



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

STUDIE SANACE STOKOVÉ SÍTĚ VYBRANÉ ČÁSTI URBANIZOVANÉHO CELKU

STUDY OF REHABILITATION OF THE SEWER NETWORK OF SELECTED PARTS URBANIZED
AREA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karel Voldán

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Karel Voldán
Název	Studie sanace stokové sítě vybrané části urbanizovaného celku
Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

[1] Paspportizační údaje a dostupné údaje o stokové síti vybrané části urbanizovaného celku jako podklad pro zpracování DP.

[2] STEIN, Dietrich a STEIN, Robert Instandhaltung von Kanalisationen, Verlag Prof. Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, 2014. ISBN 978-3-9810648-4-1.

[3] STRÁNSKÝ, David et al. Metodická příručka - Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z WWW: http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf.

[4] KLEPSATEL, František a RAČLAVSKÝ, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, c2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.

[5] Odborný časopis NODIG

[6] Příslušné legislativní a normativní podklady.

[7] Další podklady dle pokynu vedoucího DP.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem diplomové práce bude studie sanace vybrané stokové sítě. Diplomant provede rekognoskaci zájmové stokové sítě, vypracuje ve spolupráci s provozovatelem stavebně-technický stav, přepočítá hydrauliku stokového systému a navrhne rozšíření, anebo opravu stokové sítě v návaznosti na další rozvoj obce.

Požadované výstupy: technická zpráva, výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího DP.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

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

doc. Ing. Jaroslav Račlavský, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je vypracování studie sanace stokové sítě v části města Znojma. Práce je koncipována formou průvodní a technické zprávy. V průvodní zprávě se nachází stručný popis zájmové lokality, základní údaje o provozovateli stokového systému a údaje o území. V technické zprávě se nachází popis jednotlivých úseků stokové sítě doplněný fotodokumentací vybraných poruch nacházejících se na vybraných úsecích. Dále je zde provedeno samotné vyhodnocení stavebně-technického stavu dílčích úseků. V následující kapitole jsou vypracovány dva hydraulické modely a jejich modifikace po provedení sanace stokového systému. Další část práce popisuje možné varianty sanačních technologií. Poslední část se zabývá závěry a doporučeními pro provozovatele stokové sítě včetně stručně vypsání ekonomické stránky při výběru sanační technologie.

KLÍČOVÁ SLOVA

stoková síť, technický stav, průzkum stavebně-technického stavu, sanace, hydraulický model

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis was the elaboration of a study of the rehabilitation of the sewerage network in the part of the town of Znojmo. The work is conceived in the form of accompanying and technical reports. The accompanying report contains a brief description of the interest site, basic information about the sewerage system operator and land data. The technical report contains a description of the individual segments of the sewer network, supplemented by photo documentation of the selected faults located on the selected sections. In addition, the evaluation of the structural state of the sub-sections is carried out here. The following subchapter draws up two hydraulic models and their modifications after the recovery of the sewer system. Another part of the technical report describes possible options for remediation technologies. The last part deals with the conclusions and recommendations for the sewer network operator including a briefly outlined economic page in the selection of remediation technology.

KEYWORDS

sewer network, technical condition, construction-technical survey, redevelopment, hydraulic model

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Karel Voldán *Studie sanace stokové sítě vybrané části urbanizovaného celku*. Brno, 2018. 83 s., 29 s. příl. Diplomová 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 12. 1. 2018

Bc. Karel Voldán
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph. D. za odborné vedení a velké množství rad a připomínek v průběhu jejího zpracování. Dále děkuji zástupcům Vodárenské akciové společnosti, a. s. za poskytnuté podklady pro vypracování.

Obsah

1. ÚVOD.....	10
2. PRŮVODNÍ ZPRÁVA	11
2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....	11
2.1.1. Základní údaje o provozovateli.....	11
2.2. VSTUPNÍ PODKLADY	11
2.3. ÚDAJE O ÚZEMÍ.....	11
2.3.1. Historie.....	13
2.3.2. Současnost.....	14
2.3.3. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací	15
2.3.4. Hydrologické poměry	16
2.3.5. Geologické poměry	16
2.3.6. Geomorfologické poměry	17
2.3.7. Klimatické poměry.....	17
3. TECHNICKÁ ZPRÁVA	18
3.1. VYMEZENÍ POJMŮ.....	18
3.2. PRŮZKUM STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU.....	18
3.3. VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU.....	52
3.3.1. Popis kategorií	53
3.3.2. Vyhodnocení průzkumu stavebně–technického stavu	54
4. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	58
4.1.1. Program SWMM.....	58
4.1.2. Hydraulický model.....	59
5. ZPŮSOBY SANACE	67
5.1. VYBRANÉ TECHNOLOGIE PRO RENOVACI.....	68
5.1.1. Bezvýkopové technologie.....	68
5.2. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ SANAČNÍCH OPATŘENÍ	70

6. ZÁVĚR.....	73
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	75
7.1. ZDROJE Z INTERNETU	75
7.2. KNIŽNÍ PUBLIKACE.....	75
7.3. NORMY, ČLÁNKY A BROŽURY	75
7.4. ZDROJE OBRÁZKŮ.....	76
7.5. ZDROJE TABULEK	76
7.6. OSTATNÍ ZDROJE.....	76
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	77
SEZNAM TABULEK.....	78
SEZNAM OBRÁZKŮ	79
SEZNAM PŘÍLOH.....	81
SUMMARY	82
PŘÍLOHOVÁ ČÁST	83

1. ÚVOD

Stárnoucí vodohospodářská infrastruktura v oblasti odvádění odpadních vod začíná být čím dál častěji skloňovaným tématem z řad odborné veřejnosti. Stokové systémy vybudované začátkem druhé poloviny minulého století se v dnešní době dostávají daleko za hranici své životnosti. Současná společnost bere vodohospodářskou infrastrukturu jako samozřejmost a součást hygienického standardu. Až při vzniklých potížích spojených s přívodem pitné vody nebo odvodem vod odpadních se začnou dotčení lidé zajímat o problematiku spojenou s touto důležitou infrastrukturou. V případě objektů pro odvádění a čištění odpadních vod dle mého názoru jsou ve srovnání se systémem pro zásobování pitnou vodou problémy vznikající nevyhovujícím stavebně–technickým stavem infrastruktury stokových systémů a jejich následných poruch podceňovány. Je to pochopitelné odvádění odpadních vod nemá přímé dopady na odběratele jako zhoršená kvalita pitné vody z vodovodní baterie. Nicméně problematika stárnoucích stokových systémů je aktuální z čehož plyne autorův zájem o danou problematiku.

Stoková síť v zájmové lokalitě, zpracovávané v předkládané diplomové práci, nacházející se v části města Znojma není výjimkou. Stoková síť zde již kapacitně nevyhovuje značnému nárůstu zpevněných ploch, a především přichází do stavebně–technického stavu kdy povrchy potrubí začínají vykazovat větší množství poruch. Z těchto důvodů se provozovatel Vodárenská akciová společnost divize Znojmo rozhodla pro vypracování odborného posouzení stavebně–technického stavu stokového sítě. Vypracování odborného posudku [16] se ujalo Centrum AdMas na, kterém v rámci diplomové práce autor spolupracoval.

Cílem diplomové práce je zpracování studie sanace stokového sítě vybrané části města Znojma. Práce je rozdělena na několik dílčích částí. V první části psané ve formě průvodní zprávy jsou sepsány základní údaje o provozovateli stokového systému a následně je zde popsána zájmová lokalita. Následující část tvoří technická zpráva, ve které je provedena rekognoskace stokové sítě. V rámci rekognoskace jsou stručně popsány všechny úseky vybrané provozovatelem, na nichž byl proveden kamerový průzkum. Kapitola je doplněna fotodokumentací vybraných poruch objevujících se na řešených úsecích. Technická zpráva je zakončena vyhodnocením stavebně–technického stavu stokového systému na zmíněných úsecích a jejich zařazení do kategorií stavebně–technického stavu. Na tyto části navazuje kapitola hydrotechnických výpočtů, ve které byly vypracovány hydraulické modely uzavřených oblastí z hlediska hydraulických poměrů při odtoku. Hydraulické modely také řeší chování systému po návrhu sanačních opatření. Dále jsou v práci zmíněny vybrané sanační technologie a jejich ekonomické vyhodnocení pro vybranou skupinu úseků vhodnou technologií sanace s ohledem na stavebně–technický stav potrubí.

Na závěr práce jsou sepsány návrhy a doporučení ze všech zpracovaných hledisek, a předpokládám že tyto závěry pomohou Vodárenské akciové společnosti, a.s. při volbě strategie sanace stokové sítě v zájmové lokalitě.

2. PRŮVODNÍ ZPRÁVA

2.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stoková síť je provozována v oddílném modelu, tudíž její vlastník a provozovatel není totožný. Vlastníkem stokového systému je v zájmové lokalitě zájmové sdružení svazek obcí VAK Znojensko a ten jí pronajímá provozující společnosti. Provozovatel stokového systému v zájmové lokalitě je Vodárenská akciová společnost a.s. divize Znojmo.

2.1.1. Základní údaje o provozovateli

Vodárenská akciová společnost, a. s. založená v roce 1993 zásobuje pitnou vodou a čistí odpadní vody více než 543 tisícům obyvatel v Jihomoravském kraji a v Kraji Vysočina, a to v 700 obcích. V zájmovém území zajišťuje provoz stokového systému divize Znojmo. Celková délka provozované kanalizační sítě k 31.12.2016 je 513 km. [1]

Obchodní firma: VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.

Sídlo: Soběšická 820/156, Lesná, 638 00 Brno

Právní forma: akciová společnost

Datum vzniku: 1. 12. 1993

Identifikační číslo: 494 55 842

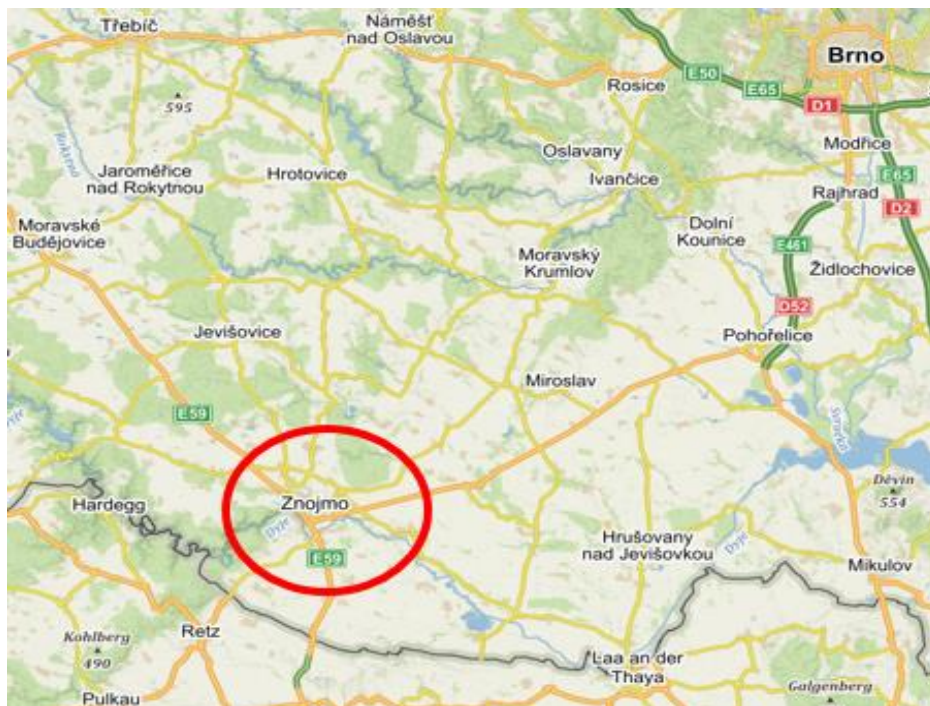
2.2. VSTUPNÍ PODKLADY

Pro zpracování této studie byly poskytnuty společností Vodárenská akciová společnost, a. s. divize Znojmo:

- Situační výkresy stávajícího stokového systému;
- Kamerové záznamy vybraných úseků stokového systému;
- Výstupní protokoly z kamerových záznamů jednotlivých úseků.

2.3. ÚDAJE O ÚZEMÍ

Zájmová lokalita se nachází v jihomoravském kraji konkrétně v části města Znojma. Pro zpracování diplomové práce byla vybrána hydraulicky uzavřená oblast nacházející se v katastrálním území Znojmo – město. Je umístěna v severozápadním cípu katastrálního území. Katastrální území Znojmo – Přímětice lemuje zájmovou oblast ze severu a katastrálním územím Znojmo – Hradiště nacházející se na jižním okraji zájmové lokality. V zájmové lokalitě se nacházejí dva vrcholy, které určují charakter zástavby. Na jednom z nich je umístěn i zemní vodojem pro zásobování zájmové lokality pitnou vodou.



Obrázek 2.1. Mapa zájmové lokality v rámci ČR [2]



Obrázek 2.2 Mapa zájmové lokality v lokálním měřítku [2]

2.3.1. Historie

Již v 9. století patřilo Znojmo (Hradiště) k nejpevnějším hradiskům Velkomoravské říše na její západní hranici a také k prvním místům, kde se na Moravě uchytilo křesťanství. Po připojení Moravy k přemyslovským Čechám v letech 1019-1029 se ze Znojma stalo vedle Olomouce a Brna jedno ze tří hlavních správních center země a sídlo jedné knížecí linie Přemyslovců. Strategický význam Znojma v zahraniční politice moravského markraběte Vladislava Jindřicha a českého krále Přemysla Otakara I. byl hlavním důvodem k povýšení na královské město a k výstavbě mohutného kamenného opevnění. Jako největší vojenská pevnost na pomezí jižní Moravy a Dolních Rakous bylo Znojmo obdařeno mnoha výsadami a obchodními privilegii. Ekonomickou prosperitu městu zajistila důležitá obchodní stezka z Vídně do Jihlavy a Prahy a také příchod vyspělých rolníků, řemeslníků a obchodníků z německého Podunají, kteří se zde trvale usadili. Přesnější obrázek o podobě prosperujícího města na sklonku středověku a v počátcích novověku si můžeme udělat na základě husté sítě měšťanských domů z 15. až 16. století se spleťtým systémem podzemních chodeb, útočištěm měšťanů v dobách ohrožení. Pozdní gotika a renesance, dnes mnohdy skrytá za mladšími historizujícími fasádami, se ve Znojmě předvádí v míře, která nemá v českých zemích takřka obdoby.

V 1. polovině 20. století však vzedmutá vlna nacionalismu a militarismu ukončila éru pokroku. Dvě světové války, pád nadnárodnostní monarchie, tragický konec soužití českého a německého etnika ve městě a dlouhé dekády komunistické totality s ostnatým drátem tzv. železné opony za humny učinily ze Znojma provinční město na okraji zájmu nové republiky, na okraji zájmu velkého světa. Státem řízená ekonomika sice dala vzniknout velkým průmyslovým podnikům, ale také nevhledným panelovým sídlištěm a pokřivenému urbanismu, kdy se město výrazně rozšířilo na území okolních obcí. [3]

Tabulka 2.1 Vývoj počtu obyvatel [4]

Rok	Počet obyvatel
1880	12 772
1900	16 988
1930	25 855
1971	26 126
1991	39 949
2011	34 078
2017	33 823

2.3.2. Současnost

Znojmo je město s úřadem s rozšířenou působností v Jihomoravském kraji na levém břehu řeky Dyje, 65 km jihozápadně od Brna a 83 km severozápadně od Vídně. Hranice s Rakouskem probíhá osm kilometrů od města. Žije zde přibližně 34 tisíc obyvatel. Je druhým největším městem Jihomoravského kraje a historickým centrem jihozápadní Moravy. V současné době se Znojmo opět snaží navázat na pozitiva svého někdejšího vývoje. Skládá se z několika historických částí (vnitřní město, Horní předměstí, Dolní předměstí, Novosady) a připojených, dříve samostatných obcí (Hradiště, Dyjská Ves, Mansberk, Starý Šaldorf, Louka, Oblekovice, Bohumilice, Nesachleby, Načeratice, Derflice, Konice, Popice, Přímětice, Mramotice, Kasárna). Je centrem širokého spádového regionu v rozpětí sedmdesáti kilometrů. Sídlí zde správní úřady, soukromá vysoká škola, četné střední školy a učiliště a okresní soud. Znojmo je také městem kultury: každoročně se zde pořádá několik festivalů jako například červencový Znojemský hudební festival či zářijové Znojemské historické vinobraní; v celoročním provozu je také Městské divadlo a Jihomoravské muzeum. Dopravně je Znojmo napojeno silnicemi I. třídy na Prahu, Brno a Vídeň. Osobní železniční doprava je nejfrekventovanější ve směru na Břeclav, Vídeň a Jihlavu. [3]

2.3.3. Plán rozvoje vodovodů a kanalizací

Stávající stav

Území města je odkanalizováno stokovou sítí přes ČOV do řeky Dyje. V městě Znojmě je vybudována převážně jednotná stoková soustava. Pouze některé městské části jsou odkanalizovány oddílnou stokovou soustavou.

