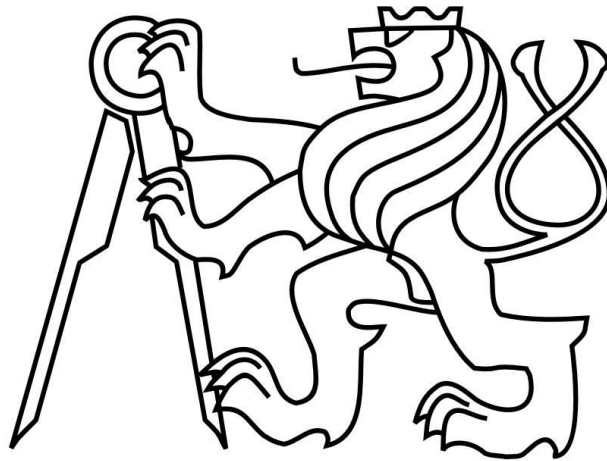


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



**VYHODNOTENIE VPLYVU REKONŠTRUKCIE ČOV
STREŽENICE NA AKOSŤ VODY NA ODTOKU Z ČISTIARNE**

BAKALÁRSKA PRÁCA

ZUZANA GABKOVÁ

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

máj 2016



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Gabková	Jméno: Zuzana	Osobní číslo: 410680
Zadávající katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vyhodnotenie vplyvu rekonštrukcie ČOV Streženice na jakosť vody na odtoku z čistiarne

Název bakalářské práce anglicky: The Evaluation of the Effect of Reconstruction of WWTP Streženice on the Water Quality of Effluent from Waste Water Treatment Plant

Pokyny pro vypracování:
Cílem práce je vyhodnotit efektivitu rekonstrukce a posoudit funkčnost a účinnost nově vybudovaných objektů. Součástí bakalářské práce bude vyhodnocení měřených parametrů a jakosti vody na odtoku před rekonstrukcí a po rekonstrukci.

Seznam doporučené literatury:
P Aarne Vesilind: Wastewater treatment plant design, Water Environment Federation, 2003
Slavičková, K. - Slaviček, M.: Vodní hospodářství obcí 1 úprava a čištění vody. Praha: ČVUT, 2013.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.02.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.05.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

22.2.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynem o etické prípravě vysokoškolských prací.

V Prahe 12. mája 2016

podpis:

POĎAKOVANIE

V prvom rade by som rada poďakovala vedúcej mojej bakalárskej práce Ing. Kateřině Slavičkové, Ph.D., ktorá mi prostredníctvom konzultácií vysvetľovala nejasnosti týkajúce sa mojej práce.

Ďalej by som chcela poďakovať Ing. Petrovi Chovancovi, ktorý ma ako majster ČOV Streženice oboznámil s predmetnou čistiarnou a poskytol mi všetky potrebné podklady k vypracovaniu mojej bakalárskej práce.

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca popisuje rekonštrukciu čistiarne odpadových vôd v Streženiciach a vyhodnocuje zmeny kvality vody na odtoku z čistiarne po jej realizácii. Účelom rekonštrukcie bolo zabezpečenie mechanicko - biologického čistenia komunálnych odpadových vôd privádzaných na ČOV a súčasne trvalé dosahovanie požadovanej vyššej účinnosti odstránenia nutričov (N,P). Vyplývalo to z nutnosti prispôbiť sa súčasnej legislatíve Slovenskej republiky a jej záväzku voči Európskej únii z predvstupových rokovaní o prijatí SR do EÚ. Prvou časťou tejto práce je časť teoretická, v ktorej sa zaoberám spôsobom čistenia odpadových vôd v minulosti, v súčasnosti a druhmi znečistenia vôd. Následne popisujem technológie používané v minulosti a súčasné technológie a zariadenia na čistiarni odpadových vôd v Streženiciach, zmeny v prevádzke čistiarne a súčasne zvýšenie kvality vyčistenej vody. V druhej časti, praktickej, porovnávam hodnoty získané meraním kvality vody čistenej súčasnými technologickými zariadeniami so stavom pred rekonštrukciou. V závere praktickej časti popisujem návrhy dodatočných úprav. Záver obsahuje celkové zhodnotenie rekonštrukcie.

Kľúčové slová: rekonštrukcia, technologické zariadenia, odpadová voda, organické látky

This bachelor work describes a reconstruction of a city waste water treatment plant in Streženice and evaluates changes of water quality of effluent from waste water treatment plant (WWTP) after its realization. The main intention of reconstruction was the assurance of mechanical – biological treatment of municipal waste water supplied into WWTP and permanent achievement of required higher efficiency of elimination of nutrients (N,P). This reflects the need to adapt to the current legislation of the Slovak Republic and to its obligation to the European Union from pre-accession negotiations about admission of SR to EU. The first part of this bachelor work is theoretic part which includes ways of waste water treatment in the past, nowadays and types of waste waters. In the next part I describe technologies and equipment used in the past and nowadays in WWTP in Streženice, changes in service and the increase of the quality of the treated water. In the second part – practical I compare values obtained in measurement of treated water quality before reconstruction with values after reconstruction. In conclusion of the practical part I describe recommendation of additional adjustments. Conclusion contains evaluation of reconstruction.

Key words: reconstruction, technological equipment, waste water, organics

OBSAH

ÚVOD	8
TEORETICKÁ ČASŤ	9
1. VÝVOJ ČISTIARENSTVA	9
1.1. História čistenia odpadových vôd	9
1.2. Druhy odpadových vôd	11
1.2.1. Splaškové	11
1.2.2. Priemyselné	11
1.2.3. Dažďové	11
1.2.4. Balastné vody	12
1.2.5. Ostatné odpadové vody.....	12
2. TECHNOLÓGIE ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD.....	13
2.1. Popis problematiky	13
2.2. Technológie čistenia odpadových vôd na čistiarnach používané v súčasnosti	13
2.2.1. Mechanický stupeň	13
2.2.2. Biologický stupeň	17
2.2.3. Terciárny stupeň.....	27
2.2.4. Kalové hospodárstvo.....	28
3. POPIS TECHNOLÓGIE NA ČOV STREŽENICE	33
3.1. Popis odvodňovanej oblasti	33
3.2. Charakteristika ČOV	33
3.2.1. Rekonštrukcia ČOV.....	34
3.2.2. Súčasná projektovaná kapacita ČOV	34
3.2.3. Popis stavebných objektov a technologických zariadení	35
PRAKTICKÁ ČASŤ.....	49
4. Samotné vyhodnotenie rekonštrukcie ČOV	49
4.1. Vyhodnotenie kvality vody na prítoku na ČOV a odtoku na ČOV	49
4.1.1. Vyhodnotenie kvality vody na odtoku z mechanického stupňa po rekonštrukcii	50
4.1.2. Vyhodnotenie kvality vody na odtoku z biologického stupňa po rekonštrukcii	55
4.1.3. Podmienky určené v rozhodnutiach orgánov verejnej správy na vypúšťanie odpadových vôd	62

4.1.4.	Garantované hodnoty koncentrácie znečistenia vypúšťanej vody	62
4.1.5.	Samotné porovnanie povolených koncentrácií so skutočnými koncentraciami znečistenia na odtoku z ČOV pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii vo vybraných obdobiach.....	63
4.1.6.	Vyhodnotenie hodnôt mesačného prevádzkového záznamu za mesiace január, február, marec a apríl za roky 2014 a 2016.....	68
4.2.	Odporúčenia na zlepšenie stávajúcich objektov	72
4.2.1.	Obtokové potrubie z odľahčovacej komory.....	72
4.2.2.	Tlakové čidlo na prítoku.....	73
4.2.3.	Ventily ponorných výtlačných potrubí.....	73
4.2.4.	Nerovnomerný prítok na linky aktivačných nádrží	74
4.2.5.	Zanesená hladina lapača piesku.....	75
ZÁVER		76
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY		78

ÚVOD

V tejto bakalárskej práci sa zaoberám rekonštrukciou čistiarne odpadových vôd v Streženiciach. Táto čistiareň slúži k čisteniu odpadových vôd z mesta Púchov a jeho okolitých obcí. Cieľom tejto stavby je odstrániť znečistenie odpadových vôd v požadovanom množstve, ktoré sú sem privádzané kanalizačnou sieťou alebo dovezené ako žumpové vody.

Znečistenie odpadovej vody, ktorá priteká na ČOV je spôsobené z najväčšej časti obyvateľstvom. Má teda charakter splaškových odpadových vôd. S rastom populácie a rozširovaním obcí je teda nutné zdokonaľovať technológie čistenia vôd a tým dosahovať požadovanú kvalitu vyčistenej vody. Dnešná legislatíva a životné prostredie si vyžadujú zmeny, ktoré vedú k intenzifikácii ČOV. Väčšina objektov na ČOV v Streženiciach boli svojou technológiou, kapacitou, časovou náročnosťou alebo morálnym a fyzickým opotrebovaním nevyhovujúce a museli byť nahradené novými. Pôvodné boli demontované alebo zbúrané a nahradené novými. Na ČOV boli niektoré pôvodné objekty trvalo odstránené a na ich mieste vznikli nové objekty iného charakteru. V zelenom páske areálu vznikli budovy (ducháreň) na obsluhu nových technológií (aeračné elementy). Stávajúca legislatíva v Slovenskej republike v súlade s direktívami Európskej únie káže prevádzkovateľom čistiarní realizovať projekty na intenzifikáciu čistiarní odpadových vôd. Jednou z hlavných požiadaviek je intenzívne odstraňovanie nutričov ako je dusík a fosfor. V druhom rade je to organické znečistenie BSK₅ a CHSK_{Cr}. Podľa tejto legislatívy sa zmenili taktiež podmienky hospodárenia s bioplynom ako produktom kalového hospodárstva, no jeho využívanie v rámci ČOV už nie je možné v takej miere ako donedávna.

TEORETICKÁ ČASŤ

1. VÝVOJ ČISTIARENSTVA

1.1. História čistenia odpadových vôd

Ľudia už od dávnych čias pociťovali nutnosť zabezpečiť si hygienické podmienky pre život, preto už v roku 2500 pr.Kr. začali budovať kanalizačné siete v rozsiahlych chrámových komplexoch. Vtedajší systém sa skladal pôvodne zo suchých záchodov a zatrubnených, prípadne otvorených kanálov, ktoré ústili do najbližšieho recipientu. Neskôr sa na území Mezopotámie začali budovať prvé splachovacie záchody, kde sa fekálie splachovali priamo do kanalizácie. Voda, ktorá bola nutná pre každodenné potreby bola privádzaná do obydlija zo studne, vodného toku alebo sústavy. [23]

Nasledujúcich tri tisíc rokov bola úroveň zásobovania vodou a zneškodňovania splaškov vo väčších mestách na relatívne vysokej úrovni. Nasledoval stredovek, kedy nastal extrémny nárast počtu obyvateľov vo veľkomestách, a to znamenalo väčšiu produkciu splaškov a potrebu pitnej vody. Úroveň hygieny klesala s nárastom populácie a spôsoby, akým boli splašky likvidované, sú pre nás nepochopiteľné. Na uliciach sa nachádzali otvorené žľaby, kde sa dostávali splašky napríklad cez tzv. „preverty“. Boli to výklenky s otvorom, ktoré sa nachádzali priamo nad žlabom, umiestnené vo vyššom podlaží domu. Takéto hygienické podmienky spôsobovali epidémie, priťahovali hmyz a krysy, ktoré boli pravdepodobne dôvodom vzniku moru. Ten si vyžiadal úmrtie asi jednej tretiny populácie a objavoval sa častokrát počas nasledujúcich niekoľko storočí.

Až do začiatku 19. storočia bolo čistenie odpadových vôd založené len na experimentoch. Spôsoby čistenia neboli dostatočne účinné až do roku 1806, kedy bola zhotovená filtračná galéria, kde sa voda filtrovala cez piesok a štrk. Toto viedlo k zefektívneniu a rozšíreniu myšlienky nielen z hľadiska hygienického, ale aj finančného. Mnohí videli čistiarenský kal ako hnojivo, teda ako finančný prospech. Ďalším spôsobom, akým bola znečistená voda využívaná boli závlahy a voda bola používaná k zavlažovaniu na farmách. Takýto spôsob začal upadať s rozvojom priemyslu, kedy voda získala iný charakter znečistenia a nebola tak vhodná na zavlažovanie. [23] Na počiatku 19. storočia približne 60 miest, v tom čase asi 1 milión obyvateľov, využívalo nejakú formu čistenia komunálnych odpadových vôd. Základom čistenia bolo odstránenie viditeľne usaditeľných a plávajúcich častíc. Urbanizácia a priemyselný rozvoj, ktorý spôsobil masové

sťahovanie ľudí z poľnohospodárskych oblastí do miest, bol hlavným dôvodom na budovanie kanalizačných sietí v centrách miest.

Veľkým míľnikom vo vývoji čistenia odpadových vôd bol vynález aktivačného procesu v roku 1914. Toto sa podarilo Ardernovi a Lockettovi, ktorí predložili svoj návrh ako „Pokus o oxidáciu znečistenej vody bez použitia filtrov“. V tomto dokumente bol popísaný celý proces aktivácie a kalového hospodárstva spolu s recykláciou vratného kalu. Od tej doby je to najčastejšie používaný biologický spôsob čistenia odpadových vôd. [29]

Zdokonaľovanie systémov čistenia odpadových vôd bolo nutné pre elimináciu anoxických podmienok vypúšťanej vody, ktoré by spôsobovali nepríjemný zápach, produkciu rias v toku alebo zhoršenie životných podmienok organizmov recipientu. Dusíkaté látky, ktorých spotreba kyslíku bola naďalej stále vysoká, spôsobovali v recipientoch nitrifikáciu čo viedlo v 60-tych rokoch k zvýšeniu okysličovania čistenej vody. [30]

Nové, dokonalejšie technológie boli veľmi efektívne, no zároveň narástol aj objem znečistenia, ktoré sa na čistiarnach odstraňovalo. Nastal problém so skladovaním a vývozom zhrabkov a kalu. V 20-tych rokoch sa stabilizovanie kalu vo vyhňavacích nádržiach a využívanie bioplynu stalo štandardnou procedúrou. Následne v roku 1921 bola v americkom meste Milwaukee prvý krát použitá mechanická odstredivka kalu. Postupom času celý proces doplnilo sušenie kalu a spaľovanie bioplynu. [30]

V 60-tych rokoch 20. storočia sa vo väčšine miest používal len prvý stupeň čistenia – mechanický alebo takzvaný primárny stupeň. Biologický stupeň bol skôr výnimkou ako pravidlom. Zlepšenie procesu bolo dosiahnuté chemickými prísadami do usadzovacích nádrží, ale to onedlho nahradil biologický stupeň. Odpadové vody z narastajúcej priemyselnej výroby zaťažovali biologický stupeň, preto bolo zavedené povolené množstvo vypúšťaných priemyselných odpadových vôd. Tieto vody obsahujú látky, ktoré sú vo výsledku ťažko spracovateľné. [30]

V 70. rokoch 20. storočia nastali problémy s nedostatočnou kapacitou ČOV a zvýšenou koncentráciou znečistenia. V mnohých mestách neboli dokonca čistiarne vybudované. Vtedajšie čistiarne boli nevyhovujúce buď z dôvodu preťaženia alebo nevyhovujúcej technológie. Vo väčšine miest nastal problém manipulácie s kalom, ktorý obsahoval cudzorodé látky, predovšetkým ťažké kovy, pretože výskyt ťažkých kovov v kale bol pre využitie v poľnohospodárstve neprípustný.

V 80-tych a 90-tych rokoch 20. storočia, po náraste priemyselnej výroby a rozvoji miest a obcí už neboli vtedajšie čistiarne postačujúce z dôvodu nedostatočnej kapacity. Počet ekvivalentných obyvateľov, ktorými sa zvýšila produkcia bol už dávno presiahnutý. Kvalita vody v tokoch, do ktorých sa vypúšťala vyčistená voda bola alarmujúca pre životné prostredie.

Následkom toho bola prijatá európska legislatíva, na základe ktorej došlo v nasledujúcich rokoch k zlepšovaniu kvality vypúšťaných vôd. Vychádzajú nové emisné štandardy na prítoku a odtoku, zdokonaľujú sa stávajúce technológie a v rámci ekologického využívania zdrojov pre výrobu energie sa aktívne využíva bioplyn.

1.2. Druhy odpadových vôd

Odpadovou vodou je myslená voda, ktorej vlastnosti, teda zloženie alebo kvalita, boli zmenené na základe antropogénnej činnosti. Okrem odpadových vôd, ktoré sú kanalizačnou sieťou privádzané do čistiarní, sú za vody odpadové považované aj vody odčerpávané z ochranných pásiem rafinérii, skladov ropných látok, ťažobnej činnosti, drenážnych systémov alebo vody z atmosférických zrážok. Znečistenie odpadových vôd je dané spôsobom ich používania a na základe toho sa odpadové vody delia nasledovne:

1.2.1. *Splaškové*

Jedná sa o vody vypúšťané do verejnej kanalizácie z bytov alebo obytných domov. Za odpadové vody splaškové sú považované aj odpadové vody z mestskej vybavenosti ako sú reštaurácie, hotely, administratívne budovy, školy, škôlky, kultúrne zariadenia a zariadenia, ktoré produkujú odpadovú vodu podobného charakteru. Množstvo produkcie splaškových odpadových vôd na jedného obyvateľa za deň je dané špecifickým množstvom a závisí na bytovej vybavenosti producenta (kúpeľne, sprchy, jedálne, kuchyne ai.) a je približne rovné spotrebe pitnej vody. Priemerná skutočná špecifická produkcia splaškových vôd je na Slovenku na jedného obyvateľa za deň 80 - 100 l. [32]

1.2.2. *Priemyselné*

Sú to odpadové vody vypúšťané z priemyselných závodov a tovární, ktoré využívajú vodu pri technológii výroby alebo chladení. Charakter znečistenia priemyselných odpadových vôd závisí na druhu priemyselnej výroby (chemický, ťažký, potravinársky, textilný ai.) a u niektorých druhov ide o znečistenie, ktoré nie je vhodné vypúšťať do verejnej kanalizácie. Preto je nutné predčistenie takýchto vôd pred vypustením do verejnej kanalizácie.

1.2.3. *Dažďové*

Vody zo všetkých druhov atmosférických zrážok, ktoré spadli na zemský povrch a odtekajú po povrchu do kanalizačnej siete, sú vody dažďové. Samotné znečistenie získavajú až pri kontakte so zemským povrchom a druh znečistenia závisí na druhu povrchu (komunikácie, strechy, priemyslové areály ai.).

1.2.4. Balastné vody

Sú to podzemné vody alebo vody z povrchového odtoku, ktoré sa dostávajú do kanalizačnej siete netesniacimi spojmi potrubí, trhlinami, cez šachtové poklopy alebo iným spôsobom. Nejedná sa o vody, ktoré patria do kanalizačnej siete ale vzhľadom na ich výskyt s nimi počítame pri návrhu stokovej siete a ČOV. Sú to vody z havárií vodovodov alebo hydrantov a tiež vody podzemné.

1.2.5. Ostatné odpadové vody

Okrem vyššie uvedených druhov sa za odpadové vody, ktoré sú privádzané na ČOV, považujú aj vody oplachové z čistenia komunikácií, chodníkov a spevnených plôch. Ďalšími sú vody infekčné, ktoré produkujú infekčné oddelenia nemocníc, laboratória, TBC sanatória a podobne. Tieto vody musia byť hygienicky zabezpečené ešte pred vypustením do stokovej siete z dôvodu výskytu choroboplodných zárodkov.

2. TECHNOLOGIE ČISTENIA ODPADOVÝCH VÔD

2.1. Popis problematiky

V poslednej dobe v dôsledku nových trendov a životných potrieb dochádzalo k zvyšovaniu koncentrácie znečistenia odpadových vôd a tým bolo nutné zlepšiť kvalitu vody a pozmeniť technológie čistenia. Vybudované technologické, stavebné a strojnotechnologické riešenia čistenia odpadových vôd už nezodpovedajú dnešným požiadavkám a nedokážu trvalo a spoľahlivo zabezpečiť dosahovanie požadovanej kvality vyčistenej vody. To je jeden z hlavných dôvodov, prečo v Európskej únii od roku 2012 začala rekonštrukcia čistiarní odpadových vôd a kanalizácií v širokom rozsahu. Na základe novej legislatívy na ochranu vôd pred znečistením sa budujú nové stokové siete, rekonštruujú sa pôvodné siete a intenzifikujú sa jestvujúce čistiarne odpadových vôd. Tým sa spĺňajú maximálne limity koncentrácie znečistenia na odtoku, znižuje sa záťaž recipientu a výskyt eutrofizácie spôsobenej práve nežiaducimi nutrientami.

2.2. Technológie čistenia odpadových vôd na čistiarniach používané v súčasnosti

V nasledujúcich bodoch popíšem v jednoduchosti princíp fungovania jednotlivých zariadení postupne od prítoku na ČOV až po posledný krok - výpusť do recipientu.

2.2.1. *Mechanický stupeň*

Podstatnou časťou znečistenia odpadových vôd sú nerozpustené látky, ktoré je nutné odstraňovať hneď v mechanickom stupni. Jedná sa o častice o veľkosti 0,1 μ m a väčšie. Existuje množstvo spôsobov mechanického čistenia:

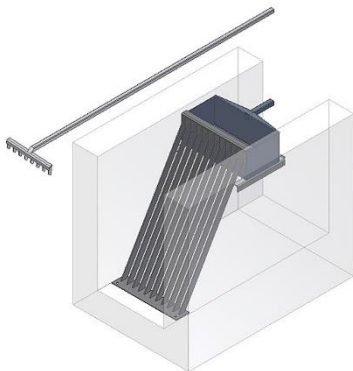
2.2.1.1. *Cedenie*

Funguje na princípe zachytávania sa častíc obsiahnutých vo vode o rozmere väčšom ako sú vzdialenosti medzi prepážkami na hrabliciach. Okrem hlavnej funkcie, ktorou je odstránenie nerozpustených látok, má funkciu chrániť zariadenia ako sú čerpadlá a iné stroje potrebné na obsluhu objektov. Najbežnejší spôsob použitia mechanického stupňa na prítoku sú ručne stierané hrablice s otvormi o veľkosti 60 - 80mm. Na nich sa zachytávajú väčšie predmety ako sú textilie, kusy dreva a iné.

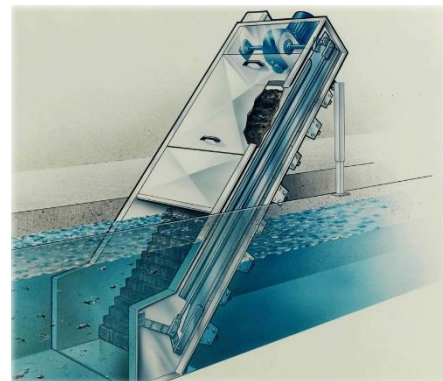
Ďalším krokom, pri ktorom sa využíva cedenie sú strojne stierané jemné hrablice s medzerovitou 6 - 8mm. Väčšinou sa navrhujú jedny, no pri väčších čistiarniach (20 000 EO)

sa navrhujú najmenej dvoje. Jedny sú nadimenzované na maximálny hodinový prítok a výkon spoločné s druhými musí byť rovný dažďovému prítoku.

Zhrabky – znečistenie, ktoré sa zachytí na hrabliciach je tvorené handrami, papierom, listami, zvyškami jedla, plastovým odpadom, špakami z cigariet a iným domovým odpadom. Môžu obsahovať patogénne mikroorganizmy a zárodky ľudských a zvieracích parazitov, preto musia byť hygienicky zabezpečené. Takéto zabezpečenie sa dosahuje vápnom alebo chlórovým vápnom. Potom sa hygienicky zabezpečené zhrabky skladujú na skládkach nebezpečného odpadu. [23]



Obr. 1 – Ručne stierané hrablice [22]



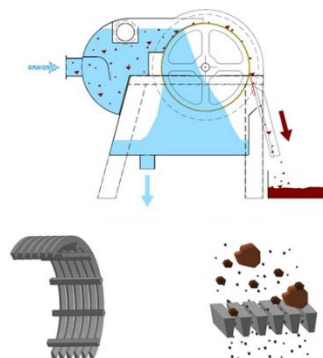
Obr. 2 – Strojne stierané hrablice [15]

2.2.1.2. Filtrácia

Ide o rovnaký systém odstraňovania nerozpustených látok ako pri cedení, ale z pravidla ide o menšie otvory na zachytávajúcom elemente. Pomocou filtrácie je možné zachytiť nečistoty a veľkosti $10\mu\text{m}$ a menej. Na základe toho delíme filtre na mikrositá ($>10\mu\text{m}$) a mikrofiltre ($>0,1\mu\text{m}$). Filtre je možno použiť v rotačných sitách, bubnových filtroch, filtroch s náplňou a iné. [30]



Obr. 3 - Bubnový filter [6]



Obr. 4 - Rotačné sito [8]

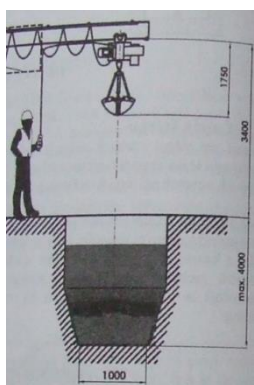
2.2.1.3. Usadzovanie

Mechanizmus, ktorý využíva gravitačnú silu k odstráneniu plávajúcich nečistôt sa nazýva usadzovanie. Takýmto spôsobom sa dá odstrániť 60 – 80% suspendovaných látok.

