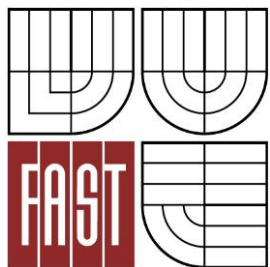




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

Faculty Of Civil Engineering
Institute of Municipal Water Management

NAVRHOVÁNÍ ALTERNATIVNÍCH ZPŮSOBŮ ODVÁDĚNÍ ODPADNÍCH VOD Z OBCÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ LAZUR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Tomáš Lazur

Název Navrhování alternativních způsobů odvádění odpadních vod z obcí

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2011

Datum odevzdání bakalářské práce 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu



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

Podklady a literatura


- 1) Raclavský, J. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí – část 1. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizace, 2009, r. 18, č. 11, s. 14-18, ISSN 1210-3039.
- 2) Raclavský, J. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí – část 2. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizace, 2010, r. 19, č. 1, s. 16-19, ISSN 1210-3039.
- 3) Water Environment Federation. 1986. Alternative Sewer Systems. Manual of Practice. Alexandria, Virginia: WEF, 1986.
- 4) Beránek, J., Prax, P. Navrhování tlakové kanalizace. NOEL 2000, ISBN 80-86020-08-8
- 5) Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury
- 6) Související normy a legislativní podklady dle pokynu vedoucího bakalářské práce
- 7) Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení

Zásady pro vypracování

Bakalář provede rešerši z problematiky alternativních způsobů odkanalizování obcí (tlaková a podtlaková stoková síť). Získané poznatky budou aplikovány při modelovém návrhu výše uvedených alternativ odkanalizování.

Předepsané přílohy

- Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací
- Rešerše z oblasti problematiky alternativních způsobů odkanalizování
- Průvodní a technická zpráva
- Hydrotechnické výpočty
- Výkresová dokumentace a další přílohy dle pokynu vedoucího bakalářské práce


.....
doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce je rešerší venkovních podtlakových a tlakových systémů stokových sítí, objasňuje principy fungování jednotlivých částí systémů, popisuje jejich jednotlivé prvky a dává přehled o možných teoretických způsobech návrhu dimenze potrubí. Součástí práce je konkrétní návrh těchto dvou systémů v obci Trstěnice, kde dochází ke srovnání jednotlivých metod výpočtu.

Klíčová slova

Alternativní způsoby odvádění odpadních vod, venkovní podtlakový systém stokových sítí, venkovní tlakový systém stokových sítí, odpadní vody.

Abstract

The bachelor thesis includes search of outdoor vacuum and pressure systems, explains principles parts of system, describes each elements and gives us way of theoretical method and how to do way for design diameters pipe. One part of the bachelor thesis include the way of design these two systems in the village Trstěnice, where the Bachelor thesis compares each method of calculation.

Keywords

Alternative methods of drain sewage, vacuum sewerage systems outside buildings, pressure sewerage systems outside buildings, wastewater.

Bibliografická citace VŠKP

LAZUR, Tomáš. Navrhování alternativních způsobů odvádění odpadních vod z obcí. Brno, 2012. 89 s., 4 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 23. 5. 2012

.....
podpis autora

Poděkování:

Zde bych rád poděkoval doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D. za zájem, odborné rady, připomínky a čas, který věnoval této práci.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| OBSAH | 1 |
| ÚVOD | 3 |
| 1 HISTORIE VÝVOJE KANALIZACÍ | 5 |
| 1.1 Historie podtlakového systému | 6 |
| 1.2 Historie tlakové kanalizace | 8 |
| 2 ODPADNÍ VODY A JEJICH ODVÁDĚNÍ | 9 |
| 2.1 Odpadní vody | 9 |
| 2.2 Základní rozdělení způsobů odvádění odpadních vod | 10 |
| 2.2.1 Tradiční způsob odvádění odpadních vod | 10 |
| 2.2.1.1 Uspořádání stokových sítí | 11 |
| 2.2.2 Alternativní způsoby odvádění odpadních vod | 12 |
| 2.3 Shrnutí kapitoly | 14 |
| 3 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODVÁDĚNÍ ODPADNÍCH VOD | 15 |
| 3.1 Podtlakové kanalizace | 15 |
| 3.1.1 popis systému podtlakové kanalizace | 16 |
| 3.1.2 Systém podtlakové kanalizace | 16 |
| 3.1.2.1 Domovní gravitační přípojka | 17 |
| 3.1.2.2 Sběrná šachta | 18 |
| 3.1.2.3 Sací ventil | 19 |
| 3.1.2.4 Podtlaková kanalizační přípojka | 22 |
| 3.1.2.5 Podtlakové sběrné potrubí | 22 |
| 3.1.2.6 Podtlaková stanice | 25 |
| 3.1.3 Ukázka podtlakového systému v praxi | 26 |
| 3.1.3.1 Popis podtlakového systému stokové sítě v obci Lužany | 27 |
| 3.1.3.2 Fotodokumentace | 31 |
| 3.1.3.3 Shrnutí systému s provozovatelem | 35 |
| 3.1.4 Navrhování venkovního podtlakového systému stokových sítí | 37 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.1.4.1 | Postup dle DWA – A 116 | 37 |
| 3.1.4.2 | Postup podle AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL | 41 |
| 3.2 | Tlaková kanalizace | 45 |
| 3.2.1 | Princip tlakové kanalizace | 45 |
| 3.2.2 | SYSTÉM TLAKOVÉ KANALIZACE | 46 |
| 3.2.2.1 | Domovní kanalizační gravitační přípojka | 48 |
| 3.2.2.2 | Domovní čerpací jímka | 48 |
| 3.2.2.3 | Prvky čerpací jímky | 50 |
| 3.2.2.4 | Tlaková kanalizační přípojka | 51 |
| 3.2.2.5 | Tlakové kanalizační řady | 52 |
| 3.2.2.6 | Prvky na tlakových kanalizačních řadech | 53 |
| 3.2.2.7 | Stanice tlakového vzduchu | 54 |
| 3.2.3 | Navrhování venkovního tlakového systému stokových sítí | 54 |
| 3.2.3.1 | Stanovení návrhových průtoků | 54 |
| 3.2.3.2 | Dimenzování trubních řadů sítě | 58 |
| 4 | MODELOVÝ NÁVRH VENKOVNÍ TLAKOVÉ A PODTLAKOVÉ STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI TRSTĚNICE (okr. CHEB) | 62 |
| 4.1 | Charakteristika zájmového území | 62 |
| 4.1.1 | Popis obce | 62 |
| 4.1.2 | Další údaje o obci | 62 |
| 4.2 | Návrh řešení | 63 |
| 4.2.1 | Návrh venkovního tlakového systému stokových sítí | 64 |
| 4.2.2 | Návrh venkovního podtlakového systému stokových sítí | 68 |
| 4.2.2.1 | Návrh dle DWA A 116 | 68 |
| 4.2.2.2 | Návrh dle AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL | 72 |
| 5 | ZÁVĚR | 76 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 78 |
| | SEZNAM TABULEK | 80 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 81 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | 82 |

ÚVOD

Na Zemi je nejvíce vody obsaženo ve světových oceánech, které obsahují 1 300 000 000 km³ vody, to je přibližně 97,22 % celkového množství vody na Zemi. Další zásoby vody obsahují ledovce a polární led a to 2,13 %, sladká jezera 0,009 % vody, vodní toky 0,0001 %. Celkem 2,77 % vody na zemi je voda sladká a z toho asi 0,34 % je dostupných pro člověka. [1]

S touto dostupnou vodou je potřeba zacházet opravdu velmi šetrně, starat se o její nezávadnost a její zásoby, by mělo být prioritou každého státu, každého města či vesnice, každého jedince.

Proto si nyní, stejně jako lidé v nedávné minulosti uvědomujeme potřebu vodou neplýtvat a chránit jí jako svou životadárnu surovinou. V první řadě tedy přichází snaha vodu neznečišťovat, ale to jak jistě vidíme dnes, je zcela v rozporu s průmyslovou zvyšující se výrobou a v neposlední řadě se zvyšující se produkcí odpadů, se kterou zcela jistě působí na kvalitu vody i zvyšující se počet nás, tedy lidí. Proto přicházejí a v minulosti přicházely různorodé a leckdy důmyslné systémy jak znečištěnou vodu odvádět pryč od znečišťovatele a zdrojů pitné vody, ke zpracování. Odvádět od zdrojů pitné vody, které se vyskytují v okolí domovů, poblíž měst, vesnic a naopak dodávat lidem a potřebným zařízením vodu nezávadnou, zbavenou nečistot, škodlivých látek a zárodků virů, které jsou nosiči závažných onemocnění.

Vždyť i v dnešní době má znečištěná voda za následek několik tisíc úmrtí denně. I když jde především o problém rozvojové části světa, ušetřena není ani Evropa. Například v roce 2001 zemřelo v Evropě (včetně Turecka, Izraele a zemí bývalého SSSR) v důsledku špatné kvality pitné vody a nedostatečné likvidace a čištění odpadních vod či fekálií 13,5 tisíce dětí do 14 let. Také v České Republice a dalších vyspělých zemích je každý rok zaznamenána řada epidemií z pitné vody, i když naštěstí jen výjimečně končí smrtí. Příklad z minulosti: v ČR bylo v období let 1995 – 2000 evidováno 18 epidemií z pitné vody, s celkovým počtem 1123 hlášených onemocnění, jejichž původce byl rozdílný (virová hepatitida, bacilární úplavice, salmonelóza, apod.). Závadným zdrojem byly ve většině případů domovní, veřejné a neveřejné studny, ale ve dvou případech též veřejný vodovod a v jednom případě podnikový vodovod. [2]

Proto jsou obory zabývající se čištěním odpadních vod, dopravou fekálií a nakládání s kalem velmi důležité a je potřeba jim věnovat dostatek času podobně jako vodárenství takovému. Tato práce je věnována oboru stokování a odvádění splaškových vod zejména v územích, kde není možné z jakéhokoli důvodu využít tradiční způsob odvádění odpadních vod. Cílem práce je tedy rešerše alternativních způsobů odvádění odpadních vod a jejich návrh.

Práce je rozdělena do pěti hlavních kapitol. První kapitola pojedná všeobecně o historii kanalizací od prvních zmínek až po současnost. Nejdříve je upřena pozornost na historii klasických způsobů odvádění odpadních vod, dále kapitola pokračuje historií podtlakové a tlakové kanalizace.

Druhá kapitola pojmenovaná „odpadní vody a jejich odvádění“ se zabývá odpadními vodami jako takovými, protože právě tyto vody jsou důvodem navrhování kanalizačních systémů. Další část kapitoly je věnována rozdělení dopravy odpadních vod. Zde se z logických důvodů dostáváme k alternativním způsobům odvádění odpadních vod.

Další, třetí kapitola je věnována samotným alternativním způsobům. Nejdříve je popsán venkovní podtlakový systém stokových sítí včetně jeho součástí. Rovněž je zde uvedena ukázka z praxe z obce Lužany (okr. Plzeň - jih). Poté je popsán venkovní tlakový systém stokových sítí.

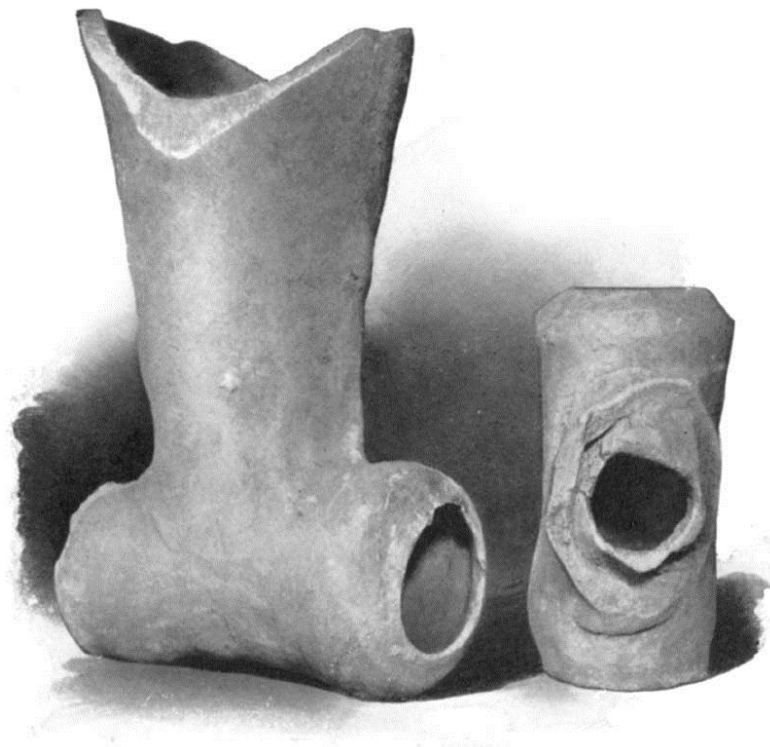
Předposlední kapitola se zabývá ukázkovým návrhem podtlakového a tlakového systému stokových sítí. Pro demonstrativní účely byla vybrána obec v Západních Čechách Trstěnice (okr. Cheb).

Poslední kapitola „závěr“ je komplexním shrnutím obou systémů a samotné práce.

1 HISTORIE VÝVOJE KANALIZACÍ

Okolo 2 334 – 2 154 let př. n. l. se začaly psát jedny z prvních kapitol odvádění splaškových vod. Zmínky pocházejí z akkadské mytologie, kde o jejím výskytu vypovídá kletba královny pekla, kterou uvalila na Asušu-Namiru za pokus o vysvobození bohyně Ištar z podsvětí. Formulace kletby podává svědectví o existenci kanalizačního systému a „pramátí“ všech čistíren: *“Běž, Asušu-Namire, proklínám tě velkou kletbou. Nechť se stane nezměnitelným osudem až do konce dní. Kal městské kanalizace bude tvojí potravou a v odpadové jámě města budeš hasit svou žízeň...”*. [1]

Další informace o předcích dnešní kanalizaci můžeme najít v dobách mezopotámských, protoindických, sumerských měst a speciálně v chrámovém komplexu v Mohendžo-Daru. Za zmínku stojí Mezopotámie, kde se začaly prvně využívat splachovací záchody, z nichž se fekálie odváděly do stokové sítě a dále pryč z města. V těchto dobách se využívaly už převážně stoky z hliněných trub (Obr. 1), primitivní hrdlové trouby, nebo stoky vystavěné z pálených cihel, kterými se splašky odváděli gravitačně do řek, rybníků a čistících jam za městem. Hlavní stoky již tenkrát vedly pod vydlážděnými ulicemi.



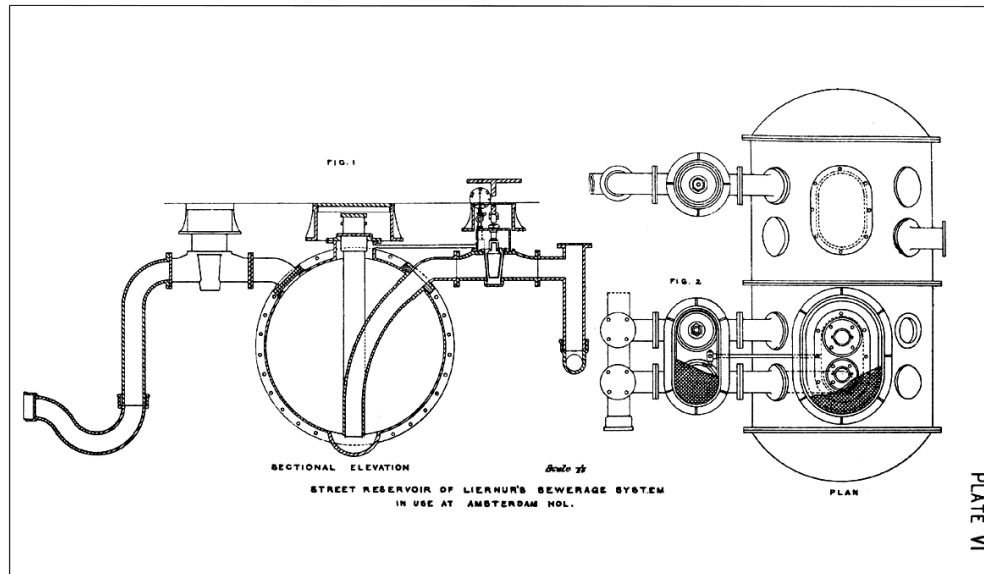
Obr. 1: Hliněné trouby využívané v raných počátcích odvádění splaškových vod
[zdroj: Burlington]

Počátky odvádění fekálií u nás by se daly datovat do doby hradů, kde k těmto účelům sloužilo bohulibé zařízení, zvané po francouzsku *prevét*. Splašková stoka nikde nebyla. Po ulicích, pokud byly dlážděné, vedly otevřené příkopy. Městy se pak šířil neskutečný zápach zejména v letních měsících. To vše vedlo výstavbě uzavřených stok. Průvodním negativním jevem povrchových stokových sítí byl mor, a již Kosmas zaznamenal, že v roce 1083 vymřela takto třetina Čech. Koncem 19. století byla technická vybavenost odrazem struktury osídlení. Vodovody a stokové sítě se stavěly jen pro městské domy. Po vzniku republiky nastal velký rozvoj obecních vodovodů a kanalizací, které byly prvním předpokladem pro další růst obcí, měst a průmyslu. Největší rozvoj byl na počátku třicátých let, pak jej zastavila hospodářská krize. K dalšímu rozvoji systému došlo po 2. Světové válce. [1]

Avšak města se nerozrůstala jen při vodních tocích, v příznivých sklonových poměrech nebo v místech s ideálními poměry pro gravitační stoky, a tak bylo potřeba naučit se překonávat tyto nepříznivé situace i jiným způsobem. Způsoby, které jsou pro tyto účely navrženy, jsou podtlakový a tlakový systém stokových sítí. Z historického hlediska je mladší podtlakový systém.

1.1 Historie podtlakového systému

Podtlakový systém stokových sítí je označován také jako vakuová kanalizace, byl vynalezen Nizozemcem Charlesem T. Liernurem a byl budován v Amsterdamu, Hanau a v Praze. Systém tohoto odborníka se skládal z litinových trub, těsněných jako vodovodní potrubí. Tento systém se využíval převážně pro odvod splašků z nemocnic a bloků obytných domů. Podtlakové potrubí měli po celé délce stejný průměru pěti palců. Splašky byly od sanitárního zařízení přiváděny přípojkovým potrubím do litinové vzduchotěsné sběrné šachty, na kterou bylo napojené potrubí vakuové kanalizace. Sběrná šachta sloužila, jak bylo uvedeno výše, v mnoha případech pro více obytných domů a komplexů budov. Šachty byly vybaveny rovněž ventily pro kontrolu podtlaku. Na vhodném místě byla vybudována základní sběrná stanice s velkou vzduchotěsnou nádobou. Podtlak v nádobě byl vyvozován vývěvami, které byly poháněny parním strojem. Nádobu byla propojena hlavním potrubím přes dvě přípojky na uliční podtlakovou nádobu (domovní šachtu), obě napojení měla uzávěr. Jedno napojení bylo přivedeno do horní části uliční sběrné nádoby a sloužilo pro odsátí vzduchu. Druhé napojení bylo zavedeno dovnitř nádoby těsně ke dnu a sloužilo pro odsátí splašků. [3]



Obr. 2: Ukázka systému Charlese T. Liernura – sběrná šachta se dvěma potrubími
 [zdroj: Providence]

Systém byl ovládán manuálně pracovníky vodárenských a kanalizačních společností. Bylo zapotřebí minimálně dvou pracovníků, kteří ovládali uliční ventily systému, pomocí kterých se navozoval stav podtlaku. Systém byl proto velmi náročný na obsluhu, provoz muselo zajišťovat více pracovníků. Každá domovní přípojka či kanalizační uzel se musel samostatně „vysát“. [3]

V 50. letech 20. století došlo k potřebám odkanalizovat místa, kde nebylo vhodné uvažovat s gravitační stokou. S vývojem plastů, průmyslu, elektrárénství došlo k dalšímu vývoji podtlakového systému. V té době proslul svým technickým řešením Švéd Liljendahlem. Za velkým rozvojem jeho systému stála firma Elektrolux, která zřídila podtlakové úseky kanalizace kupříkladu v Německu a ve Švédsku. [3]

U nás v ČR byl tento způsob odkanalizování poprvé využit pro odvádění splašků z Ferdinandových kasáren v Praze okolo roku 1885. Rozsáhlejší aplikace zaznamenalo podtlakové odkanalizování až ve druhé polovině dvacátého století. V první etapě byl k otevírání podtlakového ventilu používán plovákový systém, paralelně byl použit i způsob automatického otevření s nutností přívodu elektrické energie k ventilu. Druhá vývojová etapa se u ventilu vyznačuje především automatickým otevíráním ventilu, založeném na pneumatickém principu bez plovákového spínače a bez přívodu elektrické energie k ventilu. [7]

1.2 Historie tlakové kanalizace

Za první tlakový kanalizační systém se dá považovat experiment v USA, kde Mortimer Clift navrhl systém pro odkanalizování 42 domů v Radcliffu. Tento systém nechal patentovat v roce 1965. Tento systém byl vybaven pneumatickými ejektory s mělniči, tlakovými přípojkami a hlavním tlakovým řadem. Systém se však nakonec neosvědčil a nebyl proto uveden do provozu. Stal se však předlohou pro další výzkumy. Za vývojem tlakových kanalizací stojí především US EPA (United States Environmental Protection Agency). [4]

Za první tlakový kanalizační systém uvedený do provozu se dá považovat systém v Maďarsku v letech 1978-1980 v sídlech Tiszakécske a Foldes. U nás po propojení firem ČR a Maďarska došlo k inovaci čerpací techniky, která se využívá dodnes. [6]

2 ODPADNÍ VODY A JEJICH ODVÁDĚNÍ

Na úvod této kapitoly by zajisté bylo dobře vymezit pojem odpadní vody. Dále jsou zmíněny jednotlivé způsoby odvádění a budou naznačeny výhody a nevýhody jednotlivých systémů. Kvůli těmto vodám se budují kanalizační systémy, proto je jim zde věnována pozornost.

2.1 Odpadní vody

Odpadní vody definuje Zákon č.254/2001 Sb. „Zákon o vodách (vodní zákon) a související předpisy“ jako vody se změněnými vlastnostmi, které jsou nežádoucí a vyžadující speciální zacházení a případnou likvidaci. Ve většině případů jsou to vody pro životní prostředí nebezpečné. Proto veřejné kanalizační systémy, ale i soukromé mají za úkol především odvádět k dalšímu zpracování ze zájmových území odpadní vody a to:

- splaškové – odpadní vody z kuchyní, koupelen, WC;
- dešťové – atmosférické srážky v kapalném stavu;
- průmyslové – vody z technologických provozů, chladiřských zařízení;
- zemědělské – ze zemědělských provozů;
- infekční – odpadní vody z nemocničních zařízení, z mikrobiologických zařízení;
- balastní – nežádoucí podzemní vody pronikající do stokových sítí.

Složení odpadních vod spolu se základními ukazateli jakosti vod bude zastihnuto v následující tabulce.

