

MORAVSKÁ VYSOKÁ ŠKOLA OLOMOUC

Ústav managementu a marketingu

Miroslav Sýkora

**Výstavba a renovace inženýrských sítí za použití bezvýkopové
technologie**

Construction and Renovation of Engineering Networks Using
Trenchless Technologies

Bakalářská práce

Vedoucí práce: ing. František Janoušek

Olomouc 2014

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem jen uvedené informační zdroje.

Olomouc 21. 3. 2015

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Františku Janouškovi, bez jehož pomoci, rad a odborných připomínek by tato práce nemohla vzniknout. Dále za poskytnutí podkladů a za cenné připomínky při vytváření této bakalářské práce.

Můj vděk patří také všem, kteří měli trpělivost a při práci mě podporovali.

Moravská vysoká škola Olomouc
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav SÝKORA**
Osobní číslo: **M12247**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Podniková ekonomika a management**
Název tématu: **Výstavba a renovace inženýrských sítí za použití bezvýkopové technologie**
Téma anglicky: **Construction and renovation of engineering networks using trenchless technology**
Zadávací katedra: **Ústav managementu a marketingu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Práce bude vyhotovena v souladu s požadavky platnými pro Akademický rok 2014/15 s touto osnovou:

Úvod, stanovení cílů práce

Teoretická část - přehled poznatků z literatury

Metodika - metody a techniky zpracování

Praktická část - aplikace, dosažené výsledky a jejich zhodnocení

Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

KLEPSATEL, František. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. 1. české vyd. Bratislava: JAGA, 2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.

NOVÁK, Josef. Příručka provozovatele vodovodní sítě. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Vydalo Medim pro SOVAK ČR, 2003, x, 151 s. ISBN 80-238-9946-5.

ŠRYTR, Petr. Městské inženýrství (1). 1. vyd. Praha: Academia, 1998, 434 s. ISBN 80-200-0663-X.

ŠRYTR, Petr. Městské inženýrství (2). 1. vyd. Praha: Academia, 2001, 398 s. ISBN 80-200-0440-8.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František JANOUŠEK

Ústav managementu a marketingu

Datum zadání bakalářské práce: **10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. března 2015**

Podpis studenta: Datum: *29. 10. 2014*

Podpis vedoucího práce: Datum: *29. 10. 2014*

Michaela Vanečková
Mgr. et Mgr. Michaela VANEČKOVÁ, Ph.D.
prorektorka

L.S.

Miroslav Rössler
RNDr. Ing. Miroslav RÖSSLER, CSc. MBA
manažer ústavu

V Olomouci dne 14. dubna 2014



OBSAH

ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE	10
2 HISTORICKÝ VÝVOJ	11
3 ŽIVOTNOST A STAV PODZEMNÍCH SÍTÍ	13
4 ROZDĚLENÍ PODZEMNÍCH SÍTÍ	15
4.1 Posuzování technického stavu trubních vedení	16
4.1.1 Životnost potrubí	16
4.1.2 Poruchovost trubních sítí	17
4.1.3 Diagnostika trubních sítí	19
4.2 Materiály trubních sítí	20
5 BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE	21
5.1 Rekonstrukce inženýrských sítí	21
5.2 Vhodnost použití bezvýkopové technologie pro výstavbu	23
5.3 Rozdělení bezvýkopových technologií pro výstavbu a rekonstrukce vodovodních a kanalizačních vedení	24
5.4 Typy bezvýkopových technologií	26
5.4.1 Pokládka nového potrubí v nové trase	26
5.4.2 Zatažení nového potrubí	31
5.4.3 Destrukce původního a zatažení nového potrubí	34
5.4.4 Úprava vnitřního povrchu potrubí	35
6 ROZHODNUTÍ O METODĚ REKONSTRUKCE	38
6.1 Rekonstrukce metodou otevřeného výkopu	38
6.2 Rekonstrukce bezvýkopovou metodou	38
7 KONKRÉTNÍ PŘÍPAD POUŽITÍ BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE	40
7.1 Zájmová lokalita a vztahové souvislosti	40
7.2 Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa	42
7.3 Zhodnocení stavu potrubí před zahájením prací	43
7.4 Rozhodování a výběr vhodné technologie	45
7.5 Průběh rekonstrukce	46

7.6	Porovnání finančních nákladů.....	49
8	DISKUZE.....	50
	ZÁVĚR.....	52
	LITERATURA A PRAMENY.....	55
	POUŽITÉ TERMÍNY A DEFINICE.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
	SEZNAM TABULEK.....	60

ÚVOD

Bezvýkopové metody pro pokládku inženýrských sítí a jejich případné rekonstrukce jsou poměrně nové a rychle se rozvíjející technologie. První relevantní zmínky o bezvýkopových technologiích jsou v první polovině sedmdesátých let, kdy odborníci ze stavebních firem hledali alternativu klasických výkopových metod pokládky inženýrských sítí. Před tím se také využívaly metody pokládky bez otevřeného výkopu, ale ty byly založeny výhradně na využití hornických postupů a ražbě štol pod povrchem, což bylo technicky i finančně velmi náročné.

Důvodem pokusů o využití nových technologií byly především přeplněné podzemní prostory pro umístění infrastruktury, a zároveň rizika poškození stávajících, již uložených sítí. Zásah do stávající infrastruktury otevřeným výkopem, zvláště pak při jeho provádění mechanizací, představuje velké ohrožení funkčních podzemních vedení. Dalším podstatným aspektem při rozhodování, jakým způsobem provádět pokládku nových či rekonstrukci stávajících sítí, je možnost přístupu v dané lokalitě. Vzhledem k tomu, že nejvyšší hustota trubní infrastruktury se vyskytuje ve městech, je častokrát nereálné celý rekonstruovaný úsek vedení vykopat a následně potrubí vyměnit. Bezvýkopová technologie umožňuje provádět rekonstrukci, popř. pokládku nového vedení, téměř bez zemních prací a obvykle je jedinou možnou volbou, pokud chceme stávající vedení opravit nebo vyměnit. V posledních letech se využití bezvýkopových technologií rozšiřuje i do intravilánu, a to především při řešení technicky složitých či jinak nedostupných úseků a také z důvodu snížení škodlivých imisí do životního prostředí.

Bezvýkopové technologie byly vyvinuty pro instalaci kabelů, čištění a inspekci kanalizačních řadů. Původně jednoduché prostředky pro čištění či proplachování kanalizačního potrubí byly postupně opatřeny vlastními pohony a v posledních dvaceti letech i kamerovými systémy. Díky tomu lze kanalizační vedení nejen vyčistit, ale zároveň i provést vnitřní inspekci vedení, zmonitorovat jeho stav, zaznamenat případné vady a nedostatky (inkrusty, trhliny, praskliny atd.) a navrhnout vhodnou technologii opravy. V sedmdesátých letech také došlo v Londýně k prvnímu použití pryskyřicového rukávce pro sanaci podzemního vedení. Pro vytvrzení rukávce byla použita horká pára. Tato technologie dosáhla pokroku o 15 let později ve Švédsku, kde byla prvně použita technologie UV lampy pro vytvrzení rukávce. Vzhledem

k tomu, že tato technologie nebyla dostačující pro opravy vyššího stupně poruchovosti vedení, byly paralelně vyvíjeny i technologie destruktivní, kdy za využití speciálních strojů dochází k rozbití či vytažení původního nefunkčního potrubí a zároveň k zatažení nového samonosného potrubí. Zároveň docházelo k rozvoji technologií pro pokládku nového potrubí v nové trase, hlavně pak horizontálního vrtání, beranění a později řízeného horizontálního vrtání s výplachem a mikrotuneláž. Největším omezením těchto technologií je hustota stávajícího podzemního vedení a geologie území. Největší předností těchto způsobů výměny je především eliminace výkopových prací, minimální zábory pracovních ploch, snížení finančních nákladů a samozřejmě v neposlední řadě také snížení škodlivých emisí.

V posledních patnácti letech doznaly bezvýkopové technologie využívané ve vodárenství velkého pokroku. Nabyté zkušenosti a informace z údržby a rekonstrukcí kanalizačních sítí byly použity v počátcích využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích a opravách tlakových vodovodních vedení. Poměrně rozšířenými se staly pokládky potrubí v nové trase za použití horizontálního vrtání s výplachem, pluhování a také rekonstrukce pomocí technologií Pipe Burstlining, Swagelining a hlavně Relining, kdy se do již nevyhovujícího, starého potrubí, zatáhne nové samonosné potrubí. Pomocí těchto technologií získáme nový řad s plnohodnotnou životností odpovídající novému zataženému potrubí a zároveň mnohonásobně snížíme negativní dopad na životní prostředí. Odborné studie uvádí, že při použití bezvýkopových technologií jsou emise CO₂ do ovzduší až 5x menší než při klasické pokládce otevřeným výkopem.

Kvalita vodárenské infrastruktury se neustále zlepšuje. Vyvíjí se nové materiály i technologie, vlastníci a provozovatelé vodovodů a kanalizací hledají nejvýhodnější a také nejvhodnější řešení pro jejich výstavbu a rekonstrukce. Jednou z možností, která nabízí nejen velké snížení finančních nákladů (myšleno nejen ve fázi výstavby, resp. rekonstrukce, ale i s ohledem na pozdější dopady jako například případné ztráty vody, poruchovost, neplnění požadavků EU), rychlost výstavby, ale také šetrnost vůči životnímu prostředí jsou bezpochyby bezvýkopové technologie.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vypracovat srozumitelný a přehledný odborný podklad pro provozovatele a vlastníky vodárenské infrastruktury, který bude nápomocen při rozhodování ve výběru vhodných technologií a materiálů pro pokládku potrubních řadů také s ohledem na vliv na životní prostředí. Detailně se zaměřuje na využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích vodovodních a kanalizačních sítí, jejich výhodnost z pohledu na vhodnost použití, vynaložených finančních nákladů a také z pohledu vlivu na životní prostředí. Na konkrétním případě využití v praxi práce demonstruje využitelnost bezvýkopových technologií včetně porovnání finančních i časových nákladů.

Pro dosažení jasného a srozumitelného cíle tato práce uvádí na prvních stránkách historický vývoj a základní pojmy týkající se vodárenství obecně. Vysvětluje pojmy životnost a poruchovost podzemních sítí, posuzování stavu podzemních vedení a jejich vliv na provozování vodárenské infrastruktury. Vzhledem k tomu, že práce pracuje s konkrétními daty z regionu Sokolovsko, představuje i vodárenskou soustavu Sokolovska a Skupinový vodovod Horka včetně vztahových souvislostí a majetkových vazeb. Zpřehledňuje používané trubní materiály, jejich výhody a nevýhody, a také jejich možnosti využití pro bezvýkopové technologie. Podstatným bodem této části jsou pojmy poruchovost, ztráty vody, životnost potrubí, obnova sítě. Zmiňuje příčiny poruchovosti trubních sítí v návaznosti na stáří vedení a také finanční možnosti vlastníka infrastruktury. Vypracuje přehlednou metodiku postupu při navrhování rekonstrukcí v návaznosti na počty poruch, distribuční význam řadu, jeho stáří a dalších aspektů. Následně vytvoří přehled dostupných bezvýkopových technologií využívaných pro pokládku a rekonstrukce vodovodních řadů, zváží jejich výhody, nevýhody a také případná rizika a vypracuje technologické postupy jednotlivých technologií.