Celková délka stokové sítě činí 91 km. Z toho připadá 63 km (69 %) na jednotnou soustavu a 28 km (31 %) na soustavu oddílnou. Přitom délka dešťové kanalizace činí 15 km a kanalizace splaškové 13 km. Stoková síť je tvořena kmenovou stokou A, sběrači A6, B, C, D, L a uličními stokami. Kmenovou stokou jsou odpadní vody přiváděny do ČOV v obci Dobšice. ČOV se nachází v údolí řeky Dyje při jihovýchodním okraji města Znojma.

Odpadní voda přitékající na ČOV je nejprve zbavována hrubých nerozpuštěných látek na česlích a v lapáku písku a tuku. Biologické čištění zajišťuje systém C.Tech, který je založen na systému přerušované cyklické aktivace kalu. C-Tech systém sestává ze čtyř nádrží vybavených jemnobublinným aeračním systémem a dekantérem pro odtah vyčištěné vody. Přebytečný kal se odtahuje do zahušťovací nádrže, odtud je dopravován do vyhnívacích nádrží k anaerobní stabilizaci a odtud je přepouštěn do uskladňovacích nádrží. Následně je tento kal odvodňován na lince s odstředivkou Flottweg. Odvodněný kal se dopravuje na vlečku a odváží se k následné hygienizaci kalu kompostováním a 100 % využití v zemědělství. Bioplyn vznikající při vyhnívání kalu je využíván pro výrobu tepla a elektrické energie spalováním v kotlích nebo v kogenerační jednotce.

V letech 1996 až 1999 byla stávající nevyhovující ČOV z roku 1976 komplexně rekonstruována. Intenzifikace a rozšíření ČOV byly navrženy a realizovány s cílem dosáhnout maximální efektivity při čištění odpadních vod z hlediska odstraňování dusíku, fosforu a dalších znečišťujících látek a současně vyhovět všem požadavkům kladeným na míru čištění příslušnými předpisy ČR a EU.

Navrhovaný stav

Předmětem rekonstrukce jsou úseky sítě kapacitně nevyhovující a úseky ve špatném stavebně-technickém stavu. Jedná se o kmenovou stoku, všechny kanalizační sběrače a hlavní uliční stoky, včetně objektů sítě zajišťujících její správnou funkci. V případě rekonstrukce úseků sítě hydraulicky přetížených a úseků se špatným stavebním stavem bude možné bezproblémově přivádět odpadní vody k ČOV a tím zajistit ochranu vodního recipientu (řeka Dyje) před úniky těchto vod do vod povrchových. Rovněž bude eliminován poměrně vysoký přítok balastních vod do rekonstruovaných stok a omezena infiltrace odpadních vod do vod podzemních. [5]

2.3.4. Hydrologické poměry

Zájmová lokalita se nachází v povodí řeky Moravy spadající pod správu závodu Dyje. Na obrázku 2.3. je znázorněna vodní nádrž Znojmo, ležící na řece Dyji v říčním kilometru 132.73. Vodní nádrž Znojmo, jejíž hráz měří 115 m zadržuje téměř 4,3 mil m³ vody, ta je zdrojem pitné vody a také je využívána pro energetické účely. V zájmové lokalitě se nachází několik drobných vodních toků většinou, se jedná o bezvýznamné malé toky vlévající se do řeky Dyje, která je pravým přítokem řeky Moravy. [6]



Obrázek 2.3 Mapa vodních útvarů [2]

2.3.5. Geologické poměry

V zájmové lokalitě nebyl v rámci práce proveden hydrogeologický průzkum. Z regionálně geologického hlediska leží zájmová lokalita v části moravské větve moldanubika, omezené na západě centrálním masímem, na východě boskovickou brázdou a severně třebičským masímem, z čehož vyplývá, že skalní podklad zájmového území je budován moldanubickými krystalickými horninami, které jsou částečně překryty mladými pokryvnými útvary. Plášť mladých kvartérních pokryvů je z genetického hlediska tvořen následujícími typy pokryvů:

- eluvii krystalických hornin
- fluvialními sedimenty;
- deluviofluvialními sedimenty;
- deluviálními sedimenty;
- eolickými sedimenty. [7]

2.3.6. Geomorfologické poměry

Zájmová lokalita je součástí geomorfologického celku zvaný Dyjsko-svratecký úval. Nadmořská výška zájmové lokality se pohybuje přibližně od 320 m n. m. do 303 m n. m. Celá zájmová lokalita je mírně svažité směrem na sever.

2.3.7. Klimatické poměry

Celý okres Znojmo patří mezi extrémně suché oblasti naší republiky a je součástí klimatické oblasti MT11. Tato oblast se vyznačuje především dlouhým teplým a suchým létem. Přechodné období je krátké s mírně teplým jarem stejně jako podzim. Zimní období je v této oblasti krátké a velmi suché s krátkým trváním sněhové pokrývky. V chladném půlroce zde spadne 219-268 mm srážek, což je 33,9-35,5 % ročního úhrnu. V létě je pak srážkový úhrn 329-397 mm (66,1- 64,5 %). Nejvíce srážek obvykle spadne v letním období června, minimum připadá na měsíc březen. [8]

Tabulka 2.2 Charakteristika klimatické oblasti [8]

KLIMATICKÁ OBLAST	MT11
Počet letních dnů	50-60
Počet dnů s prům. teplotou >10°C	140-160
Počet mrazových dnů	110-130
Počet ledových dní	30-40
Průměrná teplota v lednu (°C)	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci (°C)	17-18
Průměrná teplota v dubnu(°C)	7-8
Průměrná teplota v říjnu (°C)	7-8
Počet dnů se srážkami > 1 mm	90-100
Srážkový úhrn ve vegetačním období (mm)	350-400
Srážkový úhrn v zimním období (mm)	200-250
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	50-60
Počet zatažených dnů	120-150
Počet jasných dnů	40-50

3. TECHNICKÁ ZPRÁVA

3.1. VYMEZENÍ POJMŮ

V práci jsou použity pojmy a definice objevující se v zákonech, vyhláškách a předpisech, především se jedná o tyto:

- ZÁKON 274/2001 Sb. ze dne 10. července 2001 o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (Zákon o vodovodech a kanalizacích) v aktuální znění.
- Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, ve znění vyhlášky č. 146/2004 Sb. a vyhlášky č. 515/2006 Sb.
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky.
- ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov.
- TNV 75 6911 Provozní řád kanalizace.
- ČSN 01 3463 Výkresy inženýrských staveb – výkresy kanalizace.
- ČSN EN 13 508 - 1 Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek – Část 1: Obecné požadavky.
- ČSN EN 13 508 – 2 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek – Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku.

3.2. PRŮZKUM STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU

Zájmová lokalita byla pro zpracování studie rozdělena na dílčí oblasti. Tyto oblasti zahrnují vybrané skupiny úseků, ve kterých byl proveden kamerový průzkum. Kritéria pro výběr konkrétních úseků nejsou známa, vybrané úseky určil provozovatel stokového systému na základě problémů vznikajících při provozování stokové sítě. Vybrané dílčí oblasti jsou znázorněny na situačních výkresech stokového sítě obsažené v přílohové části této práce.

Kamerový průzkum provedl provozovatel stokového systému na vlastní náklady. Po konzultaci se zástupcem Vodárenské akciové společnosti byly výsledky kamerového průzkumu předány pro zpracování diplomové práce. Průzkum probíhal v období od srpna do poloviny listopadu letošního roku. Celkem byl proveden průzkum na přibližně 16 km potrubí kanalizačních stok. Pro práci byla vybrána uzavřená oblast zahrnující úseky potrubí v celkové délce bezmála 3,5 km. Vybraná oblast je znázorněna na situaci širších vztahů viz. příloha 1.1. Situační výkres širších vztahů.

V následující kapitole se budeme věnovat stavebně–technickému stavu jednotlivých skupin úseků. Každá vybraná skupina úseků bude popsána a tento popis bude doplněn reprezentativní fotodokumentací jednotlivých poruch objevujících se na dané skupině úseků.

Průzkum stavebně–technického stavu byl proveden pro stoky, které provozovatel vyznačil jako problematické. Vzhledem k této skutečnosti předpokládáme, že ostatní stoky jsou v takovém technickém stavu, který nečiní žádné provozní problémy. Nebo má provozovatel takové informace o výstavbě a použitých technologiích, že z vybraných skupin úseků bude možné předpokládat stavebně–technický stav i jiných úseků.

Skupina úseků 1

Skupina úseků 1 se nachází v ulici Pod Soudním vrchem. Je tvořena čtyřmi úseky o celkové délce 119 m. Materiál potrubí všech úseků je totožný, potrubí je kruhového profilu z betonových trub o jmenovité světlosti DN 300. Kamerový průzkum probíhal po směru toku.

Tabulka 3.1 Základní údaje–Skupina úseků 1

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[%]	materiál	profil	DN	
116681	22.8	87.7	beton	kruhový	300	po směru toku
116682	36.6	65.0	beton	kruhový	300	po směru toku
116683	32.8	70.7	beton	kruhový	300	po směru toku
120346	26.8	26.9	beton	kruhový	300	po směru toku



Obrázek 3.1 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.2 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Na obrázku 3.1. můžeme vidět reprezentativní příklad stavebně–technického stavu stokového systému na všech čtyřech dílčích úsecích nacházejících se skupině úseků 1. Můžeme si všimnout viditelného posunu trub v horizontálním směru o přibližně 1-2 centimetry. Jsou zde patrné známky probíhající koroze ve formě map po stěnách potrubí. V koncovém úseku skupiny se objevují větší střepy, zatím bez viditelné zeminy viz. obrázek 3.2. Další poruchy představuje mírná koroze betonových povrchů potrubí a poruchy kolem jejich spojů spojené s posunem trub jiné poruchy nejsou v celé skupině úseků patrné.

Skupina úseků 2

Skupinu úseků 2 najdeme v ulici Gagarinova, celková délka skupiny úseků činí 133 m a je rozdělena do celkem pěti úseků. Úseky jsou rozmanité, co se týká materiálu potrubí a jmenovité světlosti. Můžeme zde najít potrubí z trub betonových ale i z kameniny. V horní části se nacházejí dva úseky o jmenovité světlosti DN 200 zbylé úseky jsou provedeny v DN 300.

Tabulka 3.2 Základní údaje–Skupina úseků 2

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
116508	16.5	96.4	beton	kruhový	200	po směru toku
116509	23.2	88.8	beton	kruhový	200	po směru toku
116510	16.7	65.9	beton	kruhový	300	proti směru toku
116511	44.3	80.4	kamenina	kruhový	300	po směru toku
117412	32.1	58.3	beton	kruhový	300	proti směru toku

V případě, že horní úseky jsou vedeny jako kanalizační stoka, a jelikož se nejedná o tlakové ani o škrťící úseky ani shybku, je jmenovitá světlost DN 200 v rozporu s platnou ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, která stanovuje minimální světlost potrubí pro stokovou síť z trub betonových na DN 300 a pro potrubí z kameniny, plastů a sklolaminátu je povoleno potrubí DN 250.

Z hlediska stavebně–technického stavu je na přiložených fotografiích z kamerového záznamu patrné, že nedostatečná dimenze není jediný problém. Na obrázku č. 3.3. je vidět důsledek zaústění kanalizační přípojky ze shora, to zapříčinilo usazování tuhých částí obsažených v odpadní vodě. Následující obrázek 3.5. ukazuje opět nevhodně zaústěné potrubí kanalizační přípojky, které zasahuje do průtočného profilu. Úseky kde se vyskytuje betonové potrubí je poškozeno biogenní síranovou korozí po dně jsou patrné známky abraze viz. obrázek 3.4. Nejvíce poškozené potrubí je v místech spojů, kde můžeme vidět tvorbu střepů z nichž některé již chybí to je následek vyplavování volné zeminy a tvorby kaveren.



Obrázek 3.3 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.4 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.5 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseků 3

Skupina úseků 3 se nachází také na ulici Gagarinova. Do úseků v této skupině natéká odpadní voda z obou předešlých úseků. Skupina obsahuje celkem osm dílčích úseků, na které je po celé délce 253,5 m použito kruhové betonové potrubí jmenovité světlosti DN 400.

Tabulka 3.3 Základní údaje–Skupina úseků 3

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
116514	14.0	11.4	beton	kruhový	400	po směru toku
116520	22.7	72.7	beton	kruhový	400	po směru toku
116521	30.4	70.7	beton	kruhový	400	po směru toku
116684	30.6	13.7	beton	kruhový	400	po směru toku
116685	29.4	11.9	beton	kruhový	400	po směru toku
116957	37.4	12.6	beton	kruhový	400	po směru toku
122203	43.3	14.6	beton	kruhový	400	po směru toku
115395	45.4	78.4	beton	kruhový	400	po směru toku

Stavebně–technický stav těchto úseků koresponduje s předešlými skupinami úseků. V úsecích je vidět probíhající koroze betonu, místy se objevují podélné i příčné trhlinky, které v některých částech především v oblasti spojů betonových trub přecházejí ve větší trhliny až tvorbu stěpů. Většina spojů trub vykazuje známky netěsností, projevující se exfiltrací odpadních vod, popřípadě při vyšší hladině spodní vody infiltrací vod balastních.



Obrázek 3.6 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.7 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseků 4

Skupinu úseků 4 nalezneme v ulici Gagarinova. Plynule navazuje na skupinu úseků s označením 3. Celková délka devíti dílčích úseků v této skupině činí 269,0 m o jmenovité světlosti DN 500. Pobrubi je z betonových trub kruhového profilu. Všechny šachty byly přístupné a kamerový průzkum probíhal ve všech úsecích po směru toku.

Tabulka 3.4 Základní údaje–Skupina úseků 4

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115417	31.5	50.2	beton	kruhový	500	po směru toku
116526	35.7	8.4	beton	kruhový	500	po směru toku
116527	17.7	-	beton	kruhový	500	po směru toku
116528	47.6	12.6	beton	kruhový	500	po směru toku
116529	32.7	9.5	beton	kruhový	500	po směru toku
116558	38.8	85.1	beton	kruhový	500	po směru toku
116962	11.7	41.9	beton	kruhový	500	po směru toku
116963	16.7	18.6	beton	kruhový	500	po směru toku
117389	35.4	31.9	beton	kruhový	500	po směru toku



Obrázek 3.8 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.9 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Na přiložených fotografiích z kamerového průzkumu si můžeme všimnout probíhající biogenní síranové koroze, která je znatelná prakticky po celé řešené skupině úseků v různých fázích. Dále bylo kamerovým záznamem odhaleno několik trub, které se díky nerovnoměrnému horizontálnímu posunu betonových trub dostalo do protispádu. V těchto úsecích se hromadí odpadní voda a hrubší částice v ní obsazené v těchto místech sedimentují a snižují tím kapacitu potrubí. Stejně jako u předešlých úseků můžeme vidět porušené trubní spoje se známkami netěsností. Tyto poruchy nejsou zatím velkého rozsahu, zatím nepozorujeme chybějící střepy.

