



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

TECHNOLOGIE BEZVÝKOPOVÝCH OPRAV POTRUBNÍCH SÍTÍ

TECHNOLOGY OF TRENCHLESS REHABILITATION OF PIPELINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Pleva

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Kárník

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Ondřej Pleva**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jan Kárník**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technologie bezvýkopových oprav potrubních sítí

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bezvýkopové technologie oprav potrubních sítí se v posledních letech staly velice důležitou metodou oprav potrubních systémů. Jejich hlavní výhodou je možnost sanace potrubí bez rozsáhlých zemních prací. Využití těchto technologií se tedy přímo nabízí v hustě osídlených městských oblastech, pod liniovými stavbami, případně pokud potrubní síť prochází obtížně dostupnými oblastmi.

Cíle bakalářské práce:

Cílem této bakalářské práce bude seznámení se s danou problematikou a vypracování uceleného přehledu jednotlivých metod, zhodnocení vhodnosti použití daných bezvýkopových technologií na potrubí z odlišných materiálů. Důležité bude srovnání kladů a záporů jednotlivých metod.

Seznam doporučené literatury:

KLEPSATEL, F., RACLAVSKÝ, J.: Bezvýkopová výstavba a obnova podzemního vedení. JAGA GROUP s.r.o., Bratislava, 2007. ISBN 978-80-8076-053-5.

KOŽÍŠEK, F.: Hygienická rizika a podmínky pro aplikaci bezvýkopových technologií. In: Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací. Medim s.r.o. Líbeznice pro SOVAK ČR, Praha 2008; ISBN 978-80-87140-07-9; str. 83-88.

RACLAVSKÝ, J.: Slovník pojmů ve výstavbě: doporučený standard - metodická řada DOS M 01.01.BVT: bezvýkopové technologie. Praha: Informační centrum České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, 2004. Doporučené standardy metodické. ISBN 80-86769-- 4-0.

Česká společnost pro bezvýkopové technologie, <http://www.czstt.cz/>, přístup 22. říjen 2015.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá bezvýkopovými metodami obnov potrubních sítí. Sleduje tedy různé způsoby oprav, renovací a výměn potrubí bez nutnosti rozsáhlých výkopových prací.

V úvodu se práce zabývá klasifikací poruch a poškození potrubí, dále pak lokalizací těchto poruch a metodami čištění potrubí. Tyto činnosti bývají zpravidla nezbytnou součástí samotných sanací. Hlavní část práce je věnována podrobnému popisu jednotlivých metod obnov potrubních sítí. V závěru se práce zaměřuje na srovnání s konvenčními postupy a dále na zhodnocení a srovnání jednotlivých metod.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezvýkopové, kanalizace, vodovod, čištění potrubí, oprava potrubí, renovace potrubí, výměna potrubí, CIPP

ABSTRACT

Content of bachelor thesis is aimed on trenchless methods of rehabilitation underground pipe networks. It includes several repairs, renovations and replacements without need of open cut.

At its beginning, thesis is focused on classification of different types of pipe defects, their localization and cleaning methods. Mentioned activities are in most cases essential part of pipe rehabilitation. Main part of thesis is dedicated to detail description of individual rehabilitation methods. At the end the aim of the thesis moves toward assessment and cooperation of trenchless methods in relation one to another and also in relation to open cut.

KEY WORDS

Trenchless, sewers, water conduit, pipe cleaning, pipe repair, pipe renovation, pipe replacement, CIPP

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE

PLEVA, O. *Technologie bezvýkopových oprav potrubních sítí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Kárník.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracoval samostatně a v příloženém seznamu jsem správně uvedl veškeré použité zdroje.

V Brně, 24. 5. 2017

Ondřej Pleva

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych využil tohoto prostoru a poděkoval panu Ing. Václavu Szturcovi z firmy WOMBAT s.r.o, paní Ing. Janě Křížové a Ing. Jakubu Hoffmannovi z firmy ZEPRIS s.r.o. a pracovníkům firmy Aquatis s.r.o., kteří se se mnou ochotně podělili o své poznatky a zkušenosti při využití bezvýkopových technologií v praxi.

Veliké díky patří mojí mamince paní PhDr. Marii Plevové, Ph.D. za jazykovou korekturu.

Hlavní poděkování patří vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Janu Karníkovi, a to zejména za zadání a precizaci zajímavého tématu, následné četné cenné rady při jeho zpracování i za pomoc při řešení všech nejasností včetně formálních náležitostí práce.

OBSAH

Slovník pojmů.....	11
1. Úvod.....	12
2. Poruchy podzemních vedení.....	13
2. 1 Přirozené stárnutí materiálu.....	13
2. 1. 1 Vliv koroze na kvalitu potrubí.....	13
2. 2 Změna vlastností transportovaných médií.....	14
2. 3 Použití nekvalitního stavebního materiálu, konstrukční vady a nízká kvalita práce.....	14
2. 4 Vnější vlivy.....	15
3. Kontrola stavu a průchodnosti vedení.....	16
3. 1 Snímání kamerou.....	16
3. 1. 1 Přenosné TV zařízení.....	16
3. 1. 2 Digitální přenosné zařízení.....	16
3. 2 Zkouška těsnosti podzemního vedení.....	17
3. 2. 1 Zkouška těsnosti vodou.....	17
3. 2. 2 Zkouška těsnosti vzduchem.....	17
3. 3 Georadary.....	18
3. 3. 1 Elektromagnetické detektory.....	18
3. 3. 2 Georadar.....	18
3. 4 Zjišťování míst úniku z potrubí.....	19
3. 4. 1 Povrchová detekce.....	19
3. 4. 2 Detekce pomocí dvou snímačů.....	20
4. Čištění potrubí.....	21
4. 1 Hydraulické čištění potrubí.....	21
4. 1. 1 Proplachování.....	21
4. 1. 2 Vysokotlaké čištění.....	21
4. 1. 3 Sání.....	22
4. 2 Mechanické čištění potrubí.....	23
4. 2. 1 Ruční.....	23
4. 2. 2 Škrabky.....	23
4. 2. 3 Rotační čištění.....	23
4. 2. 4 Úderná zařízení.....	23
4. 2. 5 Vrtná a frézovací zařízení.....	23
4. 3 Hydraulicko-mechanické čištění potrubí.....	24
4. 3. 1 Čištění nástroji upoutanými na laně.....	24
4. 3. 2 Čištění neupoutaným nástrojem s vysílačem.....	24

4. 3. 3 Lasičkování	24
5. Bezvýkopové metody oprav potrubí	25
5. 1 Oprava dvousložkovou kapalinou	25
5. 2 Záplatové metody oprav lokálně porušených vedení	27
5. 2. 1 Short Liner	27
5. 2. 2 Snap lock	27
5. 2. 3 Link Pipe	28
5. 3 Oprava s použitím kanálobotů	28
5. 4 Metody oprav zaústění přípojek	29
5. 4. 1 Technologie "klobouk"	29
5. 4. 2 Technologie Injekt	29
6. Bezvýkopová renovace potrubí	31
6. 1 Cementace vnitřního povrchu potrubí	31
6. 2 Výstelka z epoxidových pryskyřic a polyuretanu	32
6. 3 Zatahování dočasně zdeformovaných trub	33
6. 3. 1 Metoda Folded Liners (U-liners, C-liners)	34
6. 3. 2 Symetricky se rozpínající PVC Close-Fit Lining	36
6. 3. 3 Swagelining	36
6. 4 Zatahování navíjených trub	38
6. 5 CIPP	41
6. 5. 1 Různé druhy rukávce	41
6. 5. 2 Různé druhy plnicí pryskyřice	42
6. 5. 3 Různé metody instalace	42
6. 5. 3 Různé metody vytvrzování	43
7. Bezvýkopová výměna potrubí	46
7. 1 Slip Lining	46
7. 2 Trhání potrubí (Pipe Bursting)	47
7. 2. 1 Statické trhání	47
7. 2. 2 Hydraulické trhání potrubí	48
7. 2. 3 Pneumatické trhání potrubí	48
7. 3 Rozbrušování potrubí plnoprofilovou frézou (Pipe Eating)	49
7. 4 Drive and Pull (Tight-in-Pipe)	49
7. 5 Metoda vytlačování starých trubek (Pipe Reaming)	50
8. Závěr	51
SEZNAM OBRÁZKŮ	Chyba! Záložka není definována.
Citovaná literatura	56

Slovník pojmů

Bezvýkopové technologie - podle ČSN 75 6230 způsoby uložení podzemních vedení technologického vybavení bez použití otevřené výkopové rýhy, při kterých se terén nad místem jejich uložení neporuší vůbec, nebo se poruší jen minimálně.[1]

Čistírna odpadních vod (ČOV) - zařízení na čištění odpadních vod, které umožňuje vypustit přečištěnou vodu do říčních systémů, aniž by došlo k jejich znečištění a zároveň byly dodrženy platné předpisy a normy.

Chránička - v praxi bezvýkopových technologií se jedná o ochranný prvek, obvykle potrubí, které neslouží k přenosu média, ale pouze jako mechanická ochrana potrubí vnitřního, které slouží k transportu požadovaného média.[1]

Infiltrace - v geotechnologii označení pro pronikání vody ze zemského povrchu do půdy a hornin. Břehová infiltrace je pronikání povrchových vod z nádrží nebo toků do hydrogeologických kolektorů vlivem hydraulického gradientu. Umělá I. je umělé vytváření a rozmnožování zásob podzemní vody povrchovou vodou pomocí vsakovacích zařízení. V případě stokových sítí a kanalizačních přípojek se jedná o průnik vody z okolního prostředí (obvykle zeminy) do poškozených potrubí trhlinami, otvory či netěsnými spoji. **Exfiltrace** - opačný proces, při kterém dochází k prosakování z potrubí. [1]

Injektážní směs - čerpaný materiál (emulze, roztok, suspenze nebo malta), injektovaný do zeminy, horniny, trhlin ve stavební konstrukci a do nevyplněných prostor mezi potrubím.[1]

Otevřený výkop - výkop hloubený z povrchu terénu. Stěny mohou být svahovité nebo s paženými stěnami. Rozměry otevřeného výkopu jsou vhodné pro pokládání, výměnu a opravu podzemních sítí.[1]

Profil průchozí a neprůchozí - průchozí profil je takový, který umožňuje bezpečný průchod pracovníka obsluhy. V ČR platí pro kruhové průměry o $D_{\min} = 800\text{mm}$ [1]

1. Úvod

Každé potrubí má svou omezenou životnost a ke konci této doby dochází ke snižování jeho funkčnosti, narůstajícímu počtu poruch a potíží, které mohou mít dopad na životní prostředí, mohou přinášet značné komplikace z důvodů ucpávání a dále snižovat kvalitu pitné vody (a tedy dlouhodobě ohrožovat zdraví osob a kvalitu jejich života). V neposlední řadě může nefunkční potrubí způsobovat finanční ztráty.

Oprava podzemního potrubí je velice nákladná a komplikovaná, a to především kvůli nutnosti otevřeného výkopu. Nutnost uzavření silnice přináší řadu komplikací a omezení z důvodu odklonu dopravy, omezení fungování infrastruktury a života v dané lokalitě. Všechna tato hlediska vedla k vývoji různých způsobů, jak opravovat podzemní potrubí bez nutnosti odkrytí zeminy v celé jeho délce.

Od 60. let minulého století se proto začíná využívat takzvaných bezvýkopových metod. Tyto metody mohou být použity k opravě poškozeného potrubí, jeho renovaci (zlepšení stávajících podmínek) nebo jeho úplné výměně. Bezvýkopovými metodami rozumíme takové postupy, které nevyžadují otevřený výkop v celé délce. Některé opravy a renovace je možné provést přímo ze servisní šachty, pro aplikaci jiných bývá nutné provést menší výkopy na začátku a na konci opravovaného úseku. V každém případě ale výrazně snižují omezení života na povrchu.

Snahou každého investora je také snížení nákladů, proto každé realizaci předchází finanční rozvaha, která stanoví, zdali je výhodnější použít konveční (výkopové) metody, nebo je lepší zvolit způsoby bezvýkopové. Toto rozhodnutí ovlivňují další faktory, především pak snaha vyhnout se výrazným omezením dopravy na hlavních silničních tazích.

Cílem bakalářské práce je představit hlavní používané metody oprav, renovací a výměn podzemních sítí. Jedná se především o kanalizační stoky (jednotná, splašková, dešťová) stoky, vodovodní řady a plynová potrubí. Pro ucelený náhled do problematiky je nutné v první části zmínit nejčastější poruchy potrubí a jejich důsledky. Dále se budeme věnovat metodám zkoumání a hodnocení poruch a poškození. Nedílnou součástí procesu je také čištění potrubí před zahájením operací. V závěru má práce přinést porovnání jednotlivých postupů a zdůraznit jejich hlavní negativa a pozitiva.

2. Poruchy podzemních vedení

2.1 Přírozené stárnutí materiálu

Všechny druhy materiálu mají omezenou životnost a především v historických jádrech měst dochází dříve nebo později k nutnosti výměny a opravy potrubí. Mezi nejčastější závady patří:

- narušení ostření stok porušením malty nebo vyluhováním betonového pojiva;
- ucpání, způsobené sedimentací nebo ulpíváním látek, které se usazují v systému stok a tvoří tak překážky, které zmenšují nebo znemožňují průtočnou kapacitu potrubí;
- u ocelových a litinových potrubí zmenšování průtoku způsobené korozí a inkrustacemi, narůstání oboru v důsledku zvýšení odporu stěn;
- narušení a ztráta funkčnosti těsnění, infiltrace a exfiltrace; [2]

Exfiltrace je problémem především kvůli znečištění okolí (např. splaškovou kanalizací), úniku cenného transportovaného média (např. pitné vody), škody může způsobit také netoxické médium (např. průsak způsobující podmáčení vozovky). Infiltrace je u pitné vody zásadním problémem, problematická je také u splaškové kanalizace, a to zejména kvůli zhoršení funkčnosti ČOV vlivem zvýšeného množství vody.

2.1.1 Vliv koroze na kvalitu potrubí

Od 60. let 19. století až do 50. let 20. bylo potrubí pro transport pitné vody vyráběno z litiny. V 60. letech 20. století byla používána ocel, která byla koncem 60. let vystřídána tvárnou litinou. Všechny tyto materiály jsou však železité a podléhají korozi. Důsledkem vystavení potrubí vodě a vzduchu dochází k tvorbě a růstu vrstvy rzi. Tím se zmenšuje vnitřní průměr potrubí a zvyšují se náklady na čerpání vody i možnost dalšího poškození potrubí. [3]

Růst vrstvy rzi způsobuje zachytávání minerálů obsažených ve vodě a to vede k dalšímu snížení průměru potrubí. Dále se zvyšuje riziko bakteriologického růstu uvnitř potrubního systému a zhoršuje kvalita vody. Může docházet k vedlejším jevům, jako je kalnost, změna barvy, zápach, nepříjemná chuť a další faktory, které jsou zejména pro pitnou vodu nežádoucí. Potrubí se často místo výměny pouze ošetří cementací (viz kapitola 6. 1 Cementace vnitřního povrchu potrubí). [4]



Obr. 1 Zkorodované potrubí [3]

2. 2 Změna vlastností transportovaných médií

Spouštěcím mechanismem procesů vedoucích k poškození potrubí je postupná změna vlastností transportovaného média. Jedná se zpravidla od zvýšení agresivity splašků, způsobené narůstající chemizací domácností a agresivitou podzemních vod v důsledku používání chemických posypů komunikací v zimě, vyšším použitím chemie v zemědělství a podobně. [2]

2. 3 Použití nekvalitního stavebního materiálu, konstrukční vady a nízká kvalita práce

K poškození může docházet také z důvodu nedostatečného zpracování návrhu, použitím nekvalitního nebo poškozeného stavebního materiálu a špatným provedením práce při pokládání potrubí a následném zasypávání horninou. K častým důvodům patří:

- použití nekvalitních, poškozených nebo deformovaných trub;
- použití nekvalitního těsnění ve spojích nebo jejich nedostatečné utěsnění;
- asymetrické zasypávání stavební rýhy, v důsledku čehož dochází k deformaci vedení;
- nedostatečné zhutnění podsypu a zásypu, což zhoršuje podmínky statického působení mezi horninou a potrubím (možný vliv na plastové potrubí viz Obr. 3)
- nedostatečné krytí (k poškození dochází např. působením mrazu); [2]



Obr. 2 Neodborné napojení odbočky (příklad špatného provedení stavebních prací) [5]



Obr. 3 Zdeformované plastové potrubí vlivem špatné pokládky nebo během neodborného hutnění bez správného zásypu.[5]

2. 4 Vnější vlivy

- Dynamický tlak vyvolaný nárůstem hustoty dopravy, pokud prochází vedení pod vozovkou;
- vliv zvýšení statického tlaku v místech skládek materiálů a násypů na terénu;
- vrůstání kořenů do stok (viz Obr. 4); [2]



Obr. 4 Prorůstání kořenů do kanalizace[5]

3. Kontrola stavu a průchodnosti vedení

3. 1 Snímání kamerou

Jednou z nejrozšířenějších metod průzkumu kanalizací je metoda virtuální prohlídky, tedy pořízení videonahrávky pomocí televizního inspekčního systému, ve světě často označováno termínem Closed Circuit Television (CCTV). Inspekce zpravidla probíhá v kooperaci snímacího zařízení, jež je vloženo do potrubí a pohybuje se v závislosti na konkrétní metodě, a pracovníka obsluhy, který provádí inspekci dle přenosového obrazu. K pozorování obrazu se použije ruční zařízení nebo přenosový vůz, který může obsahovat i další prvky nezbytné pro chod zařízení např. navíjecí lano. Z inspekce bývá pořízen videozáznam nebo fotodokumentace nalezených poruch. [2; 6; 7]

3. 1. 1 Přenosné TV zařízení

Zařízení se skládá z kamery umístěné na tuhém optickém vlákně, které je tlačeno skrz potrubí. Kamera je vybavena LED osvětlením, které dodává potřebné světlo pro pořízení digitálního záznamu. Videopřenos není příliš použitelný, pokud by byla kamera pod vodou, a to z důvodu nedostatečného osvětlení. Kamery mají zabudovány lokalizační zařízení, které pomůže s určením přesné polohy závady. [8] Zařízení lze použít pro profily od DN80 do DN200 a to do délky až 40 m [2].



