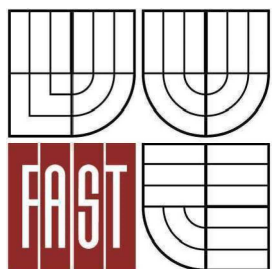




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ODKANALIZOVÁNÍ ODPADNÍCH VOD Z PRŮMYSLOVÉHO AREÁLU VE MĚSTĚ HULÍN

DRAINAGE OF WASTE WATER FROM THE INDUSTRIAL AREA IN HULIN CITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. RADEK DOHNAL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Radek Dohnal
Název	Odkanalizování odpadních vod z průmyslového areálu ve městě Hulín
Vedoucí diplomové práce	Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce	16. 1. 2015
V Brně dne 31. 3. 2014	

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

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

Podklady a literatura

- [1] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury
- [2] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9
01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.
- [3] Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. Dostupné z WWW: nepis.epa.gov. EPA 832-F-02-006.
- [4] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237->
- [5] ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Praha : Český normalizační institut, 1998 ČSN EN 13508 (2007). Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek.
- [6] Související normy a legislativní podklady
- [7] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynu vedoucího diplomové práce

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je návrh nové stokové sítě ve strojírenském areálu Pilana ve městě Hulín. Student po podrobné pasportizaci stávajícího stavu stokové sítě provede optimalizaci trasování kanalizace s variantním řešením likvidace odpadních vod přímo v areálu nebo odtokem odpadních vod do veřejné stokové sítě. Práce bude zpracována formou studie.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....
Ing. Petr Hluštík, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Předmětem diplomové práce je provedení pasportu kanalizačního systému, provedení technického posouzení a zhodnocení technického stavu celé kanalizační sítě v průmyslovém areálu, společně se zaměřením a zakreslením současného vedení kanalizační sítě. Dále vypracován hydraulický model celého řešeného kanalizačního systému. V druhé části práce je zpracován návrh vhodného systému čištění produkovaných odpadních vod. Na závěr je uvedeno finanční posouzení a porovnání jednotlivých variant čistících systému z hlediska investičních a provozních nákladů.

Klíčová slova

Kanalizace, kanalizační šachta, balastní vody, biologické znečištění, čistírna odpadních vod

Abstract

The subject of this thesis is to implement the passport of sewer system installation, technical assessment and evaluation of the technical condition of the entire sewer network in the industrial area, along with focus and plotting the current leadership of the sewerage system. It was also developed a hydraulic model of the entire solution sewer system. In the second part of the study is a proposal for an appropriate treatment system of wastewater. It was also developed a hydraulic model of the entire solution sewer system. In the second part of the study is a proposal for an appropriate treatment system of wastewater. In conclusion there is a financial assessment and comparison of different variants cleaning system in terms of investment and operating costs.

Keywords

Sewerage, manhole, ballast water, biological pollution, waste water treatment plant

...

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Radek Dohnal *Odkanalizování odpadních vod z průmyslového areálu ve městě Hulín*.
Brno, 2015. 61 s., 9 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta
stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12.1.2015

.....
podpis autora
Bc. Radek Dohnal

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Hlušíkovi Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a čas, který věnoval této práci.

OBSAH

1	CÍLE PRÁCE	1
2	ÚVOD.....	2
3	PRŮVODNÍ ZPRÁVA.....	4
3.1	Údaje o stavbě	4
3.1.1	Název stavby.....	4
3.1.2	Místo stavby.....	4
3.2	Údaje o vlastníkovi.....	5
3.3	Seznam vstupních podkladů	5
3.4	Údaje o území	5
3.5	Údaje o stavbě	7
4	POSOUZENÍ KANALIZACE	9
4.1	Celkový popis stavby	9
4.2	Zhodnocení stávajícího stavebně technického stavu	10
4.2.1	Stoka A	10
4.2.2	Stoka A-1	12
4.2.3	Stoka A-1-1.....	14
4.2.4	Stoka A-2	16
4.2.5	Stoka A-3.....	18
4.2.6	Stoka B	19
4.3	Práce v softwaru swmm.....	19
4.4	Shrnutí stavu stokové sítě.....	25
5	POSOUZENÍ ČOV	26
5.1	Varianta 1 - biologický rybník.....	26
5.1.1	Mechanické předčištění	27
5.1.2	Návrhové parametry biologického rybníka.....	29
5.1.3	Finanční posouzení	31
5.2	Varianta 2 - Čistírna odpadních vod HIPAF	33
5.2.1	Návrhové parametry čistírny odpadních vod HIPAF.....	35
5.2.2	Návrh strojního zařízení.....	35
5.2.3	Finanční posouzení	36
5.3	Varianta 3 – Membránová filtrace	37
5.3.1	Mechanické předčištění	38
5.3.2	Návrhové parametry membrány	39

5.3.3	Návrhové parametry filtrační nádrže	40
5.3.4	Návrhové parametry aktivační nádrže	41
5.3.5	Návrh strojního zařízení.....	42
5.3.6	Finanční posouzení	45
5.4	Varianta 4 – SFT filtr	46
5.4.1	Vstupní a výstupní parametry pro SFT FILTR.....	46
5.4.2	Finanční posouzení	47
5.5	Finanční shrnutí.....	47
5.6	Doporučení	50
6	ZÁVĚR	52
7	POUŽITÁ LITERATURA.....	55
	SEZNAM TABULEK	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM GRAFŮ.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60
	SUMMARY	61

1 CÍLE PRÁCE

Průmyslový areál PILANA se nachází na ploše asi 9 hektarů. Od založení závodu, procházel celý areál, stejně jako společnost sama, jistým vývojem. Vzhledem k prosperitě podniku a zvyšujícímu se odbytu, došlo zanedlouho k postupnému rozšiřování závodu. To představovalo, mimo jiné příjem nových pracovníků, výstavbu nových hal a budov. Během výstavby nových nemovitostí však došlo k zanedbání optimálního rozvoje kanalizační infrastruktury. V případě, že byla prováděna výstavba kanalizace, bylo tak učiněno pouze v jednotlivých krátkých a nezbytně nutných úsecích, bez předchozího plánování, které by bralo v úvahu další rozvoj areálu a kanalizační infrastruktury. Stejně tak bylo zanedbáno podrobné zakreslení vedení kanalizačních trub. Z tohoto důvodu doposud chybí přesná a spolehlivá dokumentace o skutečném stavu funkční kanalizační sítě. Dalším problémem je fakt, že v minulosti při výstavbě nových vedení nebylo odstraňováno kanalizační vedení stok starých a nepoužívaných. Při takto nezodpovědném postupu pak v průběhu několika desítek let došlo k chaosu a nejasnostem co se kanalizačního systému týče.

Cílem této práce je provést pasport kanalizačního systému, provést technické posouzení a zhodnocení celé kanalizační sítě v průmyslovém areálu. Dále je nezbytné provést zaměření stávající funkční stokové sítě a její zakreslení. Součástí toho je i zjištění skladby potrubí, jednotlivých profilů a délek jednotlivých úseků, ale i celého kanalizačního systému. Dalším cílem je pak provést hydraulickou analýzu pomocí některého z vhodných softwarů a posoudit zda řešený kanalizační systém vyhovuje z kapacitního hlediska.

Druhým cílem práce je navrhnout řešení systému čištění odpadních vod a provést finanční porovnání se současným stavem likvidace odpadních vod. Ten je řešen vypouštěním odváděných vod do veřejné kanalizace, bez jakéhokoliv předčištění. Za to však společnost stejně jako každý uživatel stokové sítě platí tzv. stočné. Předmětem je tedy provést návrh čistícího systému a porovnat, zda je z finančního hlediska výhodnější pořízení a provoz čistírny odpadních vod, nebo pokračovat ve vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizace.

2 ÚVOD

Průmyslový areál PILANA se nachází v jihovýchodní části města Hulín, okres Kroměříž ve Zlínském kraji. Společnost se zabývá výrobou a prodejem ocelových výrobků, speciálních pilových kotoučů, pilových pásů a listů, průmyslových nožů, ručního nářadí, strojů a nástrojů na řezání kovů. Společnost zaměstnává dohromady přes 650 zaměstnanců a patří k největším výrobcům výše zmíněných nástrojů v Evropě. Společnost PILANA je tvořena seskupením několika spolupracujících firem. PILANA a.s. zajišťuje prodej výrobků a dodávky služeb, PILANA Wood s.r.o., PILANA Knives s.r.o., PILANA Saw Bodies s.r.o. a PILANA Metal s.r.o. zajišťují výrobu nástrojů. [1]



Obrázek 1. Mapa města Hulín [8]

Předmětem práce je zlepšení provozování stokové sítě v celém průmyslovém areálu, odvedení všech produkovaných odpadních vod na novou čistírnu odpadních vod k jejímu předčištění, a následné odvedení předčištěných odpadních vod do místního toku „Žabínek“. Nezbytnou součástí práce je dále monitoring a posouzení současného stavu kanalizační sítě v celém průmyslovém areálu, neboť informace o trasách některých starých kanalizačních stok a technickém stavu částí stávající stokové sítě nejsou přesně známy. [7]

V současné době jsou veškeré odpadní vody (jak splaškové, tak dešťové) z celého areálu odváděny kanalizačním systémem do veřejné stoky „AD-3“ DN 800. Tato je ve vlastnictví

VAK a.s. Do této stoky jsou taktéž přiváděny odpadní vody z obytné části města a odpadní vody z kanalizační stoky „AD-3-7-1“ DN 500, která je v majetku a provozu Českých drah. Kapacita veřejné stoky „AD-3“ je za současné situace nedostačující a při větších dešťových událostech dochází k jejímu zahlcování, k zahlcování stávajících stok v průmyslovém areálu a k jejich následnému zanášení. Odvedením odpadních vod z průmyslového areálu na novou čistírnu odpadních vod, předčištěním těchto vod a následným odvedením do místního toku „Žabínek“, by mělo dojít k odlehčení jak veřejné stoky „AD-3“, tak i stoky průmyslové. [7]

3 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

V současnosti jsou navrhovanou stavbou dotčené pozemky využívány jako účelové komunikace a zpevněné parkovací, nebo manipulační plochy k výrobním i skladovacím objektům. Část pozemků je pak využívána jako okrajová zeleň.[7]

3.1 ÚDAJE O STAVBĚ

Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku, vedeného Krajským obchodním soudem v Brně, dne 1. 1. 1991, oddíl B, vložka 203. [7]

3.1.1 Název stavby

Odkanalizování odpadních vod z průmyslového areálu ve městě Hulín

3.1.2 Místo stavby

Město Hulín	areál Pilany a.s.
Katastrální území	Hulín (649309)
Obec (NUTS 5)	Hulín CZ0721 588491
Kraj (NUTS 3)	Zlínský (CZ0721)
Okres (NUTS 4)	Kroměříž (CZ0721)
Region soudržnosti (NUTS 2)	Střední Morava CZ 07
Obec s rozšířenou působností	Kroměříž
Pověřená obec	Hulín
Stavbou dotčená část:	Trvale zastavitelné území sídla - intravilán
Kategorie ploch	Průmyslová výroba [7]

3.1.2.1 Soupis dotčených parcel

Tabulka 1. Soupis dotčených parcel [7]

Číslo parcely	Vlastník	č. LV	Využití	Druh
1933/68	PILANA Metal s.r.o., Nádražní 804 Hulín 76824	3054	ost. kom.	ost. plocha
1915	PILANA Metal s.r.o., Nádražní 804 Hulín 76824	3054	prům. objekt	zast. plocha
1933/17	PILANA a.s., Nádražní 804 Hulín, 76824	2542	ost. kom.	ost. plocha
1933/19	PILANA a.s., Nádražní 804 Hulín, 76824	2542	ost. kom.	ost. plocha
1933/132	PILANA Metal s.r.o., Nádražní 804 Hulín 76824	3054	ost. kom.	ost. plocha
1933/22	PILANA a.s., Nádražní 804 Hulín, 76824	2542	ost. kom.	ost. plocha
1961/5	PILANA a.s., Nádražní 804 Hulín, 76824	2542	ost. kom.	ost. plocha

3.2 ÚDAJE O VLASTNÍKOVÍ

Investor: PILANA a.s., sídlem ul. Nádražní 804, 768 24 Hulín, Zlínský kraj.

IČ: 00657964, DIČ: CZ00657964.

Statutární zástupci:

Ing. Michal Jiří – předseda představenstva

Ing. Zmeškal Roman – člen představenstva a ředitel společnosti.

3.3 SEZNAM VSTUPNÍCH PODKLADŮ

Ke zpracování studie bylo použito mapových a dalších technických podkladů. Byly to:

- Katastrální a pozemkové mapy
- Vodohospodářské mapy 1:50000
- Podrobné, polohopisné a výškopisné zaměření řešeného území
- Základní mapa 1:5000
- Podklady provozovatele veřejné stokové sítě
- Územní plán města Hulín
- Podklady o stávající stokové síti v průmyslovém areálu
- Vodohospodářské a legislativní normy
- Program rozvoje vodovodů a kanalizací pro okres Kroměříž
- Hydrologická data ČHMU
- Podklady zjištěné průzkumem terénu

3.4 ÚDAJE O ÚZEMÍ

Veškeré stavbou dotčené pozemky se nachází na území průmyslového areálu PILANA a.s. Stavbou tak není dotčen žádný z přilehlých sousedních pozemků, který by byl ve vlastnictví správců veřejné infrastruktury. Nově navrhovaná čistírna odpadních vod bude umístěna na pozemku společnosti PILANA a.s., na parcele č. 1933/132. Čistírna bude umístěná v jihovýchodní části na dobře přístupném místě, na pozemku charakteru ostatní plocha. Přístup k čistírně bude zajištěn ze stávající obslužné komunikace. [7]

Průmyslový areál PILANA a.s. se nachází v jihovýchodní části města Hulín, od samotného centra města je oddělen drážním tělesem a areálem železniční stanice Hulín. Samotný průmyslový areál je tvořen několika budovami, (převážně výrobní haly a sklady, dále kancelářské budovy), ve kterých pracuje zhruba 650 zaměstnanců. Odpadní vody celého závodu jsou produkovány zhruba 10 velkými producenty, avšak konkrétní údaje o kvalitě a množství vypouštěných odpadních k dispozici nejsou. Celková denní produkce odpadních vod celého areálu v průměru činí kolem 60 m³/den. Průměrná hodnota koncentrace znečištění BSK₅ je zhruba 52 mg/l. Vzhledem k nízké hodnotě mikrobiologického znečištění je možné tyto vody charakterizovat spíše jako tzv. vody „šedé“. [7]

V řešené oblasti byl již dříve proveden hydrogeologický průzkum, který odhalil vysokou hladinu podzemní vody, cca 1,10–1,4 m pod terénem. Z dříve provedeného chemického rozboru vyplývá, že se jedná o velice tvrdou, silně mineralizovanou vodu, která vykazuje vysokou spotřebu kyslíku CHSK_{Mn}, vysokou koncentraci chloridů a vyšší obsah dusičnanů. [7]

Vodní tok „Žabínek“ protéká průmyslovým areálem, a v této trase je v celé své délce zatrubněn. V zatrubnění prochází pod železničním tělesem a dále přes centrum města, za kterým se vlévá do místního toku „Rusava“. S návrhem nové čistírny odpadních vod se počítá s možností zaústění předčištěných odpadních právě do zatrubněného toku „Žabínek“. K zaústění dojde na území průmyslového areálu těsně na hranici s drážním tělesem. [7]

Tabulka 2. Hydrologické údaje vodního toku [7]

ID toku	10195396
Tok	Žabínek
Kód druhu toku	1
Povodí	Povodí Moravy
Číslo hydrologického pořadí	4-12-02-1330

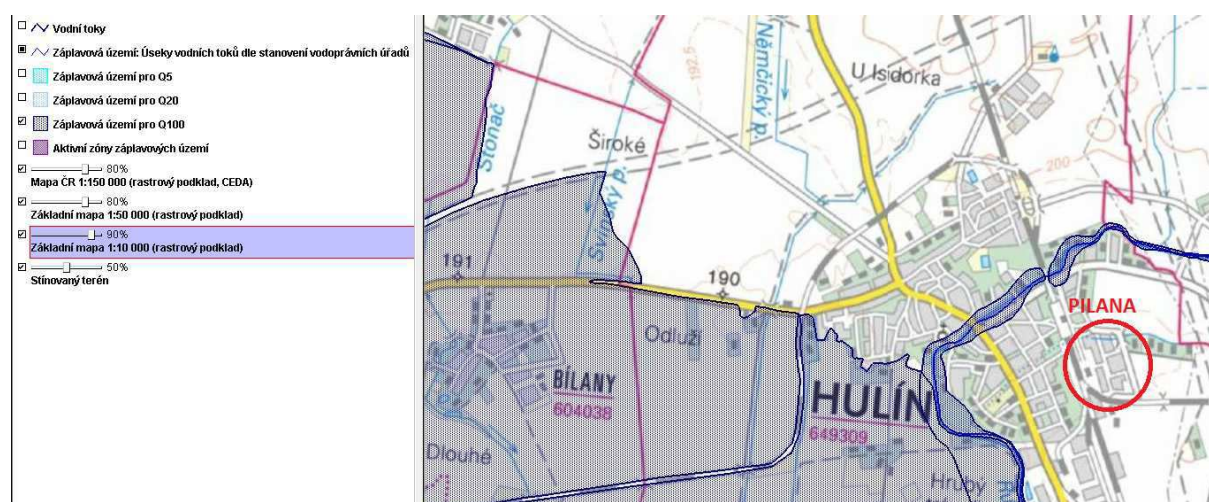
Tabulka 3. M-denní průtoky vodního toku Žabínek [7]

M-denní průtoky Q _{MD} (l/s)												
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
69	43,1	32,1	24,7	19,1	15,6	12,4	9,9	7,6	5,8	3,6	1,5	0,3

Tabulka 4. N-leté průtoky vodního toku Žabínek [7]

N-leté průtoky Q_N m ³ /s						
1	2	5	10	20	50	100
0,36	0,51	0,87	1,3	2	3,3	4,7
0,6	0,8	1,4	2,3	3,7	6,9	10,8

Řešená oblast se nenachází v chráněné památkové zóně, ani v zóně záplavové, viz obr. 2. Průmyslový areál leží v těsné blízkosti železniční stanice a drážního tělesa, nachází se tedy i v jeho ochranném pásmu. Dále se areál okrajově dotýká ochranného pásma místních městských komunikací, které jsou ve správě města Hulín.



