do snížení účinnosti čistírny, viz obr. 5. Při rekonstrukci byla čerpadla nahrazena pneumatickou jemnobublinnou aerací (viz. obr. 6) a byla vybudována budova dmýchárny. K míchání a proudění tekutiny v aktivační nádrži slouží ponorné vrtulové míchadlo typu Mixprop. Vzduch je do systému přiváděn propojenými nerezovými talíři, které jsou umístěny na dně aktivační nádrže [11].



Obr. 5: Aktivační nádrže s označením čerpadel Emu (*1) a ponorná vrtulová dmýchadla (*2).



Obr. 6: Schéma nových aktivačních nádrží.

7.7 Chemické hospodářství

Před rekonstrukcí bylo u vyčištěné odpadní vody dosahováno potřebných parametrů bez dávkování chemikálií. Při rekonstrukci bylo instalováno zařízení pro chemické odstraňování fosforu jako nerozpustného fosforečnanu železitého, jež si vyžaduje příslušné chemické hospodářství (zásobní nádrže pro 40% roztok síranu železitého, dávkovací čerpadla) [10], [11].

7.8 Dosazovací nádrže

Dosazovací nádrže prodělaly rovněž zásadní změnu (na obr. 7 je vyfocena dosazovací nádrž před rekonstrukcí). Usazený kal je nyní shrabován osazeným shrabovacím zařízením do kalové jímky ve středu nádrže. Plovoucí kal je z hladiny nádrží stírán stíracím zařízením a odpouštěn přes odtah plovoucího kalu do objektové kanalizace, viz obr. 8. Biologicky vyčištěná voda je odtahována z dosazovacích nádrží nově instalovaným sběrným děrovaným potrubím do nově osazeného žlabu. Za dosazovací nádrží je vyčištěná voda svedena do odtoku z čistírny [10], [11],



Obr. 7: Dosazovací nádrž před rekonstrukcí [16].



Obr. 8: Dosazovací nádrž po rekonstrukci [16].

7.9 Zahušťovací nádrž

Zahušťovací nádrž byla pouze opatřena novým nátěrem [11].

7.10 Uskladňovací nádrž

V uskladňovací nádrži kalu je vybudován podobný provzdušňovací systém, jak tomu je v aktivačních nádržích. To znamená, že na dně nádrže jsou ocelové talíře, jimiž je uskladněný kal provzdušňován dmýcháním vzduchu [11].

7.11 Kalové hospodářství

Pro finální odvodnění kalu bylo místo kaolisu pořízen kontinuální sítopásový lis, který lze vidět na obr. 9 [11].



Obr. 9: Nový sítopásový lis [16].

7.12 Stanice hygienizace kalu

Stanice hygienizace kalu zatím není využívána, obdobně jako dezodorizační filtr, pořízený pro pohlcování nežádoucích pachů uvolněných při hygienizaci [10], [11].

8 SROVNÁNÍ UKAZATELŮ JAKOSTI VODY

8.1 Hodnocení jakosti vody

Jakost vody se během času zpravidla významně mění. Odebírá se velký počet vzorků vody, které se podrobují analýze. Tak se získá mnoho souborů naměřených dat, které je potřeba vyhodnotit, analyzovat a výsledky hodnocení interpretovat.

Existuje-li určitá limitní (normální) hodnota ukazatele jakosti vody, zajímáme se o pravděpodobnost, s jakou bude tato hodnota za dané delší období (např. jeden rok) překročena. Pro jiné účely (např. klasifikace jakosti vody) naopak se hledá hodnota ukazatele s předem zvolenou pravděpodobností nepřekročení (zpravidla pravděpodobností 90%).

Součástí výpočtu každé charakteristiky jakosti vody by měl být výpočet intervalu spolehlivosti této charakteristiky pro předem zvolenou hladinu významnosti α [14].

8.2 Základní statistické charakteristiky

Ukazatele jakosti vody považujeme za spojité náhodné proměnné, jež s určitými pravděpodobnostmi nabývají reálných hodnot jednoznačně přiřazených výsledkům příslušných náhodných pokusů. Výsledkem sledování jakosti vody jsou pak výběrové soubory hodnot ukazatelů. Malé soubory se nejlépe popíší uvedením všech zjištěných hodnot. U větších souborů je třeba se omezit na určitou charakteristiku souboru – především na tzv. statistické charakteristiky nebo frekvenční a distribuční čáry [14].

8.2.1 Frekvenční a distribuční čáry

Při praktickém použití zpravidla nehledáme analytické vyjádření frekvenční a distribuční čáry základního nebo výběrového souboru a spokojíme se s grafickým nezorněním. Odhadem distribuční čáry základního souboru je u malých a středních výběrových souborů empirická nebo vyrovnaná distribuční čára reprezentativního výběrového souboru.

Empirická distribuční čára se konstruuje na základě vzestupné řady prvků souboru. Každé jednotlivé hodnotě sledovaného ukazatele jakosti se (za předpokladu, že se jedná o hodnotu spojité náhodné proměnné) přiřazuje určitá pravděpodobnost nepřekročení na základě jejího pořadí ve vzestupné řadě seřazených dat [14].

