

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



POSOUZENÍ A NÁVRH REKONSTRUKCE
STOKY "U KASÁREN"

DIPLOMOVÁ PRÁCE
Bc. Tomáš Spilka

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Spilka Jméno: Tomáš Osobní číslo: 410117
Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Posouzení a návrh rekonstrukce stoky "U Kasáren"
Název diplomové práce anglicky: Evaluation and rehabilitation design of the sewer "U Kasáren"
Pokyny pro vypracování:
Diplomová práce se bude zabývat posouzením stávajícího stavu a variantním návrhem opatření stoky jednotné kanalizace "U Kasáren". Postup a způsob bude proveden na základě teoretického rozboru řešené problematiky. Bude provedeno posouzení a vyhodnocení stávajícího strukturálního stavu, na které budou navazovat variantní návrhy sanačních metod či rekonstrukcí s ohledem na stávající omezené prostorové podmínky. Pro návrh opatření bude mimo jiné zohledněna také koordinace s ostatními inženýrskými sítěmi. Výsledkem bude vyhodnocení variant opatření z hlediska náročnosti na realizaci a s ní spojených investičních nákladů.

Seznam doporučené literatury:
Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup (V. Krejčí a kol., 2000), Příručka stokování a čištění odpadních vod, Noel 2000 (P. Hlavínek a kol. 2000), související legislativní a normové podklady (především ČSN EN 13508-2, ČSN 75 6101, ČSN EN 1610, TNV 75 6120), vybrané periodika a materiály prováděcích firem dle pokynů vedoucího DP.
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce: 21. 9. 2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7. 1. 2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 10. 12. 2017

Tomáš Spilka

Anotace

Diplomová práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. Teoretická část práce obsahuje rešerši literatury, legislativních a normových podkladů, zabývajících se hodnocením stavu, návrhem a výstavbou stok nových či stavebních úprav stávajících. Rozvedeny jsou sanační metody stok. Návrh a výstavba je zaměřena na pražskou stokovou síť. Praktická část práce se zabývá samotnou rekonstrukcí kanalizace v ulici U Kasáren v Praze 1 - Hradčany. Nejdříve je popsán a zhodnocen současný stav na základě průzkumu PVK v souladu s normou ČSN 13508-2. Rozebrány jsou možné metody sanace a vhodné způsoby výškového vedení stoky. Návrh obsahuje vhodné řešení přepojení přípojek a uličních vpustí. Zahrnuta je samozřejmě koordinace ostatních sítí v uličním prostoru. Kapacita jednotlivých řešení je ověřena hydrotechnickým výpočtem. Jednotlivé varianty návrhu jsou ekonomicky a technicky vyhodnoceny. Součástí práce jsou grafické přílohy obsahující situaci rekonstrukce, podélné profily a příčné profily.

Klíčová slova

kanalizace, trouba, hodnocení stavu, rekonstrukce, bezvýkopové sanace, ekonomické hodnocení

Annotation

Master thesis is divided into two parts - a theoretical and a practical. The theoretical part includes search in literature, legislative and normative documents. They are about assessment of the condition, design and construction of new sewer systems or modifications of the existing ones. The rehabilitation methods of sewerage are described in detail. The design and construction is focused on the Prague sewer network. The practical part of the thesis deals with the reconstruction of the sewer in the street U Kasáren in Prague 1 - Hradčany. The current status is described and evaluated on the basis of the PVK survey in accordance with ČSN 13508-2. The methods of rehabilitation and appropriate methods of sewerage elevation are discussed. The design includes an appropriate solution for switching the connections and street inlets. Coordination with other networks in the street is included. The capacity of individual solutions is verified by hydro-technical calculation. Individual design variants are evaluated economically and technically. Graphical attachments are part of the work. They include the site plan of the reconstruction and longitudinal profile.

Keywords

sewerage, pipe, assessment of condition, rehabilitation, trenchless rehabilitation, economic evaluation

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat především vedoucímu práce Ing. Karlu Křížovi, Ph.D. za obětavé vedení práce, věcné poznámky a nápady při konzultacích. Ing. Janě Kopecké děkuji za pomoc s odhadem ceny sanací a ing. Janu Bernátovi za zasvěcení do problematiky vyhodnocování průzkumů kanalizací.

Obsah

Anotace.....	4
Klíčová slova	4
Annotation	4
Keywords.....	4
Poděkování	5
1 Úvod	9
2 Cíle	10
3 Stokové soustavy	11
3.1 Jednotná stoková soustava	11
3.2 Oddílná stoková soustava.....	12
3.3 Modifikovaná stoková soustava	12
4 Konstrukce stok	13
4.1 Konstrukce trubní	13
4.2 Zděné a betonové konstrukce.....	13
5 Způsoby dopravy odpadní vody	15
5.1 Kanalizace gravitační	15
5.2 Kanalizace tlaková	15
5.3 Kanalizace podtlaková	16
6 Zjišťování a hodnocení stavu stok.....	17
6.1 Metody průzkumu	17
6.2 Kódovací systém průzkumu	18
6.3 Hodnocení stavu stok na základě průzkumu.....	19
7 Prostorové uspořádání inženýrských sítí	24
8 Důležité pojmy	27
9 Bezvýkopové sanace neprůlezných profilů	28
9.1 Odstranění lokálních poruch	28
9.2 Vkládání nového potrubí do starého vedení.....	31
9.3 Nahrazení starých vedení	36
10 Bezvýkopová sanace průlezných a průchozích profilů	39
10.1 Odstranění lokálních poruch	39
10.2 Sanace ostění stok	41

10.3	Celková obnova průlezných a průchozích profilů.....	44
10.4	Injektáže stok.....	45
11	Základní údaje o rekonstrukci kanalizace ul. U Kasáren	47
11.1	Místo stavby	47
11.2	Popis území	48
11.3	Podklady.....	50
11.4	Geologické poměry	50
11.5	Stávající stav	51
12	Vyhodnocení průzkumu	55
12.1	Vyhodnocení úseků stoky	55
12.2	Vyhodnocení kanalizačních šachet	56
13	Hydrotechnické výpočty.....	57
13.1	Odtok splašků.....	58
13.2	Dešťový průtok	59
13.3	Návrh dimenze stoky.....	60
13.4	Tečné napětí	62
14	Varianty návrhu	63
14.1	Varianta 1 – Sanace v otevřeném výkopu (stan. 0.00-33.00 m)	64
14.2	Varianta 2 – Sanace zednický (stan. 0,00-33,00 m).....	66
14.3	Varianta 3 – Výstelkování vytvrzovacími hadicemi (stan. 0,00-33,00 m)	68
14.4	Sanace druhého úseku mezi PŠ2 a koncovou šachtou (stan. 33,0-130,4 m).....	69
14.5	Uliční vpusti a ostatní přípojky	70
14.6	Koordinace s ostatními sítěmi	70
14.7	Dopravně inženýrské opatření.....	72
14.8	Stavební stroje	72
14.9	Monitoring stavby	72
15	Ekonomické vyhodnocení	74
15.1	Varianta 1 - otevřeným výkopem, staničení 0.00 - 33.00 m	74
15.2	Varianta 2 - sanace zednický, staničení 0.00 - 33.00 m.....	75
15.3	Varianta 3 - výstelkování vytvrzovacími hadicemi, stan. 0.00 - 33.00 m.....	76
15.4	Varianta bez spadiště - otevřeným výkopem, staničení 33,00 - 130,40 m.....	77
15.5	Varianta se spadištěm - otevřeným výkopem, staničení 33,00 - 130,40 m.....	78

16	Technicko-ekonomické vyhodnocení.....	79
16.1	Shrnutí variant ve staničení 0,00 – 33,00 m.....	80
16.2	Shrnutí variant ve staničení 33,00 – 130,40 m.....	80
17	Závěr.....	81
18	Seznam literatury a podkladů	83
19	Seznam obrázků.....	86
20	Seznam tabulek.....	87
21	Seznam příloh.....	88
22	Seznam grafických příloh.....	88
23	Přílohy	89
	Příloha 1.....	89
	Příloha 2.....	90
	Příloha 3.....	91
	Příloha 4.....	92

1 Úvod

Stejně jako jsme si zvykli na pitnou vodu z kohoutku, neméně jsme závislí na pohodlí „splachovací toalety“. Stokový systém měst je pro nás dnes samozřejmostí. Zpevněné, čisté a odvodněné ulice už minimálně jedno století nevnímáme jako nadstandard, ale běžnou záležitost. Počátky kanalizace v Čechách, konkrétně v hlavním městě Praze, sahají až do 12. století. Tenkrát se však jednalo o primitivní odvedení vod z kláštera pražských premonstrátů.

Na první velké stokové dílo si Pražané museli počkat až do počátku 19. století. Podle projektu Leonarda Hergeta bylo vystavěno přes 40 km stokové sítě. Splašky byly tehdy odvedeny přímo do Vltavy. Skutečný průlom přinesl do pražského odvodnění až na přelomu 19. a 20. století anglický inženýr William Heerlein Lindley. Položil základy stokování v hlavním městě a navrhl soubor pražských standardů, z nichž se čerpá v nemalé míře dodnes. Praha má tedy poměrně dlouhou tradici ve stokování.

Stejně důležité jako něco postavit, je se o dílo náležitě starat. Právě péče o stokový systém byla, nejen v hlavním městě, zanedbávána. Samozřejmě stavu nepomohl režim před rokem 1989. Dnes se postupně provádí průzkum a rekonstrukce stokové sítě. Je to nerovný boj, jednu část systému rekonstruuje, zatímco druhá část mezitím stárne. V historických centrech měst při průzkumech a sanacích stok narazíme na nejrůznější nestandardní technická řešení. Zcela běžné je nedodržení prostorového uspořádání inženýrských sítí, špatně odvedená stavařská práce, překvapit dokáže pouhé špatné zakreslení stávajícího vedení sítí atp. Bohužel v mnohých případech nelze dodržovat stanovené postupy a normy ani nyní jak z důvodů finančních, tak třeba technických. Potřeba je vždy zvolit nejlepší možné řešení v dané situaci.

Kanalizační síť tedy nabízí mnoho „překvapení“ a práci pro další generace bez ohledu na priority jednotlivců, vlád nebo celých režimů, protože „na záchod“ musíme chodit vždycky.

2 Cíle

Cílem diplomové práce je nalezení nejefektivnějšího řešení sanace jednotné kanalizace v ulici U Kasáren v Praze 1 – Hradčany. Špatný technický stav kanalizace znemožňuje její správnou funkci. Na cestě k získání finálního, nejefektivnějšího řešení sanace je nutno vyřešit několik dílčích cílů:

- správně vyhodnotit stav stoky na základě průzkumu PVK v souladu s normou ČSN 13508-2,
- dle vyhodnocení navrhnou jednu nebo více vhodných metod sanace,
- posoudit finanční a technickou náročnost metod sanace,
- porovnat jednotlivé metody,
- vybrat jednu nejvhodnější metodu sanace.

3 Stokové soustavy

Rozeznáváme tři základní stokové soustavy podle způsobu odvádění odpadních vod:

- jednotná stoková soustava,
- oddílná stoková soustava,
- modifikovaná stoková soustava.

Jednotlivé soustavy jsou využity v městském odvodnění dle místních, ekonomických a historických podmínek. [1]

3.1 Jednotná stoková soustava

Ve většině velkých českých měst, a Praha není výjimkou, je stoková soustava historicky koncipovaná jako jednotná. Všechny druhy odpadních vod jsou odváděny společně jedním potrubím na čistírnu odpadních vod. To nabízí řadu technických a ekonomických výhod např. potřeba „jednoho potrubí“ a tím méně zabraného prostoru v uličním profilu. Rizika soustavy jsou však rázu hygienického a ekologického. Stoky jsou navrhovány s ekonomicky přijatelnou kapacitou, skutečná potřeba je v urbanizovaném prostředí řešena odlehčovacími komorami, nazývanými též dešťové oddělovače. Zředěné odpadní vody jsou přímo, nebo po předchozím nižším stupni čištění v dešťových nádržích, odváděny do recipientu. [1]

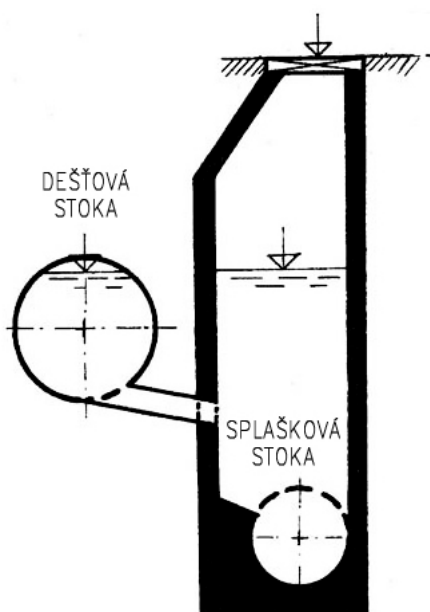
Podmínky vypouštění odpadních vod do recipientu stanovuje nařízení vlády „č. 401/2015 Sb o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.“ Nařízení se vztahuje k zákonu č. 254/2001 Sb. „Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)“.

3.2 Oddílná stoková soustava

Oddílné stokové soustavy umožňují odvádět různé druhy odpadních vod samostatnými trasami stokové sítě. V zájmové oblasti jsou tedy uloženy dvě a více tras potrubí. Nejčastěji jsou trasy dvě - pro dešťové a splaškové vody. Splašková síť je zaústěna na čistírnu odpadních vod. Dešťové vody však ve vztahu k recipientu hygienicky nezávadné nejsou. Koncentrace znečištění srážkových vod závisí na intenzitě deště, jeho trvání, typu odvodněné plochy atd. [1]

3.3 Modifikovaná stoková soustava

Při začátku deště je největší příval znečištěné vody z oplachu terénu a z výplachu dešťových vod. Právě „první splach“ je důvodem vzniku modifikovaných soustav. Do recipientu se tyto nejvíce znečištěné vody nedostanou, jsou odvedeny splaškovou kanalizací. Princip je jednoduchý. Potrubí splaškové kanalizace je uloženo níže než potrubí kanalizace dešťové. Při zahlcení splaškové stoky na úroveň dna stoky dešťové začnou relativně čisté dešťové vody odtékat do recipientu. [1]



Obr. 3.1: Modifikovaná soustava [1]

Druhou možností je odvádět dešťovou kanalizací pouze vody neznečištěné (ze střech, chodníků, neprašných vozovek atd.) přímo do recipientu. Ostatní dešťové vody jsou odváděny splaškovou kanalizací na čistírnu odpadních vod. [1]

4 Konstrukce stok

Materiál stok se volí na základě účelu a plánované životnosti díla. Samozřejmostí je zohlednit pořizovací náklady materiálu. V hl. m. Praze je situace volby materiálu trub dále ovlivněna mapou materiálových oblastí. Je snaha zachovávat materiálovou jednotu oblasti. [2]

4.1 Konstrukce trubní

Na trubní konstrukce je používáno potrubí z:

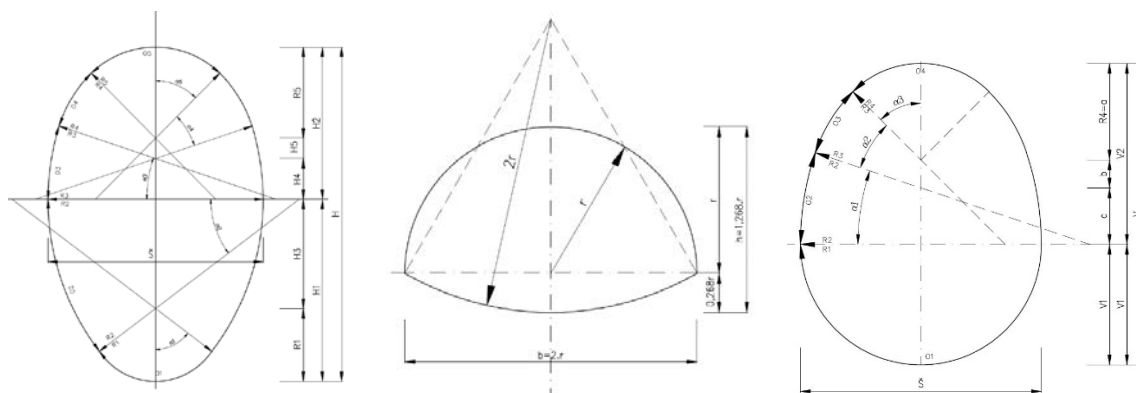
- kameniny,
- betonu a železobetonu s vnitřní výstelkou (keramickou nebo čedičovou),
- tvárné litiny,
- plastu (PVC-U, PE-HD, PP),
- sklolaminátu,
- v odůvodněných případech z čediče. [2; 3]

4.2 Zděné a betonové konstrukce

Zděné konstrukce jsou budovány na místě. Použití je vhodné pro stoky o velkém profilu a pro budování objektů na stokové síti. [2]

Zděné a betonové stoky jsou dle tvaru dělené na:

- kruhové (minimální profil DN 800),
- vejčité (minimální profil 600/1100 mm),
- tlamové,
- hruškové. [2]



Obr. 4.1: Vejčitý profil (Pražský normál), tlamový profil a hruškový profil [2]

Tab. 4.1: Výrobní řada kruhových profilů [2]

DN	250	300	400	500	600	800	1000
[mm]	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400

Rozměr vejčitého profilu je uváděn šířka/výška v mm.

Tab. 4.2: Výrobní řada vejčitých profilů pražského typu [2]

š/h [mm]	600/1100	700/1250	800/1430	900/1600	1000/1750
	1100/1875	1200/2000	1300/2100	1400/2200	1500/2300

Pozn.: V Praze, především v oblasti Žižkova a Vinohrad, se můžeme setkat i s vejčítým profilem 500/875. Nová výstavba se v této dimenzi neprovádí.

Průleznost:

Minimální průlezný profil:

- DN 800 u kruhové stoky,
- u ostatních tvarů profil s minimální šířkou 600 mm a minimální výškou 800 mm. [1]

Průchodnost:

Minimální průchozí profil má šířku 600 mm a výšku 1500 mm. [1]

4.2.1 Stoky zděné

Ke zdění se používají kanalizační cihly předepsaných vlastností nebo keramické tvárnice (segmenty), žlaby a bočnice. Dále jsou využívány tvarové prvky z taveného čediče a čedičové cihly. Tyto výrobky jsou materiálem nenasákavým s velkou odolností na otěr. Používají se ve zvláště namáhaných místech, jako jsou dešťové oddělovače, spadiště a dna stok. Pro namáhané konstrukce je možné též využít kámen - individuálně vyráběné kamenné prvky. Výroba na zakázku však značně prodražuje stavbu a prodlužuje lhůty dodání. Spojování zděných konstrukcí je prováděno průmyslově vyráběnou maltou předepsaných vlastností. [2]

4.2.2 Stoky betonové

Betony pro stoky a stokové objekty se používají třídy: C25/30 XC2¹, XA2² pro svislé konstrukce a C20/25 XC2 pro ostatní konstrukce. Ochrana vnitřních povrchů proti mechanickým a chemickým účinkům se provádí vnitřní vyzdívkou z kanalizačních cihel, kameninových tvárnic nebo čedičem. [2]

¹ XC2 - Koroze vyvolaná karbonatácí, prostředí mokré, občas suché. Pro povrchy betonů vystavených dlouhodobému působení vody.

² XA2 – Chemické působení, středně agresivní chemické prostředí, příklad výskytu dle normy - přírodní zemina a podzemní voda.

5 Způsoby dopravy odpadní vody

Způsoby dopravy odpadní vody jsou závislé především na morfologii terénu a použité stokové soustavě. Dopravu odpadních vod nejčastěji dělíme na:

- kanalizaci gravitační,
- kanalizaci tlakovou,
- kanalizaci podtlakovou, vakuovou.

Samozřejmostí je kombinace jednotlivých způsobů dopravy. [1]

5.1 Kanalizace gravitační

Tradičním způsobem dopravy odpadních vod jsou jednotné či oddílné gravitační soustavy. Důraz je zde kladem hlavně na jednoduchost a spolehlivost provozování. Samozřejmě často není možné v celé odkanalizované oblasti zajistit gravitační tok odpadních vod kvůli nepříznivým sklonovým poměrům území, proto je v nezbytně nutných případech na krátkých úsecích využito přečerpávání stanic. [1]

5.2 Kanalizace tlaková

Princip tlakové kanalizace spočívá v přetlaku uvnitř trubní dopravní sítě. Čerpadla umístěná v čerpacích stanicích dodávají splaškům potřebný vnitřní přetlak. Běžný provozní pracovní přetlak je 20–50 m v.sl. [1]

Čerpací stanice, nazývaná též domovní čerpací jímka, se umísťuje v blízkosti odvodňovaných objektů. Přítok odpadních vod do čerpací jímky z odvodňovaného objektu domovní kanalizací a domovní přípojkou je gravitační. Tlaková kanalizace je navrhována pro plochá či mírně zvlněná území. [1]

Z majetkoprávních důvodů je výhodné, pokud každá nemovitost vlastní svoji čerpací jímku. Na území Prahy je tato podmínka vyžadována pro získání stavebního povolení odvodňovaného objektu.