Tabulka 1: Orientační hodnoty ukazatelů určující jakost splaškových vod [zdroj: Hlavínek, 2006]

| Ukazatel | Rozmezí hodnot | Jednotky |
|---|----------------|----------|
| Hodnota pH | 6,5 ~ 8.5 | [-] |
| Nerozpuštěné látky | 200 ~ 700 | mg/l |
| • z toho usaditelné | 73 | % |
| • z toho neusaditelné | 27 | % |
| Rozpuštěné látky | 600 ~ 800 | mg/l |
| BSK ₅ s potlačením nitrifikace | 100 ~ 400 | mg/l |
| CHSK – Cr | 250 ~ 800 | mg/l |
| TOC (DOC) | asi 250 | mg/l |
| N _{celk} | 30 ~ 70 | mg/l |
| N-NH ₄ | 20 ~ 45 | mg/l |
| P _{celk} | 5 ~ 15 | mg/l |
| Poměr BSK ₅ : CHSK _{Cr} | 0,5 | [-] |

2.2 Základní rozdělení způsobů odvádění odpadních vod

Způsoby odkanalizování zájmových území lze rozdělit na dva základní způsoby a to:

- tradiční způsob odvádění odpadních vod;
- alternativní způsob odvádění odpadních vod.

2.2.1 Tradiční způsob odvádění odpadních vod

Systémy odvádějící odpadní vody jsou tvořeny pro sběr, odvádění a dopravu tekutých kalů, znečištěných vod. U tradičních způsobů odvádění odpadních vod je kladen důraz na spolehlivost, životnost jako i na nižší provozní náklady. Jsou tvořeny důmyslně promyšleným systémem hlavních stok, vedlejších stok, domovními přípojkami, uličními vpusti, spadištimi, revizními komorami, odlehčovacími komorami, proplachovacími šachtami. Tradiční způsoby odvádění odpadních vod lze rozdělit podle toho, jak jsou odváděny splaškové a dešťové vody:

- jednotnou stokovou soustavu;
- oddílnou stokovou soustavu;
- modifikovanou stokovou soustavu.

Jednotná stoková soustava odvádí veškeré druhy odpadních vod společnou trubní soustavou na čistírnu odpadních vod (ČOV). Tento princip je po dlouhá léta upřednostňován pro svou jednoduchost, nízké provozní náklady a bezúdržbový provoz. Naproti tomu pořizovací náklady vzhledem k umístění trasy a množství objektů v blízkosti stokové sítě bývají vyšší. Systém sebou nese hygienická a ekologická rizika a to i v samotné čistírně odpadních vod, především za zvýšených dešťových průtoků kdy můžou být vody odlehčeny do recipientu bez čištění. [13]

Oddílná stoková síť odvádí splaškové a dešťové odpadní vody jednotlivě. Splaškové vody jsou odváděny na ČOV jednou stokovou sítí. Dešťové vody jsou odváděny samostatnou stokovou sítí. Při velkých průtocích mohou být i dešťové vody odlehčeny do recipientu nebo odvedeny na ČOV, protože v dnešní době můžou obsahovat znečišťující látky ze splachu komunikací a půd, které nepříznivě působí na vodní tok a životní prostředí. [13]

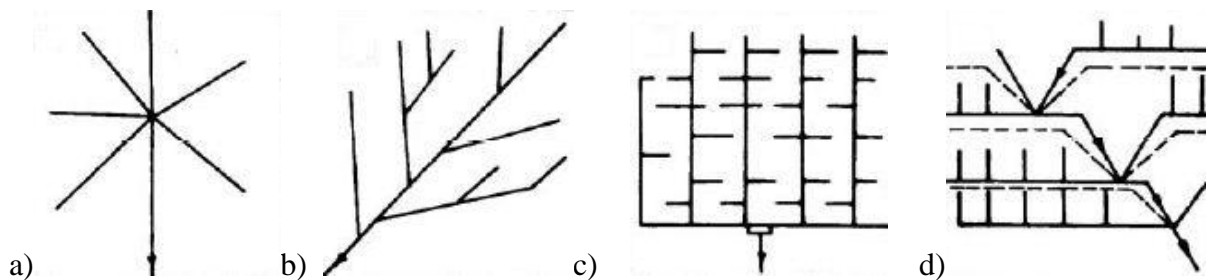
Modifikovaná stoková síť může být kombinací jednotné a oddílné stokové soustavy. Jde o využití výše zmíněných systémů v jednom územním celku. Systém je charakterizován hlubokým založením splaškové kanalizace a mělkým založením dešťové kanalizace. Při přívalu silně znečištěné dešťové vody na začátku deště dochází k odtoku dešťové vody spojovacím potrubím ve spojně šachtě do splaškové sítě, dále pokračuje na ČOV. Až do chvíle kdy voda v šachtě vystoupá do úrovně horní hrany dešťové kanalizace a začne být odváděna do recipientu. [13]

2.2.1.1 Uspořádání stokových sítí

Koncepce stokové sítě jsou do značné míry předurčeny energetickými nároky, morfologií terénu, spolehlivostí, bezpečností. Jedná se o základní systémy:

- *radiální* – voda je směřována z území do nejnižšího místa území a z tohoto místa je dále odváděna na ČOV;
- *větvné* – hlavní kmenová stoka je vedena údolím, do ní jsou stahovány odpadní vody vedlejšími řady;
- *úchytné* – navrhuje se poblíž toků, v územích s mírným sklonem kde kmenová stoka je vedena podél vodního toku a do ní ústí sběrače vedené napříč údolím. Systém využívá díky poloze u vodního toku odlehčovacích komor;

- *pásmové* – jsou používány v rozsáhlejších územích s většími výškovými rozdíly. Oblast je rozdělena do jednotlivých výškových pásem, kde je využit jakýkoli systém z výše uvedených. Odpadní vody (OV) jsou vedeny z jednotlivých pásem stokami nižších řádů do tzv. pásmových sběračů. Výhoda systému nastává také v situaci, kdy nejnižší sběrač OV je pod maximální úrovní hladiny v recipientu a je nutné přečerpávání. V tomto případě se dají výše položené sběrače odvádět gravitačně a přečerpávat pouze nejnižší položený;
- *kombinace* – je kombinací výše uvedených systémů.



Obr. 3: Systémy vedení tras stok [zdroj: Hlavínek, Petr]

- a) radiální systém;
- b) větvový systém;
- c) úchytný systém;
- d) pásmový systém.

2.2.2 Alternativní způsoby odvádění odpadních vod

Velká města v ČR jsou v drtivé většině případů odkanalizována jednotnou stokovou soustavou. Výstavba oddílných stokových systémů není většinou vhodná vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům a nedostatku prostoru v trase uvažovaných stok kvůli ostatním inženýrským sítím.

Hlavními aspekty pro návrh, potažmo realizaci některého z alternativních způsobů odkanalizování měst a obcí jsou především:

- *morfologie terénu* – kdy sklonové poměry v zájmovém území neumožňují gravitační odkanalizování;
- *rozptýlená zástavba* – pořizovací náklady na tento typ zástavby jsou značné i kvůli hlubokému založení stokových sítí. Tlaková i podtlaková kanalizace se vede v menších hloubkách a není potřeba přesně kopírovat sklon terénu, vycházejí tedy pro tento typ zástavby výhodněji;

- *hustota inženýrských sítí / široké ulice* – alternativní způsoby odkanalizování nabízejí mělčí založení, menší profily a možnost v případně širokých ulic odkanalizovat každou stranu ulice zvlášť;
- *oblasti s nepříznivými geologickými podmínkami* – oblasti kde hluboké založení gravitační kanalizace není ekonomicky výhodné – v oblasti kde se nachází zemina ve vysoké skupině těžitelnosti.

Naopak za nevýhody alternativních způsobů se považují především:

- *provozní náročnost* – množství poruch a nepřetržitý dohled na systém trápí většinu provozovatelů. Systém je možné označit za automatický, ale vzhledem k množství mechanických součástí jsou poruchy velmi časté a je potřeba častých zásahů techniků;
- *neznalost výhod alternativních způsobů* – zde je cítit jistá nejistota ve funkčnosti jak ze strany provozovatelů (často investorů). Za další je nutné podotknout, že provozní zkušenosti provozovatelů jsou malé;
- *nevhodnost pro odvádění dešťových vod.*

Rozlišujeme tři způsoby alternativního odvádění odpadních vod:

- podtlaková kanalizace;
- tlaková kanalizace;
- gravitační maloprofilová kanalizace – u nás se však tento způsob odkanalizování nevyužívá.

Tyto jednotlivé způsoby odvádění OV jsou navrhovány především v příměstských a venkovských, často rozptýlených zástavbách. Jeví se také jako možnost odkanalizování rekreačních středisek a míst kde je nutné dodržet stoprocentní těsnost potrubí (různá ochranná pásma, např.: zdrojů pitné vody). Způsoby výše uvedené jsou předmětem této bakalářské práce. Jsou blíže popsány v následujících kapitolách, výjimkou budiž maloprofilová kanalizace, která v ČR nenachází velkého uplatnění a je využívána především v Austrálii. Obecně však platí, že alternativní způsoby se navrhují především na splaškové vody nikoli dešťové vody, ty jsou odváděny jiným způsobem.

2.3 Shrnutí kapitoly

Způsoby odvádění odpadních vod je rozděleno do dvou základních skupin a to tradiční a alternativní způsoby. Klíčovou roli při návrhu hrají jisto jistě ekonomické aspekty a v neposlední řadě technická proveditelnost. S nynějším stavem v oboru, kdy je kladen důraz na rekonstrukce a obnovy stávajících stok, je čím dál více v popředí mysli uvažováno se zmírněním negativních dopadů splaškových vod na životní prostředí i v odlehlejších oblastech, které byly doposud opomíjeny. Proto oblastí likvidace odpadních vod a tím i jejich dopravou, je nutné se neustále zabývat, vyvíjet nové technologie a ty stávající zdokonalovat. Každý ze způsobů odvádění odpadních vod má svá specifika a je proto nezbytně důležité posoudit stavy momentální, ale i budoucí. S přicházejícími pozvolnými změnami klimatu naší planety, bude otázka likvidace odpadních vod stále aktuálnější. Základním posláním kanalizačních stok, je odvádět znečištěné a infikované vody z území, kde by mohli mít negativní dopad na veškerou faunu a flóru. Ideálním příkladem stok by byly stoky vodotěsné, stoky s malými hydraulickými ztrátami, s téměř žádnou energetickou náročností, s vysokou životností a malými provozními nároky.

Ke zlepšení stavu životního prostředí přispívá momentálně i Evropské společenství dotačními programy na obnovu čistíren, rekonstrukce stok, rekultivaci recipientů a výstavbu nových kanalizací v obcích do 2000 EO.

3 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODVÁDĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Jak je uvedeno v kapitole 2.2.2 rozlišujeme celkem tři alternativní způsoby. V práci jsou blíže specifikovány dva z těchto způsobů společně s jejich vyhodnocením, jako jsou klady a zápory, s ukázkovým návrhem těchto systémů, s výpočty a výkresovými přílohami. Pro posouzení vhodnosti jednotlivých variant odkanalizování obcí je důležité vytvořit studii a v ní zhodnotit:

- ekonomické hledisko;
- rizikovitost, poruchovitost, životnost;
- náročnost z hlediska realizace, provozování, údržby.

K další fázi projektu je potřeba zajistit následující podklady:

- územní plán města;
- mapové podklady – 1:50 000, 1:25 000, 1:5 000, KN v měřítku 1:1 000;
- informace z katastru nemovitostí;
- průzkum místních terénních podmínek;
- informace o stávajících sítích v obci a připojenosti jednotlivých budov;
- projednání s budoucím provozovatelem, investorem a získání představy o jeho nárocích a požadavcích.

3.1 Podtlakové kanalizace

Prvním ze zmíněných systémů, který je zde v práci popsán a vysvětlen je systém podtlakové kanalizace, včetně jednotlivých částí a prvků. Na závěr kapitoly je připojena řešerše konkrétního systému v obci Lužany (u Přeštic), kde společnost ČEVAK a.s. provozuje venkovní podtlakovou stokovou síť. Je připojena fotodokumentace jednotlivých objektů. Tento podtlakový stokový systém je dle dostupných informací jediná fungující síť v západních Čechách. Podtlakové systémy se nacházejí v řadě dalších obcí, například Veltrusy u Prahy, Velký Osek, Opatovice a dalších.

3.1.1 popis systému podtlakové kanalizace

Podtlakové systémy jsou větvené trubní systémy, které využívají záporného tlakového spádu k dopravě odpadních vod. Zdrojem podtlaku jsou tzv. vývěvy instalované v podtlakové stanici. Díky vzniklému podtlaku a jeho síle, je možné uplatnit specifický podélný profil pro uložení potrubí a odčerpávat splašky ze sběrných šachet. Lze tedy tvrdit, že pro podtlakový systém je specifický právě podtlakový ventil a podélný profil uložení potrubí. Přechodovým místem mezi gravitačním a podtlakovým systémem je sběrná šachta, ve které je osazen podtlakový ventil. Kromě konstrukce a způsobu otevírání se podtlakové ventily liší také průchodností a tedy nasávací schopností (výrobci a jednotlivé typy ventilů jsou uvedeny v dalších kapitolách). Tedy, ze sběrné šachty jsou splašky odsávány pomocí podtlakového ventilu. Od ventilu vede podtlakové přípojovací potrubí, které se napojí na některou z vedlejších sběrných nebo hlavních řadů podtlakového systému. Hlavní větve jsou dále zaústěny do podtlakové nádrže v podtlakové stanici, ze které splašky dále pokračují gravitačně nebo jsou přečerpávány na ČOV k dalšímu zpracování. [7]

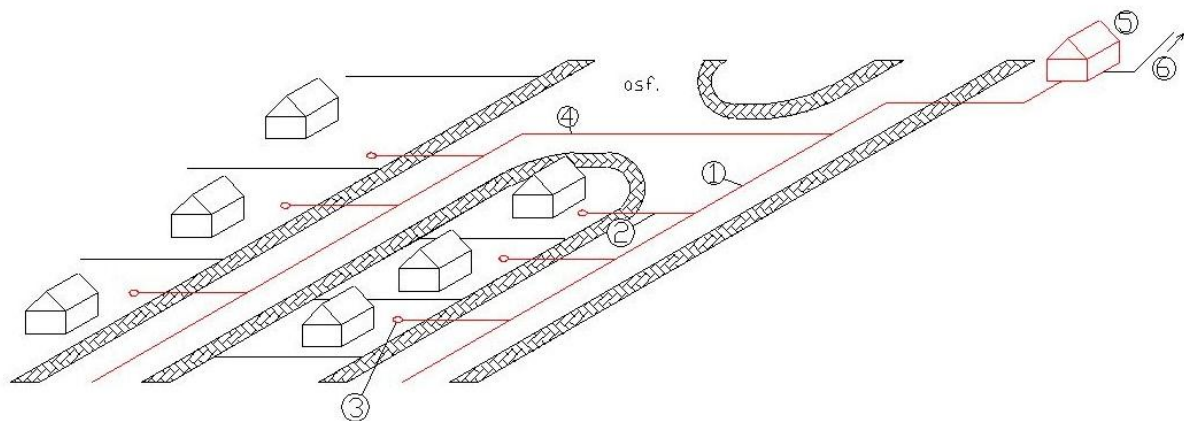
Tento systém je provozován pod podtlakem 40 – 80 kPa trvale udržovaným v podtlakových nádobách vytvářen podtlakovými vývěvami podtlakové stanice. Specifická je rovněž transportní rychlost kolem 6 – 8 m·s⁻¹. OV nejsou dopravovány „jednotně“ nýbrž po částech (porcích), tomu napomáhá daný podélný profil. Porce tvoří směs splašků a vzduchu. [13]

Podtlakovým systémem se zabývá norma ČSN EN 1091 „Venkovní podtlakové systémy stokových sítí“, kde jsou definovány pojmy, vymezené tolerance, požadavky kladené na podtlakové systémy, zkoušky a příklady výkresů jednotlivých částí.

3.1.2 Systém podtlakové kanalizace

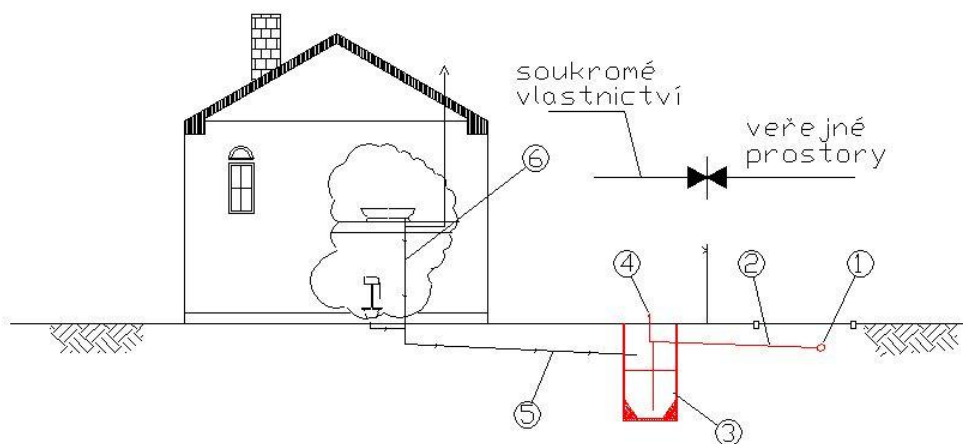
Podtlakové kanalizace se skládají z částí, jež tvoří ucelený funkční systém (Obr. 4):

- domovní gravitační přípojka;
- sběrná šachta;
- sací ventil;
- podtlaková kanalizační přípojka;
- podtlakové sběrné potrubí;
- hlavní podtlakový řad;
- podtlaková stanice;
- odtok z podtlakové stanice.



Obr. 4: Schéma trasování podtlakové kanalizace a napojení objektů [zdroj: Lazur]

1 – hlavní podtlakový řad, 2 – podtlaková kanalizační přípojka, 3 – sběrná šachta, 4 – podtlakové sběrné potrubí, 5 – podtlaková stanice, 6 – odtok z podtlakové stanice



Obr. 5: Schéma napojení rodinného domu na podtlakový řad přes sběrnou jímku se sacím ventilem [zdroj: Lazur]

1 – hlavní podtlaková stoka, 2 – podtlaková kanalizační přípojka, 3 – sběrná šachta s podtlakovým ventilem, 4 – zavzdušňovací potrubí, 5 – gravitační přítokové potrubí, 6 – vnitřní rozvody kanalizace

3.1.2.1 Domovní gravitační přípojka

Navrhování a realizace domovních kanalizačních přípojek všeobecně podléhá normě ČSN 75 6101 „Stokové sítě a kanalizační přípojky“. Norma uvádí, že každá nemovitost připojená na stokovou síť, by měla být připojena samostatnou domovní kanalizační přípojkou. Odvádění odpadních vod z více nemovitostí jednou sdruženou přípojkou je povoleno jen výjimečně a to se souhlasem provozovatele. Dále uvádí, že nejmenší jmenovitá světlost

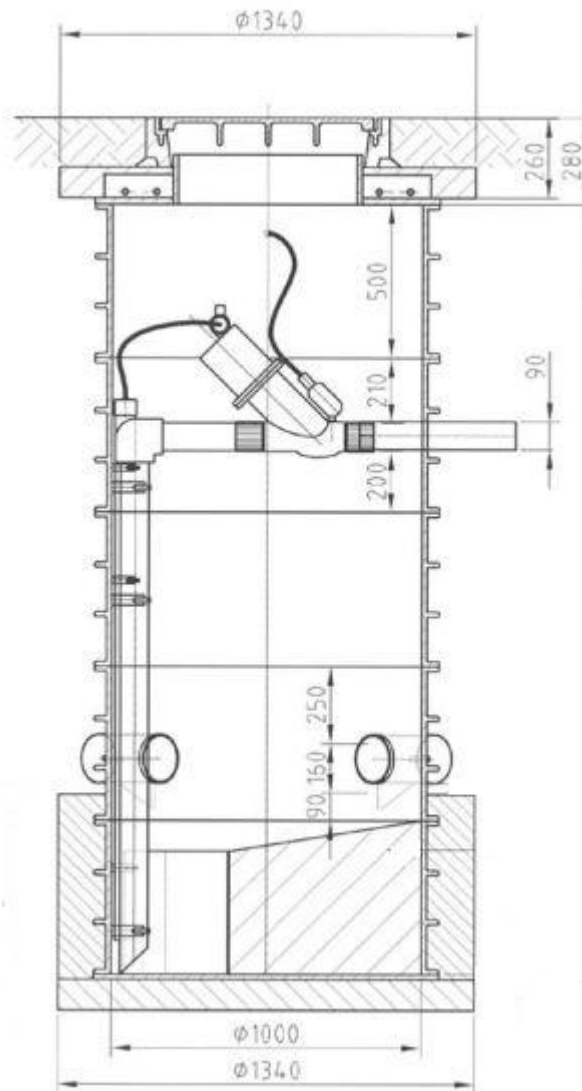
potrubí je DN 150, nejmenší dovolený sklon DN 200 – 10 ‰ a DN 150 – 20 ‰, naproti tomu největší sklon 400 ‰. Gravitační přípojka podtlakového systému musí být vodotěsná, aby nedocházelo k naředování splašků dešťovou vodou a tím ke zhoršení hospodárnosti celého systému. [9]

Z toho vyplývá, že dalším objektem systému je *sběrná šachta*, do které ústí gravitační přípojka.

Na přípojkách musí být osazen zavzdušňovací trubka, která nedovolí odsátí zápachových uzávěrů u ZTI v době provozu sacích ventilů.

3.1.2.2 Sběrná šachta

Šachty sběrné (SŠ) jsou provedeny jako vodotěsné šachty, to pro zamezení vniku balastních vod, nebo úniku splaškových vod do okolí šachty a tím kontaminace zeminy. Jsou budovány pro jednu či více nemovitostí k akumulaci splašků, od čehož se poté odvíjí návrhový objem. Sběrná šachta je vybavena podtlakovým ventilem a soustavou armatur s potrubím. Šachty mohou být rozděleny do jednotlivých prostorů dle využitelnosti a to do provozního prostoru, akumulačního prostoru (AP). Velikost AP je určena uvažovaným krátkodobým maximálním přítokem do SŠ anebo také uvažovanou dobou akumulace odpadních vod v době výpadku el. energie v podtlakové stanici. Avšak minimální objem AP je stanoven jako 60% celkového denního přítoku. [7]



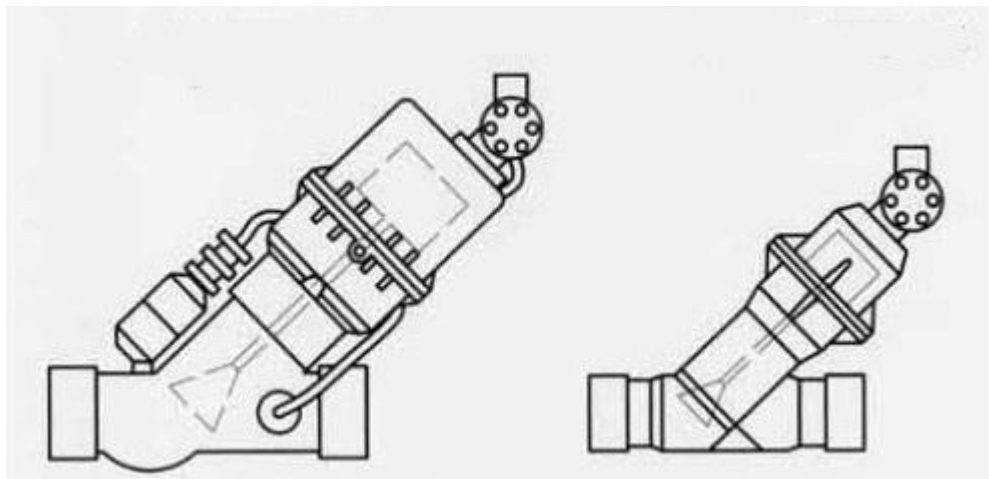
Obr. 6: Schéma šachty s umístěným sacím ventilem [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.]

