



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE

VYHODNOCENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU ČOV TACHOV

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jan Vymazal, CSc.

Diplomant: Bc. Petra Ivanovská

2012

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie krajiny

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ivanovská Petra

Regionální environmentální správa - kombinované Karlovy Vary

Název práce

Vyhodnocení zkušebního provozu čistírny odpadních vod Tachov

Anglický název

Evaluation of wastewater treatment plant Tachov test operation

Cíle práce

1. Charakterizovat princip čištění odpadních vod v aktivační čistírně
2. Popsat čistírnu odpadních vod Tachov
3. Vyhodnotit provoz ČOV Tachov před rekonstrukcí
4. Vyhodnotit provoz ČOV Tachov po rekonstrukci
5. Porovnat účinnost a provozní náklady před a po rekonstrukci čistírny

Metodika

V první části práce bude proveden stručný přehled typů aktivačních čistíren na základě literárních zdrojů. V další části bude popsána čistírna odpadních vod v Tachově před a po rekonstrukci na základě projektových dokumentací. Ve třetí části bude vyhodnocena účinnost čistírny v různých fázích provozu po rekonstrukci a účinnost bude porovnána s účinností před rekonstrukcí. K vyhodnocení budou použity dostupné materiály od provozovatele čistírny a příslušných vodohospodářských úřadů.

Harmonogram zpracování

duben - červenec 2011: literární rešerše

duben - prosinec 2011: sběr provozních dat

leden - březen 2012: sepsání diplomové práce

Rozsah textové části

60 stran včetně příloh

Klíčová slova

odpadní voa, čistírna odpadních vod, rekonstrukce, vypouštění odpadních vod

Doporučené zdroje informací

Dohányos, M., Koller, J., a Strnadová, N., 2004. Čištění odpadních vod. Skripta VŠCHT.

Chudoba, J., Dohányos, M. a Wanner, J., 1991. Biologické čištění odpadních vod. SNTL Praha.

Jeníček P. (1999). Výpočty v technologii vody II. Vydavatelství VŠCHT, Praha.

Metcalf & Eddy, Inc. (2003). Wastewater engineering. Treatment and reuse. 4. vydání. McGraw-Hill, New York.

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb, kterým se mění nařízení vlády 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

Vedoucí práce

Vymazal Jan, doc. Ing., CSc.



v. y. Jan Vymazal

doc. RNDr. Miroslav Martiš, CSc.

Vedoucí katedry

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Doc. Ing. Jana Vymazala, CSc.

Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace (včetně internetových), ze kterých jsem čerpala.

V.....Datum.....Podpis.....

Poděkování

Mé poděkování patří Doc. Ing. Janu Vymazalovi, CSc., společnosti Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. za poskytnutí potřebných dat.

V.....Datum.....Podpis.....

ABSTRAKT

Čistírna odpadních vod (ČOV) Tachov musela být intenzifikována, jelikož nebyla schopna dostát požadavkům směrnice Rady 91/271/EHS implementovaným do Nařízení Vlády 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů, a to zejména v plnění odtokového limitu „průměr“ a „m“ v ukazateli N_{celk} . Intenzifikace zahrnovala především doplnění technologické linky o interní recirkulaci a druhou dosazovací nádrž a dále optimalizaci objemů jednotlivých sekcí aktivačního systému.

ČOV Tachov po intenzifikaci ve zkušebním provozu vykazovala stabilnější odtokové hodnoty organického znečištění a zlepšení separačních vlastností aktivovaného kalu.

Dle výsledků zkušebního provozu intenzifikace zvýšila průměrnou účinnost odstranění celkového dusíku téměř o 10% a přispěla k dosažení průměrné odtokové hodnoty v ukazateli N_{celk} pod 10 mg/l tak, jak požaduje platná legislativa. Po rekonstrukci byla rovněž výrazně delší část roku, po kterou byl stabilní proces nitrifikace. K těmto výsledkům však kromě intenzifikace aktivačního systému přispěla rovněž vysoká koncentrace aktivovaného kalu, která byla v systému udržována významně nad projektovanou hodnotu a v jejímž důsledku bylo sníženo zatížení kalu všemi formami dusíku a zvýšeno stáří kalu.

I přes významné zlepšení nebyla ČOV Tachov po provedené rekonstrukci schopna udržet celoročně stabilní proces odstraňování dusíkatého znečištění, což se odrazilo v neplnění limitní hodnoty „m“ vodoprávního povolení pro trvalý provoz v ukazateli N_{celk} . Bude proto nezbytné znovu posoudit objemy aktivačních nádrží, kapacitu dodávky vzduchu, kapacitu aeračního systému, ale i zajištění dostatečného množství biologicky snadno rozložitelného substrátu a další parametry tak, aby bylo další intenzifikací čistírny dosaženo stabilního procesu odstraňování dusíkatého znečištění a zajištěn soulad s legislativními požadavky.

Intenzifikace ČOV Tachov neměla významný vliv na celkové náklady vynaložené na čištění odpadních vod ani na poměrné zastoupení jednotlivých nákladových položek.

Klíčová slova

čistírna odpadních vod – nitrifikace – denitrifikace – regenerace – srážení fosforu – organické znečištění – amoniakální dusík – celkový dusík – nejlepší dostupné technologie - zkušební provoz

ABSTRACT

Wastewater Treatment Plant (WWTP) Tachov must have been upgraded because it was not able to meet requirements given by Decree 91/271/EC implemented into the Decree 61/2003 Sb. in the sense of further requirements, namely for discharge „mean“ and „maximal“ values for total nitrogen. The WWTP upgrade included the addition of internal recycle, additional secondary clarifier, and optimization of activated sludge compartments volume.

Before commissioning, WWTP Tachov exhibited more stable discharge concentrations of organics and improvement of activated sludge separation. According to the results, the WWTP upgrade increased the average removal efficiency for total nitrogen by 10% with the average discharge TN concentration <10 mg/l in accordance with the Czech legislation. The WWTP upgrade also prolonged the period of stable nitrification. These results, however, were met besides the activated sludge system upgrade, also by means of high concentration of activated sludge above the designed value in order to lower the sludge nitrogen loading and to increase the sludge age.

Despite substantial improvement, the WWTP Tachov was not able to provide steady removal of nitrogen during the year and discharge limits set by Water Authorities for total nitrogen were not met. Therefore, it will be necessary to re-evaluate: 1) the volume of the activated sludge tanks, 2) the amount of air provided by diffusers including the capacity of the aeration system and, 3) sufficient amount easily biodegradable substrate in order to provide steady removal of nitrogen to meet the discharge limits.

The upgrade of WWTP Tachov neither affected substantially the total O & M costs nor affected the composition of the costs.

Keywords

Wastewater treatment plant – nitrification - denitrification – regeneration – phosphorus precipitation – organic pollution – ammonia-N – total-N – best available technology – preliminary operation

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle práce	3
3	Literární řešerše	4
3.1	Složení splaškových a městských odpadních vod.....	4
3.2	Aktivační proces.....	4
3.3	Aktivovaný kal.....	5
3.4	Aerace.....	5
3.4.1	<i>Mechanická aerace.....</i>	<i>6</i>
3.4.2	<i>Hydropneumatická aerace</i>	<i>6</i>
3.4.3	<i>Pneumatická aerace.....</i>	<i>6</i>
3.5	Technologická linka městských čistíren odpadních vod	7
3.6	Biologické odstraňování dusíku	10
3.6.1	<i>Nitrifikace.....</i>	<i>10</i>
3.6.2	<i>Denitrifikace.....</i>	<i>11</i>
3.6.3	<i>ANAMMOX</i>	<i>12</i>
3.6.4	<i>Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku.....</i>	<i>12</i>
3.7	Odstraňování fosforu	17
3.7.1	<i>Biologické odstraňování fosforu.....</i>	<i>17</i>
3.7.2	<i>Chemické srážení fosforu</i>	<i>18</i>
3.7.3	<i>Systémy chemického srážení fosforu.....</i>	<i>18</i>
3.8	Nejlepší dostupné technologie (BAT)	19
4	Metodika	22
4.1	ČOV Tachov před rekonstrukcí	22
4.1.1	<i>Charakteristika čistírny odpadních vod.....</i>	<i>23</i>
4.1.2	<i>Návrhové parametry ČOV</i>	<i>25</i>
4.1.3	<i>Hlavní údaje vodoprávního povolení.....</i>	<i>25</i>
4.2	ČOV Tachov po rekonstrukci	26
4.2.1	<i>Charakteristika čistírny odpadních vod.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Návrhové parametry ČOV</i>	<i>30</i>
4.2.3	<i>Hlavní údaje vodoprávního povolení.....</i>	<i>30</i>
4.3	Použité metody.....	32
4.3.1	<i>Měření množství odpadních vod.....</i>	<i>32</i>
4.3.2	<i>Měření kvality odpadních vod</i>	<i>32</i>
4.3.3	<i>Stanovení kalového indexu.....</i>	<i>34</i>

4.3.4	<i>Výpočet látkových bilancí</i>	34
4.3.5	<i>Výpočet účinnosti čištění</i>	35
4.3.6	<i>Přepočet hodnot "p" pro BSK₅, CHSK_{Cr} a NLs na roční průměry</i>	35
5	Výsledky	36
5.1	ČOV Tachov před rekonstrukcí	36
5.1.1	<i>Hydraulické zatížení</i>	36
5.1.2	<i>Odstranění organického znečištění</i>	37
5.1.3	<i>Odstranění dusíkatého znečištění</i>	38
5.1.4	<i>Odstranění fosforu a separace aktivovaného kalu</i>	40
5.2	ČOV Tachov po rekonstrukci	42
5.2.1	<i>Hydraulické zatížení</i>	42
5.2.2	<i>Odstranění organického znečištění</i>	42
5.2.3	<i>Odstranění dusíkatého znečištění</i>	44
5.2.4	<i>Odstranění fosforu a separace aktivovaného kalu</i>	46
5.3	Provozní náklady.....	48
6	Diskuze	50
6.1	Odstranění organického znečištění.....	50
6.2	Odstranění dusíkatého znečištění.....	51
6.3	Odstranění celkového fosforu	52
6.4	Separace aktivovaného kalu.....	54
6.5	Provozní náklady.....	55
7	Závěr	56
7.1	Odstranění organického znečištění.....	56
7.2	Odstranění dusíkatého znečištění.....	56
7.3	Odstranění celkového fosforu	57
7.4	Separace aktivovaného kalu.....	58
7.5	Provozní náklady.....	58
8	Literatura	59
	Seznam tabulek	64
	Seznam obrázků	66
	Přílohy	67

Seznam použitých zkratek a symbolů

ANOX	anoxická zóna
AS	aktivační směs
BAT	nejlepší dostupná technologie dle NV 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku
c	koncentrace látky ve vodě vyjádřená v mg/l
ČOV	čistírna odpadních vod
D	denitrifikační stupeň
DN	dosazovací nádrž
E	účinnost odstranění znečištění v %
EO	ekvivalentní obyvatel při produkci 60 mg BSK ₅ / (obyv.den)
EU	Evropská unie
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou
IR	interní recirkulace aktivační směsi
„m“	nepřekročitelné maximální koncentrace „m“ dle NV 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů
KI	kalový index
N	nitrifikační stupeň
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
N _{anorg}	anorganický dusík
N _{celk}	celkový dusík
NLs	nerozpuštěné látky sušené při 105°C
O	odtok
O ₂	kyslík
OV	odpadní voda
OX	oxická zóna

„p“	připustné koncentrace „p“ za kalendářní rok dle NV 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů
P	přítok
P_{celk}	celkový fosfor
PK	přebytečný aktivovaný kal
Q_{24}	průměrný denní přítok
Q_d	maximální denní přítok
$Q_{\text{dešt}}$	dešťový přítok
Q_h	hodinový přítok
Q_{max}	maximální přítok
$Q_{\text{max biol.}}$	maximální přítok na biologický stupeň
$Q_{\text{měs}}$	měsíční přítok
Q_{min}	minimální přítok
$Q_{\text{prům}}$	průměrný přítok
Q_{rok}	roční přítok
R	regenerace
S	selektor
SBR	sequencing batch reaktor
TP	trvalý provoz
VK	vratný aktivovaný kal
X	sušina aktivovaného kalu
ZP	zkušební provoz

1 Úvod

Požadavky na kvalitu odpadních vod vypouštěných do vod povrchových se v České republice stále zpřísňují. Důvodem je mimo jiné i závazná legislativa evropské unie, jejíž implementace do naší národní legislativy postupně probíhá od okamžiku vstupu České republiky do EU.

Jedním ze základních dokumentů v této oblasti je dle směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod. Ta požaduje od členských států zajistit, aby městské odpadní vody odváděné stokovými soustavami z aglomerací s populačním ekvivalentem vyšším než 10 000 EO byly před vypuštěním do citlivých oblastí čištěny podle přísnějších požadavků, které tato směrnice uvádí. Těmito přísnějšími požadavky jsou limity pro ukazatele Ncelk a Pcelk, které jsou jakožto nutrienty zásadním činitelem v procesu eutrofizace. Citlivé oblasti jsou mimo jiné oblasti, které byly shledány eutrofickými nebo které se mohou v blízké budoucnosti eutrofickými stát. Nařízení Vlády 61/2003 Sb. v rámci implementace této Směrnice vyhlásilo celou Českou republiku jako citlivou oblast a převzalo z této Směrnice limity pro ukazatele Ncelk a Pcelk pro ČOV s kapacitou nad 10 000 EO. K tomu Česká republika vyjednala v rámci Smlouvy o přistoupení do Evropských společenství pro implementaci Směrnice Rady č. 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod pro splnění dvě přechodná období - 31. 12. 2006 a 31. 10. 2010.

Požadavky na čištění odpadních vod v jednotlivých aglomeracích do konce roku 2010 nejsou dále dány pouze Směrnicí, ale i bodem 6. Čl. II zákona č. 20/2004 Sb., který stanovil, že:

„Obce, jejichž současně zastavěné území je zdrojem znečištění o velikosti nad 2 000 ekvivalentních obyvatel, nebo ty, které této velikosti dosáhnou do 31. prosince 2010, jsou povinny nejpozději do 31. prosince 2010 zajistit odkanalizování a čištění jejich odpadních vod na úroveň stanovenou nařízením vlády vydaným podle § 38 odst. 5 vodního zákona, ve znění tohoto zákona.“

Pro naplnění těchto požadavků byl zpracován materiál „Aktualizace strategie financování implementace směrnice Rady 91/271/EHS, o čištění městských odpadních vod“. Tento materiál každoročně projednává a schvaluje vláda České republiky. Jeho součástí je i aktuální Seznam konkrétních aglomerací rozdělený na ty, které splňují požadavky Směrnice, které musí být dořešeny v rámci implementace

Směrnice ve stanoveném přechodném období a ty, které v současné době nemají připravené žádné projekty. Dořešit jednotlivé aglomerace znamená realizovat v těchto aglomeracích opatření, tj. výstavbu, rekonstrukci či intenzifikaci čistírny odpadních vod a / nebo výstavbu či dostavbu kanalizace. U každé aglomerace je uveden její název, příslušnost ke konkrétnímu kraji České republiky, celkový počet ekvivalentních obyvatel, procento napojení na kanalizaci, zda je čistírna odpadních vod vyhovující, náklady na realizaci potřebných opatření a termín ukončení akce. V Příloze č. 2 Usnesení vlády České republiky ze dne 11. srpna 2010 č. 575 o Aktualizaci strategie financování požadavků na čištění městských odpadních vod je jako jedna z nevyhovujících aglomerací uveden rovněž Tachov.

2 Cíle práce

Cíle této diplomové práce jsou následující:

1. Charakterizovat princip čištění odpadních vod v aktivační čistírně
2. Popsat čistírnu odpadních vod Tachov
3. Vyhodnotit provoz ČOV Tachov před rekonstrukcí
4. Vyhodnotit provoz ČOV Tachov po rekonstrukci
5. Porovnat účinnost a provozní náklady před a po rekonstrukci čistírny

3 Literární rešerše

3.1 Složení splaškových a městských odpadních vod

Splaškové vody jsou zpravidla zbarveny šedě až šedohnědě a jsou silně zakalené. Jejich teplota se pohybuje od 5 do 20°C v závislosti na ročním období a hodnota pH je v rozmezí od 6,8 do 7,5. Aby bylo možno posuzovat a vzájemně porovnávat znečištění, byl do praxe zaveden pojem populační ekvivalent. Míra znečištění se při tomto způsobu hodnocení posuzuje podle hodnoty BSK₅. Znečištění produkované jedním obyvatelem se uvažuje denně 60 g BSK₅. populační ekvivalent pak udává, kolika ekvivalentním obyvatelům (EO) je rovno dané znečištění (Chudoba a kol., 1991).

Typické složení odpadních vod lze odvodit ze specifických hodnot znečištění pro ekvivalentního obyvatele (Jeníček, 1999) :

Tabulka 1: Orientační hodnoty specifické produkce znečištění v g/d na 1 obyvatele (Jeníček, 1999).

<i>Látky</i>	<i>BSK₅</i>	<i>CHSK_{Cr}</i>	<i>N_{celk}</i>	<i>P_{celk}</i>
nerozpuštěné:				
usaditelné	20	40	1	0,2
neusaditelné	10	20	-	-
rozpuštěné	30	60	10	2,3
celkem	60	120	11	2,5

3.2 Aktivační proces

Aktivační proces nebo také aktivace je nejstarší kontinuální kultivace mikroorganismů v nesterilních podmínkách (Chudoba a kol.,1991) a dnes je nejrozšířenějším způsobem biologického čištění odpadních vod. Principiálně se jedná o kontinuální kultivaci biomasy s recyklem, kdy smísením odpadní vody a vratného aktivovaného kalu vzniká tzv. aktivační směs (Wanner, 1996). Odstraňování organických látek z odpadní vody má za následek kontinuální tvorbu nové biomasy, která se ze systému musí periodicky odstraňovat ve formě přebytečného aktivovaného kalu (Chudoba a kol., 1991).

Na rozdíl od kontinuálních kultivací technické mikrobiologie se pracuje v otevřeném systému a výsledné mikrobiální složení aktivovaného kalu se stabilizuje samovolně podle složení odpadní vody, uspořádání a technologických parametrů aktivace (Wanner, 1996).

3.3 Aktivovaný kal

Aktivovaným kalem nazýváme směsnou kulturu, kterou se poprvé podařilo vypěstovat v Manchesteru v roce 1913 dlouhodobým provzdušňováním městských splašků (Arden a Lockett, 1914; Clark a Adams, 1914). Na rozdíl od čistých kultur, ve kterých jsou bakterie většinou volně pohyblivé, vyskytují se bakterie v aktivovaném kalu převážně ve formě zoogelí (Chudoba a kol., 1991). V optimálních podmínkách kultivace získáme aktivovaný kal ve formě dobře flokulujících a sedimentujících vloček (Dohányos a kol., 1998).

Přechodně špatná flokulace může být vyvolána nárazovými změnami teploty, obsahu solí a hodnot pH. Trvale nedostatečná flokulace může být způsobena nedostatkem některých makronutrientů (dusíku, fosforu), mikronutrientů (těžkých kovů) nebo přítomností toxických látek a inhibitorů, které blokuje syntézu biopolymerů (Wanner, 1994).

Tvorba vloček není bezpodmínečně nutná pro účinné odstranění znečištění, je však nutná pro získání čirého odtoku vyčištěné odpadní vody a dostatečně zahuštěného necirkulovaného aktivovaného kalu (Dohányos a kol., 1998).

3.4 Aerace

Ve vlastní aktivační nádrži musí být vločky aktivovaného kalu udržovány ve vlnosu, aby se udržel potřebný kontakt s čištěnou odpadní vodou. U oxických systémů je zároveň nutné dodávat potřebné množství vzdušného kyslíku (Wanner, 1996). U čistíren s nitrifikací by aerační systém měl zajistit koncentraci rozpuštěného kyslíku v aktivační nádrži cca 2 mg/l (Pytl a kol., 2004), jelikož pro tento proces mohou být v závislosti na zatížení čistírny a charakteru kalu limitní hodnoty 0,5 až 2,5 mg/l (Stenstrom a Song, 1991).

Tyto dvě funkce musí splňovat aerační zařízení, kterým je aktivační nádrž vybavena. V současnosti používané typy aeračních zařízení lze rozdělit do následujících skupin (Wanner, 1996).

3.4.1 Mechanická aerace

Při mechanické aeraci dochází k přestupu vzduchu do aktivační směsi hladinou, která je čerena aerátory buď s vodorovnou hřídelí (Kessenerovy kartáče, mamutí rotory) nebo s hřídelí svislou (aerační turbíny).

3.4.2 Hydropneumatická aerace

Tento způsob využívá různých hydraulických jevů, jako např. přísávání vzduchu do místa proudění kapaliny s podtlakem. Nejběžnějším zařízením tohoto typu je ejektor, který by ovšem vzhledem k jeho energetické náročnosti měl být používán pouze jako náhrada výše uvedených systémů po dobu jejich nefunkčnosti (Wanner, 1996).

3.4.3 Pneumatická aerace

Míchání i dodávka kyslíku jsou zajišťovány vhaněním tlakového vzduchu do aktivační směsi. Podle způsobu přestupu vzduchu do aktivační směsi dělíme pneumatické aerační systémy na:

- hrubobublinné - velikost bublin nad 10 mm
- středobublinné - velikost bublin 4-10 mm
- jemnobublinné - velikost bublin 1-4 mm

Účinnost přestupu kyslíku ze vzduchu do aktivační směsi se výrazně zvyšuje s klesajícím rozměrem bublin, neboť se zvyšuje plocha mezifázového rozhraní, na kterém k přestupu kyslíku dochází. Z tohoto důvodu je mnohdy výhodné kombinovat jemnobublinnou aeraci s mechanickým mícháním aktivační směsi (ponořená vrtulová míchadla), neboť se tak sníží celkový potřebný energetický vnos do aktivační nádrže (Wanner, 1996).

Od roku 1990 jsou prakticky všechny nové velké a střední městské i průmyslové biologické čistírny odpadních vod v ČR vybavovány výhradně jemnobublinnou pneumatickou aerací. Tento trend byl vyvolán potřebou snížení energetické náročnosti procesu biologického čištění odpadních vod, a to nejen s ohledem na rostoucí ceny, ale také vlivem uplatňování procesů odstraňování dusíku (nutnost dosažení nitrifikace) při

procesu čištění, což významně zvyšuje specifickou spotřebu kyslíku. I z tohoto důvodu jsou stávající, i technicky vyhovující málo účinné aerační systémy v rámci rekonstrukcí nebo modernizací čistíren nahrazovány obvykle jemnobublinnou aerací. To neznamená, že by byla úplně opuštěna povrchová aerace, nicméně celá řada předností a efektivnost provozu vede investory a provozovatele k použití tohoto systému. Systematickým vývojem aeračních elementů byly odstraněny původní nevýhody tohoto systému jako bylo ucpávání porézních nebo membránových elementů nebo krátká životnost rozhodujících součástí systému (Kos, 1997).

