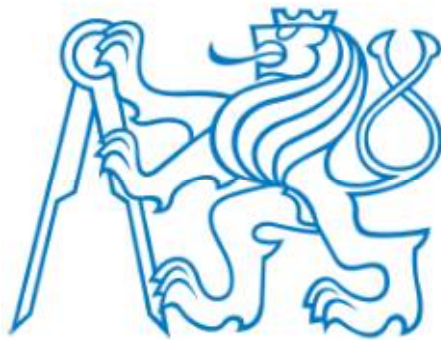


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



STUDIE ZATRUBNĚNÉ ČÁSTI ŘÍČANSKÉHO
POTOKA V MĚSTSKÉ ČÁSTI PRAHA 22
UHŘÍNĚVES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Anna Žohová

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Jaroslav Pollert ml., Ph.D.

Květen 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Žohová	Jméno: Anna	Osobní číslo: 423742
Zadávací katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství		
Studijní program: bakalářský		
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:	Studie zatrubněné části Říčanského potoka v městské části Praha 22 - Uhřetěves	
Název bakalářské práce anglicky:	Study of the piped part of the Říčanský creek in Praha 22 - Uhřetěves	
Pokyny pro vypracování:		
Práce bude obsahovat: popis území městské části Praha 22 - Uhřetěves, popis jednotlivých úseků zatrubněné části potoka dle prohlídky TV kamerou - popis problémů, zaústění dešťové kanalizace, propadliny, zanesení atd. Ověření kapacity proběhne pomocí několika metod : hydraulický výpočet v programu Epanet, podle metodiky CARE-S popř. další. Na základě výpočtů a jejich srovnání bude navržena rekonstrukce (návrhy oprav, varianty řešení, financování, realizovatelnost)		
Seznam doporučené literatury:		
Odvodnění urbanizovaných území - Krejčí V. a kol., Flow Resistance: a design guide for engineers - Erwin Fried, I. E. Idelchik, ČSN EN 1358-2 Posuzování stavu venkovních systémů stok, sítí a kanal. přípojek-část 2		
Jméno vedoucího bakalářské práce:	doc. Ing. Jaroslav Pollert, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce:	22.2.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28. 5. 2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku		
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry	

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 28. 5. 2017

.....

Anna Žohová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat zejména vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. Ing. Jaroslavu Pollertovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, trpělivost a čas, který mi věnoval během konzultací. Poděkování patří také panu Ing. Luboši Haraštovi, který mi ochotně věnoval čas při konzultacích ohledně výpočtu v hydraulickém programu PCSWMM. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat panu Ing. Petru Koblencovi z firmy Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. za odborné rady a za podklady, které mi jménem firmy poskytl pro vypracování práce. Poděkování patří i mé rodině a přátelům za trpělivost a morální podporu.

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce je zatrubněná část laterálního obtoku Říčanského potoka, který protéká městskou částí Praha 22 – Uhříněves. Cílem práce je zhodnocení stávajícího technického stavu zatrubnění a posouzení kapacity podzemního vedení, která byla vypočtena dvěma způsoby. Na základě těchto výsledků je proveden návrh rekonstrukce. Z hlediska kapacity by bylo postačující pouhé vyčištění koryta, ale dalším faktorem je stávající stav potrubí, který je vyhodnocen pomocí kamerové a vizuální prohlídky. Podle té jsem usoudila, že technický stav je v některých úsecích nevyhovující, a proto navrhuji nejen celkové vyčištění zatrubněného toku, ale i provedení sanací specifických pro jednotlivé úseky dle jejich stavu. V závěru jsem vyhodnotila dané metody a zdůvodnila volbu mého návrhu.

Klíčová slova: Metody sanace, Bezvýkopové technologie, Kapacita potrubí, Kamerový průzkum, Rekonstrukce, Přípojka, Šachta, PCSWMM, CARE-S, Podzemní vedení

Abstract

The subject of this bachelor thesis is a pipe conduit of a lateral bypass of the Říčany brook in Praha 22 – Uhříněves district. The aim of this thesis is to evaluate the current technical condition of the pipeline, to review its capacity, and to recommend reconstructive works based on the results. I carried out two separate analyses. According to the capacity analysis, it would be sufficient to clean the stream bed. However, visual and camera inspection revealed that some parts of the pipeline are not in a good technical condition. Therefore, I propose not only to clean the stream bed, but also to reconstruct specific sections based on their condition. In the end I evaluated using methods and justified choice of my proposal.

Keywords: Methods of rehabilitation, Trenchless technology, Pipeline capacity, Camera inspection, Reconstruction, Connection, Shaft, PCSWMM, CARE-S, Underground line

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Cíl práce.....	9
1.2	Seznam vstupních podkladů	9
2	Literární rešerše	10
2.1	Průzkum a poruchy na zatrubněné části toku	10
2.1.1	Technická norma ČSN EN 13508 – 2.....	10
2.2	Hydraulické vyjádření výpočtu kapacity zatrubněné části toku	12
2.2.1	Místní ztráty vyjádřené pomocí metodiky CARE-S.....	14
2.3	Hydraulický výpočet v programu SWMM.....	15
2.4	Stanovení odtokového množství dešťové vody	16
2.5	Sanace zatrubněné části toku.....	17
2.5.1	Koncepční řešení.....	17
2.5.2	Metody sanace	18
2.5.2.1	Lokální opravy podzemních vedení.....	19
2.5.2.2	Celoplošné opravy vnitřních povrchů podzemních vedení	19
2.5.2.3	Renovace vedení s narušenou statickou funkcí	21
2.5.2.4	Obnova podzemních vedení v původní trase.....	22
2.5.2.5	Sanace šachet na stokách.....	23
3	Popis zájmového území	24
3.1	Popis území městské části Praha 22 – Uhříněves	24
3.1.1	Obecné informace	24
3.1.2	Přírodní zajímavosti	25
3.1.3	Klimatické poměry.....	26
3.2	Postranní obtok Říčanského potoka.....	27
3.3	Popis úseků dle prohlídky TV kamerou.....	33
3.3.1	Úsek nátoku do zatrubnění – Š16	35
3.3.2	Úsek Š16 – Š15.....	37
3.3.3	Úsek Š15 – Š14.....	40
3.3.4	Úsek Š14 – Š13.....	42
3.3.5	Úsek Š13 – Š12.....	44
3.3.6	Úsek Š12 – Š11.....	46

3.3.7	Úsek Š11 – Š10.....	49
3.3.8	Úsek Š10 – Š9.....	54
3.3.9	Úsek Š9 – vyústění zatrubněného toku	59
4	Hydraulický výpočet kapacity zatrubněné části toku.....	62
4.1	Stanovení odtokového množství dešťové vody	62
4.2	Zjednodušený hydraulický výpočet kapacity	63
4.3	Hydraulický výpočet v programu PCSWMM	64
5	Návrhy rekonstrukce po jednotlivých úsecích a odhad investičních nákladů .	67
5.1	Úsek nátoku do zatrubnění – Š16	67
5.2	Úsek Š16 – Š15.....	68
5.3	Úseky Š15 – Š12	68
5.4	Úseky Š12-Š9.....	68
5.5	Úsek Š9 – vyústění zatrubněného toku	69
5.6	Odhad investičních nákladů.....	69
6	Závěr.....	70
7	Seznam použité literatury	72
8	Přílohy	73

1 Úvod

„Stokové sítě měst byly budovány postupně, často bez logické návaznosti, s použitím různých materiálů profilů, eventuálně i metod návrhu profilů. V řadě míst vyhovují stokové sítě kapacitě, nevyhovují však z hlediska stavebně-konstrukčního, tento druhý případ dle našich poznatků převažuje.“ [1]

Musíme si uvědomit, že podzemní vedení stárnou a mnohá z nich už jsou za hranicí své životnosti. Údržba, opravy a obnova jsou proto nezbytným úkolem stavebnictví. Většina podzemních vedení je situována pod městskými komunikacemi a je stále složitější, vzhledem ke vzrůstající intenzitě dopravy, se vypořádat s problémem tradičně otevřeným výkopem. V důsledku toho nastal rozvoj bezvýkopových metod, při kterých dochází jen k minimálnímu narušení dopravy a životního prostředí na povrchu. [2]

Předmětem studie je zatrubněná část laterálního obtoku Říčanského potoka, který protéká městskou částí Praha 22 – Uhříněves. Účelem práce je zhodnocení stávajícího technického stavu zatrubnění a posouzení kapacity podzemního vedení. Návrh rekonstrukce proběhne na základě těchto výsledků.

Tato práce má teoretickou část, kde se věnuji metodám, které následně použiji v praktické části. Cílem teoretické části je přiblížení problematiky, která se váže k sanaci podzemního vedení. Toto přiblížení je nezbytné k lepšímu pochopení následné praktické části. Krom jiného zde budou popsány metody oprav a obnov trubního vedení, na které budu navazovat v praktické části. V té navrhnu pro jednotlivé úseky nejvhodnější metodu sanace.

Důležitou částí bude charakteristika zájmové území, která je klíčová ke zhodnocení stávajícího technického stavu.

Další kapitolou praktické části je hydraulický výpočet kapacity podzemního vedení toku, ke kterému se stavím dvěma způsoby. Jeden je zjednodušený v ruce a druhý přesnější v hydraulickém modelu. V tomto případě nejde o ověření správnosti výpočtu porovnáním výsledků mezi sebou, protože se způsoby výpočtu částečně různí, ale i přesto, si myslím, že by se hodnoty výsledků měli blížit a ne diametrálně lišit. Cílem zjednodušeného výpočtu v ruce je pochopení, jak je daná problematika rozsáhlá, a jak by byl ve skutečnosti výpočet, který za mě dělá hydraulický model, složitý.

Na základě výsledků hydraulického výpočtu a zhodnocení technického stavu podzemního vedení navrhnu nejvhodnější rekonstrukci zatrubněné části laterálního obtoku Říčanka a provedu hrubý odhad investičních nákladů stavby.

1.1 Cíl práce

- Zhodnocení stávajícího technického stavu zatrubnění.
- Posouzení kapacity podzemního vedení.
- Vyhodnocení výsledků hydraulických výpočtů kapacity.
- Návrh vhodné rekonstrukce zatrubněné části obtoku Říčanského potoka
- Vyhodnocení jednotlivých metod a zdůvodnění mé volby návrhu.

1.2 Seznam vstupních podkladů

- Kamerová prohlídka a zaměření zájmového území (01/2017) VIS, a.s.
- Katastrální mapa
- Fotodokumentace
- PD Protipovodňové ochrany Uhříněves – VRV, a.s.
- Ceník prací – VRV, a.s.

2 Literární řešerše

2.1 Průzkum a poruchy na zatrubněné části toku

Na základě průzkumu zatrubnění, zjištění reálného stavu konstrukce a posouzení kapacity se rozhodne na metodě sanace. V dnešní době spočívá průzkum nejčastěji ve vizuální prohlídce nebo pomocí videokamery. Po provedení revize optickým zařízením se posuzuje technický stav kanalizačního systému a to např.: podle: normy ČSN EN 13508 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek; ATV – 143 Inspekce, oprava, sanace a renovace stokové sítě, kanalizačních přípojek a vnitřní kanalizace (pozn.: v ČR existuje více překladů) nebo zjednodušeným systémem kódování, který je individuálně navržený. V rámci jedné akce je doporučeno použití jednoho kódovacího systému pro jednoduché porovnání výsledků. Jsou různé druhy kontrol, při kterých jsou použita různá technická zařízení nebo způsoby např.: dálkově ovládaná TV kamera, vstupem pracovníka obsluhy, pomocí zrcadla nebo fotoaparát. V určitých místech není možné kamerovou prohlídku provést a v tom případě je například možné použít analogii s již ohodnocenými úseky, které jsou ze stejného materiálu a byly postaveny ve stejném časovém období. [3]

Z provedené revize je vidět technický stav a míra poruch potrubí či šachet. Rozsah poruch, které je možné obecně rozdělit na lokální a celkové, podstatně ovlivňuje volbu metody sanace. Při prohlídce je věnována pozornost zejména závadám, které brání plynulému proudění vody ve stoce nebo dovolují únik vody mimo potrubí. Takovými poruchami jsou např.: netěsnosti, překážky ve stoce, trhliny, mechanické opotřebení a jiné. [1]

2.1.1 Technická norma ČSN EN 13508 – 2

Technická norma ČSN EN 13508 obsahuje 2 části: Část 1: Všeobecné požadavky

Část 2: Kódovací systém pro vizuální kontrolu

Předmětem druhé části je kódovací systém, který popisuje stav provedený vizuální prohlídkou, která kontroluje stav uvnitř stok, kanalizačních přípojek a revizních šachet. Platí především pro systémy stokových sítí, které jsou gravitační. Kontrola musí probíhat dostatečně pečlivě, aby byly zaznamenány všechny poruchy a stávající stavy daného místa. Obsluha revize musí být dostatečně proškolená danou metodikou a kódovacím systémem. Jednotlivé kódovací systémy jsou popsány v kapitolách této technické normy. Každý

zjištěný stav je popsán hlavním kódem, který je složen ze tří písmen, a doplňujících informací. První písmeno znamená přiřazení (potrubí, vstupní či revizní šachta), druhé znamená skupinové zařazení (typ kódu) např.: (BA..) Hlavní kód vztahující se ke konstrukci potrubí nebo (BB..) Hlavní kód vztahující se k provozu potrubí. Třetí písmeno znamená určité zjištění stavu (nález). Pokud se vyskytuje více různých zjištění na tom samém místě, jsou jednotlivé závady kódovány odděleně. Pro příklad je zvolen kód: BCA D A 150, který lze nyní pomocí tabulky (Tab. 1) rozluštit. Jedná se o vrtanou kanalizační přípojku o průměru 150 mm, která je otevřená (je v provozu). Pro každý monitorovaný úsek je sestaven zvláštní protokol, kde včetně zmíněných kódů jsou zahrnuty i základní informace týkající se kontrolované oblasti např.: směr kontroly, datum kontroly, účel prohlídky, jméno objednatele a mnoho dalších informací. [4]

Tab. 1 Detailní popis kódu pro zjištění stavu [4]

Hlavní kód	Doplňující informace	Popis
Kanalizační přípojka		
BCA		Jiné potrubí je napojeno na potrubí, které má být kontrolováno. V případě, že připojované potrubí kanalizační přípojky má shodné rozměry s potrubím, které má být kontrolováno, nebo má rozměry větší než stanovená hodnota, může objednatel určit, že místo napojení bude považováno za uzel. Přitom se vychází z toho, že přípojky registrované s použitím tohoto kódu mají kruhový průřez.
	Charakterizace 1	Druh kanalizační přípojky: <ul style="list-style-type: none"> - odbočka (A) - trouba s prefabrikovaným spojovacím kusem (tvarovkou); - sedlová přípojka, vrtaná (B) - připojení se sedlovým kusem - otvor vyvrtán; - sedlová přípojka, s výřezem (C) - připojení se sedlovým kusem - otvor vysekán (vyříznut); - jednoduchá přípojka, vrtaná (D) - připojení bez tvarovky - otvor vyvrtán; - jednoduchá přípojka, s výřezem (E) - připojení bez tvarovky - otvor vysekán (vyřezán); - jiná přípojka jako odbočka (F) (používá se tehdy, pokud nejsou k dispozici požadované informace k zařazení podle B, C, D nebo E); - neznámá (nevidovaná) přípojka (G); - jiný druh přípojky (Z) - další údaje by měly být zaznamenány jako poznámky.
	Charakterizace 2	Tento kód udává, zda byla přípojka uzavřena (zaslepena). To může znamenat, že během stavby byla realizována přípojka pro budoucí potřeby nebo že byla přípojka vyřazena z provozu. Je nutno použít následující kódy: <ul style="list-style-type: none"> - přípojka otevřená (A); - přípojka uzavřená (B).
	Kvantifikace 1	Výška trouby kanalizační přípojky v mm.
	Kvantifikace 2	Šířka trouby kanalizační přípojky v mm, pokud je odlišná od výšky.