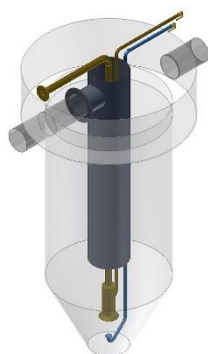
Prvým objektom, v ktorom je využívané usadzovanie je *lapač štrku*. Je to vstupný objekt na prítoku do ČOV hneď po ručne stieraných hrabliciach. Lapač štrku tvorí prehĺbený priestor, ktorý sa väčšinou kónicky rozširuje a následne zužuje, čo spôsobuje zníženie prietocnej rýchlosti. Znamená to, že unášané častice strácajú rýchlosť prúdenia a začínajú klesať. Usadeniny sa potom ťažia pomocou drapáka, ktorý vyťažený materiál presúva do kontajnera.

Ďalším dôležitým krokom pri mechanickom stupni je zachytiť unášané nerozpustené minerálne látky. *Lapač piesku* sa navrhuje na produkciu piesku doby 2 - 4 dní. Následne sa ťaží podobným spôsobom ako lapač štrku alebo sa čerpá. Okrem vertikálnych a výrových sa najčastejšie používajú horizontálne lapače. Voda preteká cez žlab horizontálne, pričom je prevzdušňovaná tlakovým vzduchom aby nedochádzalo k usadzovaniu organickej suspenzie, ktorá by znečisťovala usadený piesok.

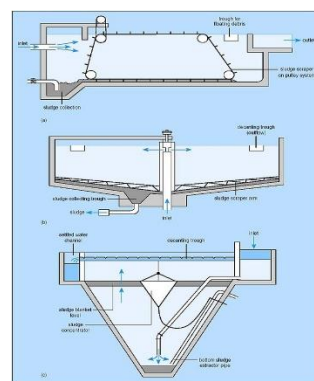
Keď sa odseparuje piesok, voda prepadá do žlabu a je privádzaná do *usadzovacích nádrží*. Aby sa nezaťažoval ďalší stupeň – biologické čistenie, je nutné zachytenie usaditeľných nerozpustených látok. Množstvo znečistenia, ktoré je usadzovacia nádrž schopná odstrániť, závisí na hydraulickom zaťažení ČOV, a teda na dobe zdržania. Nečistoty sa z hladiny a zo dna stierajú alebo zhrabujú do kalovej priehlbne, odkiaľ sa čerpajú. Usadzovacie nádrže delíme podľa smeru toku v nádrži na horizontálne, radiálne a vertikálne. V tomto poradí sú zobrazené na obrázku č.7.



Obr. 5 - Lapač štrku [23]



Obr. 6 - Vertikálny lapač piesku [33]



Obr. 7 - Druhy usadzovacích nádrží [19]

2.2.1.4. Združenie objektov hrubého predčistenia

V súčasnej dobe je na trhu množstvo združených objektov hrubého predčistenia. Jedná sa o kombináciu vyššie spomínaných objektov a v tejto zostave sú používané hlavne na menších čistiarňach.

Integrované hrubé predčistenie ECNOMY IHPE

„Integrované hrubé predčistenie ECNOMY IHPE je kombináciou stieraného valcového sita so separátorom piesku a predstavuje úsporné a jednoduché zariadenie pre zachytávanie zhrabkov a separáciu piesku z odpadových vôd. Je určené pre malé čistiarne odpadových vôd aj priemyselného charakteru s prietokmi do 10 l/s (800 m³/deň). Obdobné prevedenie IHPELS je

navyše vybavené integrovaným lisom, ktorý zaistuje čiastočné prepieranie zhrabkov a ich odvodnenie na polovicu objemu v porovnaní s IHPE.“ [18]



Obr. 8 - Integrované hrubé predčistenie ECONOMY IHPE [18]

Integrované hrubé predčistenie IHP

„Integrované hrubé predčistenie IHP zahŕňa zostavu zariadení umiestnených do ocelevej nádoby z nerezovej ocele, s ktorou vytvárajú funkčný celok, zaistujúci vyberanie zhrabkov a piesku z odpadových vôd. Uplatnenie nachádza v čistiarňach odpadových vôd, kde sú ekvivalentom klasicky za sebou zoradených strojných zariadení filtrov, lisu zhrabkov, lapačov a separátora piesku, inštalovaných do betónových kanálov a nádrží.“ [18]



Obr. 9 - Integrované hrubé predčistenie IHP [18]

Kompaktné zariadenie typu Ro

Kompaktné zariadenie typu Ro slúži na separáciu zhrabkov a sedimentov od vyčistenej vody pre prietok 10 – 160 l/s. Voda preteká najskôr cez predčistenie (rotačné sito alebo hrablice) umiestnené v nerezovej nádobe, kde je zbavená plávajúcich nečistôt. Šrobovým dopravníkom sú zhrabky vynášané do lisu, kde sú odvodnené. Následne padajú do kontajneru na zhrabky. Voda ďalej preteká nerezovou nádobou, kde sa piesok usadzuje a je ťažený šrobovým dopravníkom proti prúdu a následne sa presúva do kontajnera. Voda ďalej postupuje do lamelového priestoru kde sa zvyšuje efekt usadzovania piesku. Ten sa opäť ťaží dopravníkom. [23]



Obr. 10 - Integrované hrubé predčistenie typu Ro [15]

2.2.1.5. *Vzlínanie*

Tento proces nie je na ČOV bežný, ale používa sa v *lapačoch tukov a ropných látok*. Tie sú súčasťou technologického procesu len výnimočne. Umiestňujú sa priamo u producenta ešte pred vypustením odpadovej vody do kanalizačnej siete. Za prítomnosti usaditeľných a povrchovo aktívnych látok nie je možné oddeľovanie ropných a olejových látok. Pri vhodnom prostredí vyplávajú na hladinu a vytvoria plávajúcu vrstvu, ktorá sa následne stiera. [12]

2.2.1.6. *Flotácia*

Proces založený na prevzdušňovaní pomocou drobných bubliniek vzduchu o veľkosti 10 – 100 μm . Pri kontakte vzduchových bublín s látkami suspendovanými v zmesi vzniká komplex, ktorý z dôvodu nižšej hustoty ako má voda stúpa na hladinu, kde sa stiera. Sú tri rôzne spôsoby flotácie, ktoré určujú spôsob privádzania vzduchu do čistenej zmesi. *Voľná flotácia* je realizovateľná pomocou jemných bubliniek vytváraných aeračnými elementami. Na princípe nasýtenia vody vzduchom pod tlakom, ktorý sa následne zruší funguje *tlaková flotácia* (Henryho zákon). Tretí, posledný, spôsob flotácie je *elektroflotácia*. „Princípom elektroflotácie je elektrolyza vody (v prítomnosti elektrolytu), pri ktorej sa na katóde vylučuje vodík a na anóde kyslík. Tieto plyny sa vylučujú v jemných bublinkách, dávajúcich predpoklady pre realizáciu flotačného procesu.“

Flotácia sa využíva aj v kalovom hospodárstve pri zahusťovaní kalu. [12]

2.2.2. *Biologický stupeň*

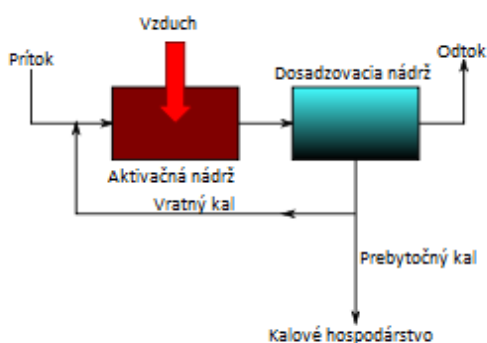
Význam biologického čistenia je koagulovať a odbúravať neusaditeľné koloidné látky a rozkladať organické látky v odpadovej vode. Vo väčšine prípadov čistenia komunálnych vôd sa biologickou cestou odstraňuje dusík za podmienok vhodného usporiadania aktivácie z hľadiska nitrifikácie a denitrifikácie a internej recirkulácie. Tento proces je prírode blízky a je založený na zrýchlení prirodzeného čistenia vody v prírode. Ide o aeróbnny biochemický pochod, pri ktorom sa rozmnožujú heterotrofné baktérie a iné organizmy a rozkladajú organické látky - substrát za účelom získania energie pre život a stavbu ich samotných. Výsledkom sú plyny (CO_2), voda

a bunečná hmota, ktorá sa oddelí v dosadzovacích nádržiach sedimentáciou. Ak nie je možné vybudovať na ČOV terciárny stupeň, tak súčasťou biologického stupňa môže byť odstraňovanie fosforu pomocou dávkovania koagulantu do aktivačnej nádrže. Voľba odstraňovania závisí na možnostiach a zaťažení ČOV.

2.2.2.1. Aktivácia

Z mechanického čistenia, z usadzovacej nádrže, je voda privádzaná do aktivačnej nádrže. Tu prebieha samotný proces aktivácie. Na prítoku do nádrže sa voda mieša s *vratným aktivovaným kalom*. Tento kal sa dostáva na začiatok aktivačnej nádrže ako *vratný kal* z dosadzovacej nádrže, kde sedimentuje po aktivačnom procese alebo ako *recirkulovaný kal* z denitrifikačnej nádrže na konci aktivácie, ktorý sa odšáva na začiatok internou recirkuláciou. Aby nedochádzalo k vysokej koncentrácii aktivovaného kalu musí sa časť z neho odoberať ako *prebytočný kal* z dosadzovacích nádrží.

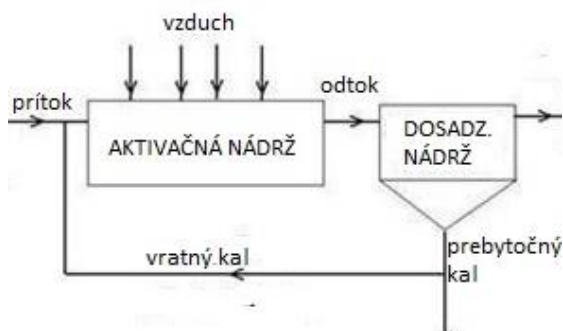
„Aktivovaným kalom nazývame zmesnú kultúru mikroorganizmov. V aktivovanom kale sa vyskytujú baktérie (*Pseudomonas, Flavobacterium, Achrommobacter, Chromobacterium, Acinetobacter, Nocardia*), huby, plesne, kvasinky, nitrifikačné baktérie, vyššie organizmy a prvoky. Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie aktivovaného kalu závisí hlavne na zložení substrátu – organicom znečistení, na ktorom bol kal vypestovaný, a na hodnotách technologických parametrov počas kultivácie.“ [12]



Obr. 11 - Schéma aktivačného procesu [1]

Aktivácia s postupným tokom

Pri takomto usporiadaní má aktivačná nádrž tvar dlhého, niekoľko desiatok metrov, a úzkeho koryta. Vratný aktivovaný kal sa mieša so substrátom už na prítoku do nádrže. Zmes je prevzdušňovaná a koncentrácia substrátu pri prúdení nádržou postupne klesá. Spotreba kyslíku po dĺžke nádrže tiež klesá, preto je niekedy výhodné privod vzduchu odstupňovať. [16]



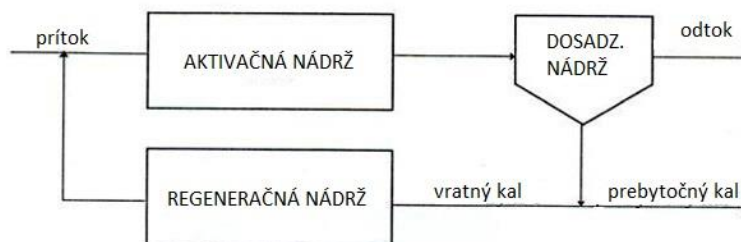
Obr. 12 - Schéma aktivácie s postupným tokom [17]

Aktivácia zmiešavacia

V celej nádrži je rovnaká koncentrácia substrátu, a to vďaka rovnomernému premiešavaniu a prevzdušňovaniu zmesi v nádrži. Vratný kal, ktorý je privádzaný do nádrže sa s odpadovou vodou mieša až v nádrži. Jednou z hlavných nevýhod zmiešavacej aktivácie je skutočnosť, že malá časť odpadovej vody, ktorá priteká do nádrže má prakticky nulovú dobu zdržania a odchádza nevyčistená. Tento poznatok ale nedokazuje, že aktivácia tohto druhu je menej účinná ako ostatné. [16]

Aktivácia s oddelenou regeneráciou kalu

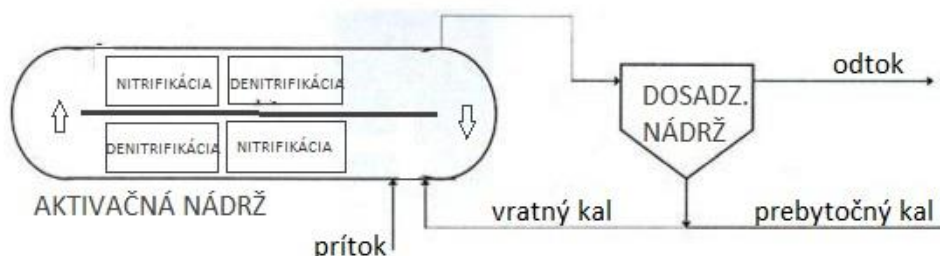
Aktivačný systém tohto druhu sa navrhuje pre odpadové vody s vyššou koncentráciou znečistenia obsahujúce rýchlo a ľahko rozložiteľné organické znečistenie. Princíp spočíva v prevzdušňovaní vratného kalu z dosadzovacej nádrže v regeneračnej nádrži za účelom oxidácie suspendovaných látok a „vyhladovaniu“ aktivovaného kalu, ktorý sa s obnovenou absorpčnou schopnosťou vracia na prítok do aktivačnej nádrže.



Obr. 13 - Schéma aktivácie s regeneráciou kalu [31]

Obehová aktivácia

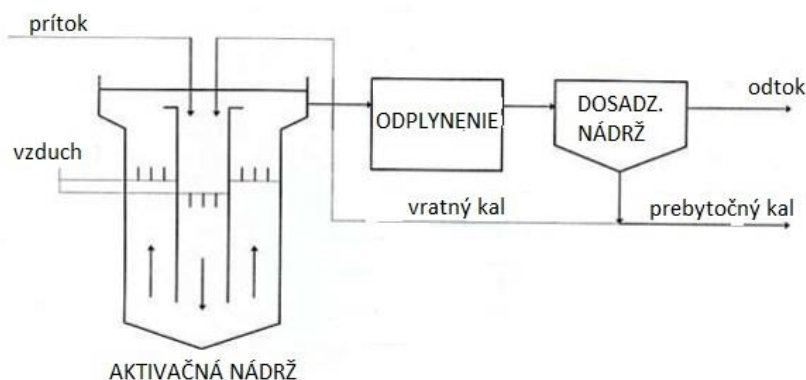
Tento druh aktivácie sa navrhuje pre veľmi znečistenú odpadovú vodu s vysokým obsahom dusíku. Jej vysoká schopnosť denitrifikácie je zapríčinená striedaním oxických a anoxických zón riadenej aerácie. [23]



Obr. 14 - Schéma obehovej aktivácie [31]

Šachtová aktivácia

Reaktor je tvorený oceľovou, betónovou alebo sklolaminátovou rúrou o priemere 2 - 10m hĺbkou 50 - 200m a stredovou vnútornou trúbkou o priemere 1 - 1,2m. Princíp fungovania je vyznačený na obr. 15. Hnacou silou je pri tejto cirkulácii rozdiel hmotností vo vnútornej a vonkajšej sekcii spôsobený rôzne prevzdušňovanými zmesami. [23]



Obr. 15 - Schéma šachtovej aktivácie [31]

2.2.2.2. Odstraňovanie dusíku a fosforu

Vypúšťanie odpadových vôd s obsahom dusíka a fosforu do prírodných vôd je nežiaduce z dvoch hlavných dôvodov:

1. Spôsobujú rast zelených organizmov, ktoré sú príčinou eutrofizácie
2. Amoniakálny dusík má vysokú spotrebu kyslíku na biochemickú oxidáciu

Dusík a fosfor sú v odpadovej vode obsiahnuté v organickom podiele nerozpustených látok. Limitným prvkom je fosfor, ktorý je v sušine rias obsiahnutý asi v 2%, pričom dusík až v 10%.

Eutrofizáciou rozumieme obohacovanie vody živinami ako sú práve spomínaný fosfor a dusík, ktoré spôsobia zvýšený rast rias, siníc a vyšších rastlinných foriem. Týmto sa kvalita vody zhoršuje a dochádza k poklesu biodiverzity, narušenie kyslíkového režimu a zmene svetelných podmienok práve premnožením spomínaných foriem rastlínstva. [16]

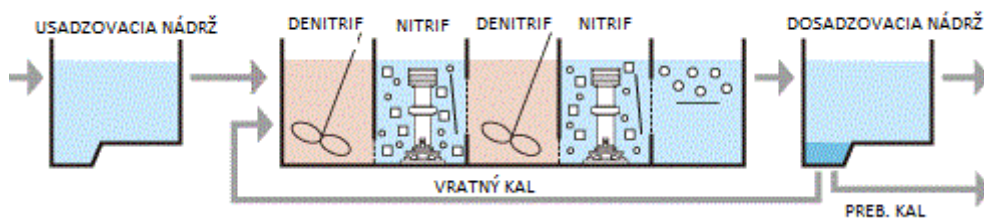
Biologické odstraňovanie dusíka nitrifikáciou a denitrifikáciou

Biologické odstraňovanie dusíka je súčasťou aktivačného procesu a prebieha v aerobných podmienkach.

Nitrifikácia prebieha v dvoch stupňoch, pričom v prvom stupni amoniakálny dusík oxiduje na dusitany za pomoci baktérii Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosopira a Nitrosocystis a v druhom stupni sú vzniknuté dusitany oxidované na dusičnany mikroorganizmami Nitrobacter a Nitrocystis. Všetky spomenuté organizmy potrebujú ako zdroj uhlíka CO_2 obsiahnutý v privádzanom vzduchu a organické znečistenie. [16]

Dusičnany vzniknuté pri nitrifikácii redukujú pri denitrifikácii na dusitany a na nižšie oxidy dusíka až na plynný dusík N_2 . Chemoorganotrofné aerobne baktérie využívajú pri rozklade organických látok molekulárny kyslík, no pokiaľ nie je prítomný, využívajú dusitany a dusičnany, ktoré redukujú na spomínaný dusík, resp. oxidy dusíka. [16]

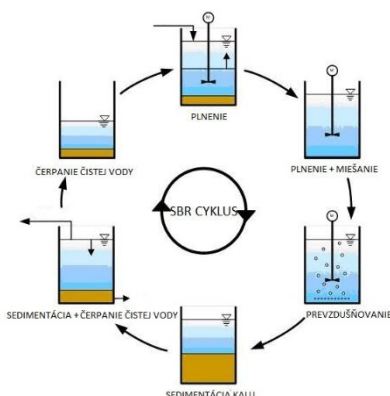
Často sa v praxi využívajú kombinácie ako u spomínanej obehovej aktivácie. Bežnou záležitosťou je predradená denitrifikácia, ktorá predstavuje zmiešavanie vratného aktivovaného kalu s odpadovou vodou v anoxickej nádrži ešte pred nitrifikáciou. Po nitrifikácii nasleduje opäť denitrifikácia alebo sa z oxickéj nádrže (nitrifikačnej nádrže) aktivovaná zmes prevádza internou recirkuláciou na začiatok do denitrifikačnej nádrže. Takýto systém sa využíva aj na predmetnej ČOV v Streženiciach.



Obr. 16 - Schéma aktivačného procesu s predradenou denitrifikáciou [11]

SBR reaktor

Pri tomto druhu čistenia celý proces nitrifikácie a denitrifikácie prebieha v jednej nádrži. Pri naplňaní dochádza k anoxickej fázi aktivácie. Keď je nádrž plná začne sa prevzdušňovať aeračnými elementami na dne nádrže. Po ukončení oxicekej fáze sa začne aktivovaný kal usádzať a voda z hladiny je postupne odádzaná ako vyčistená. Výhodou takéhoto procesu je možnosť ovládania trvania jednotlivých častí cyklu.



Obr. 17 - Princíp fungovania SBR reaktoru [20]

2.2.2.3. Biofilmové reaktory

V technológii biologického čistenia odpadových vôd je okrem aktivačného procesu často využívaná kultivácia v forme filmu na povrchu vhodného nosiča. Biofilmové reaktory nie sú náhradou aktivačného procesu a ich použitie je vhodné pri nenáročných ekonomických a prevádzkových podmienkach. [16]

Hlavným rozdielom oproti klasickej aktivácii je, že mikroorganizmy sa nevznášajú ale vytvárajú biologickú vrstvu priamo na nosiči, kde tieto zmesné kultúry rozkladajú organické znečistenie aby získali energiu potrebnú pre základné životné pochody. Okrem mikrobiálneho rozkladu prebiehajú aj sorpčné deje. [23]

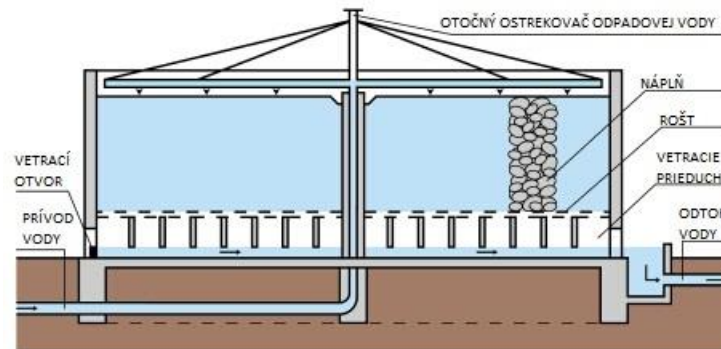
Biofilmové reaktory sa delia z dvoch hľadísk podľa prietoku na skrápané, ponorené a rotačné a podľa zaťaženia na nízkozátťažové a vysokozátťažové.

Skrápané biofilmové kolóny

Konštrukcia biologickej skrápanej kolóny je tvorená kruhovým betónovým plášťom s roštovým dnom, na ktorom je umiestnená náplň z plastu alebo kameniva, na ktorej povrchu je biofilm. Touto konštrukciou preteká čistená voda a je umožnený prívod vzduchu von z konštrukcie aj dovnútra. Princíp fungovania je nasledujúci. Odpadová voda je privádzaná tlakom do rozstrekovačov umiestnených nad nádržou, kde sa rozptyľuje rovnomerne po celom priereze nádrže. Voda preteká biofilmom na náplni, kde sa zachytávajú častice znečistenia, až na dno

nádrže. Tam preteká roštom ako biologicky vyčistená voda do zbernej priehlbne odkiaľ preteká do dosadzovacích nádrží.