8.2.2 Statistické charakteristiky souboru dat

Ze statistických charakteristik jsou pro praxi nejdůležitější tzv. momenty a z nich pak střední hodnota (tj. hodnota, kolem níž hodnoty náhodné proměnné při opakování pokusu kolísají) a rozptyl, což je míra rozptýlení náhodné veličiny kolem střední hodnoty při opakování pokusu (a jeho druhá odmocnina – standardní směrodatná odchylka). Kromě těchto

charakteristik se ještě při statistickém hodnocení používá koeficient asymetrie a koeficient špičatosti, jež patří mezi tzv. centrální normované momenty.

8.3 Hodnocení jakosti vody před rekonstrukcí

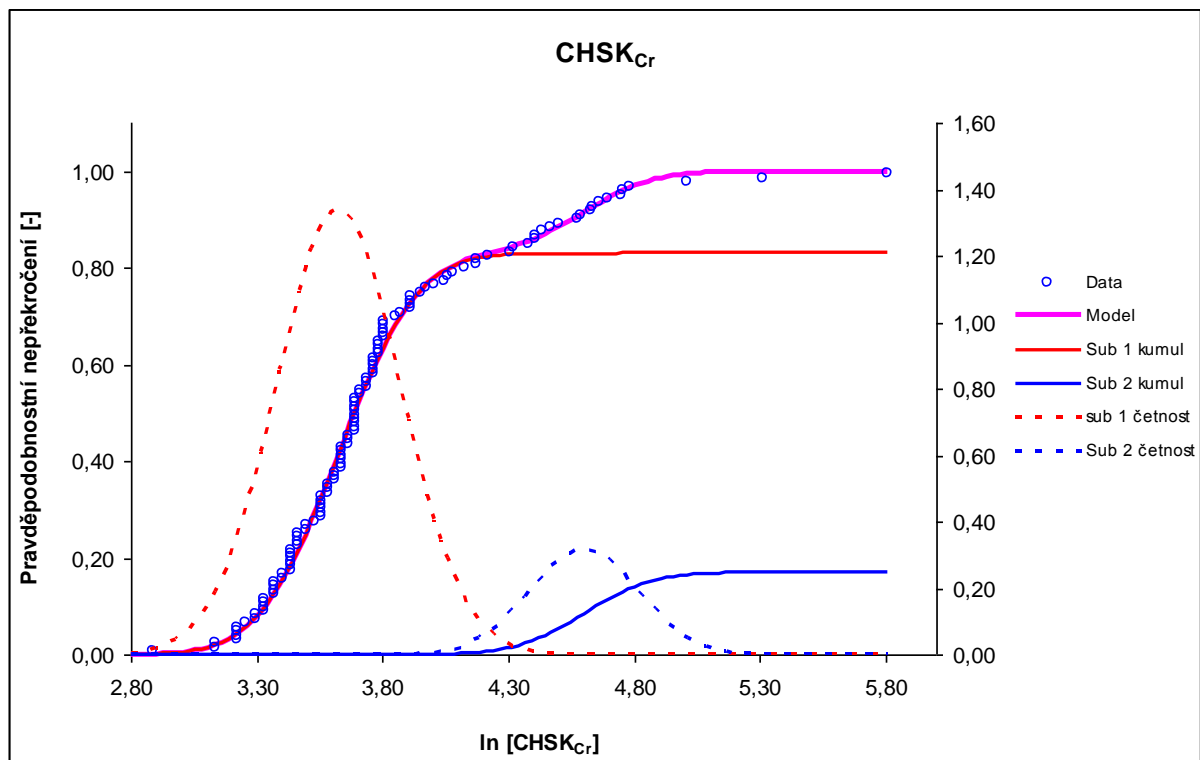
Analýza souborů hodnot ukazatelů znečištění přiváděné a vypouštěné vody v rozpětí let 2005 až 2009 ukázala, že na jakosti vypouštěných vod v letech 2008 až 2009 se negativně projevílo to, že v té době probíhala za provozu rekonstrukce čistírny (příklad viz. obr. 10, z kterého je zřejmá nehomogenita rozdělení pravděpodobnosti nepřekročení pro hodnoty $CHSK_{Cr}$ na odtoku z čistírny, způsobená právě daty z let 2008 a 2009).

Pro hodnocení stavu po rekonstrukci není k dnešnímu dni ještě k dispozici dostatek údajů (směrodatné nařízení vlády [19] předpokládá nejméně roční sledování). Postup zpracování je tedy aplikován na dílčí data za období leden – květen 2010. Pro přítok a odtok a pro období před a po rekonstrukci byly vypočteny empirické pravděpodobnosti rozdělení hodnot sledovaných ukazatelů znečištění vody (tj. $CHSK_{Cr}$, BSK_5 , $N_{celk.}$ a $P_{celk.}$) a na základě jednoduchého numerického modelu pak byly vypočteny hodnoty s 50% a 90% pravděpodobností nepřekročení označené jako c_{50} a c_{90} (příklady viz. obr. 11, obr. 12, obr. 13 a obr. 14) pro logaritmy hodnot sledovaných ukazatelů; na první pohled patrná nehomogenita rozložení pravděpodobnosti nepřekročení hodnot některých ukazatelů znečištění pramení zřejmě z nerovnoměrnosti zatížení čistírny v průběhu roku a možná i z technických potíží při provozu čistírny ve sledovaném období – podrobnější analýza příčin by si vyžadovala doplňující informace v daném směru).

