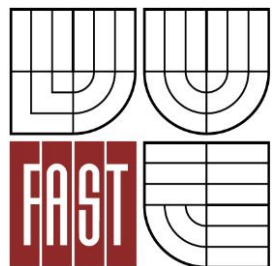




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

CHEMIKÁLIE NA ČISTÍRNĚ ODPADNÍCH VOD

CHEMICAL FOR WASTE WATER TREATMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

DENISA DOSKOČILOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2013



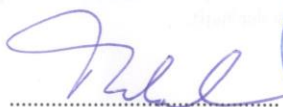
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí


ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Denisa Doskočilová
Název Chemikálie na čistírně odpadních vod
Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] Metcalf + Eddy: Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, McGRAW-HILL, New York 1985
- [2] Grady, C.P.Leslie ; Daigger, Glen T. ; Love, Nancy G. ; Filipe, Carlos D.M. Biological Wastewater Treatment, Third Edition, IWA Publishing, 2011. 991 s. ISBN 9780849396793
- [3] Hlavínek P., Hlaváček J.: Čištění odpadních vod-praktické příklady výpočtů, ISBN 80-86020-00-2, NOEL 2000, Brno 1996
- [4] Van Bentem a kol.: Membrane Bioreactors, Operation results of an MBR WWTP, STOWA, ISBN: 1843391732
- [5] Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění, ISBN 80-86020-30-4, NOEL 2000, Brno 2001
- [6] Malý J., Hlavínek P.: Čištění průmyslových odpadních vod, ISBN 80-86020-05-3, NOEL 2000, Brno 1996
- [7] Sborníky Water Science and Technology, IWA Publishing

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Bakalářská práce bude obsahovat rešeršní a praktickou část. Student v rešeršní části práce provede přehled používaných chemikálií, koncentračních činidel, flokulantů, koagulantů a dalších přípravků potřebných pro jednotlivé procesy čištění odpadních vod. V praktické části práce srovná hmotnostní dávky jednotlivých chemikálií v různých závislostech s finančním porovnáním cen.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře nejprve s historií čištění odpadních vod v České republice a legislativou, která s čištěním souvisí. Dále tato práce poskytne přehled jednotlivých objektů technologické linky ČOV a chemikálií, které mohou být v jednotlivých případech používány, včetně jejich výrobců a cen. V rámci praktické části bude pro ČOV Čebín proveden výpočet množství koagulantu včetně ročních nákladů. Z tohoto materiálu mohou čerpat jak projekční kanceláře, tak vodohospodářské firmy i široká veřejnost.

KLÍČOVÁ SLOVA

Čistírna odpadních vod, koagulant, flokulant, BSK₅, CHSK_{Cr}, NL, emisní hodnota

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to get the reader acquainted first with the history of wastewater treatment in the Czech Republic and also the legislation that relates to waste water treatment. Furthermore, this work will provide an overview of each part of technological wastewater treatment plants and chemicals that can be used in various cases, including their manufacturers and prices. In the practical part there will be conducted a calculation of the amount of coagulant including its annual costs for WWTP Čebín. This material may be an inspiration for either design offices or water managing companies and also the general public.

KEY WORDS

Waste water treatment plant, coagulant, flocculant, biochemical oxygen demand–BSK₅, undissolved substance, emission limits

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DOSKOČILOVÁ, Denisa. *Chemikálie na čistírně odpadních vod*. Brno: 2013. 68 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hluštík Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Hluštíkovi Ph.D. za odborné rady při psaní této bakalářské práce.

Také bych dále poděkovala zaměstnanci Brněnských vodovodů a kanalizací a.s. Ing. Robertu Hrichovi za poskytnuté odborné rady pro vypracování této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	12
2.1	Velká Británie.....	12
2.2	Česká republika.....	12
2.3	Současná situace v čištění odpadních vod v ČR.....	14
3	LEGISLATIVA	15
3.1	Česká republika.....	15
3.1.1	Porovnání limitů Nařízení vlády z let 1975-2011	18
3.2	Evropská unie	19
3.3	BAT-technologie	20
4	ČISTÍRENSKÉ PROCESY	22
4.1	Předčištění.....	22
4.2	Primární čištění	22
4.3	Sekundární čištění.....	24
4.3.1	Aktivační proces.....	25
4.3.2	Aktivační proces kombinovaný s chemickým (simultánním) srážením.....	26
4.4	Fyzikálně-chemické čištění	27
4.4.1	Koagulanty	27
4.4.2	Flokulanty	28
4.5	Terciální čištění	29
5	OBJEKTY TECHNOLOGICKÉ LINKY ČOV	30
5.1	Předčištění.....	30
5.1.1	Rozdělovací objekty.....	30
5.1.2	Lapáky tuků a olejů.....	31
5.1.3	Česle, lapáky šterku a písku	32
5.2	Primární čištění	34
5.2.1	Flokulační nádrže.....	34
5.2.2	Usazovací nádrže	35
5.3	Sekundární čištění.....	41
5.3.1	Aktivační nádrže	41
5.3.2	Dosazovací nádrže	47
5.4	Terciální čištění	48

5.5	Kalové hospodářství.....	49
5.5.1	Produkce kalu.....	49
5.5.2	Zahušťování kalu	49
5.5.3	Odvodňování kalu	50
5.5.4	Hygienizace kalu.....	50
6	PRAKTICKÁ ČÁST	52
6.1	Čistírna odpadních vod čebín.....	52
6.1.1	Popis čistírny odpadních vod Čebín	52
6.1.2	Výpočet množství koagulantu včetně srovnání cen	54
7	ZÁVĚR.....	58
8	POUŽITÁ LITERATURA	60
9	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ	62
10	SEZNAM TABULEK.....	63
11	ZDROJE TABULEK	64
12	SEZNAM OBRÁZKŮ	65
13	ZDROJE OBRÁZKŮ.....	66
14	SEZNAM CITACÍ.....	67
15	SUMMARY	68

1 ÚVOD

Cílem čištění odpadních vod je zaručit ochranu zdraví a vhodné životní podmínky pro naši společnost. Především je nutné, aby bylo dosaženo povolených hodnot při vypouštění vyčištěné odpadní vody do recipientu nebo podzemních vod. Při navrhování čistíren odpadních vod je proto potřeba posoudit následující hlediska: [1]

- Hygienické hledisko (přenos onemocnění vodou)
- Hledisko životního prostředí
- Kontaminace zdrojů pitné vody
- Ochrana fauny a přírodních ekosystémů

Za zdroje odpadních vod považujeme ty vody, které změni svoje vlastnosti, byť jen fyzikální. Podle jejich původu je můžeme rozdělit na následující: splaškové vody, průmyslové odpadní vody, srážkové vody a vody balastní: [2]

- 1) Splaškovými vodami nazýváme ty, které jsou vypouštěny do veřejné kanalizace z bytů a obytných domů a domů občanské vybavenosti jako jsou např. (banky, školy, hotely, kulturní zařízení apod.). Jejich specifické množství je závislé na bytové vybavenosti a je v zásadě shodné se specifickou potřebou pitné vody, která se pohybuje v současné době kolem 150 l/os/den. V porovnání s lety minulými tato specifická potřeba výrazně klesla, například v roce 1990 byla spotřeba vody 209 l/os/den. [2]
- 2) Průmyslové odpadní vody jsou ty, které jsou do kanalizace vypouštěny z průmyslových závodů a výroben. Tyto vody se v mnohých případech předčišťují a to tehdy, jsou-li kontaminované toxickými a pro kanalizaci jinak škodlivými látkami. Vypouštění do recipientu je buď samostatné, nebo společně s vodami splaškovými. Takto smíchané odpadní vody nazýváme městské. [2]
- 3) U srážkových vod sledujeme jejich množství, které je závislé na velikosti odvodňované plochy, na jejím druhu a sklonu a také na intenzitě srážek. Kanalizace musí být na tyto hodnoty dimenzována, protože jejich množství za deště je mnohokrát větší než u vod splaškových a průmyslových. [2]
- 4) Balastními vodami jsou podzemní vody, které se do kanalizace dostávají její netěsnostmi. U kanalizací staršího data nebo v případě zvýšené výšky hladiny podzemní vody mohou znamenat značný podíl odváděného množství odpadní vody. [2]

Z hlediska složení městských odpadních vod nás nejvíce zajímá hodnota BSK₅, která se obvykle pohybuje okolo 150 až 400 mg/l. Hodnoty menší než je toto rozmezí považujeme spíše za anomálie. Dalším ukazatelem je CHSK_{Cr}, které bývá přibližně dvojnásobné. V případě nerozpuštěných látek, mluvíme o koncentraci v rozmezí 500 až 1000 mg/l. KNK_{4,5} odpadních vod je v jednotkách mmol/l, z čehož pak plyne (1 mmol/l = 61 mg/l HCO₃⁻). Hodnota pH se u těchto vod pohybuje od 7,0 do 8,0. Mezi důležité vlastnosti odpadní vody patří teplota, která ovlivňuje rychlost biochemických reakcí. [2]

Průměrná roční teplota městských odpadních vod je od 10 do 20 °C. Rozdíl teploty odpadní vody v létě a v zimě bývá až 10 °C. V zimě může voda při dlouhé době zdržení v mechanicky aerovaných aktivačních nádržích klesnout až k bodu mrazu, což může způsobit provozní potíže, jako např. namrzání zařízení. [2]

Zdroje znečištění povrchových vod můžeme rozdělit na plošné a bodové. U plošných jsou to srážkové vody, které mohou prostupem přes atmosféru přijmout kontaminanty z ovzduší. Bodové zdroje představují hlavně odpadní vody, které jsou odváděny přímo do vodních recipientů. [3]

V dobách, kdy se odpadní vody vypouštěly do povrchových vod bez vyčištění, docházelo nejen k estetickému problému, ale především ke vnášení organických látek, toxinů, patogenních mikroorganismů a dalších látek, které negativně působí na vodní ekosystém. [3]

V případě mikrobiálního rozkladu organických látek a amoniakálního dusíku dochází v recipientu k úbytku rozpuštěného kyslíku, což má velmi negativní vliv na život vyšších živočichů, například ryb. [3]

Dalším problémem může být vnášení nutrientů, které způsobují eutrofizaci vody, jejímž projevem je zvýšené množství řas a sinic. Eutrofizace bývá závažným problémem, jelikož se projevuje u vodních toků i na vzdálenost desítek kilometrů a pokud je látka usazena v nánosech a splaveninách může působit negativně i desítky let. [3]

Na kvalitě podzemní vody se výrazně podepisuje zemědělství a případné havárie zařízení manipulujících s ropou a jejími produkty. [2]

Jako příklad v případě zemědělství je výskyt dusičnanů v místech, kde docházelo k přehnojování půdy dusíkatými hnojivy. Množství hnojiva, které nebyly rostliny schopny přijmout, se za spolupůsobení nitrifikačních bakterií přeměnilo na dusičnany, které se pak vyplavují do půdy a přenesou se do podzemní vody. [2]

Dalším příkladem v zemědělství je používání pesticidů, které jsou rezistentní a toxické vůči organismům. Příkladem jiné kontaminace je i znečištění silnými kyselinami při těžbě uranové rudy. Každá sanace kontaminované podzemní vody je velice náročná a nákladná činnost. [2]

U nás v České republice došlo v posledních letech k výraznému snížení vypouštěného znečištění a to především díky novým a rekonstruovaným čistírnám odpadních vod (dále jen ČOV). Vypouštěné znečištění se podařilo snížit také díky správnému chemickému čištění (např. chemické srážení fosforu), jehož problematikou se bude tato práce zabývat. [3]

2 HISTORIE ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

První kanalizační soustavy jsou zaznamenávány kolem roku 2050 př. n. l. ve velkých metropolích starověkého světa (např. v Mezopotámii, řeckém Knóssu atd.). [3]

Naproti tomu ale ve městech v období středověku by se dalo hovořit o kroku zpět, jelikož otázka odvádění splaškových vod nehrála žádnou významnou roli. Díky tomu docházelo k šíření mnoha závažných onemocnění, jako byl tyfus, cholera a nepřímo i mor. Ulice byly v té době dlážděné, po stranách byly příkopy, do kterých se vylévaly prakticky všechny odpadní vody. Nejenže se městy v té době šířil velký zápach, ale po ulicích pobíhaly nejrůznější hlodavci a škůdci. [3]

2.1 VELKÁ BRITÁNIE

Lepší situace nastala až na přelomu 18. a 19. Století v Anglii, kde byla roku 1865 založena *Royal Commission on River Pollution* díky níž byl vydán zákon na ochranu řek před znečištěním. V té době byla totiž Anglie zemí s největší koncentrací obyvatelstva a průmyslu, proto bylo nutné začít se otázkou znečištění vody zabývat. [3]

Za zlom ve vývoji čistírenských technologií je považováno založení *Royal Commission on Sewage Disposal r. 1898*, která koordinovala nové poznatky a vývoj nových čistírenských technologií. Dodnes používáme hodnotu BSK₅ pro stanovení organického znečištění recipientu, nebo také různé modifikace biofiltrů. V dalším vývoji čistírenství bylo r. 1912 důležité přijetí královských standardů pro vypouštění odpadních vod, tj. NL 30 mg/l a BSK₅ 20 mg/l což se stalo prototypem emisních standardů používaných dnes v legislativě většiny států. [3]

Významnou roli hrál i objev aktivačního procesu r. 1914 Ardernem a Lockettem, kdy tito inženýři pochopili význam a funkci suspenze vznikající při aeraci. Tento objev tím tak umožnil intenzifikaci čistícího procesu. [3]

2.2 ČESKÁ REPUBLIKA

V Praze v polovině osmdesátých let 18. století bylo Magistrátem navrženo zřízení podzemních stok, do nich by se zaústily odpady z jednotlivých domů. Rozhodlo se, že stoky budou hrazeny z obecních financí a přípojky uhradí majitelé domů, kteří budou ročně platit příspěvky na kanalizaci. V roce 1791 začala stavba 20 km stok, navržených prof. Hergetem. Tato stavba byla oddálena z důvodu války Rakouska Uherska a Francie, avšak roku 1816 se se stavbou opět započalo. V dalších letech byla kanalizace postupně rozšiřována. [3]

Zastupitelstvo hlavního města Prahy vypsalo roku 1884 soutěž na projekt generálního řešení pražské kanalizace, která byla však neúspěšná, protože žádný z kandidátů nesplnil předem stanovené podmínky. Roku 1888 byla založena „kancelář kanalizační“, která přijala roku 1893 návrh kanalizace, jehož navrhovatelem byl anglický inženýr Sir William H. Lindley. Lindleyův projekt si kladl za cíl odvézt co nejrychleji a nejbezpečněji všechny odpadní vody ven z obvodu města, kde se měly