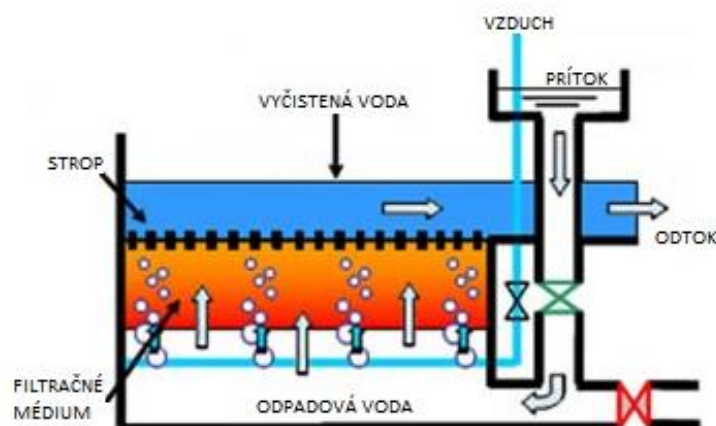
Jednou z možností náplne filtru je kamenivo ako drvený kamenný štrk, vápenec, čadič alebo vysokopecná struska. Ďalej je možné použiť tzv. blokové náplne tvorené plastovými blokmi usporiadanými alebo neusporiadanými. Usporiadané blokové náplne sú určené pre vysokozaťažové kolóny, kde môže dochádzať pri klasických alebo náhodne usporiadaných kolón k upchaniu otvorov v náplni. [16]



Obr. 18 - Skrápaná biologická kolóna [9]

Ponorené biologické kolóny

Takýto druh biofilmových reaktorov funguje na princípe pretekania odpadovej vody z dola na hor cez filtračné granulované médium, kde sa opäť zachytáva organické znečistenie na biofilme. Odadová voda priteká medzidnom cez trysky skrz aeračný rošt a preteká smerom nahor. Voda odteká stropom, v ktorom sa nachádzajú trysky brániace prenikaniu filtračného média cez strop s vyčistenou vodou. Filter je nutné z dôvodu prebytočnej biomasy prepierať, preto je jeho časť odoberaná do separátoru biomasy a vrátená späť do kolóny. [23]



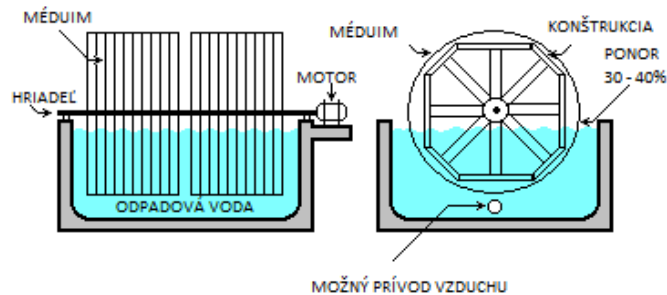
Obr. 19 - Ponorná biologická kolóna [5]

Rotačné biofilmové reaktory

Sú zariadenia, v ktorých sa nosič biofilmu otáča na hriadeli a je čiastočne ponáraný do odpadovej vody. Podľa druhu nosiča rozlišujeme rotačné diskové reaktory, kde nosičom sú disky

umiestnené na rotujúcej hriadeľi, alebo rotačné reaktory klieťkové, kde je klieťka naplnená nosičom ako v skrúpaných biologických kolónach.

Princíp je nasledovný. Ak sa nosič s biofilmom nachádza pod vodou, dochádza k sorpcii znečistenia a spätnému uvoľňovaniu reakčných produktov do vody. Pri vynorení reaktoru z odpadovej vody kvapalinový film na biofilme rozpúšťa kyslík a penetruje do biofilmu. Kyslík, ktorý sa nepotrebuje sa po ponorení rozptýli v reaktore a tým môže pokryť nároky biomasy na kyslík. [16]



Obr. 20 - Rotačný biofilmový reaktor [2]

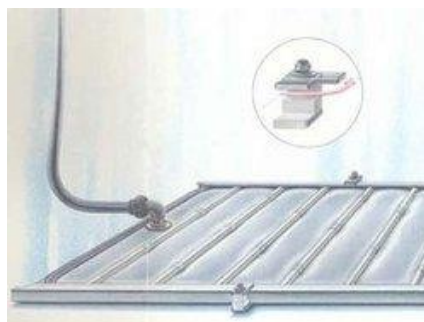
2.2.2.4. Aerácia

Oxidačné procesy vyžadujú pri biologických pochodoch prísun kyslíku. Ten sa spotreboáva na nitrifikáciu, oxidáciu organických látok mikroorganizmami a na syntézu a autooxidáciu bunecného materiálu. Jeho spotreba je úmerná množstvu odstráneného organického znečistenia a autooxidácii bunecnej hmoty. [30]

Pneumatická aerácia

Pneumatická aerácia patrí medzi najpoužívanéjšie spôsoby prevzdušňovania. Tlakový vzduch je dodávaný dúchadlami, kompresormi alebo ventilátormi. Samotné aeračné elementy sú tvorené nerezovou konštrukciou vyplnenou perforovanou membránou z termoplastického materiálu alebo elastomeru. Povrch tejto membrány tvoria póry prepúšťajúce vzduch, ktoré sú elastické. Veľkosť vzduchových bubliniek závisí na veľkosti otvoru v membráne.

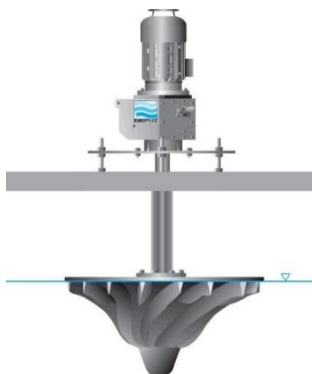
Pri aerácii tohto druhu je možné použiť namiesto prívodu tlakového vzduchu čistý kyslík, prípadne vzduch obohatený o kyslík. [23]



Obr. 21 - Pneumatická aerácia [28]

Mechanická aerácia

Oproti pneumatickej aerácii je konštrukcia mechanickej oveľa jednoduchšia. Pri nej sa zmes prevzdušňuje pomocou povrchových aerátorov, ktoré sa intenzívne otáčajú a tým zaisťujú prísun kyslíka do vody. V praxi je možné kombinovať mechanickej a pneumatickej aeráciu za účelom biologického odstraňovania dusíku. [23]



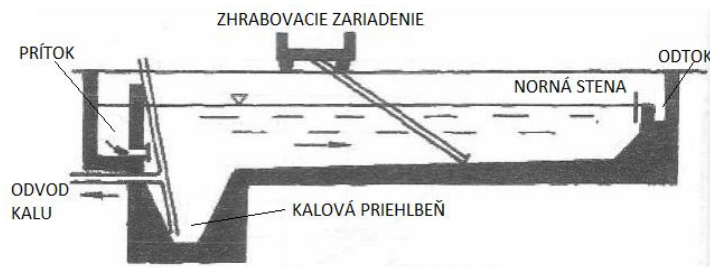
Obr. 22 - Mechanický aerátor [26]

2.2.2.5. Dosadzovacie nádrže

Voda z aktivačných nádrží priteká do dosadzovacích nádrží, kde sa aktivovaný kal vo forme vločiek oddelí od vyčistenej vody sedimentáciou. Kal, ktorý sa usadí na dne nádrže je zhrabovaný do kalovej priehlbne. Odtiaľ je čerpaný ako vratný kal vonkajšou recirkuláciou na začiatok aktivačných nádrží a prebytočný kal na kalové hospodárstvo.

Pravouhlé DN s horizontálnym prietokom

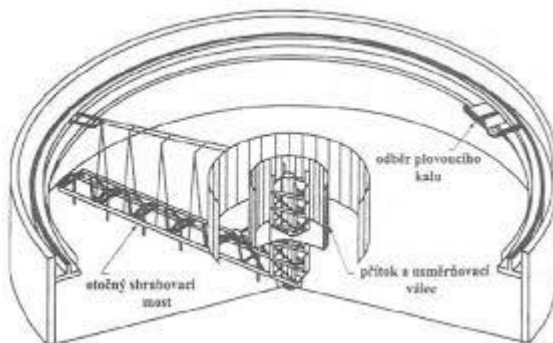
Nádrže obdĺžnikového tvaru s vyspádaným dnom, ktorými voda preteká horizontálne a kal sedimentuje na dno nádrže odkiaľ je zhrabovaný zhrabovákou upevneným na pojazdnom moste do kalovej priehlbne. Vyčistená voda preteká pod nornú stenu do odtokového žľabu a následne putuje do recipientu. Norná stena zabraňuje plávajúcim nečistotám prepadať do odtokového žľabu.



Obr. 23 - Pravouhlá DN s horizontálnym prietokom [25]

Kruhové DN s horizontálnym prietokom

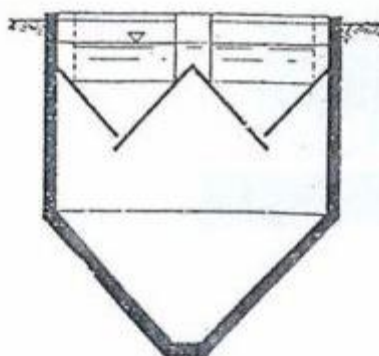
Ide o jednoduchý a najpoužívanejší druh dosadzovacích nádrží. Voda priteká potrubím do stredu kruhovej nádrže cez ukludňujúci valec. Voda sa cez prepadový žľab dostáva z valca do celého objemu, kde radiálne prúdi. Stred kruhovej nádrže je vyspádovaný za účelom vytvorenia kalovej priehlbne. Kal je zo dna stieraný stieracím zariadením upevneným na pojazdnej priehradovej konštrukcii.



Obr. 24 - Kruhová DN s horizontálnym prietokom [25]

Štrbinové DN

Tento typ dosadzovacej nádrže je kombináciou sekundárnej sedimentácie a anaeróbnej stabilizácie kalu. Ide o hlboko založenú nádrž tvorenú dvoma priestormi. Horný priestor je usadzovací, kde dochádza k sedimentácii kalu, ktorý prepadá cez štrbinu do spodného priestoru. Ten slúži k anaeróbnej stabilizácii a je čiastočne vyhrievaný pretekajúcou vodou. Vyhnitý kal je niekoľko krát ročne vyvážaný.



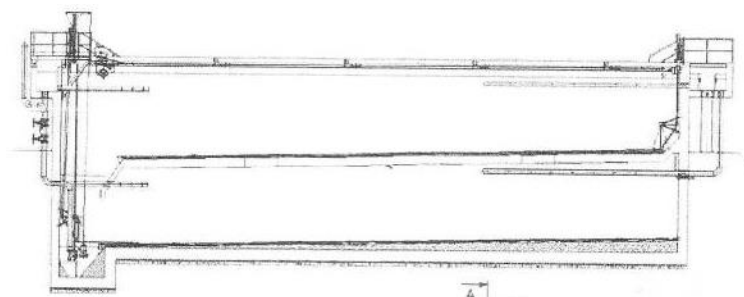
Obr. 25 - Štrbinová DN [25]

Lamelové DN

Sú to ploché nádrže, v ktorých dominantnú úlohu hrajú lamely z ocele alebo sklolaminátu. Tie sa nachádzajú na odtoku z nádrže a sú odklonené od vertikálnej roviny o 10°. Ich funkciou je zväčšovanie plochy usadzovania a modifikácia hydraulického prúdenia. Je požadované, aby bol umožnený prívod čistej vody alebo tlakového vzduchu na čistenie šikmých plôch lamiel.

Poschodové DN

Takéto nádrže sa využívajú na ČOV, ktoré sú obmedzené zastavanou plochou. Nádrž je tvorená dvoma alebo viacerými poschodiami, z ktorých každá predstavuje usadzovaciu nádrž. Princíp fungovania je zrejím z obrázku č. 26.



Obr. 26 - Poschodová DN [25]

2.2.3. Terciárny stupeň

V niektorých prípadoch je kvalita vody vypúšťanej z ČOV po mechanicko-biologickom čistení nedostačujúca, preto je nutné zvýšiť jej akosť na takú úroveň aby boli splnené požiadavky vodoprávneho orgánu. Mnohokrát je voda doupravovaná aby bola použiteľná ako úžitková, technologická, prípadne pitná. Pri terciárnom čistení sa využívajú vodárenské postupy. Medzi dočisťujúce postupy na terciárnom stupni patrí:

2.2.3.1. Separácia jemne dispergovaných častíc

Znečistenie je možné odstrániť pomocou koagulácie za použitia hlinitých alebo železitých solí vo forme koagulantu . [23]

2.2.3.2. Odstránenie anorganických zlúčenín dusíku

Zlúčeniny NH_4 spôsobujú toxicitu vodných organizmov a soli NO_3 eutrofizáciu (nadmerný rast rias) a preto je nutné ich eliminovať prednostne *biologicky* v aktivačnom procese pomocou chemosyntetických autotrofných a heterotrofných baktérií. Dusík možno odstraňovať v terciárnom stupni *chemicky* chloráciou na bode zlomu, stripovaním vzduchom, vyzrážaním vo forme fosforečnanu amónno-horečnatého ai. [16]

2.2.3.3. Eliminovanie zlúčenín fosforu

Rozpustený fosfor je možné z odpadovej vody odstrániť chemicky vyzrážaním prídavkom koagulantov ako železnatých, železitých, hlinitých solí alebo vápna. Zrážanie sa väčšinou zaraďuje do mechanického alebo biologického stupňa ale môže byť navrhnuté ako samostatný terciárny stupeň. [23]

2.2.3.4. *Odstránenie zvyškových rozpustených organických látok*

K odstráneniu zvyškových rozpustených organických látok sa používa sorpcia na aktívnom uhlí. [1]

2.2.3.5. *Hygienické zabezpečenie*

Vodu hygienicky zabezpečujeme chloráciou, ozonizáciou alebo UV žiarením za účelom jej úžitkového využitia . [23]

2.2.4. *Kalové hospodárstvo*

Čistiarenský kal je jeden z hlavných produktov celkového procesu čistenia odpadových vôd. Je v ňom zastúpená väčšina znečistenia, ktoré priteká do čistiarne a je v jednotlivých procesoch odstraňované. Kal ako taký je v čistenej vode zastúpený v zhruba 1 - 2%, závisí to na množstve a kvalite odpadovej vody. Je veľmi dôležité poznať množstvo produkovaného kalu a na základe týchto hodnôt sa navrhujú nie len objekty týkajúce sa spracovania kalu, ale aj technológia a objekty na celom procese.

Kalové hospodárstvo ako posledný krok v čistiarenskom procese, je na mestských čistiarniach bežnou záležitosťou. Spracovanie kalu a jeho likvidácia je veľkým problémom z hľadiska zloženia a množstva. Spracovanie surového kalu, teda primárneho a prebytočného aktivovaného kalu, je nebezpečné z hľadiska hygienickej závadnosti, preto je nutné ho aerobne alebo anaerobne stabilizovať.

2.2.4.1. *Zloženie kalu*

Objemové množstvo kalu je jeho základnou charakteristikou a určuje obsah vody. Pevná časť kalu – sušina, je tvorená z väčšej časti suspendovanými látkami a ich význam je pri spracovaní kalu dominantný. Druhú časť tvoria látky pôvodne vo vode rozpustené a pri odvodňovaní kalu ostávajú v kalovej vode. Suspendované látky sú biologicky rozložiteľné pomocou mikroorganizmov a z dôvodu výskytu patogénnych zárodkov, vírusov, baktérii ai. je nutné pred ďalším použitím tieto kaly stabilizovať. Veľký dôraz sa kladie aj na obsah ťažkých kovov, ktoré by pri využívaní už konečného produktu, napr. aplikáciou na poľnohospodársku pôdu, ohrozovali životné prostredie.

2.2.4.2. *Druhy kalu*

Primárny kal je prvým kalom, ktorý vzniká sedimentáciou pri poslednom mechanickom procese v usadzovacích nádržiach. Primárny kal tvoria nerozpustené látky a jeho množstvo závisí na efektívnosti primárnej sedimentácie a na množstve nerozpustených látok na prítoku do ČOV. [23] *Sekundárny kal* je tvorený biologickým kalom, ktorý sa vytvoril premenou rozpustených látok pri aktivačnom procese na biomasu a z nerozpustených látok, ktoré sa neodstránili v primárnom

stupni. Obecne platí, že odvodňovanie alebo zahusťovanie sekundárneho kalu je omnoho zložitejšie než u primárneho alebo chemického kalu. Zloženie primárneho aj sekundárneho kalu závisí na druhu znečistenia odvodňovanej oblasti ako je priemysel, ktorý má za následok obsah ťažkých kovov v odpadovej vode. [16]

Terciárny kal (chemický) vzniká pri terciárnom stupni čistení a je výsledkom pridávania hlinitých alebo železitých solí pre zlepšenie odstránenia suspendovaných pevných látok pri koagulácii alebo k zrážaniu fosforu. Za následok toho je obsah ťažkých kovov vyšší ako u primárneho alebo sekundárneho kalu. Vlastnosti chemického kalu sú ovplyvnené pH, chemickým zložením odpadovej vody, reakčnou dobou a podmienkami pri koagulácii. Pridaním vápna do chemického kalu sa zlepšujú podmienky pre jeho zahusťovanie a odvodňovanie. [23]

2.2.4.3. *Zahusťovanie kalu*

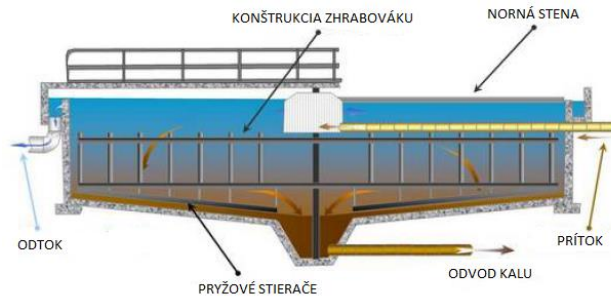
Používanie zahusťovania kalu je na čistiarnách dnes už bežnou záležitosťou a to z dôvodu zjednodušenia manipulácie. Zahusťovanie znižuje objemové množstvo kalovej suspenzie a zvyšuje efektívnosť v nasledovných krokoch spracovania. Ak nie je technológia na zahustenie kalu dostatočne efektívna a kalová suspenzia nie je dostatočne hustá, je nutné kal vysušovať. Voľba správneho výberu technológie pre zahusťovanie kalu závisí na jeho charaktere a akým spôsobom je voda viazaná na pevné časti (sušinu). Napríklad z aktivovaného kalu je oproti primárnemu kalu veľmi zložitá odstrániť vodu, pretože je chemicky viazaná v bunkových štruktúrach.

Najpoužívanejším spôsobom zahusťovania kalu na väčších slovenských ČOV je pomocou *rotačných zahusťovačov*. Fungujú na princípe odstreďovania kalu a vody, ktorá má menšiu hustotu ako častice kalu. Používajú sa hlavne na zahustenie prebytočného aktivovaného kalu, kedy je možné dosiahnuť hodnotu sušiny 5%. Je možné dávkovať do zhusťovača flokulant, ktorý vločkuje suspenziu a tým uľahčuje a zrýchľuje proces zahusťovania. Výhodou strojného zahusťovača je okrem nízkych priestorových nárokov eliminácia zápachu a úniku vlhkosti. Hlavnou nevýhodou sú značné náklady na prevádzku a údržbu. [23]



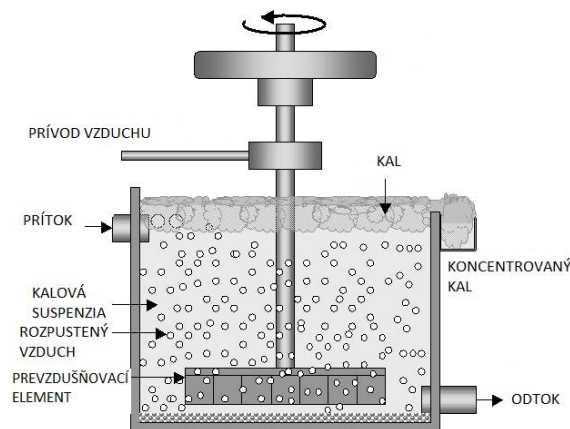
Obr. 27 - Rotačný zahusťovač [21]

Druhým spôsobom je *gravitačné zahusťovanie v zahusťovacích nádržiach*. Taktiež funguje na princípe rozdielu hustoty vody a kalu, ktorý klesá na dno nádrže a odtiaľ je odčerpaný na anaerobnú stabilizáciu. Kalová voda je odvádzaná späť do procesu pred usadzovací nádrž. Využívajú sa hlavne pre zahusťenie primárneho alebo terciárneho kalu. Nádrže môžu okrem zahusťovania slúžiť aj ako zásobníky surového kalu.



Obr. 28 - Gravitačné odvodňovanie kalu [24]

Ďalší spôsob na zahusťovanie prebytočného aktivovaného kalu je *tlaková flotácia*. Princíp spočíva na prevzdušňovanie suspenzie mikrobublinkami, na ktoré sa naviažu kalové častice a spolu s nimi vyplávajú na povrch kde sú stierané ako zahustená plávajúca vrstva. Obsah sušiny závisí na dávke flokulantu, charakteristike kalu, pomere rozpusteného vzduchu a pevných častíc a na látkovom zaťažení flotácie. [16]



Obr. 29 - Princíp tlakovej flotácie [10]

2.2.4.4. Stabilizácia kalu

Dôvody stabilizácie kalu sú popísané na začiatku podkapitoly. Existuje niekoľko druhov stabilizácii kalu pričom výsledným produktom je nezapáchajúci, hygienicky nezávadný kal, ktorý je možno jednoducho odvodniť. Okrem stabilizovaného kalu je vhodné zdôrazniť vedľajší produkt anaeróbnej stabilizácie – bioplyn.

Stabilizácia je delená nasledovne:

1. *Biologická*

- *anaeróbna*
- *aeróbna*

2. *chemická*

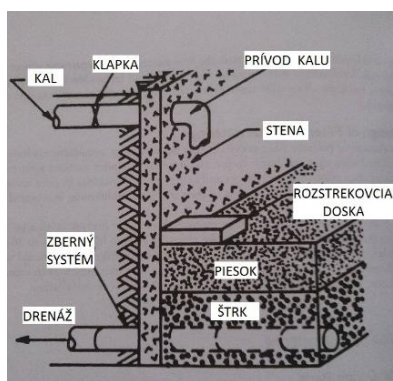
Najpoužívanejším spôsob stabilizácie je *vyhnievanie – anaeróbna stabilizácia*. Mikroorganizmy rozkladajú organické látky obsiahnuté v surovom kale za vzniku uvoľňovaného bioplynu. Nádrže, v ktorých metanizácia prebieha sú vyhrievané na teplotu 27 - 45°C. Menej často sa používa tzv. termofilné vyhnievanie (45 - 60°C) kedy sa urýchľuje proces vyhnievania a tým doba a efektívnosť stabilizácie. Teplo je do nádrže dodávané formou teplej pary alebo vody vo vyhrievaných telesách vo vnútri nádrže tepelnými výmeníkmi zvonku alebo priamym prívodom pary do nádrže alebo kalu. Miešanie je zabezpečené mechanickými miešadlami, čerpadlami a bioplynom. V súčasnosti sa prevádzkujú dva spôsoby metanizácie – *nízkozátťažová* a *vysokozátťažová stabilizácia*. [30]

Pri *vysokozátťažovej* sú potrebné dve nádrže pričom v prvej prebieha samotné vyhnievanie a v druhej sa kal uskladňuje a dochádza tu postupne k dokončeniu stabilizácie a kal sa oddeľuje od kalovej vody, ktorá sa vracia späť na začiatok mechanického stupňa. Oddelený kal je nutné pred vývozom odvodniť. Plyn, ktorý sa uvoľní pri vyhnievaní putuje do zásobníka – plynojemu, ktorý slúži pre vyrovnávanie objemu medzi jeho výrobou a spotrebou. [30]

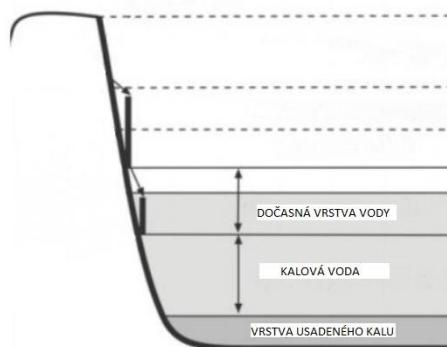
Pri *nízkozátťažovej* aktivácii prebieha *aeróbna biologická stabilizácia* kedy biologicky rozložiteľná organická hmota surového kalu oxiduje na CO₂ a H₂O prostredníctvom mikroorganizmov. [23] *Chemická stabilizácia* je založená na jednoduchej technológii, ktorá spočíva v pridaní zásady (oxidu alebo hydroxidu vápenatého) do odvodneného kalu, pričom dochádza k alkalizácii na pH 12 a exoternej reakcie vápna s vodou. Tak vysoké pH spôsobí usmrtenie patogénov, ale organická hmota zostane nerozložená. Dlhodobejším skladovaním poklesne pH a organická hmota sa začne rozkladať mikrobiálnymi procesmi.