2.2 Hydraulické vyjádření výpočtu kapacity zatrubněné části toku

Pro hydraulický výpočet je potřeba použít Bernoulliho rovnici

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot v_1^2}{2 \cdot g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + \Sigma Z \quad (1)$$

rovnici kontinuity

$$Q = S \cdot v \quad (2)$$

rovnici pro ztráty třením

$$Z_t = \frac{\lambda \cdot L}{D} \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (3)$$

a rovnici pro ztráty místní.

$$Z_m = \xi \cdot \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (4)$$

Rovnice jsou uvažovány pro ustálené proudění, které nezávisí na čase. Bernoulliho rovnice vyjadřuje, že polohová, tlaková a rychlostní výška v jednom průřezu se rovná polohové, tlakové a rychlostní výšce v druhém průřezu, kde nesmí být opomenuty ztráty uvažované pro skutečnou kapalinu, která je považována za nestlačitelnou. Jsou to ztráty třením, které vznikají po celé délce proudu díky tření mezi tekutinou a stěnou potrubí, a ztráty místní, které se tvoří při změně průtočného profilu nebo směru proudění. Ztráty třením jsou vyjádřeny Darcy – Weisbachovo rovnicí zahrnující součinitel tření λ , který závisí na Reynoldsově čísle

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (5)$$

a na relativní drsnosti potrubí Δ/D , z čehož plyne následující vztah.

$$\lambda = \lambda\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{D}\right) \quad (6)$$

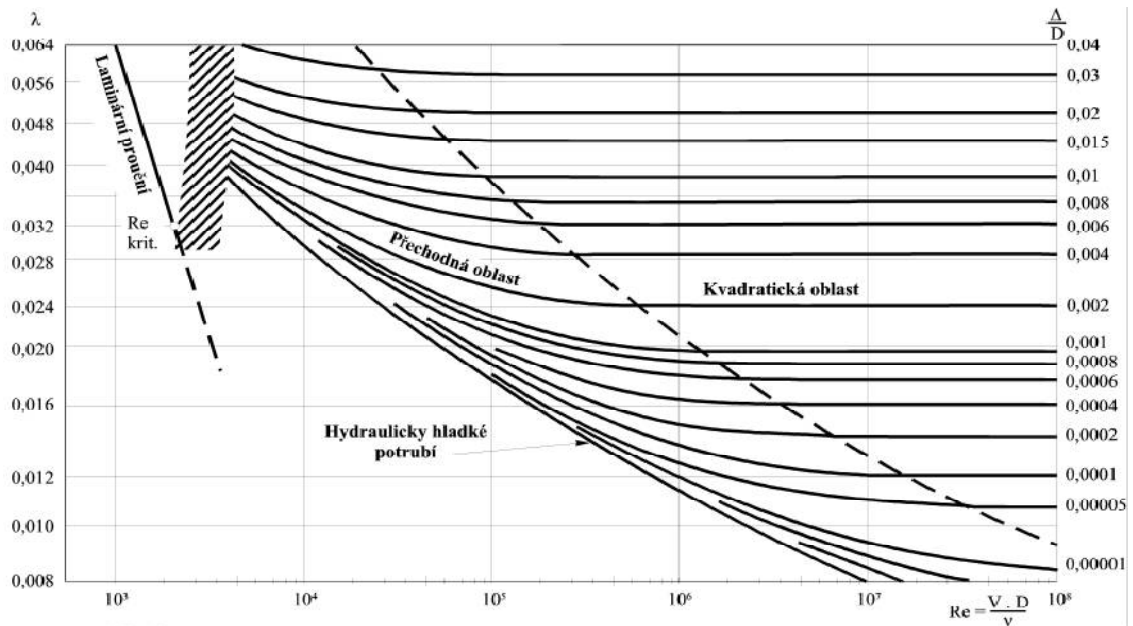
Součinitel tření se nejčastěji vyjadřuje dle Moodyho diagramu (Obr. 1), kde je vymezeno pět charakteristických oblastí: lineární, kritická, hydraulicky hladkého potrubí, přechodná a kvadratická. Jedná se o grafické znázornění vztahu (6), kdy na vodorovnou osu se vynáší $\log \text{Re}$, na svislou osu Δ/D a z těchto hodnot lze určit součinitel tření λ .

Relativní drsnost je bezrozměrná a vyjadřuje poměr hydraulické drsnosti (Tab. 2) a charakteristického délkového rozměru, což u potrubí bývá průměr.

Pro vyjádření kapacity zatrubněného úseku toku, což je maximální průtok, který potrubím protéká, jsou použity výše zmíněné rovnice. Bernoulliho rovnice je pro výpočet

zjednodušená a je uvažováno, že jde o potrubí vedoucí mezi dvěma velkými nádržemi, které jsou otevřené. Tlaková a rychlostí výška jsou konstantní. Z toho plyne, že rozdíl polohových výšek se rovná celkové ztrátě a po dosazení zbývajících rovnic se dostane žádaná rovnice. [5; 6]

$$Q = \sqrt{\frac{(h_1 - h_2) \cdot S^2 \cdot 2 \cdot g}{\left(\frac{\lambda \cdot L}{D} + \xi\right)}} \quad (7)$$



Obr. 1 Moodyho diagram [6]

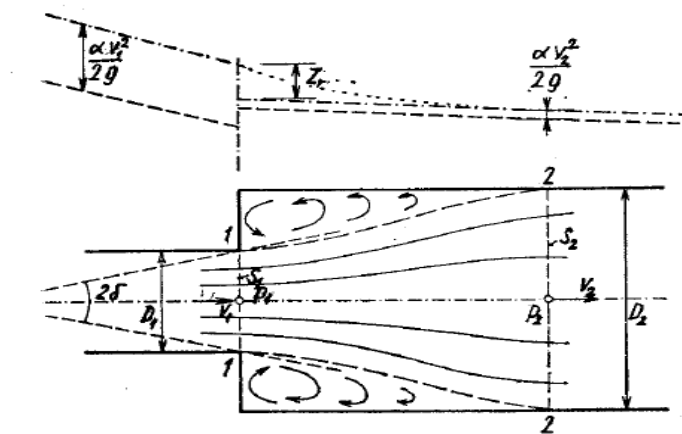
Tab. 2 Hydraulická drsnost Δ pro technicky vyráběná potrubí [6]

DRUH POTRUBÍ	STAV POTRUBÍ	Δ [m]
Azbestocementové, eternitové	nové	0,0005
	po použití	0,001
Ocelové bezešvé	nové	0,00001 - 0,00002
	po použití po delším provozu	0,00015 0,0003
Ocelové svařované	nové	0,00003 - 0,0001
	po delším provozu - vyčištěné	0,0001 - 0,0002
	po použití - mírně zrezivělé	0,0003 - 0,0007
	staré zrezivělé a inkrustované silně zrezivělé a inkrustované	0,0008 - 0,0015 0,002 - 0,004
Litinové	nové, bituminované, asfaltované	0,00001 - 0,00016
	nové - bez úpravy	0,0002 - 0,0005
	po použití	0,0005 - 0,0015
	silně zrezivělé a inkrustované	0,002 - 0,003
Betonové	nové železobetonové - hladká omítka	0,00001 - 0,00005
	nové - vyráběné odstředivým litím	0,00015 - 0,0003
	po použití	0,0003 - 0,0008
	po delší době provozu	0,001 - 0,003

2.2.1 Místní ztráty vyjádřené pomocí metodiky CARE-S

Do výpočtu jsou zahrnuty místní ztráty, které se vyjadřují rychlostní výškou, která je vynásobena součinitelem místní ztráty, který závisí na druhu odporu a na jeho geometrických parametrech. Součinitel určité místní ztráty lze zvolit pomocí tabulek (Tab. 3) nebo vypočítat z rovnice určené pro danou místní ztrátu například rovnice pro výpočet ztráty náhlým rozšířením. [5; 6]

$$\xi = \left(\frac{S_2}{S_1} - 1 \right)^2 = \left(\frac{D_2^2}{D_1^2} - 1 \right)^2 \quad (8)$$



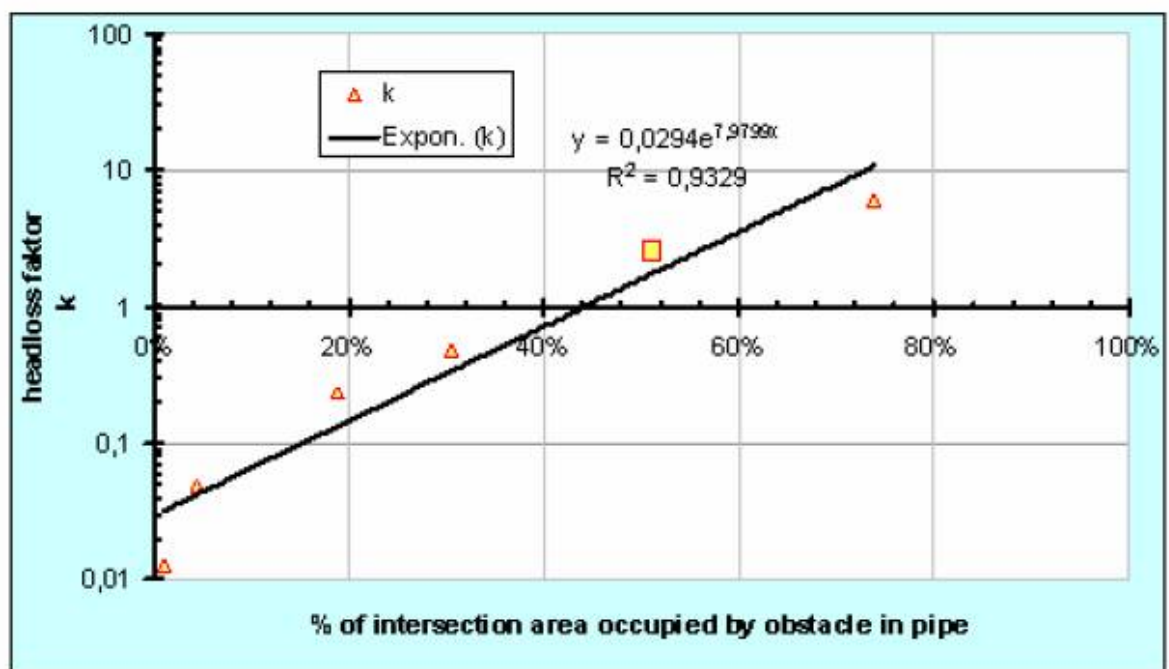
Obr. 2 Náhlé rozšíření průřezu [5]

Tab. 3 Součinitel ztráty vtokem do potrubí a výtokem do velké nádrže [5]

TYP VTOKU	Platnost	ζ_v
a) Potrubí zasahuje do nádrže		0,8 - 1,0
b) Ostrá vstupní hrana		0,5
c) Seříznutá vstupní hrana	$L/D \cong 0,1$	0,25
d) Zaoblená vstupní hrana	$r/D \cong 0,06$	0,20
e) Kruhově zaoblený vtok	$r = 0,2.D$	0,11
Výtok do velké nádrže		1,0

Součinitel místních ztrát lze počítat i jinak například pomocí výzkumného projektu CARE - S, který se zabýval gravitačními stokami. Řešil problémy způsobené stárnutím, strukturálními poruchami, netěsností systému, nedostatečnou kapacitou způsobující záplavy a dalšími. Výsledkem projektu byl softwarový manažer CARE-S. Na základě předdefinovaných vztahů a načtených informací pomohl najít úseky, u kterých je největší pravděpodobnost ucpaní či prolomení včetně odhadu doby, kdy k potížím dojde. Součástí

popisovaného projektu je i stanovení součinitele místní ztráty „k“. Na základě numerického modelování byly odvozeny rovnice pro jednotlivé překážky jako například potrubí částečně zasahující do průtočného profilu nebo posunutí ve spoji potrubí a dále. Každá z těchto poruch má vlastní kód, který je popsán v platné evropské normě ČSN EN 13 508 - 2 zmiňována výše. Z protokolu kamerové inspekce jsou tyto kódy získány a přiřazeny k danému součiniteli místní ztráty. Jako příklad je uveden kód „BBE A 20“. Jedná o vypadané cihly nebo jiné zdící prvky ležící na dně stoky zahrnující 20% ze svislého rozměru potrubí a vzorec pro výpočet součinitele místní ztráty daného kódu je uveden na obrázku (Obr. 3). [7]



Obr. 3 Vzorec pro výpočet místní ztráty způsobené předmětem v potrubí [7]

2.3 Hydraulický výpočet v programu SWMM

Program PCSWMM (Storm Water Managment Model) je jedním z nejoblíbenějších hydrologických a hydraulických softwarů využíván pro studie k plánování, analýzám a návrhům týkajících se dešťového odtoku, jednotné a splaškové kanalizace a dalších odvodňovacích systémů v městských oblastech. Jedná se o dynamický, srážko-odtokový simulační model používaný pro jednu událost nebo dlouhodobé simulace odtokového množství a kvality vod převážně z urbanizovaného území. Matematický model hydraulického systému je tvořen z prvků, které jsou charakterizovány polohopisnými

výškopisnými, geometrickými a materiálovými vlastnostmi. V případě kanalizační sítě jsou prvky systému zejména šachty a potrubní úseky s kanalizačními přípojkami. Odtokový proces je založen na subpovodích, kde je realizována srážka a vzniká zde povrchový odtok. Dále je odtok veden do systému potrubí, kanálů. SWMM sleduje množství a kvalitu odtoku v rámci každé oblasti. Dále sleduje průtok, hloubku, a kvalitu vody v jednotlivých úsecích potrubí a kanálů během simulace složené z několika časových kroků. Výsledky mohou být zobrazovány v různých formách například jako mapa sledované oblasti, graf v podobě podélného profilu, který může být složen z libovolného množství po sobě jdoucích potrubních úseků, či pomocí tabulky. [8; 9]

2.4 Stanovení odtokového množství dešťové vody

Stanovení odtoku srážkové vody z odvodňované plochy se řeší obvykle pomocí racionální metody, která závisí na intenzitě dešťové srážky „ i “, a ploše „ A “ redukující se pomocí odtokových součinitelů „ ψ “ (Tab. 4), dle typu povrchu. Intenzita dešťové srážky (Tab. 5) závisí na době trvání dešťové srážky, kdy platí čím kratší doba trvání srážky tím intenzivnější dešť (obvykle se uvažuje doba trvání deště 15 min), a na periodicitě, která udává, kolikrát do roka se dešť dané intenzity v určitém místě vyskytuje. Například periodičita 0,5 označuje srážky, které se vyskytnou jednou za 2 roky. Racionální metoda vychází z obecného vzorce

$$Q = A \cdot \psi \cdot i \quad (9)$$

pomocí něhož je vypočítáno maximální přepokládané odtokové množství vody. [10]

Tab. 4 Doporučené součinitele odtoku ψ pro výpočet racionální metodou [10]

Způsob zástavby a druh pozemku		Součinitel odtoku ψ při konfiguraci území		
		rovinné při sklonu do 1 %	svažitě při sklonu 1 až 5 %	prudce svažitě při sklonu nad 5 %
Budovy	v uzavřených blocích (vydělážděné nebo zastavěné dvory)	0,70	0,80	0,90
	v uzavřených blocích (uvnitř bloku zahrady)	0,60	0,70	0,80
	v otevřených blocích	0,50	0,60	0,70
	při volné zástavbě (izolované)	0,40	0,50	0,60
Rodinné domky	sdrúžené v zahradách	0,20	0,40	0,50
	izolované v zahradách	0,20	0,30	0,40
Tovární objekty	starší typ (hustější zástavba)	0,50	0,60	–
	nový typ (volné a travnaté plochy)	0,40	0,50	–
zpevněné pozemní komunikace (např. asfalt, beton, dlažba)		0,70	0,80	0,90
nezpevněné pozemní komunikace (např. štěrky)		0,50	0,60	0,70
Železniční pozemky		0,25	–	–
Hřbitovy, sady, hřiště		0,10	0,15	0,20
Zelené pásy, pole, louky		0,05	0,10	0,15
Lesy		0,00	0,05	0,10

Tab. 5 Doporučené četnosti a periodicity výpočtových dešťů při použití rac. metody [10]

Druh lokality	Četnost výskytu ¹⁾ návrhových dešťů	Periodicita návrhových dešťů ¹⁾ P rok ⁻¹	Orientační rozsah intenzit patnáctiminutových (neredukovaných) dešťů podle [1] a [2] I l/(s . ha)
Venkovská území	1 × za 1 rok	1	98 až 144
Obytná území	1 × za 2 roky	0,5	133 až 200
Městská centra, území průmyslová a drobných provozů	1 × za 5 let	0,2	170 až 235
Podzemní dopravní zařízení a podjezdy	1 × za 10 let	0,1	202 až 275

¹⁾ Při použití návrhového deště nesmí u nově navrhovaných stok docházet ke zpětnému vzdutí.

2.5 Sanace zatrubněné části toku

„ Jako každá věc, tak i sítě technického vybavení zastarávají, opotřebují se a vyvolávají nutnost sanace. Sanace stokových systémů, především historických center větších měst, představují v současnosti jeden z nejdůležitějších a nejsložitějších problémů, se kterými se projektanti, provozovatelé a stavební organizace v oboru stokování setkávají. Stav stokových sítí měst je odborníkům dostatečně znám. Stokové sítě měst byly budovány postupně, často bez logické návaznosti, s použitím různých materiálů profilů, eventuálně i metod návrhu profilů. V řadě míst vyhovují stokové sítě kapacitě, nevyhovují však z hlediska stavebně-konstrukčního, tento druhý případ dle našich poznatků převažuje. “[1]

2.5.1 Koncepční řešení

Důležitým faktorem před provedením sanace potrubí jsou varianty koncepčního řešení, kdy je nutné zvážit okolní podmínky, aby výsledek práce byl co nejefektivnější a nejekonomičtější. Možnými alternativami pro dané zatrubnění je např.:

- **zřízení nové stoky v původní**

Podrobný popis viz níže.

- **výstavba nové stoky, která vede souběžně se stávající stokou**

Výstavba vede souběžně se stávající stokou v téže nebo jiné úrovni, popřípadě je stoka přeložena do trasy nové. Výhodou je, že při probíhajících pracích je zachován normální provoz stávající stoky a někdy i kanalizačních přípojek, kdy záleží, v jakém místě je budována stoka nová. Výhodou této varianty je možnost využít jak výkopovou tak bezvýkopovou technologii, pokud to tak umožňuje okolní prostředí. Podstatnou okolností je dostatek místa v podzemním prostoru trasy nové, kdy je nutné brát v potaz možné

křížení se stávajícími inženýrskými sítěmi eventuálně dalšími faktory. Po vybudování nové stoky se stávající zruší a přípojky se napojí na nově vybudovanou stokovou síť. [1]

2.5.2 Metody sanace

Po detailním uskutečnění revize, kdy byly zjištěny všechny poruchy v daném úseku, je provedeno hydraulické posouzení stávajícího potrubí a následně zvoleno koncepční řešení sanace. Po těchto krocích zbývá už jen zvolení stavebně - technických metod sanace, které jsou rozděleny z hlediska rozsahu na opravu, renovaci či obnovu a na možnosti okolních podmínek, které určují, zda proběhne sanace výkopově či bezvýkopově. [1]

Pro precizaci jsou zahrnuty přesné definice základních pojmů dle normy:

„Sanace: všechna opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek; zahrnuje opravy, renovaci nebo obnovu stok a kanalizačních přípojek.