Hlavní důvody pro navrhování jemnobublinného aeračního systému jsou tedy zejména :

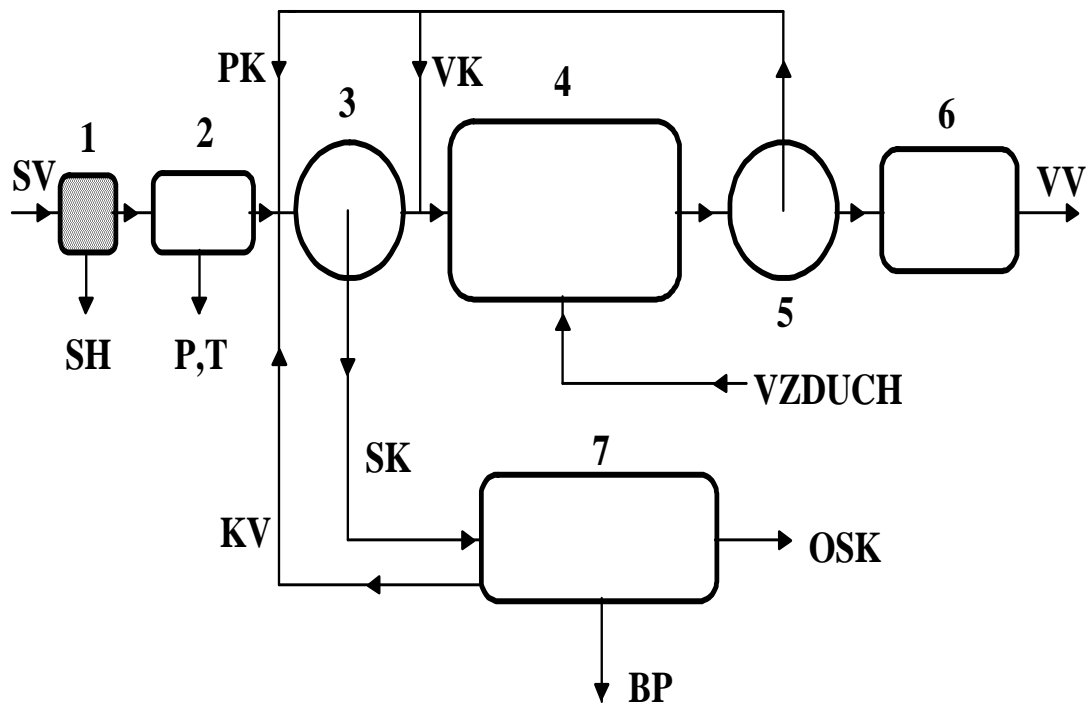
- vysoké procento využití kyslíku ze vzduchu, a s tím související energetická hospodárnost provozu
- šetrný způsob aerace, který omezuje rozbíjení vloček aktivovaného kalu
- dokonalejší míchání obsahu aktivační nádrže (Pytl a kol., 2004).

V souvislosti s rozsáhlým rozvojem technologií biologického čištění s nitrifikací a denitrifikací byla vyvinuta celá řada nových typů jemnobublinných aeračních elementů s flexibilními membránami. Jejich konstrukce je založena na použití tenké perforované membrány vyrobené z termoplastického materiálu nebo elastomeru. Princip jejich funkce spočívá v tvarově vratné roztažnosti materiálu (flexibilitě). Materiál je v průběhu výrobního procesu perforován (vpichy, proříznutí), nebo je membrána přímo vyrobena s mikrootvory obvykle speciálního tvaru. Jako materiál se využívá například EPDM (ethylen-propylen-dimeruretathan). Jeho vlastnosti jsou pak jednotlivými výrobci upravovány různými aditivami. Jako technická řešení se používají aerační elementy ve tvaru desek, trubek, hadic, dómů nebo disků (Kos, 1997).

3.5 Technologická linka městských čistíren odpadních vod

Požadovaná jakost vyčištěné vody je nejdůležitějším kritériem, které musí čistírna jako celek splnit. Tomuto požadavku se obvykle podřizuje volba technologie čištění a tím i technologická skladba celé linky (Pytl a kol., 2004).

V průběhu vývoje biologického čištění odpadních vod se ustálila standardní technologická linka čistírny, která je schématicky znázorněna na Obrázku 1. Tato sestava je typická pro většinu našich městských čistíren (Wanner, 1996).



Obrázek 1: Schéma aktivační čistírny městských odpadních vod (Wanner, 1996)

1 - česle; 2 - lapák písku (a tuku); 3 - usazovací nádrž; 4 - aktivační nádrž;
 5 - dosazovací nádrž; 6 - (případné) terciární čištění; 7 - kalové hospodářství
 SV - surová odpadní voda; SH - shrabky; P,T - písek, tuk; VV - vyčištěná odpadní
 voda; VK - vratný aktivovaný kal; PK přebytečný aktivovaný kal; SK - surový
 smíšený kal; OSK - odvodněný stabilizovaný kal; BP - bioplyn, KV – kalová
 voda

Technologická linka se tedy obecně skládá z několika částí s následující funkcí:

Ochranná část čistírny a mechanické předčištění slouží k odstranění hrubých nečistot (shrabků a písku) z přitékající odpadní vody (Pytl a kol., 2004; Crites a Tchobanoglous, 1998). K tomu se používá lapák písku, který tak zajišťuje ochranu dalších objektů a zařízení čistírny před zanášením a otěrem, přičemž jeho součástí,

pokud se jedná o provzdušňovaný lapák písku, je i zachycování a likvidace plovoucích nečistot včetně tuků (Gabriel, 2002).

Primární sedimentace zajišťuje separaci jemnějších podílů nerozpuštěného znečištění odpadní vody usazením ve formě kalů. V závislosti na zvolené technologii čištění odpadních vod nemusí být primární sedimentace zařazena do čistírenské linky (Pytl a kol., 2004; Metcalf & Eddy, Inc., 2003).

Biologické stupeň čištění zajišťuje odstranění převážně rozpuštěného organického znečištění, popřípadě i nutrientů (dusík a fosfor) (Pytl a kol., 2004). Základním principem všech biologických čistírenských procesů jsou biochemické oxidačně-redukční reakce (Dohányos a kol., 1998). Aktivním činitelem v tomto procesu je funkční polykultura, kultivovaná buď ve formě suspenze (aktivovaný kal) a nebo biofilmu (Wanner, 1996).

Biologické stupeň čištění reprezentuje biologický reaktor, v kterém probíhá odstraňování znečišťujících látek zbylých v odpadní vodě po mechanickém (primárním) čištění působením mikroorganismů. Na městských čistírnách se setkáváme kromě nejrozšířenější aktivační nádrže ještě se zkráplenou biologickou kolonou (biofiltr). U menších a tzv. domovních čistíren odpadních vod se používá jako biologický reaktor tzv. rotační biofilmový reaktor (Wanner, 1996).

Separační stupeň představuje dosazovací nádrž v níž dochází k separaci biomasy (aktivovaného kalu, strženého biofilmu) od vyčištěné odpadní vody. V případě aktivačního procesu musí dosazovací nádrž odseparovaný aktivovaný kal současně i zahustit (na hodnotu sušiny okolo 1%), aby bylo možno vratným kalem udržovat požadovanou koncentraci biomasy v aktivační nádrži, a aby se zmenšil objem přebytečného kalu odváděného do kalového hospodářství. Účinná separace biomasy je rozhodující pro kvalitu finálního odtoku. Špatně fungující dosazovací nádrž může zcela zvrátit dobrý čistící efekt předchozího biologického reaktoru (Wanner, 1996).

Kalové hospodářství zajišťuje aerobní nebo anaerobní stabilizaci kalů vyprodukovaných čistírnou (Pytl a kol., 2004). Zde se zahušťují, stabilizují a

odvodňují zachycené primární kaly a přebytečná biomasa z biologického stupně čistírny. Produkty kalového hospodářství jsou odvodněný stabilizovaný kal, bioplyn při anaerobní stabilizaci a kalová voda, která se vrací do hlavní technologické linky k čištění (Wanner, 1996).

Za aerobně stabilizovaný kal je všeobecně považován aktivovaný kal, vznikající v nízkozatěžovaném aktivačním systému (Sýkora, 1997).

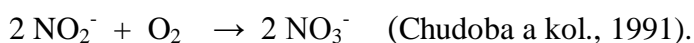
3.6 Biologické odstraňování dusíku

Základními formami výskytu dusíku v odpadních vodách jsou dusík amoniakální a dusík organický, v nichž se dusík nachází v redukovaném stavu (N^{-III}). Obě tyto formy lze analyticky stanovit a vyjádřit společně jako tzv. Kjeldahlův dusík (TKN). Oxidované formy dusíku nejsou přítomny v odpadní vodě přitékající na čistírnu ve významných koncentracích vzhledem k mikrobiální redukci ve stokové síti.

Cílem biologického odstraňování sloučenin dusíku je zoxidovat většinu redukovaného dusíku na dusičnany a poté snížit koncentraci dusičnanů na hodnoty přijatelné jak z hlediska odtokových standardů, tak technologické a ekonomické náročnosti procesu (Wanner, 1996; Barker a Dold, 1997).

3.6.1 Nitrifikace

Biologická oxidace dusíku se nazývá nitrifikace a probíhá ve dvou stupních:



Oba procesy jsou prováděny chemolithotrofními nitrifikačními bakteriemi. Dlouho byly za hlavní považovány rody *Nitrosomonas* a *Nitrobacter* (Painter, 1970). S rozvojem genových sond se však ukázalo, že v aktivovaném kalu běžně dominují jiné rody např. *Nitrosococcus mobilis* a bakterie podobné rodu *Nitrospira* (Juretschko a kol., 1998).

Při této oxidaci se jako akceptor elektronů využívá rozpuštěný molekulární kyslík, tj. nitrifikace probíhá v oxických podmínkách. Nitrifikační bakterie využívají oxidaci dusíkatých sloučenin jako zdroje energie; nová biomasa je syntetizována z anorganických forem uhlíku (Ossenbruggen a kol., 1996). Tento metabolismus je

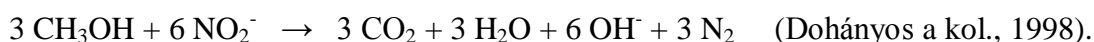
poměrně komplikovaný s nízkým energetickým výtěžkem. Proto nitrifikační bakterie jsou pomalu rostoucí a podléhající celé řadě inhibičních vlivů (Wanner, 1996). Dimenzování aktivačního systému potom musí být založeno na požadavcích nitrifikace jako nejpomalejšího procesu (Čech, 1997). Z rozboru teoretických poznatků o procesu nitrifikace a o nitrifikačních bakteriích pak vyplývají následující závěry pro praktický provoz (Wanner, 1996):

- Ve srovnání s konvenčními aktivačními systémy je nutno provozovat aktivační systémy s nitrifikací při vyšších dobách zdržení biomasy ("stáří aktivovaného kalu"); tato nutnost je výrazná zejména při nižších provozních teplotách.
- Vzhledem k vysoké specifické spotřebě kyslíku na oxidaci amoniakálního dusíku ($4,33 \text{ g/g; O}_2, \text{ N-NH}_4^+$) je nutno zajistit potřebnou dodávku vzdušného kyslíku, aby nedocházelo k limitaci nitrifikačních bakterií nedostatkem rozpuštěného O_2 (Werzernak a Gannon, 1967). Koncentrace rozpuštěného kyslíku je rovněž klíčovým parametrem z hlediska rychlosti nitrifikace (Wiesmann a kol. 2007).
- V průběhu prvního stupně nitrifikace se uvolňují ionty H^+ , které narušují uhlíčanovou rovnováhu; při vyšších koncentracích N-NH_4^+ a nedostatečné kyselinové neutralizační kapacitě (alkalitě) odpadních vod by mohlo dojít k samovolnému poklesu pH aktivační směsi na hodnoty, kdy se proces nitrifikace již zpomaluje (Wanner, 1996). V tomto případě je třeba přípravkem uhlikatých látek (nejčastěji ve formě CaCO_3) neutralizační kapacitu zvyšovat (Sharma a Ahlert, 1977).

3.6.2 Denitrifikace

Na proces nitrifikace musí navazovat denitrifikace, neboť jinak by sloučeniny dusíku zůstávaly ve finálním odtoku přítomny, pouze jejich forma by se změnila z redukované na oxidovanou. Při denitrifikaci je dusičnanový (a dusitanový) dusík využíván jako konečný akceptor elektronů místo O_2 . Podmínky, při kterých k denitrifikaci dochází se nazývají anoxické (Oh a Silverstein, 1999; Ni a Yu, 2008).

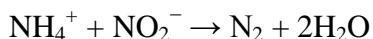
Z biochemického hlediska se jedná o proces podobný respiraci s molekulárním kyslíkem, kterého je proto schopna většina běžných organotrofních bakterií (Wanner, 1996). Dusičnany a dusitany jsou při něm redukovány na N_2 nebo N_2O . Schematicky můžeme denitrifikaci popsat:



Kombinací nitrifikace s denitrifikací tak lze využít téměř 67% kyslíku vynaloženého na nitrifikaci i na oxidaci organického znečištění za anoxických podmínek. Kromě ekonomických důvodů vedou ke kombinaci nitrifikace s denitrifikací i důvody technologické, neboť při samotné nitrifikaci působí nezredukované dusičnany problémy v dosazovací nádrži. V zahuštěné vrstvě aktivovaného kalu na dně dosazovací nádrže se podmínky rychle mění z oxických na anoxické, dochází ke spontánní denitrifikaci a uvolňovaný plynný dusík vynáší zahuštěný aktivovaný kal ke hladině (Wanner, 1996; Randall a kol., 1992; Gayle, 1989).

3.6.3 ANAMMOX

V posledních letech je řada výzkumů zaměřená na alternativní možnost biologického odstraňování dusíku metodou označenou jako ANAMMOX. Princip je založen na reakci, při níže je amoniakální dusík převeden přímo na molekulární dusík a to za anoxických podmínek, kde je akceptorem elektronů N-NO_2^- (Van de Graaf a kol., 1990; Mulder a kol., 1995; Strous a kol., 1997). Tento děj lze souhrnně vyjádřit rovnicí:

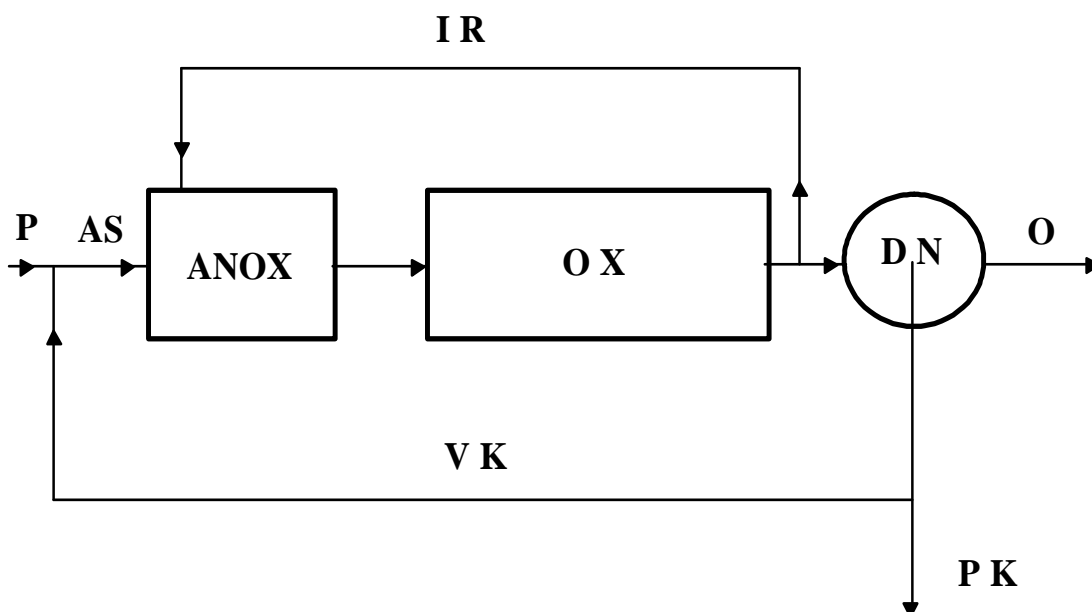


Proces je vysoce výhodné využívat pro vody s vysokými koncentracemi amoniakálního dusíku a nízkým poměrem $\text{N}_{\text{celk}}/\text{CHSK}_{\text{Cr}}$ (Jeníček a kol., 2004).

3.6.4 Aktivační systémy biologického odstraňování dusíku

3.6.4.1 D-N.systém

V počátcích používání aktivace k biologické nitrifikaci a denitrifikaci se používaly tzv. dvou- či tříkalové systémy, kdy se oddělovaly biocenózy zodpovědné za oxickou oxidaci organického znečištění, nitrifikaci i denitrifikaci. V dalším vývoji se přešlo k používání jednokalových systémů, kdy aktivovaný kal obsahuje populaci jak organotrofní (oxickou i anoxickou, denitrifikační) tak nitrifikační. Zdánlivě nelogicky je však denitrifikační (anoxická) zóna zařazena před zónu nitrifikační (oxickou), tak jak je schematicky znázorněno na obrázku 2 (Wanner, 1996).



Obrázek 2: Schéma aktivačního systému s předřazenou denitrifikací (Wanner, 1996)

P - přítok; *O* - odtok; *AS* - aktivační směs; *VK* - vratný aktivovaný kal;
PK - přebytečný aktivovaný kal; *IR* - interní recirkulace aktivační směsi;
ANOX - anoxická zóna (denitrifikace); *OX* - oxická zóna (nitrifikace);
DN - dosazovací nádrž

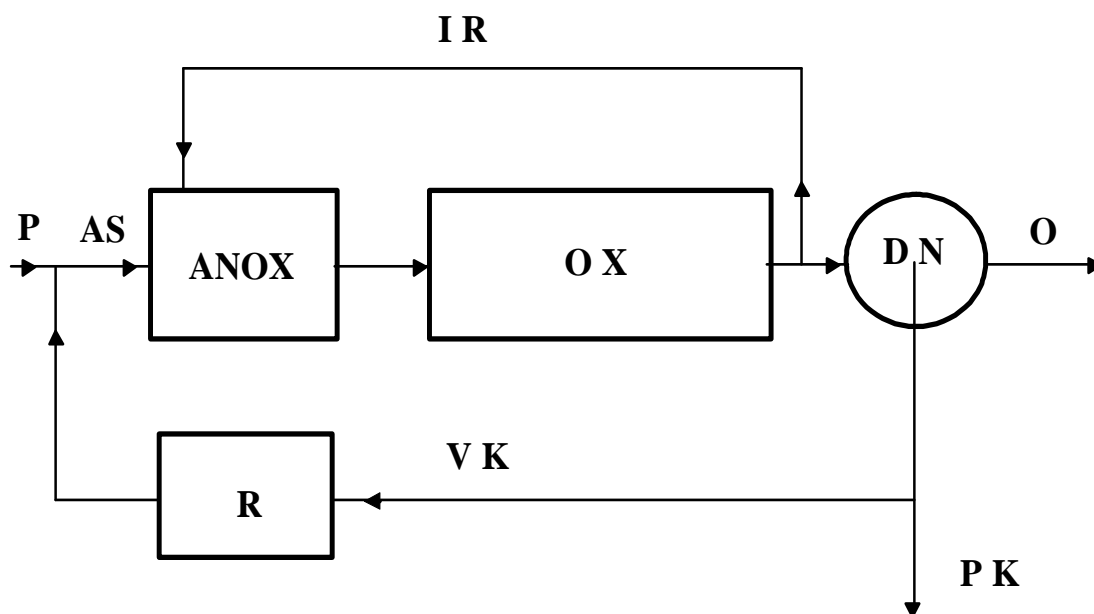
Směšování vratného aktivovaného kalu s odpadní vodou za anoxických podmínek umožňuje využít organických látek z odpadní vody jako substrátu pro denitrifikaci. V opačném uspořádání (N-D) by se do denitrifikační zóny musel přidávat organický substrát, pokud možno bez dusíku (metanol apod.). Ovšem dusičnany vznikají až v následném stupni - nitrifikačním, takže je nutno je do předřazené denitrifikační zóny vracet recirkulací. Ovšem vyžadované recirkulační poměry jsou natolik vysoké, že pokud by se recirkulace odehrávala pouze recyklem vratného aktivovaného kalu, došlo by k přetížení dosazovací nádrže. Proto se odděluje recykl vratného kalu od tzv. interní recirkulace, kterou se přivádí do anoxické zóny aktivační směs ze zóny oxické (Wanner, 1996).

Pro denitrifikaci je nutný zdroj organického uhlíku jakožto zdroje energie pro heterotrofní denitrifikační bakterie. Vzhledem k tomu, že dlouhodobě se v ČR mění poměr uhlíku a dusíku v městských odpadních vodách, tak že množství využitelného organického uhlíku klesá proti množství dusíku, je na některých ČOV nutno dodávat vnější zdroj organického uhlíku (Srb a kol., 2009).

Většinou se využívá snadno rozložitelných organických látek jako je etanol nebo metanol. Dále mohou být využívány vhodné odpadní produkty z potravinářského průmyslu (výpalky) nebo zpracování biopaliv (tzv. G-fáze). V poslední době se objevují i speciálně průmyslově vyráběné substráty (Srb a kol., 2009).

3.6.4.2 *R-D-N systém*

k způsobem znázorněným na obrázku 3.



Obrázek 3: Schéma aktivačního systému R-D-N (Kos a kol. 1992)

P - přítok; O - odtok; AS - aktivační směs; VK - vratný aktivovaný kal;

PK - přebytečný aktivovaný kal; IR - interní recirkulace aktivační směsi;

ANOX - anoxická zóna (denitrifikace); OX - oxická zóna (nitrifikace); R –regenerace;

DN - dosazovací nádrž

Z dosazovací nádrže se vede vratný kal do regenerační nádrže, kde se provzdušňuje 2 až 4 hodiny. Takto regenerovaný kal se přivádí zpět na začátek aktivačního procesu (Hlavínek a Hlaváček, 1996). Zařazení této zóny má dva přínosy:

Prvním je skutečnost, že v regenerační zóně dochází k oxidaci látek zachycených v aktivovaném kalu, přičemž dochází k vyčerpání zásobních látek (Hlavínek a Hlaváček, 1996). Tím dochází k obnově akumulační kapacity mikroorganismů, což

hraje rovněž velmi významnou roli při selekci nevláknitých mikroorganismů (Chudoba a kol., 1991).

Druhým přínosem je zvýšení tzv. aerobního stáří aktivovaného kalu, které má výrazný vliv na zastoupení nitrifikačních organismů v celkové populaci aktivovaného kalu, čímž se významně zlepšuje účinnost procesu nitrifikace (Kos a kol., 1992).

3.6.4.3 *Oběhová aktivace*

Oběhová aktivace je modifikací biologického procesu s charakteristickou konfigurací oběhu aktivovaného kalu, kde probíhá simultánně nitrifikace s denitrifikací v jedné nádrži. Od klasických konvenčních systémů se oběhová aktivace odlišuje vysokým stářím kalu a hydraulickou dobou zdržení, tj. okolo 30 dnů resp. 24 hodin a také charakteristickými toky. Vysoké stáří kalu zajišťuje aerobně stabilizovaný kal a hydraulická doba zdržení umožňuje systému vypořádat se s rozdílným zatížením (Srb a kol., 2009).

Další výhodou oběhové aktivace je vysoký interní recykl (řádově 100 % až 200 %), který umožňuje dosáhnout koncentrace celkového dusíku na odtoku menší než 3 mg/l a to téměř pro všechny typy odpadních vod (Randall a kol., 1992).