3.1.2.3 Sací ventil

Sací ventil (SV), umístěný ve SŠ, je zařízení, sloužící k automatickému otevírání a uzavírání podtlakového potrubí. Otevírá se za účelem odsátí nahromaděných OV ve sběrné jímce. Jsou známy tři směry provedení ventilů – elektroventily ovládané plovákem, mechanické plovákové ventily a konečně nejčastěji využívané pneumaticky otevírané ventily (které se dále dělí na *membránové*, *pístové sací ventily*). Pístové ventily mají ve srovnání s druhým typem vyšší životnost pryžových těsnění a jsou mnohem odolnější při odvádění OV obsahující větší pevné části. Jak už bylo napsáno dříve, SV je element na hranici mezi podtlakovou a gravitační částí systému. Součástí systému podtlakového ventilu je i tzv. řídicí jednotka. Řídicí jednotka otevírá ventil ve chvíli, kdy hladina vody ve sběrné jímce dosáhne max. výšky a uzavírá ventil ve chvíli, kdy je odsáta veškerá voda ze sběrné jímky a je

zajištěna dodávka vzduchu do stokové sítě. Na poli podtlakových kanalizací se potkávají převážně tři typy kompletních systémů různých výrobců. Princip sacích ventilů je shodný, liší se však pouze v konstrukcích. Mezi výrobce sacích ventilů patří společnosti Airvac, Iseki, Roediger-Roovac, Flovac.

- AIRVAC – v provedení 3“ má průměr cca 80 mm a sací schopnost cca 2 l/s. za hodinu je tedy schopen odsát maximálně 5 m³ OV. Zavzdušnění ventilu je provedeno zavzdušňovací trubicí, která je vyvedena nad terén. Ventil je proveden jako pístový. K rozměru 3“ přibyl v průběhu let i 2“ a 1¼“. Ventily této firmy se vyrábějí v plastovém provedení, hřídele mají z nerez oceli se speciálním uložením a elastomerním těsněním. Součástí ventilu je „styčné“ ovládací potrubí sloužící pro snímání hladiny v jímce. Ventil pracuje automaticky, při určitém nastoupaní hladiny OV dojde k malému přetlaku v potrubí přenášející signál do řídicího centra ventilu. Signál aktivuje trojcestný ventil, který připustí spuštění podtlakového procesu v šachtě. Protože je třeba, aby za porcí splašků bylo prisáto i trochu vzduchu, je ventil vybaven i „časovačem“. Časovač určuje dobu otevření ventilu po odsátí splašků a tím množství vzduchu. Zde platí přímá úměra – čím delší potrubí, tím je potřeba více prisátého vzduchu. Po skončení cyklu uzavírá ventil silná pružina. [7]



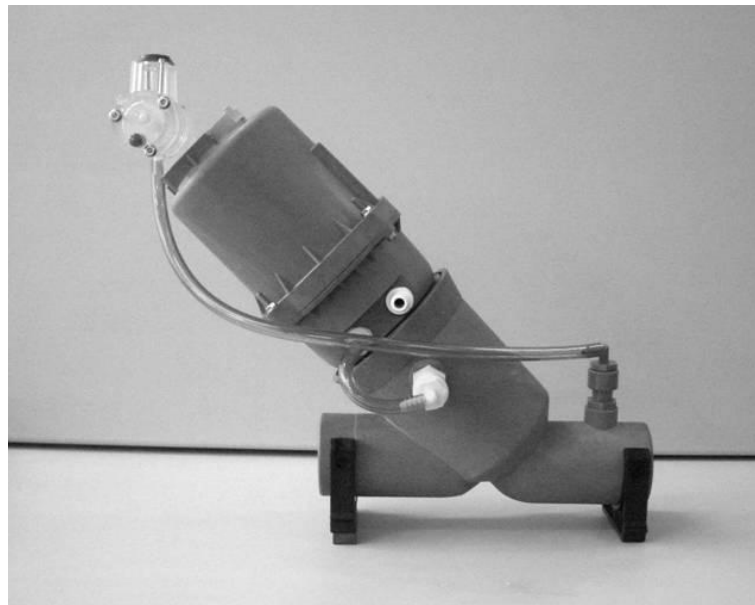
Obr. 7: Schéma podtlakového ventilu AIRVAC 3“ a 2“ [zdroj: VAK-KAN, s.r.o.]

- ROEVAC – pneumaticko-membránový typ ventilu, pracuje na základě změn tlaku. U ventilu je taktéž přítomna řídicí jednotka. Firma ROEDIGER ventil vyrábí jako 2“ a 3“ ventil. Ventily nepotřebují ke své činnosti elektrickou energii. Ventil vyrábí německá společnost Roediger vacuum. [14]



Obr. 8: Sací ventil systému ROAVAC [zdroj: Roediger Vacuum GmbH]

- dalším sacím ventilem užívaným u nás je systém od firmy FLOVAC. Disponuje systémem „Easy Clip“ pro správnou regulaci průtoku ventilu. Tento systém eliminuje případné netěsnosti díky správné poloze vakuového těsnění mezi ventilem a regulátorem. Systém rovněž nabízí jednoduchou opravu poškozených částí, díky možnosti výměny jednotlivých komponentů ventilu. Avšak principem se podobá ventilu AIRVAC a proto ho zde není třeba dlouze představovat. [15]



Obr. 9: Sací ventil systému FLOVAC [zdroj: FLOVAC Deutschland GmbH]

3.1.2.4 Podtlaková kanalizační přípojka

Je to potrubí mezi podtlakovým ventilem a vedlejším nebo hlavním řadem sběrného potrubí. Profil toho potrubí je shodný s vnitřním profilem ventilu. Potrubí se běžně vyrábí z polyetylenových (PE) a polyvinylchloridových (PVC) trubek, běžně certifikovaného pro 10 a 16 baru. Potrubí je ukládáno s klesajícím sklonem 0,2% do max délky 15m od ventilu. U podtlakových kanalizačních přípojek musí být minimální vzdálenost mezi vrcholovými výškami lomy 1,5 m. [16]

3.1.2.5 Podtlakové sběrné potrubí

Pod tímto pojmem jsou ukryty veškeré potrubí, provozované s podtlakem. A to jak hlavní, tak vedlejší řady systému, do kterých jsou zaústěny podtlakové přípojky od nemovitostí. Hlavní řady se zpravidla dimenzují tak, aby odolávali zemním tlakům, dopravnímu zatížení, dynamickému zatížení, podtlaku při provozu a vzlaku. Průměry bývají navrhovány od DN 65 – DN 200 (největších průřezů se však v našich podmínkách dosahuje zřídka). Využívá se převážně trub z PVC nebo PE s atestem na přetlak PN 10. Potrubí je ukládáno do nezámrazné hloubky, tedy od hloubky 1,2 m. Je navrhováno jako větvový systém, okruhový nepřichází u podtlakové kanalizace v úvahu. Jednotlivá potrubí vedlejších a hlavních řadů jsou napojováno zpravidla odbočkou shora do hlavního řadu ve směru toku. Na potrubí je nutné také zřizovat kontrolní místa (tzv. inspekční šachty), uzavírací kusy, pro případ poruchy.

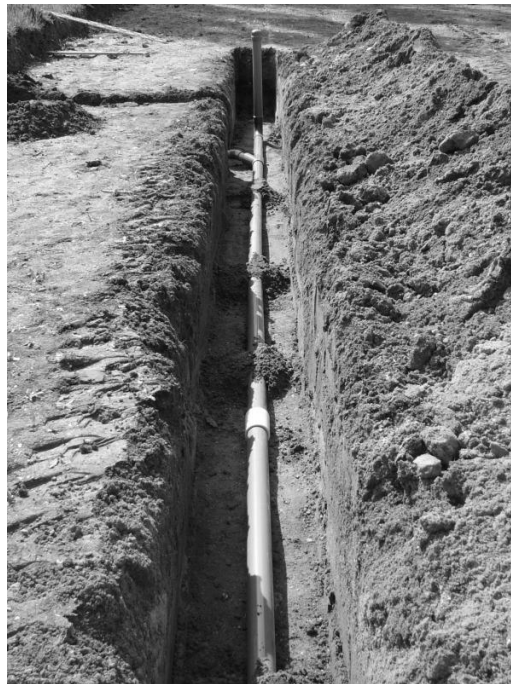
U podtlakového potrubí je specifický podélný profil (Obr. 12). Je zde využíváno tzv. zdvihů za účelem co nejmělkčího založení. Další funkcí těchto zdvihů je shromažďování splašků v nejnižších bodech „v protispádu“. Ty by měli uzavřít celý profil trouby, aby ji proudící vzduch posouval a vytlačil přes následující výškový bod. Dle normy ČSN EN 1091 musí mít potrubí minimálně 2‰ sklonu. V absolutní rovině lze zvednout niveletu potrubí pomocí zdvihu každých cca 150 m o cca 0,4 m. Skokem se dostáváme na původní hloubku založení. Výškové změny se provádějí pomocí 45° kolen nebo pomocí speciální tvarovky „skok“.

Dle DWA-A 116 se rozlišují tři typy podélných profilů:

- vlnový profil – je vytvořen „ohnutím“ trubky bez tvarovek;
- zubový profil – je zvaný taktéž „pilový“, zuby jsou tvořeny tvarovkami 45°;
- profil s „kapsami“ – je podobný zubovému profilu, avšak před 45° koleny se osazují U-kusy (tvarovky tvaru „U“), profil se využívá pro potrubní sítě do DN 100.

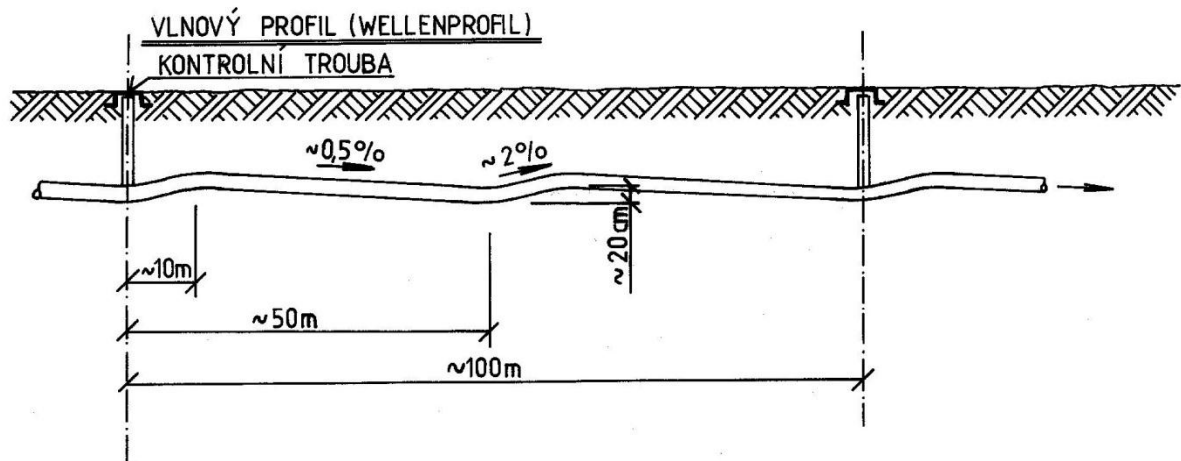


Obr. 10: Ukázka podtlakového potrubí - napojení přípojky do sběrného řadu s uzavírací armaturou [zdroj: Hejna]

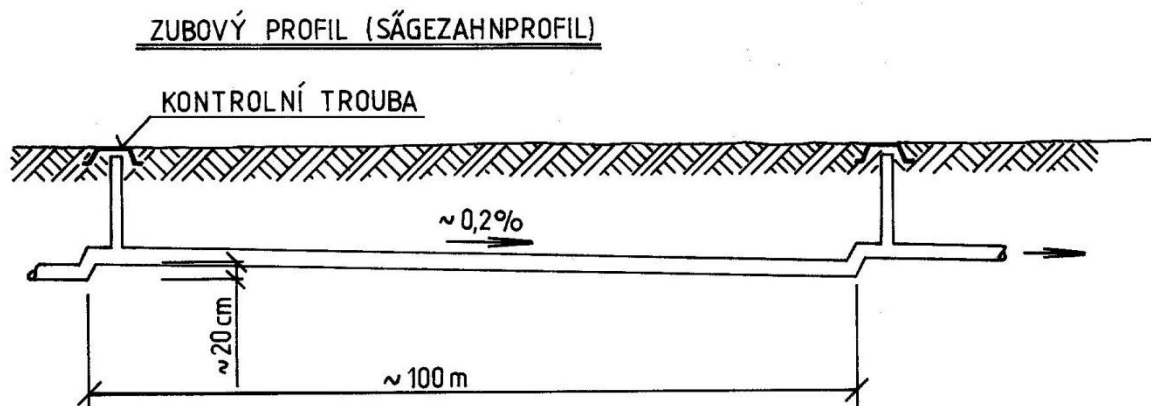


Obr. 11: Ukázka uložení podtlakového potrubí hlavního řadu [zdroj: Hejna]

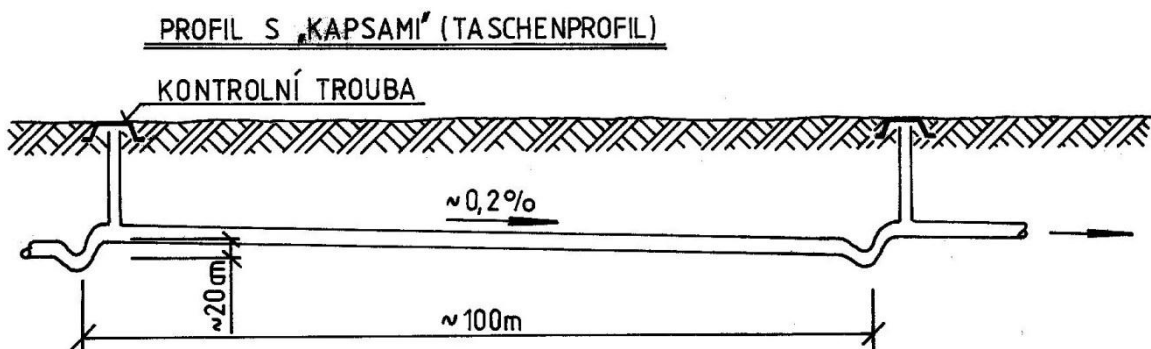
a)



b)



c)



Obr. 12: Podélný profil podtlakové kanalizace [zdroj: MZP]

- a) vlnový profil
- b) zubový profil
- c) profil s „kapsami“

3.1.2.6 Podtlaková stanice

Zdění objekt, obvykle nadzemní, obdélníkového půdorysu se sedlovou střechou. Je možné objekt založit jako podzemní stanici. Toto rozhodnutí záleží na místních podmínkách a požadavkům investora, potažmo projektanta. Instalovaným zařízením je objekt podobný běžným čerpacím stanicím. Sestává se ze sběrného tanku, vývěv, výtlačných čerpadel OV, řídicího zařízení, potrubních rozvodů, záložní generátor.

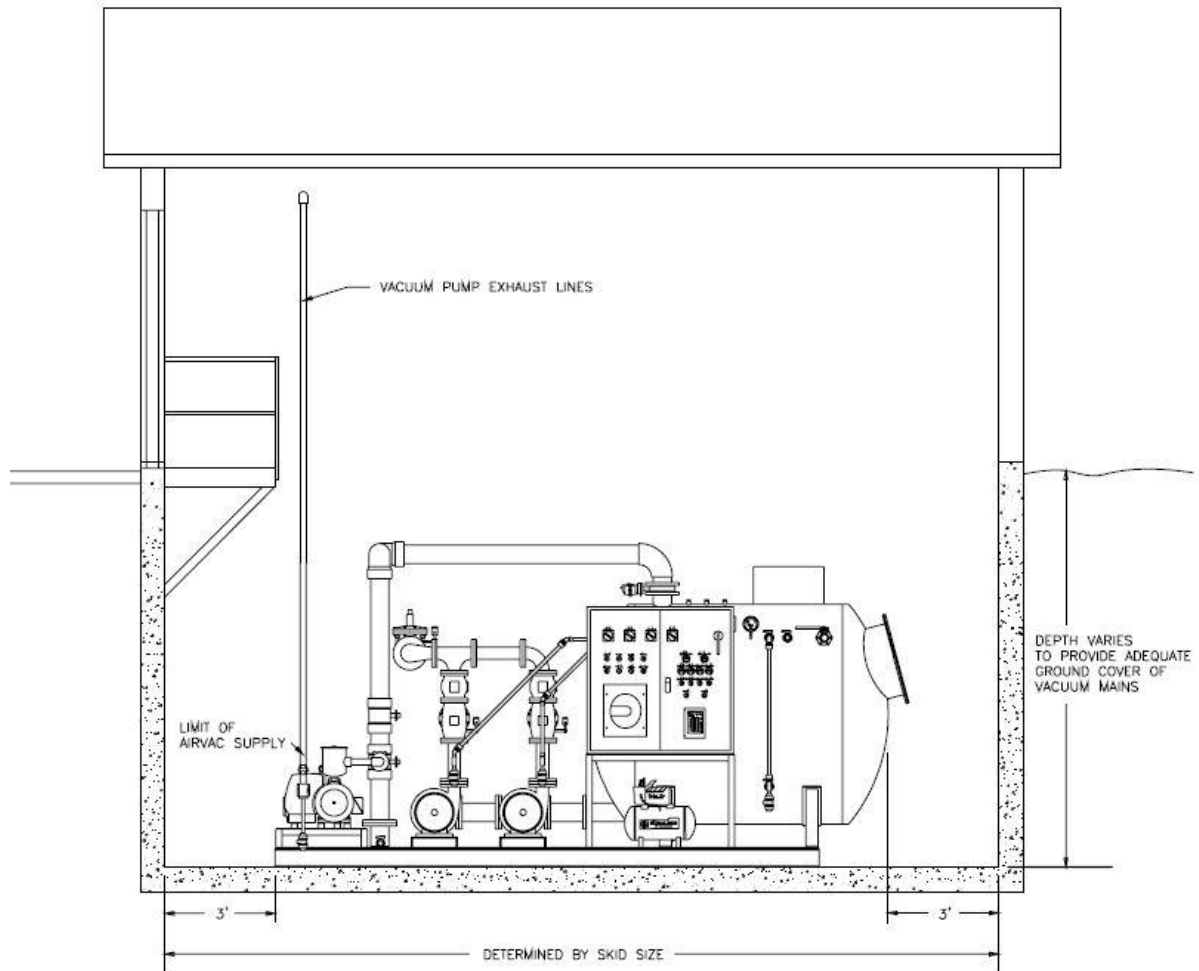
Obvyklé provozní podmínky v daném systému se uvádějí dle výrobců a technických listů v rozmezí 40 – 70 kPa. V případě nutnosti čištění odsátého vzduchu je možné odfuk z vývěv osadit biofiltrem. Systém AIRVAC vyžaduje pouze jeden zdroj elektrické energie a to ve sběrné stanici. Při návrhu podtlakové stanice, je dobré počítat se záložním generátorem pro případ výpadku veřejné sítě. V normě je objekt popsán jako objekt včetně zdroje podtlaku, podtlakové nádoby.

Jednotlivé technologické prvky podtlakové stanice:

- vývěvy – zdroj podtlaku. Rozeznáváme několik typů vývěv. *Rotační olejové* - vysoká výkonost, spolehlivost, jednoduchá údržba, *suchoběžné vývěvy* - mazány uhlíkem otírajícím se o rotující lamely, *vodokružné vývěvy* – odolné vůči nečistotám, *pístové vývěvy* – na principu rotujícího pístu, konstrukce je odolná vůči nečistotám, však hodně robustní, vývěvy dosahují hlubokého vakua. Vývěvy vyrábějí především společnosti Becker, Busch, ORFE, Tuthill. Vývěvy odčerpávají vzduch z uzavřeného prostoru, a tím následně v prostoru vyvozují podtlak tedy nižší tlak než atmosférický. Vývěvy jsou jakýmsi srdcem podtlakového systému [17];
- podtlaková nádoba – do této nádoby ústí veškeré OV z podtlakové stoky. Je v nich udržován neustále podtlak okolo 40 – 70 kPa. Pokud čidlo snímající stav hladiny zaznamená potřebnou hladinu, jsou odpadní vody čerpány směrem ČOV. Čidlo také hlídá maximální hladinu, aby nedošlo k nasátí splašků do vývěv. V případě hrozícího nasátí splaškových odpadních vod vypne řídicí systém jednoduše vývěvu;
- výtlačná čerpadla odpadních vod – klasická kalová čerpadla, která přečerpávají v případě nutnosti vody na ČOV k dalšímu zpracování. Je možné využívat i kompresorů pro pneumatickou dopravu splašků;
- řídicí zařízení – soubor elektro vybavení skýtající rozvaděče, tlaková čidla, servo-pohony šoupat. Systém může být nastaven na automatický chod, případně manuální;

- potrubní rozvody – potrubní rozvody v podtlakové stanici jsou tvořeny především ventilačním (odvzdušňovacím), podtlakovým, výtlačným potrubím;
- záložní generátor – pro případ výpadku elektrické energie se umísťují do podtlakových stanic náhradní agregáty, popřípadě jsou připraveny mobilní jednotky.

Obr. 13: Ukázka podtlakové stanice [zdroj: AIRVAC]



3.1.3 Ukázka podtlakového systému v praxi

V rámci bakalářské práce byla provedena rekognoscace fungujícího podtlakového systému. Ta spočívala v pochůzce po obci se zástupcem provozovatele a získání fotodokumentace podtlakové stanice, sacích ventilů a informacích o provozu. Podtlakový systém stokových sítí se nachází v obci Lužany v okr. Plzeň – jih. Jeho provozovatelem je vodohospodářská společnost ČEVAK a.s. se sídlem v Českých Budějovicích. Projekt vypracovala společnost VAK-KAN s.r.o. Litoměřice v roce 2000.

3.1.3.1 Popis podtlakového systému stokové sítě v obci Lužany

System v obci Lužany byl budován (jako každý podtlakový i tlakový systém stokových sítí) jako oddílný systém s určením na splaškové vody. Podtlaková kanalizace v obci slouží ke shromažďování splaškových vod na jednom místě (podtlaková stanice) a následné čerpání těchto vod do gravitační kanalizace města Přeštice.

Stejně jako u všech těchto systémů je provozovatelem vyžadováno oddělení dešťových vod od splaškových. To ovšem ne všichni v obci respektují a napojují do kanalizace dešťové svody bez povolení.

Podtlaková stanice – k vytvoření a udržování podtlaku slouží v podtlakové stanici dvě vývěvy, přičemž jedna vývěva plně pokryje potřeby obce. Druhá vývěva proto slouží jakou 100% záloha. Provoz vývěv je řízen mikroprocesorovým regulátorem CRYTHERM AGB4. Vývěvy jsou připojeny potrubím DN 90 k podtlakové nádobě, odkud odsávají vzduch. Jedná se o olejové vývěvy. Z vývěv je vyvedeno potrubí, kterým je odváděn odsátý vzduch do atmosféry. Podtlak, který je v podtlakové nádobě se prostřednictvím připojeného podtlakového řadu propaguje až k podtlakovým sběrným šachtám, kde jsou instalovány sací ventily. Stanice je rovněž vybavena odvodňovací jímkou, která slouží ke sběru vod v podtlakové stanici. Z této sběrné jímky je voda odsávána za pomoci podtlakového ventilu 2“ do podtlakové nádoby.