Oprava: opatření k odstranění místních závad. Obvykle se používají bezvýkopové technologie.

Renovace: opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností stok a kanalizačních přípojek při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce. Obvykle se používají bezvýkopové technologie.

Obnova: vybudování nových stok a kanalizačních přípojek ve stávající nebo jiné trase, při zachování funkce původních stok a kanalizačních přípojek. Mohou se používat jak otevřené výkopy, tak i bezvýkopové technologie.” [11]

Výkopovou technologií se rozumí postup, kdy jsou nutné výkopové práce z povrchu terénu a je tak nutno velkého záboru po celé délce potrubí. Stávající potrubí je odstraněno a na jeho místo je umístěno potrubí nové. V některých místech je ovšem toto řešení nepraktické a neekonomické a je výhodnější využít bezvýkopovou technologii.

Bezvýkopové technologie jsou takové metody, které nepotřebují výkopové práce a rozsah záboru je omezen na vstupy a výstupy daného úseku potrubí. To jsou většinou revizní šachty. Při volbě metody hraje rozhodující roli analýza poznatků z provedené inspekce. Zohledňuje se například statika vedení, velikost a tvar průřezu, materiál a stáří vedení, možnost zmenšení či zvětšení světlého průřezu, druh a rozsah poruch na daném úseku.

Nemělo by se také opomenout, že před samotnou sanací je nutné důkladné vyčištění opravovaného potrubí, díky kterému se odstraní sedimenty, ulpívající látky a jiné překážky znemožňující objektivní zhodnocení míry poškození zájmového území. Jsou různé druhy způsobů čištění, které vycházejí ze složení znečištění a typu překážek. Také je nutno brát

ohled na materiál ostění stávajících vedení, aby nedošlo k jeho poškození. Například u vysokotlakého čištění je nutno zvolit takový tlak vody, který nenaruší konstrukci. Jedná se o metodu hydraulického čištění a v současné době patří k nejpoužívanější pro čištění sítě od sedimentů a cizích předmětů. Často je při čištění nezbytné odstranit přípojková potrubí či prorůstající kořeny, která zasahují do hlavního vedení. Tyto překážky jsou odstraňovány mechanicky a využívají se na ně tzv. řezací zařízení, jako je například kanalizační robot, který je popsán níže. [2]

2.5.2.1 Lokální opravy podzemních vedení

Lokálními opravami je myšleno odstraňování drobných poruch, deformací a netěsností, které se vztahují k určitému místu, nenarušují tak celkovou funkčnost potrubí. Opravy, kde je potrubí neprůlezná, jsou uskutečňovány pomocí videokamery a práce je možno provádět jen s částečným omezením provozu. [2]

- **Opravy s použitím kanál robotů**

Jedná se o dálkově ovládaný stroj, který pod dohledem videokamery dokáže v neprůlezných vedeních od DN 100 opravit celou škálu poruch vyskytujících se v daném úseku. Robot je vodotěsný, takže je možno provádět práce jen s částečným omezením průtoku v potrubním vedení. Nejlepší využití je pro něj pro odřezání přečnívajících konců kanalizačních přípojek a dostatečné utěsnění místa jejich napojení nebo pro odfrézování tvrdých usazenin a vzrůstajících kořenů. Poruchy je možné odstraňovat v kterémkoli místě úseku. Pracovní rameno robota je pohyblivé do všech stran a otočné o 360°. [2]

2.5.2.2 Celoplošné opravy vnitřních povrchů podzemních vedení

Tyto opravy se používají pro vedení, kde statická funkce nebyla ještě narušena. Jde o úpravy povrchové jako zpevňování a utěsňování, neboť betonová ostění často trpí obrušováním unášenými splaveninami. Světlý průměr opravovaného úseku se zmenší jen nepatrně a tvar světlého průřezu je plně zachován. Povrch musí být před samotnou opravou dokonale očištěn tlakovou vodou nebo opískováním, aby nový materiál na strukturu dobře přilnul. [2]

- **Nanášení ochranných povlaků**

Povlaky jsou na stávající konstrukci nanášeny natíráním, nástřiky, vystěrkováním či omítáním, kdy záleží na tloušťce určitého povlaku. Může se jednat o tenké povlaky ale i o omítky s tloušťkou více jak 5 mm, které jsou nanášeny ručním nebo strojním omítáním. Cílem je zabránit přímému kontaktu s protékajícími médii, ochránit, tak povrch sanovaného vedení a zlepšit jeho hydraulické vlastnosti. Povrch musí být před stěrkováním dokonale očištěn tlakovou vodou nebo opískováním, aby nový materiál na strukturu dobře přilnul. Povlakové nátěry mají jen malé vrstvy, proto je dobré chránit dno kynety proti obrusu splaveninami například cementovou mazaninou, či obkladem. Práce na krátkých úsecích se provádějí většinou ručně. Na delší vedení je výhodné práci mechanizovat pomocí sanačního vozíku. Příkladem směsi používané k opravám a ochraně ostění vedení je například Cementová vodotěsná směs, která se používá pro ochranu betonu a zvyšuje jeho odolnost. Nanáší se nástřikem nebo nátěrem a výsledná tloušťka povlaku je 2-4 mm. [2]

- **Cementace vnitřního povrchu potrubí**

Cementová malta se strojně nanáší na vnitřní povrch stávajícího potrubí. Slouží zejména k opravě ocelových trub, které mají zkorodovaný povrch, ale i k opravě betonových, železobetonových a zděných vedení, jenž má obroušený vnitřní povrch. Povrch musí být před nanášením dokonale očištěn tlakovou vodou nebo opískováním, aby nový materiál na strukturu dobře přilnul. Cementací se také docílí zlepšení hydraulické vlastnosti povrchu potrubí snížením drsnosti stěn. Tloušťka nanášené cementové omítky je od 3 až do 12 mm a potrubí, na které je cementová malta nanášena, nesmí být zdeformované. Malta se nanáší speciálním zařízením, které je přemísťováno na ližinách nebo na kolejovém podvozku pomocí tažného lana. Pomocí trysky se rovnoměrně nanáší cementová malta, která je následně uhlazována hladítkem. Postup je kontrolován videokamerou či při větších průřezích vizuálně. Metoda je použitelná pro opravy průřezů od DN 80 až do DN 2000. Cementová směs musí mít správnou konzistenci, zejména dávkování vody musí být přesné, aby po nástřikání z povrchu trouby směs nestékala. Zhruba po dvou dnech aplikace může být vedení uvedeno zpět do provozu. [2]

- **Renovace potrubí výstelkovými hadicemi (hadicový relining)**

Tato metoda opravy se dá použít u podzemních vedení, které mají statickou funkci nenarušenou, ale i částečně narušenou. Metoda spočívá v tom, že do stávajícího potrubí se zatahuje hadice z geotextilie (plst, nylon, skelná vlákna), která je na vnitřním povrchu opatřena tenkou vodotěsnou vrstvou z polyetylenu. Důležitým faktorem je, aby obvod byl v celé délce konstantní, na tvaru průřezu už tolik nezáleží (kruhový, vejčitý, eliptický, tlamový). Před zasunutím do vedení se hadice napustí z vnější strany epoxidovou pryskyřicí a po zasunutí se hadice tlakem vody, páry či vzduchu přitlačí k povrchu stávajícího potrubí a po vytvrzení výstelky tvoří jak vodotěsnou funkci, tak částečně statickou. Metoda se používá pro průřezy 100-3000 mm z trub z oceli, litiny, betonu, kameniny, azbestu a plastů. Otvory pro přípojky se většinou vyříznou s pomocí kanálobotů. Vzhledem k výhodnosti a oblíbenosti metody bylo postupem času vyvinuto několik jejích modifikací: Metoda Insituform (vytvrzování teplou vodou), Brochier – Inliner (vytvrzování teplou vodou), Process Phoenix (vytvrzování stlačeným vzduchem), vytvrzování UV zářením. [2]

- **Vytvrzování UV zářením**

Vytvrzování UV zářením je nejmladší a princip spočívá v tom, že bežešvá výstelková hadice, která je ze skelných vláken, napuštěna polyesterovou pryskyřicí a chráněna z obou stran vodotěsnou fólií, se vytvrzuje pomocí ozařování ultrafialovými paprsky. Celý proces vytvrzování proběhne na úseku 60-100 m za několik hodin. Doba záboru je tak kratší oproti ostatním metodám. Toto řešení je tak zvláště výhodné ve větších centrech s velkou hustotou dopravy. UV zářením lze vytvrdit fólii tloušťky až 20 mm a statickým výpočtem bylo dokázáno, že únosnost je dostačující natolik, aby ji bylo možné využít k opravě potrubí s částečně narušenou statickou funkcí. Ovšem je nutné, aby stávající vedení mělo nedeformovaný průřez, kdy DN je 150 až 1200. [2]

2.5.2.3 Renovace vedení s narušenou statickou funkcí

Metody se obecně nazývají Relining a podstata spočívá v zatahování nových, nejčastěji plastových trub do stávajícího trubního vedení, které bývá porušené až zdeformované z betonových, železobetonových a kameninových trub. Volný prostor mezi novým a stávajícím potrubím se vyplňuje cementovou maltou, obě konstrukce jsou tak zmonolitněny, ale statickou funkci plně přenáší potrubí nové za spolupůsobení zeminy kolem. Únosnost starého vedení se neuvažuje. Trouby, které jsou zatahované, mají menší

vnější průměr, než nejmenší světlý rozměr potrubí starého. Průměr potrubí je sice menší, ale oproti zanesenému a obroušenému stávajícímu potrubí má nové potrubí s hladkým povrchem výrazně příznivější hydraulické vlastnosti, a tak je možné, že kapacita zmenšením profilu není takřka ovlivněna. [2]

- **Zatahování dlouhých trub**

Při tomto způsobu renovace se zatahované potrubí upraví na požadovanou délku daného úseku a materiálem bývá polypropylen a polyvinylchlorid. Nejdříve je nutné zřízení zatahovacích a navijákových jam, kdy zatahovací jámy musejí být dostatečně dlouhé, aby nedošlo k poškození nového vedení. Délka jámy závisí na průměru zatahovaného potrubí, výšce nadloží a bývá často delší než 10 m, proto je nutné mít v zájmové oblasti dostatek místa nejen pro jámu, ale i pro zatahovací potrubí a jejich uskladnění. Další nevýhodou je, že světlý průřez potrubí se zmenší až o 40%. Výhodou je, že statická funkce nového potrubí je zaručena a dalším pozitivem je nízký součinitel tření, který částečně kompenzuje redukci profilu. [2]

- **Zatahování dočasně zdeformovaných trub**

Tato metoda se snaží o minimalizaci zmenšení stávajícího profilu, k čemuž dochází u varianty předchozí. Jedná se o zatahování dočasně zdeformovaných trub, které se následně roztáhnou a těsně přilnou ke stávajícímu potrubí. Jde o tzv. close – fit metody. [2]

- **Metoda Subline**

Metoda je vhodná pro potrubí o rozměrech 75 až 1600 mm. K opravě se využívá tenkostěnná vložka, která je zdeformována do tvaru U, čímž je zmenšen její profil. Materiálem bývá PE 80 nebo PE 100 s tloušťkou stěny od 3 do 20 mm. Tvar U je zajištěn díky stahovacím páskům. Zdeformované potrubí je provozní šachtou zataženo do stávajícího, natlakuje se mírným přetlakem vody, pásy se tím přetrhnou, vložka se vyrovná a nové potrubí těsně přilne ke starému. Světlý průřez stávajícího potrubí je stejný s vnějším průřezem nezdeformované vložky. Výhodou je rychlé zabudování bez nutnosti ohřevu a nízký součinitel tření nového povrchu. [2]

2.5.2.4 Obnova podzemních vedení v původní trase

Jedná se o zatažení nového potrubí z plastu, kameniny, oceli či železobetonu se stejnou nebo větší dimenzí profilu do trasy původního trubního vedení. Současně s tím probíhá

destrukce stěn starého vedení. Tato metoda je vhodná v místech, kde stávající potrubí je v havarijním stavu a přitom je potřeba zachovat nebo dokonce zvětšit stávající potrubí. [2]

- **Metody trhání starých podzemních trub (Pipe Bursting)**

Pro použití této metody je předpokladem kruhový průřez a křehkost materiálu tedy kamenina, litina či beton. Současně s trháním starých trub se uskutečňuje zabudování trub nových, což lze uskutečnit zatahováním dlouhých svařovaných trub z plastů, zatahováním krátkých trub (z plastů, kameniny, betonu s bezhrdlovými spoji) nebo zatlačováním krátkých trub s hladkým vnějším povrchem. Metody trhání se dělí na dynamické a statické. [2]

- **Metoda dynamického trhání potrubí**

Trhání probíhá dynamicky pomocí pneumatického propichovacího kladiva, doplněného o trhací hlavu a rozšiřovací pouzdro. Trhání napomáhají dynamické účinky, které vznikají údery pneumatického kladiva. Střepiny ze starých trub jsou roztláčovány do okolní zeminy pomocí rozšiřovacího pouzdra a do vzniklého otvoru je zatahováno potrubí stejného nebo většího průřezu. Pro zmenšení tření během zatahování je možno za trhací kladivo přivádět mazací bentonitovou suspenzi. Výhodami je rychlost pracovního postupu, jednoduchost a nenáročnost. Nevýhodou je velká hlučnost, otřesy a zhutňování zeminy kolem trhaných trub, při němž může dojít až k vytlačování nadloží. [2]

- **Metoda statického trhání potrubí**

Výhodou oproti dynamickému je menší hlučnost a méně otřesů, proto může být vhodnější pro sanaci pod zástavbou. Trhací hlava (expandér) hydraulickým rozpínáním staré potrubí trhá a střepiny jsou roztláčovány do zeminy. Poté se rozpínání trhací hlavy opět stáhne a přemístí o další krok vpřed za současného zatahování nového potrubí. [2]

2.5.2.5 Sanace šachet na stokách

Sanace šachet je prováděna lokálně nebo celkově a rozhodnutí zda je potřeba šachtu kompletně vyměnit nebo zda stačí jen renovace či lokální oprava, záleží na velikosti a typu poruchy. V případě lokální sanace se většinou řeší oprava dna či svislé části šachty, popřípadě utěsnění trhlin nebo pracovních spojů mezi troubou a šachtou. Trhliny či netěsnosti je možno řešit například spárováním při použití tmelů a těsnících hmot nebo podobně jako u trubního vedení cementací či nanášením ochranných nástříků. [1]

3.1.2 Přírodní zajímavosti

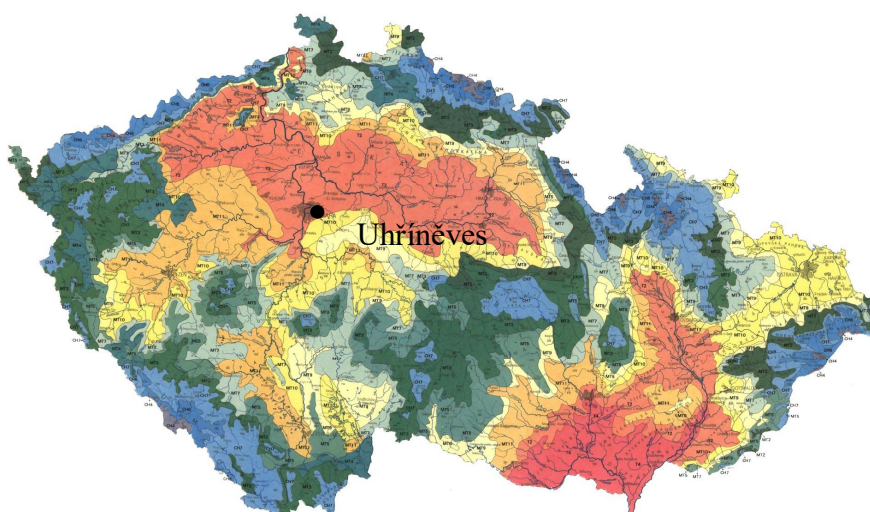
V následujícím textu vás chci seznámit s přírodní lokalitou Uhříněvsi a jejího okolí. Oblast má charakter spíše urbanizované krajiny, ale může se pochlubit řadou přírodních zajímavostí. Například Obora v Uhříněvsi, která byla v roce 1982 vyhlášena zvláště chráněným územím. Je součástí přírodního parku Říčanka. Z leteckých snímků (Obr. 5) je vidět zelený koberec stromů, který příjemně lahodí oku a pro obyvatele Uhříněvsi je jistě tato oblast vítána. V její střední části na rozhraní pole a bývalé černé skládky se Obora může pyšnit nejstarším a nejmohutnějším dubem. V současné době přibližně 20 m vysoký dub letní je starý cca 360 let, obvod kmene je 515 cm měřeným ve výčetní výšce 130 cm nad zemí a je vyhlášen jako památný strom. V Oboře se dnes nachází kromě starých dubů hlavně jasany, javory a habry. Keře též zastoupeny například bezem černým, střemchou, brslenem, svídou, hlohem a lískou. Žije zde nyní 38 druhů ptactva, z nichž řada patří mezi chráněné jako například žluva hajní. V jarním období lze slyšet, sýkorky, strážlíky, pěnice, červenku obecnou, datla obecného a vzácně lze pozorovat zatoulaného ledňáčka říčního nebo slavíka obecného. Počet savců se pohybuje kolem 23, z toho dva druhy patří mezi ohrožené – netopýr vodní a netopýr rezavý. Z historického pohledu stojí za zmínku také židovský hřbitov, jehož nejstarší náhrobky pocházejí z poloviny 18. století, a pozůstatky arboreta založeného v jeho okolí v roce 1921. Pokud se chce člověk dozvědět něco více, lze jít po naučné stezce vedoucí z Dubče do Uhříněvsi, kterou vybudovali dobrovolní pracovníci ochrany přírody. [14]