Skupina úseků 5

Pro tuto skupinu úseků nebyl pořízen kamerový průzkum, předpokládáme že z důvodu menší jmenovité světlosti jak DN 250 tudíž se nejspíše jedná o kanalizační přípojku o celkové délce betonového potrubí 32,0 m, jmenovité světlosti DN 200.

Tabulka 3.5 Základní údaje–Skupina úseků 5

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115928	19.0	-	beton	kruhový	200	-
115929	13.0	40.1	beton	kruhový	200	-

Skupina úseků 6

Při popisu této skupiny úseků se dostáváme do ulice Prímětická. Skupina o délce 180,0 m je složena z celkem tří dílčích úseků. Stoky jsou vejčitého profilu o rozměrech 500/750, který je opatřen kameninovou výstelkou tvořící žlábek ve spodní části profilu. V koncovém úseku se objevuje vejčitý profil o rozměrech 1050/700 taktéž je opatřen výstelkou z kameniny.

Tabulka 3.6 Základní údaje–Skupina úseků 6

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
116418	69.2	14.3	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116446	60.7	15.3	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
119075	49.8	15.1	beton	vejčitý	1050/700	po směru toku



Obrázek 3.10 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Kamerový průzkum odhalil veškeré množství poruch z nichž některé jsou závažné a při jejich ignorování dojde k narušení statiky celého profilu s následným zhroucením. Na obrázku 3.10. si můžeme všimnout chybejících střepů ve stěnách, v některých místech je již viditelná zemina, a bude s největší pravděpodobností docházet ke tvorbě kaverny. Stěny a horní část profilu jsou poškozeny biogenní síranovou korozí. Dle údajů od provozovatele se jedná o velmi staré potrubí, které již přesáhlo svou dobu životnosti čemuž také odpovídá stavebně-technický stav.



Obrázek 3.11 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseků 7

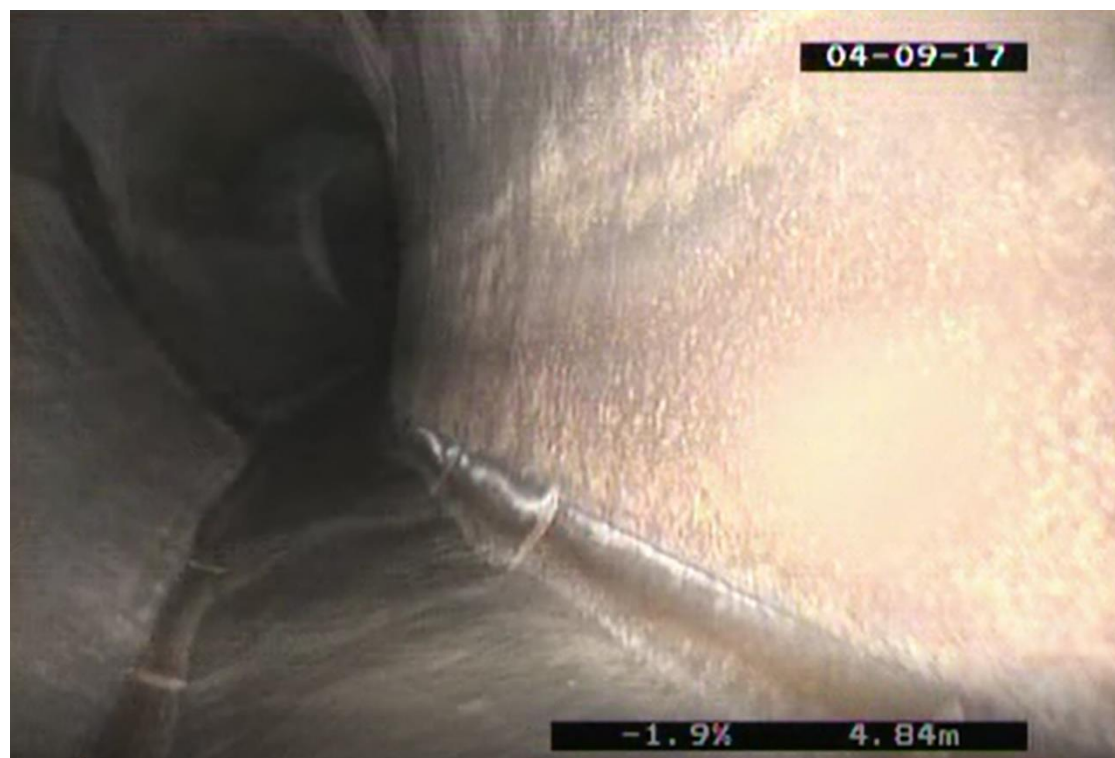
Jedná se o koncový úsek celé hydraulicky uzavřené oblasti, nachází se v ulici Přímětická a vede volným terén pod mostem a podchází i drážní těleso. Na úseku se nachází dvě spadišťové šachty, z nichž jedna plní funkci přeřadu do odlehčovací komory. Kamerový průzkum nebyl proveden po celé délce, jelikož se v trase nachází několik nezakreslených šachet, které nemají dno, což znemožňuje průjezd televizní kamerou. Celková délka činí 125,0 m z toho bylo kamerou projeto pouhých 53,0 m. Stoky jsou z betonových trub převážně kruhového profilu, ale objevuje se zde i vejčitý profil. Jmenovité světlosti objevující se na úsecích s kruhovým profilem jsou DN 1000 a DN 1200 rozměr vejčitého profilu je 1050/700.

Tabulka 3.7 Základní údaje–Skupina úseků 7

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[%]	materiál	profil	DN	
115835	12.9	5.4	beton	vejčitý	1050/700	po směru toku
115839	6.9	69.6	beton	kruhový	1000	proti směru toku
115840	27.9	23.7	beton	kruhový	1000	proti směru toku
115841	9.40	14.9	beton	kruhový	1200	po směru toku



Obrázek 3.12 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.13 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Stavebně–technický stav na dané skupině úseků je složité popsat, jelikož chybí kamerové záznamy více jak poloviny úseků. Nicméně z toho, co můžeme vidět je patrné, že stavebně–technický stav kruhových profilů je o poznání lepší, než jak je tomu u profilů vejčitých, tato skutečnost je názorně vidět na obrázku 3.13. Na některých úsecích se důsledkem sednutí potrubí tvoří kaverny v rozevřených spojích Obrázek 3.12. Toto sednutí je logicky důsledkem vzniku protispádu.

Skupina úseků 8

Vybraný úsek se nachází na ulici Přímětická, tvoří ho čtyři úseky celkové délky 152,0 m kruhového betonového potrubí o jmenovité světlosti DN 500.

Tabulka 3.8 Základní údaje–Skupina úseků 8

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
122184	10.8	255.3	beton	kruhový	500	po směru toku
122202	44.4	16.9	beton	kruhový	500	po směru toku
116443	51.7	11.4	beton	kruhový	500	po směru toku
116444	44.9	16.3	beton	kruhový	500	po směru toku

Na základě kamerového průzkumu stavebně–technického stavu můžeme konstatovat, že dané úseky nevykazují žádné vážné poruchy. Stěny potrubí jsou celistvé bez viditelných prasklin, trhlin.



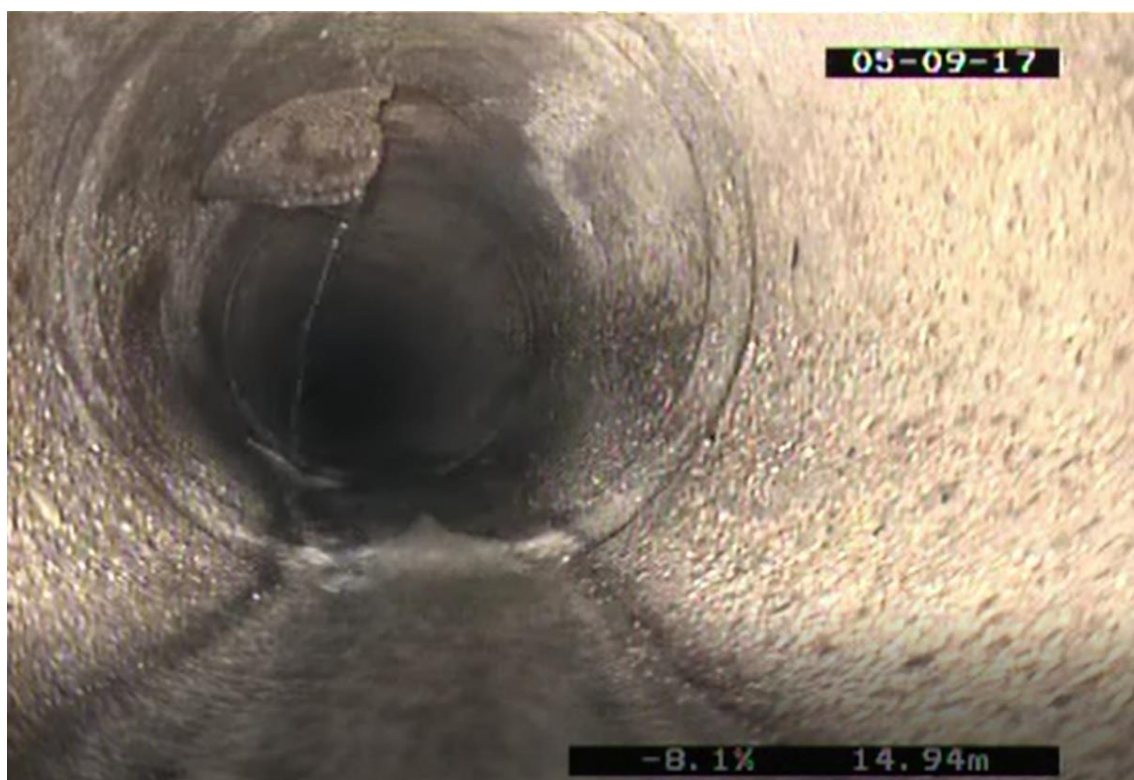
Obrázek 3.14 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseků 9

Skupina úseků 9 je koncovým úsekem v ulici Třebízského. Je tvořena třemi mezišachtovými úseky o celkové délce 106 m. Materiál potrubí celého úseku je totožný, potrubí je z kruhových betonových trub o jmenovité světlosti DN 400.

Tabulka 3.9 Základní údaje–Skupina úseků 9

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[%]	materiál	profil	DN	
121106	11.7	77.8	beton	kruhový	400	po směru toku
116262	52.7	65.3	beton	kruhový	400	po směru toku
115591	41.5	64.8	beton	kruhový	400	po směru toku



Obrázek 3.15 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Potrubí na vybrané skupině úseků vykazuje několik poruch. Mezi kterými nalezneme silnou korozi betonových povrchů nebo jak můžeme vidět na obrázku 3.15. rozevřené trubní spoje nebo předsazené kanalizační přípojky.

Skupina úseků 11

Tato skupina úseků se nachází v uzavřené oblasti, jak se v této práci dočtete dále. Jedná se o rozsáhlou oblast zahrnující ulice Erbenova, Resslerova, Ruženy Svobodové a Mahenova. Délka stok v této skupině úseků je 492,0 m. Na úsecích se objevuje betonové nebo kameninové potrubí, jmenovité světlosti DN 300 a DN 400. Inspekce probíhala po směru toku, pouze v jednom případě z důvodu nepřístupné šachty bylo potřeba provést inspekci proti směru toku.

Tabulka 3.10 Základní údaje–Skupina úseků 11

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
122722	32.4	-	kamenina	kruhový	400	po směru toku
125230	48.8	12.1	beton	kruhový	300	po směru toku
125338	35.1	12.5	kamenina	kruhový	300	po směru toku
116296	32.5	20.0	kamenina	kruhový	300	po směru toku
116297	33.9	17.1	kamenina	kruhový	300	po směru toku
116298	29.1	6.9	kamenina	kruhový	300	po směru toku
116530	28.1	-	kamenina	kruhový	400	po směru toku
116721	62.5	-	beton	kruhový	400	po směru toku
116964	31.9	22.6	beton	kruhový	300	proti směru toku
116965	69.4	12.5	beton	kruhový	300	po směru toku
118645	67.3	42.2	beton	kruhový	300	po směru toku
118652	21.1	10.4	kamenina	kruhový	400	po směru toku



Obrázek 3.16 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.17 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.18 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Průzkum stavebně–technického stavu potrubí odhaluje několik poruch. V úsecích s betonovým potrubím je to především koroze potrubí, dále nedoražené nebo rozevřené spoje, v některých částech došlo k posunutí trub a vzniku mírných protispádů na několika kusech trub. Potrubí z kameniny vykazuje značně více poruch, jak můžeme vidět na obrázku 3.16. dochází k tvorbě střepů a následné prolomení potrubí. Výškové změny jednotlivých trub jsou zde ještě výraznější, než jak tomu je na úsecích s betonovým potrubím. Spoje kameninových trub jsou zřejmě porušeny neodbornou pokládkou při výstavbě stokové sítě.

Skupina úseků 12

Skupinu úseků nalezneme v ulici Fejfalíkova. Zahrnuje celkem pět dílčích úseků, z nichž jeden je zaústěn do stoky vedoucí směrem ke skupině úseků 8, i když stavebně–technický stav byl posuzován dohromady. Stoky jsou z betonových trub kruhového profilu o jmenovité světlosti v horní části skupiny úseků DN 300 ve spodní části pak DN 400. Celková délka skupiny úseků činí 184,0 m. Z celkové délky je 37,2 m zaústěno do jiné stoky.

Tabulka 3.11 Základní údaje–Skupina úseků 12

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115707	37.2	14.5	beton	kruhový	300	po směru toku
116263	19.5	15.9	beton	kruhový	300	po směru toku
115705	49.8	7.2	beton	kruhový	400	po směru toku
116264	50.5	20.2	beton	kruhový	400	po směru toku
122623	26.7	8.6	beton	kruhový	400	po směru toku

Z přiložených fotografií můžeme vidět biogenní síranovou korozi, která se vyskytuje v celé délce. V některých částech, jak je znázorněno na obrázku 3.19. je koroze natolik silná, že drsnost potrubí díky vystupujícímu kamenivu z betonu je vyšší. Tato zvýšená drsnost má za následek nižší rychlost a tím sníženou unášecí sílu a v kombinaci s nálitky betonu vystupujícími do profilu viz. obrázek 3.20. Efekt zanášení potrubí je umocněn nedostatečnými spádovými poměry a v některých místech i protispádem potrubí.



Obrázek 3.19 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.20 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.21 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseku 13

Skupinu úseku 13 nalezneme v ulici Legionářská. Skupina začíná odlehčením v ulici Pražská. Stoky jsou vejčitého profilu o rozměrech 750/500. Vyjma jednoho krátkého úseku kruhového profilu nacházejícího se za přepadovou hranou odlehčení. Celková délka osmi úseků je 377,0 m a její inspekce probíhala po směru proudění odpadní vody. Ve dně je potrubí u vejčitého profilu opatřeno výstelkou ve formě kameninového žlabu převádějící malé průtoky.

Tabulka 3.12 Základní údaje–Skupina úseků 13

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115312	61.1	34.5	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
115313	5.3	62.3	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116178	5.2	-	beton	kruhový	600	proti směru toku
117929	29.0	35.5	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
117930	94.2	33.2	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
117931	76.8	70.6	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
123318	7.4	-	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
124664	98.2	54.5	beton	vejčitý	750/500	po směru toku



Obrázek 3.22 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.23 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.24 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Z obrázků 3.22. až 3.24. je patrné, že v celém řešeném úseku je potrubí porušeno, kromě kameninových žlábků, které nevykazují žádné vážné známky porušení. Na zmíněných fotografiích jsou vidět stádia poruch způsobené korozi betonu a abrazivními účinky protékající odpadní vody. V některých částech je potrubí natolik porušeno že je viditelná zemina a tvoří se kaverny většího rozsahu.