Obrázek 2. Mapa záplavového území pro Q_{100} [9]

3.5 ÚDAJE O STAVBĚ

Nově navrhovaná čistírna odpadních vod bude sloužit k předčištění splaškových odpadních vod produkovaných společností PILANA a.s. Po předčištění budou tyto vody dále vypouštěny do místního toku Žabínek. [7]

Současná kanalizace v průmyslovém areálu slouží k odvádění jak splaškových, tak dešťových odpadních vod do veřejné stokové sítě, bez jejich předčištění. V případě uvedení do provozu nové čistírny odpadních vod bude nutné vybudovat nový kanalizační úsek o délce cca 50 m, a to v trase z čistírny odpadních vod do zatrubněného toku „Žabínek“. Nový úsek bude tvořen z plastových PE trub DN 800 mm. [7]

Čistírna odpadních vod i kanalizace jsou stavby charakteru trvalého. Životnost čistírny se uvažuje v horizontu 15–20 let. Stáří stávající kanalizace se pohybuje v rozmezí 25–50 let, avšak v některých úsecích je stáří kanalizace o mnoho vyšší. Životnost nově vybudované kanalizace, v případě dodržení veškerých technických a prováděcích předpisů, bude minimálně 50 let. [7]

Vzhledem k tomu, že se v případě nově navrhovaného kanalizačního úseku jedná o podzemní stavbu liniového charakteru, jsou veškeré nároky na zastavěnou plochu minimální, a stavba tohoto úseku nebude mít vliv na architektonické ani urbanistické uspořádání průmyslového areálu. Do architektonického a urbanistického uspořádání areálu zasáhne pouze nadzemní část čistírny odpadních vod, avšak pouze v minimálním rozsahu. [7]



Obrázek 3 Katastrální mapa areálu Pilana [10]

4 POSOUZENÍ KANALIZACE

Stávající kanalizace v celém průmyslovém areálu je jednotná pro veškeré odpadní vody, tedy vody jak splaškové, dešťové i povrchové. Celková délka kanalizační sítě je necelé 2 km, a až na výjimky je tvořena betonovými troubami. Celkové stáří kanalizační sítě se pohybuje v rozmezí 25–50 let, u některých úseků i více než 50 let. To má za následek průsaky balastních vod, úniky splaškových vod do zemin vlivem netěsností a trhlin, zanášení profilů nečistotami a v neposlední řadě znemožnění proplachů dešťovými vodami při větších dešťových událostech. Vzhledem k rovinatému území celého areálu došlo v některých úsecích k postupnému sednutí kanalizačních trub a tím se vytvořily negativní sklony, které zabraňují plynulému odtoku odpadních vod. S problémem rovinatého území souvisí i fakt, že některé úseky byly uloženy v minimálním sklonu, což opět může vést k zanášení kanalizačních trub. Uložení potrubí je v hloubce od 1–2,8 m. Dalším problémem je nesprávné napojení kanalizačních trub, kdy se větší profil napojuje v kanalizační šachtě do profilu menšího po směru toku odpadní vody. Tento způsob napojení je zcela nepřípustný.

Jednotná kanalizace je vedena převážně pod místními obslužnými komunikacemi, případně v chodnících nebo zelených pásích.

Na celém systému jednotné kanalizační sítě není instalováno měření objemu vypouštěných odpadních vod

Pro úspěšné a přesné vypracování posudku, bylo nezbytně nutné provedení osobního vícedenního průzkumu stávajícího stavu kanalizačního systému. Během toho bylo provedeno zaměření kanalizačních poklopů a dna šachet, zjištění sklonitostních a směrových poměrů kanalizačního systému. To představovalo postupné otevírání zhruba padesáti poklopů kanalizačních šachet, kontrolu technického stavu šachet a v některých nutných případech i vstup do samotné šachty a zhodnocení technického stavu uvnitř těchto kanalizačních objektů. To vše za plného provozu celého průmyslového areálu. Součástí práce byla i informativní schůzka s vedením společnosti a zástupcem ekologického oddělení, který má na starost provoz kanalizační sítě.

4.1 CELKOVÝ POPIS STAVBY

Kanalizační systém tvoří dvě stoky. První (stoka B) se nachází v severozápadní části areálu, její délka je zhruba 100 m, a je tvořena betonovými troubami DN 300 mm. Na stoce

jsou umístěny 4 kanalizační šachty Š1–Š4. Tato stoka je zaústěna do veřejné části kanalizace označené AD-3.

Druhou, již podstatně delší částí kanalizační sítě je stoka A. Její délka je necelé 2 km a tvořena je převážně betonovými troubami v rozmezí profilů DN 100–DN 600 mm. Tento systém je tvořen dílčími stokami A, A-1, A-1-1, A-2 a A-3. Ve směrových a výškových lomech stoky jsou umístěny kanalizační šachty Š5–Š48. Do stoky A jsou zaústěny i dešťové svody ze střech, dešťové vpusti, nebo jednotlivé dílčí dešťové úseky, které jsou tvořeny troubami o profilu max. DN 300 mm. Celkový přehled délek profilů kanalizačního systému je zobrazen v tabulce 5.

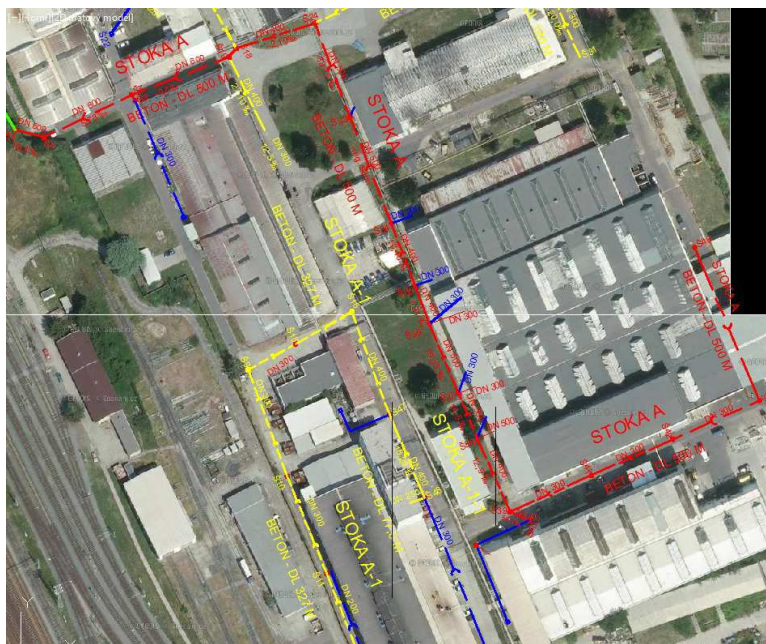
Tabulka 5. Přehled délek a profilů kanalizačního systému

	Celková délka	Délka DN 100	Délka DN 150	Délka DN 200	Délka DN 300	Délka DN 400	Délka DN 500	Délka DN 600
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Stoka A	620	x	60	x	220	120	130	90
Stoka A-1	515	10	220	45	210	30	x	x
Stoka A-1-1	145	x	x	x	65	80	x	x
Stoka A-2	250	80	x	10	160	x	x	x
Stoka A-3	80	x	x	40	x	40	x	x
Stoka B	100	x	x	x	100	x	x	x

4.2 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVEBNĚ TECHNICKÉHO STAVU

4.2.1 Stoka A

Pátevní stokou celého systému je stoka A. Tato je dlouhá zhruba 620 metrů a je tvořena výhradně betonovými troubami. Na stoce se nachází 17 kontrolních šachet, vždy ve výškové, nebo směrové změně trasy vedení stoky. Do pátevní stoky A zaústíují dešťové svody a kanalizační přípojky z budov s katastrálním číslem 1926/3, 1926/1, 1933/69, 1933/8 a 1925/2. Dále do šachty 8 zaústíuje dílčí dešťová kanalizační trouba DN 300. Jak bylo uvedeno výše, stoka A je pátevní stokou celého kanalizačního systému a zaústíují do ní všechny ostatní stoky z areálu Pilany.



Obrázek 4. Trasa páteřní stoky A

Z technického hlediska, je stoka A ve velmi dobrém stavu. Materiál stoky je neporušen, bez známých propadů nebo zborcení stěn potrubí. Nejsou patrné ani známky prorůstání kořenů do kanalizačních trub, praskliny nebo netěsnosti ve spojích. Přítomnost síranové koroze u této části stoky nebyla zjištěna. Betonové trouby jsou neporušeny a zatím nedochází ani k ohrusu materiálu, nebo vymílání jemných částeczek z betonového prostředí.



Obrázek 5. Foto náhled do stoky A

Vše je patrné z obrázku 5. Snímky byly pořízeny z kontrolní šachty 39. První snímek je focen proti směru toku odpadní vody, směrem k šachtě 41. Terén v této části je v nepříznivém sklonu mírně do kopce. Kanalizační potrubí je proto uloženo v minimálním sklonu, což by v bezdeštném období mohlo vést k zanášení potrubí sedimentem. Druhý snímek je pak focen ve směru toku odpadní vody, směrem k šachtě 38. Z provozního

hlediska u stoky A narážíme na problém s negativním sklonem v části mezi šachtou 33 a 34, 24 a 18 a dále mezi šachtami 19 a 7. Zde dochází k narušení plynulého odtoku odpadní vody a k zanášení kanalizačních trub sedimentem. Dalším „problémovým“ úsekem je část kanalizace mezi šachtami 46 a 43. Tento úsek vede pod budovou s katastrálním číslem 1926/1, a v případě nutné výměny, obnažení nebo potřeby jakéhokoliv zásahu do trubního vedení může dojít k problémům z hlediska užívání budovy, omezení výroby, nebo provozu uvnitř budovy a zvýšeným nákladům na výkopové práce v případě obnažení trub. Dále je nutné zmínit nevhodně zvolené profily kanalizačních trub v úseku mezi šachtami 36–37, a 37–38.

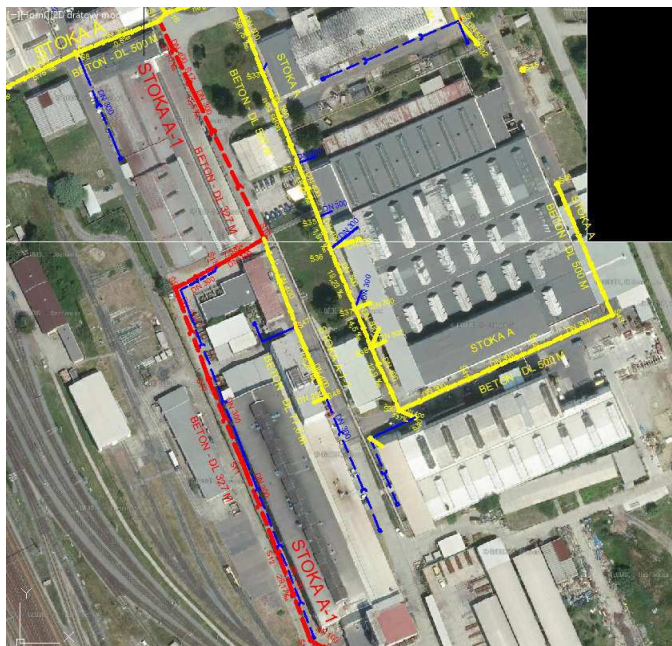
V šachtě 38 se mění profil trub z DN 400 na DN 500 mm, v tomto rozměru pokračuje až do šachty 36 a v ní se mění zpět na profil DN 400. Takový přechod z většího rozměru na menší je zcela nepřijatelný a nevyhovuje daným legislativním podmínkám. Dále může při větších dešťových událostech při přechodu z většího na menší profil docházet k úplnému zahlcení kanalizační trouby a následnému nežádoucímu tlakovému proudění. Z hlediska kapacitního dochází ve stoce A k úplnému zahlcení profilů v úsecích mezi šachtami č. 42–č. 41. Proto navrhuji výměnu profilů kanalizačních trub a to na profil minimálně DN 400.

Tabulka 6. Přehled Problémových částí na stoce A

Problémové části						
Nedostačující sklon			Skladba trub		Kapacita	Trasování
Úsek			Úsek		Úsek	Úsek
Š19 - Š7	Š24 - Š18	Š34 - Š33	Š34 - Š35	Š34 - 36	Š42 - Š41	Š46 - Š43

4.2.2 Stoka A-1

Stoka A-1 měří v celé své délce asi 510 metrů. Tvořena je výhradně betonovými troubami v rozmezí od DN 100–DN 400 mm. Na stoce je umístěno 9 kontrolních šachet. V koncové šachtě č. 9 stoka ústí do páteřní stoky A. Do stoky A-1 je zaústěna dešťová kanalizace, která sbírá dešťové vody z budovy s katastrálním číslem 1932. Tato se napojuje do šachty č. 15. Dále jsou touto stokou odváděny splašky právě z výše zmíněné budovy s číslem 1932, z budovy č. 1921 a 1929. Do systému stoky A-1 ústí stoka A-1-1, a to v šachtě č. 16.



Obrázek 6. Trasa vedení stoky A-1

Z technického hlediska by se stoka A-1 dala rozdělit na dvě části. První část tvoří úsek od počáteční šachty č. 14 po kontrolní šachtu č. 16, druhý pak od šachty č. 16 po zaústění do stoky A, v šachtě č. 19. První část stoky vykazuje známky netěsnosti, narušení betonového materiálu vlivem síranové koroze a vymílání jemných částeczek z betonového prostředí. Zjištěny byly také trhliny v troubách, kterými uniká odpadní voda do okolního půdního prostředí a naopak do systému vnika podzemní voda, tzv. voda balastní. Druhá část stoky je v daleko lepším stavu než část předchozí. Nebyly zjištěny známky síranové koroze, narušení materiálu, zjištění trhlin, prasklin nebo netěsných spojů. Povrch trouby je hladký a nevykazuje známky vymílání jemných kamenitých částeczek z betonového prostředí.



Obrázek 7. Foto náhled stoky A-1

V první části stoky A-1 se nepodařilo otevřít šachty č. 9, č. 10 a č. 11, proto nejsou známy podélné sklony těchto úseků, ani technický stav kanalizačních šachet. Zbylá část úseku je v optimálním sklonu, nemělo by tedy docházet k zanášení stoky sedimentem. V druhé části stoky A-1 (šachta č. 16–č. 19) opět narážíme na problém špatné skladby kanalizačních trub. Jak bylo zmíněno výše, do šachty č. 16 ústí stoka A-1-1 v profilu DN 400 mm, avšak odtok z této šachty je v profilu DN 300 mm. Dle platné legislativy je tento způsob skladby nepřipustný, a při větších dešťových událostech může dojít k úplnému zahlcení trouby, což je nežádoucí.

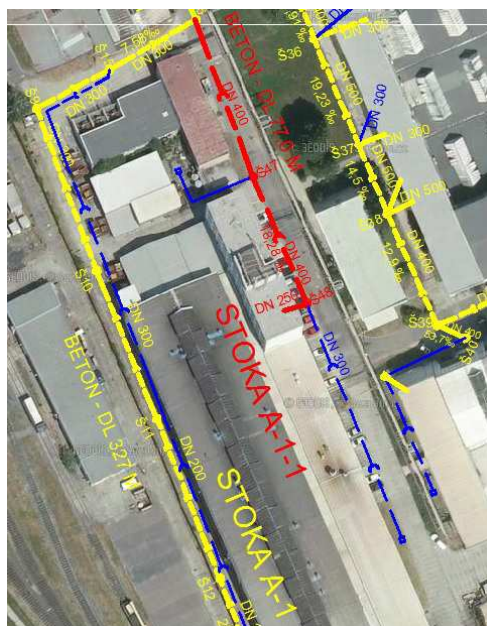
Z hlediska kapacity potrubí narážíme na problém již na začátku stoky A-1, a to mezi šachtami č. 13 a č. 14. Současný profil DN 100 je nevyhovující a při dešťových událostech může dojít k překročení kapacity a k narušení plynulého odtoku dešťových vod spadlých na zemský povrch. Proto navrhuji výměnu profilu na minimálně DN 150 mm.