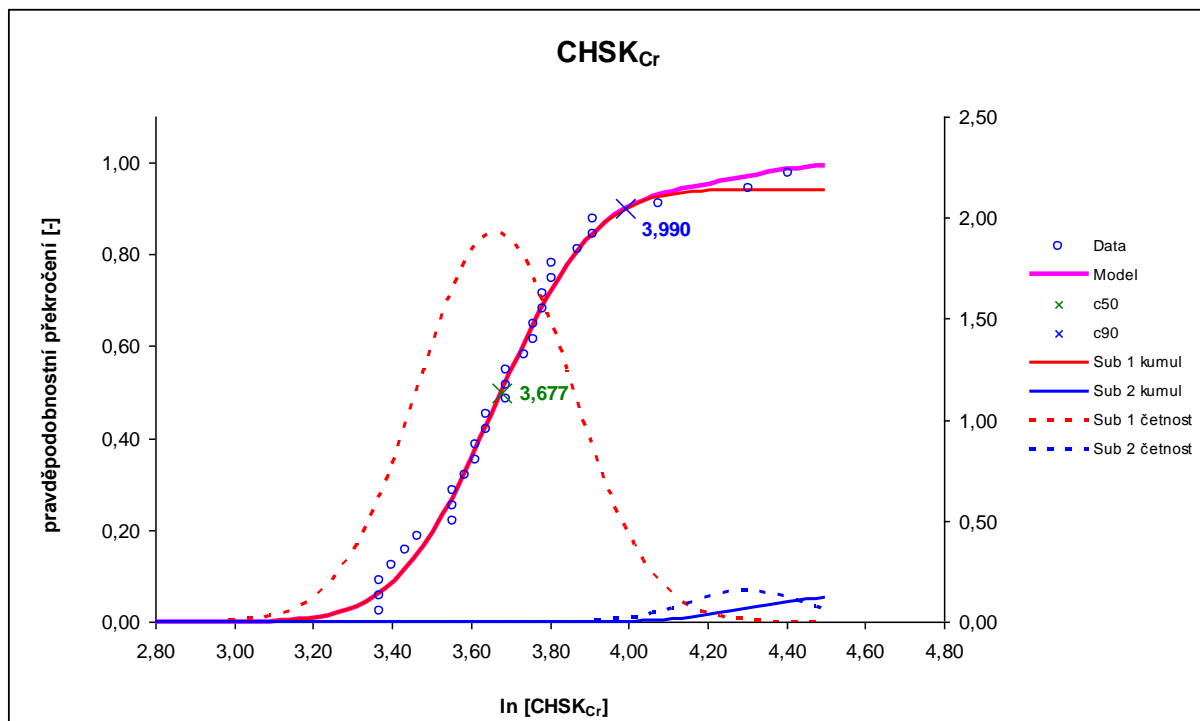
K předběžnému srovnání obou sledovaných období jsou pak analogicky použita data ze stejných měsíců v letech 2005 až 2007. Získané hodnoty jsou shrnuty v

tab. 6 a tab. 7.

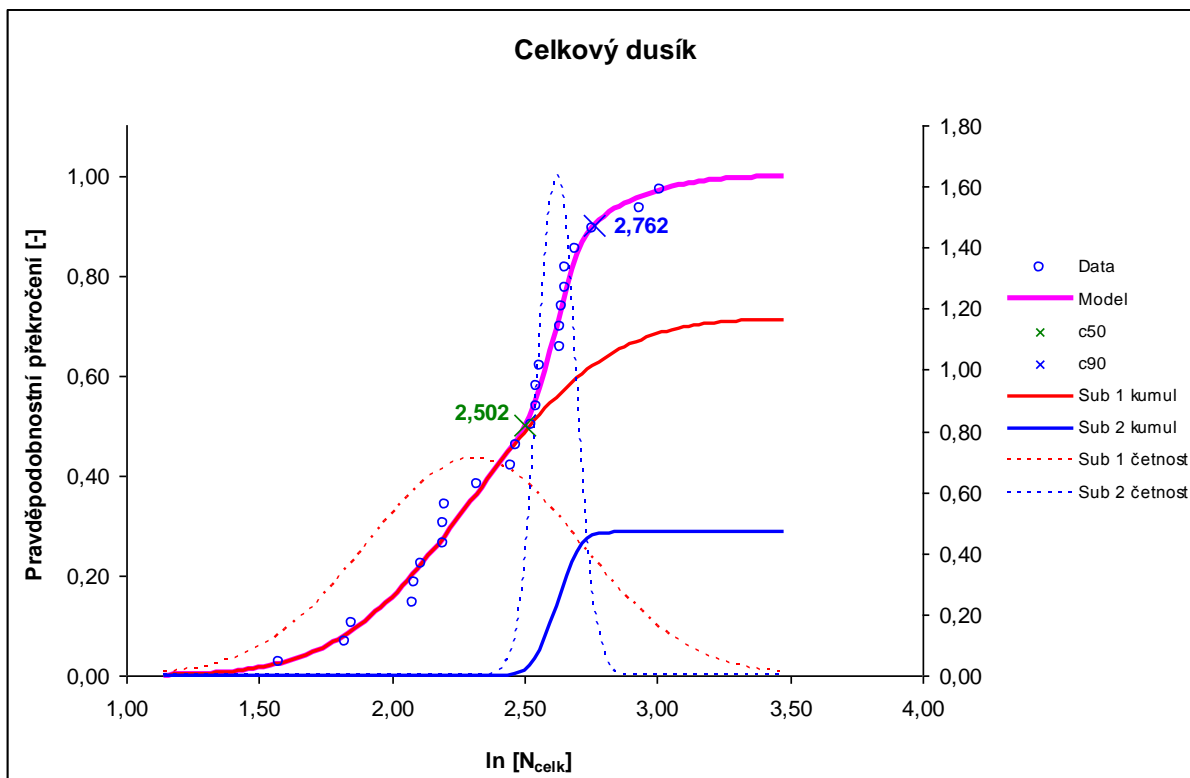
Na obr. 15 a obr. 16 je možno účinnost pro vybrané dva parametry srovnat vizuálně.