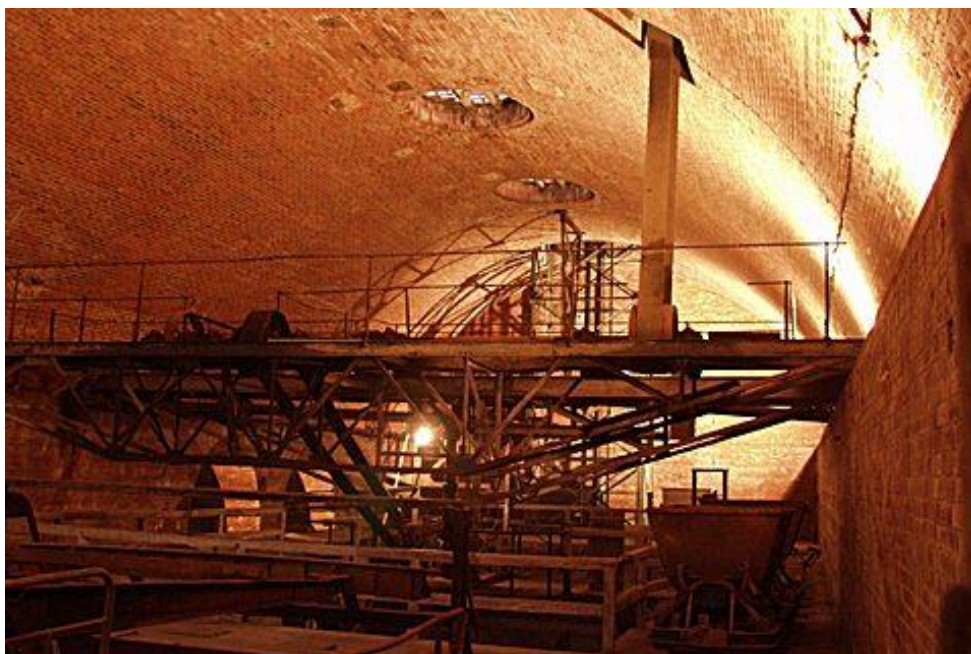
čistit před vypouštěním do Vltavy. Tento projekt byl v příštích dvaceti letech realizován. [3]

Dne 9. září 1901 byla zahájena stavba bubenečské ČOV. Zkušební provoz začal 27. 6. 1906. Celé zařízení, založené pouze na mechanickém čištění, fungovalo bez větších problémů a čistírna mohla být následujícího roku zkolaudována. Všechny centrální stoky byly svedeny na česle, které byly zhotoveny ze svislých ocelových prutů. Následně stékala voda do lapáku písku, kde odstředivé čerpadlo odsávalo usazený písek a tlačilo jej do žlabové pračky písku. Jemnější částice byly zachytávány na podélných okrajích lapáku písku, kde byly osazeny jemné česle o rozteči 7 mm. Česle byly stírány ručně a shrabky dopravovány na povrch pomocí výtahu, kde je úzkorozchodná železnice dopravovala na skládky na Císařském ostrově. Předčištěná voda z lapáku písku odtékala přes přívodní galerii do deseti sedimentačních nádrží, odkud byl usazený kal odčerpáván a dále pak vysoušen. Tato ČOV byla v průběhu let modernizována a fungovala až do roku 1967, kdy byla zprovozněna nová mechanicko-biologická ČOV pro město Praha. Lindleyova ČOV byla zachována až do současnosti a stala se národní kulturní památkou. [3]

Mimo Prahu stojí za zmínku i první skrápěný biofiltr v rámci Rakouska-Uherska v lázních Jáchymov, kde od roku 1910 zpracovával odpadní vodu z paláce Rádium. Ve stejné době byl zhotoven i velký zemní filtr v Mariánských lázních. [3]

Dalším významným mezníkem bylo na pražské ČOV v roce 1929 založení první laboratoře pro chemii a mikrobiologii odpadních vod ve střední Evropě. [3]

Po druhé světové válce v letech 1965 – 1967 byla v Praze na Císařském ostrově uvedena do provozu největší aktivační čistírna ve střední Evropě. [3]



Obr. 1: Lindleyho čistírna odpadních vod v Praze[1]

2.3 SOUČASNÁ SITUACE V ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD V ČR

V roce 2003 počet obyvatel bydlících v domech napojených na kanalizaci činil 7,928 mil., což je 77,7 % obyvatelstva České Republiky. V ČR tento počet napojených obyvatel převyšuje průměr v evropských zemích OECD, který je přibližně 62 %. Množství vypouštěných odpadních vod bylo v roce 2001 558,1 *10⁶ m³, z nichž bylo 94,5 % čištěno na ČOV nebo na jiných zařízeních. Srovnání dalších hodnot kanalizace pro veřejnou potřebu viz. Tab. č. 2.3.1 [3]

Tab. č. 2.3.1: Kanalizace pro veřejnou potřebu r. 2008-2011 [4]

Ukazatel	Měrná jednotka	2008	2009	2010	2011
Obyvatelé bydlící v domech napojených na kanalizaci	tis. osob	8459	8530	8613	8672
Podíl obyvatel bydlících v domech napoj. na kanalizaci ¹⁾	%	81,1	81,3	81,9	82,6
Vypouštěné odpadní vody do kanalizace	mil. m ³	509	496	490	488
Čištěné odpadní vody (bez srážkových vod)	mil. m ³	485	473	472	399
Podíl čištěných odpadních vod	%	95,3	95,2	96,2	96,8

¹⁾ z celkového počtu obyvatel

Protože nové budování, nebo rekonstrukce kanalizací a ČOV je velmi nákladné, vyžádá si v budoucnu velké množství finančních prostředků, které není možné hradit pouze z rozpočtu měst a obcí. Existují však ekonomické nástroje státu, které napomáhají zabezpečit splnění legislativy. Těmito nástroji je tzv. negativní stimulace (daně, poplatky atd.) ale také poskytování podpor do oblasti životního prostředí jak domácích zdrojů (SFŽP, rezortní programy), tak ze zdrojů zahraničních (Evropská unie). [3]

Státní fond životního prostředí České republiky (SFŽP ČR), byl zřízen 4. října 1991 a jeho úkolem je plnění závazků vyplývajících z mezinárodních úmluv o ochraně životního prostředí. Princip platby je naven tak, že „znečišťovatel platí“, aby byla zajištěna podpora Fondu. Díky tomu nejsou zvýhodňováni znečišťovatelé v soukromém ani veřejném sektoru nad rámec sociální únosnosti – občané musí platit za poskytnuté služby. Fondy Evropské unie slouží pouze k udržení těchto poplatků v sociálně únosné míře, nikoli k jejich snížení na minimum. [3]

Metod čištění odpadních vod je v dnešní době velká řada, můžeme je však rozdělit do tří základních skupin:

- 1) Mechanické čištění
- 2) Fyzikálně chemické čištění
- 3) Biologické čištění

V zásadě to znamená, že mechanické čištění odstraní větší množství nerozpuštěných látek. Fyzikálně chemickými a zejména biologickými způsoby pak odstraníme rozpuštěné látky tak, aby bylo dosaženo požadovaných koncentrací při vypouštění do recipientu. [3]

3 LEGISLATIVA

Jak bylo již uvedeno výše, odpadní vody musí při vypouštění do povrchových vod splňovat určitá kritéria. Tato kritéria jsou uvedena v Nařízeních vlády, která se v průběhu let měnila tak, aby docházelo k co nejmenšímu znečištění životního prostředí. V případě nedodržení těchto hodnot musí daný stav posoudit vodohospodářský úřad a rozhodnout o případné výjimce. Mohou to být případy různých havárií, uvádění ČOV do provozu nebo během jejich rekonstrukcí. [5]

3.1 ČESKÁ REPUBLIKA

Prvním dokumentem v oblasti legislativy byl Vodní zákon Československé republiky 11/1955, kde vodohospodářský úřad povolil vypouštění odpadních vod, pokud bylo vybudováno zařízení na jejich čištění nebo jinak postaráno o jejich zneškodnění. Tento dokument však nenařizoval žádné limity, které by omezovaly vypouštění znečištěných vod. [5]

Nařízení vlády České socialistické republiky 25/1975 sb.

V tomto nařízení vlády byly obsaženy ukazatele, které zohledňovaly množství látek v recipientu po smísení s odpadní vodou. Zjištění koncentrace znečištění v recipientu, se provádí pomocí přepočtu hodnot znečištění v odpadní vodě na skutečný objem vody v recipientu. U vodních toků se toto množství vody nahrazuje 355 denním průtokem. [6]

Je důležité, aby u toků, které jsou zdrojem pitné vody, byly tyto hodnoty dodrženy ve všech místech a v případě povrchových zdrojů dodrženy tam, kde určil vodohospodářský orgán. [6]

Jednotlivé ukazatele jsou imisní limity, kterých je dosaženo smísením odpadní vody a průtoku v recipientu. Tyto limity jsou uvedeny v tabulce 3.1.1.

Tab. č. 3.1.1. : Množství látek obsažených v povrchových vodách [II]

	hodnoty platné ve vodárenských tocích		hodnoty platné v ostatních povrchových vodách	
	min.	max.	min.	max.
rozpuštěný kyslík %	min.	70	min.	50
BSK5 mgO ₂ /l	max.	4	max.	8
rozpuštěné látky mg/l	max.	500	max.	1000
vápníkové ionty	max.	250	max.	300
hořčíkové ionty	max.	125	max.	200
celkové železo	max.	0,5	max.	1,5
mangan	max.	0,2	max.	0,5
pH	6,0-8,5		5,0-9,0	

Nařízení vlády České republiky 171/1992 Sb.

V pravomoci vodohospodářského orgánu je nařízení přísnějších podmínek z důvodu ochrany recipientu, nebo naopak zmírnění limitů pro vypouštění například kvůli rekonstrukci ČOV, nebo při uvádění ČOV do provozu. Nařízení vlády z roku 1992, na rozdíl od předešlého, udává hodnoty emisní, což znamená, že se jedná o hodnoty limitní vypouštěné z ČOV do recipientu. [7]

Tab. č. 3.1.2. : Emisní standardy:[III]

Velikost zdroje znečištění	Ukazatel									
	BSK ₅ (mg/l)		CHSK _{Cr} (mg/l)		NL (mg/l)		N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		P _{celk} (Mg/l)	
Počet ekviv. obyvatel EO (kg BSK ₅ na přítoku/den)	do 31.12.	od 1.1.	do 31.12.	od 1.1.	do 31.12.	od 1.1.	do 31.12.	od 1.1.	do 31.12.	od 1.1.
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
do 50 EO (do 3kg BSK ₅)	80	60	-	-	65	50	-	-	-	-
do 500 EO (do 30 kg BSK ₅)	60	50	-	-	55	40	-	-	-	-
do 5000 EO (do 300 kg BSK ₅)	50	40	170	135	45	35	-	20	-	-
do 25000 EO (do 1500 kg BSK ₅)	45	35	150	120	35	30	25	15	-	5
do 100000 EO (do 6000 kg BSK ₅)	35	30	125	105	30	25	15	10	5	3
nad 100000 EO (do 6000 kg BSK ₅)	30	25	110	90	25	20	10	5	3	1,5

Nařízení vlády České republiky 82/1999 Sb.

Toto Nařízení vlády udává ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod. Jsou zde uvedeny jednotlivé hodnoty pro vody splaškové, městské ale i pro průmyslové a zvláštní. Jsou zde posuzovány vody i pro jednotlivé druhy průmyslu (např. textilní).[8]

Tab. č. 3.1.3 : Splaškové a městské odpadní vody:[IV]

Velikost zdroje znečištění (EO)	CHSK _{Cr} (mg/l)		BSK ₅ (mg/l)		NL (mg/l)		N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N _{anorg.} (mg/l)		P _{celk.} (mg/l)	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
do 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
501-5000	120	170	30	70	30	70	20	40	-	-	-	-
5001-25000	100	150	25	50	25	50	15	30	25	40	-	-
25001-100000	90	130	20	40	20	40	10	20	20	30	3	6
25001-100000	-	-	-	-	-	-	15(z)	30(z)	25(z)	40(z)	-	-
nad 100000	75	125	15	30	20	40	5	10	15	20	1,5	3
nad 100000	-	-	-	-	-	-	15(z)	30(z)	25(z)	40(z)	-	-

Nařízení vlády České republiky 61/2003 Sb.

Tab. č. 3.1.4. : Emisní standardy:[V]

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr} (mg/l)		BSK ₅ (mg/l)		NL (mg/l)		N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N _{anorg.} (mg/l)		P _{celk.} (mg/l)	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
< 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-2000	125	180	30	60	35	70	-	-	-	-	-	-
2001-10000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	-	-
10001-100000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	20	2	6
>100000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

V tabulce 3.1.5. je uvedena minimální přípustná účinnost čištění odpadních vod (tj. minimální procento úbytku)

Tab. č. 3.1.5. : Emisní standardy:[V]

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	NL (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N _{anorg.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
< 500	-	-	-	-	-	-
500-2000	70	80	80	-	-	-
2001-10000	75	85	90	70	-	-
10001-100000	75	85	90	-	75	80
>100000	75	85	90	-	75	80

Nařízení vlády České republiky 23/2011 Sb.

Tab. č. 3.1.6. : Emisní standardy:[VI]

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr} (mg/l)		BSK ₅ (mg/l)		NL (mg/l)		N-NH ₄ ⁺ (mg/l)		N _{anorg.} (mg/l)		P _{celk.} (mg/l)	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
< 500	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500-2000	125	180	30	60	35	70	20	40	-	-	-	-
2001-10000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3	8
10001- 100000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	20	2	6
>100000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

Tab. č. 3.1.7. : Minimální přípustná účinnost čištění odpadních vod: [VI]

Kapacita ČOV (EO)	CHSK _{Cr} (mg/l)	BSK ₅ (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)
< 500	70	80	-	-	-
500-2000	70	80	50	-	-
2001-10000	75	85	60	-	-
10001- 100000	75	85	-	70	80
>100000	75	85	-	70	80

3.1.1 Porovnání limitů Nařízení vlády z let 1975-2011

V následujících tabulkách je porovnání emisních limitů vypouštěných odpadních vod z ČOV dle jednotlivých let a porovnání účinnosti čištění. Vodní zákon Československé republiky 11/1955 neobsahoval žádné stanovené limity. Až teprve Nařízení vlády 25/1975 obsahovalo imisní limity, které byly získávány na základě přepočtu.