Tabulka 7. Přehled problémových částí na stoce A-1

Problémové části					
Nezjištěný sklon				Skladba trub	Kapacita
Úsek				Úsek	Úsek
Š12 - Š11	Š11 - Š10	Š10 - Š9	Š9 - Š15	Š16 - Š17	Š13 - Š14

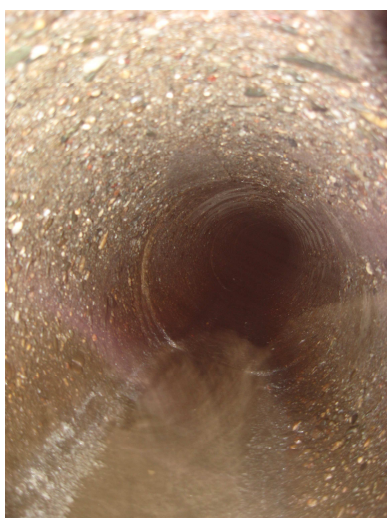
4.2.3 Stoka A-1-1

Stoka A-1-1 je tvořena betonovými troubami o profilu DN 400 mm, o celkové délce 145 m. Na stoce jsou umístěny dvě kontrolní šachty č. 47, a č. 48. Do první z nich ústí dešťová kanalizace, vedená z prostoru mezi budovami 1929 a 1933/76. Do šachty č. 48 je pak připojena kanalizační přípojka DN 250 z budovy s parcelním číslem 1932. Dále do stoky ústí dílčí dešťová kanalizace, tvořená betonovými troubami DN 300 a celkové délce 65 m. Kanalizace sbírá dešťové vody, které dopadnou na povrch areálu o ploše cca 0,4 ha. Stoka ústí do výše zmíněné stoky A-1, a to v šachtě č. 16.



Obrázek 8. Trasa vedení stoky A-1-1

Z obrázku 9 je patrné, že na povrchu betonových trub se začíná tvořit síranová koroze. V potrubí bylo dále zjištěno menší množství sedimentů, což může být zapříčiněno nedostatečným sklonem nebo nedostatečnou unášecí silou. Jinak trouby nejeví větší známky poškození, trhlin, nebo narušení stěn. Za takového stavu pak nehrozí prorůstání kořenů do potrubí. Skladba potrubí je na tomto kanalizačním úseku v pořádku a nehrozí tak zahlcení profilů z důvodu přechodu z větších trub na menší. Stoka A-1-1 vyhovuje i z hlediska kapacity potrubí a nevykazuje žádné další vážnější poruchy, nedostatky, nebo jiné problémy spojené s provozem a s plynulým odvedením odpadních vod.

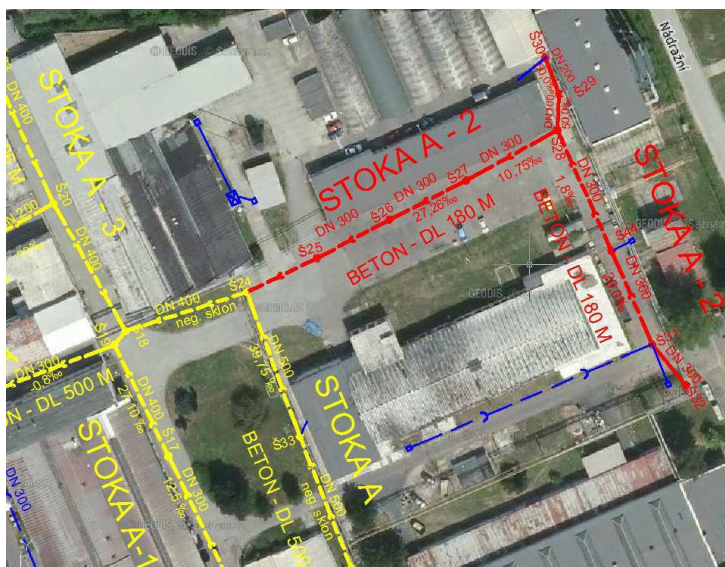


Obrázek 9. Foto náhled do stoky A-1-1

Kamerové snímky byly pořízeny z šachty č. 48. První snímek je focen z pohledu proti směru toku odpadní vody, druhý pak po směru toku odpadní vody, směrem k šachtě č. 47.

4.2.4 Stoka A-2

Stoka A-2 je tvořena výhradně z betonových trub, z profilů DN 100, DN 200 a DN 300 mm. Její celková délka činí 250 m. Stoka sbírá splaškové a dešťové vody z budovy s parcelním číslem 1933/73, 1925/1 a 1924. Dále stoka odvádí dešťové vody, které dopadnou na povrch areálu, mezi výše zmíněnými budovami. Součástí stoky je i dešťová kanalizace o profilu DN 100, odvádějící dešťové odpadní vody z budov 1925/1 a 1925/2. Dále jsou pomocí tohoto úseku odváděny vody z prostoru mezi budovami 1925/1, 1925/2 a 1926/3. Úsek je tvořen devíti kanalizačními šachtami, a to od šachty č. 25 po šachtu č. 32. Stoka A-2 se napojuje do páteřní stoky A v šachtě č. 24.



Obrázek 10. Trasa vedení stoky A-2

Z technického hlediska je stoka A-2 ve velmi špatném stavu. Z obrázku 11 je zřejmé, že betonové trouby trpí rozsáhlou korozí. Dále byly zjištěny zborcené stěny kanalizačních trub, sednutí trub ve spojích a vznik protispádových schodků. Tyto problémy mají za následek narušení plynulého odtoku odpadních vod a průsak odpadních vod do okolního půdního prostředí. Vlivem špatného odtoku se potrubí zanáší sedimentem, a dochází

tak ke zmenšování průtočného profilu a k negativnímu ovlivnění hydrauliky potrubí. Při provádění pasportu se nepodařilo otevřít šachty č. 25 a č. 26., proto nelze podat přesné informace o sklonových poměrech v tomto úseku. Avšak vzhledem k přítomnosti většího množství odpadní vody v úsecích před šachtou č. 26 se domnívám, že sklon v inkriminovaném úseku bude minimální, možná až negativní. Dalším problémem je nevhodná skladba DN profilů v úseku mezi šachtami č. 29 a č. 28. V tomto místě opět přechází velikost potrubí z DN 200 na DN 100 mm, což nevyhovuje současným legislativním podmínkám. Z hlediska kapacity potrubí je problémový úsek dešťové kanalizace profilu DN 100 mm. Kapacita průtočného profilu je nedostačující, pro uvedený úsek doporučuji minimálně profil DN 150 mm. Stejný problém se vyskytuje v úseku mezi šachtami č. 25, 26, 27. Zde dochází k překročení kapacity u betonových trub DN 300. Proto navrhuji výměnu za profil minimálně DN 400. Další problémovou částí je úsek mezi šachtami č. 44 a č. 28. Kanalizační potrubí je zde uloženo ve sklonu 0,18%, což je naprosto nedostačující, v úseku tak nedochází k nárůstu potřebné unášecí síly, nezbytné k odvodu sedimentů a tuhých látek, a zabránění usazování v kanalizačním systému.

Tabulka 8. Přehled problémových úseků na stoce A-2

Nezjištěný sklon		Skladba trub	Kapacita			Sklon
Úsek		Úsek	Úsek			Úsek
Š25 - 26	Š25 - Š24	Š29 - Š28	Š25 - Š26	Š26 - Š27	Š31 - D4	Š44 - Š28



Obrázek 11. Foto náhled stoky A-2.

Snímky na obrázku 11 byly pořízeny z šachty č. 28. První z nich je focen proti směru toku odpadní vody, směrem k šachtě č. 44, druhý pak ve směru toku odpadní vody, k šachtě č. 27. Na druhém snímku stojí za povšimnutí špatný spoj trub a vytvoření proti spádovému propadu, díky němuž nedochází k plynulému odtoku odpadní vody.

4.2.5 Stoka A-3

Stoka A-3 měří v celé své délce asi 80 metrů a je tvořena výhradně betonovými troubami v rozsahu profilů DN 200 a DN 400. Stoka sbírá splaškové odpadní vody z budov s katastrálním číslem 1919, 1918 a 1922/1. Dále odvádí dešťové vody z těchto budov a dešťové vody spadlé na povrch areálu mezi výše uvedenými budovami. Stoka je tvořena šachtami č. 20 a č. 21, přičemž do druhé z nich jsou zaústěny jak kanalizační přípojky z budov, tak dešťová kanalizace o profilu DN 200. Stoka A-3 ústí do stoky A v šachtě č. 18. Nutno zmínit že v řešeném úseku se nachází již nepoužívaná šachta č. 23. Tato je z velké části zaplněna vodou a v minulosti byla součástí dnes již nepoužívaného kanalizačního systému.



Obrázek 12. Trasa vedení stoky A-3

Při prováděném pasportu se bohužel nepodařilo otevřít poklop šachty č. 20, proto nejsou známy sklonové poměry v některých úsecích. Předpokládá se však, že sklon stávajícího potrubí by měl být dostačující. Z hlediska kapacity potrubí jsou všechny úseky v pořádku a nemělo by docházet k překročení kapacity kanalizačních trub.

4.2.6 Stoka B

Stoka B je tvořena betonovými troubami o profilu DN 300. Je dlouhá zhruba 100 metrů a ústí přímo do stoky AD-3-6, která vede pod železničním tělesem. Na stoce jsou umístěny šachty č. 1–č. 4. Stoka sbírá dešťové odpadní vody, které dopadnou na povrch areálu, dále dešťové vody svedené ze střech budov 1916/2 a 1922/1. Součástí stoky je i 20 metrů dlouhý úsek dešťové kanalizace o profilu DN 300, která ústí do šachty č. 4. Tato část systému je v podstatě samostatnou stokou, do které se dále nezaústíuje žádný další kanalizační úsek nebo stoka. Z kapacitního hlediska vyhovují veškeré její úseky a nemělo by docházet k častému, nebo dlouhodobému zahlcení profilů.



Obrázek 13. Trasa vedení stoky B

4.3 PRÁCE V SOFTWARE SWMM

Pro hydraulické posouzení kanalizační sítě byl použit software *STORM WATER MANAGEMENT MODEL* (dále jen SWMM). SWMM je simulační srážkoodtokový model, používaný pro samostatné (jednorázové), nebo dlouhotrvající (kontinuální) simulace dešťových odtoků z urbanizovaných území. SWMM funguje na principu sbírání průtoků

z dílčích povodí, na které dopadají srážkové vody a které vytvářejí povrchový odtok a znečištění. V tomto programu je možné jak směrové, tak i výškové namodelování kanalizační sítě, včetně kanalizačních objektů, jako jsou šachty, čerpadla, výpustě, atd. SWMM je schopen sledovat a vyhodnocovat kvalitu odtékaných vod na vytvořených dílčích povodích, dále průtok a hloubku odpadní vody v jednotlivých potrubích v závislosti na časových krocích.

Program SWMM byl vyvinut v roce 1971 a od té doby si prošel několika významnými vylepšeními. Od doby svého vynalezení je široce používán k plánování, analýze a k návrhu městských kanalizací, odvodňovacích kanalizací, sanitárních kanalizací a dalších odvodňovacích systému. Program je vhodný k návrhu městských kanalizací, ale operuje i s mnoha aplikacemi, které umožňují práci v mimoměstských oblastech.

Pro práci s programem je nutné mít výškopisné zaměření terénu. Tento dokument byl poskytnut společností PILANA. Dále je nezbytné výškopisné zaměření poklopů a dna šachet. To bylo provedeno během pochůzky a zjišťování technického stavu kanalizace. Poskytnutá a naměřená data pak byla zadána do programu SWMM. Dále byly zadány velikosti kanalizačních profilů, drsností a hodnoty sklonů jednotlivých úseků, pokud byly zjištěny. Po zadání těchto parametrů byly vytvořeny na ploše průmyslového areálu jednotlivá povodí, ze kterých byly odváděny dešťové vody spadlé na povrch areálu. Dešťová data byla zjištěna z tabulek Ing. J. Trupla pro nejbližší dešťoměrnou stanici, což byl v tomto případě Přerov. Z takto získaných dat se vytvořil Šifaldův šedesáti-minutový déšť. Po spuštění simulace se zaznamenával průběh odtoku vody potrubím v patnácti-minutových intervalech a provádělo se vyhodnocování jednotlivých úseků, zda vyhovují z hlediska kapacity. Úseky, které z tohoto hlediska nevyhověly, jsou vykresleny červenou barvou. Žlutou barvou jsou pak označeny úseky, které sice ještě kapacitně vyhovují, avšak dochází zde k předpokladu brzkého zaplnění celého průtočného profilu a tím k překročení kapacity. Souhrn potřebných vstupů a výstupů je uveden níže pod odstavcem.

Vstupy

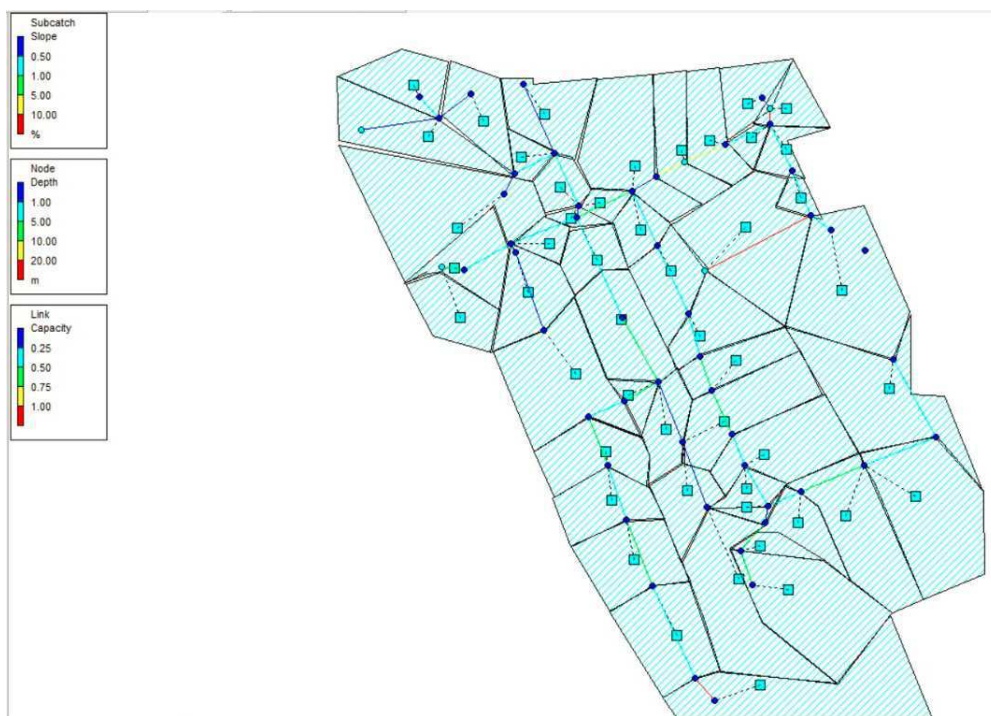
- Výškopisné zaměření terénu
- Výškopisné zaměření poklopů dna šachet
- Intenzita deště
- Délka kanalizačního potrubí

- Profil kanalizačního potrubí
- Materiál kanalizačního potrubí
- Drsnost materiálu kanalizačního potrubí
- Hloubka dna šachet
- Plocha dílčích povodí
- Sklon dílčích povodí
- Povrch dílčích povodí

Výstupy

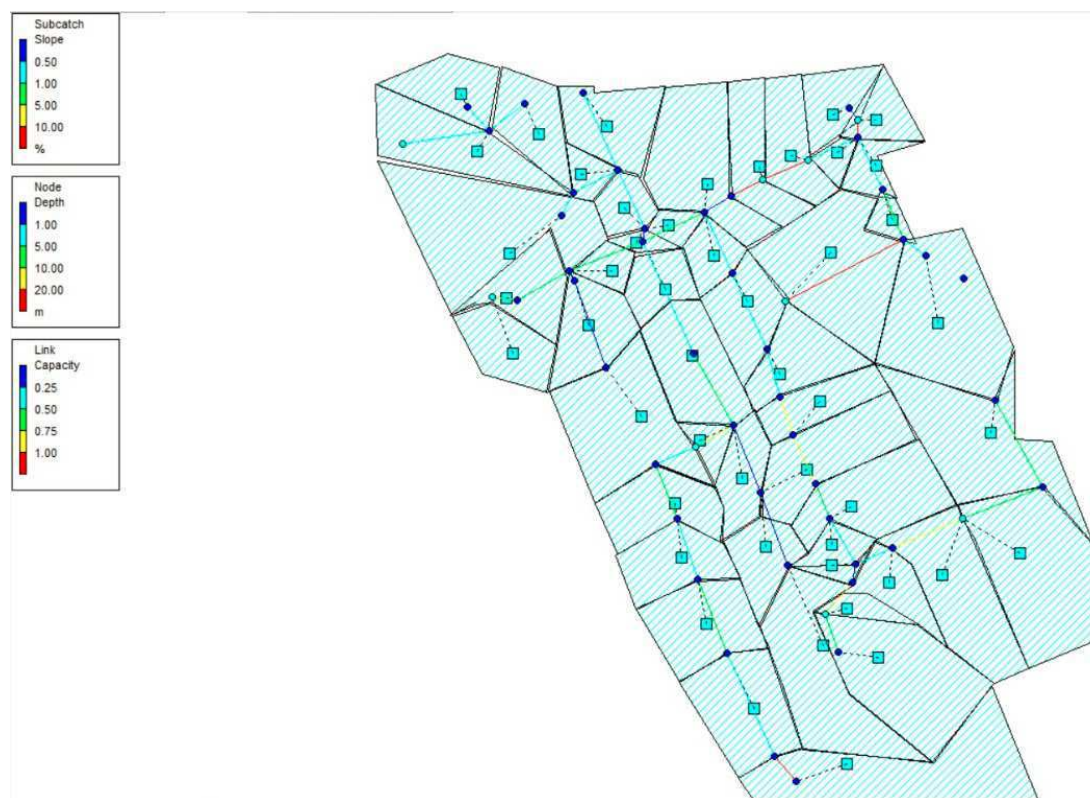
- Podélné profily všech úseků
- Podélné profily všech úseků s časovým průběhem plnění během dešťové události
- Hydrotechnická situace řešeného areálu
- Přehled sklonitostních poměrů celého systému
- Znázornění doby odtoku odpadní vody kanalizačním systémem
- Znázornění plnění šachet odpadní vodou při dešťových událostech

Z obrázku 14 je zřejmé, že už po patnácti minutách trvání dešťové události nevyhovuje úsek dešťové kanalizace mezi šachtou Š31 a dešťovou vpustí D4. Ke stejnému problému dochází na začátku stoky A-1, kdy nevyhovuje z hlediska kapacity úsek mezi šachtami Š14 a Š13.