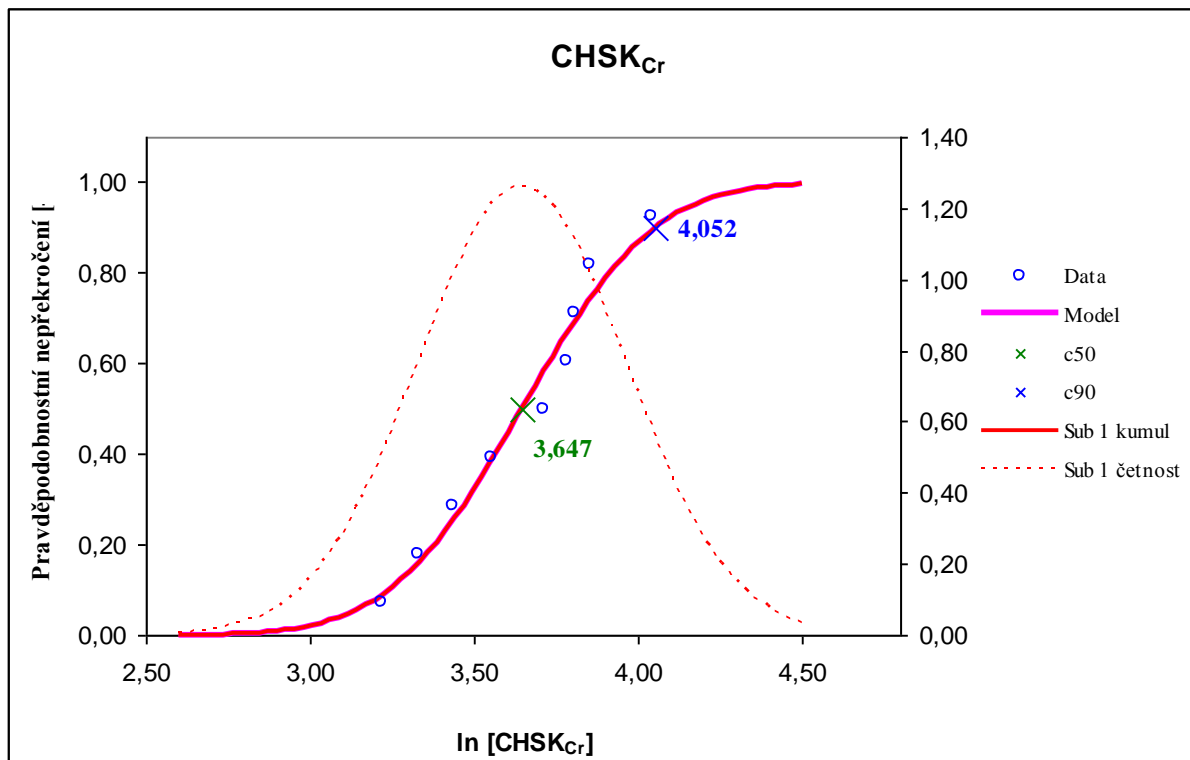
Obr. 10: CHSK_{Cr} – odtok z let 2005 až 2009.