Čerpací jímka u rodinného domu bývá kruhového průřezu o průměru asi 1 m o hloubce přibližně 2 až 3 m. Splaškové vody jsou ze šachty průběžně odčerpávány. Velikost havarijního prostoru v čerpací šachtě má být navržena tak, aby korespondovala s dobou plnění jímky, za kterou je provozovatel schopen případný výpadek systému opravit. Technologickou část jímky tvoří kalové čerpadlo, které čerpá rozmělněné splašky do tlakové sítě. [1]

5.3 Kanalizace podtlaková

Odpadní voda je z nemovitosti odváděna gravitační přípojkou do jímky sběrné šachty. Do jedné sběrné šachty může být napojeno až 100 osob. Maximálně lze však napojit čtyři domy, ale také komerční budovy jako jsou hotely, restaurace atd. Ze sběrné šachty je odpadní voda dopravována po jednotlivých dávkách směrem k podtlakové stanici do podtlakových nádob, odtud je už klasickými čerpadly voda dopravována na ČOV. Orientačně je počítáno 600 domovních přípojek na jednu podtlakovou stanici. Zpravidla se stanice umísťuje do středu odkanalizovaného území. Sací tlak je 6 až 7 m v. sl. Tento podtlak působí prostřednictvím potrubí na speciální sací ventil osazený ve sběrné šachtě. Bez ohledu na spád potrubí je transportní rychlost odpadní vody 6 až 8 m.s⁻¹. [1]

6 Zjišťování a hodnocení stavu stok

Pro inspekci stavu dokončené stavby před kolaudací, či při plánování rekonstrukce kanalizační sítě a pro přípravu podkladů pro plánování provozu a údržby, jsou důležité průzkumy stok. Vyhodnocením průzkumu se provozovatel rozhodne, zda je sanace potřebná či nikoli. Výstupem průzkumu je elaborát jednotné formy. Zjišťováním a hodnocením stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek vně budov se zabývá česká technická norma ČSN EN 13508. Část 1 pojednává o obecných požadavcích a část 2 stanovuje kódovacím systém pro vizuální prohlídku. [4]

6.1 Metody průzkumu

Vizuální prohlídka může být prováděna různými způsoby:

- prohlídka stok nebo kanalizačních přípojek zevnitř,
- prohlídka stok nebo kanalizačních přípojek ze vstupní nebo revizní šachty,
- prohlídka vstupní nebo revizní šachty zevnitř,
- prohlídka vstupní nebo revizní šachty z povrchu. [4]

Způsob vizuální prohlídky je volen dle potřeby a účelu prohlídky, dimenze stoky a jejím stavu. Může nastat situace, kdy je stoka v tak špatném stavu (propadlá klenba, zasypané či zaasfaltované šachty atd.), že je možná prohlídka pouze z povrchu.

U neprůchozích profilů je nejběžnější technologií průzkum dálkově ovládaným televizním inspekčním systémem tzv. kamerový průzkum. U průchozích profilů je možný vstup pracovníka. [4]

Před průzkumem se provádí čištění stoky (tlakové nebo mechanické), aby vady byly lépe odhalitelné a byl usnadněn pohyb pracovníka či televizního inspekčního systému ve stoce. Součástí průzkumu musí být také polohopisný a hlavně výškopisný popis kanalizačních šachet. Pro další práci je nejdůležitější nadmořská výška dna šachet. [5]

6.2 Kódovací systém průzkumu

Při provádění průzkumu se zjištěný stav a závady na stoce a přípojkách zaznamenávají a označují kódem. Hlavní kód se skládá ze tří písmen a doplňujících informací. První písmeno označuje přiřazení (ve stoce a kanalizační přípojce, ve vstupní či revizní šachtě). Druhé písmeno určuje skupinové zařazení závady. Třetí písmeno označuje jednotlivou vadu. Pro každý úsek stoky je vypracována zvláštní zpráva. [4]

Kódovací systém pro kontrolu vstupních a revizních šachet je podobný kódovacímu systému stok a kanalizačních přípojek. Pro každou šachtu se sestavuje zvláštní zpráva. [4]

- Kódy základních informací o stoce a kanalizačních přípojkách jako celek začínají písmenem A,
- informace k jednotlivým zjištěným vadám uvnitř stok a kanalizačních přípojek začínají písmenem B,
- základním informacím o vstupní nebo revizní šachtě jako celku přísluší písmeno C,
- informace k jednotlivým zjištěným vadám ve vstupní nebo revizní šachtě začínají písmenem D. [4]

Tab. 6.1: Příklad popisu kódů z ČSN EN 13508-2+A2 [4]

Hlavní kód	Doplňující informace	Popis
Zakřivení stoky		
BCC		Trasa stoky nebo kanalizační přípojky je měněna pomocí prefabrikovaných ^{NP9)} oblouků nebo směrové změny, které jsou mimo spoje (ohebná potrubí). ^{Ⓐ)} Nesmí být použito k odstranění trubního spoje – hranatému ohybu (kód BAJ C). ^{Ⓐ)}
	Charakterizace 1	Vodorovný směr zakřivení: – doleva (A); – doprava (B).
	Charakterizace 2	Svislý směr zakřivení: – nahoru (A); – dolů (B).
	Kvantifikace	Celkový úhel změny směru (odchylky) ve stupních.
Koncový uzel		
BCE		Informace ke koncovému uzlu prohlídky.
	Charakterizace	Druh uzlu: – vstupní šachta (A); – revizní šachta (B); – čistící otvor (C); – osvětlovací šachta (D); – výust' (E); – spojení stok bez vstupní nebo revizní šachty (F); – objednatel speciálně definovaný druh (objednatel může určit více kódů, před které se pak vždy předřazuje „X“, např. XA); – ^{Ⓐ)} jiný stavební objekt (šachta, komora) (Z) – tam, kde se kód použil, se další údaje musí zaznamenat jako poznámky. ^{Ⓐ)}
	Kvantifikace 1	Označení uzlu.
	Kvantifikace 2	Souřadnice uzlu.
	^{Ⓐ)} Podélné umístění ^{Ⓐ)}	^{Ⓐ)} Jestliže není referenčním místem pro podélnou lokalizaci (viz 8.1.7) začátek potrubí (tj. trubní spoj mezi uzlem a první troubou), nebude toto místo z kódovaných informací zřejmé. Pro podélnou lokalizaci potom musí být zaznamenána vzdálenost od začátku potrubí. ^{Ⓐ)}

Pozn.: Ukázka kódovacího systému v praxi viz příloha 5 – Skutečný průzkum, staničení 32,66 m a 33,31 m.

6.3 Hodnocení stavu stok na základě průzkumu

Normy nestanovují metodiku pro vyhodnocení stavu stok. Výše popisovaná norma ČSN EN 13508 je návod, jak správně popsat stav stoky, ale jak s tímto popisem dále naložit neuvádí. Provozovatelé nebo externí firmy zabývající se průzkumem mají vlastní metody na hodnocení stavu stok. Většinou je metodika sestavená tak, aby vyhovovala provozovateli, dělá-li průzkum sám, nebo objednateli, provádí-li průzkum externí firma.

Jedna z metodik používaná pro hodnocení technického stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek je založena na zjednodušeném bodovém systému, který umožňuje výsledné zatřídění stavu potrubí do pěti kategorií (viz Tab. 6.2) a vychází z metody FMEA³. Pro hodnocení stavu je využito podkladů z provedeného průzkumu. Metodika používá kódovací systém pro popis stavu provedený vizuální kontrolou uvnitř stok a kanalizačních přípojek a ve vstupních a revizních šachtách. [5]

Při použití této metodiky je ideální rozdělit posuzovanou stoku na ucelené celky:

- kmenové stoky,
- uliční stoky,
- šachty,
- ostatní objekty;
- strojně-technologické části. [5]

³ Failure modes and effects analysis (FMEA) je analytická metoda, která postupnou identifikací zjistí všechny možné vady v návrhu, výrobním procesu, samotném produktu či službě. [40]

6.3.1 Hodnocení stavu stokové sítě

Základním prvkem hodnocení je úsek mezi dvěma po sobě následujícími šachtami. Příslušný úsek se na základě prohlídky ohodnotí technickými ukazateli (TU) (viz Tab. 6.4). [6]

Technický stav vybraného úseku (TSVU) mezi dvěma šachtami se vypočítá:

$$TSVU = \sum_{i=1}^n TU_i \cdot W_i \quad (6.1)$$

n počet použitých technických ukazatelů,

TU_i technický ukazatel z Tab. 6.4,

W_i váha přiřazená příslušnému ukazateli TU_i (platí, že $\sum W_i = 1$), hodnotu určuje sám vodohospodář. [6]

Celkový stav vybraného úseku (CSVU) mezi dvěma šachtami se vypočítá:

$$CSVU = 0.7 \cdot TSVU + 0.3 \cdot NTUVU \quad (6.2)$$

TSVU technický stav vybraného úseku,

NTUVU nejhorší hodnota technických ukazatelů vybraného úseku.

Započítání NTUVU koeficientem 0,3 vede k tomu, že CSVU vykazuje horších nebo stejných hodnot než TSVU. Důvodem je zohlednění vysokých hodnot technických ukazatelů. Řeší to tedy situace, kdy by došlo průměrováním technických ukazatelů k zanedbání kritických nebo nevyhovujících stavů vybraného úseku stoky.

Každý zdroj k výpočtu celkového stavu vybraného úseku přistupuje rozdílně. Např. je do CSVU započítán i nejhorší zjištěný technický stav vybraného technického ukazatele s koeficientem 0,1. V praxi tato skutečnost zohledňuje situace, kdy by malé úseky stoky byly hodnoceny např. jako dobré, ačkoliv sousedící úseky příslušné části stoky jako kritické. V mém případě není vhodné započítávat nejhorší zjištěný technický stav vybraného technického ukazatele, protože se zabývám relativně malou částí stoky a mohu k jednotlivým částem stoky přistupovat individuálně. [7]

Do jednotlivých kategorií se zařídění TSVU a CSVU provádí dle Tab. 6.3. [6]

6.3.2 Hodnocení stavu šachet

Posouzení pro šachty je podobné jako u samotné stoky.

Technický stav kanalizační šachty (TSKS) se vypočítá:

$$TSKS = \sum_{i=1}^n TU_i \cdot W_i \quad (6.3)$$

n počet použitých technických ukazatelů,

TU_i technický ukazatel z Tab. 6.4,

W_i váha přiřazená příslušnému ukazateli TU_i (platí, že $\sum W_i = 1$), hodnotu určuje sám vodohospodář. [6]

Celkový stav kanalizační šachty (CSKS) se vypočítá:

$$CSKS = 0.7 \cdot TSKS + 0.3 \cdot NTUKS \quad (6.4)$$

TSKS technický stav kanalizační šachty,

NTUKS nejhorší hodnota technických ukazatelů šachty.

Do jednotlivých kategorií se zařídění TSKS a CKKS provádí dle Tab. 6.3. [6]

6.3.3 Zbytková životnost stokové sítě a šachet

Posledním ukazatelem stavu kanalizační sítě je průměrná zbytková životnost vybrané části stokového systému (ZZSS). ZZSS se vypočítá:

$$ZZSS = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot ZZ_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (6.5)$$

L_i délka i -tého úseku [m],

n počet úseků,

ZZ_i zbytková životnost i -tého úseku [roky], vypočítá se z průměrné životnosti části kanalizační sítě a doby používání. [6]

Tab. 6.2: Kategorie zařídění stavu stokové sítě a objektů na stokové síti [8]

Kategorie	Stav	Popis
K1	velmi dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele ani v delším časovém období.
K2	dobry	Nízká míra rizika příslušného ukazatele technického stavu. Nevyžaduje se žádné technické opatření ani v blízké budoucnosti.
K3	vyhovující	Průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele.
K4	kritický	Kritické hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována, případně plánována, opatření na řešení tohoto stavu.
K5	nevyhovující	Nežádoucí/nefunkční stav. Je požadováno dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.

Tab. 6.3: Zařídění TSVU, TSKS, CKSS a CSKS do kategorií [6]

Kategorie	Zařídění TSVU, TSKS, CKSS a CSKS	
	od	do
K1	1	1,5
K2	1,5	2,5
K3	2,5	3,5
K4	3,5	4,5
K5	4,5	5

Tab. 6.4: Technické ukazatele na stokové síti [8]

Technický ukazatel	Kódy dle normy 13508-2	Popis poruchy		Třída poruchy 5	Třída poruchy 4	Třída poruchy 3	Třída poruchy 2	Třída poruchy 1
				K5	K4	K3	K2	K1
TU1	BAC, DAC	zlomená trouba/šachta, zborcení, poškozené zdivo		zborcení konstrukce	chybějící části	chybějící pojivo	neurčuje se	
TU2	BAB, BAE, DAB, DAE	trhliny a praskliny - šíře		> 5mm	2 - 5 mm	0,5 - 2 mm	0,2 – 0,5 mm	< 0,2 mm
TU3	BAI, BBF, BBG, DAI, DBF, DBG	viditelná netěsnost		tekoucí voda	kapající voda	vlhké	bez viditelných netěsností	
TU4	BAG, BAJ, DAG, DAJ	předsazení (trubek vůči sobě)	DN < 300	neurčeno	> 2 cm	1 - 2 cm	< 1 cm	žádné
			300 < DN < 600		> 3 cm	2 - 3 cm	1 - 2 cm	< 1 cm
			600 < DN < 1000		> 4 cm	3 - 4 cm	2 - 3 cm	< 2 cm
			1000 < DN		> 5 cm	4 - 5 cm	3 - 4 cm	< 3 cm
TU5	BAH	nesprávné uložení v % světlosti DN		neurčeno	> 50 %	25 – 50 %	10 – 25 %	< 10 %
TU6	BBA	prorůstání kořenů	v hrdle	> 2 cm	1 - 2 cm	0,5 - 1 cm	0,1 – 0,5 cm	< 0,1 cm
			v trhlíně	> 1 cm	0,5 - 1 cm	< 0,5 cm	žádné kořeny	
TU7	BBB, BBC, BBD, BBE, DBB, DBC, DBD, DBE	překážky v odtoku % plochy průtoku	usazeniny	> 50 %	25 – 50 %	10 – 25 %	< 10 %	žádné
			pevné	> 30 %	15 – 30 %	5 – 15 %	< 5 %	
			překážky					
TU8	BAF, BAK, DAF, DAK	obrus - hloubka		> 3 cm	1 – 3 cm	< 1 cm	žádné	
TU9	BAD, DAD	koroze		zborcení	chybějící části trouby	všeobecné napadení	lokální napadení	žádné
TU10	BAA, DAA	deformace profilu		neurčeno	> 10 %	5 – 10 %	< 5 %	žádné
TU11	DAQ	poškozené stupadlo nebo žebřík		chybí	narušena statika	povrchová koroze	nepoškozené	
TU12	DAR	poškození poklopu nebo rámu		prasklý	trhlinky	nepoškozený		

7 Prostorové uspořádání inženýrských sítí

V urbanizovaných prostředích je velká hustota sítí, proto je nutné dodržovat pravidla při jejich ukládání. Souběh a křížení stok s ostatními podzemními vedeními technického vybavení musí být řešeno v souladu s ČSN 73 6005 „Prostorové uspořádání sítí technického vybavení“. Výjimečně lze postupovat jinak na základě souhlasu správce. [2]

Trasy sítí technického vybavení mají být co nejkratší a v rámci možností přímé. Počet křížení jednotlivých sítí navzájem má být nejmenší a pokud možno kolmé. Sítě mají být navrhovány tak, aby rekonstrukce, opravy a údržba byly snadno proveditelné. [9]

Důležitým a logickým ustanovením ČSN 73 6005 týkající se stokování je 4.8.1 „Všechny stoky, které odvádějí jiné odpadní vody než dešťové, musí být uloženy hlouběji než vodovodní potrubí a mají umožnit gravitační odvedení odpadních vod. Potrubí tlakové kanalizační soustavy je možné ukládat i nad vodovodní potrubí jen po dohodě správců dotčených sítí.“

Při dodržování tohoto pravidla se dojde k vhodnému vykřížení přípojek vodovodu a kanalizace. Zároveň při havárii vodovodu nedojde ke znečištění pitné vody od případného průsaku splašků. Pro ochranu sítí před mechanickým poškozením nebo účinky mrazu musí být dodrženo minimální dovolené krytí. Krytím se myslí nejkratší vzdálenost vnějšího líce potrubí a kabelu (případně jejich ochranné konstrukce) od povrchu terénu (komunikace, zpevněné plochy). [9]

Tab. 7.1: Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí [9]

Druh sítí		Chodník	Vozovka	Volný terén
Silové kabely	do 1 kV	0,35	1,00	0,35/0,70 bez ochrany
	do 10 kV	0,50	1,00	
	do 35 kV	1,00	1,00	
	do 220 kV	1,30	1,30	
Sdělovací kabely	- místní	0,40	0,90	0,60
	- dálkové	0,50	0,90	0,60
	- optické - místní	0,40	0,90	0,60
	- dálkové	0,50	1,20	1,00
Plynovodní potrubí		0,80	1,00	0,80
Vodovodní sítě		1,00 až 1,60	1,50	1,00 až 1,60
Tepelné sítě		0,50	1,00	0,50
Kabelovody		0,60	1,00	0,60
Stokové sítě a přípojky Podle místních podmínek – doporučuje se min		1,00	1,80	1,00
Potrubní pošta		0,70	1,00	0,70
Kolektor		0,50	1,00	0,50

Tab. 7.2: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v m [9]⁴

Druh sítí		Silové kabely				Sdělovací kabely	Plyn. potrubí		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
		do 1 kV	do 10 kV	do 33 kV	do 220 kV		do 0,005 MPa	do 0,4 MPa							
		1	2	3	4		5	6							
Silové kabely do	do 1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30	0,40	0,60	0,40	0,30	0,10	0,50	0,50	K vnějšímu líci s. kce	1,00
	do 10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80	0,40	0,60	0,40	0,70	0,30	0,50	0,50		1,00
	do 35 kV	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80	0,40	0,60	0,40	1,00	0,30	0,50	0,50		1,00
	do 220 kV	0,20	0,20	0,20	0,50	0,80	0,40	0,60	0,40	2,00	0,50	1,00	0,50		1,00
Sdělovací kabely		0,30 0,10	0,80 0,30	0,80 0,20	0,80	0,70	0,40	0,40	0,40	0,80	0,30	0,50	0,20	0,30	1,00
Plynovodní potrubí	do 0,005 MPa	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,40	1,00	0,40	0,40	1,20
	do 0,4 MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0,40	1,00	1,20
Vodovodní sítě a přípojky		0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,60	0,60	1,00	0,60	0,60	0,50	0,60	1,20
Tepelné sítě		0,30	0,70	1,00	2,00	0,80	0,50	1,00	1,00		0,30	0,30	0,30	0,30	1,20
Kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,50	0,30	0,40	0,60	0,60	0,30		0,30	0,20	0,30	1,20
Stokové sítě a přípojky		0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,60	0,60	0,30	0,30		0,30	0,30	1,20
Potrubní pošta		0,50	0,50	0,50	0,50	0,20	0,40	0,50	0,50	0,20	0,20	0,30		0,30	1,20
Kolektor		K vnějšímu líci stavební konstrukce				0,30	0,40	0,60	0,60	0,30	0,30	0,30	0,30		1,20
Koleje tramvajové dráhy		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	

⁴ Vzdálenosti se měří mezi vnějšími povrchy kabelů, potrubí, stok, ochranné konstrukce nebo kolejnice nejbližší k vedení.

Tab. 7.3: Nejmenší dovolené svisté vzdálenosti při křížení podzemních sítí v m [9]⁵

Druh sítí		Silové kabely				Sdělovací kabely	Plyn. potrubí		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy
		do 1 kV	do 10 kV	do 33 kV	do 220 kV		do 0,005 MPa	do 0,4 MPa							
		1	2	3	4		5	6							
Silové kabely do	do 1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30	0,10	0,10	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	K největšímu líci s. kce	1,00
	do 10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,50	0,30	0,30	0,30		1,00
	do 35 kV	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,50	0,30	0,50	0,30		1,00
	do 220 kV	0,20	0,20	0,20	0,50	0,80	0,30	0,70	0,40	1,00	0,50	0,50	0,30		1,30
Sdělovací kabely		0,30 0,10	0,80 0,30	0,80 0,30	0,50	0,70	0,10	0,10	0,20	0,50	0,10	0,20	0,20	0,10	1,00
Plynovodní potrubí	do 0,005 MPa do 0,4 MPa	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10	0,10	1,00
		0,10	0,20	0,20	0,70	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10	0,10	1,00
Vodovodní sítě a přípojky		0,40	0,40	0,40	0,40	0,20	0,15	0,15		0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	1,50
Tepelné sítě		0,30	0,50	0,50	1,00	0,50	0,10	0,10	0,20		0,15	0,10	0,20	0,20	1,00
Kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,20	0,15		0,10	0,20	0,20	1,00
Stokové sítě a přípojky		0,30	0,30	0,50	0,50	0,20	0,50	0,50	0,10	0,10	0,10		0,30	0,10	
Potrubní pošta		0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	0,30		0,20	1,00
Kolektor		K největšímu líci stavební konstrukce				0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,20		1,00
Koleje tramvajové dráhy		1,00	1,00	1,00	1,30	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00		1,00	1,00	

⁵ Vzdálenosti se měří mezi vnějšími povrchy kabelů, potrubí, stok, ochranné konstrukce nebo kolejnice nejbližší k vedení.

8 Důležité pojmy

V praxi se často s níže uvedenými pojmy setkáváme. Jednotlivé výrazy jsou nezdárcu používány nesprávně nebo dokonce v rozporu se zákonem.

Sanace – všechna opatření ke zlepšení stavu nebo znovuobnovení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Pojem sanace tedy zahrnuje opravy, renovace a obnovy. [10]

Obnova – vybudování nových úseků stok a přípojek ve stávající nebo jiné trase, při zachování jejich původní funkce. Použit je možné otevřené výkopy, ale také bezvýkopové technologie. [10]

Oprava – opatření k odstranění lokálních závad. Odstraňuje tedy částečné fyzické opotřebení nebo poškození (funkční, vzhledové a bezpečnostní nedostatky) za účelem čelem uvedení objektu do předchozího nebo provozuschopného stavu. [10; 11]

Renovace – opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností stok a potrubí při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce. [10]

Rekonstrukce – proces, který buďto odstraňuje následky opotřebení a uvádí stavební objekt do původního stavu nebo mění jeho účel, rozsah, uspořádání popřípadě i jeho konstrukční části. [12]

Údržba – průběžné opatření prováděné k zajištění provozuschopnosti odvodňovacích systémů. Zahrnují úkony, které umožňují spolehlivé, hospodárné, zdravotně nezávadné a bezpečné odvádění odpadních vod stokami, zpomalují průběh jejich fyzického opotřebení a prodlužují funkční schopnost stok. [13]

Vada konstrukce – nedostatek konstrukce způsobený chybným návrhem nebo provedením, které neohrožuje konstrukci z hlediska mezních stavů únosnosti nebo použitelnosti. [12]

Porucha konstrukce – změna konstrukce proti původnímu stavu, která zhoršuje její únosnost, použitelnost nebo podmínky užívání či zkracuje její životnost. [12]

9 Bezvýkopové sanace neprůlezných profilů

Bezvýkopové technologie sanace stávajících vedení nejsou v oboru novinkou. Vhodný výběr bezvýkopové technologie šetří nejen finance, ale také dobu výstavby. Vhodné je vždy zohlednit i dostupnost technologie v oblasti výstavby. Teoreticky možná a levná sanace se může prodražit nutností dovozu technologie. Dobré je také dbát na reference zhotovitelů. Většina bezvýkopových technologií vyžaduje pro dosažení dobrých výsledků precizní pracovní postupy.