Práce v neposlední řadě zhodnocuje výběr zvoleného způsobu provedení rekonstrukce části vodovodního řadu I a podchodu pod řekou Ohří. Posuzuje vhodnost výběru dané technologie, vliv stavby na zásobované obyvatelstvo, životní prostředí (součástí stavby je podchod pod významným vodním tokem) a zároveň i to, zda došlo k naplnění důvodu rekonstrukce. Pomocí shrnutí všech procesů realizace od rozhodování po uvedení díla do provozu vypracuje podklad, který může být nápomocen při rozhodování, případně hledání řešení v obdobných případech.

2 HISTORICKÝ VÝVOJ

Vodárenství je obor, který se zabývá zásobováním obyvatelstva pitnou vodou a také návazně odváděním a likvidací vod odpadních. Odpadní vodou rozumíme vody splaškové, dešťové, případně balastní.

Tento obor vznikl samovolně postupným vývojem lidstva a jeho potřebou pitné vody jako jedné ze základních komodit potřebné k přežití. Na počátku vývoje člověku stačilo ke spokojenosti žít v blízkosti vodního zdroje, ale s postupným vývojem a životem ve společenství nastoupila i další kritéria. Již ve starém Řecku a Římě došlo k rozvoji technických prostředků sloužících pro dopravu vody (takzvané aquadukty) a také jsou zaznamenány první zmínky o záchodech s odvodem odpadu a s tím souvisejícím odváděním splašků a odpadní vody mimo obytné domy a městské části. Od té doby docházelo postupně ke zdokonalování technických prostředků pro dopravu pitné vody a odvádění vody odpadní. Díky tomu docházelo postupně k ústupu různých epidemií nemocí, které byly vyvolány hlavně nedostatečnými hygienickými podmínkami a návyky tehdejší společnosti. Hlavně ve středověku byly hygienické podmínky a návyky z dnešního pohledu velmi neuspokojivé a přežít je mohli jen ti nejsilnější a nejodolnější. Až v období technické revoluce došlo k postupnému zlepšení.

S rozvojem zásobování vodou vznikla potřeba péče o tato zařízení. Nejdříve se o něj starali otroci a služebnictvo, později vznikl řemeslný obor, který se staral o provoz a údržbu vodárenských a kanalizačních sítí. Z počátku ve velkých městech, později se rozšířil i do menších měst a větších vesnic.

Historický vývoj zásobování pitnou vodou byl vždy ovlivňován politickým vývojem společnosti, jejími investičními možnostmi, ale také zrcadlil odborné a organizační schopnosti provozovatelů a vlastníků vodárenských a kanalizačních systémů. Do měst, kde je větší hustota osídlení než na vesnici, bylo potřebné dopravit více pitné vody do veřejných kašen či později přes vodovodní přípojky až do domů bohatších obyvatel.

Současně se zdokonalením zásobení obyvatel pitnou vodou a zlepšením jejich hygienických návyků vznikla naléhavá potřeba odstranění splašků a lidských výkalů z ulic. Po počátečních snahách, které obsahovaly snahy o pravidelné čištění ulic, zákazy

vylévání splašků na ulici a vyvážení odpadů za město povozy, přistoupila velká města k budování příkopů a stok k odvádění tekutých odpadů mimo město. Po zakrytí těchto příkopů vznikly první trubní stoky a počátky kanalizačních sítí. Těmito opatřeními se podařilo výrazně omezit výskyt epidemií moru a dalších nemocí.¹

Během 17. a 18. století došlo k výraznému rozšíření kanalizačních stok a odvádění odpadních vod do vodních toků nejen ve světě, ale i v českých zemích. Vzhledem k používanému systému odvodnění jednotlivých území gravitací a ke členitosti měst je možno již v té době najít první použití bezvýkopových technologií. Výškové rozdíly jednotlivých odvodňovaných městských částí byly značné a pro odvedení odpadní vody bylo nutno dosáhnout poměrně velkých hloubek. Proto byla první bezvýkopová díla téměř bez výhrady hloubená technologií hornické ražby. Takto byla například v Praze v roce 1900 budována stoka A nebo staroměstská shybka. Toto však samozřejmě nebyly první takto budované stavby. Jako jedna z prvních hornických staveb pro účely odvádění balastních a odpadních vod je zmiňována štola z Břevnovského kláštera, která vznikla ve 12. století. Ta však byla samostatnou a ojedinělou stavbou, systematicky se v Praze výstavbou městské kanalizace začal zabývat až projekt ing. V. H. Lindleye, vytvořený v roce 1893.² Kanalizační síť postavená dle jeho projektu byla velmi nadčasová a dodnes tvoří základ kanalizačního systému města.³

¹ Srov. JÁSEK, J. *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*, s. 8

² Srov. *Historie kanalizací: dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích*, s. 72, 73.

³ Srov. BRYNDA, H. *Radio Praha - Kanalizace v proměnách staletí aneb Každodennost podruhé*,

<http://m.radio.cz/cz/rubrika/historie/kanalizace-v-promenach-staleti-aneb-kazdodennost-podruhe?set_default_version=1>

3 ŽIVOTNOST A STAV PODZEMNÍCH SÍTÍ

Z počátku výstavby vodovodů a kanalizací se síly a finanční prostředky měst a obcí věnovaly především výstavbě nových zařízení a vyřešení problémů stávajících čtvrtí a oblastí, případně lokalit určených pro novou výstavbu. Stávajícím, již vybudovaným potrubím, byla věnována minimální pozornost, která se skládala pouze z minimální běžné údržby a odstraňování havarijních stavů. Nově budované stavby měly prioritu.

Teprve v pozdější době, ve druhé polovině dvacátého století, když už byla většina klíčových staveb dokončena, byla pozornost vlastníků a provozovatelů vodovodů a kanalizací obrácena na stav již vybudovaných trubních sítí. Byly vytvořeny standardy vodovodních a kanalizačních sítí a podle nich bylo prováděno zjišťování technického stavu jednotlivých úseků a potrubí. V průběhu těchto kontrol, které probíhaly hlavně v období sedmdesátých a osmdesátých let dvacátého století, bylo zjištěno, že mnoho potrubí je již na konci či již dokonce za dobou životnosti a stav podzemních sítí ve většině měst a obcí je tzv. časovanou bombou.

Proto se většina investorů začala mimo výstavby nových sítí zabývat také rekonstrukcemi sítí stávajících. Vzhledem k tomu, že podzemní prostory pro umístění podzemních sítí hlavně ve městech jsou přeplněné a riziko poškození stávajících sítí při rekonstrukci klasickým výkopem je velmi velké, hledali nové technologie, které by umožnily tato rizika omezit či zcela odstranit. Bezvýkopové metody pro rekonstrukce a pokládku nových sítí jsou poměrně nové a stále se rozvíjející technologie a pro využití při obnovách a rekonstrukcích vodovodních a kanalizačních potrubí a stok se přímo nabízí.

- Pojmy užívané při obnově trubních vedení
 - **Údržba** – je soustavná činnost, kterou se zpomaluje fyzické opotřebení a předchází poruchám a odstraňují se drobnější závady. Údržbou se prodlužuje užitelnost.⁴

⁴ Výklad č. 25 k zákonu o vodovodech a kanalizacích a souvisejícím právním předpisům: Opravy a údržby vodovodních a kanalizačních sítí, s. 1.

- **Oprava** – opravou se odstraňují účinky částečného fyzického opotřebení za účelem uvedení do předchozího nebo provozuschopného stavu. Uvedením do provozuschopného stavu se rozumí provedení opravy i s použitím jiných než původních materiálů, dílů, součástí nebo technologií, pokud tím nedojde k technickému zhodnocení.⁵

- **Rekonstrukce** – latinský výraz pro „uvedení do původní podoby nebo stavu“. Pro účely zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů, ve znění pozdějších předpisů se rekonstrukcí rozumí zásahy do majetku, které mají za následek změnu jeho účelu nebo parametrů.⁶ Za změnu parametrů lze považovat změnu materiálu potrubí, změnu průměru nebo trasy potrubí.

⁵ Výklad č. 25 k zákonu o vodovodech a kanalizacích a souvisejícím právním předpisům: Opravy a údržby vodovodních a kanalizačních sítí, s. 1.

⁶ Tamtéž.

4 ROZDĚLENÍ PODZEMNÍCH SÍTÍ

Dodávka pitné vody a odvádění odpadních vod se děje za pomoci trubních sítí. Tím rozumíme soustavu převážně podzemních trubních vedení, která zajišťuje dodávku pitné vody nebo odvádění vody odpadní. Potrubí pro dodávku vody se nazývá vodovodní rozvodnou sítí a trubí pro odvádění odpadních vod kanalizační stokovou sítí. Na každou z těchto rozvodných sítí jsou kladeny jiné požadavky a jsou velmi odlišné.

Vodovodní potrubní sít' je téměř vždy tlaková, projektována na převážně souvislou, nepřetržitou dodávku pitné vody. Zároveň je dimenzována na takové množství dopravované vody, aby v ní byla vždy zajištěna její hygienická nezávadnost.

Kanalizační stoková sít' je převážně beztlaké trubní vedení, které je projektováno tak, aby bylo bez problémů schopno odvést maximální množství vody z dané lokality. Stoková sít' může být vybudována jako jednotná, kdy do společného potrubí natékají jak vody splaškové tak dešťové a případně balastní, nebo oddílná, kdy má voda splašková oddělenou potrubní soustavu od vody dešťové a balastní. Dále mohou existovat i soustavy modifikované, kdy se do splaškové kanalizace k vyčištění odvádějí i znečištěné dešťové vody ze silnic a chodníků a méně znečištěné dešťové vody odvádí dešťová soustava do vodoteče.

Kanalizační sít' může být provedena jako gravitační beztlaké potrubí s volnou hladinou, jako potrubí tlakové nebo případně podtlakové. Tlakové nebo podtlakové soustavy se používají v lokalitách, které není možno odvodnit gravitačně, jsou však technicky a provozně výrazně náročnější.

Součástí obou druhů rozvodných sítí jsou i objekty a armatury zasahující na povrch. U vodovodů se jedná hlavně o objekty podzemních armaturních šachet, objektů odkalení a odvzdušnění a hlavně ovládací prvky (zemní zákopové soupravy) podzemních armatur a výusti podzemních a nadzemních požárních hydrantů, které mohou současně sloužit jako místa odvzdušnění a odkalení vodovodních řadů v závislosti na jejich umístění v terénu. U kanalizačních sítí jde hlavně o revizní kanalizační šachty, objekty odlehčení, přečerpávací stanice a podobně. U tlakových a podtlakových kanalizací do výčtu přibudou ještě ovládací prvky podzemních armatur, podobně jako u vodovodu.

4.1 Posuzování technického stavu trubních vedení

Jak vyplývá z výše uvedeného popisu, technický stav trubních sítí používaných pro přepravu pitné vody nebo odvádění odpadních vod je pro provozování vodovodů a kanalizací klíčový. Jedním ze základních požadavků provozní společnosti (a ostatně všech ekonomických subjektů) je poskytovat službu s minimem provozních nákladů, v požadované kvalitě a s přiměřeným ziskem. Na technickém stavu potrubí závisí výše ztrát přepravovaného média, spolehlivost dodávky a také finanční náročnost odstraňování havarijních stavů a skrytých úniků. Jedním z hlavních požadavků je tedy spolehlivý provoz zařízení s minimem úniků a nákladů na jejich likvidaci.

Při posuzování technického stavu potrubí vychází většina provozovatelů vodohospodářských zařízení z provozní evidence. V této evidenci jsou zaneseny informace o použitých materiálech, poruchovosti jednotlivých úseků a řadů, počtech zásobovaných subjektů a technických objektech a zařízeních (vodojemech, čerpacích stanicích). Díky těmto podkladům lze určit životnost a spolehlivost jednotlivých úseků a kvalifikovaně vyhodnotit potřebu a časový horizont případné obnovy potrubí.