2.2.4.5. *Odvodňovanie kalu*

Odvodnenie kalu je potrebné pre lepšiu manipuláciu a transport na skládky. Prirodzeným odvodnením kalu sú *kalové polia* kde sa za potreby veľkých plôch odvodňuje kal drenážou. Princíp je zrejmý z obrázku č. 30. Ďalšou možnosťou sú *kalové lagúny*, u ktorých sa kalová voda po cca jednom roku odstraňuje z hladiny lagúny. [23]



Obr. 30 - Schéma kalového poľa [23]

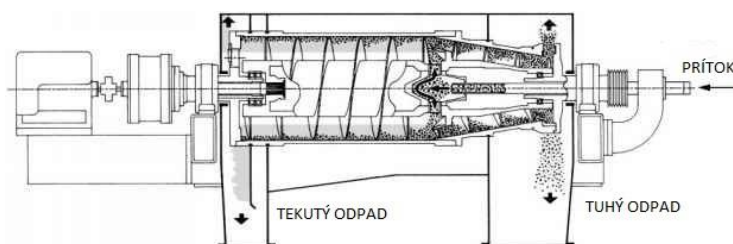


Obr. 31 - Schéma kalovej lagúny [13]

Druhou možnosťou je *strojné odvodnenie* – kalolisy a sitopásové lisy, odstredivky alebo termické sušenie. Pri strojnom odvodnení je nutná predúprava kalu, ktorá spočíva v agregácii koloidných častíc a mikročastíc do mikrovločiek najčastejšie pomocou flokulantov aby bolo jednoduchšie odstrániť tekutú zložku od pevnej. *Kalolis* funguje ako filtrácia predupraveného kalu cez plachetku pod tlakom až do požadovaného odvodnenia. Konečným produktom je kalový koláč. Pri *sitopásových lisoch* sa zahusťuje kal o koncentrácii nižšej ako 2%. Po pridaní organického flokulantu, ktorý spôsobí oddelenie vody a častíc kalu, sa voda prelisuje cez filtračnú prepážku tvorenú sitom, pôsobením tlaku valcov na dva nekonečné pohybujúce sa pásy, medzi ktorými je kalová suspenzia.

Termické sušenie prebieha v rotačných bubnových sušičkách za prívodu horúceho vzduchu.

Odstredivky fungujú na rovnakom princípe, aký je popísaný pri zahusťovaní kalu. Používajú sa len na väčších čistiarniach z dôvodu vysokých nákladov na ich prevádzku.



Obr. 32 - Odstredivka [7]

2.2.4.6. Skladovanie kalu

Podmienkou možného skladovania kalu je jeho predošlá stabilizácia a odvodnenie. Z ekologického hľadiska sa preferuje jeho likvidácia alebo iné využitie. Pokiaľ je stabilizovaný kal hygienicky nezávadný, bez prekročenia limitov koncentrácie škodlivých látok a ťažkých kovov (As, Cd, Cu, Cr ai.), je možné ho využívať vo forme kompostov na úpravu vodohospodársky neexponovaných plôch alebo rekultivácie.

3. POPIS TECHNOLOGIE NA ČOV STREŽENICE

3.1. Popis odvodňovanej oblasti

Čistiareň odpadových vôd Streženice sa nachádza v okrese Púchov, ktorý je súčasťou vyššieho územného celku Trenčiansky samosprávny kraj nachádzajúci sa v severozápadnej časti Slovenska. Okres je charakteristický heterogénnou štruktúrou hospodárskej základne s chemickým, gumárenským, odevným, sklárskym, textilným a potravinárskym priemyslom.

Kanalizačná sieť je vybudovaná na celom území obcí, ktoré spadajú do okresu Púchov. Novovybudovaný systém odvádzania odpadových vôd z predmetnej lokality (Dohňany, Dolné Kočkovce, Púchov, Streženice) je napojený na existujúcu jednotnú kanalizačnú sieť mesta Púchov so spoločným čistením odpadových vôd v intenzifikovanej mechanicko - biologickej čistiarni odpadových vôd Púchov - Streženice. Recipientom pre vyčistenú vodu je rieka Váh.

Súčasťou rekonštrukcie ČOV Streženice bolo aj rozširovanie odvodňovaného územia a rekonštrukcia existujúcich kanalizácií a vodovodov a vybudovanie nových čerpacích staníc.

Na kanalizačnú sieť, ktorá priteká do ČOV Streženice je pripojených 75,5% obyvateľstva okresu Púchov. Zvyšných 24,5% využíva domové čistiarene alebo žumpy.



Obr. 33 - Mapa Slovenskej republiky s vyznačeným okresom Púchov [27]

3.2. Charakteristika ČOV

ČOV Streženice má za účel zabezpečiť mechanicko - biologické čistenie komunálnych odpadových vôd privádzaných na ČOV, produkovaných v okrese Púchov. Na ČOV sú kanalizačnou sieťou odvádzané mestské odpadové vody zo samotného mesta Púchov, z jeho prímestských oblastí Nosice, Horné Kočkovce, Hrabovka, Vieska Bezdedov a z obcí Streženice, Dolné Kočkovce a Dohňany.

3.2.1. Rekonštrukcia ČOV

Rekonštrukcia ČOV bola zrealizovaná v roku 2015 z dôvodu dodržania nových štandardov daných nariadením vlády Slovenskej republiky vychádzajúcej z Európskej smernice.

Hlavným nedostatkom vtedajšej technológie boli :

- neefektívne prevzdušňovanie aktivačnej zmesi povrchovými aerátormi,
- nedostatočná efektivita odstraňovania dusíka a fosforu,
- zastaralé a nedostačujúce technologické postupy,
- chýbajúce objekty ako zahusťovač kalu, práčka piesku, lis na zhrabky ai.,
- neodľahčovanie na prítoku pred ČOV za dažďových stavov ,
- kalové a plynové hospodárstvo v havarijnom stave,
- nedostatočne účinné pozdĺžne dosadzovacie nádrže.

3.2.2. Súčasná projektovaná kapacita ČOV

Tab. 1 - Množstvo surovej odpadovej vody na prítoku do ČOV

Kapacity ČOV	30 000 EO
Priemerný denný prítok vrátane nefakturovanej vody - bez dažďových Q_{24}	9 504 m ³ /d 396 m ³ /h 110 l/s
Maximálny denný prítok Q_d (súčasne aj prítok návrhový)	10 800 m ³ /d
Maximálny hodinový prítok Q_h	185 l/s
Minimálny hodinový prítok	66 l/s
Dažďový prítok - pre mechanické predčistenie	550 l/s
Návrhový prítok na biologický stupeň	200 l/s

Tab. 2 - Látkové zaťaženie na prítoku ČOV

BSK ₅	1 796 kg/d
CHSK _{Cr}	3 593 kg/d
Nerozpustené látky - sušina	1 654 kg/d
N _{celk.}	333 kg/d
P _{celk.}	75 kg/d

Tab. 3 - Kvalita odpadovej vody na prítoku

BSK ₅	189 mg/l
CHSK _{Cr}	378 mg/l
Nerozpustené látky - sušina	174 mg/l
N _{celk.}	35 mg/l
P _{celk.}	7.9 mg/l

3.2.3. *Popis stavebných objektov a technologických zariadení*

3.2.3.1. *Prítok*

Surová odpadová voda je kanalizačnou sieťou privádzaná gravitačne hlavnou kmeňovou stokou do vstupnej čerpacej stanice. Na prítoku sa nachádza lapač štrku, z ktorého je pomocou drapáka ťažený materiál do kontajnera. Odpadová voda preteká cez strojne stierané hrablice do sacieho bazénu, ktorý je zároveň novo vybudovanou odľahčovacou komorou. Prítok presahujúci 550 l/s je odvádzaný tromi prepadovými otvormi do potrubí zaústenými do jedného odľahčovacieho potrubia s výtokom do recipientu. Toto potrubie slúži zároveň aj ako obtok.

Pred rekonštrukciou existovali na prítoku oceľové hrablice s medzerovitosťou 10cm, ktoré boli ručne stierané. Obtok ČOV bol možný len pred biologickým čistením a odstavenie čistiarne nebolo možné.

Odpadové vody z domových žúmp sú dovážané fekálnymi vozidlami a gravitačne zvädzané prítokovým potrubím zo stanice žumpových vôd do nátokového žlabu. Dovoza sa pomocou čipovej karty indentifikuje a zadá do počítača objem cisterny fekálneho vozidla a napojí ho na rýchlouzáver. Na prítokovom potrubí je možnosť odberu vzoriek a indukčný prietokomer aby bolo možné merať skutočné dovezené množstvo žumpových vôd.

Pôvodne nebolo možné merať skutočné dovezené množstvo ani znečistenie. Zapisoval sa maximálny objem cisterny daného fekálneho vozidla.



Obr. 34 – Nová stanica žumpových vôd [3]



Obr. 35 - Sací bazén pred rekonštrukciou s pôvodnou čerpaciou stanicou [3]



Obr. 36 - Zrekonštruovaný sací bazén [4]

3.2.3.2. Mechanický stupeň

Strojne stierané hrablice

Čerpacia stanica je tvorená dvoma ponornými kalovými čerpadlami a dvoma závitkovými čerpadlami typu YBA. Tie čerpajú surovú vodu do nátokového žľabu dvoch strojne stieraných hrablic o medzerovitosti 6 mm a zachytávajúcich zhrabky. Výkon jedných hrablic (300 l/s) je dostatočne nadimenzovaný pri maximálnom hodinovom prietoku a pri dažďových stavoch je súčet výkonov oboch hrablic postačujúci. Odstránené zhrabky sú dopravníkom privádzané do lisu na zhrabky, kde sa zlisujú na obsah sušiny 40 – 50%. Následne sú z lisu presúvané do kontajnera na tuhý odpad a vyvážené na skládku nebezpečného odpadu.

Pred rekonštrukciou sa odpadová voda čerpala zo sacieho bazénu pomocou dvoch pôvodných závitkových čerpadiel typu YBA dvoch ponorných kalových čerpadiel cez výlačné potrubia, na zachytávanie zhrabkov sa používali jedny hrablice DOOR s medzerovitosťou 2cm. Po odvodnení sa zhrabky vyvážali na skládku.



Obr. 37 - Zrekonštruovaná čerpacia stanica s novými výtlačnými a závitovými čerpadlami [4]



Obr. 38 - Původné DOOR hrablice [3]



Obr. 39 - Dvojica nových hrablic [3]



Obr. 40 - Nový lis na zhrabky [4]

Lapač piesku

Zhrabkov zbavená voda odteká do jedného z dvoch pozdĺžnych lapačov piesku, kde dochádza k sedimentácii častí nerozpustených látok a piesku väčších ako 0,2mm. Aby nedochádzalo k sedimentácii jemných organických látok, obsah lapača sa prevzdušňuje tlakovým vzduchom z dvoch rotačných dúchadiel. Sedimentované častice sú z vyspádovaného dna zhrabované pojazdným zhrabovacím mostom a následne prečerpané do separátora piesku.

Separátor piesku je umiestnený vedľa jemných hrablíc z predchádzajúceho kroku. Tam je zmes vody a piesku praná. Prepraný a odvodnený piesok sa dopravníkom presúva do kontajnera na tuhý odpad a zbytková voda sa zo separátora vracia vnútroareálovou kanalizáciou naspäť na prítok pred čerpaciu stanicu.

Pôvodné dva lapače piesku boli totožné o rozmere 2x3x21m, pričom jedna nádrž bola trvalo v prevádzke a druhá v závislosti na prítoku. Separátor piesku bol do procesu zakomponovaný počas rekonštrukcie a piesok sa pôvodne odvodňoval gravitačne na skládkach piesku.



Obr. 41 - Dva pôvodné totožné lapače piesku [3]



Obr. 42 - Upravené lapače piesku [4]



Obr. 43 - Novonainštalovaný separátor piesku [4]

Usadzovacia nádrž

Voda zbavená piesku sa za lapačom rozdelí v rozdeľovacom objekte. Rozdelí sa do dvoch paralelne pracujúcich liniek, z ktorých každá je tvorená jednou usadzovaciou nádržou, piatimi nitrifikačnými a dvoma denitrifikačnými nádržami.

V pozdĺžnej usadzovacej nádrži sa voda zdrží približne 2 hodiny pričom sedimentuje 40 - 50% nerozpustených látok. Usadená vrstva primárneho kalu sa FINNCHAIN zariadením zhrabáva do kalovej priehlbne odkiaľ je čerpaná pomocou kalových čerpadiel do čerpacej stanice prebytočného kalu. Plávajúce nečistoty sa z hladiny stierajú v opačnom smere cez náklonný žľab opäť do čerpacej stanice prebytočného kalu.

Usadené znečistenie v oboch pôvodných usadzovacích nádržach bolo zhrňované do priehlbne kalu, kde sa pravidelne odpúšťalo. Súčasne sa so stieraním dna stierala aj hladina.



Obr. 44 – Jenda z dvoch pôvodných usadzovacích nádrží [3]



Obr. 45 - Novovybudovaná usadzovacia nádrž s náklonným žlabom [3]

3.2.3.3. Biologický stupeň

Aktivačné nádrže

Mechanicky predčistená voda tečie merným objektom na biologický stupeň. Súčasťou merného objektu je aj odľahčovacie potrubie do ktorého prepadá voda pri dažďových stavoch zaťažujúcich biologický stupeň. Maximálny povolený prítok na biologický stupeň je 200 l/s.

Prvým krokom na biologickom stupni je predradená denitrifikačná nádrž. Pri vtoku mechanicky vyčistenej vody do nádrže sa voda mieša s vratným aktivovaným kalom. V nádrži sa nachádzajú dve ponorné miešadlá, ktoré zabraňujú sedimentácii kalu.

Hlavná časť biologického čistenia prebieha v nitrifikačnej nádrži. Mikroorganizmy aktivovaného kalu využívajú ako potravu organické znečistenie obsiahnuté v odpadovej vode. Pri nitrifikácii sa amoniakálny dusík $N-NH_4$ oxiduje na dusičnanový dusík. Podmienkou je stály prísun kyslíka, ktorý je dodávaný prevzdušňovaním. Tlakový vzduch sa do nádrže dostáva cez špeciálne jemnobublinkové prevzdušňovacie elementy na dne nádrže. Regulácia tlaku závisí na požadovanej koncentrácii rozpusteného kyslíku v aeračnej zmesi (min. 2mg/l). Tlakový vzduch zabezpečuje nie len optimálne podmienky pre mikroorganizmy, ale aj dostatočné premiešavanie nádrže.

Časť aktivačnej zmesi sa z poslednej nitrifikačnej nádrže vnútorným recyklom vracia na začiatok denitrifikácie pomocou recirkulačného čerpadla za účelom zvýšenia účinnosti procesu a redukcie dusičnanov na elementárny dusík.

V predposlednej nitrifikačnej nádrži je možnosť dávkovania anorganického koagulačného činidla Prefloc (roztok síranu železitého) za účelom odstránenia fosforu. Pre každú linku je k dispozícii jeden zásobník, z ktorého sa síran dávkuje pomocou dávkovacích čerpadiel.

Pred rekonštrukciu sa na biologickom stupni nachádzalo osem aktivačných nádrží kde sa zmes vratného kalu a odpadovej vody premiešavala povrchovými mechanickými aerátormi. Nastavovanie ponoru, smeru a rýchlosti otáčania aerátorov sa zadávalo ručne.



Obr. 46 - Pôvodná biologická linka č. 2 [3]



Obr. 47 - Mechanické aerátory používané pred rekonštrukciou [3]



Obr. 48 - Nová predradená denitrifikačná nádrž [3]



Obr. 49 - Novonainštalované pneumatické aerátory v nitrifikačných nádržiach [3]



Obr. 50 - Nádrže na koagulačné činidlo síran železitý [3]

Dosadzovacie nádrže

Aktivačná zmes z denitrifikačnej nádrže preteká do dvoch novovybudovaných kruhových dosadzovacích nádrží kde aktivovaný kal sedimentuje na dno. Odtiaľ je stieraný do stredovej priehlbne nádrže zhrabovacím zariadením primontovaným na pojazďový most. Z priehlbne je následne kal čerpaný spolu so zotretým znečisteným z hladiny do čerpacej stanice prebytočného kalu. Vyčistená odpadová voda preteká popod nornú stenu do žľabu a cez merný objekt odteká do recipientu Váh.

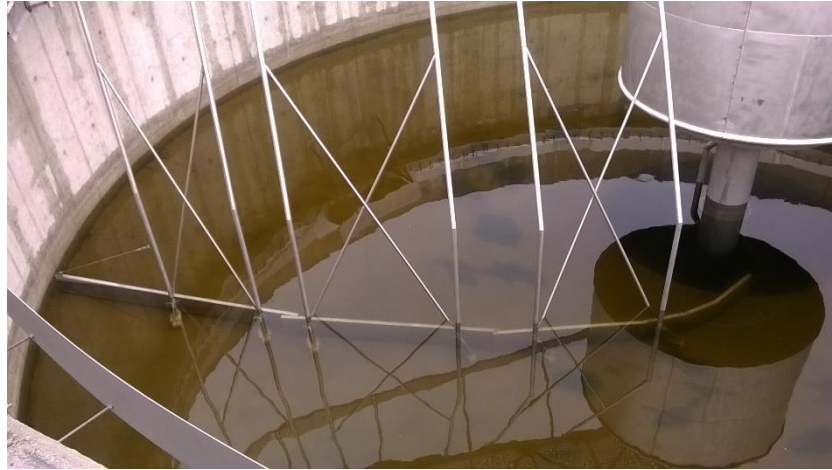
Úžitková voda ktorá je potrebná pre oplach filtrov a preplach piesku a zhrabkov je získaná filtráciou časti odtekajúcej vyčistenej vody na bubnovom mikrosite a je dopravovaná do rozvodu úžitkovej vody. Kal zachytený na mikrosite je prečerpaný do čerpacej stanice prebytočného kalu. Pôvodné dve dosadzovacie nádrže boli pozdĺžne bez možnosti stierania hladiny.



Obr. 51 - Jedna z novovybudovaných dosadzovacích nádrží [3]



Obr. 52 - Mechanizmus na stieranie hladiny a čistenie prepadovej steny [3]



Obr. 53 - Konštrukcia pre stieranie dna dosadzovacej nádrže [3]

3.2.3.4. Kalové hospodárstvo

Zahusťovanie kalu

Prebytočný kal je z čerpacej stanice prečerpávaný do rotačného zahusťovača, kde sa zvyšuje koncentrácia sušiny kalu pre zefektívnenie jeho stabilizácie. Efektivita zahustenia sa zvyšuje dávkovaním roztoku organického flokulantu, ktorá sa pridáva priamo vo flokulačnej komore zahusťovača alebo do kalového potrubia. Roztok sa dávkuje z automatickej stanice prípravy roztoku flokulantu. Zahustený kal zo zahusťovača padá do nádrže zahusteného kalu a odtiaľ je prečerpávaný do nádrže anaeróbnej stabilizácie.

Pred rekonštrukciou sa kal nezahusťoval a z čerpacej stanice sa čerpal priamo do vyhnívacej komory.



Obr. 54 - Rotačný zahusťovač [3]

Anaeróbná stabilizácia

Zahustený kal je z nádrže zahusteného kalu prečerpávaný do výtlačného potrubia čerpadiel malého okruhu. Malý okruh slúži na udržiavanie teploty vo vyhívacej nádrži (34 - 39°C) a ohrev privádzaného čerstvého kalu. Na ohrev je používaný skrutkovicový výmenník tepla, pričom ohrevným médiom je voda.

Pri anaeróbnej stabilizácii dochádza k premene časti organického znečistenia na energeticky bohatý bioplyn. Ten sa zhromažďuje vo vrchnej časti nádrže odkiaľ je odvádzaný do suchého plynojemu. Časť bioplynu sa pod tlakom prevádza späť do vyhívacej nádrže za účelom premiešavania kalu. Po cca 45 dňoch sa vyhnitý kal prečerpá do uskladňovacej nádrže.

Uskladňovacia nádrž

Tu sa dokončuje proces stabilizácie kalu. Aby nedochádzalo k usadzovaniu kalu na dno nádrže, kal sa premiešava dvoma ponornými miešadlami. Odstáta voda z uskladňovacej nádrže je gravitačne odvášaná do vnútroareálovej kanalizácie a vedie do prítoku na ČOV.



Obr. 55 - Vyhívacia nádrž (vľavo) a uskladňovacia nádrž (vpravo) [3]

Odvodnenie a skladovanie kalu

Odvodnenie kalu prebieha po jeho prečerpání závitkovým čerpadlom z uskladňovacej nádrže v dekantačnej odstredivke, ktorá bola do prevádzky zavedená pred šiestimi rokmi. Do kalového potrubia sa opäť dávkuje organický flokulant pre zvýšenie účinnosti. Dôvod odvodnenia je ľahšia manipulácia a transport na skládku. Odvodnený kal je vyvezený na krytú skládku odkiaľ sa nakladá do kontajnerov a vyváža.

Pri poruche odstredivky alebo nedostatku polyelektrolytu sa na odvodnenie používali kalové polia.



Obr. 56 – Odstredivka [3]



Obr. 57 - Súčasná krytá skládka kalu [3]



Obr. 58 - Pôvodné kalové polia na mieste súčasných dosadzovacích nádrží a pôvodný plynojem [3]

Bioplyn

Z dvojmembránového suchého plynojemu je plyn okrem miešania anaeróbnej nádrže využívaný aj na výrobu tepla a elektrickej energie v areáli ČOV. Teplo potrebné na vykurovanie vyhnívacej nádrže, prevádzkovej budovy a iných objektov ČOV je dodané pôvodným plynovým kotlom. Možnosť využívania bioplynu na výrobu energie je pomocou novo navrhutej kogeneračnej jednotky. Tá sa v súčasnej dobe nevyužíva z dôvodu nespotrebovateľnej vyrobenej energie. V prípade prebytku bioplynu, prípadne jeho nevyhovujúceho zloženia, je možné bioplyn spaľovať v horáku zvyškového plynu o kapacite 110 m³/h.



Obr. 59 - Nový dvojmembránový plynojem a horák zvyškového plynu [3]



Obr. 60 - Kogeneračná jednotka [4]

PRAKTICKÁ ČASŤ

4. Samotné vyhodnotenie rekonštrukcie ČOV

Účelom rekonštrukcie bolo zabezpečenie mechanicko - biologického čistenia komunálnych odpadových vôd privádzaných na ČOV produkovaných obyvateľstvom a inými producentami z aglomerácie Púchovsko. Súčasne sa zabezpečuje trvalé dosahovanie požadovanej vyššej účinnosti odstraňovania nutrientov (N, P). Rekonštrukcia samotnej ČOV prebehla pomerne rýchlo. Bola zahájená začiatkom roku 2015 a dokončená v decembri toho roku.

Navrhovaná kapacita ČOV je kalkulovaná pre okres Púchov na cieľový rok 2030. Ďalšia intenzifikácia súčasnej stavby sa nepredpokladá najbližších 15 - 20 rokov. Vo výnimočných prípadoch môže byť stavba rozšírená budovaním nových objektov v priestoroch jestvujúcich kalových polí.

4.1. Vyhodnotenie kvality vody na prítoku na ČOV a odtoku na ČOV

Vyhodnotenie sa týka vybraných ukazovateľov znečistenia na prítoku do ČOV a na odtoku z ČOV jednotlivo na mechanickom a biologickom stupni. Následne porovnáam koncentrácie vo vybraných štvormesačných obdobiach pred rekonštrukciou a po nej.