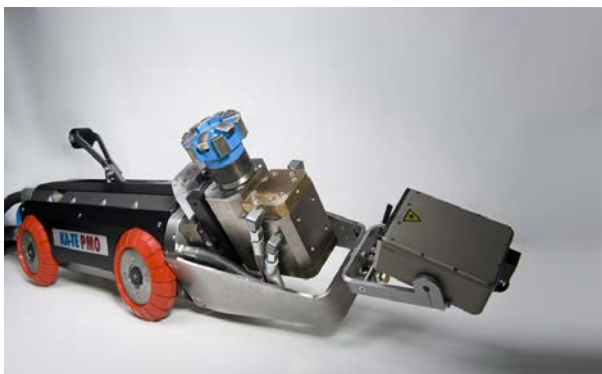
9.1 Odstranění lokálních poruch

V případě, že poruchy nejsou rozsáhlé, je možné provádět lokální opravy. Předjde se tak dalšímu rozvoji poruchy, která by vedla k rozsáhlejší škodám a následná sanace by byla nákladnější než odstranění lokálních poruch. Realizaci těchto metod předchází precizní čištění kanalizace. [14]

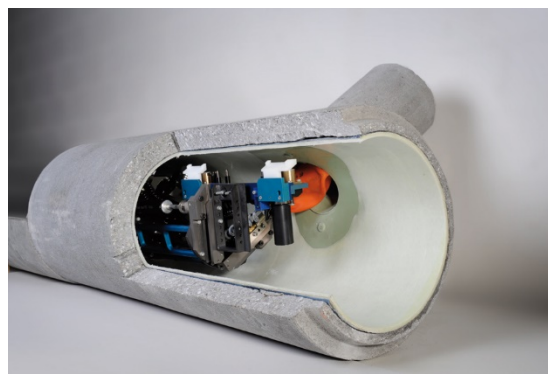
Metodami pro opravy stok se stručně zabývá norma *TNV 75 6120: Renovace a oprava stokových sítí a kanalizačních přípojek*. Podrobněji jsou způsoby řešení lokálních poruch vyloženy v normě *ČSN EN 15885 (756121): Klasifikace a funkční vlastnosti technologií pro renovace a opravy stok a kanalizačních přípojek*.

9.1.1 Kanalizační robot

Kanalizační robot je využíván pro odstranění lokálních závad v trubní síti, jako jsou např.: předsazené přípojky, betonové nálitky, ztvrdlé sedimenty, kořeny vegetace. Tyto opravy provádí formou odfrézování. Dále je schopen vyplnit vypadlé střepy potrubí a zaplnit praskliny či trhliny. Robot je vhodný také na zprůchodnění zaslepené kanalizační přípojky po aplikaci výstelky. Kanalizační robot pracuje s vyměnitelnými nástavci pro frézování přečnívajících částí v potrubí, špachtlování a vyplňování porušených míst v potrubí. [15]



Obr. 9.1: Kanalizační robot [15]



Obr. 9.2: Zprůchodnění zaslepené přípojky [15]

9.1.2 Vyrovnávání deformovaných trub

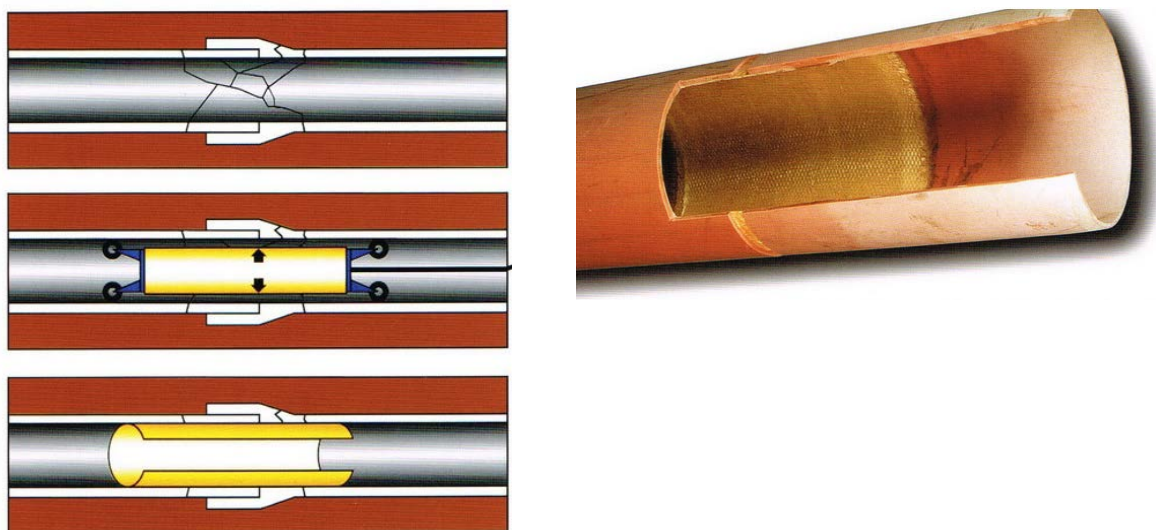
Pružné, zdeformované trouby lze vyrovnávat zařízením tzv. Pipe-Rerounder. Pneumatický válec s vibrátorem, který se pomocí lanového navijáku protahuje zdeformovaným vedením, je po dosažení deformovaného průřezu nafouknut a spuštěn vibrátor. Vibrace hutní obsyp a je umožněno vyrovnání pružné trouby. [14]

9.1.3 Opravy lokálně mechanicky poškozených trub

Lokálně mechanicky poškozené trouby lze opravit tak, že se nafukovací válec o délce 1,5 m protáhne do poškozeného místa. Válec se nafoukne tak, aby dolehl na povrch nezdeformované trouby, a tím vytlačí úlomky do původní polohy. Pomocí otvorů v gumovém válci se do porušeného úseku čerpá dvousložková pryskyřice, která zajistí pevnost opraveného místa. [14]

9.1.4 Záplatové metody

Trhliny, výmoly a díry po kořenech na vedení opravíme zevnitř nalepením tzv. záplat nebo krátkou výstelkou. Metodou se zabývají různí výrobci, ale princip je vždy podobný. Do potrubí se vsune speciální flexibilní packer s přichycenou záplatou - geotextilie z umělých vláken napuštěná epoxidovou pryskyřicí. Packer se nafoukne v místě opravy a záplata se přichytí na povrch potrubí. Po vytvrzení vznikne vnitřní laminátová manžeta. Tloušťka stěny záplaty bývá 2 až 6 mm a délka až 1,3 m. [14; 15]



Obr. 9.3 Záplatová metoda [15]

9.1.5 Utěšňovací metody

Metoda je vhodná pro opravu netěsných hrdlových spojů, podélných a příčných prasklin na kanalizačních stokách a přípojkách. Nejmenší možný průměr opravy je DN 150 libovolného materiálu (kromě cihel). Oprava netěsnosti je prováděna dvousložkovou kapalinou. Potrubí musí být nezkorodované, s hladkým povrchem a nedeformovaným průřezem. [14]

Pracovní postup při metodě Penetryn, jak se tato metoda nazývá, je následující. Videokamera a packer (ucpávka) se pomocí navijáku vtáhne na místo poškození, to se utěsní nafukovacími manžetami od zbytku vedení, netěsnost se prověří tlakem vzduchu nebo vody. Dvousložková pryskyřice se pak vhání do prostoru vymezeného těsníci manžetami packeru. Následuje kontrola vodotěsnosti opraveného místa tlakem vzduchu a packer se může přemístit na další poškozené místo. [14]

9.1.6 Opravy dvousložkovými kapalinami

V případě, že netěsností, prasklin nebo trhlin je větší množství, provádí se renovace většího úseku potrubí. Princip metody opravy zaplavení těsnícím roztokem spočívá v tom, že se pomocí vodotěsných uzávěrů ucpe úsek kanalizace mezi dvěma provozními šachtami. Úsek se plní z cisterny nejprve chemickým roztokem A, který proniká do všech netěsností v ostění a jimi do okolní zeminy pod přetlakem po dobu 20 až 60 minut. Po vyčerpání roztoku A se stoka naplní roztokem B s aditivem. Vytvoří se na povrchu ostění, v puklinách a přilehlé zemině nepropustný gel. Postup je možné opakovat, dokud nedosáhneme požadované těsnosti. Metoda je běžně vhodná pro profily DN 100 až DN 500. [14; 16]

Druhou metodou je nízkotlaká injekce směsi na bázi vodního skla a hygienicky nezávadného anorganického aditiva z vnitřku vedení do ostění a okolního prostředí. Nejeфективnější jsou obě metody při opravách podzemních vedení průměrů do DN 600. [14]

9.2 Vkládání nového potrubí do starého vedení

Metodami pro renovaci stok a přípojek se zabývá norma *TNV 75 6120: Renovace a oprava stokových sítí a kanalizačních přípojek*. Názorně jsou uvedeny způsoby sanace v normě *ČSN EN 15885 (756121): Klasifikace a funkční vlastnosti technologií pro renovace a opravy stok a kanalizačních přípojek*.

Tyto metody mají společnou tu skutečnost, že nedochází k destrukci či vytěžení (vytažení) původního vedení. Původní trouba často funguje jako chránička a může i staticky spolupůsobit s novým protahovaným vedením. Některé zdroje tyto metody označují pod souborným názvem Relining. Terminologie je však v oboru nekonzistentní a termínem Relining je často označováno jen vložkování souvislým potrubím. [17]

9.2.1 Vyložkování na místě vytvrzovanými hadicemi

Jako jediná z metod vkládání nového potrubí požaduje původní vedení s nenarušenou statickou funkcí. Do původních trub se zatahuje hadice z geotextilie (plst', nylon, stříž ze skelných vláken) opatřená na vnitřním povrchu tenkou vodotěsnou vrstvou z polyetylenu nebo polyuretanu. Již při výrobě je vložka nasycena polyesterovou nebo vinylesterovou pryskyřicí. Po zasunutí se výstelka tlakem vody, páry nebo vzduchu přitlačí k povrchu trub. Po vytvrzení vytvoří vodotěsnou vrstvu, která plní částečně i statickou funkci. Při použití vzduchu k přitlačení k povrchu původního potrubí je běžné vytvrzování pryskyřice UV zářením. Možné je takto renovovat průřezy do DN 3000 z oceli, litiny, betonu, kameniny, azbestu a plastů. Otvory pro přípojky a odbočky se do hotové výstelky vyříznou zpravidla s použitím kanalizačních robotů (viz kapitola 9.1.1). [14; 15; 18]

Metoda je finančně a časově výhodná, proto se za roky využívání vyvinuly různé modifikace, které se liší v detailech pracovního postupu, použitého materiálu, způsobu vytvrzování atd. [14]



Obr. 9.4: Instalace rukávce [18]



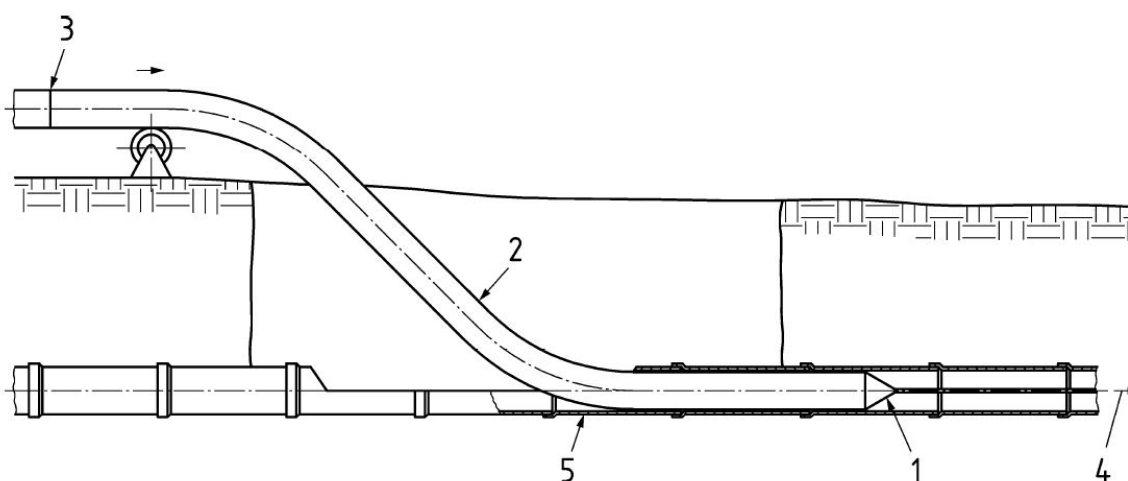
Obr. 9.5: Instalovaný a vytvrzený rukávec [18]

9.2.2 Vyvložkování jednotlivými troubami

Zasunování trub je realizováno přes provozní šachty, proto je metoda použitelná do průměru trub DN 600, větší dimenze se nevejde otvorem poklopu. Používaným materiálem je PEHD, PP, výjimečně kamenina. Spoje jsou závitové, bajonetové, lepené nebo svařované bezhrdlové spoje. Jednotlivé trouby jsou tedy napojovány na potrubí již zasunuté ve vložkovaném vedení. Statické spolupůsobení starého a nového potrubí je zajištěno zaplněním meziprostoru porézním betonem. [14; 19]

9.2.3 Vyvložkování souvislým potrubím

PE, PP nebo PVC potrubí je do vložkovaného vedení vtahováno již v připravené délce. Svařování potrubí probíhá podél trasy vedení, je tedy potřeba dostatek místa jak pro svařování, tak pro následné zatahování trub. Navijákové jámy se mohou zřídit ve vzájemné vzdálenosti až 800 m. Velikost navijákových jam se odvíjí od dimenze zatahovaného potrubí a výšce nadloží. Při zatahování nesmí dojít k deformaci trub. Původní vedení se vyčistí. Ve startovací i koncové jámě se vyřízne kus z původních trub, aby bylo možné provést zatahování. Nové potrubí se zatahuje přes zatahovací hlavu pomocí lanového navijáku. Nakonec se zaplní volný prostor mezi starým a novým vedením maltou nebo porézním betonem. Zatahovat je možno jen v přímé trase a velkých poloměrech směrových a výškových oblouků. V místě lomu trasy je nutné zřídit pracovní šachty a v té přivařit tvarový kus mezi dva přímé úseky. [14; 19]



1 protahovací hlavice, 2 zatahované potrubí, 3 provádění spojů zatahovaného potrubí, 4 působení tažné síly, 5 stávající potrubí

Obr. 9.6: Schéma vložkování souvislým potrubím [16]

9.2.4 Vyvložkování těsně přiléhajícími troubami

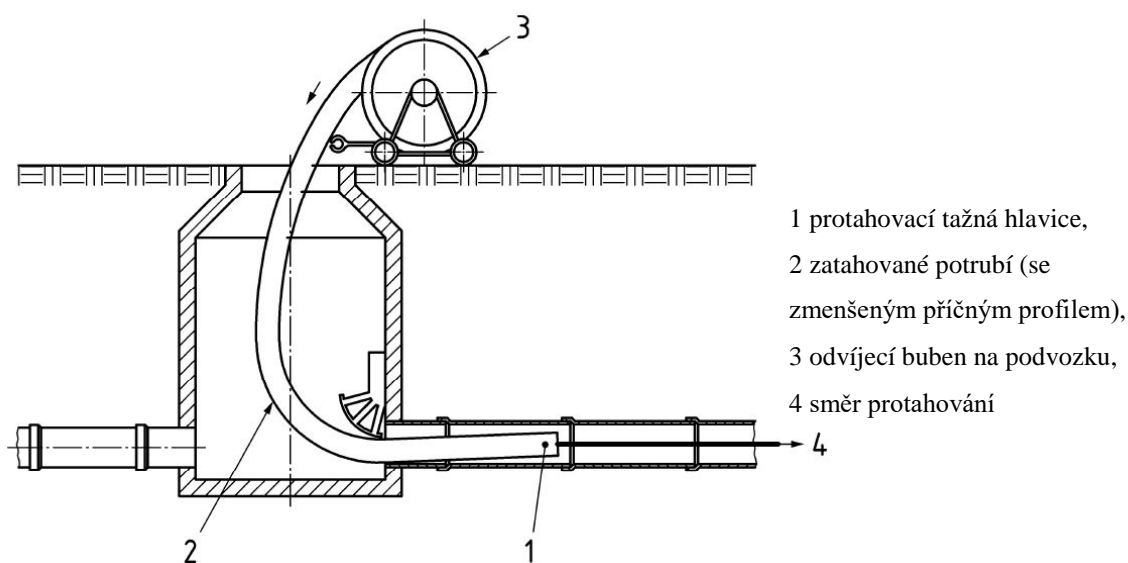
Tato metoda minimalizuje zmenšení průřezu sanovaného potrubí, ke kterému dochází při používání metod vložkování dlouhými nebo jednotlivými troubami. Close-Fit Relining, jak se metoda nazývá, spočívá v osazení potrubí, které těsně přiléhá ke stávajícím porušeným troubám kanalizace. Mezi dodavateli technologie jsou drobné rozdíly v provádění. Rozdělujeme je na dvě skupiny, metody se zmenšeným profilem z výroby a metody s profilem zmenšeným na stavbě. [14; 15; 16]

Vložkování potrubím se zmenšeným profilem z výroby

Polyetylenová trouba je dodávána na stavbu ve složeném tvaru, připomínající tvar písmene C, čímž se její průměr zmenší asi o 50 %. Vkládání do původního potrubí je zmenšením průměru snazší a na stavbu je možné dodat troubu v průběžné délce. Do vložkovaného potrubí se zavádí provozní šachtou pomocí navijáku. Vnitřní průřez sanovaného potrubí má být shodný s vnějším průřezem nezdeformované trouby. Přivedením horké páry se trouba vrátí do původního kruhového tvaru díky paměťovému efektu materiálu. Tak trouba přilne bez výraznějšího zmenšení průřezu k povrchu starého potrubí. Standardně je možné sanovat průměry od DN 100 do DN 500. [14; 20; 21]



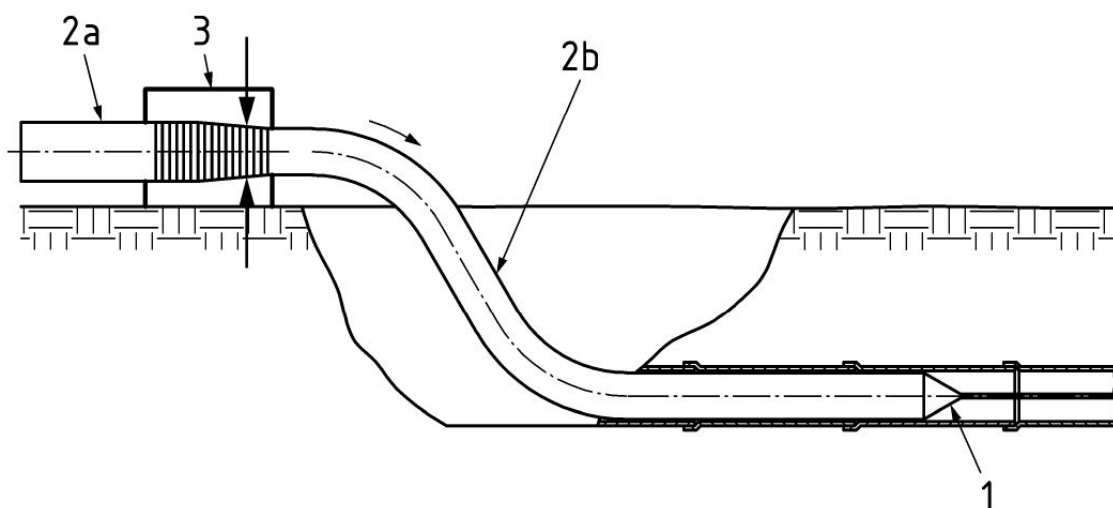
Obr. 9.7: C Profil zatahovaného potrubí [22]



Obr. 9.8: Schéma aplikace potrubí se zmenšeným profilem z výroby [16]

Vložkování potrubím s profilem zmenšeným na stavbě

Potrubí z polyetylenových trubek, svařených na požadovanou délku, je protahováno přes dvojici kladek, jimiž je jeho průměr redukován tak, aby ho bylo možno zatahnout do původního vedení. Po zatažení je potrubí natlakováno vodou, čímž se potrubí vrátí do původního průřezu a přitlačí se k povrchu starého potrubí. [14]

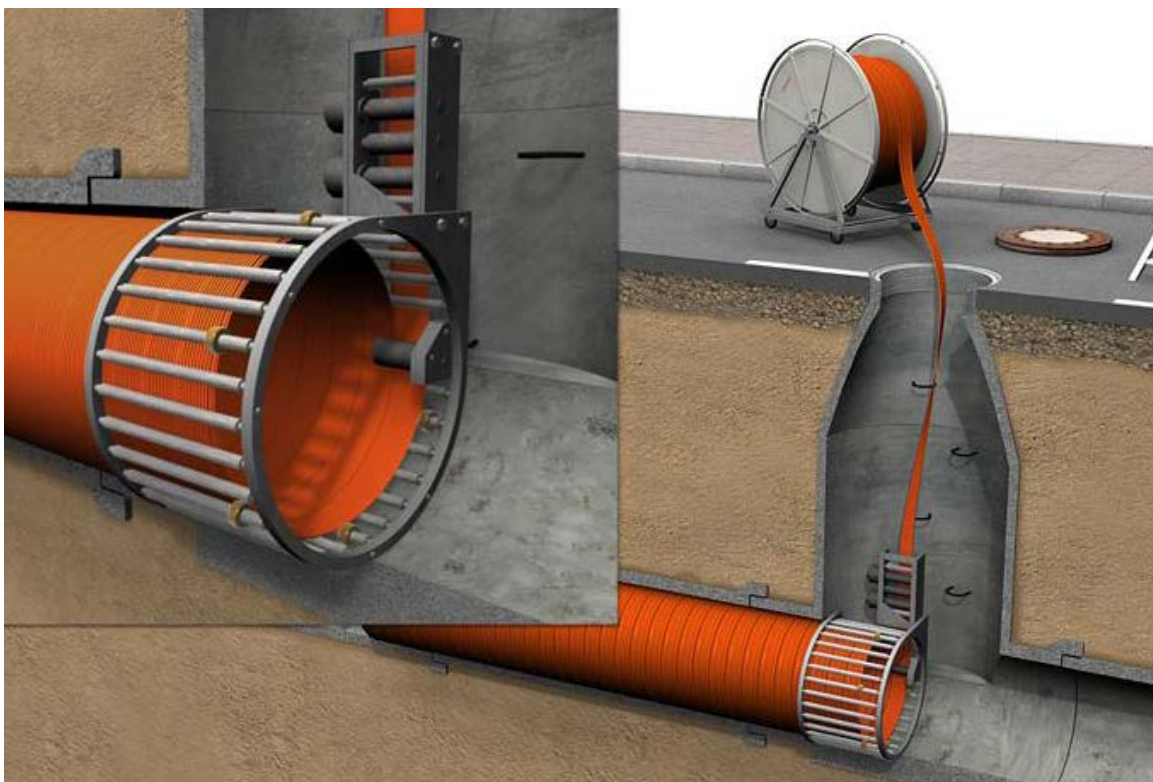


1 protahovací tažná hlavice, 2a potrubí k vložkování v původní velikosti, 2b zatahované potrubí se zmenšeným profilem, 3 zařízení na zmenšení příčného profilu potrubí určeného k vložkování

Obr. 9.9: Aplikace potrubí s profilem zmenšeným na stavbě [16]

9.2.5 Vyrožkování navíjenými troubami

Trouba se vyrábí přímo na stavbě ze spirálově vinutých PVC pásů šířky 55 až 150 mm. Pásky jsou na rubu vyztuženy žebry a na okraji opatřeny zámky. Vyráběná trouba má asi o 10 % menší vnější průměr, než vnitřní průměr opravovaného potrubí. Po dosažení cílové šachty se prostor mezi starým a novým potrubím vyplní cementovou maltou, která s výstelkou zmonolitní prostřednictvím vyztužných žebrování. V průběhu sanace není nutné přečerpávat protékající vody. Metoda je však vhodná pro vedení s volnou hladinou odpadní vody. Touto technologií je možné sanovat libovolně velké profily. [14; 15; 19]



Obr. 9.10: Schéma provádění metody Rib-Loc [23]

9.2.6 Vyrožkování troubami s žebrovaným vnějším povrchem

Metoda se nazývá též trolining. Do starého potrubí jsou zatahovány výstelkové hadice vyrobené z podélně svařených PEHD pásů. Pásky jsou na vnějším povrchu opatřeny vylisovanými kotevními knoflíky - nopy. Svařený tzv. rukávec zatažen lanovým navijákem provozní šachtou do sanovaného úseku kanalizace. Lze sanovat i nekrhový profil trub. Po zatažení se rukáv napustí vodou s přetlakem min. 50 kPa, čímž se hadice srovná a nopy se opřou o líc starého vedení. Vzniklé mezikruží se vyplní speciální maltou, po jejímž zatvrdnutí je staré ostění zmonolitněné s výstelkou. Takto lze sanovat profil až DN 2000. [14]

9.3 Nahrazení starých vedení

Při velkém rozsahu poruch se provádí obnova kanalizace v původní trase. Původní vedení je vyjmuto nebo rozrušeno a nahrazeno novým vedením. Výhodou obnovy v původní trase je to, že prostorové podmínky jsou již „řešeny“ původní stokou, proto nedojde k novým záborům prostoru v podzemí. Nové potrubí nemusí mít zmenšený průřez proti původním troubám. Těmito metodami sanace se zabývá stručná norma *ČSN EN 12889: Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*.