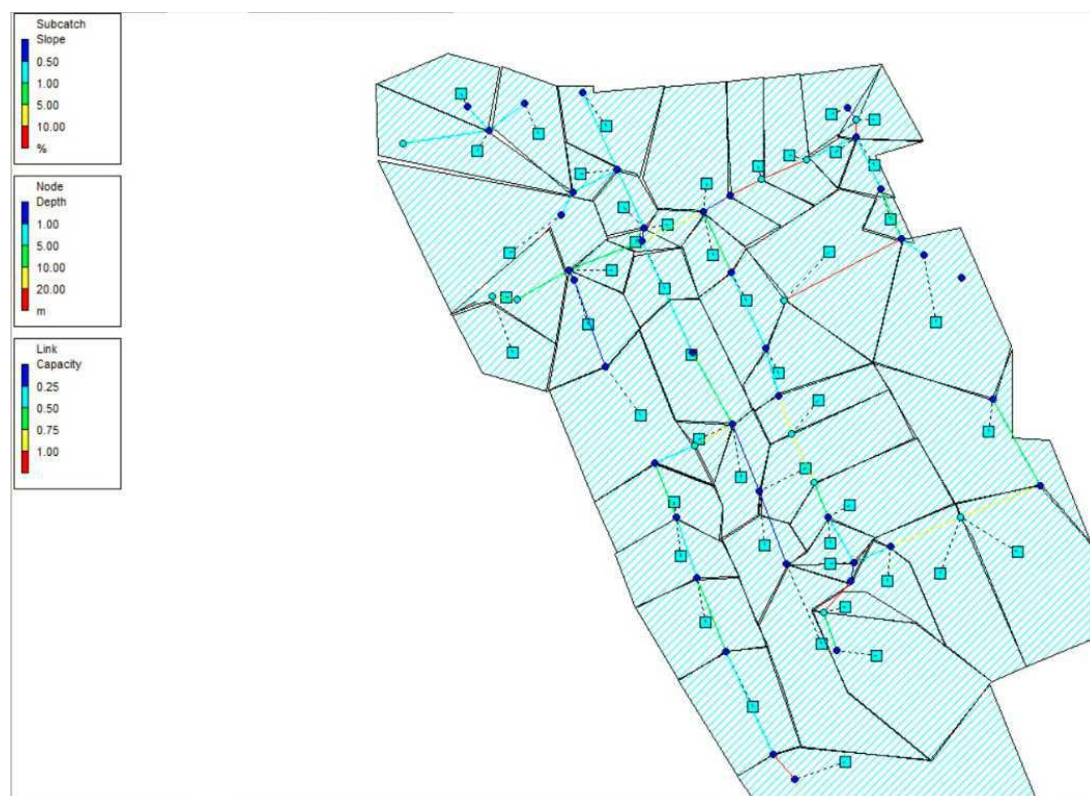


Obrázek 14. Průběh odtoku srážky z areálu po 15 minutách

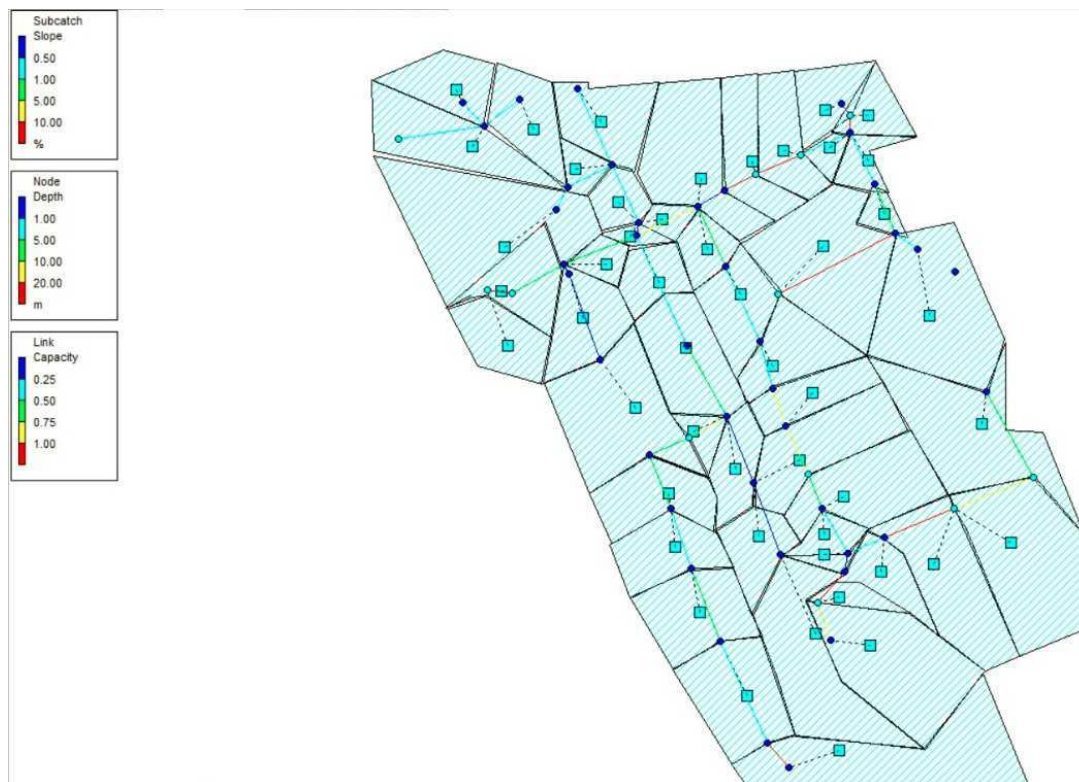
Po dalších patnácti minutách dojde k překročení kapacity potrubí v úsecích mezi šachtami Š25, Š26 A Š27 na stoce A-2 (obr. 15). V případě, že bude náš déšť trvat dalších patnáct minut, nedojde k žádnému dalšímu překročení kapacity potrubí (obr. 16.). V poslední patnácti-minutové fázi deště nevyhoví pouze úsek mezi šachtami Š41 a Š42 na stoce A (obr. 17)



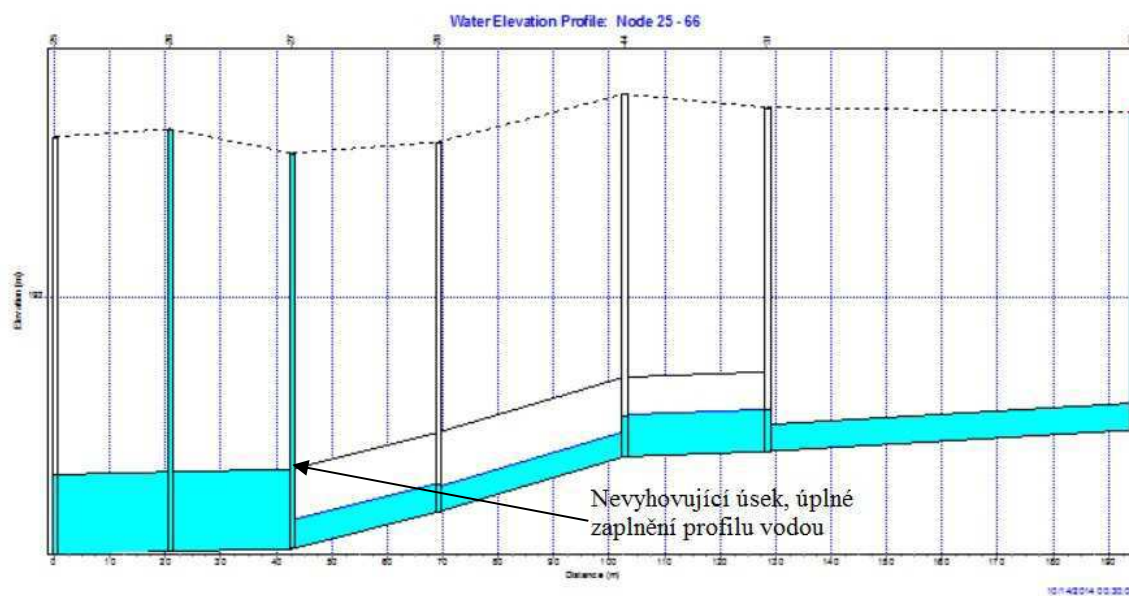
Obrázek 15. Průběh odtoku srážky z areálu po 30 minutách



Obrázek 16. Průběh odtoku srážky z areálu po 45 minutách



Obrázek 17. Průběh odtoku srážky z areálu po 60 minutách



Obrázek 18. Podélný profil kanalizačního úseku s plněním trub během dešťové události

4.4 SHRNU TÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ

V tabulce 5 vidíme zastoupení profilů v kanalizačním systému a jejich celkové délky. Z celé kanalizační sítě nevyhoví z hlediska kapacity pouze pět úseků, z hlediska sklonitostních poměrů jsou to pak úseky čtyři. Trouby s nedostačující kapacitou bude nutné odstranit a vyměnit za nové, minimálně o jeden řád vyšší profily. Vzhledem k uspořádání areálu a k jeho umístění zde připadá v úvahu varianta bezvýkopových technologií, které umožňují výměnu kanalizačních trub bez rozrušení terénu v celé délce vedení kanalizace.

V tabulce 9 je uveden souhrn délek trub, které bude nutné vyměnit. Dále je v tabulce uvedena orientační cena bezvýkopových prací na běžný metr, a předběžný výpočet celkové ceny za provedené bezvýkopové práce. Ceny jsou uváděny bez DPH.

Tabulka 9. Souhrn délek určených k výměně a orientační cena bezvýkopových prací

	Stoka A (m)	Stoka A-1 (m)	Stoka A-2 (m)	Celkem (m)	Cena bezv. prací (Kč/m)	Cena celkem Kč
Nedostačující kapacita	35	7	110	152	2500	380 000
Nedostačující sklon	x	7	34	41	2500	102 500

Z hlediska kapacity potrubí velká většina kanalizačních úseků vyhovuje a nemělo by tak docházet k výraznějším problémům s odtokem odpadní vody z celého areálu. Nevyhovující úseky jsou popsány a označeny výše. Stejně tak úseků, ve kterých není dostatečný, nebo dokonce negativní spád není v tomto případě mnoho. Místa s těmito problémy jsou opět popsána a označena výše v kapitole. Velkým problémem je ovšem fakt vysokého stáří kanalizace a špatného technického stavu. Ten má za následek velký výskyt trhlin a prasklin v betonovém potrubí, kterými dovnitř drénují čisté balastní vody. Množství těchto vod není nemalé a má za následek vysoké naředění vod odpadních, které vykazují až nezvykle nízké koncentrace znečištění BSK₅ a dalších látek. Z toho důvodu není možné použití klasických principů biologického čištění a nezbyvá než přistoupit k jiným metodám čištění, které jsou z hlediska financí dražší a náročnější. Je proto na správci kanalizační sítě v průmyslovém areálu, zda bude investovat do výměny nebo rekonstrukce stokové sítě (která je už z velké většiny za hranicí životnosti), nebo stávající síť zachová ve stavu v jakém je a rozhodne se investovat do některého ze způsobů čištění odpadních vod.

5 POSOUZENÍ ČOV

Součástí studie je i návrh objektu čištění odpadních vod z průmyslového areálu. Zde je nutno zmínit, že odpadní vody vedené kanalizací jsou z velké většiny naředěné vodami balastními, tudíž i hodnota koncentrace vstupního biologického znečištění je velice nízká. Z toho důvodu je proces samotného čištění komplikovaný a nelze v tomto případě použít klasické biologické čistící procesy. Vstupní hodnoty znečištění byly naměřeny majitelem a zároveň provozovatelem veřejné kanalizace VaK Kroměříž.

Tabulka 10. Výchozí a návrhové parametry koncentrace znečištění na objekt ČOV [7]

JEDNOTKA	NL mg/l	RL mg/l	BSK ₅ mg/l	N-NH ₄ g/den	PRŮTOK m ³ /den	BSK ₅ Kg/den	N-NH ₄ Kg/den
DLE PODKLADŮ	97	728	52		58	4	-
CELKEM					58	4	-

Průměrný denní průtok	$Q_{24} =$	58	m ³ /d	=	0,67	l/s
Denní nerovnoměrnost	$k_d =$	1,5				
Denní průtok maximální	$Q_d =$	84	m ³ /d	=	1,01	l/s
Hodinová nerovnoměrnost	$k_h =$	2				
Hodinový průtok maximální	$Q_h =$	174	m ³ /d	=	2,01	l/s
Průměrná BSK ₅ koncentrace		69	mg/l	(dle dodaného rozboru i se započtením 11% nejistoty)		

5.1 VARIANTA 1 - BIOLOGICKÝ RYBNÍK

První možnou variantou čištění odpadních vod je čištění pomocí tzv. biologických rybníků. Tento systém využívá čistící procesy, jako jsou například sedimentace usaditelných látek, biologická a chemická flokulace, oxidace, příjem organických sloučenin heterotrofními mikroorganismy, biologická transformace organického dusíku na amoniak, dusitany a dusičnany nebo asimilace dusíkatých sloučenin autotrofními a heterotrofními mikroorganismy. Na vázání minerálních iontů z vody se výrazným způsobem podílejí vodní a pobřežní rostliny. Rychlost jednotlivých reakcí ovlivňují energetičtí a hydrologičtí činitelé, složení odpadních vod, mikrobiální znečištění, složení biomasy, koncentrace odpadních vod apod. [2]

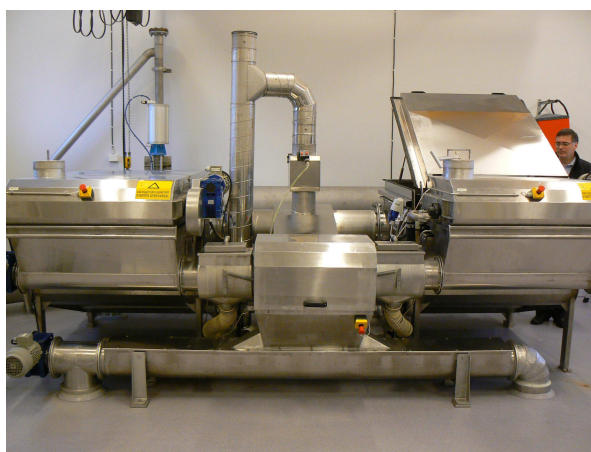
Mezi největší výhody těchto rybníků patří jednoduché stavební provedení společně se srovnatelnými investičními náklady v porovnání s klasickou mechanicko-biologickou čistírnou odpadních vod, nižší provozní náklady a úspora energií, možnost čištění odpadních

vod s větší množstvím vod balastních, možnost čištění při nárazovém přetížení, vysoký účinek čištění při odstraňování bakteriálního znečištění, poutání nutrientů pomocí vodní a nábrežní vegetací a možnost příznového začlenění do životního prostředí. [2]

Naopak k nevýhodám těchto systémů patří poměrně velká potřeba plochy nádrže na 1 ekvivalentního obyvatele, závislost čistícího účinku na klimatických poměrech, nižší čistící účinek v zimním období, dlouhá doba potřebná k odstranění amoniakálního znečištění a potřeba umělé aerace v zimě a při přemnožení a následném odumírání řas a sinic v teplém letním období. [2]

5.1.1 Mechanické předčištění

Nezbytnou součástí systému biologického čištění je objekt mechanického předčištění. V tomto případě se bude jednat o takzvaný SFT filtr, dodaný společností ASIO, spol. s.r.o. Jedná se o kompaktní zařízení, určené k odstraňování nerozpuštěných látek z odpadních vod. Zařízení je schopné snížit koncentrace BSK₅ a CHSK, dusíku a fosforu. Dále je tento objekt schopen plně nahradit funkci usazovací nádrže, nebo objekt mechanického předčištění u průmyslových čistíren odpadních vod. Principem SFT filtru je odstraňování nerozpuštěných látek přes nekonečný filtrační pás, který je schopen odstranit 40–80% těchto látek. Ty pak z pásu odpadávají nebo jsou odstraněny horkým tlakovým vzduchem. Nerozpuštěné látky jsou pak odvodněny a zahuštěny pomocí vřetenového lisu, který zahustí kal na 25–40% sušiny. Uvnitř zařízení je nainstalován senzor na snímání hladiny, podle které se ovládá rychlost pohybu filtračního pásu. Tím je dosaženo maximální účinnosti odstraňování při nerovnoměrném přítoku odpadních vod. V momentě, kdy je hladina odpadní vody na nízké úrovni, se pás zastaví, částice se nahnou na povrch pásu a hladina odpadní vody se tak zvedne. V opačném případě, při zvedání hladiny odpadní vody, se rychlost průběžného pásu automaticky zvyšuje.[4]



Obrázek 19. SFT filtr [4]

V našem případě bude použit SFT filtr řady SF 1000. Technické parametry tohoto zařízení jsou k dispozici v tabulce 11. Vzhledem k nízkému a nerovnoměrnému přítoku odpadních vod na objekt čištění, budeme předpokládat dobu provozu filtru zhruba 6 hodin denně.