Charakteristika jednotlivých ukazovateľov znečistenia je nasledovná:

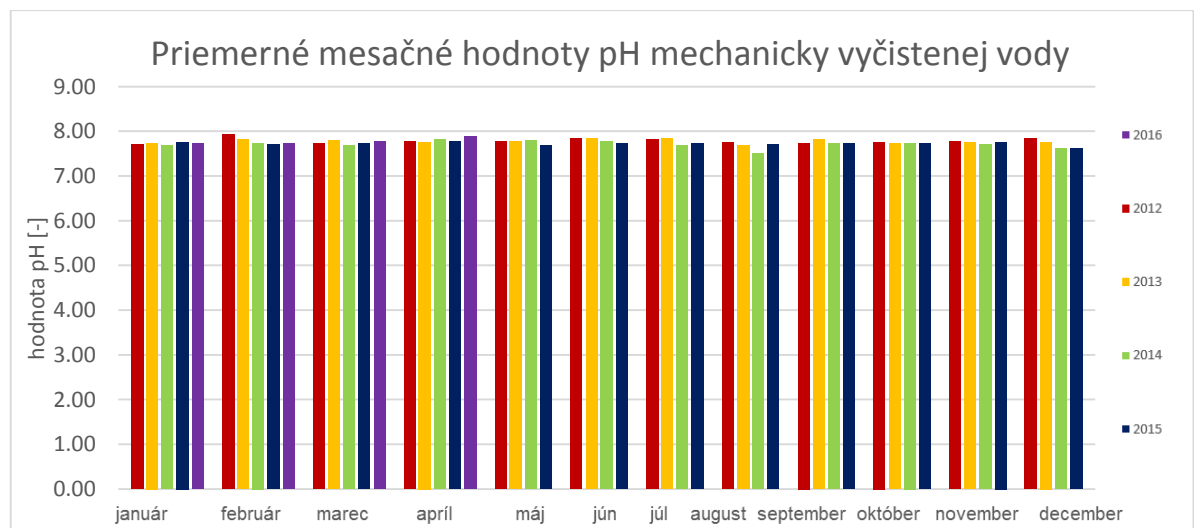
Názov	Značka
Kyslosť/zásaditosť	pH
Chemická spotreba kyslíku	CHSK _{Cr}
Nerozpustené látky	NL ₁₀₅
Rozpustené látky sušené pri 105 °C	RL ₁₀₅
Rozpustené látky žihané pri 550 °C	RL ₅₅₀
Amoniakálny dusík	N-NH ₄
Dusičnanový dusík	N-NO ₃
Celkový dusík	N _{celk}
Fosforečnany	P-PO ₄
Celkový fosfor	P _{celk}
Biochemická spotreba kyslíku	BSK ₅
Rozpustené anorganické soli	RAS

4.1.1. Vyhodnotenie kvality vody na odtoku z mechanického stupňa po rekonštrukcii

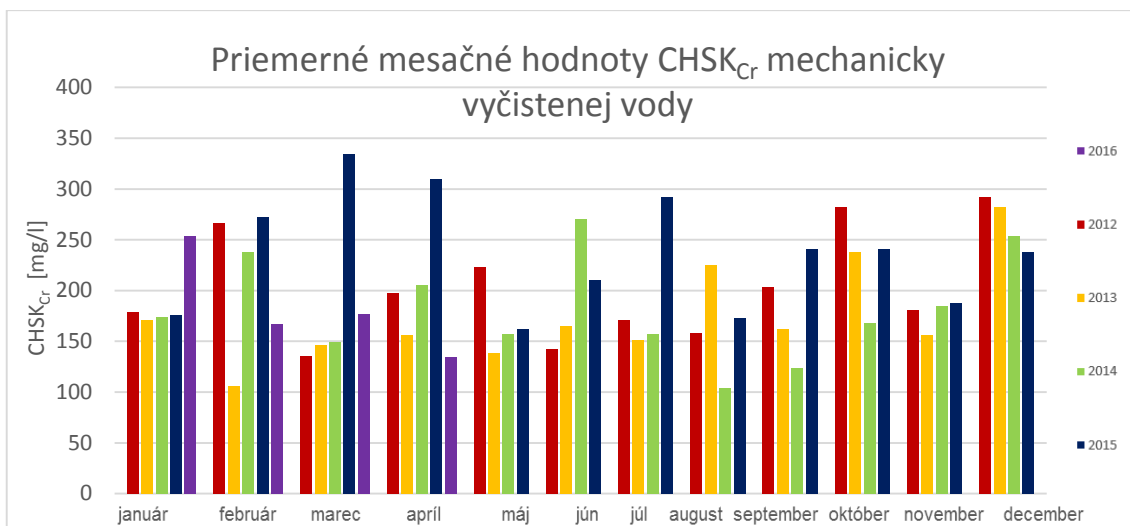
V tejto podkapitole vyhodnocujem efektívnosť novovybudovaného mechanického stupňa. V rámci tejto časti ČOV boli staré hrablice nahradené novými, pôvodné lapače piesku boli prestavané a nové usadzovacie nádrže nahradili pôvodné, ktoré neboli dostatočne účinné. Každý jeden z nasledujúcich grafov zobrazuje priemerné mesačné hodnoty ukazovateľov, ktoré sa pravidelne každé dve hodiny odberajú z parshallovho žľabu po mechanickom stupni. Znečistenie, ktoré sa odstraňuje sedimentáciou alebo cedením na mechanickom stupni je výrazne nižšie po rekonštrukcii, ktorá prebehla v roku 2015. Naopak, znečistenie dosahuje najvyšších hodnôt práve v roku 2015, čo majú za následok dočasné odstávky a pri búracích prácach a demontážach objektov.

V grafe č. 1 sú zobrazené hodnoty pH mechanicky vyčistenej vody. Hodnota pH je nezávislá na technológii mechanického stupňa a jej hodnota sa teda nemení a ostáva rovnaká ako na prítoku do ČOV.

Hodnota $CHSK_{Cr}$ vyjadruje množstvo organických biologicky rozložiteľných aj nerozložiteľných látok v odpadovej vode. Po mechanickom stupni sa jeho hodnota zníži o cca 40%. Z grafu č. 2 je vidieť, že v apríli 2016, kedy začala skúšobná prevádzka čistiarne, je zníženie oproti priemernej ročnej hodnote znečistenia $CHSK_{Cr}$ na prítoku za rok 2016 až 60%. Z toho možno usúdiť, že efektívnosť novovybudovaného mechanického stupňa sa skutočne zvýšila.

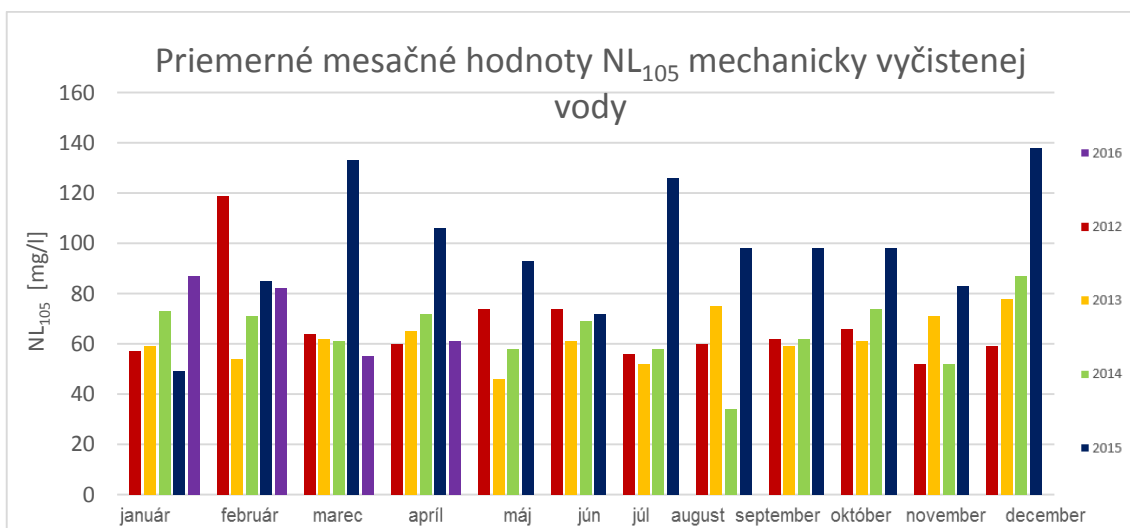


Graf 1 - Priemerné mesačné hodnoty pH mechanicky vyčistenej vody



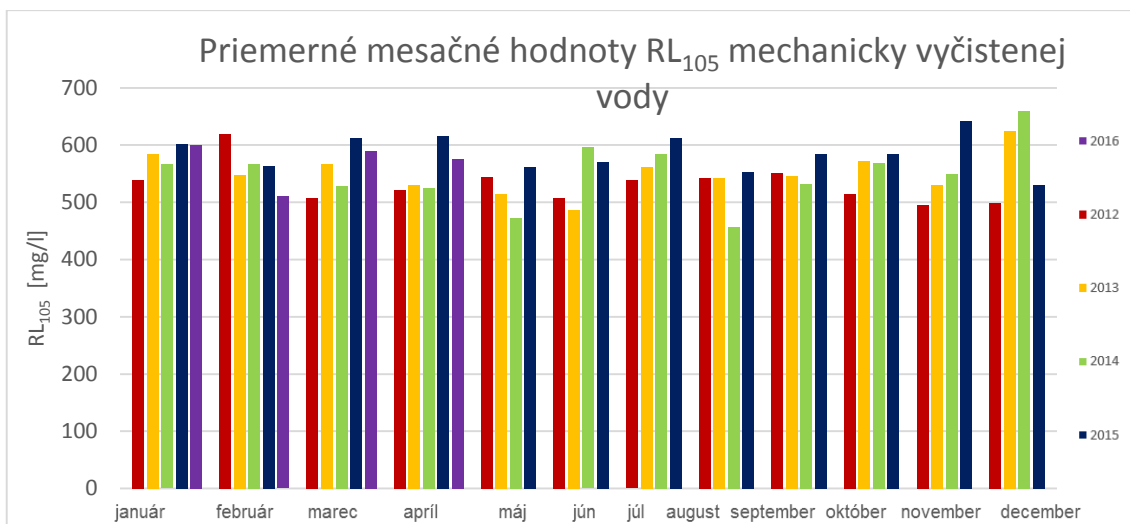
Graf 2 - Priemerné mesačné hodnoty CHSK_{Cr} mechanicky vyčistenej vody

V grafe č. 3 sú zobrazené namerané hodnoty nerozpustených látok NL₁₀₅. Ide o látky, ktoré sa odstránia pri mechanickom stupni sedimentáciou (piesok, štrk ai.) alebo zachytením na prepážkach na hrabliciach alebo filtroch. Na prítoku do ČOV je hodnota znečistenia okolo 150mg/l a po mechanickom stupni sa odstráni približne 50% NL.

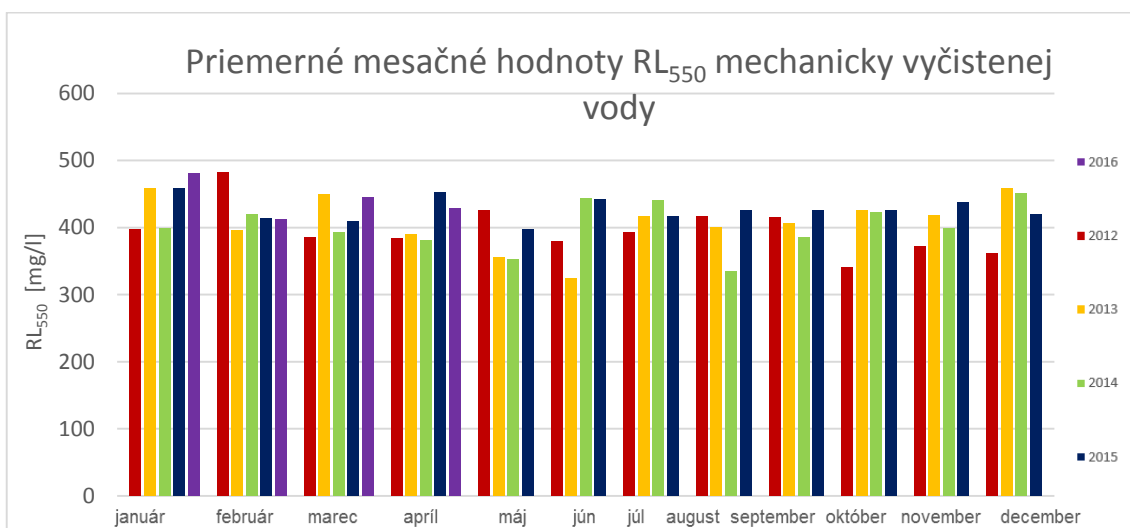


Graf 3 - Priemerné mesačné hodnoty NL₁₀₅ mechanicky vyčistenej vody

Ďalším ukazovateľom znečistenia meraného na ČOV v Streženiciach sú rozpustené látky s odparkom sušeným pri 105°C RL₁₀₅ a rozpustené látky, ktorých odparok je žíhaný pri 550°C RL₅₅₀. Znečistenie tohto druhu sa odstraňuje na biologickom stupni, preto nie je jeho pokles po mechanickom predčistení nijak výrazný.

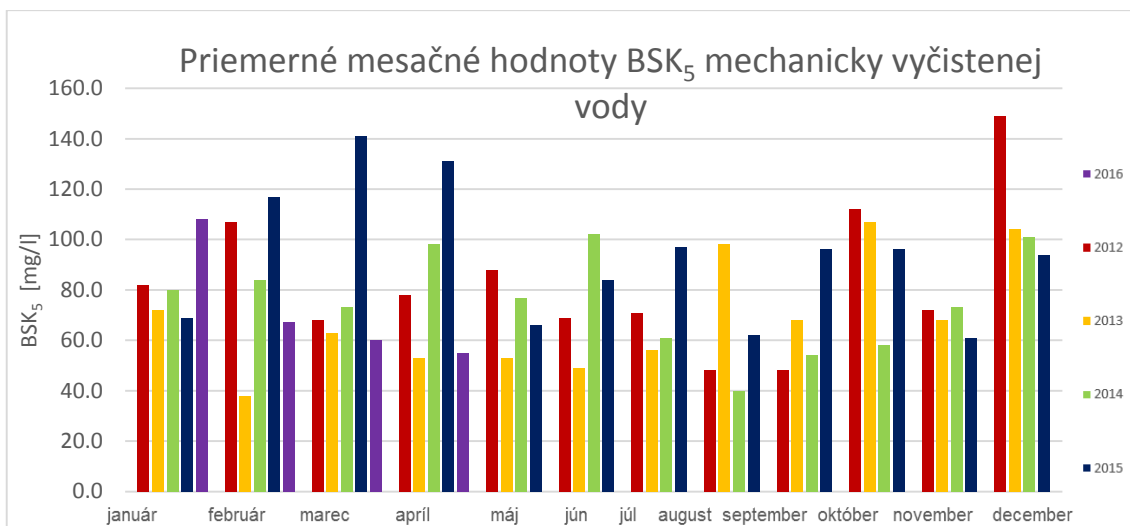


Graf 4 - Priemerné mesačné hodnoty RL_{105} mechanicky vyčistenej vody



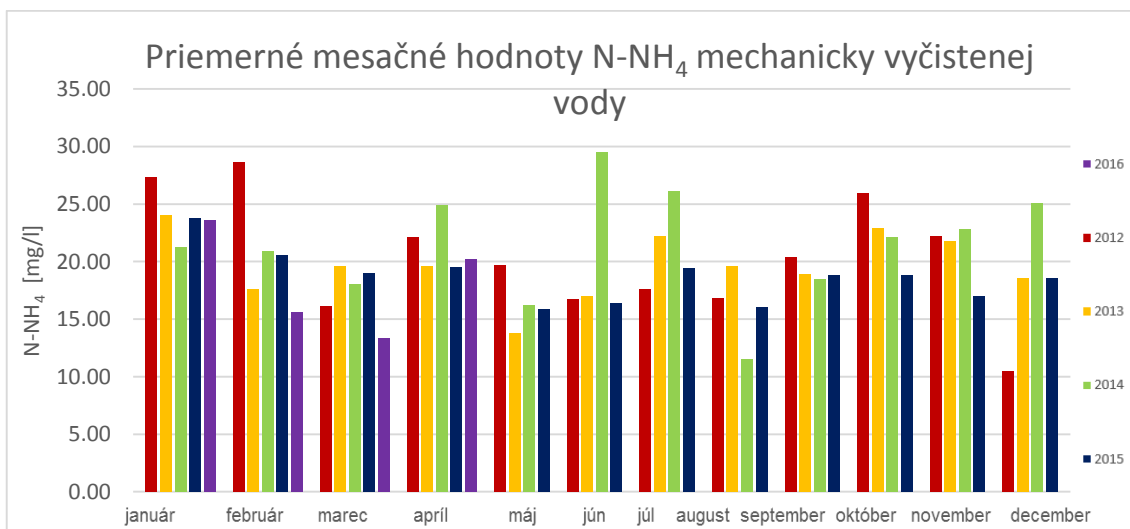
Graf 5 - Priemerné mesačné hodnoty RL_{550} mechanicky vyčistenej vody

Ďalším znečistením, ktoré sa odstraňuje na mechanickej stupni je BSK_5 , ktoré vyjadruje aká veľká časť znečistenia je biologicky čistiteľná. Tam sa odstráni okolo 30- 40% znečistenia a z grafu 6 je zrejmé, že sa po rekonštrukcii zvýšila účinnosť odstraňovania BSK_5 .

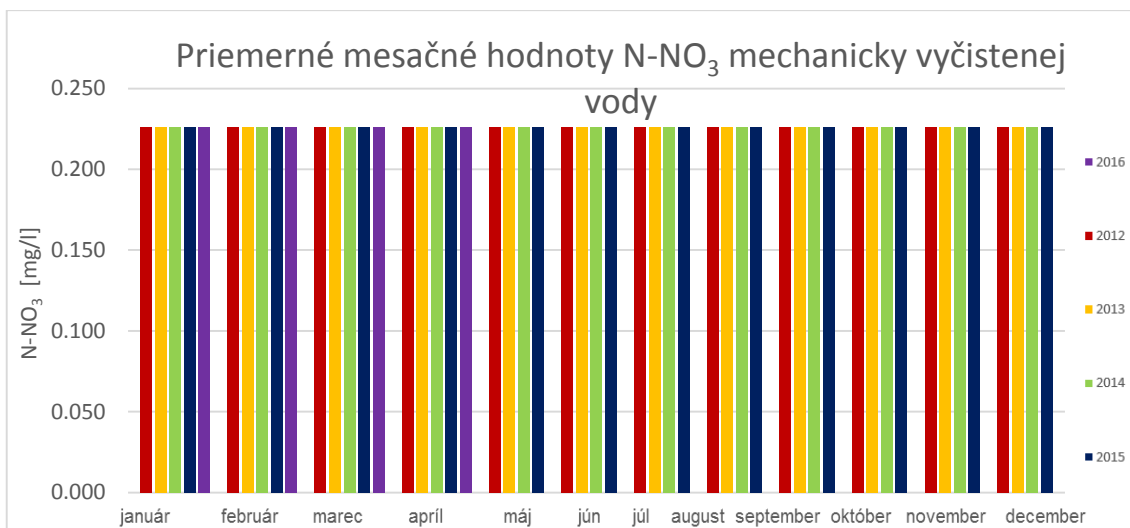


Graf 6 - Priemerné mesačné hodnoty BSK₅ mechanicky vyčistenej vody

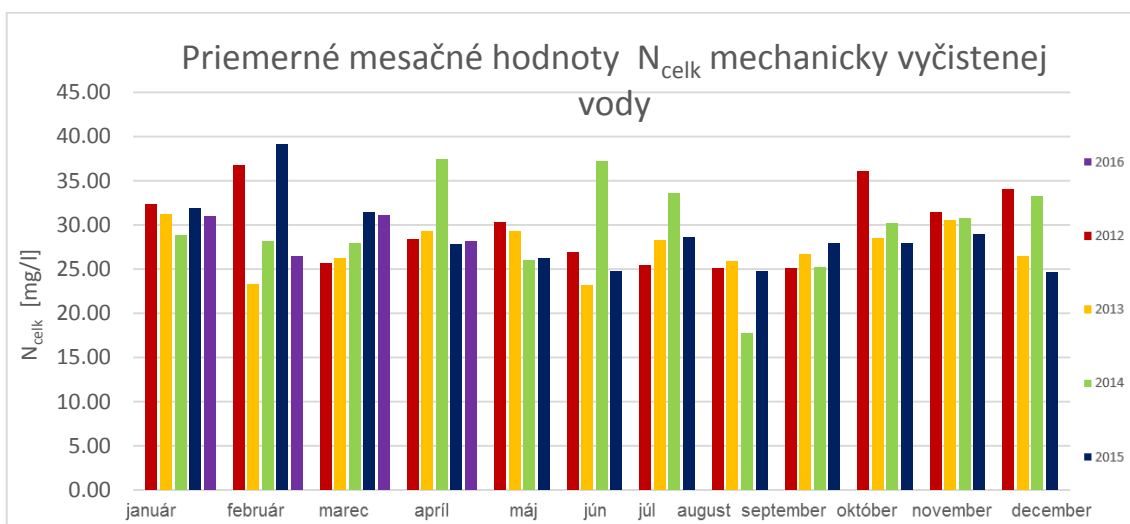
Ďalšie druhy znečistenia, ktoré sú prítomné v odpadovej vode a odoberajú sa aj po mechanickom stupni sú amoniakálny dusík N-NH₄, dusičnanový dusík N-NO₃, celkový dusík N_{celk}, fosforečnany P-PO₄ a celkový fosfor P_{celk}. Znečistenie tohto druhu sa na mechanickom stupni neodstraňuje, preto výsledky rozborov mechanicky vyčistenej vody sú zhodné s tými na prítoku do ČOV.