Obr. 5 Letecký snímek Uhříněvsi a okolí [14]

3.1.3 Klimatické poměry

Řazení klimatických oblastí (Obr. 6) jsem zvolila dle Evžena Quitta, který vychází z klimatologických dat naměřených za určité období. Z nichž byla použita data průměrných teplot, počtu letních, ledových dní a dalších informací, které sloužili k rozdělení do jednotlivých klimatických území. Lokalita Uhřetěves leží v klimatické oblasti T2 tedy patří do oblasti teplé a z tabulky (Tab. 6) můžeme vyčíst její základní charakteristiku. [15]



TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ		
T2	T4	MT2	MT3	MT4	MT5	MT7	MT9	MT10	MT11	CH4	CH6	CH7
oranžová	červená	khaki	tmavě zelená	olivová	zelená	světle zelená	světle žlutá	žlutá	okrová	šedá	modrá	světle modrá

Obr. 6 Mapa klimatických oblastí ČR [15]

Tab. 6 Charakteristika klimatické oblasti T2 [15]

Charakteristika klimatické oblasti T2	
Počet letních dní	50 -60
Počet dní s průměrnou teplotou 10°C a více	160-170
Počet dní s mrazem	100-110
Průměrná lednová teplota	-2 až -3 °C
Průměrná červencová teplota	18 až 19 °C
Průměrný počet dní se srážkami alespoň 1 mm	90 -100
Suma srážek ve vegetačním období	350 - 400 mm
Suma srážek v zimním období	200 - 300 mm
Počet dní se sněhovou pokrývkou	40-50
Počet zatažených dní	120-140
Počet jasných dní	40-50

3.2 Postranní obtok Říčanského potoka

Předmětem studie je laterální obtok na Říčanském potoce vedoucí z vodní nádrže Malá Vodice, na které je navržena protipovodňová ochrana. Z projektové dokumentace protipovodňové ochrany Uhříněves je dané, že na zatrubněnou část obtoku nepoteče více, jak 300 l/s. Obtok Říčanského potoka teče otevřeným korytem do vodní nádrže Nadýmač II (Obr. 8) a dále do Nadýmače I (Obr. 9). Následně teče v otevřeném korytě (Obr. 10), které je neudržované. Přes koryto například vede malá lávka (Obr. 11), která je v nepoužitelném stavu. Vodní tok se stává zatrubněný před nemovitostí, kterou podtéká a znovu se krátce stává viditelným v železobetonovém korytě (Obr. 12), které je zakončeno česlemi. Obtok Říčanského potoka se ztrácí pod místní komunikací a vede pod základy nové stavby (Obr. 13). V těchto místech už rekonstrukce zatrubnění proběhla. Byla součástí novostavby. Po novém úseku tok protéká pod místními garážemi a komunikací, kde můžeme vodní tok vidět uličními vpustěmi (Obr. 14). Z pohledu do UV (Obr. 15) je viditelné, že zatrubněné koryto je velmi málo zapuštěno a vede v bezprostřední blízkosti silnice. Dále tok křížuje hlavní komunikaci, kde je velká frekventovanost projíždějících vozidel. Obtok Říčanského potoka vytéká do volna železobetonového koryta (Obr. 16), jenž je v podstatě tvořen základy budov, které ho lemují a fungují tak jako jeho součást. Je viditelné, že otevřené koryto (Obr. 17) je v nevyhovujícím stavu. Vodní tok teče do Cukrovarského rybníka (Obr. 18), odkud obtok odtéká otevřeným korytem zpět do Říčanského potoka. Pro přehled je na zjednodušené situaci (Obr. 7) vidět odkud kam vede zatrubněná i otevřená část obtoku Říčanského potoka, a v jakém sledu protéká vodními nádržemi.



Obr. 7 Situace [13]



Obr. 8 Nadýmač II



Obr. 9 Nadýmač I



Obr. 10 Otevřené koryto



Obr. 11 Lávka



Obr. 12 Železobetonové koryto



Obr. 13 Pohled z železobetonového žlabu na novostavbu



Obr. 14 Garáže a uliční vpust



Obr. 15 Detail UV



Obr. 16 Vyústění zatrubnění



Obr. 17 Otevřené koryto za zatrubněním



Obr. 18 Cukrovarský rybník

3.3 Popis úseků dle prohlídky TV kamerou

Součástí studie je kamerová prohlídka a zaměření, která byla provedena 25.01.2017 společností Vodohospodářské inženýrské služby, a.s. Kamerová prohlídka byla provedena dle normy ČSN EN 13508. Firma používá technické příslušenství od Zikmund electronics, s.r.o.(Obr. 19). [16]

Zatrubněná část obtoku Říčanského potoka byla pomyslně rozdělena do 9-ti úseků, jak můžeme vidět v tabulce (Tab. 7). Úseky jsou od sebe odděleny vstupními objekty, které umožňují obsluze inspekčních zařízení přístup do zatrubnění (Obr. 20). Objekty jsou myšleny revizní šachty, uliční vpusti a železobetonový žlab. Následně budou jednotlivé úseky popsány podrobněji. Přehled, jak jdou jednotlivé části za sebou, můžeme vidět na situaci (Obr. 21).

Tab. 7 Rozdělení úseků

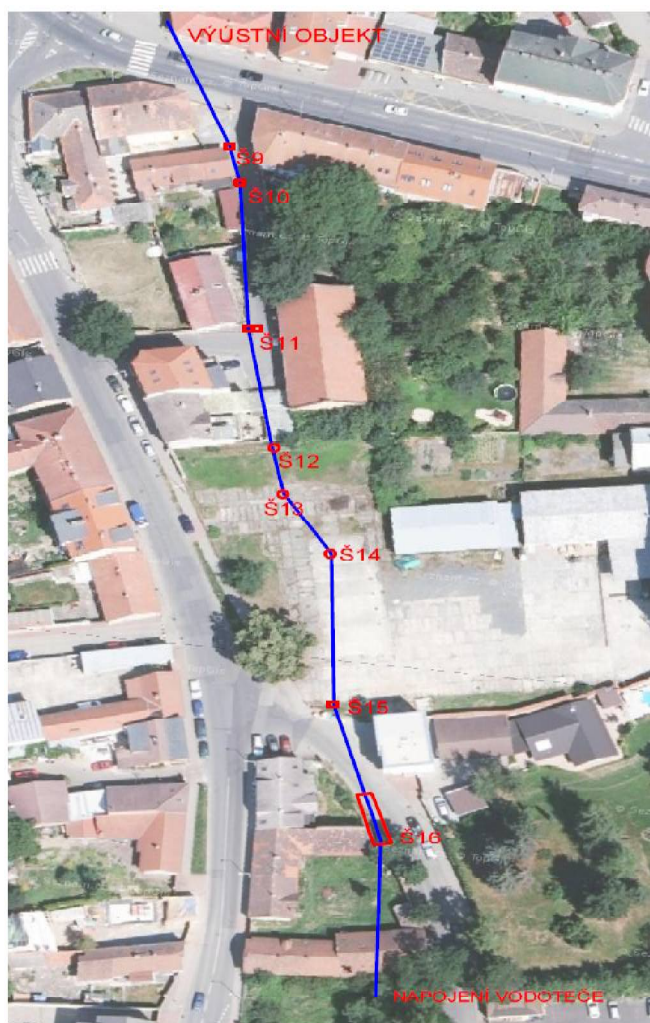
č.	úsek	směr prohlídky	délka úseku (m)	tvar	rozměry
1	napojení – Š16	-	37,10	kruhový, obdélníkový	900, 1600x800
2	Š16 – Š15	proti směru toku	24,90	kruhový	1000
3	Š15 – Š14	ve směru toku	35,50	kruhový	1000
4	Š14 – Š13	ve směru toku	15,90	kruhový	1000
5	Š13 – Š12	ve směru toku	11,80	kruhový	1000
6	Š12 – Š11	proti směru toku	13,10	kruhový, obdélníkový	1000, 2000x1000
7	Š11 – Š10	ve směru toku	33,00	kruhový	1000
8	Š10 – Š9	ve směru toku	10,40	kruhový	1000
9	Š9 - vyústění	ve směru toku	6,33 (31,60)	kruhový	1000



Obr. 19 Revizní robot s kamerou



Obr. 20 Měřicí vozidlo



Obr. 21 Situace rozdělení úseků

3.3.1 Úsek nátoku do zatrubnění – Š16

V této části, která je dlouhá 37, 1 m, nemohla proběhnout kamerová zkouška, protože úsek je z velké části zanesen jemným materiálem. Byla zřízena pouze fotodokumentace. Na vtoku do zatrubnění (Obr. 22) můžeme vidět betonovou skruž. Pracovníky kamerové obsluhy byl změřen průměr skruže DN 900 mm. Při pohledu do nátoku zatrubněné části (Obr. 23) je patrné, že mezi betonovými skružemi jsou značné mezery, z kterých trčí materiál a je vidno, že jimi prorůstají kořínky. To by mohlo pokračovat až k propadům horního terénu a zanesení koryta. Obtok potoka vede pod soukromým pozemkem a vyústíje do železobetonového žlabu (Obr. 24). Uzavřený profil před žlabem má obdélníkový tvar o rozměrech 1600 x 800 mm. Při detailnějším pohledu (Obr. 25), který je proti vodě, je cca ve vzdálenosti 6 m vidět betonová skruž DN 900, která vyústíje do obdélníkového profilu. Ten je tvořen monolitickým stropem a kamennými zdi. Tato část je v degradovaném stavu. Kamenné zdi jsou omlety vodou a chybí jim kusy materiálu. Dno koryta je zaneseno sedimentem, tudíž je těžké odhadnout, jestli je dno zpevněné či ne.



Obr. 22 Nátok do zatrubnění



Obr. 23 Pohled do nátoku



Obr. 24 Výtok do ŽB žlabu



Obr. 25 Pohled z ŽB žlabu proti vodě

3.3.2 Úsek Š16 – Š15

Prohlídka TV kamerou je v tomto úseku prováděna proti směru toku a začíná šachtou Š 15 a končí u vyústění ŽB žlabu, které je osazeno česlemi (Obr. 30). Celá část je tvořena z betonových trub DN 1000, které jsou v relativně dobrém technickém stavu, jak je vidět z kamerové prohlídky (Obr. 26). Úsek je dlouhý 29, 2 m. Vytkla bych jediné degradaci betonu na stropu trub, způsobenou zřejmě nedostatečným krytím potrubí a to tak opakovaně v cyklech zamrzá a rozmrzá. V úseku jsou zaústěné dvě kanalizační přípojky. Jedna je kanalizační přípojka vrtaná z PVC materiálu o rozměrech zřejmě DN 150 (Obr. 27). Přípojka vyčnívá do zatrubněného obtoku a je zřejmé, že při vzduší hladiny dojde k zahlcení přípojky vodou. Přípojka byla utěsněna pravděpodobně montážní pěnou. Druhá kanalizační přípojka je sekaná z plastu o rozměrech cca DN 150 (Obr. 28). Vyústění kanalizační přípojky bylo provedeno nedbale. Je očividné, že dochází k vypadávání materiálu trouby DN 1000 v okolí vyústění do toku. Mohlo by to vést až k vytvoření trhliny a porušení trouby v této části. Dále z vyústění visí igelit, který se táhne až ke dnu. Dno koryta v horním úseku u ŽB žlabu je zaneseno sedimentem větších rozměrů (Obr. 29). Zřejmě se jedná o zdící materiál, který tak tvoří překážku pro plynulé proudění toku.



Obr. 26 Pohled proti vodě směrem k ŽB žlabu



Obr. 27 Vrtaná kanalizační přípojka PVC DN 150



Obr. 28 Sekaná kanalizační přípojka



Obr. 29 Překážka z cihel a dalších zdících prvků



Obr. 30 Železobetonový žlab zakončený česlemi

3.3.3 Úsek Š15 – Š14

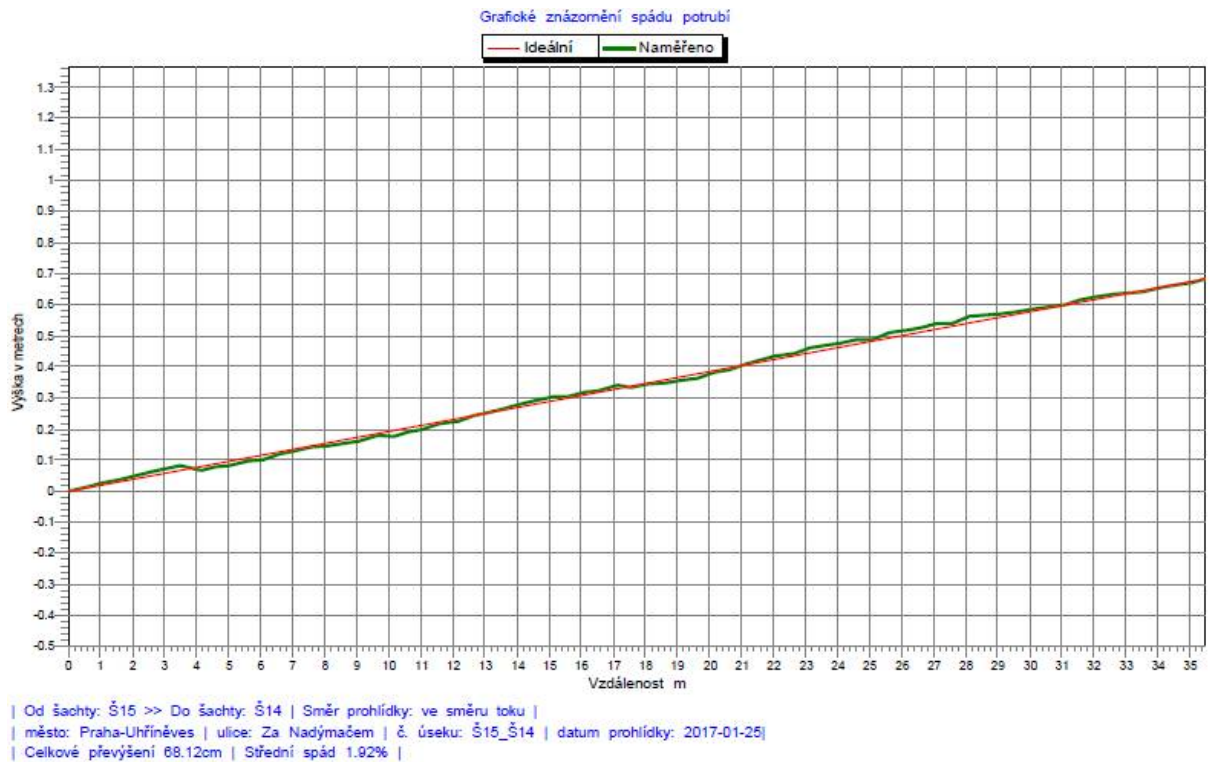
Jedná se o úsek, který je nově rekonstruovaný z důvodu probíhající stavby nad objektem. Zatrubnění (Obr. 31) o rozměru DN 1000, které je mezi šachtou Š15 a Š14 je tedy v dobrém technickém stavu. Úsek je dlouhý 36, 35 m a prohlídka je prováděna ve směru toku. Jedině bych zmínila námrazu na stropu trouby, která je viditelná, protože revize probíhala v zimním období. V této části tedy může docházet k postupné degradaci potrubí rozmrzáním a zamrzáním díky nízkému krytí. V úseku se nachází kanalizační přípojka DN 150 (Obr. 32), která je zaslepena plastovým víčkem a je umístěna v oblasti šachty Š14. Z grafu (Obr. 33) můžeme vyčíst, že je sklon potrubí pravidelný a nejsou zde žádné viditelné propady.