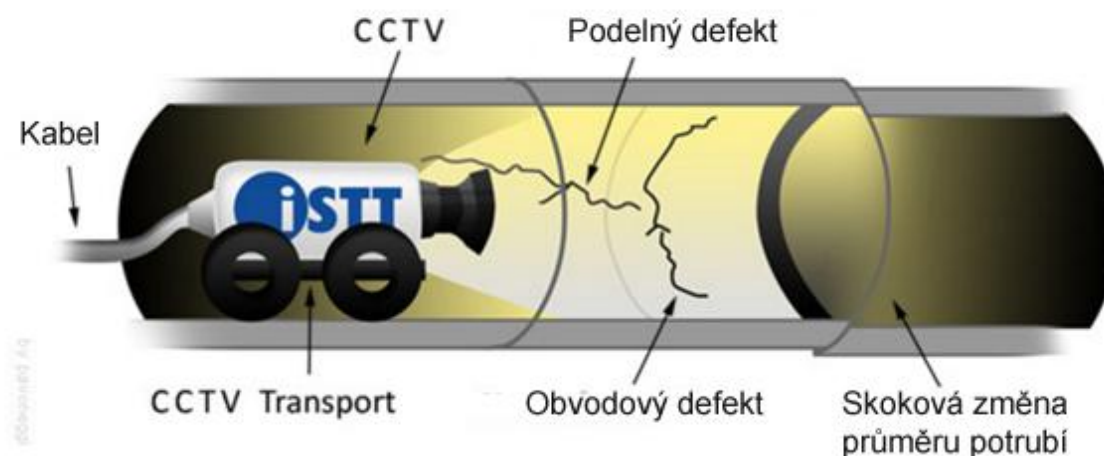
Obr. 5 SeeSnake® microReel Video Inspection System [9]

3. 1. 2 Digitální přenosné zařízení

Jedná se o samostatně poháněné zařízení, které může operovat z jednoho přístupového bodu (např. šachta). Jedná se o kamerové zařízení, které je umístěno na malém vozítku, jež umožňuje pohyb v potrubí. Zařízení může být kromě kamery vybaveno pokročilými

snímkovacími metodami, jako je sonar, laserové měřicí zařízení a další. Obraz pořízený kamerou je přenášen přes kabel, který zároveň přenáší ovládací pokyny. Vyspělejší kamery bývají vybaveny čočkou zvanou rybí oko, která umožňuje snímat záznam ve 180°. Kromě záznamu obrazu je zaznamenávána dráha, kterou vozítko urazilo od počátečního bodu v místě spuštění do kanalizace. Mohou být zaznamenána i dodatečná data jako čas a datum a zobrazena na displeji. Přílišné zobrazení dat však může způsobit nepřehlednost záznamu. [10; 6]

Pro provedení snímkování kamerou je obvykle nezbytné, aby bylo potrubí dostatečně vypláchnuto, případné nečistoty by mohly zabránit nalezení potřebných poruch. Jsou však podmínky, kdy je provádění čištění potrubí naopak nevhodné, a to například u kanalizační stoky, kde často dochází k ucpávkám a cílem průzkumu je tato místa lokalizovat. Samotné vozidlo by však mělo být čisté a zvláště pak čočka objektivu. Pro maximální přesnost je vhodné, aby kamera udržovala polohu korespondující s osou potrubí, což ale není příliš technicky možné při potrubích DN 300 a větší, proto musí být počítáno s možným zkreslením. Ideální rychlost pohybu kamery záleží na velikosti potrubí, obvykle se doporučuje do 6 metrů za minutu pro užší potrubí do DN 200 a pro potrubí do DN 300 do 12 metrů za minutu. Světlo z robota by mělo osvětlovat minimálně 2 metry dopředu, aby se dosáhlo ideálního kontrastu záznamu. [10; 6]



Obr. 6 Digitální záznamové zařízení [6]

3. 2 Zkouška těsnosti podzemního vedení

Zkoušku těsnosti potrubí lze provádět vodou nebo vzduchem. Kontrola se řídí normou ČSN EN 1610 a ČSN 75 0905, mezinárodní normy EN 1610, ATV-M, 143-6, DIN 1999-100. Předpokladem zkoušky je vždy vyčištěné potrubí a revizní šachta. Oba typy kontroly probíhají automaticky. [11; 12]

3. 2. 1 Zkouška těsnosti vodou

Zkouška se provádí za pomoci utěšňovacích vaků s plováky. Zkoumaný úsek se naplní vodou. Snímače zachytí úbytek tlaku způsobený netěsnostmi. Unikající množství vody je automaticky doplňováno. [2]

3. 2. 2 Zkouška těsnosti vzduchem

Podobně jako u zkoušky vodou jsou oba konce měřeného úseku utěsněny těsnicími vaky. Díky činnosti kompresoru vzniká tlak potřebný pro těsnicí vaky i pro průběh vlastní

zkoušky. Stejně jako u zkoušky vodou dochází ke snímání poklesu tlaku. Pokud je zjištěn únik, pokračuje se s lokalizací poruchy postupným rozdělováním na menší úseky.[2]

Zkouška těsnosti vzduchem má oproti zkoušce těsnosti vodou celou řadu výhod. Především se jedná o snížení nákladů na pořízení a vypouštění vody díky výraznému zkrácení doby zkoušky. Výhody jsou také technického rázu, a to především v rovnoměrném zatížení trub po celém úseku v průběhu zkoušky. V dnešní době se tedy používá téměř výhradně zkouška těsnosti vzduchem. Zkouška vodou se používá pouze jako doplňková metoda u vyhodnocování stavu betonových trub. [13]



Obr. 7 Premus 150 - Digitální přenosná jednotka ke kontrole šachet a těsnosti poklesem tlaku (zkouška vodou, nebo vzduchem) [12]

3. 3 Georadary

Mezi moderní metody lokalizace podzemních vedení a potrubí patří elektromagnetické detektory a georadary. Jedná se o nedestructivní a zdraví neškodné způsoby.

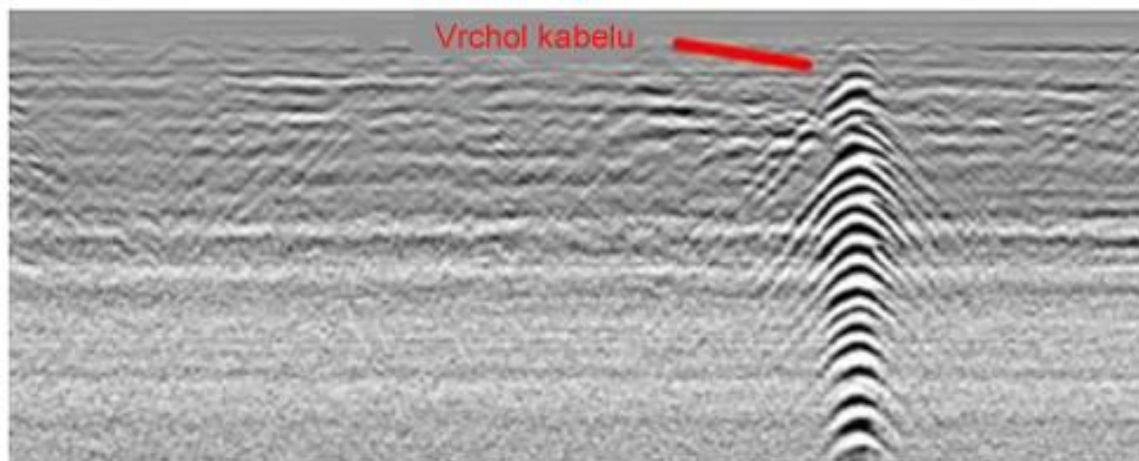
3. 3. 1 Elektromagnetické detektory

Elektromagnetické detektory jsou nejspolehlivější zařízení pro detekci kabelových vedení a kovových trub. Umožňují lokalizovat zdroje elektromagnetického vedení generovaného podzemními kabely nízkého nebo vysokého napětí, veřejného osvětlení, telekomunikačními kabely, signály vyslané přímo nebo nepřímo elektromagnetickou indukcí kovových trub nebo pomocí jiných feromagnetických objektů v podzemí. Nevýhodou je, že neoznačené nekovové potrubí a další objekty v dané trase nelze detekovat. Zvláště pak ve starší zástavbě mohou být přehlédnuta betonová potrubí nebo základy domů. Nově položené nekovové potrubí proto musí být vybaveno kovovými markery, které umožní lokalizaci. Markery jsou vyráběny v různých frekvencích, což umožňuje operátorovi rozpoznat různé druhy vedení. [14]

Elektromagnetické detektory

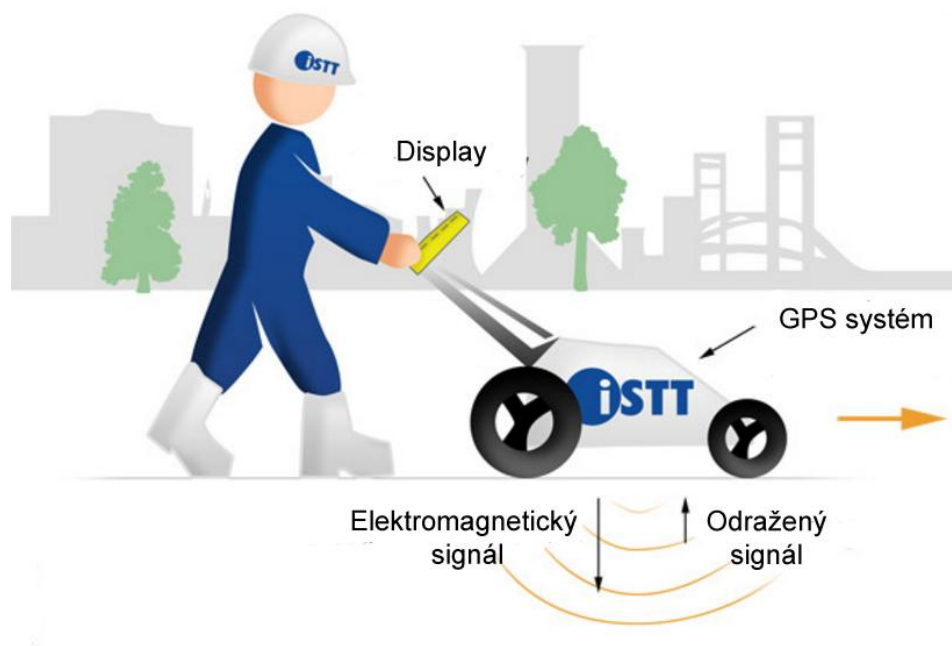
3. 3. 2 Georadar

Známý také pod anglickým označením Ground Penetrating Radar (GPR), je nedestructivní metoda pro detekování podzemních struktur, přerušení, anomálií a náhlých změn materiálu. Používá se od roku 1956. Pracuje na stejném principu jako radary letadel nebo lodí. Vysílačka vysílá a přijímač následně zaznamenává elektromagnetické signály odražené zpět, respektive dobu, za kterou se vrátí zpět do zařízení. GPR může být použit v různých typech zeminy, ale pracuje nejlépe v suchých píscích nebo tvrdých materiálech, jako je např. beton, žula a pískovec. Radarové zařízení zaznamenává pořízená data a vytváří z nich radarovou mapu.[7; 14; 15]



Obr. 8 Radarový snímek zachycující podzemní kabel [15]

Výhodou radaru oproti elektromagnetickým detektorům je, že dokáže odhalit i nekovové materiály. Negativní stránkou je možná nepřesnost metody v závislosti na interpretaci získaných dat obsluhou zařízení.



Obr. 9 Schéma práce georadaru [14]

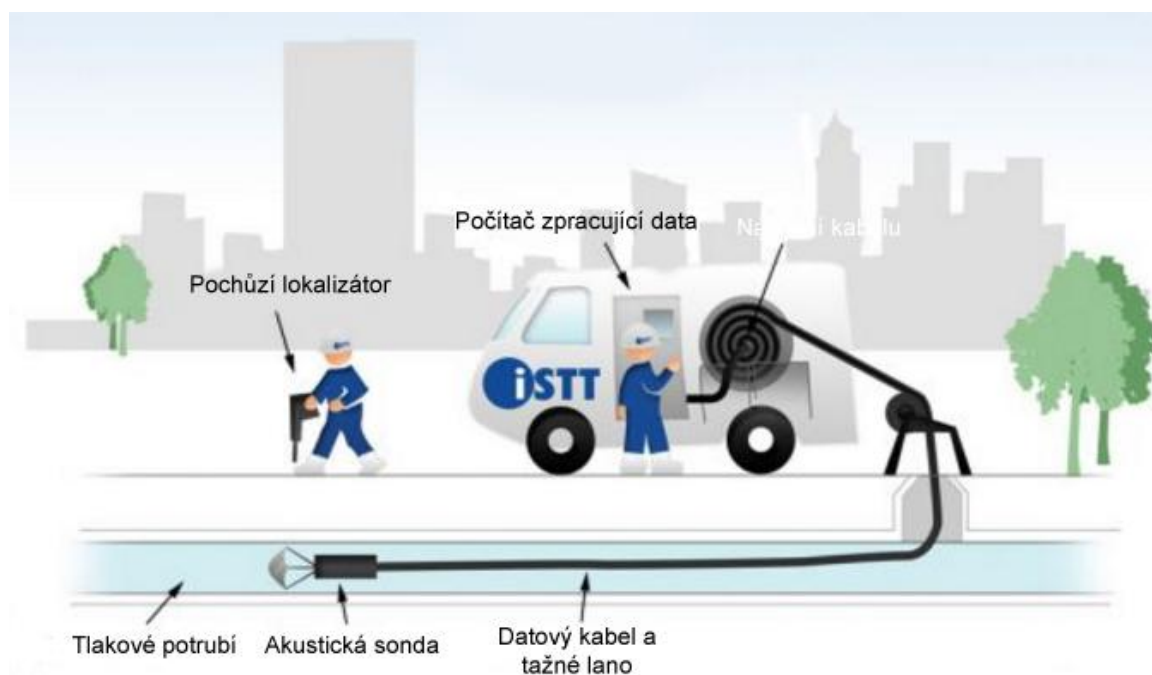
3. 4 Zjišťování míst úniku z potrubí

Existuje celá řada způsobů, jakými zjistit a změřit únik transportovaného média z tlakového potrubí.

3. 4. 1 Povrchová detekce

Pro zjištění úniků vody z vodovodního potrubí lze použít metodu povrchového snímání a detekce. Tato metoda je vhodná pro potrubí umístěné přibližně 1 m pod povrchem. Do potrubí je zavedena sonda zaznamenávající zvukové podmínky v potrubí. Sonda je vybavena frekvenčními filtry a zesilovači a přenáší zaznamenaný zvuk do sluchátek

obsluhy na povrchu. Operátor na povrchu kopíruje trasu potrubí nebo měří zvukovou intenzitu na viditelných bodech potrubí, jako je hydrant nebo uzávěr.[16]



Obr. 10 Akustická detekce úniku kapaliny [16]

3. 4. 2 Detekce pomocí dvou snímačů

Vychází ze znalosti, že zvuk vznikající z úniku vody v netěsnosti se šíří trubním materiálem ke dvěma snímačům rozdílnou rychlostí. Jeden snímač může být umístěn na povrchu nebo přímo na vedení (ventil, hydrant, uzávěr). Druhý vysílač pluje potrubím. Přesná poloha úniku se vypočítá na základě znalosti materiálu potrubí, jeho průměru a délce měřeného úseku. Při výpočtu je nutné vzít do úvahy v potaz také materiál obklopující potrubí, hloubku potrubí a tlak transportovaného média. [2; 16]

Akustické senzory (loggery) lze rozmístit na potrubí a vytvořit z nich celou síť. Počítač pak po nasbírání dat provede analýzu signálů a porovná každou možnou dvojici, následně provede korelaci měření, která přesně určí všechna místa poruch. Měření lze provést přes den za plného provozu, tento způsob měření je velice rychlý a umožní během několika minut zkontrolovat až několik kilometrů potrubí. Hrozí však zkreslení vzhledem k okolnímu hluku - šumu. Měření lze proto provést také přes noc, kdy je hladina okolních hluků výrazně menší a odběr vody je minimální, tedy tlak v potrubí je maximální. Toto měření je pak výrazně přesnější. [2]

4. Čištění potrubí

Zásadní přípravnou prací pro bezvýkopovou opravu nebo renovaci potrubí je čištění. Provádí se ještě před průzkumem podzemního potrubí. Cílem je dokonale vyčistit vedení, aby bylo možné provést průzkum TV kamerou. Dokonale čisté potrubí je dále nezbytně nutné pro většinu bezvýkopových metod. Odstraňují se splašky, nánosy bahna, sedimenty, znečištění a jakékoli jiné materiály uvnitř potrubí.