9.3.1 Metoda vytahování potrubí

Staré trouby (ocelové, litinové, asbestocementové) jsou vytahovány ze země a současně je zatahováno potrubí nové. Postup je následující: vytahovací zařízení je osazeno do pracovní šachty, skrz staré potrubí jsou provléknuty tažné tyče a ukotveny o konce poslední vytahované trouby. Staré potrubí je vytahováno a zároveň je zatahováno potrubí nové. Obnova je možná v přímých úsecích bez náhlých vertikálních a horizontálních směrových změn. [14; 24; 25]

9.3.2 Metoda s vodorovnou zatlačovanou vodící troubou a s roztláčovací hlavou

Tato metoda se dá využít pro profily až do DN 1600. V pracovní jámě se na vyčnívající část staré trouby nasune řezná hlava většího průměru, která se vycentruje vůči staré troubě. Za řeznou hlavou se do země postupně vkládá chránička většího průměru, než je staré potrubí. V cílové jámě se staré potrubí vytahuje spolu se zeminou a zatlačenou chráničkou a současně je zatahováno nové potrubí. Zatahované potrubí může mít větší, stejný nebo menší průměr než původní potrubí. Případný meziprostor se zaplňuje bentonitem, betonem nebo se zafoukává popílkem. [14; 25]

9.3.3 Rozrušovací metoda

Materiál původního potrubí musí být kruhový a křehký (litina, kamenina, nevyztužený beton), ale po úpravě trhací hlavy je možno řezat i ocelové a plastové trouby. Nové potrubí je zaváděno současně s trháním trub starých. Spoje zatahovaných trub musí být schopny přenést tahové napětí. Metodami zatahování jsou:

- zatahování dlouhých (svařovaných nebo lepených) trub z plastů,
- zatahování krátkých trub z plastů, kameniny nebo betonu s bezhrdlovými spoji,
- zatahování krátkých trub s hladkým vnějším povrchem. [14]

Možnosti trhání jsou dvě:

- dynamické
- statické [14]

Dynamické trhání

Trhání je zajištěno pomocí pneumatických propichovacích kladiv. Kladivo je lanem zatahováno přes pracovní jámu do starého potrubí a skončí v jámě cílové. Dynamické účinky pneumatického kladiva pomáhají trhání trub a střepiny ze starých trub jsou roztlačovány do okolní zeminy. Technologie je tedy výhodná v silně stlačitelných zeminách. Za propichovacím kladivem je napojenou rovnou nové potrubí a je zatahováno do vzniklého otvoru. Přípojky zaústěné do obnovovaného vedení musejí být před započítím trhání odpojeny, aby nedošlo k jejich poškození. Výhodou metody je její rychlost, nevýhodou je velká hlučnost, otřesy a nebezpečí poškození ostatních podzemních sítí. [14; 26]



Obr. 9.11: Pneumatické propichovací kladivo [27]

Statické trhání

Průběh výstavby je podobný jako u dynamického trhání s tím rozdílem, že trhání nezpůsobují rázy kladiva, ale rozpínací trhací hlava. Ta je složená ze tří kloubově spojených částí, které jsou schopné hydraulicky zvětšovat svůj průměr, a tak roztrhat staré vedení. Postup práce je v krocích, hlava se stáhne, posune o krok dále a zase roztáhne, čímž roztlačí materiál do okolní zeminy. Stejně jako v metodě dynamického trhání je nové potrubí zatahováno společně s průchodem trhací hlavy. Proti dynamickému trhání je statická metoda méně hlučná a nezpůsobuje otřesy. Může být použita i při obnovách podzemních vedení pod zástavbou a v blízkosti souběžných podzemních sítí. [14; 17]

9.3.4 Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou

Metoda je vhodná pro obnovu kameninových, betonových a azbestocementových trub. Staré potrubí je rozrušováno plnoprofilovou frézou s pevnými nebo rotačně valivými dláty. Úlomky trub jsou dále zmenšovány drtičem a transportována šnekovým dopravníkem nebo hydrodopravou potrubím. Do uvolněného prostoru je hned zatlačováno potrubí nové o stejném nebo větším profilu. [14; 17]

9.3.5 Obnova v původní trase pomocí štoly

V trase původní kanalizace je ražena průchozí štola, staré potrubí je nahrazováno novým a rovnou ve štole jsou přepojovány přípojky. Metoda je výhodná především pod frekventovanými ulicemi, v ulicích starých měst s množstvím přepojovaných přípojek atd. [14]

10 Bezvýkopová sanace průlezných a průchozích profilů

Metody sanace průlezných a průchozích profilů jsou často odlišné od metod používaných v případě profilů neprůlezných. Jedním důvodem jsou větší rozměry průlezných a průchozích profilů, některé metody jsou tak nevhodné nebo nepoužitelné. Druhým důvodem jsou jiné využívané materiály větších profilů. Stoky jsou často zděné nebo betonové, proto jde k sanacím přistupovat odlišně. Nezanedbatelným důvodem je i možnost vstupu pracovníků přímo do stoky, nemusí tak využívat dálkově ovládané stroje.

10.1 Odstranění lokálních poruch

Kromě již zmíněných metod oprav pro neprůlezné profily (viz kapitola 9) je možné využít další metody vhodné jen pro průlezné a průchozí stoky.

10.1.1 Opravy netěsností ve spojích

Velmi častou poruchou vedení je netěsnost ve spojích potrubí. Netěsnosti jsou způsobeny stárnutím materiálu těsnění. Při opravě se staré těsnění odstraní, spáry se vyčistí a zabuduje se do nich nové pásové těsnění. Rozeznáváme čtyři metody opravy:

- trvale elastickými těsnícími pásy,
- trvale plastickými těsnícími pásy,
- bobtnavými těsnícími pásy,
- těsnění s použitím vnitřních manžet. [14]

Bobtnavé těsnící pásy

Bobtnavé těsnící pásy jsou velmi účinné k trvalému utěsnění styčných spár v prefabrikovaných ostěních. Tyto pásy při kontaktu s vodou nebo ve vlhkém prostředí zvětšují svůj objem - nabobtnávají, a tím spáru aktivně utěsňují. Pásy se vyrábějí na bázi polysulfidů, polyuretanů, elastifikovaných epoxidových pryskyřic, silikonových kaučuků, polyakrylátů a kombinací více látek. [14]

Těsnění s použitím vnitřních manžet

Metodu je vhodné použít pro všechny typy materiálů a tvarů průřezů trub. Přetlak podzemní vody nesmí přesáhnout 50 kPa. Před osazením manžety musí být povrch trouby vyčištěn. Těsnicí manžeta je elastická obvykle z neoprenu, výjimečně z teflonu. Osazování probíhá ručně. K povrchu těsněného potrubí je přitlačována hydraulickým nebo pneumatickým zařízením přetlakem až 2,8 MPa pomocí rozpěrných objímek z ušlechtilé oceli. [14]

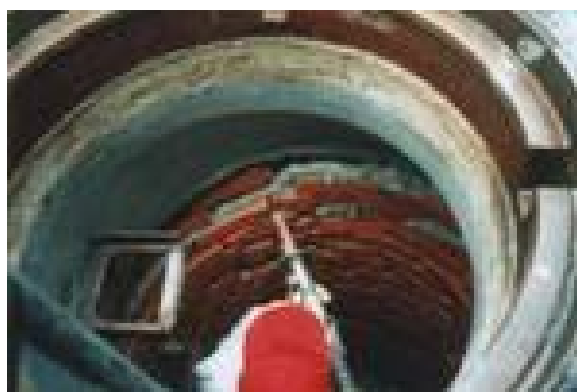
10.1.2 Drobné opravy a spárování

Lokální opravy se většinou týkají drobných poruch. Opatření mají zajistit ochranu odkryté ocelové výztuže, opravu prasklin a lomu, které zapříčiňují průsaky a řešení maloplošných děr a poškození. Pro opravy se používají rychlotuhnoucí malty, které jsou souborně označovány jako opravářské malty a spárovací malty. [14; 19]

Velké procento problémů na zděných stokách nezpůsobuje koroze a zvětrávání keramického, čedičové a často i betonového materiálu. Problémy způsobuje zvětrávání a rozklad malty ve spojích. To vede k vypadávání jednotlivých cihel i celých bloků zdiva a celkového rozvolnění ostění. Před samotnou opravou je nutné důkladné vyčištění kanalizace a posléze samotných spár. Přespárování je prováděno nemechanizovaně - ručně. Možné je využít tlakové spárování maltou. Vyčištěné spáry jsou vyplňovány korozi odolnou maltou. Dávkování materiálu do spár je zajištěno tryskou pod tlakem. [14; 28]



Obr. 10.1: Detail tlakového spárování maltou [28]



Obr. 10.2: Tlakové spárování maltou [28]

10.2 Sanace ostění stok

Ostění kanalizačních stok je zatěžováno především obrusem od unášenými splaveninami, nebo agresivitou prostředí ve stoce způsobené účinkem splašků a výparů z nich. [14]

10.2.1 Impregnace betonových ostění a potrubí

Účinnou ochranou betonových konstrukcí a zabezpečení jejich vodotěsnosti je impregnace pomocí krystalizace. Impregnačním materiálem je kompozit z portlandského cementu, velmi jemného křemičitého písku a různých chemických aditiv. Po nanesení na sanovaný povrch vznikne krystalická reakce. Vzniklé nerozpustné krystaly utěsní póry a kapiláry sanovaného betonu. Postupně tak prorůstají hluboko do materiálu. [14]

10.2.2 Výstelkování vytvrzovacími hadicemi

Metoda vytvrzovacích rukávců je stejná jako při sanaci neprůlezných profilů. Způsoby vytvrzování výstelky ohřevem vody jsou však nevhodné, proto se využívají především metody vytvrzování horkým vzduchem a UV zářením. (viz 9.2.1). [14]

10.2.3 Vnitřní ostění ze stříkaného betonu

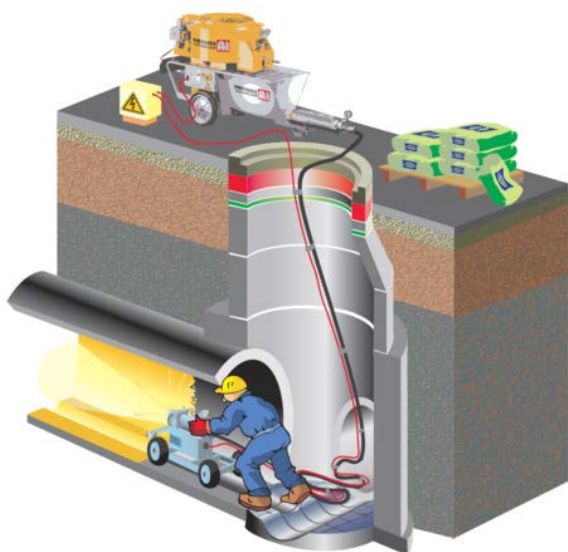
Touto metodou se zhotovuje buď jen tenká těsnicí vrstva nebo nosné sekundární ostění. Stříkaný beton se nanáší přímo na ostění nevyztužený nebo vyztužený ocelovými sítěmi či rozptýlenými vlákny. Zvolený beton musí být odolný v agresivním prostředí stok. Často je používána prefabrikovaná suchá směs, která má lepší vlastnosti než směs míchaná na stavbě. Tloušťka stříkaného betonu je nad 25 mm u průlezných průřezů a u průchozích stok nad 40 mm. [14]

Metoda odstředivého nástřiku

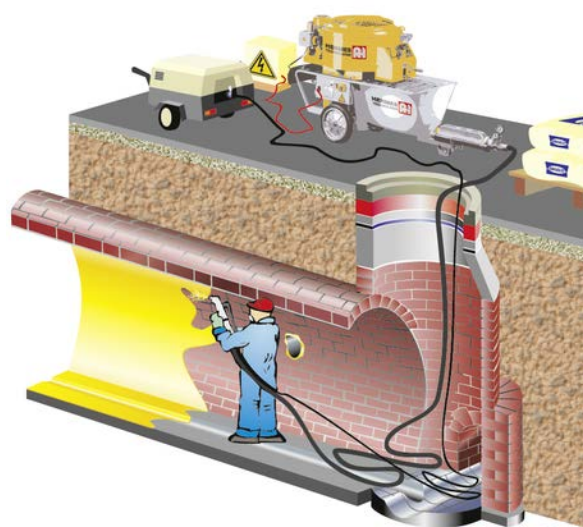
Před samotnou sanací stoky musí být provedeno čištění vedení. Tvrdé usazeniny musí být odstraněny pomocí bouracího kladiva. Speciální prefabrikovaná maltová směs smísená s vodou se čerpadly tlačí na místo aplikace. Na povrch je nastříkána pomocí motoru s odstředivou hlavou. Odstředivá síla pomáhá ke kvalitnímu přilnutí malty k podkladu. [28]

Metoda mokrého stříkání

Maltová směs je na povrch ostění nanášena pomocí trysky pro mokrý nástřik, která je poháněna stlačeným vzduchem. Aby byla dosažena požadovaná tloušťka nanášené vrstvy, postupuje se v několika pracovních krocích. Maximální tloušťka vrstvy zhotovené v jednom pracovním kroku nesmí překročit 10 mm. Další vrstva maltové směsi se musí nanášet na mokrý povrch, aby došlo k dobrému přilnutí k podkladu. [28]



Obr. 10.3: Schéma metody odstředivého nástřiku [28]



Obr. 10.4: Schéma metody mokrého stříkání [28]

10.2.4 Vnitřní ostění z monolitického betonu

Ostění z monolitického betonu se používá u stok větších než DN 800. Tloušťka vrstvy betonu ostění je větší než v případě stříkaného betonu. Betonuje se většinou do nafukovacího bednění s vyztuženou klenbou. Do stoky se bednění vsune a nafoukne. Beton je dopravován čerpáním. Tento způsob sanace stoky je časově náročnější než ze stříkaného betonu, ale povrch výsledného ostění je hladší. [14]

10.2.5 Obklady dna stok

Materiály používané na obklady dna stok musí mít vyšší odolnost vůči agresivitě splašků a mechanickému obrusu než zbytek profilu. Materiálem obkladů, žlabů a tvarovek je:

- kamenina,
- čedič,
- betony odolné agresivitě a vyztužených skelnými vlákny (z polymerbetonu),
- tvrzené PVC a PE,
- sklolaminát. [14]

V současnosti nejhojněji využívaným materiálem v Praze jsou první dva zmiňované – kamenina a čedič. Obzvláště čedičové výrobky vykazují vysoké životnosti. Jeden ze samozřejmých důvodů je vysoká odolnost čediče proti otěru. Druhým, méně známým důvodem, je výrazně menší počet podélných ložných i styčných spár oproti cihelnému zdivu. Právě vymílání spár je častým důvodem havárií a poruch na stoce z keramických prvků. [29]



Obr. 10.5: Zděná stoka sanovaná čedičovým žlábkem [29]



Obr. 10.6: Čedičový žlab s bočnicí [29]

10.3 Celková obnova průlezných a průchozích profilů

Při celkové obnově průlezných a průchozích profilů se většinou zmenší světlý profil stoky. Zmenší-li se profil, nemusí to vždy znamenat zmenšení průtočné kapacity. Průtočná kapacita u obnovené, vyčištěné stoky může být lepší než u stoky staré i přes zmenšení průtočného profil. [14]

10.3.1 Obklad celého průřezu

Některé způsoby jsou stejné jako v případě neprůlezných profilů. Podle způsobu realizace a použitých materiálů rozlišujeme metody na:

- zatahování dlouhých trub (viz 9.2.3),
- vyvločkování troubami s žebrovaným vnějším povrchem (viz 9.2.6),
- zatahování sklolaminátových skořepin,
- vložkování trubními segmenty. [14; 16]

Zatahování sklolaminátových skořepin

Jednotlivé plnoprofilové dílce skořepiny se zasouvají a umisťují do stoky pracovními šachtami. Vnější povrch dílců je opatřen zdrsněním – výstupky a eventuálně betonářskou ocelí. Dojde tak k lepšímu spojení skořepiny a maltové směsi, kterou je vyplněn meziprostor mezi původním ostěním a dílci. [14]

Vložkování trubními segmenty

Spojení jednotlivých segmentů se provádí zámkovým spojem nebo lepením. Segmenty se revizními šachtami dopraví do stoky a umístí na místo v profilu. Prostor mezi segmenty a původním ostěním stoky je vyplňován maltovou směsí pomocí injektáže. Proti plnoprofilovým sklolaminátovým skořepinám, je doprava segmentů na stavbu snazší, protože disponují menšími rozměry. [14; 16]

10.3.2 Obnova bez zmenšení světlého průřezu

Pokud z kapacitních důvodů není možné zmenšit průřez staré stoky, realizují se nové úpravy na úkor jejich tloušťky nebo se staré ostění odstraní a nahradí novým. Obě řešení jsou zdlouhavá a náchylná na kvalitu provedení. Zvětšení světlého průřezu starého sběrače lze realizovat různými způsoby:

- ručně pomocí sbíjecích kladiv,
- strojně pomocí výložníkových fréz. [14]

10.3.3 Komplexní obnova stoky

Pokud je stoka ve stavu havarijním, nebo je kapacita starého vedení nedostatečná a předchozí metody oprav a obnov není možno využít, musí se provést komplexní obnova stoky. Obnova stoky může být provedena:

- v trase starého vedení (v původní trase),
- v nové trase.

Výběr druhu realizace je závislý především na prostorových podmínkách v podzemní i na povrchu. Někdy je výhodné zhotovit stoku v nové trase a staré vedení zrušit, jindy je výhodná obnova v trase původní třeba kvůli nemožnosti uložit novou stoku jinam. Obecně však nelze říci, která z metod je lepší. [14]

10.4 Injektáže stok

Injektáž je hojně využívaná metoda sanace. Injektáží dojde k zaplnění vzniklých kaveren kolem klenby nebo ostění stoky a k celkovému zpevnění stoky. Znamená to tedy, že kromě utěsnění dojde i ke zlepšení statické funkce stoky. Injektáž lze provádět:

- z vnitřku štoly za ostění,
- z povrchu za ostění,
- z vnitřku štoly do ostění. [14]

10.4.1 Injektáž z vnitřku štoly za ostění

Samotná injektáž bývá doplněna vnitřní úpravou ostění - vyzdění kynety ve spodní části průřezu, spárováním líce ostění cementovou maltou a těsnicí injektáží nadvýlomu za ostěním.