Oběhovou aktivaci je možno kombinovat se systémem přerušované aerace, což rozšiřuje možnost řízení nitrifikace a denitrifikace (Srb a kol., 2009).

3.6.4.4 *Sequencing Batch Reactor (SBR) systém*

Systém SBR je jednou z možných alternativ kontinuálně protékaných biologických systémů a zvláště v posledních letech se stal jejich silnou konkurencí. Na druhou stranu proti němu existuje řada námitek, především pokud se jedná o jeho použití na velkých ČOV. Jedná se o diskontinuální, časově řízený proces, který se na rozdíl od konvenčních systémů vyznačuje tím, že se fáze sedimentace realizuje ve stejné nádrži jako biologické čištění. V jednom časovém intervalu pracuje tedy nádrž jako biologický stupeň, v následujícím intervalu potom jako dosazovací nádrž. Vlastní proces začíná ihned po uzavření odtahu čisté vody a končí s následným uzavřením odtahu vyčištěné vody. Tomuto časovému intervalu se říká cyklus. V průběhu jednoho cyklu se mohou jednotlivé fáze biologického čištění (nitrifikace a denitrifikace) několikrát opakovat (Srb a kol., 2009).

Jelikož celý cyklus probíhá v jednom reaktoru, jsou obvykle provozovány paralelně dva či více reaktorů, čímž odpadá nutnost výstavby retenční nádrže o velkém objemu na kontinuálně přitékající odpadní vodu (Irvine a kol. 1983, 1985, 1987).

Použití systému SBR je výhodné zvláště u čistíren s kolísajícím množstvím a kvalitou odpadní vody na přítoku, např. v rekreačních oblastech, a také u průmyslových čistíren odpadních vod, zvláště obsahují-li vysoké koncentrace znečišťujících látek, což je v potravinářství, textilním, chemickém, papírenském průmyslu, při zpracování tuhého odpadu nebo průsakových vod ze skládek. Městské odpadní vody se takto mohou čistit na čistírnách zhruba do 40 000 EO (Srb a kol., 2009).

Z popsaného způsobu provozování systému SBR vyplývají následující výhody:

- Významnou předností SBR systému je záruka stabilního provozu i při vysokém zatížení především u středních a menších čistíren. To znamená, že doby trvání jednotlivých fází biologického čištění lze jednoduše prodloužit při zvýšeném zatížení nebo tyto fáze či celý cyklus opakovat.
- Výkon čistírny není závislý na kolísání přítoku díky možnosti měnit doby trvání jednotlivých fází biologického čištění. Při nízkém zatížení je tak aktivovaný kal provzdušňován pouze po krátkou dobu. Při vysokém zatížení přítoku lze pomocí odpovídající měřicí a řídicí techniky dobu cyklu nebo jednotlivých fází vhodně pozměnit.
- Proces sedimentace není ničím narušován. To umožňuje optimální oddělení vloček aktivovaného kalu od vyčištěné vody, proces sedimentace je tak rychlejší a aktivovaný kal se od vyčištěné vody oddělí mnohem lépe.
- Celý systém lze snadno a bez komplikací přizpůsobit změněným podmínkám nebo jinému zatížení. Při velkém sezónním kolísání množství odpadní vody, jako je tomu například v rekreačních oblastech, lze připojit nebo odpojit další reaktory. To umožní značné snížení nákladů. Pakliže je nutné čistírnu rozšířit z důvodu zvýšení zatížení, lze to relativně jednoduše provést výstavbou dalších nádrží (Srb a kol., 2009).

3.7 Odstraňování fosforu

3.7.1 Biologické odstraňování fosforu

Při biologickém čištění odpadních vod dochází vždy k částečnému odstraňování fosforu z odpadních vod, neboť tento nutrient je inkorporován do nově syntetizované biomasy, odstraňované jako přebytečný kal. V aktivovaném kalu z konvenčních čistíren je obsah fosforu v sušině okolo 2%. V biocenóze aktivovaného kalu se však nalézají i bakterie schopné zvýšené akumulace fosforu do buněk. Mechanismus zvýšené akumulace fosforu představuje pro tyto mikroorganismy selektivní výhodu při opakovaném střídání *anaerobních* a *oxických* kultivačních podmínek, které je základní podmínkou jeho navození (Lan a kol., 1983; Wanner, 1996).

V anaerobních podmínkách se fermentativními procesy vytvářejí z organických látek v odpadní vodě nízkomolekulární sloučeniny jako nižší mastné kyseliny či nižší alkoholy; z hlediska zvýšeného biologického odstraňování fosforu je důležitá zejména přítomnost kyseliny octové. Vzhledem k tomu, že v anaerobních podmínkách není přítomen ani kyslík, ani dusičnanový dusík, nemůže docházet k oxidativnímu využití těchto organických látek. Poly-P bakterie jsou však schopny je akumulovat a ukládat ve formě zásobních látek jako poly- β -hydroxymáselná kyselina (*PHB*). Energie potřebná k tomuto procesu je uvolňována depolymerizací buněčných polyfosforečnanů, uložených v buňkách ve *volutinových* granulích (Appeldoorn a kol., 1992; Tsuneda a kol., 2005). Po přenosu aktivovaného kalu z podmínek anaerobních do oxických jsou organické zásobní látky v buňkách poly-P bakterií oxidovány za přítomnosti molekulárního kyslíku. Uvolněná energie je v přebytku k potřebám buňky, a proto je tato energie zpětně ukládána do buněčných polyfosforečnanů. Buňky poly-P bakterií v oxických podmínkách akumulují jak fosforečnany uvolněné za anaerobních podmínek, tak přinesené odpadní vodou. Fosfor se ze systému odstraňuje vázán ve volutinových granulích v přebytečném aktivovaném kalu, který se odebírá v oxickém stavu (Seviour a kol., 2003). Pokud se podaří v aktivačním systému navodit mechanismus zvýšeného biologického odstraňování fosforu, může obsah fosforu v sušině aktivovaného kalu dosahovat až 9-10%. Nutno si však uvědomit, že fosfor není v buňkách poly-P bakterií vázán nikterak pevně a snadno se z nich uvolňuje (Wanner, 1996).

Výhodou biologického odstraňování fosforu proti srážecím metodám je to, že nepotřebuje chemikálie a není spojeno se vznikem anorganických kalů s nutností jejich zpracování znečištění (Chudoba a kol., 1991).

3.7.2 Chemické srážení fosforu

Částečné srážení fosforu bylo pozorováno jako přirozený proces, kdy se tvoří vápenaté fosfáty. Tento podíl vysráženého fosforu je však velmi malý a silně závislý na specifických podmínkách (nízká alkalita, tvrdost vody).

Rozpuštěný fosfor lze z odpadní vody spolehlivě vysrážet přidávkem železitých, železnatých nebo hlinitých solí, případně vápna. Vápno nelze většinou aplikovat v hlavní lince bez následné neutralizace, protože by bylo příliš vysoké pH aktivační směsi. V uvedeném pořadí roste účinnost a klesají dávky chemikálií. Polyfosfáty z odpadní vody jsou během průchodu aktivací rozkládány – hydrolyzovány a lze je lépe vysrážet (Hlavínek a Novotný, 1996).

Samotný srážecí proces se skládá ze 4 částí:

1. dávkování srážecího činidla spojené s potřebou intenzivního rozmíchání
2. srážení fosfátů a vznik malých vloček
3. koagulace a flokulace vloček do větších agregátů
4. separace vloček pomocí sedimentace, filtrace popř. flotace

3.7.3 Systémy chemického srážení fosforu

3.7.3.1 Předřazené srážení

Činidlo se dávkuje před usazovací nádrž a sraženiny fosforu sedimentují v usazovací nádrži. Vzhledem na potřebu fosforu na asimilaci v biologickém stupni ČOV je potřebné řídit srážení tak, aby koncentrace zbytkového fosforu byla okolo 2 mg/l (Hlavínek a Novotný, 1996).

3.7.3.2 Simultánní srážení

Činidlo se dávkuje do směsi aktivovaného kalu před dosazovací nádrže (do vratného kalu, do přítoku na aktivační nádrž). Sraženiny fosforu sedimentují v dosazovacích nádržích (Hlavínek a Novotný, 1996).

3.7.3.3 Zařazené srážení

Činidlo se dávkuje za dosazovací nádrž, míchání a následná separace sraženin vyžaduje samostatné prostory (míchací, flokulační, separační). V praxi se plně osvědčila částečná recirkulace chemického kalu (šetří se srážecí činidlo a zlepšuje se tvorba větších agregátů ve flokulačním prostoru (Hlavínek a Novotný, 1996).

3.7.3.4 Dvojbodové srážení

Další možností je tzv. dvojbodové srážení, což je kombinace výše uvedených způsobů srážení např. předřazené a zařazené srážení, které umožňuje minimální spotřebu srážedla (Hlavínek a Novotný, 1996).

3.8 Nejlepší dostupné technologie (BAT)

NV 61/2003 Sb. ve znění NV 229/2007 Sb. a NV 23/2011 Sb. obsahuje Přílohu č. 7 *Nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínky jejich použití*. V této příloze jsou pro jednotlivé velikostní kategorie ČOV nejlepší dostupné technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod vymezeny jednak slovním popisem a dále dosažitelnými hodnotami koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití těchto technologií.

Nařízení vlády tedy nevyjmenovává žádné konkrétní technologie, nicméně Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb. obsahuje pro všechny velikostní kategorie ČOV obecné charakteristiky jednotlivých nejlepších dostupných technologií spolu s příklady konkrétních vhodných řešení a technologických uspořádání (Lánský a Hloušek, 2007).

Pro velikostní kategorii ČOV 10 001 - 100 000 EO definuje Metodický pokyn jako nejlepší dostupné technologie následující technologie a procesy:

Kategorie ČOV 10 001 - 100 000 EO

Základním rysem nejlepší dostupné technologie v této velikostní kategorii bude doplnění stávajícího čištění o terciární filtraci a v případě potřeby terciární srážení fosforečnanů.

Za nejlepší dostupnou technologii se v této kategorii považuje

- *nízko zatěžovaná aktivace s odstraňováním nutrientů doplněná o terciární stupeň čištění včetně srážení fosforu eventuelně dávkování externího substrátu*

V případě aplikace nejlepší dostupné technologie bude nutno vyřešit i otázku dostatku organického substrátu pro denitrifikaci, případně pro denitrifikaci v kombinaci s biologickým odstraňováním fosforu. V této souvislosti musí nejlepší dostupné technologie řešit:

- nutnost zařazení primární sedimentace, kdy se ztrácí značná část organického uhlíku, nutného pro biologické odstraňování dusík a/nebo fosforu; je tedy nutná ekonomická úvaha o tom, co bude ekonomicky náročnější – buď pokles v produkci bioplynu nebo náklady na nákup náhradních organických substrátů
- výběr a dávkování externích organických substrátů.

Tato velikostní kategorie je doménou původní československé technologie, tzv.

R-D-N procesu (kde je R - regenerační zóna; D - denitrifikační zóna; N - nitrifikační zóna). Hlavní přednosti R-D-N procesu mohou být shrnuty do následujících bodů:

- přítomnost anoxické kompartmentalizované zóny a zóny regenerační vytváří podmínky pro tzv. nevyvážený růst bakterií, který podporuje vznik dobře sedimentujícího aktivovaného kalu; dobrá sedimentovatelnost aktivovaného kalu je rozhodující pro oddělení aktivní biomasy od vyčištěné odpadní vody gravitací v dosazovacích nádržích
- v systému dochází ke kombinaci kinetické a metabolické selekce mikroorganismů, což rovněž podporuje dobré sedimentační vlastnosti aktivovaného kalu
- přítomnost regenerační zóny vytváří vynikající podmínky pro růst nitrifikačních bakterií nutných pro biologické odstraňování dusíku z odpadních vod

Řada městských ČOV dokončená v posledních letech byla s tímto procesem vyprojektována již koncem 80. let.

Tento proces plně vyhovuje emisním standardům pro tuto velikostní kategorii, neboť umožňuje dosahovat účinné nitrifikace i snížení koncentrace celkového anorganického dusíku. Zároveň dochází k částečnému snížení koncentrace fosforu biologickou cestou. V případě nutnosti je však možno kombinovat R-D-N proces se simultánním srážením fosforečnanů, kdy se srážedlo dávkuje do vhodného místa nitrifikační zóny. Fosfor v nejrůznější formě je činností bakterií v odpadní vodě či v aktivovaném kalu převeden do formy orthofosforečnanového anionu. Tento anion snadno vytváří nerozpustné sole, přičemž ke srážení se nejčastěji používají síran

železitý či hlinitý nebo vápno. V případě simultánního srážení je vznikající sraženina zachycena v dosazovací nádrži a odvedena ze systému v přebytečném aktivovaném kalu.

Jinou velmi běžnou modifikací aktivačního procesu v této velikostní kategorii je *oběhová aktivace*, používaná již pro ČOV do 10 000 EO. Technologická linka je však vybavena i anaerobní zónou, která umožňuje biologické odstraňování fosforu z odpadních vod a přispívá i ke zlepšení separačních vlastností aktivovaného kalu. Oběhové aktivace jsou stále častěji navrhovány a provozovány s přerušovanou aerací, kdy jsou v systému jednoznačně definovány kultivační podmínky pro nitrifikaci a denitrifikaci.

V této velikostní kategorii je běžně dostupnou technologií i *aktivace typu SBR*, a to nejen v klasickém uspořádání, ale i v provedení tzv. *cyklické aktivace nebo aktivace se střídáním nitrifikace a denitrifikace* ve dvou paralelně provozovaných aktivačních nádržích s jednou nádrží dosazovací.

Nejnověji se v posledních letech na čistírnách této kategorie u nás prosazuje *aktivace s kaskádou nitrifikace a denitrifikace*, kde je eliminována nutnost interní recirkulace aktivační směsi (Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.).

4 Metodika

V této části jsou obsaženy hlavní charakteristiky ČOV Tachov před rekonstrukcí a po provedené rekonstrukci. Zejména se jedná o popis technologického uspořádání, návrhové parametry a hlavní údaje vodoprávního povolení.

Rekonstrukce ČOV probíhala v kalendářním roce 2009. Vzhledem k tomu byla pro zhodnocení stavu čistírny před rekonstrukcí použita data za období kalendářního roku 2008 a pro zhodnocení stavu čistírny po rekonstrukci data za období kalendářního roku 2010. Období kalendářního roku bylo zvoleno mimo jiné i proto, že výsledky za kalendářní rok jsou předkládány kontrolním orgánům státní zprávy, které dle nich hodnotí soulad s platným vodoprávním povolením.

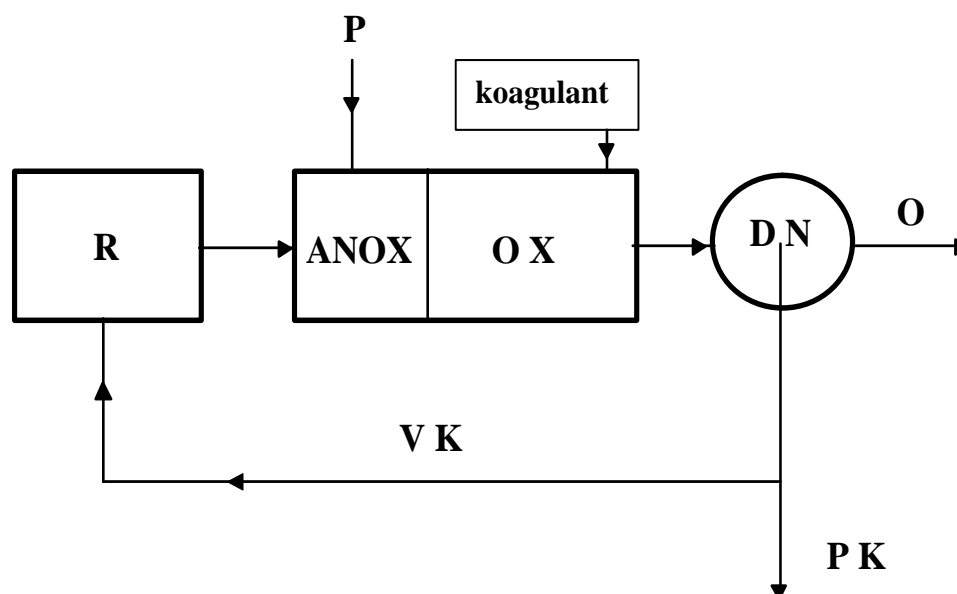
4.1 ČOV Tachov před rekonstrukcí

Původní ČOV Tachov (Obrázek 4) byla koncipována jako jednolinková mechanicko-biologická čistírna s nitrifikací a předřazeným anoxickým selektorem o kapacitě 18 150 EO. V roce 2004 byla usazovací nádrž využita jako regenerace a vznikl tak technologický systém R-D-N.



Obrázek 4: ČOV Tachov před rekonstrukcí – celkový pohled (foto: J. Kronďák)

Technologické schéma čistírny před rekonstrukcí je znázorněno na obrázku 5.



Obrázek 5: Technologické schéma ČOV Tachov před rekonstrukcí

*P - přítok; O - odtok; VK - vratný aktivovaný kal; PK - přebytečný aktivovaný kal;
ANOX - anoxická zóna (denitrifikace); OX - oxická zóna (nitrifikace); R –regenerace;
DN - dosazovací nádrž*

4.1.1 Charakteristika čistírny odpadních vod

Veškeré odpadní vody jsou přiváděny gravitačními stokami jednotnou kanalizací do areálu ČOV, kde je jako první umístěn odlehčovací a vypínací objekt. Odpadní vody do hodnoty průtoku $Q_{deš'}$ do ČOV (200,0 l/s) jsou vedeny do technologické linky, přívalové dešťové vody nad tento průtok jsou vedeny obtokem do recipientu.

Odpadní vody jsou přečerpávány do hrubého předčištění přes jemné strojně stírané česle, za kterými je umístěno měření. Kromě toho je v hale zajištěno oddělení shrabků. Dále jsou odpadní vody vedeny otevřeným žlabem do dvoukomorového provzdušňovacího lapáku písku - LPP 300-6 sekcí o užitém objemu $V = 252 \text{ m}^3$.

Odlehčení srážkových vod je zajištěno přepadem z jímky za lapákem písku. Při průtoku vyšším než 100 l/s je přebytečná voda (po hrubém předčištění) vedena do dešťové zdrže, která byla vybudována rekonstrukcí objektů staré ČOV. Po ustálení množství vody na přítoku na běžnou hodnotu (t.j. cca 55 l/s) je voda ze zdrže

přečerpána zpět do přítoku na ČOV. Tím je zajištěno vyčištění co největšího množství odpadních vod včetně vod srážkových.

Mechanicky předčištěné odpadní vody jsou přiváděny do nádrže selektoru – denitrifikační zóny o objemu 604,8 m³ a poté nitrifikační nádrže o objemu 1209,2 m³. Zde dochází k odstranění organických látek a dusíkatého znečištění. Na konec aktivační nádrže je pro účinnější odstraňování celkového fosforu zařazeno chemické srážení fosforu.

Aktivační směs dále natéká potrubím do středového sloupu kruhové dosazovací nádrže s radiálním průtokem o průměru 18 m a objemu 1374 m³, která zajišťuje separaci aktivovaného kalu od vyčištěné vody. Pojezdový most stírá usazený kal na dně nádrže a na hladině plovoucí nečistoty (Obrázek 6).



Obrázek 6: ČOV Tachov před rekonstrukcí – dosazovací nádrž (foto: P.Ivanovská)

Vratný kal je přečerpáván z dosazovací nádrže do regenerační nádrže o objemu 767 m³, kde dochází k obnovení akumulací kapacity aktivovaného kalu a poté do selektorové - denitrifikační zóny aktivace, kde se míchá s přítékající odpadní vodou.

Přebytečný kal je čerpán do zahušťovacích nádrží, a to buď gravitačně z jímek v regenerační nádrži nebo přímo z potrubí vratného kalu. Nádrže jsou z kapacitních důvodů střídány z čehož jedna vždy slouží jako provozní - to znamená, že napouštěný obsah je zároveň zahušťován a druhá zůstává jako rezerva. Zahuštěný přebytečný kal je přečerpáván do vyhnívací nádrže s dobou zdržení cca 42-29 dní a následně přepouštěn do uskladňovací nádrže. Vyhníly kal je pak dopravován ke strojnímu odvodnění přes homogenizační nádrž na pásový lis. Kalová voda ze zahušťovacích nádrží a uskladňovací nádrže je zavedena zpět do technologické linky čištění.

Vyčištěná voda zbavená aktivovaného kalu odtéká přes objekt měření (Parshallův žlab) do recipientu, kterým je řeka Mže.

4.1.2 Návrhové parametry ČOV

Projektovaná kapacita ČOV Tachov před rekonstrukcí byla 18 150 EO přepočtených dle BSK₅. Projektované množství přitékajících odpadních vod a jejich kvalita jsou shrnuty v tabulce 2:

Tabulka 2: Projektované množství a kvalita odpadních vod na přítoku ČOV Tachov před rekonstrukcí (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2004).

<i>Ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>hodnota</i>	<i>Ukazatel</i>	<i>průměr(mg/l)</i>	<i>bilance (kg/d)</i>
Q _{prům}	l/s	55	BSK ₅	229	1 089
Q _{den}	m ³ /den	4 752	NLs	190	902
Q _{maxdešť}	l/s	200 l/s	N _{celk}	20	93
Q _{rok}	m ³ /rok	1 734 000	P _{celk}	2,1	10

4.1.3 Hlavní údaje vodoprávního povolení

Povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov do vodohospodářsky významného toku Mže platné před rekonstrukcí bylo vydáno dne 30. 9. 2004 odborem životního prostředí Krajského úřadu Plzeňského kraje pod č.j. ŽP 5638/04. Platnost tohoto povolení byla prodloužena rozhodnutím č.j.: ŽP 7106/08 ze dne 14.10.2008 na dobu do 31.12.2010. Hodnoty množství vypouštěných odpadních vod a limitů znečištění na odtoku z ČOV dle tohoto povolení jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov před rekonstrukcí (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP 5638/04, 2004 a OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP 7106/08, 2008).

