ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Geleta Jméno: Petr Osobní číslo: 395684

Zadávající katedra: K122 - Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Stavebně technologický projekt ČOV Nebílovy

Název diplomové práce anglicky: Construction technology project WWTP Nebílovy

Pokyny pro vypracování:
Posouzení předané projektové dokumentace (pro stavební povolení) a její doplnění, řešení prostorové struktury, řešení technologické struktury, řešení časové struktrury, řešení zařízení staveniště, technologický postup prací, doprovodná technická zpráva s komentářem celého řešení v členění dle vyhl. č. 499/2006 Sb., posouzení vhodnosti naprojektované technologie ČOV, návrh nového řešení

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Martin Hlava, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 27.2.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 28.5.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

9.3.2017

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Stavebně technologický projekt ČOV Nebílovy

Bc. Petr Geleta

2017

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Hlava, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze …… **…….**

Bc. Petr Geleta

Poděkování

Děkuji Ing. Martinu Hlavovi za pomoc při vedení diplomové práce.

Stavebně technologický projekt ČOV Nebílovy

Autor diplomové práce se zabývá stavebně technologický projekt na čistírnu odpadních vod o kapacitě 500 EO v obci Nebílovy. Autorem byla zpracována technologická, časová a prostorová struktura. Součástí projektu je doprovodná písemná práce zabývající se legislativou v oblasti odpadních vod, popisem základních principů čištění a seznámení s konkrétní ČOV v Nebílovech. Závěrem autor navrhl nová řešení ve stavební a technologické části ČOV.

čistírna odpadních vod, ČOV, odpadní voda, mechanické čištění, biologické čištění, stavebně-technologický projekt, harmonogram, zařízení staveniště

Construction technology project WWTP Nebílovy

The author of the diploma thesis deals with a construction technology project for a sewage treatment plant with a capacity of 500 EO in the village Nebílovy. The author elaborated the technological, time and spatial structure. Part of the project is accompanying written work dealing with wastewater legislation, description of basic principles of cleaning and introduction to specific waste water treatment plant in Nebílov. In conclusion, the author proposed new solutions in the building and technological part of WWTP.

Sewage treatment plant, WWTP, sewage, mechanical cleaning, biological cleaning, building-technological project, schedule, construction site equipment

OBSAH:

ÚVOD 6

1. VODNÍ ZÁKON 7

2. PRINCIP ČIŠTĚNÍ 10

2.1 Mechanické čištění 10

2.1.1 Cezení 10

2.1.2 Sedimentace 11

2.2 Biologické čištění 11

3. VYPROJEKTOVANÁ ČOV NEBÍLOVY 12

3.1 Základní vstupní údaje 12

3.2 Provozní části ČOV Nebílovy 14

3.2.1 Odlehčovací komora 15

3.2.2 Hrubé předčištění 15

3.2.3 Horizontální lapák písku 16

3.2.4 Čerpací stanice 17

3.2.5 Aktivační a denitrifikační nádrž 20

3.2.6 Aktivační nádrž 2 20

3.2.7 Dosazovací nádrž 20

3.2.8 Uskladňovací nádrž kalu 23

4. ÚPRAVA ČOV NEBÍLOVY 24

4.1 Denitrifikační nádrž 24

4.2 Vzduchotechnika 28

4.3 Česle 29

ZÁVĚR 31

ÚVOD

ČOV, neboli čistírna odpadních vod, je vodní dílo, které mechanickými a biologickými procesy mění odpadní vody na vody čisté. Odpadními vodami se rozumí takové vody, které vznikají lidskou činností, tj. vody z domácností, občanských budov, průmyslových a zemědělských závodů.

V této práci je popsána konkrétní ČOV v Nebílovech, na kterou přitékají odpadní vody z obce. Jedná se zatím o fázi projektu.

V první části jsou popsány jednotlivé prvky vyprojektované ČOV s popisem jejich funkčnosti. Po přezkoumání projektové dokumentace bylo následně navrženo několik úprav některých objektů ČOV. Ty jsou následně rozebrány a odůvodněny.

V druhé části diplomové práce byl vypracován stavebně-technologický projekt, součástí něhož je především řešení prostorové, časové a technologické struktury.

1. Vodní zákon

Vodní zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů nabyl účinnosti 1. ledna 2002. Účelem tohoto zákona, zejména pro chod čistíren odpadních vod, je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí.

ČOV, taktéž čistírna odpadních vod, je vodní dílo definované paragrafem § 55 takto:

„Vodní díla jsou stavby, které slouží ke vzdouvání a zadržování vod, umělému usměrňování odtokového režimu povrchových vod, k ochraně a užívání vod, k nakládání s vodami, ochraně před škodlivými účinky vod, k úpravě vodních poměrů nebo k jiným účelům sledovaným tímto zákonem, a to zejména stavby vodovodních řadů a vodárenských objektů včetně úpraven vody, kanalizačních stok, kanalizačních objektů, čistíren odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizací.“

Vodní dílo je dílo zároveň stavební a tím pro něj vyplývá povinnost stavebního povolení. Toto povolení vydává vodoprávní úřad za splnění určitých podmínek. Paragraf § 15 tento vztah definuje následovně:

„K provedení vodních děl, k jejich změnám a změnám jejich užívání, jakož i k jejich zrušení a odstranění je třeba povolení vodoprávního úřadu. Povolení k provedení nebo změně vodního díla, které má sloužit k nakládání s vodami povolovanému podle § 8, může být vydáno jen v případě, že je povoleno odpovídající nakládání s vodami nebo se nakládání s vodami povoluje současně s povolením k provedení nebo změně vodního díla (§ 9 odst. 5). V případě podle § 126 odst. 5 se povolení k provedení nebo změně

vodního díla nevydává současně s rozhodnutím podle zákona o integrované prevenci; práva a povinnosti vyplývající z povolení k provedení, změně vodního díla nebo změně jeho užívání lze vykonávat nejdříve ode dne nabytí právní moci rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci.“

V kompetenci vodoprávního úřadu není jen povolování vodního díla samotného, ale v případě čistíren odpadních vod i vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních. Stavební povolení a povolení pro vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních jsou vzájemně podmíněny, tak jak to určuje paragraf § 9 vodního zákona.