4.1.1 Životnost potrubí

Při posuzování životnosti potrubí je nutno posuzovat a brát v úvahu více aspektů. Jedním z hlavních kritérií je použitý materiál, ale stejně důležitou podmínkou se jeví průběh výstavby potrubí, hlavně pak dodržení technologických podmínek pro pokládku a montáž potrubí, struktury materiálu použitého na obsyp a zásyp a přístup stavebníka k hutnění vrstev materiálu v okolí a nad pokládaným potrubím. Z minulosti známe mnoho příkladů neodborné pokládky potrubí v tzv. "Akcích Z" s budovatelským nadšením, ale bez dodržení základních technologických postupů. V dnešní době zase býváme svědky tlaku stavebních firem na výkon, ale ne vždy je stavba prováděna v odpovídající kvalitě.

Životnost potrubí určují dva aspekty, přičemž ty nejsou na sobě přímo závislé a mohou být i zcela rozdílné. Je to životnost:

- Fyzická – určuje mez, kdy již potrubní řad ztrácí své technické vlastnosti, spolehlivost a funkčnost (ztráta vodotěsnosti, pevnosti, tlakové únosnosti a kapacitní propustnosti).

- Ekonomická – určuje účetní dobu životnosti vyjádřenou odpisy.

Orientační doba fyzické životnosti trubních materiálů je vyjádřena v tabulce č. 1

Tab. 1 - životnost trubních materiálů

Materiál potrubí	Hranice životnosti (v letech)
Azbestocement	20 - 30
Ocel	25 - 40
Plast (PVC, PE, Sklolaminát)	40 - 60
Vysokohustotní polyetylén s ochrannou vrstvou	Až 100
Tvárná litina	90 - 120

Doby životnosti uvedené v tabulce vycházejí z informací a údajů poskytovaných výrobcí potrubí, ale také ze zkušeností z praxe. Při výběru vhodného materiálu potrubí je třeba také zvážit vysoké investiční náklady, které se váží na materiály s vysokou životností. Proto je třeba při výběru materiálu nevycházet jen z nejnižší nabídkové ceny, ale nejprve posoudit důležitost a význam posuzovaného konkrétního řadu a teprve pak vybrat nejvhodnější materiál potrubí. Tak je možno dosáhnout vysoké provozní spolehlivosti a optimální životnosti nových či obnovovaných řadů.

4.1.2 Poruchovost trubních sítí

Poruchovost potrubních sítí je jedním z významných aspektů posuzování technického stavu zařízení. Je ovlivňována hlavně jejich stářím a technickým stavem, výstupem je provozní spolehlivost zařízení. Velký vliv na vývoj poruchovosti sledovaných potrubí má způsob výstavby, použité materiály a jejich životnost a také způsob provozování a provádění preventivní údržby. V posledních letech se objevují velké problémy na potrubích, kde byly použity v té době neověřené materiály, byť byly v době výstavby potrubí považovány za velmi kvalitní.

Další z příčin vysoké poruchovosti a snížené životnosti potrubí je i nedodržení technologických postupů při výstavbě. Typickým příkladem tohoto jevu je výstavba vodovodních řadů z materiálu LDPE – nízkohustotních lineárních polyetylenových trubek, které byly v době uvedení na trh v osmdesátých letech považovány za nejlepší plastový materiál na trhu. Při výstavbě z tohoto materiálu docházelo k nedodržování technologické kázně při svařování potrubí (svařovalo se tzv. na lopatu), stavební firmy měly nedostatek kvalitního vybavení na svařování potrubí a také materiál se časem projevil jako nepříliš kvalitní. Ve výsledku byl vybudován vodovodní řad, který byl nekvalitní, s minimální životností a s velkým množstvím poruch již od počátku provozu.

Totéž se dá říci i o kanalizačních trubních sítích, kde byly v té době používány hlavně trouby z betonu. Kvalitně provedené porubí z kvalitního betonu je sice velmi dobrým materiálem kanalizačních stok, ale pokud docházelo k nedodržení technologického postupu výroby betonu a pokládka neprobíhala dle technologických norem, pak životnost těchto stok nedosahovala ani deklarovaných desítek let.

Poruchovost je možno snižovat správným provozováním, a to hlavně preventivní údržbou a kontrolou. Je všeobecně známo, že preventivní péče je vždy levnější než dodatečné odstraňování vzniklých škod. Havárie na potrubí jsou většinou spojené s únikem tlakové nebo odpadní vody a způsobují škody na majetku, komunikacích a ostatních inženýrských sítích. V návaznosti na tom mohou případně i ohrozit lidské životy.

Preventivní údržba by měla být prováděna dle předepsaných pravidel a v pravidelných intervalech. Pro tyto případy musí být vypracován provozní řád, ve kterém jsou tato pravidla a intervaly pevně určeny. Pravidelná údržba a revize vyhrazených zařízení zabrání nepředvídaným událostem, ztrátám a neplánovaným přerušením provozu. Bohužel ani nejlepší preventivní údržba nemůže zabránit vzniku poruch či havárií, ale cílem každého provozovatele by mělo být udržování potrubní sítě v co nejlepším stavu. Proto si většina provozovatelů vytváří systémy monitoringu poruchových stavů a havárií a jejich odstraňování. Havárie jsou zjišťovány vlastním monitoringem sítí, oznámením veřejnosti nebo při provádění předepsaných činností běžné údržby. Trendem dnešní doby je snížení intervalu od zjištění havárie na zařízení po její úplné odstranění na co nejkratší úsek. Jedním z výstupů takového funkčního monitoringu je i návrh na rekonstrukci či obnovu nejvíce poruchových úseků řadů.

4.1.3 Diagnostika trubních sítí

Monitoringem potrubních sítí rozumíme sledování parametrů potrubí a jeho chování za provozu. Toto sledování je možné buď za pomoci měřidel osazených na síti a s jejich výstupy ideálně přenášeny do jednoho bodu, obvykle dispečinku. Zde jsou výstupy zpracovány a případné nesoulady předány k dalšímu vyhodnocení. Takto je možno ve velmi krátké době zjistit větší úniky či havarijní stavy a předat je k urychlenému řešení. V závislosti na hustotě instalovaných měrných bodů je možno lokalizovat oblast úniku v řádu desítek či stovek metrů.

Při místním dohledání místa poruchy je možno využít u tlakových potrubí např. metody echolokace, která využívá toho, že při úniku média přes prasklinu dochází ke zvýšení hladiny hluku v místě poruchy. Paradoxně platí, že tímto způsobem je možno nejlépe lokalizovat malé úniky, které při průchodu prasklinou či dírou v potrubí vydávají největší hluk. V případě dlouhodobějších úniků nebo při vytvoření kaverny v místě úniku je lokalizace obtížnější. Touto metodou je rovněž možno provádět i preventivní údržbu, kdy se v monitorované lokalitě rozmístí několik snímačů na ovládací tyče sekčních šoupat a přípojkových ventilů a po určité době monitoringu dojde k vyhodnocení stavu potrubí. Tato metoda má velkou výhodu v tom, že je ji možno provádět za provozu bez odstávky kontrolovaných potrubí.

Další metoda, kterou je možno použít pro lokalizaci skrytých úniků na tlakových potrubích je použití plynu napuštěného do potrubí (metoda H2LUX). Nejčastěji se používá vodík, který má velkou prostupnost zeminou a je ho možno snadno lokalizovat v místě úniku i při jeho minimální koncentraci. Při použití této metody není nutné potrubí vypouštět, jen se musí odstavit z provozu a musí být odstaveny přípojky a odbočky ve zkoušeném úseku. Po ukončení měření je třeba prověřovaný úsek odkalit a po kontrole koncentrace plynu je možno uvést potrubí do provozu.

Jinou z možností diagnostiky sítí je metoda kamerových prohlídek. Nejčastěji se používá u netlakových kanalizací, ale po odstavení a vypuštění tlakového potrubí je možné provést prohlídku i zde. Dalším limitujícím faktorem této metody je i vnitřní rozměr potrubí. Proto se u tlakového potrubí větších rozměrů používá metoda kamerových prohlídek hlavně po dostavbě nového potrubí pro zkoušku jeho průchodnosti a kontrolu kvality provedení, nebo při použití bezvýkopové technologie pro kontrolu stavu potrubí před a po provedení rekonstrukce.

4.2 Materiály trubních sítí

Při navrhování materiálu potrubních sítí se vždy vychází z mnoha posuzovaných kritérií a aspektů, které je pro dosažení optimálního výsledku respektovat. Dále je třeba vycházet ze standardů konkrétních měst a obcí, případně provozních společností.

Aspekty podstatné pro výběr materiálu:

- požadovaná životnost řadu, provozní tlak a hydraulické požadavky na potrubí,
- uložení potrubí a jeho zatížení (umístění v extravilánu nebo intravilánu),
- agresivita a složení podloží, výskyt bludných proudů,
- kvalita dopravované vody a její sklony k inkrustaci či její agresivita,
- technologie montáže a způsob pokládky,
- finanční náročnost a náklady na provozování.

V dnešní době je nejčastěji používaným materiálem ve vodárenství tvárná litina a vysokohustotní polyetylén HDPE ve standardu RC (resist to crack) obvykle s ochrannou vrstvou. Tvárná litina se nejčastěji používá pro hlavní a přívodní řady vyšších světlostí. Vzhledem k vyšším pořizovacím cenám tvárné litiny se ve městech a obcích převážně používá potrubí z materiálu HDPE, pokud není v městských standardech stanoveno použití jiného materiálu. Jeho velkou výhodou proti ostatním materiálům je i to, že se dodává až do světlosti d 160 mm kromě 12m tyčí také ve stometrových návinech. Tím se výrazně snižuje časová náročnost montáže a pokládky potrubí. Jeho další výhodou je možnost jeho spojování svařováním bez hrdlových či šroubových spojů.

Pro kanalizační stoky se nejčastěji používá kameninové nebo plastové potrubí, případně také beton či železobeton, polymerbeton, litina nebo čedič. Pro kanalizační potrubí je nejdůležitější odolnost proti obrusu, dlouhodobá těsnost trub a spojů a statická únosnost. Trouby pro kanalizační stoky lze rozdělit na tuhé, polotuhé a pružné. Do skupiny tuhých trub náleží trouby z betonu, železobetonu, kameniny a čediče, do skupiny polotuhých patří tvárná litina a do skupiny pružných trub patří trouby plastové a sklolaminátové. Při volbě materiálu kanalizační stoky záleží také na její velikosti, hloubce uložení a agresivitě odváděné vody. Pro potrubí podtlakové a tlakové kanalizace se používají podobné materiály jako pro vodovodní potrubí, nejčastěji pak potrubí HDPE s označením pro kanalizace.

5 BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE

V poslední době se zvyšuje zájem o moderní způsoby pokládky inženýrských sítí, které umožňují efektivnější a elegantnější řešení výstavby či případné sanace podzemních inženýrských sítí. Jedním z těchto moderních způsobů jsou i bezvýkopové technologie. Minimalizují potřebu zemních prací a tím i obsypových materiálů, snižují zábory ploch a komunikací, a tím i nutnost a rozsah jejich zpětných úprav. Jedním z důsledků tohoto snížení náročnosti výstavby je i snížení produkce odpadů a vlivu výstavby na životní prostředí. V souvislosti s tím dochází i k výraznému snížení časové a finanční náročnosti stavby.