Obr. 31 Pohled po směru toku



Obr. 32 Šachta Š14 a zaslepená kanalizační přípojka



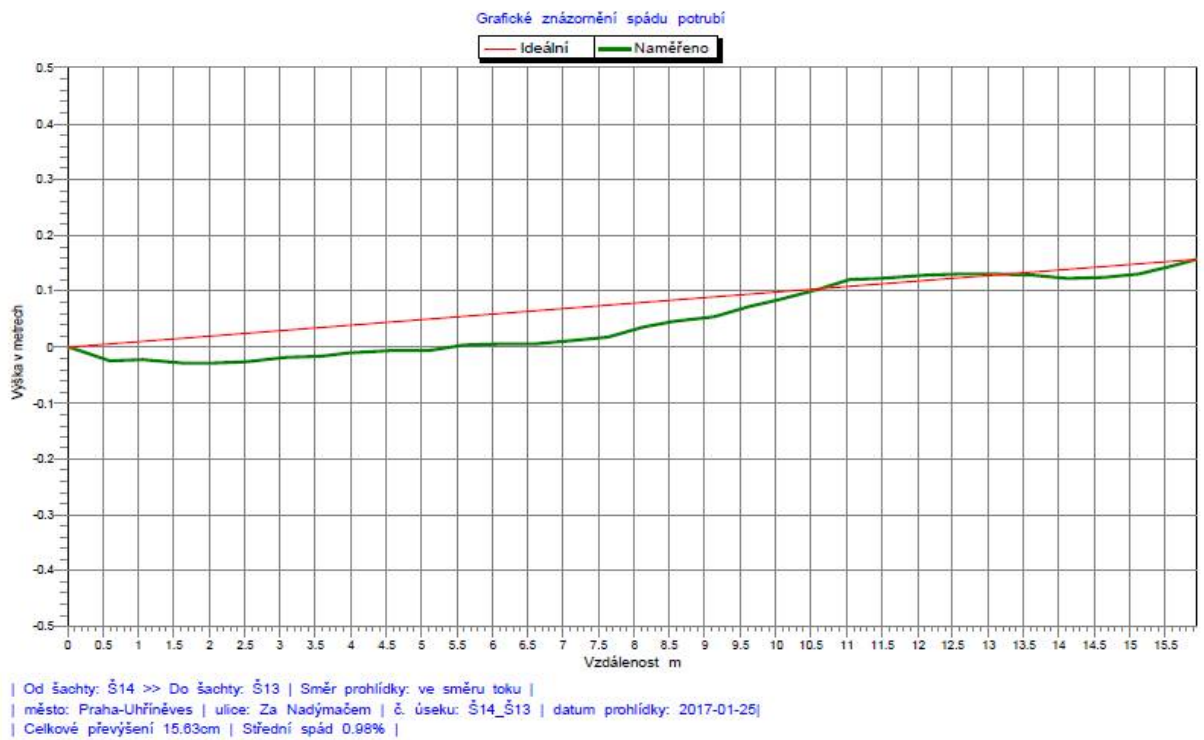
Obr. 33 Graf spádu potrubí

3.3.4 Úsek Š14 – Š13

Jedná se o druhý úsek, který je nově rekonstruovaný z důvodu probíhající stavby nad objektem. Zatrubnění (Obr. 34) o rozměru DN 1000, které je mezi šachtou Š14 a Š13 je tedy v dobrém technickém stavu. Úsek je dlouhý 16,38 m a prohlídka je prováděna ve směru toku. Znovu bych zmínila námrazu na stropu trouby. V této části tedy může docházet k postupné degradaci potrubí rozmrzáním a zamrzáním díky nízkému krytí. V úseku se nenachází ani jedna kanalizační přípojka. V oblasti Š13 byly zanechány pytle s pískem, které při obvyklém průtoku nejsou překážkou, ale při zvýšení hladiny by mohli omezit rovnoměrné proudění. Z grafu (Obr. 35) můžeme vyčíst, že je zde menší propad podélného sklonu potrubí oproti ideálnímu zhruba o 5 cm.



Obr. 34 Pohled po směru toku na Š13



Obr. 35 Graf spádu potrubí

3.3.5 Úsek Š13 – Š12

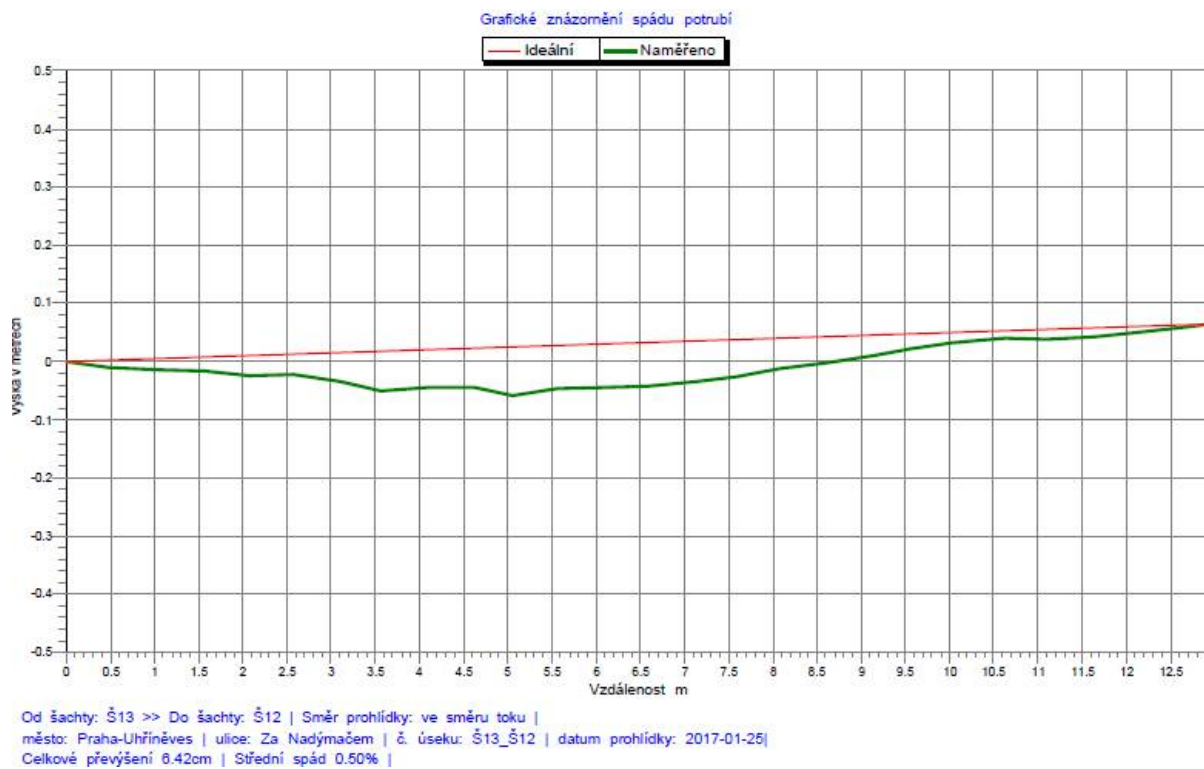
Jedná se o poslední úsek, který je nově rekonstruovaný z důvodu probíhající stavby nad objektem. Zatrubnění o rozměru DN 1000, které je mezi šachtou Š13 a Š12 je tedy v dobrém technickém stavu. Úsek je dlouhý 10,8 m a prohlídka je prováděna ve směru toku. Znovu bych zmínila námrazu na stropu trouby. V této části tedy může docházet k postupné degradaci potrubí rozmrzáním a zamrzáním díky nízkému krytí. V úseku se nachází jedna kanalizační přípojka (Obr. 36) pravděpodobně DN 150, která je umístěna v oblasti šachty Š12. Za revizní šachtou (Obr. 37) je patrný přechod rekonstruované kruhové části do stávajícího úseku, který je obdélníkový. Z grafu (Obr. 35) můžeme vyčíst, že je zde menší propad podélného sklonu potrubí oproti ideálnímu zhruba o 6 cm. Mohlo by to být způsobeno právě navázáním z rekonstruované části na stávající.



Obr. 36 Kanalizační přípojka DN 150



Obr. 37 Přejít rekonstruované kruhové části na stávající obdélníkovou



Obr. 38 Graf spádu potrubí

3.3.6 Úsek Š12 – Š11

Kamerová revize v tomto úseku probíhá proti směru vody, tudíž začíná uliční vpustí Š11 a měla by končit revizní šachtou Š12, ale po 13,1 m byla prohlídka přerušena z důvodu velkého nánosu sedimentu na dně a robot, tak nebyl schopný pokračovat ve své jízdě. Celkový úsek je dlouhý 28,75 m. Od UV je profil (Obr. 39) tvořený betonovými skružemi o rozměru DN 1000. Betonové skruže jsou od sebe výškově odskákané, objekt je netěsný a dochází k průsakům vody. Ve staničení 7,6 m se nachází stupeň ve dně z naplaveného materiálu a následně za ním je kanalizační přípojka sekaná (Obr. 40), která se nachází v levé části u dna betonové skruže ve směru toku. Druhá kanalizační přípojka (Obr. 41) je vrtaná a nachází se hned v oblasti nad kanalizační přípojkou jedna. Jedná se o ocelové potrubí, které je značně zkorodované. Ve staničení 12,4 m přechází kruhový profil na obdélníkový o rozměrech cca 2000 x 1000 mm. O moc dále se kamera nedostala z již zmiňovaných důvodů. Při pohledu proti vodě můžeme vidět další 3 kanalizační přípojky (Obr. 42) a to, že povrch obdélníkového profilu je ve špatném technickém stavu. Při bližším pohledu (Obr. 43) je vidět neidentifikovatelný objekt na dně. Přesný počet kanalizačních přípojek není známý, protože kamerová revize nebyla uskutečněná v celé délce daného úseku. Z grafu (Obr. 44) je patrný propad dna zhruba o 17 cm oproti ideálnímu spádu cca 2m před uliční vpustí Š11.



Obr. 39 Stupeň na dně



Obr. 40 Kanalizační přípojka 1



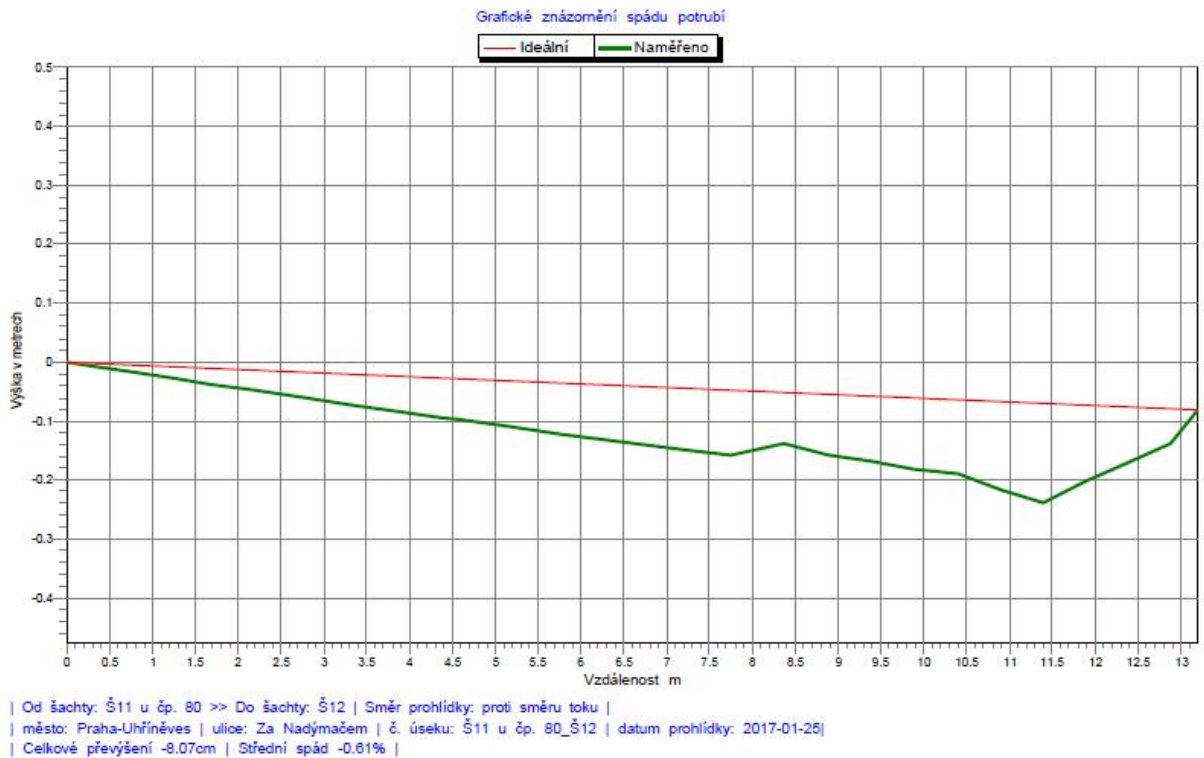
Obr. 41 Kanalizační přípojka 2



Obr. 42 Kanalizační přípojky 3, 4 a 5



Obr. 43 Obdélníkový profil + neidentifikovatelný objekt na dně



Obr. 44 Graf podélného spádu potrubí

3.3.7 Úsek Š11 – Š10

Další úsek se celý skládá z betonových kruhových skruží DN 1000. Prohlídka je prováděna po směru proudění vody a oblast je dlouhá 34,66 m. Skruže jsou opět od sebe viditelně odskákané a v některých místech mezer dokonce vyčuhuje těsnící materiál. V horní oblasti (Obr. 45) je vyšší sklon potrubí, tudíž jsou zde vyšší rychlosti proudění. Ve staničení 17,09 m vyúsťuje kanalizační přípojka (Obr. 48), která je ve zchátralém stavu, a tak rozrušuje materiál v jejím okolí a degraduje spáru mezi betonovými skružemi. Pod ní se nachází překážka na dně (Obr. 47) zřejmě se jedná o kámen. Některé skruže jsou ve velmi špatném stavu (Obr. 46, Obr. 49, Obr. 50). Na obrázcích můžeme například vidět chybějící materiál potrubí, povrchové praskliny, které vedou uprostřed po délce skruže, nebo je dokonce vidět vnitřní výztuž skruže, která je zkorodovaná. Úsek končí uliční vpustí Š10 (Obr. 51), která má obdélníkový profil. V dolní části je rychlost průtoku téměř nulová díky malému sklonu, jak můžeme vidět z grafu (Obr. 52).



Obr. 45 Začátek úseku



Obr. 46 Chybějící materiál skruže



Obr. 47 Kanalizační přípojka a sediment na dně



Obr. 48 Detail kanalizační přípojky



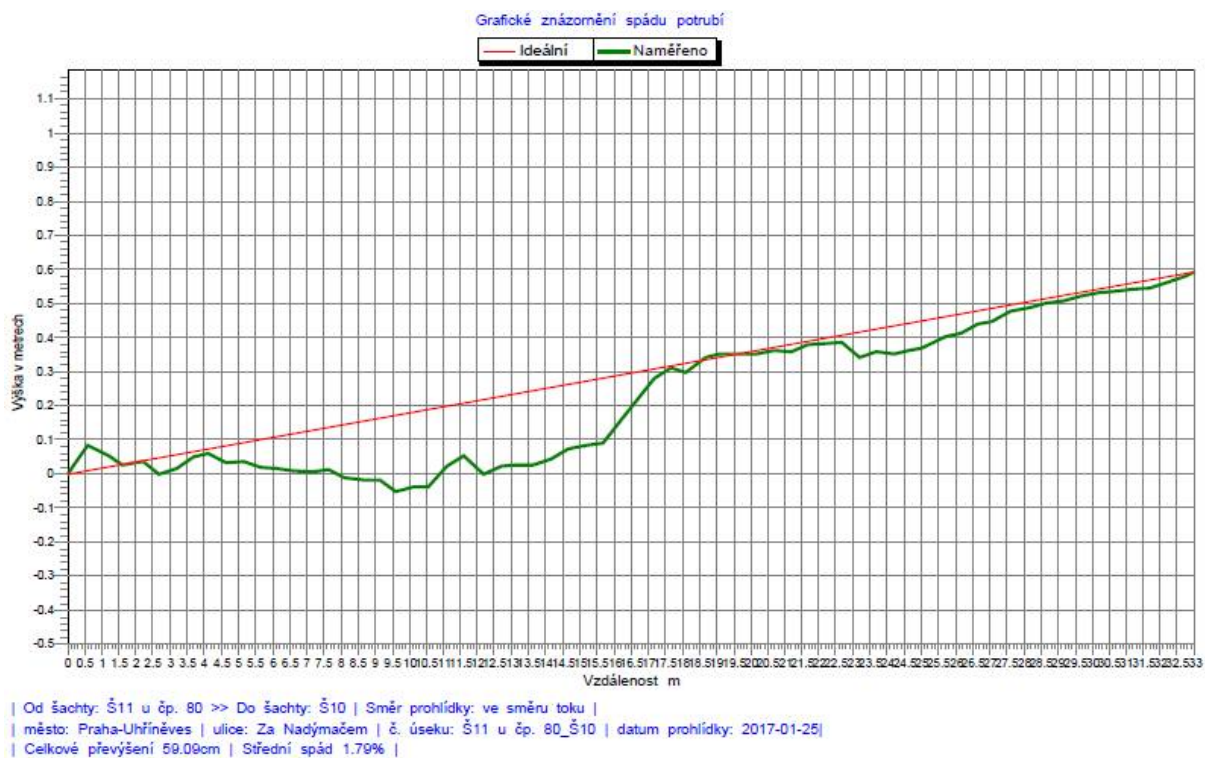
Obr. 49 Povrchová prasklina skruže



Obr. 50 Viditelná vnitřní výztuž a prasklina kruhové skruže



Obr. 51 Pohled na uliční vpust šachty Š10



Obr. 52 Graf podélného spádu potrubí

3.3.8 Úsek Š10 – Š9

Tato část je složena z betonových kruhových skruží DN 1000. Prohlídka je prováděna po směru proudění vody a oblast je dlouhá 9,36 m. Úsek vede uliční vpustí Š10 (Obr. 53), kde při detailním pohledu můžeme vidět mříž, z jejíž hrany visí kus materiálu, jako další bych vytkla netěsnost stropu a stěn uliční vpusti Š10 (Obr. 54). Jsou zde viditelné průsaky vody, které napomáhají ke zvětšení trhliny. V tomto místě je zaústěna kanalizační přípojka 1. Dále po směru proudění jsou pozorovatelné další 3 kanalizační přípojky (Obr. 55), kde při detailním pohledu (Obr. 56, Obr. 57) je vidět nedbalé vyvrtání a utěsnění přípojek. Kolem přípojek je materiál značně degradovaný a chybí kusy materiálu z potrubí DN 1000. Přípojka na pravé straně ve směru proudění je zaústěna velmi nevhodně. Trčí skoro do 1/3 zatrubnění a tvoří tak zbytečnou překážku proudící vodě. Další kanalizační přípojka (Obr. 58) v tomto úseku je ve staničení 8,75 m tedy těsně před uliční vpustí Š9. Materiál kolem přípojky je též značně degradovaný jako u předchozích přípojek. Dostáváme se k uliční vpusti Š9, kdy při pohledu na mříže (Obr. 59) vidíme povrchovou trhlinu, která se táhne po celé délce stropu a stejně jako u šachty předtím jsou strop a stěny šachty Š9 netěsné (Obr. 60) a prosakuje zde voda, která znehodnocuje stěny. Poslední kanalizační přípojka je přímo v šachtě Š9. Je zaústěna těsně pod stropem, kde opět vidíme narušení okolního materiálu stěny zejména pod přípojkou. Podélný sklon potrubí je skoro shodný s ideálním až na konci je menší převýšení cca 5cm, které bych řekla, je až zanedbatelné.