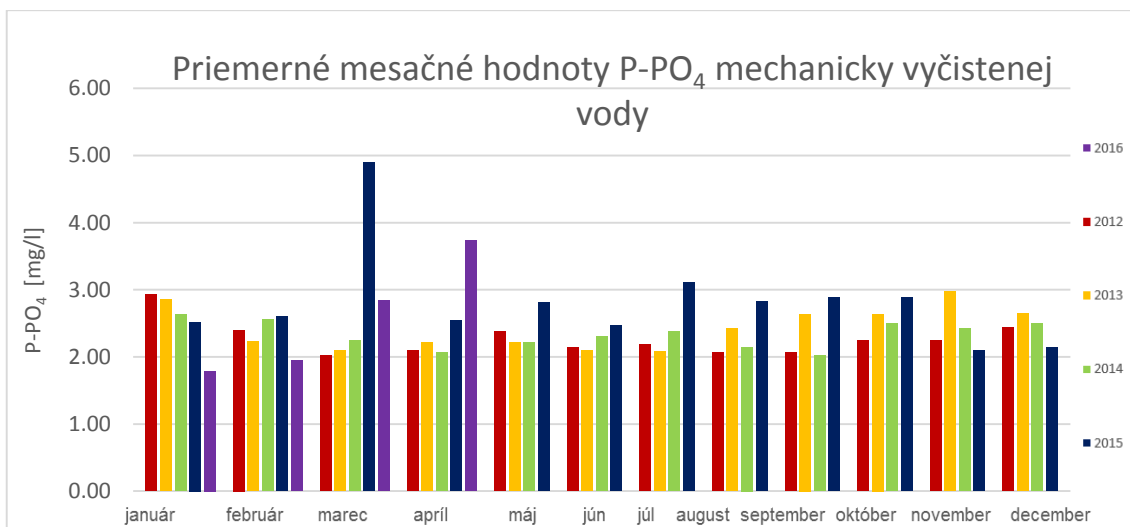
Graf 7 - Priemerné mesačné hodnoty N-NH₄ mechanicky vyčistenej vody



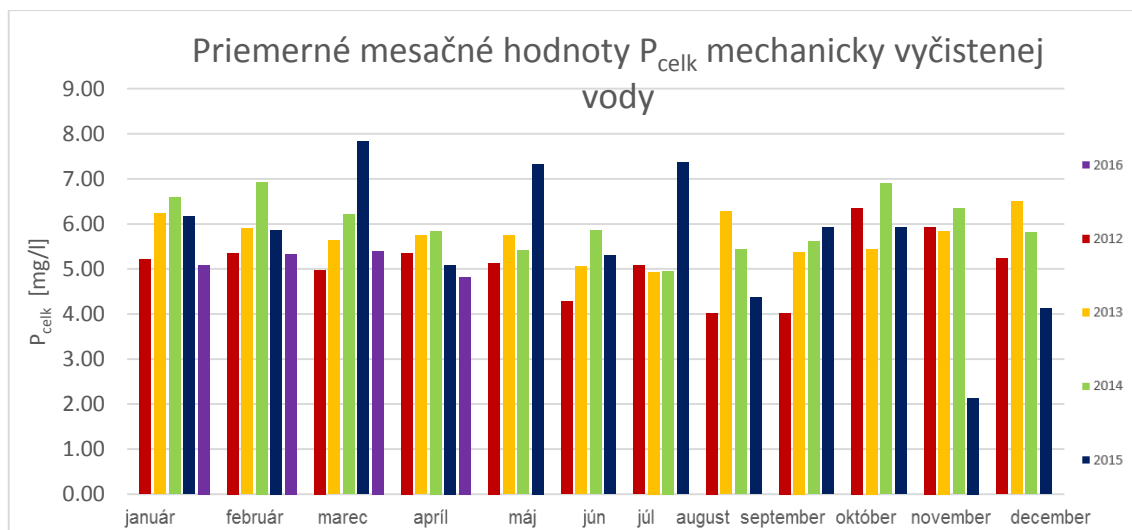
Graf 8 - Priemerné mesačné hodnoty N-NO₃ mechanicky vyčistenej vody



Graf 9 - Priemerné mesačné hodnoty N_{celk} mechanicky vyčistenej vody



Graf 10 - Priemerné mesačné hodnoty P-PO₄ mechanicky vyčistenej vody



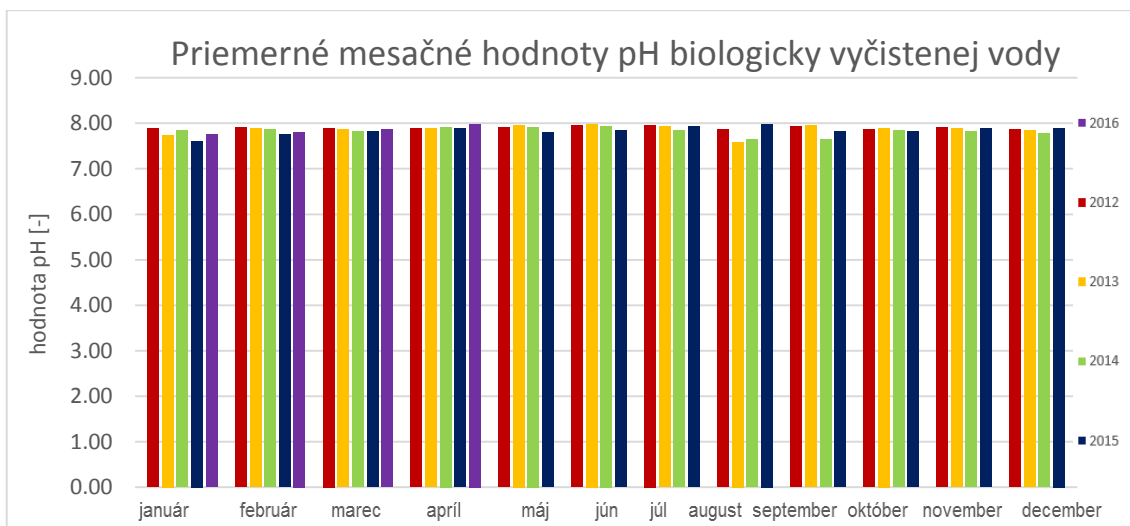
Graf 11 - Priemerné mesačné hodnoty P_{celk} mechanicky vyčistenej vody

4.1.2. Vyhodnotenie kvality vody na odtoku z biologického stupňa po rekonštrukcii

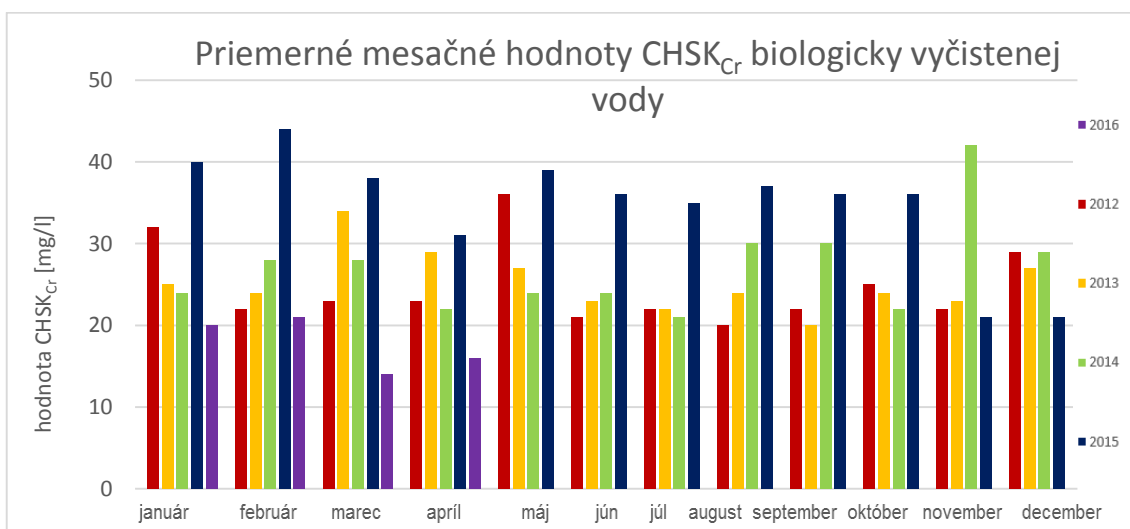
Väčšou časťou intenzifikácie ČOV Streženice bola rekonštrukcia biologickej linky zloženej z aktivačných a dosadzovacích nádrží. V roku 2015 prebiehala rekonštrukcia ČOV za plnej prevádzky, respektíve prevádzkovania vždy jednej linky, najskôr nezrekonštruovanej, potom zrekonštruovanej. Toto malo samozrejme vplyv na kvalitu vyčistenej vody. V súčasnej dobe prebieha skúšobná prevádzka. To znamená, že sa nastavujú jednotlivé parametre ako aj dávkovanie síranu na zrážanie fosforu. Tým možno vysvetliť veľké rozdiely hodnôt niektorých rozborov spôsobené tým, ktorá časť ČOV v čase odberu vzorky bola práve v rekonštrukcii. Pôvodne sa na čistiarni využívali mechanické aerátory a fosfor sa neodstraňoval. Najväčším prínosom rekonštrukcie boli bezpochyby nové aktivačné nádrže, ktorými sa efektivita odstraňovania dusíku niekoľko násobne zvýšila. K odstraňovaniu fosforu zrážaním sa od skúšobnej prevádzky používa síran železitý, ktorý sa dávkuje do dvoch aktivačných nádrží.

Prvým ukazovateľom, ktorý sa sleduje na odtoku je pH vyčistenej vody. Z grafu 12 je vidieť, že hodnoty sú veľmi podobné hodnotám pri mechanicky vyčistenej vode.

Hodnota CHSK_{Cr} vyjadruje množstvo organických biologicky rozložiteľných aj nerozložiteľných látok v odpadovej vode. Najvyššie hodnoty v sledovanom období dosahuje chemická spotreba kyslíku v roku 2015. Toto bolo z dôvodu častých odstávok počas rekonštrukcie, kedy nebolo možné dosahovať dostatočnú kvalitu vyčistenej vody. Po biologickom stupni sa oproti kvalite na prítoku jeho hodnota zníži o cca 95%. Z grafu 13 je vidieť, že hodnota v roku 2016, prvý rok po rekonštrukcii, je nižšia oproti priemernej hodnote znečistenia CHSK_{Cr} na odtoku pred rokom 2015 až o 30%.

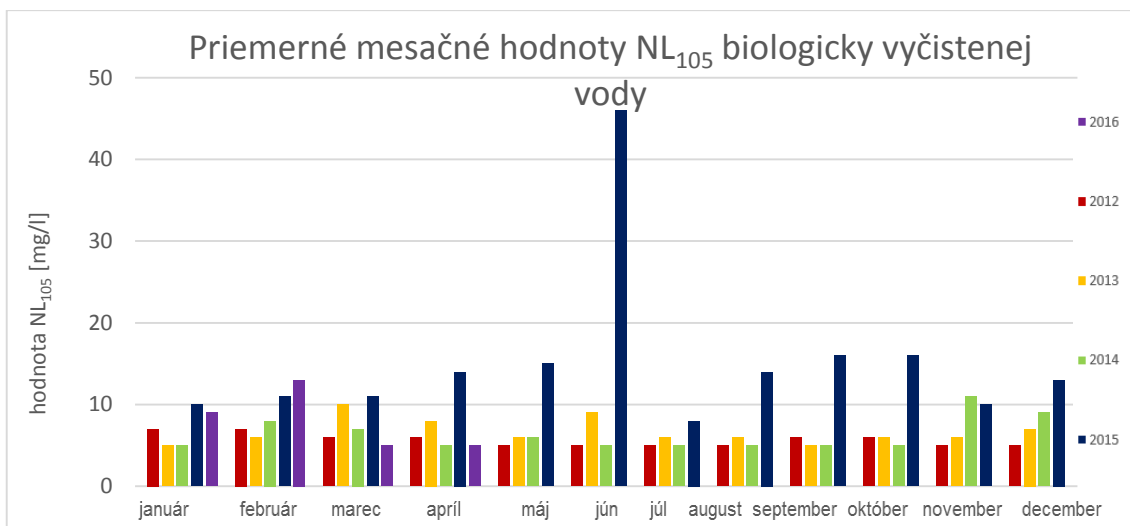


Graf 12 - Priemerné mesačné hodnoty pH biologicky vyčistenej vody



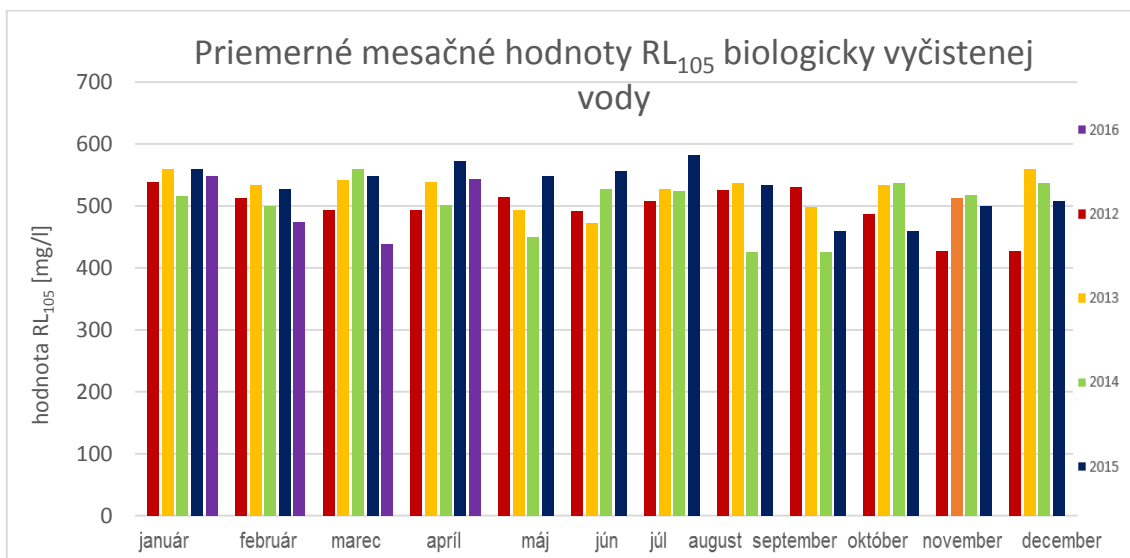
Graf 13 - Priemerné mesačné hodnoty CHSK_{Cr} biologicky vyčistenej vody

Usaditeľné nerozpustené látky sú z cca 30% odstránené v primárnej sedimentácii na mechanickom stupni. Ďalších asi 60% sa odstráni na biologickom stupni v dosadzovacích nádržiach. Z grafu 14 je oproti iným hodnotám výrazne presahujúca priemerná mesačná hodnota $N_{L_{105}}$ z júna 2015. Dôvodom je pravdepodobne úplná odstávka určitého technologického zariadenia. Bohužiaľ, pri zisťovaní dôvodu tejto vysokej hodnoty som nedošla k jasnému záveru, preto môže ísť aj o náhodnú odchýlku spôsobenú ľudským faktorom pri nesprávnom meraní alebo zápise hodnoty.

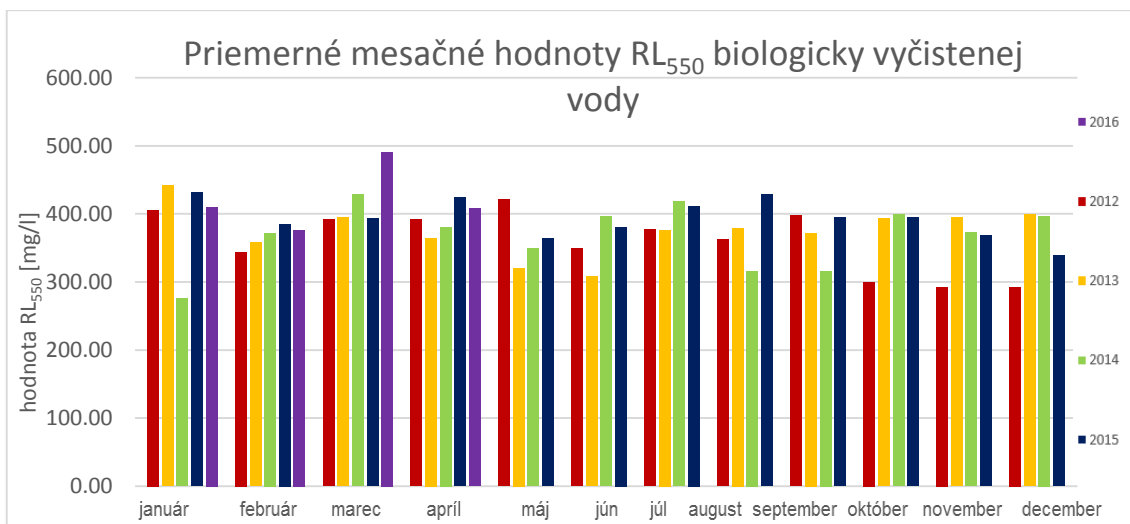


Graf 14 - Priemerné mesačné hodnoty NL_{105} biologickej vyčistenej vody

Ďalším ukazovateľom znečistenia meraného na ČOV v Streženiciach sú rozpustené látky s odparkom sušeným pri 105°C RL_{105} a rozpustené látky, ktorých odparok je žíhaný pri 550°C RL_{550} . Po rekonštrukcii sa ich hodnota výrazne neznížila na rozdiel od hodnôt ostatných ukazovateľov kvality.

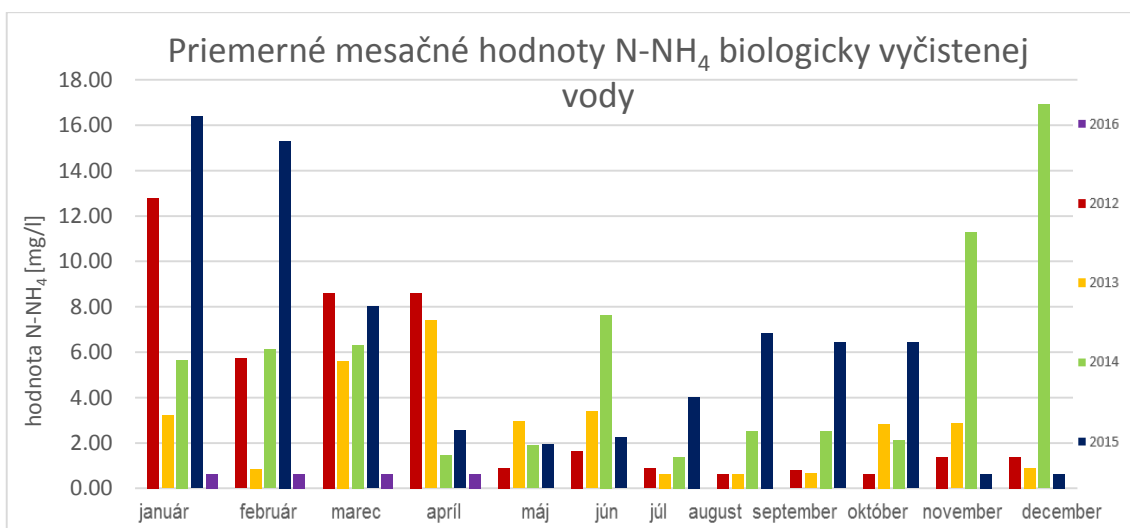


Graf 15 - Priemerné mesačné hodnoty RL_{105} biologickej vyčistenej vody



Graf 16 - Priemerné mesačné hodnoty RL₅₅₀ biologickej vyčistenej vody

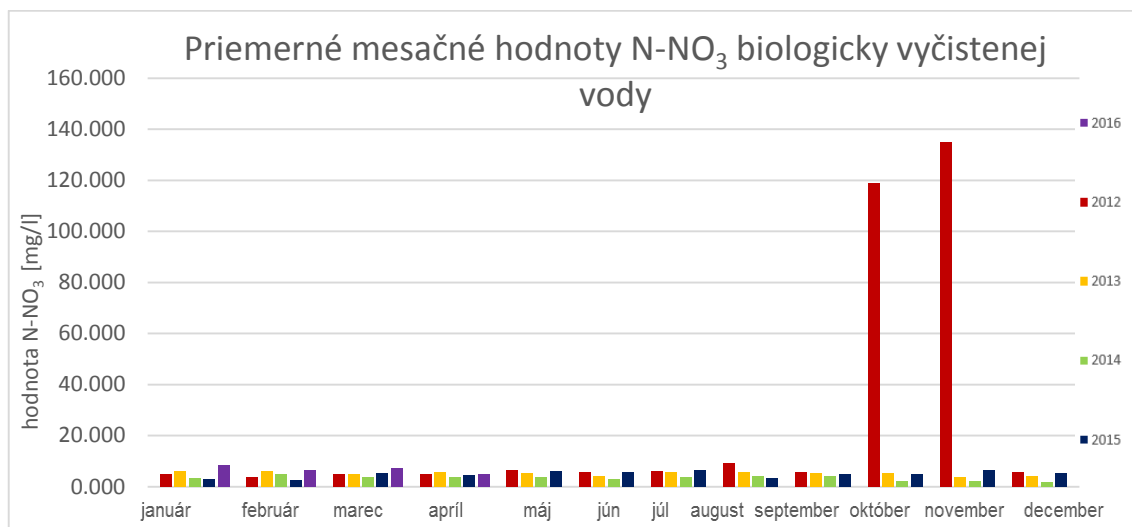
Jeden z hlavných dôvodov rekonštrukcie biologickej linky bolo zvýšenie efektivity odstraňovania dusíka a fosforu. Z grafov zobrazujúcich priemerné mesačné hodnoty týchto ukazovateľov na odtoku je zrejmé vysoké zlepšenie ich odstraňovania. Dusík sa predtým odstraňoval v aktivačných nádržiach pomocou mechanických aerátorov. Tie po rekonštrukcii nahradili 2 denitrifikačné nádrže a nitrifikačné nádrže, v ktorých sa na prevzdušňovanie využíva pneumická aerácia. Hodnota N-NH₄ z grafu 17 sa od novembra 2015, kedy sa dokončila rekonštrukcia biologickej linky, udržiava na stálej hodnote 0,63mg/l čím splňuje limit 15mg/l.



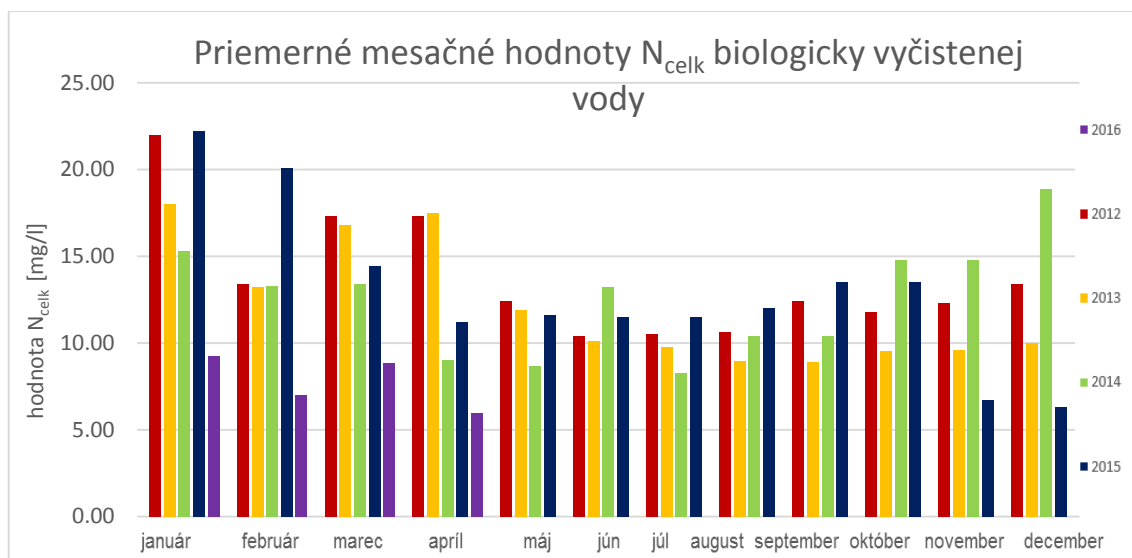
Graf 17 - Priemerné mesačné hodnoty N-NH₄ biologickej vyčistenej vody

Hodnota dusičnanového dusíka N-NO₃ biologickej vyčistenej závisí predovšetkým na intenzite denitrifikácie v aktivačnej nádrži pretože redukuje na dusitanový dusík N-NO₂ a ten následne na plynný dusík. V októbri 2012 došlo k havárii vo vyhnívacej nádrži a veľká časť prebytočného

kalu obsahujúceho dusík sa musela vracat' vnútroareálovou kanalizáciou späť na prítok. Preto hodnoty dusíka na odtoku z ČOV boli extrémne vysoké a prekračovali povolenú hodnotu (graf 18).

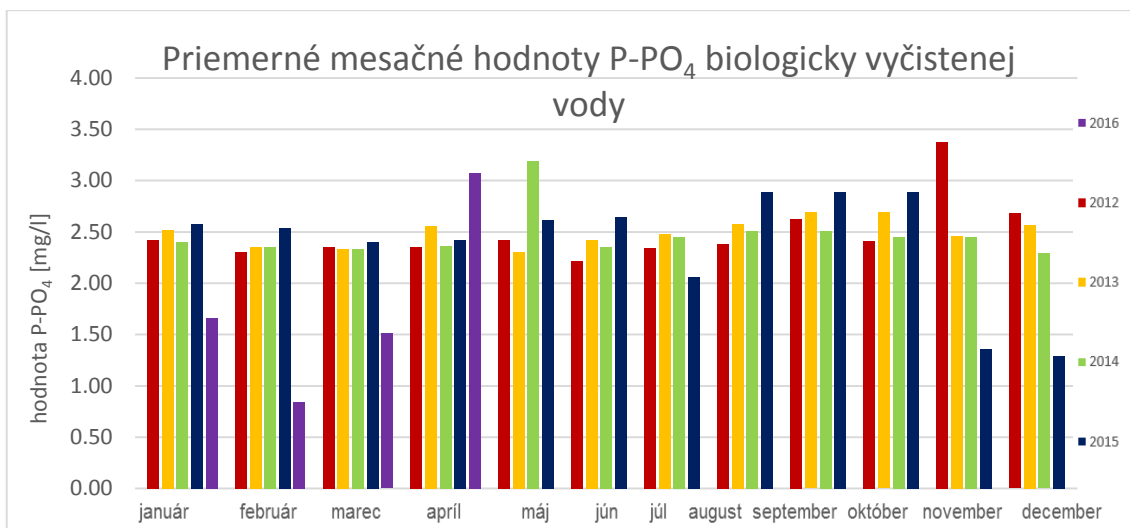


Graf 18 - Priemerné mesačné hodnoty N-NO₃ biologicke vyčistenej vody

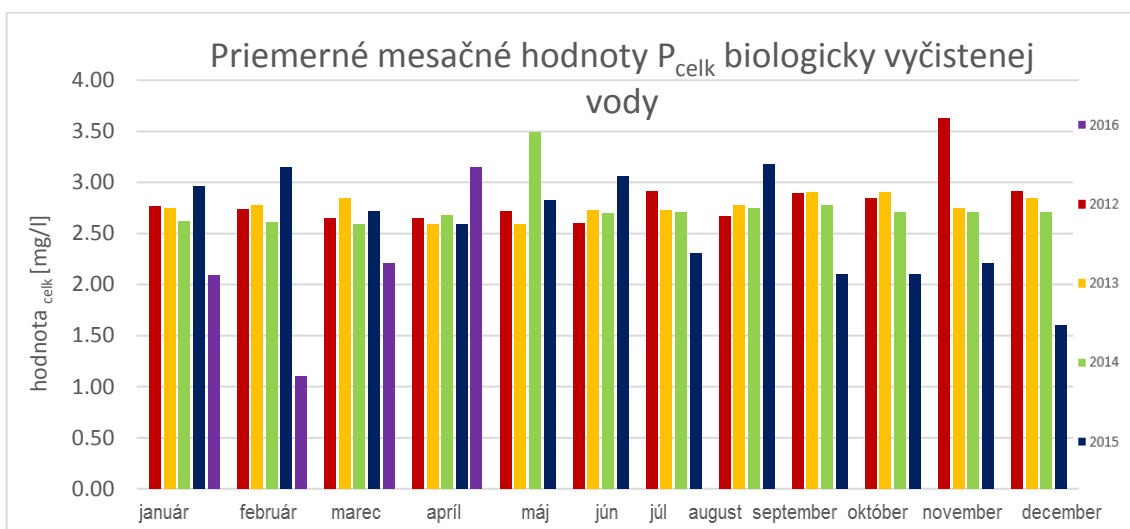


Graf 19 - Priemerné mesačné hodnoty N_{celk} biologicke vyčistenej vody

Pred rekonštrukciou sa fosfor na ČOV neodstraňoval. Súčasťou intenzifikácie bolo nainštalovanie dvoch nových nádrží síranu železitého, z ktorých sa dávkuje koagulant priamo do nitrifikačnej nádrže. Ten sa začal dávkovať až v skúšobnej prevádzke, ktorá začala 1.4.2016. Povolená koncentračná hodnota P_{celk} na odtoku z ČOV Streženice je 2mg/l. Z grafu 21 je jasne vidieť, že táto hodnota bola trvale prekračovaná priemernými mesačnými hodnotami P_{celk}, ktoré dosahovali koncentrácie približne 2,6mg/l. Hodnota fosforu je v apríli 2016 výrazne vysoká. To je spôsobené práve zahájením skúšobnej prevádzky, kedy sa nastavujú optimálne dávky koagulantu a hľadajú sa jeho najpriaznivejšie množstvá.