Cílem moderních bezvýkopových technologií však není jejich použití za každou cenu a ve všech případech. Při návrhu jejich použití by měl být každý případ posouzen individuálně a měla by být navržena vždy ta nejvhodnější a nejlepší varianta, ať již pro použitý způsob pokládky nebo materiál potrubí. Proto je třeba bezpodmínečně znát trasu potrubí, prostorové uspořádání ostatních sítí, geologické podmínky v daném úseku a také množství odbočení z navrhovaného potrubí. V případě mnoha přípojek a odboček na krátkém úseku a blízko sebe ztrácí použití bezvýkopových technologií své opodstatnění.

5.1 Rekonstrukce inženýrských sítí

Při výstavbě a renovaci inženýrských sítí, v našem případě hlavně vodovodů a kanalizací, je projektant a zhotovitel vždy postaven před volbu jaký způsob výstavby zvolit. Podzemní sítě je možno pokládat do otevřeného výkopu, použít některou z bezvýkopových technologií případně využít jejich kombinaci.

Pokládka potrubí do otevřené zemní rýhy má své výhody i nevýhody. Je velmi výhodná v extravilánu a nezastavěných či řídko zastavěných územích s minimem zpevněných ploch. V ideálních případech lze výkopek ukládat přímo na stavbě a nemusí se převážet na skládku. V těchto případech je tento způsob výstavby velmi levný, bez dodatečných nákladů na přepravu materiálů, skládkovné a složité zpětné úpravy terénu po dokončení pokládky. Pokud je dostatek místa pro výkop, pak lze dosáhnout stability stěn výkopu svahováním a není třeba používat pažení.

Těchto výhod však tato metoda pozbývá při pokládce sítí v zastavěných územích a intravilánech měst. První nevýhodou je nedostatek místa pro uložení výkopku a z toho vyplývající nutnost přesunu stavebních hmot a vyšších nákladů na skládkování. Dále je v těchto územích mnohem vyšší hustota inženýrských sítí a z toho vyplývající nutnost dodržet uspořádání inženýrských sítí a jejich minimální vzdálenosti a krytí dle normy ČSN 73 6005.⁷ Je také nutno respektovat hranici zástavby a v případě souběhu inženýrských sítí se pokud možno řídit dle schématu vyhrazených prostor pro jednotlivé druhy inženýrských sítí od čáry zástavby dle normy ČSN 73 6006.⁸ Také je třeba dodržet pravidla bezpečnosti práce a v případě hlubších výkopů je nutno použít odpovídající pažení pro zajištění stability stěn výkopu a také dodržet bezpečnou vzdálenost od základů nejbližších staveb, aby nedošlo k ohrožení jejich stability a statiky. V zastavěných územích, a hlavně v komunikacích, zvyšuje náklady na stavbu také nutnost použití dopravního řešení a značení, a hlavně pak rozsah uvedení komunikace a zpevněných ploch do původního stavu. U většiny staveb tvoří podíl zpětných úprav 10 až 30 % ceny na běžný metr v závislosti na hloubce výkopu.

Bezvýkopové technologie (BT) jsou v tomto směru výrazně výhodnější než pokládka klasickým způsobem. Hlavní výhodou bezvýkopových technologií pokládky je výrazně nižší rozsah zemních prací a výrazné omezení vlivu stavby na okolí. Jedním z hlavních principů BT je pokládka či renovace potrubí prováděná mimo otevřený výkop.⁹ Jedná se tedy o metody, využívající technologické postupy umožňující provedení pokládky pod zemí bez porušení nadloží a povrchu nad potrubím. Výkopové práce však nejsou úplně vyloučeny, jsou však výrazně omezeny na počáteční a koncové jámy a případně výkopy na odbočkách či přípojkách. Díky tomu dochází k výraznému snížení nákladů na obsyp a zásyp potrubí, zpětné úpravy povrchů, přepravu výkopku a skládkovné, a také k výraznému snížení dopravního zatížení a vlivu na životní prostředí v místě stavby.

⁷ Srov. ŠRYTR, Petr. *Městské inženýrství* (1), s. 178, 179.

⁸ Tamtéž.

⁹ Srov. SOVAK. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*, s. 80.

5.2 Vhodnost použití bezvýkopové technologie pro výstavbu

Z výše popsaného vyplývá, že metoda výstavby otevřeným výkopem je nejvýhodnější v extravilánech a nezastavěných územích a bezvýkopové technologie mají své opodstatnění hlavně v zastavěných územích a intravilánech měst a obcí. Existují však i případy, kdy je vhodné, a někdy i nezbytné, použití BT i v nezastavěných územích.

Jedná se především o následující vlivy:

- opravovaný či obnovovaný vodovod či kanalizace se nachází ve zvláště chráněném území z hlediska ochrany přírody a krajiny; příslušné úřady ochrany přírody a krajiny mohou požadovat omezení otevřených výkopů tam, kde se jedná o vzácné přírodní biotopy, případně mohou vyžadovat takové podmínky realizace výstavby či sanace (odklony trasy, revitalizační opatření aj.), které klasickou metodu otevřeného výkopu prakticky eliminují, resp. výrazně zdraží,
- záměr sanace se dostává do konfliktu s vlastníky pozemků, příp. s jejich uživateli, a náhrady škod, případně i výkupy, by neúměrně zvýšily náklad sanace,
- v dalších případech, kdy příslušný vodoprávní, příp. jiný úřad nepovolí provádění otevřených výkopů a ve správním řízení investor v jeho prosazení neuspěje (argumenty ekonomického charakteru nemusí být pro správní úřad rozhodující).¹⁰

Případy přednostního použití BT při stavbách mimo zastavěná území se vztahují nejčastěji na překonání vodních toků, podchody pod železnicí a komunikacemi vyšších tříd. Přechod těchto překážek klasickým způsobem je buď logisticky téměř nemožný (přerušit železniční trať výkopem pro potrubí nebo stoku je téměř neřešitelné a ekonomicky velmi náročné z důvodu zajištění náhradní dopravy a náhrad dopravcům), nebo technicky velmi náročný, protože při přechodu větších vodních toků je nutno provést částečné nebo úplné převedení koryta pro realizaci uložení potrubí v dostatečné hloubce pode dnem. Tento problém byl v době sběru materiálu na tuto bakalářskou práci velmi aktuální v mé mateřské firmě, Vodohospodářské společnosti Sokolov, s.r.o., na stavbě “Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa“, a proto se jím budu v odborné části zabývat.

¹⁰ SOVAK. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*, s. 15.

Dále pak lze jejich použitím eliminovat komplikace stavby vyplývající z trasy budovaného vedení. Díky použití BT lze minimalizovat vynucené změny trasy z důvodu výskytu zvláště chráněných území a biotopů a také v případě sanací řeší problém s vlastníky těch dotčených pozemků, kteří z nějakého důvodu nechtějí povolit vstup na pozemek nebo mají extrémní nároky na jeho uvedení do původního stavu.

5.3 Rozdělení bezvýkopových technologií pro výstavbu a rekonstrukce vodovodních a kanalizačních vedení

Rozdělení bezvýkopových technologií není standardizováno a lze ho třídit dle různých kritérií, např. jde-li o rekonstrukci případně sanaci stávajícího potrubí nebo o výstavbu v nové trase, metodu destruktivní či nedestruktivní, metodu s obsluhou na čelbě či bez, atd. Rozdělením bezvýkopových technologií se zabývá například norma ČSN EN 12 889/2001 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Jiné rozdělení BT je uvedeno v publikaci Slovník pojmů ve výstavbě¹¹ vydané Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků.

Pro výstavbu potrubních vedení větších profilů (průlezných a průchozích kde se obsluha může trvale nebo dočasně pohybovat) se používají metody minitunelování nebo ražení za pomoci štítů. Také je lze nazývat metody s obsluhou. Tyto metody se dělí:

- vodorovné vrtání – do průměru cca 1 500 mm,
- hydraulické protlačování - > 1 000 mm,
- ražení za pomoci tunelovacích štítů,
- ražení za pomoci plnoprofilových razících strojů,
- ražení s dočasnou výstrojí.

Pro výstavbu všech ostatních trubních vedení menších průřezů (do průměru cca 800 mm) se používají metody souhrnně nazývané mikrotunelování. Tyto metody lze rozdělit takto:

¹¹ RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Slovník pojmů ve výstavbě: doporučený standard - metodická řada DOS M 01.01.BVT : bezvýkopové technologie.*

1. Metody neřízeného tunelování, kde během prací nelze korigovat směr.

Tyto dělí se dle principu práce:

- vodorovné vrtání,
- vodorovné beranění,
- propichování.

2. Metody řízeného tunelování, které využívá soupravy s ovládáním a mohou upravovat výškové a směrové odchylky v průběhu prací.

Tyto se dělí:

- vrtání s vodícím vrtem,
- vrtání s použitím vysokotlaké kapaliny,
- vrtání na plný průřez,
- mikrotunelování za použití štítů.

Mezi bezvýkopové technologie výstavby a sanace potrubních vedení lze také zařadit metodu pluhování, která je na pomezí mezi výkopem a bezvýkopovou technologií, a metody sanace potrubí ve stávající trase. Tyto lze rozdělit na základě použité technologie na metody destruktivní, kdy se stávající potrubí rozruší nebo odstraní a na jeho místo je umístěno potrubí nové, a nedestruktivní, kdy se do stávajícího potrubí vkládá další materiál, případně dochází k vnitřní úpravě stěn stávajícího potrubí.

Předpokladem pro dosažení nejlepšího výsledku je správná volba použité technologie. Proto je třeba provést důkladné posouzení potřeb provozovatele (požadovaná kapacita potrubí, požadavek na životnost a jeho význam) a na základě těchto údajů navrhnout materiál potrubí a použitou technologii pro výstavbu či sanaci.

5.4 Typy bezvýkopových technologií

Vzhledem k množství metod bezvýkopových technologií a velkému rozsahu jejich použití se zaměřím hlavně na metody vhodné pro sanace vodovodních řadů.

Tyto lze rozdělit takto:

- pokládka nového potrubí v nové trase,
- zatažení nového potrubí do stávajícího potrubí,
- destrukci původního a zatažení nového potrubí,
- úprava vnitřního povrchu potrubí.

5.4.1 Pokládka nového potrubí v nové trase

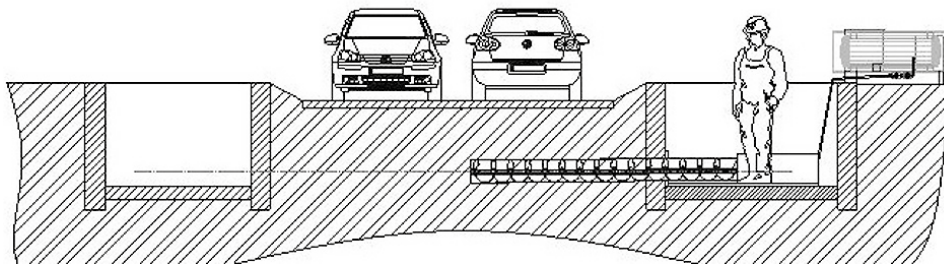
a) Neřízené metody pokládky bez obsluhy na čelbě

Při provádění těchto metod je nutné nastavit správný směr provádění v horizontální i vertikální rovině před započítím prací. Po zahájení již nelze směr stroje korigovat.

- Vodorovné vrtání

Tato metoda je vhodná pro aplikaci prvků ve vodorovné rovině. Využívá se pro instalace potrubí pro zemní vedení plynu, vody a v omezeném rozsahu i kanalizace (zde ale kratší vzdálenosti a velké spády). Většinou se kombinuje se zatlačováním roury, kdy vrtná hlava vytváří na čele prostor pro další postup. Pomocí tlačného zařízení se zahání do země ocelová trouba a na čelbě provádí výlom řezná hlava. Odtěžení zeminy je zajišťováno šnekovým vynášením. Ve startovací jámě se nachází pohon hlavy a přenos se provádí přes šnekový vynášeč. Metoda se používá u různých druhů zemin, omezeně i v bobtnavých jílech, zvodnělém a balvanitém prostředí. Podle půdních podmínek je nutné zvolit vhodnou volbu vrtné hlavy, místo které lze použít i takzvané ponorné kladivo.