Obr. 53 Pohled na mříž uliční vpusti Š10



Obr. 54 Kanalizační přípojka 1 a netěsnost stropu a stěnou šachty Š10



Obr. 55 Kanalizační přípojky 2,3 a 4



Obr. 56 Detail kanalizační přípojky 2 a 3



Obr. 57 Detail kanalizační přípojky 4



Obr. 58 Detail kanalizační přípojky 5



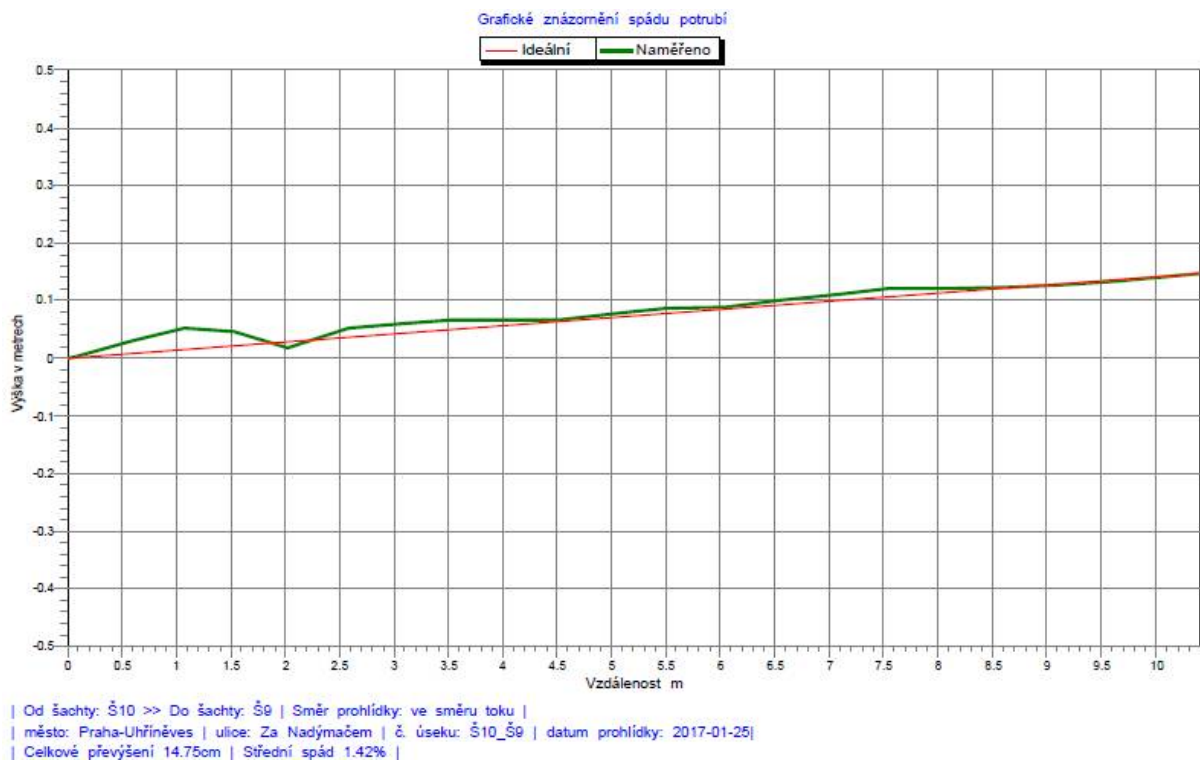
Obr. 59 Pohled na mříž uličná vpusti Š9



Obr. 60 Netěsnost mezi stropem a stěnou šachty



Obr. 61 Kanalizační přípojka 6



Obr. 62 Graf podélného sklonu potrubí

3.3.9 Úsek Š9 – vyústění zatrubněného toku

Tento poslední úsek je složený z betonových kruhových skruží DN 1000. Prohlídka je prováděna po směru proudění vody a oblast je dlouhá 31, 58 m. Bohužel prohlídka byla uskutečněna pouze do vzdálenosti 6, 33 m z důvodu vysoké hladiny vody, ale kamera se dostala pod hladinu vody již v počátku úseku, předtím bylo možné ještě vidět pohled na zatrubnění ve směru toku (Obr. 63), kde je patrná skoro až stojatá hladina vody, skruže v celkem dobrém stavu až na větší mezery mezi jednotlivými částmi a zřejmě jedna kanalizační přípojka, která je utěsněna montážní pěnou. Přesný počet přípojek ani stav potrubí v pokračování není znám. Dále byly pořízeny alespoň fotografie. Pohled do výtokového objektu (Obr. 64), kde je vidět směrový zlom potrubí a samotný výtok (Obr. 65), který je velmi zanesen jemným materiálem a proudění vody je takřka nulové. Důvod stojaté vody můžeme vyzpozorovat z grafu (Obr. 66), kde není téměř žádný spád potrubí, tudíž je zde nízká rychlost proudění a je tak vyšší pravděpodobnost, že zde bude větší množství sedimentu.



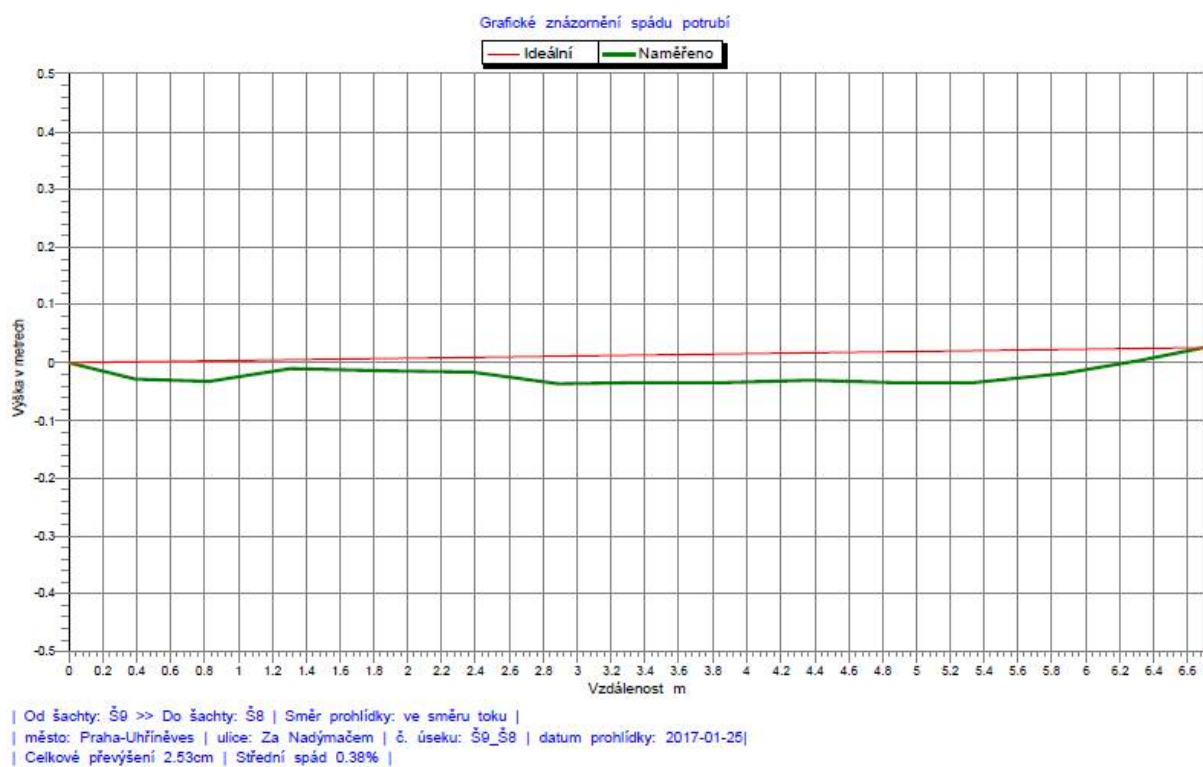
Obr. 63 Začátek úseku ve směru toku a kanalizační přípojka



Obr. 64 Pohled do výtokového objektu



Obr. 65 Konec zatrubnění



Obr. 66 Graf podélného sklonu potrubí

4 Hydraulický výpočet kapacity zatrubněné části toku

4.1 Stanovení odtokového množství dešťové vody

Z projektové dokumentace protipovodňové ochrany Uhříněves je dané, že na zatrubněnou část obtoku nepoteče více jak 300 l/s. To ovšem nelze brát jako jediný přítok, který do laterálního potoku Říčanka teče zejména při povodňové události. Je tedy nutné stanovit odtokové množství dešťové vody, které přitéká ze zájmového území. Plochy odvodňované oblasti jsou znázorněny ve výkresu situace. Přesné oblasti, které odvodňují kanalizační přípojky, nejsou nyní známy, plochy jsou odvozeny. Zvolila jsem území, které nejvíce přiléhá k samotnému toku, a pomyslnou hranici tvoří komunikace, pod kterými vede dešťová kanalizace. Vynechala jsem oblast, která je rekonstruovaná, protože zde není zaústěna žádná otevřená kanalizační přípojka.

Kapacitní průtok potrubí bude muset být vyšší, než je celkové odtokové množství a maximální přítok laterálního obtoku Říčanka. Celkové odtokové množství je pro zjednodušení zařazeno už na začátek trubního vedení. Potrubí tím bude lehce naddimenzované.

Vstupní údaje:

Doba trvání deště:	15 (min)
Periodicita deště:	0,5 (-)
Intenzita deště:	0,02 (l/s/m ²)
Ψ budovy:	0,8 (-)
Ψ asfaltová plocha:	0,8 (-)
Ψ zatravněná plocha:	0,1 (-)
A budovy:	3 944 (m ²)
A asfaltová plocha:	1 448 (m ²)
A zatravněná plocha:	4 851 (m ²)

Výpočet:

$$Q = A \cdot \psi \cdot i \quad (9)$$

$$Q = 96 \text{ (l/s)}$$

$$Q = 300 \text{ (l/s)}$$

$$\Sigma Q_{\max} = 396 \text{ (l/s)}$$

4.2 Zjednodušený hydraulický výpočet kapacity

Jedná se o zjednodušený výpočet kapacity „Q_{kap}“ (Tab. 9) jednotlivých úseků ve stávajícím stavu. Zjednodušený proto, že jsou zde zanedbané některé faktory, které proudění vody v zájmovém úseku ovlivňují. Výpočet je založený na tom, že proudění v jednotlivých úsecích je rovnoměrné a vede mezi dvěma velkými nádržemi, které jsou otevřené. Tlaková i rychlostí výška jsou proto konstantní. V reálném případě by se jednalo o proudění nerovnoměrné a rychlost by nebyla konstantní. Dále by mohlo proudění ovlivnit zpětné vzdutí a změna směru jednotlivých úseků. Výpočet je sice zjednodušený, ale myslím, že pro danou problematiku postačující. Podrobnější výpočet bude následně uveden v hydraulickém modelu pomocí programu PCSWMM. Podle ručního výpočtu nevyšla kapacita pro 1., 5. a 9. úsek, a to zejména z důvodu nízkého sklonu a zmenšení profilu díky sedimentu na dně. Lze vyvodit, že pokud se zahltí nátok do potrubí v 1. úseku, větší průtok dále nepoteče. Stávající stav je nevyhovující.

Vstupní údaje:

$$\alpha = 1 \text{ (-)}$$

$$T = 12 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$v = 1,24 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

Výpočet:

Tab. 8 Výpočet součinitele místní ztráty

úsek	ζ_{vtok}	$\zeta_{\text{rozšíření}}$	$\zeta_{\text{změna směru}}$	$\zeta_{\text{výtok}}$	BBE A	BBE C	BAG	BAJ	$\Sigma \zeta$	BBC (změna DN)
1	0.5	3.513		1					5.01	0.63
2	0.5			1	0.15		0.14		1.78	0.85
3	0.5			1					1.5	
4	0.5			1					1.5	
5	0.5			1					1.5	
6a	0.5			1		0.12	0.05		1.67	
6b	0.5			1	0.04		0.07	1.67	3.28	
7	0.5			1			0.05	0.80	2.35	
8	0.5			1			0.10		1.60	
9	0.5		0.062	1			0.05		1.61	0.70

Tab. 9 Výpočet průtočné kapacity stávajícího vedení

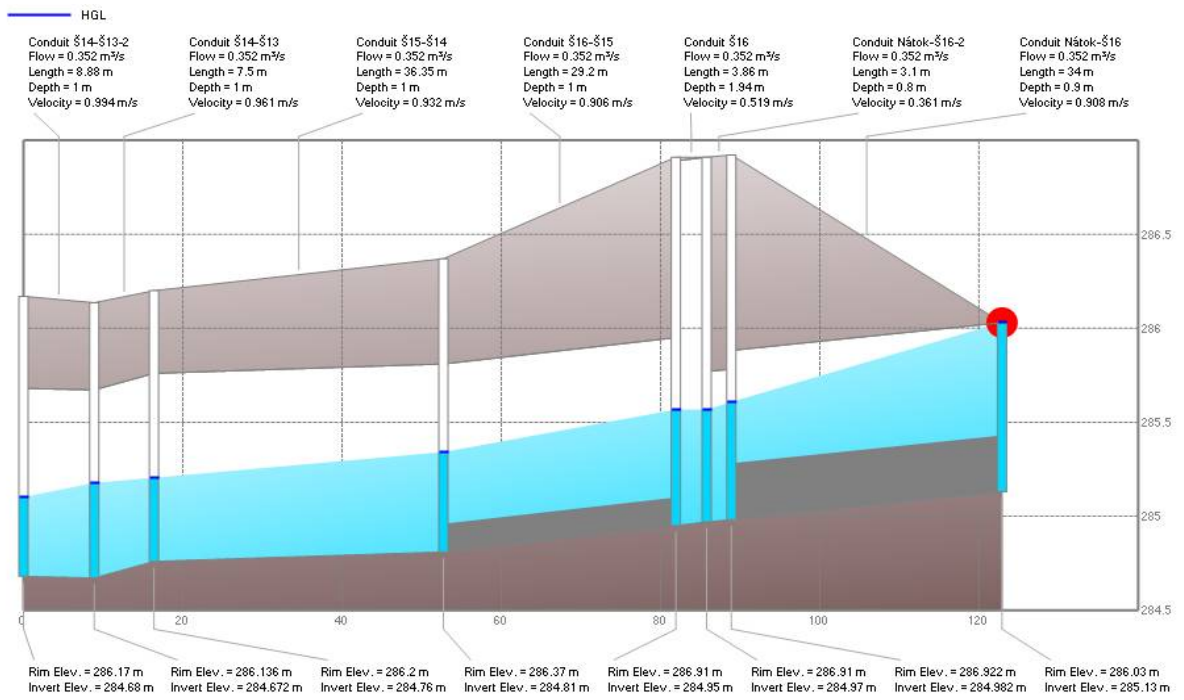
úsek	h_1	h_2	Δ	$D_{původní}$	$D_{nové}$	Δ/D	λ	L	S	$\Sigma\zeta$	Q	v	$\log Re$	$\lambda_{nové}$	Q_{kap}
(-)	(m n.m.)	(m n.m.)	(m)	(m)	(m)	(-)	(-)	(m)	(m ²)	(-)	(m ³ /s)	(m/s)	(-)	(-)	(m ³ /s)
1	285.13	284.97	0.003	0.9	0.63	0.0048	0.028	37.1	0.31	5.013	0.214	0.7	5.5	0.028	0.214
2	284.95	284.81	0.003	1	0.85	0.0035	0.027	29.2	0.57	1.782	0.571	1.0	5.8	0.027	0.571
3	284.81	284.76	0.0003	1	1	0.0003	0.015	36.35	0.79	1.500	0.544	0.7	5.7	0.015	0.544
4	284.76	284.68	0.0003	1	1	0.0003	0.015	16.38	0.79	1.500	0.745	0.9	5.9	0.015	0.745
5	284.68	284.67	0.0003	1	1	0.0003	0.015	10.8	0.79	1.500	0.270	0.3	5.4	0.015	0.270
6a	284.67	284.42	0.003	2	2	0.0015	0.022	16.35	2.00	1.669	3.257	1.6	6.4	0.022	3.257
6b	284.42	284.35	0.003	1	1	0.0030	0.026	12.4	0.79	3.285	0.485	0.6	5.7	0.026	0.485
7	284.35	283.97	0.003	1	1	0.0030	0.026	34.66	0.79	2.351	1.189	1.5	6.1	0.026	1.189
8	283.97	283.87	0.002	1	1	0.0020	0.024	9.36	0.79	1.600	0.814	1.0	5.9	0.024	0.814
9	283.87	283.78	0.002	1	0.7	0.0029	0.024	31.58	0.38	1.615	0.311	0.8	5.7	0.024	0.311