Skupina úseků 14

Skupinu tvoří krátký soubor stok napojující se do úseků spadajících do skupiny 13. Materiál potrubí je v celé skupině shodný, použité je betonové potrubí jmenovité světlosti DN 300. Z celkových 124,5 m stok byl kamerový průzkum proveden pouze na 99,0 m potrubí zbylých 25,5 m bylo vynecháno z neznámých důvodů. Bude pravděpodobně doplněno při dalším kamerovém průzkumu zbylých oblastí.

Tabulka 3.13 Základní údaje–Skupina úseků 14

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115317	9.2	44.6	beton	kruhový	300	po směru toku
115319	26.1	18.4	beton	kruhový	300	proti směru toku
115320	13.0	163.1	beton	kruhový	300	po směru toku
115321	16.0	58.8	beton	kruhový	300	po směru toku
122904	34.4	26.5	beton	kruhový	300	po směru toku



Obrázek 3.25 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.26 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.27 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Stavebně–technický stav dané skupiny reprezentují přiložené obrázky 3.25. až 3.27., na kterých můžeme vidět biogenní síranovou korozi betonového potrubí. Díky nerovnoměrnému sednutí potrubí došlo k rozevření trubních spojů. Některé spoje jsou natolik otevřené, že v místech, kde je viditelná zemina se mnohdy tvoří kaverny. V oblasti spojů trub potrubí vykazuje největší poruchy což je důsledek úniku odpadní vody do podloží. Další porucha spojená s nerovnoměrným sednutím potrubí, která se objevuje na úsecích je protispád potrubí.

Skupina úseků 15

Skupina úseků 15 se nachází v ulici Pražská sídliště, celková délka skupiny úseků činí 171,0 m a je rozdělena do celkem šesti dílčích úseků. Úseky jsou rozmanité, co se týká materiálu potrubí a jmenovité světlosti. Můžeme zde najít potrubí z trub betonových, ale i z kameniny. Najdeme zde dva úseky o jmenovité světlosti DN 200 zbylé úseky jsou jmenovité světlosti DN 300.

Tabulka 3.14 Základní údaje–Skupina úseků 15

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115601	5.6	-	kamenina	kruhový	300	proti směru toku
115699	53.4	9.9	beton	kruhový	300	po směru toku
115700	41.6	14.4	beton	kruhový	300	po směru toku
124386	37.9	-	beton	kruhový	300	po směru toku
115697	16.0	16.2	beton	kruhový	200	po směru toku
115698	16.5	15.8	beton	kruhový	200	po směru toku



Obrázek 3.28 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.29 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.30 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Kamerový průzkum stavebně–technického stavu ukázal několik poruch vyskytujících se v potrubí řešené skupiny úseků. Nejčastěji objevující se je koroze betonového potrubí a špatný stavebně–technický stav jejich spojů. Celá skupina je z potrubí o jmenovité světlosti DN 300 ovšem z neznámých důvodů je poslední přibližně 6 m dlouhý úsek z kameninového potrubí jmenovité světlosti DN 200. Tento krátký úsek začíná obloukem, jak je vidět na obrázku 3.28. navazujícím na betonové potrubí většího profilu a je zaústěn do stoky DN 400. Na potrubí se dále několikrát vyskytuje stagnující odpadní voda v potrubí, což je důvodem pokleslého potrubí a vytvořeného protispádu.

Skupina úseků 16

Stoka z řešeného úseku odvádí odpadní vody části ulice Gagarinova směrem v ulici Pražská. Skupinu úseků tvoří čtyři úseky o celkové délce 94,5 m. Potrubí je kruhového profilu jmenovité světlosti DN 300. Kromě horního úseku z kameninového potrubí je ve zbývajících úsecích potrubí z trub betonových.

Tabulka 3.15 Základní údaje–Skupina úseků 16

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
116678	13.9	23.0	beton	kruhový	300	po směru toku
116679	23.9	27.6	beton	kruhový	300	po směru toku
116680	40.0	16.8	beton	kruhový	300	proti směru toku
124672	16.6	157.2	kamenina	kruhový	200	proti směru toku

Na úsecích s betonovým povrchem se často vyskytuje biogenní síranová koroze. Neméně častou poruchou je pokles potrubí. Následkem toho se zde objevují rozevřené, nedoražené trubní spoje. V několika případech dochází k vyplavování okolní zeminy do systému a následnou tvorbu kaverny, jak je vidět na obrázku 3.31.



Obrázek 3.31 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.32 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Skupina úseků 17

Není znám důvod proč provozovatel zahrnul tuto skupinu do úseků pro kamerový průzkum. Jedná se o krátký úsek o délce 21 m zahrnující celkem pět krátkých úseků o jmenovité světlosti DN 150 se s největší pravděpodobností jedná o kanalizační přípojku. Kamerový průzkum zřejmě nebyl proveden pro nemožnost přístupu kamerou do potrubí takto malých profilů.

Tabulka 3.16 Základní údaje–Skupina úseků 17

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
115746	3.3	-	PVC	kruhový	150	-
115747	1.2	-	PVC	kruhový	150	-
116060	2.5	-	PVC	kruhový	150	-
116061	10.1	-	PVC	kruhový	150	-
110016	4.4	99.5	kamenina	kruhový	200	-

Skupina úseků 18

Skupinu nalezneme v ulici Pražská, kde jde po pravé straně směrem do centra. Skupina obsahuje celkem osm dílčích úseků v celkové délce 209,0 m. Použitý materiál potrubí je v drtivé většině beton, výjimku tvoří krátký úsek z potrubí ocelového. V horní části úseků najdeme potrubí jmenovité světlosti DN 400, které se ve spodní části zvětšuje na DN 500.

Tabulka 3.17 Základní údaje–Skupina úseků 18

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
118805	27.8	5.0	beton	kruhový	400	proti směru toku
118806	29.1	3.8	beton	kruhový	400	po směru toku
118807	41.2	8.7	beton	kruhový	400	po směru toku
118808	43.0	7.7	beton	kruhový	400	po směru toku
118809	5.2	15.4	ocel	kruhový	400	po směru toku
118810	9.8	1.0	beton	kruhový	500	proti směru toku
118811	46.9	10.4	beton	kruhový	500	po směru toku
123319	5.7	31.6	beton	kruhový	500	po směru toku



Obrázek 3.33 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.34 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.35 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Z kamerového průzkumu jsou zjištěny poruchy na površích potrubí ale i ve sklonových poměrech. Povrchy potrubí jsou porušeny jednak biogenní síranovou korozí, ale taky se na povrchu některých trub objevují trhliny různých rozměrů ve všech směrech. Po stěnách potrubí se tvoří střepy, z nichž některé již chybí, především v oblasti spojů. Ve velkém množství úseků stagnuje odpadní voda. Jejím odtoku brání předměty, které by se do kanalizace neměly dostat viz. obrázek 3.33 a 3.34. nebo je to zapříčiněno nedostatečným nebo dokonce opačným spádem. V místech se stojící odpadní vodou dochází k usazování hrubších částic z odpadní vody, ale také dochází k jejímu zahnívání a nepříznivému vlivu na betonové povrchy. Stav ocelového potrubí je dokumentován na obrázku 3.35. Jeho odolnost vůči agresivnímu prostředí odpadní vody je velice nízká což je důvod proč se ocelové potrubí nehodí pro stokové sítě.

Skupina úseků 19

Nachází se z větší části v ulici Otakara Březiny, na tyto úseky navazují dva v ulici Zborovská. Všech osm úseků v délce 444,0 m je vejčitého profilu o rozměrech 500/750. Z toho vyplývá, jak už je známo z předchozích úseků, že se jedná o betonové potrubí a lze předpokládat silně porušené povrchy biogenní síranovou korozí.

Tabulka 3.18 Základní údaje–Skupina úseků 19

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[%]	materiál	profil	DN	
115994	60.0	11.0	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116168	59.8	9.7	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116169	61.1	9.0	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116505	69.3	7.4	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
116506	57.8	7.1	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
117643	39.2	22.7	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
117644	38.4	26.6	beton	vejčitý	750/500	po směru toku
117661	58.5	6.5	beton	vejčitý	750/500	po směru toku



Obrázek 3.36 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.37 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.38 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Z hlediska stavebně–technického stavu jsou na přiložených fotografiích vidět porušené povrchy potrubí, převážná většina poruch je způsobena biogenní síranovou korozí. Potrubí je ve spodních 2/3 profilu opatřeno výstelkou, která evidentně lépe odolává nepříznivým vlivům. Na obrázku 3.38 je viditelné rozhraní dvou odlišných povrchů. Na tomto rozhraní se tvoří otvory různých velikostí znázorněné na obrázku 3.38. V některých je viditelná zemina a začínají se tvořit kaverny.

Skupina úseků 20

Poslední skupinu úseků najdeme v ulici Svatopluka Čecha. Tvoří jí tři úseky v celkové délce 81 m. Údaje o jmenovité světlosti se liší z kamerových záznamů je určená jmenovitá světlost na DN 400 v situačních výkresech poskytnutých provozovatelem se udává DN 300. Situační výkresy se neshodují ani v materiálu potrubí ale z kamerových záznamů je evidentní, že potrubí vyskytující se na úsecích je betonové nikoliv jak uvádí informace z GIS kameninové.

Tabulka 3.19 Základní údaje–Skupina úseků 20

označení úseku	délka	sklon	potrubí			směr inspekce
	[m]	[‰]	materiál	profil	DN	
118180	19.8	30.8	beton	kruhový	400	po směru toku
118181	23.6	21.2	beton	kruhový	400	po směru toku
118182	37.3	77.5	beton	kruhový	400	po směru toku



Obrázek 3.39 Fotografie z kamerového průzkumu [9]



Obrázek 3.40 Fotografie z kamerového průzkumu [9]

Z kamerového průzkumu můžeme vidět několik poruch. Všechny úseky v dané skupině jsou porušeny biogenní síranovou korozí, dále můžeme narazit na rozevřené spoje vlivem poklesu a nedorazu potrubí. V některých místech jsou spáry natolik velké že je viditelná zemina a vznikají kaverny. Některé jednotlivé trouby jsou v protispádu a díky tomu dochází ke stagnaci odpadní vody v potrubí. Na obrázku 3.40. je vidět předsazená kanalizační přípojka, kterých se na úsecích vyskytuje několik. Takto předsazené kanalizační přípojky tvoří překážky v odtoku při vyšším plnění stok. S kanalizačními přípojkami se váže i druhá porucha, a to zapravení otvorů kolem osazených přípojek, kde je v několika případech viditelná zemina.

3.3. VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU

Pro vyhodnocení jednotlivých stok a kanalizačních šachet byla použita technická příručka: Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě, která byla vytvořena ve spolupráci s VUT v Brně, Ústavem vodního hospodářství obcí [10]. Pro potřeby vyhodnocení technického stavu kanalizační sítě je metodika zjednodušena na ohodnocení stavu potrubí se zařazením do 5 kategorií.

Tabulka 3.20 Rozdělení kategorií stavebně–technického stavu [10]

KATEGORIE	STAV	POPIS STAVU	ZÁVADY	STAV POTRUBÍ
K1	velmi dobrý	<i>Optimální stav</i> příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.	Žádné viditelné stavební závady, úsek bez závad, nepatrné přesazení hrdel.	Potrubí bez závad
K2	dobrý	Nízká míra rizika příslušného ukazatele technického stavu. Nevyžaduje se žádné technické opatření ani v blízké budoucnosti.	Vlasové trhliny, chybné přípojky, lehká poškození všech typů, inkrustace, vlhkost.	Funkční poškození, bez narušení statiky
K3	vyhovující	Vyhovující hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele, pravděpodobně jeho zhoršení.	Trhliny po obvodu, lehká koroze, přesazení nebo odsazení hrdel, netěsnost hrdel, protispády, občasné vrůsty kořenů, neodborné provedení přípojek – statické poškození	Statické a funkční poškození malého rozsahu
K4	nevyhovující	Nevyhovující hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být co nejdříve naplánována a případně i realizována opatření na vyřešení tohoto stavu.	Tvorba střepů, rozestupování trhlín, příčné a podélné trhliny, nebezpečí ucpaní, silná koroze, infiltrace/exfiltrace, četné vrůsty kořenů – statické poškození.	Statické a funkční poškození velkého rozsahu
K5	havarijní	<i>Nefunkční stav</i> . Je požadováno okamžité, popř. velmi rychlé řešení, které povede k zajištění alespoň základní provozuschopnosti stokového systému a tím i dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.	Deformace, silná koroze, chybějící střepy, infiltrace/exfiltrace	Nefunkční potrubí

3.3.1. Popis kategorií

Stokový systém v zájmové lokalitě nebyl pro svou rozlohu a množství úseků hodnocen standardně. Dle metodické příručky by se měly vyhodnocovat jednotlivé dílčí ukazatele stavebně–technického stavu, s jejich následným zařazením do pěti kategorií. V této podkapitole jsou popsány zjednodušeně poruchy, vyskytující se na kanalizačních stokách. Podle těchto poruch byl úsek zařazen do příslušné kategorie stavebně–technického stavu. Metodické příručky slouží jako podpůrný materiál pro hodnotitele stokové sítě. Především pro získání představy o vyskytujících se poruchách v jednotlivých kategoriích. Proto byly sepsány tyto dílčí poruchy do krátkých odstavců, které napomohou k snadnějšímu proniknutí do problematiky.

Kategorie K1

Na potrubí se neposuzuje zlomení trouby, zborcení stěny kanalizačních stok a přípojek. Z hlediska prasklin potrubí v této kategorii nevykazuje žádné poškození ani viditelnou netěsnost. Potrubí na sebe navazují bez viditelného předsazení konců trub v podélném nebo příčném směru. Do potrubí se mohou dostat jednotlivé vlásečnicové kořínky, ale v potrubí se netvoří žádné překážky. Technický ukazatel obrus a koroze povrchu se v této kategorii nehodnotí. [10]

Kategorie K2

V kategorii se neposuzuje zlomená trouba nebo zborcená stěna potrubí, na potrubí se mohou vyskytnout drobné praskliny do 0,2 mm, tvoří se střepy, chybějící střepy nepřesahující velikost 5 cm². V potrubí je zřetelná vlhkost bez zjevných kapek vody. Pro zařazení potrubí do této kategorie bylo dále sledováno příčné a podélné posunutí potrubí o 1–3 cm v závislosti na jmenovité světlosti. Do potrubí prostupují jednotlivé kořeny. V potrubí se tvoří nepatrné usazeniny tvořící překážky v odtoku do 5 % jmenovité světlosti. Stoky vykazují lokální projevy napadení vnitřního povrchu stoky korozí. [10]

Kategorie K3

Na potrubí se nenachází zlomené trouby ani zborcené stěny kanalizační stoky. Na stěnách potrubí se tvoří praskliny, jak v podélném, tak příčném směru do 0,5 mm může dojít až k chybějícím střepům do maximální velikosti 10 cm². Do potrubí se dostává balastní voda ve formě kapek nebo tekoucí vody po stěnách potrubí. Jednotlivé trouby mohou být posunuty v podélném a příčném směru o 2–4 cm to je závislé na profilu potrubí. V potrubí se mohou objevovat kořeny tvořící opony zabírající maximálně 10 % jmenovité světlosti potrubí to platí i pro překážky v odtoku. Potrubí může vykazovat plošný nebo vícečetný rýhový obrus maximální hloubky 1 cm. Účinky biogenní síranové koroze jsou patrně na více než 50 % délky stoky ve vybraném úseku. [10]

Kategorie K4

V potrubí chybí části zlomené nebo zborcené trouby, důsledek tvořících se prasklin větších než 0,5 mm s chybějícím střepelem větším než 10 cm². Dochází zde také k výraznému poklesu trub v podélném a příčném směru více než 5 cm. Na kamerových záznamech můžeme vidět vtékající proudy vody. Překážky v toku tvoří maximálně 25 % jmenovité světlosti potrubí, Projevy hloubkové koroze najdeme na celém úseku zasahující do konstrukce potrubí. [10]

Kategorie K5

Kategorie je z provozního hlediska nepřijatelná, potrubí v této kategorii K5 nedovoluje provést kamenový průzkum. Potrubí je zhroucené s chybějícími částmi stěn zapříčňující deformaci profilu. Do potrubí vniká silný lokální vtok což představuje významný zdroj balastních vod. Kořeny a kořeny tvořící opony přesahují 25 % jmenovité světlosti. V potrubí se objevují usazeniny a pevné překážky zabírající více jak 25 % výšky stoky. Biogenní síranová koroze je natolik silná, že dochází k perforaci stěn. [10]

3.3.2. Vyhodnocení průzkumu stavebně–technického stavu

Na základě znalostí jednotlivých poruch v dané kategorii byly vyhodnoceny všechny dílčí úseky skupin úseků. Kamerový průzkum byl vyhodnocen do přehledné tabulky. Tu najdeme v přílohové části jako přílohu č. 3. Tabulka vyhodnocení stavebně–technického stavu. V tabulce jsou kromě identifikačních údajů jednotlivých úseků jako je označení skupiny úseků, název ulice, ve které se nachází a označení jednotlivých úseků včetně jejich délek vypsány údaje o materiálu, profilu. V tabulce se dále nachází informace, kvůli kterým celá tabulka vznikla, a to zjednodušeně vypsané poruchy objevující se na daném úseku a následné zařazení, v návaznosti na tyto poruchy, do kategorií uvedených výše.