Způsob použitého čištění se volí na základě složení sedimentů, ulpívajících látek a znečištění a současně v závislosti na druhu materiálu, ze kterého je potrubí tvořeno. Čištění by nemělo dále poškodit původní vedení. Pokud je potřeba odstranit pevné ucpávky a tvrdé předměty v neprůlezná stoce, používají se zpravidla mechanické nástroje. [2]

4.1 Hydraulické čištění potrubí

4.1.1 Proplachování

Čištění pomocí vody je historicky nejpoužívanější metoda, ale v dnešní době se od něj často odstupuje především kvůli jeho nákladnosti. Nejúčinnější je tato metoda při průměrech DN 100 - DN 375, dále pro odstranění trosk až do DN 900. [17] Dnes se proplachy provádějí zejména ve vodovodních řadech transportujících pitnou vodu. Proplach bývá nutný při napojení nového úseku, při delší odstávce, opravě, a zejména pokud byla narušena nezávadnost vody. Přesná pravidla stanoví zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. [18; 7]

Proplachování rozdělujeme na následující metody:

Proplachování vlnou - spočívá v zadržení odpadní nebo pitné vody ve speciálních přeplachových šachtách nebo nádržích, které jsou již osazeny na potrubním vedení. Poté co hladina vody dosáhne předepsané výšky, dochází k otevření ventilu a následnému průplachu stoky. Účinek metody je závislý na dosažené hladině, takto se proplachují úseky 100 až 200 m. [2]

Proplachování zpětným vzdutím je druhou možností, jak propláchnout stokovou síť. Realizuje se pomocí speciálních nástrojů (proplachovací štíty, proplachovací loďky, čisticí koule atd.), které jsou zasunuty do potrubí a vytvářejí tak ucpávku, která zadržuje vodu. Zadržená voda působí tlakem na ucpávku a tím ji uvádí do pohybu, zařízení tak před sebou tlačí sedimenty a čistí tak potrubí. [2]

Mezi další způsoby patří automatické systémy jako automatický ventil nebo automatický sifon. Automatický sifon je nejrozšířenější pozůstatek proplachovací technologie. Voda naplňuje komoru a ta je v pravidelných intervalech uvolňována, aby pročistila potrubí. [17]

4.1.2 Vysokotlaké čištění

Vysokotlaké čištění je v současné době nejrozšířenějším způsobem čištění potrubí od sedimentů a cizích předmětů. Proplachová voda je čerpána vysokotlakým čerpadlem z cisternového vozidla. Cisternové vozidlo získává vodu z hydrantu (přímé použití hydrantu není dovoleno). Další možností získávání vody mohou být hasičské nádrže nebo povrchové vodní zdroje, pokud ale není použita voda z hydrantu, je vždy nutné tuto vodu filtrovat filtračním zařízením. Dále je možné nasávat a filtrovat již použitou vodu, což má za následek snížení nákladů na vodu a urychlení celé operace (odstraněním možných přejezdů pro doplnění vody). [2; 19]

Voda čerpaná z cisternového vozidla je čerpána hadicí do trysky, která se zavede do potrubí. Tryska vytváří vodní paprsek, který působí vysokým tlakem (u stokových sítí obvykle do 15 MPa) přímo na stěny potrubí. Průtok vody je obvykle mezi 200 až 750 l/min. Čištění potrubí probíhá rozpojováním a rozvířováním struktury sedimentů. Pokud jsou účinky vodního paprsku nedostačující k odstranění zvláště tvrdých sedimentů, vrstlých kořenů a dalších, používají se speciální trysky, frézovací nástavce a řetězové čističe. [2; 17]

V první fázi čištění je tryska zavedena z první šachty do šachty druhé, a to pouze účinky tryskajícího paprsku vody (efekt reakčního pohonu). V následující fázi je tryska pomalým pohybem tažena zpět. Tato metoda vede k odloučení sedimentů a působením hydraulických účinků k jejich následnému přenesení zpět do šachty první, odkud jsou nasávány do čisticího vozu. [2]



Obr. 11 Vysokotlaké čištění vodou [20]

Vysokotlaké čištění je neúčinnější v malých profilech DN 150 - DN 375, ale může být úspěšně použito až do DN 900. Při čištění vodovodního potrubí je nutný tlak alespoň 20 MPa. Vysokotlaké čištění je možné použít před cementováním potrubí (viz. 6. 1) od DN 600. Při čištění před použitím metody CIPP (viz. 6. 5) je nutné dosáhnout tlaku až 200 MPa, aby byla zajištěna dostatečná čistota potrubí. [2; 17]

4. 1. 3 Sání

Sání se provádí za pomoci speciálního vozu schopného recyklovat vysátou vodu a později ji použít na proplach. Používá se především při čištění jímek, tukových lapolů a sání kalů z čistíren odpadních vod. Sání lze dále použít na čištění průlezných a průchozích stok přibližně od DN 1000. Při této operaci je nutné, aby byla obsluha přímo v potrubí a manipulovala se sací hadicí, proto je nutné aplikovat ochranné prostředky. Doporučený sací výkon je minimálně 2 000 m³/hod. [2; 19; 7]

4. 2 Mechanické čištění potrubí

4. 2. 1 Ruční

Ruční čištění potrubí je nejstarší používanou metodou. Lze ji využít v průchozích profilech. Provádí se za pomoci ručního nářadí, jako jsou lopaty, krumpáče, sbíjecí kladiva a škrabky. Pomocí těchto nástrojů dělníci mechanicky odlučují sedimenty ze stěn a dna potrubí a tento materiál je za pomoci koleček dopravován na povrch. Z těchto důvodů je nutné dbát na ochranu zdraví personálu a používat ochranné pomůcky. Rychlost je přímo ovlivněna zručností a výkonností dělníků a jedná se o nejdražší metodu. [2; 17]

4. 2. 2 Škrabky

Škrabky (scrapers) se používají především na čištění vodovodních potrubí. Každá škrabka je uzpůsobena na konkrétní dimenzi. Škrabka je připevněna na ocelové lano nebo jiné tažné zařízení a opakovaně protahována skrz potrubí. Proces se opakuje, dokud je vytahována suť a kaly. Škrabka je složena z malých škrabacích nástrojů, které jsou umístěny po celém obvodu, takže není zapotřebí rotačního pohybu.

Touto metodou lze čistit až 600 m dlouhé úseky. [2]



Obr. 12 Nástroje na škrabání potrubí DN 200 a DN 1200 [21]

4. 2. 3 Rotační čištění

Používá se na vodovodní potrubí od DN 50 do DN 200 do vzdálenosti cca 300 m. Čisticí nástroj je upevněn na soutyči, pohyb nástroje je rotační a přímočarý a je zajištěn agregátem. Voda slouží jako chladicí médium a dále odplavuje odloučené a porušené inkrustace ze stěn potrubí. [2]

4. 2. 4 Úderná zařízení

Jedná se především o kruhová úderná dláta pro kruhová potrubí od DN 400 nebo vejčitého tvaru pro potrubí 200/300. Jako pohon slouží stlačený vzduch, rozrušené usazeniny jsou odplavovány tlakovou vodou a následně odsávány z šachty. Další možností zpracování jsou zařízení, která mají na rotující středové hlavě upevněny řetězy, které rozrušují sedimenty na stěnách potrubí. Rychlost rotace je v rozmezí 12 000 - 15 000 ot/min. Pohon zařízení je pneumatický nebo hydraulický. [2]

4. 2. 5 Vrtná a frézovací zařízení

Jedná se o dálkově ovládaná zařízení, jejichž postup je monitorován televizní kamerou.

Vrtná a frézovací zařízení - točivá se využívají v profilech DN 200 až DN 600, a to k odstraňování pevných sedimentů, zůstatků po přípojkách v trase profilu, kořenů a dalších. Zařízení je šetrné k povrchu potrubí, pohon je hydraulický. [2]

Vrtná a frézovací zařízení - točivě úderná - se použijí v profilech DN 100 až DN 1000 k odstranění pevných usazenin. Funkci a pohon zařízení zajišťuje vysokotlaký proplachovací vůz s výstupním tlakem 250 až 450 l/min. Otáčivý pohyb (100 až 200 ot./min) a vrtací pohyb (1000 až 1 500 úderů/min) zařízení je zajištěn tlakem vody dodávané do předních trysek. Hlava může být osazena noži nebo jinými nástroji. [2]

4. 3 Hydraulicko-mechanické čištění potrubí

4. 3. 1 Čištění nástroji upoutanými na laně

Metoda je použitelná pro potrubí DN 100 až DN 300. Nástroj je posouván pomocí tlaku vody proudící skrze něj. Lano koriguje polohu nástroje a zároveň limituje maximální použitelnou délku (až 1 400 m). [2]

4. 3. 2 Čištění neupoutaným nástrojem s vysílačem

Technologie se používá k odstranění měkkých až středně tvrdých inkrustací a ke kontrole průchodnosti potrubí o dimenzích DN 150 až DN 1200. Zařízení lze použít, pokud je v potrubí zajištěn dostatečný přetlak a množství vody pro pohyb nástroje. [2]

4. 3. 3 Lasičkování

Metoda je použitelná pro potrubí DN 100 až DN 300 k odstranění měkkých až středně tvrdých inkrustací. Nástroj je neupoutaný a je tvořen pružným materiálem. [2]

5. Bezvýkopové metody oprav potrubí

Oprava kanalizace se provádí v místě vzniklé poruchy. Porucha může mít lokální charakter soustředěný pouze na jedno místo nebo se může jednat o celou řadu poruch po značné délce potrubí. Opravovat jednotlivá místa je výhodné v případě jedné až dvou poruch mezi dvěma šachtami, opravovat větší množství poruch bývá ekonomicky a časově nevýhodné, a proto se raději přistoupí k opravě celé délky. Cílem je v první řadě zamezit dalšímu poškození potrubí, ekologickým problémům vzniklým únikem kapaliny a prodloužit životnost potrubí.

5.1 Oprava dvousložkovou kapalinou

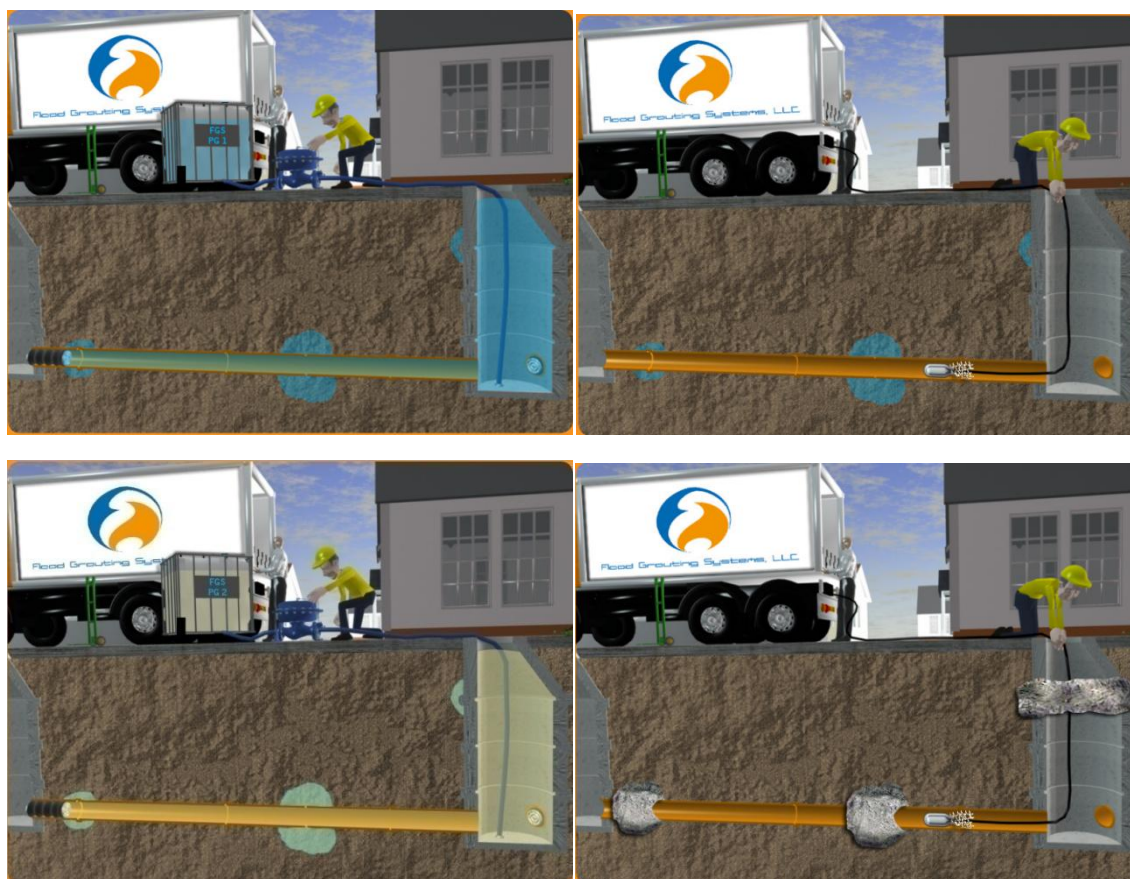
Technologie opravy kanalizace dvousložkovou kapalinou byla vyvinuta na maďarské Akademii věd v Budapešti v roce 1965, od roku 1975 užívána pod názvem Superaqua, zejména v Maďarsku a Polsku a později rozšířena do dalších zemí mimo východní blok. V roce 1987 vytvořila Maďarská výzkumná laboratoř pro anorganickou chemii metodu Sanipor, jež využívá chemikálií na bázi silikátu, které jsou šetrné k životnímu prostředí. [22]

Před použitím metody Sanipor je nutné provést vysokotlaké čištění daného úseku kanalizace. Po čištění dojde k vodotěsnému uzavření úseku mezi dvěma šachtami. Typicky se použije vodotěsné duté cylindrické zařízení s nafukovatelným límcem (balón). Pokud je nutné úsek rozdělit, je možné tuto metodu použít až do vzdálenosti kolem 45 m. [23; 24]



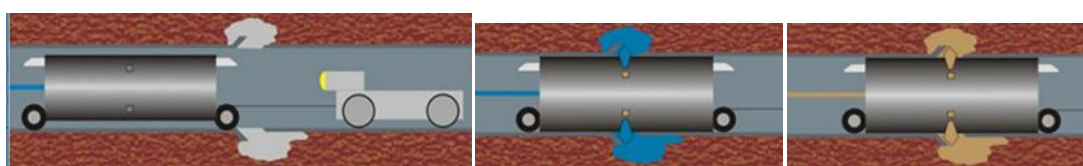
Obr. 13 Vodotěsný balón pro utěsnění potrubí [23]

Úsek je naplněn chemickým roztokem A, který přes trhliny v potrubí pronikne do okolní zeminy pod předtlakem 10 až 30 kPa je v potrubí ponechána po dobu 20 až 60 min.[2] Plnicí proces je silně ovlivněn mírou exfiltrace, proto bývá doporučeno provést kontrolu rychlosti úbytku kapaliny několikaminutovým zastavením. Po uplynutí doporučené doby je médium vyčerpáno zpět do nádrže a potrubí je propláchnuto nízkotlakým proudem vody, aby se zabránilo usazení injektážního média na stěnách potrubí. V další fázi se potrubí naplní injektážním roztokem B, který je opět ponechán k působení po dobu 30 až 50 min. Dochází k nevratné chemické reakci mezi roztoky A a B a ta vytváří voděodolnou chemickou směs v zemině. Pokud po stanovené době nenastává snižování hladiny kapaliny, byl proces úspěšný. [23; 25]



Obr. 14 Postup opravy dvousložkovou metodou. V prvním kroku je do vyčištěného a utěsněného potrubí zavedena kapalina A, následuje nízkotlaké čištění, zavedení kapaliny B a finální nízkotlaké čištění už opravené kanalizace. [23]

Pro snížení nákladů je možné opravovat lokální poškození postupně. Utěsní se vždy jen malý úsek v potrubí kolem praskliny. Lze takto uskutečnit 10 až 15 oprav za směnu na úseku délky až 150 m.[2; 26]



Obr. 15 Lokální oprava dvousložkovou kapalinou. [26]

Oprava dvousložkovou kapalinou není vhodná pro značně poškozené potrubí, v takovém případě hrozí naopak způsobení ještě větších škod. [27] Tuto metodu lze aplikovat na nejružnější materiály a tvary potrubí. [23] V případě velkých průměrů se stává metoda nepříliš vhodnou, a to zejména z důvodu nutnosti použít velké množství těsnicích roztoků a tomu odpovídající větší počet cisternových vozů. Pro lehce poškozené úseky, jejichž kubatura nepřesahuje 10 m³, se jedná o nejlevnější a nejefektivnější způsob opravy. Vhodné je to zejména pro potrubí DN 50 až 600. Dalším pozitivem je, že současně dojde k opravě přípojek a spodní části šachty. [2]

V případě lokální poruchy lze použít až do DN 1200 na všechny typy potrubí kromě zděných. Metodu lze bez obtíží užít i pod hladinou podzemní vody, je však nutné

sledovat, aby byl přetlak injekční kapaliny minimálně o 200 kPa vyšší než přetlak podzemní vody. [2]

Maximální životnost opraveného místa zatím zjištěna není, místa, která byla opravena před 30 lety, stále nejeví žádné známky degradace. [27]

5. 2 Záplatové metody oprav lokálně porušených vedení

Lokální poškození lze opravit nalepením tzv. záplaty. Používá se především na opravu kanalizace. Nejstarší způsob je britská metoda Renoline. Další obdobné technologie se nazývají Short Liner (Short CIPP Liner), Part Liner, Eko Liner.