„Povolení k nakládání s vodami, které lze vykonávat pouze užíváním vodního díla, je možné vydat jen současně se stavebním povolením k takovému vodnímu dílu ve společném řízení, pokud se nejedná o vodní dílo již existující nebo povolené. V případě vydávání povolení k nakládání s vodami současně s povolením k provedení vodního díla se výroky těchto povolení vzájemně podmiňují; pokud by byla odvoláním napadena obě tato rozhodnutí, provede se nejdříve odvolací řízení o odvolání proti povolení k nakládání s vodami, přičemž odvolací řízení, jehož předmětem je stavební povolení k provedení vodního díla, se přerušuje do dne, kdy nabude právní moci rozhodnutí odvolacího správního orgánu vydané v řízení o odvolání proti povolení k nakládání s vodami.“

Další podmínky zohledňují stavební povolení a povolení pro vypouštění vod upravuje paragraf § 38:

„Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních stanoví vodoprávní úřad nejvýše přípustné hodnoty jejich množství a znečištění. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vázán ukazateli vyjadřujícími stav vody ve vodním toku, normami environmentální kvality, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění povrchových vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních

vod, včetně specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod a podmínek jejich použití, které stanoví vláda nařízením. Při povolování vypouštění odpadních vod do vod podzemních je vázán ukazateli vyjadřujícími stav podzemní vody v příslušném útvaru podzemní vody, ukazateli a hodnotami přípustného znečištění podzemních vod, ukazateli a přípustnými hodnotami znečištění odpadních vod a náležitostmi a podmínkami povolení k vypouštění odpadních vod do vod podzemních, které stanoví vláda nařízením.“

Několikrát už zde padl pojem odpadní voda. Zjednodušeně řečeno jsou to vody, jejichž vlastnosti byly zhoršeny lidskou činností. Dle paragrafu § 38 zní celá definice odpadních vod takto:

„Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. Odpadní vody jsou i průsakové vody z odkališť, s výjimkou vod, které jsou zpětně využívány pro vlastní potřebu organizace, a vod, které odtékají do vod důlních, a dále jsou odpadními vodami průsakové vody ze skládek odpadu.“

2. Princip čištění

Proces čištění odpadních vod v ČOV se dá rozdělit na dvě základní etapy. Tou první je proces, při kterém dochází k odstraňování plovoucích nečistot a nazývá se mechanické čištění. Druhá etapa čištění odpadních vod je biologická. Dochází při ní k odstraňování rozpuštěných nebo rozptýlených látek ve vodě takových, které nejsou schopny sedimentace.

2.1 Mechanické čištění

Při mechanickém čištění dochází k oddělování největších plovoucích nečistot ze surové vody. Tento proces můžeme rozdělit do dvou kategorií, cezení a sedimentace.

2.1.1 Cezení

Jedná se o proces, kdy se zachytávají největší plovoucí nečistoty na česlích a zbytek odpadní vody poté proudí dále do čističky. Podle odstupů prutů, a tudíž šířky průlin, se dělí na česle hrubé, střední a jemné.

Hrubé česle jsou ty se šířkou průlin od 80 do 100 mm, střední v rozmezí 20–25 milimetrů. Jemné česle mají šířku průlin menší než 10 mm a slouží jako dočištění následované po hrubých nebo středních česlí.

Tyto pevné nečistoty se z česlí stírají buď ručně nebo strojně. Podle toho se taky dělí na dvě základní skupiny, ručně stírané česle a strojně stírané česle. Toto rozdělení se projevuje na konstrukci česlí, kdy ručně stírané mívají větší sklon (cca 45°) pro lepší manipulaci při čistění, zatímco strojně stírané mají sklon kolem 60°. Shrabky z česlí jsou zdraví závadné (obsahují hodně patogenů). Z toho důvodu se v lisu odvodňují a následně pálí nebo ukládají na skládku.

2.1.2 Sedimentace

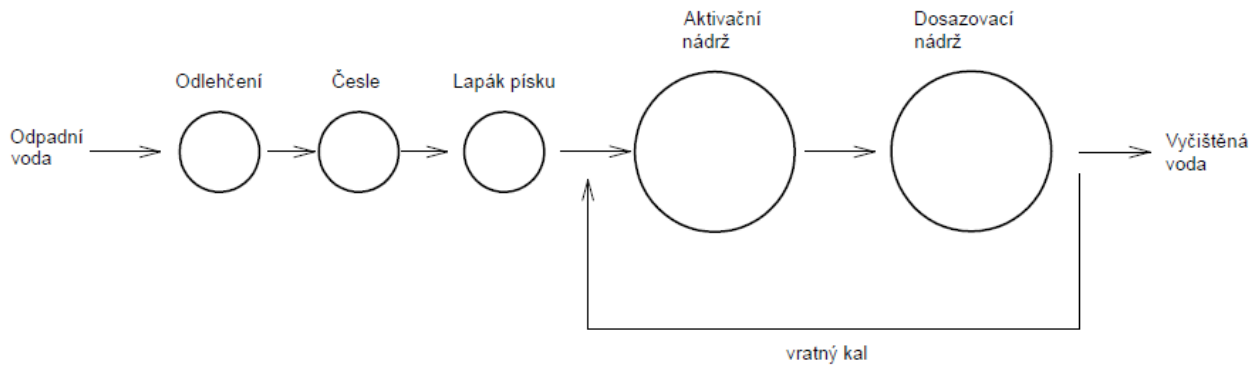
Patří k základním procesům každého čištění odpadních vod. Probíhá v lapačích písku a v sedimentačních nádržích.

2.2 Biologické čištění

Biologické čištění zbavuje odpadní vodu rozptýlených a rozpuštěných látek, které nejsou schopny sedimentace. Jedním z nejběžnějších způsobů tohoto čištění je tzv. aktivace. Při tomto způsobu čištění je odpadní voda promíchávána s tzv. aktivovaným kalem za dostatečného provzdušňování. Aktivovaný kal tvoří mikroorganismy, prvoci, vířníci, hlístice a další.

Tato směs se v nádržích provzdušňuje, a to nejčastěji stlačeným vzduchem (hrubo, středně nebo jemněbublinná aerace. Stlačený vzduch je do nádrží vháněn bud' pomocí kompresorů (nejmenší čistírny odpadních vod), ventilátorů nebo dmychadel.

Provzdušňování hrubo a středněbublinné aerace probíhá pomocí rozvodu děrovaných trubek umístěných na dně nádrží. Jemněbublinná aerace probíhá pomocí speciálních provzdušňovacích elementů.



Obr. 1: Schéma průběhu čištění odpadních vod

3. Vyprojektovaná ČOV Nebílovy

3.1 Základní vstupní údaje

Projektová dokumentace řeší rekonstrukci stávajících nádrží na ČOV a rozšíření kapacity o jednu aktivační nádrž, jednu dosazovací nádrž a jímku na uskladnění zbytného kalu.