Tab. č. 3.1.1.1. : Porovnání emisních hodnot: [III], [IV], [V], [VI]

	BSK ₅ (mg/l)		CHSK (mg/l)		NL (mg/l)		P _{celk.} (mg/l)		N _{celk.} (mg/l)	
	p	m	p	m	p	m	p	m	p	m
NV 171/1992 Sb. do 31.12.2004	30		110		25		1		-	
NV 171/1992 Sb. od 1.1.2004	25		90		20		1,5		-	
NV 82/1999 Sb.	15	30	75	125	20	40	1,5	3	15	20
NV 61/2003 Sb.	15	30	75	125	20	40	1	3	10	20
NV 23/2011 Sb.	15	30	75	125	20	40	1	3	10	20

Tab. č. 3.1.1.2. : Porovnání účinnosti čištění: [V], [VI]

	BSK ₅ (mg/l)	CHSK (mg/l)	P _{celk.} (mg/l)	N _{celk.} (mg/l)
NV 61/2003 Sb.	85	75	80	75
NV 23/2011 Sb.	85	75	80	70

3.2 EVROPSKÁ UNIE

Se vstupem České republiky do Evropské unie se náš stát zavázal, že bude plnit požadavky směrnice Rady 91/271/EEC o čištění městských odpadních vod. Cílem této směrnice je zajištění ochrany povrchových vod a biologicky odbouratelných průmyslových odpadních vod. Požaduje stanovení emisních limitů, systému vzorkování, systém rozborů a kontroly. Na základě této směrnice platí, že u obcí nad 2 000 ekvivalentních obyvatel (dále jen EO) musí být do konce roku 2005 vybudována kanalizace a ČOV s biologickým stupněm. U velkých obcí nad 15 000 EO a průmyslových zdrojů znečištění nad 4000 EO musí být kanalizace a ČOV (s biologickým stupněm) vystavěna už do roku 2000. V případě citlivých oblastí, což jsou vodní útvary postižené nebo ohrožené eutrofizací a místa odběru pitné vody musí splňovat přísnější podmínky a kratší termíny. Další povinností, kterou stanovuje EU j zpracování investičních programů výstavby kanalizací. [3]

Během jednání před vstupem do EU byla 30. května 2001 v Bruselu vydána SPOLEČNÁ POZICE EVROPSKÉ UNIE CONF-CZ 28/01. Tímto byla vzata na vědomí žádost ČR o přechodné období dle směrnice 91/271/EEC. Na základě této žádosti byla přijata tato přechodná opatření: [3]

- 1) 18 aglomerací s počtem EO nad 10 000 splní požadavky už do dne 31. prosince 2002.
- 2) Sběrné systémy a čištění musí být v souladu s články 3 a 5 směrnice 91/271/EEC v dalších 36 aglomeracích s počtem EO nad 10 000 do dne 31. prosince 2006.
- 3) U všech aglomerací s počtem EO nad 2 000 musí být v souladu s články 3 a 5 směrnice 91/271/EEC od 31. prosince 2010

Na základě této dohody, byl Evropské komisi předložen Konkrétní seznam aglomerací ČR určených do různých prozatímních kategorií dle směrnice 91/271/EEC a je možné ho dohledat na internetových stránkách Ministerstva životního prostředí. [3]

Hodnoty koncentrací nad 100 000 EO:

BSK₅ 25 mg O₂/l

CHSK ... 125 mg/l

NL 35 mg/l

Minimální procenta úbytku:

BSK₅ 70 – 90 %

CHSK ... 75 %

NL 90 %

Požadavky na vypouštění městských odp. vod v tzv. citlivých oblastech, podléhající eutrofizaci:

Celkový fosfor:

Koncentrace 2 mg/l

Minimální úbytek 80 %

Celkový dusík:

Koncentrace 15 mg/l

Minimální úbytek 70 – 80 %

3.3 BAT-TECHNOLOGIE

Nařízení vlády 23/2011 obsahuje i tzv. BAT-technologie. V současnosti je to nejúčinnější dostupná technologie v oblasti čištění městských odpadních vod. Zároveň se jedná o nejpokročilejší stádium vývoje technologií, činností a způsobu jejich provozování. Díky vhodným technikám čištění, je předcházeno nepříznivým dopadům na životní prostředí. Pokud těmto vlivům není možno přímo předcházet, omezují se emise tak, aby byla zátěž pro životní prostředí co možná nejmenší. Technikami čištění se rozumí použitá technologie, ale i způsob, jakým je zařízení navrženo, vybudováno, provozováno a vyřazeno z provozu. Naopak dostupnými technologiemi se rozumí technologie, které jsou přípustné z hlediska technického a ekonomického s ohledem na náklady a přínosy. [11]

Při hodnocení a stanovení BAT-technologie se vychází z technické úrovně zařízení, zejména z dosažené úrovně emisí, množství produkovaných odpadů, materiálové a energetické náročnosti a dalších ukazatelů. Důležitými podklady, jež musí být zohledněny, jsou plány snižování emisí, plány odpadového hospodářství a také podmínky provozu vycházející z dokumentace a stanovisek EIA. [11]

Takto získané podklady se porovnají s již definovanými BAT-technologiemi začleněnými do evropských referenčních dokumentů o nejlepších dostupných technikách (*Reference Document on Best Available Techniques – BREF*). Tyto takzvané BREFy neberou v úvahu místní podmínky a nejsou závaznými předpisy. Jsou vydávány odbornými institucemi Evropské komise, ve které jsou zastoupeny všechny členské státy. Celá tato spolupráce je koordinována Evropskou kanceláří IPPC se sídlem ve španělské Seville, která má za úkol připravovat referenční dokumenty. Takto zpracovaná technologie obsahuje hodnoty koncentrací a požadované účinnosti pro jednotlivé ukazatele. [11]

Tab. 3.3.1.: Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinnosti pro jednotlivé ukazatele znečištění při použití BAT technologie v oblasti zneškodňování městských odpadních vod: [11]

Kategorie ČOV [EO]	Nejlepší dostupná technologie	CHSK _{Cr}			BSK ₅			NL			N-NH ₄ ⁺			N _{enkl.}			P _{celk.}	
		koncentrace [mg/l]	účín. [%]	koncentrace [mg/l]	p	m	koncentrace [mg/l]	p	m	koncentrace [mg/l]	prům.	m	koncentrace [mg/l]	prům.	m	koncentrace [mg/l]	prům.	m
< 500	Nízko až středně zatěž. aktivace nebo biofilimové reaktory	110	75	30	40	50	60	85	25	30	30	12	20	75	-	-	-	-
500 - 2000	Nízko zatěž. aktivace se stabilizací nitrifikací	75	75	22	25	30	30	85	25	30	30	12	20	75	-	-	-	-
2001 - 10 000	Nízko zatěž. aktivace se stabilizací nitrifikací a se simultánním srážením fosforu + mikrosíta či jiná filtrace	70	80	18	20	25	30	90	20	30	30	8	15	80	-	-	2	5
10 001 - 100 000	Nízko zatěž. aktivace s odstraňováním nutrientů + terciální stupeň vč. srážení fosforu event. dávkování externího substrátu	60	80	14	18	20	25	90	18	25	25	-	-	-	12	25	1,5	3
> 100 000	Nízko zatěž. aktivace s odstraňováním nutrientů + terciální stupeň vč. srážení fosforu, dávkování externího substrátu	55	85	10	14	15	20	95	14	20	20	-	-	-	10	16	0,7	2

4 ČISTÍRENSKÉ PROCESY

Objekty technologické linky souvisí s jednotlivými fázemi čistírenských procesů, které lze rozdělit na: předčištění, primární čištění, sekundární čištění, fyzikálně-chemické čištění a terciální čištění. Každá ČOV musí mít vyřešeno také skladování chemikálií. To může být buď venku pod střešou, nebo ve skladech s odvětráváním.

4.1 PŘEDČIŠTĚNÍ

Předčištění odpadních vod nám umožňuje odstranit materiály, které by mohly poškodit zařízení anebo snížit účinnost jednotlivých procesů v ČOV. Obvykle mezi tyto odstraňované látky v procesu předčištění patří hrubě dispergované částice, písek, tuk a oleje, sirovodík, papír, lepenka, hadry, plasty a jiné plovoucí látky. Mezi postupy a zařízení, která používáme při předčištění, patří preaerace, síta a česle, mělnice, lapáky písku a tuku, měření průtoku ale také dávkování chemikálií. [1]

V případě procesu předčištění se mohou přidávat chemikálie jako jsou koagulanty, vápno nebo enzymatické likvidátory tuků. Koagulanty mohou být dávkovány již na rozdělovacích objektech, vápno je dávkováno z důvodu hygienizace shrabků na česlích a enzymatické likvidátory tuků můžeme přidávat do lapáku tuků.

Chemikálie na zařízeních pro předčištění

- Rozdělovací objekty: **Koagulanty** typu hlinitých a železitých solí
- Česle: **Vápno** pro hygienizaci shrabků
- Lapáky tuků: **Enzymatické likvidátory tuků**

Odstraňován tuků a olejů

Tukové aglomeráty se zachytávají už na česlích, kde zvláště v případě česlí jemných a velmi jemných zaplní průliny a česle jsou pak nefunkční. Toto může způsobit vzduť vody před česlemi až k přepadové hraně nebo rozlití vody po čistírně. V takovémto případě je možno česle vyčistit vymytím proudem horké tlakové vody. Další skupina tuků jsou suspendované částice tukové povahy (např. plovoucí kapky olejů), které lze oddělit v lapácích tuku. Lapáky tuku fungují na základě vhánění stlačeného vzduchu ode dna nádrží, aby se mastné látky oddělily od kalových částic a vypluly na hladinu. Vrstva, která pak vznikne na hladině, se odtahuje do zvláštních sběrných nádrží. Velmi účinným prostředkem pro odstranění tuků je také flotace. Probíhá v uzavřených nebo otevřených nádržích. V případě uzavřených nádrží se odpadní voda prosycuje vzduchem ve zvláštním uzavřeném kotli pod tlakem a potom se převádí do otevřených nádrží s dobou zdržení 10-12 minut. [12]

4.2 PRIMÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

Tato fáze čištění odstraňuje nerozpuštěné suspendované či plovoucí látky. V případě správně navržené a provozované ČOV odstraní zařízení primárního čištění alespoň 60-

75 % nerozpuštěných látek z přítoku a až 20-35 % BSK₅. Naopak koloidní a rozpuštěné látky v tomto stupni odstraněny nejsou, z tohoto důvodu se primární čištění doplňuje čištěním sekundárním případně terciálním. [1]

Primární čištění je především spojeno se sedimentací, ve výjimečných případech s jemnými česlemi. Primární sedimentace umožňuje odstranit rychle usaditelné a vzplývavé nerozpuštěné látky, díky čemuž se ulehčí dalším čistírenským procesům. Abychom zvýšili účinnost usazování, můžeme před primární sedimentací předřadit buď preaeraci nebo flokulaci. V případě flokulace se přidávají chemikálie podporující tvorbu usaditelných vloček. [1]

Do zařízení, která se vztahují k primárnímu čištění, můžeme zahrnout flokulační nádrže a usazovací nádrže.

Chemikálie na zařízeních pro primární čištění

- Flokulační nádrže:

Hlinité a železité soli jako koagulanty, koagulanty na bázi předpolymerizovaných hlinitých solí a organické flokulanty. Tato srážedla jsou používána k odstranění fosforu, fyzikálně organických látek a k obecnému zlepšení separačních vlastností.

- Usazovací nádrže:

Hlinité a železité soli, koagulanty na bázi předpolymerizovaných hlinitých solí a organické flokulanty. Tyto chemikálie jsou používány stejně jako u flokulačních nádrží k odstranění fosforu, fyzikálně organických látek a kvůli lepším separačním vlastnostem.

Proces usazování

Z hlediska usazování je důležitý tvar i charakter suspenze. Nerozpuštěné částice, které obsahuje odpadní voda, dělíme na zrnité a vločkovité. Zrnité částice nemění svoji velikost, tvar ani hmotnost a sedimentují s konstantní rychlostí. Naopak vločkovité částice mají tendenci se během sedimentace shlukovat ve větší celky, které mají vyšší sedimentační rychlost než částice jednotlivé. [1]

Dělení sedimentace:

- Prostá sedimentace:

Částice si zachovávají individuální charakter, pro každou z nich platí vztahy dané pro pád izolované částice. [1]

- Rušená sedimentace:

Zde dochází při nárůstu objemové koncentrace suspendovaných částic (nad 0,5 %) ke vzájemnému ovlivňování. Částice si zachovává svůj charakter, tvar i velikost. [1]

Proces srážení

Srážecí metody slouží především k odstraňování fosforu, fyzikálně organických látek a ke zlepšení separačních vlastností. Mezi chemikálie používané v tomto procesu řadíme především soli železa a hliníku, výjimečně vápno nebo organické flokulaty.

Koagulace (rychlé míchání): Je to 1. fáze srážení (tzv. perikinetická), kdy se rychle míchá voda s koagulantem. Její doba by neměla překročit 300 sekund, protože doba reakce mezi srážedlem a fosforečnany je extrémně krátká a při delší době rychlého míchání by se mohly již vzniklé mikrovločky rozbít. Rovnoměrné rozmíchání srážedla do celého objemu je zde mimořádně důležité z důvodu, aby co nejvíce fosforečnanových aniontů přišlo do styku se srážedlem. K tomuto účelu se používají hydraulické přepady, injektování do mísičů apod.

Flokulace (pomalé míchání): jedná se o 2. fázi srážení (tzv. ortokinetickou), kde se mikrovločky shlukují do větších celků – makrovloček, které lze následně bez problémů odseparovat. Doba trvání této fáze je 10 – 30 minut a musí být vytvořeny podmínky pro dokonale pomalé míchání, aby nedocházelo k destrukci vloček. Ideální velikost vloček se pohybuje (1-5 mm) a voda mezi nimi musí být čirá. Flokulace probíhá ve flokulačních komorách s pádlovými míchadly, ve flokulačních potrubích nebo kónických vestavbách.

Podle místa a účelu dávkování koagulantu lze srážení rozdělit na: [12]

- Předsrážení – jedná se o přímé srážení před biologickým stupněm čištění. Koagulant lze dávkovat do rozdělovacích objektů, flokulačních nádrží nebo usazovacích nádrží.
- Simultánní srážení – koagulant se dávkuje do aerační zóny, ve které probíhá srážení fosforu a zároveň biologické čištění.
- Srážení po biologickém čištění (terciální stupeň čištění) – v tomto případě se koagulant dávkuje do odtoku za dosazovací nádrž, s nutností dalšího separačního stupně.

Jedním zvláštním případem simultánního srážení je dávkování koagulantu do aktivační směsi v místě, kde probíhá odplynění směsi před nátokem do dosazovací nádrže. Takovéto dávkovací místo musíme volit tak, aby došlo k dokonalému a rychlému promísení koagulantu s aktivační směsí. Takový způsob odstranění fosforu je považován za nejúčinnější a v případě použití síranu železitého (41 % roztoku) také nejekonomičtější a dávající správné výsledky. [12]

4.3 SEKUNDÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

U sekundárního čištění dochází ke snižování koncentrace rozpuštěných a koloidních organických částic a nerozpuštěných látek. Obecně lze říci, že snižuje hodnoty NL a

BSK₅ na 10-30 mg/l. Převážná většina sekundárních procesů je založena na biologickém čištění (aktivaci), při kterém dochází k tvorbě směsné kultury mikroorganismů za přítomnosti kyslíku a stopového množství nutrientů. [1]

Chemikálie na zařízeních pro sekundární čištění

- Aktivační nádrže:

Proti bytění kalu z důvodu vláknitých mikroorganismů se používá **chlorace, peroxid vodíku, hlinité soli, hydrogenuhličitan sodný**.

Na odstraňování fosforu se používají **koagulanty na bázi hlinitých a železitých solí, síran železnatý** nebo **vápno**.

Může také docházet k pění čišťené vody. Z tohoto důvodu je možné použít **odpěňovače**.

- Dosazovací nádrže:

Protože je dobré zvětšit velikost vloček aktivovaného kalu z důvodu usazování, používají se k tomuto účelu **polymerní organické flokulanty**, které mohou být kationaktivní, anionaktivní nebo neionogenní.

Dále se u dosazovacích nádrží mohou používat chemikálie k potlačení zápachu jako například **dusičnan železitý, dusičnan vápenatý, síran železitý** nebo **chlorid železitý**.