4.3 Hydraulický výpočet v programu PCSWMM

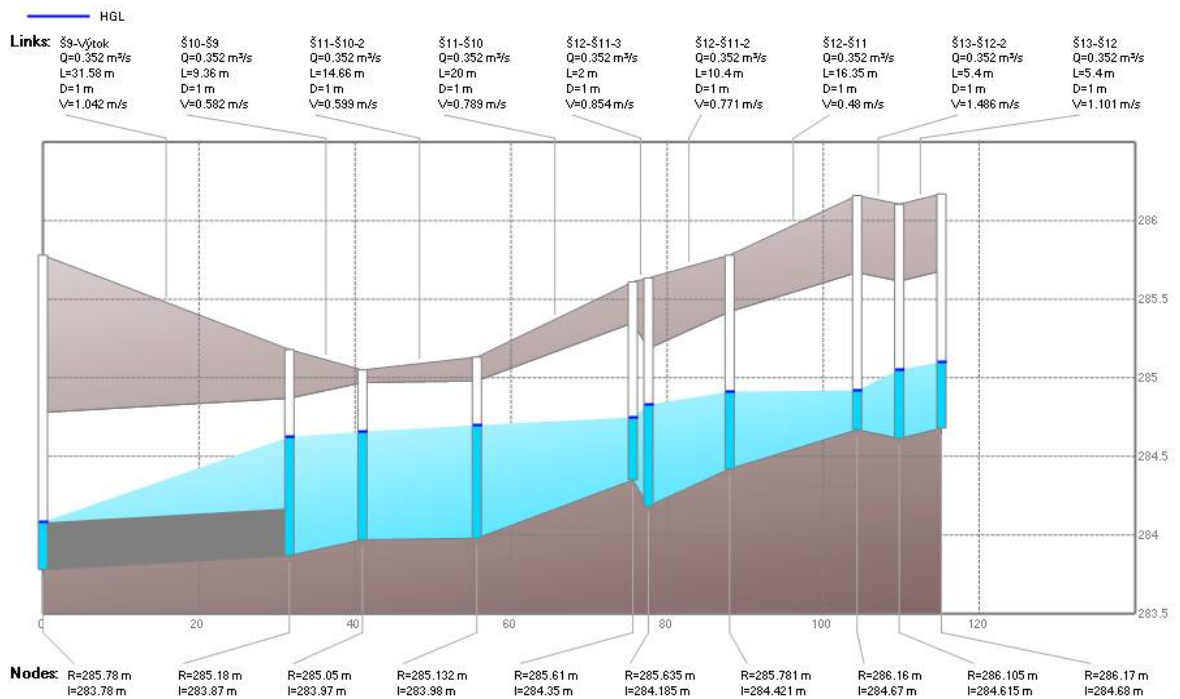
Pomocí programu PCSWMM jsem nasimulovala situaci podzemního vedení před vyčištěním (Obr. 67, Obr. 68) a po něm (Obr. 69, Obr. 70). Z grafů je možné vidět, že kapacita při stávajícím stavu je nevyhovující, ale po vyčištění se nátok do obtoku nezahltí a koryto je kapacitní po celé délce zatrubnění i při stávajícím stavu, a proto není nutné při návrhu rekonstrukce uvažovat o zvětšení daného profilu. Dokonce v některých úsecích by mohlo být použito potrubí menších rozměrů a kapacita by byla stále vyhovující, nemluvně o lepších hydraulických vlastnostech nového potrubí oproti starému.

Z hlediska kapacity by bylo postačující pouhé vyčištění koryta, ale dalším faktorem je stávající stav potrubí, který je v některých úsecích nevyhovující, a proto je nutné provést určité sanace.

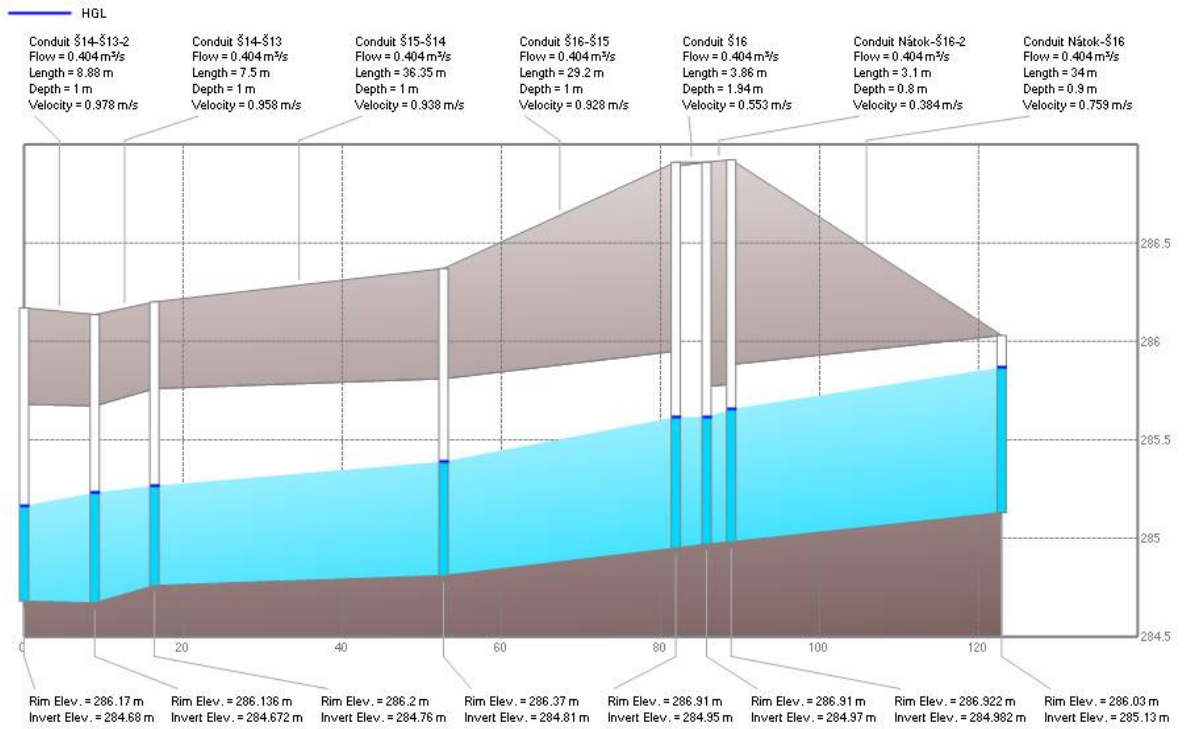
Při pohledu na model jsem dospěla k závěru, že se budu při návrhu rekonstrukce snažit o varianty řešení, kdy se průtočný profil změní minimálně a tím bude vedení lehce naddimenzováno a zároveň bude ponechán stávající ráz území, který je myslím na dané podmínky optimální.



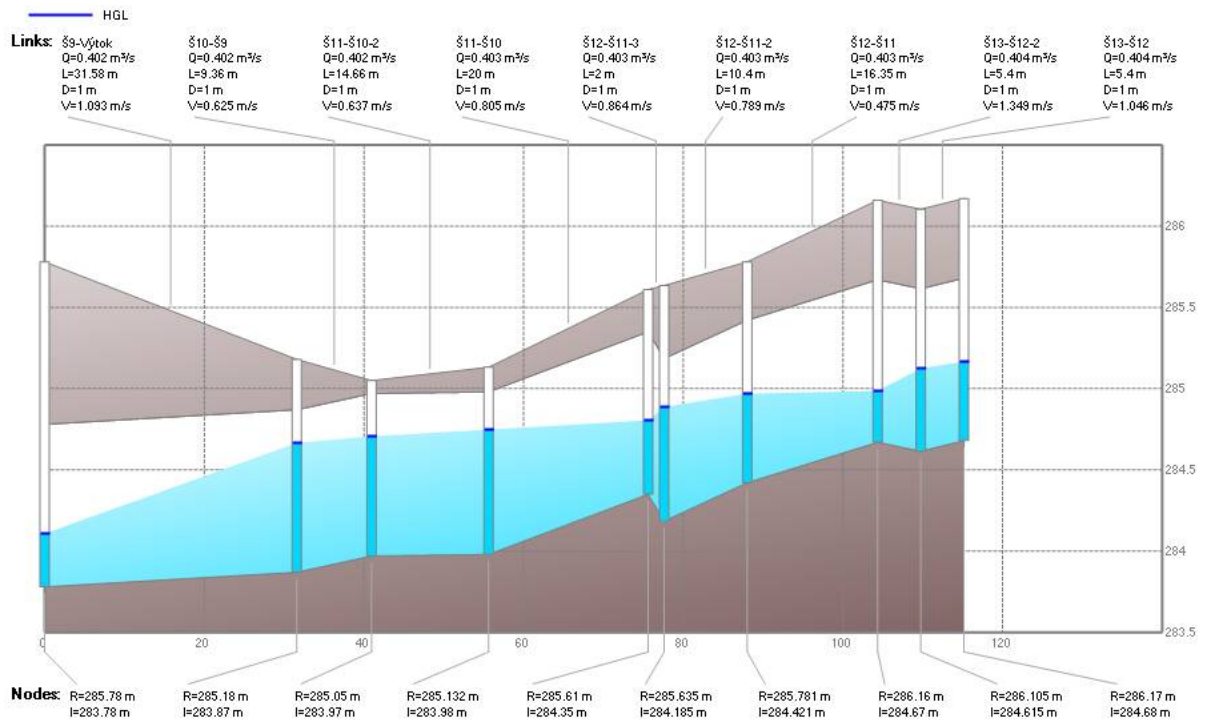
Obr. 67 Graf stávajícího podélného profilu – část 1



Obr. 68 Graf stávajícího podélného profilu – část 2



Obr. 69 Graf stávajícího podélného profilu po vyčištění část 1



Obr. 70 Graf stávajícího podélného profilu po vyčištění část 2

5 Návrhy rekonstrukce po jednotlivých úsecích a odhad investičních nákladů

Před započítáním jednotlivých rekonstrukcí je nutno uvést, že práce musí probíhat za nulového průtoku. Je nezbytné provedení omezení, aby v době oprav neprotékala daným úsekem žádná voda. Navrhují provádět opravy v době, kdy jsou průtoky vodního toku Říčanka nejnižší a vodu o rekonstrukcích převádět hlavním tokem Říčanka a vtok do obtoku uzavřít. Dále by se měla zatrubněná oblast dostatečně vyčistit od sedimentu vysokotlakým čištěním vodou a prorůstající kořínky, či kanalizační přípojky zasahující do potrubí ořezat pomocí kanalizačního robota.

V této kapitole jsou zvoleny metody sanace, které mi přišli pro daný úsek nejvhodnější. Podrobný popis variant je popsán v literární rešerši a tímto se na ní odkazují. Pokud by byla oprava specifitější, než základní druhy bude vyobrazena podrobněji zde.

5.1 Úsek nátoku do zatrubnění – Š16

V tomto úseku neproběhla kamerová prohlídka z důvodu velkého nánosu sedimentů. Úsek by se tedy měl vyčistit a mělo by dojít k nové kamerové revizi, jelikož samotná prohlídka má zásadní vliv na návrh rekonstrukce. Dle vizuální prohlídky pracovníků, kteří provedli fotodokumentaci, prozatím navrhují řešený úsek dlouhý 31 m sanovat výstelkovou hadicí – rukávem, který bude vytvrzen pomocí UV záření. Tloušťka rukávce bude 20 mm.

Následuje oprava obdélníkového profilu, který je dlouhý cca 6 m, je velmi neoptimální oproti ostatním a více méně se vymyká okolním úsekům. Mým návrhem je vyspravení profilu zednickým způsobem. Z obrázku (Obr. 25) není patrné, jakého je dno podkladu. Předpokládám, že dno je nezpevněné a bude vytěženo do hloubky 400 mm. Dno bude vyštěrkováno kamenným polštářem tl. 150 mm a následně bude vybetonované tl 100 mm, na které bude osazena betonářská výztuž, která bude specifická tvarem U. Výztuž tak bude kopírovat dno a stěny obdélníkového profilu. Po vybetonování dna tl. 150 mm se umístí bednění podél stěn sahající až ke stropu a beton bude pomocí trysky vháněn do prostoru mezi bedněním a stěnou. Železobetonová stěna bude silná 150 mm. Tímto vznikne monolitický železobetonový U profil, který bude dostatečně odolný vůči okolnímu proudění vody. Monolitický strop působí v obstojném stavu. Doporučuji pouze vystěrkovat cementovou vodotěsnou maltou.

Dále pokračuje železobetonový žlab, který je v dobrém stavu. Tudíž lze nechat bez úprav popřípadě vystěrkovat cementovou vodotěsnou směsí, která zlepší hydraulické vlastnosti povrchu. Eventuálně bych zvýšila odolnost kynety žlabu obložením kamennou dlažbou.

5.2 Úsek Š16 – Š15

Úsek za železobetonovým žlabem dlouhý 29,2 m je v dobrém technickém stavu. Jediné co bych doporučila, je nános ochranného povlaku cementové vodotěsné směsi, která slouží jako ochrana betonových trub a zároveň zvýší jejich odolnost. Následně oříznout přečnívající přípojku a oblast kolem náležitě upravit a utěsnit například pomocí kanálobota popřípadě zednickým vyspravením. Stejně tak u druhé přípojky, kde se odstraní visící igelit a místo se upraví, aby kanalizační přípojka řádně navazovala na hlavní vedení.

5.3 Úseky Š15 – Š12

Úseky mezi šachtou Š15 a Š12 jsou nové a není potřeba je sanovat. Jediné co bych v této oblasti považovala za vhodné je odstranění pytlů s pískem ze šachty Š13.

5.4 Úseky Š12-Š9

Tuto oblast bych rozdělila na dvě části vzhledem k tvarům profilu. První úsek je obdélníkového profilu vedoucí od Š12 a je dlouhý cca 16,35 m. Navrhuji stávající obdélníkový profil ponechat a provést opravu vnitřního povrchu ruční cementací, kdy tloušťka nanášené cementové malty bude 10 mm.

Následuje kruhové potrubí DN 1000, které ústí do tří šachet Š11, Š10 a Š9. Potrubí vede pod silnicí, která není frekventovaná a slouží hlavně k přístupu do okolních domů. Lze zde provést za pomoci otevřeného výkopu kompletní výměnu potrubí a šachet za nové. Potrubí povede ve stávající trase a budou použity betonové skruže DN 1000. Šachty budou monolitické a vrch bude osazen vtokovými mřížemi.

V této části přidávám ještě bezvýkopovou alternativu, která mi přijde též vhodná a to vyspravení stávajícího potrubí zatažením dočasně zdeformovaných trub metodou Subline. Tloušťka stěny bude 20 mm a otvory pro kanalizační přípojky budou vyřezány kanalizačním robotem a oblast kolem náležitě upravena a utěsněna. Šachty budou opraveny ručně cementací a tloušťka cementové malty bude 10 mm. Nelze opomenout

netěsnosti mezi stropem a stěnou šachty, kdy prostor je nutné důkladně vyspárovat a utěsnit, stejně tak kolem kanalizačních přípojek.

5.5 Úsek Š9 – vyústění zatrubněného toku

V tomto úseku neproběhla kamerová prohlídka. Úsek by se měl vyčistit a mělo by dojít k nové kamerové revizi, jelikož samotná prohlídka má zásadní vliv na návrh rekonstrukce. Dle započaté kamerové prohlídky a vizuální prohlídky pracovníků, kteří provedli fotodokumentaci, prozatím navrhuji řešený úsek dlouhý 31,6 m sanovat bezvýkopově výstelkovou hadicí – rukávce, který bude vytvrzen pomocí UV záření. Tloušťka rukávce bude 20 mm a otvory pro kanalizační přípojky budou vyřezány kanalizačním robotem a oblast kolem náležitě upravena a utěsněna.

5.6 Odhad investičních nákladů

Tato kapitola je zahrnuta okrajově, složí pouze pro utvoření si jisté představy, kolik by mohla rekonstrukce přibližně stát. Stavební náklady byly stanoveny orientačně na základě známých nákladů, které jsem převzala z vodohospodářské firmy Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. V odhadu není zahrnuto zpracování dalších stupňů projektové dokumentace, inženýrská činnost a další. Cenu tak jistě nelze uvažovat za finální spíše za jakýsi odhad možné ceny, která bude pravděpodobně jinak vyšší, protože zde jsou některé parametry zanedbány.