5. 2. 1 Short Liner

Oprava probíhá za pomoci speciálního nafukovacího paketu o průměru 100 a 800 mm (v závislosti na DN opravovaného potrubí). Paket je nafouknut a je na něj přichycena CIPP záplata z umělých vláken napuštěná epoxidovou pryskyřicí (viz. 6. 5 CIPP). Paket je opět vyfouknut a za dozoru kamery vtáhnut na místo poškození a tam je za pomoci horkého vzduchu opět nafouknut. Rukávec nafouknutý horkým vzduchem přitiskne záplatu na místo, dokud nedojde k vytvrzení pryskyřice. Paket je poté vyfouknut a vytažen zpět. Pokud hrozí, že by nedošlo k trvalému přilnutí záplaty, je možné za pomoci kanálobotu přidat skoby pro ukotvení. [2; 28]



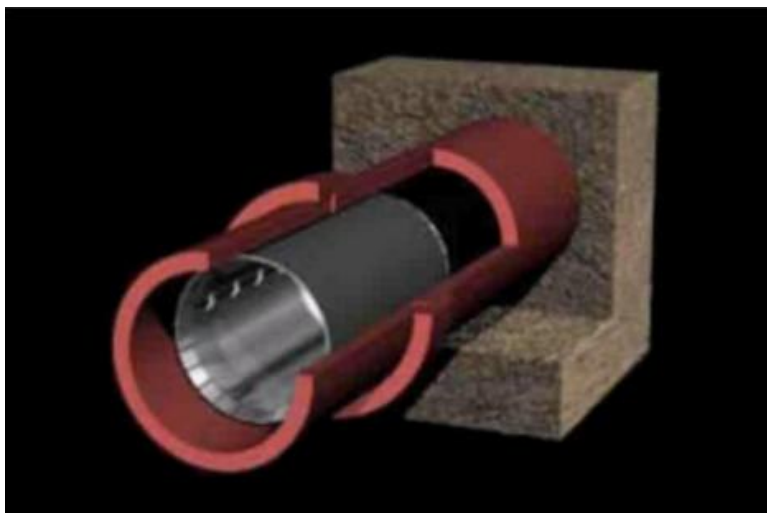
Obr. 16 Short liner záplata [29]

5. 2. 2 Snap lock

Metoda je vhodná především v případě, kdy je potřeba dosáhnout také obnovy statické funkce potrubí. Záplata je vyrobena ze dvou vrstev: vnější vrstva je gumová, vnitřní vrstva je tvořena podélně rozříznutou nerezovou trubkou. Manžety se vyrábějí pro DN 250; 300 a 350 a délku až 1,2 m. Před osazením manžety je nutné do původní trubky vyfrézovat drážku o hloubce cca 4,5 mm, aby povrch manžety lícovale s původním průměrem potrubí. [2]

5. 2. 3 Link Pipe

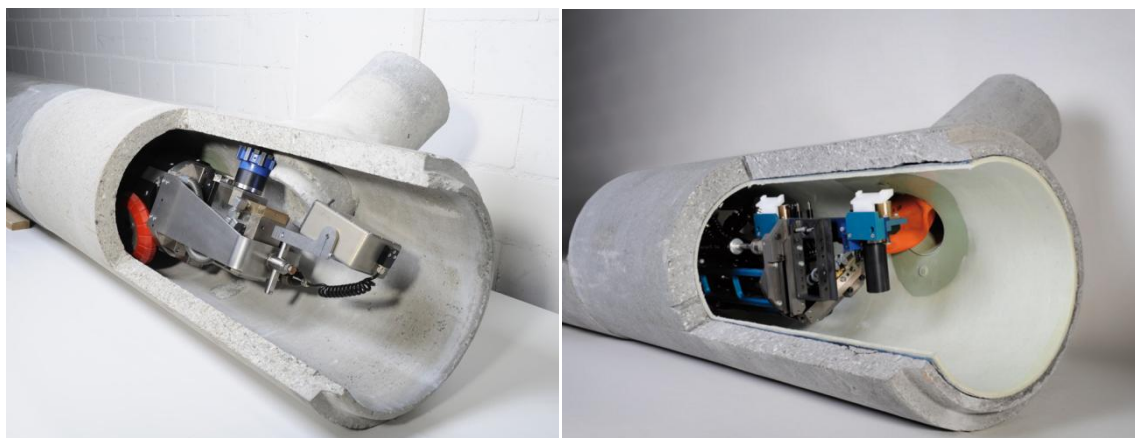
Další metodou opravy lokálních poruch nebo spojení je metoda Link Pipe. Vložka se vyrábí pro průměry DN 100 až 1370, o délce 300; 4500; 600 a 900 mm, a to z PVC nebo nerezové oceli. Vložka je přilepena na místo nebo zacementována. Dále je vložka zamčena pomocí systému západek. Uzamčení provede kanáľrobot. Pro zajištění přesného přilnutí bývají vložky připraveny přímo na míru daného potrubí. Použití dodatečných šroubů může být vyžadováno. [28]



Obr. 17 Vnitřní mechanická vložka - technologie Link Pipe. [28]

5. 3 Oprava s použitím kanáľrobotů

Kanáľrobot je nepostradatelnou součástí většiny bezvýkopových oprav. Jedná se o univerzální, dálkově ovládané zařízení vybavené kamerou a nástrojovou hlavou s vyměnitelnými nástroji. První kanáľrobot byl uveden na trh v roce 1980 švýcarskou firmou KA-TE, dnes jsou podobné stroje vyráběny celou řadou firem (Sika, Teerbau, Wombat a další). Použitelný je pro DN 80 - 800, ke vstupu je použita šachta, která ve většině případů nevyžaduje žádné další úpravy pro umožnění aplikace robota. Kanáľrobot má širokou škálu užití od zhodnocení stavu kanalizace, přes zavedení tažných lan pro celkové opravy až po případné lokální opravy jako např. při odstraňování přesazených přípojek, odfrézování ztvrdlých sedimentů, betonových nálitků, kořenů rostlých do potrubí, odřezávání přečnávajících kousků kanalizačních přípojek, zatěsnění prasklin a trhlin a další. Speciální typ robota dokáže aplikovat epoxidovou pryskyřici nebo nějaký její ekvivalent (viz. kapitola 6. 2 Výstelka z epoxidových pryskyřic a polyuretan). Potřebný je také pro znovunapojení přípojek po aplikaci některých bezvýkopových renovací (viz. kapitola 6. 5 CIPP). [2; 28; 30; 31]



Obr. 18 Kanál robot[30]

5. 4 Metody oprav zaústění přípojek

5. 4. 1 Technologie "klobouk"

Technologie "Klobouk" je bezvýkopová technologie sloužící k napojení zaústění kanalizačních přípojek do hlavního kanalizačního řadu. Využívá stejného principu jako metoda Short liner - zatažení speciálního paketu, který nese tkaninu sycenou rychle tuhnoucí pryskyřicí. Paket má tvar otevřeného "klobouku", který tak přesně přilne v místě napojení přípojky. Při vytvrzení vznikne pevné spojení - vnitřní manžeta zajišťující těsnost potrubí a správný odvod splašek. Příkladem použité technologie je "KAWO - klobouk" společnosti WOMBAT, která je použitelná pro sanaci přípojek DN 150 - DN 250 v neprůlezných profilech DN 250 - DN 600. [32]



Obr. 19 Metoda Klobouk vnější pohled (vlevo), vnitřní pohled z robokamery (vpravo)[32]

5. 4. 2 Technologie Injekt

Zástupcem této metody je technologické řešení "KAWO - injekt" která využívá injektážní způsob pro napojení zaústění kanalizačních přípojek do hlavního řadu. Opravované místo je důsledně zainjektováno pomocí speciální injektážní hlavice pakeru. Při tomto procesu dojde k dokonalému vyplnění v prostoru zaústění rychle tuhnoucí pryskyřicí. Tato technologie je využitelná pro opravu zaústění kanalizačních přípojek DN 150 - DN 250 v neprůlezných profilech DN 200 - DN 600. Tuto technologii lze použít také na opravu menších poruch hlavního řadu v potrubích DN 200 - DN 600. Oprava se provádí ve spolupráci s TV kamerou po důkladném průplachu potrubí.[33]



Obr. 20 Řez potrubí opraveným metodou Inject. [33]

6. Bezvýkopová renovace potrubí

Cílem renovace potrubí je prodloužit životnost potrubí, předejít jeho narušení, zamezit vzniku koroze, zlepšit hydrodynamické vlastnosti. Proces zachová stávající potrubí a vytvoří na vnitřním povrchu novou vrstvu - výstelku.

6.1 Cementace vnitřního povrchu potrubí

Cementace, proces strojního nanášení malty na vnitřní povrch potrubí, se jako ochrana před korozi používá od roku 1922, kdy byly použity trubky z šedé litiny, ošetřené cementací, na výstavbu vodovodního systému v Charlestonu, Jižní Karolína, USA. [34]

Bezvýkopová metoda cementace byla patentována v USA v roce 1933 firmou Centriline a v Evropě od roku 1937 britskou firmou Tate. [2]

Potrubí musí být důkladně vyčištěno od všech tvrdých usazenin, koroze, odlupků a dalších nečistot. Čištění zahrnuje vysokotlaké vodní proplachování, oškrabování, škrábání (scraping) a mechanicky poháněné nástroje jako řezačka nebo cepy. Následně se musí nechat potrubí vyschnout, aby se zajistila dobrá adheze mezi trubkou a cementačním materiálem. Některé tyto techniky jsou použity v kombinaci, aby bylo dosaženo co nejčistšího a nejsuššího povrchu. [35]

Malta se nanáší speciálním zařízením vybaveným rotující hlavou s tryskou, která rozstříkuje maltu na stěny potrubí. Pohyb trysky je synchronizován s pohybem ramene vybaveného hladítkem, které uhlazuje nanesený materiál. Posun probíhá rychlostí 1-4 m/min. Malta je pumpována z míchací nádrže přes hadici do hlavy přístroje. V případě malých průměrů (DN < 600) se používá zařízení pohybující se po ližinách, zařízení je ovládáno z přenosového vozu a kontrolováno vestavěnou kamerou. U větších potrubí (DN > 600) je zařízení na kolejovém podvozku nebo na pneumatickém podvozku konfigurováno tak, aby byl vůz řízen operátorem vsedě. [2; 21; 28]

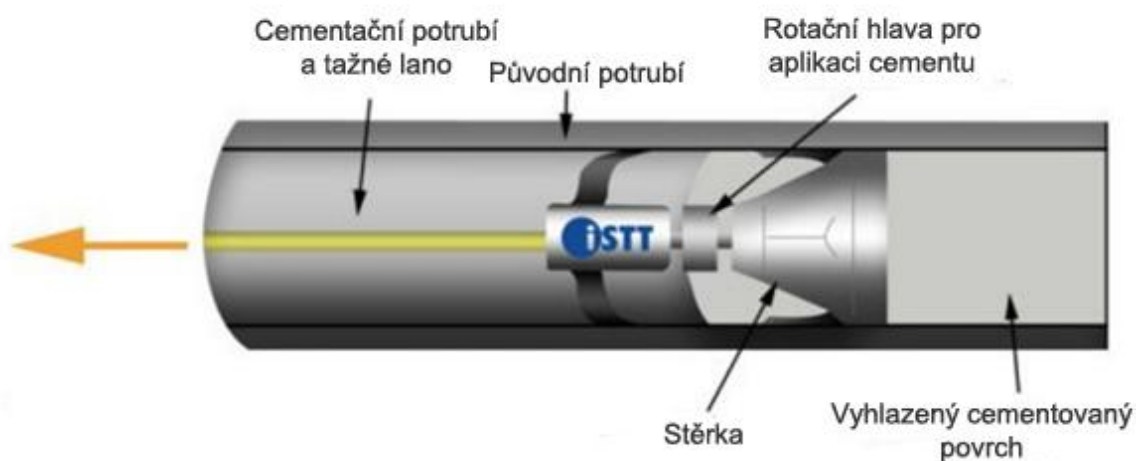
Při cementaci se používá prefabrikovaná cementační směs portlandského cementu a čistého křemičitého písku. Maximální průměr pískového zrna je 1 mm a propad sítem s otvorem 0,125 mm má činit max. 10%. Do agresivního prostředí mohou být použity speciální druhy cementů např. síranového nebo hlinitanové. Rozhodující roli také hraje dávkování vody. Směs musí mít správnou konzistenci, není možné, aby stékala po stěnách. Nutné je také zabránit otřesům po aplikaci. Po 10 až 16 hodinách se provede důsledný průplach vedení a po 24 hodinách jej lze přivést zpět do chodu. [2]



Obr. 21.: Cementovací zařízení [36]

Metodu lze aplikovat na opravu potrubí DN 80 až DN 2000. Minimální tloušťka nanášené vrstvy je 3 mm, maximální 12 mm, tloušťka je závislá na rychlosti posunu zařízení. Pro cementaci je nutné, aby bylo potrubí osazeno šachtami o minimálních rozměrech $2 \times 1,5$ m ve vzdálenosti 150 m u neprůlezných průřezů a 500 m u průřezů průlezných. Šachta je nutná také v místě směrových lomů trasy, větších než 16° . Cementaci lze provádět při teplotách větších než 5°C . [2]

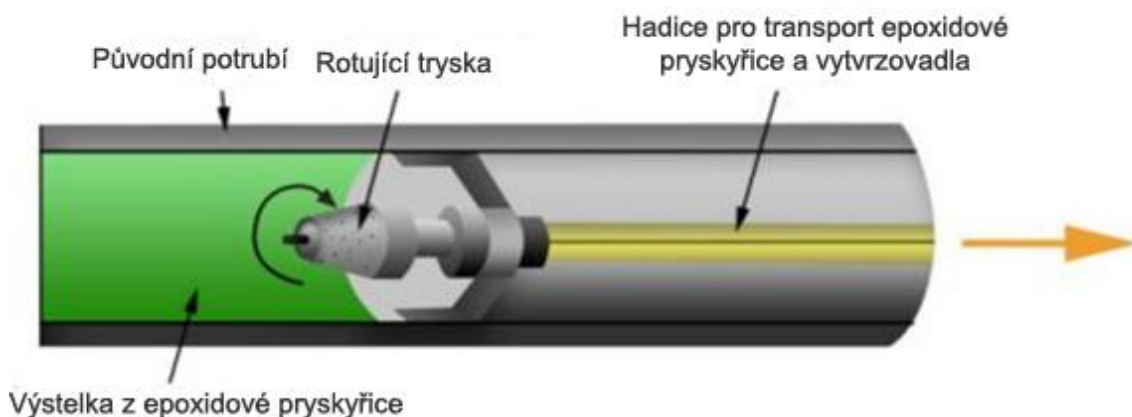
Metodu lze užít na ocelové i litinové potrubí. Cementový povlak vytváří zónu s vysokým pH, která chemicky zabraňuje další korozi vnitřní strany potrubí. Užívá se především pro vedení pitné vody a po aplikaci dochází k celkovému zlepšení kvality přepravované vody. Zabraňuje výskytu "červené vody", tedy vody kontaminované rzi a odlučováním minerálních látek usazených na stěnách trub. Předchází vzniku a množení bakterií na usazeninách a tím snižuje náklady na čištění vody. Zlepšuje hydraulické vlastnosti povrchu potrubí snížením drsnosti jejich stěn a tím snižuje náklady na čerpání vody. [2]



Obr. 22 Schéma postupu cementace [35]

6. 2 Výstelka z epoxidových pryskyřic a polyuretanu

Alternativou k cementaci potrubí je vytvoření výstelky z epoxidové pryskyřice nebo polyuretanu. Technologie byla vytvořena a patentována námořnictvem USA. [37] Stejně jako u předchozí metody je třeba před zahájením procesu provést důkladné čištění a vysušení potrubí s cílem vytvořit dobré adhezní podmínky mezi potrubím a výstelkou. [38] Metoda je také označována jako tzv. M-systém. [39]



Obr. 23 Schéma nanášení epoxidové pryskyřice [38]

Aplikace se provádí nástřikem epoxidové pryskyřice (resp. polyuretanu) vysokorychlostní rotující tryskou. Materiál je zpravidla dvousložkový. Jednu složku tvoří samotná pryskyřice a druhou složkou je vytvrzovadlo. Ke smíchání může docházet už na povrchu, častěji však bývají obě složky dopravovány v oddělené hadici a míchány až těsně před tryskou. Poměr směsi hlídá automatické měřicí zařízení, které zabraňuje aplikaci v nesprávném poměru a dále kontroluje četnost otáček trysky, aby byla zajištěna správná tloušťka nanášeného materiálu. Tloušťka vrstvy u epoxidové pryskyřice bývá v rozmezí 0,8 - 1,2 mm, u polyuretanových směsí 5 - 10 mm. [28; 38; 39]



Obr. 24 Vysokorychlostní rotující tryska aplikující epoxidovou pryskyřici [39]

Tato metoda je rychlejší než metoda cementace. U epoxidové pryskyřice trvá tuhnutí přibližně 16 hodin, v případě polyuretanového nástřiku pouze přibližně 2 hodiny. [38]

Metoda je vhodná zejména pro zlepšení kvality pitné vody a renovaci vodovodního řadu. Především se uplatní při renovaci starších litinových potrubí, které podléhají korozi. Metodu je možné používat pro profily DN 80 - DN 500. [39]

Maximální životnost takto vytvořené výstelky zatím není známa. Předpokládaná doba životnosti je až 100 let, v současné době máme 40 let staré testovací vzorky. Metoda je šetrná k životnímu prostředí. [37]

6.3 Zatahování dočasně zdeformovaných trub

Zahrnuje širokou škálu metod pro renovaci potrubí zatažením vnitřní trubky, jejíž průřez byl před zatažením zdeformován. Po zatažení se opět vrátí do původní polohy, a to v závislosti na zvolené metodě buď samovolně, nebo aplikací vody, respektive páry pod

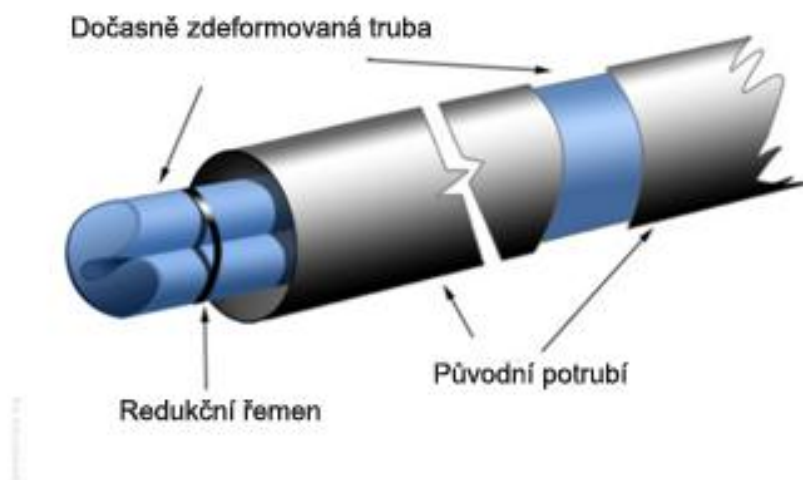
tlakem. Metodu Close Fit lze použít na zatáhnutí plnohodnotného potrubí (strukturní) v případě, že staré potrubí je poškozeno, nebo na zatáhnutí tenčího potrubí, které slouží jen jako ostění (potrubí nestrukturní). Po narovnání vytvoří nové potrubí těsné spojení s potrubím původním a tím zabrání korozi původního potrubí. Nový funkční povrch má zpravidla lepší hydrodynamické vlastnosti. [40]