Injektáž se provádí přes rastr vrtů podle projektu. Postup injektáže je od nejméně zamokřených míst k zamokřenějším, shora dolů, tím je voda postupně vytlačována z prostoru mezi stokou a masivem. Injektáž je ukončena po dosažení požadovaného injektážního tlaku, nebo pokud injektážní směs začne vytékat z okolních nezainjektovaných vrtů. Pokud se objeví po injektáži výtoky, je možné provádět doplňkovou injektáž. Důležité je přesně dodržet projektem předepsanou rychlost injektáže a injektážní tlaky, které musejí být v souladu se součinitelem propustnosti zeminového prostředí. Příliš velký injektážní tlak by roztrhl zeminový masiv, při použití příliš malého tlaku by injektážní směs špatně pronikla do okolní zeminy. [14]

10.4.2 Injektáž z povrchu za ostění

Injektáž z povrchu se provádí, pokud je kanalizace zevnitř nepřístupná případně v tak špatném stavu, že by práce v podzemí byla nebezpečná. Možné je používat klasickou nebo proudovou injektáž. Klasická injektáž z povrchu je podobná jako zevnitř stoky. Rastr vrtů, v případě klasické injektáže, musí být hustší než při proudové injektáži a práce tak trvají déle. Při proudové injektáži je struktura zeminy kolem vrtů rozrušována proudem vysokotlaké vody nebo přímo injektážní suspenzí cementovým mlékem, které se do rozrušené zeminy kolem vrtu vpravuje. Zvolí-li se vzdálenosti vrtů vhodně, vznikne kolem sanovaného díla zpevněná zemina. Pod takto vzniklou klenbou je už práce v podzemí bezpečná. [14]



Obr. 10.7: Injektáž z vnitřku štoly za ostění [27]



Obr. 10.8: Injektáž z povrchu za ostění [27]

10.4.3 Injektáž z vnitřku štoly do ostění

Při injektáži do ostění se používají vícesložkové injektážní směsi. Druhů a receptur je od různých výrobců spousta. Ve srovnání s klasickými jílocementovými směsmi pronikají lépe do injektovaného materiálu, mají vysokou pevnost a odolnost proti chemické agresivitě.

Používané směsi jsou:

- ve vodě rozpustné roztoky - akrylové pryskyřice, fenolové pryskyřice (formaldehyd, rezorcin, tanin) a aminoplasty,
- ve vodě nerozpustné roztoky - epoxidové pryskyřice, pryskyřice polyuretanové, polyesterové a silikátové. [14]

Dobré pronikání chemické injektážní směsi je způsobeno její konzistencí blízké vodě. Tyto směsi jsou však dražší než klasické jílocementové směsi. Spotřeba při injektáži je naopak menší. [14]

11 Základní údaje o rekonstrukci kanalizace ul. U Kasáren

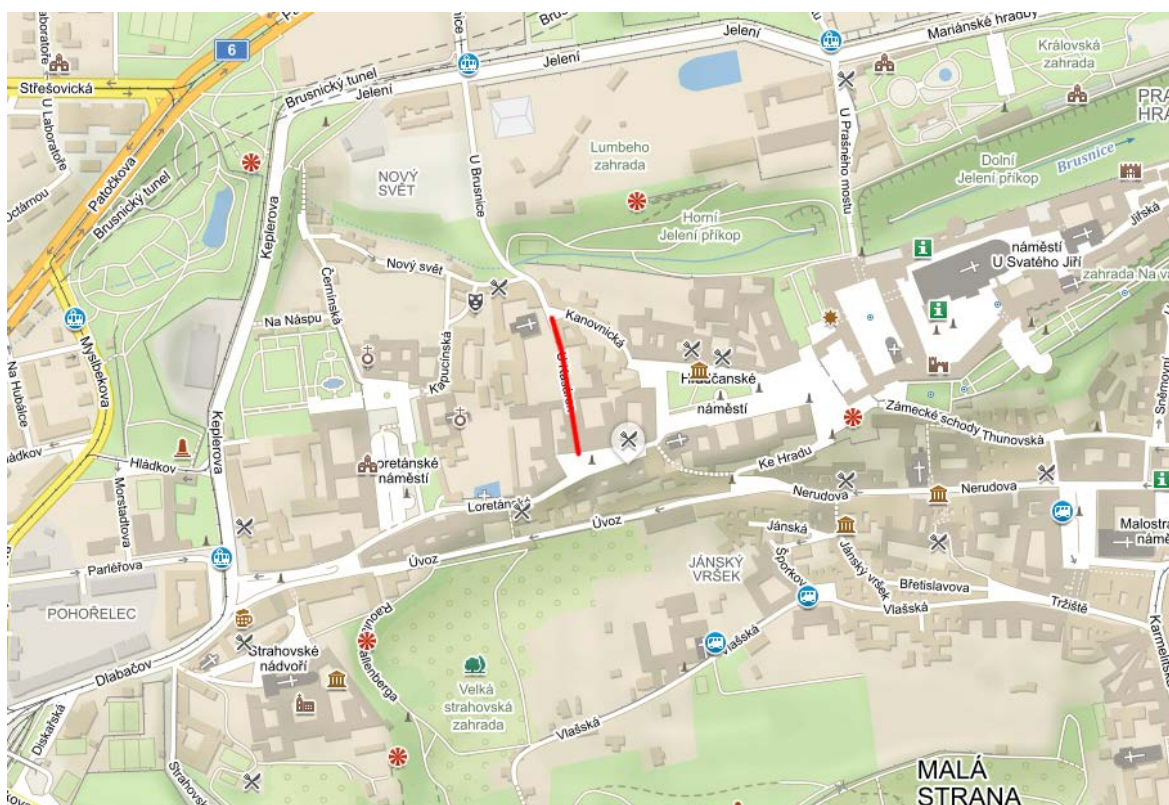
Stavbou bude vyřešeno bezproblémové odvedení odpadních a dešťových vod z příslušné oblasti a špatný technický stav kanalizace. Dojde ke zlepšení provozního a technického stavu potrubí v síti jednotné kanalizace.

Jsou posouzeny metody sanace stoky. Vzhledem k prostorovým poměrům, směrové vedení nabízí pouze možnost v původní trase. Pozornost je zaměřena i na možné varianty návrhu výškového vedení stoky.

Návrh je prováděn v souladu s Městskými standardy na území hl. m. Prahy, které mimo jiné vycházejí z ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky.

11.1 Místo stavby

Navržená stavba kanalizace bude vedena po pozemcích katastrálního území 727121 Hradčany, konkrétně po pozemcích č. 738 a 739.



Obr. 11.1: Mapa zájmové oblasti, červeně vyznačená ul. U Kasáren [30]

Tab. 11.1: Katastrální čísla pozemků

Katastrální území	Pozemek č.	Vlastník
Hradčany 727121	734	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 110 00, Praha 1
Hradčany 727121	738	Hlavní město Praha, Mariánské náměstí 2/2, Staré Město, 110 00, Praha 1

11.2 Popis území

Jedná se o souvislou městskou zástavbu s reprezentativními administrativními objekty v městské části Praha 1 – Hradčany v ulici U Kasáren. Jak název ulice napovídá, nejrozlehlejším komplexem v ulici jsou vojenské kasárny. Dále se zde nachází historická stavba kostela sv. Jana Nepomuckého. Území je památkově chráněno.

Ulice má v nejužším místě šířku 3 m včetně chodníku, šířka bez chodníku je pouze 2,5 m. V nejširším místě má ulice 7 m. Sklon terénu je mezi 6 a 7 %.

Povrch komunikace je tvořen štípanými dlažebními kostkami z granitických materiálů. Mozaika chodníku je ze štípaného bílého mramoru a sliveneckého vápence. V ulici nejsou žádné zelené plochy.



Obr. 11.2: Pohled do ul. U Kasáren z ul. Loretánská



Obr. 11.3: Pohled v ul. U Kasáren jižně do ul. Loretánská



Obr. 11.4: Pohled z ul. U Kasáren severně do ul. Kanovnická



Obr. 11.5: Pohled z ul. Kanovnická do ul. U Kasáren



Obr. 11.6: Pohled z ul. U Kasáren na křižovatku s ul. Kanovnická, po levé straně kostel sv. Jana Nepomuckého

11.3 Podklady

- katastrální mapa 1:1000 s polohopisem (2017)
- výpisy z katastru nemovitostí na dotčené pozemky podle Katastrálního úřadu hl. m. Prahy (30.10.2017)
- digitální podklady zaměření zájmového území od Institutu městské informatiky hl. m. Prahy (2017)
- digitální a mapové podklady podzemních sítí jednotlivých správců (2017)
- průzkum PVK (4.2016)
- rekognoskace terénu (07.10.2017)
- konzultace návrhu řešení s PVS a.s. a PVK a.s. (2017)
- výrobní výbor (2017)
- Podrobná inženýrsko-geologická mapa 1:5000 (1970)

11.4 Geologické poměry

Geologické podmínky v území byly ověřeny z databáze Geofondu (Kostelní 364/26, Praha 7). V mapových podkladech je území zpracováno podrobnými inženýrsko-geologickými mapami 1:5000, 7-1 Praha (1970).

11.4.1 Horniny skalního podkladu

V zájmové oblasti jsou horniny skalního podkladu tzv. Letenské vrstvy – tmavošedé droby a siltovce s lavicemi tmavých pískovců. [31]

11.4.2 Horniny pokryvných útvarů

Mocnost pokryvných útvarů je v severní části ulice od 2 metrů, v jižní části od 2 do 4 metrů. Jedná se o navážku hlíny a písčité hlíny s úlomky a suti břidlic, místy i pískovců - zvětraliny ordovických břidlic. [31] Stavba bude většinou probíhat v trase původní stoky, a tedy v zásypu původní stoky a v navážce.

11.4.3 Hydrogeologické poměry

Hloubka podzemní vody pod povrchem území je v ulici U Kasáren od 6 do 8 metrů. Stavba kanalizace by tedy neměla zasáhnout hladinu podzemní vody. Směr proudění podzemní vody je od jihu k severu. V oblasti je omezená puklinová propustnost s malou vododajností (řádová vydatnost studní menších profilů v setinách l/s). Zájmová oblast se nachází mimo záplavové území vodního toku Brusnice pro Q_{100} . [31]

11.5 Stávající stav

V současné době je odpadní a dešťová voda z oblasti ulice U Kasáren odváděna zděnou jednotnou kanalizací 600/1100. Technický stav kanalizace je velmi špatný. Klenba stoky je v mnoha místech vyboulená, často silně destruovaná, prostory stoky jsou zaplněny suti, šachty nesplňují Městské standardy na území hl. m. Prahy.

Stoka v ulici U Kasáren se dá rozdělit na tři úseky:

- **Úsek 1** mezi šachtami PŠ1⁶ (výška dna 253,33 m n. m.) a PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.), staničení 0 až 33 m,
- **Úsek 2** mezi šachtami PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) a PŠ3 (výška dna 260,87 m n. m.), staničení 33 až 71,5 m,
- **Úsek 3** mezi šachtou PŠ3 (výška dna 260,87 m n. m.) a uliční vpustí ÚV2 (výška dna asi 264,27 m n. m.), staničení 71,5 m až 129,4 m.

11.5.1 Úsek 1

Původní šachta PŠ1 (výška dna 253,33 m n. m.) byla v minulosti sanována, stejně tak i napojení přípojky z domu číslo popisné (dále č. p.) 72. Poklop a šachta již splňuje Městské standardy na území hl. m. Prahy.

Stoka je v prvním dolním úseku zděná vejčitého profilu 600/1100. Spárování cihel klenby je degradované. V minulosti zde proběhla sanace, kdy bylo ostění obnoveno vrstvou malty. Tato sanace pomohla k ochraně ostění před agresivními účinky odpadních vod a zlepšuje stabilitu stoky. Prostor žlábků, který je odtokem splašků nejvíce namáhaný, sanován nebyl nebo již byla vrstva malty odpadní vodou obroušena. Absence kvalitního žlábků tedy zapříčiňuje průsaky odpadní vody do podloží. Dále se ve stoce objevují ulpívající látky - inkrustace, nejvíce patrné na přípojce z domu č. p. 69.

Úsek končí ve spadišťové šachtě PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) ve staničení 33 m, do které je do dna zaústěna výše zmiňovaná přípojka z domu č. p. 69 profilu 600/1100. Dále je do stěny šachty zaústěna uliční vpust' ÚV1. Ostění šachty je degradované a čtvercový poklop nesplňuje Městské standardy na území hl. m. Prahy.

⁶ Značení PŠ – původní šachta, pro odlišení původního stavu a návrhu.



Obr. 11.7: Úsek 1 s patrnou původní sanací ostěni [32]



Obr. 11.8: Pohled zespod do spadiškové šachty se zaústěním uliční vpusti a úseku 2 stoky [32]

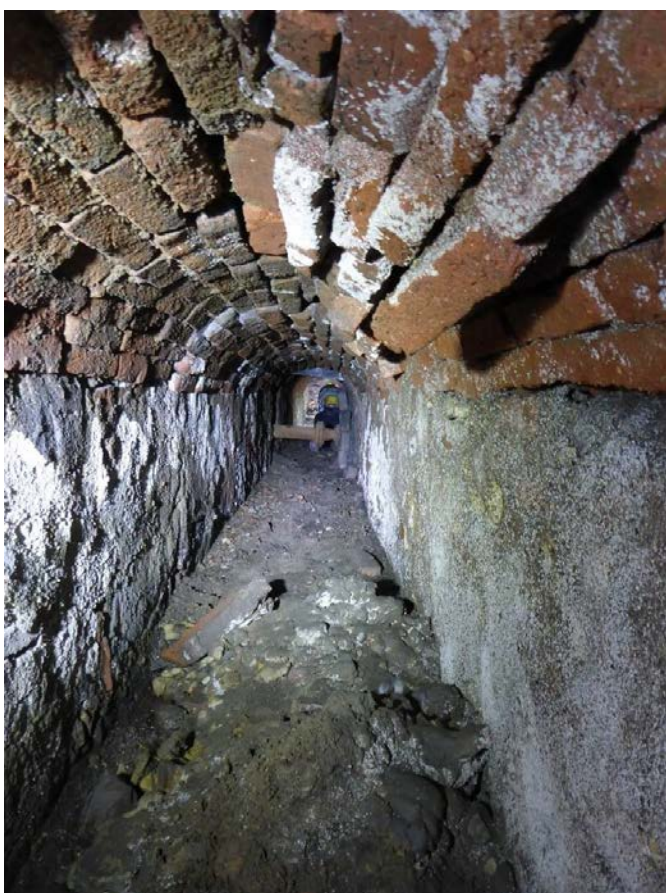


Obr. 11.9: Pohled shora do spadiškové šachty

11.5.2 Úsek 2

Od spadišťové šachty PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) směrem proti toku už musel být proveden průzkum, z bezpečnostních důvodů, specializovanou firmou. Klenba stoky je zde v některých místech poškozená tak, že by běžná vizuální prohlídka byla nebezpečná. Zároveň hromady sutě znemožňují průjezd kamery.

Asi 110 m od počátečního uzlu je poškozená a částečně destruovaná klenba stoky. V délce asi 5 m je klenba výrazně vyboulená, rozvolněná a v podstatě těsně před propadnutím. Některé vypadlé cihly jsou nahrazeny pásem lepenky. Pod poškozeným místem je hromada napadané zeminy a sutě. Z charakteru sutě je pravděpodobné, že se také jedná o injektážní směs, která se do stoky dostala při sanaci sklepů okolních domů. Pás lepenky byl tedy použit jako ucpávka otvoru, tak bylo zamezeno extrémnímu úniku injektážní směsi. Na obrázku 11.10 je také vidět vodovodní řad vedený skrz stoku.



Obr. 11.10: Vyboulená klenba s napadanou sutí, pohled jižně, směrem ke koncové šachtě. [33]



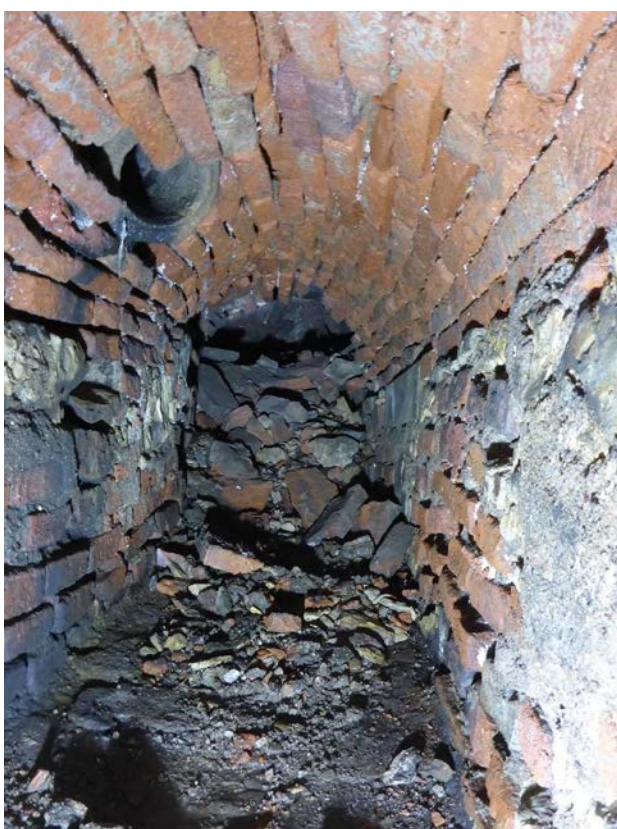
Obr. 11.11: Pohled do ulice U Kasáren severně, označené místo vyboulené klenby



Obr. 11.12: Lepenka použitá místo cihel [33]

11.5.3 Úsek 3

Zhruba 129,4 m od počátečního uzlu bylo zjištěno rozsáhlé poškození zdiva vtokové a revizní šachty. Uliční vpust' zde byla využita v rozporu s Městskými standardy na území hl. m. Prahy také jako koncová šachta. Šachta i navazující klenba jsou silně destruované, prostor šachty a přilehlé stoky je z 80 % zaplněn sutí z poškozené konstrukce. Za ostěním stoky se vytvářejí kaverny. Dochází k viditelnému prosedání litinové mříže uliční vpusti a hrozí její propadnutí do destruované stoky. Do klenby stoky byla v minulosti „vražená“ přípojka patrná na obr. 11.13.



Obr. 11.13: Pohled do koncové šachty zaplněnou sutí [33]



Obr. 11.14: Pohled do koncové šachty shora [33]



Obr. 11.15: Pohled do ulice U Kasáren severně, označené místo propadlé klenby

12 Vyhodnocení průzkumu

Vyhodnocení bylo provedeno metodou popsanou v kapitole 6.3 Hodnocení stavu stok na základě průzkumu. Vzhledem k tomu, že se jedná o historickou stoku starší 100 let, nebylo řešeno její zbytkové stáří.

Kompletní tabulky vyhodnocení viz Příloha 1: Tab. 23.1: Vyhodnocení úseků kanalizace a Příloha 2: Tab. 23.2: Vyhodnocení kanalizačních šachet.

12.1 Vyhodnocení úseků stoky

Ze souhrnu (Tab. 12.1) je patrné, že úsek mezi původní šachtou PŠ1 a šachtou PŠ2, o staničení 0 až 33 m, je ze všech zkoumaných úseků v nejlepším stavu. Poruchy zde nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnu je pravděpodobné zhoršování technického stavu. Z tohoto důvodu je vhodné úsek sanovat spolu se zbytkem zájmové oblasti.

Úsek mezi PŠ2 a PŠ3, staničení 33 až 71,5 m, je ve stavu zcela nevyhovujícím. Nutné je okamžité řešení poruch. Současný stav by mohl vést především k destrukci klenby stoky, zároveň stoka neplní svoji funkci, protože odtok odpadních vod stokou je prakticky nemožný.

Úsek mezi PŠ3 a ÚV2, staničení 71,5 m až 129,35 m, je v podobně nevyhovujícím stavu jako úsek předchozí. Navíc je tato koncová stoka zakončena uliční vpustí a postrádá tedy revizní šachtu, což je z hlediska provozu zakázané.

Tab. 12.1: Souhrn vyhodnocení úseků kanalizace⁷

Úsek	TSVU	NTUVU	CSVU
PŠ1 až PŠ2	3.0	4.0	3.3
PŠ2 až PŠ3	4.7	5.0	4.8
PŠ3 až ÚV2	4.7	5.0	4.8

⁷ TSVU – Technický stav vybraného úseku, NTUVU – Nejhorší hodnota technických ukazatelů vybraného úseku, CSVU – celkový stav vybraného úseku

12.2 Vyhodnocení kanalizačních šachet

Původní revizní šachta PŠ1 je ze zkoumaných šachet v nejlepším stavu. Během sanace je vhodné provést drobné opravy a upravit napojení nové stoky, jinak je vhodné tuto šachtu ponechat.

Poruchy PŠ2 dle vyhodnocení není nutné bezprostředně řešit. Revizní a spojná šachta však slouží zároveň jako šachta spadišťová. Pro provoz sítě je toto řešení nevhodné a je na místě skutečnost zohlednit při návrhu sanace.

PŠ3 je v nevyhovujícím stavu a je nutné řešit její sanaci v krátkém časovém horizontu. Jelikož dochází k postupnému propadání poklopu šachty a okolní klenby stoky, je její další provoz nebezpečný.

ÚV2 je uliční vpust' sloužící také jako koncová revizní šachta. Jak bylo výše zmíněno, tato skutečnost je pro provoz stoky nevhodná a je důležitá včasná sanace. Technický stav vpusti je zcela nevyhovující a jako v případě PŠ3 hrozí celková destrukce vpusti a okolní klenby stoky.

Tab. 12.2: Souhrn vyhodnocení šachet⁸

Šachta	TSKS	NTUKS	CSKS
PŠ1	1.0	2.0	1.3
PŠ2	2.7	4.0	3.1
PŠ3	4.3	5.0	4.5
ÚV2	4.3	5.0	4.5

⁸ TSKS – Technický stav kanalizační šachty, NTUKS – Nejhorší hodnota technických ukazatelů kanalizační šachty, CSKS – celkový stav kanalizační šachty

13 Hydrotechnické výpočty

Pro výběr výpočet a výběr technologie sanace můžeme rozdělit sanovanou část kanalizace na dva úseky:

- **První úsek** od PŠ1 (výšky dna 253,33 m n. m.) a staničení 0 m do PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) a staničení 33,00 m,
- **druhý úsek** od PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) a staničení 33,00 m do koncové uliční vpusti.

Jako technicky vhodné připadají tři varianty řešení sanace prvního úseku ve staničení 0,00-33,00 m:

- Varianta 1 – sanace v otevřeném výkopu,
- Varianta 2 – sanace zednický,
- Varianta 3 – výstelkování vytvrzovacími hadicemi (tzv. rukávci).

Pro druhý úsek jsou možné dvě varianty výškového vedení dna stoky, vždy provedené v otevřeném výkopu. Druhý úsek je ve staničení 33.00-130.40 m. Podrobný popis variant návrhu viz kapitola 14.