Výtlač z podtlakové stanice do gravitační kanalizace – za pomoci vytvořeného podtlaku v nádobě a podtlakových řadech dochází ke shromažďování splaškových vod v podtlakové nádobě. Z této nádoby natékají splašky do tlakové nádoby. Po naplnění nádoby dojde k uzavření pneumatického šoupěte na nátok do nádoby a protože se jedná o pneumatickou dopravu splašků je objem vytlačen tlakovým vzduchem z kompresorů do potrubí výtlaču, které je zakončeno v šachtě gravitační kanalizace města Přeštice. Provoz je řízen mikroprocesorovým regulátorem CRYTHERM AGB4. Stanice je osazena dvěma tlakovými nádobami. V průběhu čerpání dochází k střídavému plnění a vyprazdňování jednotlivých nádob v závislosti na rychlosti jejich plnění. Přetlak z tlakové nádoby je odváděn do tlumiče hluku. V období, kdy je snížena produkce splaškových vod (v noci) dochází k „profouknutí“ výtlačného potrubí tlakovým vzduchem.

Regulace a měření – pracovní režim podtlakového okruhu zajišťuje kontinuální podtlakový regulátor, který slouží ke spínání vývěv a je nastaven pro pracovní rozsah v rozmezí

40 – 60 kPa podtlaku a je také určen pro hlášení poruchy „nízký podtlak“ a je nastaven na hodnotu 20 kPa podtlaku. Pracovní režim výtlaku je řízen rychlostí nátoků a výtlaku splašků v tlakových nádobách. Každá vývěva a kompresor mají hodinová počítadla.

Povinnosti provozovatele – provozovatel musí dle plánu kontrolovat a udržovat zařízení ve funkčním stavu. Týdně se musí provádět vizuální kontrola podtlakové a čerpací stanice se zřetelem na kontrolu stavu podtlaku v síti, stavu provozní kapaliny (vývěv, kompresorů, přimazávače pneumatického ovládacího okruhu), kontrola teploty v podtlakové stanici (zejména v zimním období). Půlročně provozovatel provádí kontrolu jednotlivých komponentů podtlakové a čerpací stanice. Jedná se o vyčištění podtlakové nádoby a tlakových nádob od větších předmětů, prohlídku stavu kompresorů, vývěv a ostatních částí technologie. V ročních intervalech se provádí revize elektrického zařízení, dále je potřeba seřadit nainstalované podtlakové ventily za účelem optimalizace provozních nákladů.

Možné poruchy a jejich odstraňování – poruchy je možné rozdělit do dvou skupin. Do skupiny poruch v podtlakové a čerpací stanici a poruchy podtlakového potrubí. V první skupině máme poruchy jako „maximální hladina“ je v podtlakové nádobě příliš vysoká a neklesne-li do 20 minut pod určenou mez, dojde k odstavení celé podtlakové stanice. Příčinou může být částečně nebo úplně uzavřené šoupě na výtlaku (otevřít šoupě výtlaku), porucha elektromotoru nebo kompresoru, nebo porucha na ultrazvukovém snímači. Naopak se může vyskytnout porucha „nízký podtlak“. Tato porucha nastává, když po dobu 20 minut nepřekročí podtlak 20 kPa. Při poruše se také odstavuje celá podtlaková a čerpací stanice. Možnými příčinami poruchy jsou porušené podtlakové potrubí, neuzavřený ventil ve sběrné jínce, porucha elektromotoru. Poslední možnou poruchou jsou vývěvy či kompresory neschopné provozu.

Do skupiny poruch podtlakového potrubí je možné zařadit poruchy ventilů AIRVAC, poruchy samotného potrubí. Porušení podtlakového potrubí obvykle dochází při značných otřesech například vlivem zemních prací, průjezdu těžké mechanizace. Tato porucha se projevuje v podtlakové stanici jako „nízký podtlak“. Další možnou poruchou může být neotevření sekčního šoupěte. Poruchy ventilu AIRVAC. jsou to poruchy většinou spojené s neotevřením či neuzavřením ventilu. Ventil nezavírá – vadné řídicí centrum, ucpání sensorové trubky, ucpání sacího potrubí, zavzdušňovací potrubí je ucpáno, cizí předměty v těle ventilu a tím poškozená hřídel nebo ložisko atd.

Základní údaje o systému:

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| sběrné podtlakové potrubí: | 1 942 m |
| připojovací podtlakové potrubí: | 643 m |
| podtlaková kanalizace celkem: | 2 585 m |
| počet sběrných šachet: | 52 ks |
| počet ventilů 2“: | 23 ks |
| počet ventilů 3“: | 29 ks |
| podtlaková čerpací stanice: | 1 ks |
| maximální denní průtok OV: | 105 m ³ /den |

Podtlaková a čerpací stanice zabezpečuje provoz v celé lokalitě obce Lužany. Tato stanice je vyzbrojena technologií:

- podtlaková nádoba;
- tlakové nádoby;
- vývěvy;
- kompresory;
- propojovací potrubí a armatury;
- ovládání a regulace.

Podtlaková nádoba – je válcová nádoba stojící horizontálně na dvou nohách o objemu 8,8 m³. V horní polovině nádoby je zaústěno tangenciálně jedno podtlakové potrubí. Rozměry nádoby: průměr 1 800 mm, délka 3 800 mm.

Tlakové nádoby - tlaková nádoba je válcová nádoba stojící horizontálně na dvou nohách o objemu 200 litrů. Nádoba je osazena technologickými vstupy a výstupy. Velikost nádoby: průměr 800 mm, délka 1 150 mm. Počet jednotek: 2ks.

Vývěvy – jsou instalovány olejové vývěvy Rietschle VCAH 160. V podtlakové stanici jsou instalovány celkem 2 kusy. Výkon vývěvy: 160 m³/hod, výkon motoru: 4 kW.

Kompresory – instalované 2 kusy kompresorů ATMOS SE 80. Výkon kompresoru: 112 m³/hod, výkon motoru: 11 kW.

Propojovací potrubí – je provedeno z materiálu PVC průměrů 32, 63, 75, 110, 160, 200 mm a PN 1 MPa.

Ovládání a regulace – pro snímání výšky hladiny v podtlakové nádobě je použito ultrazvukové snímání hladiny. Pro ovládání vývěv je použito kontinuální měření tlaku.



Podtlaková stanice je rovněž vybavena zařízením pro přenos zpráv pomocí GSM sítě. Tím mohou být provozovatelé informováni o náhlých poruchách nebo výpadku stanice z provozu.

Sběrné tlakové potrubí – jedná se o potrubí z PVC s atestem na 1 MPa v dimenzích DN 63, 90, 110, 160, 200 s tvarovkami a armaturami. [18]

3.1.3.2 Fotodokumentace



Obr. 14: Podtlaková a čerpací stanice v obci Lužany [zdroj: Lazur]



Obr. 15: Řídicí a ovládací jednotka s rozvaděči [zdroj: Lazur]



Obr. 16: Kompresory ATMOS SE 80 [zdroj: Lazur]



Obr. 17: Tlakové nádoby s potrubím a armaturami [zdroj: Lazur]



Obr. 18: Sací ventil AIRVAC 2“ - kontrolní ventil [zdroj: Lazur]



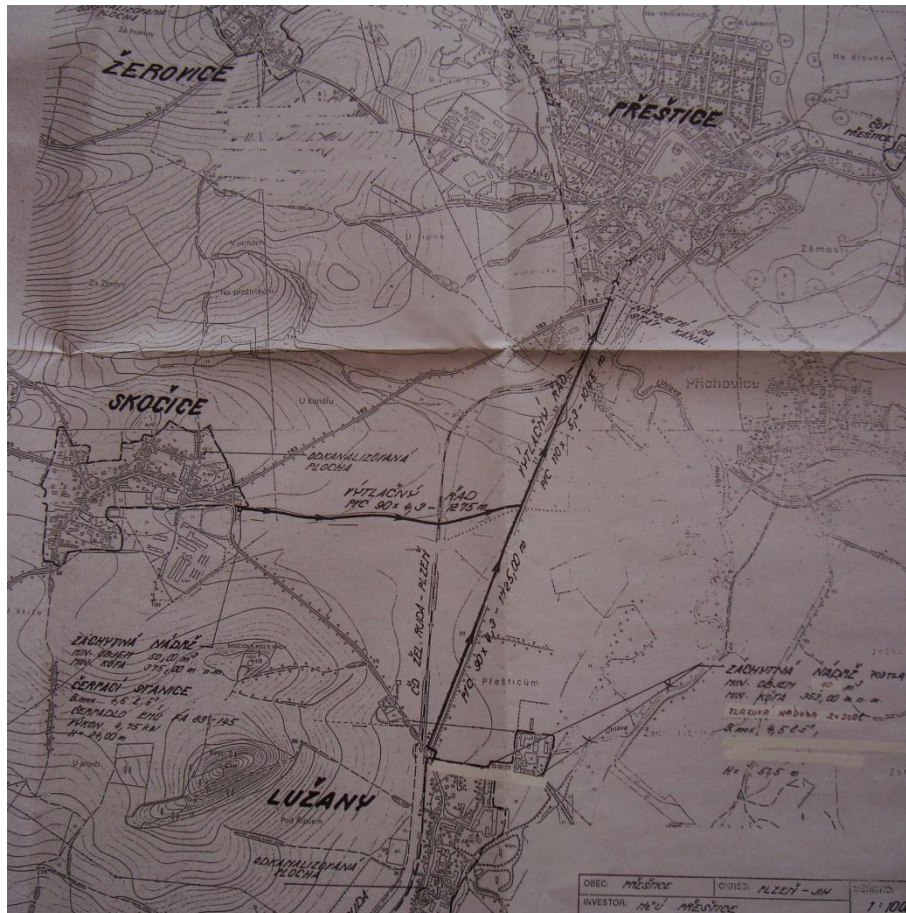
Obr. 19: Sací ventil AIRVAC 3“ ve sběrné jímce pro bytový dům [zdroj: Lazur]



Obr. 20: Podtlaková nádoba [zdroj: Lazur]



Obr. 21: Vývěvy RIETSCHLE VCAH 160 [zdroj: Lazur]



Obr. 22: Situace výtlaku z obce Lužany do Přeštice [zdroj: Lazur]

3.1.3.3 Shrnutí systému s provozovatelem

Provozovatel poskytl data týkající se provozování podtlakového systému a to jak deník poruch, tak finanční kalkulaci za uplynulá léta i s výhledem pro rok 2012.

Deník poruch (DP) za období 12. 1. 2012 – 23. 3. 2012 dává představu o provozu schopnosti systému. Za toto období je evidováno v DP 25 poruch, nebo běžných prohlídek. Jedná se o záznamy běžné údržby podtlakové stanice, i poruchy vzniklé provozováním a jejich odstraňování. Například za období extrémních mrazů v letošní první polovině února bylo nutné rozmrazovat odpadní vody v potrubí. Zde provozovatel shledal nevýhodu v podtlakovém systému. Mělké založení sběrných šachet (a to jak prefabrikovaných betonových, tak plastových) má za následek ono zamrzání systému. SV se po namrznutí neuzavírají, nebo naopak neotevírají. Systém nemá žádný informační program pro identifikaci problému jednotlivých SV. Proto je vyhledání jednoho „vadného“ sacího ventilu časově náročné. Je zapotřebí uzavřít jednotlivé větve obcházet jednu sběrnou šachtu za druhou. Proto

nyní provozovatel jedná o možné realizaci dispečinku jednotlivých šachet, což by snížilo provozní náklady a usnadnilo opravy. Investiční náklady jsou ovšem značné.

Dalším problémem bývá ucpaná kanalizace, či ucpané sběrné jímky. Vzhledem k typu „mokrá jímka“ není ani čištění jednoduchou záležitostí a vyžaduje pojízdný tlakový vůz na ostřík šachty a fekální vůz pro vyčerpání splašků. I to je časově i finančně velmi náročné.

Finanční kalkulace pro výpočet vodného a stočného dává přehled o veškerých potřebách pro chod podtlakového systému v obci Lužany. V následující tabulce bude zastihnuta jak cena vodného a stočného, tak finanční nároky na jednotlivé soubory nákladů.

Tabulka 2: Kalkulace cen pro vodné a stočné obce Lužany [zdroj: ČEVAK, a.s.]

| Položka | rok | 2009 | 2010 | 2012 |
|---|-----|------------|------------|----------|
| | | skutečnost | skutečnost | odhad |
| Materiál [Kč] | | 18821,4 | 203095,1 | 154038,0 |
| Energie [Kč] | | 136224,4 | 115985,0 | 140000,0 |
| Mzdy [Kč] | | 75387,1 | 54408,3 | 62514,0 |
| Ostatní přímé náklady [Kč] | | 281547,1 | 88711,5 | 92113,0 |
| Výrobní režie [Kč] | | 18030,1 | 18647,3 | 14553,0 |
| Správní režie [Kč] | | 29538,7 | 31142,9 | 24255,0 |
| Úplné vlastní náklady [Kč] | | 559548,8 | 511990,1 | 487473,0 |
| | | | | |
| Voda fakturovaná [m ³] | | 19181,0 | 19224,0 | 14700,0 |
| Jednotkové náklady [Kč/m ³] | | 29,2 | 26,6 | 33,2 |
| kalkulační zisk [Kč] | | -45882,6 | 7422,9 | 73121,0 |
| Vodné a stočné [Kč/m ³] | | 26,7 | 27,0 | 38,1 |

Celkově provozovatel není se systémem spokojený. Problémy se sacími ventily a poruchy v podtlakové stanici jsou důvodem častých výjezdů techniků. Mnoho sběrných šachet není na obecním pozemku a není k nim tudíž snadný přístup. V době nepřítomnosti majitelů pozemku je kontrola šachty nemožná. Podtlaková stanice je umístěna vedle bytových domů, což při profuku sítě vyvolává nepříjemný zápach v okolí objektu. To je nově řešeno zápachovým biofiltrem. Podtlakový systém stokových sítí vyžaduje určitý druh spolupráce s připojenými osobami. Při nevoli občanů připojených k tomuto systému mohou vznikat nepříjemné situace pro provoz.

Dále provozovatel shledává nevýhodu ve vysokých cenách náhradních dílů, které jsou dle jeho slov velmi vysoké. Řešení, které se v obci nabízí je svedení gravitační stokovou sítí

splašky doprostřed obce a poté čerpání na ČOV Přeštice výtlakem. To je nyní finančně nákladné, a proto bude i nadále v provozu podtlakový systém stokových sítí.

3.1.4 Navrhování venkovního podtlakového systému stokových sítí

Navrhování těchto systémů se řídí především normou ČSN EN 1091. Ta vymezuje všeobecné pravidla k dimenzování potrubí, navrhování podélného profilu potrubí, hydropneumatickému návrhu, podtlakové stanici. Dále je možné systémy navrhovat dle německých pracovních listů DWA – A 116. Také se využívají k dimenzování trubní sítě postupy vytvořené výrobcí dodávající technologii (AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL).

3.1.4.1 Postup dle DWA – A 116

Dimenzování potrubí – potrubí se dimenzuje na odolnost vůči zemním tlakům, dopravnímu zatížení, dynamickému zatížení, podtlaku při provozu a zkoušení systému. Minimální jmenovitý tlak plastového potrubí musí být 0,6 MPa. Vyšší hodnoty přicházejí v úvahu, pokud teplota média nebo potrubí bude dlouhodobě vyšší oproti normálnímu stavu.

Potrubí je navrhováno z PE na SDR tř. 11 a potrubí z PVC na SDR tř. 21.

Hydropneumatický návrh – v systému je navrhováno udržovat alespoň minimální permanentní podtlak. Tam kde je místními předpisy a vyhláškami zakázáno vypouštění hrubých látek do stokového systému, je v takovém systému navrhován minimální podtlak 20 kPa. Jinak má hodnotu 25 kPa. Sací ventily ovšem běžně operují s podtlakem 30 kPa, kdy dochází k jeho sepnutí a odsátí splaškových vod. Při běžné technologii nemá maximální doba znovuoobnovení podtlaku přesáhnout dobu 30 minut.

Návrh dimenze trubní sítě dle DWA – A 116 vychází ze vstupních údajů, kterými jsou geodetická výška, délka nejdelšího řadu, hustotě obyvatelstva, objemový poměr vzduch/voda. Při návrhu se dbá na dodržení samočisticí schopnosti. Při návrhu se dále zohledňují statické i dynamické poměry na síti.

Výpočet vychází z předpokladu plně „zatopeného“ průřezu potrubí. To znamená zatopených všech zdvihů od nejvzdálenějšího na hlavní větvi až po podtlakovou stanici. Z tohoto předpokladu vzejde maximální ztráta hydrostatického tlaku. Tento tlak by neměl překročit ve výsledném součtu všech zdvihů 40 kPa. V případech, kdy tyto podmínky nejsou zajištěny, navrhuje se automatická přivzdušňovací stanice. Tato stanice otevírá při poklesu podtlaku sací

ventil, čímž do systému pustí vzduch a následně dochází k pohybu splaškových vod. Střední poměr vzduchu a vody je závislý na hustotě obyvatelstva vztaženého na délku trasy. Dimenzování dle tohoto pracovního listu je omezeno na obce do 3000 EO s rovnoměrně rozptýlenými zdroji znečištění.

Postup: Z „Tabulka 3“ navrhujeme střední objemový poměr vzduch/voda (LWV) na hlavní větvi a poté na přípojkách úseků. Tento poměr se vždy směrem k podtlakové stanici snižuje. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí 2 až 15. Dále se napočítá střední objemový poměr vzduch/voda na koncích úseků dle vzorce:

$$LWV = \Sigma(Oi \times LWVi) / \Sigma Oi \quad (1)$$

| | | |
|-----|--------------|--|
| kde | O_i | počet EO úseku |
| | LWV_i | střední objemový poměr vzduch voda |
| | ΣO_i | suma EO úseků po proudu toku odpadních vod |

Poté dochází k samotnému návrhu dimenze potrubí. To se provede dle „ Tabulka 4“, kde se porovná LWV a počet připojených ekvivalentních obyvatel (EO). Dalším bodem návrhu je stanovení tlakových ztrát. Ty jsou nezbytné stanovit pro ověření schopnosti vývěv dopravit odpadní vody i z nejbližších sběrných jímek. Tato tlaková ztráta se stanoví jako suma všech výšek zdvihů. Zdvihy jsou běžně navrhovány do 100 m délky, avšak ne méně než 25 m.

$$h_i = n_i \times h_z \quad (2)$$

| | | |
|-----|-------|---|
| kde | h_i | max. výška vodního sloupce na úseku i [m] |
| | n_i | počet zdvihů na úseku |
| | h_z | výška jednoho zdvihu [m] |

Tímto postupem se stanoví jednotlivé ztráty úseků. Jednoduchým součtem výškových ztrát po trase nejdelšího úseku dostaneme maximální ztrátovou výšku v síti.

Tabulka 3: Směrné hodnoty k odhadu středního objemového poměru vzduch/voda na hlavním řádu

| Délka hlavní větve | Hustota obyvatelstva vztážená na délku stokové sítě | | | |
|--------------------|---|-----------|-----------|-----------|
| | 0,05 EO/m | 0,10 EO/m | 0,20 EO/m | 0,50 EO/m |
| [m] | Střední objemový poměr vzduch/voda (LWV) | | | |
| 500 | 3,5 - 7 | 3 - 6 | 2,5 - 5 | 2 - 5 |
| 1000 | 4 - 8 | 3,5 - 7 | 3 - 6 | 2,5 - 5 |
| 1500 | 5 - 9 | 4 - 8 | 3,5 - 7 | 3 - 6 |
| 2000 | 6 - 10 | 5 - 9 | 4 - 8 | 3,5 - 7 |
| 3000 | 7 - 12 | 6 - 10 | 5 - 9 | 4 - 8 |
| 4000 | 8 - 15 | 7 - 12 | 6 - 10 | 5 - 9 * |

* jen ve zvláštních výjimečně doporučených případech

Tabulka 4: Směrné hodnoty k odhadu jmenovité světlosti

| Střední objemový poměr vzduch/voda (LWV) | Jmenovitá světlost potrubí | | | | | | |
|--|---|---------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|
| | DN 65 | DN 80 | DN 100 | DN 125 | DN 150 | DN 200 | DN 250 |
| | Počet proti proudu připojených obyvatel | | | | | | |
| 2 | 0 - 110 | 0 - 350 | 250 - 600 | 350 - 900 | 500 - 1400 | 750 - 2100 | 1100 - 3000 |
| 4 | 0 - 65 | 0 - 200 | 135 - 340 | 200 - 500 | 300 - 800 | 400 - 1200 | 600 - 1650 |
| 6 | 0 - 45 | 0 - 140 | 95 - 240 | 140 - 350 | 200 - 550 | 300 - 820 | 400 - 1150 |
| 8 | 0 - 35 | 0 - 105 | 75 - 185 | 105 - 270 | 150 - 425 | 220 - 625 | 300 - 850 |
| 10 | 0 - 30 | 0 - 85 | 60 - 150 | 85 - 220 | 120 - 340 | 175 - 500 | 250 - 700 |
| 12 | 0 - 25 | 0 - 75 | 50 - 125 | 75 - 180 | 100 - 290 | 150 - 425 | 200 - 600 |

Podtlaková stanice – počet a výkon vývěv a výtlačných čerpadel je volen v závislosti na dopravovaných maximálních průtocích, se kterými je manipulováno. Minimální objem pro akumulaci podtlaku se vypočítá s ohledem na maximální četnost spínání zdrojů podtlaku a výtlačných čerpadel, jakož i na provozní rozsah podtlaku. Objem pro akumulaci podtlaku se pokryje podtlakovými nádobami.

Prvním krokem při návrhu podtlakové stanice je vyšetření maximálního průtoku odpadních vod. Ten je vyjádřen jako součin maximálního množství produkce OV od jednoho EO a počtem obyvatel, vyjádřeno následující rovnicí:

$$Qm = EO \times q \quad (3)$$

Maximální průtok vzduchu se vypočítá:

$$Qvz = Qm \times LWV \quad (4)$$

kde Qvz max. průtok vzduchu [l/s]
 Qm maximální denní průtok [l/s]
 LWV objemový poměr vzduch/voda

Pro návrh samotných vývěv se počítá s koeficientem bezpečnosti SF (1,2 – 1,5). Množství vzduchu $Q_{L,p}$, dopravované množství OV $Q_{s,p}$, počet kalových čerpadel n_s a vývěv n_L se stanovuje na základě podmínek:

$$Q_{s,p} \geq \frac{Q_s}{n_s - 1} \quad (5)$$

a

$$Q_{L,p} \geq \frac{Q_L}{n_L - 1} \quad (6)$$

Průtok vzduchu vývěvou:

$$Q_{L,p,s} \geq \frac{Q_{L,p} \times p_u \times 2}{p_{max} - p_{min}} \quad (7)$$

kde p_u atmosférický tlak [kPa]
 p_{max}, p_{min} absolutní tlaky podtlakové nádoby [kPa]

Pak minimální objem podtlakové nádoby se vypočítá:

$$V_n = \frac{0,25 \times Q_{s,p}}{f} \quad (8)$$

kde f je četnost sepnutí čerpadel

Nejmenší potřebný objem vzduchu V_L se vypočítá:

$$V_L = \frac{0,25 \times Q_{L,p,s} \times 0,5 \times (p_{max} + p_{min})}{(p_{max} - p_{min}) \times n_L \times f} \quad (9)$$

Od objemu podtlakové nádoby lze odečíst určitý objem přívodního potrubí V_p :

$$V = V_n + V_L - V_p \quad (10)$$

Podmínka pro posouzení objemu podtlakové nádoby:

$$V \geq 3 \times V_n \quad (11)$$

Výkon jedné vývěvy P_v a kalového čerpadla P_ε se vypočítá:

$$P_v = \frac{\left(\frac{K}{K-1}\right) \times Q_{L,p,s} \times 0,5 \times (p_{min} + p_{max}) \times \left[1 - \left(\frac{0,5 \times (p_{max} + p_{min})}{p_a}\right)^{\frac{K-1}{K}}\right]}{\eta_v} \quad (12)$$

kde K adiabatický exponent stavové rovnice plynu (vzduchu)
 η_v účinnost vývěvy (0,3 – 0,5 pro $p_{min} \geq 30$ kPa), účinnost čerpadel (0,2 – 0,5)

3.1.4.2 Postup podle AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL

Pro jednoduchou orientaci byly ponechány veškeré vzorce a indexy včetně popisů a tabulek v originálním znění.