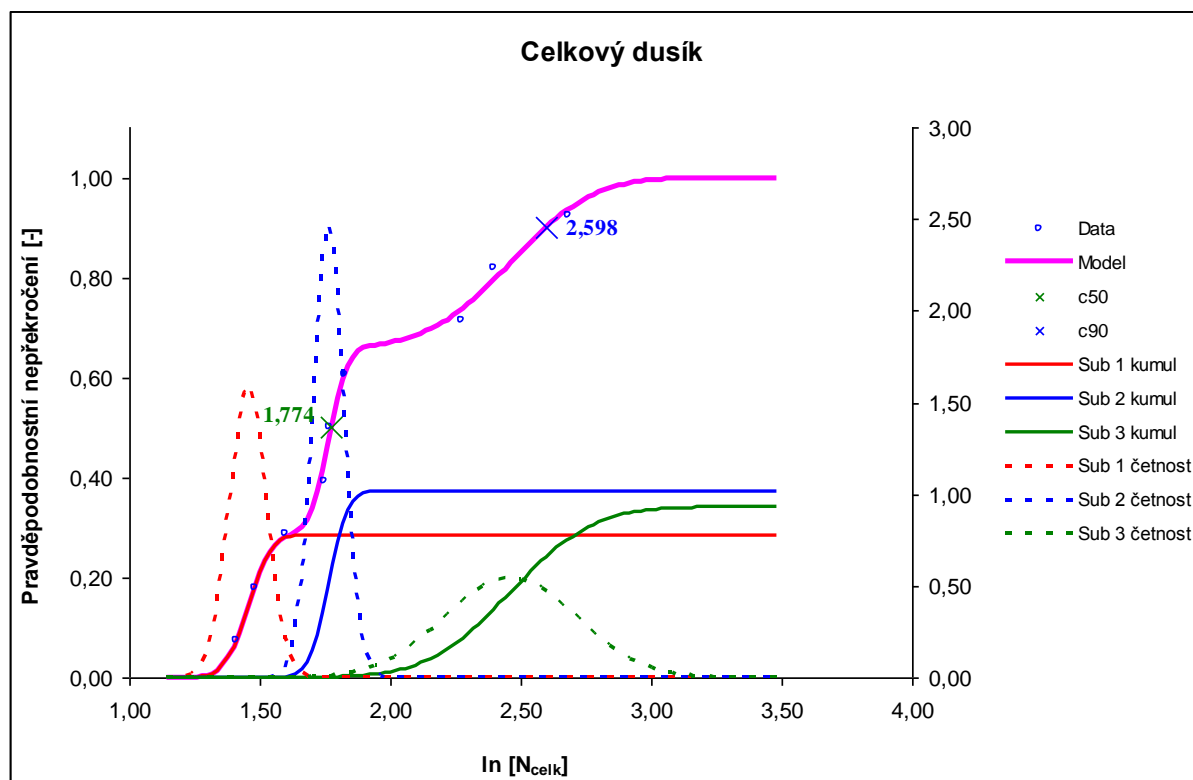
Obr. 11: CHSK_{Cr} – odtok z let 2005 až 2007 pro měsíce leden až květen.



Obr. 12: Celkový dusík – odtok z let 2005 až 2007 pro měsíce leden až květen.



Obr. 13: CHSK_{Cr} – odtok z roku 2010 pro měsíce leden až květen.



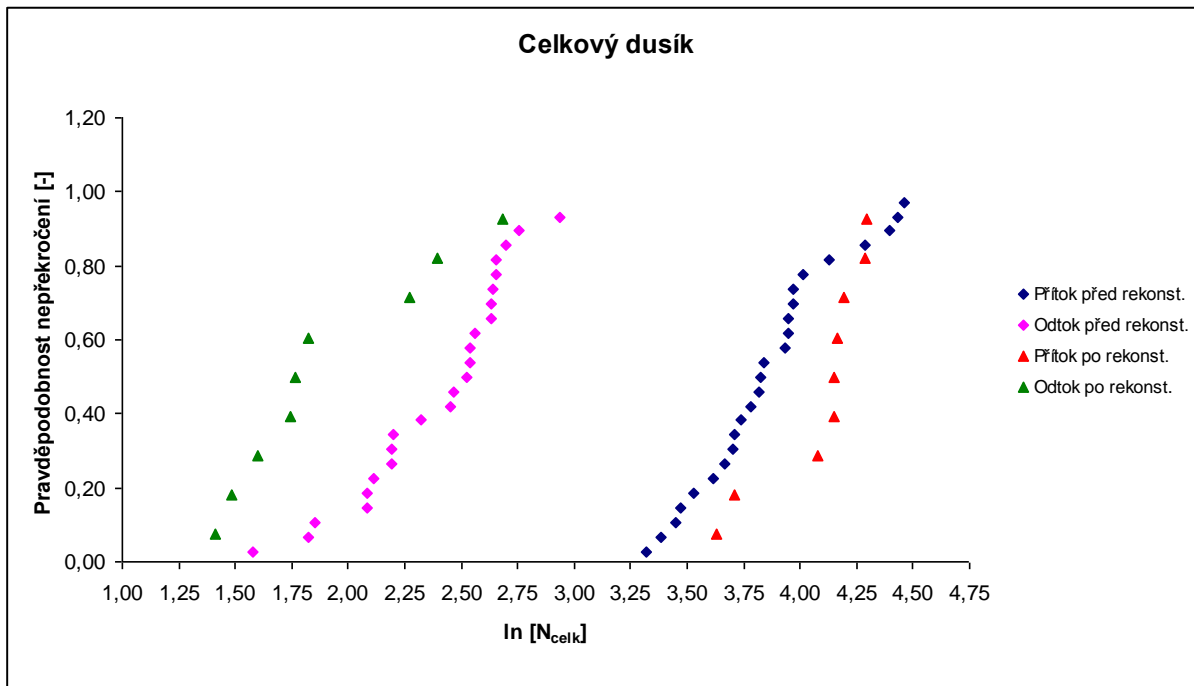
Obr. 14: Celkový dusík – odtok z roku 2010 pro měsíce leden až květen.

Tab. 6: Hodnoty c_{50} a c_{90} pro 4 vybrané ukazatele.