ČOV:

Současný počet připojených obyvatel	300 (250EO)
Výhledový počet připojených obyvatel	450 EO
Průměrné množství odpadních vod – současný stav	44 m^3/den
Průměrné množství odpadních vod – výhled	67 m^3/den
Nejmenší množství odpadních vod (včetně balastních)	1300 m^3/měsíc
Největší množství odpadních vod (včetně balastních)	3200 m^3/měsíc
Skutečné množství odpadních vod (včetně balastních)	40-110 m^3/den
Předpokládané množství balastních vod	10-70 m^3/den
Průměrné znečištění odpadních vod	21 kg BSK5/den
Maximální znečištění odpadních vod	30 kg BSK5/den

Nebílovský potok

Q355 vodoteče pod ČOV	2 l/s
Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění vodoteče	viz příloha

Příloha: Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod, městské odpadní vody (hodnoty pro citlivé oblasti a ostatní povrchové vody)

Tabulka 1: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p) 3), maximální hodnoty (m) 4), koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV (EO): do 500									
CHSK Cr		BSK5		NL		N-NH4+		Ncelk	
p 3)	m 4)	p 3)	m 4)	m 4)	m 4)	průměr	m 4)	průměr	m 4)
150	220	40	80	50	80	-	-	-	-

1) Uváděné přípustné koncentrace „p“ nejsou aritmetické průměry za kalendářní rok a mohou být překročeny v povolené míře podle hodnot uvedených v příloze č. 5 k tomuto nařízení. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku A nebo B nebo C podle poznámky 3) k tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení.

2) Uváděné maximální koncentrace „m“ jsou nepřekročitelné. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku uvedený v tabulce 1 přílohy č. 4 k tomuto nařízení v souladu se stanovením hodnoty „p“.

Základní výpočtové hodnoty pro posouzení ČOV pro výhled (2035):

Bezdeštný přítok odpadních vod (OV) na ČOV Q_{24} = 67 m^3/den

Bezdeštný přítok OV + balastních vod na ČOV Q_{24} = 107 m^3/den

Znečištění přítoku odpadních vod na ČOV S_i 24 = 27,2 kg/den

Znečištění přítoku odpadních vod na ČOV maximální S_{id} = 38,1 kg/den

Objem denitrifikace 25 m3

Objem aktivace č.1 46,7 m3 (původní – upravená)

Objem aktivace č.2 44,55 m3 (nová)

Objem dosazovací nádrže	17,4 m3 (nová)
Denní produkce kalu (4 % zahuštění)	0,5 m3
Objem uskladňovací kalové nádrže	50 m3 (nová)

Čistírna bude fungovat jako nízkozatížená jemnobublinná areace s dlouhodobým zdržením a úplnou stabilizací kalu.

3.2 Provozní části ČOV Nebílovy

Čistírna odpadních vod pro 500 EO (ekvivalentní obyvatel) se skládá z těchto provozních objektů, které si v následujících kapitolách rozebereme podrobněji.

- Odlehčovací komora
- Hrubé předčištění – česle
- Lapák písku
- Čerpací stanice
- Denitrifikační nádrž
- Aktivační nádrž 1
- Aktivační nádrž 2
- Dosazovací nádrž
- Uskladňovací nádrž kalu

3.2.1 Odlehčovací komora

Balastní vody přitékají na ČOV přes čtvercovou odlehčovací komoru o půdorysných rozměrech 1,5x1,5 metrů a hloubce 1 metr plastovým potrubím DN300. Projektová dokumentace počítá se zaslepením původního odtoku na ČOV o průměru DN150 a vytvoření dvou nových. Prvním bud plastová trubka průměru DN 200, jež bude odvádět balastní vody na hrubé předčištění a dále na ČOV. Druhý odtok DN400 bude sloužit jako obtok ČOV v případě havarijního stavu nebo velkého přívalového deště. Tento obtok vede po východní straně ČOV a ústí do Nebílovského potoka, stejně jako vyčištěné vody.

Přelivná hrana, tj. výška, kdy začne docházet k odtoku vod přes přepad, je naprojektována ve výšce 0,5 metrů. Jediné předčištění pro obtokové vody jsou jemné česle o šířce 85 cm a výšce 65 cm s průlinami 4 cm zachytávající plovoucí nečistoty.

3.2.2 Hrubé předčištění – síťové česle

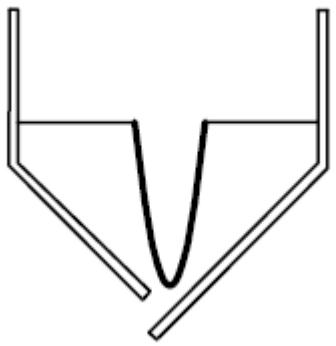
První stupeň čištění balastních vod. Přitékající vody vtékají gravitačně do betonového žlabu, ve kterém je osazen rám s horizontálními sítovými česlemi. Jedná se dříve používanou technologii, která by se dala popsat jako obyčejný pytel s oky velikosti 20x20 milimetrů. Ty zachytávají plovoucí nečistoty. Když se tyto sítové česle naplní, jsou pomocí jeřábku o nosnosti do 200 kg vytaženy, a po odkapání nad žlabem uskladněny do kontejneru, který se pravidelně vyváží na skládku. Poté je do betonového žlabu osazen nový „pytel“.

3.2.3 Horizontální lapák písku

Na česlích dochází k zachycování hrubých nečistot, ale další nežádoucí nečistoty, převážně charakteru písku, prochází dál společně s odpadní vodou. K zachycování drobných částic o velikosti zrna větší než 0,2 mm slouží lapáky písku. Ty se dělí na horizontální a vertikální. V našem případě pracujeme s lapákem písku horizontálním.

Základním principem této technologie je usazovací rychlost těchto částic. Pro nejběžnější typ znečištění, křemenný písek o hustotě 2,6 g/m^2, je to 80 m/hod. V lapáku nesmí průtočná rychlost klesnout natolik, aby došlo společně s usazováním písku i k usazování kalových částic.

Aby se zvýšila rychlost proudění a usazovaly se jen částice se zrny, je odpadní voda na nátoku lapáku převedena do užšího parabolického přelivu (proudění je laminární) a tím dojde ke zvětšení průtočné rychlosti.