4.3.1 Aktivační proces

Obecně lze aktivační proces charakterizovat jako aerobní metodu biologického čištění odpadních vod, při které se využívá biomasa v suspenzi. Během tohoto procesu se využívá metabolická činnost mikroorganismů, během níž dochází k přeměně a odstranění látek spotřebovávající kyslík. Nejdůležitějším úkolem aktivace je odstranění nerozpuštěných, koloidních a rozpuštěných organických látek. [1]

Popis aktivace

Voda, která je přiváděna do aktivační nádrže, obsahuje vločky aktivovaného kalu a je zde uváděna do kontaktu s organickými látkami v odpadní vodě. Organické látky jsou zde přeměňovány na novou buněčnou hmotu a oxidovány na oxid uhličitý a vodu. Tímto se vytváří aktivovaný kal, který je tvořen mikroorganismy, inertními nerozpuštěnými látkami a také nerozložitelnými organickými látkami. Z aktivační nádrže pokračuje aktivační směs do dosazovací nádrže, kde se oddělí nerozpuštěné látky (aktivovaného kalu) od biologicky vyčištěné odpadní vody. Koncentrovaná biomasa se potom vrací zpět do aktivační nádrže jako vratný kal, aby byla koncentrace mikroorganismů v aktivační nádrži optimální. Biomasa, která je přebytečná (přebytečný sekundární kal) se odtahuje z dosazovací nádrže. [1]

Základní typy aktivačních procesů

- **Aktivace s postupným tokem** – odpadní voda se mísí s aktivovaným kalem na začátku nádrže a postupně protéká dlouhým korytem s malým průtočným profilem. Koncentrace rozpuštěných organických látek se po délce nádrže snižuje. [13]
- **Směšovací aktivace** – v nádrži čtvercového tvaru je odpadní voda promíchávána a provzdušňována. Koncentrace aktivovaného kalu a rozpuštěného kyslíku je v celé nádrži konstantní. [13]
- **Odstupňovaná aktivace** – na začátku nádrže je umístěno více provzdušňovacích elementů, jelikož rychlost spotřeby kyslíku a koncentrace organického znečištění klesá podél nádrže ve směru průtoku. [13]
- **Postupně zatěžovaná aktivace** – odpadní voda je přiváděna v několika místech podél nádrže. Koncentrace aktivovaného kalu je v jednotlivých místech nádrže rozdílná. [13]
- **Aktivace s oddělenou regenerací kalu** – vratný kal je veden z dosazovací nádrže do nádrže regenerační, kde je 2 až 4 hodiny provzdušňován a tím je obnovena jeho adsorpční schopnost a akumulací kapacita. Takto regenerovaný kal je přiváděn zpět do aktivační nádrže. [13]
- **Oběhová aktivace** – vhodná pro velké zdroje znečištění, odbourává vysoký stupeň dusíku (denitrifikace). [13]
- **Šachtová aktivace** – vytváří ji vysoká kruhová šachta hluboká 30 až 150 m o průměru 0,7 až 6 m se svislou přepážkou, která ji dělí na dvě části. V jedné části proudí aktivační směs vzhůru a ve druhé směrem dolů, což je umožněno díky rozdílným hustotám v obou částech s různě proplyněnou směsí. Díky dlouhé dráze, kterou bublina překonává, se dokonale využívá kyslík. [13]

4.3.2 Aktivační proces kombinovaný s chemickým (simultánním) srážením

Simultánní srážení je proces, kde jsou srážedla dávkována přímo do aktivační nádrže nebo do vratného kalu za účelem zvýšení účinnosti odstranění fosforu nebo nerozpuštěných látek. Biologické a chemické srážení se odehrává zároveň (simultánně) v jednom čistícím stupni. Toto simultánní srážení může být zařazeno u každého typu aktivace. Pokud se zařadí flokulační nádrž mezi nádrž aktivační a dosazovací zlepší se účinnost srážení. [1]

V případě srážení fosforu dochází k reakci fosfátů s ionty trojmocných kovů. Mezi nejběžnější srážedla patří hlinité a železité soli, chlorid a síran železitý (PIX) a předpolymerizované hlinité soli (PAX). Je také užíván síran železnatý, u kterého dochází k oxidaci železa na trojmocné přímo v procesu. Právě v případě simultánního srážení je použití železnatých solí velmi vhodné, jelikož k jejich oxidaci dohází v aktivační nádrži. V praxi to tedy znamená, že mohou být železnaté soli přidávány jen do provzdušňovaného lapáku písku nebo na začátek aktivační nádrže. [1]

Aktivovaný kal: Dávkováním srážedel do aktivovaného kalu se zlepší jeho sedimentační vlastnosti. V případě přidavku hlinitých solí do aktivovaného kalu lze potlačit i bytnění kalu.

4.4 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ ČIŠTĚNÍ

Mezi fyzikální procesy používané k odstranění nerozpuštěných látek řadíme cezení na česlích, sedimentaci a filtraci. Chemické procesy, které využívají srážecí a koagulační metody, slouží k odstraňování fosforu, fyzikálně-organických látek a ke zlepšení separačních vlastností aktivovaného a přebytečného kalu. Ke koagulaci se používají soli železa a hliníku, ve výjimečných případech vápno. V případě potřeby zlepšení separačních vlastností kalu se používají organické flokulanty. [12]

4.4.1 Koagulanty

Jak bylo již výše řečeno, koagulační metody odstraňují z odpadní vody fosfor a fyzikálně organické látky a také zlepšují separační vlastnosti v aktivovaném a přebytečném kalu. Jedná se výhradně o hlinité a železité soli. [12]

Způsoby dávkování koagulantu

Pro dávkování koagulantu se používají dávkovací čerpadla, která umožňují operativní změnu nastavené dávky. Nejjednodušším způsobem stanovení dávky koagulantu je jeho stanovení z průměrných hodnot z předešlého období. Toto stanovení je však nepřesné, protože neuvažuje změny průtoků a koncentrací přitékající vody, k nimž během dne dochází. Ve výsledku to potom znamená, že dochází buď k předávkování, nebo k nedostatku koagulačního činidla v procesu. Takovýto způsob stanovení dávky koagulantu je proto nevhodný u ČOV napojených na čerpací stanici, na kterou přichází odpadní voda přerušovaně. [12]

Principy dávkování koagulantu: [I]

- **Bez regulace** – v případě malých, gravitačních ČOV s malým koeficientem nerovnoměrnosti průtoku. [I]
- **Skokovou regulací** – podle chodu čerpadla (zapnuto x vypnuto), má dobré výsledky a výrazně šetří koagulant. [I]
- **S proporčním dávkováním dle okamžitého průtoku** – v tomto případě je vhodné měřit průtok na odtoku z ČOV, díky tomu dojde k eliminaci akumulace nátoků v předchozích stupních ČOV. [I]
- **U velkých ČOV** se může dávkování koagulantu řídit dle výsledků analýz prováděných analyzátory ve vyčištěné vodě. Jde o investičně náročnější řešení, avšak dává nejlepší výsledky. [I]

Stanovení dávky koagulantu

Dávka se stanoví dle místa dávkování.

Předsrážení

Stanovení dávky proběhne laboratorním koagulačním testem přímo s danou konkrétní vodou. Jestliže během dne kvalita vody výrazně kolísá, doporučuje se provést přiměřený počet testů. V běžných případech se stanovuje šest vzorků v řadě se stoupající dávkou koagulantu, přičemž se do středu řady aplikuje předpokládaná dávka. Po 30 minutové sedimentaci se u vzorků stanoví pH, CHSK, NL, $P_{\text{celk.}}$ a $P\text{-PO}_4^{3-}$. Kvůli potřebě fosforu v následném biologickém stupni nesmí jeho koncentrace klesnout pod 1 mg/l. [12]

Simultánní srážení

U stanovení dávky koagulantu v nátoku do dosazovací nádrže se množství dávky síranu železitého stanoví dle tohoto výpočtu: [12]

Dávka koagulantu v kg/den: [I]

$$[\text{kg/den}] = Q_{24} \cdot \Delta P / 1000 \cdot 9,7$$

pozn. : Při orientačním stanovením dávky se vychází z denního průtoku, koncentrace fosforu na vstupu do ČOV a požadované výstupní koncentrace.

Množství v litrech 41 % síranu železitého za den: [I]

$$[\text{l/den}] = [\text{kg/den}] / 0,6$$

kde: ΔPvýstupní koncentrace fosforu

Q_{24}denní průtok ČOV v $[\text{m}^3/\text{den}]$

4.4.2 Flokulanty

Během období zhoršených sedimentačních vlastností kalu (např. při dešťových stavech, při intoxikaci aktivovaného kalu, vlivem vláknitých mikroorganismů, při výpadcích části technologického zařízení apod.) se používají tzv. **polymerní organické flokulanty**, díky nimž se mikrovločky vážou do větších kompaktních celků. Tyto polymerní flokulanty jsou schopny vzhledem ke své polymerní struktuře reagovat pouze s hrubšími koloidy a suspendovanými částicemi. Vytvoří se tak silné vazby mezi částicemi, jejichž těsné spojení dá možnost vzniku makrovloček. [12]

V poslední době se na trhu objevují i směsné přípravky, kde koagulant obsahuje přídavek polymerního organického flokulantu. Tento organický flokulant musí být nízkomolekulární povahy, aby nedocházelo k reakci s koagulačním činidlem a

nezpůsoboval nárůst viskozity roztoku. Pro tento případ lze použít polymery typu Poly-DADMAC či Polyamid. Tyto polymery sice mírně zvětšují velikost mikrovloček a mírně dokáží snížit spotřebu koagulantu, ale pokud se dodávají jako směsný přípravek s koagulantem, výsledné vločky potom nemají takovou kompaktnost a velikost. Z toho vyplývá, že oddělením procesu koagulace a flokulace docílíme lepších podmínek pro následnou separaci. Při oddělené koagulaci můžeme polymerní flokulant dávkovat na míru, aby bylo dosaženo optimálního efektu. Pokud však nemáme k dispozici rozpouštěcí a dávkovací zařízení pro oddělené dávkování, využijeme právě směsné preparáty. [12]

Způsoby dávkování flokulantu

Stejně jako u koagulantu, se flokulanty dávkuje pomocí dávkovacích čerpadel s možností operativní změny množství dávkované látky. Samotný proces flokulace probíhá např. v trubkových flokulátorech.

4.5 TERCIÁLNÍ ČIŠTĚNÍ

Dočišťování biologicky vyčištěných vod je požadován vodoprávním orgánem v exponovaných lokalitách, kde se požaduje lepší kvalita odtoku do recipientu. Obvykle se jedná o odstranění zbytkových nerozpuštěných látek nebo fosforu. K tomuto dočišťování se používají tato zařízení : [12]

- Zemní filtry
- Vegetační čistírny
- Stabilizační nádrže (tzv. rybníky)
- Dočišťovací gravitační nádrže
- Mikrosítové filtry
- Pískové filtry

Chemikálie na zařízeních pro terciálního čištění:

Odtok z dosazovacích nádrží:

Pro odstranění zbytkového fosforu a nerozpuštěných látek je možno dávkovat do biologicky vyčištěné vody **koagulanty**. Ty bývají dávkovány do přítoku na zařízení terciálního čištění.

5 OBJEKTY TECHNOLOGICKÉ LINKY ČOV

V této kapitole jsou rozvedeny jednotlivé objekty technologické linky ČOV podle toho, jak na sebe navzájem navazují a jaké chemikálie jsou u nich případně dávkovány. Všechny ceny chemikálií jsou uvedeny včetně DPH.

5.1 PŘEDČIŠTĚNÍ

Díky předčištění odstraňujeme z odpadní vody hrubě dispergované částice, písek, tuky a oleje a jiné větší částice. Proces předčištění zahrnuje cezení, odstranění šterku a písku, odpachování (tam, kde je to potřeba) a měření průtoku. Tato část ČOV se dá nazvat jako část ochranná, protože, jak už bylo uvedeno výše, chrání čistírenské procesy a zařízení. Zařízení, využívána při předčištění mohou být následující: [1]

5.1.1 Rozdělovací objekty

Jsou to objekty, které se používají pro rozdělení toku odpadní vody nebo kalu na jednotlivé technologické objekty, které mají v sestavě více shodných funkčních objektů např. (více usazovacích nebo dosazovacích nádrží. [12]

Pro rozdělení proudu odpadní vody se používají tyto objekty:

- **Kašnové přelivy:** Voda do něho natéká středem směrem vzhůru. Po odtoku z přelivu se voda rozdělí do jednotlivých sekcí přelitím přes ostrohranné přelivy, které jsou odděleny přepážkami. [12]
- **Rozdělovací klín tvaru V:** Špička trojúhelníka směřuje proti toku vody. Nevýhodou tohoto způsobu rozdělení proudu je nabalování vláknitých nečistot na hrot dělicího prvku. [12]
- **Hlavní přítokový žlab:** Ten se rozděluje na potřebný počet dílčích žlabů, ze kterých voda natéká do nádrže buď vtokovým oknem umístěným kolmo ke dnu nádrže, nebo horizontálně ve směru toku vody v nádrži. [12]



Obr. 2: Rozdělovací objekt ČOV Kolín[2]

Používané chemikálie

U rozdělovacích objektů je možno dávkovat **koagulanty na bázi solí železa a hliníku**, což způsobí tvorbu vloček a umožní se jejich separace. Typy koagulantů jsou uvedeny v kapitole 5.2.2 Usazovací nádrže.

5.1.2 Lapáky tuků a olejů

Tuky působí nepříznivě prakticky na všech čistících jednotkách. U biologických filtrů obalují tuky náplň a zanášejí její mezery mazlavou hmotou. Tím pak znemožňují život bakterií v biologické bláně. Jako další problém, který způsobují tuky, je vrstva oleje na hladině v aktivační nádrži, která brání pronikání kyslíku do vody. V uskladňovacích nádržích na kal tuky obalují částice kalu, které vyplouvají na hladinu a vytváří plovoucí strop, který zpomaluje vyhnívání a mimo jiné taky zmenšuje obsah nádrže. Vyhnílý kal, který obsahuje větší množství tuků, se špatně odvodňuje a má mazlavou strukturu. [12]

Lapáky tuků a olejů se umísťují přímo v místech zdroje (např. skladech, závodních kuchyních, restauracích apod.), aby zachytily tuk ještě před tím, než se dostane do kanalizace. [12]



Obr. 3: Lapák tuků a olejů [3]

V případě, kdy je vysoké množství organických tuků v kanalizaci, lze aplikovat tzv. enzymatický likvidátor tuků. Tyto přípravky dávkuje přímo do odpadního potrubí, ještě před samotným lapákem tuku. Díky němu snížíme po několika dnech zápach a po 1 až 2 týdnech se rozruší organické a tukové vrstvy v systému. Množství dávky pro zahájení dávkování je cca 30 ml/m³/den. [14]

Tab. č. 5.1.2.1: Používané chemikálie: [1], [2], [3], [4]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	POPIS	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ [l]	CENA [Kč]
Bio - Degraser	EKOBAK s.r.o.	enzymatický likvidátor tuků	kapalné	kanystr	5	930
					25	3720
LIKVID	SubioEko	enzymatický likvidátor tuků	kapalné	lahev	0,5	220
				lahev	1	460
				kanystr	3	1290
				kanystr	5	2070
BILIKUK „T“	BILIT s.r.o.	enzymatický likvidátor tuků	kapalné	lahev	1	290
				kanystr	5	1450
Greaseclean	BIOCLEAN	enzymatický likvidátor tuků	kapalné	lahev	1	200
				kanystr	5	950
				kanystr	25	4500

Enzymatický likvidátor tuků

Je to směs přírodních bakteriálních bio-kultur, která při kontaktu s organickými látkami způsobí jejich odbourání a tím čistí zařízení jako jsou lapáky tuků, septiky nebo kanalizaci. [14]

Účinek:

Obsahují směs mikroorganismů a enzymů, které rozkládají organické nečistoty. Současně působí i proti pachu v ošetřovaných objektech. [14]

Dávkování:

Přípravek se aplikuje přímo do čistěných objektů nejlépe na noc. Doporučené dávkování je cca 100 ml/týden u lapáků o velikosti do 10 m³. [14]

5.1.3 Česle, lapáky štěrku a písku

Česle

Jelikož odpadní voda obsahuje velké množství splavenin, jako jsou hadry, fekálie, domovní a jiné odpadky, plastické hmoty, kusy dřeva a jiné unášené splaveniny, musí se kvůli ochraně potrubí, žlabů, čerpadel a jiných zařízení osazovat česle. Podle účelu použití rozeznáváme tři druhy česlí- **hrubé, jemné a velmi jemné**. Hrubé česle se používají u velkých čistíren odpadních vod, kde zachytávají velké kusy splavenin, jako

jsou kusy dřeva, kameny, cihly apod. Jemné česle jsou osazovány za česlemi hrubými buď před, nebo za lapákem písku. Velmi jemné česle jsou konstruovány vždy jako strojně stírané a mají za úkol odstranění menších částic jako vlákna, vlasy, zbytky potravy, větší kusy fekálií a i hrubší zrna písku. [12]

Všechny splaveniny, které se na česlích zachytí, nazýváme shrabky. Tyto shrabky jsou nadále zpracovávány buď: [13]

- a) Kompostováním – pro tento účel zpracování je nutná hygienizace
- b) Skládkováním – v tomto případě je musíme zbavit fekální hmoty propráním tlakovou vodou
- c) Spalováním – shrabky pro spalování musí mít převahu organické hmoty

Tab. č. 5.1.3.1: Vápno pro hygienizaci shrabků:[5]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	ÚČEL	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ [Kg]	CENA [Kč]
Hašené vápno CL 90 - S	KOTOUČ ŠTRAMBERK, spol. s r.o.	hygienizace shrabků	pevné (prášek)	pytle	25	110
				paleta	1000	4400
ČERŤÁK CL 90-S	Vápenka Čertovy schody a.s.	hygienizace shrabků	pevné (prášek)	pytle	30	150
Vápenný hydrát	HASIT a.s.	hygienizace shrabků	pevné (prášek)	pytle	22	85
CARMEUSE CL 90-S	CARMEUSE	hygienizace shrabků	pevné (prášek)	pytle	20	75

Hašené vápno

Hašené vápno je v tomto případě dávkováno pro hygienizaci shrabků a zároveň k odstranění zápachu.