Tabulka 11. Technické parametry SFT filtru SF 1000 [4]

Data	SF1000	Jednotky
Kapacita (Komunální odpadní voda, 350 mikronů)	15	l/s
Účinnost odstranění NL	40 - 70	%
Sušina odvodněného kalu	25 - 35	%
Délka	1280	mm
Šířka (Hlavní kryt/celkem)	750/1300	mm
Výška (Základna/celkem/s odvzdušněním)	650/1300/1330	mm
Váha včetně dmyhadla	415	kg
Váha včetně vody	540	kg
Průměr přívodní trubky při čerpání/gravitačním spádu	O 100	mm
Průměr odtokové trubky	O 150	mm
Průměr přepadového potrubí	Běžný odtok/přepad	
Rychlost filtračního pásu	1,5-12	m/min
Plocha filtračního pásu (max. pod vodou/separační oblast)	0,25	m ²
Efektivní šířka filtračního pásu	400	mm
Porozita filtračního pásu (otvory v sítu)	0,1 - 1,0	mm
Průměr tlakového válce	O 75	mm
Spotřeba energie	5,8	kW
Běžná spotřeba energie při 0,3 barech	2,1	kW
Kapacita dmyhadla při 0,6 barech	120	m ³ /h

5.1.2 Návrhové parametry biologického rybníka

Návrh biologického rybníka byl proveden dle doporučených hodnot normou ČSN 75 6401.

$Sdp_{BSK_5} =$	4	kg/den	Naměřené zatížení znečištění pro BSK_5
$Sdp_N =$	35	kg/ha/den	Maximální hodnota zatížení znečištění pro BSK_5 dle ČSN 75 6401
$Sdp_{BSK_5} < Sdp_N$			Vyhovuje dle ČSN 75 6401
$\Theta_N =$	5	dní	Minimální doba zdržení dle ČSN 75 6401
$S_N =$	1430	m ²	Návrhová plocha rybníku
$h_N =$	1	m	Návrhová hloubka rybníku
$V_N =$	1430	m ³	Návrhový objem
$\eta_{SK} =$	70	%	Účinnost čištění
$\Theta_{SK} =$	12	dní	Skutečná doba zdržení
$\Theta_{SK} > \Theta_N$			Vyhovuje dle ČSN 75 6401

Po vyhloubení biologického rybníka bude nezbytné provést navážku vhodných zemín na dno rybníka. To se bude skládat z jílového podloží, těsnicí fólie, stěrko-pískové vrstvy a z vrstvy organické hlíny. Břehy rybníka budou osety vhodnou vegetací a křovinami.

Pro biologické čištění odpadní vody v rybníce bude použita kombinace mikroorganismů, tzv. „dafnií“ s dávkováním tekuté suspenze BACTA-PUR.

Dafnie

Dafnie, známé také pod názvem „vodní blechy“, jsou řádu Cladocera a jsou schopné velmi rychle a permanentně vyčistit vodu v rybníce. Tento druh se živí řasami a sinicemi a tím se vlastně stává efektivní a silnou biologickou zbraní v boji proti těmto mikroorganismům. Dále jsou schopny přirozeně vstřebávat jedy a toxické látky sinic a řas, a to jak z vodního prostředí, tak i ze dna rybníku. Nezanechávají za sebou žádný odpad a jsou vynikajícím prostředkem pro udržování celoroční čistoty vod. Jejich účinnost výrazně klesá v zimních měsících v momentě, kdy teplota vody klesne pod hodnotu 5 °C. Každý z těchto živočichů je schopen za jeden den vyčistit až dva litry vody a tím ji zbavit nežádoucích bakterií, řas a sinic. Tento způsob čištění není možné použít v rybnících, kde jsou nasazeny

ryby, jelikož těm pak dafnie slouží jako potrava a docházelo by k jejich úbytku. Dafnie jsou na vodní ploše takřka neviditelné a svými skákavými pohyby připomínají právě pohyb klasických blech. [3]



Obrázek 20. Dafnie magna [11]

Tekuté suspenze Bacta-Pur

Tyto suspenze jsou dávkovány do biologických rybníků z důvodů zajištění přítomnosti vhodných mikroorganismů a správného poměrového růstu potřebných bakterií. To přispívá k zajištění biologického rozkladu uhlovodíků, snížení množství kalů, nitrifikaci, denitrifikaci, odstranění BSK₅ a k zabránění přemnožení řas na hladině rybníka. Nejčastěji se kombinují dva typy, a to Bacta-Pur XLG společně s Bacta-Pur N3000. Tyto dva výrobky zajišťují zvýšení množství potřebných mikroorganismů až desetkrát. Dále jsou schopny účinného zvýšení koncentrací těchto mikroorganismů řádově až o milion, oproti odpadním vodám neošetřeným.[3]

Dále je nutno zmínit, že uvedený způsob čištění vyžaduje osazení a provoz dávkovacího zařízení, nejlépe Bacta-Pur BACTIVATOR. Provoz tohoto zařízení je plně automatický a umožňuje nastavení pravidelného dávkování a množství chemikálie. [3]



Obrázek 21. Dávkovací zařízení BACTIVATOR [3]

Mezi hlavní výhody toho způsobu čištění patří bezpochyby odstranění rozpuštěného dusíku a fosforu, možnost okysličení rybníku, zvýšení biologické rozmanitosti, biologické odstranění organických sloučenin, zlepšení rovnováhy ekosystému, odstranění amoniaku, dusitanů, dusičnanů a fosforu a zlepšení estetického vzhledu vody. Naopak mezi největší nevýhody patří právě nutné a pravidelné dávkování roztoku, a fakt, že čištění je neúčinnější se současným provzdušněním.

5.1.3 Finanční posouzení

Investiční náklady na výše uvedené chemikálie vychází zhruba na 8000–9000 Kč. K dostání jsou většinou v šesti baleních po čtyřech litrech. Litř výrobku Bacta-Pur XLG vystačí na jeden týden na objem 1000 m³ vody v rybníce. Dávku je možné samozřejmě upravit dle aktuální potřeby čištění [3]. V případě našeho rybníku by týdenní dávka výrobku činila 1,43 litrů. Ročně by pak náklady na tuto chemikálii činily zhruba 28 000 Kč. V případě dávkování Bacta-Pur N3000 činí týdenní dávka 1 l na 100 m³ vody v rybníce, v našem případě tedy 14,3 l týdně. Roční náklady by pak činily 280 000 Kč. K těmto nákladům je třeba dále přičíst pořizovací náklady na dávkovací zařízení, které se pohybují v řádech tisíců korun. [3] Celkové roční náklady na použití výrobků Bacta-Pur činí 315 000 Kč.

Pořizovací cena dafnií činí zhruba 1500 Kč. Tyto se prodávají v polyethylenových sáčkích ve vodném roztoku. Velkou výhodou je jejich rychlé rozmnožení a tedy možnost nákupu nízkého počtu těchto mikroorganismů.

Výrazně dražší položkou bude vybudování biologického rybníku. To představuje především velký rozsah zemních a navážkových prací, které nebývají nejlevnější. Orientační přehled cen je uveden v tabulkách níže.

Tabulka 12. Orientační přehled cen výkopových prací

Výkopové práce					
Odtěžení zeminy					
	Mocnost vrstvy	Objem	Třída těžit.	Cena	Cena
	m	m ³	x	Kč/m ³	Kč
Sejmutí ornice	0,3	429	1	27	11580
Ostatní zeminy	1,85	1720	2	220	378300
Suma					389880

Tabulka 13. Orientační přehled cen navážkových prací

Navážkové práce					
Složení dna rybníku:					
	Mocnost vrstvy	Objem	Třída těžit.	Cena	Cena
	m	m ³		Kč/m ³	Kč
Organická hlína	0,4	229	1	90	20590
Štěrkopísky	0,2	114	3	150	17160
Těsnící fólie	0,05	29	x	x	14300
Jíly	0,2	114	4	185	21160
Suma					64636

Celková suma za vybudování biologického rybníku bude po sečtení uvedených cen v tabulkách 12 a 13 činit zhruba 463 106 Kč.

Nejdražší položkou celého systému je SFT filtr. Cena tohoto zařízení se pohybuje kolem částky 1 200 000 Kč. Provozní náklady tohoto zařízení činí 4 400 Kč měsíčně, roční vyčíslení provozních nákladů se pohybuje kolem částky 53 000 Kč za rok.

Sečteme-li náklady na vybudování celého systému čištění odpadních vod, dostaneme částku 1 664 606 Kč. Provozní náklady tohoto systému vyčíslené na jeden rok budou činit zhruba 368 000 Kč.

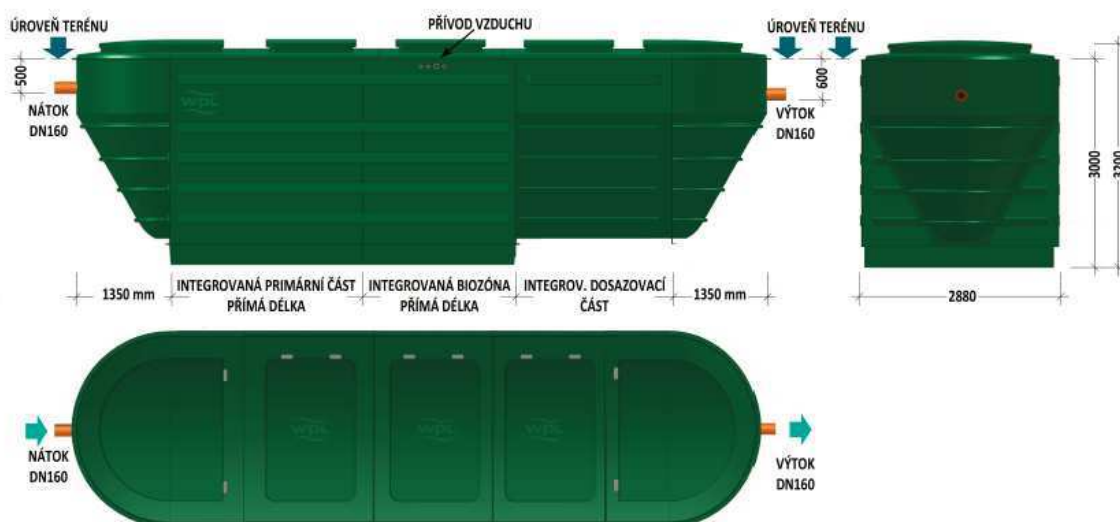
Tabulka 14. Součet investičních nákladů na stavbu objektu čištění odpadních vod

Investiční náklady		Provozní náklady	
Biologický rybník	463 106 Kč	Bacta-pur	315 000 Kč
SFT filtr	1 200 000 Kč	SFT filtr	53 000 Kč
Dafnie	1 500 Kč	X	X
Celkem	1 664 606,00 Kč	Celkem	368 000,00 Kč

5.2 VARIANTA 2 - ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD HIPAF

Další možnou variantou čištění, je instalace systému čistírny odpadních vod typu HIPAF. Tento systém sestává z jednoho kompaktního celku, ve kterém se nachází objekt usazovací nádrže, aktivační nádrže i nádrže dosazovací. Tento objekt je z velké většiny umístěn pod úrovní terénu. Nad terénem vyčnívají pouze kontrolní víka objektu a to ve výšce zhruba 200 mm. Součástí tohoto systému je takzvaný „provozní kiosek“, ve kterém jsou umístěny kontrolní a ovládací panely systému, dmychadlo a ostatní trubní rozvody. Dalším samostatným objektem je kalový zásobník, ve kterém dochází ke stabilizaci a odvodnění kalu.

Systém HIPAF dodržuje a splňuje veškeré legislativní požadavky a normy platné pro Českou republiku. Stejně tak je systém v souladu s požadavky kladenými na technologie čištění odpadních vod. Výhodou systému je jeho variabilita a modularita, kdy vhodnou kombinací prvků a objemů lze docílit požadovaných kapacit všech technologických celků. [5]



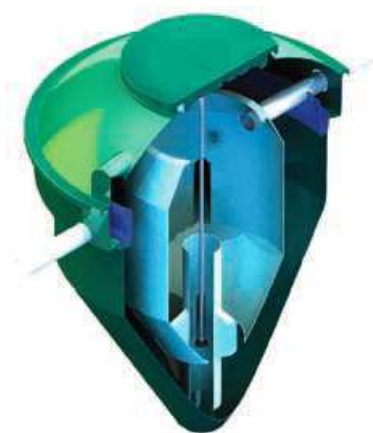
Obrázek 22. Čistírna odpadních vod HIPAF [5]

Přítok odpadní vody bude přes objekty hrubého a jemného předčištění do zóny primárního usazování. Pevné částice vlivem snížené rychlosti a působení gravitační síly sedimentují ke dnu, odkud budou pomocí kalových čerpadel odváděny do kalového hospodářství. V objektu primární sedimentace se odstraní až 30% biologického znečištění. Dále bude primární sedimentace sloužit k vyrovnaní nerovnoměrných denních, bezdeštných a maximálních přítoků. [5]

Z primární zóny pak bude voda odtékat do zóny biologické. Ta se sestává z vícekomorového kaskádovitého bioreaktoru s přisedlou biomasou na vznášejících se nosičích, která je aktivována jemnobublinným provzdušňováním. Tato část je dělena do několika komor, které jsou naplněny plastovými nosiči s velmi jemnými dutinkami. Na těchto nosičích bude docházet k ulpívání biocenózy a následnému růstu kompaktního bakteriálního biofilmu. Díky tomuto biofilmu bude z odpadní vody odstraněno velké množství organického znečištění, dále budou odstraněny sloučeniny dusíku a fosforu. [5] Tento způsob čištění je vhodný i pro odpadní vody, které jsou naředěny vodami balastními, popřípadě dešťovými, nebo vodami které trpí nedostatkem nutrientů. [5]

Aktivovaná směs pak odtéká z biologické části čistírny, do posledního objektu čištění kterým je dosazovací nádrž. Zde aktivované kalové vločky sedimentují na dno nádrže, odkud jsou pomocí kalových čepadel odváděny do kalového zásobníku, případně do primární usazovací části. Odtok vyčištěné odpadní vody z dosazovací nádrže je zajištěn pomocí přepadové hrany, přes kterou voda přepadá a odtéká do přírodního recipientu. [5]

Součástí čistírny je i zařízení na odvodnění, stabilizaci kalu, recirkulaci kalu a kalové vody, takzvaný „kalový zásobník RADS 2.4“. Je to samostatný objekt, do kterého je odváděn kal z primární usazovací, popřípadě finální dosazovací nádrže. Zde dochází k odvodnění a stabilizaci kalu a k následnému vyvezení kalu k likvidaci. Objekt je vysoký 2740 mm a hodnota vnějšího průměru činí 2400 mm. Nádrž je v horní části osazena přístupovým víkem. Do nádrže je veden vzduch ze samostatně instalovaného dmychadla, které je umístěno v provozním kiosku. [5]



Obrázek 23. Kalová nádrž RADS 2.4 [5]