Tabulka stavebně–technického stavu je doplněna situačními výkresy viz. přílohy č. 2 Situační výkresy stavebně–technického stavu. Situační výkresy graficky demonstrují stav stokové sítě v zájmové lokalitě. Výkresy byly zvoleny pro svojí snadnou a rychlou vizuální kontrolu stavebně–technického stavu v jednotlivých skupinách úseků.

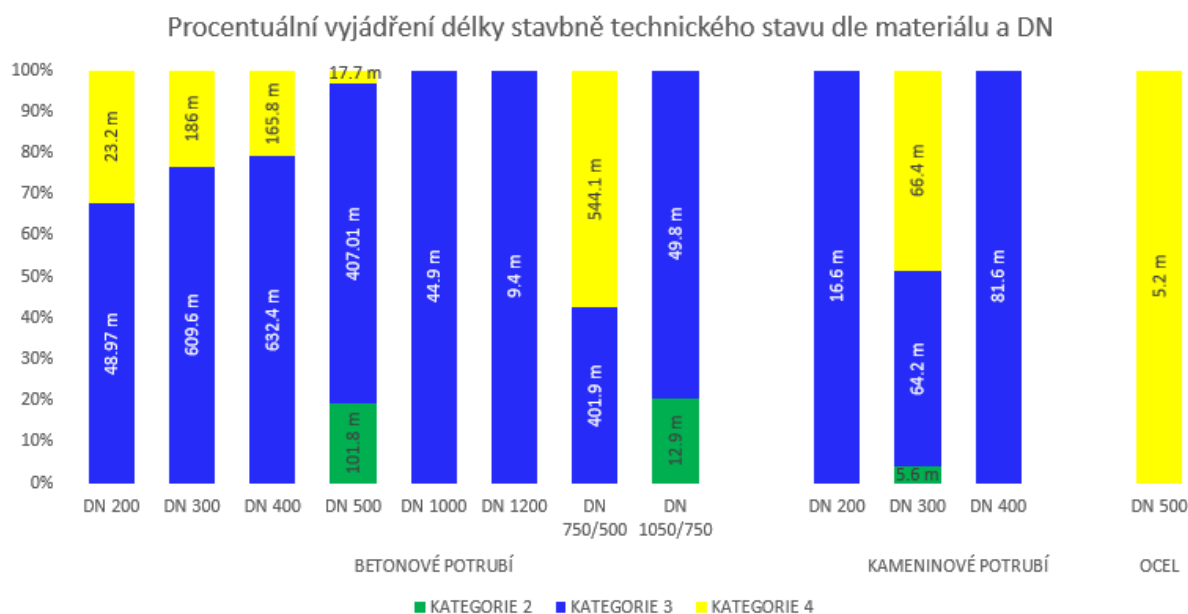
Detailní výčet poruch vyskytujících se na vybraných úsecích naleznete na přiloženém kompaktním disku, který obsahuje mimo jiné veškeré protokoly, pro jednotlivé úseky, z provedeného kamerového průzkumu ve formátu PDF.

Pro lepší přehlednost a snazší demonstraci stavu stokového systému v zájmové lokalitě byl vytvořen graf viz obrázek. 3.41, ze kterého můžeme snadno vyhodnotit jaké materiály v jakých jmenovitých světlostech jsou v nejhorším stavebně-technickém stavu a bude v blízké budoucnosti nutné na těchto profilech i provést sanační práce nebo popřípadě radikálnější řešení v podobě výměny potrubí otevřeným výkopem. K těmto variantám se dostaneme v následující kapitole.

Tabulka 3.21 Délky jednotlivých kategorií stavebně-technického stavu dle materiálu a DN

PARAMETR	DÉLKA POTRUBÍ											
	BETONOVÉ POTRUBÍ								KAMENINOVÉ POTRUBÍ			OCEL
	DN 200	DN 300	DN 400	DN 500	DN 1000	DN 1200	DN 750/500	DN 1050/750	DN 200	DN 300	DN 400	DN 500
CELKEM	72.2	796	798.2	527	44.9	9.4	946	62.7	16.6	136.2	81.6	5.2
KATEGORIE 2	-	-	-	101.8	-	-	-	12.9	-	5.6	-	-
KATEGORIE 3	49	610	632.4	407	44.9	9.4	401.9	49.8	16.6	64.2	81.6	-
KATEGORIE 4	23.2	186	165.8	17.7	-	-	544.1	-	-	66.4	-	5.2

V grafu vytvořeného z tabulky 3.21 je názorně vidět, které materiály, v jakých jmenovitých světlostí spadají svým stavebně-technickým stavem do kategorie poruch. Dále se v grafu objevuje i celková délka potrubí v dané kategorii tudíž lze odhadnout velmi hrubě předpokládané investiční náklady na sanaci vložkou, kterou jak bude v této kapitole doporučeno pro sanaci kategorie 3 stavebně-technického stavu.



Obrázek 3.41 Graf procentuálního vyjádření délky stavebně-technického stavu dle materiálu a DN

Na závěr této kapitoly bych rád zmínil doporučení vyplývající ze zjištěného stavebně–technického stavu stokové sítě ve vybrané lokalitě. Z příložených tabulek a obrázků lze usoudit, které úseky bude nutné sanovat v nejbližší době.

V zájmové lokalitě převažují úseky, kde se objevuje betonové potrubí. Betonové potrubí nacházející se na vybraných úsecích dosahuje délky 3,25 km. Potrubí je kruhového nebo vejčitého profilu různých jmenovitých světlostí. Betonové potrubí je velmi náchylné na biogenní síranovou korozi. Koroze vzniká díky působení kyseliny sírové vznikající ze sloučenin síry obsažených v odpadní vodě, které vznikají při stagnaci odpadní vody a vyčerpání kyslíku z odpadní vody. Pro zamezení zápachu se stokové systémy dělají neodvětrané, a to je důsledek hromadění sirovodíku a následné korozi betonových povrchů revizních šachet a potrubí. Méně náchylné je potrubí z kameniny, které se ve vybraných úsecích objevuje v délce 234,5 m potrubí. Na krátkém úseku o délce 5,2 m z ocelového potrubí.

Betonové potrubí kruhového průřezu v pouhých 3,5 % odpovídá stavebně–technickým stavem kategorii 2. V drtivé většině 70 % celkové délky betonového potrubí spadá do kategorie 3. V kategorii 4 nalezneme 26,5 % délky úseků s betonovým potrubím. Je to zapříčiněno především potrubím s vejčitým profilem rozměrů 750/500 vyskytující se na skupinách 6, 13 a 19. Stoky s vejčitým profilem nalezneme ve vybraných úsecích v celkové délce 946 m což odpovídá 1/3 úseků s betonovým potrubím. Bezmála polovina této délky spadá svým stavebně–technickým stavem do kategorie 4.

Kameninové potrubí je i přes svou větší odolnost proti korozi na tom z hlediska procentuálního zastoupení jednotlivých kategorií překvapivě dost podobně jako betonové potrubí. Pouhých 2,5 % bylo zařazeno do kategorie 2. Překvapující je, že to kategorie 3 svým stavebně–technickým stavem spadá 162,5 m potrubí odpovídající 70 % veškerého kameninového potrubí. Ve zbylých 27,5 % potrubí je stanoven stav odpovídající kategorii 4. Nutno podotknout, že kameninové potrubí vykazovalo převážně známky neodporné manipulace při pokládce potrubí. Poruchy byly důsledkem nedoražených spojů, vylomených střepeň v oblasti spojů a podobně nikoliv stářím materiálu.

Ocelové potrubí bylo položeno z neznámých důvodů nicméně bez ochrany nemá šanci odolávat agresivnímu prostředí ve stokové síti. Tomu odpovídá stavebně–technický stav. Tento krátký úsek je doporučeno vyměnit v nejbližší době.

Provozovateli bude při předání výsledků posudku doporučeno sanovat jednotlivé úseky dle zařazení do kategorií stavebně-technického stavu. Potrubí spadající z hlediska stavebně-technického stavu do kategorie 3 doporučujeme upřednostnit sanaci bezvýkopovou technologií pomocí CIPP vložek popsané v kapitole 5. Potrubí bude nutné vyčistit v některých úsecích bude potřeba vyfrézovat předsazené kanalizační přípojky poté bych doporučil ve více porušených úsecích odvrtnat zkušební vzorky stěn potrubí a ověřit jejich vlastnosti. Podle těchto výsledků pak zvolit odpovídající technologii a sílu vložky nebo popřípadě přistoupit raději k výměně potrubí.

Potrubí z kategorie 4 vykazuje takové poruchy, že aplikace sanačních technologií CIPP vložkami nebo jinými způsoby výstelek není možná. Proto je jednotně doporučeno tyto úseky vyměnit klasicky otevřeným výkopem. Jelikož se jedná o úseky, které bude potřeba sanovat v horizontu maximálně pěti let a při takovém zásahu do komunikací bude tuto sanaci vhodné koordinovat se správci ostatních inženýrských sítí nacházející se v dotřeném úseku a zvážit komplexní rekonstrukci vybrané lokality.

4. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Pro vytvoření hydraulického modelu pro posouzení stokového systému byl využit program Storm Water Management Model (SWMM) od americké národní společnosti U.S. Environmental Protection Agency zkráceně (EPA). Tento program byl vybrán pro svoji dostupnost a jednoduchost v zadávání jednotlivých parametrů.

4.1.1. Program SWMM

Dříve než přistoupíme k samotnému zpracování hydraulického modelu zmíním se v krátkosti o nastavení programu a zadávání dat do programu SMWW. Program SWMM byl nastaven následujícím způsobem. Jako základní jednotky byly nastaveny liters per second (LPS). Infiltrační model byl zvolen přednastavený Hortonův model. Časový krok pro vyhodnocení jsem zvolil 30 sekund. Pro nekalibrovaný model je tato hodnota naprosto dostačující. V případě že bychom vyžadovali přesnější výsledky z hlediska sledování pulzace vody ve stokové síti při tlakovém proudění bylo by vhodnější zvolit menší časový krok například 1 sekunda. Hlavní rovnice pro výpočet dynamické vlny byla zvolena rovnice Darcy-Weisbach.

Zadávání jednotlivých uzlů (Junction) v našem případě se jedná o šachty se do programu zadává výška dna v metrech nad mořem. Dále je zde potřeba zadat výšku poklopu tedy maximální výšku hladiny vody v moment kdy se voda dostane na povrch.

Při zadávání trubních useků (Conduit) je zapotřebí zadat více parametrů. Jako první je potřeba určit počáteční a koncovou šachtu. Následně zvolíme profil potrubí s tím souvisí jmenovitá světlost potrubí do programu zadávaná jako maximální výška plnění profilu. Dále je nutné nastavit délku úseku a jeho drsnost. Drsnost je zadávána v Manningově bezrozměrném koeficientu n . Jako zásadní bych zde uvedl, že pokud máme na stokovém systému spadišťové šachty do programu se zadávají jako výška výtoku nade dnem koncové šachty.

Dalším objektem který je potřeba zadat jsou odtokové plochy (Subcatchment). Zde se určí šachta, do které spadá celá odtoková plocha. Z hydrotechnické situace zjištěná plocha se zadá do programu v hektarech. Parametry ovlivňující rychlost odtoku vody z povodí jsou šířka plochy a její sklon. Ze vzorových hektarů získaný odtokový součitel se do programu zadává jako procento zpevněných ploch. Nyní by program byl schopen vypočítat odtok, v našem případě jsme ještě změnili předdefinované hodnoty drsností zpevněných a nezpevněných ploch zadávané v Manningově součiniteli n . V návaznosti na tyto údaje jsme ještě upravili výšku vody (Dstore) pro zpevněné a nezpevněné plochy. Až při dosažení zmíněné výšky dochází k povrchovému odtoku. Jedná se tedy o výšku retence povrchu v milimetrech.

Poslední věcí a jednou z nejdůležitějších je zadání deště, v našem případě jsme zvolili objemový formát deště (volume rain format) tudíž je dešť zadávám v mm/min.

4.1.2. Hydraulický model

V zájmové lokalitě vytváří stokový systém dvě hydraulicky uzavřené oblasti, pro které byly vytvořeny hydraulické modely. V případě menší oblasti, která zahrnovala pouze skupinu úseků 11 se jednalo o kalibrovaný hydraulický model, kdy vypočtené hodnoty průtoku byly porovnány s poskytnutými průtoky naměřenými na stokové síti v rámci generelu zpracovaného v roce 2008. Náhled na zpracovaný model můžete vidět na obrázku 4.2. Druhý model zahrnoval zbývající část zájmové lokality, pro svou rozsáhlost a velké množství uzlů, křížení a odlehčení, nebyl zkalibrován. Kalibrace modelu nebyla také možná jelikož provozovatel nemá dostupná data z měření a v rámci zpracovávané práce nebylo z časových a finančních hledisek možné provést dostatečně dlouhé měření na síti pro získání dat použitelných na zkalibrování modelu. Musíme tedy předpokládat, drobné odchylky skutečných průtoků na stokové síti od průtoků získaných hydraulickým modelem. Model je znázorněn na obrázku 4.3.

Hodnoty drsnosti potrubí v hydraulickém modelu byly brány z tabulky 4.1., a jejich určení pro jednotlivé úseky vyházelo z poskytnutých dat od provozovatele stokového systému, který má tyto informace zavedené do GIS.