Výhodou je okamžitá stabilizace vrtu během vrtání. Nevýhodou je omezení délek prováděných vrtů na cca 50 až 80 m dle místních podmínek a průměr potrubí maximálně DN 800.

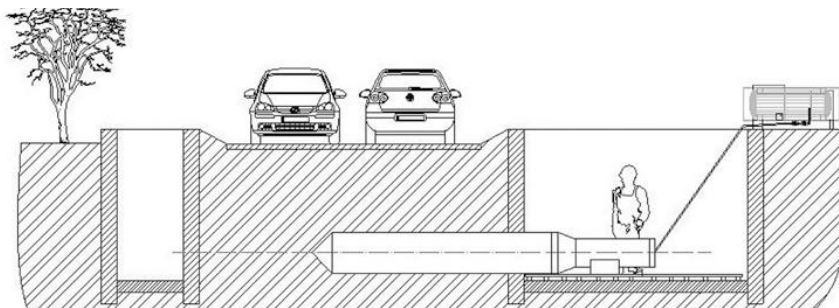


Obr. 1 – Vodorovné vrtání¹²

- Vodorovné beranění se zaslepeným čelem (blind roaming)

Jedná se o metodu pracující na principu roztlačování zeminy ocelovou silnostěnnou rourou za pomoci hydraulického zatlačování nebo beranící energie. Ocelové roury jsou k sobě postupně svařeny a počátek trouby je uzavřen upraveným zaslepeným čelem, jehož pomocí je půda roztlačována a hutněna do okolí.

Výhodou této metody je velká rychlost provádění, nevýhodami pak omezení průměru na rozměr DN 300 až DN 500 dle místních podmínek, existence rázů při beranění, které mohou ovlivňovat okolí stavby a velké nároky na zábor ploch pro provedení protlaku.



Obr. 2 – Vodorovné beranění se zaslepeným čelem¹³

- Vodorovné beranění s otevřenou rourou

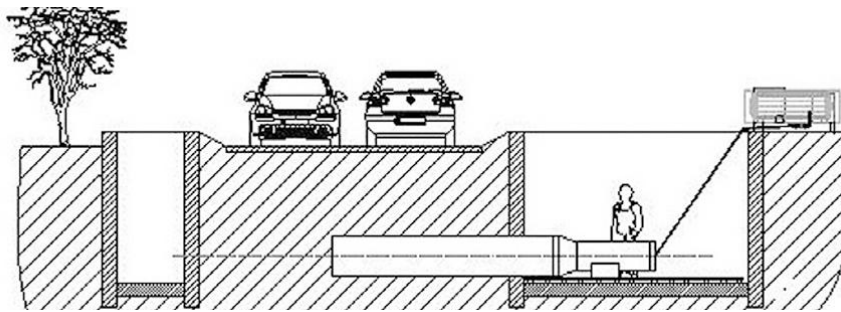
Tato metoda používá stejný postup práce jako metoda se zaslepeným čelem. Principem je, že se pomocí protlačování nebo beranění zatlačuje do země potrubí s otevřeným čelem – buď chránička, nebo přímo produktová roura. Po dokončení

¹² Srov. CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO2 během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 9.

¹³ Srov. CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO2 během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 8.

protlaku je zemina, která se dostala do roury během prací, vytlačena hydraulicky, výplachem, případně pomocí stlačeného vzduchu za dodržení předepsaných bezpečnostních podmínek. Metodu lze použít ve všech typech zeminy, nedoporučuje se pouze v oblastech se zvodněným prostředím.

Výhodou metody je vysoká rychlost provedení protlaku, nevýhody jsou stejné jako u předchozí metody – existence rážů a velký zábor pro provedení prací.

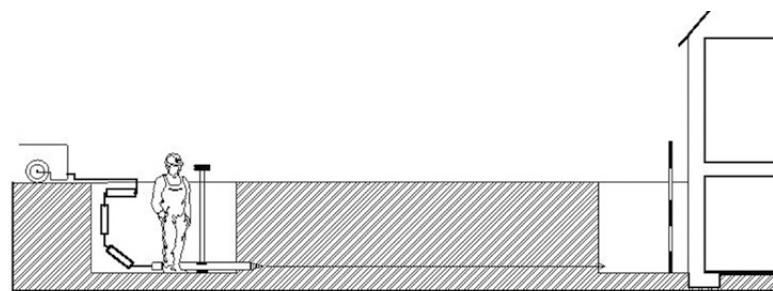


Obr. 3 – Vodorovné beranění s otevřenou rourou¹⁴

- Propichování

Provádí se za pomoci zemní rakety či kladiva. Tato metoda se nejčastěji používá pro pokládku nového potrubí v nové trase pod komunikací či v místech kde nelze provést výkop. Vzhledem k nemožnosti řízení pohybu rakety je její využití hlavně na krátké vzdálenosti (do cca 20 m). Technologie umožňuje pokládku potrubí nebo kabelů.

Nevýhodou této metody je její malá přesnost a také omezení na malé průřezy potrubí do cca 200 mm (potrubí d 32 až d 160). Proto se využívá hlavně pro přípojky a kabelové trasy.



Obr. 4 – Propichování¹⁵

¹⁴ CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 9.

¹⁵ CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 8.

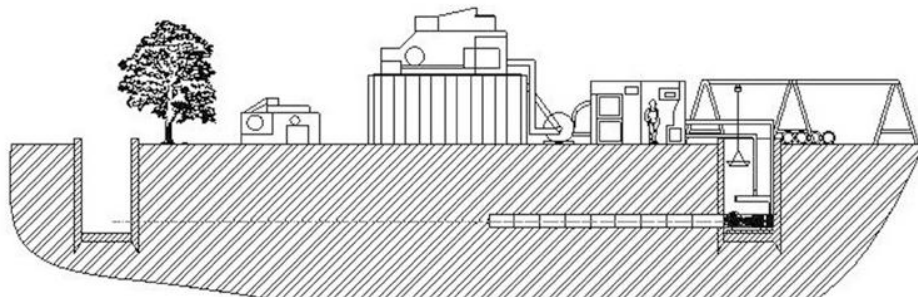
b) Řízené metody pokládky bez obsluhy na čelbě

U metod říditelných je umožněna korekce případné směrové či výškové odchylky přímo při provádění protlaku nebo vrtu. Nejpřesnější metodou je mikrotunelování, při kterém se odchylka pohybuje v rozmezí 10 až 20 mm. Této tolerance lze dosáhnout i při délce vrtu až 100 m. ostatní metody mají daleko menší přesnost, ale jejich velkou výhodou je možnost vyhnout se případné překážce v trase vrtu.

- Mikrotunelování s odtěžením zeminy

Je to dálkově řízená jednostupňová metoda, při které se zatlačují tlačné trouby (produktové potrubí nebo chráničky) pomocí plně mechanizovaného razicího stroje a současně se odtěžuje zemina s neustálou oporou čelby. Trouby jsou umístovány za razicí stroj a zatlačovány tlačným zařízením ve startovací jámě. Zaměření probíhá pomocí laserového paprsku, gyroskopu či vodní váhy a hydraulickým ovládním řídicí hlavy probíhá přizpůsobování směru.

Výhodou je šetrnost k okolní zástavbě, vysoká přesnost a rychlost provádění (cca 10 m za směnu) a možnost využití i v proměnlivých a obtížných geologických podmínkách. Nevýhodou jsou vyšší provozní náklady a větší zábor na povrchu v případě separace výplachu.



Obr. 5 – Mikrotunelování s výplachovým odtěžením zeminy¹⁶

¹⁶ CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 10.

- Horizontální řízené vrtání

V současné době je horizontální řízené vrtání asi nejvíce rozšířený způsob bezvýkopové pokládky nových potrubních systémů. Tato metoda je vhodná pro vybudování gravitačního i tlakového potrubí.

Výstavba rozvodů se provádí zatažením nového potrubí nebo chráničky do vrtu, který je umístěn ve startovací jámě 2,5 m x 1,5 m. Průměr zatahovaného potrubí a délka vrtu závisí na geologických podmínkách. V hornině do třídy těžitelnosti 3 se používá PE potrubí s max. průměrem DN 300.

Tuto metodu lze využít skoro ve všech typech zeminy. Do skalního prostředí se zařízení musí doplnit o tzv. mud motory a u nesoudržných zemin bývá nutností použít stabilizátory.

Výhodou řízeného vrtání je možnost pokládky potrubí se sklonem pro gravitační potrubní systémy. Minimální sklon v takto připravovaném projektu by neměl být menší než 2 %. Převažuje relativně jednoduchá manipulace, vysoká rychlost vrtání a flexibilita. Nevýhodou je, že korekce vrtání způsobují zvlnění vrtaného profilu, a proto je většinou problémem dodržet plynulý spád.

Technologii nelze použít v místech s malými poloměry oblouků trasy řadu, v blízkosti silových polí a kabelů vysokého napětí. Řízené horizontální vrtání patří mezi způsoby pokládky potrubí se středním až vysokým rizikem poškození potrubí

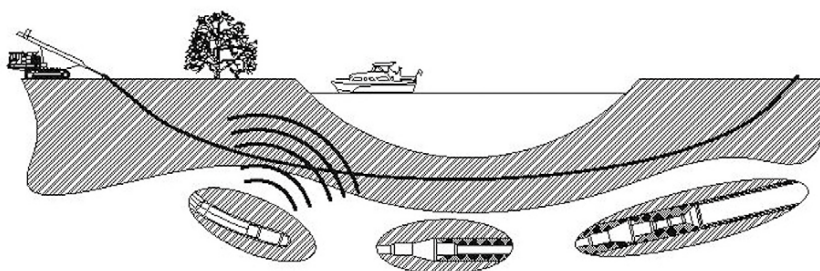
- Horizontální směrové vrtání HSV

Metoda horizontálního směrového vrtání je preferována při instalaci potrubí nebo staveb infrastruktury v rámci vodních cest, silnic, v hustě obydlených oblastech, ekologicky citlivých oblastech a v oblastech, kde jsou jiné metody a náklady příliš vysoké. Instalace potrubí je možná až do délky 126 m a do DN 300. Potrubí vtahovaná přes vrtané díry mohou být vyrobeny z různých materiálů (PVC, polyetylén).

HSV je vhodné pro různé půdní podmínky, a proto se upouští od kopání výkopů. K tomuto účelu postačí vykopat startovací a přistávací jámy o rozměrech 1 x 2 m s hloubkou dle potřeby. Přebytečná zemina je odplavena speciální směsí bentonit (rozemletý kaolin a polymery) do startovací jámy, kde se odtěží.

Metoda využívá povrchové vrtné soupravy a elektronické zařízení k řízení vrtacího nástroje. Ten je veden po předepsané trase, která se skládá z mělkých horizontálních a vertikálních oblouků.

Technologie HSV obsahuje 2 až 3 etapy. První etapa znamená vyvrtat pilotní otvor o průměru 70 mm v určené trase. V druhé etapě je nutno rozšířit pilotní otvor zpětným tahem a rozšiřovací hlavou zpět ke stroji (tato fáze je také známá jako rozšiřování). Při třetí etapě je vtaženo potrubí do mikrotunelu. Ve vhodných zeminách lze etapu 2 a 3 sloučit.