<i>Ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>hodnota</i>	<i>Ukazatel</i>	<i>p (mg/l)</i>	<i>m (mg/l)</i>	<i>balance (t/rok)</i>
$Q_{\text{prům}}$	l/s	53,9	BSK ₅	20	40	27,2
Q_{max}	l/s	100	CHSK _{Cr}	90	130	122,4
$Q_{\text{měs}}$	m ³ /měsíc	141 667	NLs	25	50	34,0
$Q_{\text{dešť}}$	l/s	200 l/s	N _{anorg}	20	30	27,2
Q_{rok}	m ³ /rok	1 700 000	P _{celk}	3	6	4,1

Typ vzorku: 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích objemově průtoků úměrných dílčích vzorků odebraných v intervalu 2 hodin (typ C)

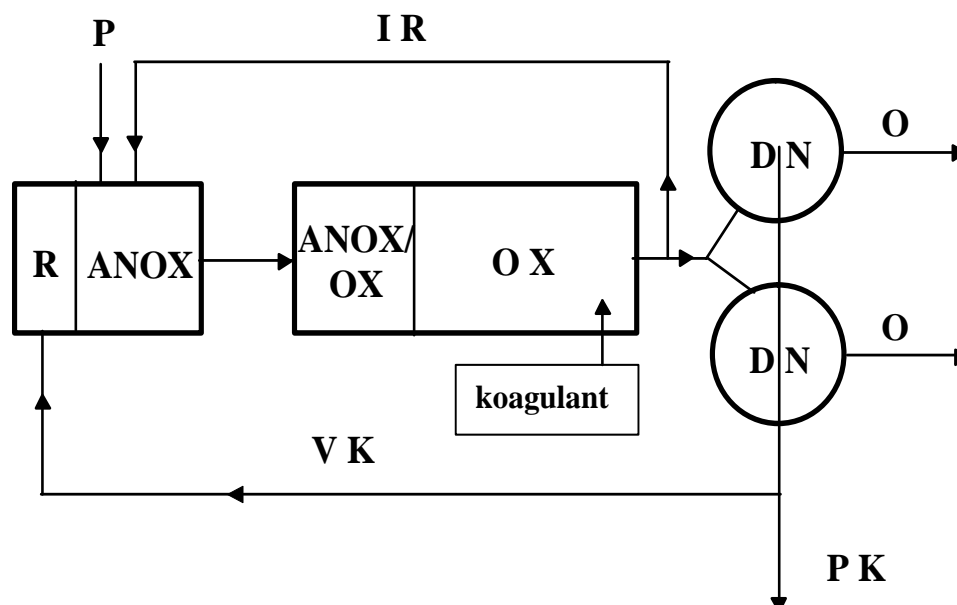
Četnost odběru: 1x za 14 dní

4.2 ČOV Tachov po rekonstrukci

ČOV Tachov zůstala i po rekonstrukci řešena jako jednodílná mechanicko-biologická čistírna s technologickým systémem R-D-N (Obrázek 7). V rámci rekonstrukce byly upraveny objemy jednotlivých technologických sekcí, byla doplněna interní recirkulace aktivovaného kalu a nově byla zbudována druhá dosazovací nádrž. Kapacita ČOV po rekonstrukci je 13 160 EO.

4.2.1 Charakteristika čistírny odpadních vod

Stejně jako před rekonstrukcí jsou odpadní vody přiváděné na ČOV po odlehčení pro $Q_{\text{dešť}}$ více než 200,0 l/s přečerpávány na mechanické předčištění sestávající z hrubého předčištění, jemných strojně stíraných česlí a lapáku písku, za kterým je odpadní voda v množství nad 100 l/s odvedena do dešťové zdrže, odkud je po ustálení přítoku na běžnou hodnotu přečerpána zpět do nátoky na ČOV. Detailní popis této části technologické linky obsahuje kapitola 4.1.1.



Obrázek 7: Schéma ČOV Tachov po rekonstrukci

P - přítok; *O* - odtok; *VK* - vratný aktivovaný kal; *PK* - přebytečný aktivovaný kal;
IR - interní recirkulace aktivační směsi; *ANOX* - anoxická zóna (denitrifikace);
OX - oxická zóna (nitrifikace); *R* –regenerace; *DN* - dosazovací nádrž

Mechanicky předčištěné odpadní vody jsou přiváděny do denitrifikace o objemu o objemu 584 m³, která je ve stejném stavebním objektu jako regenerace, od které je oddělena příčkou. Zde se míchá s regenerovaným vratným kalem přitékajícím z regenerace přes přepadovou hranu a s aktivační směsí vracenou interní recirkulací z nitrifikační nádrže.

Aktivační směs dále natéká do denitrifikační/nitrifikační sekce nitrifikační nádrže o objemu 198 m³, která je od čistě nitrifikační nádrže oddělena nenosnou příčkou, jak je patrné z obrázku 8. Sekce je variabilní a podle potřeby může být provozována buď v anoxickém režimu jako denitrifikace (zejména v letním období) nebo v oxickém režimu jako nitrifikace (zejména v zimním období). Nádrž je vybavena ponorným míchadlem a aeračními elementy.

Posledním prvkem aktivačního procesu je nitrifikační nádrž o objemu 1634 m³ vystrojená jemnobublinnými aeračními elementy (Obrázek 8), do kterých je vzduch dodáván dmychadly. Dodávka vzduchu do nádrže je řízena v závislosti na koncentraci kyslíku v nádrži. Část směsi, interní recykl, je z konce nitrifikační nádrže čerpán zpět do denitrifikační nádrže. Velikost interní recirkulace byla navržena na

úrovni 150% Q_{24} , což představuje 82,5 l/s, nicméně průtok interního recyklu je možné řídit v závislosti na aktuálním průtoku odpadní vody. Aktivační směs odtéká z nitrifikační nádrže a je rozdělována na dvě objemově stejné poloviny pomocí rozdělovacího žlabu do dvojice dosazovacích nádrží.

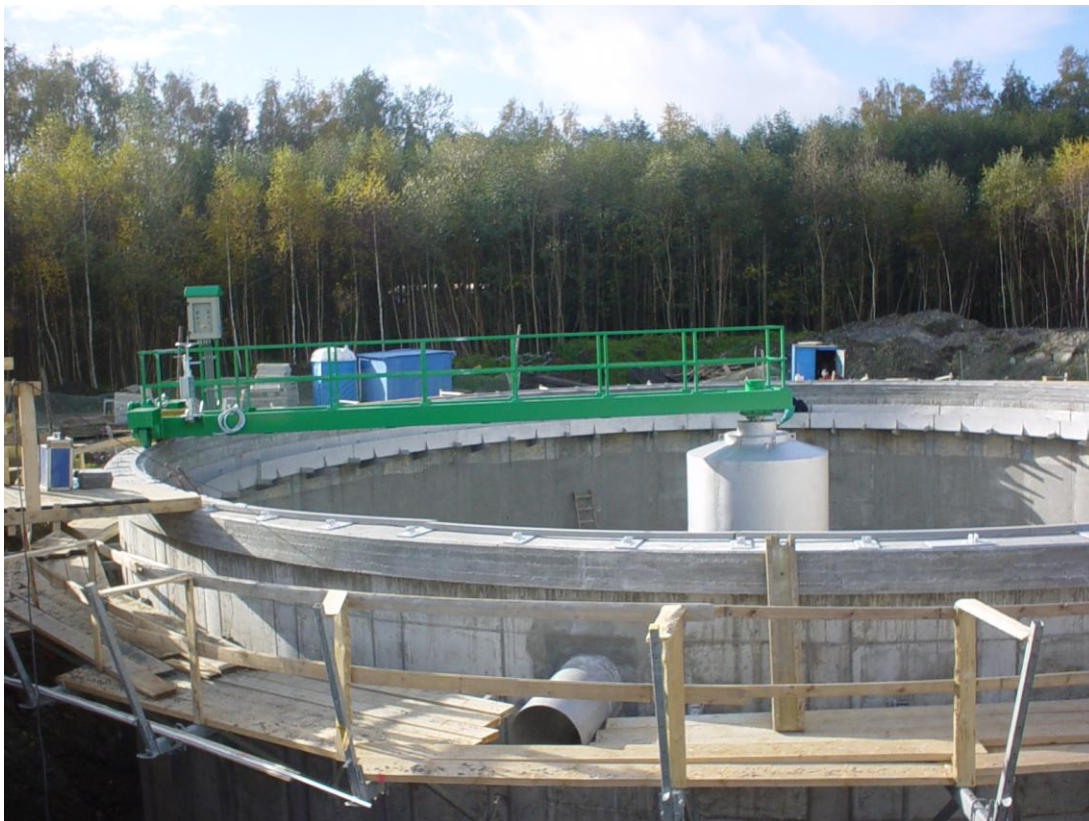


Obrázek 8: ČOV Tachov po rekonstrukci – aktivační nádrž (foto: P.Ivanovská)

U konce aktivační nádrže je instalována dvouplášťová nádrž z PE-HD materiálu o užitkovém objemu 10 m³ na síran železitý $Fe_2(SO_4)_3$. Odtok z nádrže je přes uzavírací ventil do dávkovacího zařízení PDK o výkonu až 20 l/hod. Na nádrži je dále řídicí jednotka SPB sloužící k nastavení dávkovacího zařízení na potřebnou dávku chemikálie a kalibraci zařízení. Dávkovací čerpadlo dávkuje stanovené množství síranu železitého výtlačným potrubím do aktivační nádrže před rozdělovací odtokový žlab.

Separaci vyčištěné odpadní vody a aktivovaného kalu zajišťuje dvojice kruhových dosazovacích nádrží – původní o průměru 18 m s užitným objemem 1374 m³ a nově zbudovaná s užitným objemem 1 411 m³. Výstavba této nádrže v rámci rekonstrukce

je zachycena na Obrázku 9. Dno i hladina dosazovacích nádrží jsou mechanicky stírány strojním zařízením nádrže.



Obrázek 9: ČOV Tachov po rekonstrukci – výstavba nové dosazovací nádrže
(foto: P.Ivanovská)

Vyčištěná voda zbavená aktivovaného kalu odtéká přes objekt měření (Parshallův žlab) do recipientu.

Separovaný aktivovaný kal v kalové prohlubni DN se čerpá jako vratný kal zpět do procesu do nádrže regenerace o objemu 203 m³. Obě dosazovací nádrže jsou vybaveny zařízením na stírání plovoucích nečistot. Plovoucí nečistoty jsou vyhrnovány do jímky plovoucích nečistot. Z jímky plovoucích nečistot jsou odčerpávány mimo systém rovnou do homogenizační nádrže umístěné v objektu odvodnění kalů a společně s vyhnílym kalem jsou odvodňovány na pásovém lisu.

Přebytečný kal se periodicky odčerpává do jímky přebytečného surového kalu a z jímky pak dále do zahušťovacích nádrží. Nádrže jsou z kapacitních důvodů střídány. Po odsazení a vypuštění kalové vody ze zahušťovacích nádrží je obsah

zahuštěného kalu promíchán pomocí tlakového vzduchu a odčerpán do vyhnivací nádrže. Vyhnílý kal je automaticky gravitačně přepouštěn z vyhnivací do uskladňovací nádrže a poté strojně odvodňován na sítopásovém lisu.

Odpuštěná kalová voda je odvedena do čerpací jímky a čerpána následně spolu s fugátem z odvodňování kalu zpět do čistícího systému do nádrže regenerace kalu. Vylisovaný kal je dopravován pásovými dopravníky od lisu do přepravních kontejnerů.

Vyčištěná odpadní odtéká přes objekt měření (Parshallův žlab) do recipientu.

4.2.2 Návrhové parametry ČOV

Projektovaná kapacita zrekonstruované ČOV Tachov činí 13 160 EO přepočtených dle BSK₅. Projektované množství přitékajících odpadních vod a jejich kvalita jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 4: Projektované množství a kvalita odpadních vod na přítoku ČOV Tachov po rekonstrukci (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010).

<i>Ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>hodnota</i>	<i>Ukazatel</i>	<i>průměr(mg/l)</i>	<i>bilance (kg/d)</i>
Q _{prům}	l/s	55	BSK ₅	166	790
Q _{den}	m ³ /den	5 443	CHSK _{Cr}	332	1580
Q _{max}	m ³ /h	338	NLs	152	724
Q _{dešť} ČOV	l/s	200 l/s	N-NH ₄ ⁺	24,8	118
Q _{dešť} aktivace	m ³ /rok	100 l/s	N _{celk}	33,2	158
			P _{celk}	6,4	30,3

4.2.3 Hlavní údaje vodoprávního povolení

Povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov platné po rekonstrukci na dobu zkušebního provozu (ZP) vydal dne 21. 12. 2009 odbor životního prostředí Krajského úřadu Plzeňského kraje pod č.j. ŽP/11586/09. Hodnoty množství vypouštěných odpadních vod a limitů znečištění na odtoku z ČOV dané tímto povolením jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov po dobu zkušebního provozu (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP/11586/09, 2009).

<i>Ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>hodnota</i>	<i>Ukazatel</i>	<i>p (mg/l)</i>	<i>m (mg/l)</i>	<i>balance (t/rok)</i>
Q _{prům}	l/s	63,4	BSK ₅	20	50	32
Q _{max}	l/s	100	CHSK _{Cr}	90	150	144
Q _{měs}	m ³ /měsíc	250 000	NLs	30	60	48
Q _{dešť}	l/s	200 l/s	N _{anorg}	20*	35	40
Q _{rok}	m ³ /rok	2 000 000	P _{celk}	3*	6	4

aritmetický průměr koncentrací za kalendářní rok

Typ vzorku: 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku (typ C)

Četnost odběru: 26x ročně

Platnost povolení: do 30.4.2011

Povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov platné po rekonstrukci pro trvalý provoz (TP) bylo vydáno dne 26. 04. 2011 Krajským úřadem Plzeňského kraje, odborem životního prostředí, pod č.j. ŽP/3700/11. Hodnoty množství vypouštěných odpadních vod a limitů znečištění na odtoku z ČOV uvedené v povolení shrnuje tabulka 6.

Tabulka 6: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov pro trvalý provoz (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP/3700/11, 2011).

<i>Ukazatel</i>	<i>jednotka</i>	<i>hodnota</i>	<i>Ukazatel</i>	<i>p (mg/l)</i>	<i>m (mg/l)</i>	<i>balance (t/rok)</i>
Q _{prům}	l/s	63,4	BSK ₅	20	40	32
Q _{max}	l/s	100	CHSK _{Cr}	90	130	144
Q _{měs}	m ³ /měsíc	250 000	NLs	25	50	40
Q _{rok}	m ³ /rok	2 000 000	N _{celk}	15*	30	40
			P _{celk}	2*	6	4

* aritmetický průměr koncentrací za kalendářní rok

Typ vzorku: 24 hodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin o objemu úměrném aktuální hodnotě průtoku v době odběru dílčího vzorku (typ C)

Četnost odběru: 26x ročně

Platnost povolení: do 31.12.2013

4.3 Použité metody

4.3.1 Měření množství odpadních vod

Průtok vyčištěné odpadní vody je měřen v Parschallově žlabu o šířce hrdla 23 cm. Vlastní měření je řešeno ultrazvukem s přenosem do centrální evidence. Obsluha ČOV průběžně kontroluje funkčnost měřícího zařízení, zejména čistotu stěn a dna měřících žlabů a zařízení.

4.3.2 Měření kvality odpadních vod

Analýzy kvality odpadních vod na přítoku do ČOV i odtoku z ČOV byly prováděny Laboratoří Březová, která je centrální laboratoří Vodáren a kanalizací Karlovy Vary, a.s. Laboratoř je držitelem Osvědčení o akreditaci pro zkušební laboratoř č.1443. uděleného Českým institutem pro akreditaci Praha. Všechny použité rozbory jsou tedy akreditované.

Pro stanovení koncentračních hodnot jednotlivých ukazatelů byly použity analytické metody uvedené v tabulce 7:

Tabulka 7: Použité analytické metody

<i>Ukazatel znečištění</i>	<i>Označení normy</i>	<i>Název normy</i>	<i>Vydání</i>
CHSK _{Cr}	ČSN ISO 157 05 (75 7521)	Jakost vod – Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSKCr) – Metoda ve zkumavkách	09.2008
BSK ₅	ČSN EN 1899-1	Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK _n) – Část 1: Zředovací a očkovací metoda s přidavkem allylthiomočoviny	02.1999
	ČSN EN 1899-2	Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech (BSK _n) – Část 2: Metoda pro neředěné vzorky	02.1999
NLs	ČSN EN 872 (75 7349)	„Jakost vod – Stanovení nerozpuštěných látek – Metoda filtrace filtrem ze skleněných vláken“	09. 2005
N-NH ₄ ⁺	ČSN ISO 7150-1 (75 7451)	„Jakost vod – Stanovení amonných iontů – Část 1.: Manuální spektrometrická metoda“	06. 1994
N-NO ₂ ⁻	ČSN EN 26777 (75 7452)	Jakost vod – Stanovení dusitanů – Molekulárně absorpční spektrometrická metoda“	09. 1995
N-NO ₃ ⁻	ČSN ISO 7890-3 (75 7453)	„Jakost vod – Stanovení dusičnanů – Část 3.: Spektrofotometrická metoda s kyselinou sulfosalicylovou“	01. 1995
N _{anorg.}		(N-NH ₄ ⁺)+(N-NO ₂ ⁻)+ (N-NO ₃ ⁻)	
N _{celk.}	ČSN EN 12260 (75 7524)	„Jakost vod – Stanovení dusíku – Stanovení vázaného dusíku (TN _b) po oxidaci na oxidy dusíku	05.2004
P _{celk}	ČSN EN ISO 6878 (75 7465)	Jakost vod – Stanovení fosforu – Spektrofotometrická metoda s molybdenanem amonným	02.2005

4.3.3 Stanovení kalového indexu

Sedimentační vlastnosti aktivovaného kalu lze kvantifikovat stanovením kalového indexu (Mohlman, 1924). Kalový index byl stanoven výpočtem jakožto podíl sedimentu aktivovaného kalu po 30-ti minutách sedimentace v odměrném válci o objemu 1 litr a sušiny aktivovaného kalu dle vztahu:

$$KI(ml/g) = \frac{V_{30}}{X} \text{ kde je}$$

V_{30}objem sedimentu aktivovaného kalu po 30-ti minutách sedimentace v odměrném válci o objemu 1 litr v ml

Xsušina aktivovaného kalu v g/l

Analýzy hodnot V_{30} a sušiny byly prováděny akreditovanou Laboratoří Březová.

Pro kategorizaci hodnot kalového indexu bylo použito rozdělení dle tabulky 8 (Chudoba a kol., 1991).

Tabulka 8: Kategorizace aktivovaného kalu dle hodnoty KI (Chudoba a kol., 1991)

<i>typ aktivovaného kalu</i>	<i>KI (ml/g)</i>
dobře sedimentující	< 100
lehký	100 - 200
zbytnělý	> 200

4.3.4 Výpočet látkových bilancí

Hodnoty ročních látkových bilancí v t/rok na přítoku a odtoku sledovaných čistíren byly vypočteny dle vztahu:

$$balance(t/rok) = \frac{c_{prům} \times V}{10^6} \text{ kde je}$$

balance....hodnota látkové bilance na přítoku či odtoku z ČOV v t/rok

$c_{prům}$průměrná roční koncentrační hodnota bilancovaného ukazatele v mg/l

Vroční objem čištěných odpadních vod v m³/rok

4.3.5 Výpočet účinnosti čištění

Účinnost odstranění znečištění E (%) hodnocených čistíren ve sledovaných ukazatelích byla vypočtena dle následujícího vzorce:

$$E = \frac{(c_1 - c_2)}{c_1} \times 100 \text{ kde je}$$

E... účinnost odstranění znečištění E v %

c_1 ...aktuální koncentrační hodnota hodnoceného ukazatele na přítoku do ČOV v mg/l

c_2 ...aktuální koncentrační hodnota hodnoceného ukazatele na odtoku z ČOV v mg/l

Účinnost čištění je vypočítávána pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr} a N-NH₄⁺, N_{anorg}, N_{celk} a P_{celk}. Pro ukazatel NLs není účinnost odstranění v souladu s metodickým pokynem k NV 229/2007 Sb. vypočítávána, neboť charakter NL na přítoku do biologické čistírny odpadních vod je zcela jiný než na odtoku (unikající biomasa). Čistírny jsou v tomto ukazateli hodnoceny podle dosahovaných odtokových koncentrací v mg/l a jejich průměrných hodnot za sledované období.

4.3.6 Přepočet hodnot "p" pro BSK₅, CHSK_{Cr} a NLs na roční průměry

Pro přepočet emisních standardů pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr} a NLs z hodnot "p" na roční průměry byly použity přepočtové koeficienty uvedené v tabulce 9 (Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.).

Tabulka 9: Přepočet hodnot "p" pro BSK₅, CHSK_{Cr} a NLs na roční průměry (Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k NV č. 229/2007 Sb.).

Kategorie ČOV	„p“ (95 %)	průměr	"p"/průměr
BSK ₅			
10001-100000	20	12	1,7
CHSK _{Cr}			
10001-100000	90	63	1,4
NLs			
10001-100000	25	14	1,7

5 Výsledky

Kapitola Výsledky obsahuje vyhodnocení funkce ČOV Tachov před rekonstrukcí a po provedené rekonstrukci samostatně. V kapitole je hodnoceno především hydraulické zatížení, odstranění organického znečištění, dusíkatého znečištění, celkového fosforu, separace aktivovaného kalu a jeho vlastnosti.

5.1 ČOV Tachov před rekonstrukcí

5.1.1 Hydraulické zatížení

Množství vody proteklé čistírnou odpadních vod Tachov za rok 2008 je uvedeno v tabulce 10. Projektované roční množství přiteklych odpadních vod je ve výši 1 734 000 m³, přičemž přítok za rok 2008 činil 1 560 659 m³. Čistírna tak byla z hlediska ročního přítoku hydraulicky zatížená přibližně ve výši 90 % projektované kapacity a 92% povoleného přítoku na ČOV dle vodoprávního povolení.

Tabulka 10: Průtoky na ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)

<i>měsíc</i>	<i>leden</i>	<i>únor</i>	<i>březen</i>	<i>duben</i>	<i>květen</i>	<i>červen</i>	
m ³	125 408	135 810	258 043	207 096	159 888	101 123	
m ³ /den	4 045,4	4 683,1	8 324,0	6 903,2	5 157,7	3 370,8	
<i>měsíc</i>	<i>červenec</i>	<i>srpen</i>	<i>září</i>	<i>říjen</i>	<i>listopad</i>	<i>prosinec</i>	<i>celkem/průměr</i>
m ³	95 534	88 208	86 348	89 375	91 508	122 318	1 560 659
m ³ /den	3 081,7	2 845,4	2 878,3	2 883,1	3 050,3	3 945,7	4 264,1

Výkyvy v měsíčních průtocích jsou způsobeny odváděním splaškových a dešťových vod jednotnou kanalizací, čímž se na proteklém množství významně odrážejí aktuální měsíční srážkové úhrny. V březnu, dubnu a květnu dokonce došlo k překročení měsíčního povoleného množství vypouštěných odpadních vod. Ani nejvyšší hydraulické zatížení naměřené v březnu se však negativně neodrazilo na výsledcích odtokových ukazatelů.