Lapáky šterku

V místech, kde se mohou na čistírnu dostat velké částice, jako např. úlomky cihel, kusy betonu z poškozeného potrubí a šachet, šterk se před hrubými česlemi osazují i lapáky šterku. Částice, které jsou zachyceny v lapáku šterku se denně odstraňují, protože by hrozila kontaminace čerstvé odpadní vody hnilobnými produkty. [12]

Lapáky písku

Odpadní voda obsahuje také látky jako písek, popílek, kamínky a jiné větší částice, které nepodléhají biologickému rozkladu. Kvůli těmto látkám osazujeme lapáky písku, které snižují ucpávání potrubí, chrání pohyblivé části mechanických zařízení a čerpadel proti opotřebení. Lapáky písku dle konstrukce můžeme rozdělit na ručně nebo strojně vyklízené. Ručně vyklízené lapáky písku navrhujeme na nejmenších čistírnách odpadních vod. Jsou složeny alespoň ze dvou podélných otevřených kanálů včetně

zařízení na kontrolu průtočné rychlosti. V případě strojně vyklízených lapáků se většinou jedná o pravoúhlé nádrže, kde se k vyklízení písku používá řetězový shrabovák nebo čerpání mamutkou do jámy. [12]



Obr. 4: Hrubé česle [4]



Obr. 5: Jemné česle [5]



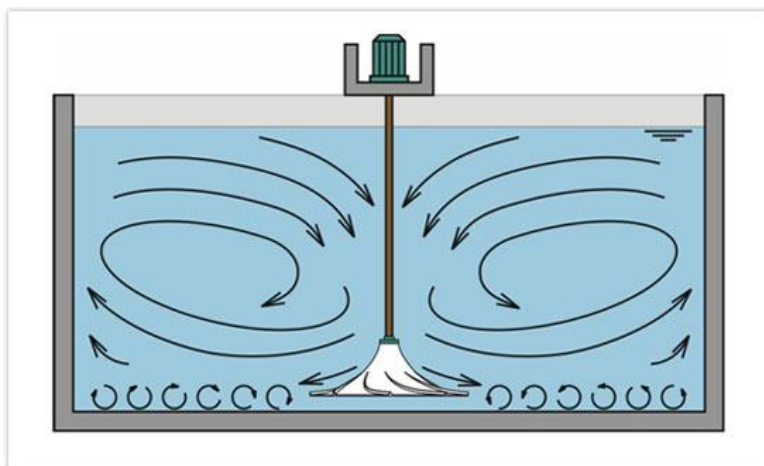
Obr. 6: Lapák písku [6]

5.2 PRIMÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

5.2.1 Flokulační nádrže

Jsou to nádrže, ve kterých dochází k pomalému míchání odpadní vody a následnému shlukování mikrovloček ve větší celky (agregáty). K procesu flokulace však nemusí

docházet pouze ve flokulačních nádržích, ale mohou je nahradit například i trubkové flokulátory.



Obr. 7: Flokulační nádrž [7]

Vliv pH

Hodnota pH je důležitá pro tvorbu vloček i pro srážení fosforu a její hodnota by měla být často měřena buď bodovými vzorky, nebo kontinuálně. U kontinuálního měření musíme elektrodu pravidelně čistit a kalibrovat. [1]

Tab. č. 5.2.1.1: Optimální rozsahy hodnot pH pro různá srážedla: [1]

Srážedlo	Optimální rozsah pH	Poznámky
Síran hlinitý	5,5 - 6,3	
Železité soli	5,0 - 6,0	Při dosrážení lze dosáhnout dobrých výsledků i při pH 6,0-8,5
Železité soli + vápno	> 8,5	
vápno	> 11,2	

Používané chemikálie

Mezi chemikálie používané u flokulačních nádrží patří **koagulanty na bázi železa a hliníku, koagulanty na bázi předpolymerizovaných hlinitých solí a organické flokulanty**. Jednotlivé typy a výrobci těchto chemikálií jsou uvedeny v kapitole 5.2.2 Usazovací nádrže.

5.2.2 Usazovací nádrže

Jsou to zařízení, která nám slouží ke gravitační separaci suspendovaných látek obsažených v odpadní vodě.

Typy usazovacích nádrží

Sedimentační (usazovací) nádrže můžeme rozdělit dle tvaru a průtoku na: [12]

- Pravoúhlé s horizontálním nebo vertikálním průtokem
- Kruhové s horizontální nebo vertikálním průtokem
- Štěrbínové nádrže
- Lamelové nádrže

Dle zařazení v technologické lince na:

- Primární – Pro separaci suspendovaných částic z odpadní vody.
- Sekundární – Pro separaci biologického kalu při biologickém čištění.

Stírání kalu

Je řešeno pomocí řetězového mechanismu s hrably, nebo pojízdným mostem se zavěšeným hrablem, nebo pomocí otáčivého shrabováku. Toto stírání kalu umožňuje jeho přesun do místa v nádrži, odkud je odtahován. [1]



Obr. 8: Kruhová usazovací nádrž[8]

Používané chemikálie

Jako srážedla jsou v případě usazovacích nádrží používány **koagulanty na bázi hlinitých a železitých solí, koagulanty na bázi předpolymerizovaných hlinitých solí a organické flokulanty.**

Tab. č. 5.2.2.1: Koagulanty: [6], [7], [8], [9], [10]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
Síran železitý PIX-113, PIX-113T, PIX-313, PIX-116	KEMIFLOC a.s.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	kanystr	50 l	435
				IBC kontejner	1 m ³	8 700
				autocisterna	16 m ³	139 200
Chlorid železitý PIX-111, PIX-111T, PIX-111L, PIX-111M	KEMIFLOC a.s.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	kanystr	50 l	405
				IBC kontejner	1 m ³	8 060
				autocisterna	16 m ³	128 960
Chlorid-síran železitý PIX-110	KEMIFLOC a.s.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	kanystr	50 l	465
				IBC kontejner	1 m ³	9 300
				autocisterna	16 m ³	148 800
Chlorid železnatý PIX-211	KEMIFLOC a.s.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	kanystr	50 l	390
				IBC kontejner	1 m ³	7 800
				autocisterna	16 m ³	124 800
Síran železnatý, zelená skalice ZS	KEMIFLOC a.s.	Anorg. koagulant na bázi železa	pevné	barel	50 l	520
				IBC kontejner	1 m ³	10 395
				autocisterna	16 m ³	166 320
Chlorid železitý	EURO-Šarm spol. s r.o.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	kanystr	30 l	360
				barel	50 l	600
				kontejner	1000 l	12 000
Chlorid železitý ROFLOK WPS, SC, FIX C14	Androchema s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	IBC kontejner	1000 l	13 000
				autocisterna	16 m ³	201 200
Chlorid síran železitý ROFLOK F12, F10, FIX CS 12	Androchema s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi železa	kapalné	IBC kontejner	1 m ³	9 100
				autocisterna	16 m ³	145 600
Síran hlinitý - ALG	Kemwater ProChemie s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	pevné (prášek, granule)	pytle	25, 40 Kg	80, 124
				vaky	1000 Kg	3 100
				volně ložený	-	-
Síran hlinitý - ALS	Kemwater ProChemie s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	kapalné	kanystr	30 l	120
				IBC kontejner	1 m ³	4 030
				cisterna	16 m ³	64 480
Polyaluminiumchlorid PAX- XL 18 - 19	Kemwater ProChemie s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	kapalné	kanystr	30 l	620
				PE kontejner	1000 l	20 600
				cisterna	16 m ³	329 600
Chlorid hlinitý	Kemwater ProChemie s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	kapalné	kanystr	30 l	380
				PE kontejner	1000 l	12 600
				cisterna	16 m ³	202 600

Polychlorid hlinitý PLUSPAC S 1800	Androchema s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	kapalné	IBC kontejner	1 m ³	13 400
				autocisterna	16 m ³	214 400
Síran hlinitý	Androchema s.r.o.	Anorg. koagulant na bázi hliníku	kapalné	IBC kontejner	1 m ³	3 800
				autocisterna	16 m ³	60 800
SOKOFLOK L 1003, L 1006,L 1018,L 1020	SOKOFLOK s.r.o.	Org. koagulant	pevné	PVC kanystr	25 Kg	1 625
				sud	225 Kg	14 625
				kontejner	1000 l	84 500
				autocisterna	16 m ³	1352 000
SOKOFLOK 18 PC, 18 PCB, 18 PCB-S	SOKOFLOK s.r.o.	Anorg. koagulant	pevné	PVC kanystr	425 Kg	27 625
				sud	625 Kg	40 625
				kontejner	1000 l	87 500
				autocisterna	16 m ³	1400 000

Chlorid železitý

Chemický vzorec: FeCl₃

Účinek:

Pracuje na bázi neutralizace suspenze v koloidní a difuzní fázi. Vytváří nánosy, které mohou být odstraněny sedimentací. Lze využít i při odvodňování kalu. [15]

Dávkování:

Dávkování závisí na kvalitě upravované vody a technologii úpravy. Přesná dávka je určena laboratorními koagulačními testy. [15]

Síran hlinitý

Chemický vzorec: Al₂(SO₄)₃ x n H₂O

Účinek:

Vybíjí záporně nabitě koloidní a suspendované látky obsažené ve vodě, přičemž se částice vrství na sebe a tím vytváří větší separovatelné vločky. [16]

Dávkování:

Závisí na kvalitě vody a typu úpravy. Dávka se u pevného síranu hlinitého pohybuje běžně v rozsahu od 0,1 – 10 mg/l. Optimální dávka je pak stanovena na základě laboratorních koagulačních testů. [16]

Tekutého síran hlinitý se dává, buď koncentrovaný, nebo ředěný vodou. Maximální možné ředění je na koncentraci 5 % z důvodu nebezpečí předčasné hydrolyzy. [16]

Specifika:

Použití síranu hlinitého je možno pouze v rozmezí pH 4,5 – 8, jelikož iont hliníku je rozpustný jak v kyselé, tak v alkalické oblasti. [16]

Polyaluminiumchlorid PAX

Jedná se o novou generaci hlinitých srážedel, která je založena na předpolymerizovaných hlinitých solích. [17]

Účinek:

Tento přípravek je v případě usazovacích nádrží vhodný pro zlepšení sedimentovatelnosti kalu. [17]

Dávkování:

Obvyklá dávka se pohybuje od 0,01 – 0,1 ml/l. Maximální povolená dávka je 0,2 ml/l surové vody. [17]

Chlorid hlinitý

Chemický vzorec: AlCl₃

Účinek:

Při reakci s vodou hydrolyzuje za vzniku kladně nabitých polymerů, které reagují se záporně nabitými koloidními a suspendovanými látkami za tvorby vloček. [18]

Dávkování:

Dávka závisí na kvalitě surové vody a technologii úpravy. Běžné dávkování pevného chloridu hlinitého se pohybuje od 0,1 – 10 mg/l. Přesná dávka je určena laboratorními koagulačními testy. [18]

Tekutý chlorid hlinitý se dává, buď koncentrovaný, nebo ředěný vodou. Maximální možné ředění je na koncentraci 5 % z důvodu nebezpečí předčasné hydrolýzy. [18]

Tab. č. 5.2.2.2: Organické polymerní flokulanty anionaktivní: [9], [10], [11], [12], [13], [14]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
Superfloc A 100, A 110, A 120, A 130, A 150	Kemwater ProChemie s.r.o.	Organický flokulant anionaktivní	pevné, kapalně (prášek, emulze)	pytle	25 Kg	2 250
				vak	500 Kg	45 000
Superfloc A 110HMW, 120HMW, 130HMW	Kemwater ProChemie s.r.o.	Organický flokulant anionaktivní	pevné, kapalně (prášek, emulze)	pytle	25 Kg	2 370
				vak	500 Kg	47 500
SOKOFLOK 16, 20, 16CK, 18CK, 26CK	SOKOFLOK s.r.o.	Organický flokulant anionaktivní	pevné, kapalně (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2 125
				BIG-BAG	500 Kg	42 500
				kanystr	25 Kg	2 125
				IBC kontejner	1000 l	110 500

Biokat	VTA Česká republika spol. s r.o.	Organický flokulant anionaktivní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2 000
				BIG-BAG	500 Kg	2 100
				kanystr	25 Kg	104000
				IBC kontejner	1000 l	104000
Síran železitý Prefloc	Spolana a.s.	Organický flokulant anionaktivní	kapalné	kanystr	50, 30 l	5200,3120
				sud	200 l	20 800
				kontejner	1000 l	104 000
Sedifloc 1015, 1030	3F Chimica s.a.s.	Organický flokulant anionaktivní	pevné	BIG-BAG	750 Kg	74 250
Praestol 2510, 2530, 2540	Ashland Industries GmbH	Organický flokulant anionaktivní	pevné	pytel	25 Kg	2 125

Tab. č. 5.2.2.3: Organické polymerní flokulanty kationaktivní: [9], [10], [11], [14]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
Superfloc C491,C492,C494,C496,C498,C442,C444,C446,C448	Kemwater ProChemie s.r.o.	Organický flokulant kationaktivní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle	25 Kg	2 250
				vak	500 Kg	45 000
SOKOFLOK 56,63,56GP,59GP,59CN,82CN	SOKOFLOK s.r.o.	Organický flokulant kationaktivní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2 125
				BIG-BAG	500 Kg	42500
				kanystr	25 Kg	1 950
				IBC kontejner	1000 l	110500
Biokat	VTA Česká republika spol. s r.o.	Organický flokulant kationaktivní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2 000
				kanystr	25 Kg	2 100
				IBC kontejner	1000 l	104000
Superfloc C 494HMW,C 496 HMW,C 498 HMW	Kemwater ProChemie s.r.o.	Organický flokulant kationaktivní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle	25 Kg	2 000
				vak	500 Kg	12500
Praestol 835 BS, 851 BC, 855 BS, 857 BS	Ashland Industries GmbH	Organický flokulant kationaktivní	kapalné	sud	120 l	15 440
				kontejner	1000 l	128700

Tab. č. 5.2.2.4: Organické polymerní flokulanty neinogenní: [9], [10], [11]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
Superfloc N 100, N 300	Kemwater ProChemie s.r.o.	Organický flokulant neinogenní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle	25 Kg	2 250
				vak	500 Kg	45 000
Biokat	VTA Česká republika spol. s r.o.	Organický flokulant neinogenní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2 000
				kanystr	25 Kg	2 100
				IBC kontejner	1000 l	104 000
SOKOFLOK 10,12,10CK,10FS	SOKOFLOK s.r.o.	Organický flokulant neinogenní	pevné, kapalné (prášek, emulze)	pytle PE	25 Kg	2125
				BIG-BAG	500 Kg	42500
				kanystr	25 Kg	1950
				IBC kontejner	1000 l	110500

Polymerní organické flokulanty

Použití:

Tyto flokulanty jsou dodávány buď jako prášek, nebo jako emulze. Obojí se musí před použitím rozpustit ve vodě, k čemuž dochází ve třech krocích: [19]

- namočení
- rozpuštění až na zásobní koncentraci
- zředění na dávkovací koncentraci

Dávkování:

Dávka je závislá na kvalitě a technologii čištění vody a je stanovována dle laboratorních testů. Optimální dávka se stanovuje na základě provozní aplikace koagulantů. [19]

5.3 SEKUNDÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

Sekundární čištění spojujeme především s aktivačním procesem, díky němuž je snižováno koncentrace rozpuštěných a koloidních látek. V následujících řádcích je popsán aktivační proces a chemikálie s ním spojené.