Tabulka 4.1 Hodnoty drsností povrchu potrubí [10]

Materiál	n [-]	c [-]
PVC, PE, PP	0.008	150
Sklolaminát	0.008	150
Kamenina	0.012	125
Ocel	0.011	130
Litina	0.011	130
Beton	0.013	95

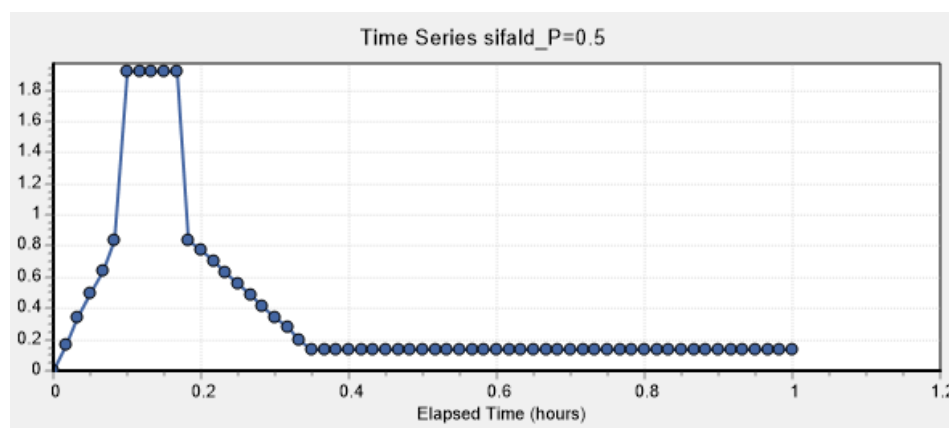
Oba vytvořené modely byly zatíženy sérií návrhových dešťů vytvořené podle metodiky Ing. Šifalda. Tato série obsahovala tři návrhové deště s dobou trvání 15 minut. V prvním případě se jednalo o déšť dvouletý následoval déšť pětiletý a k dispozici byl i extrémní déšť desetiletý. Srážkový úhrn v litech na hektar jednotlivých dešťů je uveden v tabulce 4.2. k tomu odpovídající déšť v milimetrech za minutu je poté uveden v tabulce 4.3. Na obrázku 4.1 je znázorněn dvouletý syntetický déšť zadaný do programu SWMM. [11]

Tabulka 4.2 (Syntetický déšť pro lokalitu Znojmo v l/ha) [11]

čas	1	2	3	4	5	6-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-60	
periodicita	0.5	28	56	84	112	140	320	140	128	116	105	93	81	69	57	46	34	22
	0.2	38	76	114	152	190	400	190	174	158	142	126	110	94	78	62	46	30
	0.1	44	88	132	176	220	467	220	202	183	165	146	128	109	91	72	54	35

Tabulka 4.3 (Syntetický déšť pro lokalitu Znojmo v mm/min) [11]

čas	1	2	3	4	5	6-10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21-60	
periodicita	0.5	0.17	0.34	0.50	0.67	0.84	1.92	0.84	0.77	0.70	0.63	0.56	0.49	0.41	0.34	0.28	0.20	0.13
	0.2	0.23	0.46	0.68	0.91	1.14	2.40	1.14	1.04	0.95	0.85	0.76	0.66	0.56	0.47	0.37	0.28	0.18
	0.1	0.26	0.53	0.79	1.06	1.32	2.80	1.32	1.21	1.10	0.99	0.88	0.77	0.65	0.55	0.43	0.32	0.21



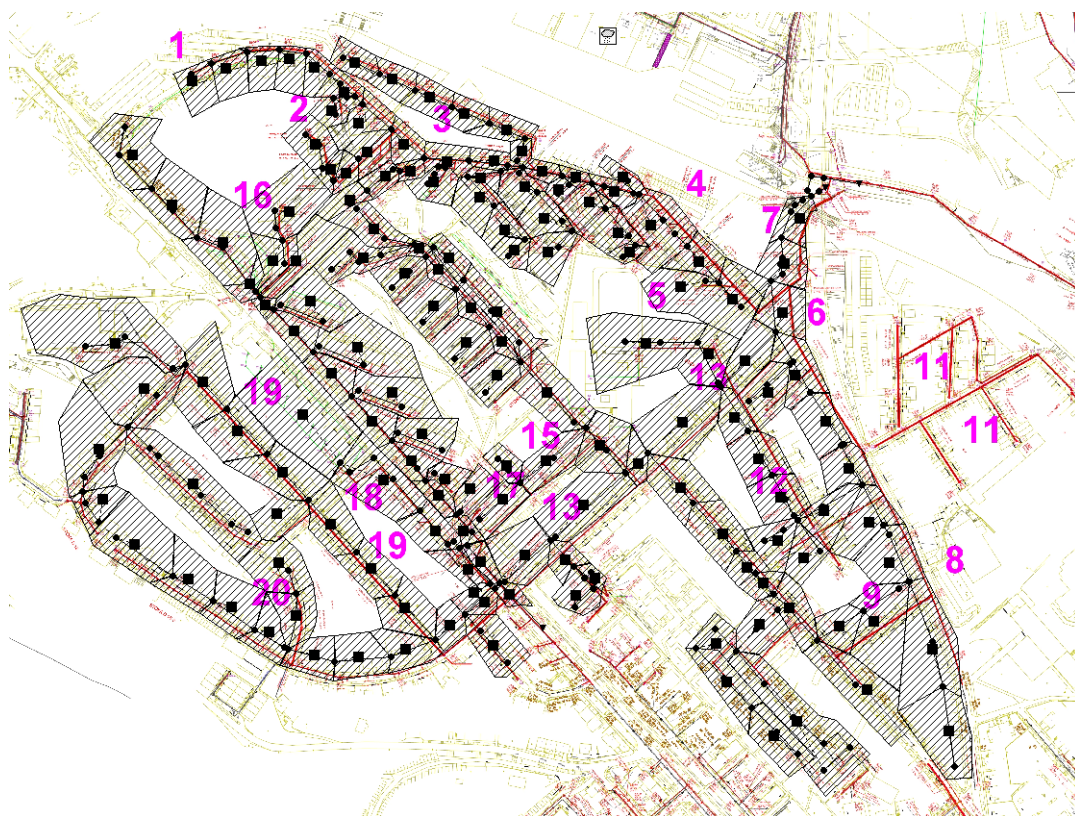
Obrázek 4.1 Ukázka zadaného syntetického deště v programu SWMM

V zájmové lokalitě byly pro co nejpřesnější určení odtokového součinitele z dílčích ploch vytvořeny čtyři vzorové hektary viz. přílohová část příloha č.4 Vzorové hektary. Důvodem více vzorových hektarů je rozsáhlá plocha zájmové lokality a také skutečnost, že každá ze skupin úseků se vyznačuje různou hustotou zástavby. Vzorový hektar pro skupinu úseků 11, podle kterého byl určen odtokový součinitel $\Psi = 0,49$. Pro skupinu úseků 1 až 12, které se vyznačují podobným typem zástavby, byl vytvořen společný vzorový hektar. Pro vzorový hektar zahrnující tyto skupiny byl určen odtokový součinitel $\Psi= 0,53$. Další vzorový hektar byl vytvořen pro oblast zahrnující skupiny 13 až 19, který byl záměrně posazen na ulici Pražská, ze které se srážková voda dostává právě do těchto úseků. Odtokový součinitel byl stanoven na hodnotu $\Psi= 0,63$. Poslední vzorový hektar byl vytvořen ve spodní části zájmové lokality pro oblast zahrnující skupinu úseků 20. Zde zpevněné plochy netvoří tak velké celky a z toho vyplívá hodnota $\Psi= 0,38$.

Důležité je zmínit že odtokový součinitel byl zadáván s citem, což znamená že pro každou dílčí odtokovou plochu byl vybrán odpovídající odtokový součinitel. To mělo za následek, že například i v oblastech zahrnující skupinu 13 najdeme odtokový součinitel původně vypočtený pro jiné oblasti.



Obrázek 4.2 Ukázka hydraulického modelu skupiny úseků 11



Obrázek 4.3 Ukázka hydraulického modelu zbývajících oblastí

Stoková síť je v současné době velice rozmanitá, co se týká použitých trubních materiálů, dále si v hydraulickém modelu můžeme všimnout nedostatečných spádových poměrů, které negativně ovlivňují odtok vody ze zájmové lokality. Často se vyskytují úseky, které přecházejí v kritických časech do tlakového proudění, tím se zpomaluje odtok a dochází ke vzdouvání vody v systému.

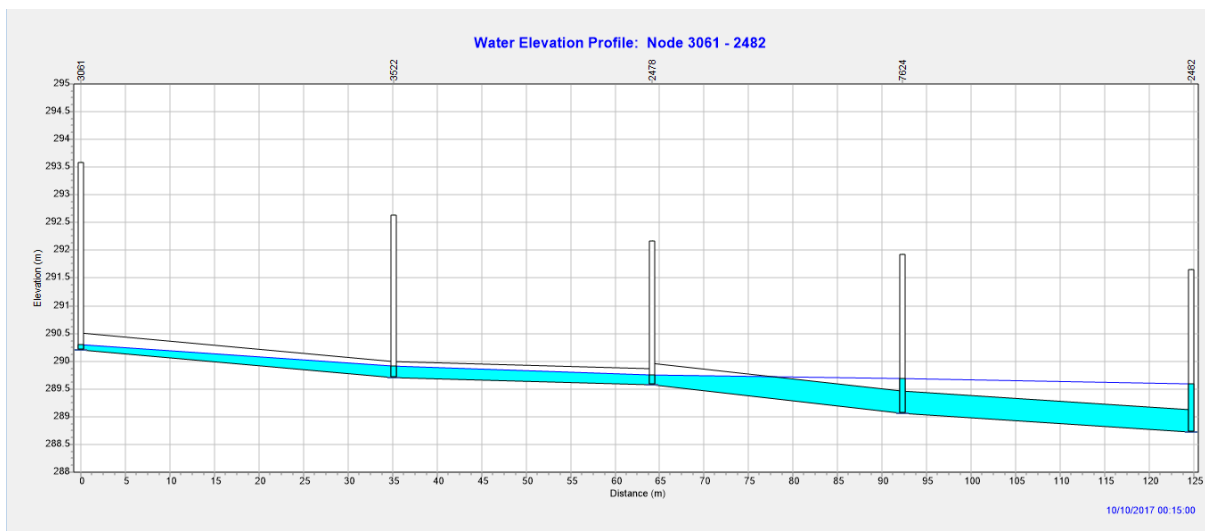
Pro představu o chování celého systému byly oba modely předělány do dvou variant řešení sanace. Je potřeba ještě jednou zdůraznit, že se pracovalo s nekalibrovaným, neverifikovaným modelem, takže hodnoty průtoků jsou spíše pro představu o chování systému jako celku po aplikování sanačních technologií.

V prvním variantním řešení byla uvažována sanační bezvýkopová technologie vložkou. V modelu byla vložena změna povrchu potrubí změnou drsnosti potrubí na hodnotu $n=0,008$. Vložky byly voleny z těžké třídy s tloušťkou stěny vložky 10 mm pro profily $<DN$ 500 nebo s tloušťkou stěny 20 mm pro profily $\leq DN$ 1000 a dále vložky o tloušťce stěny 30 mm pro profily $> DN$ 1000 což má za následek zmenšení daného profilu o dvojnásobek tloušťky rukávce.

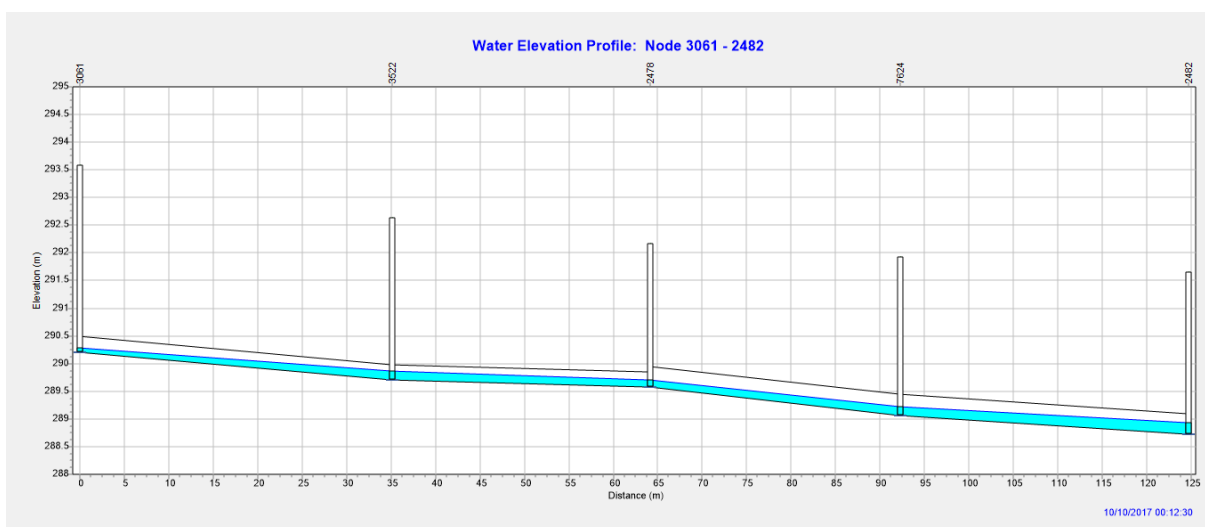
Druhá varianta sanace byla zvolena radikálnější výkopová technologie a výměna potrubí za nové. V této studii jsme zvolili pro všechny potrubí s kruhovým profilem výměnu

za potrubí z kameniny. Výměnu potrubí s vejčitým profilem jsme zachovaly železobetonové potrubí s vejčitým profilem s čedičovým obkladem

Pro první oblast obsahující pouze skupinu úseků 11 jsme vybrali pro ukázkou celkem 4 úseky, které z hlediska stavebně-technického stavu bude potřeba sanovat, jelikož spadají do kategorie 3 doporučili jsme v rámci předchozí kapitoly sanační vložku. Tato technologie se jeví jako vhodná z důvodu uložení části vybraných úseků v asfaltové komunikaci a dále vzhledem ke stavebně technickému stavu potrubí je vložka postačující variantou řešení. Na této vybrané oblasti jsme v hydraulickém modelu nahradili stávající betonové potrubí o drsnosti $n=0,015$ za sanační vložku s drsností $n=0,008$. Při zatížení syntetickým pětiletým deštěm s dobou trvání 15 minut docházelo za stávajících podmínek k tlakovému proudění na části úseků viz. obrázek 4.4. Na následujícím obrázku 4.5. můžeme vidět vliv snížení drsnosti potrubí i při zmenšení průtočného profilu z 300 mm na 298 mm. Dochází k rychlejšímu odtoku což sebou nese další rizika, o kterých se ještě v této práci zmíním.



Obrázek 4.4 Ukázka plnění stoky při stávajícím stavu potrubí

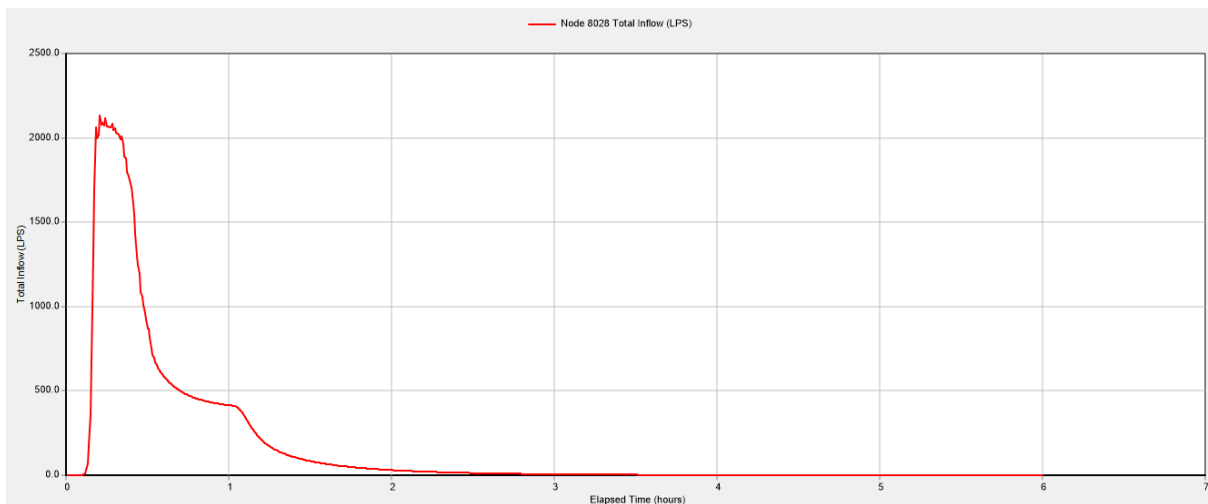


Obrázek 4.5 Ukázka plnění stoky při provedení sanace vložkou

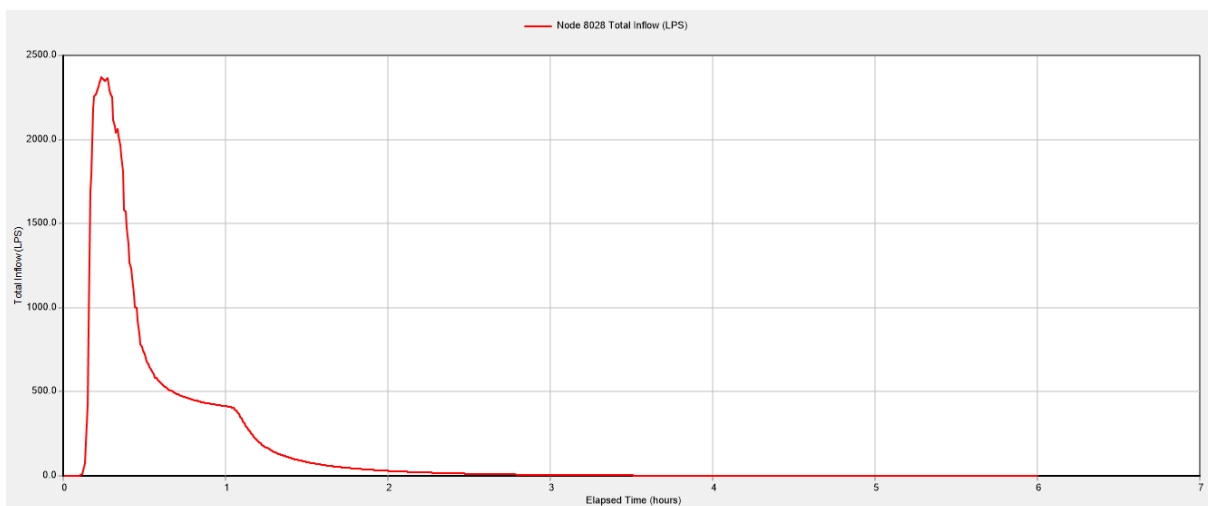
Ve druhém případě jsme použili stejný systém výměny potrubí nebo sanace vyvločkováním celého systému obsahující druhý hydraulický model pro větší uzavřenou oblast. Pro ukázkou, co se stane s celým systémem po provedení výměny potrubí nebo sanace stávajícího potrubí. Byly vygenerovány programem SWMM křivky průtoku v závislosti na čase.