Obr. 2: Schéma parabolického přelivu – nátok DN150 je převeden do užšího žlabu, čímž dojde ke zvýšení průtočné rychlosti, písky se usazují a kalová voda proudí dále do čerpací stanice

Ze dna lapače se písek odstraní ručně, po vypláchnutí usazených organických látek. Vytěžené sedimenty se nasypou do odvodňovacího kontejneru.

3.2.4 Čerpací stanice

Jedná se o plastovou kruhovou šachtu o průměru 1 metr a výšce 2,5 metrů vystrojenou dvěma čerpadly. Do této šachty natékají splaškové vody zbavené hrubých nečistot gravitačně a následně jsou přečerpány kalovými čerpadly do první aktivační nádrže.

Jak už bylo zmíněno, čerpací šachta je vybavena dvěma čerpadly. V jeden okamžik přečerpává vodu jen jedno ze dvou čerpadel, druhé vždy slouží jako rezerva. Vhodné je, aby bylo nastaveno střídání provozu z důvodu stejného počtu motohodin u obou čerpadel s vlivem na funkčnost.

Parametry čerpadla:

čerpadlo kalové, plovákové snímání

okamžitý průtok Q = 4-5 l/s při výtlačné výšce H = 7-4,5 m

výkon P = 1,2 kW, elektrické napětí 380 V

počet otáček za minutu n=1450 ot/min

Kalové čerpadlo značí takové čerpadlo, které je vybaveno vestavěnou řezačkou. Ta dokáže spolehlivě rozmělnit i hrubší nečistoty a tím zamezit poškození čerpacího systému. I když splašková voda prochází přes česle a lapák písku, může se stát, že nějaké plovoucí nečistoty se do čerpací stanice dostanou. Stejně tak k tomu může docházet i v případě otevírání víka u čerpací stanice. Bez vestavěného řezáku by docházelo k poškozování čerpadel a jejich postupnému ucpávání a ničení.

Čerpadla jsou napojena na ovládací rozvaděč. Na něm se dá pomocí přepnutí tlačítka nastavit tři režimy pro chod čerpadel.

režim vypnuto

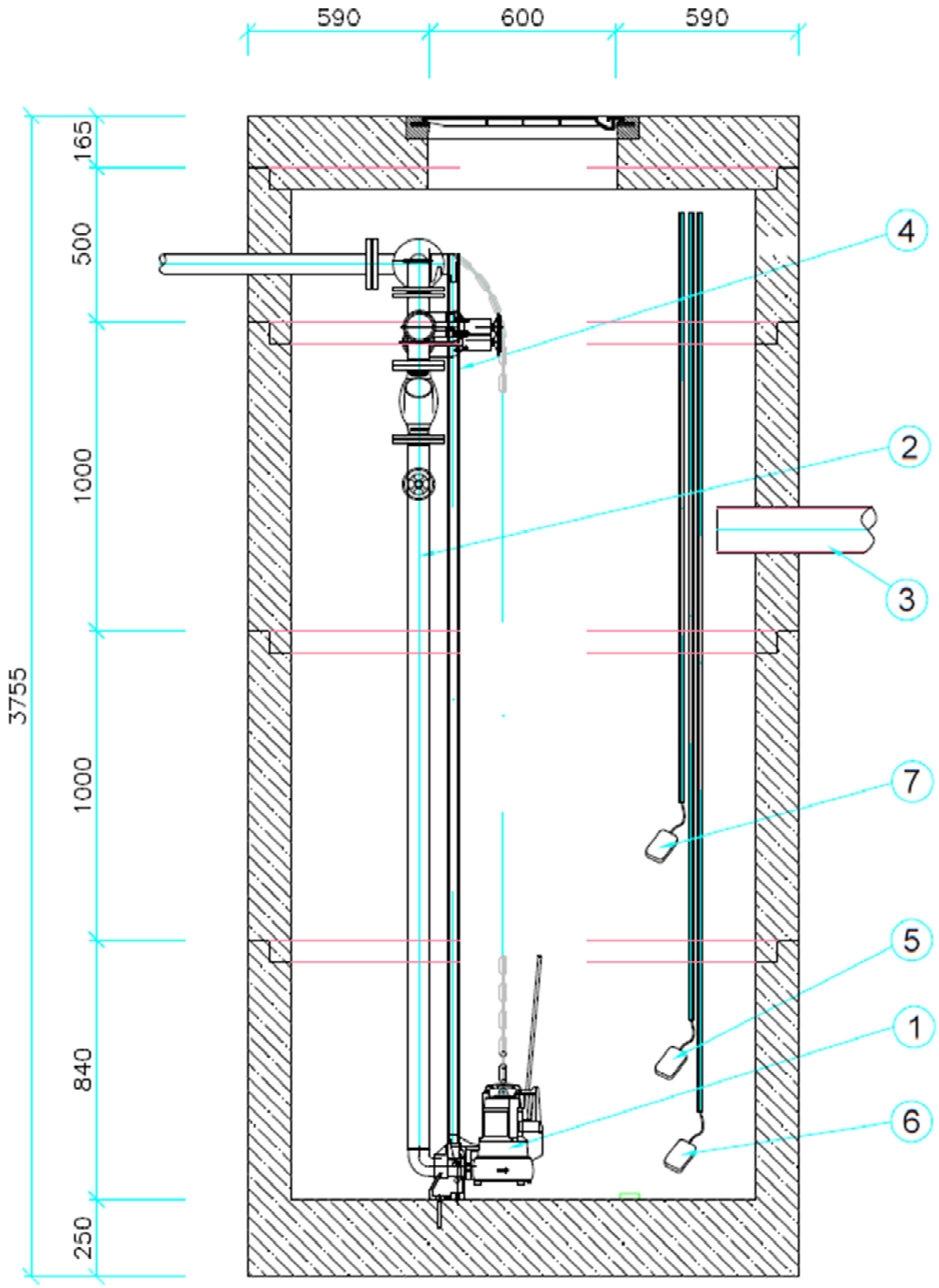
ruční režim – čerpadla běží v neustálém provozu, dokud nejsou obsluhou vypnuty

automatický režim – chod čerpadel je řízen plovákovými spínači

V čerpací šachtě je osazeno celkem pět plováků, pro každé čerpadlo dva plus jeden havarijní. Horní plovák je tzv. spouštěcí. Když hladina vody vystoupá k jeho úrovni a zvedne ho, je zahájeno čerpání. To probíhá do té doby, dokud hladina vody neklesne ke spodnímu plováku (viz. schéma). Havarijní plovák slouží k výstražnému hlášení, kdy dojde k neobvykle velkému vzdmutí hladiny.