5.2.1 Návrhové parametry čistírny odpadních vod HIPAF

Primární usazovací nádrž

Délka	L	3	m
Celková délka	L_C	4,35	m
Specifický povrch	S_{SPEC}	11	m ²
Suchá váha	m	0,9	t
Celkový objem	V_C	13,3	m ³

Biologická část

Délka	L	3	m
Specifický povrch	S_{SPEC}	8,25	m ²
Suchá váha	m	2,2	t
Objem nosičů	V_N	15,8	m ³
Celkový objem	V_C	19,6	m ³

Finální dosazovací nádrž

Délka	L	3	m
Celková délka	L_C	4,35	m
Specifický povrch	S_{SPEC}	11	m ²
Suchá váha	m	0,9	t
Celkový objem	V_C	13,3	m ³

Souhrn

Celková délka systému	L_{CS}	11,7	m
Celková šířka systému	$\check{S}_C$	2,88	m
Celková výška systému	V_C	3,2	m
Celková suchá váha	m_C	5	t
Provozní váha	m_P	30	t

5.2.2 Návrh strojního zařízení

Dmychadlo pro bioreaktor

Množství vzduchu pro bioreaktor	Q_{VZD}	1,5	m ³ /min
Nutný přetlak	Δp	40	kPa

Navrhuji dmychadlo Kubíček 3D19S-050

Otáčky elektromotoru	n_1	2890	1/min
Otáčky dmychadla	n_2	4263	1/min

Objemový průtok na sání	Q	1,57	m ³ /min
Výkon elektromotoru	P ₁	2,2	kW
Příkon dmyhadla	P ₂	1,48	kW

Dmyhadlo pro kalový zásobník

Množství vzduchu pro bioreaktor	Q _{VZD}	0,46	m ³ /min
Nutný přetlak	Δp	40	kPa

Navrhuji dmyhadlo Kubíček 3D19S-050

Otáčky elektromotoru	n ₁	1400	1/min
Otáčky dmyhadla	n ₂	1792	1/min
Objemový průtok na sání	Q	0,49	m ³ /min
Výkon elektromotoru	P ₁	1,1	kW
Příkon dmyhadla	P ₂	0,6	kW

5.2.3 Finanční posouzení

V případě použití čistírny odpadních vod systému HIPAF se dostáváme k nejnižším ročním provozním nákladům, které dosahují necelých 50 000 Kč. To je zapříčiněno minimálním množstvím použitého strojního zařízení, které představují pouze dvě dmyhadla a kalové čerpadlo. Odpadá zde použití čerpadel v čistícím procesu. Odpadní voda natéká a odtéká do a z jednotlivých objektů pomocí gravitačního působení. Naopak pořizovací náklady tohoto systému jsou nemalé. Cena za pořízení se pohybuje kolem 2 123 000 Kč. Nejdražší položkou je samozřejmě kontejnerový systém čištění HIPAF, jehož cena činí 1 983 000 Kč. Stejně jako v předchozích případech je vše přehledně zobrazeno níže v tabulkách 15 a 16

Tabulka 15. Přehled investičních nákladů systému čištění HIPAF

Investiční náklady			Celkem Kč
1	ks	ČOV HIPAF	1983000
2	ks	Dmyhadlo pro bioreaktor	70000
2	ks	Dmyhadlo pro kalovou nádrž	70000
Suma			2123000

Tabulka 16. Přehled provozních nákladů systému čištění HIPAF

Provozní náklady			Spotřeba kW	Hodiny h	Celkem energie Kč/kWh	Celkem Kč/den	Celkem Kč/měsíc	Celkem Kč/rok
2	ks	Dmychadlo pro bioreaktor	1,48	20	4,24	126	3765	45180
2	ks	Dmychadlo pro kalovou nádrž	0,6	3	4,24	8	229	2750
Suma						133	3994	47930

5.3 VARIANTA 3 – MEMBRÁNOVÁ FILTRACE

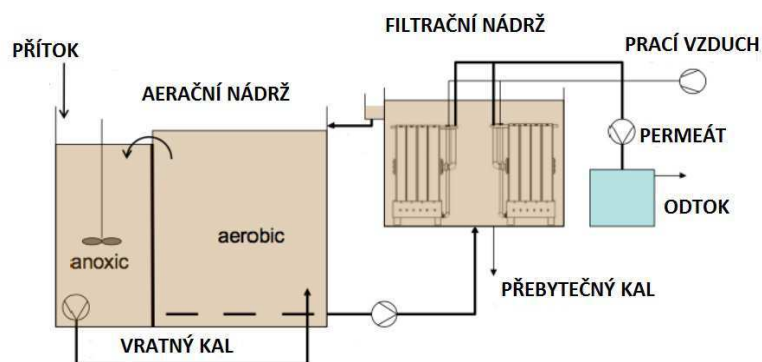
Třetí variantou, jak vyčistit odpadní vody z průmyslového areálu je použití filtrační membrány. Tento systém pracuje na principu aerobního biologického čištění s membránovou separací. Velkou výhodou membrán je, že jsou schopné pracovat s menším zatížením kalu a zároveň i s nižší produkcí kalu. Stejně tak jsou schopny spolehlivě čistit vody méně biologicky znečištěné, což je ideální pro tento případ. Pomocí membránového čištění lze dosahovat velmi vysokých kvalit vyčištěných vod na odtoku z čistírny.

Filtrační membrána se sestává z řady dutých, vzájemně propojených deskových elementů, které jsou ukotveny v nerezovém rámu. Na tyto elementy se přivádí odpadní voda, kdy se pevné látky za působení vháněného kyslíku zachycují v membráně a vyčištěná odpadní voda se odvádí dále v tzv. „permeátu“. Po určité době, kdy dojde k zanesení membrány, je nezbytné provést tzv. proplach neboli regeneraci membrány. Ta se provádí buď vodou, tlakovým vzduchem, nebo chemikáliemi a v podstatě nejde o nic jiného, než že se pracím médiem propláchne membrána v opačném směru, než v jakém na ni přitéká odpadní voda. Každá membrána má svou danou dobu filtrace a regenerace, avšak velkou roli hraje také kvalita přiváděných odpadních vod. Dále je nutno zdůraznit možné způsoby zapojení membrán. V podstatě jde jen o rozdílné umístění tohoto zařízení. V prvním případě je membrána umístěná přímo v provzdušňované aktivační nádrži, sestávající z části nitrifikační a denitrifikační. V druhém případě je filtrační membrána umístěna za aktivační nádrži, v samostatném objektu, tzv. filtrační nádrži. Odtud je pak vyčištěná odpadní voda odváděna pryč do recipientu.[6]



Obrázek 24. Membrána společnosti MICRODYN-NADIR [6]

V tomto případě budeme uvažovat použití filtrační membrány od společnosti MICRODYN-NADIR, typ *BIO-CEL – BC104* a to ve třech kusech. Membrány budou umístěny v samostatné filtrační nádrži. Schéma zapojení celého systému je přehledně zobrazeno na obrázku 25.



Obrázek 25. Schéma zapojení systému biologické membrány [6]

5.3.1 Mechanické předčištění

Předtím než se odpadní voda dostane do procesu membránové filtrace, je třeba ji předčistit a zbavit jich tuhých látek. Objektem mechanického předčištění je i v tomto případě SFT filtr. Podrobnější informace k tomuto zařízení viz. kapitola 5.1.1.

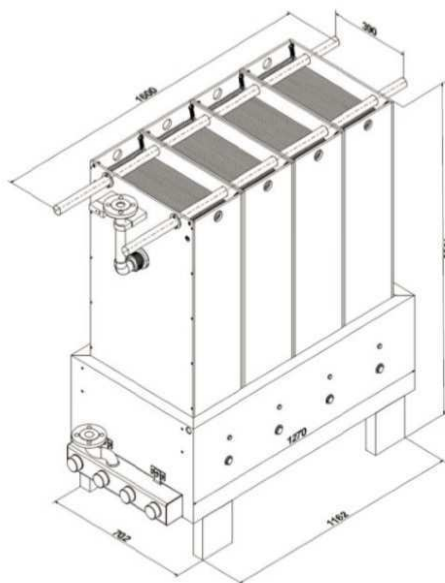
5.3.2 Návrhové parametry membrány

Předčištěná odpadní voda bude natékat do aktivační nádrže, kde se střídají procesy nitrifikace (provzdušňovaná část) a denitrifikace (neprovzdušňovaná část). Aktivovaná směs kalu a odpadní vody pak odtéká do nádrže filtrační, ve které budou umístěny tři membrány typu BIO-CEL-C-104. Zde dochází k čištění a odstraňování nežádoucích látek pomocí filtračních procesů přes duté deskové elementy. Po přefiltrování odtéká vyčištěná odpadní voda, tzv. *permeát*, do recipientu. Naopak tzv. koncentrát je pak odváděn recirkulačním potrubím zpět do aktivační nádrže, kde opět podléhá procesu nitrifikace a denitrifikace. Částice zachycené na membráně jsou po vyprání odváděny do kalového hospodářství. Praní bude zajištěno pomocí tlakového vzduchu, který bude přiváděn pomocí potrubí přímo do membrány. Dotování pracího vzduchu budou zajišťovat dmychadla. Návrh a popis tohoto zařízení bude popsán v kapitole 5.3.5.

Plocha membrány	100	m ²
Velikost pórů	0,04	μm
Max. množství vzduchu	60	m ³ /hod
Max. množství nerozpuštěných látek	12	g/l
Max. transmembránový tlak během filtrace	400	mbar
Max. transmembránový tlak během praní	150	mbar
Max. provozní/skladovací teplota	40	°C
Min. provozní/skladovací teplota	5	°C
Rozsah pH	2-11	-
Délka základového rámu membrány	1270	mm
Celková délka membrány	1600	mm
Šířka membrány	702	mm
Výška membrány	1563	mm
Suchá hmotnost	225	kg
Mokrý hmotnost	300	kg
Maximální zatížení	900	kg
Průměr přípojky vzduchu	DN 32	PN 16
Průměr přípojky permeátu	DN 32	PN 16
Celková nutná plocha membrány	312	m²
Typ membrány	BC-104	
Počet jednotlivých membrán	3	ks

Nastavení filtračního cyklu

Doba filtrace	510 s
Relaxace 1	30 s
Praní	30 s
Relaxace 2	30 s



Obrázek 26. Schéma membránové jednotky [6]

5.3.3 Návrhové parametry filtrační nádrže

Filtrační nádrž bude vybudována ze železobetonu a uvnitř budou umístěny tři membrány typu BC-104. Objem filtrační nádrže bude činit 6m^3 . Do této nádrže bude přitékat odpadní voda z aktivační nádrže. Odtok koncentráту bude zajištěn pomocí přepadové hrany, a to zpět do aktivační nádrže. Z filtrační nádrže pak bude dále zajištěn odtok přebytečného kalu do kalového hospodářství. Dále je nutno brát v úvahu přívodní potrubí pracího vzduchu pro membrány a potrubí pro odvod permeátu. Průměry těchto potrubí jsou obě v DN 32 mm. Rozměry filtrační nádrže jsou uvedeny níže pod textem.

Počet filtračních nádrží	1 ks
Počet membránových modulů	3 ks
Minimální hloubka nádrže	2 m
Minimální šířka nádrže	2 m
Minimální délka nádrže	1,5 m
Minimální objem nádrže	6 m ³

5.3.4 Návrhové parametry aktivační nádrže

Aktivační nádrž bude vybudována ze železobetonu a rozdělena na dvě části. V první, neprovzdušňované části bude probíhat proces tzv. denitrifikace, to je transformace dusičnanů a dusitanů na nižší formy dusíku, v druhé, provzdušňované části bude probíhat proces nitrifikace, kde se bude amoniakální dusík transformovat na dusitany a dusičnany. Provzdušňování bude zajištěno jemnobublinnou aerací. Aerační elementy budou uloženy na dně nádrže, kyslík do těchto elementů bude dotován pomocí dmychadel. Návrh dmychadel a aeračních elementů je popsán níže v další kapitole.

Zatížení BSK ₅	3,016	kg/d
CHSK/BSK ₅	1,92	
N/BSK ₅	0,38	
Produkce přebytečného kalu	1	m ³ /d
Hydraulická doba zdržení (průměrný průtok)	18,8	h
Hydraulická doba zdržení (maximální průtok)	6,3	h
Stáří kalu	63	dní
Objem aktivační nádrže	36	m³
Celkové zatížení dusíkem	1,16	Kg/den
Organický dusík v biomase X _{org N, B}	2,5	mg/l
Dusík pro denitrifikaci S _{NO3,D}	6,5	mg/l
Nutný objem recyklovaného kalu pro denitrifikaci	4,47	m ³ /h
Poměr S _{NO3,D} /BSK ₅	0,13	
Objem anoxické části nádrže	9	m³

5.3.5 Návrh strojního zařízení

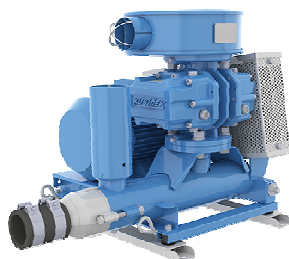
Dmychadlo pro aktivací nádrž

Dmychadlo je zařízení, které dodává potřebné množství vzduchu do aktivací nádrže, přesněji do provzdušňované nitrifikační části.

Množství vzduchu pro aktivaci	$Q_{VZD,AKT}$	0,6	m^3/min
Nutný přetlak	Δp	30	kPa

Navrhuji dmychadlo Kubíček 3D19S-050

Otáčky elektromotoru	n_1	1400	1/min
Otáčky dmyhadla	n_2	1944	1/min
Objemový průtok na sání	Q	0,6	m^3/min
Výkon elektromotoru	P_1	0,75	kW
Příkon dmyhadla	P_2	0,49	kW



Obrázek 27. Dmychadlo výrobce Kubíček [12]

Jemnobublinné provzdušňovače

Toto zařízení slouží k rovnoměrnému rozptýlení vzduchu v aktivací nádrži. Celý systém se skládá z několika ohebných hadic, které jsou pevně ukotveny ke dnu aktivací nádrže. Potřebný vzduch je z dmyhadla vháněn do provzdušňovačů, odkud uniká ve formě bublinek malými otvory do prostoru aktivací nádrže.

Množství vzduchu pro aktivaci	$Q_{VZD,AKT}$	35,3	m^3	=	0,6	m^3/min
Max. množství vzduchu pro 1 aerátor	Q_{el}	6	m^3/hod			
Počet aerátorů celkem	N	6	ks			

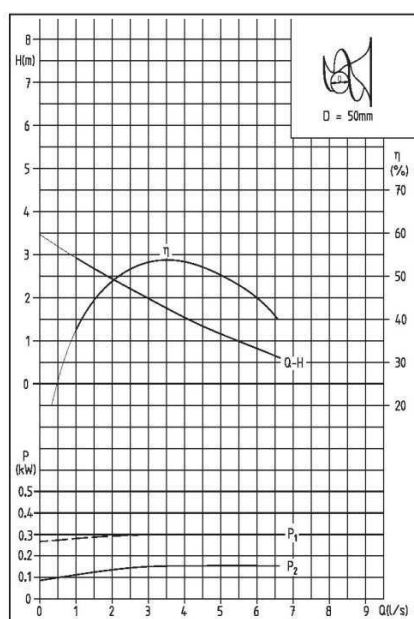
Navrhuji 6 ks jemnobublinných provzdušňovačů od výrobce CENTROPROJEKT, typu E-FLEX v celkové délce 20,5 m.

Čerpadlo vratného kalu

Čerpané množství	$Q_{\text{čerp}}$	1,25	l/s
Dopravní výška	H	2,2	m
Počet čerpadel	N	1+1	ks

Navrhuji čerpadlo HIDROSTAL B0BQ/B065

Výkon elektromotoru	P1	1,9	kW
Příkon čerpadla	P2	1,5	kW
Otáčky	n	1,5	U/min
Četnost spínání	z	12	1/h



Obrázek 28. Q-H křivka čerpadla vratného kalu [13]

Dmychadlo pro dodávku pracího vzduchu

V tomto případě bude dmychadlo dodávat vzduch do membrán, kde bude sloužit jako prací médium. Tlakový vzduch bude na filtrační elementy přiváděn v opačném směru, než v jakém je přiváděna odpadní voda, a tím bude docházet k čištění membrány.

Množství vzduchu pro membránu	$Q_{VZD,MMBR}$	3	m^3/min
Nutný přetlak	Δp	60	kPa

Navrhuji 3krát dmychadlo Kubíček 3D28A-080

Otáčky elektromotoru	n_1	2940	1/min
Otáčky dmychadla	n_2	4116	1/min
Objemový průtok na sání	Q	3,09	m^3/min
Výkon elektromotoru	P_1	7,5	kW
Příkon dmychadla	P_2	4,84	kW

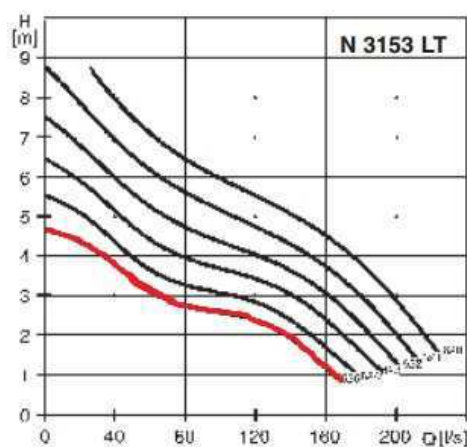
Čerpadlo permeátu

Množství permeátu definuje tzv. „FLUX“. To je množství vyčištěné vody, které projde přes membránu za určitý čas.