5.3.1 Aktivační nádrže

Aktivační nádrže jsou objekty vybavené aeračním zařízením (v aerobních zónách) a míchacím zařízením (v zónách anaerobních). Aerační systém se skládá z dmychárny a vlastního aeračního systému, který je osazen na dně nádrže. Míchadla jsou instalována v neprovzdušňovaných zónách aktivace a slouží k udržení aktivační směsi ve vznosu.

Dalším zařízením, které můžeme u aktivační nádrže instalovat je stírací zařízení hladiny pro stírání plovoucích látek, tuků a aktivovaného kalu z hladiny. [12]



Obr. 9: Aktivační nádrž oběhová[9]

Problémy v aktivačních nádržích

a) Bytnění aktivovaného kalu způsobený růstem vláknitých mikroorganismů:

Řešení:

- Chlorací
- Přídavkem peroxidu vodíku
- Přídavkem hlinitých solí

Chlorace

V případě chlorace je nutné dbát na následující doporučení. Chlorace musí být prováděna pomocí dávkovacího čerpadla, chlór přidáváme do vratného kalu, je potřeba začít s malými dávkami ($\leq 2\text{ g Cl}_2/\text{Kg NL.d}$) a posléze je postupně zvyšovat (max. po $1\text{ g Cl}_2/\text{Kg NL.d}$). Dávkování chlóru musíme kontrolovat měřením turbidity odtoku, nebo popř. Seccio hloubkou v dosazovací nádrži. Pokud jsou tyto hodnoty zvýšené, indikuje to předávkování a pokud je odtok téměř bílý, dávka je až příliš vysoká. Maximální dávka by neměla překročit $9\text{--}10\text{ mg g Cl}_2/\text{Kg NL.d}$. Do jaké míry je chlorace efektivní se musí monitorovat měřením kalového indexu KI, při poklesu KI po 100 mg/l se musí dávkování zastavit. [1]

Peroxid vodíku

V tomto případě platí, aby dávkování bylo aplikováno do vratného kalu. Běžná dávka činí 100-200 g/m³ vratného kalu. [1]

b) Bytnění kalu z jiných příčin:

Tento typ bytnění bývá projevem nízkého pH způsobeného nitrifikací. Pro zamezení bytnění z tohoto důvodu se doporučuje použití **hydrogenuhličitanu sodného**. [1]

Odstraňování dusíku

- Chlorací (viz. výše)
- Denitrifikací

Odstraňování fosforu

Při čištění městských odpadních vod se fosfor odstraňuje jako součást usaditelných suspendovaných látek v kalu primárním a jako součást biomasy v přebytečném biologickém kalu. Během biologického čištění jsou polyfosforečnany hydrolyzovány na ortofosforečnany a také dochází k rozkladu organických sloučenin obsahujících fosfor na fosforečnany. Zbytkové koncentrace fosforu v organických látkách se pohybují kolem 0,1 – 0,2 mg/l. Pro snížená koncentrací se používají srážecí postupy. Jako srážedla jsou používány hlinité nebo železité soli, síran železnatý a vápno. Dávkovat je možno do následujících míst: [23]

- Do procesu předsrážení (např. flokulační nádrž)
- Do aktivační nádrže
- Do biologicky vyčištěné vody: je to nejúčinnější řešení, avšak vyžaduje koagulační nádrž a nádrž pro separaci vysráženého kalu.

Dávkování srážedel obecně

Kapalná srážedla

Skladují se v chemických nádobách s dávkovacím čerpadlem, které může být membránové, peristaltické, pístové, nebo šnekové. Kapacita zásobníku srážedla by měla být alespoň taková, aby pokryla jeho měsíční potřebu. Materiály, které jsou ve styku s chemikálií by měly být z nekorozivního materiálu. Obsluha, která přijde do styku s těmito chemikáliemi, musí nosit předepsané ochranné bezpečnostní pomůcky. [1]

Prášková srážedla

Prášková nebo granulovaná srážedla jsou v případě malých čistíren skladována v pytlích, u větších čistíren pak v silech. Způsob dávkování je zajištěn pomocí šnekových dopravníků do kontinuální rozpouštěcí nádrže, odkud je roztok veden gravitačně do dávkovacího místa. [1]

Způsoby řízení dávkování chemikálií:

- Řízení podle času
- Dávkování úměrné průtoku
- Dávkování zpětně řízené podle pH
- Dávkování nastavované předem podle alkality

Dávkování dle času: Představuje nejčastější způsob dávkování v případě simultánního srážení, jelikož velká doba zdržení v aktivační nádrži umožňuje v zásadě konstantní dávkování, které není závislé na průtoku. Jestliže použijeme časový spínač, můžeme přizpůsobit dávku podle denního znečištění na přítoku do čistírny. [1]

Dávkování úměrné průtoku: Jelikož mívají dešťové vody nižší alkalitu než vody odpadní, je proto potřeba nižší dávka srážedla, aby pH kleslo pod optimální hodnotu. Stejně jako u předešlého je důležité měnit dávku srážedla dle změn koncentrací znečištění během dne. Každá čistírna by si měla svůj optimální dávkovací program. [1]

Dávkování zpětně řízené podle pH: Jestliže je zjištěno, že je optimální pH je např. 6, při překročení této dávky se pH snižuje automaticky a naopak. U této metody je důležitá pravidelná a velmi pečlivá údržba a kalibrace elektrod na měření pH. [1]

Dávkování podle alkality: Jedná se o metodu jak udržet konstantní pH. Jestliže je dobrá korelace mezi alkalitou a vodivostí, může se měření vodivosti a průtoku využít k řízení dávky srážedel. [1]

Zásoba srážedel

Množství srážedel v zásobnících a nádržích včetně spotřeby srážedla v Kg/den se musí pravidelně kontrolovat, aby byl zajištěn nepřetržitý proces srážení a srážedlo v případě potřeby včas objednáno. [1]

Používané chemikálie:

Proti bytění kalu způsobeným vláknitými mikroorganismy se používá **chlorace, peroxid vodíku, hlinité soli, hydrogenuhličitan sodný.**

Na odstraňování fosforu se používají **koagulanty na bázi hlinitých a železitých solí, síran železnatý nebo vápno.**

Může také docházet k pění čišťené vody. Z tohoto důvodu je možné použít **odpěňovače.**

Všechny typy a výrobci koagulantů, síranu železnatého jsou uvedeny v kapitole 5.2.2 Usazovací nádrže. Výrobci vápna pak v kapitole 5.1.3. Česle, lapáky šterku a písku.

Tab. č. 5.3.1.1. : Chemikálie v aktivačních nádržích: [9], [15], [16]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
DEFOK D	Kemwater ProChemie s.r.o.	Odpěňovač	vodná emulze	kanystr	25 Kg	1420
Fennodefo 5000	Kemifloc a.s.	Odpěňovač	kapalné	barel	50 l	11 375
				sud	200 l	45 500
				sud	1000 l	227 500
Lukosan	Lučební závody a.s. Kolín	Odpěňovač	kapalné	kanystr	30 l	2925
Peroxid vodíku 30 %	Penta Chemicals s.r.o.	Proti bytnění vlákn. mikroorg.	kapalné	lahev	1 l	285
					3 l	855
Hydrogenuhlíčan sodný	Penta Chemicals s.r.o.	Proti bytnění vlákn. mikroorg.	pevné	PE nádoba	1 Kg	25

Pozn. :

Hlinité soli se v případě aktivačních nádrží dávkují v případě bytnění kalu, ke kterému dochází zpravidla v zimních měsících. Nevýhodou je nutnost dávkování dlouho dopředu a jejich poměrně vysoká cena.

Srážedla na bázi železitých a hlinitých solí působí korozivně na železo i beton a musí být proto všechny části čistírny, které s nimi přijdou do styku pravidelně kontrolovány.

DEFOK D:

Účinek:

Chemicky inertní k odpěňovaným systémům, jeho účinná složka nepodléhá oxidačním účinkům mikroorganismů. Účinkuje v neutrálních, slabě kyselých a slabě alkalických prostředích. U silně alkalických prostředí ztrácí částečně účinnost, ale v silně kyselých se téměř nemění. Je určen k regulaci nežádoucího pění odpadních vod. [20]

Dávkování:

Základní dávka je 1 ml/l, přičemž ji můžeme upravit dle potřeby. Před použitím je vhodné DEFOK D zředit 3 díly studené vody a dobře promíchat. Účinná dávka je silně závislá na charakteru pěního prostředí, intenzitě míchání a přívodu vzduchu. Jelikož

není třeba mít hladinu úplně bez pěny, je potřeba dávkování vyzkoušet v jednotlivém případě. V případě silně alkalických prostředích se může účinnost odpěňovače snižovat a je třeba jej v případě potřeby doplňovat. [20]

Peroxid vodíku:

Účinek:

V případě aktivačních nádrží se peroxid vodíku používá při bytnění kalu . [1]

Dávkování:

Dávkování je aplikováno do vratného kalu. Běžná dávka činí 100-200 g/m³ vratného kalu. [1]

Hydrogenuhlíčan sodný:

Účinek:

Tato chemikálie je používána taktéž u bytnění kalu způsobený růstem vláknitých mikroorganismů. Spouštěčem růstu může být nízké pH způsobené nitrifikací. [21]

Substráty:

Během biologického čištění odpadních vod se uplatňují v aerobních podmínkách biochemické procesy, které jsou způsobené činností aerobních mikroorganismů (substrát). Tyto organizmy rozkládají organické látky obsažené ve vodě pomocí oxidačních procesů za přítomnosti kyslíku. Organická hmota, která tvoří substrát potřebuje mimo kyslíku i zdroje uhlíku, které můžeme získat z následujících chemikálií:

- Metanol
- Odpad z melasy – (malé ČOV)
- MEŘO – odpad z řepkového oleje

Tab. č. 5.3.1.2 : Substráty: [6]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
KEM DN x	KEMIFLOC a.s.	externí substrát	kapalné	kontejner	1000 l	4250

5.3.2 Dosazovací nádrže

Mezi hlavní funkce dosazovacích nádrží je separace aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody, zahušťování separovaného kalu tak, aby ho bylo možno recirkulovat a v neposlední řadě také akumulovat aktivovaný kal při nárazovém hydraulickém zatížení biologického stupně, když je kal z aktivační nádrže vyplavován. [1]

Rozdělení dosazovacích nádrží:

- Kruhové dosazovací nádrže
- Pravoúhlé nádrže
- Vertikální nádrže
- Nádrže s membránovou filtrací



Obr. 10: Kruhová dosazovací nádrž [10]

Jelikož usazovací rychlost významně závisí na velikosti částic, je důležité velikost vloček aktivovaného kalu zvětšit a vázat je do větších celků. K tomuto účelu slouží polymerní organické flokulanty. Nejprve je tedy vhodné dávkovat do aktivační nádrže koagulační činidlo, aby došlo ke koagulaci a následně těsně před dosazovací nádrž dávkovat polymerní organický flokulant. Z technických důvodů by měl být organický flokulant vysoce kationaktivní a nízkomolekulární povahy, aby nedocházelo k reakci s koagulantem. Při oddělené koagulaci je možno polymerní flokulant zvolit přímo na míru pro dosažení optimálního efektu. Výběr polymerního organického flokulantu tak nemusí být jen z úzké skupiny, ale může jít o polymery kationaktivní i anionaktivní, nízkomolekulární až vysokomolekulární. [12]

Používané chemikálie:

Protože je dobré zvětšit velikost vloček aktivovaného kalu z důvodu usazování, používají se k tomuto účelu **polymerní organické flokulanty**, které mohou být kationaktivní, anionaktivní nebo neionogenní. Jejich typy a výrobci jsou uvedeny v kapitole 5.2.2 Usazovací nádrže.

Při manipulaci s kaly, například u vod dovážených na čistírnu fekálními vozy může docházet k uvolňování zápachu. K tomuto účelu je možné dávkovat průmyslové deodoranty.

Tab. č. 5.3.2.1: Chemikálie k potlačení zápachu ve vodním prostředí: [6], [9]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
Dusičnan železitý	KEMIFLOC a.s.	Potlačení zápachu	kapalné	kanystr	30, 50 l	340,566
				kontejner	600, 1000 l	6800,11200
Dusičnan vápenatý	Kemwater ProChemie s.r.o.	Potlačení zápachu	kapalné	IBC kontejner	1 m ³	9200
				autocisterna	16 m ³	147 200
Síran železitý	KEMIFLOC a.s.	Potlačení zápachu	kapalné	kanystr	30, 50 l	261, 435
				sud	200 l	1740
				kontejner	600, 1000 l	5220,8700
				autocisterna	16 m ³	139 200
Chlorid železitý	KEMIFLOC a.s.	Potlačení zápachu	kapalné	kanystr	30, 50 l	360, 600
				kontejner	600, 1000 l	7200,12000

Tab. č. 5.3.2.2 : Chemikálie k potlačení zápachu ve vzdušném prostředí: [6]

NÁZEV CHEMIKÁLIE	VÝROBCE	SPECIFIKACE	SKUPENSTVÍ	PŘEPRAVA	MNOŽSTVÍ	CENA [Kč]
ECOSORB 606, 505	KEMIFLOC a.s.	Potlačení zápachu	kapalné	kanystr	30, 50 l	450,750
				kontejner	600, 1000 l	9000,15000

5.4 TERCIÁLNÍ ČIŠTĚNÍ

Při dočišťování biologicky vyčištěných vod se obvykle odstraňuje zbytkový fosfor případně zbytkové nerozpuštěné látky. K tomuto účelu se používají tato zařízení: [12]

- Zemní filtry
- Vegetační čistírny
- Stabilizační nádrže
- Mikrosítové filtry
- Pískové filtry

Používané chemikálie:

Zbytkové nerozpuštěné látky a zbytkový fosfor lze odstranit pomocí **koagulantů**, které se dávkuje do přítoku na zařízení terciálního čištění. Používané koagulanty a jejich výrobci jsou uvedeny v kapitole 5.2.2 Usazovací nádrže.