Výtlačné potrubí je zhotoveno z nerezové oceli. Součástí výtlaku je zpětná klapka a uzavírací ventil.

Zpětná klapka zabraňuje vracení zbytkové z výtlačného potrubí zpět do čerpací šachty. Při tom by docházelo k roztáčení čerpadla proti směru normálního chodu a jeho poškozování. Uzavírací ventil slouží k zavření potrubí a zamezení čerpání vody do aktivace. Nemusí ale docházet k úplnému uzavření. V případě, že bychom chtěli omezit okamžité množství přečerpávané vody (průtok), je možnost ventil uzavřít například jen ze 70-80 % (tím bychom se mohli dostat z předpokládaného průtoku 5 l/s na přibližných 2,5 l/s – jedná se o přibližné hodnoty, které byly odzkoušeny na jiné čerpací šachtě při průměru výtlačného potrubí DN90).



Obr. 3: Schéma čerpací stanice (1 - kalové čerpadlo, 2 - výtlačné nerezové potrubí, 3 - nátok odpadní vody do čerpací stanice, 4 - vodící nerezové tyče pro spouštění čerpadla, 5 - spouštěcí plovák – při dosáhnutí této úrovně hladiny se odpadní voda začne přečerpávat do aktivační nádrže, 6 - vypínací plovák – při odčerpání odpadní vody na tuto úroveň hladiny je přečerpávání zastaveno, 7 - havarijní plovák – při dosáhnutí této hladiny je signalizován havarijní stav)

V čerpací šachtě vyprojektované pro ČOV Nebílovy je v případě velkého množství naakumulované splaškové vody umístěn navíc přeliv s deskovým šoupátkem ve výšce 1,4 metru. Ten je napojen na obtokové potrubí trubkou průměru DN150, jež vychází z odlehčovací komory. Deskové šoupátko je zde jako ochrana proti vzdutí vody v potoce.

3.2.5 Aktivační a denitrifikační nádrž

V těchto nádrží probíhá proces odbourávání dusíků. V denitrifikační nádrži proces denitrifikace, v aktivační nádrži proces nitrifikace. Jak v aktivační, tak i v denitrifikační nádrži se nejdříve odstraní původní technologie a poté se zde osadí provzdušňovací rošty. Princip odbourávání dusíku si probereme v následující kapitole, kde se zabývám úpravou technologie těchto nádrží.

3.2.6 Aktivační nádrž 2

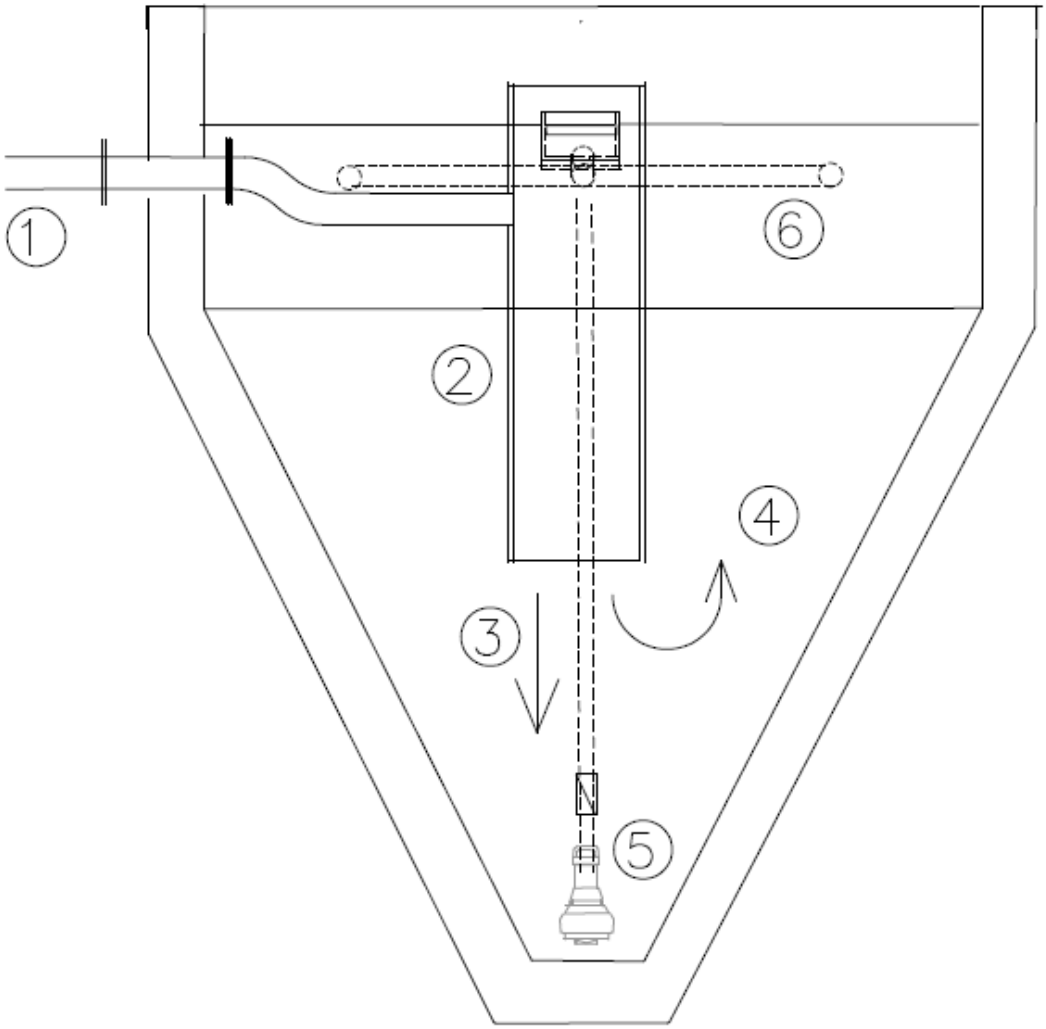
Jedná se o druhý stupeň biologického čištění. Na ČOV Nebílovy je vybudován spíše jako rezerva, v běžném provozu bude sloužit jako dvoustupňová aktivace. Stejně jako u předchozích nádrží, více se budu touto technologií zabývat v následující kapitole.

3.2.7 Dosazovací nádrž

Po biologickém procesu nitrifikace a denitrifikace v aktivačních nádrží je odpadní voda přivedena potrubím o průměru DN 150 mm do dosazovací nádrže. Ta je zhotovena jako čtvercová železobetonová nádrž s vyspádovaným dnem, které je ještě vyvložkování ocelovým svařencem o tloušťce 3 milimetry.