5.1.2 Odstranění organického znečištění

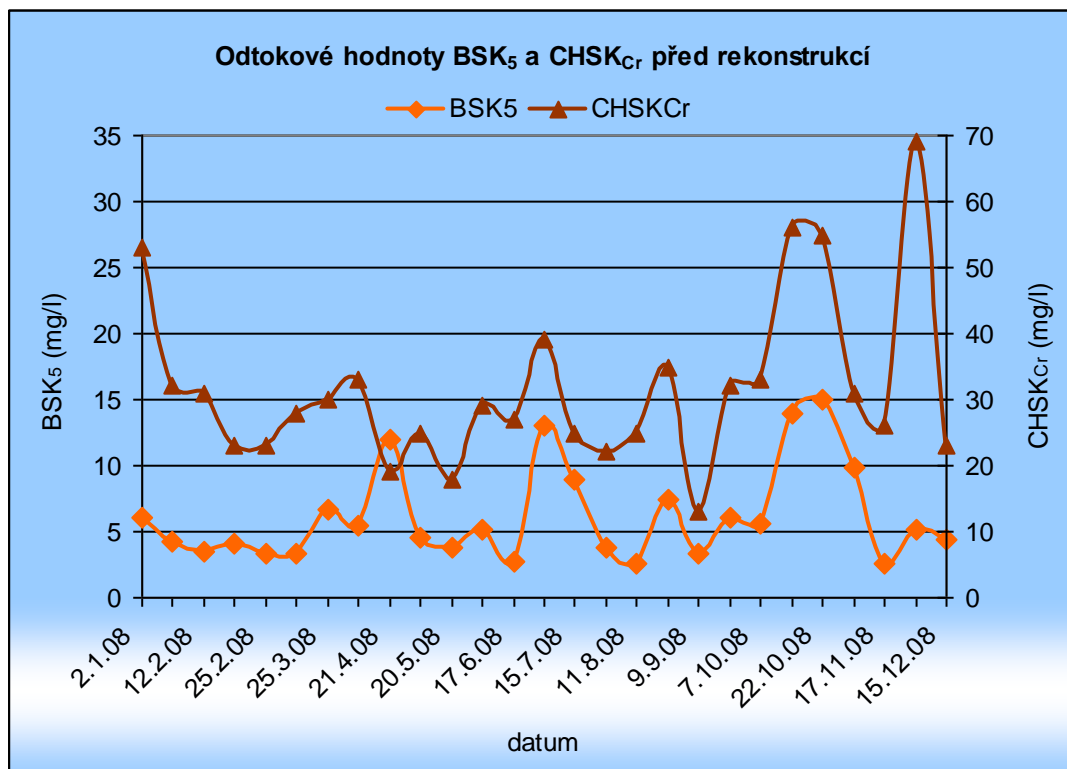
Zatížení na přítoku do ČOV v kalendářním roce 2008 ve výši 409,12 t (tabulka 11) odpovídá zatížení 18 681 EO dle BSK₅, což představuje 103 % projektované kapacity čistírny (18 150 EO) před rekonstrukcí.

Tabulka 11: Hodnoty BSK₅ a CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)

Ukazatel		BSK ₅			CHSK _{Cr}			BSK ₅ / CHSK _{Cr} přítok
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	účinnost (%)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	účinnost (%)	
rok 2008	průměr	262	6,2	96,7	706	32	93,9	0,39
	min.	68	2,6	89,1	213	13	87,2	0,20
	max.	1200	15,0	99,6	3020	69	98,9	0,70
	t/rok	409,12	9,64		1101,77	49,42		
projekt	průměr	229		94 %				
	kg/den	1 089						
	t/rok	397,49						
VH povolení	limit "p"		20			90		
	limit "m"		40			130		
	t/rok		27,2			122,4		
BAT	"p"		14	90		60	80	
	"m"		20			100		

Průběh koncentrací odtokových hodnot BSK₅ a CHSK_{Cr} je graficky znázorněn na obrázku 10. Z obrázku je patrné, že odtokové hodnoty obou ukazatelů vykazují menší rozptyl od průměrné hodnoty v letních měsících zatímco v zimních měsících kolísají více. Přesto je celkově dosahováno velmi nízkých odtokových hodnot jak v ukazateli BSK₅ tak v ukazateli CHSK_{Cr}. Jak ukazuje srovnání provedené v tabulce 11, je bez problémů plněno vodoprávní povolení ČOV před rekonstrukcí a je rovněž dosahováno hodnot nižších než jsou limitní hodnoty pro nejlepší dostupné technologie.

Těchto hodnot je dosahováno, přestože přítokový poměr BSK₅ / CHSK_{Cr} s průměrnou hodnotou 0,39 ukazuje na nižší podíl biologicky degradabilní frakce.



Obrázek 10: Odtokové hodnoty BSK₅ a CHSK_{Cr} před rekonstrukcí

5.1.3 Odstranění dusíkatého znečištění

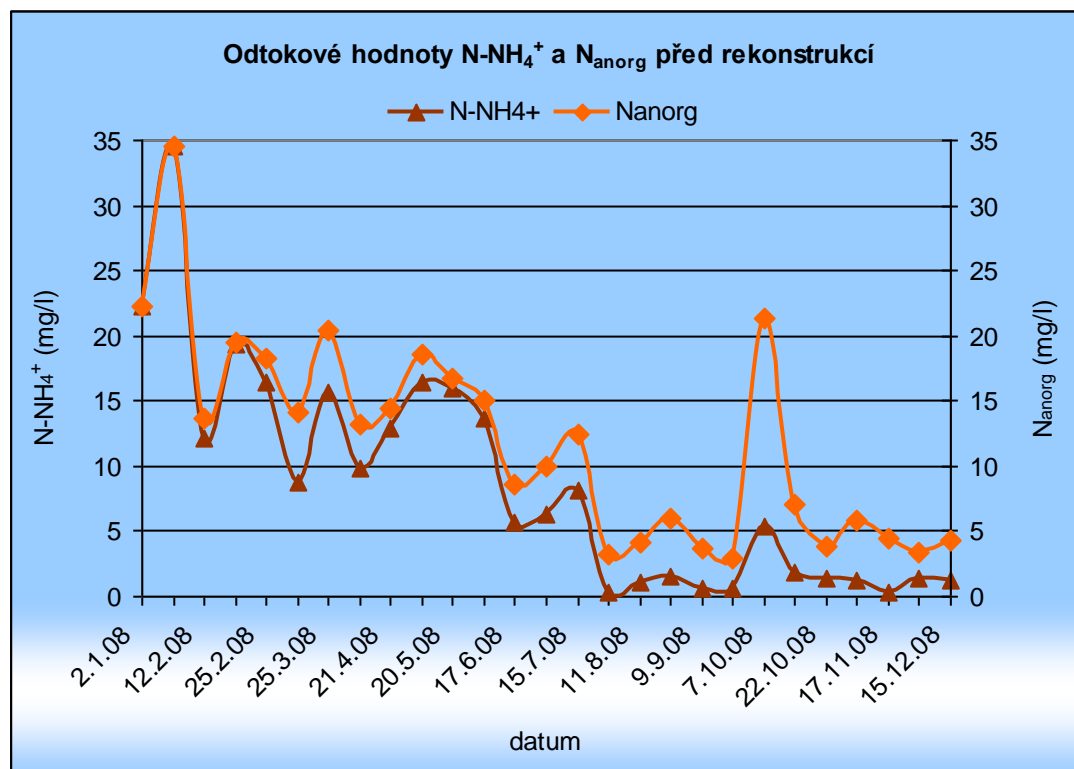
Hodnoty ukazatelů N-NH_4^+ a N_{anorg} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov za hodnocené období shrnuje tabulka 12.

Průběh odtokových koncentrací jednotlivých forem dusíku znázorněný na obrázku 11 zřetelně ukazuje nestabilitu procesu nitrifikace, kdy stabilní nitrifikace bylo dosaženo pouze od srpna do začátku října. To je kromě nitrifikační kapacity systému jako takového spojeno rovněž s teplotou aktivační směsi, která se od ledna do dubna a od listopadu do prosince (viz. Příloha ČOV Tachov 2008 - aktivace) pohybovala převážně pod 12°C , což je teplota, při níž se proces nitrifikace začíná zpomalovat a s dalším poklesem teplot zcela ustává.

Z rozdílu hodnot mezi ukazateli N-NH_4^+ a N_{anorg} , který je tvořen převážně N-NO_3^- dále vyplývá, že systém při plné nitrifikaci rovněž denitrifikuje, avšak celý systém je schopen jen s problémy splnit limit „p“ = 20 mg/l stanovený vodoprávním povolením pro ukazatel N_{anorg} a limit „m“ = 30 mg/l pro tento ukazatel byl dokonce jedenkrát překročen. Je pak zcela zřejmé, že ČOV není schopna dosáhnout odtokovou hodnotu N_{celk} požadovanou vodoprávním povolením pro trvalý provoz.

Tabulka 12: Hodnoty $N-NH_4^+$, N_{anorg} a N_{celk} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s.,2008)

Ukazatel	$N-NH_4^+$			$N_{anorg.}$		$N_{Celk.}$			
	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	
rok 2008	průměr	53,7	8,72	75,5	55	11,9	69,0	17,2	69,0
	min.	14,3	0,25	-9,8	18	2,9	27,1	7,9	16,6
	max.	152	34,6	99,5	153	34,6	127,0	29,0	92,3
	t/rok	83,76	13,61		86,25	18,59	107,74	26,87	
projekt	průměr						20		
	kg/den						93		
	t/rok						33,95		
VH povolení	limit "p"						20		
	limit "m"						30		
	t/rok						27,2		
BAT	průměr						14	70	
	"m"						25		



Obrázek 11: Odtokové hodnoty $N-NH_4^+$ a N_{anorg} před rekonstrukcí

Porovnání projektované kapacity a skutečného zatížení v ukazateli N_{celk} ukazuje přibližně trojnásobné přetížení čistírny dusíkatým znečištěním. To je patrné již z průměrné roční hodnoty na přítoku do ČOV 69,0 mg/l, která je pro jednotný kanalizační systém poměrně vysoká.

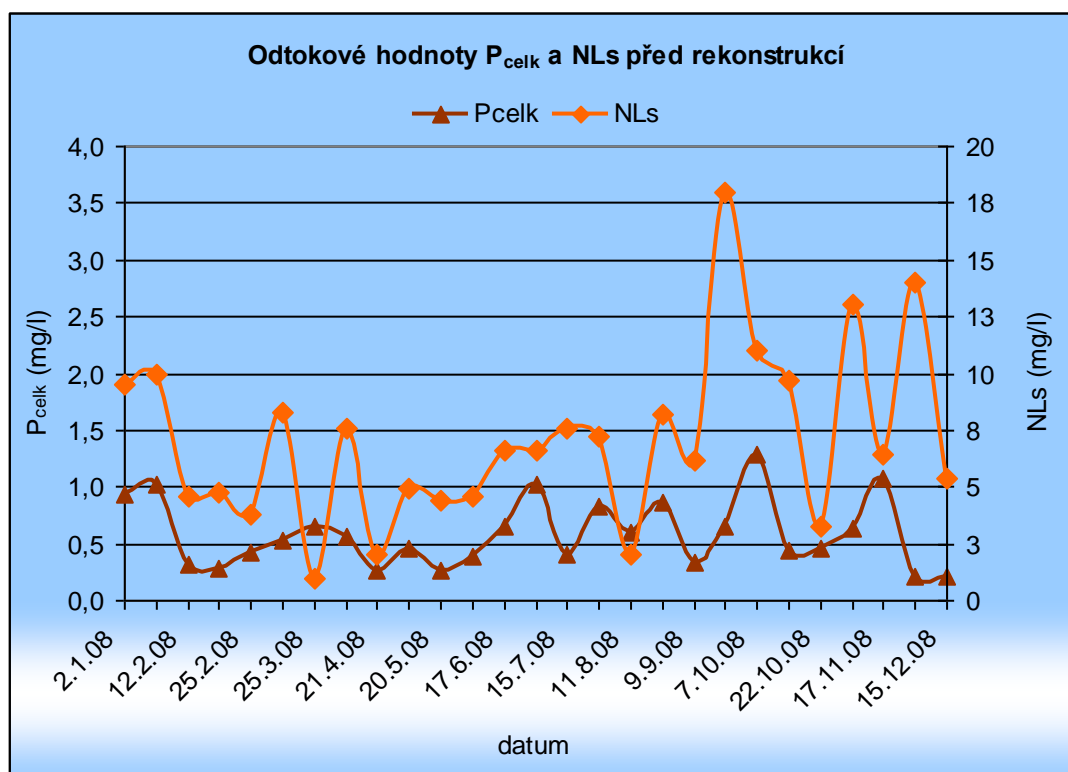
5.1.4 Odstranění fosforu a separace aktivovaného kalu

Odtokové hodnoty P_{celk} ukazují vysokou průměrnou účinnost odstraňování fosforu, která za rok 2008 dosáhla hodnotu 93,5 %, jak je vypočteno v Tabulce 13. Obrázek 12 pak ukazuje, že odtokové koncentrace P_{celk} oscilují okolo průměrné hodnoty 0,6 mg/l s minimálními výkyvy a proces chemického srážení fosforu je tedy dobře nastaven.

Tabulka 13: Hodnoty P_{celk} a NLs na přítoku a odtoku z ČOV Tachov a parametry aktivační směsi v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)

Ukazatel		P_{celk}			NLs	aktivační směs		
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	odtok (mg/l)	teplota (°C)	sušina (mg/l)	KI (ml/g)
rok 2008	průměr	13,1	0,6	93,5	7,3	14,7	4,5	178
	min.	3,2	0,2	79,3	1,0	7,9	2,6	95
	max.	68,0	1,3	99,1	18,0	21,0	5,8	274
	t/rok	20,48	0,91		11,33			
projekt	průměr							
	kg/den							
	t/rok							
VH povolení	limit "p"		3		25			
	limit "m"		6		50			
	t/rok		4,1		34,0			
BAT	"p"		1,5*	80	18			
	"m"		3,0		25			

*aritmetický průměr

Obrázek 12: Odtokové hodnoty P_{celk} a NLs před rekonstrukcí

Tabulka 13 rovněž ukazuje, že hodnoty kalového indexu, který charakterizuje aktivační směs z hlediska jejích separačních vlastností, se v hodnoceném období pohybovaly v rozpětí od 95 ml/g do 274 ml/g s průměrnou hodnotou 178 ml/g a kal bylo možné charakterizovat jakožto lehký. Průměrná hodnota kalového 178 ml/g je vyšší než doporučená projektová hodnota pro návrh ČOV dle ČN 75 6401, která je 150 ml/g. Díky těmto vysokým hodnotám KI v kombinaci s průměrnou hodnotou sušiny 4,5 g/l byla dosazovací nádrž látkově výrazně zatížena a tedy i náchylnější k případnému úniku vloček aktivovaného kalu.

Přesto naměřené hodnoty NLs na odtoku z ČOV ukazují dobrou a celkově stabilní separační funkci dosazovacích nádrží, kdy i nejvyšší naměřená hodnota 18 mg/l byla pod limitem „p“ vodoprávního povolení a splnila by limit „p“ pro nejlepší dostupné technologie této velikostní kategorie ČOV. Čistírna byla v některých měsících vystavena nárazovému hydraulickému zatížení a celoročně nízké koncentrační hodnoty NLs na odtoku z ČOV tak ukazují na vhodně technicky řešené a dimenzované odlehčení mezi mechanickým a biologickým stupněm.

5.2 ČOV Tachov po rekonstrukci

5.2.1 Hydraulické zatížení

Množství odpadní vody čištěné měsíčně čistírnou odpadních vod Tachov za období od ledna 2010 do prosince 2010 je shrnuto v tabulce 14.

Tabulka 14: Průtoky na ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010)

<i>měsíc</i>	<i>leden</i>	<i>únor</i>	<i>březen</i>	<i>duben</i>	<i>květen</i>	<i>červen</i>	
m ³	132 275	97 639	211 138	118 145	118 234	103 428	
m ³ /den	4 266,9	3 487,1	6 810,9	3 938,2	3 814,0	3 447,6	
<i>měsíc</i>	<i>červenec</i>	<i>srpen</i>	<i>září</i>	<i>říjen</i>	<i>listopad</i>	<i>prosinec</i>	<i>celkem/průměr</i>
m ³	92 203	121 545	92 407	81 551	164 521	157 481	1 490 567
m ³ /den	2 974,3	3 920,8	3 080,2	2 630,7	5 484,0	5 080,0	4 077,9

Jak je zřejmé při porovnání těchto hodnot s hodnotami projektovanými Q_{rok} určené dle Q_{24} odpovídá 1 734 480 m³, přičemž přítok za rok 2010 činil 1 490 567 m³, což je 86% projektované hodnoty. Měsíční povolené množství dle vodoprávního rozhodnutí pro zkušební provoz bylo navýšeno z původního limitu před rekonstrukcí ve výši 141 667 m³ na hodnotu 250 000 m³ a v roce 2010 tak nedošlo k překročení žádné z průtokových limitních hodnot tohoto nového povolení, přičemž stejné hodnoty jsou dány rovněž v povolení pro trvalý provoz.

5.2.2 Odstranění organického znečištění

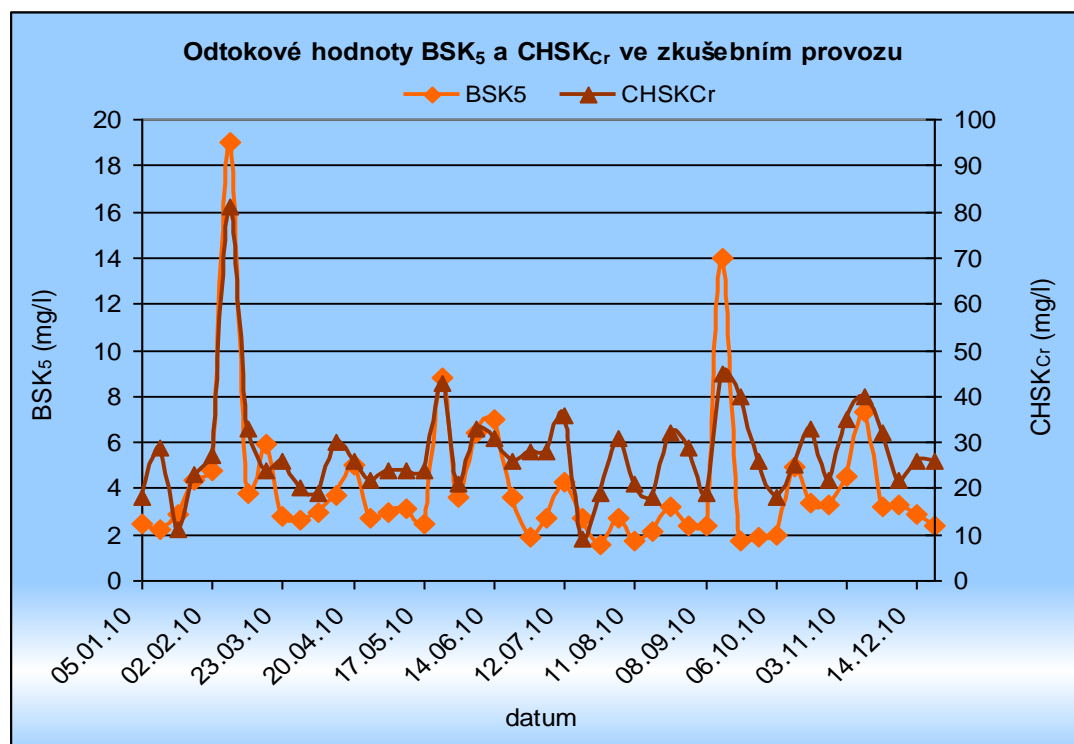
Hodnoty BSK₅ a CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov za rok 2010 spolu s dosahovanou účinností čištění jsou přehledně shrnuty v tabulce 15.

Látkové zatížení na přítoku do ČOV v kalendářním roce 2010 bylo ve výši 265,35 t BSK₅ resp. 12 117 EO, což představuje 92,0 % projektované kapacity čistírny po rekonstrukci (13 160 EO). V ukazateli CHSK_{Cr} vykazuje skutečný látkový přítok ve vztahu k projektované hodnotě přetížení, a to ve výši 128,2 %.

Navzdory látkovému přetížení v ukazateli CHSK_{Cr} splňují odtokové hodnoty v těchto ukazatelích požadavky vodoprávního povolení jak pro zkušební, tak trvalý provoz, i limity BAT dle NV č. 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Tabulka 15: Hodnoty BSK₅ a CHSK_{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010)

Ukazatel		BSK ₅			CHSK _{Cr}			BSK ₅ / CHSK _{Cr} přítok
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	účinnost (%)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	účinnost (%)	
rok 2010	průměr	178	4,0	97,5	496	28	93,3	0,39
	min.	53	1,6	91,7	150	9,0	83,2	0,23
	max.	350	19,0	99,4	1304	81	98,7	0,98
	t/rok	265,35	6,02		739,29	41,31		
projekt	průměr	166			332			
	kg/den	790			1 580			
	t/rok	288,35			576,70			
VH povolení pro ZP	limit "p"		20			90		
	limit "m"		50			150		
	t/rok		32			144		
VH povolení pro TP	limit "p"		20			90		
	limit "m"		40			130		
	t/rok		32			140		
BAT	"p"		14	90		60	80	
	"m"		20			100		



Obrázek 13: Odtokové hodnoty BSK₅ a CHSK_{Cr} ve zkušebním provozu

Obrázek 13 znázorňující průběh koncentrací odtokových hodnot BSK₅ a CHSK_{Cr} ukazuje, že odtokové hodnoty byly v obou ukazatelích v průběhu roku stabilní. Mimo dvou případů se hodnoty BSK₅ pohybovaly v úzkém rozmezí 1,6 až 8,8 mg/l v ukazateli CHSK_{Cr} pak s výjimkou jednoho případu v rozmezí 9 až 45 mg/l. Ke stabilitě procesu s největší pravděpodobností kromě nižšího zatížení ve srovnání s rokem 2008 významně přispěly i změny v technologii zejména optimalizace regenerační zóny.

5.2.3 Odstranění dusíkatého znečištění

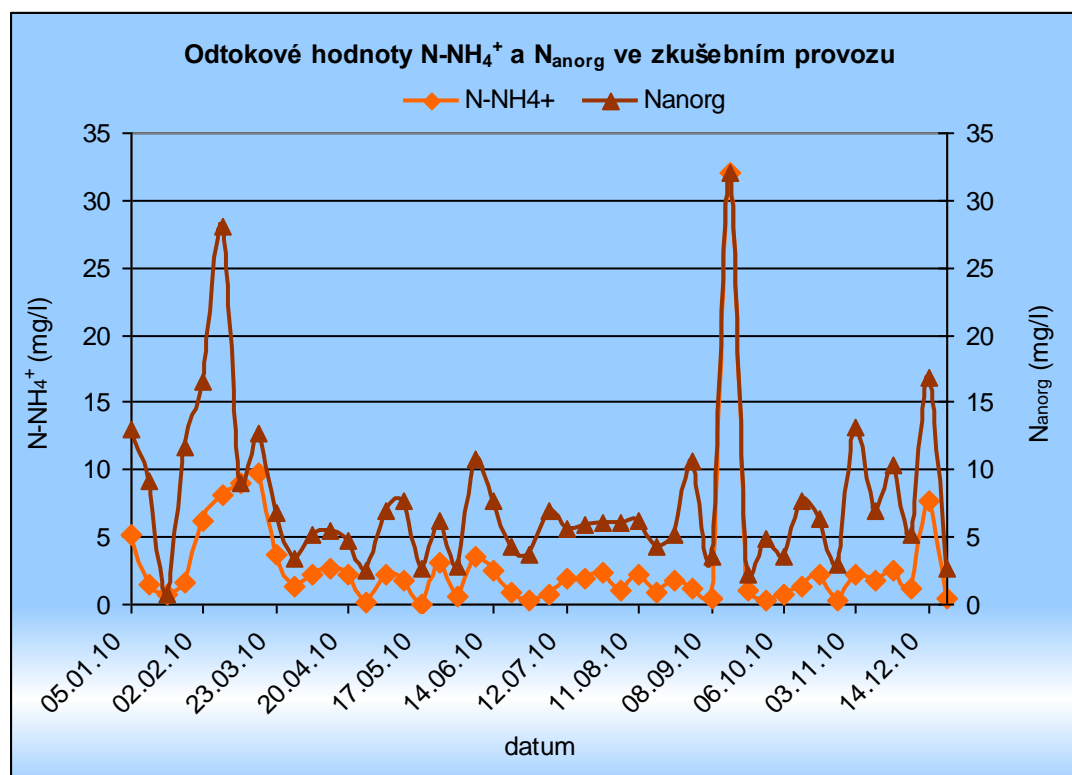
Tabulka 16 obsahuje naměřené hodnoty ukazatelů N-NH₄⁺, N_{anorg} a N_{celk} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov za rok 2010.