Obr. 6 – Horizontální směrové vrtání pod vodním tokem¹⁷

5.4.2 Zatažení nového potrubí

a) Relining

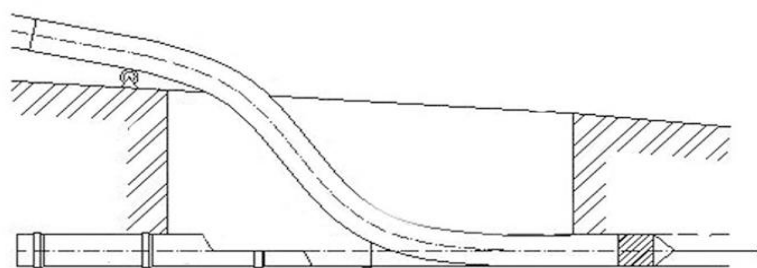
Je to metoda používaná u potrubí, jež mají narušenou statickou funkci. Provádí se tak, že se zatahují nové trouby do stávajícího potrubí. Tyto trouby mohou být krátké i dlouhé, záleží na územní dispozici. Vždy však v případě této metody mají menší průměr než původní potrubí. To však v praxi neznámá takový problém, jak by se mohlo zdát, protože "...nové trouby s hladkým povrchem mají natolik příznivé hydraulické vlastnosti, že převedou stejné množství médií jako až o 30 % větší průřez starého...".¹⁸ Nové potrubí je zatahováno lanem přes vlečnou hlavici, jenž je připevněna na čele první trubky. Při spojování trub musíme vždy dodržet stejné zarovnání os, což zajišťuje distanční kroužek na venkovní straně nových trub. Mezery mezi starým potrubím a novou vložkou se vyplňují injektáží.

¹⁷ CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 11.

¹⁸ KLEPSATEL, F., a RACLAVSKÝ, J., *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*, s. 104.

U metody s použitím krátkých trub o délce 0,5 – 1,0 m, k provedení stačí malý prostor, např. revizní šachta kanalizace. Podle konkrétních případů je možno relining použit pro rekonstrukci a sanaci potrubí o DN 100 – 4 000. Při provádění sanace touto metodou je možno použít různé druhy materiálů, například HDPE, PP, PVC, litinu, kameninu, beton či sklolaminát. V případě zatahování dlouhých rour jsou využívány hlavně plastové materiály. V těchto případech jsou roury svařovány v terénu a do potrubí či stoky se zavádí dlouhým obloukem přes startovací jámu. Většinou se používá na potrubí o délce do 300 m a průměru nového potrubí do 1 200 mm.

Metoda spočívá v zatažení trub nebo potrubí jako výstelky sanovaného úseku. Zatahování probíhá s využitím tlačné hydraulické stanice ve startovací jámě, případně jedné nebo několika pomocných hydraulických stanic, nebo pomocí lanového navijáku v cílové jámě a tažné hlavy pro uchycení zatahovaného potrubí. Zatahované potrubí nebo trouby nemají předem deformovaný (zmenšený nebo jinak upravený) příčný profil. Takto vzniklá výstelka je samonosná, metodu tak lze použít pro potrubí se staticky narušenou funkcí. Mezi výstelkou a sanovaným trubním řadem zůstává volný prostor, mezikruží, které bývá vyplněno injektáží směsí. Využití nachází pro sanace potrubí a stok od DN 100 výše.



Obr. 7 – Relining¹⁹

b) Swagelining

Tato metoda je principiálně podobná Reliningu, po jejím provedení však mezi novým a starým potrubím nezůstává prostor, který je nutno vyplňovat injektáží. Do potrubí se zatahuje nové potrubí, které má předem zdeformovaný tvar. Po zatažení se potrubí, díky materiálu s tvarovou pamětí, ze kterého je potrubí vyrobeno, za pomoci horké vody, páry nebo samovolně vytvaruje do potřebného tvaru a tak neprodyšně

¹⁹ CZSTT, *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, s. 17.

přilne k povrchu potrubí původního. Tímto procesem se minimalizuje zmenšení průtočného průřezu. Využívají se různé tvary deformovaných trub. Deformace se provádí mechanicky nebo tepelně při výrobě nebo na staveništi. Při této metodě se trouby na staveništi deformují, zmenšuje se jejich průměr přibližně o 10 % a využívá se k tomu tepelná protahovací stolice. Po tomto stlačení se trouby samovolně opět narovnají do původního tvaru do 24 hodin. Při stlačování profilu nedochází k prodloužení potrubí, ale ke zhutnění hmoty. Metoda se využívá pro potrubí o průměru 150 až 1 500 mm a o délkách, jež zřídka překročí 500 m.

c) Vložkování dočasně deformovaným potrubím

Metoda umožňuje renovovat trubní stoky se statickým narušením při minimálním zmenšení průtočného profilu. Princip spočívá v použití trubních vložek, jejichž příčný profil je dočasně zmenšen. Po jejich zatažení se deformovaný tvar navrátí do původní velikosti, výstelka těsně přilne k vnitřní stěně sanované stoky a není tedy třeba řešit výplň mezikruží. Vlastní zatahování probíhá pomocí tažného lana a navijáku.²⁰

Na trhu je několik variant této metody.²¹ Jedná se o varianty Close Fit Liner, Compact Pipe, U-Liner, C-Liner, Ω -Liner – neboli deformace potrubí ve tvaru U, C či Ω . Tyto deformace se provádějí již při výrobě a velikost takto zdeformovaných trub je taková, že se tím velikost trub zmenší až o 50 % (ve výjimečných případech až 65 %). Na stavbu se tyto trouby přivážejí navinuté na bubnu.



Obr. 8 - Vložkování dočasně deformovaným potrubím Compact Pipe²²

²⁰ ELZINK, W., Kompaktní potrubí. *Zpravodaj NODIG*, s. 16.

²¹ KLEPSATEL, F., a RACLAVSKÝ, J., *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*, s. 107.

²² Compact Pipe : Wavin. *Wavin*, <<http://www.wavin.cz/cz/compactpipe>>.

5.4.3 Destrukce původního a zatažení nového potrubí

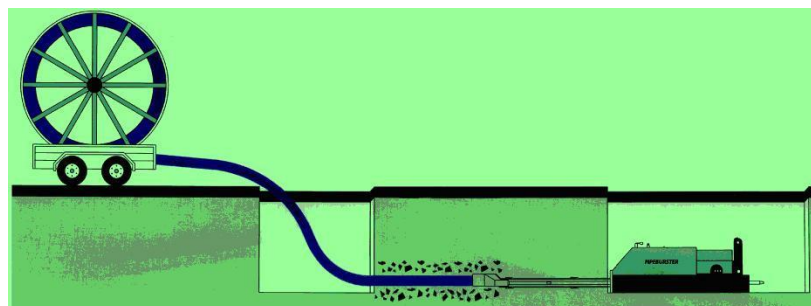
Jde o uložení nového potrubí do trasy původního potrubí, přičemž původní potrubí je z trasy odstraněno. Odstranění sanovaného potrubí se dá provádět roztrháním, roztlačováním, vytahováním nebo vytlačováním, za současného zatlačování nebo zatahování nového potrubí, jež je zapojeno za vodící hlavicí. Potřebná pracovní síla je dosažena hydraulickými písty tlačné stolice, pneumatickými kompresory nebo navijáky, jenž působí přímo na potrubí, či na tažné lano. Takovéto postupy lze využít pro všechny průměry a materiály u stávajících potrubí. Pro tažení dlouhých trub je vhodným materiálem potrubí z HDPE, PP, PVC, při tlačení nebo tažení kratších trub se navíc používá litina se zámkovými spoji, sklolaminát a kamenina. V zahraničí se používá pro potrubí o DN 80 až 3 000, nejčastější využití v ČR je DN 200 až 800. Profily nových potrubí mohou být až o dvě dimenze větší než u stávajících potrubí.

Při realizaci sanace těmito metodami je nutno vytvořit startovací a koncovou jámu, rozměry a vzájemná vzdálenost těchto šachet jsou dány průměrem potrubí a konkrétní metodou. Výkopy je nutné provést též u domovních přípojek a odboček.

a) Pipe Burstlining

Metoda pracující s trháním starých podzemních vedení. Při využití této metody musí mít potrubí kruhový profil a být z křehkých materiálů jako je nevyztužený beton, litina, nebo kamenina. Dělí se na statické a dynamické trhání:

- Statické trhání - metoda burstlining - jde o trhání starých defektních trub statickými silami. Je vhodná pro DN 180 až 900 z křehkých materiálů jako je kamenina nebo prostý beton. Tuto metodu vyvinula firma Pipe Drilling Ltd. z USA.



Obr. 9 - Pipe Burstlining²³

²³ PIPEBURSTER - Revak. Revak, <<http://www.revak.eu/pipeburster/>>

- Dynamické trhání - metoda cracking - jde o metodu, u níž trhání probíhá dynamicky za pomoci upravených propichovacích pneumatických kladiv. Provádí se obvykle v délkách do 120 metrů, DN 80 až 500.

b) Hydros

Metoda pracující s vytahováním starých trub. V průběhu prací touto metodou jsou staré kovové či nekovové trouby (litinové, ocelové, azbestocementové a výjimečně i olověné) vytaženy a současně jsou do uvolněného prostoru zatahovány trouby nové. Tyto mohou být menší, větší nebo i stejného průměru. Používá se pro potrubí o světlostech do DN 300 a délek do 200 metrů.

c) Pipe Eating

Rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou. Při této metodě je staré nefunkční potrubí rozrušeno frézou, jenž má rotační nebo pevná valivá dláta z tvrdého kovu. Na rozdíl od výše zmiňovaných metod je metoda Pipe Eating vhodná pro rozrušení betonových, kameninových nebo azbestocementových trub. Používá se pro DN 250 až 600, a délky do 70 metrů.

5.4.4 Úprava vnitřního povrchu potrubí

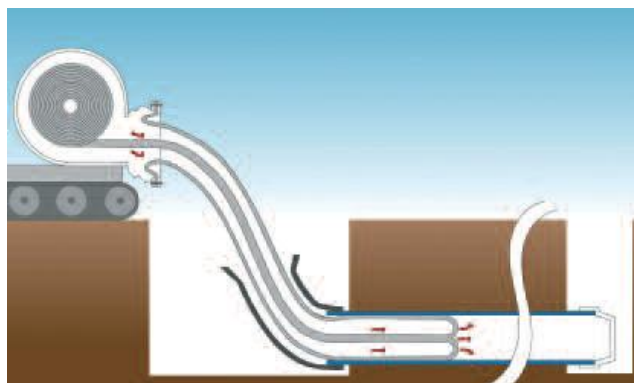
a) Vložkování vytvrzovacími rukávci

Tato metoda je zřejmě nejvyužívanější sanační metodou na světě, hlavně v oblasti sanace kanalizačních stok. Do potrubí se vtáhne textilní rukávec, který je vyztužen skelnými vlákny a jenž je napuštěn epoxidovou pryskyřicí. Tento rukávec za pomoci tlaku vody nebo vzduchu přilne ke stěnám potrubí a v dalším kroku dojde k vytvrzení pryskyřice v rukávu obsažené horkou vodou, párou, či UV zářením. Síla stěny použitého rukávce se odvíjí od rozsahu poruchy a statické únosnosti potrubí. Od určité síly stěny je vložka funkční i jako samostatná konstrukce, pak se může její tloušťka odvíjet i od zatížení, jež je třeba přenést.