Firma AIRVAC vypracovala postup pro jednoduchý návrh podtlakového systému. V první řadě představila tabulku doporučených maximálních průtoků a absolutních maximálních průtoků pro daný průměru potrubí, z čehož se dá vycházet při návrhu.

Tabulka 5: Doporučené a maximální průtoky na daný průměr potrubí [zdroj: AIRVAC]

| Recommended & Absolute Maximum Flow Rates for Various Pipe Sizes | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------------|
| Pipe Diameter (in) | Recommended Maximum Flow Rate (gpm) | Absolute Maximum Flow Rate (gpm) |
| 4 | 40 | 55 |
| 6 | 105 | 150 |
| 8 | 210 | 305 |
| 10 | 375 | 545 |

Další možností jak stanovit dimenzi potrubí je podle následující tabulky, která stanovuje maximální počet napojených domů na síť (na daný úsek).

Tabulka 6: Návrh dimenze potrubí dle počtu napojených domů na úseku [zdroj: AIRVAC]

| Maximum Number of Houses Served for Various Pipe Sizes (based on Rec'd Maximum Flow using a peak design flow of 0.50 gpm/house) | |
|---|-----------------------------------|
| Pipe Diameter (in.) | Maximum Number of Homes Served |
| 4 | 80 |
| 6 | 210 |
| 8 | 420 |
| 10 | 750 |

Všechny hlavní prvky jsou navrhovány podle špičkových průtoků. Špičkové průtoky jsou vypočteny:

$$Q_{max} = \frac{Q_a}{PF \times 1440} \quad (13)$$

kde Q_a průměrný denní průtok [gpd]
 PF špičkový koeficient
 Q_{max} maximální denní průtok [gpd]

Špičkový koeficient by neměl být menší než 2,5, vypočítá se podle vzorce:

$$PF = \frac{18 + \sqrt{\frac{EO}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{EO}{1000}}} \quad (14)$$

Lze také využít níže uvedené tabulky, avšak hodnoty nejsou úplně přesné, tabulka se využívá především pro prezentační účely a hrubý odhad návrhu.

Tabulka 7: Špičkový faktor PF [zdroj: AIRVAC]

| EO | Špičkový faktor PF |
|------|-----------------------|
| 100 | 4,25 |
| 500 | 4,00 |
| 1200 | 3,75 |
| 2500 | 3,50 |
| 5000 | 3,25 |
| 9000 | 3,00 |

Návrhová rychlost se uvažuje 15 – 18 fps, samozřejmě vyšší hodnoty zaručují samočistící efekt a naznačují, že pravděpodobnost ucpání systému je minimální. Statické a třecí ztráty podtlakového systému jsou navrženy tak, aby statické ztráty nepřekročily hodnotu 13 ft ani 5 ft ztrát třením. Statické ztráty vznikají použitím zdvihů a změn v profilu. Následující tabulka udává ztrátovou výšku ve zdvizích při užití jednotlivých dimenzí:

Tabulka 8: Doporučení výšky zdvihu [zdroj: AIRVAC]

| Recommended Lift Height | |
|-------------------------|---------------------|
| Pipe Diameter (in) | Lift Height (ft) |
| 3 | 1.0 |
| 4 | 1.0 |
| 6 | 1.5 |
| 8 | 1.5 |
| 10 | 2.0 |

Ztráty třením jsou počítány pouze pro systémy, které mají samospád 0,20 % – 2,0 %. Tyto systémy mohou mít problémy s akumulací splašků v síti. Pro řady s větším podélným sklonem jak 2,0 % se tyto ztráty zanedbávají.

Navrhování hlavních částí podtlakové stanice – návrh průtoku čerpací technikou se provede podle následujícího vzorce:

$$Q_{dp} = Q_{max} = Q_a \times PF \quad (15)$$

kde Q_{dp} čerpané množství [gpm]
 Q_{max} maximální průtok [gpm]
 Q_a průměrný průtok [gpm]
 PF špičkový faktor (obvykle 3,0 – 4,0)

TDH (Total dynamic head) se spočítá užitím standartních postupů. Nicméně je důležité uvažovat s potřebou překonání podtlaku v podtlakové nádobě. Na toto existuje jednoduchý vzorec:

$$TDH = H_s + H_f + H_v \quad (16)$$

Kde H_s statické ztráty (ft)
 H_f ztráty třením (ft)
 H_v podtlak v síti (ft)

Podtlaková nádoba je dimenzována na maximální přítok OV na podtlakovou stanici a je tedy potřeba zajistit její odpovídající objem pro zachycení tohoto množství. Díky tomuto lze podle AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL (ADM) uvažovat s čerpáním 4x za hodinu. Toto je reprezentováno vzorcem:

$$V_o = \frac{15 \times Q_{min} \times (Q_{dp} - Q_{min})}{Q_{dp}} \quad (17)$$

kde V_o provozní objem [gal]
 Q_a maximální denní průtok [gpm] = $Q_{min} / 2$
 Q_{min} minimální průtok [gpm]
 Q_{dp} čerpané množství [gpm]

K tomuto objemu je potřeba započítat bezpečnostní objem. Ten se započítá pomocí bezpečnostního koeficientu s hodnotou 3,0. Dalších 400 gal je přidáno jako rezervní objem podtlakové nádoby. Minimální doporučená velikost podtlakové nádoby je 1000 gal. Celý objem se pak spočítá jako:

$$V_{ct} = 3 \times V_o + 400 \quad (18)$$

Vývěvy se navrhnou dle empirického vztahu:

$$Q_{vp} = \frac{A \times Q_{max}}{7,5} \quad (19)$$

kde Q_{vp} množství dodávaného vzduchu vývěvami [cfm]
 Q_{max} maximální průtok [gpm]
 A faktor stanovený na základě délky hlavního řadu jak je uvedeno v následující tabulce

Tabulka 9: Faktor "A" pro návržení velikosti vývěvy [zdroj: AIRVAC]

| "A" Factor for Use in Vacuum Pump Sizing | |
|--|------------|
| Longest Line Length (ft) | "A" factor |
| 0 - 5,000 | 6 |
| 5,001 - 7,000 | 7 |
| 7,001 - 10,000 | 8 |
| 10,000 - 12,000 | 9 |
| > 12,000 | 11 |

Biofiltry – jedná se o jednoduché stavební dílo. Vývěvy vytvářející v systému podtlak a tím nasávají i nepříjemné pachy z potrubí. Při vypouštění znečištěného vzduchu do okolí

podtlakové stanice může zápach znepríjemňovat pobyt v blízkosti stanice. Proto se navrhují biofiltry s kůrou stromů, přes které „prochází“ znečištěný vzduch a tím ztrácí zápach. Tento způsob je levný, jednoduchý.

Tabulka 10: Návrh biofiltru [zdroj: Roediger Vacuum GmbH]

| Sací průtok vývěvy | Minimální půdorysná plocha filtru | Průměr výdechového potrubí ze stanice | Průměr rozvodného potrubí v biofiltru |
|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| [m ³ /hod.] | [m ²] | [mm] | [mm] |
| < 220 | 2.5 | 125 | 80 |
| < 440 | 5.0 | 125 | 80 |
| < 660 | 7.0 | 150 | 100 |
| < 880 | 9.0 | 200 | 100 |
| < 1100 | 12.0 | 200 | 100 |

3.2 Tlaková kanalizace

Druhý způsob kanalizačních systémů, který je v práci popsán, je odkanalizování území pomocí venkovního tlakového systému stokových sítí. Tento systém je v ČR hojně využíván především v modifikaci s gravitační stokovou sítí. Je využíván především pro menší územní celky, naproti tomu doporučená maximální velikost území je uvažována okolo 15 000 EO.

Stejně jako u venkovního podtlakového systému, tak i zde platí jistá nedůvěra v daný kanalizační systém. Na vině je především velké množství technických prvků systému a pocit jejich nedostatečné životnosti, případně větší poruchovosti. Tlakových úseků či celých systémů je v ČR nespočet. I tento fakt dává obraz o provozních zkušenostech a znalostech systému. [4]

3.2.1 Princip tlakové kanalizace

Tlaková kanalizace je popsána v normě ČSN EN 1671 „Venkovní tlakové systémy stokových sítí“. Princip venkovního tlakového systému stokových sítí spočívá v akumulaci splaškových vod v čerpací jímce, tedy domovní čerpací jímce (dále jen DČJ) a po akumulování dostatečného množství jejich čerpání do trubního systému. Tímto trubním systémem jsou splaškové vody čerpány na ČOV, kde jsou později likvidovány. Do DČJ jsou přiváděny splaškové vody gravitační přípojkou, do DČJ může být přivedeno více gravitačních přípojek z objektů. Poté dochází k plnění DČJ až na stanovenou hranici projektantem a díky systému

spínání a vypínání čerpadla (je popsáno dále) dochází k sepnutí čerpadla a čerpání splaškových vod tlakovou přípojkou dále do tlakového řadu až k cílovému objektu. Protože DČJ v sobě skrývá čerpadlo, je také nutné, aby k tomuto objektu byla dovedena elektrická energie, která je nezbytná pro chod čerpadel. Tato potřeba elektrické energie se dá označit za jednu z největších nevýhod celého systému. Při návrhu venkovního tlakového systému je tedy nutné počítat s možným výpadkem el. energie a v této závislosti navrhnou velikost DČJ aby nedošlo k havárii typu „vylití“ splaškových vod v objektech odkud jsou odváděny. Potrubní síť je primárně navrhována bez nutnosti přečerpávání až do koncového bodu samotného výtlačného řadu. Dvojití přečerpávání by samozřejmě zvyšovalo investiční i provozní náklady a ušetření investic by nemělo požadovaný efekt, někdy je ovšem přečerpávání nezbytné.

Výtlačné potrubí o průměru od 40 mm je dimenzováno tak, aby při určitém souběhu čerpadel došlo k rychlosti proudění vody min. 0,7 m/s, protože tato rychlost zaručuje takzvaný samočistící efekt výtlačného potrubí. [19]

System rovněž vyžaduje důsledné oddělení dešťových od splaškových vod z objektů. Dříve končila většina těchto vod ve společné domovní jímce – septiku. V závislosti na nežádoucím ředění vod a navyšování čerpaného množství je důležité svody oddělit. V tomto případě je navrhováno několik řešení, jedním z nich je například vyčištění a zachování stávajícího septiku jako nádrže dešťové vody například jako záchytnou nádrž užitkové vody. Poté vnitřní kanalizaci nově zavést do DČJ pro venkovní tlakový systém stokových sítí. V každém případě je v dnešní době trend staré septiky zavázat, protože samotné vyčištění a následná sanace jsou finančně náročné operace.

Blíže o každé samostatné části a prvku systému je pojednáno v dalších řádcích.

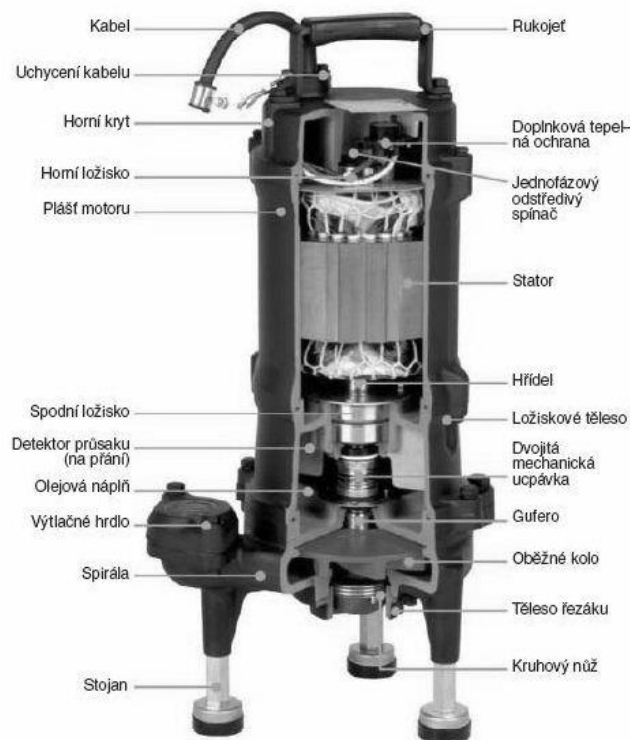
3.2.2 SYSTÉM TLAKOVÉ KANALIZACE

Systemy používané u tlakové kanalizace se dají rozdělit zejména podle předúpravy splaškových vod a topologie tlakové sítě.

System mechanického předčištění (SMP) – je system, ve kterém se odstraňují usaditelné částice a větší pevné kusy jako textilie, před samotným vstupem do čerpadla. Jde o system, kde jsou před čerpací technikou osazeny například česle nebo tzv. „předřazené“ septiky. Tento system nabízí výhodu zejména v oblastech, kde jsou odpadní vody likvidovány například v kořenových čistírnách. SMP příznivě snižuje hodnotu BSK₅ a NL. Lze zde po

odstranění tzv. primárního kalu využít ekonomicky příznivějších kalových odstředivých čerpadel. U konečného zpracování splašků u tohoto systému však narážíme na problém odbourávání amoniakálního dusíku. Nevýhodou se může jevit havarijní stav některých stávajících septiků, jejichž sanace by vyžadovala navýšení investic a to by bylo u mnoha investorů problematické zajistit. I proto se od SMP ustupuje k jinému systému, mělnicímu systému.

Mělnicí systém (MS) – systém využívá k přípravě odpadních vod na dopravu tlakovým potrubím speciální čerpadla vybavená řeznou soupravou. Čerpadla jsou vhodná pro odčerpávání surových odpadních vod s vláknitými příměsemi. Z odpadní vody je po průchodu čerpadlem „kaše“ schopná projít i malými trubními profily. [4]



Obr. 23: Čerpadla s řezacím zařízením – GF [zdroj: K+H čerpací technika]

Topologie tlakové sítě – rozlišujeme celkem 3 typy vedení tlakové kanalizace územím, a to větevná tlaková síť, liniiová tlaková síť, okružová tlaková síť.

Venkovní tlakový systém stokových sítí se skládá ze systému prvků a zařízení, které zde budou uvedeny v postupné řadě od zdroje splaškových vod, až po ČOV nebo místo napojení na gravitační síť:

- domovní kanalizační gravitační přípojka;

- domovní čerpací jímka;
- prvky čerpací jímky;
- tlaková kanalizační přípojka;
- tlakové kanalizační řady;
- prvky na tlakových kanalizačních řadech (kalníky, vzdušníky a další);
- stanice tlakového vzduchu.

3.2.2.1 Domovní kanalizační gravitační přípojka

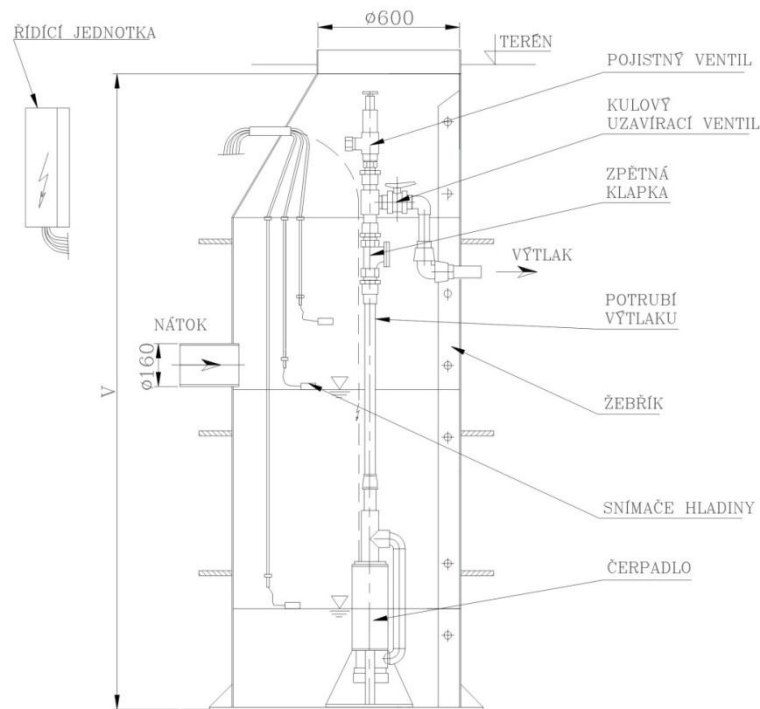
Stejně jako u podtlakové kanalizace i klasické gravitační stokové sítě podléhá i tato přípojka normě ČSN 75 6101 „Stokové sítě a kanalizační přípojky“. Norma říká, že každá nemovitost připojená na stokovou síť, by měla být připojena samostatnou domovní kanalizační přípojkou. Odvádění splašků z více nemovitostí jednou sdruženou přípojkou je povoleno jen výjimečně a to se souhlasem provozovatele. Dále uvádí, že nejmenší jmenovitá světlost potrubí je DN150, nejmenší dovolený sklon DN 200 – 10 ‰ a DN 150 – 20 ‰, naproti tomu největší sklon 400 ‰. Gravitační přípojka tlakového systému musí být vodotěsná, aby nedocházelo k naředování splašků balastními vodami a tím ke zhoršení hospodárnosti celého systému.

3.2.2.2 Domovní čerpací jímka

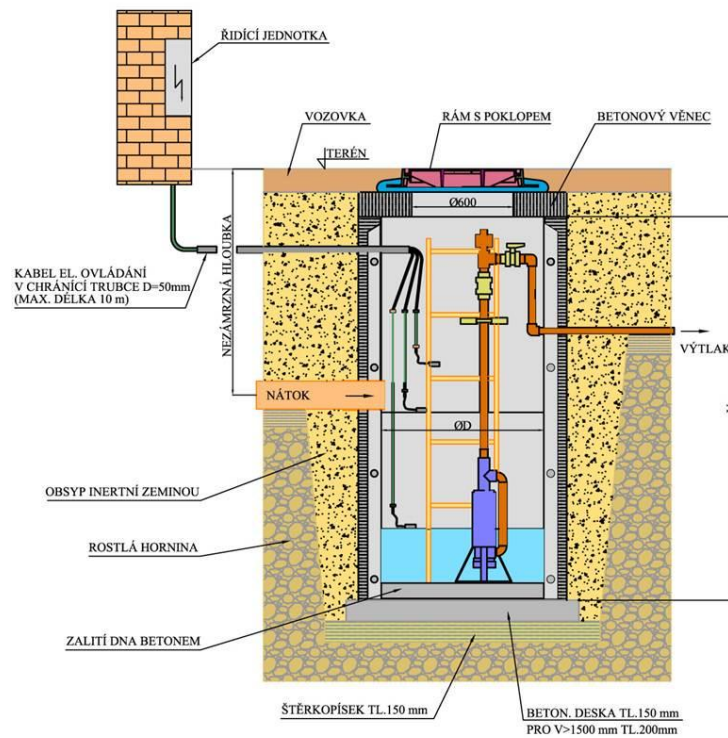
Dalším objektem ležícím za domovní kanalizační gravitační přípojkou je DČJ. Dle normy ČSN EN 1671 je popsána jako jímka, do které přitékají gravitačně odpadní vody. Tato jímka může mít formu sběrné nádrže nebo sběrné nádoby. Může na ní být napojen jeden nebo více objektů, od toho se poté odvíjí její objem.

Sběrná jímka se navrhuje jako kompletně zapuštěná nádrž či jímka v zemi s přístupem pro možnou kontrolu a výměnu prvků systému. Rozdíl mezi jímkami pro SMP a MS systém je především v řešení osazení čerpadla. Čerpadla mohou být v jímce umístěována jako do „mokrých“ jímek v případě MS, tedy ponořená do odpadní vody, nebo tzv. do „suchých“ jímek, pro případ SMP, tedy mimo odpadní vody. Navrhuje se z materiálů odolných proti splaškovým a tudíž agresivním vodám (např. polyesterové jímky, betonové jímky opatřeny vnější úpravou proti agresivním vodám). V důsledku možných anaerobních procesů dochází k tvorbě sirovodíku (H_2S). Celková konstrukce jímky by měla být vodotěsná, odolná vnějším

tlakům. Ve sběrné jímce jsou tedy osazovány čerpadla (jedno nebo více), snímače hladiny, potrubí a uzavírací armatury.



Obr. 24: Schéma sběrné šachty „STK“ [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.]



Obr. 25: Schéma sběrné šachty „STK“ [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.]

3.2.2.3 Prvky čerpací jímky

Čerpadla – v ČSN EN 1671 jsou uvedené příklady použitých čerpadel a to čerpadla s otevřenými vícekanálovými oběžnými koly s řezacím (mělnicím) zařízením, plunžrová čerpadla s řezacím zařízením, jednokanálová odstředivá čerpadla, čerpadla s otevřeným vířivým oběžným kolem. Nejčastěji se využívají ponorná kalová čerpadla s řezacím zařízením (v systému MS), umístěná v „mokrém“ jímce.

Za hospodárná jsou považována čerpaná množství do 4,0 l/s, při výtlačných výškách do 50 m v. sl.. Snahou je rovněž udržet potřebný elektrický příkon do 3,5 kW. Potřebný výkon P [W] čerpadla pro návrhové parametry je možné stanovit ze vztahu:

$$P = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{\eta} \quad (20)$$

| | | |
|-----|--------|---|
| kde | Q | čerpané množství [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] |
| | H | dopravní výška [m v. sl.] |
| | η | účinnost [1] |
| | ρ | hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] |
| | g | gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$] |

Skutečné parametry je nutné vyšetřit z pracovního bodu na Q – H charakteristice zvoleného čerpadla.