Křivky průtoku jsou z šachty označené 8028 nacházející se na konci skupiny úseků 7. Šachta se nachází v úseku před rozdělovací šachtou s přepadovou hranou odlehčení přes stávající odlehčovací komoru do recipientu

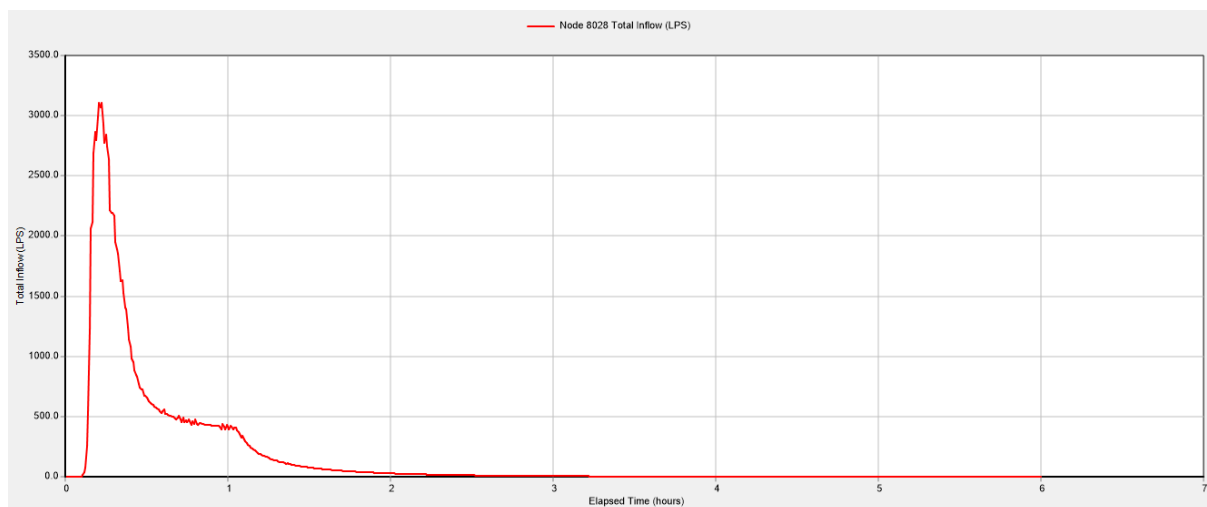
Křivka na obrázku 4.6 charakterizuje odtokové poměry pro stávající stav potrubí, dále pak obrázek 4.7 naznačuje průběh průtoků po výměně potrubí za kameninové což je do modelu zaneseno změnou drsnosti potrubí na $n = 0,013$ a zachování jmenovité světlosti stávajícího potrubí. Následující obrázek 4.8. deklaruje chování systému po provedení sanace CIPP vložkou.



Obrázek 4.6 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při stávajícím stavu potrubí



Obrázek 4.7 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při provedení výměny potrubí



Obrázek 4.8 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při provedení sanace vložkou

Důležité je si uvědomit, že máme k dispozici uzavřenou koncovou oblast a problémy se zkapacitněním těchto oblastí mohou přenést problém do spodních částí stokového systému. Z tohoto důvodu je potřeba vytvořit hydraulický model pro celou lokalitu zahrnující celý systém kanalizačních stok ve vybrané části města Znojma a posuzovat sanační opatření komplexně na celém systému.

Pro vytvoření kalibrovaného a verifikovaného modelu by bylo potřeba vytvořit síť míst kde by byly měřená data online předána ke zpracování. Následně by těmito daty byly upraveny vytvořené modely. Jedině tak dosáhneme parametrů vystupujících z hydraulických modelů odpovídající skutečnosti. V našem případě se jedná o hrubý odhad a průtoky mohou být a pravděpodobně jsou dosti nepřesné.

I přes tyto skutečnosti, že nepracujeme s kalibrovaným modelem, postačují modely pro získání představy o chování systému při provedení sanačních opatření. Všechny obrázky potvrzují logické závěry provedených sanací. Ty představuje především urychlení odtoku a posunu kulminační křivky tedy zkrácení kritické doby odtoku za cenu zvýšení kulminačního průtoku. Navýšení kulminačního průtoku v modelu s provedenou sanací pomocí CIPP vložky odpovídá přibližně navýšení o 60 %. Na tento navýšený průtok bude potřeba posoudit celou stokovou síť směrem po toku. Popřípadě by bylo vhodné zvážit možnosti týkající se vybudování retenčních objektů jako jsou stoky nebo komory. Nebo vybudování soustavy odlehčovacích komor, jejich budování ale bude podmíněno splněním kritérií pro zachování kvality vody v dotčeném recipientu.

Zpracované hydraulické modely jsou přiloženy souborech na kompaktním disku v přílohové části této práce ve formátu INP. Tento formát lze prohlížet a editovat kromě programu SWMM také v jakémkoliv textovém editoru např. poznámkový blok.

5. ZPŮSOBY SANACE

V první řadě je potřeba definovat pojem sanace. V platné normě ČSN EN 752-5 je definována jako všechna opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. [12] Zahrnující možnosti viz. obrázek 5.1.



Obrázek 5.1 Metody sanace stokových sítí [13]

V této podkapitole se budeme zabývat variantami možného řešení sanace potrubí, a to především pomocí renovační technologie s použitím výstelky. Metod pro tento typ sanace nalezneme na trhu několik. Tyto technologie mají bezesporu několik výhod oproti výměně potrubí pomocí otevřeného výkopu. Jako nejvýznamnější a z pohledu provozovatele bude zajisté velkou roly hrát finální cena, za kterou bude sanovaný úsek proveden. Finanční stránka věci, ale není jedinou výhodou, kterou nám tyto moderní technologie přináší. Z provozního hlediska je zásadním přínosem snížení doby sanace. To sebou přináší ulehčení kupříkladu v době přečerpávání odpadní vody nebo i nutné uzavírky v příjezdových komunikacích na značně dlouhou dobu, což neulehčuje život občanů bydlících v dotčených lokalitách. Druhým případem mohou být oblasti kdy z hlediska dopravní situace v dotčené lokalitě není možné daný úsek uzavřít pro provedení otevřeného výkopu. Mezi další výhody se řadí možnost využití pro jmenovité světlosti a různé míry porušení stávajících povrchů. Musí ovšem být ověřena statika profilu, aby byla zvolena vhodná tloušťka stěny sanační vložky vyhovujícím konkrétním podmínkám.

5.1. VYBRANÉ TECHNOLOGIE PRO RENOVACI

5.1.1. Bezvýkopové technologie

V současné době se pro bezvýkopovou renovaci stokových systémů používají zatahované rukávce na vytvrzované na místě (Cured In Place Pipe dále CIPP). Jako další používané technologie bychom mohli zmínit například různé technologie zatahování deformovaného nebo dočasně zmenšeného potrubí. V této kapitole budou stručně popsány možné varianty pro bezvýkopovou renovaci pomocí nejpoužívanějších CIPP vložek, které se hodí i pro vejčité profily, které jsou v řešených úsecích porušeny nejčastěji a bude v nejbližší době nutná jejich sanace. Zvolili jsme dvě různé technologie zatahování první je inverzní metoda s vytvrzením horkou vodou nebo horkou vodní parou. Dalším způsobem je zatahování pomocí hydraulického navijáku a vytvrzení vložky UV zářením.

Metoda KAWO

Bezvýkopová vložková metoda KAWO se řadí mezi tzv. metody inverzní. Osazením rukávce vystýlky napuštěné pryskyřicí do poškozeného úseku stokové sítě inverzním způsobem dojde k zatěsnění stěn potrubí, přičemž stěny sanovaného trubního vedení tvoří hladká svrchní folie, která zlepšuje hydraulické poměry v sanovaném potrubí. Metoda KAWO je vhodná pro použití do všech druhů a typů kanalizačního potrubí v profilech od DN 125 do DN 2500, a to nejen kruhových profilů. Velmi často se tato metoda uplatňuje také pro sanaci vejčitého profilu což se v našem případě jeví jako výhodné.



Obrázek 5.2 Ukázka sanovaného vejčitého profilu metodou KAWO [14]

Při inverzním způsobu sanace kanalizačního trubního vedení lze kombinovat možnosti použití textilií pro výrobu vystýlky a sytících pojiv dle potřeb daného potrubí. Tyto materiály se vybírají podle požadavků na statické, chemické či abrazivní nároky kanalizačních sběračů. V případě této technologie lze navrhnout tloušťku vystýlky KAWO od základní 4 mm až po 30 mm.

Inverzně zatažené vložky jsou vytvrzovány buď horkou vodou, tento způsob je nejpoužívanější pro potrubí o jmenovité světlosti DN 1000 a větší. Nebo se používá vytvrzení pomocí horké vodní páry, výhodou je kratší vytvrzovací čas a menší spotřeba provozní vody. [14]

Metoda KAWO UV

Metoda KAWO UV patří také mezi bezvýkopové rukávcové metody. Jedná se o bežešvou vložku ze skelných vláken. Na základě vypočítané tloušťky je ušita pro konkrétní potrubí na míru. Důležité je vložku chránit z vnější strany proti slunečnímu záření pomocí folie nepropouštějící světlo, aby nedošlo k vytvrzení ještě před vlastní instalací do sanovaného profilu.

Vložka UV liner se do potrubí zatahuje pomocí hydraulického navijáku. Konce protažené vložky se upevní na sadu průchozích pakrů, vzduchovou hadicí se napojí kompresor a vložka se nafukuje stlačeným vzduchem. Vložka je vytvrzena zasunutou soustavou UV lamp s kamerou velmi rychle pomocí UV záření. Průběh procesu vytvrzování hlídají teplotní a tlaková čidla a kamera, všechny sledované veličiny kontroluje obsluha na displeji [14].



Obrázek 5.3 Ukázka sanační vložky KAWO UV opatřené ochranou fólií [14]

5.2. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ SANAČNÍCH OPATŘENÍ

V dnešní době samozřejmě hraje velkou roli také ekonomická stránka a pro provozovatele stokového systému se jedná o velmi důležité hledisko. Proto byla do této práce zařazena i kapitola zahrnující ekonomické vyhodnocení vybrané oblasti. Pro volbu vhodné sanační technologie je potřeba si uvědomit finanční nároky na jednotlivé metody.

Pro finanční posouzení byla vybrána skupina úseků 11. a to z důvodu že se jedná o uzavřenou oblast a její sanace může být provedena bez navazujících sanačních prací.



Obrázek 5.4 Sanovaná oblast skupiny úseků 11

Ve skupině úseků 11 se ve vyznačených úsecích stávající stokové sítě viz. obrázek 5.4 nachází převážná část úseků se nachází v asfaltových komunikacích. Potrubí spadá svým stavebně–technickým stavem do kategorie 3 kromě dvou úseků kde došlo k značné deformaci profilu. Vzhledem k tomu bychom doporučily výměnu potrubí otevřeným výkopem.

Na vybraných úsecích se nachází:

- Celková délka potrubí 492,0 m v průměrné hloubce
DN 300 = 315,5m
DN 400 = 76,5 m
- Délka potrubí v kategorii 3
DN 300 = 351,0 m
DN 400 = 76,5 m
- Délka potrubí v kategorii 4
DN 300 = 64,5 m
- 14 betonových kanalizačních šachet
Průměrná hloubka šachet dle údajů GIS je stanovena na 3,0 m
- 48 kanalizačních přípojek

Tabulka 5.1 Přibližné investiční náklady sanace vybrané skupiny úseků [15]

P.č.	Název položky	MJ	množství	cena/MJ	cena bez DPH [Kč]
1	Výměna potrubí otevřeným výkopem	bm	64.5	14 400 Kč	928 800 Kč
2	Výměna betonových šachet	ks	3	39 350 Kč	118 050 Kč
3	Sanační vložka DN 300 včetně instalace	bm	351.0	6 000 Kč	2 106 000 Kč
4	Sanační vložka DN 400 včetně instalace	bm	76.5	6 600 Kč	504 900 Kč
5	Sanace šachty průměrné hloubky 3 m	ks	14	30 000 Kč	420 000 Kč
6	Napojení přípojek	ks	48	16 000 Kč	768 000 Kč
Celková cena					4 857 600 Kč

Ceny jednotlivých položek jsou brány z příručky vydané ministerstvem pro místní rozvoj ve spolupráci s ústavem územního rozvoje aktuálního vydání ze srpna 2017. Jednotlivé položky jsou v tomto materiálu jako soubor dílčích položek. Ceny jsou uvedené bez DPH. Dílčí položky jsou sepsány v přehledné tabulce 5.2.

Tabulka 5.2 Soupis dílčích položek [15]

P.č.	Název položky	Dílčí položky
1	Výměna potrubí otevřeným výkopem	v ceně je zahrnuto řezání živičného krytu, jeho odstranění včetně podkladních vrstev tl. 550 mm kameninové potrubí se zásypem rýhy štěrkopískem
2	Výměna betonových šachet	zemní práce prefabrikované dno, skruže, litinový poklop
3	Sanační vložka DN 300 včetně instalace	cenách sanace jsou zahrnuty náklady na vyčištění potrubí tlakovou vodou, vlastní sanace a přesun mechanizace a materiálu
4	Sanační vložka DN 400 včetně instalace	cenách sanace jsou zahrnuty náklady na vyčištění potrubí tlakovou vodou, vlastní sanace a přesun mechanizace a materiálu
5	Sanace šachty průměrné hloubky 3 m	vyčištění objektu, zasanování prasklin, vlastní nástřik sanační malty
6	Napojení přípojek	sanace pomocí klobouku

V tabulce 5.1 najdeme přibližné investiční náklady spojené s provedením sanace bezvýkopovou technologií pro úseky zatříděné v kapitole 3.3. podle stavebně–technického stavu do kategorie 3. V oblasti skupiny úseků 11 se nachází úseky z kategorie 4 pro jejichž stavebně–technický nedoporučujeme sanaci vložkou nýbrž je potřeba provést otevřený výkop a výměnu stávajícího potrubí za nové kameninové. Cena sanace potrubí na této konkrétní skupině úseků vychází 4 857 600 Kč bez DPH.