Množství permeátu na membránu	Q_M	18,5	l/s
Množství permeátu celkově	Q_C	55,6	l/s
Dopravní výška	H	3	m
Počet čerpadel	n	1+1	ks

Navrhuji čerpadlo FLYGT N 3153 LT

Výkon čerpadla	P	13,5	kPa
Otáčky	n_1	1460	ot/min



Obrázek 29. Q-H křivka ponorného kalového čerpadla [3]

5.3.6 Finanční posouzení

Tento systém čištění odpadních vod vykazuje oproti předešlé variantě čištění větší množství použitých strojních zařízení a větší rozsah stavebních a výkopových prací. Z toho vyplývá, že i celkové investiční náklady na vybudování tohoto systému budou vyšší, než u varianty předešlé. Nejdražšími položkami v systému jsou biologické membrány a SFT filtr, který je však také osazen jako objekt mechanického předčištění před biologickým rybníkem v prvním případě. Na druhou stranu provozní náklady uvedeného systému jsou oproti první variantě výrazně nižší, cca o zhruba 100 000 Kč. To je zapříčiněno vysokou cenou použitých chemikálií Bacta-Pur. Nejdražší položkou v tomto systému, co se provozu týče, je bezpochyby spotřeba energie čerpadla permeátu. Přehledněji je vše zobrazeno v tabulkách 17 a 18.

Tabulka 17. Přehled investičních nákladů pro systém membránové filtrace

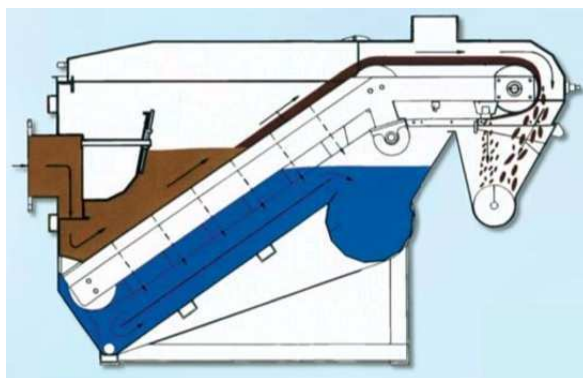
Investiční náklady			Cena celkem Kč
3	ks	Membrána	581700
1	ks	SFT Filtr	1200000
1	ks	Aktivační nádrž	204470
1	ks	Filtrační nádrž	68190
2	ks	Čerpadlo vratného kalu	51750
2	ks	Dmychadla pro aktivace	70000
7	ks	Aerační elementy	31500
1	ks	Dmychadlo pro práci vzduch	87000
2	ks	Čerpadlo permeátu	32000
Suma			2 326 610

Tabulka 18. Přehled provozních nákladů pro systém membránové filtrace

Provozní náklady			Spotřeba kW	Hodiny h	Celkem energie Kč/kWh	Celkem Kč/den	Celkem Kč/měsíc	Celkem Kč/rok
1	ks	SFT Filtr	5,8	6	4,24	148	4427	53120
2	ks	Čerpadlo vratného kalu	1,9	1	4,24	8	242	2900
2	ks	Dmychadla pro aktivace	0,49	12	4,24	25	748	8980
1	ks	Dmychadlo pro práci vzduch	4,84	3	4,24	62	1847	22160
2	ks	Čerpadlo permeátu	5	24	4,24	509	15 264	183 168
Suma						1 056	31 686	270 325

5.4 VARIANTA 4 – SFT FILTR

Jak již bylo řečeno výše, odpadní vody odváděné kanalizací vykazují minimální množství biologického znečištění. V této kapitole budeme uvažovat pouze použití SFT filtru jako hlavního zařízení k čištění odpadních vod. Kromě odstraňování hrubých a minerálních látek, bude v tomto případě zařízení sloužit i k určitému snížení biologického znečištění. SFT filtr je schopen odstranit 40–80% nerozpuštěných látek a až 25% BSK₅. Použití tohoto zařízení je však podmíněno zachováním současné kvality a složení čištěných odpadních vod. V případě že by došlo k rekonstrukci stokové sítě, došlo by ke snížení naředění a zvýšení biologického znečištění. Takové zatížení není SFT filtr schopen překonat a čistící efekt by byl nedostačující.



Obrázek 30. Schéma SFT filtru [4]

5.4.1 Vstupní a výstupní parametry pro SFT FILTR

C_{0NL}	97	mg/den
C_{0BSK5}	52	mg/den
C_{1NL}	38,8	mg/den
C_{1BSK5}	39	mg/den

Výše uvedené výstupní hodnoty (C_1) představují koncentraci biologického znečištění, které jsou vyčištěné SFT filtrem. Tyto vody jsou dále vypouštěny do místního vodního toku zvaného Žabínek. Tento je ve správě podniku Povodí Moravy a bez schválení výstupních hodnot tímto podnikem a příslušným vodoprávním úřadem, nebude možné odpadní vody do toku vypouštět.

5.4.2 Finanční posouzení

Investiční hodnota SFT filtru činí 1 200 000 Kč. Náklady na provoz filtru představují pouze spotřebu elektrické energie. Zařízení bude v provozu 6 hodin denně. Přehled investičních a provozních nákladů je popsán v tabulce 19.

Tabulka 19. Přehled investičních a provozních nákladů SFT FILTRU

Provozní náklady			Spotřeba kW	Hodiny h	Celkem energie Kč/kWh	Celkem Kč/den	Celkem Kč/měsíc	Celkem Kč/rok
1	ks	SFT Filtr	5,8	6	4,24	148	4 427	53 120
Investiční náklady			Celkem Kč					
1	ks	SFT Filtr	1 200 000					

5.5 FINANČNÍ SHRNU TÍ

V této kapitole si shrneme a porovnáme všechny uvedené varianty čištění odpadních vod z hlediska finančního zatížení na roční provoz a nákladů na pořízení.

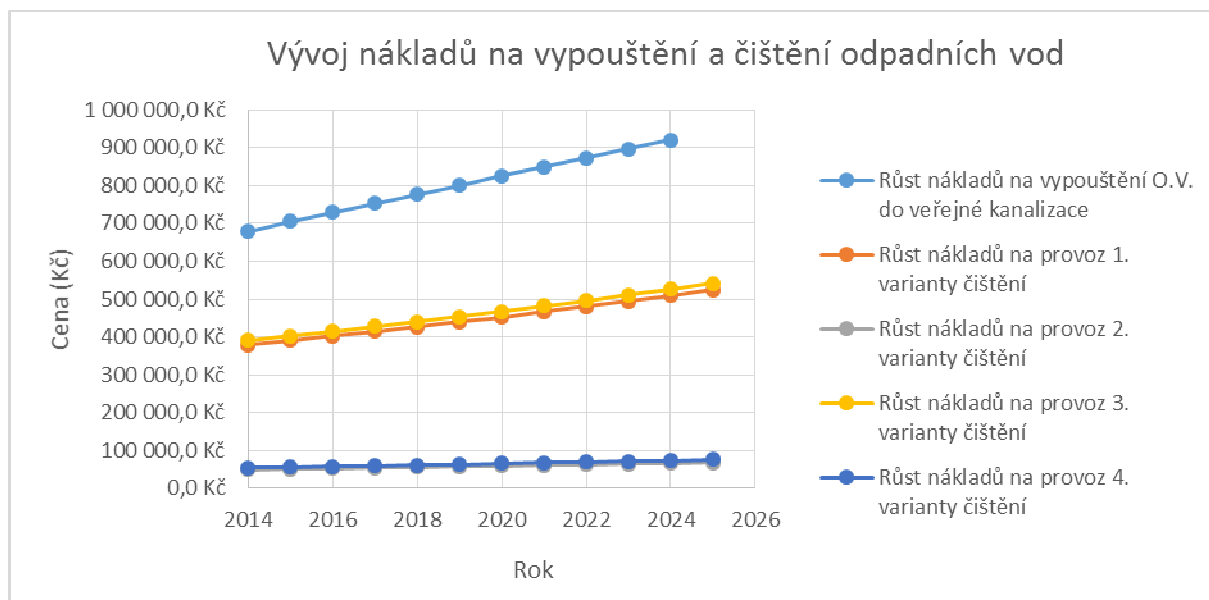
Nejlevnějším způsobem, jak vyčistit odpadní vody z areálu je použití SFT filtru jako hlavního a jediného zařízení pro čištění odpadních vod. V tomto případě roční provozní náklady nepřesáhnou částku 60 000 Kč. Investiční cena tohoto zařízení činí 1 200 000 Kč a ze všech uvedených systémů je jednoznačně nejnižší. Z hlediska pořizovací ceny se jako druhý nejlevnější způsob čištění jeví varianta č. 1, vybudování biologického rybníka. Zbudování tohoto systému je vyčísleno na částku zhruba 1 664 606 Kč. Nastává zde však problém s velice vysokými ročními provozními náklady, které činí 368 119 Kč. To je zapříčiněno vysokou cenou chemikálií Bacta-pur a nutností jejího pravidelného dávkování. Z hlediska nejnižších provozních nákladů dominuje varianta č. 2, tedy čištění odpadních vod pomocí systému HIPAF. Provozní náklady systému se pohybují kolem hranice 50 000 Kč a je to jednoznačně systém s nejnižšími ročními náklady na provoz. Na druhou stranu je třeba zdůraznit, že pořizovací cena celého zařízení činí 2 123 000 Kč, což je nemalý finanční obnos. Nejméně výhodným způsobem čištění je pak varianta č. 3, použití filtrační membrány společnosti MICRODYN-NADIR. Pořizovací cena systému se pohybuje okolo 2 300 000 Kč, náklady na provoz pak činí zhruba 210 000 Kč. Pro přehlednost jsou náklady dále zobrazeny v tabulce 20.

Tabulka 20. Celkový přehled investičních a provozních nákladů řešených variant

	Roční provozní náklady	Investiční náklady
Varianta 1	368 120 Kč	1 664 600 Kč
Varianta 2	47 930 Kč	2 123 000 Kč
Varianta 3	270 325 Kč	2 326 610 Kč
Varianta 4	53 120 Kč	1 200 000 Kč

V současné době jsou odpadní vody z průmyslového areálu vypouštěny bez předčištění do veřejné kanalizace. To je samozřejmě zpoplatněno dle platného ceníku společnosti VaK Kroměříž. Částka za vypuštěný metr krychlový odpadní vody do kanalizace pro rok 2014 činila 31,34 Kč bez DPH. Při průměrném průtoku 58 m³/den, se roční náklady na vypouštění odpadních vod vyšplhají na částku 683 371 Kč. V případě každoročního růstu cen za vodné a stočné se v horizontu deseti let vyšplhají náklady na vypouštění odpadních vod na částku až 920 829 Kč. Při výpočtu všech cen bylo uvažováno i s ovlivněním cen inflací hodnotou 3%.

Graf 1. Vývoj nákladů na čištění a vypouštění odpadních vod



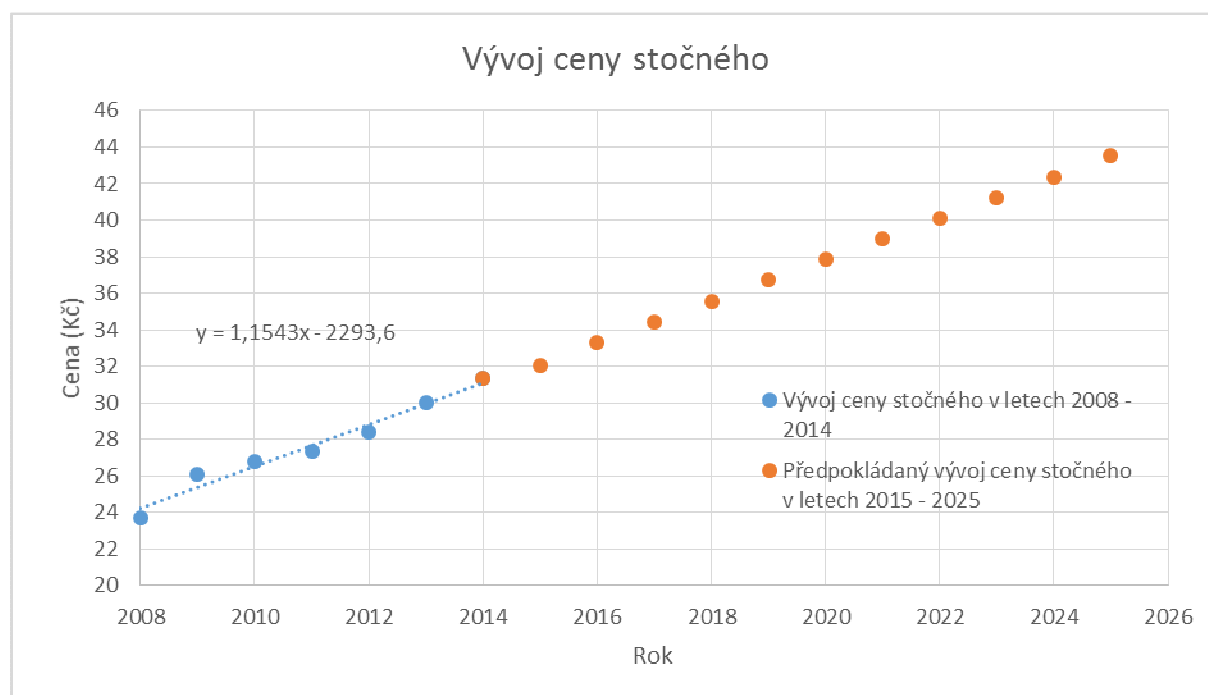
Z grafu1 je zřejmé, že vypouštění vod do veřejné kanalizace vychází v porovnání s ostatními variantami čištění jako nejdražší možný způsob nakládání s odpadními vodami.

Nejlevnějším způsobem jak vody vyčistit je varianta č. 2 a č. 4. Nejdražší možností čištění je pak varianta č. 1 a č. 3.

Návratnost

V případě, že odpadní vody budu čištěny a odváděny pomocí některé z výše uvedených variant, dojde k nemalému finančnímu vydání ze strany společnosti PILANA. Ať už bude zvolen jakýkoliv způsob čištění, z tabulky 20 je zřejmé, že částka bude přesahovat minimálně hodnotu 1 000 000 Kč. Jelikož ale odpadne nutnost platit nemalé výdaje za vypouštění vod do veřejné kanalizace, investované finance by se měly během několika let vrátit. Z hlediska výše investovaných nákladů a jejich návratnosti vychází nejlépe varianta č. 4. Výdaje na pořízení (1 200 000 Kč) by se měly vrátit za dobu kratší než dva roky. Naopak nejdelší doba návratnosti vychází u varianty č. 3 a č. 1, kdy by se investované finance (1 664 606 Kč) měly teoreticky vrátit až po uplynutí šesti let. Přehled nákladů na vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizace a nákladů na provoz v desetiletém horizontu, je zobrazen v tabulce 21.

Graf 2. Vývoj ceny stočného



V Grafu 2 je zobrazen očekávaný vývoj cen stočného v horizontu 10 let. Ceny zjištěné pomocí grafu posloužily jako výchozí prvek pro výpočet nákladů na vypouštění odpadních vod pro období dalších deseti let.

Tabulka 21. Orientační přehled nákladů na vypouštění a čištění odpadních vod v desetiletém horizontu

Náklady na vypouštění odpadních vod v horizontu 10 let												
Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Jednotka	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)
Voda	31,34	32,02	33,32	34,45	35,58	36,72	37,85	38,98	40,11	41,25	42,38	43,51
Energie	4,24	4,43	4,40	4,37	4,35	4,33	4,30	4,27	4,25	4,22	4,20	4,18
Inflace	1,07	1,09	1,13	1,16	1,20	1,23	1,26	1,30	1,33	1,36	1,40	1,43
Stočné	663468	677863	705351	729323	753296	777269	801242	825215	849188	873161	897134	921107
Náklady na provoz čistírenského systému v horizontu 10 let												
Rok	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Jednotka	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)
1. Varianta	368119	402483	416546	428775	441005	453235	465464	477694	489924	502153	514383	526613
2. Varianta	47929	52403	54234	55826	57419	59011	60603	62196	63788	65380	66973	68565
3. Varianta	270325	295560	305887	314868	323848	332829	341810	350790	359771	368752	377733	386713
4. Varianta	53119	58078	60107	61872	63636	65401	67166	68931	70695	72460	74225	75989

Tabulka 22. Přehled návratností investovaných prostředků

Rok	Provozní náklady	Pořizovací náklady	Návratnost v letech	Návratnost vyjádřená v korunách					
				2014	2015	2016	2017	2018	2019
Jednotky	(Kč)	(Kč)	Rok	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)	(Kč)
1. Varianta	368119	1 664606	5,3	295349	570729	859534	1 160082	1 472373	1 796408
2. Varianta	47929	2 123000	3,4	615539	1 240999	1 892115	2 565612		
3. Varianta	209269	2 326610	5,5	393143	775446	1 174910	1 589366	2 018814	2 463254
4. Varianta	53119	1 200000	2,0	610349	1 230135				

V tabulce 22 je uveden přehled investovaných nákladů a doba jejich návratnosti. Částky v modře označených buňkách v pravé části tabulky znázorňují ušetřené prostředky z provozu čistícího zařízení, a tím pádem návratnost počátečních nákladů pro daný čistící systém.