Jako materiál pro zatažení nové trouby se využívá high density polyetylen (HDPE), Ultra-high-molecular-weight polyethylene (HPPE), Medium-density polyetylen (MDPE), polyetylen (PE) nebo jiný podobný materiál. Použití těchto materiálů zajišťuje životnost takto renovovaného potrubí až na 100 let. Životnost potrubí může být nižší v závislosti na druhu kapaliny a jejím tlaku. [41]

6. 3. 1 Metoda Folded Liners (U-liners, C-liners)

V jiné literatuře bývá také označována jako metoda Compact Pipe (komerční název používaný v ČR). Byla vyvinuta v USA, do Evropy se dostává v roce 1989. [2]

Metoda spočívá v přípravě trouby pro vnitřní ostění, které bude mít průměr lehce menší, než je minimální vnitřní průměr renovované trouby. Profil PE potrubí je zdeformován do tvaru "U" nebo "C" a tím je jeho průměr zredukován až o 50%. Proces deformace může být proveden za tepla (ve výrobním závodě) nebo za studena (už ve výrobním závodě nebo přímo na místě). [28; 41; 42]



Obr. 25 Schéma zobrazující zdeformovanou troubu C-profil (C-liners) a její uchycení [42]

Nejběžněji používaný způsob je ohýbání za tepla. Při tomto procesu se trubka nechá po jejím vytlačení krátce vychladnout, poté je ohýbána a následně navinuta na kotouč. HPPE a HDPE musí být navinuty ještě teplé, zatímco například MDPE může být navinut za tepla nebo až po zchladnutí. Potrubí navinuté na cívku usnadňuje transport a manipulaci s ním na místech, kde není jinak příliš prostoru (např. menší výkop). Nevýhodou je, že tento způsob limituje průměr a délku potrubí. Největší průměr potrubí ohýbaného ve výrobním závodě, jaký může být dodán, je DN 300 - DN 400, a to v délce 100 - 150 m. V případě DN 110 je možné dosáhnout délky až 1,2 km. Další nevýhodou je, že zdeformovaný povrch neumožňuje dále navýšit délku potrubí opravovaného během jednoho zátahu svařováním. [40]

Druhou možností je provést ohýbání přímo v místě instalace. Využívá se většinou od DN 300 až do maximálního průměru DN 1100. Pro menší průměry je výhodnější použít potrubí ohnuté již ve výrobním závodě, zejména kvůli úspoře místa a času na místě montáže. Ohýbání větších průměrů je možné, ale má za následek snížení tloušťky trouby. [40]



Obr. 26 Ohýbání za studena na místě [41]

Za tepla ohýbané trubky jsou po zatažení narovnány kombinací tepla (většinou horká pára kolem 125° C) a tlakem páry. U těchto trub není do narovnění nutné nijak udržovat tvar materiálu, zatímco u trub deformovaných za studena je nutné přidat dočasné řemeny nebo popruhy, které zajistí stálost tvaru po celou dobu instalace. Narovnění se provádí studenou vodou o tlaku kolem 1,5 × vyšším, než je tlak provozní kapaliny. [42]

V případě gravitačního potrubí (např. kanalizace) lze potrubí považovat za strukturní (plnohodnotnou náhradu), pokud moduly pružnosti potrubí dosahují 1000 MPa (mohou dosahovat až cca 1930 MPa). Moduly pružnosti musí být pro PVC materiály sníženy při teplotách vyšších než 27°C. [28]



Obr. 27 Ukázka zatahování trubky „C-profilu“ do stávajícího profilu [43]

6. 3. 2 Symetricky se rozpínající PVC Close-Fit Lining

Metoda je prodávána pod obchodní značkou Duralier pro průměry potrubí DN 150 - DN 760. Počáteční rozměr PVC trubky je menší než rozměr opravovaného potrubí. Jednotlivé části PVC potrubí jsou svařeny tupými svary a poté zasunuty do vyčištěného potrubí. Potrubí je poté naplněno horkou párou a během cca 90 minut dojde k jeho roztažení a pevnému přilnutí k původnímu potrubí. Po vychladnutí jsou konce PVC potrubí seříznuty na délku původního potrubí. Touto metodou je možné zatáhnout potrubí do délek až cca 450 m. [28]

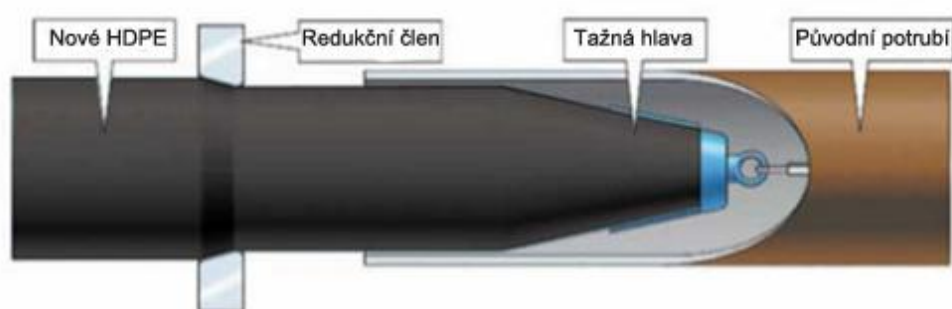
6. 3. 3 Swagelining

Swagelining nebo také Die Drawing či DynTec je nejstarší a nejlevnější metodou na principu zatahování zdeformovaných trub. Byla vyvinuta firmou British Gas v 80. letech 20. století.[40] Metoda je vhodná převážně pro vodovody a plynovody, nejlépe dlouhé přímé úseky. Během jednoho zatáhnutí je možné zatáhnout rovný úsek o délce až 1,5 km a průměru DN 75 - DN 1200. Metodu lze použít i na větší průměry, ale přináší to technologické obtíže (viz. níže). [41]

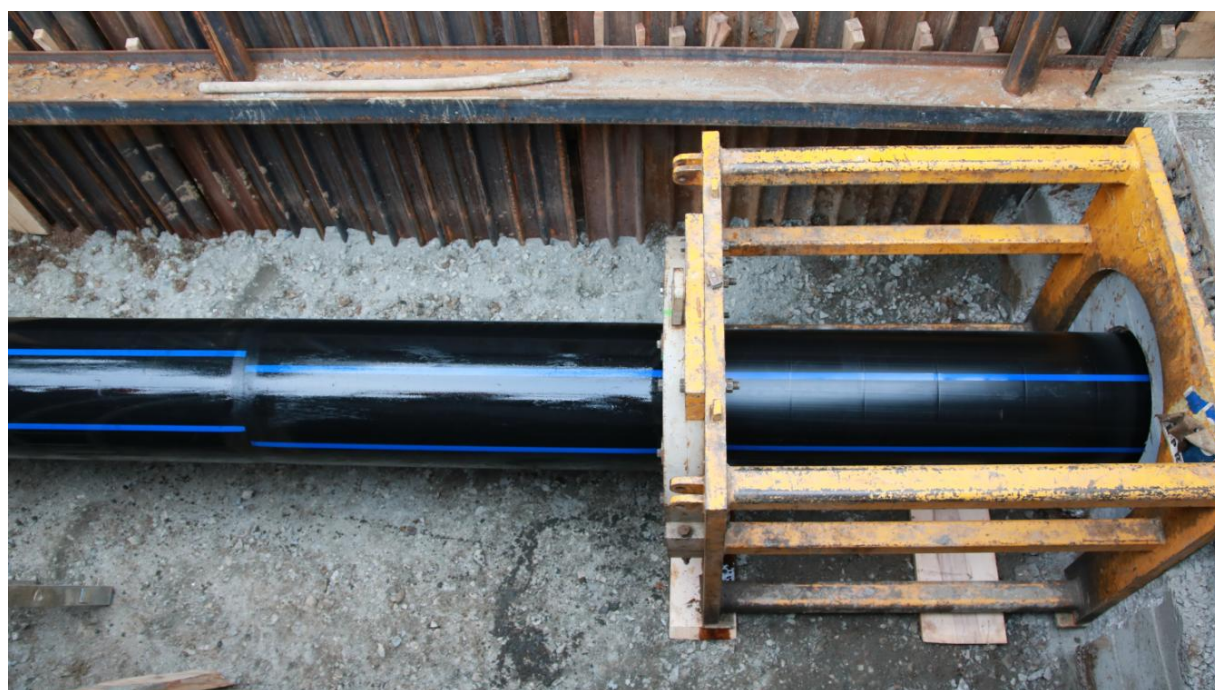
Nová PE trubka je nejprve naolejována. Používá se rostlinný olej, protože z hlediska kontaminace okolí ani z hlediska bezpečnosti práce nepředstavuje riziko a dále je ekonomicky nenákladný. Naolejované potrubí je před zatažením protaženo skrz speciální zařízení - ocelový redukční prvek (redukční prstenec), který stlačuje trubku napětím ke snížení jejího průměru za teploty až 100°C. Ihned poté je zdeformovaná trubka navíjena (zatahována) do původního potrubí. Dochází ke snížení průměru okolo 6%, což umožňuje snadné zatažení do starého potrubí. Axiální napětí je udržováno po dobu celého zatahování. Jakmile je zatažena celá trubka, je uvolněno napětí a nové potrubí se procesem přirozené relaxace navrátí do původního tvaru a přilne k původnímu potrubí. Rychlost zatahování je 1 až 1,5 m/min a potrubí se po ukončení zatěžování navrátí do původního tvaru za 20 - 24 hodin [2]. Proces redukce a zatahování nemůže být přerušován. Se zvětšujícím se průměrem stlačovaného potrubí roste potřebné axiální napětí na jeho stlačení. Tento technologický fakt limituje maximální rozměry a zároveň

může představovat bezpečnostní problém, pokud dochází k opravě v místech, kde se pohybuje více osob. [40; 41]

K provedení operace je potřeba minimálně 4 pracovníků obsluhy. Jeden pracovník obsluhuje jeřáb spouštějící nové potrubí (v případě menšího průměru potrubí lze provést bez jeřábu), další pracovník aplikuje olej a kontroluje hladký vstup potrubí. Zbývající dva pracovníci obsluhují tažné zařízení a kontrolují hladký průběh zatahování na výstupní straně. Zatahování potrubí lze provádět přibližně do -5°C , při výjimečných případech lze pracovat i při teplotách přibližně -10°C , pak je ale nutné nasadit strojní ohříváče vzduchu na vstupní části. Metoda je za normálních podmínek ekonomicky výhodná od realizace přibližně 50 metrové trasy.¹



Obr. 28 Redukční člen při zatahování metodou swagelining[44]



Obr. 29 Sanace potrubí metodou Swagelining v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - vstupní část potrubí, zobrazující svar potrubí a redukční prstenec.

¹ Na základě ústní konzultace s Ing. Jakubem Hoffmannem, ZEPRIS s.r.o.



Obr. 30 Sanace potrubí metodou Swageling v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - výstupní část zobrazující tažnou hlavu.



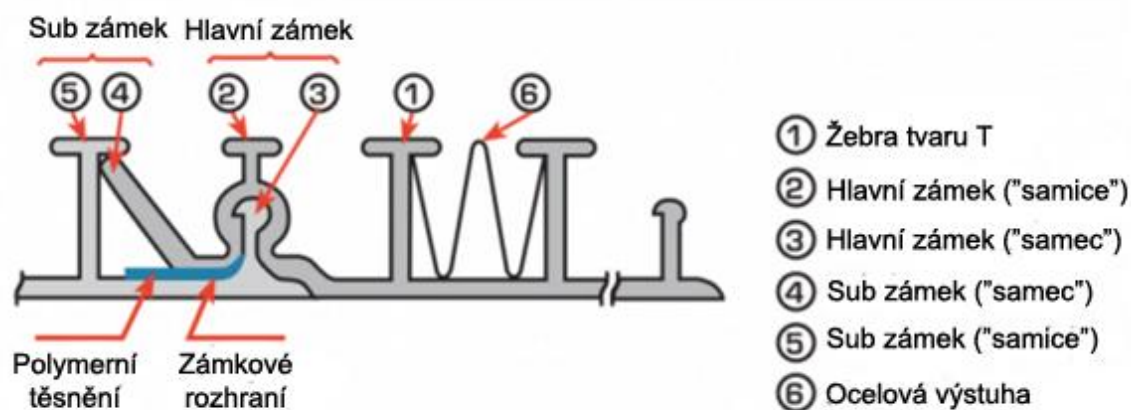
Obr. 31 Sanace potrubí metodou Swageling v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - doraz

6.4 Zatahování navíjených trub

Metoda zatahování navíjených trub pod názvem RIB - LOC byla vyvinuta v Austrálii v roce 1984, jiná verze této metody byla vyvinuta japonskou firmou Sekisui pod názvem Spiral Wound Lining (SPR). [45; 46]

Před zahájením renovace je nutné potrubí vyčistit od všech nečistot a usazenin. Renovaci je možné provádět přímo z obslužné šachty, a to u potrubí až do DN 1250. U malých průměrů není potřeba provádět žádné dodatečné úpravy. U větších průměrů musí být prováděny menší úpravy šachty (odstranění podlahového betonu v šachtě od DN 350, od DN 600 je nutné šachtu dále rozšířit). Operace přes šachtu minimalizují náklady a komplikace spojené s výkopem přístupového otvoru. [45]

Na konci opravované šachty je navíjecí zařízení, které je z povrchu zásobeno pásem PVC nebo HDPE širokým 55 až 150 mm. Navíjecí zařízení postupuje potrubím a nepřetržitě vtahuje pásový materiál a tvaruje jej dle tvaru potrubí. U menších kruhových potrubí DN 15 - DN 300 je možné použít statické navíjecí zařízení, které zůstává umístěno na konci potrubí. Navíjený materiál do sebe zapadá pomocí systému dvou mechanických částí - zámků (hlavní a sekundární u SPR a žebro - zámek u RIB - LOC). Toto spojení vytvoří hladký celistvý a vodotěsný PVC povrch. Dochází ke snížení průřezu oproti původnímu potrubí asi o 10%, výsledné ostění má však výrazně lepší hydraulické vlastnosti. [2; 28; 46]



Obr. 32 Dvojitý zámkový systém SPR [47]

Po dokončení navíjení je v potrubí instalován podpůrný systém, který zajistí zachování tvaru při aplikaci malty. Vysoce pevná malta je aplikována do tenkého prostoru vzniklého mezi původním potrubím a PVC ostěním. Proces aplikace malty je vhodný pro zafixování ostění na místě a také zlepšuje přenos zatížení z původního potrubí na nové ostění. Po dokončení jsou odebrána vyztužení a potrubí je připraveno k opětovnému provozu. Proces je ekologický a není nutné řešit odstraňování žádných škodlivých materiálů. [47]



Obr. 33 Schéma zavádění navíjených trub kruhového průřezu statickým zařízením. [45]

Metoda je použitelná pro průměry DN 15 až DN 2500 u potrubí zatížených přetlakem do 100kPa. Hlavní výhodou je, že je možné ji použít na různé tvary průřezu potrubí a ne pouze na průřez kruhový. Instalovat je možné také v místech zahnutí potrubí, a to až do $\text{radius} = 5 \times \text{průměru potrubí}$. Instalaci je možné provádět také ve vertikálním směru a manuálním procesem renovovat šachtu. [2; 46]



Obr. 34 Aplikace navíjených trub na různé tvary průřezu potrubí. [48]

Použití této metody výrazně snižuje náklady oproti otevřenému výkopu a výměně potrubí. Úspora činí 20 až 40 % [47], dle jiných zdrojů dokonce 40 až 50 % [2].

6. 5 CIPP

Metoda CIPP - Cured in Place Pipe - na místě vytvrditelné potrubí, byla poprvé použita v roce 1971 na renovaci cihlového potrubí na ulici Marsh Lane v Hackney ve východním Londýně, potrubí mělo délku cca 70 m a profil 1 175 mm x 610 mm. [28]

Dnes je CIPP metoda jedním z nejrozšířenějších způsobů bezvýkopové opravy potrubí. Metodu lze využít pro kanalizace, vodovodní, plynové a jiné tlakové potrubí. Kruhové průměry mohou být o průměrech DN 100 - DN 2700 (až do DN 3050 [28]), metodu lze aplikovat i na jiné průřezy, jako jsou vejčité stoky, hranaté potrubí atd. Pro metodu nepředstavují problém zatáčky do 90° nebo skokové změny v průměru průřezu potrubí. [49] Tloušťka ostění se pohybuje mezi 3 až 50 mm, s průměrem potrubí zpravidla roste i jeho tloušťka. [28]

Průběh aplikace CIPP závisí na zvoleném způsobu metody. Spočívá ve vpravení rukávce do původního potrubí. Používá se takzvaná sendvičová vystýlka - rukávec je plněn pryskyřicí, která je následně vytvrzena. Lze využít různých druhů materiálu rukávce, plnicí pryskyřice, typu instalace a metody vytvrzování.

„Nutná tloušťka vystýlky je přesně vypočtena ve statickém výpočtu na základě reálných hodnot - profilu, hloubky uložení potrubí, hladiny spodní vody, stupni zatížení nadloží, stupni poškození potrubí a základních výpočtových hodnot použitého sanačního materiálu, tj. E-modulu a pevnosti v ohybu.“ [50]

6. 5. 1 Různé druhy rukávce

Rukávec se skládá ze dvou částí - části nosné, která je nosičem pro tekutou pryskyřici, a ochranné fólie. Ekonomicky nejvýhodnější možností jsou rukávce z polyesteru, které poskytují naprosto dostačující vlastnosti pro běžné podmínky ve splaškových potrubích. V případě gravitačních potrubí lze použít rukávce z netkaných vláken, které poskytují vysokou flexibilitu a dobrou přilnavost. Nejsou ale schopny přenášet vyšší tlaky. Na tento typ potrubí je možné použít rukávce z tkaných polymerů (anglicky "Woven Hose Lining"). Tyto rukávce se používají také na zabránění vnitřní korozi, prosakům z důvodu vadných spojů a v některých případech je lze použít i na řešení externí koroze. Nosné části rukávce lze dále vyztužit sklenými, karbonovými nebo aramidovými vlákny. Použití výstužných vláken výrazně zvyšuje mechanické vlastnosti (moduly pružnosti E) a umožňuje tak snížit tloušťku rukávce při zachování stejných mechanických vlastností. Dochází však ke zvýšení citlivosti na tvarové charakteristiky potrubí. [28; 51; 52]

Druhou částí je fólie, v konečném stavu se nachází na vnitřní straně potrubí. Slouží jako ochranná vrstva potrubí před poškozením abrazi, odolává chemickému působení transportovaného média (např. splašky) a zabraňuje úniku pryskyřice během instalace potrubní vložky. Při vytvrzování parou je nutné, aby byl použitý materiál odolný vůči vysokým teplotám. Drsnost povrchu fólie má hlavní vliv na hydromechanické vlastnosti nově opraveného potrubí. [51]

Jako materiál fólie se používají hlavně polyuretan, polypropylen (PP), dále pak polyetylen a polyvinylchlorid (PVC), který však nelze použít při vytvrzení parou.