Cílem této kapitoly bylo nastínit investiční náklady pro celou skupinu úseků, proto byly použity průměrné ceny ze zmiňovaného materiálu. Tímto stylem by se daly v rámci pokračování na této studii vyčíslit investiční náklady pro sanaci potrubí ostatních skupin úseků.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyhodnocení provedené rekognoskace stokové sítě ve vybrané části města Znojma. Na úsecích vybraných provozovatelem stokového systému byl externě proveden kamerový průzkum stavebně–technického stavu. Jednotlivé dílčí úseky byly vyhodnoceny na základě zjednodušené metodiky hodnocení technického stavu kanalizační sítě. Hodnocení spočívalo v zařazení jednotlivých úseků do celkem pěti kategorií stavebně–technického stavu. Z průzkumu byly zjištěny různé typy poruch vyskytující se na stokovém systému mezi nejčastěji se objevující bych zařadil biogenní síranovou korozi, která byla především na potrubí s vejčítým profilem natolik silná, že velká část úseků je prokorodovaná a ve vznikajících trhlinách s viditelnou zeminou dochází ke tvorbě kaveren. Jako další častou poruchu bych zmínil horizontální a vertikální posun jednotlivých trub s tím spojené trhliny, praskliny a netěsnosti. Poslední poruchu, kterou bych uvedl byly neodborně zabudované kanalizační přípojky, které v mnoha případech zasahovaly do průtočného profilu. Dílčí úseky jednotlivých skupin byly na základě poruch zjištěných kamerovým průzkumem zaříděny a vypsány do přehledné tabulky viz. příloha 3. Tabulka vyhodnocení stavebně–technického stavu.

V rámci této části práce byly také sepsány doporučení vyplývající ze stavebně–technického stavu kanalizačních úseků. Provozovateli bude doporučeno úseky spadající z hlediska stavebně–technického stavu do kategorie 3 sanovat v časovém horizontu deseti let bezvýkopovou technologií inverzně nebo hydraulicky zatahovaného CIPP rukávce. Pochopitelně po jejich vyčištění a vyfrézování betonových nálitků a předsazeních kanalizačních přípojek. Úseky zařazené do kategorie 4 byly doporučeny sanovat výměnou potrubí otevřeným výkopem, kvůli poruchám nacházejících se na těchto úsecích, které mnohdy narušují statiku celého profilu nebo již došlo k deformaci profilu zborcením či prolomením trouby. Ve většině případů bude jejich výměna nutná v brzké době. Stanovený časový horizont výměny potrubí maximálně pěti let byl stanoven pro řešení stavebně–technického stavu potrubí spadajícího do kategorie 4.

V následující části práce byly provedeny hydrotechnické výpočty pro posouzení stokové sítě z hlediska hydraulické kapacity potrubí. Byly vytvořeny hydraulické modely stávající stokové sítě dle podkladů poskytnutých provozovatelem. Hydraulický model musel být pro jednodušší vyhodnocení rozdělen na dvě hydraulicky uzavřené oblasti. Je potřeba zmínit, že průtoky v jednom ze zpracovávaných modelů se podařilo porovnat s daty ze zpracovávaného generelu z roku 2008. Tím se dosáhlo kalibrace menšího modelu, vytvořeného pro skupinu úseků 11. Ve druhém případě se z časových a finančních hledisek nepodařilo obstarat data pro kalibraci. Dále byla v této části práce provedena simulace provedení sanace bezvýkopovou technologií za použití CIPP vložky nebo výměnu potrubí otevřeným výkopem za nové kameninové potrubí a sledování chování systému po úpravě drsnosti potrubí. Provozovateli byly prezentovány výsledky chování stokového systému po

provedení sanace a bylo doporučeno zajištění dat pro kalibraci a verifikaci modelů. I přes využití nekalibrovaného modelu simulace ukázala, že bude potřeba řešit celý stokový systém komplexně. Jelikož provedením sanace dojde k urychlení odtoku a s tím spojený zvýšený maximální průtok by mohl činit značné problémy ve spodní části stokového systému. Z tohoto důvodu bylo provozovateli dále doporučeno při případné sanaci postupovat se sanací proti proudu odpadní vody nebo při opačném postupu sanačních prací vybudování retenčních a odlehčovacích objektů.

Práce v další kapitole obsahuje popis možných technologií bezvýkopové sanace stokové sítě. Celkem byly vybrány a popsány dvě možné varianty řešení. Jelikož se jedná o studii výběr nejvhodnější varianty bude muset být podložen například statickým posouzením potrubí. S přihlédnutím na tuto skutečnost byly stanoveny přibližné investiční náklady na sanaci vybrané skupiny úseků. Podle naznačeného vzoru by bylo možné stavit odhad investičních nákladů i na zbývajících vybrané části stokové sítě.

Dle mého názoru byly všechny vytyčené cíle před započítáním splněny. Dále předpokládám, že projekt zpracováváný výzkumným centrem AdMas v rámci, kterého byla zpracována i tato diplomová práce bude přínosný pro provozující společnost Vodárenskou akciovou společnost, a. s. pro řešení stávajícího stavebně–technického stavu stokové sítě.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

7.1. ZDROJE Z INTERNETU

- [1] Vodárenská akciová společnost, a.s. [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/profil>
- [3] Město Znojmo: Město Znojmo [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://www.znojmocity.cz/uvodni-informace-o-nbsp-znojme/d-3021/p1=62877>
- [5] Plán rozvoje vodovodů a kanalizací: Město Znojmo [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: https://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/ozp/PRVK_JMK/
- [6] Povodí Moravy, s.p. [online]. 2010 [cit. 2011-04-11]. Vodní nádrž Znojmo. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/znojmo/>
- [7] Geologické poměry [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/>
- [13] WOMBAT: Bezvýkopová sanace kanalizačních řadů [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.wombat.cz/bezvykopova-sanace-kanalizacnich-radu/>

7.2. KNIŽNÍ PUBLIKACE

- [8] QUITT, Evžen. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 1971, 73 s.

7.3. NORMY, ČLÁNKY A BROŽURY

- [10] Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě. RACLAVSKÝ, Jaroslav. Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě. 2012. Brno.
- [11] PRAX, Petr. Zpracování hydrologických podkladů pro hydraulické posouzení stokové sítě města Znojma. 2017.
- [12] ČSN EN 752: Odvodňovací systémy vně budov. 1. Praha: Český normalizační institut, 2008
- [15] ŠIMKOVÁ, PH. D., Ing. arch. Hana, Ing. Josef VLK, CSC. a Ing. Martin KOLMISTR. PRŮMĚRNÉ CENY DOPRAVNÍ A TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY OBCÍ Aktualizace 2017 [online]. Brno: Ústav územního rozvoje, 2017 [cit. 2018-01-07]. ISBN 978-80-87318-60-7. Dostupné z: <http://www.uur.cz/images/5-publikacni-cinnost-a-knihovna/metodicke-prirucky-a-publikacni-materialy/2017/ceny-ti-2017-titul.jpg>

7.4. ZDROJE OBRÁZKŮ

- [2] Mapy.cz: Lokalita Znojmo [online]. [cit. 2018-01-07]. Dostupné z: <https://mapy.cz>
- [8] Vodárenská akciová společnost a. s. divize Znojmo: Fotografie z kamerového průzkumu. [cit. 2018-01-07]
- [13] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. Rekonstrukce vodohospodářských sítí. Brno: VUT v Brně, 2006.
- [14] Wombat: Bezvýkopová sanace kanalizačních řadů [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.wombat.cz/bezvykopova-sanace-kanalizacnich-radu/>

7.5. ZDROJE TABULEK

- [4] Český statistický úřad: *Statistický lexikon obcí - 2013*. [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/4116-13-n_2013-05
- [10] VODOVOD.INFO: Vodárenský informační portál [online]. [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/>
- [11] PRAX, Petr. Zpracování hydrologických podkladů pro hydraulické posouzení stokové sítě města Znojma. 2017.

7.6. OSTATNÍ ZDROJE

- [16] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Petr PRAX, Karel VOLDÁN, David KÖHLER a Pavel DVOŘÁK. Odborné posouzení vybrané části stokové sítě ve městě Znojmo prostřednictvím provedení kamerového průzkumu. Brno, 2017. Výzkumná zpráva Centra AdMas č. SR12757163.
- [17] Vodárenská akciová společnost, a. s.: Podklady stokové sítě z GIS. [cit. 2018-01-07]
- [18] Vodárenská akciová společnost, a. s.: Kamerové záznamy. [cit. 2018-01-07]

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

VAK	Vodovody a kanalizace
VAS	Vodárenská akciová společnost
DN	jmenovitá světlost
GIS	geografický informační systém
SWMM	Storm Water Management Model
ČSN	česká technická norma
mm	milimetr
bm	běžný metr
m	metr
km	kilometr
m n. m.	metrů nad mořem
BpV	výškový systém Baltského moře po vyrovnání
LPS	liters per second
Ψ	součinitel odtoku
n	Manningův součinitel drsnosti
DPH	daň z přidané hodnoty

SEZNAM TABULEK

Tabulka 2.1 Vývoj počtu obyvatel [4]	13
Tabulka 2.2 Charakteristika klimatické oblasti [8].....	17
Tabulka 3.1 Základní údaje–Skupina úseků 1	19
Tabulka 3.2 Základní údaje–Skupina úseků 2	20
Tabulka 3.3 Základní údaje–Skupina úseků 3	23
Tabulka 3.4 Základní údaje–Skupina úseků 4	24
Tabulka 3.5 Základní údaje–Skupina úseků 5	26
Tabulka 3.6 Základní údaje–Skupina úseků 6	26
Tabulka 3.7 Základní údaje–Skupina úseků 7	28
Tabulka 3.8 Základní údaje–Skupina úseků 8	30
Tabulka 3.9 Základní údaje–Skupina úseků 9	31
Tabulka 3.10 Základní údaje–Skupina úseků 11	32
Tabulka 3.11 Základní údaje–Skupina úseků 12	34
Tabulka 3.12 Základní údaje–Skupina úseků 13	36
Tabulka 3.13 Základní údaje–Skupina úseků 14	38
Tabulka 3.14 Základní údaje–Skupina úseků 15	41
Tabulka 3.15 Základní údaje–Skupina úseků 16	43
Tabulka 3.16 Základní údaje–Skupina úseků 17	45
Tabulka 3.17 Základní údaje–Skupina úseků 18	45
Tabulka 3.18 Základní údaje–Skupina úseků 19	48
Tabulka 3.19 Základní údaje–Skupina úseků 20	50
Tabulka 3.20 Rozdělení kategorií stavebně–technického stavu [10].....	52
Tabulka 3.21 Délky jednotlivých kategorií stavebně–technického stavu.....	55
Tabulka 4.1 Hodnoty drsností povrchu potrubí [10]	59
Tabulka 4.2 (Syntetický déšť pro lokalitu Znojmo v l/ha) [11].....	60
Tabulka 4.3 (Syntetický déšť pro lokalitu Znojmo v mm/min) [11]	60
Tabulka 5.1 Přibližné investiční náklady sanace vybrané skupiny úseků [15].....	71
Tabulka 5.2 Soupis dílčích položek [15]	72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1. Mapa zájmové lokality v rámci ČR [2].....	12
Obrázek 2.2 Mapa zájmové lokality v lokálním měřítku [2].....	12
Obrázek 2.3 Mapa vodních útvarů [2]	16
Obrázek 3.1 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	19
Obrázek 3.2 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	20
Obrázek 3.3 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	21
Obrázek 3.4 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	22
Obrázek 3.5 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	22
Obrázek 3.6 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	23
Obrázek 3.7 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	24
Obrázek 3.8 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	25
Obrázek 3.9 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	25
Obrázek 3.10 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	27
Obrázek 3.11 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	28
Obrázek 3.12 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	29
Obrázek 3.13 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	29
Obrázek 3.14 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	30
Obrázek 3.15 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	31
Obrázek 3.16 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	32
Obrázek 3.17 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	33
Obrázek 3.18 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	33
Obrázek 3.19 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	35
Obrázek 3.20 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	35
Obrázek 3.21 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	36
Obrázek 3.22 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	37
Obrázek 3.23 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	37
Obrázek 3.24 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	38
Obrázek 3.25 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	39

Obrázek 3.26 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	39
Obrázek 3.27 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	40
Obrázek 3.28 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	41
Obrázek 3.29 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	42
Obrázek 3.30 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	42
Obrázek 3.31 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	44
Obrázek 3.32 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	44
Obrázek 3.33 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	46
Obrázek 3.34 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	46
Obrázek 3.35 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	47
Obrázek 3.36 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	48
Obrázek 3.37 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	49
Obrázek 3.38 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	49
Obrázek 3.39 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	50
Obrázek 3.40 Fotografie z kamerového průzkumu [9].....	51
Obrázek 3.41 Graf procentuálního vyjádření délky stavebně–technického stavu.....	55
Obrázek 4.1 Ukázka zadaného syntetického deště v programu SWMM.....	60
Obrázek 4.2 Ukázka hydraulického modelu skupiny úseků 11	61
Obrázek 4.3 Ukázka hydraulického modelu zbývajících oblastí.....	62
Obrázek 4.4 Ukázka plnění stoky při stávajícím stavu potrubí	63
Obrázek 4.5 Ukázka plnění stoky při provedení sanace vložkou	63
Obrázek 4.6 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při stávajícím stavu potrubí	65
Obrázek 4.7 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při provedení výměny potrubí	65
Obrázek 4.8 Kulminační křivka průtoku v Š 8028 při provedení sanace vložkou	65
Obrázek 5.1 Metody sanace stokových sítí [13].....	67
Obrázek 5.2 Ukázka sanovaného vejčitého profilu metodou KAWO [14].....	68
Obrázek 5.3 Ukázka sanační vložky KAWO UV opatřené ochranou fólií [14].....	69
Obrázek 5.4 Sanovaná oblast skupiny úseků 11	70

SEZNAM PŘÍLOH

VOLNÉ PŘÍLOHY

1. SITUAČNÍ VÝKRESY

- 1.1. Situační výkres širších vztahů
- 1.2. Situační výkres stokové sítě 1
- 1.3. Situační výkres stokové sítě 2
- 1.4. Situační výkres stokové sítě 3

2. SITUAČNÍ VÝKRESY STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU

- 2.1. Situační výkres stavebně-technického stavu 1
- 2.2. Situační výkres stavebně-technického stavu 2
- 2.3. Situační výkres stavebně–technického stavu 3

VYVÁZANÉ PŘÍLOHY

3. TABULKA VYHODNOCENÍ STAVEBNĚ–TECHNICKÉHO STAVU

4. VZOROVÉ HEKTARY

- 4.1. Vzorový hektar 1
- 4.2. Vzorový hektar 2
- 4.3. Vzorový hektar 3
- 4.4. Vzorový hektar 4

KOMPAKTNÍ DISK

- Protokoly z kamerového průzkumu jednotlivých úseků
- Hydraulické modely SWMM

SUMMARY

The aim of the thesis was to evaluate the realization of the sewer network reconnaissance in a selected part of the town of Znojmo. In the sections of selected sewer system operators, a camera survey of the construction and technical condition was performed externally. The individual sub-sections were evaluated on the basis of a simplified methodology for assessing the technical situation of the sewerage network. The evaluation consisted of the inclusion of individual sections into five categories of construction and technical condition. The partial sections of each group were sorted and listed in a clear table, based on the failures detected by the camera survey. Annex 3. Table of evaluation of the construction and technical condition.

Within the framework of this part of the work, recommendations from the construction and technical condition of the sewerage sections were also written. It was recommended to the operator to rehabilitate sections classified in Category 3 by the trenchless technology of the inversely retracted CIPP sleeve. Category 4 was recommended to be repaired by replacing the pipeline with an open pit, since the disturbances on these sections often disturb the statics of the entire profile and in most cases their replacement will be necessary.

Furthermore, in this part of the work a simulation of the reconstruction of the trenchless excavation using a CIPP insert or the replacement of the pipeline by an open excavation with a new earthenware pipeline was carried out and the behavior of the system after the roughness of the pipe. The following part of the thesis contains a description of possible technologies of trenchless sewerage refurbishment. Two variants were described in the paper

In my opinion, all the goals set before the beginning were fulfilled. I also assume that the project processed by the AdMas Research Center during the thesis will be beneficial to the operating company Vodárenská akciová společnost, a. s.

PŘILOHOVÁ ČÁST