Po vstupu do dosazovací nádrže je odpadní voda svedena do uklidňovacího polyetylenového válce o průměru 600 milimetrů. Ten zároveň slouží i jako norná stěna, která brání mísení už čisté vody s nově dopraveným kalem z aktivační nádrže. Čerstvě natečená odpadní voda tedy přitéká do tohoto uklidňovacího válce, přes který se postupně usazuje kal na dno sedimentační nádrže a vyčištěná voda se poté drží v horní části nádrže po jejím obvodu. Odsud je už v tuto chvíli přečištěná voda pomocí děrovaných (na bocích) trubek z polyetylenu DN 90, zavěšených u horní hladiny pomocí lávky, vedena do malé odtokové šachty s přelivnou hranou (slouží k odběru vzorků). Odsud je vedena už do Nebílovského potoka.

Usazený kal se ze dna odčerpává kalovým čerpadlem výtlakem o průměru 50 milimetrů zpět do denitrifikační nádrže. Tomuto kalu se říká vratný, a je potřebný pro doplňování biokultur v aktivačních nádrží a pro správný chod čistírny. Přebytečný kal, pro který už není v čistícím procesu využití, je stejným čerpadlem přečerpáván do kalové uskladňovací nádrže. Jak kal vratný, tak i přebytečný jsou vedeny stejným výtlačným potrubím. Místo, kam se má dopravit, se nastavuje pomocí uzavíracích šoupat před dosazovací nádrží.



Obr. 4: Princip fungování dosazovací nádrže (1 - nátok vody z aktivační nádrže, 2 - uklidňovací válec, 3 - sedimentace kalu, 4 - voda zbavená kalu (vyčištěná voda), 5 - čerpadlo pro přečerpávání vratného a zbytného kalu, 6 - potrubí pro odvod vyčištěné vody do potoka

Parametr čerpadla b dosazovací nádrži pro čerpání kalu je rychlost čerpání 5 l/s při dopravní výšce 5,5 metrů. Cyklus spouštění čerpadla je 2–4 za hodinu, při době čerpání 3–4 minuty.

3.2.8 Uskladňovací nádrž kalu

Jedná se o železobetonovou nádrž o kruhovém půdorysu a výšce 4,25 metru. Celkový objem nádrže činí 50 m^3. Z dosazovací nádrže se sem pomocí čerpadla načerpává přebytečný kal z dosazovací nádrže. Je vybaveno ponorným míchadlem, aby nedocházelo k usazování kalu.

Odsazená kalová voda bude stažena potrubím DN 100 zpět na začátek procesu čištění, tedy na hrubé předčištění (česle). Zahuštěný kal se bude odčerpávat fekálními vozy.

4. Úprava ČOV Nebílovy

Při studování projektové dokumentace stavebních objektů, společně s jejich technologií, se naskytly možnosti optimalizace návrhu čističky odpadních vod. Když budeme citovat zákon 254/2001 Sb. o vodách, najdeme tu, že při povolování vypouštění odpadních vod do vod povrchových je vodoprávní úřad vázán mimo jiné specifikací nejlepších dostupných technologií v oblasti zneškodňování odpadních vod. V tomto případě se dají najít takové části v projektové dokumentaci, které toto nesplňují.

4.1 Denitrifikační nádrž

Přečerpávané vody z čerpací stanice jsou vedeny do denitrifikační nádrže a poté do první aktivace AN 1. Zde dochází k rozporu s obvyklým způsobem čištění odpadních vod, kdy denitrifikace probíhá v denitrifikační nádrži a měla by vždy následovat až po nitrifikaci (k té dochází v aktivační nádrži). Denitrifikace a nitrifikace jsou procesy, při kterých dochází k odstraňování dusíkatých látek z čištěné vody.

Biologickou nitrifikací se nazývá děj v oxickém prostředí (prostředí s přítomností rozpuštěného kyslíku), při kterém je amoniakální dusík oxidován v první fázi na dusitany a v té druhé vzniklé dusitany na dusičnany. Celý proces se dá popsat následující rovnicí:

$$NH_3 + 2\ O_2 \rightarrow NO_3^- + H^+ + H_2O$$

Vhodné prostředí pro nitrifikaci je takové, jehož teplota se pohybuje v rozmezí 28 až 32 °C a pH v rozmezí 7,0 až 8,2.

Denitrifikace je proces opačný. Dochází k redukci dusičnanů a dusitanů v anoxickém prostředí na N_2, popřípadě N_2O. Tento proces se zapíše chemickou rovnicí následovně:

$$5\ CH_3OH + 6\ NO_3^- \rightarrow 5\ CO_2 + 7\ H_2O + 6\ OH^- + 3N_2$$

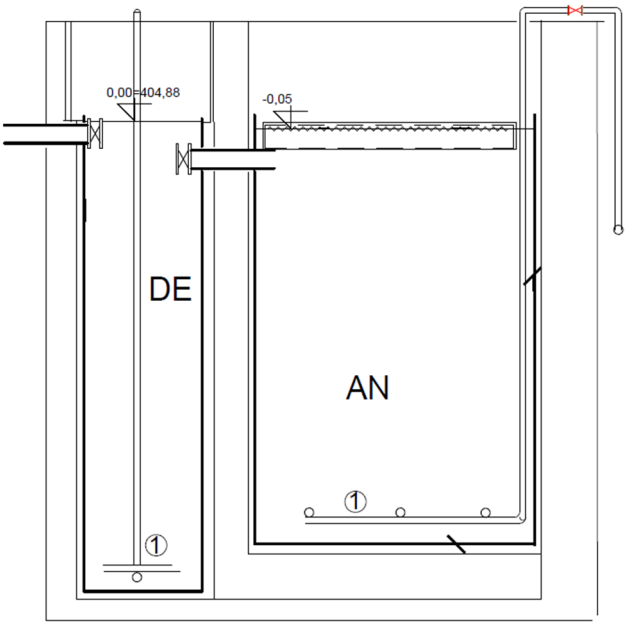
$$3\ CH_3OH + 6\ NO_2^- \rightarrow 3\ CO2 + 3\ H_2O + 6\ OH^- + 3N_2$$

K denitrifikaci, na rozdíl od nitrifikace, dochází v anoxických podmínkách. Ta musí probíhat po nitrifikaci v aktivační nádrži, aby došlo ke konečnému zpracování dusíku. Bez denitrifikace by namísto odbourání dusíku z odpadní vody došlo jen ke změně formy z amoniakálního na dusičnany.