Tabulka 16: Hodnoty N-NH₄⁺, N_{anorg} a N_{celk} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s.,2010)

Ukazatel		N-NH ₄ ⁺			N _{anorg.}		N _{Celk.}		
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)
rok 2010	průměr	48,0	2,99	92,9	50	7,8	53,8	9,6	78,8
	min.	15,5	0,07	54,9	21	0,8	21,3	3,3	4,9
	max.	121	32,0	99,9	123	32,0	123,0	40,2	96,3
	t/rok	71,61	4,45		73,99	11,57	80,14	14,33	
projekt	průměr	24,8					33,2		
	kg/den	118					158		
	t/rok	43,07					57,67		
VH povolení pro ZP	limit "p"				20				
	limit "m"				35				
	t/rok				40				
VH povolení pro TP	limit "p"						15*		
	limit "m"						30		
	t/rok						40		
BAT	průměr						14		70
	"m"						25		

* aritmetický průměr koncentrací za kalendářní rok

Obdobně jako u organického znečištění v ukazateli CHSK_{Cr} ukazuje porovnání projektované kapacity a skutečného zatížení v ukazateli N_{celk} přetížení čistírny dusíkatým znečištěním ve výši 139,0 % projektované hodnoty, v ukazateli N-NH_4^+ pak dokonce ve výši 166,3 % projektované hodnoty. Přesto, jak je možné vidět na obrázku 14, byly odtokové hodnoty v ukazateli N-NH_4^+ v období od května do října, kdy byla teplota aktivační směsi vyšší než 12°C , stabilní a nepřesáhli s jedinou výjimkou hodnotu 4 mg/l, což ukazuje na stabilní proces nitrifikace. Obdobně nevykazovaly v tomto období s jedinou výjimkou významnější výkyvy odtokové hodnoty ukazatele N_{anorg} . Z obrázku 14 je však patrný významný rozdíl mezi odtokovými hodnotami N_{anorg} a N-NH_4^+ tvořený dusičnanovým dusíkem N-NO_3^- , což ukazuje, že proces denitrifikace neprobíhá s nejvyšší možnou účinností. Jednou z hlavních příčin je s největší pravděpodobností nedostatek snadno rozložitelného organického substrátu, čemuž nasvědčuje nízký poměr $\text{BSK}_5 / \text{CHSK}_{\text{Cr}}$ na přítoku do ČOV s hodnotou je pouze 0,39 (viz. tabulka 15).



Obrázek 14: Odtokové hodnoty N-NH_4^+ , N_{anorg} ve zkušebním provozu

V období od ledna do dubna a od listopadu do prosince, kdy byla teplota aktivační směsi nižší než 12°C, odtokové hodnoty v ukazateli N-NH₄⁺ nepřekročily hodnotu 10 mg/l, avšak hodnoty N_{anorg} vykazovaly významnější rozptyl a dvakrát byla překročena hodnota „p“ 20 mg/l. Tento počet překročení však stále znamená plnění vodoprávního povolení na dobu zkušebního provozu.

Jelikož byl dosažený roční průměr v ukazateli N_{celk} ve výši 9,6 mg/l, byla by rovněž splněna průměrná hodnota dle vodoprávního povolení pro trvalý provoz, avšak hodnota „m“ ve výši 30 mg/l by byla dvakrát překročena. Obdobně by byl splněn požadavek dle BAT s hodnotou „průměr“ = 14 mg/l, avšak hodnota „m“ = 25 mg/l by byla dvakrát překročena.

5.2.4 Odstranění fosforu a separace aktivovaného kalu

V ukazateli P_{celk} byla ČOV Tachov v roce 2010 zatížena na 106,4 % projektované kapacity. Z naměřených výsledků sumarizovaných v tabulce 17 vyplývá, že čistírna po rekonstrukci odstraňovala P_{celk} s účinností dostatečnou pro plnění limitů vodoprávního povolení pro zkušební provoz i pro trvalý provoz.

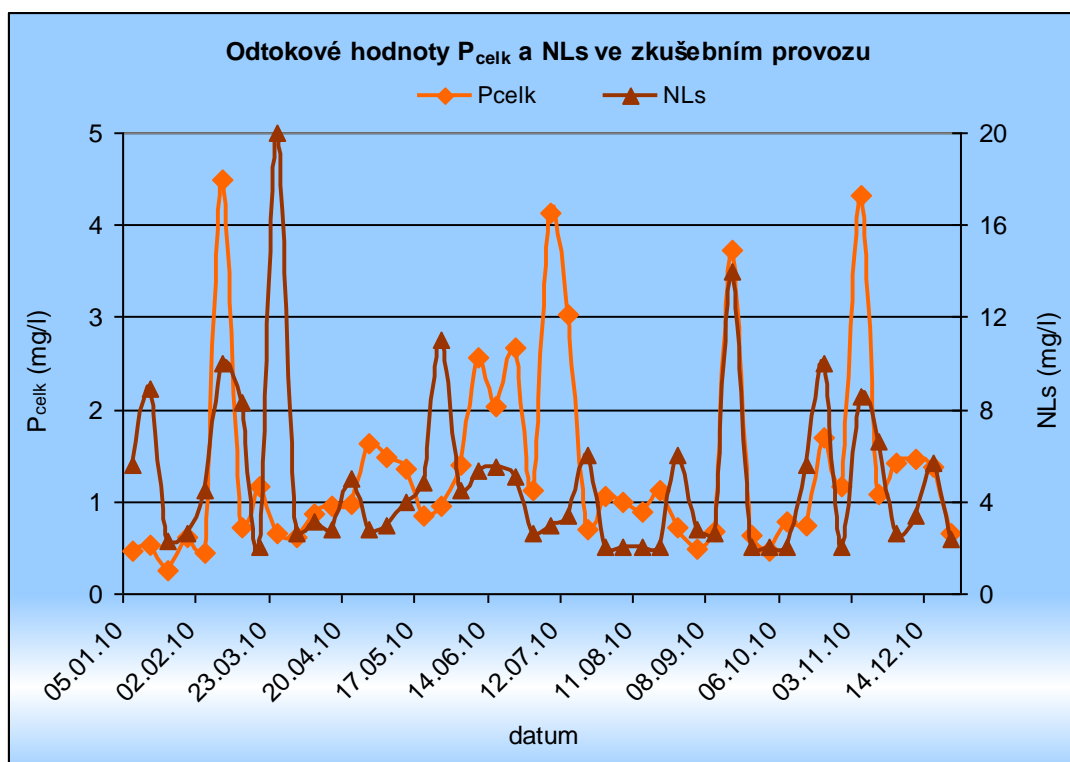
Tabulka 17: Hodnoty P_{celk} a NLs na přítoku a odtoku z ČOV Tachov a parametry aktivační směsi v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010)

Ukazatel		P _{celk}			NLs	aktivační směs		
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	odtok (mg/l)	teplota (°C)	sušina (mg/l)	KI (ml/g)
rok 2010	průměr	7,9	1,4	81,0	4,9	12,8	6,2	120
	min.	2,5	0,3	42,2	2,0	4,5	1,3	72
	max.	18,6	4,5	96,7	20,0	20,0	9,3	215
	t/rok	11,77	2,02		7,29			
projekt	průměr	6,4					4,4	
	kg/den	30,3						
	t/rok	11,06						
VH povolení pro ZP	limit "p"		3*		30			
	limit "m"		6		60			
	t/rok		4		48			
VH	limit "p"		2*		25			

Ukazatel		P_{celk}			NLs	aktivační směs		
		přítok (mg/l)	odtok (mg/l)	E (%)	odtok (mg/l)	teplota (°C)	sušina (mg/l)	KI (ml/g)
povolení pro TP	limit "m"		6		50			
	t/rok		4		40			
BAT	"p"		1,5*	80	18			
	"m"		3,0		25			

*aritmetický průměr

Přestože odtokové hodnoty byly poměrně rozkolísané, jak je vidět z obrázku 15, výsledná průměrná odtoková hodnota byla v tomto ukazateli 1,4 mg/l při účinnosti odstranění 81,0%. Dosažené hodnoty by nebyly dostatečné pro plnění limitů BAT, a to hodnoty „m“ = 3,0 mg/l.



Obrázek 15: Odtokové hodnoty P_{celk} a NLs ve zkušebním provozu

Průměrná hodnota kalového indexu 120 ml/g řadí aktivovaný kal z hlediska separačních vlastností do kategorie „lehký“, avšak tato hodnota je nižší než doporučená projektová hodnota pro návrh ČOV dle ČN 75 6401 ve výši 150 ml/g.

Sušina aktivovaného kalu dosahovala průměrné hodnoty 6,2 mg/l s rozpětím od 1,3 ml/g do 9,3 ml/g a byla tedy podstatně vyšší než limitní koncentrace sušiny dle projektu, která je dána hodnotou 4,4 g/l. Navzdory těmto hodnotám a mírně zhoršeným separačním vlastnostem aktivovaného kalu bylo na odtoku z ČOV v ukazateli NLs dosahováno velmi dobrých výsledků s průměrnou roční hodnotou 4,9 mg/l a maximem 20 mg/l. Tyto výsledky potvrzují dostatečnou účinnost separačního stupně v intenzifikované sestavě dvou dosazovacích nádrží namísto původní jedné a jsou dostatečné pro plnění limitů vodoprávního povolení pro zkušební provoz, trvalý provoz i limitů BAT.

5.3 Provozní náklady

Srovnání nákladů na čištění odpadních vod vyjádřené jakožto náklady na 1 m³ vyčištěné a fakturované odpadní vody na ČOV Tachov před rekonstrukcí a po rekonstrukci uvádí tabulka 18.

Tabulka 18: Náklady na čištění OV na ČOV Tachov před a po rekonstrukci (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.)

<i>ukazatel</i>	<i>ČOV před rekonstrukcí (rok 2008)</i>	<i>ČOV po rekonstrukci (rok 2010)</i>
celkové náklady (tis. Kč/období)	10 082	10 047
- <i>el.energie</i>	2 811	2 487
- <i>materiál</i>	452	306
- <i>oprava,údržba,doprava</i>	365	516
- <i>ostatní náklady (vč.odpisů)</i>	4 258	4 138
- <i>mzdy</i>	2 196	2 600
celkové množství vyčištěných m ³	18 681	12 117
náklady na m³ vyčištěné OV (Kč)	6,46	6,74
celkové množství fakturovaných m ³	566 932	543 111
náklady na m³ fakturované OV (Kč)	17,78	18,50

Uvedené údaje ukazují, že celkové náklady vynaložené na čištění odpadních vod před rekonstrukcí a po rekonstrukci ČOV jsou prakticky stejné. Došlo k určitému nárůstu nákladů na mzdové prostředky. Narůst nákladů v této položce byl

vykompenzován poklesem nákladů na elektrickou energii, na čemž se pravděpodobně podílí optimalizace objemů provzdušňovaných a neprovzdušňovaných sekcí aktivačního systému.

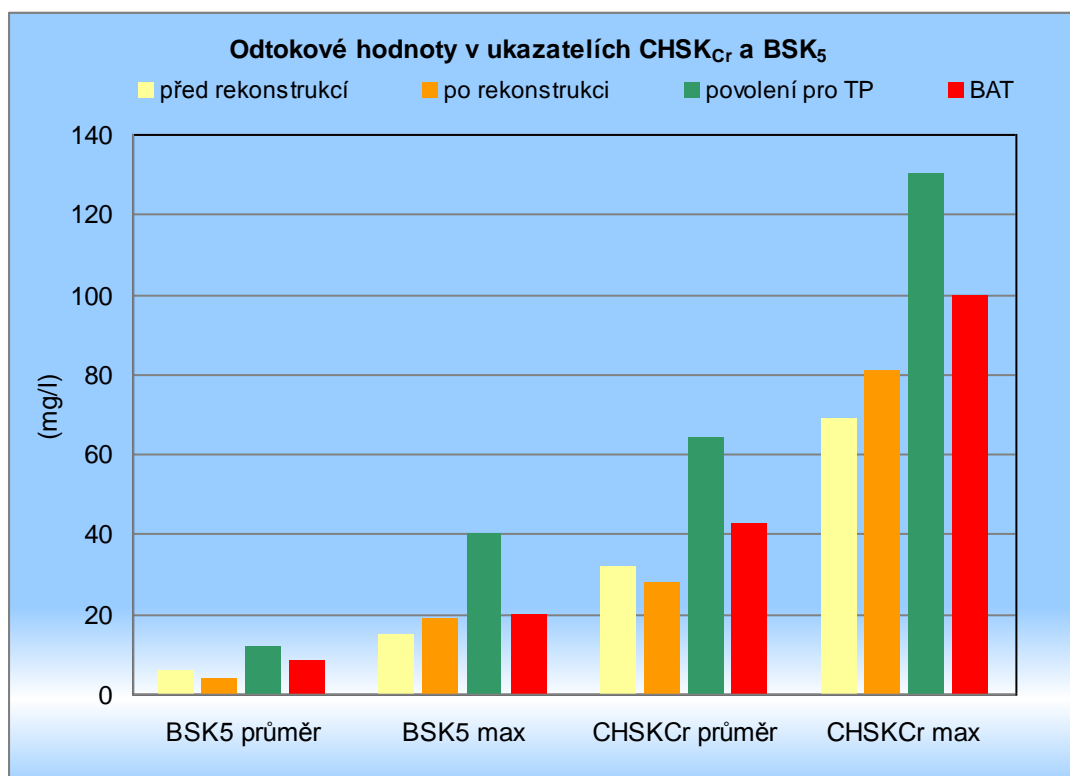
6 Diskuze

V rámci této kapitoly je provedeno srovnání dosahovaných výsledků s vodoprávním povolením pro trvalý provoz a hodnotami BAT. Plnění vodoprávního povolení je třeba považovat za cílový stav, jelikož hodnoty dané tímto povolením směřují k naplnění požadavků evropské legislativy v procesu její implementace do právního rámce České republiky. Hodnoty BAT pak slouží jako referenční hodnoty z hlediska technologických možností čištění odpadních vod.

Aby bylo možno toto porovnání provést, byl pro účely grafického znázornění proveden přepočítání hodnot "p" vodoprávního povolení a BAT pro ukazatele BSK₅, CHSK_{Cr} a NLs na roční průměry dle metodiky popsané v kapitole 4.3.6.

6.1 Odstranění organického znečištění

Průměrné a maximální odtokové hodnoty v ukazatelích BSK₅ a CHSK_{Cr} pro čistírnu odpadních vod Tachov před a po provedené rekonstrukci spolu se srovnáním s hodnotami limitů vodoprávního povolení pro trvalý provoz ČOV a hodnotami BAT dle Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. ve znění pozdějších předpisů jsou graficky vyjádřeny na obrázku 16.

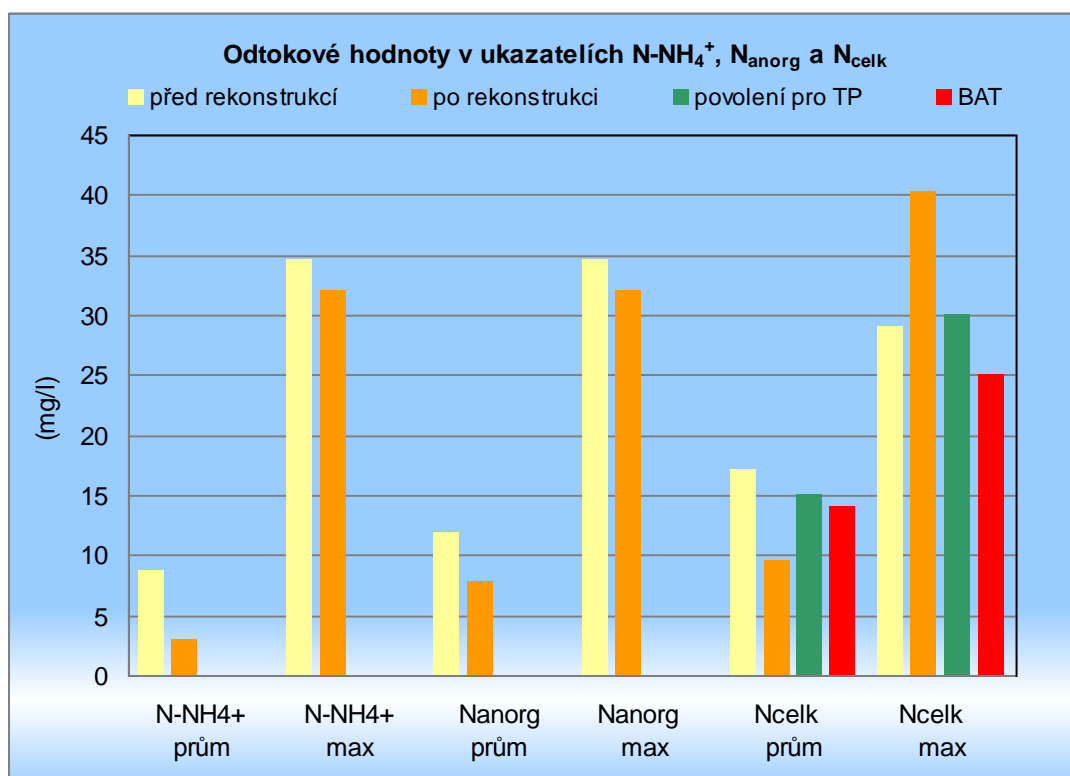


Obrázek 16: Odtokové hodnoty v ukazatelích CHSK_{Cr} a BSK₅

Z obrázku je vidět, že průměrné hodnoty obou ukazatelů jsou po provedené rekonstrukci nižší než v roce 2008, naopak maximální naměřené hodnoty jsou po rekonstrukci u obou ukazatelů vyšší. Tyto rozdíly však nejsou ani u průměrných ani maximálních hodnot významné z hlediska plnění stanovených limitů. Provedené srovnání ukazuje, že jak před rekonstrukcí, tak po rekonstrukci čistírna bez problémů splňovala požadavky vodoprávního povolení pro trvalý provoz i limitů BAT. To je dáno zejména tím, že ČOV Tachov byla již před provedenou rekonstrukcí navržena jako nízkozatěžovaný aktivační systém, přičemž doba zdržení je v tomto systému dostatečná na odbourání téměř všech biologicky degradabilních organických látek obsažených v přítékající odpadní vodě.

6.2 Odstranění dusíkatého znečištění

Z grafu na obrázku 17, který prezentuje průměrné a maximální odtokové hodnoty znečištění v ukazatelích $N-NH_4^+$, N_{anorg} a N_{celk} , je viditelné významné snížení průměrných hodnot všech těchto ukazatelů po provedené rekonstrukci. To odpovídá zvýšení účinnosti odstranění N_{celk} z hodnoty 69,0 % pře rekonstrukcí (tabulka 12) na hodnotu 78,8 % (tabulka 16) po rekonstrukci.



Obrázek 17: Odtokové hodnoty v ukazatelích $N-NH_4^+$, N_{anorg} a N_{celk}

V ročním průměru se v ukazateli N_{celk} podařilo v rámci zkušebního dosáhnout hodnoty pod 10 mg/l, což je zcela dostačující pro plnění vodoprávního povolení pro trvalý provoz i limitů BAT. K tomuto výsledku však přispěla kromě provedeného doplnění technologické linky o interní recirkulaci a optimalizace objemů jednotlivých sekcí aktivačního systému rovněž vysoká koncentrace aktivovaného kalu, která byla v systému udržována vysoko nad projektovanou hodnotu a v jejímž důsledku bylo sníženo zatížení kalu všemi formami dusíku a zvýšeno stáří kalu.

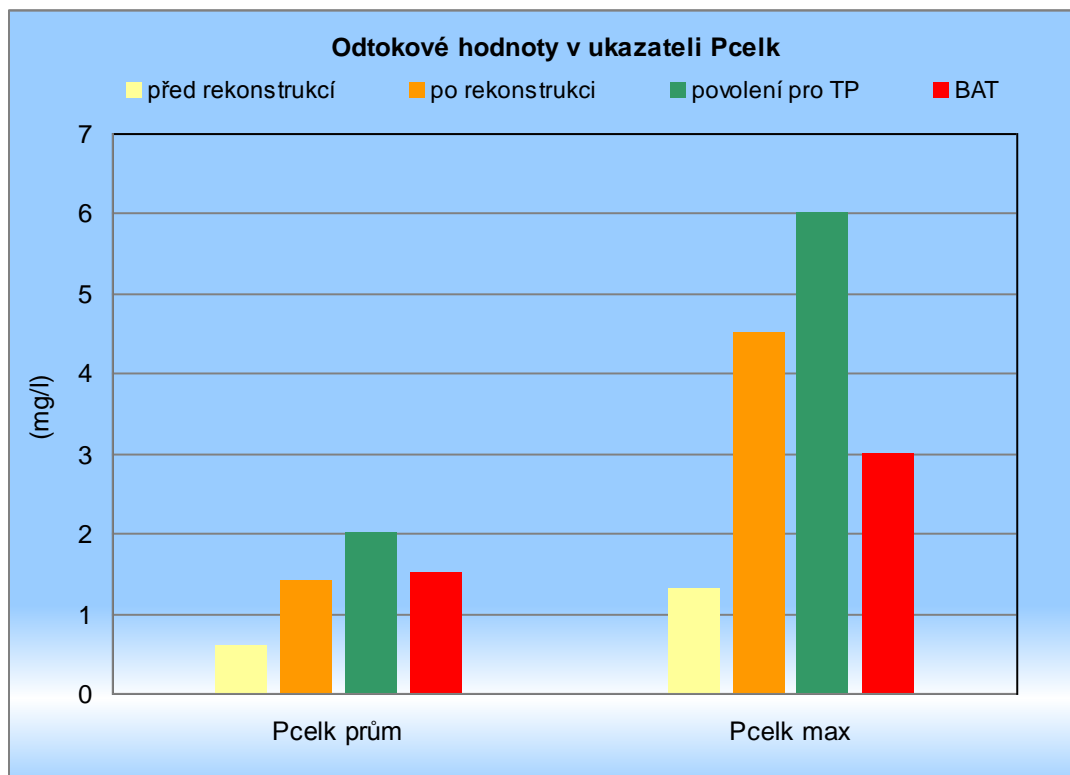
Zároveň však byla po rekonstrukci naměřena vyšší maximální odtoková hodnota N_{celk} , která by na rozdíl od nejvyšší naměřené hodnoty před rekonstrukcí znamenala překročení limitní hodnoty „m“ vodoprávního povolení pro trvalý provoz, přičemž tato hodnota byla překročena celkem dvakrát. Tyto výsledky korespondují se skutečností, že přestože byla kapacita ČOV v ukazateli N_{celk} provedenou rekonstrukcí navýšena o 70%, byl v roce 2008 i 2010 přítok na ČOV v t/rok vyšší, než je tato navýšená kapacita.

Provedená rekonstrukce není vzhledem k výše uvedenému dostačující pro zajištění stabilního procesu odstraňování dusíkatého znečištění a plnění limitů nového vodoprávního povolení pro trvalý provoz a je nutné znovu vyhodnotit technologické parametry ČOV tak, aby bylo další intenzifikací čistírny tohoto dosaženo.