Polyuretanová fólie se vyznačuje vysokou pružností a dobrou odolností vůči abrazi. Je vhodná pro vysoké dynamické zatížení, odolává působení ropných produktů, minerálních olejů a ozonu, lze ji použít při vytvrzování parou. Polypropylenová fólie se vyznačuje odolností proti olejům, organickým rozpouštědlům a alkoholům a velmi dobrou odolností vůči abrazi. [51]

6. 5. 2 Různé druhy plnicí pryskyřice

Rukávec je ve výrobním závodě vakuově naplněn pryskyřicí, která odpovídá zvoleným požadavkům zadavatele na základě zjištěných podmínek a příslušných výpočtů.

Volba typu použité pryskyřice určuje konečné vlastnosti potrubí a také výrazně ovlivňuje jeho konečnou cenu. Požadované vlastnosti jsou především korozivzdornost, odolnost vůči teplu a dodržení limitů stanovených na množství a druh uvolněných par. [51]

Polyesterové pryskyřice jsou nejlevnější a nejrozšířenější skupinou používaných pryskyřic. Pro běžné užití v kanalizačních stokách mají dostatečnou odolnost vůči korozi, abrazivnímu porušení a vyznačují se dostatečnou tuhostí. Chemické složení dále ovlivňuje vlastnosti. Užití příměsí pyrogenního oxidu křemičitého zabraňuje stékání pryskyřice v průběhu instalace. Použití plniv snižuje potřebnou tloušťku vložky při zachování vysokých modulů v ohybu. Nejčastěji používaným plnivem je trihydrát oxidu hlinitého (ATH). Jedním z hlavních typů používaného materiálu je pryskyřice s kyselinou tereftalovou. Vyznačuje se vyšší pevností v tahu a vyšší odolností vůči tepelným deformacím, což má ale za následek zvýšené nároky na vytvrzovací teploty, delší vytvrzování a tím i finanční náklady. Dalším významným typem jsou pryskyřice na bázi oroftalového anhydridu, které se vyznačují zejména vysokou odolností vůči chemickému a tepelnému působení. Jejich negativní stránkou je vysoká reaktivnost a s ní spojené vysoké nároky na ochrannou fólii a přesné dodržení postupu instalace. [51; 53]

Vinylesterové pryskyřice se vyznačují nejvyšší chemickou odolností a vysokými strukturálními vlastnostmi za cenu navýšení ekonomických nákladů. [51]

Epoxidové pryskyřice jsou nejdražší ze zmíněných variant. Využívají se především na sanaci tlakových potrubí nebo potrubí přenášejících pitnou vodu. Vhodně zvoleným složením lze z velké části minimalizovat množství styrenových výparů, což je výhodné zejména při opravě domovních přípojek. Epoxidové pryskyřice jsou velice háklivé na teplotu. [51]

6. 5. 3 Různé metody instalace

Inverzní metoda je první možností, jak instalovat CIPP. Naplněný, ale dosud ještě nevytvrzený rukávec je na jeho konci uchycen a působením tlaku vzduchu nebo vody je vtlačován do opravovaného potrubí. Tento postup má dvě hlavní výhody. První výhodou je, že rukávec není tažen po povrchu starého potrubí, ale pouze se rozvíjí, což minimalizuje možnosti poškození nového povrchu. Druhou výhodou je, že může být vnější povrch rukávce impregnován pryskyřicí, která se po čas instalace vsakuje do prasklin, spojů a poškození původního potrubí a tím zlepšuje přilnavost a výsledné mechanické vlastnosti. [28]



Obr. 35 Inverzní aplikace metody CIPP [28]

Druhou možností aplikace metody CIPP je rukávec zatáhnout stálým napětím bez použití inverze. Vnější stěna rukávce je napuštěna pryskyřicí a vnitřní část tak zamezuje nežádoucímu úniku. Ve zvláštních případech mohou být použity kombinace obou procesů, například pokud se počítá s vysokou přítomností spodní vody a vzniká riziko, že by mohlo dojít ke ztrátě vyššího množství pryskyřice. [28]



Obr. 36 Aplikace metody CIPP zatahováním [28]

6. 5. 3 Různé metody vytvrzování

Vytvrzování je proces, který iniciuje chemické změny v pryskyřici, které vedou k jejímu vytvrzení (změna skupenství z kapalného na pevné). Hlavním úkolem tohoto procesu je

vytvořit permanentní spojení mezi nově instalovaným ostěním (CIPP liner) a původním potrubím.

Vytvrzování okolní teplotou (ambientní) je metoda použitelná pro sanaci malých profilů, jako jsou domovní přípojky. Hlavní nevýhodou je časová náročnost a tím zvýšené ekonomické požadavky. Proto je toto použití nevhodné zejména na renovaci hlavních stok. Další nevýhodou je značná závislost na okolních klimatických podmínkách. [51]

Vytvrzování horkou vodou bylo použito při prvních instalacích a stále je hojně užívanou metodou. Ideální je zejména pro průměry DN 1000 a větší. Velmi podobnou metodou je vytvrzování proudem horké páry. Hlavní výhodou je snížení nákladů spojených s velkým množstvím horké vody, která by byla jinak nutná. Tato metoda se využívá především u menších a středních průměrů, kde je možné lépe kontrolovat časovou náročnost vytvrzovacích pochodů. V obou případech je nutné snímat teplo a sledovat exotermické reakce, aby došlo k úplnému vytvrzení vložky. V žádném případě není přípustné překročit bod varu pryskyřice. [28; 51] Aplikace vody probíhá systémem dvou hadic, kdy hadicí na konci potrubí je odsávána voda studená (použitá pro nafouknutí rukávce) a na vstupní straně je přiváděna voda horká, pro vytvrzení. Tímto principem je zajištěna recyklace média a jeho dokonalé prohřátí na požadovanou vytvrzovací teplotu.²

Nejnovější metodou je metoda vytvrzování pomocí UV záření. Rukávec musí být vytvořen ze sklených vláken, což snižuje toleranci rukávce vůči tvarovým změnám. Rukávec je z vnější strany chráněn tenkou fólií, která zabraňuje nežádoucímu předčasnému vytvrzení při manipulaci a instalaci. Vnitřní fólie slouží jako ochranná vrstva před poškozením při instalaci a ihned po vytvrzení je odejmuta. Vložka je do potrubí vtažena pomocí hydraulického navijáku. Po vtažení je nafouknuta stlačeným vzduchem za pomoci kompresoru. Do vložky je zasunuta soustava UV lamp s kamerou, která nejprve zkontroluje správné přilnutí a rozvinutí vložky a pak pomocí UV záření velmi rychle vytvrdí CIPP vložku. Po dokončení reakce pryskyřice vzniká nové plastové potrubí. Průběh procesu vytvrzování hlídají čidla snímající a zaznamenávající sledované veličiny (čas, tlak a teplotu). Jejich kontrolu provádí obsluha zařízení na povrchu.² [54]

² Na základě ústní konzultace s Ing. Václavem Szturcem, WOMBAT s.r.o.



Obr. 37 Vytvrzovací UV lampa s kamerou [28]

Po vytvrzení jsou za pomoci kanálobota vytvořeny otvory v místech stávajících přípojek. Pokud se jedná o potrubí pro přenos pitné vody, následuje důkladný průplach.

Příkladem u nás používaného systému je patentovaná technologie KAWO a KAWO UV. KAWO je inverzní rukávcová metoda vytvrzovaná horkou vodou nebo vzduchem. Výsledné krátkodobé moduly pružnosti jsou v rozmezí cca 1 500 - 2 000 MPa, tloušťka vložky cca 6 - 30 mm v závislosti na DN potrubí. Vložka KAWO UV, bezešvá vložka ze skelných vláken, vytvrditelná UV zářením, dosahuje krátkodobých modulů pružnosti cca 12 000 - 14 000 (dlouhodobé moduly pružnosti 8 000 - 12 000 MPa) a tloušťky rukávce od 3 do 17 mm v závislosti na DN potrubí.³

³ Na základě ústní konzultace s Ing. Václavem Szturcem, WOMBAT s.r.o.

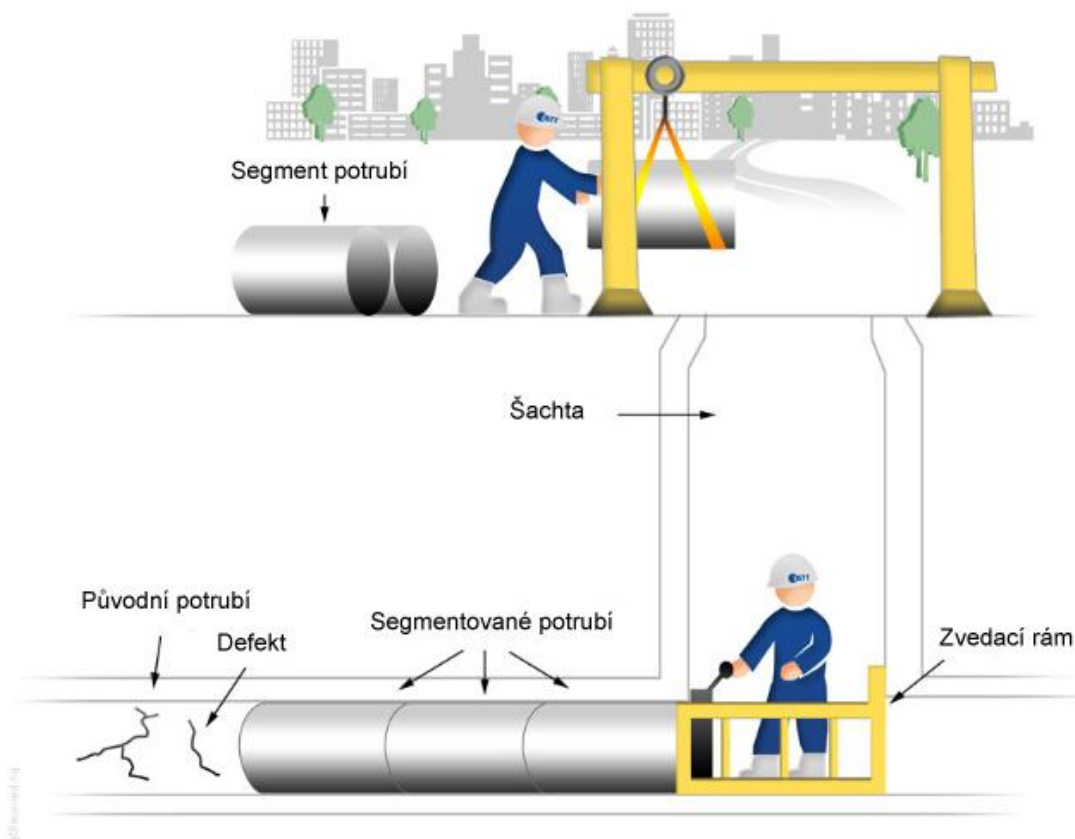
7. Bezvýkopová výměna potrubí

Bezvýkopová výměna potrubí spočívá v mechanickém rozbití nebo vytlačení starého potrubí a jeho nahrazení potrubím novým. Provádí se například v situacích, kdy je staré potrubí natolik narušeno, že není možné ho použít ani jako chráničku potrubí nového, dále pak v případech, kdy stará dimenze je již příliš nevyhovující (a to i po započítání výhod nového materiálu potrubí). Zvětšení probíhá většinou o jeden "řád" tedy například z DN 200 na DN 250, z DN 250 na DN 300 atd.

7.1 Slip Lining

Za ideálních okolností je metoda Slip Lining nejrychlejší a v zásadě nejlevnější možností, jak kompletně vyměnit (nebo zrenovovat) potrubí. Metoda je vhodná pro sanování stávajících potrubí o dimenzi DN 100 až neomezeně a lze ji použít na jakýkoli materiál potrubí, důležité je však, aby bylo původní potrubí co nejpřímější a bez větších deformací tvaru. Průběh spočívá ve vtlačení nebo zatažení nové trouby do stávajícího potrubí podobně jako u technologie Close-fit (kapitola 6. 3) která k zatažení používá dočasně zdeformované trubky. Rozdíl spočívá v tom, že při aplikaci technologie Slip Lining dochází k zatažení (resp. vtlačení) nezdeformovaného potrubí. Z tohoto důvodu je vždy nutné, aby nová dimenze byla o něco menší. Vnější průměr nové trubky by měl být přibližně o 5 % menší než vnitřní průměr trubky původní (minimálně však cca 50 mm). Dochází tedy k celkovému zmenšení průměru a to je patrnější než u metod renovace potrubí. Hlavní výhodou je, že aplikace může probíhat i za provozu a tím odpadá nutnost obejití původní trasy nebo problémy při případných deštích. [28; 55; 56]

Pokud je nové potrubí poměrně malé dimenze a materiál je flexibilní, slipline může být instalován jako nepřerušené potrubí. Pro aplikaci větších průměrů a tužších materiálů je zpravidla nutné použít diskrétní délky potrubí (segmenty), které jsou před aplikací do potrubí buď svařovány natupo, nebo spojeny speciálními spojkami. Velikost nutného výkopu závisí především na délce a průměru nového potrubí a také na hloubce původního potrubí. Při použití diskrétních potrubí stačí, aby byl výkop jen o něco málo větší, než je délka jednoho kusu. [28; 55]



Obr. 38 Aplikace potrubí po segmentech (diskrétní části) technologií Slip Lining[55]

Po instalaci nového potrubí následuje proces cementování. Cílem cementování je vždy vyplnit prostor mezi původním potrubím a novou troubou. V závislosti na požadavcích může být cílem dále také pevná fixace nového potrubí nebo snaha zvýšit tuhost nového potrubí a přenesení zatížení na potrubí původní (odolnost proti hydrostatickému zatížení). Cement sloužící výhradně jako plnivo je relativně slabý s malou viskozitou. Strukturální cement, který slouží jako spoj mezi potrubími, má vyšší pevnost v tlaku. [55]

7. 2 Trhání potrubí (Pipe Bursting)

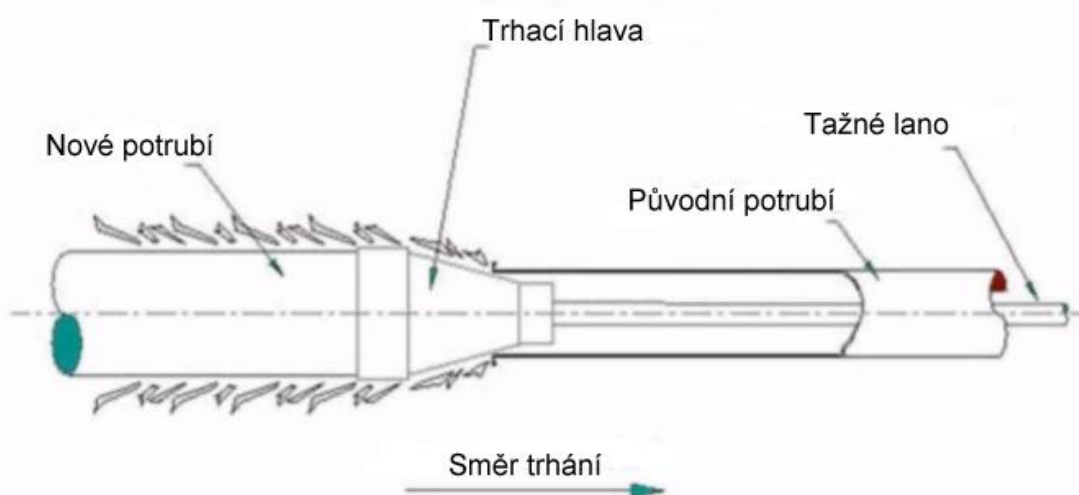
Metoda trhání potrubí, mezinárodně známá jako Pipe Bursting, byla vyvinuta společností British Gas v 70. letech 20. století jako technologie pro výměnu plynových potrubí malých dimenzí ve Spojeném království. V dnešní době se tato technologie aplikuje nejen na potrubí plynová, ale také na potrubí kanalizační a vodovodní. Nejefektivnější je při výměně potrubí z křehkých materiálů, jako je kamenina, beton nebo litina. Výměna potrubí spočívá v roztrhání potrubí původního trhačí hlavou, na kterou je přímo navázáno potrubí nové, které je tak ihned vtlačováno, respektive vtahováno na místo starého potrubí. Před zahájením práce musí být domovní přípojky odpojeny v pomocné šachtě. Metoda se dále dělí dle způsobu trhání na statické a různé druhy dynamického. [2; 28; 7]

Maximální doporučený průměr nového potrubí je 1,4 krát větší než průměr potrubí původního.[2] Jiné zdroje uvádí, že je možné zvýšit průměr až o 50 % u starého potrubí do 300 mm, pro větší průměry se doporučuje pouze do 25 %. [28]

7. 2. 1 Statické trhání

Statické trhání je nejjednodušší metodou trhání potrubí. Trhání probíhá vysokým obvodovým namáháním, které je důsledkem působení trhačí hlavy kónického tvaru (viz.