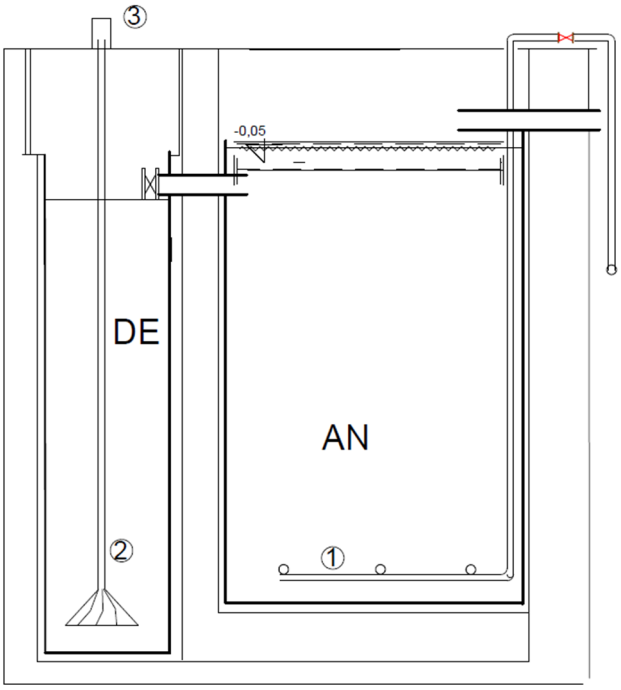
První úpravou je úprava výtlačného potrubí, kdy bude nově primárně vedeno do nádrže aktivace a poté projde teprve denitrifikací v druhé nádrži.

Po změně v pořadí čištění odpadní vody bylo nadále třeba vyřešit vystrojení obou nádrží. Dle projektu je aktivační nádrž vystrojena 9 kusy provzdušňovacích elementů na trubce DN 50 mm a třemi vzduchovými ventil, taktéž o průměru DN 50 mm. Velmi podobné technologické vystrojení obsahuje i nádrž denitrifikační. Ta obsahuje provzdušňovačů celkem 6 společně s jedním vzduchovým ventilem. Počítá se s tím, že se obsah vody v denitrifikaci bude těmito rošty promíchávat. Toto řešení je v rozporu se základním principem denitrifikačního procesu, který probíhá v anoxickém prostředí. Je zřejmé, že využití provzdušňovačů k promíchávání obsahu nádrže je nevhodné, protože tím zabraňuje správnému způsobu odbourávání dusíků.

Aerační systém v denitrifikační nádrži bude nahrazen ponorným míchadlem osazeným na nerezové lávce probíhající nad nádrží. Stejně jako v původním návrhu bude odpadní voda udržována ve vznosu, tentokrát jsme ale docílily anoxického prostředí.



Obr. 5: Schéma původní denitrifikace (1 - aerační systém – provzdušňovače, DE – denitrifikační nádrž, AN – nitrifikační nádrž)



Obr. 6: Schéma nového návrhu (1 - aerační systém, 2 - míchadlo, 3 - motor míchadla, DE – denitrifikační nádrž, AN – nitrifikační nádrž)

4.2 Vzduchotechnika

Pro proces aerace v aktivační nádrži jsou zde instalovány rozvody vzduchu. Ty jsou propojeny s dmychárnou, kde vhánění vzduchu do nádrží obstarávají celkem tři dmychadla typu Lutos DT 6/42 s předpokládaným provozním tlakem 60 kPa a o následujících parametrech:

Tab. 2: Technické parametry čerpadla Lutos DT 6/42

Lutos DT 6/42, 60 kPa					
Q [m^3/h]	**T3 [°C]**	**P_e [kW]**	**P_m [kW]**	**n [min^{-1}]**	**n_m [min^{-1}]**
60	84	1,38	2,2	3 206	2 880

Převzato z internetových stránek www.lutos.cz

Q [m^3/h] - Výkonnost dmychadlového soustrojí na sání

T3 [°C] - Teplota na výtlačné přírubě

P_e [kW] - Příkon dmychadla

P_m [kW] - Výkon motoru

n [min^{-1}] - Otáčky dmychadla

n_m [min^{-1}] - Otáčky motoru

Nejzásadnější údaj o dmychadlu je v tento okamžik hodnota teploty na výtlačné přírubě T3. To znamená, že v okamžiku, kdy vzduch vstoupí do rozvodného potrubí vzduchotechniky, má teplotu 84 °C.

Projekt zamýšlel pro propojení dmychadel a aktivačních nádrží využití plastových polyetylenových trubek PE 63/5,8 SDR 11. Hodnota 63 je vnější průměr, 5,8 je tloušťka stěny trubky, obojí v milimetrech. Polyethylen je termoplast, který vzniká polymerací ethenu.

V následující tabulce jsou údaje o životnosti polyetylenových trubek, které jsou namáhány vysokým tlakem nebo teplotou.

Tab. 3: Vliv teploty a tlaku na životnost PE trubek

Teplota [°C]	**Tlak [kPa]**	**Životnost [roky]**
20	1 600	50
30	1 390	50
40	1 180	50
50	950	15
60	770	5
70	620	2
84	–	není definováno

Převzato z internetových stránek www.pipelife.cz

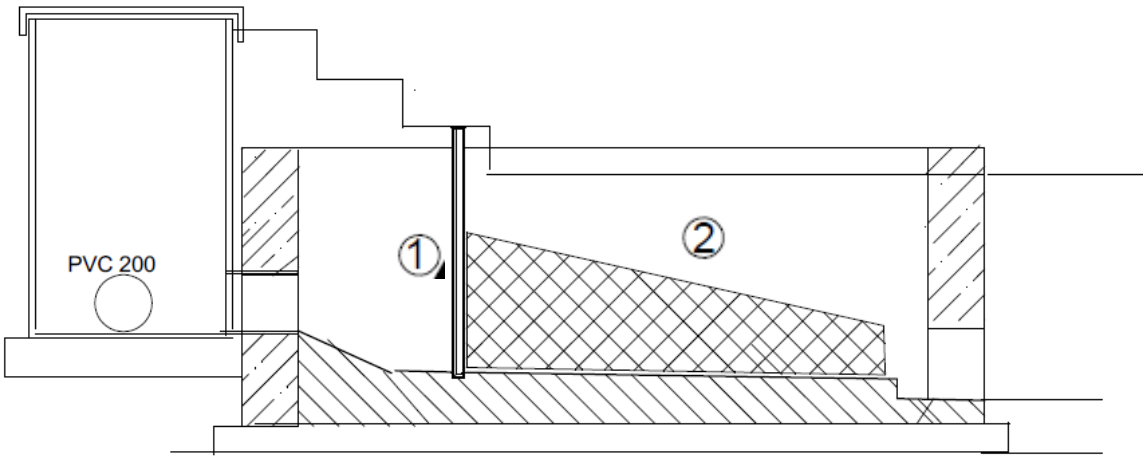
Zatímco hodnoty tlaku jsou mnohem vyšší než ten, který dokáže dmychadlo samo o sobě vyvinout, problém nastává u hodnot teplot. S teplotou médií protékajícími PE trubkou 70 °C se životnost PE trubky odhaduje na 2 roky. Při provozní teplotě na přírubě o hodnotě 84 °C je tedy patrné, že toto potrubí nevydrží provoz a zejména na výtlaku u dmychadel bude docházet k velkým deformacím a rychlému poškozování PE trubek.