Odstředivá čerpadla (hydrodynamická) – u těchto čerpadel probíhá přeměna mechanické energie na energii tlakovou zprostředkovaně přes změnu kinetické energie. Kvůli využívání čerpadel pro znečištěné splaškové vody s hrubými nečistotami bylo důležité vyvinout takový tvar oběžného kola, který by bylo schopno transportovat jak hrubší částice, tak bylo schopno dosáhnout vyšších dopravních výšek. V SMP systému nacházejí uplatnění čerpadla schopná čerpat drobnější tuhé částice o velikosti zhruba 8 – 16 mm. Čerpadla pro surové splaškové vody jsou schopny čerpat částice o velikosti zhruba 5 – 7,5 cm. Oběžná kola čerpadel využívaných v MS propouští pouze menší částice, protože se v první řadě spoléhají na předřazený mělnič. Pro zabezpečení provozu v případě vzniku tzv. „zavřeného výtlačku“ je doporučováno navrtat stator otvorem cca 3 mm, který by zaručoval cirkulaci splašků kolem motoru a tím i jeho chlazení. Tzv. zavřený výtlačk může nastat v momentě výpadku elektrické energie a poté náhlému spuštění většího počtu čerpadel což „zahltí“ tlakovou přípojku, případně tlakový řad a tento jev může napodobovat uzavřený uzávěr např. na přípojce. [4]

Vřetenová čerpadla – hydrostatická axiální objemová čerpadla se šroubovicovitě utvářeným rotorem. Objemová čerpadla také nazývána jako hydrostatická zprostředkovávají přímou přeměnu mechanické energie v hydraulickou. Při této přeměně se uplatňuje Pascalův zákon („tlak vyvolaný vnější silou působící na povrch kapaliny je ve všech místech kapaliny stejný“). Mechanickým tlakem pohyblivého členu (píst, plunžr, ...) na kapalinu se zvyšuje její tlaková energie přímo, proto s velkou účinností. V porovnání s čerpadly hydrodynamickými mají vyšší účinnost, dobrá sací schopnost, při konstantních otáčkách dodávají stejný průtok prakticky nezávislý na tlaku, viskozita čerpaného média prakticky neovlivňuje dodávaný objemový průtok, při zavřené armatuře na výtlaku mají teoreticky nekonečně velký výkon. [20]

Tyto čerpadla usnadňují hydraulický návrh, díky na výtlaku téměř neměnnému čerpanému množství. V těchto čerpadlech nacházíme jistotu, že i při překročení návrhového zatížení bude odtok z DČJ zachován. [4]

Snímače hladiny – s řídicí jednotkou zajišťují automatické odčerpávání odpadní vody z DČJ. Snímání hladiny může být zajištěno měřicími sondami, plovákovými spínači, nebo kombinací těchto prvků. Čerpadla jsou nastavena na 2 hladiny a to zapínací a vypínací. Od tohoto jsou také odvozeny objemy v DČJ, jsou jimi havarijní, bezpečnostní, pracovní, mrtvý prostor. V dnešní době jsou systémy vybaveny jak světelným, tak zvukovým signálem pro sledování provozu čerpadla a stavu hladiny v DČJ, proudovým chráničem řídicí jednotky, čítačem provozních hodin. [21]

Potrubí a uzavírací armatury – potrubí v DČJ zahrnuje přívodní kanalizační gravitační přípojku (systémy KG, nebo HT), dále pak sestavu armatur na tlakovém potrubí (PE, PVC). Ta se skládá většinou z kulového uzávěru, zpětného kulového uzávěru, přepouštěcího ventilu, tvarovek. [22]

3.2.2.4 Tlaková kanalizační přípojka

Kanalizační tlaková přípojka je další částí venkovního tlakového stokového systému. Nachází se mezi DČJ a tlakovým řadem. Trasování tlakových kanalizačních přípojek probíhá obdobně jako u vodovodních přípojek, tedy v co nejkratší vzdálenosti, nejlépe kolmo na hlavní tlakový řad, zde je třeba respektovat také normu ČSN 73 6005 „Prostorové uspořádání sítí technického vybavení“. Tlaková kanalizační stejně jako ta gravitační spadá do vlastnictví vlastníka nemovitosti, ze které odvádí odpadní vody. Tlaková kanalizační přípojka je

napojována na hlavní tlakový řad vysazením odbočky T-kus při realizaci hlavního tlakového řadu, navrtávacím pasem, tzv. elektrotvarovkami.



Obr. 26: Elektrotvarovky ELGEF Plus PE 100 [zdroj: TEPER IMPORT s.r.o.]

3.2.2.5 Tlakové kanalizační řady

Všeobecně je dle ČSN EN 1671 tlakové potrubí tvořeno jako větvná síť nebo jeden rozvětvený výtlak. Tlakové potrubí by mělo kopírovat povrch terénu. Ve vrcholových bodech potrubí se navrhují zařízení na odvodu vzduchu tzv. vzdušníky. Veškeré potrubí je vyrobeno z PVC nebo HDPE, sklolaminátu, nerezové oceli, běžné i tvárné litiny. V případě korodujících materiálů je vhodné použít ochranné nátěry (např. epoxydovými pryskyřicemi, či cementovou vystýlkou).

Potrubí je ukládáno do nezámrazné hloubky, tedy do doporučené hloubky cca 1,2 m. Na tlakových řadách se umísťují po zhruba 300 m nebo ve spojných uzlech uzávěry pro případ nutnosti odstávky větve systému. Jednotlivé úseky by měly mít možnost gravitačního odvodnění. Proto je snaha při návrhu dbát na min. sklon 0,2 % směrem dolů, ke kalníkům. Podle ČSN 75 6101 navrhujeme tlakovou trubní síť na PN10. [4]

3.2.2.6 Prvky na tlakových kanalizačních řadech

Uzávěry – jako uzávěry jsou používána šoupátka, případně kulové uzávěry. Tyto armatury jsou vhodné zejména díky možnosti 100 % průtočného profilu. Ostatní uzavírací armatury jako například klapky nejsou doporučovány. Mohlo by na nich docházet lehce k zachytávání nečistot a tím zhoršení průtoku. Uzávěry se navrhují ve významných místech sítě, jako například na koncích větví, v místech křížení s komunikací, všeobecně tam, kde hrozí jakékoli riziko a v budoucnu by byla vyžadována oprava či odstavení úseku. [4]

Čistící vstupy – jsou umístovány na koncích větví a v místech změn průměrů potrubí. Čistící vstupy jsou vyvedené odbočky nad terén (často bývají doplněny vzdušníkem) do kterých se spouští čistící píst. Píst tzv. „ježek“ odstraňuje případné nečistoty uvnitř potrubí vzniklé převážně montážemi. Dalším možným způsobem jak vyčistit tlakové potrubí je vodou nebo vzduchem. [4]

Vzdušníky – tento prvek zastává stejnou funkci jako na vodovodních řadech, jsou na něj ovšem kladeny větší nároky na konstrukční řešení i vhodnost materiálu. Tento prvek zajišťuje trvale stabilní provozní režim v tlakových trubních systémech.



Obr. 27: Armatury Odvzdušňovací ventil [zdroj: HAWLE ARMATURY spol. s r.o.];

- a) odvzdušňovací ventil
- b) proplachovací ventil

Proplachovací hydranty a kalníky – servisní prvek trubní sítě. Kalníky umožňují vyprázdnění trubní sítě. Pomocí osazeného proplachovacího hydrantu na síti dosahujeme vyšší kvality vyčištění trubní sítě než tlakovým vzduchem.

3.2.2.7 Stanice tlakového vzduchu

Dle normy ČSN EN 1671 stanice tlakového vzduchu nebo také automatické tlakové stanice (ATS) napomáhá ke zlepšení průtoku čerpaných odpadních vod. ATS mohou být vybaveny kompresory, tlakovými nádobami (větrníky) a přetlakovými ventily nebo kompresory přímo napojenými na tlakové potrubí bez tlakové nádoby.

Základní úkol ATS zabránění nepříznivým chemickým a fyzikálním procesů a to především zamezení rozvoje anaerobních procesů a tvorbu usazenin v systému. Chemický proces může způsobovat siřičkovou korozi díky vyhnívání a kvašení organických látek v odpadních vodách. Těmto jevům lze zabránit pomocí tlakového vzduchu, občasným provzdušněním odpadní vody v trubní síti nebo výplachem odpadní vody tlakovým vzduchem. Parametry rozhodující o návrhu stanice tlakového vzduchu jsou rychlost v potrubí a doba zdržení OV v systému, která by neměla přesáhnout 10 hodin. Proplach probíhá kompresorem vhnáným vzduch do systému nebo ze zásobníku stlačeného vzduchu a to 1-2x za 24 hod. [4]

3.2.3 Navrhování venkovního tlakového systému stokových sítí

Návrhem tlakového systému se zabývá norma ČSN 75 6101, ve které je ovšem uvedena pouze minimální možná dimenze potrubí pro systém bez mělníciho zařízení DN 80 a jmenovitý tlak PN 10 a pro systém s mělnicím zařízením DN 50. Další českou normou, která se zabývá tématem, je ČSN EN 1671 která spíše uvádí všeobecné poznatky z problematiky kolem návrhu. Obsahuje však odkazy na zahraniční národní předpisy (jako např. ATV-Arbeitsblatt A 116) a literaturu. Pracovní list uvádí základní zákonitosti pro chod systému, především stanovením tlakových ztrát potrubí. Pro samotný návrh se tak využívá zejména německých norem ATV – A 163E. Norma obsahuje postup pro návrh systému pomocí racionálně-empirické metody, nebo metody úměrného průtoku.

3.2.3.1 Stanovení návrhových průtoků

V první řadě je ovšem vždy nutné stanovit návrhové průtoky. K tomu slouží dva možné způsoby. Prvním je vyšetření odtoku splaškových vod ze zájmového území v době denní

špičky, druhým je návrh čerpací techniky, která koresponduje s odtokem z typické připojené nemovitosti, a vyšetřují se možné stavy při její činnosti. V praxi je stanovení proudění splašků v potrubí velmi obtížné, protože se neustále mění s denní dobou v závislosti na zdrojích znečištění.

Rozeznáváme dva možné přístupy k návrhu:

- stochastické přístupy;
- racionálně-empirické přístupy.

1) Stochastické přístupy

U stochastických přístupů je počítáno s určitou možnou nepřesností, neboť pro každý úsek je počet čerpadel v provozu najednou určitá neznámá a rovněž tak i jejich rozmístění v síti. Tento nahodilý jev součinnosti čerpadel je možné počítačově simulovat. Při použití odstředivých čerpadel u stochastických přístupů jsou návrhové průtoky pouze odhadované. Ve výsledku je to nepřesné určení návrhového průtoky v závislosti na návrhovém počtu sepnutých čerpadel v systému. Pravděpodobnostní metody jsou tedy využitelnější pro systémy s objemovými čerpadly, přesněji vřetenovými. Ty mají strmější Q-H křivky. Ze stochastických přístupů vzešly metody, jako například metoda „úměrného průtoky“ a počítačová simulace. [4]

a) Metoda „úměrného průtoky“

Tato metoda pracuje s 95% pravděpodobnostní tezí, která říká, že návrhový průtok bude překročen pouze v 5 % případů. V praxi to znamená překročení, že v pěti procentech z kontrolovaných případů sepnutí nahodilého počtu čerpacích jednotek v systému bude překročen návrhový průtok. Tento systém je posuzován na základě dvou hledisek. Prvním je posouzení tlakových poměrů v síti u pravděpodobnosti 99,7 %, kdy by došlo k překročení tlakového maxima čerpadel a tím zamezení dodávky splaškových vod z přípojek. Druhým hlediskem, které musíme při použití této metody zohlednit, jsou rychlosti proudění splašků v síti u pravděpodobnosti 68 % a 86 %. Sledujeme tím proplachovací schopnost při této četnosti průtoků. [4]

b) Počítačová simulace

Projektanty často využívaný způsob ověření správné dimenze a funkčnosti dimenze trubní sítě. Simulace spočívá v možnosti nastavení vstupních parametrů, jako jsou: časový interval

sledování systému (24 hod, 1 hod_{špička}), hodinový odtok odpadní vody, Q_d (denní odtok z nemovitosti), Q_s (výkon čerpadla), počet čerpacích jednotek. Na počítačové simulaci sledujeme výstupy v podobě vlivu současně sepnutých čerpadel na průtoky v síti. [4]

Doporučený postup při návrhu:

- shromáždění vstupních podkladů – situace, morfologie terénu, údaje o producentech;
- stanovení návrhových úseků – např. tam kde se rozděluje trubní síť;
- určení zatížení úseků;
- stanovení zatížení jednotlivých úseků denním odtokem splašků;
- volba procentové sazby pro stanovení hodinového maxima odtoku v daném úseku, výpočet zatížení úseku vyjádřeného v hodinovém maximu Q_{hod} ;
- stanovení počtu čerpadel sepnutých v úseku (pro pravděpodobnost 68, 86, 95 a 99,7 %) zároveň stanovení průtoků pro daný počet sepnutých čerpadel;
- návrh dimenze potrubí úseku, kontrola rychlosti;
- stanovení tlakových ztrát (dle Darcy-Weissbacha);
- vynesení tlakové čáry po kritické cestě, čára se vynáší od výtoku.

2) Racionálně-empirické přístupy

Empirické metody jsou vhodné při použití odstředivých čerpadel. Tyto metody se využívají výlučně. Vycházejí z úvahy, že návrhový průtok odpovídá například počtu napojených domů, z tohoto podkladu se navrhuje profil potrubí a konstruuje čára hydrodynamického tlaku. Čerpadla jsou pak volena zpětně tak, aby vyhověla požadavkům sítě v množství dodaných splašků a tlaku v hlavním řadu. Racionálně-empirické metody jsou jednodušší než stochastické metody. Vycházejí ze vzorců, dosazených do stochasticky nasbíraných dat. Těmito stochasticky nasbíranými daty může být počet obyvatel připojených v daném úseku (postup ATV), nebo počet napojených DČJ (postupy dle USA). [4]

a) Postupy užívané v USA

Na základě celé řady autorů a projektů, jako jsou Environment One, ASCE, Hydromatic, Barnes, F.E.Myers, byly sestaveny jednotlivé návrhové křivky závislosti návrhových průtoků na bytových jednotkách. Dle manuálu vydaného společností EPA, se po znázornění všech

křivek v jednom grafu se došlo k zjednodušené rovnici zahrnující dostatečnou přesnost pro všechny výše zmíněné autory. Rovnice byla zapsána jako:

$$Q_{náv} = A \times N + B \text{ [gal / min]} \quad (21)$$

kde N je počet ekvivalentních bytových jednotek,
 A a B jsou konstanty dle volby projektanta (obvykle $A = 0,5$; $B = 20$).

Po převodu rovnice na jednotky SI soustavy (nebo odvozené) získáváme rovnici využitelnou v našich podmínkách ve znění:

$$Q = 0,0315 \times N + 1,262 \text{ [l / s]} \quad (22)$$

kde N je počet domů napojených na systém.

Tyto postupy byly v praxi hodně využívány. Systémy, které byly vypracovány tímto postupem, se naddimenzovaly kvůli výhledovým stavům, ke kterým ovšem zatím nedošlo.

b) Postupy dle německých standardů ATV – A 163E

Zde je základním údajem pro návrh dimenze trubní sítě počet obyvatel v oblasti, kdy každému obyvatele je přisouzen denní specifický odtok $q = 0,005$ l/s. Návrhový odtok se stanoví jako:

$$Q_{návrh} = n \times q \times 1,5 \text{ [l/s]} \quad (23)$$

kde $1,5$ koeficient vlivu nerovnoměrnosti, zároveň vytváří rezervu pro výhledový růst počtu obyvatel v oblasti
 n počet obyvatel

S takto vypočítaným průtokem se uvažuje při návrhu dimenze potrubí. Avšak dle minimální rychlosti $v = 0,7$ m/s se minimální výpočtový průtok doporučuje $Q_{\min \text{ návrh}} = 4,0$ l/s pro DN 80 a 2,5 l/s pro DN 65. Tyto průtoky budou vyhledány v katalogu výrobce a přisouzeny jim průměry potrubí. Pro bezpečný návrh i v malých oblastech, kde se projevuje vliv vložené akumulace (DČJ, ta transformuje relativně kontinuální proudění gravitační přípojky do oddělených intervalů čerpání, vytvářejících průtoky v tlakové části) se zavádí minimální možná dimenze. Ta je stanovena pro čerpadla bez drtičů na DN 80, pro čerpadla s drtiči a předřazenými septiky na DN 50. Návrhová rychlost je potřeba dodržet okolo hodnoty 0,7 m/s, což zaručuje proplachovací efekt v síti. Tlakové poměry jsou charakterizovány

hydrodynamickou tlakovou čarou, která je vynášena od vyústění tlakové kanalizace. Na základě těchto znalostí posuzujeme profily řadů, navrhovaná čerpadla.

3.2.3.2 Dimenzování trubních řadů sítě

Dalším krokem při návrhu venkovního tlakového systému stokových sítí je návrh dimenze potrubních řadů a to jak hlavních, tak vedlejších. Při návrhu je zapotřebí zhodnotit extrémní možné tlaky a to jak potrubí, tak tlakové schopnosti čerpadel, za další se zhodnocují rychlosti v posouzení k unášecím rychlostem a tvorbě usazenin a vzhledem k tvorbě rázů v potrubí. Proudění v potrubí tlakové kanalizace je uvažováno jako třírozměrný pohyb viskózní kapaliny a nelze ho řešit analyticky. Při řešení takovýchto úloh přistupujeme k zjednodušení parametrů pro potřeby technické aplikace.

rychlost v ose potrubí počítáme jako podíl průtoku Q a průřezu S kolmého k ose:

$$v = \frac{Q}{S} \text{ [m / s]} \quad (24)$$

- 1) rychlost v , je v celém S průřezu potrubí stejná;
- 2) tlak v průřezu se mění hydrostaticky.

Protože rozměry potrubí jsou ve výrazném nepoměru (délka je mnohonásobně větší než výška průřezu) je možné uvažovat v dalších výpočtech pouze s jednorozměrným prouděním. Sledujeme vektor rychlosti proudění v ose potrubí. Zde je zapotřebí respektovat zákony přírody a to: zákon o zachování hmoty a zákon o zachování energie.

Shrnutí: návrhová rychlost je uvažována 0,7 m / s a to minimálně 2 x za den (proplachovací schopnost), přičemž je stanoven minimální vnitřní průměr potrubí DN 80 (SMP), DN 50 (MS). V dnešní době je snaha o navrhování menších profilů, s důrazem na čištění potrubí, tedy proplachovací rychlost.

Dalším krokem v návrhu je stanovení tlakových ztrát potrubí a celého systému, pro návrh čerpací techniky. Stručný popis je obsažen v normě ČSN EN 1671. Potrubní systém se navrhuje z PVC nebo různých druhů PE, kdy tloušťka stěn musí odolávat tlakům, potrubí musí vyhovovat předpokládané životnosti systému a teplotě média. V dnešní době existuje pro výpočet tlakových ztrát v potrubí celá řada programů. Manuální výpočet je dnes už téměř raritou, avšak je na začátku nezbytný, pro pochopení problematiky výpočtu. Tlakové ztráty se

dělí na ztráty třením h_{zt} a místní ztráty h_{zm} . Existuje několik autorů, podle kterých se dají tlakové ztráty počítat.

Výpočet podle Darcy-Weisbacha – vychází z rovnic pro výpočet hydraulického sklonu čáry energie, kde je rychlostí výška násobena podílem součinitele třením a průměru potrubí.

$$ie = \frac{\lambda}{d} \times \frac{v^2}{2 \times g} = \frac{16}{\pi^2} \times \frac{\lambda}{d^5} \times \frac{Q^2}{2 \times g} = 0,0827 \times \frac{\lambda}{d^5} \times Q^2 = k \times Q^2 \quad (25)$$

| | | |
|-----|-----------|--|
| kde | i_e | hydraulický sklon čáry energie |
| | λ | součinitel tření |
| | d | průměr potrubí [m] |
| | v | střední průřezová rychlost [m / s] |
| | g | gravitační zrychlení [m / s ²] |
| | Q | průtok [m ³ / s] |
| | k | odporový součinitel úseku |

Součinitel tření λ je různý pro tři základní režimy proudění. Jsou jimi laminární, turbulentní, přechodová oblast proudění. Rozdělují se podle velikosti Reynoldsova čísla a to tak, že $2100 \geq Re$ určuje laminární proudění, $Re \geq 4000$ určuje turbulentní proudění a rozmezí $2100 < Re < 4000$ se vyznačuje pro přechodovou oblast.

Laminární režim ($2100 \geq Re$), hodnota λ je závislá pouze na Reynoldsově kritériu (Blasiuv vzorec):

$$\lambda = \frac{64}{Re} = 64 \times \frac{v}{v \times d} \quad (26)$$

Turbulentní proudění ($Re \geq 4000$), se λ spočítá pomocí Prandl-Karmána:

$$\lambda = \frac{1}{(1,74 + 2 \log \frac{d}{2k})^2} \quad (27)$$

Pro přechodovou oblast bylo odvozeno více vzorců, například podle Šerka, Swamee-Jaina, White-Colebrooka, a dalších. Zde bude uveden White-Colebrookův vzorec:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \times \left(\frac{k}{3,71 \times d} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{\lambda}} \right) \quad (28)$$

Výpočet podle Hazen-Williamse – výpočet je početně jednodušší než podle Darcy-Weisbachova vztahu. Vychází ze základní rovnice pro výpočet rychlosti proudění kapaliny v potrubí. Postupným odvozováním získáváme vztah:

$$v = 0,85 \times c \times R^{0,63} \times i^{0,54} \quad (29)$$

kde c Hazen-Williamsův koeficient (od 90, pro opotřebované betony – do 150, pro plasty a sklolamináty);
 R hydraulický poloměr [m]

Výpočet sklonu čáry energie a průměru potrubí vypočítáme podle vztahů:

$$i = \frac{0,54 \sqrt{\frac{v}{0,82 \times c \times R^{0,63}}}}{\quad} \quad (30)$$

$$d = \frac{0,63 \sqrt{\frac{4^{0,63} \times v}{0,85 \times c \times i^{0,54}}}}{\quad} = \frac{2,63 \sqrt{\frac{9,5798296 \times Q}{\pi \times c \times 0,85 \times i^{0,54}}}}{\quad} \quad (31)$$

Výpočet dle Manninga – výpočet se provádí z Chézyho rovnice:

$$v = c \times \sqrt{R \times i} \quad (32)$$

kde c je rychlostní součinitel a dle Manninga:

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (33)$$

a po úpravě obdržíme vzorec pro výpočet rychlosti:

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

kde n je Manningův součinitel drsnosti potrubí [-]
 R hydraulický poloměr [m]:

$$R = \frac{S}{O} \quad (35)$$

Poté pro výpočet sklonu čáry energie získáme vztah:

$$i = \left(\frac{v \times n}{0,85 \times R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (36)$$

Místní tlakové ztráty jsou vyvolávány změnou směru proudění kapaliny, průřezu, spoje apod. Tyto tlakové ztráty můžeme u hydraulicky dlouhých systémů zanedbat. Vzhledem k délce stokových sítí lze tedy i u nich tyto ztráty zanedbat nebo stanovit jednu ztrátu jako rezervu. Dají se však vyjádřit pomocí Weissbachovo vzorce:

$$hzm = \xi \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (37)$$

Tabulka 11: Doporučené hodnoty výpočtových odporových součinitelů [23]

| Materiál | Manning | Hazen-Williams | White-Colebrook | | |
|--|---------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | n [-] | C [-] | k _{min} [mm] | k _{stř} [mm] | k _{max} [mm] |
| PVC, PE, PP | 0,008 | 150 | 0,001 | 0,01 | |
| Sklolaminát | 0,008 | 150 | 0,001 | 0,01 | |
| Plastbeton | 0,009 | 145 | 0,001 | 0,02 | |
| Azbestocement | 0,011 | 140 | 0,1 | 0,4 | 0,6 |
| Kamenina, nová kvalitní | 0,010 | 130 | | 0,25 | |
| Kamenina, výpočtová hodnota | 0,012 | 125 | | 0,4 | |
| Kamenina, použitá | 0,130 | 100 | 0,3 | | 1,5 |
| Ocel, bežešvá, nová | 0,010 | 140 | 0,015 | 0,05 | 0,09 |
| Ocel, svařovaná, nová | 0,010 | 140 | 0,14 | | 0,1 |
| Ocel, s nátěrem, nová | 0,010 | 135 | 0,05 | 0,1 | 0,15 |
| Ocel, použitá, vyčištěná | 0,011 | 130 | 0,15 | | 0,4 |
| Ocel, mírně zrezivělá, lehce inkr. | 0,012 | 120 | 0,25 | 0,4 | 1 |
| Ocel, silně inkrustovaná | 0,015 | 85 | 2 | 3 | 4 |
| Litina, nová s vystělkou | 0,010 | 135 | 0,1 | | 0,3 |
| Litina, nová, bez vystělky | 0,011 | 125 | 0,15 | 0,3 | 0,6 |
| Litina, zrezivělá, lehce inkrustovaná | 0,013 | 110 | 1 | | 1,5 |
| litina, silně inkrustovaná | 0,015 | 85 | 2 | 3 | 4 |
| Potrubí s novou cementovou vystělkou | 0,010 | 125 | 0,05 | 0,2 | 0,8 |
| Betonové trouby, kvalitní hlazený povrch | 0,012 | 110 | 0,2 | | 0,5 |
| Betonové trouby, běžně po použití | 0,013 | 95 | 0,5 | 1 | 1,5 |
| Bet. tr., dlouhý provoz, hrubý povrch | 0,015 | 85 | 1 | 3 | 5 |
| Beton, monolitický - ocelové bednění | 0,010 | 130 | 0,06 | 0,15 | 0,018 |
| Beton, monolitický - dřevěné bednění | 0,012 | 110 | 0,4 | | 0,6 |
| Keramická vyzdívka | 0,010 | 125 | 0,1 | 0,2 | 0,5 |

4 MODELOVÝ NÁVRH VENKOVNÍ TLAKOVÉ A PODTLAKOVÉ STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI TRSTĚNICE (okr. CHEB)

V této kapitole je názorně předveden nejdříve návrh tlakové kanalizace a poté ukázka návrhu podtlakové kanalizace. Obec byla vybrána na základě velikosti území, počtu obyvatel a morfologii terénu. Obec v současné době není odkanalizována. Využívá se domovních septiků, které jsou v pravidelných intervalech vyváženy fekálním vozem na ČOV. Po případném vybudování některých z alternativních způsobů odkanalizování, by bylo doporučeno stávající septiky zrušit.