- Řešení bez spadiště
- Řešení se spadištěm

Vzhledem k malé rozloze území byl výpočet odtoku ze zájmové oblasti proveden jednoduchou racionální metodou. Jedná se o krátkou koncovou stoku, mohly být tedy zohledněny polohy uličních vpustí a přípojek z přilehlých objektů. V oblasti jsou odvodňovány především střechy a vnitrobloky objektů. Splašky jsou odváděny z budovy kasáren, pokud jejich maximální hodinový průtok splašků nepřesáhne 10 % průtoku dešťových vod, mohou být splašky zanedbány.

Nejprve byly určeny hranice odvodňované plochy území (viz grafická příloha 2). Jednotlivé odvodňované plochy byly určeny tak, jak náleží jednotlivým přípojkám a uličním vpustím ve skutečnosti. Nebyla tedy využita schematizace, jako je tomu např. u metody ideálních střech, která by ani neměla být používána pro území o větším sklonu terénu než je 5 %.

13.1 Odtok splašků

Pro odtok splašků z kasáren je uvažován splaškový průtok Q_{24} odvozený od počtu pracovních příležitostí:

$$Q_{pp} = \frac{q_{pp} \cdot N_{pp}}{86400} \quad (13.1)$$

N_{pp} počet pracovních příležitostí

q_{pp} specifická spotřeba pro 1 pracovní příležitost [$\text{l.pp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$] se uvažuje hodnotou $80 \text{ l.pp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ (zahrnuje specifickou spotřebu vody $60 \text{ l.pp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$ a specifické množství balastních vod $20 \text{ l.pp}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$)

Q_{pp} denní průtok splašků od pp [l.s^{-1}] [34]

Maximální hodinový průtok splašků z kasáren se vypočte podle vzorce:

$$Q_{hm} = Q_{pp} \cdot k_{h,max} \quad (13.2)$$

Q_{pp} denní průtok splašků od pp [l.s^{-1}]

$k_{h,max}$ součinitel maximální hodinové nerovnoměrnosti [-]

Q_{hm} maximální hodinový průtok splašků [l.s^{-1}] [34]

Je tedy zřejmé, že při počtu 200 pracovníků kasáren, koeficientu hodinové nerovnoměrnosti $k_{h,max} = 5,15$, není maximální hodinový průtok splašků Q_{hm} ani 1 l.s^{-1} a tedy menší než 10 % průtoku dešťových vod (viz tab 13.3). Splašky mohou být proto zanedbány. [34; 35]

13.2 Dešťový průtok

Odtokové množství způsobené dešti se spočítá dle vzorce:

$$Q = A \cdot \Psi \cdot i \quad (13.3)$$

- Q průtok dešťových vod [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]
A plocha odvodňovaného území [ha]
 Ψ součinitel odtoku [-]
i intenzita návrhového deště [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$] [2; 36]

$A \cdot \Psi$ je tedy redukovaná plocha [2; 36]

Periodicita zatěžujícího deště mnou počítané jednotné stokové soustavy se stanovuje dle Městských standardů na území hl. m. Prahy $p = 0,5$ o intenzitě $i_{10} = 205 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. U oddílné soustavy vždy a na jednotné síti nepřipojené na centrální stokový systém po souhlasu správce a provozovatele je $p = 1,0$ o intenzitě $i_{10} = 160 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$. [2; 36]

Hodnoty pro periodicitu $p = 1$ a $p = 0,5$ byly do Městských standardů vodovodů a kanalizací na území hl. města Prahy převzaty z čar náhradních dešťů používaných na území hl. m. Prahy (viz publikace P. Čížek, Hydrologie stokových sítí). [36; 34]

Součinitel odtoku Ψ byl stanoven na 0,9. Na odvodňovaném území se jedná o kombinaci střech s nepropustnou horní vrstvou, betonových ploch a dlažby. Pro čtyři stanovené odvodňované plochy v oblasti jsou výsledky v Tab. 13.1: Odvodňované plochy. [35]

Tab. 13.1: Odvodňované plochy a výpočet povrchového odtoku

č. plochy	A [ha]	Ψ [-]	Redukovaná plocha	i [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$]	Q [$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$]
1	0.020	0.9	0.018	205	4
2	0.450	0.9	0.405	205	83
3	0.490	0.9	0.441	205	90
4	0.040	0.9	0.036	205	7

13.3 Návrh dimenze stoky

Podle návrhového průtoku byla zjištěna dimenze úseku stoky. Nejmenší povolený průměr stoky dle standard je DN 300. Pro kruhový a vejčitý profil byly určeny základní údaje – obvod O , obsah S a hydraulický poloměr trub R , kde:

$$R = \frac{S}{O} \quad [36] \quad (13.4)$$

Pro výpočet podle rovnice Manninga byl koeficient drsnosti zvolen jednotný $n = 0,014$ dle Městských standardů na území hl. m. Prahy. Velikost drsnostního součinitele n v praxi kolísá v závislosti na materiálu, kvalitě a stáří stok. Pro výpočet je však vhodné uvažovat kvalitativní stav na hranici životnosti stoky. [2]

Tab. 13.2: Základní parametry profilů

Vejčitá stoka 600/1100	DN 300
$S = 0.513 \text{ m}^2$	$S = 0.071 \text{ m}^2$
$O = 2.725 \text{ m}$	$O = 0.942 \text{ m}$
$R = 0.188 \text{ m}$	$R = 0.075 \text{ m}$

Základem pro výpočet kapacitního průtoku je rovnice Chézyho:

$$Q_{kap} = S \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad (13.5)$$

Kapacitní rychlost v_{kap} je tedy:

$$v_{kap} = C \cdot \sqrt{R \cdot I} \quad (13.6)$$

Rychlostní součinitel je vypočítán dle Manninga:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} \quad (13.7)$$

Q_{kap}	kapacitní průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
v_{kap}	kapacitní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
S	plocha celého profilu [m^2]
C	rychlostní součinitel [$\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$]
n	koeficient drsnosti [-]
R	hydraulický poloměr [m]
I	poměrný sklon potrubí [-] [2; 34]

Pro určení v/v_{kap} a h/H , na základě vypočteného poměru Q/Q_{kap} , byly použity Hydraulické tabulky stok autorů J. Herle, O. Štefan aj. Turi Nagy. [37]

Doba dotoku v úseku je jednoduše spočtena následovně:

$$t = \frac{v}{l} \quad [2; 36] \quad (13.8)$$

- t doba toku v úseku
- v skutečná rychlost v úseku [m.s^{-1}]
- l délka úseku [m]

Je-li doba dotoku kratší než nejkratší uvažovaný déšť, dimenzuje se stoka na největší odtok. Trvá-li déšť kratší dobu, než je doba dotoku od začátku povodí do počítaného místa, dojde ke zpoždění – retardaci. Vrchol povodňové vlny se pohybuje dolními úseky, zatímco déšť skončil. [2; 36]

Tab. 13.3: Zjednodušená tabulka výpočtu (kompletní tabulka viz příloha 3: Tab. 23.3: Kompletní tabulka výpočtu)

Varianta sanace	Staničení [m]	I [%o]	Q [l.s^{-1}]	DN/VP [mm]	Q_{kap} [l.s^{-1}]	v_{kap} [m.s^{-1}]	v [m.s^{-1}]	h [mm]	Σt [s]
Varianta 1 bez spadiště	130.40 - 33.00	85	87	300	262	3.7	3.3	119	29
	33.00 - 0.00	64	185	300	227	3.2	3.6	205	39
Varianta 1 se spadištěm	130.40 - 80.70	60	87	300	220	3.1	2.9	131	17
	80.70 - 33.00	62	87	300	223	3.2	3.0	130	33
	33.00 - 0.00	64	185	300	227	3.2	3.6	205	42
Varianta 2 a 3 bez spadiště	130.40 - 33.00	85	87	300	262	3.7	3.3	119	29
	33.00 - 0.00	64	185	600 / 1100	3040	5.9	3.5	199	39
Varianta 2 a 3 se spadištěm	130.40 - 80.70	60	87	300	220	3.1	2.9	131	17
	80.70 - 33.00	62	87	300	223	3.2	3.0	130	33
	33.00 - 0.00	64	185	600 / 1100	3040	5.9	3.5	199	42

Z tabulky 13.3: Zjednodušená tabulka výpočtu (kompletní tabulka viz příloha 3: Tab. 23.3: Kompletní tabulka výpočtu) je patrné, že navržené profily kapacitně vyhovují. Kapacitní rychlosti přesahují 5 m.s^{-1} pouze ve variantě 2 a 3 při zachování vejčitého profilu. Zděné stoky s čedičovým žlábkem jsou však vhodné až do 10 m.s^{-1} . [2]

Vytvrzovací rukávce mají být, dle výrobců, odolné jako běžné materiály. Možné vyšší namáhání rukávce je však vhodné zohlednit v konečném výběru metod. V praxi však nelze

předpokládat, že by v zájmové oblasti došlo ke kapacitnímu plnění vejčitého profilu 600/1100.

Retardace řešena nebyla, protože doba dotoku v řešené zájmové oblasti je ve všech variantách sanace menší než 10 minut (doba dotoku zde nepřesahuje ani 1 minutu).

13.4 Tečné napětí

Posoudit tečné napětí na dně stoky je vhodné z toho důvodu, aby se odhalila místa případného zanášení stoky. Tečné napětí na dně stoky musí být větší než 4 Pa. V případě nedodržení této skutečnosti je vhodné změnit profil nebo sklon stoky. Pokud to možné není, navrhuje se častější proplach úseku.

$$\tau_u = \rho \cdot g \cdot R \cdot I \geq 4 \text{ Pa} \quad [35] \quad (13.9)$$

τ_u	gravitační zrychlení [Pa]
ρ	hustota odpadní vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
g	gravitační zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]
R	hydraulický poloměr [m]
I	sklon potrubí [-]

Tečná napětí jsou větší než 4 Pa, proto v případě žádné z variant nemusí být navržen dodatečný proplach stoky. Konkrétní hodnoty tečného napětí viz příloha 3: Tab. 23.3: Kompletní tabulka výpočtu.

14 Varianty návrhu

Vzhledem k technickému stavu celého zájmového úseku je na místě kompletní rekonstrukce kanalizace. Nutné je provést koordinaci s ostatními inženýrskými sítěmi. Pro výběr technologie sanace můžeme rozdělit sanovanou část kanalizace na dva úseky:

- **První úsek** od PŠ1 (výšky dna 253,33 m n. m.) a staničení 0 m do PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) a staničení 33,00 m,
- **druhý úsek** od PŠ2 (výška dna 255,45 m n. m.) a staničení 33,00 m do koncové uliční vpusti.

Úsek mezi první a druhou původní šachtou je v lepším technickém stavu, než úsek mezi druhou původní šachtou a koncovou uliční vpustí. Dle vyhodnocení průzkumu je celkový stav prvního úseku obodován hodnotou 3.3 - vyhovující a celkový stav druhého úseku 4.8 - nevhovující. Doporučeno je sanovat úseky oba.

Jako technicky vhodné připadají tři varianty řešení sanace prvního úseku ve staničení 0,00-33,00 m:

- Varianta 1 – sanace v otevřeném výkopu,
- Varianta 2 – sanace zednický,
- Varianta 3 – výstelkování vytvrzovacími hadicemi (tzv. rukávci).

Pro druhý úsek jsou možné dvě varianty výškového vedení dna stoky, vždy provedené v otevřeném výkopu. Druhý úsek je ve staničení 33.00-130.40 m.

- Řešení bez spadiště
- Řešení se spadištěm

14.1 Varianta 1 – Sanace v otevřeném výkopu (stan. 0,00-33,00 m)

První variantou sanace je výstavba v otevřeném výkopu. Vzhledem k prostorovým poměrům bude sanace stoky provedena v původní trase stávající kanalizace. Pažení bude provedeno pažícími boxy, v nevhodných prostorových podmínkách je možné použít zátažné pažení. Stavba se nachází v centru Prahy, kde není možné zřídit skládku rozebrané dlažby. Dlažební kostky budou tedy odvezeny na meziskládku k dalšímu použití. Vytěžený materiál musí být také odvážen. Zásypy výkopů se provedou průmyslově těženým štěrkopískem, případně štěrkodrtí. Hutnění zásypu je potřeba provádět po vrstvách, aby došlo ke kvalitnímu prohutnění.

Vzhledem k odtokovým poměrům bude původní vejčitý profil 600/1100 nahrazen kameninovým potrubím DN 300 s minimální hodnotou mezní únosnosti ve vrcholovém zatížení 80 kN/m o třídě pevnosti 200. [2]

Postup výstavby bude prováděn po úsecích od šachty k šachtě proti směru toku. Provizorní obtoky budou zřízeny mezi jednotlivými šachtami sanovaného úseku. Odtok z výše položené šachty bude vždy začílkován a odpadní voda bude přečerpávána do níže položených úseků. Způsob začílkování si volí stavba sama, ale běžný postup je využití nafukovacích balonů, které úsek zatěsní. Uliční vpusti budou zatěsněny a voda vedena v zájmové oblasti po povrchu. Sníží se tak objem přečerpávané vody.

V úzkém uličním profilu je nutné dbát na okolní zástavbu. Provádět v průběhu výstavby monitoring budov. Výkopy je vhodné zhotovit vždy v malých úsecích, provést uložení trub a výkop zasypat. Běžný požadavek stavebního dozoru, kdy má být odkrytý celý úsek mezi šachtami a provedena vizuální kontrola dozorem, nebude možné dodržet.

Zakreslení původních inženýrských sítí získané od správců sítí se nemusí shodovat se skutečností, proto je nutné postupovat při výkopu opatrně.

14.1.1 Napojení na stokový systém

Napojení celé sanované stoky proběhne v původní šachtě PŠ1 (výška dna 253,33 m n. m.). Tato šachta byla již v minulosti vystavěna nová, proto bude provedena jen úprava nátoku sanované kanalizace, další rekonstrukce není potřeba.

Ve vzdálenosti 10,18 m od napojení v původní šachtě bude zřízena nová revizní šachta Š2 (výška dna 253,98 m n. m.) z důvodu směrového lomu stoky. Původní zděná stoka zde byla vedena v oblouku bez šachty.

14.1.2 Řešení domovní přípojky č. p. 69

Ve staničení 33,00 bude původní spadišťová šachta, do které byla napojena též přípojka z domu č. p. 69, nahrazena pouze atypickou spojnou šachtou Š3. Vzhledem k prostorovým poměrům zde není možné zřídit dvě šachty – přechodovou z profilu přípojky 600/1100 na DN 300 a následně spojnou dle normy. Proto bude zřízena atypická spojná šachta s upraveným žlábkem tak, aby bylo vhodně provedeno napojení zděné vejčité přípojky. Spadiště bude posunuto nebo zrušeno v závislosti na řešení výškového vedení druhého úseku kanalizace (viz 14.4).

14.1.3 Technické výhody varianty 1

- Původní stoka bude vytěžena a nebude překážet v malém uličním profilu,
- bude položeno nové potrubí ze silnostěnné kameniny v celé délce,
- během výstavby kanalizace se mohou sanovat i ostatní sítě v okolí v otevřeném výkopu.

14.1.4 Technické nevýhody varianty 1

- Stavba otevřeným výkopem bude probíhat pomalu v úzké ulici,
- možné zatížení stěn rýhy okolní zástavbou závislé na stavu základů staveb a podsklepení,
- doprava výkopku a zásypu ve stísněných uličních prostorech historické zástavby,
- musí být upraven nátok do původní šachty PŠ1 ve staničení 0 m.

14.2 Varianta 2 – Sanace zednický (stan. 0,00-33,00 m)

Druhá varianta sanace umožňuje využití bezvýkopových technologií v prvním úseku mezi PŠ1 a PŠ2. Druhý úsek musí být sanován otevřeným výkopem vzhledem k jeho technickému stavu (viz 14.4)

Dle vyhodnocení průzkumu je stav úseku mezi první a druhou původní šachtou obodován hodnotou 3.3, jako vyhovující. Celý úsek bude nejdříve vyčištěn, dále budou opraveny lokální závady, jako jsou trhliny, místa s posunem zdiva, vymleté spáry apod. Poté může být provedena injektáž stoky, pro odstranění průsaků a zlepšení statické stability klenby. Vhodné je před injektáží provést průzkum georadarem a zjistit polohu případných dutin v okolí ostění stoky.

Dále bude provedena sanace žlábků stoky a to tak, že původní bude nahrazen čedičovými žlaby. Staré kameninové žlábků se vyndají a nové čedičové se usadí na speciální tmel vhodný pro čedičový materiál.

Obtok bude prováděn ze začílkované PŠ2 do PŠ1 přečerpáváním.

14.2.1 Popis injektáže

Injektáž především řeší vyplnění dutých prostor nad stokou. Dojde tak ke zkontaktování horninového masivu s tělesem stoky, kanalizace se tak zatěsňuje a vyhoví tlakové zkoušce. Zaplnění bude provedeno nízkotlakou injektáží zevnitř stoky. Vrtky budou provedeny do vrcholu klenby stoky s tím, že v patě klenby (v prsou) budou provedeny kontrolní vrtky ke sledování dosahu injektáže po celém obvodu. Injektáž bude prováděna z vrtů délky 500 mm profilu 40 mm, ve vzdálenosti 1 m. Kontrolní vrtky v dolní části klenby budou stejného profilu a ve vzdálenosti též 1 m. Po zaplnění otvoru ve stropě bude následovat další stropní vrt. Injektáž se předpokládá ve dvou stupních. To znamená, že se nepředpokládá při jednonásobné injektáží docílení potřebného zaplnění při dodržení předepsaného injektážního tlaku. Každý vrt bude tedy po provedení první injektáže převrtán a injektován znovu. Injektážní tlak nesmí přesáhnout 0,15 MPa na ústí vrtu. V případě silně oslabených a rozvolněných úseků se uvažuje s množstvím 1,4-1,9 m³ směsi na 1 bm stoky. Rychlost injektáže bude 5 l.min⁻¹. [38]

14.2.2 Napojení na stokový systém

Při tomto způsobu sanace nemusí být upraven nátok do původní šachty PŠ1. Dále nebude zhotovena 10,18 m od napojení v původní šachtě nová revizní šachta Š2, nevznikne lom, jako je tomu u výměny zděné stoky za potrubí ve variantě 1.

14.2.3 Řešení domovní přípojky č. p. 69

Ve staničení 33,00 m bude původní spadišťová šachta, do které byla napojena též přípojka z domu č. p. 69, nahrazena spojnou šachtou Š2. Spadiště bude posunuto nebo zrušeno, dle řešení výškového vedení druhého úseku kanalizace (viz 14.4).

14.2.4 Technické výhody varianty 2

- Zhotovení sanací bude rychlejší než v případě otevřeného výkopu,
- nebude rozebrána dlažba,
- nemusí být zásadně upraven nátok do původní šachty PŠ1 ve staničení 0 m,
- ubude jedna revizní šachta oproti variantě 1.

14.2.5 Technické nevýhody varianty 2

- Při injektáži je nebezpečí zaplnění sousedních sklepů, musí se tedy postupovat velmi opatrně,
- kapacitně není potřeba dimenze 600/1100.

14.3 Varianta 3 – Výstelkování vytvrzovacími hadicemi (stan. 0,00-33,00 m)

Třetí varianta sanace prvního úseku mezi PŠ1 a PŠ2 využívá též bezvýkopových metod, konkrétně výstelkování profilu na místě vytvrzovanými hadicemi. Výstelka je před zasunutím do profilu stoky napuštěna z vnější strany pryskyřicí. Po zasunutí se výstelka tlakem vody, páry nebo vzduchu přitlačí k povrchu trub a po vytvrzení vytvoří vodotěsnou vrstvu, plnící částečně i statickou funkci. Způsob vytvrzování závisí na dodavateli technologie. V tomto případě bude pravděpodobně finančně nevýhodné vytvrzování tlakem vody. Profil potrubí je příliš velký a bylo by použito velké množství vody. Výstelkování profilu je především výhodné časově.

Obtok bude prováděn ze začílkované PŠ2 do PŠ1 přečerpáváním.

14.3.1 Napojení na stokový systém

Detail nátok do původní šachty PŠ1 bude pracovníky začištěn a upraven. Nová revizní šachta Š2 ve staničení 10,18 m nebude zhotovena, nevznikne lom, jako je tomu u výměny zděné stoky za potrubí ve variantě 1.

Poloměr oblouku v úseku není menší než 3·D, oblouk tedy nebrání využití této metody výstelkování. [14]

14.3.2 Řešení domovní přípojky č. p. 69

Původní spadišťová šachta ve staničení 33,00 m, do které byla napojena též přípojka z domu č. p. 69, bude nahrazena spojnou šachtou Š2. Umístění spadiště bude posunuto nebo zcela zrušeno, dle řešení výškového vedení druhého úseku kanalizace (viz 14.4). Řešení tohoto detailu je tedy stejné jako v případě druhé varianty.

14.3.3 Technické výhody varianty 3

- Zhotovení sanací bude rychlejší než v případě otevřeného výkopu,
- nebude rozebrána dlažba,
- nemusí být zásadně upraven nátok do původní šachty PŠ1 ve staničení 0 m,
- ubude jedna revizní šachta oproti variantě 1.

14.3.4 Technické nevýhody varianty 3

- Před protahováním musí být kanalizace precizně vyčištěna, aby došlo ke kvalitnímu přilnutí rukávce ke zdivu. Při zanedbání správného postupu hrozí při velkých průtocích v kanalizaci utržení rukávce a ucpání níže položené revizní a spojné šachty.

14.4 Sanace druhého úseku mezi PŠ2 a koncovou šachtou (stan. 33,0-130,4 m)

Vzhledem ke stavu stoky a ostatních sítí v tomto úseku není možné provést sanaci bezvýkopovou technologií. Prostorové poměry jednoduše neumožňují např. sanaci ražbou štoly pomocí LB rámů, navíc by v této hloubce byla ražba finančně nevýhodná. Kdyby byla bezvýkopová sanace přesto možná, stejně by v okolí stoky zůstaly ostatní původní sítě v nevhodném umístění. Podle fotodokumentace z průzkumu vodovod kanalizaci kříží a je veden skrz stoku. Vzhledem ke stísněnému prostoru v uličním profilu už není možnost starý vodovod zrušit a vést vodovod mimo původní umístění. Stejně tak plynovodní potrubí je velmi pravděpodobně vedeno v nedostatečné vzdálenosti.