- Insituform

Metoda, při níž se rukávec připravuje k užití až na stavbě. Rukávec je dovážen na stavbu namotaný na bubnu rubem navrch. Do stoky se dostává přes inverzní stolici. Při průchodu přes ni dochází k otočení rukávce na lící stranu a zároveň

k jeho napuštění vodou, kterážto tlakem vhání rukávce do stoky. Metoda slouží k sanacím stok s nenarušenou či jen částečně narušenou statikou, kterou pak potrubí z tvrzeného rukávce podpoří.²⁴ Existuje řada modifikací, lišící se materiálem rukávce, procesem zatahování (tlakem vody, vzduchem, navijákem), vytvrzování (vodou, párou, UV zářením) nebo použitou pryskyřicí. Velkou výhodou metody je možnost jejího využití k sanacím potrubí různých průměrů, tvarových profilů a velké většiny materiálů. Pozornost je třeba věnovat transportované kapalině (teplota, chemické složení), důkladnému průzkumu (statika potrubí či stoky, polohy přípojek) a kvalitnímu vyčištění potrubí (usazeniny, střepy, kořeny apod.), jinak hrozí poškození vložky.



Obr. 10 – Vložkování vytvrzovacími rukávci²⁵

b) Vložkování strojním nástřikem

Princip vložkování spočívá ve vytvoření výstelky vnitřního povrchu sanovaného potrubí nástřikem vhodného materiálu. Metoda vyžaduje před aplikací odstavení dotčeného úseku z provozu a provedení důkladného vyčištění sanovaného úseku. Sanované potrubí musí být staticky samonosné. Přínosem je zlepšení hydraulických vlastností potrubí a prodloužení jeho životnosti. Metoda se dělí podle použitého druhu nástřiku:

²⁴ KLEPSATEL, F., a RACLAVSKÝ, J., *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*, s.104

²⁵ Bezvýkopové sanace vodovodů. ČKV Praha s.r.o., <http://www.czstt.cz/dokumenty/casopis/NO-DIG_1_2011.pdf>

- Cementace

Jako výstelka je použita cementová malta, která je pomocí rozprašovacího zařízení s vlastním pojezdem rozprašována otočnou tryskou na stěnu potrubí. Zařízení obsahuje otočné rameno s hladítkem k urovnění provedeného nástřiku. Důležité je použití maltové směsi s dobrou přilnavostí k materiálu sanovaného potrubí a odolné vůči látce transportované potrubím. Tloušťku nástřiku určuje projekt sanace.



Obr. 11 – Cementace potrubí DN 500 řad II SVH – stav před sanací a po sanací²⁶

- Epoxidace

Výstelka je provedena strojním nástřikem dvousložkové směsi složené z epoxidové pryskyřice a tvrdidla v poměru daném výrobcem. Tloušťka nástřiku je tenčí (cca 1 mm), než při cementaci. Metoda nachází využití zejména pro sanaci ocelových, litinových a betonových potrubí. Výhodou je značná odolnost vůči chemické agresivitě přepravovaných vod, avšak tenká vrstva výstelky podléhá poškození obrusem. Proto nachází epoxidace častější využití u sanací vodovodních potrubí.

²⁶ Zdroj: archiv autora (2008)

6 ROZHODNUTÍ O METODĚ REKONSTRUKCE

Při výběru způsobu provedení rekonstrukce trubního vedení a zvolení konkrétní metody sanace je třeba především získat maximum informací z provozní evidence, vyhodnocení průzkumu dotčeného potrubí a také informací z ostatních zdrojů. To jsou například informace o výskytu ostatních inženýrských sítí, vyjádření vlastníků dotčených pozemků, výskytu ochranných pásem nebo chráněných území, požadavcích na kapacitu a provozní náklady nového potrubí a podobně.

Rekonstrukci případně sanaci potrubí lze provést metodou odstranění starého a pokládkou nového potrubí za použití otevřeného výkopu, použitím některé z bezvýkopových technologií nebo použitím kombinace obou variant. Vzhledem k podmínkám a pravidlům výběrových řízení má dnes na volbu metody provedení obnovy potrubí zásadní vliv cena realizace zvažovaných variant.

6.1 Rekonstrukce metodou otevřeného výkopu

Tato metoda má největší využití především při realizaci obnov a rekonstrukcí potrubních vedení, uložených v menších hloubkách, v extravilánu případně v méně dopravně zatížených lokalitách s minimem dalších inženýrských sítí pod povrchem.

Hlavní výhodou této metody je neomezený přístup k potrubí v celém rozsahu stavby, odstranění potrubí v celém jeho rozsahu a vytvoření kompletně nového zařízení. Je též snadné se přizpůsobit nečekaným změnám v trase či vystrojení potrubí. Výhodou, především pro investory, je snadnější porovnání jednotlivých nabídek realizačních firem, když všichni navrhnou podobný postup prací. Nevýhodou je nutnost zabezpečení stěn výkopů pažením při práci ve větších hloubkách a nutnost použít ve větším rozsahu dopravní značení.

6.2 Rekonstrukce bezvýkopovou metodou

Bezvýkopové technologie mají největší využití v intravilánech měst a obcí, mimo ně pak v lokalitách zvýšené ochrany přírody a v místech křížení s překážkami, jejichž překonání klasickou metodou je buďto nemožné nebo finančně velmi náročné. Jedná se hlavně o překonání větších vodních toků, podchody pod komunikacemi a železničními tratěmi, případně při stavbách ve velkých hloubkách. Bezvýkopové technologie

také minimalizují riziko poškození inženýrských sítí při jejich křížení a minimalizují množství výkopových prací nutných pro realizaci stavby.

Hlavními výhodami při použití BT je hlavně výrazné zkrácení doby realizace proti výstavbě klasickou metodou, výrazné snížení škod na komunikacích a dotčených pozemcích a také menší zátěž pro životní prostředí a život obyvatel a firem podnikajících v lokalitě dotčené rekonstrukcí potrubního vedení. Tato pozitiva však většinou nebývají v nabídkách ekonomicky vyčíslena, důraz na tyto aspekty kladou většinou orgány veřejné správy.

7 KONKRÉTNÍ PŘÍPAD POUŽITÍ BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE

Pro svou bakalářskou práci jsem si vybral jako příklad řešené problematiky stavbu “Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa“. V průběhu této stavby byla použita metoda pokládky otevřeným výkopem, ale vyskytlo se zde i několik míst, kde bylo nezbytné použít bezvýkopové technologie.

Dalším důvodem je i skutečnost, že jsem se na realizaci této akce zčásti podílel a proto jsem měl možnost sběru množství poznatků, zdrojů informací a zkušeností z místa stavby.

7.1 Zájmová lokalita a vztahové souvislosti

Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. je soukromá provozní společnost, která je přímým nástupcem ZVaK, závod 09 Sokolov, a která provozuje vodohospodářskou infrastrukturu ve městech a obcích okresu Sokolov na základě provozních smluv.

Vodohospodářský majetek je ve vlastnictví jednotlivých měst a obcí, které vytvořily za účelem jeho správy sdružení Sokolovská vodárenská s.r.o. a Vodohospodářské sdružení měst a obcí Sokolovska, do kterých svou vodohospodářskou infrastrukturu vložily. Na základě provozních smluv s těmito sdruženími VOSS provozuje vodovody a kanalizace v jednotlivých městech a obcích.

Hlavním zdrojem pitné vody v okrese Sokolov je údolní nádrž Horka a na odběru z ní úpravna vody Horka. Po úpravě vody a jejím hygienickém zabezpečení je pitná voda vyčerpána do dvou čelních vodojemů. Z těchto vodojemů pokračuje voda již gravitačně hlavními trubními řady Skupinového vodovodu Horka (dále jen SVH) k jednotlivým obcím a městům okresu Sokolov. Tyto řady jsou místopisně rozděleny na řad I a III, kdy řad I zásobuje jižní část okresu až k Novému Sedlu a odbočením z řadu I město Kynšperk nad Ohří a obce v okolí a řad III severní část okresu a hlavně město Sokolov. Tyto řady byly vybudovány mezi lety 1950 až 1970 a na jejich stavbu byly použity různé, v té době dostupné materiály jako azbestocement, šedá litina nebo ocel bez ochranné výstelky a pláště.

Vzhledem k důlní činnosti, která byla a je v okrese Sokolov dodnes jednou z hlavních činností, byla v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století spotřeba vody velmi vysoká, a kapacita některých řadů přestávala být dostatečná. Proto přistoupil tehdejší provozovatel ZVaK k masivnímu čištění řadů od inkrustů a usazenin, které snižovaly průtočnou kapacitu potrubí. Úspěšnost byla sice značná, ale způsob čištění, při kterém byl do potrubí vpuštěn čistící nástroj a byl posunován energií vody v potrubí, nebyl pro některé materiály příliš vhodný. Například na potrubí z materiálu šedá litina zůstávaly po vyčištění, které probíhalo za pomoci tlakových rázů, mikropraskliny, které v dalších letech způsobovaly masivní poruchy dotčených řadů.

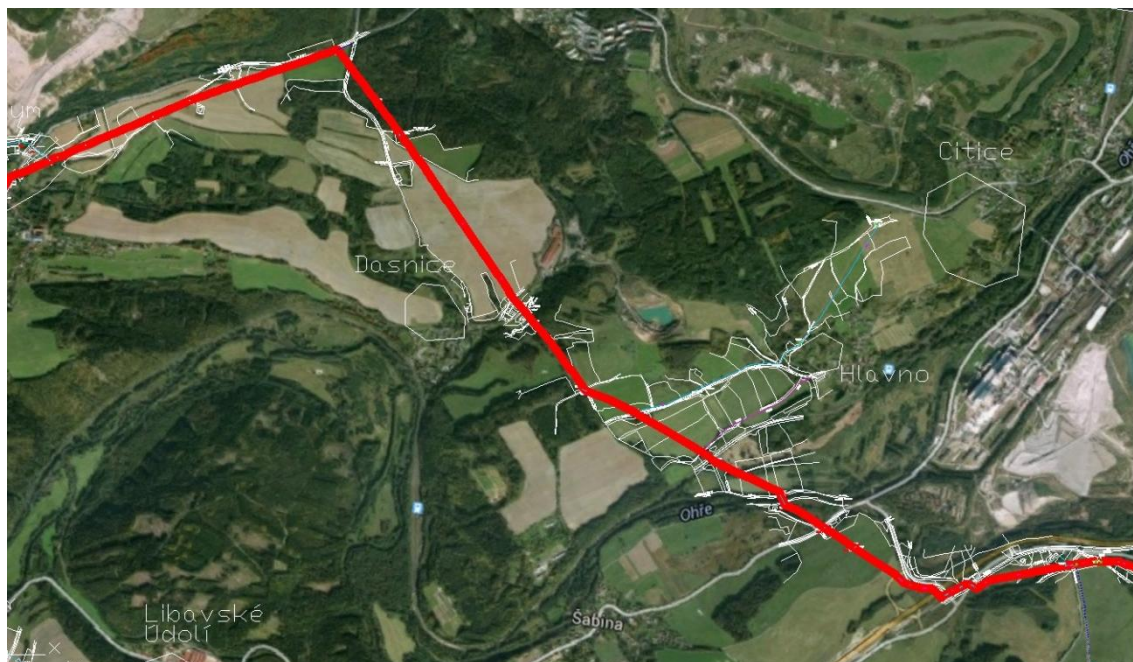
Potrubí z šedé litiny o průměru 400 mm bylo použito hlavně na části řadu I, v úseku od vodojemu Chlum k městu Březová. Tento úsek potrubí vykazoval v posledních deseti letech velmi vysokou poruchovost, která byla vždy způsobena prasklinou v potrubí u hrdlového spoje a způsobila odlomení části potrubí a následně masivní únik vody v rádech desítek litrů za vteřinu. Tyto praskliny byly s největší pravděpodobností důsledkem čištění potrubí v osmdesátých letech a ve spojení s nízkou kvalitou použitých trub, kdy se v litině vyskytovaly kazy a bublinky způsobené nekvalitním zpracováním, způsobovaly velkou poruchovost zmíněného úseku řadu I.