4.1 Charakteristika zájmového území

Před každým návrhem stokových systémů je dobré provést obchůzku obce, zajištění co nejvíce mapových podkladů. Další důležitou informací je plánovaný rozvoj obce. To vše má vliv na návrhové množství odpadních vod a tudíž i na dimenzi trubních řadů. Daná obec neuvažuje o velkém přílivu obyvatel v budoucnosti, navrhovaná stoková síť má pouze zlepšit životní podmínky v obci a pohodlí stávajících obyvatel.

4.1.1 Popis obce

Obec Trstěnice se nachází v okrese Cheb a spadá pod Karlovarský kraj. Příslušnou obcí s rozšířenou působností je město Mariánské Lázně. Obec se rozkládá asi 31 km jihovýchodně od Chebu a 6 kilometrů jižně od města Mariánské Lázně. Obec i s občanskou vybaveností čítá 353 EO vcelku rovnoměrně rozložených po trase plánované stokové sítě s převládající zástavbou rodinných domů. Obec leží v průměrné výšce 558 metrů nad mořem ve výrazně rovinatém terénu. Celková katastrální plocha obce je 1549 ha.

4.1.2 Další údaje o obci

Dále jsou u studie posuzovány:

- klimatické podmínky – posouzení teploty, srážek, zařazení území do kategorie např. dle QUITT 1971; oblast má charakter středohorský vzhledem k nadmořské výšce, průměrná roční teplota je +6,5°C, průměrná délka slunečního svitu činí 1 700 hodin ročně;

- geologické podmínky - dle geologické mapy leží obec na žule a svahových sedimentech jako jsou písky a hlíny. Třída těžitelnosti dle ČSN 73 3050 by byla zařazena do třídy 3 – kopné zeminy a 5 – lehce trhatelné, rozpojitelné rozrývačem, těžkým rýpadlem, trhavinami. Pro potřeby realizace je provedena podrobnější sondáž v území;
- současný stav – v současné době jsou splaškové vody jímány do septiků a bezodtokových jímek, odkud jsou dále vyváženy na ČOV k likvidaci. Technický stav jímek je ve směs špatný, po zřízení kanalizace, budou jímky zasypany a odpadní vody už nebude možné akumulovat z důvodu potřeby „čerstvosti“ splaškových vod při likvidaci na ČOV. Navrhované řešení by mělo přinést pozitivní vliv na prostředí v obci.



Obr. 28: Letecký snímek obce Trstěnice

4.2 Návrh řešení

Vzhledem k rovinaté povaze území budou ve studii porovnány dva způsoby odkanalizování obce Trstěnice. Studie uvažuje s využitím malé ČOV v nedaleké obci Drmoul, která má dostatečnou rezervu pro objemy splaškových vod z obce Trstěnice. Alternativní systémy

budou napojeny na gravitační stokovou síť za obcí. Oba systémy budou provedeny jako větvevné systémy se stejným trasováním pro možnost porovnání. Snaha je vždy o vedení trasy potrubní sítě v zelených pasech mimo komunikaci a pokud možno na veřejných prostranstvích. V návrhu je však uvažováno s vedením trasy většinou v komunikaci dle přiložené situace, protože situace v obci to neumožňuje jinak. Každá nemovitost bude připojena na svou, jednu sběrnou šachtu s jedním sacím ventilem. Vzhledem k velikosti obce je navržena jeden řad – A s vedlejšími, sběrnými řady. Tlakový stokový systém bude zaústěn do šachty gravitační kanalizace u města Drmoul. U podtlakového systému je uvažováno s vybudováním podtlakové stanice na hranici obce, odkud by byly odpadní vody přečerpány do šachty gravitační kanalizace. Samotný návrh podtlakové stanice není součástí této práce.

4.2.1 Návrh venkovního tlakového systému stokových sítí

Pro výpočet dimenze potrubí bude použito metodiky podle ATW – A 163E (Tabulka 12) a poté i dimenzování potrubní sítě dle metody „úměrného průtoku“ (Tabulka 13), pro možnost porovnání obou způsobů návrhu. Výpočet vychází z teorie uvedené v kapitole 3.2.3 Navrhování venkovního tlakového systému stokových sítí. Situace s navrženými trubními řady je vedena jako příloha č. 1-1 a příloha č. 1-2.

Vstupní údaje pro metodu výpočtu ATW – A163E:

| | |
|--------------------------|-----------|
| - q: | 0,005 l/s |
| - EO: | 353 |
| - počet os/přípojka: | 5 osob |
| - přípojek celkem: | 85 |
| - k: | 1,5 |
| - v: | 0,7 m/s |
| - n_{Manning} : | 0,008 |
| - vizkozita: | 0,000005 |
| - λ : | 0,045 |

Vstupní údaje pro výpočet dle metody „úměrného průtoku“:

| | | |
|---------------------------------------|------------------------|----------|
| - volené čerpadlo: | 1 ¼“ EFRU-16-8: | 0,65 l/s |
| - výtlak čerpadla: | 80 m. v. sl. (0,8 MPa) | |
| - denní odtok z domácnosti: | 450 l/den | |
| - spotřeba vody: | 90 l/os/den | |
| - počet osob připojených na přípojku: | 5 os | |
| - max. hodinový odtok z domácnosti: | 45 l/hod | |
| - kin. viskozita: | 0,000002 | |
| - průměrná doba čerpání ve špičce: | 69,2 sec | |
| - součinitel drsnosti potrubí: | 0,008 | |

Tabulka 12: Výpočet dimenze potrubí dle metody ATW – A163E

| Úsek | Počet přípojek na úseku | Počet EO | | | $Q_{\text{návrh}}$ při $k=1,5$ [l/s] | $Q_{\text{výp}}$ (min 2,5 l/s) [l/s] | $DN_{\text{výp}}$ při $v=0,7$ m/s [mm] | $DN_{\text{návrh}} - \text{HDPE}$ PE100 SDR 11 [mm] | Návrhová rychlost v pro $Q_{\text{výp}}$ [m/s] | Sklon čáry energie dle Manninga | Délka úseku [m] | Re [m] | Hz - úseku [m] | Celková Hz [m] |
|-------|-------------------------|---------------|-------------|--------|---|---|---|--|--|------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|-------------------|
| | | Začátek úseku | Konec úseku | Průměr | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 9-8 | 6 | 10 | 45 | 28 | 0,21 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 443,5 | 2123,1 | 4,35 | 4,35 |
| 19-8 | 1 | 10 | 10 | 10 | 0,08 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 220,0 | 2123,1 | 2,16 | 2,16 |
| 8-7 | 0 | 55 | 55 | 55 | 0,41 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 48,0 | 2123,1 | 0,47 | 4,82 |
| 18-7 | 3 | 5 | 15 | 10 | 0,08 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 75,9 | 2123,1 | 0,74 | 0,74 |
| 7-6 | 5 | 70 | 95 | 83 | 0,62 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 94,0 | 2123,1 | 0,92 | 5,74 |
| 17-6 | 2 | 5 | 10 | 8 | 0,06 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 52,9 | 2123,1 | 0,52 | 0,52 |
| 6-5 | 1 | 105 | 110 | 108 | 0,81 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 94,9 | 2123,1 | 0,93 | 6,67 |
| 16-5 | 3 | 5 | 15 | 10 | 0,08 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 112,2 | 2123,1 | 1,10 | 1,10 |
| 5-4 | 0 | 125 | 125 | 125 | 0,94 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 4,4 | 2123,1 | 0,04 | 6,71 |
| 15-4 | 11 | 4 | 44 | 24 | 0,18 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 260,2 | 2123,1 | 2,55 | 2,55 |
| 4-3 | 5 | 169 | 189 | 179 | 1,34 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 146,9 | 2123,1 | 1,44 | 8,15 |
| 14-3 | 3 | 4 | 12 | 8 | 0,06 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 73,2 | 2123,1 | 0,72 | 0,72 |
| 3-2 | 2 | 201 | 209 | 205 | 1,54 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 72,7 | 2123,1 | 0,71 | 8,87 |
| 12-11 | 8 | 4 | 32 | 18 | 0,14 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 170,3 | 2123,1 | 1,67 | 1,67 |
| 13-11 | 3 | 4 | 12 | 8 | 0,06 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 92,2 | 2123,1 | 0,90 | 0,90 |
| 11-2 | 12 | 44 | 92 | 68 | 0,51 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 230,3 | 2123,1 | 2,26 | 3,93 |
| 2-1 | 2 | 301 | 309 | 305 | 2,29 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 143,8 | 2123,1 | 1,41 | 10,28 |
| 10-1 | 10 | 4 | 40 | 22 | 0,17 | 2,50 | 67,45 | 75 | 0,57 | 0,00570 | 127,5 | 2123,1 | 1,25 | 1,25 |
| 1-0 | 1 | 349 | 353 | 351 | 2,63 | 2,63 | 69,18 | 75 | 0,60 | 0,00631 | 317,6 | 2233,5 | 3,45 | 13,72 |

Tabulka 13: Výpočet dimenze potrubí dle metody „úměrného průtoku“

| Úsek | Délka úseku [m] | Počet přípojek na úseku | Počet napojených čerpadel celkem | Mezní počet sepnutých čerpadel (vřetenová čerpadla) | | | | Návrhový průtok Q_d [m ³ /den] | Návrhový průtok $Q_{náv}$ pro $p=95\%$ [l/s] | Min. vypočtená dimenze $d_i =$ | Navržený profil potrubí SDR 11 DN | Vnitřní průměr potrubí $e_n =$ | Rychlost v potrubí při $p=95\%$ [l/s] | Tlakové ztráty úseku [m] | Tlakové ztráty celkem po krit. trase [m] |
|-------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|---|-------|-------|---------|--|---|--------------------------------|---|--------------------------------|--|-----------------------------|---|
| | | | | p=68% | p=86% | p=95% | p=99,7% | | | | | | | | |
| 9-8 | 443,5 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2,7 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 4,32 | 13,49 |
| 19-8 | 220,0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 2,14 | |
| 8-7 | 48,0 | 0 | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3,2 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,47 | |
| 18-7 | 75,9 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,74 | |
| 7-6 | 94,0 | 5 | 22 | 1 | 1 | 1 | 3 | 9,9 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,91 | |
| 17-6 | 52,9 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,9 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,51 | |
| 6-5 | 94,9 | 1 | 25 | 1 | 1 | 2 | 3 | 11,3 | 1,3 | 0,049 | 63 | 51,4 | 0,63 | 1,04 | |
| 16-5 | 112,2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 1,09 | |
| 5-4 | 4,4 | 0 | 28 | 1 | 1 | 2 | 3 | 12,6 | 1,3 | 0,049 | 63 | 51,4 | 0,63 | 0,05 | |
| 15-4 | 260,2 | 11 | 11 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5,0 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 2,53 | |
| 4-3 | 146,9 | 5 | 44 | 1 | 2 | 2 | 4 | 19,8 | 1,3 | 0,049 | 63 | 51,4 | 0,63 | 1,61 | |
| 14-3 | 73,2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,71 | |
| 3-2 | 72,7 | 2 | 49 | 1 | 2 | 3 | 4 | 22,1 | 2,0 | 0,060 | 75 | 61,4 | 0,66 | 0,69 | |
| 12-11 | 170,3 | 8 | 8 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3,6 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 1,66 | |
| 13-11 | 92,2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 0,90 | |
| 11-2 | 230,3 | 12 | 23 | 1 | 1 | 1 | 3 | 10,4 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 2,24 | |
| 2-1 | 143,8 | 2 | 74 | 2 | 3 | 3 | 5 | 33,3 | 2,0 | 0,060 | 75 | 61,4 | 0,66 | 1,37 | |
| 10-1 | 127,5 | 10 | 10 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4,5 | 0,7 | 0,034 | 50 | 40,8 | 0,50 | 1,24 | |
| 1-0 | 317,6 | 1 | 85 | 2 | 3 | 3 | 5 | 38,3 | 2,0 | 0,060 | 75 | 61,4 | 0,66 | 3,03 | |

Tabulka 14: Porovnání obou metod návrhu

| Úsek | Délka úseku [m] | Návrh dle ATW- A163 DN | Návrh dle metody "úměrného průtoku" DN |
|-------|--------------------|------------------------------|---|
| 9-8 | 443,5 | 75 | 50 |
| 19-8 | 220,0 | 75 | 50 |
| 8-7 | 48,0 | 75 | 50 |
| 18-7 | 75,9 | 75 | 50 |
| 7-6 | 94,0 | 75 | 50 |
| 17-6 | 52,9 | 75 | 50 |
| 6-5 | 94,9 | 75 | 63 |
| 16-5 | 112,2 | 75 | 50 |
| 5-4 | 4,4 | 75 | 63 |
| 15-4 | 260,2 | 75 | 50 |
| 4-3 | 146,9 | 75 | 63 |
| 14-3 | 73,2 | 75 | 50 |
| 3-2 | 72,7 | 75 | 75 |
| 12-11 | 170,3 | 75 | 50 |
| 13-11 | 92,2 | 75 | 50 |
| 11-2 | 230,3 | 75 | 50 |
| 2-1 | 143,8 | 75 | 75 |
| 10-1 | 127,5 | 75 | 50 |
| 1-0 | 317,6 | 75 | 75 |

4.2.2 Návrh venkovního podtlakového systému stokových sítí

Níže uvedený návrh vychází z teoretického postupu uvedeného v kapitole 3.1.4 Navrhování venkovního podtlakového systému stokových sítí. Je zde zastižen návrh jak z německých pracovních listů, tak z firemních podkladů firmy AIRVAC.

4.2.2.1 Návrh dle DWA A 116

Pro návrh bylo uvažováno s potrubím HDPE 100, SDR 11. Z tohoto výpočtu vycházíme při návrhu situace (příloha 2.1 – 2.2).

Tabulka 15: Návrh podtlakové trubní sítě dle DWA A 116

| Úsek | Délka úseku [m] | Počet přípojek úseku | Počet EO | | Sřední objemový poměr vztluch / voda na přípojkách (LWV) | Sřední objemový poměr vztluch / voda na konci úseku | Potrubí PE 100 SDR 11 [mm] | Vzálenost nejnižších bodů od sebe (max.100m) [m] | Počet nejnižších bodů na úseku | Maximální tlaková výška úseku [m] | Max. suma tlakových výšek [m] |
|-------|--------------------|-------------------------|----------|-----|---|---|----------------------------------|---|-----------------------------------|--|-------------------------------------|
| | | | Oi | Σoi | | | | | | | |
| 9-8 | 443,5 | 6 | 45 | 45 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 4,9 | 0,99 | 0,99 |
| 19-8 | 220,0 | 1 | 10 | 10 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 2,4 | 0,49 | 0,49 |
| 8-7 | 48,0 | 0 | 0 | 55 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 0,5 | 0,11 | 1,09 |
| 18-7 | 75,9 | 3 | 15 | 15 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 0,8 | 0,17 | 0,17 |
| 7-6 | 94,0 | 5 | 25 | 95 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 1,0 | 0,21 | 1,30 |
| 17-6 | 52,9 | 2 | 10 | 10 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 0,6 | 0,12 | 0,12 |
| 6-5 | 94,9 | 1 | 5 | 110 | 7 | 8,0 | 125x11,4 | 90 | 1,1 | 0,21 | 1,51 |
| 16-5 | 112,2 | 3 | 15 | 15 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 1,2 | 0,25 | 0,25 |
| 5-4 | 4,4 | 0 | 0 | 125 | 7 | 8,0 | 125x11,4 | 90 | 0,0 | 0,01 | 1,52 |
| 15-4 | 260,2 | 11 | 44 | 44 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 2,9 | 0,58 | 0,58 |
| 4-3 | 146,9 | 5 | 20 | 189 | 6 | 7,8 | 160x14,6 | 90 | 1,6 | 0,33 | 1,85 |
| 14-3 | 73,2 | 3 | 12 | 12 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 0,8 | 0,16 | 0,16 |
| 3-2 | 72,7 | 2 | 8 | 209 | 6 | 7,7 | 160x14,6 | 90 | 0,8 | 0,16 | 2,01 |
| 12-11 | 170,3 | 8 | 32 | 32 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 1,9 | 0,38 | 0,38 |
| 13-11 | 92,2 | 3 | 12 | 12 | 8 | 8,0 | 90x8,2 | 90 | 1,0 | 0,20 | 0,20 |
| 11-2 | 230,3 | 12 | 48 | 92 | 7 | 7,5 | 110x10 | 90 | 2,6 | 0,51 | 0,89 |
| 2-1 | 143,8 | 2 | 8 | 309 | 5 | 7,6 | 180x16,4 | 90 | 1,6 | 0,32 | 2,33 |
| 10-1 | 127,5 | 10 | 40 | 40 | 8 | 8,0 | 110x10 | 90 | 1,4 | 0,28 | 0,28 |
| 1-0 | 317,6 | 1 | 4 | 353 | 5 | 7,6 | 180x16,4 | 90 | 3,5 | 0,71 | 3,04 |

Nejdelší úsek = 1 375,7 m

Hustota obyvatel na 1 m = 0,13

Celková délka všech řadů = 2 780,5 m

Počet obyvatel = 353

Navrhnutá výška zdvihu = 0,2 m

LWV hlavního řadu = 7 (na přípojkách volíme hodnotu 10, směrem k podtlakové stanici hodnotu upravujeme až na 5)

A) Návrh podtlakové stanice

Základní údaje:

$$q_{sp} = 0,130 \text{ m}^3/\text{EO} \cdot \text{den}$$

$$q = 0,005 \text{ l}/\text{EO} \cdot \text{s}$$

$$LWV = 7$$

$$p_a = 100 \text{ kPa}$$

$$p_{stř} = 45 \text{ kPa}$$

$$k = 1,25$$

$$f = < 12 / \text{hod} = 4$$

$$p_{max} = 35 \text{ kPa}$$

$$p_{min} = 55 \text{ kPa}$$

- Průměrný denní průtok odpadních vod:

$$Q_d = EO \cdot q_{sp} = 353 \cdot 0,130 = 240,45 \text{ m}^3/\text{den}.$$

- Maximální průtok OV:

$$Q_m = EO \cdot q = 353 \cdot 0,005 = 1,77 \text{ l/s}.$$

- Maximální průtok vzduchu:

$$Q_{vz1} = Q_m \cdot LWV = 1,765 \cdot 7 = 12,36 \text{ l/s} = 44,50 \text{ m}^3/\text{hod}.$$

- Minimální průtok vzduchu vývěvou:

$$Q_{vmin} = k \cdot Q_{vz1} \cdot p_a / p_{stř} = 1,25 \cdot 12,36 \cdot 100 / 45 = 34,33 \text{ l/s} \\ = 123,59 \text{ m}^3/\text{hod}.$$

- Navrhnuté olejové vývěvy 2+1 Bush, řada R5, typ RA 0063 o výkonu $S = 63 \text{ m}^3/\text{hod}$.
[zdroj: DLS KOMPRESORY].

Návrh musí splňovat podmínku:

$$S \geq Q_{vmin} / (n - 1); 63 \geq 123,59 / (3 - 1); 63 > 61,8.$$

- Navrhnutá čerpací technika: 1+1 kalové čerpadlo HCP BF-21AU 230V [zdroj: k+h čerpací technika]; max. průtok 20 m³/hod při 5 m.
- Minimální objem v podtlakové nádobě pro OV:

$$Vn = 0,25 \cdot Q_{\text{čpr}} / f = 0,25 \cdot 10 \cdot 3600 / 12 = 750 \text{ l} = 0,75 \text{ m}^3$$

- Minimální objem v podtlakové nádobě pro vzduch:

$$VL = 0,25 \cdot S \cdot 0,5 \cdot \frac{(p_{\text{max}} + p_{\text{min}})}{[(p_{\text{max}} - p_{\text{min}}) \cdot f \cdot n]} =$$
$$= 0,25 \cdot 62 \cdot 0,5 \cdot 80 / 20 \cdot 4 \cdot 3 = 2,63 \text{ m}^3$$

- Minimální objem podtlakové nádoby:

$$V = Vn + VL = 0,75 + 2,63 = 3,36 \text{ m}^3.$$

- Podmínka pro posouzení objemu podtlakové nádoby:

$$V \geq 3 \cdot Vn = 3 \cdot 0,75 = 2,25 \text{ m}^3.$$

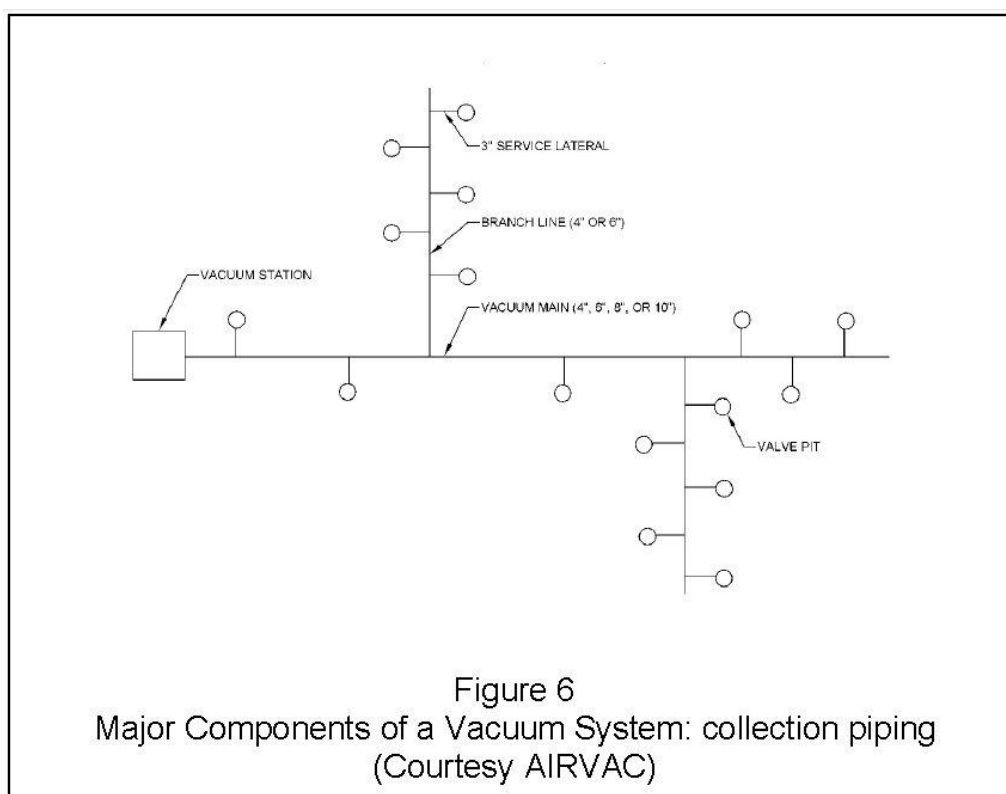
- Navrhnutá jedna podtlaková nádoba 5 m³.
- Návrh biofiltru se provede dle „Tabulka 10“. Minimální půdorysná plocha je navrhnutá 2,5 m², průměr výdechového potrubí DN 125, průměr rozvodného potrubí v biofiltru DN 80.