Druhý úsek bude tedy řešen stavbou v otevřeném výkopu s dvěma možnostmi výškového vedení. Profil 600/1100 bude nahrazen DN 300. Zmenšení profilu je na základě výpočtu možné. V případě otevřeného výkopu jsou nevýhodou zemní práce ve ztížených prostorových podmínkách. V úzkém uličním profilu je nutné dbát na okolní zástavbu. Provádět v průběhu výstavby monitoring budov. Výkopy je vhodné zhotovit vždy v malých úsecích, provést uložení trub a výkop zasypat. Běžný požadavek stavebního dozoru, kdy má být odkrytý celý úsek mezi šachtami a provedena vizuální kontrola dozorem, nebude možné dodržet. V tomto úseku je vhodné před začátkem stavby statikem posoudit vhodnost pažení boxy nebo zátažným pažením a dále v rámci pasportizace (viz kapitola 14.9) ověřit hloubku sklepů. Se statikem by mělo být konzultováno zajištění stěn objektů a zdí parcel 170/2, 171 a 173/1.

14.4.1 Dvě možnosti výškového vedení druhého úseku

Od šachty ve staničení 33,00 m až ke koncové šachtě ve staničení 130,40 m jsou možné dva způsoby výškového vedení:

- Řešení bez spadiště
- Řešení se spadištěm

Řešení bez spadiště

Pokračování ze dna šachty ve staničení 33,00 m by bylo v plynulém sklonu 85 ‰ až do koncové šachty. Maximální rychlost kapacitního průtoku v úseku nepřesáhne 5 m/s.

Výhodou tohoto provedení je pohodlné vykřížení vodovodu s dodržáním odstupových vzdáleností. Dále nebude muset být zhotoveno spadiště. Nevýhodou jsou větší zemní práce ve ztížených prostorových podmínkách úzkého uličního profilu.

Řešení se spadištěm

Přibližně 5 m od šachty ve staničení 33,00 m bude zřízeno spadiště dle normy. Od spadiště ke koncové šachtě se bude pokračovat přibližně ve sklonu terénu 60 ‰ v hloubce 2,5 m. Výhodou řešení jsou menší zemní práce ve ztížených prostorových podmínkách úzkého uličního profilu. Nevýhodou je nutnost zhotovení spadiště, které je finančně nákladné (viz kapitola 15 Ekonomické vyhodnocení). Spadiště také bude dalším objektem na síti, o který se musí provozovatel starat.

14.4.2 Revizní a koncová šachta

Revizní šachta mezi šachtou ve staničení 33,00 m a koncovou šachtou bude zřízena tak, aby nebyla přesáhnuta maximální vzdálenost mezi šachtami 50 m a tedy ve staničení 80,75 m. Proti původní šachtě bude nová posunuta o 9,3 m proti toku. Nová koncová šachta je navržena ve staničení 130,40 m a nahradí původní koncovou uliční vpust'. Staničení šachet bude stejné v obou variantách výškového vedení.

14.5 Uliční vpusti a ostatní přípojky

Uliční vpusti jsou navrženy přibližně tak, aby neodvodňovaly více než 400 m² plochy vozovky (výjimečně lze navrhnout až 600 m²). UV1 je nově umístěna do staničení 31,30 m a UV2 je posunuta na staničení 119,62 m. Bude tak docíleno optimálního odtoku z ulice. [2] Přípojka z domu č. p. 72 ústí do PŠ1, která sanována nebude. Nátok přípojky byl již vyřešen při sanaci v minulosti. Přípojka z domu č. p. 180 bude vhodně přepojena do odbočky. Řešení napojení přípojky z domu č. p. 69 je uvedeno u jednotlivých variant návrhu. Ostatní domovní přípojky nebyly v archivu kanalizace, při průzkumu či z povrchu nalezeny.

14.6 Koordinace s ostatními sítěmi

V oblasti je vhodné navrhnout ostatním správců inženýrských sítí sanaci jejich vedení. Především v případě rekonstrukce kanalizace v otevřeném výkopu bude dlažba rozebrána a posléze zhotoveny nové povrchy, je proto nevhodné nechávat pod novou vozovkou staré sítě.

14.6.1 Vodovod

Během výstavby kanalizace bude provedena obnova vodovodu též v otevřeném výkopu. Vzhledem k prostorovým poměrům bude vodovod uložen v původní trase, pouze před vjezdem do objektu č. p. 69 bude vodovod veden mimo úroveň chodníku ve vozovce. Potrubí bude použito z tvárné litiny DN 100.

Při použití bezvýkopového způsobu sanace prvního úseku stoky může být sanace vodovodu v souběhu s tímto úsekem provedena též bezvýkopově. Vhodná by byla metoda trhání starého vedení, jelikož původní potrubí je průměru DN 80, nové by bylo průměru DN 100.

Nejmenší dovolená vzdálenost vnějšího líce vodovodního potrubí při křížení:

- vodorovná 0,6 m s kanalizací a 0,5 m s plynovodním potrubím;
- svislá 0,1 m s kanalizací a 0,15 m s plynovodním potrubím. [9]

Nejmenší dovolené krytí vodovodu ve vozovce je 1,5 m. [9]

14.6.2 Plyn

Se správcem sítě by měla být projednána koordinace sanace plynovodu v oblasti. Bohužel odstupové vzdálenosti původního vedení lze v projektu pouze odhadnout. Pravděpodobně vede v některých úsecích nad původní kanalizací. Pokud by tak bylo i ve skutečnosti, je vhodné navrhnout přeložku plynovodu. V případě, že nelze při křížení sítí vést plynovodní potrubí nad vodovodem, stokou a kanalizační přípojkou, musí být uloženo v chrániče. [9]

Nejmenší dovolená vzdálenost vnějšího líce vodovodního potrubí při křížení:

- vodorovná 1,0 m s kanalizací (při souběhu možno snížit na 0,4 m) a 0,5 m s vodovodem;
- svislá 0,5 m s kanalizací a 0,15 m s vodovodem. [9]

Nejmenší dovolené krytí plynovodního potrubí ve vozovce je 1,0 m. [9]

14.6.3 Ostatní sítě

Ostatní sítě budou ponechány v původní trase. Podle zákresů správců sítí jsou mimo výkop pro sanaci kanalizace.

14.7 Dopravně inženýrské opatření

Během výstavby v zájmové oblasti dojde samozřejmě k dočasnému omezení dopravy. Dopravně inženýrské opatření (DIO) zajišťuje bezpečný provoz účastníků dopravy, případně navrhuje objízdné trasy.

Ulice U Kasáren je jednosměrná ulice ve směru od křižovatky s ulicí Kanovnická ke křižovatce s ulicí Loretánská. Dopravou je ulice U Kasáren využívána zřídka a je snadné zřídít objíždku do ulice Loretánská přes Pohořelec. Ulice U Kasáren bude při použití všech výše zmíněných způsobů sanace kanalizace uzavřena pro veřejnost. V závislosti na způsobu sanace bude různá délka trvání uzavírky. Vhodnou etapizací výstavby bude zajištěn přístup do objektů č. p. 72 a 69.

14.8 Stavební stroje

Pro výkopy ve stísněných podmínkách je doporučeno používat midirypadla (šířka zhruba 2 m) a minirypadla (šířka 1 až 1,5 m). Pro nejhlubší části stoky je dosah midirypadla dostatečný, případně je možné využít ručního výkopu pro dokončení rýhy do požadované hloubky. V místech s velkou hustotou podzemních inženýrských sítí je uvažován ruční výkop. Na stavbě bude materiál dopravován smykem řízeným nakladačem.

Odvoz materiálu ze stavby bude zajištěn malým nebo středním nákladním automobilem z prostoru křižovatky ulic U Kasáren, Kanovnická a U Brusnice nebo v případě potřeby z prostoru křižovatky ulic U Kasáren a Loretánská.

14.9 Monitoring stavby

Během výstavby v ulicích hl. m. Prahy je doporučeno provádět monitoring během stavby a pasportizaci před zahájením stavebních prací. Obzvláště v zájmové oblasti ulice U Kasáren, kde jsou výkopy prováděny v těsné blízkosti historických staveb, je monitoring vhodný. Důvodem monitoringu není jen předcházení poškození okolních objektů, komunikací atd., pasportizace a záznamy z měření mohou být použity při případných soudních sporech.

14.9.1 Pasportizace

Před zahájením stavebních prací je vhodné provést pasportizaci zájmové oblasti za účelem zdokumentování okamžitého stavu objektů, komunikací, oplocení atd. V této oblasti je vhodné prověřit hloubku sklepů. Pasportizace slouží jako důkaz, že případné poruchy zjištěné před zahájením stavby nemohly vzniknout během stavby. Po ukončení stavby se provede repasportizace, ve které se zdokumentují všechny změny ve srovnání s úvodní pasportizací. [39]

14.9.2 Nivelační měření

Principem nivelačního měření je sledování relativní změny polohy geodetických bodů (nivelačních značek) umístěných na sledovaných objektech ve svislém směru. Používá se také při sledování výškové stability resp. změn dotčených komunikací, sítí městské infrastruktury, ohrožených povrchových objektů atd. Nivelační body jsou instalovány na vybraná místa a před zahájením stavebních prací je na nich provedeno vstupní zaměření (jsou odečteny výchozí nulové hodnoty), ke kterým budou následná měření vztahována. [39]

14.9.3 Přesné měření deformací

Deformometrické měření slouží ke zjištění případných změn velikosti trhlin na určených objektech. Na vytypované trhliny zjištěné při pasportizaci se osazují dvou až čtyř terčíkové deformační body. [39]

14.9.4 Měření technické seismicity a odezvy stavebních objektů

Jednorázové kontrolní měření se provádí na vybraných objektech podle výsledků provedené pasportizace, jejich aktuálního stavebně-technického stavu a podle postupu stavby. Souběžně s měřením technické seismicity se sleduje deformační vývoj na vybraných trhlínách zájmových stavebních objektů. [39]

14.9.5 Geotechnický dohled na stavbě

Geotechnický dohled spočívá v koordinaci bezpečnostního měření, v dokumentování průběhu prací, sledování a průběžném hodnocení všech veličin bezpečnostního a kontrolního měření. Geotechnický dohled je nedílnou součástí monitoringu. [39]

15 Ekonomické vyhodnocení

Pro odhad ceny byly použity ceny z ceníkové soustavy ÚRS 2017/II.

15.1 Varianta 1 - otevřeným výkopem (stan. 0,00-33,00 m)

Tab. 15.1: Odhad ceny varianty 1

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta 1 - otevřeným výkopem, staničení 0.00 - 33.00 m				
Odstranění povrchu vozovky - kostky ¹⁾	m ²	138	233.00	32 154.00
Odstranění povrchu chodníku - mozaika ¹⁾	m ²	70	206.00	14 420.00
Obnova krytu vozovka - kostky ²⁾	m ²	138	1 018.00	140 484.00
Obnova krytu chodníku - mozaika ³⁾	m ²	70	805.00	56 350.00
Otevřený výkop pažení boxem ⁴⁾	m ³	150	1 798.00	269 700.00
Bourání původní zděné stoky 600/1100 ¹⁾	m	33	3 280.00	108 240.00
Uložení potrubí DN 300 silnostěnná kamenina ⁵⁾	m	33	3 834.00	126 522.00
Revizní šachta ⁶⁾	ks	1	32 728.00	32 728.00
Atypická spojná šachta ⁷⁾	ks	1	515 000.00	515 000.00
Napojení DN 300 do šachty	ks	1	13 390.00	13 390.00
Uliční vpust'	ks	1	8 240.00	8 240.00
Zásyp stěrkodrtí nebo štěrkopískem	m ³	150	722.00	108 300.00
Cena celkem bez DPH				1 425 528.00

- 1) S odvozem na meziskládku/skládku 20 km
- 2) 90 % využití původní dlažby, 10% nová dlažba
- 3) 80 % využití původní dlažby, 20 % nová dlažba
- 4) Šířka výkopu 1,2 m; délka 33 m; hloubka 3,78 m, těžitelnost 3 nebo 4, odvoz na meziskládku 20 km
- 5) Není pod hladinou podzemní vody
- 6) Hloubka 3,46 m
- 7) Hloubka 3,87 m, napojení stoky DN 300 a zděné přípojky 600/1100

15.1.1 Slovní hodnocení varianty 1

Z odhadu ceny je patrné, že významnou položkou je atypická spojná šachta. Podle odhadu ostatních variant však zjistíme, že atypické napojení přípojky 600/1100 do stoky DN 300 se cenově neliší od kvalitní spojné šachty profilů ve stejné dimenzi 600/1100.

15.2 Varianta 2 - sanace zednický (stan. 0,00-33,00 m)

Tab. 15.2: Odhad ceny varianty 2 s injektáží

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta 2 - sanace zednický, staničení 0.00 - 33.00 m				
Čištění	m	33	756.00	24 948.00
Injektáž zevnitř stoky ¹⁾	m	33	67 229.00	2 218 557.00
Sanace zednický 600/1100 - přespárování	m	33	5 415.00	178 695.00
Čedičový žlábek	m	33	4 094.00	135 102.00
Spojná šachta ²⁾	ks	1	515 000.00	515 000.00
Přepojení uliční vpusti	ks	1	5 150.00	5 150.00
Cena celkem bez DPH				3 077 452.00

Tab. 15.3: Odhad ceny varianty 2 bez injektáže

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta 2 - sanace zednický bez injektáže, staničení 0.00 - 33.00 m				
Čištění	m	33	756.00	24 948.00
Sanace zednický 600/1100 - přespárování	m	33	5 415.00	178 695.00
Čedičový žlábek	m	33	4 094.00	135 102.00
Spojná šachta ²⁾	ks	1	515 000.00	515 000.00
Přepojení uliční vpusti	ks	1	5 150.00	5 150.00
Cena celkem bez DPH				858 895.00

- 1) Vrtý 500 mm dlouhé, průměr 40 mm, s rozestupy po 1 m, vrtý provedeny v klenbě a vždy dva kontrolní v prsou klenby stoky, max injektážní tlak 0,15 MPa na ústí vrtu, cca 1,4 - 1,9 m³ směsi na 1 bm stoky, rychlost injektáže 5 l/min.
- 2) Hloubka 3,87 m, napojení stoky 600/1100 a zděné přípojky 600/1100

15.2.1 Slovní hodnocení varianty 2

V případě varianty 2 je největší a rozhodující položkou injektáž stoky. Je tedy vhodné před návrhem udělat průzkum georadarem, zda je injektáž skutečně potřeba, případně v jakém rozsahu. Kamerové průzkumy však naznačují, že klenbu je vhodné alespoň trochu injektážně zpevnit a zatěsnit. Nelze tedy předpokládat, že injektáž bude možné zcela vypustit.

15.3 Varianta 3 - výstelkování vytvrzovacími hadicemi (stan. 0,00-33,00 m)

Tab. 15.4: Odhad ceny varianty 3

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta 3 - výstelkování vytvrzovacími hadicemi, staničení 0.00 - 33.00 m				
Čištění	m	33	756.00	24 948.00
Protažení rukávce 600/1100	m	33	12 360.00	407 880.00
Spojná šachta ¹⁾	ks	1	515 000.00	515 000.00
Přepojení uliční vpusti	ks	1	5 150.00	5 150.00
Cena celkem bez DPH				952 978.00

1) Hloubka 3,87 m, napojení stoky 600/1100 a zděné přípojky 600/1100

15.3.1 Slovní hodnocení varianty 3

Cena varianty 3 je nejnižší, rozdíl s variantou 1 není tak zásadní a je vhodné zvážit provozní výhody a nevýhody obou variant.

15.4 Varianta bez spadiště - otevřeným výkopem (stan. 33,00-130,40 m)

Tab. 15.5: Odhad ceny varianty bez spadiště

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta bez spadiště - otevřeným výkopem, staničení 33,00 - 130,40 m				
Odstranění povrchu vozovky - kostky ¹⁾	m ²	290	233.00	67 570.00
Odstranění povrchu chodníku - mozaika ¹⁾	m ²	178	206.00	36 668.00
Obnovení krytu vozovka - kostky ²⁾	m ²	290	1 018.00	295 220.00
Obnova krytu chodníku - mozaika ³⁾	m ²	178	805.00	143 290.00
Otevřený výkop pažení boxem ⁴⁾	m ³	422	1 798.00	758 756.00
Bourání původní zděné stoky 600/1100 ¹⁾	m	97	3 280.00	319 472.00
Uložení potrubí DN 300 silnostěnná kamenina ⁵⁾	m	97	3 834.00	373 432.00
Revizní šachta ⁶⁾	ks	2	30 746.00	61 492.00
Napojení DN 300 do šachty	ks	1	13 390.00	13 390.00
Uliční vpust'	ks	1	8 240.00	8 240.00
Zásyp stěrkodrtí nebo štěrkopískem	m ³	422	722.00	304 684.00
Cena celkem bez DPH				2 382 214.00

- 1) S odvozem na meziskládku/skládku 20 km
- 2) 90 % využití původní dlažby, 10% nová dlažba
- 3) 80 % využití původní dlažby, 20 % nová dlažba
- 4) Šířka výkopu 1,2 m; délka 97,4 m; hloubka 3,61 m, těžitelnost 3 nebo 4, odvoz na skládku 20 km
- 5) Není pod hladinou podzemní vody
- 6) Hloubka 2,50 a 3,75 m

15.4.1 Slovní hodnocení varianty bez spadiště

V porovnání varianty se spadištěm je rozhodující položkou otevřený výkop a zásyp. Rozdíl ceny mělčí šachty je nepodstatný a projevil by se při větším počtu šachet.

15.5 Varianta se spadištěm - otevřeným výkopem (stan. 33,00-130,40 m)

Tab. 15.6: Odhad ceny varianty se spadištěm

Popis	Měrná jednotka	Množství	Jednotková cena	Cena bez DPH
Varianta se spadištěm - otevřeným výkopem, staničení 33,00 - 130,40 m				
Odstranění povrchu vozovky - kostky ¹⁾	m ²	290	233.00	67 570.00
Odstranění povrchu chodníku - mozaika ¹⁾	m ²	178	206.00	36 668.00
Obnova krytu vozovka - kostky ²⁾	m ²	290	1 018.00	295 220.00
Obnova krytu chodníku - mozaika ³⁾	m ²	178	805.00	143 290.00
Otevřený výkop pažení boxem ⁴⁾	m ³	310	1 798.00	557 380.00
Bourání původní zděné stoky 600/1100 ¹⁾	m	97	3 280.00	319 472.00
Uložení potrubí DN 300 silnostěnná kamenina ⁵⁾	m	97	3 834.00	373 432.00
Revizní šachta ⁶⁾	ks	2	28 763.00	57 526.00
Spadiště ⁷⁾	ks	1	580 000.00	580 000.00
Napojení DN 300 do šachty	ks	1	13 390.00	13 390.00
Uliční vpust'	ks	1	8 240.00	8 240.00
Zásyp stěrkodrtí nebo štěrkopískem	m ³	310	722.00	223 820.00
Cena celkem bez DPH				2 676 008.00

- 1) S odvozem na meziskládku/skládku 20 km
- 2) 90 % využití původní dlažby, 10% nová dlažba
- 3) 80 % využití původní dlažby, 20 % nová dlažba
- 4) Šířka výkopu 1,2 m; délka 97,4 m; hloubka 2,65 m, těžitelnost 3 nebo 4, odvoz na skládku 20 km
- 5) Není pod hladinou podzemní vody
- 6) Hloubka vždy 2,50 m
- 7) Spádový stupeň 1,5 m - hloubka dna potrubí na vtoku 2,45 m, na výtoku 3,93 m

15.5.1 Slovní hodnocení varianty se spadištěm

V případě varianty se spadištěm ušetříme za otevřený výkop a zásyp. Cena spadiště je však vysoká a v tomto případě, na tak krátkém úseku kanalizace, se spadiště nevyplatí.

16 Technicko-ekonomické vyhodnocení

Při konečném výběru nejvhodnější metody sanace se nabízí jednoduchá úvaha – cena nadevše. Nejlevnější metoda však nemusí být vždy ta nejvhodnější ohledně budoucího provozování stokové sítě.

Následující tabulka obsahuje shrnutí technických a ekonomických výhod a nevýhod z kapitol 14 Varianty návrhu a 15 Ekonomické vyhodnocení.

Tab. 16.1: Shrnutí variant

	Výhody	Nevýhody	Cena
Varianta 1 otevřeným výkopem stan. 0,00 – 33,00 m	<ul style="list-style-type: none"> - vytěžení původní stoky - šetření místa v uličním profilu - nové potrubí - sanace ostatních sítí v otevřeném výkopu 	<ul style="list-style-type: none"> - dlouhá doba výstavby - upravení nátok do původní šachty PŠ1 - možné zatížení stěn rýhy okolní zástavbou - doprava výkopku a zásypu ve stísněných uličních prostorech 	1 425 528
Varianta 2 sanace zednický stan. 0,00 – 33,00 m	<ul style="list-style-type: none"> - Relativně rychlé zhotovení sanace - nebude rozebrána dlažba - nemusí být zásadně upraven nátok do původní šachty PŠ1 - méně revizních šachet proti variantě 1 	<ul style="list-style-type: none"> - nebezpečí zaplnění sousedních sklepů při injektáži - cena injektáže - kapacitně není potřeba dimenze 600/1100 	Od 858 895 do 3 077 452
Varianta 3 výstelkování vytvrzovacími hadicemi stan. 0,00 – 33,00 m	<ul style="list-style-type: none"> - Relativně rychlé zhotovení sanace - nebude rozebrána dlažba - nemusí být zásadně upraven nátok do původní šachty PŠ1 - méně revizních šachet proti variantě 1 - cena výstavby 	<ul style="list-style-type: none"> - vysoké nároky na provedení sanace - nebezpečí vyššího mechanického namáhání rukávce - kapacitně není potřeba dimenze 600/1100 	952 978
Varianta bez spadiště otevřeným výkopem stan. 33,00 - 130,40 m	<ul style="list-style-type: none"> - pohodlné vykřížení vodovodu s dodržáním odstupových vzdáleností - absence spadiště - nižší cena 	<ul style="list-style-type: none"> - více zemních prací ve ztížených prostorových podmínkách úzkého uličního profilu. 	2 382 214
Varianta se spadištěm otevřeným výkopem stan. 33,00 - 130,40 m	<ul style="list-style-type: none"> - méně zemních prací ve ztížených prostorových podmínkách úzkého uličního profilu 	<ul style="list-style-type: none"> - nutnost zhotovení spadiště - vyšší cena 	2 676 008

16.1 Shrnutí variant ve staničení 0,00-33,00 m

Při výběru vhodné varianty sanace úseku ve staničení 0,00 m až 33,00 m lze vyloučit variantu 2 – sanaci zednický. Injektáž je v tomto případě finančně nevýhodná a nelze předpokládat, že by bylo možné injektáž zcela neprovádět. Kromě absence jedné revizní šachty nenabízí žádné provozní výhody proti variantě 1.