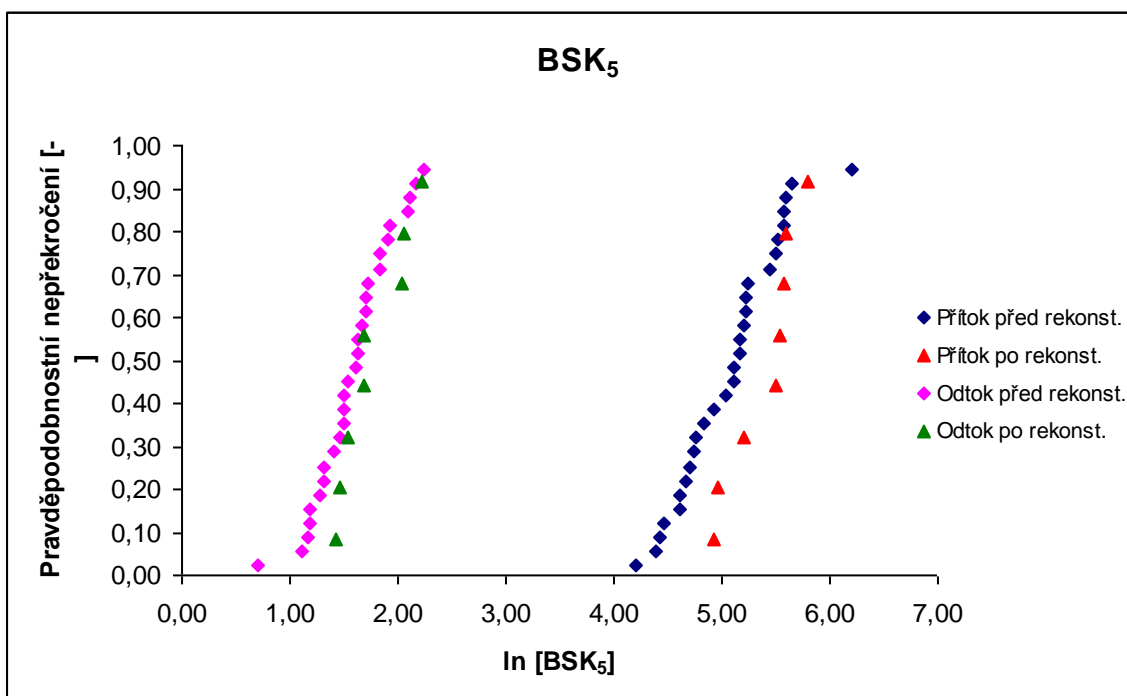
mg.l ⁻¹	c_{50}				c_{90}			
	přítok		odtok		přítok		odtok	
	před	po	před	po	před	po	před	po
CHSK	369,0	493,7	39,5	38,3	628,5	617,7	54,1	57,5
BSK	164,4	239,5	4,91	5,38	310,8	304,2	8,67	9,00
N_{celk}	46,3	63,7	12,2	5,90	81,7	72,7	15,8	13,4
P_{celk}	12,2	62,4	3,09	5,91	15,8	68,0	4,72	14,2

Tab. 7: Srovnání účinnosti před a po rekonstrukci.

mg.l ⁻¹	Účinnost					
	c_{50}			c_{90}		
	před	po	rozdíl	před	po	rozdíl
CHSK	89,3	92,2	2,9	91,4	90,7	-0,7
BSK	97,0	97,8	0,7	97,2	97,0	-0,2
N_{celk}	73,6	90,7	17,1	80,6	81,5	0,9
P_{celk}	74,7	90,5	15,8	70,2	79,2	9,0



Obr. 15: Srovnání účinnosti čistírny před a po rekonstrukci pro celkový dusík pro roky 2005 až 2007 s daty z roku 2010.



Obr. 16: Srovnání účinnosti čistírny před a po rekonstrukci pro BSK₅ pro roky 2005 až 2007 s daty z roku 2010.

9 ZÁVĚR

V práci je shrnuta problematika čištění odpadních vod se zřetelem na konkrétní technologii použitou na čistírně odpadních vod v Hustopečích, jež byla v průběhu let 2008 a 2009 rekonstruována. V rámci rekonstrukce byla nahrazena zastaralá technologie technologií modernější, s cílem zvýšit provozní spolehlivost a technologickou účinnost celého zařízení a dosáhnout zjednodušení obsluhy a snížení spotřeby energie při jeho provozu. V souvislosti s tím je v práci porovnávána technologie čištění odpadních vod před rekonstrukcí a po rekonstrukci, jak po stránce stavebně a strojně technologické, tak i po stránce chemickotechnologické.

Nová technologie na čistírně odpadních vod je hodnocena pozitivně. Hlavně výměna v aktivačních nádržích čerpadla Emu za dmýchadla s pneumatickým jemnobublinovým systémem provzdušňování. Nový shrabovací systém u dosazovacích nádrží je též brána pozitivně.

Pouze pětiměsíční doba provozu čistírny po rekonstrukci ještě nedovoluje vážně hodnotit přínosy rekonstrukce z hlediska provozní spolehlivosti a náročnosti obsluhy. Nicméně lze říci, že dosavadní poznatky vychází v tomto ohledu příznivě.