4.2.2.2 Návrh dle AIRVAC 2005 DESIGN MANUAL

Návrh předpokládá s dimenzí 3“ na přípojkách a na vedlejších řadech 4“ – 6“ a na hlavních řadech až po 10“. Dle tabulek pro návrh dimenze na základě průtoků a počtu připojených domů by však vycházely všude minimální průměry. Takže při návrhu se opíráme o první výše uvedenou podmínku, tak jak je uvedeno v interním manuálu firmy AIRVAC.

Viz příloha č. 2-1 a 2-2.

Obr. 29: Návrh dimenze potrubní sítě [zdroj: AIRVAC]



Tabulka 16: Návrh průměru potrubí podtlakové kanalizace v jednotlivých úsecích

| Úsek | Délka úseku [m] | Počet přípojek na úseku | Σ napojených objektů | Počet EO | | | DN PE 100 SDR 11 |
|-------|--------------------|----------------------------|-------------------------|---------------|-------------|--------|---------------------|
| | | | | Začátek úseku | Konec úseku | Průměr | |
| 9-8 | 443,5 | 6 | 6 | 10 | 45 | 28 | 90x8,2 |
| 19-8 | 220,0 | 1 | 1 | 10 | 10 | 10 | 90x8,2 |
| 8-7 | 48,0 | 0 | 7 | 55 | 55 | 55 | 90x8,2 |
| 18-7 | 75,9 | 3 | 3 | 5 | 15 | 10 | 90x8,2 |
| 7-6 | 94,0 | 5 | 15 | 70 | 95 | 83 | 90x8,2 |
| 17-6 | 52,9 | 2 | 2 | 5 | 10 | 8 | 90x8,2 |
| 6-5 | 94,9 | 1 | 18 | 105 | 110 | 108 | 110x10 |
| 16-5 | 112,2 | 3 | 3 | 5 | 15 | 10 | 90x8,2 |
| 5-4 | 4,4 | 0 | 21 | 125 | 125 | 125 | 110x10 |
| 15-4 | 260,2 | 11 | 11 | 4 | 44 | 24 | 90x8,2 |
| 4-3 | 146,9 | 5 | 37 | 169 | 189 | 179 | 125x11,4 |
| 14-3 | 73,2 | 3 | 3 | 4 | 12 | 8 | 90x8,2 |
| 3-2 | 72,7 | 2 | 42 | 201 | 209 | 205 | 125x11,4 |
| 12-11 | 170,3 | 8 | 8 | 4 | 32 | 18 | 90x8,2 |
| 13-11 | 92,2 | 3 | 3 | 4 | 12 | 8 | 90x8,2 |
| 11-2 | 230,3 | 12 | 23 | 44 | 92 | 68 | 110x10 |
| 2-1 | 143,8 | 2 | 67 | 301 | 309 | 305 | 160x14,6 |
| 10-1 | 127,5 | 10 | 10 | 4 | 40 | 22 | 90x8,2 |
| 1-0 | 317,6 | 1 | 78 | 349 | 353 | 351 | 160x14,6 |

Výpočet proveden dosazením do původních vzorců bez převodu na SI soustavu.

Převod jednotek [zdroj: lifewater]:

$$1 \text{ gal} = 3,785 \text{ 411 784 l}$$

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ gpm} = 0,0631 \text{ l/s} = 5,42 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$1 \text{ c.f.m.} = 0,000471947443 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ fps} = 0,3048 \text{ m/s}$$

Základní údaje:

$$q_{sp} = 0,64 \text{ gpm (gallon per minutes) – špičkový odtok z jednoho objektu}$$

$$EOB = 78 \text{ ekvivalentních objektů}$$

$$A = 6 \text{ – faktor pro návrh vývěvy}$$

- Maximální průtok:

$$1) Q_{max} = EOB \cdot q_{sp} = 78 \cdot 0,64 = 49,92 \text{ gpm.}$$

$$2) Q_{max} = EOB \cdot q_{sp} = 78 \cdot 2,422 = 188,97 \text{ l/s.}$$

- Průměrný průtok:

$$1) Q_a = Q_{max} / PF = 49,92 / 4,05 = 12,33 \text{ gpm}$$

$$2) Q_a = Q_{max} / PF = 188,97 / 4,05 = 46,66 \text{ l/s.}$$

- PF faktor:

$$PF = \frac{18 + \sqrt{OB / 1000}}{4 + \sqrt{OB / 1000}} = \frac{18 + \sqrt{353 / 1000}}{4 + \sqrt{353 / 1000}} = 4,05.$$

- Minimální průtok:

$$1) Q_{min} = Q_a / 2 = 12,33 / 2 = 6,16 \text{ gpm}$$

$$2) Q_{min} = Q_a / 2 = 46,66 / 2 = 23,33 \text{ l/s.}$$

- Požadovaný výkon vývěvy:

$$1) Q_{vp} = (A \times Q_{max}) / 7,5 = (6 \times 49,92) / 7,5 = 39,94 \text{ c. f. m}$$

$$2) Q_{vp} = \frac{A \times Q_{max}}{60,16} = \frac{6 \times 188,97}{60,16} = 18,85 \text{ l/s.}$$

- Vypouštěcí kapacita čerpadla:

$$1) Q_{dp} = Q_{max} = 49,92 \text{ gpm}$$

$$2) Q_{dp} = Q_{max} = 188,97 \text{ l/s.}$$

- Výpočet provozního objemu podtlakové nádoby:

$$1) V_o = 15 \cdot Q_{min} \cdot \frac{(Q_{dp} + Q_{min})}{Q_{dp}} = 15 \cdot 6,16 \cdot \frac{(49,92 + 6,16)}{49,92} = 103,8 \text{ gal}$$

$$2) V_o = 15 \cdot Q_{min} \cdot \frac{(Q_{dp} + Q_{min})}{Q_{dp}} = 15 \cdot 23,33 \cdot \frac{(188,97 + 23,33)}{188,97} = 393,15 \text{ l/s.}$$

1) $V_o = 1,64 \cdot Q_{max} = 1,64 \cdot 49,92 = 81,87 \text{ gal}$ – *toto platí pro PF = 4,0*

2) $V_o = 1,64 \cdot Q_{max} = 1,64 \cdot 188,97 = 309,88 \text{ l}$ – *toto platí pro PF = 4,0.*

- Celkový objem podtlakové nádoby:

1) $V_{ct} = 3 \cdot V_o = 3 \cdot 81,87 = 245,61 \text{ gal}$

2) $V_{ct} = 3 \cdot V_o = 3 \cdot 309,88 = 929,64 \text{ l.}$

Poznámka:

- 1) – jsou označeny výpočty s původními jednotkami
- 2) – jsou označeny výpočty s převedením jednotek do soustavy SI.

Tabulka 17: Porovnání obou metod návrhu podtlakové stokové sítě

| Úsek | Délka úseku [m] | Návrh DN dle DWA A 116 [mm] | Návrh DN dle AIRVAC 2005 D.M. [mm] |
|-------|--------------------|-----------------------------------|---|
| 9-8 | 443,5 | 110x10 | 90x8,2 |
| 19-8 | 220,0 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 8-7 | 48,0 | 110x10 | 90x8,2 |
| 18-7 | 75,9 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 7-6 | 94,0 | 110x10 | 90x8,2 |
| 17-6 | 52,9 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 6-5 | 94,9 | 125x11,4 | 110x10 |
| 16-5 | 112,2 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 5-4 | 4,4 | 125x11,4 | 110x10 |
| 15-4 | 260,2 | 110x10 | 90x8,2 |
| 4-3 | 146,9 | 160x14,6 | 125x11,4 |
| 14-3 | 73,2 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 3-2 | 72,7 | 160x14,6 | 125x11,4 |
| 12-11 | 170,3 | 110x10 | 90x8,2 |
| 13-11 | 92,2 | 90x8,2 | 90x8,2 |
| 11-2 | 230,3 | 110x10 | 110x10 |
| 2-1 | 143,8 | 180x16,4 | 160x14,6 |
| 10-1 | 127,5 | 110x10 | 90x8,2 |
| 1-0 | 317,6 | 180x16,4 | 160x14,6 |

5 ZÁVĚR

Zpracovaná bakalářská práce vychází z potřeb praxe a věnuje se problematice navrhování alternativních způsobů odkanalizování. Daná problematika je v dnešní době hodně diskutovaná, díky většímu zájmu společnosti odkanalizovat dříve opomíjené lokality. A to jak menší obce, tak odlehlá území jako jsou například kempy a rekreační střediska. K tomuto zájmu přispívá, jak už bylo uvedeno i v úvodu, evropské společenství, které skrz své dotační fondy napomáhá financovat tyto projekty. Všechny způsoby odkanalizování mají jako hlavní účel zlepšovat stav životního prostředí a chránit především obyvatele před epidemiemi a chorobami.

V kapitole 3 jsou popsány principy fungování alternativních způsobů, jejich jednotlivých technických částí a prvků. V další kapitole je proveden návrh dimenze potrubní sítě vycházející z teorie uvedené v kapitole 3. Tento návrh byl aplikován na konkrétní obec v Západních Čechách (Trstšnice), kde zatím stokovou síť nemají. Tyto návrhy byly provedeny u tlakového stokového systému pomocí německých pracovních listů ATV – A163E a amerických postupů zpracovaných společností US Environmental Protection Agency. Výsledky návrhu dimenze potrubní sítě jsou patrné z tabulek 12 a 13 v kapitole 4. Návrh dimenze podtlakového stokového systému byl proveden pomocí německých pracovních listů DWA A 116 a firemních materiálů společnosti AIRVAC. Výsledky je možné porovnat v tabulkách 15 a 16.

Problematika navrhování však nesahá jen po samotný návrh dimenze potrubní sítě a technologického vybavení, ale měl by to být projekt kompletního posouzení ekonomicko-technických aspektů. Z toho by mělo být patrné, která varianta odkanalizování je pro daný typ území nejvhodnější. Studie ekonomických aspektů však není součástí této práce.

U každého projektu je potřeba počítat se specifickými podmínkami, které se v každé lokalitě liší, každý projekt je jedinečný. Z tohoto důvodu není obecně možné dojít k závěru, který systém je levnější či technicky lepší.

Klasická koncepce, tedy odvádění odpadních vod gravitační stokovou sítí převažuje nad alternativními způsoby. Je to dané především nízkými provozními náklady u těchto systémů. Jedná se například o čištění stokových sítí.

Z alternativních způsobů se nejvíce využívá v ČR tlakových systémů stokových sítí. Zde je však nutné při úvaze o návrhu tohoto systému uvažovat s vyššími náklady na údržbu i s náklady spojenými se spotřebou elektrické energie.

Podobně jako je tomu u tlakového systému, tak i podtlakový systém má svá specifika jak při návrhu, tak při provozování. Zde hraje významnou roli návrh podtlakové stanice, ve které jsou umístěny kompresory, čerpadla, vývěvy a případně další technologické zařízení, které je náročné na údržbu a elektrickou energii. Výhodou oproti tlakovým kanalizacím je jeden centrální zdroj podtlaku, naproti čemuž se elektrická energie u tlakového systému musí dodávat ke každým čerpacím jímkám samostatně.

Konečné rozhodnutí, který ze způsobů odkanalizování obcí se využije, právě pro danou lokalitu musí padnout po diskuzích na úrovni projektant – provozovatel – investor. Je to vždy obtížná otázka financí, technické proveditelnosti odkanalizování a neposlední řadě dopadů výstavby a provozu systému na životní prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Historie kanalizací*. Praha: MILPO MEDIA s.r.o., 2002. ISBN 80-86098-25-7.
- [2] KOŽÍŠEK, František a PUMANN. Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství.: Infekční onemocnění z pitné vody. In: [online]. [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/prevence/infekcni-onemocneni-z-pitne-vody>
- [3] RACLAVSKÝ, Jaroslav. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí: 1. část. *SOVAK*. 2009, roč. 2009, č. 11, s. 14-18. Dostupné z: <http://www.sovak.cz/sites/Image/casopisy/200911.pdf>
- [4] BERÁNEK, Josef. *Navrhování tlakové kanalizace*. 1. vyd. Brno: Noel 2000, 1998, 110 s. ISBN 80-860-2008-8.
- [5] Zákon o vodách (vodní zákon) a související předpisy. In: *č. 254/2001 Sb.* 2001.
- [6] Historie systému. *PRESSKAN* [online]. c 2005 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: http://www.presskansystem.cz/index.php?page=system_historie
- [7] *VACUUM SYSTEM: Podtlaková kanalizace*. Dostupné z: <http://www.vakkan.cz/podtlkan.pdf>
- [8] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [9] ČSN EN 1091. *Venkovní podtlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [10] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [11] DWA-A 116E. *Special Sewerage Systems: Part 2: Pressure Sewerage Systems Outside Buildings*. DWA, 2007.
- [12] DWA-A 116E. *Special Sewerage Systems: Part 1: Vacuum Sewerage Systems Outside Buildings*. DWA, 2005.
- [13] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Modul 1: Stokování*. Brno, 2006.
- [14] Vacuum Global: Venkovní podtlakový systém: podtlakový ventil a řídicí jednotka. *Vacuum Global* [online]. 2009 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.vacuumglobal.cz/>
- [15] FLOVAC: Představení podtlakového systému Flovac. *Flovac* [online]. 2009 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: http://www.flovac.com/content-language.php?cms_language_id=1
- [16] *Pipe Life: outdoor systems: tlaková a podtlaková kanalizace*. 2007. Dostupné z: http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/Tlakova-a-podtlakova-kanalizace.pdf

- [17] *VAKUUM BOHEMIA* [online]. 2012 [cit. 2012-05-08]. Dostupné z: <http://www.vakuum-bohemia.cz/>
- [18] *Provozní řád kanalizace: Podtlaková kanalizace obce Lužany*. Litoměřice, 2000.
- [19] SIGMA PUMPY HRANICE, s.r.o. [online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.sigmapumpy.com/>
- [20] JANALÍK, Jaroslav. VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, FAKULTA STROJNÍ, katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení. *HYDRODYNAMIKA A HYDRODYNAMICKÉ STROJE*. Ostrava, 2008.
- [21] NORIA: TLAKAN-P4-NORIA. NORIA S.R.O. [online]. 2011 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://noria.boop.cz/index.php/produkty/tlakove-kanalizace>
- [22] SIGMA 1868 SPOL. S R.O. *Sigma 1868* [online]. 2009 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.sigma1868.cz/>
- [23] TUHOVČÁK, Ladislav. Přednáška č. 1: Výpočet tlakových ztrát. [online]. [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: http://www.cvvh.cz/uvho-old/vyuka/bp52%5CPredn1_2009_10.pdf
- [24] RACLAVSKÝ, Jaroslav. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí: 2. část. *SOVAK*. 2010, roč. 2010, č. 1, s. 16-19. Dostupné z: <http://www.sovak.cz/sites/Image/casopisy/20101.pdf>
- [25] Burlington, New Jersey: United States Cast Iron Pipe & Foundry Co., 1914
- [26] Providence: Providence Press Company, Printers to the City, 1884
- [27] *EKOSYSTEM: Produkty v oblasti ekologie a vodního hospodářství* [online]. praha, 2005 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.plasty-ekosystem.cz/sachty/cerpaci-sachty-stk>
- [28] *ROEDIGER VACUUM* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.roevac.com/page/en>
- [29] GROGAN, Gary. *THE OPERATION AND MAINTENANCE OF PRESSURE SEWER SYSTEMS: 'us' – Utility Services*. Bendigo: Exhibition Centre, 2007. Dostupné z: http://www.wioa.org.au/conference_papers/07_vic/documents/GaryGrogan.pdf
- [30] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel: Metodická příručka*. Praha, 2009. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/18/5691-04102009_zneskodnovani_odpadnich_vod_do_2000eo.pdf

- [31] K+H ČERPACÍ TECHNIKA S R.O. *Čerpadla s řezacím zařízením - GF* [online]. 2008 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.koupitcerpadlo.cz/produkty-183-32gf-21-2f-230v.html>
- [32] TEPER IMPORT S.R.O. *Nabízené výrobky* [online]. [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.teper.cz/vyrobky>
- [33] HAWLE ARMATURY SPOL. S R.O. *HAWLE* [online]. 2006 [cit. 2012-05-21]. Dostupné z: <http://www.hawle.cz/>
- [34] *Manual: Alternativ wastewater collection systems*. Washington, DC, 1991. ISBN EPA/651/1-91/024.
- [34] *Vacuum Technology*. Eschborn, 2005. Dostupné z: http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GTZ%202005%20Vacuum%20Technology.pdf

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Orientační hodnoty ukazatelů určující jakost splaškových vod [zdroj: Hlavínek, 2006]..... | 10 |
| Tabulka 2: Kalkulace cen pro vodné a stočné obce Lužany [zdroj: ČEVAK, a.s.] | 36 |
| Tabulka 3: Směrné hodnoty k odhadu středního objemového poměru vzduch/voda na hlavním řadu..... | 39 |
| Tabulka 4: Směrné hodnoty k odhadu jmenovité světlosti | 39 |
| Tabulka 5: Doporučené a maximální průtoky na daný průměr potrubí [zdroj: AIRVAC]..... | 41 |
| Tabulka 6: Návrh dimenze potrubí dle počtu napojených domů na úseku [zdroj: AIRVAC]. | 42 |
| Tabulka 7: Špičkový faktor PF [zdroj: AIRVAC] | 42 |
| Tabulka 8: Doporučení výšky zdvihu [zdroj: AIRVAC] | 43 |
| Tabulka 9: Faktor "A" pro navržení velikosti vývěvy [zdroj: AIRVAC] | 44 |
| Tabulka 10: Návrh biofiltru [zdroj: Roediger Vacuum GmbH] | 45 |
| Tabulka 11: Doporučené hodnoty výpočtových odporových součinitelů [23] | 61 |
| Tabulka 12: Výpočet dimenze potrubí dle metody ATW – A163E..... | 66 |
| Tabulka 13: Výpočet dimenze potrubí dle metody „úměrného průtoku“ | 67 |
| Tabulka 14: Porovnání obou metod návrhu | 68 |
| Tabulka 15: Návrh podtlakové trubní sítě dle DWA A 116 | 69 |

Tabulka 16: Návrh průměru potrubí podtlakové kanalizace v jednotlivých úsecích 73

Tabulka 17: Porovnání obou metod návrhu podtlakové stokové sítě 75

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1: Hliněné trouby využívané v raných počátcích odvádění splaškových vod [zdroj: Burlington] | 5 |
| Obr. 2: Ukázka systému Charlesa T. Liernura – sběrná šachta se dvěma potrubími [zdroj: Providence]..... | 7 |
| Obr. 3: Systémy vedení tras stok [zdroj: Hlavínek, Petr]..... | 12 |
| Obr. 4: Schéma trasování podtlakové kanalizace a napojení objektů [zdroj: Lazur]..... | 17 |
| Obr. 5: Schéma napojení rodinného domu na podtlakový řad přes sběrnou jímku se sacím ventilem [zdroj: Lazur]..... | 17 |
| Obr. 6: Schéma šachty s umístěným sacím ventilem [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.] | 19 |
| Obr. 7: Schéma podtlakového ventilu AIRVAC 3“ a 2“ [zdroj: VAK-KAN, s.r.o.]..... | 20 |
| Obr. 8: Sací ventil systému ROAVAC [zdroj: Roediger Vacuum GmbH] | 21 |
| Obr. 9: Sací ventil systému FLOVAC [zdroj: FLOVAC Deutschland GmbH]..... | 21 |
| Obr. 10: Ukázka podtlakového potrubí - napojení přípojky do sběrného řadu s uzavírací armaturou [zdroj: Hejna]..... | 23 |
| Obr. 11: Ukázka uložení podtlakového potrubí hlavního řadu [zdroj: Hejna]..... | 23 |
| Obr. 12: Podélný profil podtlakové kanalizace [zdroj: MZP]..... | 24 |
| Obr. 13: Ukázka podtlakové stanice [zdroj: AIRVAC] | 26 |
| Obr. 14: Podtlaková a čerpací stanice v obci Lužany [zdroj: Lazur]..... | 31 |
| Obr. 15: Řídící a ovládací jednotka s rozvaděči [zdroj: Lazur] | 31 |
| Obr. 16: Kompresory ATMOS SE 80 [zdroj: Lazur]..... | 32 |
| Obr. 17: Tlakové nádoby s potrubím a armaturami [zdroj: Lazur] | 32 |
| Obr. 18: Sací ventil AIRVAC 2“ - kontrolní ventil [zdroj: Lazur] | 33 |
| Obr. 19: Sací ventil AIRVAC 3“ ve sběrné jímkce pro bytový dům [zdroj: Lazur] | 33 |
| Obr. 20: Podtlaková nádoba [zdroj: Lazur]..... | 34 |
| Obr. 21: Vývěvy RIETSCHLE VCAH 160 [zdroj: Lazur]..... | 34 |
| Obr. 22: Situace výtlaku z obce Lužany do Přeštic [zdroj: Lazur] | 35 |
| Obr. 23: Čerpadla s řezacím zařízením – GF [zdroj: K+H čerpací technika] | 47 |
| Obr. 24: Schéma sběrné šachty „STK“ [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.]..... | 49 |

| | |
|---|----|
| Obr. 25: Schéma sběrné šachty „STK“ [zdroj: EKOSYSTEM spol. s r.o.]..... | 49 |
| Obr. 26: Elektrotvarovky ELGEF Plus PE 100 [zdroj: TEPER IMPORT s.r.o.] | 52 |
| Obr. 27: Armatury Odvzdušňovací ventil [zdroj: HAWLE ARMATURY spol. s r.o.];..... | 53 |
| Obr. 28: Letecký snímek obce Trstěnice..... | 63 |
| Obr. 29: Návrh dimenze potrubní sítě [zdroj: AIRVAC]..... | 72 |

SEZNAM PŘÍLOH

- 1.1 Situace venkovního tlakového systému stokových sítí
- 1.2 Situace venkovního tlakového systému stokových sítí
- 2.1 Situace venkovního podtlakového systému stokových sítí
- 2.2 Situace venkovního podtlakového systému stokových sítí