Varianta 3 – sanace vytvrzovacím rukávcem je ekonomicky výhodná. Finanční úspora však, dle mého názoru, nepřeváží možná provozní rizika.

Z těchto důvodů je nejvýhodnější varianta 1 – sanace otevřeným výkopem. Doba výstavby není v tomto zájmovém úseku tolik rozhodující, nejedná se o důležitou dopravní tepnu. Nutné je při provádění otevřeného výkopu brát v potaz malou šířku uličního profilu a okolní zástavbu. Vhodné je tedy provádět výkop po malých úsecích. Doporučen je též kvalitní monitoring okolních objektů během výstavby.

Důvodů, proč nejsou finančně výhodnější bezvýkopové metody sanace je několik. Jedná se o krátký úsek kanalizace v relativně malé hloubce. Hlavním důvodem je však fakt, že je možné rapidní zmenšení profilu, proti původní zděné stoe. Kdyby se jednalo o obnovu v původní dimenzi, je možné předpokládat, že bezvýkopové metody budou výhodnější.

16.2 Shrnutí variant ve staničení 33,00-130,40 m

V případě výběru varianty sanace v úseku ve staničení 33,00 m až 130,40 m je rozhodování snadné. Varianta se spadištěm sice požaduje méně zemních prací, ale cenu spadiště vykompenzovat nedokáže. Vynechání složitěho objektu, bez dodatečných finančních nákladů, v souladu s normami a standardy, je výhodné. Provozovatel se o tento objekt nemusí v budoucnu starat. Výhodou v případě varianty bez spadiště je také pohodlné vykřížení vodovodu a kanalizace vlivem většího zahloubení kanalizace.

Nutné je při provádění otevřeného výkopu brát v potaz malou šířku uličního profilu a okolní zástavbu. Zvýšená pozornost musí být při provádění výkopu kolem stěn domů a zdí parcel 170/2, 171 a 173/1.

17 Závěr

Teoretická část byla zaměřena především na průzkum stokové sítě, jeho vyhodnocení a bezvýkopové sanace kanalizace. Zde bych upozornil na absenci platné normy v oboru vyhodnocení průzkumu. Provozovatelé sítě nebo zhotovitelé vyhodnocení průzkumů mají vlastní metodiky. Má to své opodstatnění. Každý provozovatel spravuje jiný druh sítě (různé materiály, dimenze, soustavy, systémy atd.), proto je vhodné, když používá jemu vyhovující metodiku navrženou pro konkrétní místo a potřeby. Dále jsem se zabýval bezvýkopovými sanacemi stok. V praxi je tento obor terminologicky poměrně zmatečný. Problematikou se zabývá několik norem a publikací, z nichž každé dílo nabízí jiné dělení metod a občas jinou terminologii. Přehlednosti nepomáhají ani dodavatelé technologií, kteří si volí vlastní komerční názvy technologií. Některé termíny výrobců se tak objevují i v publikacích, které by měly mít nezávislý pohled.

V praktické části práce jsem se věnoval rekonstrukci kanalizace v ulici u Kasáren v Praze 1 – Hradčany. Nevyhovující stav stoky plynoucí z průzkumu vyžaduje kompletní rekonstrukci kanalizace. Jedná se o koncový úsek stokové sítě, bylo proto vhodné ověřit, zda není možné současný vejčítý profil 600/1100 zmenšit. Ušetřit tak prostor ve stísněném uličním profilu a snížit finanční náklady sanace. Pro daný úsek vyhověla dimenze DN 300. Vzhledem k tomu, že se jedná o malé území, byla pro ověření použita racionální metoda výpočtu odtokového množství.

Další zkoumanou otázkou byl výběr vhodné metody sanace zájmového úseku kanalizace. Kde to bylo možné, byly zkoumány bezvýkopové metody sanace s vidinou šetření doby výstavby a financí. V tomto případě, navzdory mému očekávání, nejsou bezvýkopové technologie výhodné finančně nebo technicky. Nevýhodnosti bezvýkopových technologií zde mimo jiné napomáhá fakt, že je možné zmenšení dimenze stoky. Doporučen je tedy způsob rekonstrukce v otevřeném výkopu a nahrazení současné zděné stoky kameninovým potrubím DN 300. Platí tedy, že bezvýkopové metody šetří finance jen za určitých podmínek a je vhodné ověřit, zda nebude konvenční způsob sanace výhodnější.

Při metodě otevřeného výkopu je v úzkém uličním profilu nutné dbát na okolní zástavbu. Provádět v průběhu výstavby monitoring budov. Výkopy je vhodné zhotovit vždy v malých úsecích, provést uložení trub a provést zásyp. Před začátkem stavby je doporučeno statikem posoudit vhodnost pažení boxy nebo zátažným pažením a zajištění stěn objektů a zdí okolních parcel.

Posledním řešeným problémem bylo, zda zachovat spadiště na stoce a menším zahlubováním stoky ušetřit na zemních pracích. Zhotovení spadiště se však z ekonomického hlediska jeví jako nevhodné. Zároveň i technicky a především provozně je výhodná varianta bez spadiště. Doporučuji tedy variantu bez spadiště s větším sklonem podélného profilu stoky.

18 Seznam literatury a podkladů

- [1] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění odpadních vod: popis principu a systémů odvádění odpadních vod : technologie čištění odpadních vod a zpracování kalů* [online]. Brno: Ardec, 2006 [cit. 2017-10-12].
- [2] *Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. města Prahy: Kanalizační část. 4. aktualizace.* Praha: Hl. m. Praha, 2017.
- [3] ŠEJNOHA, Jiří. *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí.* Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2003.
- [4] *ČSN EN 13508-2+A1: Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku.* Praha: UNMZ, 2011.
- [5] *Urbanismus a územní rozvoj.* 2008, **21**(4).
- [6] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Problematika navrhování venkovních podtlakových systémů stokových sítí.* Brno, 2011.
- [7] ŠKAŘUPOVÁ, Karolína. *Návrh sanace vybrané části stokové sítě ve městě Valašské Meziříčí.* Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Jaroslav Raclavský.
- [8] *Vyhodnocení průzkumu stokové sítě: Rozšíření dešťové kanalizace u objektu č. 22.* Praha: ČZU, 2009.
- [9] *ČSN 73 6005: Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.* Český normalizační institut, 1994.
- [10] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území: koncepční přístup.* Vyd. 1. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [11] *DNUC: Vše pro daňáře a účetní* [online]. ČR: Wolters Kluwer ČR, a. s., 2017 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: https://www.dauc.cz/dokument/?modul=li&cislo=91464&search_query=%24index%3D66&well=danarionline
- [12] SOLAŘ, Jaroslav. *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb.* První. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. ISBN 978-80-247-2672-4.

- [13] ČSN EN 752: *Odvodňovací systémy vně budov*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [14] KLEPSATEL, František a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [15] *Wombat* [online]. akta.cz, b.r. [cit. 2017-10-18]. Dostupné z: <http://www.wombat.cz/>
- [16] ČSN EN 15885 (756121): *Klasifikace a funkční vlastnosti technologií pro renovace a opravy stok a kanalizačních přípojek*. Praha: ÚNMZ, 2012.
- [17] LANDSDORF, Aleš. *Stavební připravenost pro ukládání potrubí bezvýkopovou technologií*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT FSv. Vedoucí práce Karel Kříž.
- [18] *NODIG: Zpravodaj České společnosti pro bezvýkopové technologie*. Praha, 2015, **21**(3). ISSN 1214-5033.
- [19] *TNV 75 6120: Renovace a oprava stokových sítí a kanalizačních přípojek*. Praha: Hydroprojekt CZ a.s., 2010.
- [20] *NODIG: Zpravodaj české společnosti pro bezvýkopové technologie*. Praha, 2016, **22**(1). ISSN 1214-5033.
- [21] *NODIG: Zpravodaj České společnosti pro bezvýkopové technologie*. Praha, 2011, **17**(1). ISSN 1214-5033.
- [22] *Benassi: Infrastructure technologies* [online]. Italy: Benassi, 2017 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <http://www.benassisrl.com>
- [23] *Unitracc: RIB-LOC-Relining-System* [online]. Germany: Visaplan, 2017 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <http://www.unitracc.com>
- [24] *VAK Stavby* [online]. Praha: VAK Stavby, 2017 [cit. 2017-11-09]. Dostupné z: <http://www.vakstavby.cz/>
- [25] ČSN EN 12889: *75 6115 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [26] *Interglobal Duo s.r.o.* [online]. Praha: Interglobal Duo s.r.o., 2014 [cit. 2017-11-13]. Dostupné z: <http://www.interglobal.cz/>
- [27] *Čermák a Hrachovec: Výstavba inženýrských sítí* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-10-19]. Dostupné z: <http://www.cerhra.cz/>

- [28] *Hermes Technologie* [online]. Praha: Hermes Technologie, 2015 [cit. 2017-12-06].
Dostupné z: <http://www.hermes-technologie.com/cz/>
- [29] *Eutit* [online]. Stará Voda: Eutit, 2010 [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: www.eutit.cz
- [30] *Mapy.cz* [online]. Praha: mapy.cz, 2017 [cit. 2017-10-17]. Dostupné z:
<https://mapy.cz/>
- [31] *Podrobná inženýrsko-geologická mapa [1:5000]. 2.* Praha: Inženýrská geodézie n.p.
Praha, 1970.
- [32] *Kamerový průzkum stoky v ulici U Kasáren.* Praha, 2016.
- [33] ŘEHÁK, Josef. *Poškození stoky v ulici U Kasáren, Praha 1 - Hradčany: Nálezová zpráva.* Praha: Řehák - Speleo s.r.o., 2016.
- [34] *Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy: Kanalizační část.* Praha: Hl. m. Praha, 2001.
- [35] *ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky.* Praha: UNMZ, 2012.
- [36] SPILKA, Tomáš. *Rekonstrukce kanalizace v ulici Černomořská.* Praha, 2016.
Bakalářská práce. ČVUT FSv. Vedoucí práce Ing. Marcela Synáčková, CSc.
- [37] HERLE, Jaromír, Oldřich STEFAN a Jozef NAGY. *Hydraulické tabulky stok.* 1. vyd.
Praha: SNTL, 1971, 136 s.
- [38] SPILKA, Tomáš a Luděk ULRICH. *Injektáž: firemní dokument.* Praha, 2015.
- [39] RAŠÍNOVÁ, Jana. *Návrh monitoringu - Inset s.r.o.* Praha, 2015.
- [40] *American Society for Quality: Learn about quality* [online]. USA: American Society for Quality, 2017 [cit. 2017-10-20]. Dostupné z: <http://asq.org/learn-about-quality/process-analysis-tools/overview/fmea.html>

19 Seznam obrázků

Obr. 3.1: Modifikovaná soustava [1].....	12
Obr. 4.1: Vejčítý profil (Pražský normál), tlamový profil a hruškový profil [2]	13
Obr. 9.1: Kanalizační robot [15]	28
Obr. 9.2: Zprůchodnění zaslepené přípojky [15].....	28
Obr. 9.3 Záplatová metoda [15].....	29
Obr. 9.4: Instalace rukávce [18]	31
Obr. 9.5: Instalovaný a vytvrzený rukávec [18]	31
Obr. 9.6: Schéma vložkování souvislým potrubím [16].....	32
Obr. 9.7: C Profil zatahovaného potrubí [22].....	33
Obr. 9.8: Schéma aplikace potrubí se zmenšeným profilem z výroby [16]	33
Obr. 9.9: Aplikace potrubí s profilem zmenšeným na stavbě [16].....	34
Obr. 9.10: Schéma provádění metody Rib-Loc [23]	35
Obr. 9.11: Pneumatické propichovací kladivo [27].....	37
Obr. 10.1: Detail tlakového spárování maltou [28].....	40
Obr. 10.2: Tlakové spárování maltou [28]	40
Obr. 10.3: Schéma metody odstředivého nástřiku [28].....	42
Obr. 10.4: Schéma metody mokrého stříkání [28]	42
Obr. 10.5: Zděná stoka sanovaná čedičovým žlábkem [29]	43
Obr. 10.6: Čedičový žlab s bočnicí [29]	43
Obr. 10.7: Injektáž z vnitřku štolý za ostění [27]	46
Obr. 10.8: Injektáž z povrchu za ostění [27]	46
Obr. 11.1: Mapa zájmové oblasti, červeně vyznačená ul. U Kasáren [30]	47
Obr. 11.2: Pohled do ul. U Kasáren z ul. Loretánská	48
Obr. 11.3: Pohled v ul. U Kasáren jižně do ul. Loretánská.....	48
Obr. 11.4: Pohled z ul. U Kasáren severně do ul. Kanovnická	49
Obr. 11.5: Pohled z ul. Kanovnická do ul. U Kasáren	49
Obr. 11.6: Pohled z ul. U Kasáren na křižovatku s ul. Kanovnická, po levé straně kostel sv. Jana Nepomuckého.....	49
Obr. 11.7: Úsek 1 s patrnou původní sanací ostění [32]	52

20 Seznam tabulek

Tab. 4.1: Výrobní řada kruhových profilů [2]	14
Tab. 4.2: Výrobní řada vejčitých profilů pražského typu [2]	14
Tab. 6.1: Příklad popisu kódů z ČSN EN 13508-2+A2 [4].....	18
Tab. 6.2: Kategorie zatřídění stavu stokové sítě a objektů na stokové síti [8]	22
Tab. 6.3: Zatřídění TSVU, TSKS, CKSS a CSKS do kategorií [6]	22
Tab. 6.4: Technické ukazatele na stokové síti [8]	23
Tab. 7.1: Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí [9]	24
Tab. 7.2: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v m [9]	25
Tab. 7.3: Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení podzemních sítí v m [9].....	26
Tab. 11.1: Katastrální čísla pozemků	48
Tab. 12.1: Souhrn vyhodnocení úseků kanalizace	55
Tab. 12.2: Souhrn vyhodnocení šachet.....	56
Tab. 13.1: Odvodňované plochy a výpočet povrchového odtoku	59
Tab. 13.2: Základní parametry profilů.....	60
Tab. 13.3: Zjednodušená tabulka výpočtu	61
Tab. 15.1: Odhad ceny varianty 1	74
Tab. 15.2: Odhad ceny varianty 2 s injektáží	75
Tab. 15.3: Odhad ceny varianty 2 bez injektáže.....	75
Tab. 15.4: Odhad ceny varianty 3	76
Tab. 15.5: Odhad ceny varianty bez spadiště	77
Tab. 15.6: Odhad ceny varianty se spadištěm	78
Tab. 16.1: Shrnutí variant.....	79
Tab. 23.1: Vyhodnocení úseků kanalizace	89
Tab. 23.2: Vyhodnocení kanalizačních šachet	90
Tab. 23.3: Kompletní tabulka výpočtu	91

21 Seznam příloh

- Příloha 1: Tab. 23.1: Vyhodnocení úseků kanalizace
Příloha 2: Tab. 23.2: Vyhodnocení kanalizačních šachet
Příloha 3: Tab. 23.3: Kompletní tabulka výpočtu
Příloha 4: Mapa zájmové oblasti, vyznačena ul. U Kasáren, formát A4
Příloha 5: Skutečný průzkum (pouze v tištěné verzi práce)

22 Seznam grafických příloh

- Grafická příloha 1: Původní stav 1:500
Grafická příloha 2: Odvodňované plochy 1:1000
Grafická příloha 3: Varianta 1 – bez spadiště – sanace v otevřeném výkopu 1:500
Grafická příloha 4: Varianta 1 – se spadištěm – sanace v otevřeném výkopu 1:500
Grafická příloha 5: Varianta 2 a 3 – bez spadiště 1:500
Grafická příloha 6: Varianta 2 a 3 – se spadištěm 1:500
Grafická příloha 7: Podélný profil – původní stav 1:500/100
Grafická příloha 8: Podélný profil – Varianta 1 bez spadiště 1:500/100
Grafická příloha 9: Podélný profil – Varianta 1 se spadištěm 1:500/100
Grafická příloha 10: Podélný profil – Varianta 2 a 3 bez spadiště 1:500/100
Grafická příloha 11: Podélný profil – Varianta 2 a 3 se spadištěm 1:500/100
Grafická příloha 12: Charakteristické řezy
Grafická příloha 13: Obnova povrchů 1:500

23 Přílohy

Příloha 1

Tab. 23.1: Vyhodnocení úseků kanalizace

Úsek	Použité TU	Třída	W_i	$TU \cdot W_i$	TSVU	NTUVU	CSVU
PŠ1 až PŠ2	TU1	3	0.40	1.20	3.0	4.0	3.3
	TU2	3	0.25	0.75			
	TU3	4	0.10	0.40			
	TU6	1	0.05	0.05			
	TU7	2	0.05	0.10			
	TU8	4	0.05	0.20			
	TU9	3	0.10	0.30			
	Celkem			1.00			
PŠ2 až PŠ3	TU1	5	0.40	2.00	4.7	5.0	4.8
	TU2	5	0.25	1.25			
	TU3	4	0.10	0.40			
	TU6	1	0.05	0.05			
	TU7	4	0.05	0.20			
	TU8	5	0.05	0.25			
	TU9	5	0.10	0.50			
	Celkem			1.00			
PŠ3 až ÚV2	TU1	5	0.40	2.00	4.7	5.0	4.8
	TU2	5	0.25	1.25			
	TU3	4	0.10	0.40			
	TU6	1	0.05	0.05			
	TU7	5	0.05	0.25			
	TU8	5	0.05	0.25			
	TU9	5	0.10	0.50			
	Celkem			1.00			

Příloha 2

Tab. 23.2: Vyhodnocení kanalizačních šachet

Šachta	Použité TU	Třída	W_i	$TU \cdot W_i$	TSKS	NTUKS	CSKS
PŠ1	TU1	1	0.35	0.35	1.0	2.0	1.3
	TU2	1	0.20	0.20			
	TU3	1	0.10	0.10			
	TU6	1	0.05	0.05			
	TU7	1	0.05	0.05			
	TU9	2	0.10	0.20			
	TU11	1	0.05	0.05			
	TU12	1	0.10	0.10			
	Celkem		1.00	1.00			
PŠ2	TU1	3	0.35	1.05	2.7	4.0	3.1
	TU2	3	0.20	0.60			
	TU3	3	0.10	0.30			
	TU6	1	0.05	0.05			
	TU7	3	0.05	0.15			
	TU9	3	0.10	0.30			
	TU11	4	0.05	0.20			
	TU12	5	0.10	0.50			
	Celkem		1.00	2.65			
PŠ3	TU1	5	0.35	1.75	4.3	5.0	4.5
	TU2	5	0.20	1.00			
	TU3	4	0.10	0.40			
	TU6	3	0.05	0.15			
	TU7	4	0.05	0.20			
	TU9	5	0.10	0.50			
	TU11	5	0.05	0.25			
	TU12	5	0.10	0.50			
	Celkem		1.00	4.25			
ÚV2	TU1	5	0.35	1.75	4.3	5.0	4.5
	TU2	5	0.20	1.00			
	TU3	4	0.10	0.40			
	TU6	3	0.05	0.15			
	TU7	5	0.05	0.25			
	TU9	5	0.10	0.50			
	TU11	5	0.05	0.25			
	TU12	5	0.10	0.50			
	Celkem		1.00	4.30			

Příloha 3

Tab. 2.3.3: Kompletní tabulka výpočtu

Varianta sanace	Staničení [m]	I [%]	Q [l.s ⁻¹]	DN/VP [mm]	Q _{kap} [l.s ⁻¹]	v _{kap} [m.s ⁻¹]	Q/Q _{kap} [-]	h/H [-]	v/v _{kap} [m.s ⁻¹]	v [m.s ⁻¹]	h [mm]	l [m]	t [s]	∑t [s]	R [mm]	τ _u [Pa]
Varianta 1 bez spadiště	130.40 - 33.00	85	87	300	262	3.7	0.33	0.40	0.90	3.3	119	97.4	29	29	64	53
	33.00 - 0.00	64	185	300	227	3.2	0.81	0.68	1.11	3.6	205	33.0	9	39	88	55
Varianta 1 se spadištěm	130.40 - 80.70	60	87	300	220	3.1	0.39	0.44	0.94	2.9	131	49.7	17	17	68	40
	80.70 - 33.00	62	87	300	223	3.2	0.39	0.43	0.94	3.0	130	47.7	16	33	68	41
Varianta 2 a 3 bez spadiště	33.00 - 0.00	64	185	300	227	3.2	0.81	0.68	1.11	3.6	205	33.0	9	42	88	55
	130.40 - 33.00	85	87	300	262	3.7	0.33	0.40	0.90	3.3	119	97.4	29	29	64	53
Varianta 2 a 3 se spadištěm	33.00 - 0.00	64	185	600 / 1100	3040	5.9	0.06	0.18	0.60	3.5	199	33.0	9	39	147	92
	130.40 - 80.70	60	87	300	220	3.1	0.39	0.44	0.94	2.9	131	49.7	17	17	68	40
Varianta 2 a 3 se spadištěm	80.70 - 33.00	62	87	300	223	3.2	0.39	0.43	0.94	3.0	130	47.7	16	33	68	41
	33.00 - 0.00	64	185	600 / 1100	3040	5.9	0.06	0.18	0.60	3.5	199	33.0	9	42	147	92

Q průtok dešťových vod [l.s⁻¹]

I sklon potrubí [%]

DN/VP dimenze kruhového nebo vejčitého profilu [mm]

v_{kap} kapacitní rychlost [m.s⁻¹]

Q_{kap} kapacitní průtok [l.s⁻¹]

v skutečná rychlost v úseku [m.s⁻¹]

h hladina vody v potrubí při návrhovém průtoku [mm]

H hladina vody v potrubí při kapacitním plnění [mm]

l délka úseku [m]

t doba toku [s]

R hydraulický poloměr [m]

τ_u tečné napětí [Pa]

Příloha 4: Mapa zájmové oblasti, červeně vyznačena ul. U Kasáren, formát A4 [30]