6.3 Odstranění celkového fosforu

Odtokové hodnoty koncentrací v ukazateli P_{celk} a jejich srovnání s limity vodoprávního povolení pro TP a limity BAT pro posuzovanou ČOV před a po její rekonstrukci jsou zachyceny na obrázku 18.

Ze srovnání vyplývá, že jak průměrné, tak maximální dosahované hodnoty byly po rekonstrukci vyšší než před rekonstrukcí, nicméně i tyto hodnoty splňovaly limity vodoprávního povolení. Byla však opakovaně překročena limitní hodnota „m“ pro BAT v této velikostní kategorii ČOV.

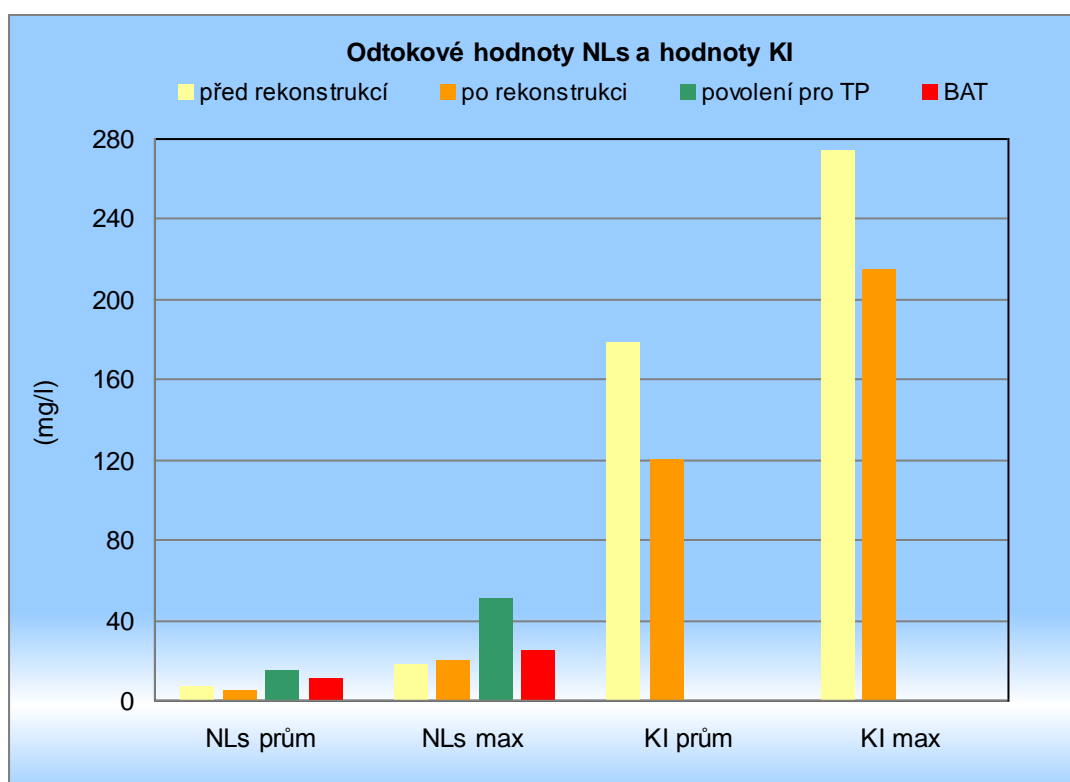
Obrázek 18: Odtokové hodnoty v ukazateli P_{celk}

Odstraňování fosforu bylo před i po rekonstrukci prováděno srážením síranem železitým, přičemž technologické úpravy provedené při rekonstrukci nemají na účinnost odstraňování významnější vliv. Dosahované hodnoty jsou tak dány čistě dávkou síranu železitého a řízením velikosti této dávky. Vzhledem k vybavení ČOV druhou dosazovací nádrží není důvod se obávat, že by vyšší množství chemického kalu vznikající při vyšších dávkách koagulantu mohlo negativně ovlivnit celkovou kalovou bilanci systému a vést k případnému úniku vloček aktivovaného kalu do odtoku ČOV. Rovněž významné snížení organického podílu aktivovaného kalu v důsledku vyšších dávek koagulantu a následné snížení stáří biologicky aktivní složky kalu v systému patrně nehrozí.

Je zřejmé, že provozovatel provozuje ČOV tak, aby bylo plněno vodoprávní povolení, nicméně vzhledem k výše uvedenému by bylo vhodné, aby limity vodoprávního povolení byly v ukazateli P_{celk} přísnější, zejména z důvodu omezení eutrofizace recipientu, vodohospodářsky významného toku Mže, a objektů na tomto toku.

6.4 Separace aktivovaného kalu

Odtokové hodnoty koncentrací v ukazateli NLs zachycené v grafu na obrázku 19 ukazují, že čistírna odpadních vod Tachov před rekonstrukcí i po rekonstrukci splňovala limity vodoprávního povolení i limity BAT. Kapacita separačního stupně po rekonstrukci byla jednoznačně ověřena v době zkušebního provozu, kdy sušina aktivovaného kalu přiváděného do dosazovacích nádrží byla podstatně vyšší než projektovaná hodnota. Tyto výsledky ukazují, že separační stupeň nebyl z hlediska provozních výsledků ani před rekonstrukcí úzkým místem čistírny a jeho kapacita je po provedeném rozšíření technologické linky o druhou nádrž zcela dostačující.



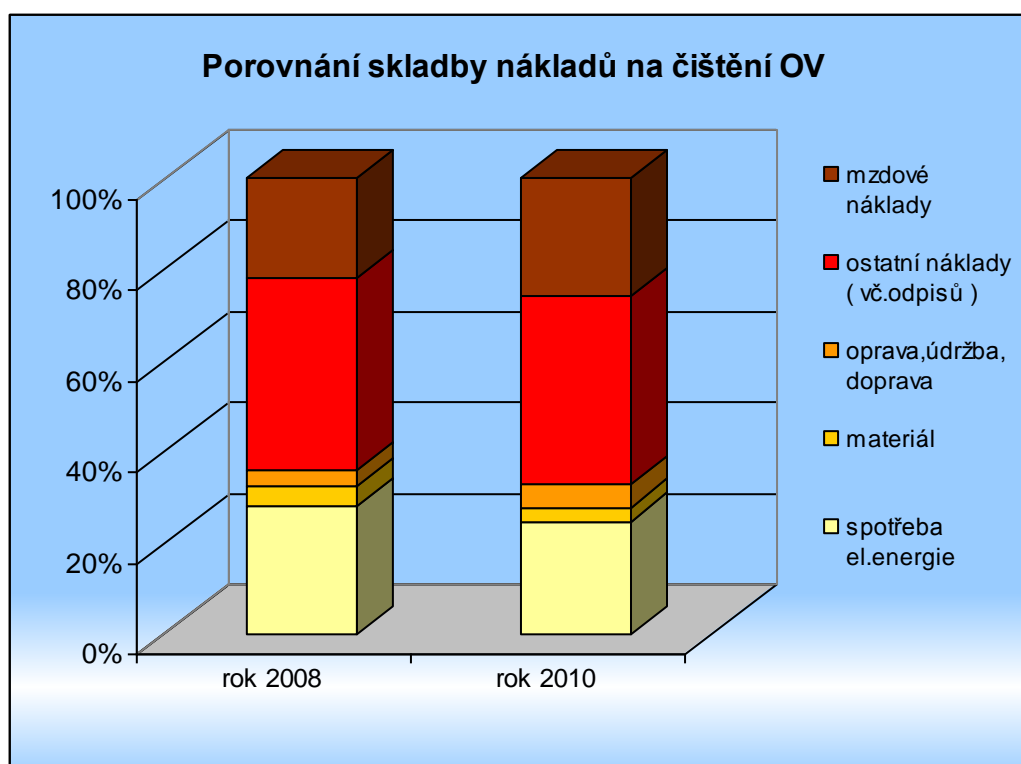
Obrázek 19: Odtokové hodnoty koncentrací NLs a hodnoty KI

Obrázek 19 rovněž ukazuje významné zlepšení separačních vlastností aktivovaného kalu ve vztahu k ukazateli kalový index, který byl po rekonstrukci významně nižší než před rekonstrukcí. K tomuto zlepšení separačních vlastností s největší pravděpodobností přispěla optimalizace objemů jednotlivých sekcí aktivačního systému.

6.5 Provozní náklady

Na obrázku 20 je formou 100 % skládaného sloupcového grafu znázorněna struktura nákladů na čištění OV na ČOV Tachov před a po rekonstrukci. Obrázek ukazuje, že největší podíl v nákladech činí náklady zahrnující odpisy tj. prostředky, které jsou ve formě nájemného za pronájem vodohospodářského majetku hrazeny provozovatelem vlastníkovému majetku. Tyto prostředky následně vlastník využívá k financování obnovy svojí vodohospodářské infrastruktury.

Co se finančního objemu týče, následují náklady na mzdy a elektrickou energii. Nejmenší podíl na celkových nákladech pak připadá na materiál, opravu, údržbu a dopravu.



Obrázek 20: Porovnání skladby nákladů na čištění OV na ČOV Tachov před a po rekonstrukci

7 Závěr

7.1 Odstranění organického znečištění

- Odtokové koncentrace v ukazatelích BSK₅ a CHSK_{Cr} byly po provedené rekonstrukci méně rozkolísané a pohybovaly se celkově v úžším rozmezí. K této zvýšené stabilitě dosahovaných výsledků s největší pravděpodobností kromě nižšího zatížení v roce 2010 ve srovnání s rokem 2008 významně přispěly i provedené technologické úpravy, především optimalizace regenerační zóny.
- Roční průměrné hodnoty v ukazatelích BSK₅ a CHSK_{Cr} byly po rekonstrukci nižší, nicméně čistírna jak před rekonstrukcí, tak po rekonstrukci plnila limity vodoprávního povolení pro trvalý provoz i limity BAT. To je dáno tím, že ČOV Tachov byla již před provedenou rekonstrukcí navržena jako nízkozatěžovaný aktivační systém s dostatečnou dobou zdržení na odbourání téměř všech biologicky degradabilních organických látek obsažených v přítékající odpadní vodě.

7.2 Odstranění dusíkatého znečištění

- Přestože byla kapacita ČOV v ukazateli N_{celk} provedenou rekonstrukcí navýšena o 70%, je reálné zatížení na přítoku do ČOV v tomto ukazateli vyšší, než je tato navýšená kapacita.
- Průměrné odtokové hodnoty v ukazatelích N-NH₄⁺, N_{anorg} a N_{celk}, vykazují po provedené rekonstrukci významné snížení, přičemž průměrná odtoková hodnota v ukazateli N_{celk} pod 10 mg/l je zcela dostačující pro plnění vodoprávního povolení pro trvalý provoz i limitů BAT. Provedená rekonstrukce významně zvýšila průměrnou účinnost odstranění celkového dusíku téměř o 10%. Po rekonstrukci byla rovněž výrazně delší část roku, po kterou byl stabilní proces nitrifikace. K tomuto výsledku však kromě provedeného doplnění technologické linky o interní recirkulaci a optimalizace objemů jednotlivých sekcí aktivačního systému přispěla vysoká koncentrace aktivovaného kalu, která byla v systému

udržována vysoko nad projektovanou hodnotu a v jejímž důsledku bylo sníženo zatížení kalu všemi formami dusíku a zvýšeno stáří kalu.

- Ve zkušebním provozu byla naměřena vyšší maximální odtoková hodnota N_{celk} , která by na rozdíl od nejvyšší naměřené hodnoty před rekonstrukcí znamenala překročení limitní hodnoty „m“ vodoprávního povolení pro trvalý provoz, přičemž tato hodnota byla překročena celkem dvakrát.
- Čistírna odpadních vod Tachov není po provedené rekonstrukci schopna ani přes významné zlepšení garantovat celoročně stabilní proces odstraňování dusíkatého znečištění a bude proto nezbytné znovu posoudit objemy aktivačních nádrží, kapacitu dodávky vzduchu, kapacitu aeračního systému, ale i zajištění dostatečného množství biologicky snadno rozložitelného substrátu a další parametry tak, aby bylo další intenzifikací čistírny dosaženo stabilního procesu odstraňování dusíkatého znečištění a zajištěno plnění limitů nového vodoprávního povolení.

7.3 Odstranění celkového fosforu

- ČOV Tachov dosahuje vzhledem k použití chemického srážení pro odstranění celkového fosforu velmi dobré výsledky a splňuje požadavky vodoprávního povolení pro trvalý provoz i limity BAT v hodnotě ročního průměru.
- ČOV je schopna při zvýšení dávky koagulantu plnit rovněž limitní hodnoty „m“ pro BAT, a to bez negativního dopadu na čistírnu a její funkci.
- Jelikož je omezení eutrofizace povrchových vod stěžejní záměr evropské legislativy, který má být dosažen její implementací do legislativy České republiky spolu s navazujícími intenzifikacemi nevyhovujících ČOV, bylo by žádoucí stanovit přísnější odtokové limity celkového fosforu – ve výši limitů BAT. Přestože by toto zpřísnění limitů přineslo zvýšení provozních nákladů, je žádoucí z důvodu omezení eutrofizace recipientu, kterým je vodohospodářsky významný tok Mže.

7.4 Separace aktivovaného kalu

- Separáční stupeň nebyl ani před rekonstrukcí problematickm prvkem ČOV mimo jiné i díky vhodne technicky řešenému a dimenzovanému odlehen mezi mechanickm a biologickm stupněm.
- Separáční stupeň, rekonstrukcí rozšířen z jedné na dvojici dosazovacích nádrží, vykazuje dostatečnou uinnost pro plnění limitů vodopavnho povolen a limitů BAT i při zatizen nad projektovan hodnoty.
- Aktivovan kal vykazoval po rekonstrukci zlepšen separačních vlastností vznamnm snizenm hodnot kalového indexu.

7.5 Provozní náklady

- Celkov náklady vynaložen na čištění odpadních vod na ČOV Tachov se provedenou rekonstrukcí vznamne nezměnili a nezměnilo se ani objemov zastoupen jednotlivých nákladových položek. Tato skutečnost potvrzuje obecnou zkušenost, že zatímco v minulosti byly rekonstrukce a intenzifikace ČOV často prováděny za uelem úspory provozních nákladů nebo byly úspory provozních nákladů s intenzifikacemi spojeny jako vedlejší produkt, v současn době jsou rekonstrukce provádeny za uelem splnen prsnejšch legislativnch požadavk a vznamnch úspor je temito opatřenmi dosahováno v menšm rozsahu a mene asto.

8 Literatura

- Appeldoorn K.J., Kortstee G.J.J., Zehnder J.B. (1992): Biological phosphate removal by activated sludge under defined conditions. *Wat. Res.* 26 (4), 453-460.
- Ardern F., Lockett W.T. (1914) : Experiments on oxidation of sewage without the aid of filters. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 33 (10), 523 - 539.
- Barker P.S., Dold P.L. (1997) : General model for biological nutrient removal in activated sludge systems: Model Presentation. *Water Environment Research*, 69 (5), 969-984.
- Clark H.W., Adams G.O. (1914) : Sewage treatment by aeration and contact in tanks containing layers of slate. *Engineering Record* 69 (6), 158.
- Crites R., Tchobanoglous G. (1998) : *Small and decentralized wastewater management systems*. McGraw-Hill, New York.
- Čech J. S. (1997) : Zásady provozu aktivačních systémů pro biologické odstraňování nutrientů. *Sborník přednášek Provoz čistíren splaškových a městských odpadních vod a jeho hodnocení*, Seminář, Praha (CZ), 27.3., 42 – 51.
- Dohányos M., Koller J. a Strnadová N. (1998) : *Čištění odpadních vod*. Vydavatelství VŠCHT, Praha (CZ).
- Gabriel P. (2002) : Podélný lapák písku a tuku se strojním vyklížením. *Sb. přednášek Hrubé předčištění na čistírnách odpadních vod*, Seminář, Praha (CZ), 22.10.
- Gayle B.P. (1989) : Biological denitrification in water. *Journal of Environmental Engineering*, 115 (5), 930-937.
- Hlavínek P., Novotný D. (1996) : *Intenzifikace čistíren odpadních vod.*, NOEL 2000, Brno, 74-75.
- Hlavínek P., Hlaváček J. (1996) : *Čištění odpadních vod – praktické příklady výpočtů.*, NOEL 2000, Brno, 70-71.
- Chudoba J, Dohányos M. a Wanner J. (1991) : *Biologické čištění odpadních vod*. SNTL, Praha (CZ).
- Irvine R.L., Ketchum L.H. Jr., Arora M.L., Barth E.F. (1985)) : An Organic Loading Study of Full-Scale Sequencing Batch Reactors. *J. Wat. Pol. Con. Fed.*, 57 (8), 847 - 856.

- Irvine R.L., Ketchum L.H., Breyfogle R., Barth E.F. (1983) : Municipal Application of Sequencing Batch Treatment. *J. Wat. Pol. Con. Fed.* 55 (5), 984 - 992.
- Irvine R.L., Murthy D.V.S., Arora M.L., Copeman J.L., Heihman J.A. (1987)) : Analysis of Full-Scale SBR Operation in Grundy Center, Iowa. *J. Wat. Pol. Con. Fed.* 59 (3), 132-139.
- Jeniček P. (1999) : *Výpočty v technologii vody II*. Vydavatelství VŠCHT, Praha (CZ)
- Jeniček P., Švehla P., Zábranská J., Dohanyos M. (2004) : Factors affecting nitrogen removal by nitrification/denitrification. *Wat. Sci. Tech.* 49 (5-6), 73-79.
- Juretschko S., Timmermann G., Schmid M., Schleifer K.H., Pommerening-Röser A., Koops, H.P., Wagner M. (1998)) : Combined Molecular and Conventional Analyses of Nitrifying Bacterium Diversity in Activated Sludge: *Nitrosococcus mobilis* and *Nitrospira*-Like Bacteria as Dominant Populations. *Appl. and Env. Microbiol.*, 64 (8), 3042 - 3051.
- Kos M. (1997) : Aerační systémy a hodnocení jejich funkce. *Sborník přednášek Provoz čistíren splaškových a městských odpadních vod a jeho hodnocení*, Seminář, Praha (CZ), 27.3., 30 – 41.
- Kos M., Wanner J., Šorm I., Grau P. (1992) : R-D-N Activated Sludge Process. *Wat. Sci. Tech.*, 25 (4-5), 151-160.
- Lan J.C., Benefield L., Randall C.W. (1983) : Phosphorus removal in the activated sludge process. *Wat. Res.*, 17 (9), 1193-1200.
- Lánský M. a Hloušek T. (2007) : Očekávaný dopad novelizace NV 61/2003 Sb. na provozovatele městských ČOV. *Čistírenské listy ve Vod. Hosp.*, 57 (11), VIII – X.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003) : *Wastewater engineering. Treatment and reuse*. 4. vydání. McGraw-Hill, New York.
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k nařízení vlády č. 229/2007 Sb.
- Mohlman F. W. (1924) : The sludge index. *Sew. Works. J.*, 6 (1), 119.
- Mulder A., van de Graaf A.A., Robertson L.A., Kuenen J.G. (1995) : Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized-bed reactor, *FEMS Microbiol. Ecol.* 16, 177-183.
- Nařízení vlády č. 61/2003 Sb, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění

- odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. a nařízení vlády č. 23/2011 Sb.
- Ni B., Yu H.-Q. (2008) : An approach for modeling two-step denitrification in activated sludge systems. *Chemical Engineering Science*, 63 (6), 1449-1459.
- Oh J., Silverstein J. (1999) : Oxygen inhibition of activated sludge denitrification. *Wat. Res.*, 33 (8), 1925-1937.
- Ossenbruggen P.J., Spanjers H., Klapwijk A. (1996) : Assessment of a two-step nitrification model for activated sludge. *Wat. Res.*, 30 (4), 939-953.
- OŽP KÚ Plzeňského kraje (2004) : Povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov, č.j.: ŽP 5638/04, 30. 9. 2004.
- OŽP KÚ Plzeňského kraje (2008) : Prodloužení povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov, č.j. ŽP 5638/04 ze dne 30. 9. 2004, č.j.: ŽP 7106/08, 14. 10. 2008
- OŽP KÚ Plzeňského kraje (2009) : Povolení k vypouštění odpadních vod z ČOV Tachov po dobu zkušebního provozu, č.j.: ŽP/11586/09, 21.12.2009
- OŽP KÚ Plzeňského kraje (2011) : Povolení k vypouštění odpadních vod z centrální čistírny odpadních vod v Tachově, č.j.: ŽP/3700/11, 26. 4. 2011
- Pytl V., Čejka J, Čuban M., Frank K., Hartig K., Janda S., Janda L., Lišková Š., Nepovím J., Novák J., Ondroušek J., Porter P., Sedláček J., Sýkora K., Šálek J., Šimon J., Tlolká J., Vršecký, J. (2004) : *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. Medim, Praha (CZ), 41 – 51.
- Painter H. (1970) : A review of literature on inorganic nitrogen metabolism in microorganisms. *Wat. Res.*, 4, 393-450.
- Randall C.W., Barnard J.L., Stensel H.D. (1992) : *Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal*. Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania. (USA).
- Seviour R.J., Mino T., Onuki M. (2003) : The microbiology of phosphorus removal in activated sludge systems. *FEMS Microbiol. Rev.* 27 (1), 99-127.
- Sharma B., Ahlert R.C. (1977) : Nitrification and Nitrogen Removal. *Wat. Res.*, 11, 897-925.
- Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod.

- Srb M., Vacková L., Škorvan O., Pečenka M, Wanner J. (2009) : Klasické a pokročilé technologie pro odstraňování fosforu a dusíku z bodových zdrojů znečištění živinami, *Sborník přednášek konference Znečištění povrchových vod živinami: příčiny, důsledky a možnosti řešení (eu)trofizace*, Praha (CZ), 11.6., 47-66.
- Stenstrom M.K., Song S.S. (1991) : Effects of Oxygen Transport Limitation on Nitrification in the Activated Sludge Process. *J. Wat. Poll. Con. Fed.*, 63, 208 - 215
- Sýkora K. (1997) : Zahušťování, stabilizace a odvodňování čistírenských kalů. *Sborník přednášek Provoz čistíren splaškových a městských odpadních vod a jeho hodnocení, Seminář*, Praha (CZ), 27.3., s. 81 – 91.
- Strous M., Van Gerven E., Zheng P., Kuenen J. G., Netřen M. S. M. (1997) : Ammonium removal from concentrated waste streams with the anaerobic ammonium oxidation (Anammox) process in different reactor configurations. *Wat. Res.*, 31 (8), 1955 – 1962.
- Tsuneda S., Miyachi R., Ohno T., Hirata A. (2005) : Characterization of denitrifying polyphosphate-accumulating organisms in activated sludge based on nitrite reductase gene. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 99 (4), 403 - 407.
- Usnesení vlády České republiky ze dne 11. srpna 2010 č. 575 o Aktualizaci strategie financování požadavků na čištění městských odpadních vod včetně příloh, Aktualizace strategie financování požadavků na čištění městských odpadních vod včetně příloh k Aktualizaci.
- Van de Graaf A.A., Mulder A., Slijkhuis H., Robertson L.A., Kuenen J.G. (1990) : Anoxic ammonium oxidation. In: *Proc. 5th European Congress on Biotechnology, Vol. 1*, Christiansen, C., Munck, L., Villandsen, J., eds., Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 338-391.
- Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (2004) : Provozní řád Čistírny odpadních vod Tachov v provozování VaK Karlovy Vary, a.s
- Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s. (2010) : Provozní řád pro zkušební provoz po I. etapě rekonstrukce Čistírny odpadních vod Tachov
- Wanner J. (1996) : *Technologie vody II – Čištění městských odpadních vod (interní učební texty pro postdiplomní vzdělávací kurzy)*. Praha (CZ)

Wanner J. (1994) : *Activated Sludge Bulking and Foaming Control*. Technomic Publishing Company, Lancaster, Pennsylvania (USA).