Hodnocení přínosu rekonstrukce po stránce chemickotechnologické si vyžaduje (s ohledem na platnou legislativu a s ohledem na přirozený rozptyl hodnot sledovaných ukazatelů znečištění vody v průběhu roku) zpracování příslušných údajů za dobu nejméně jednoho roku. Pro potřebu takového srovnání (byť zatím jen předběžného) jsou na základě laboratorních výsledků z let 2005 až 2010 vypočteny pravděpodobnostní charakteristiky souborů dat pro vybrané ukazatele znečištění vody ($CHSK_{Cr}$, BSK_5 , celkového obsahu dusíku a celkového obsahu fosforu) na přítoku do čistírny a na odtoku z ní.

Bylo vypočteno rozdělení empirické pravděpodobnosti nepřekročení hodnot vybraných ukazatelů znečištění vody, z něhož byly pro tyto ukazatele (na základě optimalizace parametrů jednoduchého numerického modelu) vypočteny hodnoty s 50 a 90% pravděpodobností nepřekročení (c_{50} a c_{90}).

S použitím těchto charakteristik je prezentován způsob porovnání účinnosti procesu čištění odpadní vody pro vybrané ukazatele jakosti vody za srovnatelné části (prozatím jen pro leden až květen příslušných let) sledovaného období. Získané výsledky ukazují, že při předběžném srovnání hodnot c_{50} bylo u všech ukazatelů znečištění dosaženo významného zlepšení (u c_{90} lze říci, že buď nedošlo ke změně, nebo jen k málo významnému zlepšení).

10 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

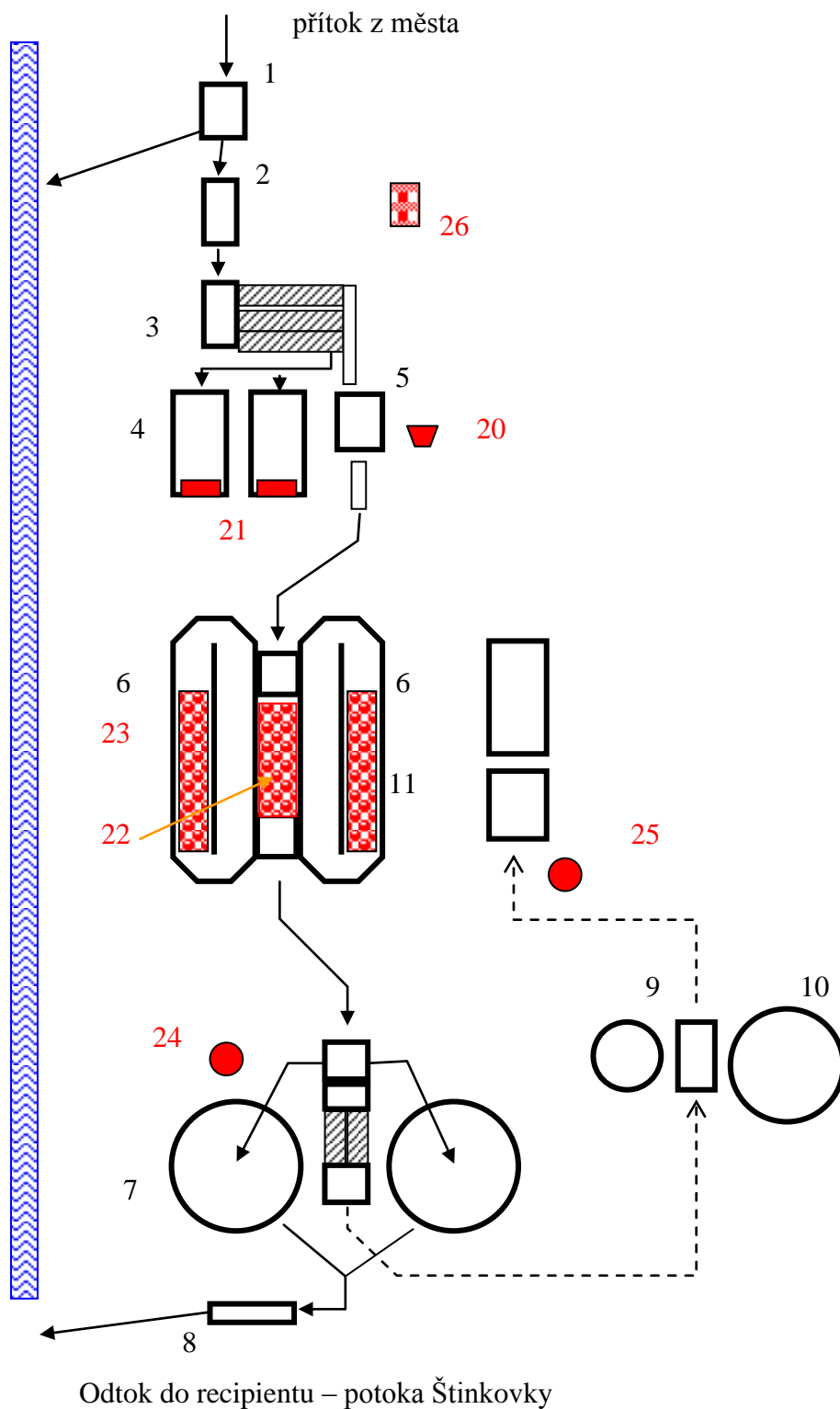
- [1] PITTER, P. *Hydrochemie*. 2. Vydavatelství VŠCHT, 1990. s. 568. ISBN 80-03-00525-6.
- [2] ŽÁČEK, L. *Hydrochemie.PC-DIR*, spol. s.r.o. – Nakladatelství Brno, 1998. s. 88. ISBN 80-214-1167-8.
- [3] DOLEJŠ, CSc., Ing. P. *Příručka pro čištění a úpravu vody*. 1. vyd. Kemifloc a. 1996. 101 s.
- [4] HORÁKOVÁ, M. a kol. *Analytika vody*. Nakladatelství VŠCHT Praha 2003. s. 350. ISBN 80-7080-520-X.
- [5] MUCK, A. *Základy strukturní anorganické chemie*. 1. vyd. Nakladatelství Academia, 2006. 508 s. ISBN 80-200-1326-1.
- [6] TÖLGYESSY a kolektiv. *Chemistry and Biology of Water, Air and Soil. Environmental Aspects*, Elsevier, Amsterdam, 1993. ISBN 0-444-98798-3. s. 283.
- [7] TÖLGYESSY a kolektiv. *Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia*. 2 : Slovenská akadémia vied, 1989. ISBN 80-224-0034-3. s. 283.
- [8] KLIKORKA, HÁJEK, VOTINSKÝ. *Obecná a anorganická chemie*. 2. nezměněné vyd. Praha : SNTL, 1989. Dostupný z WWW: <<https://www.vutbr.cz/elearning/mod/resource/view.php?id=75676>>. s. 578.
- [9] *Celkový dusík* [online]. ©2005- 2008 [cit. 2010-03-26]. Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z WWW: http://www.irz.cz/latky/celkovy_dusik>
- [10] Provozní řád ČOV Hustopeče – Textová část, Vodovody a kanalizace, Brno 2009.
- [11] Skurka (vedoucí provozu ČOV v Hustopečích) – ústní sdělení
- [12] MALÝ, J.; MALÁ, J. *Chemie a technologie vody*. Noel 2000 s.r.o. Brno, 1996. s. 250. ISBN 80-86020-13-4.
- [13] Provozní řád ČOV Hustopeče – Textová část, Vodovody a kanalizace, Brno 1994