5.5 KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

Všechny vyprodukované kaly na ČOV se zpracovávají v kalové koncovce, která je nutnou součástí každé technologické linky. Kalová problematika je důležitá i z důvodu finančního, jelikož náklady na zpracování kalu tvoří cca 40 % celkových investičních i provozních nákladů ČOV. [12]

5.5.1 Produkce kalu

Čistírenské kaly můžeme rozdělit dle charakteru a způsobu vzniku na: [1]

- **Kaly primární**

Vznikají v objektech primární sedimentace (usazovacích nádržích). Množství závisí především na množství nerozpuštěných látek přitékajících na ČOV a na účinnosti sedimentace. [1]

- **Přebytečné biologické kaly**

Vzniká buď jako přebytečný kal z aktivace, nebo jako kal z biologické filtrace. Přebytečný aktivovaný kal je směs přiváděných inertních nerozpuštěných látek v odpadní vodě do aktivace a vytvořené biomasy. [1]

- **Chemický kal**

Tam, kde je nainstalováno chemické srážení fosforu, se produkce kalu zvyšuje o kal chemický. [1]

5.5.2 Zahušťování kalu

Kal je možno zahušťovat dvěma způsoby: [1]

- **Gravitačně**

Provádí se v kalových prohlubních usazovacích nádržích

- **Strojně**

Kal se v tomto případě nejprve zahustí gravitačně a následně se zahušťuje pomocí strojního zařízení (odstředivky, pásové lisy) za pomoci přídavku **polymerního flokulantu**. Vyvločkový kal se podle typu zařízení přivádí buď na horizontální síto s posuvem, nebo do nakloněného válce opatřeného sítem. Zahuštěný kal se odebírá na konci zařízení a dopraví se do uskladňovací nádrže. Dávka polymerního flokulantu se pohybuje od 3 – 6 g/kg sušiny. Výběr typu a dávky je závislý na druhu kalu a koncentraci organické sušiny. **Obecně platí, že**

se stoupající koncentrací organické sušiny kalu je nutno použít polymer s vyšší kationaktivitou. Odpovídající molekulární hmotnost polymeru je naopak závislá na požadavku odolnosti vločky kalu proti smykovým silám, působících při mechanickém odvodňování. Vlastní výběr dávky a typu přípravku bývá součástí servisu jejich výrobců. [1]

5.5.3 Odvodňování kalu

Nejběžnějším zařízením na odvodňování kalu je pásový lis s malou šířkou pasu, nebo dekantační odstředivka. I v případě odvodňování kalu je nedílnou součástí úspěchu kvalitní příprava a dávkování **organického flokulantu**. Také je možná aplikace **chloridu železitého** nebo **vápna**. Výsledky odvodňování se hodnotí dle dosaženého % sušiny tuhé fáze a koncentrace nerozpuštěných látek v tekuté fázi. Koncentrace ve filtrátu by měla být < 1000 mg/l. Skutečnost je taková, že se při odvodňování aktivovaného kalu dosahuje příliš nízké sušiny tuhé fáze (15 – 18 %), což ztěžuje manipulaci s kalem. Sušinu i konzistenci kalu lze však výrazně zlepšit dávkováním práškového vápna ve spojení s hygienizací. [1]

Uskladňovací (homogenizační) nádrže:

Jsou to nádrže, kam je přiváděn primární kal z usazovací nádrže a nadbytečný kal z regenerační nádrže a dochází zde k jejich promísení. Tyto nádrže musí obsahovat mechanické míchadlo, aby kal zůstal homogenní. Taktéž i v jejich případě lze dávkovat koagulanty např. **chlorid železitý** nebo **vápno**.

5.5.4 Hygienizace kalu

Důvodem proč se hygienizace kalu z komunálních čistíren stává v dnešní době aktuální je legislativa. V případě čistírenských kalů se požaduje, aby se omezily jeho nebezpečné vlastnosti. [1]

Úprava vápněním

Jedná se o nejdostupnější, technicky poměrně jednoduchou a ekonomicky výhodnou metodu pro hygienizaci kalu, která se též říká kalcinace.

Výhodou jsou nízké náklady, zvýšení sušiny a zlepšení struktury kalu, vysoká účinnost při eliminaci salmonel, vhodnost vápněného kalu pro půdy s nízkým pH. U většiny případů se dávkuje pálené vápno CaO do odvodněného kalu. V závislosti na jakosti kalu a vápna se dávka pohybuje mezi 10 – 30 % přídatku vápna v přepočtu na sušinu kalu. K hygienizaci dochází díky výraznému zvýšení pH a krátkodobým zvýšením teploty na 55 °C. Nevýhodou u tohoto procesu je vývin amoniaku a tudíž nutnost větrání pracovních prostor. [12]

Linka pro hygienizaci kalu obsahuje: [1]

- Akumulaci práškového vápna s provozní zásobou vápna na 20 – 40 dní.
- Dopravní systém a dávkovač vápna

- Zařízení pro dokonalé smísení kalu s vápnem
- Dopravní systém vstupního i navápněného kalu
- Zařízení pro odvětrání prostor

Používané chemikálie

V případě kalového hospodářství je možno dávkovat chemikálie jako jsou **organické polymerní flokulanty, koagulanty** na bázi železitých solí nebo **vápno**.

6 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části bude nejprve popsána ČOV Čebín a poté bude proveden výpočet hmotnostní dávky pro 5 vybraných koagulantů, včetně ročních nákladů na jeho dávkování.

6.1 ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD ČEBÍN

Parametry čistírny	počet EO	stáří ČOV	Q_{24}	Q_{max}	BSK	CHSK	NL	Pc	Nc
	[obyvatel]	[roky]	[m ³ /den]	[m ³ /h]	[Kg/den]				
Čebín	1574	1994	641,2	2,44	149,1	298,2	254	6,2	30

6.1.1 Popis čistírny odpadních vod Čebín

Čistírnu odpadních vod provozuje Vodárenská, a.s. středisko Tišnov, ČOV byla vybudována v roce 1994. Na ČOV Čebín je napojená jednotná kanalizace obce. Znečišťovateli odpadních vod jsou běžná občanská vybavenost a dále drobné provozovny. Stoková síť je opatřena třemi vírovými separátory s regulátorem odtoku pro odlehčení odpadních vod do čebínského potoka. Čistírna má velký přítok balastních vod.

Čištění odpadních vod je zde realizováno mechanickým stupněm, kde jsou osazeny samočisticí česle FONTÁNA, ručně čištěné česle a lapák písku, biologickým stupněm tvořený aktivační nádrží (oxidační příkopy) s hřebenovými bubny a dosazovacími nádržemi a dále uskladňovací nádrž a kalová pole, které tvoří kalové hospodářství. Vzniklé shrabky z česlí jsou hygienizovány vápnem, kterým se posypávají lopatou.

Odpadní vody přitékají přítokovým kanálem pod přístřešek, kde jsou osazeny česle Fontána. Před česlemi je umístěna šterková jímka pro zachycení hrubých splavenin. Česle jsou v automatickém režimu ovládány plovákovou automatikou a to dle hladiny před česlemi. Vedle automatického řízení lze také nastavit ruční ovládání česlí. Shrabky z česlí vypadávají na stavební kolečko s děrovaným dnem a podle potřeby jsou odváženy na mezideponii na ČOV. Česle jsou pro případ havarijního stavu vybaveny obtokovým žlabem.

Z česlí odpadní voda přitéká do lapáku písku z kanálu za česlemi. V lapáku písku je osazena mamutka pro čerpání a provzdušnění směsi odpadní vody. Mamutkové čerpadlo je poháněno vzduchem z kompresorové stanice. Kompresor je ovládán vlastní tlakovou automatikou, která je řízena na základě potřeby vzduchu. Selenoidní ventil umožňuje automatické, cyklické provzdušňování usazeného písku.



Obr. 11 ČOV Čebín - Biologická část [11]

Z lapáku písku dále odpadní voda natéká rozdělovací částí na dvojici oxidačních příkopů. Tento přítok lze zahradit ručními hradítky. Aktivace je řešena ve dvou linkách oxidačních povrchově aerovaných příkopů. Technologicky je dimenzována jako dlouhodobá aktivace s částečnou aerobní stabilizací kalu, simultánní nitrifikací a částečnou denitrifikací. Oba oxidační příkopy mají objem 364 m^3 , při hloubce nádrže 1,13 m. V každém příkopu jsou osazeny dva hřebenové bubny pro zajištění potřebného vznosu kyslíku, jedno vrtulové míchadlo a dávkovací zařízení na koagulant. V automatickém režimu jsou bubny umístěny na přítoku odpadní vody v trvalém provozu. Druhý provzdušňovací buben v každém příkopu je ve střídavém chodu s vrtulovým míchadlem a to buď podle koncentrace rozpuštěného kyslíku, nebo v nastaveném časovém režimu. Do obou příkopů je zaústěno potrubí vratného kalu a do jednoho z nich potrubí kalové vody z kalových polí.

Aktivační směs z oxidačních příkopů odtéká společným žlabem do dvou dosazovacích nádrží dortmundského typu s přísazenou jímkou kalu a mezilehlou podzemní čerpací stanicí. Odpadní voda natéká potrubím do usměrňovacího uklidňovacího válce uprostřed nádrže, kterým je přiváděna ke dnu. Z hladiny je stáčena odpadní voda pomocí odsazeného sběrného žlabu s oboustrannou pilovou přepadovou hranou. Ve žlabu odvádějícím vyčištěnou odpadní vodu je osazen Venturiho měrný objekt se snímáním hladiny ultrazvukovou sondou a vyhodnocovací jednotkou se záznamem.

V podzemní čerpací stanici jsou umístěna dvě čerpadla vratného a přebytečného kalu. V automatickém režimu je čerpání vratného kalu cyklické podle nastaveného časového intervalu. Čerpání přebytečného kalu se realizuje zásahem obsluhy přestavením trasy čerpání z recirkulace do uskladnění. Prostor ČS je temperován.

Uskladnění kalu probíhá v jedné otevřené uskladňovací nádrži válcového tvaru o objemu 600 m^3 . Nádrž má tři úroňové přelivy pro manipulaci s hladinou a kalovou vodou, z nichž jeden z přelivů je bezpečnostní. Potrubí zbylých dvou přelivů jsou

v čerpací stanici opatřeny uzavíracími šoupátky a vzorkovacími ventily. Stav hladiny v uskladnění je snímán tenzometrickým snímačem.



Obr. 12 ČOV Čebín - Provozní budova [11]

ČOV není vybavena komplexním automatickým řídicím systémem. Jednotlivé uzly jsou řízeny samostatnou, jednoduchou reléovou automatikou bez vazby na měřené veličiny (vratný kal, provzdušnění LP) nebo jsou ovládány manuálně obsluhou čistírny. Pouze provzdušnění aktivačního procesu je řízeno na základě vazby na koncentraci rozpuštěného kyslíku s možností nastavení provozní hladiny rozpuštěného kyslíku.

Jelikož se v dané lokalitě předpokládá nárůst EO z 1600 na 2000 obyvatel, plánuje se proto rekonstrukce této čistírny. Povodí Moravy a.s. si vyžádalo, aby hodnoty vypouštěných odpadních vod splňovalo současné limity.

6.1.2 Výpočet množství koagulantu včetně srovnání cen

Vstupní hodnoty:

EO=	2000 obyvatel
Q_{24} =	641,2 m ³ /den
Q_{max} =	2,44 m ³ /hod
BSK=	149,1 Kg/den
CHSK=	298,2 Kg/den
NL=	254 Kg/den
P_c =	6,2 Kg/den
N_c =	30 Kg/den
$P_{požadovaná}$ =	2 mg/l
X=	3 Kg/m ³
fo=	0,8
so=	60 gBSK/EO
Sdp=	150 Kg/den

$C_{1NL} = 30 \text{ mg/l}$

Po 1. stupni čištění:

BSK 141,645 Kg/den
 Pc 5,89 Kg/den
 stáří kalu 80,79 dní
 Bv 0,210 Kg/m³/den
 V_{akt.} 710 m³
 doba zdržení 26,58 hod
 Yobs 0,406 -

koeficient srážení $\alpha = 2$
 spotřeba dusíku na asimilaci biomasy $N_s = 30 \text{ gN/BSK}$
 poměr N : P 5 : 1
 fosfor na asimilaci biomasy $P_s = 1,33 \text{ mg/l}$
 molární hmotnost fosforu $M_p = 30,97 \text{ g}$
 celkové množství fosforu na srážení $P_{CELK.} = 5,67 \text{ mg/l} = 0,18 \text{ mmol/l}$

Bilance koagulačního činidla:

Vápno

molární hmotnost srážedla $M_s = 40,08 \text{ g/mmol}$
 specifická produkce chemického kalu $V_{ch.kalu} = 1,35$
 hmotnost Ca = 40,08 g
 objemové zatížení srážecím činidlem $B_{vs} = 0,25 \text{ mmol/m}^3/\text{den} = 10 \text{ g/m}^3/\text{den}$

denní spotřeba: 7114,2 g/den = 7,11 Kg/den

roční spotřeba: 2596,7 Kg/rok

celkové roční náklady: 11425,4 Kč/rok

- dodavatel: KOTOUČ ŠTRANBERK spol. s r.o.

Chlorid železitý

molární hmotnost srážedla $M_s = 162 \text{ g/mmol}$
 specifická produkce chemického kalu $V_{ch.kalu} = 2,5$
 hmotnost $Fe^{3+} = 55,85 \text{ g}$
 objemové zatížení srážecím činidlem $B_{vs} = 0,25 \text{ mmol/m}^3/\text{den} = 14,0 \text{ g/m}^3/\text{den}$

denní spotřeba: 9913,4 g/den = 9,91 Kg/den

roční spotřeba: 3618,4 Kg/rok

celkové roční náklady: 33289,1 Kč/rok

-dodavatel: EURO-Šarm spol. s r.o.

Síran železitý

molární hmotnost srážedla Ms=	399,88 g/mmol
specifická produkce chemického kalu $V_{ch.kalu}$ =	2,5
hmotnost Fe^{3+} =	55,85 g
objemové zatížení srážecím činidlem Bvs=	0,25 mmol/m ³ /den = 14,0 g/m ³ /den

denní spotřeba: 9913,4 g/den = 9,91 Kg/den

roční spotřeba: 3618,4 Kg/rok

celkové roční náklady: 24243,2 Kč/rok

- dodavatel: KEMIFLOC
a.s.

Chlorid hlinitý

molární hmotnost srážedla Ms=	133,34 g/mmol
specifická produkce chemického kalu $V_{ch.kalu}$ =	4
hmotnost Fe^{3+} =	26,98 g
objemové zatížení srážecím činidlem Bvs=	0,25 mmol/m ³ /den = 6,75 g/m ³ /den

denní spotřeba: 4789,0 g/den = 4,79 Kg/den

roční spotřeba: 1748,0 Kg/rok

celkové roční náklady: 16955,3 Kč/rok

- dodavatel: Kemwater ProChemie s.r.o.

Síran hlinitý

molární hmotnost srážedla Ms=	342,15 g/mmol
specifická produkce chemického kalu $V_{ch.kalu}$ =	4
hmotnost Fe^{3+} =	26,98 g
objemové zatížení srážecím činidlem Bvs=	0,25 mmol/m ³ /den = 6,75 g/m ³ /den

denní spotřeba: 4789,0 g/den = 4,79 Kg/den

roční spotřeba: 1748,0 Kg/rok

celkové roční náklady: 6642,3 Kč/rok

- dodavatel: Androchema s.r.o.

Vápno na hygienizaci shrabků:

denní spotřeba: 1,78 Kg/den

roční spotřeba: 649,7 Kg/rok

celkové roční náklady: 2858,7 Kč/rok

- dodavatel: KOTOUČ ŠTRANBERK spol. s r.o.