Tab. 10 Investiční náklady

Úsek	Úkon	Jednotková cena	Investiční náklady
1-9	Pročištění potrubí 238 m	300 Kč/bm	71 400 Kč
1, 9	Kamerová prohlídka v rozsahu 37+32 m		15 000 Kč
1	Rukávec v úseku Š9-výtoku – cca 31 m	25 400 Kč/bm	787 400 Kč
	Zednické práce obdélníkového profilu – cca 30 m ²	12 000 Kč/m ²	360 000 Kč
	Obložení kamennou dlažbou – ŽB žlab – cca 15 m ²	3 000 Kč/m ²	75 000 Kč
6a	Vystěrkování v tl. 10 mm – obdélníkový profil	2 400 Kč/m ²	40 000 Kč
6b-8	Otevřený výkop cca 57 m	34 500 Kč/bm	1 966 232 Kč
9	Rukávec v úseku Š9-výtoku – cca 32 m	25 400 Kč/bm	812 800 Kč
Investiční náklady bez DPH			4 127 832 Kč

6 Závěr

Předmětem studie je zatrubněná část laterálního obtoku Říčanského potoka, který protéká městskou částí Praha 22 – Uhřetěves. Na základě kamerové inspekce a výsledků hydraulického výpočtu jsem navrhla nejvhodnější rekonstrukci pro jednotlivé úseky.

Hydraulický výpočet spočíval ve výpočtu maximálního přítokového množství, které bude na zatrubněnou část toku působit. To se skládá z největšího možného přítoku 300 l/s a z odtokového množství dešťové vody necelých 100 l/s. Celkové odtokové množství je pro zjednodušení zařazeno už na začátek podzemního vedení. Potrubí tím bude lehce naddimenzované. Kapacitní průtok potrubí bude muset být vyšší, než je 400 l/s.

Jako první jsem počítala zjednodušený výpočet kapacity jednotlivých úseků ve stávajícím stavu. Zjednodušený proto, že jsou zde zanedbané některé faktory, které proudění vody v zájmovém úseku ovlivňují. Výpočet je založený na tom, že proudění v jednotlivých úsecích je rovnoměrné a vede mezi dvěma velkými nádržemi, které jsou otevřené. Tlaková i rychlostí výška jsou proto konstantní. V reálném případě by se jednalo o proudění nerovnoměrné a rychlost by nebyla konstantní. Dále by mohlo proudění ovlivnit zpětné vzdutí a změna směru jednotlivých úseků. Podle ručního výpočtu nevyšla kapacita pro 1., 5. a 9. úsek, a to zejména z důvodu nízkého sklonu a zmenšení profilu díky sedimentu na dně. Lze vyvodit, že pokud se zahltí nátok do potrubí v 1. úseku, větší průtok dále nepoteče. Stávající stav je nevyhovující.

Druhý výpočet je přesnější a proběhl pomocí programu PCSWMM. Pro hydraulický výpočet zatrubněné části toku byl vhodnější než program EPANET, který mám uvedený v zadání bakalářské práce. V programu jsem vytvořila hydraulický model podzemního vedení před vyčištěním a po něm. Kapacita při stávajícím stavu je nevyhovující. Dojde k zahlcení nátok do potrubí na začátku podzemního vedení. Po celkovém vyčištění se nátok do obtoku nezahltí a koryto je kapacitní po celé délce zatrubnění i při stávajícím stavu, a proto není nutné při návrhu rekonstrukce uvažovat o zvětšení daného profilu. Dokonce v některých úsecích by mohlo být použito potrubí menších rozměrů a kapacita by byla stále vyhovující, nemluvně o lepších hydraulických vlastnostech nového potrubí oproti starému.

Při pohledu na model jsem dospěla k závěru, že se budu při návrhu rekonstrukce snažit o varianty řešení, kdy se průtočný profil změní minimálně a tím bude vedení lehce

naddimenzováno a zároveň bude ponechán stávající ráz území, který je myslím na dané podmínky optimální.

Výsledky počítané jak v ruce, tak v hydraulickém modelu došli ke stejnému závěru. Podzemní vedení je ve stávajícím stavu nekapacitní.

Z hlediska kapacity by bylo postačující pouhé vyčištění koryta, ale dalším faktorem je stávající stav potrubí, který je vyhodnocen pomocí kamerové a vizuální prohlídky. Na základě té jsem usoudila, že technický stav je v některých úsecích nevyhovující, a proto navrhuji nejen celkové vyčištění zatrubněného toku, ale i provedení sanací specifických pro jednotlivé úseky dle jejich stavu, které jsou uvedeny v praktické části.

Koncepční řešení jsem zvolila zřízení nové stoky v původní ve všech případech, protože se mi jeví řešení jako nejefektivnější a nejekonomičtější. Hlavní nevýhodou výstavby nové tratě ve stávající je omezení normálního provozu podzemního vedení v době oprav, což v tomto případě nevidím jako problém. Výhodou této varianty je, že není nutný zásah do stávající infrastruktury. Řešeno by muselo být křížení se stávajícími inženýrskými sítěmi popřípadě by musely být řešeny přeložky těchto sítí. Dále by bylo nutné řešit přepojení kanalizačních přípojek na novou trasu.

Z mého pohledu se přikláním více k metodě sanace pomocí bezvýkopové technologie, jelikož je šetrnější k životnímu prostředí. Doba výstavby a zábor zájmového území je oproti otevřenému výkopu menší. Z těchto metod mi přišli nejvíce vhodné pro dané území hadicový relining a metoda subline. Výhodami těchto metod je minimální zmenšení profilu, rychlé zabudování a zároveň nové potrubí přenáší statickou funkci stávajícího. Metody zatahování dlouhých trub a trhání starých podzemních trub zde nejsou vhodné z důvodu omezeného prostoru staveniště a nízkého založení potrubí.

K rekonstrukci otevřeným výkopem a tak celkové výměně potrubí za nové se přikláním pouze v jedné části. Jednak to dovoluje okolní prostředí a jednak z kamerové prohlídky nelze přesně určit, v jakém jsou šachty stavu z hlediska statiky. Proto bych v tomto případě dala přednost spíše kompletní výměně šachet i potrubí zároveň, ale v případě, že by byla statika v pořádku, je v praktické části navržena i varianta druhá, která je k okolnímu prostředí šetrnější.

V bakalářské práci jsem charakterizovala stávající stav zájmového území, hydraulickým výpočtem posoudila kapacitu podzemního vedení a následně navrhla nejvhodnější metody sanace laterálního obtoku Říčanského potoka a provedla hrubý odhad investičních nákladů stavby.

7 Seznam použité literatury

- [1] Krejčí, Vladimír, a další. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Brno : NOEL, 2000. ISBN 80-86020-39-8.
- [2] Klepsatel, František a Raclavský, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Bratislava : JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [3] Hlušík, Petr. Metodika vyhodnocení technického stavu stokové sítě na základě fyzického stavu. Vodovod.info - vodárenský informační portál. [Online] 08/ 2012. [Citace: 7. 5. 2017.] <http://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/185-metodika-vyhodnoceni-technickeho-stavu-stokove-site-na-zaklade-fyzickeho-stavu/>.
- [4] ČSN EN 13508 - 2. Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální kontrolu. Praha : ÚNMZ, květen 2004.
- [5] Kolář, Václav, Patočka, Cyril a Jiří, Bém. Hydraulika. Praha : SNTL, 1983.
- [6] Havlík, Vladimír a Ivana, Marešová. Hydraulika I: Příklady. Praha : ČVUT, 1994.
- [7] Pollert, Jaroslav, a další. The Hydraulic Capacity of Deteriorating Sewer Systems . Water Science & Technology. 2005. ISSN 0273-1223.
- [8] Storm Water Management Model. [Online] United States Environmental Protection Agency, 2017. [Citace: 19. 5. 2017.] <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>.
- [9] Presentation of PCSWMM Europe. HydroPraxis Europe. [Online] 2017. [Citace:19. 5. 2017.] <http://www.hydropraxis.com/en/presentation-of-pcswmm-europe/>.
- [10] ČSN EN 75 6101. Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha : ÚNMZ, duben 2012.
- [11] ČSN EN 752-5. Venkovní systém stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 5: Sanace. Praha : ÚNMZ, říjen 1998.
- [12] Historie a současnost. [Online] Úřad městské části Praha 22. [Citace: 7. 5. 2017.] <http://www.praha22.cz/mestska-cast/historie-a-soucasnost/>.
- [13] Mapy.cz. Uhříněves - Praha. [Online] 2017. [Citace: 10. 4. 2017.] <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5782083&y=50.0458102&z=13&source=ward&id=11676>.

[14] Přírodní zajímavosti Uhříněvsi a okolí. [Online] Úřad městské části Praha 22. [Citace: 7. 5. 2017.] <http://www.praha22.cz/mestska-cast/zivotni-prostredi-1/prirodni-zajimavosti/>.

[15] Evžen, Quitt. Klimatické oblasti Československa. Praha : Academia, 1971. str. 73.

[16] Kamerové prohlídky. [Online] Vodohospodářské inženýrské služby, a.s., 2017. [Citace: 22. 4. 2017.] <http://www.vis-praha.cz/nase-sluzby/kamerove-prohlidky/>.

8 Přílohy

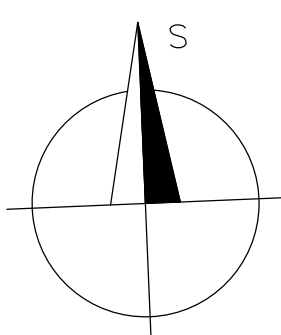
Seznam příloh

Výkres č. 1 – Situace, 1:500

Výkres č. 2 – Podélný profil, 1:1200



- LEGENDA:
- OZNAČENÍ PLOCHY
 - HRANICE ODVODŇOVANÉ PLOCHY ASFALT
 - HRANICE ODVODŇOVANÉ PLOCHY BUDOVY
 - HRANICE ODVODŇOVANÉ PLOCHY ZATRAVNĚNÍ
 - ZATRUBĚNÝ TOK
 - \$16-\$15 OZNAČENÍ ZATRUBĚNĚHO TOKU
 - ŠAČHTA
 - \$9 285,18 OZNAČENÍ ŠAČHTY
 - \$9 283,87 OZNAČENÍ KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKY



VÝŠKY V Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SIV	KATEDRA ZDRAV. A EKOLOG. INŽ.	ANNA ŽOHOVÁ	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
IV.	DOC. ING. JAROSLAV POLLERT m.l., Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
ZADAVATEL: BAPV	FORMÁT	3X44	
NÁZEV VÝKRESU: SITUACE	MĚŘÍTKO	1:500	
	DATUM	26.5.2017	
	Č. VÝKR.	1	

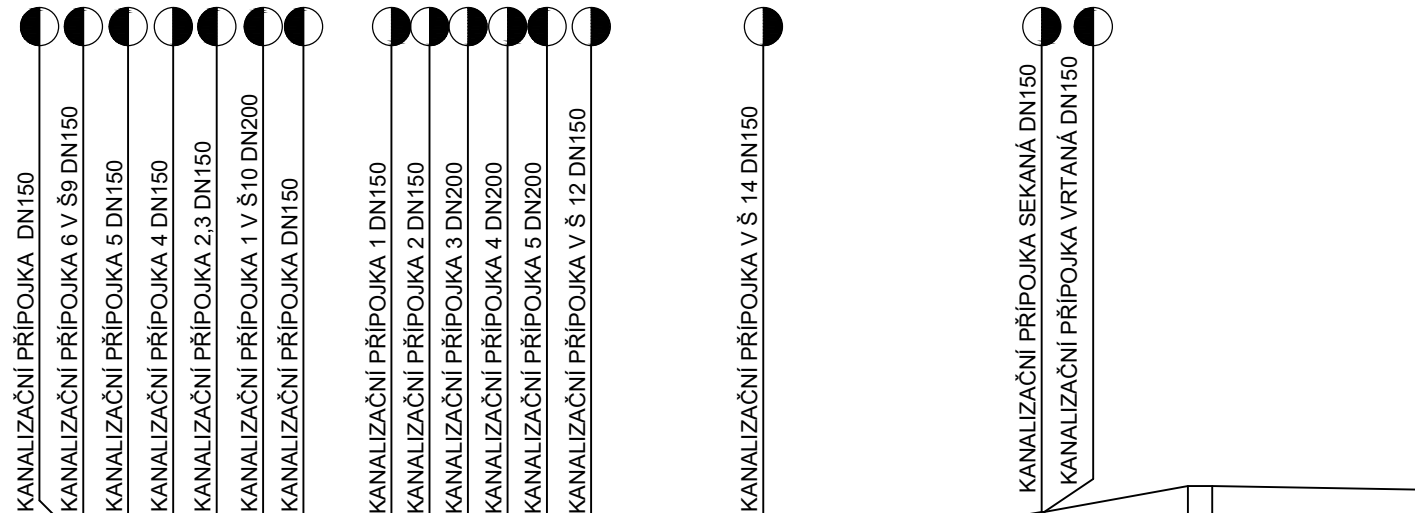
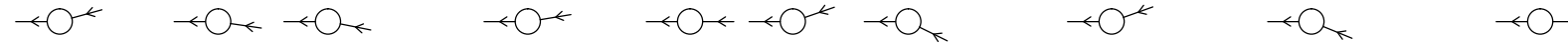
KATASTRÁLNÍ ÚZEMÍ
DRUH POVRCHU
VZDÁLENOST ŠACHET [m]

UHŘÍNĚVES											
KOMUNIKACE			NEMOVITOST		NOVOSTAVBA			KOMUNIKACE		NEMOVITOST	
31.58	9.36	34.66	28.75	10.80	16.38	36.35	29.20	3.86	37.10		

OZNAČENÍ ŠACHET

VÝTOK Š9 Š10 Š11 Š12 Š13 Š14 Š15 Š16 NÁTOK

SMĚROVÉ POMĚRY



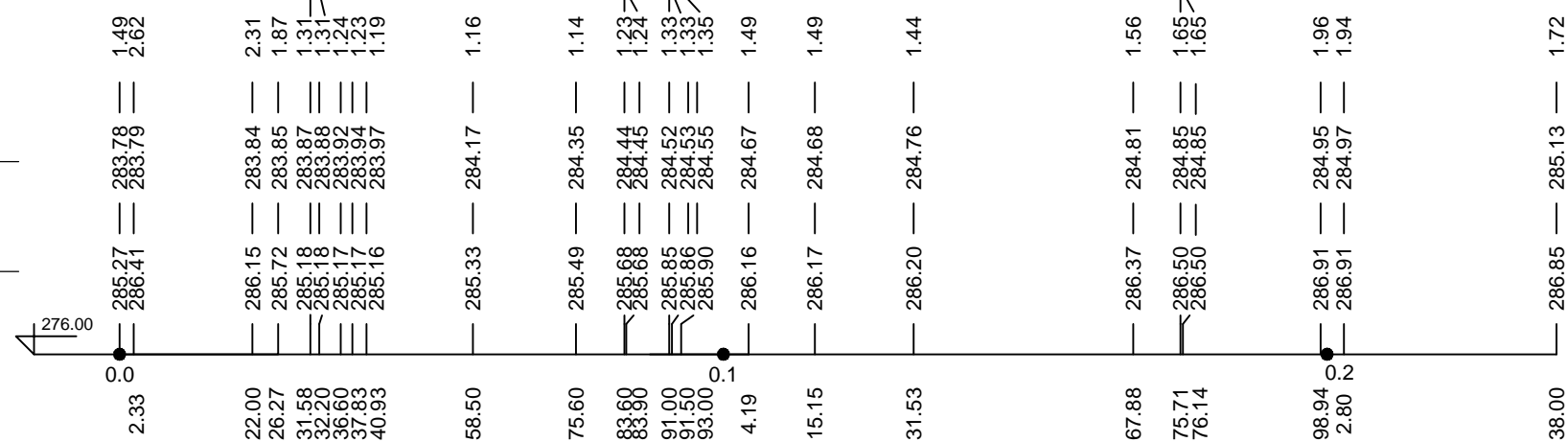
HLOUBKA DNA POTRUBÍ [m]

KÓTA DNA POTRUBÍ [m n. m.]

KÓTA PŮVODNÍHO TERÉNU [m n. m.]

SROVNÁVACÍ ROVINA [m n. m.]

STANIČENÍ [km, m]



SKLON [%] - DÉLKA [m]
NOVĚ - MATERIÁL - DN [mm] - DÉLKA [m]

2.8 - 31.58	10.7 - 9.36	11.0 - 34.66	11.1 - 28.75	0.9 - 10.80	4.9 - 16.38	1.4 - 36.35	4.8 - 29.20	5.2 - 3.86	4.3 - 37.10
RUKÁVEC-1000-32	BETON - 1000 - 57	ZEDNICKÉ VYSRAVENÍ - 2000x1000 - 17			BEZ ČINNOSTI		(3)	(2) (1)	RUKÁVEC-900-37

TABLKA VYSVĚTLIVEK
(1) ZEDNICKÉ VYSRAVENÍ-1600x800-6
(2) ZEDNICKÉ VYSRAVENÍ-1120x1900-4
(3) ZEDNICKÉ VYSRAVENÍ-1000-29

VÝŠKY V Bpv

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI-V	KATEDRA ZDRAV. A EKOLOG. INŽ.	ANNA ŽOHOVÁ	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
IV.	DOC. ING. JAROSLAV POLLERT ml., Ph.D.		
AKCE: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			
ZADAVATEL: BAPV			FORMÁT 2XA4
			MĚŘÍTKO 1:1200
NÁZEV VÝKRESU: PODÉLNÝ PROFIL			DATUM 26.5.2017
			Č. VÝKR. 2