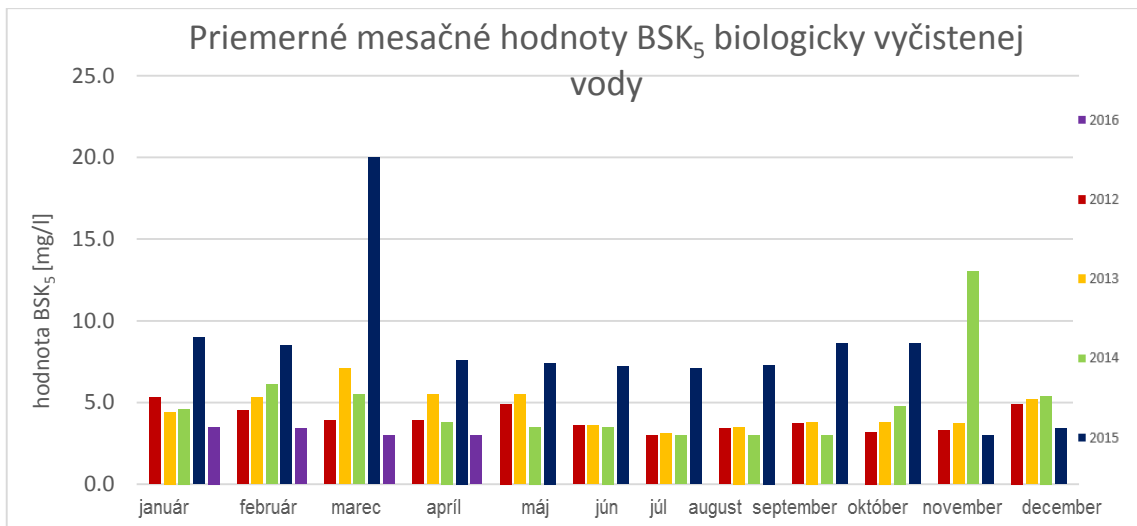


Graf 20 - Priemerné mesačné hodnoty P-PO₄ biologickej vyčistenej vody



Graf 21 - Priemerné mesačné hodnoty P_{celk} biologickej vyčistenej vody

Graf 22 zobrazuje priebeh priemerných mesačných hodnôt BSK₅ biologickej vyčistenej vody. Hodnoty po rekonštrukcii z roku 2016 sú viditeľne nižšie oproti priemerným hodnotám z rokov pred rekonštrukciou a to o približne 26%.



Graf 22 - Priemerné mesačné hodnoty BSK₅ biologicky vyčistenej vody

4.1.3. Podmienky určené v rozhodnutiach orgánov verejnej správy na vypúšťanie odpadových vôd

Obvodný úrad životného prostredia v Púchove svojim rozhodnutím č.j. OÚ ŽP-2011/00634-2/BB1 zo dňa 16. 6. 2011 povolil vypúšťanie odpadových vôd z verejnej kanalizácie mesta Púchov cez mechanicko – biologickú ČOV do vodného toku Váh.

Tab. 4 - Množstvo vypúšťaných odpadových vôd z ČOV Streženice do vodného toku Váh

Maximálny prietok Q_{\max} (l/s)	Priemerný denný bezdažďový prietok Q_{24} (m ³ /hod)	Celkové množstvo vypúšťaných odpadových vôd Q_{celk} (m ³ /rok)
380	9 360	3 414 846

Tab. 5 - Povolené koncentrácie a bilančné hodnoty jednotlivých ukazovateľov znečistenia vo vypúšťaných odpadových vodách

Ukazovateľ	Koncentračné hodnoty [mg/l]		Bilančné hodnoty	
	prípustná hodnota (c_p)	maximálna (m)	kg/deň	t/rok
BSK ₅	20	35	187,2	68,30
CHSK _{Cr}	100	140	936	341,15
NL	20	40	187,2	68,30
N-NH ₄	15	40	140,4	51,22
	25 ^(Z1)	40 ^(Z1)	234,0	
N _{celk}	15	40	140,4	51,22
	30 ^(Z1)	45 ^(Z1)	280,8	
P _{celk}	2	5	18,72	6,83

Legenda :

Hodnoty „p“ sa sledujú v 24-hodinovej zlievanej vzorke (vzorka „c“ podľa prílohy č.7 NV č. 269/2010 Z.z.)

Hodnoty „m“ sa sledujú v 2-hodinovej zlievanej vzorke (vzorka „b“ podľa prílohy č.7 NV č. 269/2010 Z.z.) – pre účely kontroly

Z1 – hodnoty platia pre obdobie, počas ktorého je teplota a odpadovej vody na odtoku z biologického stupňa nižšia než 12°C.

4.1.4. Garantované hodnoty koncentrácie znečistenia vypúšťanej vody

Novovybudovaná technológia biologického čistenia garantuje dosiahnutie nasledujúcej kvality biologicky vyčistenej odpadovej vody:

Tab. 6 - Garantované hodnoty kvality biologicky vyčistenej odpadovej vody

Ukazovateľ	Kvalita vyčistenej vody	Celková účinnosť čistenia
Q_{24}	110 l/s	-
Q_{max}	200 l/s	-
BSK_5	20 mg/l	89,4 %
$CHSK_{Cr}$	90 mg/l	76,2 %
NL_{105}	20 mg/l	88,5 %
N_{celk}	15 mg/l	57,1 %
P_{celk}	2 mg/l	74,7 %

Tab. 7 - Vplyv vyčistenej odpadovej vody na recipient

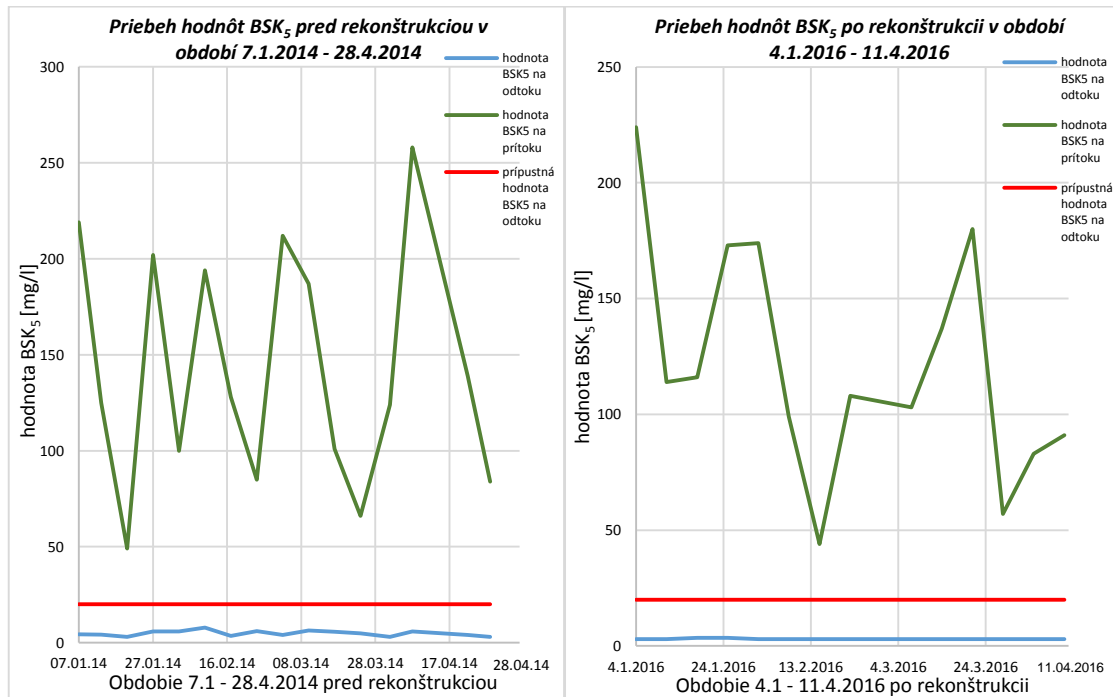
	Nad vyústením ČOV	Vypúšťaná voda	Pod vyústením ČOV
Q355	36,70 m ³ /s	-	-
$Q_{zaručený}$	5,00 m ³ /s	-	5,11 m ³ /s
BSK_5	3,60 mg/l	20 mg/l	3,95 mg/l
$CHSK_{Cr}$	21,30 mg/l	90 mg/l	22,78 mg/l
NL_{105}	34,00 mg/l	20 mg/l	33,70 mg/l
N_{celk}	2,60 mg/l	15 mg/l	2,87 mg/l
P_{celk}	0,10 mg/l	2 mg/l	0,14 mg/l

4.1.5. Samotné porovnanie povolených koncentrácií so skutočnými koncentraciami znečistenia na odtoku z ČOV pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii vo vybraných obdobiach

V tejto podkapitole sú zobrazené priebehy jednotlivých ukazovateľov znečistenia vo vybraných obdobiach pred a po rekonštrukcii. Keďže rekonštrukcia prebiehala celý kalendárny rok 2015, je najvhodnejšie porovnávať prvé mesiace po rekonštrukcii s rovnakým obdobím pred rekonštrukciou. Za vybrané obdobie 7.1.2014 – 28.4.2014 pred rekonštrukciou sú hodnoty výrazne vyššie pričom hodnoty dusíka a fosforu prekračovali povolené koncentrácie. Preto môžem posúdiť, že rekonštrukcia ČOV Streženice bola skutočne nevyhnutná a to hlavne z dôvodu odstraňovania nutrientov P a N. Hodnota P_{celk} je vo vybranom období výrazne vysoká, a limitnú hodnou prekračuje po celú dobu vybraného obdobia.

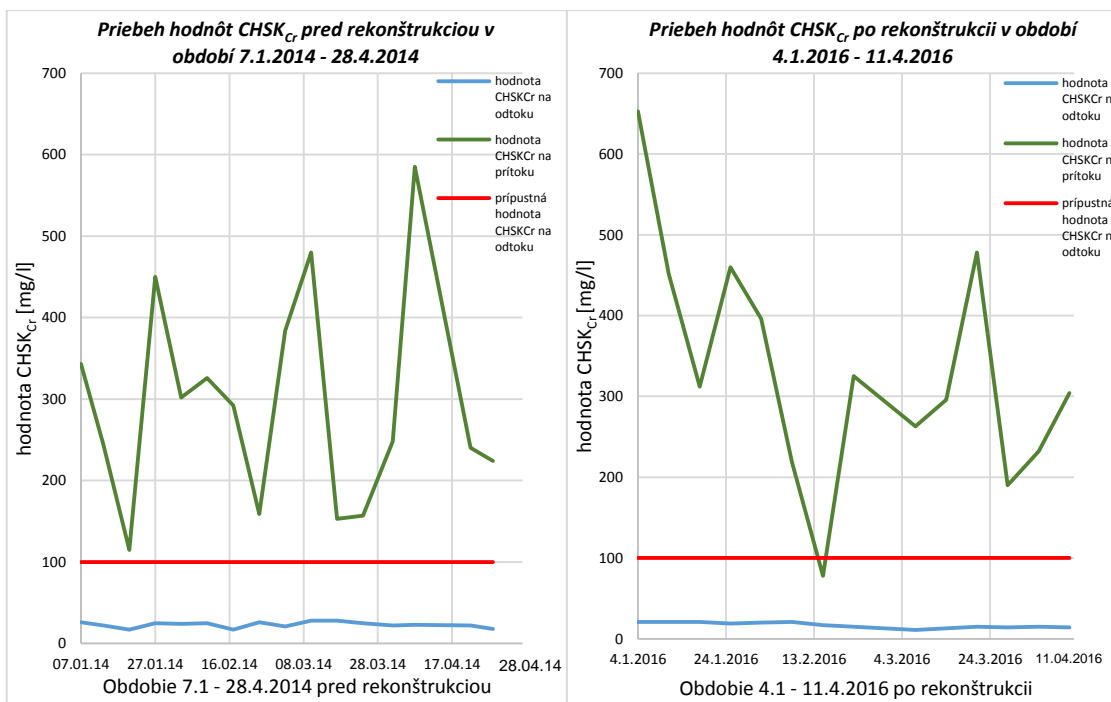
Počas rekonštrukcie v roku 2015 hodnoty znečistenia na odtoku u všetkých parametroch pravidelne prekračovali limitné hodnoty. K tomu dochádzalo z dôvodu pravidelných odstavok

jednotlivých technológií, demontovanie a budovanie nových objektov, rekonštrukcia vnútroareálovej kanalizácie a pod. Tento stav je opäť zrejmý z grafov v podkapitole 4.1.1. a 4.1.2. Hodnoty koncentrácií znečistenia na odtoku z ČOV po rekonštrukcii z obdobia 4.12.2016 – 11.4.2016 sú výrazne nižšie ako pred ňou. Môžem predpokladať, že účinnosť odstraňovania znečistenia samotnej ČOV sa bude časom zvyšovať a to z dôvodu zlepšenia prevádzky v skúšobnej dobe a po nej.



Graf 23 - Priebeh hodnôt BSK₅ vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

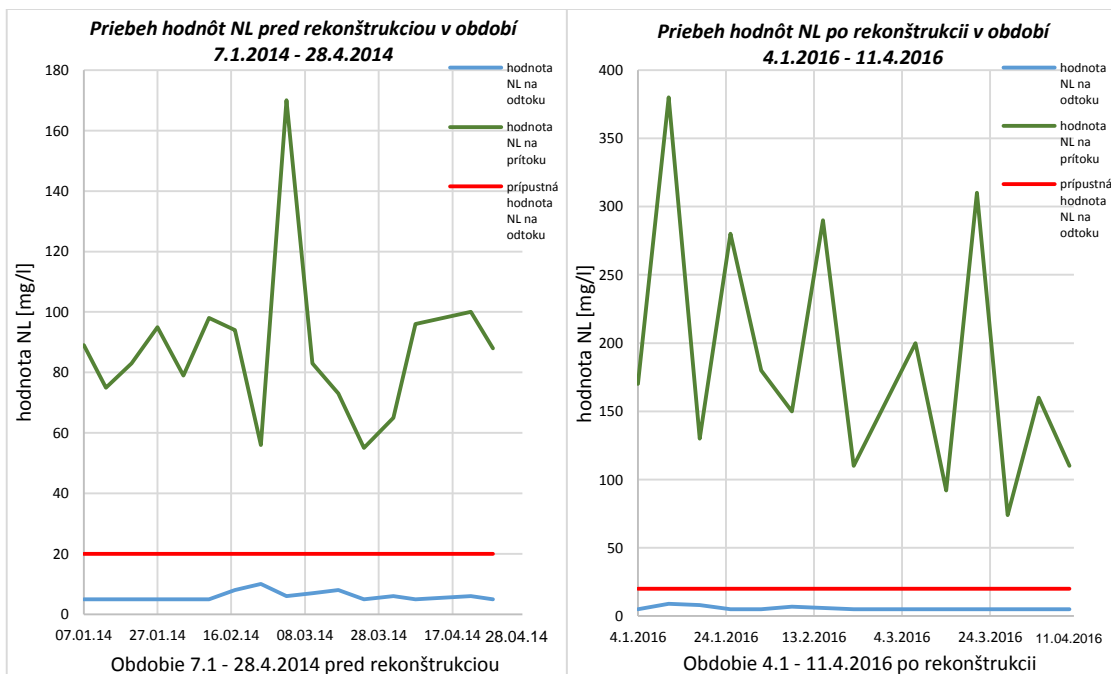
Priemerná hodnota BSK₅ za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 4,84mg/l a po rekonštrukcii 3,07 mg/l. Koncentrácia BSK₅ na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 37%. Prípustná hodnota je 20mg/l a vo vybraných obdobiach nebola prekročená.



Graf 24 - Priebeh hodnôt CHSK_{Cr} vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

Priemerná hodnota CHSK_{Cr} za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 23,06mg/l a po rekonštrukcii 16,93mg/l.

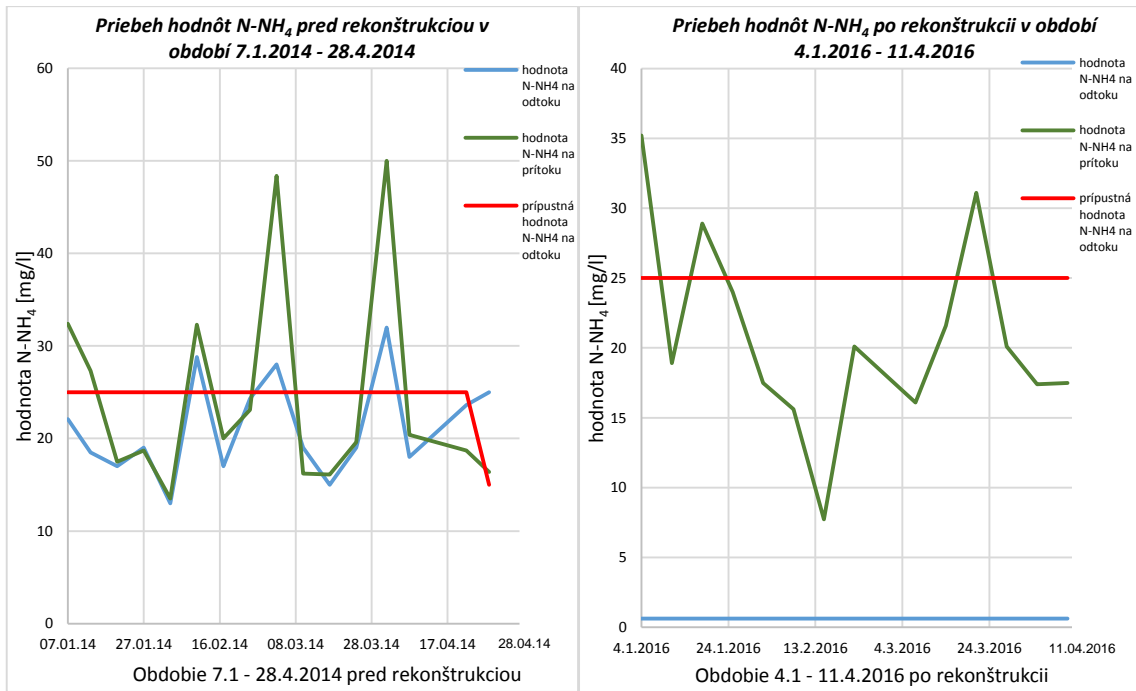
Koncentrácia CHSK_{Cr} na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 26,6%. Prípustná hodnota je 100mg/l a vo vybraných obdobiach nebola prekročená.



Graf 25 - Priebeh hodnôt NL vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

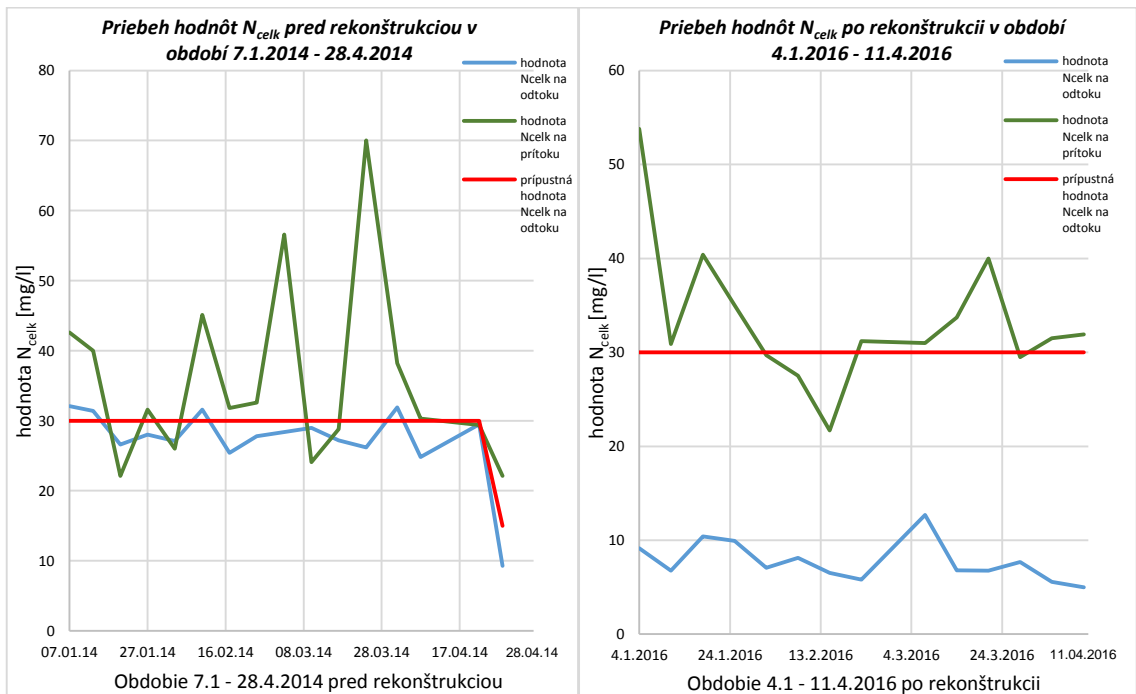
Priemerná hodnota za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 6,02mg/l a po rekonštrukcii 5,71mg/l.

Koncentrácia NL na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 4,76%. Prípustná hodnota je 20mg/l a vo vybraných obdobiach nebola prekročená.



Graf 26 - Priebeh hodnôt N-NH₄ vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

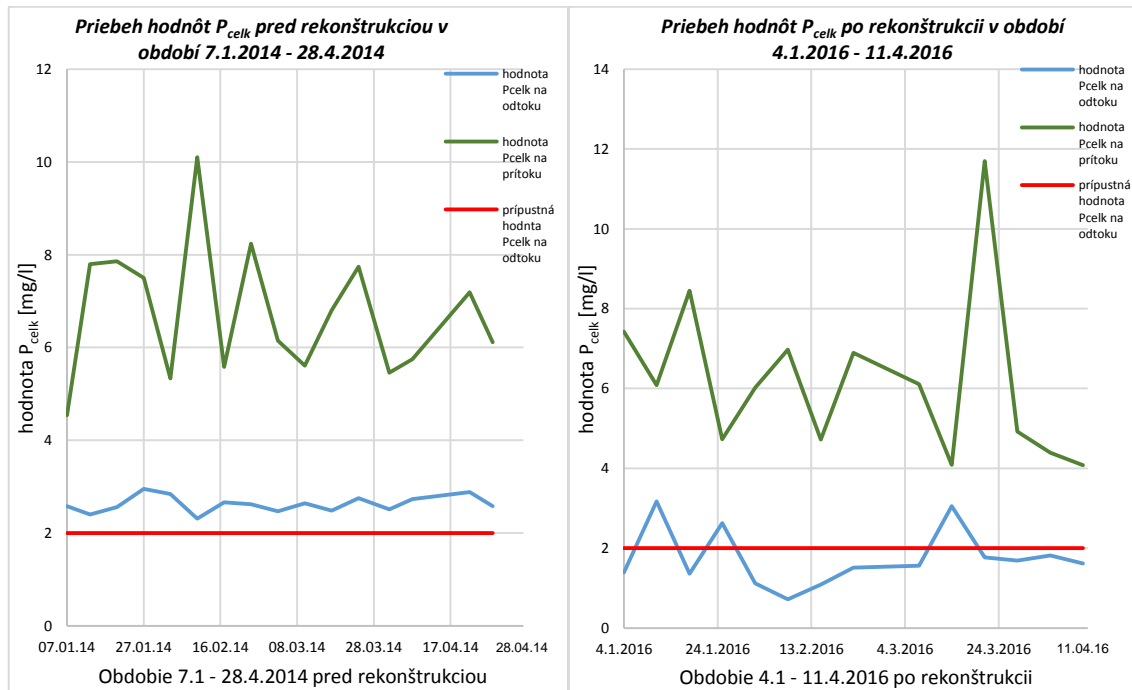
Priemerná hodnota N-NH₄ za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 21,21mg/l a po rekonštrukcii 0,63mg/l. Koncentrácia N-NH₄ na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 97,03%. Prípustná hodnota je 25mg/l (15mg/l viz 4.1.3.) a pred rekonštrukciou bola vo vybranom období 4 krát prekročená.