Náklady na jednotlivé typy koagulantů:

Vápno	11425,4 Kč/rok
Chlorid železitý	33289,1 Kč/rok
Síran železitý	24243,2 Kč/rok
Chlorid hlinitý	16955,3 Kč/rok
Síran hlinitý	6642,3 Kč/rok

Celkové náklady chemického hospodářství ČOV Čebín:

náklady na koagulační činidlo =	24243,2 Kč/rok	- dodavatel: KEMIFLOC a.s.
náklady na hygienizaci shrabků =	2858,7 Kč/rok	- dodavatel: KOTOUČ ŠTRANBERK spol. s r.o.

celkové náklady na provoz ČOV Čebín=	27101,8 Kč/rok
---	-----------------------

Jako koagulant byl vybrán síran železitý od firmy KEMIFLOC a.s., protože z hlediska zkušenosti je s ním dosahováno nejlepších výsledků. Na hygienizaci shrabků bylo vybráno vápno od firmy KOTOUČ ŠTRANBERK spol. s r.o. Celkové náklady chemického hospodářství ČOV Čebín byly stanoveny na 27 102 Kč/rok. Tyto ceny se mohou lišit v závislosti na množství objednávky, poskytnutím slevy apod. až o 20 %.

7 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo sestavit přehled používaných chemikálií, koncentračních činidel, flokulantů, koagulantů a dalších přípravků potřebných pro jednotlivé procesy čištění odpadních vod. V rámci praktické části byly srovnány hmotnostní dávky jednotlivých chemikálií v různých závislostech s finančním porovnáním cen. Podklady pro vypracování této práce jsem získala z internetu, odborné literatury a díky návštěvám čistíren odpadních vod. Po shromáždění materiálu jsem si vytvořila seznamy chemikálií a následně zjistila jejich ceny.

V období středověku nehrála otázka odvádění splaškových vod významnou roli, díky čemuž docházelo k šíření závažných onemocnění. V 18. a 19. století v Anglii však nastal zlom. V této době započaly první snahy o čištění odpadní vody, což postupně vedlo až k objevení aktivačního procesu Arderne a Lockettem. U nás se s čištěním odpadních vod začalo v 19. století v Praze, kdy „kancelář kanalizační“ přijala návrh anglického inženýra Sira Williama H. Lindleyho na výstavbu bubenečské ČOV.

V dnešní době hraje významnou roli otázka legislativy, která určuje kritéria pro vypouštění odpadní vody do vod povrchových. Tato kritéria jsou uvedena v nařízeních vlády, která se postupně během let měnila tak, aby docházelo k co nejmenšímu znečišťování životního prostředí. Dnes nám k tomuto účelu slouží tzv. BAT-technologie, která je v současnosti nejlepší dostupnou technologií v oblasti čištění odpadních vod.

Jednotlivé objekty technologické linky ČOV souvisí s fázemi čistírenských procesů. Jako první je proces předčištění, během kterého dochází k odstranění látek, jako jsou hrubě dispergované částice, písek, lepenka, plasty a jiné plovoucí látky. Mezi zařízení, která používáme při předčištění, patří česle, lapáky písku a tuků a další. V tomto případě můžeme přidávat chemikálie jako koagulanty, vápno nebo enzymatické likvidátory tuků. Koagulanty jsou dávkovány do rozdělovacích objektů, vápno pro hygienizaci shrabků a enzymatické likvidátory tuků do lapáku tuků.

Během primárního čištění se odstraňují nerozpuštěné suspendované nebo plovoucí látky. Tato fáze je spojena především s usazováním. Do objektů primárního čištění zahrnujeme flokulační a usazovací nádrže. U flokulačních nádrží je možné dávkovat hlinité a železité soli nebo organické flokulanty. V usazovacích nádržích je možné přidávat hlinité a železité soli nebo flokulanty.

Při sekundárním čištění dochází ke snižování koncentrace rozpuštěných a koloidních organických částic a nerozpuštěných látek. Mezi objekty sekundárního čištění patří aktivační a dosazovací nádrže. Do aktivačních nádrží se dávkuje chemikálie, jako jsou koagulanty na bázi hlinitých a železitých solí, vápno, peroxid vodíku, chlór, případně odpěňovače. U dosazovacích nádrží dávkuje chemikálie jako polymerní organické flokulaty, dusičnan železitý, dusičnan vápenatý a síran nebo chlorid železitý.

Terciální čištění napomáhá odstraňovat zbytkové nerozpuštěné látky nebo fosfor, které se odstraňují pomocí koagulantů na bázi hlinitých a železitých solí.

Další důležitou částí ČOV je kalové hospodářství, kde v případě strojního zahušťování kalu dávkuje polymerní organické flokulanty. Během odvodňování kalu se používají polymerní organické flokulanty, chlorid železitý nebo vápno. Stejně jako shrabky se musí hygienizovat i kal, aby se omezily jeho nebezpečné vlastnosti.

Praktická část této práce zahrnuje srovnání hmotnostních dávek jednotlivých koagulantů v různých závislostech včetně finančního porovnání cen. Jako vzor byla vybrána ČOV Čebín, kde byl jako koagulant zvolen síran železitý od firmy KEMIFLOC a.s., protože je s ním dosahováno nejlepších výsledků. Na hygienizaci shrabků bylo vybráno vápno od firmy KOTOUČ ŠTRANBERK spol. s r.o. Celkové náklady chemického hospodářství ČOV Čebín byly stanoveny na 27 102 Kč/rok. Tyto ceny se mohou lišit v závislosti na množství objednávky, poskytnutím slevy apod. až o 20 %.

Z bakalářské práce mohou čerpat projekční kanceláře, vodohospodářské firmy, ale i široká veřejnost.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] WANNER, Jiří. *Provozování čistíren městských odpadních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, 1996.
- [2] *Chemie a technologie vody – MODUL M03 Čištění odpadních vod a zpracování kalů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební.
- [3] VÍTĚZ, Tomáš a Bořivoj GRODA. *Čištění a čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 126 s. ISBN 978-80-7375-180-7.
- [4] *Zákon o vodním hospodářství 11/1955 Sb.* Praha, 1955.
- [5] http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/roценка_2012_cr.pdf
- [6] *Nářízení vlády České socialistické republiky, jímž se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod 25/1975 Sb.* Praha, 1975.
- [7] *Nářízení vlády České republiky, kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod 171/1992 Sb.* Praha, 1992.
- [8] *Nářízení vlády, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod 82/1999 Sb.* Praha, 1999.
- [9] *Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech 61/2003 Sb.* Praha, 2003.
- [10] *Nářízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.* Praha, 2011.
- [11] [http://www.ekoznacka.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFGRI2L4](http://www.ekoznacka.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFGRI2L4)
- [12] PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Medim pro SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2004. x, 209 s. ISBN 8023925288.
- [13] HLAVÍNEK, Petr. *Stokování a čištění odpadních vod, Modul 2*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006, 149 s.
- [14] <http://www.ekobak.cz/katalog/rozklad-tuku-lapoly/>
- [15] <http://www.kemifloc.cz/chemikalie/koagulanty/>
- [16] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>
- [17] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>
- [18] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>
- [19] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>
- [20] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>

- [21] <http://www.pentachemicals.eu/ciste-laboratni-chemikalie.php?id=293&subcat=8&pism=H&jazyk=cz>
- [22] zdroj Ing. Petr Hlušík Ph.D.
- [23] McGRAW, Hill.: *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse*, New York, 1985.

9 SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV	čistírna odpadních vod
pH	vodíkový exponent
BSK ₅	biochemická spotřeba kyslíku pětidenní s potlačením nitrifikace [mg/l]
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou [mg/l]
KNK _{4,5}	kyselá neutralizační kapacita (alkalita) [mmol/l]
NL	nerozpuštěné látky [mg/l]
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
SFŽP ČR	Státní fond životního prostředí
P _{celk}	celkový fosfor [mg/l]
EO	ekvivalentní obyvatel, definován produkcí znečištění 60 BSK ₅ za 1 den
BAT	Best Available Technology
EU	Evropská unie
EIA	Vyhodnocení vlivu na životní prostředí
PIX	síran železitý, obchodní název
PAX	polyaluminium chlorid
Q ₂₄	denní průtok
ČS	čerpací stanice

10 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 2.3.1. : Kanalizace pro veřejnou potřebu r. 2008-2011 [17].....	14
Tab. č. 3.1.1. : Množství látek obsažených v povrchových vodách [18].....	15
Tab. č. 3.1.2. : Emisní standardy [19].....	16
Tab. č. 3.1.3. : Splaškové a městské odpadní vody [20].....	17
Tab. č. 3.1.4. : Emisní standardy [21].....	17
Tab. č. 3.1.5. : Emisní standardy [21].....	17
Tab. č. 3.1.6. : Emisní standardy [22].....	18
Tab. č. 3.1.7. : Minimální přípustná účinnost čištěných odpadních vod [22].....	19
Tab. č. 3.1.1.1. : Porovnání emisních hodnot [19], [20], [21], [22].....	20
Tab. č. 3.1.1.2. : Porovnání účinnosti čištění [19], [22].....	21
Tab. č. 3.3.1. : Dosažitelné hodnoty koncentrací a účinností pro jednotlivé ukazatele Znečištění při použití BAT technologie v oblasti zneškodňování Městských odpadních vod [23].....	21
Tab. č. 5.1.2.1. : Používané chemikálie [1], [2], [3], [4].....	32
Tab. č. 5.1.3.1. : Vápno pro hygienizaci shrabků [5].....	33
Tab. č. 5.2.1.1. : Optimální rozsahy hodnot pH pro různá srážedla [1].....	35
Tab. č. 5.2.2.1. : Koagulanty [6], [7], [8], [9], [10].....	37
Tab. č. 5.2.2.2. : Organické polymerní flokulanty anionakt. [9],[10],[11],[13],[14].....	39
Tab. č. 5.2.2.3. : Organické polymerní flokulanty kationakt. [9],[10],[11],[14].....	40
Tab. č. 5.2.2.4. : Organické polymerní flokulanty neinogenní. [9],[10],[11].....	41
Tab. č. 5.3.1.1. : Chemikálie v aktivačních nádržích [9], [15], [16].....	45
Tab. č. 5.3.1.2. : Substráty [6].....	46
Tab. č. 5.3.2.1. : Chemikálie k potlačení zápachu ve vodním prostředí [6], [9].....	48
Tab. č. 5.3.2.2. : Chemikálie k potlačení zápachu ve vzdušném prostředí [6].....	48

11 ZDROJE TABULEK

- [1] <http://www.ekobak.cz/katalog/rozklad-tuku-lapoly/>
- [2] <http://www.subio.cz/rozklad-tuku-likvid/>
- [3] <http://bilit.cz/produkty/strucny-prehled.htm>
- [4] <http://bioclean.cz/greaseclean-rozklad-tuku>
- [5] <http://www.svwapno.cz/MENU.HTM>
- [6] <http://www.kemifloc.cz/chemikalie/>
- [7] [http://www.eurosarm.cz/web/structure/uprava-vod-a-odpadu-36.html?filterKat=7&do\[list\]=1](http://www.eurosarm.cz/web/structure/uprava-vod-a-odpadu-36.html?filterKat=7&do[list]=1)
- [8] <http://www.androchema.com/produkty.php>
- [9] <http://www.prochemie.cz/chemikalie.htm>
- [10] http://www.sokoflok.sk/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=4&Itemid=6
- [11] <http://www.vta.cc/cz/abwasserbehandlung.html>
- [12] <http://www.spolana.cz/index.php/cz/produkty>
- [13] <http://www.3fchimica.com/products-305>
- [14] <http://www.ashland.com/solutions/markets/chemical-processing>
- [15] <http://www.lucebni.cz/Produkty/Lukosan%20odpenovace>
- [16] <http://pentachemicals.rtrk.cz/?scid=40303&kw=8472011>
- [17] Zákon o vodním hospodářství 11/1955
- [18] Nařízení vlády České socialistické republiky 25/1975 Sb.
- [19] Nařízení vlády České republiky 171/1992 Sb.
- [20] Nařízení vlády České republiky 82/1999 Sb.
- [21] Nařízení vlády České republiky 61/2003 Sb.
- [22] Nařízení vlády České republiky 23/2011 Sb.
- [23] <http://www.hellstein.cz/admin/down/BAT.pdf>

12 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Lindleyho čistírna odpadních vod v Praze [1].....	13
Obr. 2: Rozdělovací objekt ČOV Kolín [2].....	30
Obr. 3: Lapák tuků a olejů [3].....	31
Obr. 4: Hrubé česle [4].....	34
Obr. 5: Jemné česle [5].....	34
Obr. 6: Lapák písku [6].....	34
Obr. 7: Flokulační nádrž [7].....	35
Obr. 8: Kruhová usazovací nádrž [8].....	36
Obr. 9: Aktivační nádrž oběhová [9].....	42
Obr. 10: Kruhová dosazovací nádrž [10].....	47
Obr. 11: ČOV Čebín – aktivační nádrž [11].....	53
Obr. 12: ČOV Čebín– dosazovací nádrž [12].....	54

13 ZDROJE OBRÁZKŮ

- [1] http://www.smpd.cz/fotogalerie/kanaly2010_en.html
- [2] <http://www.asb-portal.cz/rozsireni-a-optimalizace-cistirny-odpadnich-vod-v-koline/galeria/1654/11349>
- [3] <http://www.sineko.cz/reference/odluovac-lehkych-kapalin-6-cz80.html>
- [4] http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/mc.html
- [5] <http://www.fontanar.cz/mechanicke-predcisteni.php>
- [6] <http://www.centroprojekt.cz/nabidka-sluzeb-a-cinnosti/systemy-invent/hyperboloidni-michaci-systemy>
- [7] <http://www.envic.cz/voda-zaklad-zivota.htm>
- [8] <http://www.vodarenska.cz/photo/cov-zidlochovice-panorama2>
- [9] <http://www.kunst.cz/typizovana-vyroba/dosazovaci-nadrze/>
- [10] zdroj Ing. Petr Hlušík Ph.D.
- [11] zdroj Ing. Petr Hlušík Ph.D.

14 SEZNAM CITACÍ

[I] PYTL, Vladimír. *Příručka provozovatele čistírny odpadních vod*. 1. vyd. Praha: Medim pro SOVAK - Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2004. x, 209 s. ISBN 8023925288.

[II] *Nařízení vlády České socialistické republiky, jímž se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod 25/1975 Sb.* Praha, 1975.

[III] *Nařízení vlády České republiky, kterým se stanoví ukazatele přípustného stupně znečištění vod 171/1992 Sb.* Praha, 1992.

[IV] *Nařízení vlády, kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod 82/1999 Sb.* Praha, 1999.

[V] *Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech 61/2003 Sb.* Praha, 2003.

[VI] *Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb.* Praha, 2011.

15 SUMMARY

The objective of this paper is to familiarize the reader with the history of wastewater treatment in the Czech Republic and also the legislation that relates to it. There are described all Government regulations from 1955 to the present, including a comparison of emission levels. One of subsections deals with the so-called BAT - technology, which is currently the best technology in the field of wastewater treatment and therefore it has nowadays become an interesting topic in this issue. Furthermore, there are all sewage processes and technologies that occur in sewage treatment plants. For all the objects of technological wastewater treatment plants there are listed chemicals that can be dispensed there. Chemicals are processed into tables where there can be found the manufacturer, the application, the type of packing, quantity and price. In the practical part of this work there is described the treatment technology for wastewater treatment in Čebín including parameters such as EO, Q24, Qmax, BOD (BSK), COD (CHSK), NL, Pc and Nc. For the plant in Čebín there were chosen 5 types of coagulants. Then there was conducted a calculation of their quantities and prices, which were compared with each other and annual costs were established. This bachelor paper may be used for example by design offices, water managing companies and the general public.