Obr. 39 Statické trhání potrubí). Tato metoda byla vyvinuta firmou International Pipe Drilling Ltd., USA a v Evropě je patentována a použita pod názvy KM-Berstlining a Express-Berstlining. Je použitelná pro potrubí o dimenzi DN 50 až DN 1500, ale v praxi se používá převážně do průměru 900 mm. Délka jednoho opravovaného úseku může být přibližně 120 m, při správných podmínkách lze ale provést zatažení i delších úseků. Hlavní výhodou použití statického trhání je oproti dynamickému způsobu nízká hlučnost a skutečnost, že nedochází ke vzniku žádných dalších otřesů, proto je velmi dobře použitelné i pro obnovu potrubí pod stávající zástavbou. [2; 28]



Obr. 39 Statické trhání potrubí [28]

Obnova pozemního vedení se realizuje z připraveného výkopu o rozměrech dostatečně velkých pro manipulaci s novým potrubím (v závislosti na jeho dimenzi a hloubce stávajícího potrubí). Robotická kamera zatáhne potrubím tažné zařízení a dále slouží jako kontrola celého procesu. Otvor do potrubí je zvětšen na maximální průměr trhací hlavy - expandéru. Nové potrubí s expandérem je vtahováno pomocí tažného lana poháněného tažným zařízením. Zatahovat lze delší úseky složené ze svařených plastových trub nebo i krátké bezhrdlové trouby. Obsluhu provádějí minimálně tři pracovníci - první obsluhuje zařízení, které spouští nové krátké úseky potrubí do provozní šachty, druhý manipuluje s troubami v šachtě a napojuje je a třetí pracovník ovládá celou soustavu pomocí ovládacího zařízení z povrchu. Zatahování probíhá rychlostí asi 15 m/hod. [2]

7. 2. 2 Hydraulické trhání potrubí

Tato metoda probíhá velmi podobně jako statické trhání. Tažné zařízení pracuje cyklicky, zatahování tedy probíhá po krocích. Expandér je tvořen třemi kloubově spojenými částmi, které jsou schopné hydraulicky zvětšovat svůj průměr. Při každém kroku se tyto části rozpínají na maximum, při tom trhají staré potrubí a odtlačují okolní zeminu. Hydraulickou trhací hlavu lze použít v potrubích DN 150 až DN 500 a ve stejných zeminách jako trhání statické, nedoporučuje se ale používat u pískových zemin. [2; 28; 7]

7. 2. 3 Pneumatické trhání potrubí

Trhací hlava je vybavena pneumatickým kladivem, které rozbíjí staré potrubí. Tažné lano posouvá expandér vpřed, ale neposkytuje dostatek zatížení v tahu na to, aby sloužil k trhání potrubí bez použití pneumatické složky. Pneumatické trhání je možné použít na stejné typy potrubí jako trhání statické, dále je ho možné použít na výměnu existujícího

PVC potrubí. Minimální průměr je 100 mm a délka jednoho úseku je přibližně 150 m (rekord nejdelšího úseku zatažení je 762 m), platí také, že čím delší úsek, tím pomalejší rychlost zatahování, proto není příliš výhodné úseky cíleně natahovat. Hlavní výhodou tohoto trhačského postupu je vyšší rychlost, jednoduchost a prostorová nenáročnost trhačského zařízení. [2; 28]

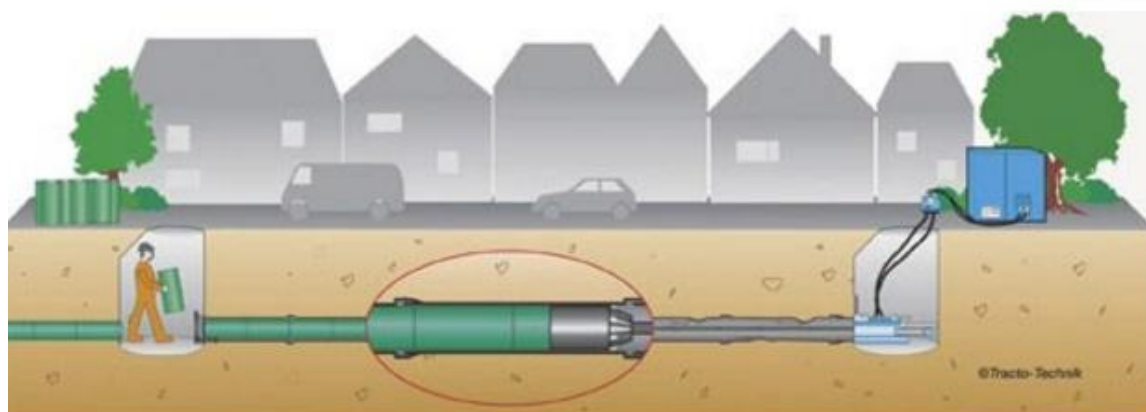
7.3 Rozbrušování potrubí plnoprofilovou frézou (Pipe Eating)

Metoda byla vyvinuta v Japonsku koncem 70. let minulého století firmou Isek-Poly z Tokia. Průběh práce rozbrušování potrubí pracuje na velmi podobném principu jako metoda trhání potrubí. Zatímco metoda trhání potrubí počítá s roztržením starého potrubí za pomoci tlaku, tato metoda využívá mechanického rozbrušovače - plnoprofilovou frézu s pevnými nebo rotačními dráty z tvrdokovu. Metoda je vhodná především pro rozbrušení kameninových, betonových nebo azbestových trub o dimenzi DN 250 až DN 600. Úlomky starého potrubí jsou bezzbytku odtaženy. Fréza je dálkově ovládána a je možné vyrovnat i případné délkové deformace starého potrubí. Při rozbrušování nevznikají žádné další otřesy ani deformace v důsledku roztlačování zeminy. Ihned za frézovou hlavou je taženo potrubí nové, které může být větší dimenze než potrubí původní. [2; 28]

Obdobou této metody je použití rozbrušovačů, řezačů a fréz pouze k narušení potrubí. Cílem je staré potrubí rozříznout a tak vytvořit podmínky pro vtlačení rozšiřující se hlavy, která za sebou táhne potrubí nové (většinou plastové). Rozříznutí potrubí naruší jeho pevnost a odpadá nutnost vysokého tlaku. Tato metoda bývá označována jako řezání potrubí (Pipe Splitting), je technicky jednodušší, ale nevýhodou je, že staré potrubí zůstává na místě. [28; 57]

7.4 Drive and Pull (Tight-in-Pipe)

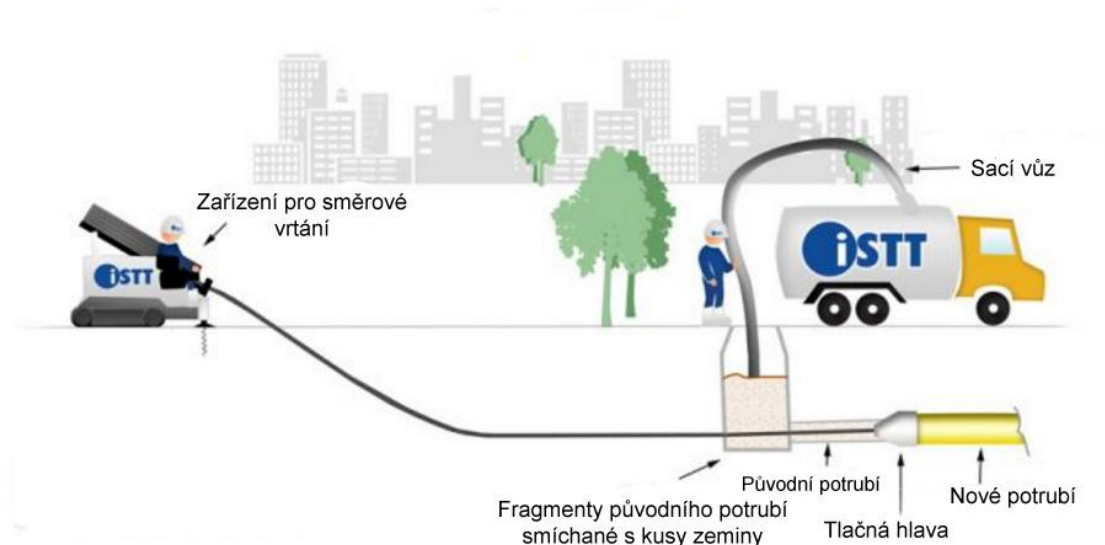
Jedná se o relativně novou metodu vytvořenou německou firmou Tracto-Technik. Představuje jednoduché řešení, které je finančně výhodné, nevyžaduje žádné větší výkopové práce a při výměně potrubí dochází pouze k velmi malému nebo žádnému zmenšení průměru. Touto cestou je dále možné obnovit kruhovost profilu potrubí. Metoda využívá krátkých PVC trub, které se vejdou do normální šachty (průměr 1,2 m). Expandér zde neplní funkci nástroje k výraznému roztažení a přemístění jednotlivých kusů starého potrubí (jako u metody trhání potrubí viz 7.2), ale naprosto dostačující je, pokud vytvoří menší trhlinu, do níž je následně vtlačeno potrubí nové. Nové potrubí je silou vsunováno do vzniklé mezery, a tak dosedá na místo potrubí původního. Jednotlivé kusy nového potrubí jsou dále spojeny spojkami nebo svařováním. Tato metoda je použitelná na všechny běžné poruchy potrubí jako např. praskliny, trhliny, deformace příčného průřezu (do 20 %), vychýlení z trasy, prorůstání kořeny nebo infiltrace. [28; 58; 59]



Obr. 40 Schematické zakreslení použití metody Tight-in-Pipe[58]

7.5 Metoda vytlačování starých trubek (Pipe Reaming)

Tato metoda se využívá především v případě, kdy potřebujeme zachovat stejný průměr potrubí, ale z nějakého důvodu je vhodné vytáhnout staré potrubí ze země. Užití této metody je zvláště vhodné ve velmi tvrdé zemině nebo skále, kde by proces trhání (především roztahování kusů starého potrubí do okolní zemině) nebyl příliš možný nebo vhodný. Nové potrubí má stejnou nebo větší dimenzi jako potrubí staré, je většinou plastové a jsou na něj kladeny podobné nároky jako v případě trhání potrubí. Vytahování starého potrubí probíhá za pomoci speciální hlavy ve tvaru prstence, která je za pomoci směrového vrtáku tlačena/vtahována. Prstenec se dotýká hrdla starého potrubí a vytlačuje ho směrem vpřed. Na tlačnou hlavu je připojeno nové potrubí, které je ihned vtlačováno na místo původního potrubí. Staré potrubí je vytlačováno a v místě výstupu (výkop nebo další provozní šachta) je mechanicky rozbíjeno a jednotlivé části jsou vytažovány na povrch. [28; 60]



Obr. 41 Schematický náčrt postupu vytlačování starého potrubí, kde je tlačná hlava vtahována do potrubí původního. [60]

8. Závěr

Po zevrubném seznámení se s jednotlivými metodami, které lze použít na opravu potrubních sítí, je na řadě jejich analýza a srovnání. Před každou opravou je nutné provést důkladné prověření současného stavu a evaluaci dalšího postupu. Jestliže po čištění zjistíme, že je potrubí v dobrém stavu a má pouze lokální porušení, je vhodné přistoupit k opravám. Lokální opravy jsou zpravidla výhodné pouze do dvou oprav na jeden servisní úsek. Při větším počtu oprav je na zvážení provedení celkové renovace nebo výměny potrubí. Kompromisním přístupem je technologie dvousložkové kapaliny. Jedná se o velmi levné řešení na opravu prasklin v potřebných úsecích malých a středně velkých průměrů potrubí, u kterých není potřeba strukturní renovace. Tato metoda negarantuje vysoký standard kvality potrubí, ale v mnoha případech je toto řešení dostačující nebo z ekonomických důvodů jediné možné.

V případě, že pouhá oprava poškozených částí potrubí nestačí nebo trváme na garanci vlastností potrubí, je na místě zvolit komplexnější řešení. Volba vhodné metody závisí na řadě faktorů. V první řadě je třeba zvážit, zdali je vůbec výhodné použít metodu bezvýkopovou, nebo zda postupovat konvenčními metodami (tedy otevřeným výkopem). Obecně platí, že provedení otevřeného výkopu je výhodnější v případě, že je na daném úseku vhodné vyměnit více prvků. Typicky se jedná o ulici, která nebyla opravována desítky let, je zde důvodné podezření na špatný stav více než jednoho typu vedení, je nutné provést zpevňovací práce nebo celkovou výměnu vozovky. Otevřený výkop je dále vhodný při výměně kratších úseků (zpravidla do 50 m).

Použití bezvýkopových metod sanací potrubí je naopak velmi vhodné zejména:

- při výměně jednoho typu potrubí na delší vzdálenost;
- v úsecích, kde je hustá doprava a delší uzavření silnice by způsobilo dlouhodobé obtíže s rizikem dopravního kolapsu;
- v historických jádrech měst;
- pokud by výkop mohl narušit statiku staveb a konstrukcí v okolí;
- při rekonstrukci domovních přípojek v místech se značnou hustotou souběžných nebo navzájem se křížujících podzemních vedení.

U vodovodních potrubí z oceli nebo litiny může docházet ke korozi a následnému zhoršování kvality pitné vody. Proto se přikračuje k povrchové úpravě potrubí. Jedná se o poměrně jednoduchou proceduru, kterou lze aplikovat na strukturálně nepoškozené potrubí. Cementaci charakterizuje lehké snížení vnitřního průměru potrubí a nižší odolnost vůči korozi, výhodná je ale nízkou cenou. Polyuretanové a epoxidové pryskyřice jsou nákladnější, zato však dosahují vyšší kvality, epoxidová pryskyřice navíc zcela minimálně snižuje vnitřní průměr potrubí.

Technologie renovací potrubí, kdy je zachováno potrubí původní ve funkci chráničky, lze dále renovovat i strukturně. Strukturní renovace spočívá v zasunutí nového (plastového) potrubí, které pevně přilne k potrubí původnímu. Jeho průměr je tedy nepatrně menší, ale díky lepším povrchovým vlastnostem (nižší koeficient drsnosti) jsou hydrodynamické vlastnosti výrazně zlepšeny. Při renovaci ocelového potrubí slouží v místě, kde nové potrubí koresponduje se starým potrubím (nebyl proveden výkop, ale pouze bezvýkopová oprava), staré potrubí také jako lokalizační prvek (je detekovatelné pomocí detektorů kovu). V místech, kde musel být proveden otevřený výkop (zpravidla uzly mezi

jednotlivými opravovanými úseky), je nutné doplnit potrubí nové o signální kabel pro možnost jeho zpětné lokalizace.

Nejlevnějším řešením jsou technologie aplikace dočasně zdeformovaných potrubí, především technologie Swagelining, jejíž hlavní předností je možnost sanovat potrubí i značných velikostí. Mezi negativní stránky této metody patří nutnost výkopových prací na začátku a na konci opravovaného úseku. Swagelining je dále nepoužitelná při vyšších geometrických výchylkách u starého potrubí. Podobně levnou metodou je metoda Folded liner, která umožňuje využití prefabrikovaných potrubí a umožní tak značně redukovat výkopové práce na místě, a to především díky navinutí nového potrubí do tvaru cívky pro transport a manipulaci. Použití prefabrikovaných potrubí (ve výrobním závodě zdeformované do tvaru "U" nebo "C") limituje dimenzi potrubí, kterou je možné takto renovovat, proto je tento způsob použitelný pouze na malé a střední průměry potrubí. Maximální možná délka opravovaného úseku klesá se zvyšujícím se průměrem potrubí. Při větších průměrech je možné deformovat potrubí na místě, to ale přináší další komplikace a zvyšuje nároky na exkavaci. Obě metody zdeformovaných potrubí lze využít na vodovodní a tlakové potrubí.

Především pro potrubí nekruhového průřezu (obdélníkové, vejčité,...) je ideální použít metodu zatahování navíjených trub. Při použití této metody dochází ke snížení vnitřního průměru asi o 10 %, má však jiné výhody. Při renovaci menších průměrů potrubí (přibližně do DN 350) je možné provést celou operaci ze servisní šachty, pro průměry potrubí přibližně do DN 600 postačí šachtu pouze částečně upravit. Tato metoda zvládá změny směru potrubí a hodí se i na renovaci obslužné šachty. Po renovaci je vhodné provést cementování meziprostoru mezi starým a novým potrubím. Celý proces je tedy ekonomicky nákladnější.

Nejen stoková a kanalizační potrubí bývají renovována metodou CIPP (Cured in Place Pipe), která se vyznačuje širokou škálou modifikací (kombinace zvolených rukávů, plniv, vytvrzovacích metod...), umožňujících volit řešení, jež nejvíce vyhovuje požadavkům na vlastnosti daného potrubí a zároveň nevede k nadbytečnému zvýšení nákladů. Metoda je použitelná na všechny běžné typy a dimenze potrubí (i pro velké průměry), použitelná je i na úseky se zatačkami až do 90° a skokovými změnami průměru potrubí. Sanace potrubí metodou CIPP nevyžaduje žádné nebo jen velmi malé výkopové práce.

Poslední velkou skupinou metod je kompletní výměna potrubí, kterou lze také provést bezvýkopově. Nejjednodušší a nejlevnější způsob je metoda Slip Lining, spočívající v prostém zatažení nového potrubí do potrubí stávajícího. Výhodou jsou nízké náklady a možnost pracovat bez přerušení funkce potrubí. Nevýhodou je výrazné snížení profilu potrubí.

Sofistikovanější principy využívají rozbití nebo vytlačení starého potrubí a následném zasunutí potrubí nového. Touto cestou je možné zachovat nebo dokonce navýšit původní dimenzi potrubí. Při provedení odpadá potřeba důkladného čištění starého potrubí. Tyto metody lze provést bez dynamických rázů, a tak lze spolehlivě předejít poškození blízko položených sítí. Vytažení starého potrubí dále snižuje takováto rizika. Například v blízkosti vedení optických kabelů nebo jiných choulostivých sítí je na místě značná opatrnost. Nevýhodou je silné ovlivnění druhem zeminy a velmi obtížná proveditelnost v tvrdých jílových podložích, v místech s vysokou hladinou podzemní vody nebo v případě, že bylo potrubí v minulosti opravováno pomocí svorek. Výměna potrubí také vyžaduje větší výkopové práce na okrajích sanovaných úseků.