Vhodným materiál pro vedení horkého vzduchu jsou pozinkované trouby spiro s teplotní odolností -30 °C až +100 °C. Jelikož se ale jedná o materiál s tloušťkou stěny do 1 milimetru a s tím související nižší mechanickou odolností, je možné ho akorát využít pro vnitřní rozvody. V případě většiny čistíren, stejně jako ČOV Nebílovy, jsou vedeny rozvody vzduchu zemí nebo místy s vyššími požadavky na mechanickou odolnost. Materiálem splňujícím tyto požadavky je ocel, v našem případě nerezová.

Nově bude naprojektováno bezešvé nerezové potrubí (nerezová ocel 1.4301) 50,00 x 3,00 mm. Hodnota 50,00 mm udává vnitřní průměr a 5,00 mm tloušťku stěny. Jedná se o chrom niklovou austenitickou nestabilizovanou ocel, odolnou proti korozi v běžném prostředí (voda, průmyslové atmosféry) s provozní teplotou do 450 °C. Chemické složení vyhovuje normě pro použití výrobků pro potraviny a pitnou vodu.

4.3 Česle

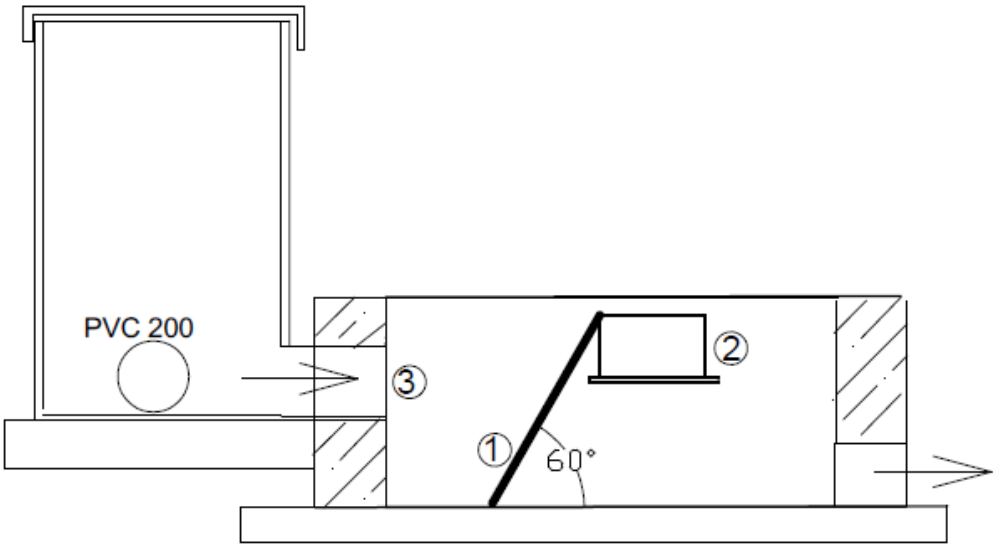
Síťové česle jsou typem hrubého předčištění, který se skládá z jednoduchého rámu, do kterého se vsadí pytel s oky průměru 20x20 mm. Hlavní nevýhodou této technologie je náchylnost síťového pytle na mechanické poškození při zvětšené zátěži. I následná manipulace s naplněnými pytli a jejich čištění od zbylých shrabků vyvolává velké nároky na obsluhu. Tento typ česlí se využíval v dřívějších dobách, a i to v omezeném množství. Jsou vhodné převážně pro řeky s malým tokem nebo jako nouzové krátkodobé řešení havarijního stavu.



Obr. 7: Schéma původního návrhu – síťové česle (1 - rám síťových česlí, 2 - pytel s oky 20x20 mm)

Zastaralé síťové česle budou nahrazeny klasickými středními ručně stíranými česlemi s roztečí průlin 20 mm. Ručně stírané byly vybrány oproti strojně stíraným z finančního důvodu, kdy pro strojně stírané by se musela budovat elektrická přípojka.

Ručně stírané česle se skládají z šikmé česlicové mříže zabudované betonovém žlabu pod úhlem 60°. Shrabky zachycené na mříži jsou vyhrnovány ručním hrablem do příčného mělkého žlabu s děrovaným dnem. Samotná konstrukce česlí je z nerezové oceli.



Obr. 8: Schéma nového návrhu – ručně stírané česle (1 - česle, 2 - žlab na shrabky, 3 - nátok odpadní vody)

Závěr

Po prostudování projektové dokumentace a pochopení principu čištění na ČOV Nebílovy, tak jak to bylo zamýšleno projektantem, a nastudováním dalších materiálů týkajících se této problematiky, bylo provedeno několik úprav na čističce.

Jedná se především o úpravu denitrifikační nádrže, kdy byl navržen nový princip promíchávání kalu. nový návrh česlí a úpravu rozvodů vzduchotechniky.

Použitá literatura

[1] Dohányos Michal, Koller Jan, Strnadová Nina (1998): Čištění odpadních vod, VŠCHT Praha

[2] Jedličková Věra (2015): Řízení procesu nitrifikace a denitrifikace na čistírnách odpadních vod, http://www.vodovod.info/

[3] doc. Dr. Ing. Kučerová Radmila, prof. Ing. Fečko Peter, CSc., Ing. Lyčková Barbora, Ph.D. (2010): Multimediální učební texty zaměřené na problematiku úpravy a čištění vody, http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/

[4] Ing. Žák Pavel (2017): Projektová dokumentace ČOV Nebílovy