Graf 27 - Priebeh hodnôt N_{celk} vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

Priemerná hodnota N_{celk} za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 27,27 mg/l a po rekonštrukcii 7,73mg/l.

Koncentrácia N_{celk} na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 71,64%. Prípustná hodnota je 30mg/l (15mg/l viz 4.1.3.) a pred rekonštrukciou bola vo vybranom období 3 krát prekročená.



Graf 28 - Priebeh hodnôt P_{celk} vo vybraných obdobiach pred rekonštrukciou a po rekonštrukcii

Priemerná hodnota P_{celk} za vybrané obdobie pred rekonštrukciou je 2,62 mg/l a po rekonštrukcii 1,75mg/l. Koncentrácia P_{celk} na odtoku z ČOV sa podľa priemerov hodnôt vybraných období znížila o 33,28%. Prípustná hodnota je 2mg/l a pred rekonštrukciou bola vo vybranom období vždy pri vyhodnotení prekročená. Po rekonštrukcii bola prekročená limitná hodnota P_{celk} tri krát a to z dôvodu, že pred skúšobnou prevádzkou, ktorá začala 1.4.2016, nebol fosfor koagulantom odstraňovaný. Z grafu je vidieť, že po 1.4.2016 sa hodnota dostáva pod 2mg/l a tým hodnota koncentrácie P_{celk} splňuje limit.

4.1.6. Vyhodnotenie hodnôt mesačného prevádzkového záznamu za mesiace január, február, marec a apríl za roky 2014 a 2016

Mesačné záznamy ČOV slúžia na prehľad denných množstiev a objemov na jednotlivých stupňoch čistenia. Ide o záznam, do ktorého sú každodenne zaznamenané objemy vyčistenej vody a množstvo znečistenia, ktoré sa z nej odstráni.

Na mechanickom stupni sa sledujú parametre ako teplota vody, objemy vyťažených zhrabkov, piesku, štrku a iných. Na biologickom stupni sa zaznamenáva množstvo sedimentu z dosadzovacích nádrží z oboch liniek alebo množstvo kyslíka spotrebovaného v aktivačných nádržiach.

Ďalšími dôležitými sledovanými parametrami sú množstvá jednotlivých druhov kalu ako surový kal z usadzovacích nádrží, prebytočný kal, ďalej zahustený kal, kal na odstredenie a iné.

Z kalového hospodárstva sa sleduje množstvo kalovej vody z uskladňovacej nádrže alebo objem vyrobeného bioplynu.

Dôležité je zaznamenávať každodennú spotrebu flokulantov na zahusťovanie a odstredenie kalu.

V tabuľke 8 sú zaznamenané priemerované hodnoty zo štyroch mesiacov : január, február, marec a apríl 2014 pred rekonštrukciou. Podobne v tabuľke 9 sú to rovnaké mesiace v roku 2016 po rekonštrukcii. Je vhodné zdôrazniť, že z mesiaca apríl v roku 2016 je v priemere zahrnutých prvých 26 dní. Je to z dôvodu, že v čase vyhodnotenia hodnôt mesačného prevádzkového záznamu mi bolo poskytnutých za mesiac apríl 2016 prvých 26 dní mesiaca. V poslednom riadku tabuľky je vždy celková suma, teda objem, hmotnosť, teplota a iné za celé štyri mesiace. V predposlednom riadku tabuľky je priemerná hodnota za spomínané štyri mesiace.

V zázname z roku 2014 chýbajú pri niektorých parametroch hodnoty a to z toho dôvodu, že v tej dobe sa daný parameter nemeral (teplota vo vyhniwanej nádrži) alebo sa v prevádzke nevyužíval (napr. flokulant na zahusťovanie).

Tab. 8 - Zpriemerovaný mesačný prevádzkový záznam z obdobia január - apríl 2014

Teplota		Odtok			Surový kal			Biologické čistenie						Kalové hospodárstvo							
Vzduch	Prítok	Celkový odtok			UN I	UN II	UN 1 + UN 2	Sediment AN I	Sediment AN II	Prebýtočný kal I	Prebýtočný kal 2	zahustený kal 2	Prebýtočný kal 1 + 2	Teplota VK	Kalová voda	Kal na mech. odvodnenie	Odvodn. kal z odstred.	flokulant zahustenie	flokulant odstredivka	Kal na kal. polia	Vysušený kal z kal. polí
°C	°C	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	°C	m ³	m ³	m ³	kg/deň	kg/deň	m ³	m ³
7.7	11.1	7586.2	28.4	19.9	28.9	28.9	340.6	417.4	73.8	158.9	-	118.0	-	-	1.1	50.2	2.7	-	7.1	0.0	-
923.0	1346.0	909376.0	3412.0	2343.0	5755.0	5755.0	40512.0	46747.0	8820.0	19276.0	-	27536.0	-	-	140.0	4996.0	317.0	-	850.0	0.0	-
Vývoz odpadu z ČOV																					
kal		zhrabky		piesok		spolu		Tepl. v AN I		Teplota v AN II		Mechanický stupeň		Plyn		Uhlie		Kyslík			
t	t	t	t	t	t	t	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	t	t	mg/l	mg/l	
4.5	-	-	-	-	10.7	11.0	0.2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.7	1.7	0.7	
539.0	-	-	-	-	1287.0	1320.0	20.4	3.3	0.0	58.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.1	199.4	93.1				

Tab. 9 - Zpriemerovaný mesačný prevádzkový záznam z obdobia január - apríl 2016

Teplota			Surový kal			Biologické čistenie						Kalové hospodárstvo						
Vzduch	Prítok	Celkový odtok	UN I	UN II	UN 1 + UN 2	Sediment AN I	Sediment AN II	Prebytočný kal I	Prebytočný kal 2	zahustený kal 2	Spotr - vykurovanie	Horák zbytkovéh plynu	Uhlie	Kyslík	Kal na mech. odvodnenie	Kal na kal. polia	Kal na kal. polia	Vysušený kal z k. polí
°C	°C	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	t	mg/l	m ³	m ³	m ³	m ³
5.67	11.26	7834.31	9.74	8.20	8.97	548.54	555.13	111.25	93.56	18.69	102.40	35.94	9.53	18.50	4.55	0.31	0.31	0.04
632.95	1314.50	971454.00	1147.00	959.00	2106.00	64497.00	64818.00	12976.00	10971.00	1626.00	30177.00	4192.60	1142.00	2204.00	398.00	36.00	36.00	5.00
Vývoz odpadu z ČOV			Tepl. v AN			Mechanický stupeň						Plyn						
kal	zhrabky	piesok	spolu	Teplota v AN I	Teplota v AN II	Zhrabky	Tuky	Štrk	Piesok	Vyrobený	Spotr - vykurovanie	Horák zbytkovéh plynu	Uhlie	Kyslík	Kal na mech. odvodnenie	Kal na kal. polia	Kal na kal. polia	Vysušený kal z k. polí
t	t	t	t	°C	°C	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	t	mg/l	m ³	m ³	m ³	m ³
1.69	0.00	5.24	6.19	5.77	5.71	0.08	0.04	0.01	0.02	491.67	469.75	26.40	0.00	3.61	6.42	6.42	6.42	6.42
191.96	0.00	629.30	746.86	653.80	647.10	8.91	4.79	1.53	2.16	57505.00	55035.00	2960.00	0.00	415.50	759.70	759.70	759.70	759.70

Pri vzájomnom porovnaní oboch tabuliek sú hodnoty veľmi odlišné.

Napríklad množstvo surového kalu z usadzovacích nádrží za vybrané mesiace v roku 2016 – 2 106m³ je menšie ako v roku 2014 – 5 755m³. Je to z toho dôvodu, že v rámci rekonštrukcie boli na mechanickom predčistení vybudované technológie s intenzívnejším odstraňovaním usaditeľných látok.

Ďalším výrazným rozdielom sú hodnoty kalu z biologického čistenia. Hodnoty sedimentu z aktivačných nádrží a prebytočných kal za vybrané obdobie v roku 2016 majú väčšie objemy ako pred rekonštrukciou. Vyplýva to z toho, že sa v súčasnosti odstráni v aktivačných nádržiach viac znečistenia a tým sa zväčší jeho objem. Pre porovnanie sedimentu : rok 2014 – 87 259m³ a za rok 2016 – 129 316m³.

Pred rekonštrukciou sa kal nezahusťoval, preto sú objemy zahusteného kalu z roku 2014 nulové. Objemy kalu na mechanické odvodnenie sú za vybrané mesiace roku 2014 väčšie a je to z toho dôvodu, že sa kal v januári a februári 2016 neodvodňoval.

Výrazným rozdielom sú objemy kalovej vody z roku 2014 a 2016. V roku 2014 za obdobie január až apríl je objem kalovej vody 140m³ pričom v roku 2016 až 1142m³. Tento rozdiel je spôsobený tým, že sa vo februári a apríli bol objem kalovej vody nulový .

Spotreba kyslíka v nových nitrifikačných nádržiach je mnohokrát vyššia ako pôvodne. Je to spôsobené novými pneumatickými aerátormi, ktoré majú mnohokrát vyššiu spotrebu kyslíka ako pôvodné mechanické.

4.2. Odporúčenia na zlepšenie stávajúcich objektov

Celkovo môžeme zhodnotiť intenzifikáciu ČOV v Streženiciach kladne. Odstraňovanie začistenia na tejto mechanicko - biologickej čistiarni je intenzívnejšie a hodnoty znečistenia vyčistenej vody sú vyhovujúce.

Nie každá rekonštrukcia je zrealizovaná podľa plánov a predstáv a takou je aj predmetná ČOV.

4.2.1. Obtokové potrubie z odľahčovacej komory

Pri návrhu obtokového potrubia, do ktorého ústia tri potrubia z odľahčovacej komory, bola pravdepodobne zle vypočítaná výška založenia týchto potrubí. Vychádzalo sa z výšky hladiny recipientu pri 50 - ročnej vode a minimálneho sklonu potrubia.

Na obrázku 34 je vidieť dve z troch spomínaných potrubí, ktoré sú navrhnuté a založené vyššie ako je potrebné a z tohto dôvodu dochádza pri dažďových stavoch k vzdúvaniu vody. Na obrázku naznačuje šípka výšku hladiny vzdutej odpadovej vody. Pri tomto stave sú zaplavené ovládacie jednotky čerpadiel umiestené na zábradlí, tlakové čidlo na začiatku sacieho bazénu a ostatné prevádzkové vybavenie sacieho bazénu.

V súčasnej dobe by nebolo časovo ani finančne možné znížiť polohu potrubí až na úroveň pod rošty . Ako opatrenie súčasného stavu navrhujem presun ovládacích jednotiek do vyššej pozície aby nedochádzalo k ich opakovanému zaplavovaniu a tým znehodnocovaniu.



Obr. 61 - Sací bazén s vyznačenou hladinou pri dažďových stavoch [4]

4.2.2. Tlakové čidlo na prítoku

Tlakové čidlo umiestnené na začiatku sacieho bazénu meria výšku hladiny vody, no je nespoľahlivé z dôvodu častého zanášania materiálom pri dažďových stavoch. Navrhujem trvalé odstránenie tohoto čidla, pretože hladinu je možné merať jedným z troch čidiel umiestených nad ním.



Obr. 62 - Tlakové čidlo na prítoku do ČOV [4]

4.2.3. Ventily ponorných výtlačných potrubí

Nožové ventily DN250 na ponorných výtlačných potrubíach nachádzajúcich sa v čerpacej stanici mechanického predčistenia sú plne funkčné, ale vo vzťahu k tlakovým potrubiam nemajú nijakú funkciu, preto bola investícia do tohoto príslušenstva zbytočná.



Obr. 63 - Ventily ponorných výtlačných potrubí [4]

4.2.4. Nerovnomerný prítok na linky aktivačných nádrží

Z lapača piesku preteká voda cez rozdeľovací objekt, kde sa delí na dve identické usadzovacie nádrže a biologické linky. Po tom ako sa rozdelí prechádza do usadzovacej nádrže žľabom so stavítkom. Geodetická výška dna ľavého žľabu je menšia oproti výške pravého a preto dochádza k rozdielnym prietokom do oboch usadzovacích nádrží. Najväčším problémom je ale množstvo kyslíka závislého na prietoku v nádrži, ktorý je privádzaný do aeračných elementov a nedá sa jednoducho ovládať. Dochádza preto k rôznym výsledkom rozborov z linky 1 a z linky 2. Ďalším problémom je vzdúvanie vody v ľavom žľabe pri dažďových stavoch, čo stav ešte zhoršuje. Ako opatrenie navrhujem presné domeranie výškových bodov a vybetónovanie dna žľabov do rovnakej úrovne aby boli nátoky do oboch liniek zhodné.



Obr. 64 - Rozdeľovací objekt pred usadzovacími nádržami [4]

4.2.5. Zanesená hladina lapača piesku

V okrese Púchov sa nachádza priemyselná výroba rôzneho druhu ako mäsokombinát, veľkovývarovne, stravovacie zariadenia ai. Práve výroba tohto druhu produkuje veľké množstvo tukov a nie všetky majú vlastné lapače tukov a vypúšťajú takýto odpad do kanalizačnej siete. To spôsobuje na ČOV zamastenie čistiacich kief na hrabliciach, lisoch a dopravníkoch, upchávanie a zanášanie čerpadiel a v neposlednom rade plávajúce mastné agregáty na hladine v lapači piesku. Odstránenie takéhoto znečistenia by bolo komplikované a finančne náročné, preto je najvhodnejším riešením riešiť tento problém priamo u producenta.



Obr. 65 - Zanesená hladina lapača piesku [3]

ZÁVER

Cieľom mojej bakalárskej práce bolo zhodnotiť rekonštrukciu čistiarne odpadových vôd v Streženiciach a zároveň posúdiť kvalitu vypúšťanej vody na odtoku z čistiarne.

Hlavným dôvodom rekonštrukcie boli vysoké koncentrácie dusíka a fosforu na odtoku a nedostačujúce technológie čistenia odpadovej vody. Samotná rekonštrukcia, ktorá prebiehala počas roku 2015, splnila očakávania a skúšobná prevádzka začala 1. apríla 2016.

Rekonštrukciou si prešla celá čistiaca linka od prítoku do ČOV až po samotný odtok do recipientu Váh. Okrem intenzifikácie čistenia bolo nutné zlepšiť funkciu celého kalového hospodárstva vrátane spracovania bioplynu.

Hodnoty znečistenia dusíka na odtoku z ČOV boli pred rokom 2015 a počas rekonštrukcie výrazne prekračované. Preto jedným z hlavných dôvodov intenzifikácie ČOV Streženice boli vysoké hodnoty tohoto nutrientu, ktorého koncentrácia prekračovala tú povolenú. Rekonštrukciou celej biologickej linky, ktorá spočívala v nahradení mechanických aerátorov novými nitrifikačnými a denitrifikačnými nádržami, sa tento problém natrvalo odstránil a hodnoty dusíka na odtoku sa udržuujú na stálej hodnote 0,63 mg/l.

Na odstraňovanie fosforu sa ako súčasť rekonštrukcie vybudovali nádrže síranu železitého. Hodnoty P_{celk} na odtoku z obdobia pred rekonštrukciou nevyhovovali vo všetkých prípadoch. Dáta po rekonštrukcii namerané laboratórne z 24-hodinových zlievaných vzoriek vyhodnocujúce obsah fosforu na odtoku sú vysoké z dôvodu nedokončenej technológie na jeho odstraňovanie. Koagulant na zrážane fosforu sa začal dávkovať do aktivácie až 1.4.2016, kedy začala skúšobná prevádzka, preto nie je zatiaľ možné posudzovať samotnú efektivitu odstraňovania fosforu z dôvodu nedostatočne reprezentatívnych dát.

Počas rekonštrukcie došlo v niektorých prípadoch k nevhodnému riešeniu novobudovaných objektov akým boli napríklad potrubia odľahčovacej komory alebo nátoky do usadzovacích nádrží. Niektoré vybavenie jestvujúcich alebo nových objektov bolo zbytočné z dôvodu nefunkčnosti, v prípade tlakového čidla v sacom bazéne, alebo z dôvodu nevyužitia, napríklad ventily na výtlačných potrubíach čerpacej stanice.

Celkovo rekonštrukciu a jej efektivitu vyhodnocujem pozitívne na základe poskytnutých informácií a laboratórných výsledkov vyčistenej vody. Pri tomto posudku sa okrem výsledkov z odtoku opieram aj o množstvo znečistenia odstráneného či už na mechanickom alebo biologickom stupni.

Okrem spomínaného fosforu vyhovuje ČOV všetkým kritériám súčasnej slovenskej legislatívy, preto nie je potrebné zvyšovať úroveň čistenia odpadových vôd. Jediný problém, ktorý sa musí v skúšobnej prevádzke vyriešiť je optimalizácia odstraňovania fosforu, kedy je potrebné navrhovať dávky koagulantu tak, aby boli úmerné množstvu tohoto znečistenia.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] Activated sludge - Wikipedia, the free encyclopedia. *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Activated_sludge
- [2] Архивы блога - Biological Waste Treatment Expert. *Biological Waste Treatment Expert - Blog* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.biologicalwasteexpert.com/blog/archives/09-2015>
- [3] Autor fotografie – POVAŽSKÁ VODÁRENSKÁ SPOLOČNOSŤ, a.s.
- [4] Autor fotografie – Zuzana Gabková
- [5] Biostyr™ compact biofilter | Veolia Water Technologies | ESI Enviropro. *ESI Enviropro* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.enviropro.co.uk/entry/34041/Veolia-Water-Technologies/Biostyr-compact-biofilter/>
- [6] Bubnový filtr AEM S-22. *Jezírka eshop, kompletní sortiment pro zahradní jezírka* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.jezirka-eshop.cz/bubnovy-filtr-aem-s-22/pro1443.html>
- [7] Continuous Centrifuges - Liquid Chromatography. *Every Home Can Use Solar Stirling Engine For Free Energy* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.civilengineeringhandbook.tk/liquid-chromatography/continuous-centrifuges.html>
- [8] EK Hodonín - Výrobce a dodavatel v oblasti ČOV, elektro, kovo, stájových a chladících technologií | Ekologická výroba - Rotační síto. *EK Hodonín - Výrobce a dodavatel v oblasti ČOV, elektro, kovo, stájových a chladících technologií* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.ekhodonin.cz/cz/5.ekologicka-vyroba/2.rotacni-sito/>
- [9] Filtr biologický. *Encyklopedie* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <https://leporelo.info/filtr-biologicky>
- [10] Flotation cell manufacturer | Cell flotation | Flotation machine | Flotation plant-Henan Fote Machinery Co., Ltd. *Mobile crusher, Crusher mobile, Ball mill, Magnetic separator, Classifier, Flotation cell, Ore separating line-Henan Fote Machinery Co., Ltd.* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.chinafote.com/pro/p21.html>

- [11] GESAP - Sewage Works in Osaka, Japan. *Global Environment Centre Foundation (GEC)* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://nett21.gec.jp/GESAP/themes/themes4_8.html
- [12] HLAVÍNEK, Petr a Jiří HLAVÁČEK. *Čištění odpadních vod: praktické příklady výpočtů*. Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 1996. ISBN 80-86020-00-2.
- [13] How to perform a lagoon sludge survey. *Triplepoint Water Technologies | The Wastewater Lagoon Experts* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.triplepointwater.com/lagoon-sludge-survey/>
- [14] HUBER kompaktní zařízení ROTAMAT® Ro5 - Huber Czech Republic. *Huber Czech Republic - Huber Czech Republic* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hubercs.cz/cz/produkty/cesle-a-sita/kompaktni-zarizeni/huber-kompaktnizarizeni-rotamatr-ro5.html>
- [15] Hydropress Huber AB - SSL Step Screen L - Trappstegsgaller. *Hydropress Huber AB - Mekanisk rening av avloppsvatten* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hubersverige.se/SSLStepScreenLTrappstegsgaller.htm>
- [16] CHUDOBA, Jan, Jiří WANNER a Michal DOHÁNYOS. *Biologické čištění odpadních vod: vysokoškolská příručka pro vysoké školy chemicko-technologické*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1991. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-030-0611-2.
- [17] Industrial wastewater treatment. *Share and Discover Knowledge on LinkedIn SlideShare* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/mohamedramzy2013/industrial-wastewater-treatment>
- [18] Mechanické předčištění. *FONTANA R, s.r.o.* [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.fontanar.cz/mechanicke-predcisteneni.php>
- [19] Potable water treatment. *Distance Learning Courses and Adult Education - The Open University* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.open.edu/openlearnworks/mod/page/view.php?id=41311>
- [20] Projekte - FH Münster. *Willkommen an der FH Münster - FH Münster* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: https://www.fh-muenster.de/forschung/forschungskatalog/projekt.php?pr_id=336

- [21] Rotačný zahusťovač, RDP-TECHNOLÓGLIE-EKO-SERVIS. *RDP-TECHNOLÓGLIE-EKO-SERVIS, Pásový lis, Zahusťovače, Ekologické strojárstvo* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.beltpress.sk/vyrobky/rotacny-zahustovac>
- [22] Ručně stírané česle - Ekosystem.cz. *ČOV, čističky odpadních vod - Ekosystem.cz* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.ekosystem.cz/dalsi-cinnost/vyroba-z-nerezru/rucne-stirane-cesle>
- [23] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-010-3534-4.
- [24] Sludge thickening. *EWISA* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.ewisa.co.za/misc/WasteWater/defaultsludge1.htm>
- [25] Študijné materiály - PREDNÁŠKA z predmetu 141HYA na katedre hydraulika a hydrologie fakulty stavební ČVUT
- [26] Surface aerator / for wastewater treatment / low-speed - LTF, 1.5-110kW / 2-150CV - EUROPELEC - Videos. *DirectIndustry - The online Industrial Exhibition: sensor - automation - motor - pump - handling - packaging* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/europelec/product-131647-1564538.html>
- [27] Súčasný Púchov | puchov.sk. *Oficiálne stránky mesta Púchov* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://old.puchov.sk/s/ucasny-puchov/>
- [28] The Aeration Element Bontec from Bontec Ag. Trader of Dewatering Equipment from switzerland. *Small Business Manufacturer, Wholesale Supplier, Buyers & Global Tender Information* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.hellotrade.com/bontec-ag/the-aeration-element-bontec.html>
- [29] The History of Activated Sludge. *Www.brighthubengineering.com* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.brighthubengineering.com/geotechnical-engineering/77786-the-history-of-activated-sludge/>
- [30] VESILIND, P. *Wastewater treatment plant design*. 2003. Alexandria, VA: Water Environment Federation, c2003. ISBN 978-157-2781-771.
- [31] VŠB TU Ostrava. *HomeN (servery.homen) - XWiki* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/bio.html

- [32] *Vyhláška 209/2013 Z. z.: Příloha č. 1 - SMERNÉ ČÍSLA SPOTREBY VODY NA JEDNOTLIVÉ DRUHY SPOTREBY VODY*. 2013.
- [33] Vystrojení lapáku pásku - Ekosystem.cz. *ČOV, čističky odpadních vod - Ekosystem.cz* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.ekosystem.cz/dalsi-cinnost/vyroba-z-nerezu/vystrojeni-lapaku-pisku>
- [34] Způsoby čištění odpadních vod. In: *Rybářská specializace MENDELU* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/chemie/cisteni%20prehled.doc