Použití bezvýkopových metod obecně nenarušuje strukturu zeminy, a proto je velmi vhodné v povodňových oblastech. Sanační práce je možné za příznivých podmínek provádět i v zimních měsících, takže nedochází k druhotným nákladům při poškození zemědělské půdy.

Celkové srovnání různých metod bezvýkopových sanací ukazuje, že neexistuje jedno ideální řešení na všechny druhy instalací a vždy je nutná podrobná znalost problematiky a konkrétních podmínek na místě. Současné technologie nabízejí širokou škálu možností a je proto na projekci vybrat metodu, která nejvíce splní dané požadavky. Technologie v žádném případě nedosáhly svých limitů a dochází k nepřetržitému vývoji nových řešení a jejich postupnému aplikování do praxe.

Seznam příloh

Příloha 1: Schéma Podzemní stavební technologie dle ISTT;

Česká společnost pro bezvýkopové technologie [Online], 20?? [citace: 16. 5. 2017]
<http://www.czstt.cz/pouzivane-technologie>

Seznam obrázků

Obr. 1 Zkorodované potrubí [3].....	13
Obr. 2 Neodborné napojení odbočky (příklad špatného provedení stavebních prací) [5].	14
Obr. 3 Zdeformované plastové potrubí vlivem špatné pokládky nebo během neodborného hutnění bez správného zásypu.[5].....	15
Obr. 4 Prorůstání kořenů do kanalizace[5]	15
Obr. 5 SeeSnake® microReel Video Inspection System [9]	16
Obr. 6 Digitální záznamové zařízení [6].....	17
Obr. 7 Premus 150 - Digitální přenosná jednotka ke kontrole šachet a těsnosti poklesem tlaku (zkouška vodou, nebo vzduchem) [12].....	18
Obr. 8 Radarový snímek zachycující podzemní kabel [15].....	19
Obr. 9 Schéma práce georadaru [14]	19
Obr. 10 Akustická detekce úniku kapaliny [16]	20
Obr. 11 Vysokotlaké čištění vodou [20].....	22
Obr. 12 Nástroje na škrabání potrubí DN 200 a DN 1200 [21].....	23
Obr. 13 Vodotěsný balón pro utěsnění potrubí [23]	25
Obr. 14 Postup opravy dvousložkovou metodou. V prvním kroku je do vyčištěného a utěsněného potrubí zavedena kapalina A, následuje nízkotlaké čištění, zavedení kapaliny B a finální nízkotlaké čištění už opravené kanalizace. [23].....	26
Obr. 15 Lokální oprava dvousložkovou kapalinou. [26]	26
Obr. 16 Short liner záplata [29]	27
Obr. 17 Vnitřní mechanická vložka - technologie Link Pipe. [28].....	28
Obr. 18 Kanál robot[30].....	29
Obr. 19 Metoda Klobouk vnější pohled (vlevo), vnitřní pohled z robokamery (vpravo)[32].....	29
Obr. 20 Řez potrubí opraveným metodou Inject. [33].....	30
Obr. 21.: Cementovací zařízení [36].....	31
Obr. 22 Schéma postupu cementace [35]	32
Obr. 23 Schéma nanášení epoxidové pryskyřice [38]	33
Obr. 24 Vysokorychlostní rotující tryska aplikující epoxidovou pryskyřici[39].....	33
Obr. 25 Schéma zobrazující zdeformovanou troubu C-profil (C-liners) a její uchycení [42].....	34
Obr. 26 Ohýbání za studena na místě [41].....	35
Obr. 27 Ukázka zatahování trubky „C-profilu“ do stávajícího profilu [43]	36
Obr. 28 Redukční člen při zatahování metodou swagelining[44].....	37
Obr. 29 Sanace potrubí metodou Swageling v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - vstupní část potrubí, zobrazující svar potrubí a redukční prstenec.	37
Obr. 30 Sanace potrubí metodou Swageling v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - výstupní část zobrazující tažnou hlavu.	38
Obr. 31 Sanace potrubí metodou Swageling v Praze Dejvicích firmou ZEPRIS s.r.o. - doraz.....	38

Obr. 32 Dvojitý zámkový systém SPR [47].....	39
Obr. 33 Schéma zavádění navíjených trub kruhového průřezu statickým zařízením. [45]	40
Obr. 34 Aplikace navíjených trub na různé tvary průřezu potrubí. [48].....	40
Obr. 35 Inverzní aplikace metody CIPP [28].....	43
Obr. 36 Aplikace metody CIPP zatahováním [28]	43
Obr. 37 Vytvrzovací UV lampa s kamerou [28].....	45
Obr. 38 Aplikace potrubí po segmentech (diskrétní části) technologií Slip Lining[55]....	47
Obr. 39 Statické trhání potrubí[28].....	48
Obr. 40 Schematické zakreslení použití metody Tight-in-Pipe[58]	50
Obr. 41 Schematický náčrt postupu vytlačování starého potrubí, kde je tlačná hlava vtahována do potrubí původního. [60]Obr. 1 Zkorodované potrubí [3].....	50

Citovaná literatura

1. **Raclavský J., - Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (2004).** *Slovník pojmů ve výstavbě : doporučený standard - metodická řada DOS M 01.01.BVT: bezvýkopové.* Praha : ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-24-0.
2. **František Klepsatel, Jaroslav Raclavský.** *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení.* Bratislava : JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.
3. *Proline - Pipeline Protection.* [Online] 20?? [Citace: 13. 11. 2016] <http://www.prolinepipes.com>.
4. *Cement Mortar Lining Solution. Fer-Pal Infrastructure.* [Online] 20?? [Citace: 13. 11. 2016] <http://ferpalinfrastructure.com/solutions/cement-mortar-lining-solution/>.
5. Nejčastější závady na kanalizaci a možné způsoby opravy. *hercikakriz.cz.* [Online] Herčík a Kříž, 23. 3. 2016. [Citace: 3. 4. 2017] <http://www.hercikakriz.cz/poradna/clanky/nejcastejsi-zavady-na-kanalizaci-a-mozne-zpusoby-opravy>.
6. *CCTV. ISTT: The International Society for Trenchless Technology.* [Online] 2016. [Citace: 24. 2. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/cctv>.
7. **M. Esterková, F. Klepsatel, J. März, V. Vaněk, I. Vávra, P. Vinarský.** *Bezvýkopová obnova podzemních vedení.* Praha : GAS s.r.o., 1998. ISBN 80-902339-9-6.
8. *Sewer Line Inspection. Vacuumtruckexchange.* [Online] 2013. [Citace: 20. 2. 2016] <http://www.vacuumtruckexchange.com/sewer-line-inspection.html>.
9. *SeeSnake® microReel Video Inspection System. RIDGID.* [Online] 2015. [Citace: 24. 2. 2016] www.ridgid.com/us/en/seesnake-microreel-video-inspection-camera#dvTables.
10. *CCTV. UKSTT: United Kingdom Society for Trenchless Technology.* [Online] 2016. [Cited: 2. 10. 2016] <http://www.ukstt.org.uk/CCTV>.
11. Zkoušky těsností kanalizací a jímk. *Herčík a Kříž.* [Online] 20?? [Citace: 14. 10. 2016] <http://www.hercikakriz.cz/zkouska-tesnosti-kanalizace>.
12. Zkuška těsnosti - je vše opravdu těsné? *DISA.* [Online] 2016. [Citace: 14. 10. 2016] <http://www.disa.cz/zkousky-tesnosti---je-vse-opravdu-tesne>.
13. **Herel, Ing. Petr.** Zkoušky vodotěsnosti stok vzduchem. *Herel.* [Online] 3. 2. 2006 [Citace: 10. 5. 2016] <http://www.herel.cz/clanek.phtml?clid=30>.
14. *Ground Penetrating Radar. ISTT: The International Society for Trenchless Technology.* [Online] 20?? [Citace: 3. 11. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/ground-penetrating-radar>.
15. *Ground Probing Radar. UKSTT - United Kingdom Society of Trenchless Technology.* [Online] 20?? [Citace: 3. 11. 2016] <http://www.ukstt.org.uk/trenchless-technology/location-inspection-a-detection/ground-probing-radar/342-ground-probing-radar>.
16. *Leak Detection. ISTT.* [Online] The International Society for Trenchless Technology, 20?? [Citace: 9. 3. 2017] <http://www.istt.com/guidelines/leak-detection>.

17. Sewer Cleaning. *UKSTT - United Kingdom Society of Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 25. 2. 2017] <http://www.ukstt.org.uk/trenchless-technology/cleaning/water-jetting/525-sewer-cleaning>.
18. Dezinfekce vodovodních řadů. *VODOVOD.INFO - vodohospodářský informační portál*. [Online] 12. 11. 2013. [Citace: 25. 2. 2017] <http://www.vodovod.info/index.php/tema/232-dezinfekce-vodovodnich-radu#.WLFSJ1UrKpo>.
19. Čistící a sací vozy. *Herčík a Kříž*. [Online] Herčík a Kříž spol. s.r.o., 20?? [Citace: 8. 3. 2017] <http://www.hercikakriz.cz/nase-technika/cistici-a-saci-vozy>.
20. Čištění kanalizace tlakovou vodou. *Čištění odpadů Brno*. [Online] 20?? [Citace: 7. 4. 2017] <http://www.cisteniodpadu-brno.cz/cisteni-kanalizace-tlakovou-vodou/>.
21. Systematic Pipe Rehabilitation. *Diringer&Sheidel*. [Online] 20?? [Citace: 13. 11. 2016] http://www.dus-rohr.de/en/pdf/CML_e.pdf.
22. **DEC, Downey**. Flood grouting tool solves inflow and infiltration problems. *Waterworld*. [Online] 20. 10. 2014. [Citace: 19. 10. 2016] <http://www.waterworld.com/articles/wwi/print/volume-19/issue-7/features/flood-grouting-tool-solves-inflow-and-infiltration-problems.html>.
23. Storm And Sewer Lines Repair. *Floodgrouting - Trenchless Pipe Repair*. [Online] 20?? [Citace: 19. 10. 2016] <http://www.floodgrouting.com/storm-and-sewer-lines-repair>.
24. **PEREZ, Celina**. Trenchless technologies for the rehabilitation of sewers: Case study of the Patapsco interceptors, Baltimore. *Journal of Public Works*. 2, 2010, Sv. 4, stránky 307-317 ISSN 17550955.
25. Joint Grouting. *ISTT: The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 19. 10. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/joint-grouting>.
26. Testing and sealing pipe joints using Seal-i-Tryn. *Kanalsanierung - Rainer Keil*. [Online] 20?? [Citace: 15. 10. 2016.] <http://www.kanalsanierung-kiel.de/gb-seal-i-tryn-kassel-kanalsanierung-pruefung-abdichtung-berlin.htm>.
27. GROUTING SYSTEMS PUT COLLAR ON SEWER LINES. *Waterworld*. [Online] 14. 4. 1998. [Citace: 24. 10. 2016] <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-14/issue-4/editorial-focus/grouting-systems-put-collar-on-sewer-lines.html>.
28. **STERLING, Dr. Ray**. *State Of Technology for Rehabilitation of Wastewater Collection Systems*. Louisiana : autor neznámý, 2010. str. 325. EPA/600/R-10/078.
29. KRÁTKÉ VLOŽKY SHORT LINER. *Zepris.cz*. [Online] Zempris s.r.o., 200? [Citace: 7. 4. 2017] <http://www.zepris.cz/kratke-vlozky-short-liner>.
30. KAWO Robot – pro odstranění poruch v trubních vedeních. *Wombat.cz*. [Online] Wombat s.r.o., 20?? [Citace: 14. 2. 2017] <http://www.wombat.cz/kawo-robot-pro-odstraneni-poruch-v-trubnich-vedenich/>.
31. Robotic Repair Systems. *UKSTT: United Kingdom Society for Trenchless Technology*. [Online] [Citace: 2. 22. 2017] <http://www.ukstt.org.uk/trenchless-technology/localised-repair-techniques/robotic-repair-systems>.

32. KAWO KLOBOUK. *wombat.cz*. [Online] WOMBAT s.r.o., 20?? [Citace: 23. 2. 2017] <http://www.wombat.cz/kawo-klobouk/>.
33. KAWO INJEKT. *WOMBAT.cz*. [Online] Wombat s.r.o., 20?? [Citace: 24. 2. 2017] <http://www.wombat.cz/kawo-injekt/>.
34. Cement-mortar linings for ductile iron pipe. *American Water Works Association*. [Online] 3 2005. [Citace: 12. 11. 2016] http://c.ymcdn.com/sites/www.isawwa.org/resource/resmgr/handouts_for_seminars/cementmortarlinings.pdf.
35. Cement Mortar Liner. *ISTT: The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 13. 11. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/cement-mortar-liner>.
36. Cement-lining on site location Conpipe. *CONPIPE*. [Online] 20?? [Citace: 13. 11. 2016] <http://www.conpipe.com/product-lines/5-Cement-lining+on+site+location>.
37. Epoxy Lining Advantages. *Trenchless Replacement Specialists*. [Online] 2016. [Citace: 11. 11. 2016] <http://trenchlessrs.com/epoxy-lining-advantages/>.
38. Epoxy & Polyurethane Linings. *ISTT - The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 11. 11. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/epoxy-polyurethane-linings>.
39. Metoda M-SYSTEM – ochrana vnitřního povrchu vodovodního potrubí epoxidovým nástřikem. *Wombat*. [Online] 20?? [Citace: 11. 11. 2016] <http://www.wombat.cz/metoda-m-system-ochrana-vnitřního-povrchu-vodovodního-potrubí-epoxidovým-nástřikem/>.
40. Close Fit Lining. *NODIG Construciton.com*. [Online] 20?? [Citace: 11. 17. 2016] https://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=27.
41. **Rosa, Dr John De.** The Development and Practical Application. *Subterra Pipe Liners*. [Online] 2008. [Citace: 17. 11. 2016] http://www.subterra-pipelines.com/uploadedfiles/knowledge-bank/4-1415790519-development_and_practical_application_of_close-fit_pe_lining_technologies_-_february_2008.pdf.
42. The International Society for Trenchless Technology. *Close-fit slip-lining*. [Online] 20?? [Citace: 17. 11. 2016] <http://www.istt.com/guidelines/close-fit-slip-lining>.
43. COMPACT PIPE. *ZEPRIS.cz*. [Online] 20?? [Citace: 17. 11. 2016] <http://www.zepris.cz/compactpipe-voda-plyn>.
44. Swagelining Overwiev. *AJMPipeline.com*. [Online] Swagelining th., AJMPipeline. [Citace: 4. 2. 2017] <http://ajmpipelines.wix.com/ajmpipelines4#!technical-info>.
45. RIB-LOC-Relining-System. *Unitracc.com*. [Online] 20?? [Citace: 02. 1. 2017] <http://www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/renovation-en/lining-process-en/lining-with-site-manufactured-pipes-en/lining-with-site-manufactured-pipes-with-annular-spaces-en/rib-loc-relin>.

46. Spiral Wound Lining PE or PVC. *The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 5. 1. 2017] <http://www.istt.com/guidelines/spiral-wound-lining-pe-or-pvc>.
47. SPIRAL WOUND PVC (SPR). *SAK*. [Online] 20?? [Citace: 2. 1. 2017] <http://sakcon.com/services/spiral-wound-pvc-spr>.
48. SPR Method. *SEKISUI Esilon Time on the Web*. [Online] 20?? [Citace: 5. 1 2017.] <http://www.eslontimes.com/en/products/spr.html>.
49. CIPP Lining. *The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 17. 1 2017.] <http://www.istt.com/guidelines/cipp-lining>.
50. METODA KAWO – Bezvýkopová inverzní technologie pro sanaci kanalizačních sběračů. *Wombat.cz*. [Online] Wombat s.r.o., 20?? [Citace: 10. 1. 2017] <http://www.wombat.cz/metoda-kawo-bezvykopova-inverzni-technologie-pro-sanaci-kanalizacnich-sberacu/>.
51. **HOLEŠ, Bc. PETR**. *Renovace stokové sítě CIPP metodami*. Brno : 2014. stránky 65, 77 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního.
52. **Christensen, Melissa**. *Rehabilitation of Water Mains*. místo neznámé : American Water Works Asociation, 2001. 1-58321-026-1.
53. **E. Allouchea, S. Alama, J. Simicevica, R. Sterlinga, W. Conditb, J. Matthews, A. Selvakumar**. A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. [autor knihy] *Trenchless Technology Research. Tunnelling and Underground Space Technology*. 2012, Sv. 39, stránky 82-93.
54. **Vránek, Bc. Ivo**. REALIZACE PROJEKTU „L/39 RÁJOV STOUPACÍ. *NODIG*. ISSN 1214-5033, 2015.
55. Slip Lining. *ISTT*. [Online] The International Society for Trenchless Technology, 20?? [Citace: 11. 3. 2017] <http://www.istt.com/guidelines/slip-lining>.
56. **Geoffrey F. Read, Ian G. Vickridge**. *Severs - Rehabilitation and New Contruction*. Oxford : Elsevier, 1997. ISBN 0 340 54472 4.
57. Pipe Bursting. *ISTT - The International Society for Trenchless Technology*. [Online] 20?? [Citace: 25. 3. 2017] <http://www.istt.com/guidelines/pipe-bursting>.
58. Tight-In-Pipe Technique (TIP). *NODIG Construction.com*. [Online] PROFUNDIS, 20?? [Citace: 28. 3 2017.] https://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=23.
59. Tight-In-Pipe / TIP method. *tracto-technik.com*. [Online] Tracto-Technik, 20?? [Citace: 28. 3. 2017] http://www.tracto-technik.com/doks/pdf/Prospekt_TIP_E.pdf.
60. Pipe Reaming. *ISTT* . [Online] The International Society for Trenchless Technology, 20?? [Citace: 30. 3. 2017] <http://www.istt.com/guidelines/pipe-reaming>.