Werzernak C.T., Gannon J.J. (1967) : Oxygen-nitrogen relationships in autotrophic nitrification. *Appl. Microbiol.*, 15 (5), 1211 - 1215.

Wiesmann U., Choi I. S., Dombrowski E. M. (2007) : *Fundamentals of Biological Wastewater Treatment*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 227 – 236.

Zákon č. 20/2004 Sb., kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu ve znění pozdějších předpisů

Seznam tabulek

Tabulka 1: Orientační hodnoty specifické produkce znečištění v g/d na 1 obyvatele (Jeníček, 1999).....	4
Tabulka 2: Projektované množství a kvalita odpadních vod na přítoku ČOV Tachov před rekonstrukcí (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2004).	25
Tabulka 3: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov před rekonstrukcí (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP 5638/04, 2004 a OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP 7106/08, 2008).	26
Tabulka 4: Projektované množství a kvalita odpadních vod na přítoku ČOV Tachov po rekonstrukci (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010).	30
Tabulka 5: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov po dobu zkušebního provozu (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP/11586/09, 2009).	31
Tabulka 6: Povolené množství a kvalita vypouštěných odpadních vod z ČOV Tachov pro trvalý provoz (OŽP KÚ Plzeňského kraje ŽP/3700/11, 2011).....	31
Tabulka 7: Použité analytické metody	33
Tabulka 8: Kategorizace aktivovaného kalu dle hodnoty KI (Chudoba a kol., 1991)	34
Tabulka 9: Přepočet hodnot "p" pro BSK ₅ , CHSK _{Cr} a NLs na roční průměry (Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k NV č. 229/2007 Sb.).	35
Tabulka 10: Průtoky na ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)	36
Tabulka 11: Hodnoty BSK ₅ a CHSK _{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008).....	37
Tabulka 12: Hodnoty N-NH ₄ ⁺ , N _{anorg} a N _{celk} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)	39
Tabulka 13: Hodnoty P _{celk} a NLs na přítoku a odtoku z ČOV Tachov a parametry aktivační směsi v roce 2008 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2008)	40
Tabulka 14: Průtoky na ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., 2010)	42

Tabulka 15: Hodnoty BSK ₅ a CHSK _{Cr} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s., 2010).....	43
Tabulka 16: Hodnoty N-NH ₄ ⁺ , N _{anorg} a N _{celk} na přítoku a odtoku z ČOV Tachov v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s.,2010)	44
Tabulka 17: Hodnoty P _{celk} a NLs na přítoku a odtoku z ČOV Tachov a parametry aktivační směsi v roce 2010 (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s., 2010)	46
Tabulka 18: Náklady na čištění OV na ČOV Tachov před a po rekonstrukci (data: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary,a.s.).....	48

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma aktivační čistírny městských odpadních vod (Wanner, 1996)	8
Obrázek 2: Schéma aktivačního systému s předřazenou denitrifikací (Wanner, 1996)	13
Obrázek 3: Schéma aktivačního systému R-D-N (Kos a kol. 1992)	14
Obrázek 4: ČOV Tachov před rekonstrukcí – celkový pohled (foto: J. Kronďák)	22
Obrázek 5: Technologické schéma ČOV Tachov před rekonstrukcí	23
Obrázek 6: ČOV Tachov před rekonstrukcí – dosazovací nádrž (foto: P.Ivanovská)	24
Obrázek 7: Schéma ČOV Tachov po rekonstrukci	27
Obrázek 8: ČOV Tachov po rekonstrukci – aktivační nádrž (foto: P.Ivanovská).....	28
Obrázek 9: ČOV Tachov po rekonstrukci – výstavba nové dosazovací nádrže (foto: P.Ivanovská).....	29
Obrázek 10: Odtokové hodnoty BSK ₅ a CHSK _{Cr} před rekonstrukcí	38
Obrázek 11: Odtokové hodnoty N-NH ₄ ⁺ a N _{anorg} před rekonstrukcí	39
Obrázek 12: Odtokové hodnoty P _{celk} a NLs před rekonstrukcí	41
Obrázek 13: Odtokové hodnoty BSK ₅ a CHSK _{Cr} ve zkušebním provozu.....	43
Obrázek 14: Odtokové hodnoty N-NH ₄ ⁺ , N _{anorg} ve zkušebním provozu	45
Obrázek 15: Odtokové hodnoty P _{celk} a NLs ve zkušebním provozu	47
Obrázek 16: Odtokové hodnoty v ukazatelích CHSK _{Cr} a BSK ₅	50
Obrázek 17: Odtokové hodnoty v ukazatelích N-NH ₄ ⁺ , N _{anorg} a N _{celk}	51
Obrázek 18: Odtokové hodnoty v ukazateli P _{Celk}	53
Obrázek 19: Odtokové hodnoty koncentrací NLs a hodnoty KI	54
Obrázek 20: Porovnání skladby nákladů na čištění OV na ČOV Tachov před a po rekonstrukci	55

Přílohy

ČOV Tachov 2008 - přítok

datum odběru	N _{Ls} (mg/l)	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	N _{anorg} (mg/l)	N _{celk} (mg/l)	P _{celk} (mg/l)
2.1.2008	160	415	160	104	2,11	0,377	106	109	10,2
14.1.2008	190	260	170	57,3	8,02	0,505	65,8		10
12.2.2008	150	332	110	35,7	3,53	0,296	39,5		5,64
20.2.2008	1200	1582	560	37,8	2,2	0,9	40,9		8,96
25.2.2008	180	519	160	49,1	1,49	0,572	51,2	68	8,48
10.3.2008	700	1013	480	19	3,71	0,209	22,9		10,8
25.3.2008	120	238	68	14,3	3,78	0,246	18,3	27,1	3,19
7.4.2008	2000	3020	1200	22,2	0,5	0,157	22,4		43,1
21.4.2008	85	260	110	21,2	2,41	0,334	23,9		3,41
5.5.2008	97	301	130	30,7	3,42	0,298	34,4		3,59
20.5.2008	180	213	150	37,9	1,27	0,265	39,4	43,1	5,39
4.6.2008	230	412	180	36,9	0,5	0,07	37		7,03
17.6.2008	360	590	310	46,6	0,5	0,027	46,6	62,2	8,8
30.6.2008	330	1093	320	69	0,66	0,03	69,7		12,1
15.7.2008	200	511	170	55,9	0,5	0,034	55,9	58,6	7,49
29.7.2008	300	643	250	37,3	0,5	0,033	37,3		9,18
11.8.2008	230	774	240	59,3	0,5	0,037	59,3	80	8,15
25.8.2008	620	892	210	152	0,69	0,019	153		68
9.9.2008	220	556	170	69,6	0,5	0,023	69,6	83,6	12,7
22.9.2008	220	542	150	53	0,5	0,288	53,3		8,38
7.10.2008	290	743	250	54,1	0,5	0,033	54,1	59,3	12,1
14.10.2008	270	673	240	61,8	1,24	0,026	63,1		13,3
22.10.2008	310	662	260	67,7	0,5	0,161	67,9		13,9
5.11.2008	340	642	260	121	0,5	0,015	121	127	19,1
17.11.2008	210	692	310	52,3	0,5	0,033	52,3		9,29
1.12.2008	170	554	270	31,3	1,33	0,214	32,8	41,5	6,94
15.12.2008	380	929	190	52,1	2,19	0,237	54,5		25,1

ČOV Tachov 2008 - odtok

datum odběru	N _{Ls} (mg/l)	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	N _{anorg} (mg/l)	N _{celk} (mg/l)	P _{celk} (mg/l)
2.1.2008	9,5	53	6	22,2	0,5	0,034	22,2	29	0,93
14.1.2008	10	32	4,3	34,6	0,5	0,025	34,6		1,03
12.2.2008	4,6	31	3,5	12,1	1,23	0,262	13,6		0,32
20.2.2008	4,8	23	4,1	19,4	0,5	0,072	19,5		0,29
25.2.2008	3,8	23	3,4	16,5	1,66	0,023	18,2	19	0,43
10.3.2008	8,3	28	3,3	8,81	5,1	0,178	14,1		0,53
25.3.2008	11	30	6,6	15,7	4,43	0,23	20,4	22,6	0,66
7.4.2008	7,6	33	5,4	9,87	3,04	0,258	13,2		0,57
21.4.2008	2	19	12	12,9	1,31	0,223	14,4		0,26
5.5.2008	4,9	25	4,5	16,5	1,86	0,14	18,5		0,46
20.5.2008	4,4	18	3,8	16	0,59	0,127	16,7	17,8	0,26
4.6.2008	4,6	29	5,2	13,7	1,27	0,063	15		0,38
17.6.2008	6,6	27	2,8	5,68	2,6	0,276	8,56	17,4	0,66
30.6.2008	6,6	39	13	6,26	3,5	0,238	10		1,02
15.7.2008	7,6	25	8,9	8,18	4,05	0,31	12,5	17,9	0,4
29.7.2008	7,2	22	3,8	0,35	2,76	0,042	3,15		0,83
11.8.2008	2	25	2,6	1,06	2,97	0,092	4,12	7,92	0,6
25.8.2008	8,2	35	7,5	1,56	4,23	0,147	5,94		0,87
9.9.2008	6,2	13	3,3	0,62	2,94	0,05	3,61	9,6	0,33
22.9.2008	18	32	6	0,57	2,34	0,031	2,94		0,65
7.10.2008	11	33	5,6	5,44	15,4	0,55	21,4	25,9	1,28
14.10.2008	9,7	56	14	1,91	5,01	0,154	7,07		0,44
22.10.2008	3,3	55	15	1,41	2,35	0,05	3,81		0,45
5.11.2008	13	31	9,9	1,22	4,51	0,163	5,89	9,79	0,64
17.11.2008	6,4	26	2,6	0,25	4,15	0,024	4,42		1,08
1.12.2008	14	69	5,2	1,45	1,88	0,081	3,41	12,5	0,21
15.12.2008	5,4	23	4,4	1,16	3,02	0,149	4,33		0,22

ČOV Tachov 2008 - aktivace

datum odběru	teplota	NLs	O ₂ rozp.	sediment	KI
	°C	(mg/l)	(mg/l)	(ml/l)	(ml/g)
3.1.2008	10,0	5500	nestan.	520	95
28.1.2008	10,2	3800	6,2	600	158
26.2.2008	14,0	4100	4,8	800	195
26.3.2008	7,9	2600	6,6	480	185
22.4.2008	10,1	3000	5,5	440	147
21.5.2008	14,0	3200	6,4	680	213
18.6.2008	18,0	3900	3,7	920	236
1.7.2008	20,0	3500	1,6	960	274
16.7.2008	21,0	4900	3,8	680	139
29.7.2008	20,0	5700	2,8	760	133
12.8.2008	19,1	5500	0,7	1000	182
10.9.2008	16,8	5500	0,8	960	175
8.10.2008	16,0	4300	1,7	920	214
15.10.2008	16,9	5700	0,3	1000	175
23.10.2008	14,8	5100	0,3	720	141
6.11.2008	15,3	4800	nestan.	640	133
18.11.2008	12,0	5800	nestan.	1000	172
2.12.2008	10,0	4500	nestan.	1000	222
16.12.2008	14,0	3400	nestan.	680	200

ČOV Tachov 2010 - přítok

datum odběru	NLs	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
5.1.2010	140	275	100	29,7	3,71	0,261	33,7	37,3	5,37
11.1.2010	160	419	130	31,6	2,75	0,389	34,7	40,9	5,12
19.1.2010	150	150	55	37,3	1,46	0,488	39,2	42,8	5,53
25.1.2010	150	418	180	47,3	1,97	0,249	49,5	64,9	7,19
2.2.2010	190	552	160	57,7	1,5	0,214	59,4	64,2	7,57
22.2.2010	190	603	230	51,8	1,68	0,234	53,7	53,7	7,77
10.3.2010	95	238	95	25	4,41	0,255	29,7	31,1	4,12
15.3.2010	110	224	93	39,8	2,93	0,159	42,9	42,9	5,11
23.3.2010	210	449	150	31,6	3,95	0,273	35,8	35,8	4,26
29.3.2010	110	361	120	121	2,13	0,291	123	123	18,6
6.4.2010	170	361	230	37,3	1,19	0,912	39,4	41,1	6,65
14.4.2010	190	278	160	35,6	2,72	0,288	38,6	42,2	6,11
20.4.2010	550	1304	350	46	2,69	0,245	48,9	57,7	8,01
28.4.2010	230	613	200	45,8	0,77	0,014	46,6	48	10,2
3.5.2010	160	371	210	53,9	0,68	1,07	55,7	57,5	7,55
12.5.2010	190	214	210	32,6	1,81	0,239	34,6	37,2	5,1
17.5.2010	570	510	200	71	0,53	0,176	71,7	107	13,8
24.5.2010	200	478	230	45,7	0,5	0,822	46,5	50	6,8
1.6.2010	170	541	220	65,5	0,53	0,776	66,8	69,1	8,88
9.6.2010	220	468	190	60,5	0,5	0,015	60,5	62,8	9,94
14.6.2010	410	863	280	51,9	0,5	0,527	52,4	65,8	12,2
23.6.2010	350	185	110	22,8	0,71	0,078	23,6	23,6	5
29.6.2010	300	652	310	75,1	0,5	0,022	75,1	75,1	12,6
7.7.2010	180	554	170	51,3	0,5	0,027	51,3	60,6	11,5
12.7.2010	180	438	160	54,4	1,47	0,114	56	62	7,3
21.7.2010	260	687	210	69,4	0,5	0,022	69,4	69,4	9,74
28.7.2010	190	322	130	21,9	0,61	0,013	22,5	22,5	8,24
4.8.2010	220	547	200	36,3	0,5	0,017	36,3	38,2	6,8
11.8.2010	230	484	190	57	0,5	0,017	57	58,6	7,55
17.8.2010	120	222	53	37,2	1,28	0,407	38,9	38,9	4,59
25.8.2010	130	515	140	61,5	0,5	0,015	61,5	62,7	9,53
30.8.2010	170	432	170	49,4	1,06	0,81	51,3	51,3	7,66
8.9.2010	720	1050	260	35	0,5	0,017	35	44,4	14,4
14.9.2010	220	1150	270	70,9	0,5	0,02	70,9	70,9	9,19
22.9.2010	170	788	230	56,9	0,5	0,027	56,9	56,9	10,1
29.9.2010	160	403	100	35,5	0,85	0,018	36,4	36,4	5,2
6.10.2010	260	878	310	66,8	0,5	0,03	66,8	75,6	7,29
12.10.2010	210	545	200	63,5	0,5	0,025	63,5	73,4	10,5
18.10.2010	200	559	200	64,8	0,5	0,025	64,8	66,4	9,86
25.10.2010	250	396	90	56,6	1,77	0,065	58,4	58,4	9,83
3.11.2010	660	748	280	83,8	0,5	0,043	83,8	85	9,88
9.11.2010	170	362	150	31,8	2,25	0,314	34,4	39,1	4,26
24.11.2010	120	190	88	15,5	5,48	0,314	21,3	21,3	2,53
7.12.2010	170	276	95	27,8	2,63	0,243	30,7	33	3,55
14.12.2010	77	318	120	25	4,27	0,354	29,6	35,9	4,85
20.12.2010	150	424	160	21	3,09	0,472	24,6	38,7	5,33

ČOV Tachov 2010 - odtok

datum odběru	NLs	CHSK _{Cr}	BSK ₅	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	N _{anorg}	N _{celk}	P _{celk}
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
5.1.2010	5,6	18	2,5	5,13	7,73	0,098	13	16,1	0,46
11.1.2010	8,9	29	2,2	1,53	7,55	0,091	9,17	9,76	0,53
19.1.2010	2,3	11	2,9	0,75	0,5	0,033	0,783	8,3	0,26
25.1.2010	2,6	23	4,4	1,59	9,88	0,139	11,6	14,1	0,61
2.2.2010	4,5	27	4,8	6,26	10,2	0,162	16,6	17,2	0,44
22.2.2010	10	81	19	8,14	8,6	11,4	28,1	40,2	4,49
10.3.2010	8,3	33	3,8	9,01	0,5	0,074	9,08	18,3	0,73
15.3.2010	2	24	5,9	9,68	2,93	0,088	12,7	12,7	1,16
23.3.2010	20	26	2,8	3,73	2,92	0,12	6,77	7,5	0,65
29.3.2010	2,6	20	2,6	1,26	2,03	0,165	3,46	4,49	0,61
6.4.2010	3,1	19	3	2,15	2,84	0,126	5,12	5,21	0,87
14.4.2010	2,8	30	3,7	2,61	2,73	0,159	5,5	6,98	0,95
20.4.2010	5	26	5	2,28	2,41	0,067	4,76	4,76	0,98
28.4.2010	2,8	22	2,7	0,18	2,23	0,043	2,45	3,64	1,63
3.5.2010	3	24	3	2,16	4,66	0,156	6,98	7,09	1,49
12.5.2010	4	24	3,1	1,81	5,65	0,178	7,64	9,52	1,35
17.5.2010	4,8	24	2,5	0,07	2,46	0,082	2,61	4,04	0,84
24.5.2010	11	43	8,8	3,17	2,67	0,354	6,19	8,11	0,96
1.6.2010	4,5	21	3,6	0,61	2,09	0,132	2,83	4,89	1,4
9.6.2010	5,3	33	6,4	3,57	7,01	0,214	10,8	12,1	2,56
14.6.2010	5,5	31	7	2,46	5,06	0,172	7,69	8,38	2,04
23.6.2010	5,1	26	3,6	0,85	3,3	0,092	4,24	4,55	2,66
29.6.2010	2,6	28	1,9	0,32	3,28	0,104	3,7	5,15	1,12
7.7.2010	3	28	2,7	0,67	6,2	0,066	6,94	8,95	4,13
12.7.2010	3,4	36	4,3	1,92	3,51	0,162	5,59	6,07	3,04
21.7.2010	6	9	2,7	1,87	3,96	0,042	5,87	5,87	0,703
28.7.2010	2	19	1,6	2,35	3,63	0,018	6	21,4	1,06
4.8.2010	2	31	2,7	1,01	5,06	0,007	6,08	6,08	1
11.8.2010	2	21	1,7	2,25	3,96	0,016	6,23	6,23	0,892
17.8.2010	2	18	2,1	0,83	3,43	0,042	4,3	4,37	1,13
25.8.2010	6	32	3,2	1,74	3,32	0,04	5,1	5,1	0,72
30.8.2010	2,8	29	2,4	1,2	9,26	0,12	10,6	10,8	0,49
8.9.2010	2,6	19	2,4	0,4	3,1	0,1	3,6	3,93	0,68
14.9.2010	14	45	14	32	0,5	0,042	32	32	3,73
22.9.2010	2	40	1,7	1,09	1,15	0,04	2,28	4,7	0,633
29.9.2010	2	26	1,9	0,35	4,54	0,05	4,94	6,02	0,47
6.10.2010	2	18	2	0,7	2,7	0,138	3,54	4,68	0,78
12.10.2010	5,6	25	4,9	1,34	6,25	0,045	7,64	8,31	0,74
18.10.2010	10	33	3,4	2,15	4,11	0,057	6,32	6,82	1,7
25.10.2010	2	22	3,3	0,34	2,54	0,066	2,95	4,42	1,16
3.11.2010	8,6	35	4,5	2,22	10,8	0,155	13,2	14,9	4,33
9.11.2010	6,6	40	7,3	1,79	5	0,154	6,94	9,76	1,09
24.11.2010	2,6	32	3,2	2,58	7,76	0,084	10,4	12,3	1,43
7.12.2010	3,4	22	3,3	1,24	3,79	0,143	5,17	6,39	1,46
14.12.2010	5,7	26	2,9	7,61	9,07	0,183	16,9	16,9	1,37
20.12.2010	2,4	26	2,4	0,39	1,97	0,274	2,63	3,28	0,66

ČOV Tachov 2010 - aktivace

datum odběru	teplota	NLs	O ₂ rozp.	sediment	KI
	°C	(mg/l)	(mg/l)	(ml/l)	(ml/g)
6.1.2010	11,5	4500	1,6	520	13
12.1.2010	8,6	5300	2,4	720	18
20.1.2010	11,3	7000	nestan.	800	20
26.1.2010	8,0	6200	nestan.	720	18
3.2.2010	8,5	6400	1,6	1000	25
18.2.2010	4,5	5600	nestan.	720	18
23.2.2010	9,7	4600	2,1	720	18
4.3.2010	7,0	3100	1,6	400	10
11.3.2010	5,8	4100	1,9	480	12
16.3.2010	7,8	4100	nestan.	520	13
24.3.2010	8,0	5700	2,1	560	14
30.3.2010	7,2	5200	1,6	680	17
15.4.2010	8,0	6100	1,2	800	20
21.4.2010	11,1	6100	nestan.	800	20
29.4.2010	13,0	6100	nestan.	760	19
7.4.2010	9,8	5200	nestan.	680	17
4.5.2010	12,4	6900	0,8	800	20
13.5.2010	13,0	7000	0,9	800	20
18.5.2010	13,1	6400	1,8	800	20
25.5.2010	14,0	5300	1,7	440	11
2.6.2010	13,2	4400	0,1	360	9
10.6.2010	18,5	6200	1,2	760	19
15.6.2010	17,5	6300	1,6	800	20
24.6.2010	15,3	2300	0,2	240	6
30.6.2010	19,0	6900	1,1	500	12
8.7.2010	19,5	8100	0,4	800	20
13.7.2010	20,0	4500	1,4	760	19
22.7.2010	19,2	7100	0,3	640	16
29.7.2010	nestan.	6600	1,2	600	15
5.8.2010	17,8	7100	3,3	860	21
12.8.2010	17,6	7800	1,1	800	20
18.8.2010	16,5	7400	1,7	760	19
25.8.2010	nestan.	8000	1,2	800	20
30.8.2010	17,0	7800	1,6	880	22
9.9.2010	18,2	7600	1,1	800	20
15.9.2010	16,4	8100	1,3	1000	25
23.9.2010	16,4	8100	0,5	960	24
30.9.2010	17,5	7600	nestan.	1000	25
7.10.2010	nestan.	8800	1,1	1000	25
12.10.2010	15,5	9300	1,6	1000	25
19.10.2010	15,5	8500	1,6	800	20
26.10.2010	13,5	8700	0,5	1000	25
4.11.2010	10,8	8300	1,9	1000	25
10.11.2010	14,1	7000	1,2	840	21
25.11.2010	10,3	4900	2,1	520	13
8.12.2010	8,0	5500	0,4	680	17
15.12.2010	9,2	1300	0,2	280	7
21.12.2010	8,0	4400	0,1	880	22