- [14] NESMĚRÁK, I.: *Hodnocení jakosti vody*, s. 67 - 106, In: TUČEK, F.; CHUDOBA, J.; KONÍČEK Z.: *Základní procesy a výpočty v technologii vody*. SNTL Praha 1977, 494 s.
- [15] Člověk a odpadní voda - I. část, doplňky a detaily. In POŠTA, J. Člověk a odpadní voda [online]. Technická fakulta ČZU v Praze: 15. 2. 2000 [cit. 2010-05-26]. Dostupné z WWW: <posta.tf.czu.cz/U3V/U3V_text2-2.doc>
- [16] Vodovody a kanalizace Břeclav, a.s. [online]. 1.0. 2008 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.vak-projektbreclavsko.cz/obce-zapojene-do-projektu/hustopece/>>.
- [17] *Mapy.cz* [online]. 2005-2009 [cit. 2010-05-20]. Seznam.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.mapy.cz./>>.
- [18] earth.google.com [online]. 2004-2009 [cit. 2010-05-24]. Earth.google.com. Dostupné z WWW: <<http://earth.google.com/>>.
- [19] Nařízení vlády ze dne 29. ledna 2003 o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, nležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Sbírka zákonů č. 61/2003, částka 24, 898 – 951, Ministerstvo vnitra České republiky, Praha 2003
- [20] Vodovody a kanalizace Břeclav, a.s. [online]. 1.0. 2008 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <http://www.vak-projektbreclavsko.cz/uploads/media/HMG_-_Hustopece_COV_01-09.pdf/>.
- [21] Vodovody a kanalizace Břeclav, a.s. [online]. 1.0. 2008 [cit. 2010-05-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.vak-projektbreclavsko.cz/obce-zapojene-do-projektu/hustopece//>>.

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Schéma ČOV Hustopeče:	45
Příloha 2: Čistírna před rekonstrukcí	47

Příloha 1: Schéma ČOV Hustopeče:



LEGENDA schéma ČOV Hustopeče:

1	Vypínací komora na přítoku do ČOV
2	Lapák štěrku a hrubé česle
3	Šneková čerpací stanice splaškových a dešťových odpadních vod
4	Dešťové zdrže
5	Hrubé předčištění (jemné česle, lapáky písku)
6	Oběhové aktivační nádrže (2 jednotky)
7	Kruhové dosazovací nádrže (2 jednotky)
8	Měrný objekt na odtoku z ČOV
9	Zahušťovací nádrž kalu
10	Uskladňovací nádrž kalu
11	Budova odvodňování kalu (pásový lis)
12	Provozní budova
Ostatní pomocné stavební objekty a provozní soubory	
20	Pračka písku
21	Úprava dešťových zdrží
22	Regenerace kalu
23	Nový aerační systém
24	Chemické srážení fosforu
25	Hygienizace kalu vápnem
26	Příjmová stanice septických vod

Příloha 2: Čistírna před rekonstrukcí