5.6 DOPORUČENÍ

Varianta č. 1, tedy čištění odpadních vod pomocí biologického rybníka je metodou účinnou a odpadní vody na výstupu z tohoto systému vykazují dobrou kvalitu a minimální objem biologického znečištění. Vzhledem k vypouštění vyčištěných odpadních vod do toku Žabínek, je tento způsob čištění ideální. Velkou nevýhodou však je značný objem zemních a výkopových prací a s nimi spojené vysoké investiční náklady. Dále zde nastává problém s relativně velkou potřebnou plochou biologického rybníka, což může být vzhledem k velikosti a uspořádání průmyslového areálu značná komplikace. V případě že by se měla tato varianta uskutečnit, bude na místě uvažovat o koupi pozemků v co nejtěsnější blízkosti

areálu. Dalším negativem jsou vysoké provozní náklady tohoto systému, zejména použití podpůrných chemikálií Bacta-pur.

Ideálnějším způsobem čištění je varianta č. 2, tedy použití systému čištění odpadních vod HIPAF. Investiční náklady jsou sice vyšší než u varianty předchozí, avšak provozní náklady jsou zde minimální, odpadá zde problém s umístěním systému, jelikož celá čistírna bude umístěna pod úroveň terénu a minimalizují se nároky na obsluhu čistírny. S tím souvisí i relativně dobrá návratnost investice, kdy by se investované náklady měly vrátit v horizontu dvou let.

Na zvážení je pak použití membránové filtrace. Tento způsob čištění bych volil pouze v případě, že by se provedla oprava nebo rekonstrukce stokové sítě v průmyslovém areálu PILANA. Jak již bylo řečeno několikrát, z důvodu netěsnosti potrubí jsou odpadní vody ředěny vodou čistou a to má za následek nepříznivě nízké hodnoty biologického znečištění. V případě, že by se zabránilo nepříznivému ředění odpadních vod, stoupla by pak hodnota biologického znečištění do optimálního stavu. Tento stav pak bude lépe vyhovovat navrženému systému a celý proces čištění bude efektivnější a ekonomicky rentabilnější. Za současného stavu bude systém membránového čištění nastaven pouze na prostý filtrační proces, bez použití biologické filtrace.

Nejideálnějším způsobem ze všech uvedených variant je použití samotného SFT filtru. Tento způsob čištění odpadních vod je ze všech uvedených možností nejméně náročný na zábor plochy, obsluhu a samotný provoz. Nejlépe obstál i co se týče finančního posouzení. Nejmenší náklady na pořízení, provoz, i nejkratší doba návratnosti této investice mluví jasně ve prospěch tohoto zařízení. Důležité je ovšem zachování stávajícího stavu odpadních vod, na které bylo toto zařízení navrženo.

6 ZÁVĚR

Diplomová práce s názvem Odkanalizování odpadních vod z průmyslového areálu ve městě Hulín se ve své první části zabývá monitoringem, posouzením a zhodnocením technického stavu kanalizační sítě v průmyslovém areálu společnosti Pilana Hulín. Kanalizační systém, odvádějící odpadní vody z tohoto průmyslového areálu v současné době překračuje dobu životnosti a vykazuje tak provozní problémy. Dalším důvodem zpracování této práce je pak zastaralá a nedostačující výkresová dokumentace současného vedení kanalizačních trub. Z tohoto důvodu byl proveden passport kanalizačního systému, zaměření a následné zhodnocení technického stavu kanalizačních úseků. Zde je nutno uvést, že nebyl zjištěn technický stav u všech kanalizačních úseků, jelikož se nepodařilo otevřít každou kanalizační šachtu a provést tak potřebný náhled a zaměření šachet. Po vyhodnocení těchto kritérií byla provedena hydraulická analýza, za použití softwaru *STORM WATER MANAGEMENT MODEL*. Do programu byly zadány zjištěné informace a naměřené hodnoty z prováděného pasportu, namodelována kanalizační síť a celý areál byl zatížen šedesáti minutovým deštěm. Intenzita deště byla zjištěna z tabulek Ing. Trupla pro nejbližší dešťoměrnou stanici. Po spuštění simulace odtoku odpadní vody kanalizací byly zjištěny nevyhovující úseky, ve kterých dochází k překračování kapacity kanalizačních trub. Stejně tak byly zjištěny úseky s nevyhovujícím sklonem kanalizačního potrubí. Současný stav kanalizace překračuje dobu životnosti a kromě páteřní stoky A, která je v relativně dobrém stavu, by mělo dojít k výměně, nebo alespoň k rekonstrukci ostatních kanalizačních stok. Velkým problémem celého systému jsou narušené betonové kanalizační trouby, díky kterým do systému drénuje čistá podzemní voda a naředí tak vody splaškové. Tím dochází ke znemožnění čištění odpadních vod běžnými biologickými konvenčními čistírnami odpadních vod. Relativně malý podíl v celém systému představují úseky, které nesplňují sklonitostní a kapacitní požadavky. Proto je nutné kanalizační vedení v těchto úsecích vyměnit za profily o větším rozměru a optimálním sklonu, aby splňovaly kritéria bezproblémového odtoku. Vzhledem k provozu a uspořádání průmyslového areálu je pro výměnu kritických úseků vhodnější zvolit bezvýkopové technologie, které minimalizují nároky na rozrušení terénu v trase kanalizace.

Druhá část diplomové práce se zabývá návrhem vhodného systému čištění odváděných odpadních vod z průmyslového areálu a následným finančním porovnáním se současným způsobem likvidace odpadních vod. Ten spočívá v běžném vypouštění odpadních vod do

veřejné kanalizační sítě, za což společnost platí nemalé výdaje za stočné. V této části byl proveden návrh čtyř variant, s finančním posouzením a konečným porovnáním jak investičních, tak pořizovacích nákladů. V prvním případě byl proveden návrh SFT filtru jako objektu mechanického předčištění a následně návrh biologického rybníka, který slouží jako objekt biologického dočištění. Proces biologického čištění v rybníce bude zajištěn pomocí mikroorganismu, tzv. „*Dafnií*“ a dávkováním podpůrných chemikálií Bacta-pur. V druhém případě byl proveden návrh čistírny odpadních vod společnosti HIPAF. Tento systém představuje kompaktní kontejnerovou čistírnu odpadních vod, s primární usazovací nádrží, biologickým reaktorem a dosazovací nádrží. Mimo tento objekt je pak umístěna kalová nádrž na odvodnění a stabilizaci kalu. Ve třetí variantě bylo uvažováno s poněkud složitějším systémem membránové filtrace, pracující na principu fyzikální mikrofiltrace, které předchází SFT filtr jako objekt mechanického předčištění a následuje aktivační nádrž s nitrifikační a denitrifikační zónou. Poslední variantou je použití samotného SFT filtru jako zařízení pro odstranění jak hrubých, minerálních a nerozpuštěných látek, tak i pro odstranění části biologického znečištění. Provozní náklady na výše zmíněné systémy čištění odpadních vod jsou v porovnání s náklady na vypouštění vod do veřejné kanalizace mnohonásobně nižší a rozhodně se majiteli kanalizační sítě vyplatí investovat do doporučeného systému čistírny odpadních vod.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Pilana a.s, [Online]. Available: <http://www.pilana.cz/cz/soucasnost>. [Přístup získán 01 12 2014].
- [2] Š. Tlapák, Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod, Praha: ČKAIT, 2006.
- [3] B. V. Jedličková, Intenzifikace čistírny odpadních vod v obci Krumsín, Brno: Vysoké učení v Brně, fakulta Stavební, 2014.
- [4] Asio spol. s.r.o., 2011. [Online]. Available: <http://www.asio.cz/cz/sft-filtr>. [Přístup získán 18 12 2014].
- [5] I. F. Mikulínek, "Návrh čistírny odpadních vod HIPAF". Česká Republika 27 12 2014.
- [6] MICORDYN-NADIR, "BIO-CEL MODULS". Germany 23 12 2014.
- [7] REALKA-Rubíček, ČOV PILANA HULÍN, Hulín, 2014.
- [8] Mapy.cz, [Online]. Available: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=17.4797250&y=49.3140199&z=15&source=firm&id=199334&q=Pilana%20Hul%C3%ADn>. [Přístup získán 10 11 2014].
- [9] Výzkumný ústav vodohospodářský, [Online]. Available: <http://www.dibavod.cz/70/prohlizecka-zaplavovych-uzemi.html>. [Přístup získán 11 11 2014].
- [10] Nahlížení do katastru [Online]. Available: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1353404740&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>. [Přístup získán 10 11 2014].
- [11] Commons wikimedia, [Online]. Available: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Daphnia_magna-female_adult.jpg. [Přístup získán 12 11 2014].
- [12] Dmychadla Kubíček, [Online]. Available: <http://kubicekvhs.cz/cs/products/blower-aggregates/>. [Přístup získán 12 11 2014].
- [13] Sigmont Praha, [Online]. Available: <http://www.sigmontpraha.cz/prodej-cerpadel/ponorna-kalova-cerpadla-hidrostat->. [Přístup získán 15 12 2014].
- [14] LKpumpservice, [Online]. Available: <http://www.lkpumpservice.cz/download/Prospekt3153.pdf>. [Přístup získán 15 12 2014].

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Soupis dotčených parcel.....	4
Tabulka 2. Hydrologické údaje vodního toku.....	6
Tabulka 3. M-denní průtoky vodního toku Žabínek	6
Tabulka 4. N-leté průtoky vodního toku Žabínek	7
Tabulka 5. Přehled délek a profilů kanalizačního systému	10
Tabulka 6. Přehled Problémových části na stoce A	12
Tabulka 7. Přehled problémových části na stoce A-1	14
Tabulka 8. Přehled problémových úseků na stoce A-2	17
Tabulka 9. Souhrn délek určených k výměně a orientační cena bezvýkopových prací.....	25
Tabulka 10. Výchozí a návrhové parametry koncentrace znečištění na objekt ČOV.....	26
Tabulka 11. Technické parametry SFT filtru SF 1000 [4].....	28
Tabulka 12. Orientační přehled cen výkopových prací.....	32
Tabulka 13. Orientační přehled cen navážkových prací	32
Tabulka 14. Součet investičních nákladů na stavbu objektu čištění odpadních vod.....	32
Tabulka 15. Přehled investičních nákladů systému čištění HIPAF	36
Tabulka 16. Přehled provozních nákladů systému čištění HIPAF.....	37
Tabulka 17. Přehled investičních nákladů pro systém membránové filtrace	45
Tabulka 18. Přehled provozních nákladů pro systém membránové filtrace	45
Tabulka 19. Přehled investičních a provozních nákladů SFT FILTRU	47
Tabulka 20. Celkový přehled investičních a provozních nákladů řešených variant	48
Tabulka 21. Orientační přehled nákladů na vypouštění a čištění odpadních vod v desetiletém horizontu.....	50
Tabulka 22. Přehled návratností investovaných prostředků.....	50

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Mapa města Hulín.....	2
Obrázek 2. Mapa záplavového území pro Q100.....	7
Obrázek 3 Katastrální mapa areálu Pilana	8
Obrázek 4. Trasa páteřní stoky A.....	11
Obrázek 5. Foto náhled do stoky A.....	11
Obrázek 6. Trasa vedení stoky A-1	13
Obrázek 7. Foto náhled stoky A-1	14
Obrázek 8. Trasa vedení stoky A-1-1.....	15
Obrázek 9. Foto náhled do stoky A-1-1	16
Obrázek 10. Trasa vedení stoky A-2	16
Obrázek 11. Foto náhled stoky A-2.	17
Obrázek 12. Trasa vedení stoky A-3.....	18
Obrázek 13. Trasa vedení stoky B	19
Obrázek 14. Průběh odtoku srážky z areálu po 15 minutách.....	22
Obrázek 15. Průběh odtoku srážky z areálu po 30 minutách.....	23
Obrázek 16. Průběh odtoku srážky z areálu po 45 minutách.....	24
Obrázek 17. Průběh odtoku srážky z areálu po 60 minutách.....	24
Obrázek 18. Podélný profil kanalizačního úseku s plněním trub během dešťové události.....	24
Obrázek 19. SFT filtr	28
Obrázek 20. Dafnie magna.....	30
Obrázek 21. Dávkovací zařízení BACTIVATOR.....	31
Obrázek 22. Čistírna odpadních vod HIPAF [5].....	33
Obrázek 23. Kalová nádrž RADS 2.4 [5].....	34
Obrázek 24. Membrána společnosti MICRODYN-NADIR [6].....	38
Obrázek 25. Schéma zapojení systému biologické membrány [6]	38
Obrázek 26. Schéma membránové jednotky [6]	40
Obrázek 27. Dmychadlo výrobce Kubíček	42
Obrázek 28. Q-H křivka čerpadla vratného kalu.....	43
Obrázek 29. Q-H křivka ponorného kalového čerpadla.....	44
Obrázek 30. Schéma SFT filtru.....	46

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Vývoj nákladů na čištění a vypouštění odpadních vod.....	48
Graf 2. Vývoj ceny stočného.....	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSK ₅ ...	Biochemická spotřeba kyslíku za pět dní	[mg.l ⁻¹]
CHSK...	Chemická spotřeba kyslíku	[mg.l ⁻¹]
NL...	Nerozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]
RL...	Rozpuštěné látky	[mg.l ⁻¹]
N-NH ₄ ...	Amoniakální dusík	[mg.l ⁻¹]
Q ₂₄ ...	Průměrný denní průtok	[m ³ .d ⁻¹]
k _d ...	Denní nerovnoměrnost	[-]
Q _d ...	Denní průtok maximální	[m ³ .d ⁻¹]
k _h ...	Hodinová nerovnoměrnost	[-]
Q _h ...	Hodinový průtok maximální	[m ³ .h ⁻¹]
Sdp _{BSK5}	Naměřené zatížení znečištění pro BSK ₅	[kg.den ⁻¹]
Sdp _N ...	Maximální hodnota zatížení znečištění pro BSK ₅ dle ČSN 75 6401	[kg.ha ⁻¹ .den ⁻¹]
Θ _N ...	Minimální doba zdržení dle ČSN 75 6401	[den]
S _N ...	Návrhová plocha	[m ²]
h _N ...	Návrhová hloubka	[m]
V _N ...	Návrhový objem	[m ³]
η _{SK} ...	Účinnost čištění	[%]
Θ _{SK} ...	Skutečná doba zdržení	[den]
Q _{VZD} ...	Objem vzduchu	[m ³ .min ⁻¹]
Δp...	Přetlak	[kPa]
n ₁ ...	Otáčky elektromotoru	[1.min ⁻¹]
n ₂ ...	Otáčky dmyhadla	[1.min ⁻¹]
P ₁ ...	Výkon strojního zařízení	[kW]
P ₂ ...	Příkon strojního zařízení	[kW]
N...	Počet zařízení	[ks]
n...	Otáčky	[U.min ⁻¹]
Q _M ...	Objem permeátu na membránu	[l.s ⁻¹]
Q _C ...	Objem permeátu celkově	[l.s ⁻¹]
C _{0NL} ...	Vstupní hodnota znečištění BSK ₅	[mg.d ⁻¹]
C _{0BSK5} ...	Vstupní hodnota znečištění nerozpuštěných látek	[mg.d ⁻¹]
C _{1NL} ...	Výstupní hodnota znečištění nerozpuštěných látek	[mg.d ⁻¹]
C _{1BSK5} ...	Výstupní hodnota znečištění BSK ₅	[mg.d ⁻¹]
Q _{čerp} ...	Čerpané množství	[m ³ .s ⁻¹]
H...	Dopravní výška	[m]

SEZNAM PŘÍLOH

1. Přehledná situace stokové sítě M 1:1000
2. Přehledná hydrotechnická situace M 1:1000
3. Revizní list objektu stokové sítě

SUMMARY

Diploma thesis titled Drainage of waste water from the industrial area in Hulin city in its first part deals with monitoring, assessment and evaluation of the technical condition of the sewerage network in the industrial area of Pilana Hulin. Sewerage system that diverts wastewater from the industrial area currently exceeds the lifetime and thus exhibits operational problems. Another reason for the processing this work are outdated and insufficient drawings of the current leadership of sewer pipes. For this reason was made the passport of sewage system focus and subsequent evaluation of the technical condition of sewer sections. Furthermore hydraulic analysis was performed using software Storm water management model. The second part of the thesis deals with the design of a suitable treatment system discharged wastewater from the industrial complex and the subsequent financial comparison with the current method of wastewater disposal. Due to the low representation of biological pollution discharged wastewater were designed four variants of cleaning these waste waters.