Na tomto úseku potrubí se nacházejí odbočky pro zásobení několika větších i menších obcí a také několika významných průmyslových podniků, jako například Elektrárna Tisová. Ne všechny odbočení jsou zakončeny vodojemem před spotřebištem, který vyrovnává potřebu vody v průběhu dne a dokáže zajistit dodávku vody po dobu odstraňování poruchy na hlavním řadu, ale jsou zde i přímé odbočky pro jednotlivé obce bez akumulace. Pro tyto odběratele jsou časté poruchy velmi omezující a stresující, s hrozbou způsobení škody i velkého rozsahu. Vodohospodářská společnost Sokolov s.r.o. jako provozovatel vynakládala na odstranění těchto havárií velké úsilí, technické a finanční prostředky, ale poruchovost začala být neúnosná. Proto vlastník, Sokolovská vodárenská s.r.o., v rámci pravidelných obnov vodohospodářských zařízení přistoupil k výměně části vodovodního řadu I v úseku od obce Chlum svaté Maří k odbočení pro obec Šabina. Tento úsek byl nejvíce poruchový. Zbytek úseku až k městu Březová byl již dříve přeložen v průběhu výstavby rychlostní silnice R6. Po zhotovení projektové dokumentace a provedení výběrových řízení byla jako zhotovitel stavby vybrána Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o. Samotná stavba byla rozdělena na dvě etapy, kdy I. etapa, úsek potrubí od obce Chlum sv. Maří

za odbočku pro obec Bukovany proběhla v roce 2012 a 2. etapa, úsek od odbočky pro obec Bukovany po odbočku pro obec Šabina, na podzim 2013 a v roce 2014. Jednalo se o výměnu stávajícího potrubí DN 400 z materiálu šedá litina za potrubí z tvárné litiny o stejném průměru, tedy DN 400.

7.2 Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa

Lokalita:	katastr obcí Bukovany, Dasnice, Čitice, Tisová, Šabina
Okres:	Sokolov
Kraj:	Karlovarský
Vlastník infrastruktury:	Sokolovská vodárenská s.r.o.
Provozovatel:	Vodohospodářská společnost Sokolov, s.r.o.
Délka přívodního řadu:	5 680 m
Provozní tlak:	5 až 16 bar
Terén:	kopcovitý
Hloubka uložení:	1,5 až 3 metry
Objekty na trase:	3 vzdušňikové šachty 3 kalosvodní šachty 1 sekční šachta s distriktním měřením 4 odbočení z řadu pro zásobování obcí Dasnice, Čitice, Hlavno, Šabina shybka pod řekou Ohře
Technologie:	výměna v trase otevřeným výkopem, podchod pod řekou Ohře za použití bezvýkopové technologie
Termín stavby:	2013 – 2014



Obr. 12 – Situace umístění stavby

7.3 Zhodnocení stavu potrubí před zahájením prací

Výše uvedené důvody, kterými byla vysoká poruchovost úseku řadu I, způsobená kvalitou materiálů původního litinového potrubí a způsobem provozování a čištění potrubí v osmdesátých letech, donutily provozovatele vodovodní sítě na Sokolovsku řešit havarijní situace, vznikající na řadu I v nepravidelných intervalech, hledáním systémového a trvalého řešení. Vzhledem k cílům provozovatele zajistit spolehlivé a nepřetržité zásobení odběratelů pitnou vodou v dostatečném množství a kvalitě, k důležitosti řadu I a jeho významu v systému Skupinového vodovodu Horka, byl technický stav potrubí neúnosný.

Zároveň s hledáním řešení informoval provozovatel vlastníka infrastruktury Sokolovskou Vodárenskou s.r.o. o vzniklé situaci a především o potřebě investice do rekonstrukce tohoto vodovodního řadu. Součástí návrhu řešení bylo tzv. hodnocení stavu úseku vodovodního řadu, který je podkladem pro stanovení jednotlivých položek plánu investic a obnov vodohospodářského majetku. Toto hodnocení vychází z četnosti poruch s únikem vody na 1 km, stáří řadu, míry koroze, důležitosti z pohledu distribučního významu a zároveň z obtížnosti proveditelnosti oprav. Každý posuzovaný ukazatel je bodován podle kritérií daných standardy provozovatele a výsledkem je počet bodů, podle kterých je následně určována důležitost investice.

Hodnocení stavu zmíněného úseku zásobního řadu I je zobrazen v následující tabulce č. 2:

Tab. 2 - Hodnocení stavu zásobního řadu I

Položka číslo	Hodnocený ukazatel		Body	Vážené body	Zdroj informací	
1	Poruchy	Váha 30	Celkový počet poruch s únikem vody na 1km sítě za rok ve sledovaném období (5 let)		Technický útvar	
			0,8 a více	10		300
			0,5 - 0,7	7		
			0,1 - 0,4	3		
		bez poruch	0			
2	Koroze potrubí	Váha 5	Koroze jako příčina poruchy >50 % počtu poruch		Technický útvar	
			Koroze jako příčina poruchy 25 - 50 % počtu poruch			
			Koroze jako příčina poruchy < 25 % počtu poruch			
3	Stáří vodovodu	Váha 20	nad 30 let		Technický útvar	
			21 - 30 let			
			11 - 20 let			
			do 10 let			
4	Distribuční význam	Váha 35	Řady s nezastupitelnou funkcí		Provoz	
			Zastupitelné řady			
5	obtížnost provádění oprav	Váha 10	Krytí potrubí větší než 3m		Provoz	
			Atypický DN potrubí			
			Obtížnost prostorového uspořádání inženýrských sítí			
			Obtížně přístupný terén			100
			Nezokruhovaná síť - vyřazení celého řadu při opravě			100
			Majetkové poměry pozemku komplikují opravy			10
Váhy celkem		100	Celkem vážené body		1050	

Poznámka:

Údaje v tabulce jsou souhrn shromážděných dat za posledních 5 let a jako zdroj jsou použity údaje z evidence poruch a provozní evidence provozovatele.

7.4 Rozhodování a výběr vhodné technologie

Již před první etapou stavby byl na akci “Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa“ vypracován projekt, který řešil všechna obtížná místa při provádění stavby, včetně podélných profilů, propojení potrubí na stávající zařízení, odbočení z řadu a křížení s ostatními sítěmi a překážkami v trase. Také řešil problém náhradního zásobení odběratelů dotčených stavbou. Při zpracování projektu byla jako nejvhodnější technologie zvolena pokládka do otevřeného výkopu vzhledem k tomu, že stavba byla prováděna v extravilánu, mimo zastavěná území. Nebylo proto nutné provádět velké přesuny výkopku, materiálu a výkopy ve větších hloubkách byly zabezpečeny svahováním. Náhradní zásobení bylo prováděno položením dočasného potrubí z plastu o menším průměru, vedeného po povrchu terénu.

Velkým technickým problémem stavby bylo křížení s tratí Českých drah (ČD) a dále podchod pod řekou Ohří v délce 50m. Křížení s tratí ČD vyřešil projekt prostou výměnou potrubí v již zbudované ocelové chrániče DN 800, kdy bylo staré potrubí vytaženo a nahrazeno hrdlovým potrubím DN 400 z tvárné litiny s jištěnými zámkovými spoji. Potrubí bylo uloženo na kluzných středících segmentech. Větším technickým problémem byl podchod řeky Ohře. Stávající podchod byl řešen dvouramennou shybkou z ocelového svařovaného potrubí DN 350 a dvěma spojnými šachtami se sekčními armaturami na obou březích řeky. Stávající potrubí bylo uloženo do dna řeky bez chrániček a obetonováno. Na pravém rameni shybky byla zjištěna porucha a bylo proto mimo provoz a potrubí levého ramene bylo také v havarijním stavu.

Správce toku, Povodí Ohře, státní podnik, nesouhlasil s prováděním stavby otevřeným výkopem a i realizace tohoto záměru by byla velmi zdoluhavá, technicky náročná (odklon části vodního toku, použití beraněných štětových stěn, náročné výkopové práce) a také velmi drahá. Proto bylo již ve fázi projektu rozhodnuto o použití některé z bezvýkopových metod. Výběr byl prováděn mezi technologiemi sanace potrubí shybky, vložkování stávajícího potrubí, horizontálního protlačování nového potrubí a také metodou horizontálního řízeného vrtání a zatažení nového potrubí.

V rámci výběrového řízení bylo osloveno několik dodavatelů a po zhodnocení všech nabídek a výhodnosti různých navrhovaných technologií byla zvolena metoda horizontálního řízeného vrtání a zatažení nového potrubí z materiálu PEHD 100 RC

s ochranným pláštěm proti poškození d 225 mm. Potrubí bylo položeno v nové trase v souběhu se stávajícím potrubím. S tímto navrhovaným řešením souhlasil i správce toku firma Povodí Ohře, s. p.

Hlavním kritériem pro výběr metody byla cena prováděných prací, dále pak doba zhotovení nové dvouramenné shybky, rozsah omezení dodávky vody odběratelům a také reference a spolehlivost dodavatelské firmy.

7.5 Průběh rekonstrukce

Práce na akci “Stavební úpravy řadu I SVH“ postupovaly v průběhu roku 2014 podle plánu. Náhradní zásobování obyvatel bylo zajištěno po dobu výměny vodovodního potrubí položením náhradního potrubí menšího průměru po povrchu terénu. Vzhledem k tomu, že práce postupovaly po úsecích, nebyl se zřizováním náhrady problém a tzv. “suchovod“ se vždy po dokončení úseku přesunul o úsek dále. Z tohoto pohledu byl největším problémem přechod řeky Ohře. Při zjišťování stavu potrubí ve shybce bylo zjištěno, že pravé rameno je pode dnem porušeno a již dříve bylo odstaveno z provozu a zásobování je prováděno pouze levým ramenem. Dále pak byl zjištěn havarijný stav šoupat v armaturních komorách na obou stranách shybky, které nebylo možno zcela uzavřít. V blízkém okolí není žádný přechod přes řeku a v inkriminovaném místě je hloubka toku za normálního průtoku cca 2 m. Řeka Ohře je v tomto úseku i vyhledávanou vodáckou lokalitou a správce toku nesouhlasil s provizorním křížením těsně nad hladinou. Síla proudu je zde značná a proto nebylo možné vést potrubí po dně a jeho kotvení do dna by bylo problematické. Význam řadu I pro zásobenou lokalitu je zásadní a dlouhodobá odstávka potrubí z provozu nepřipadala v úvahu. I to byl jeden z argumentů, který přispěl k volbě varianty horizontálního řízeného vrtání a zatažení nového potrubí pode dnem řeky. Takto bylo možno provést práce v předstihu, nezávisle na provozu shybky pod řekou, a, mimo času potřebného k přepojení potrubí, bez omezení dodávek pitné vody odběratelům.

Po rozhodnutí o způsobu provedení rekonstrukce shybky, provedení výběru dodavatelů a upřesnění termínu provedení prací, byly zahájeny přípravné práce. V jejich průběhu byly provedeny tyto úkony:

- zajištění souhlasu se vstupem pod koryto vodního toku od správce vodního toku firmy Povodí Ohře, s. p.,

- zjištění a vytýčení inženýrských sítí v zájmovém území,
- zajištění souhlasů se vstupem na dotčené pozemky a zajištění příjezdových cest,
- vymýcení náletových dřevin,
- provedení výkopových prací pro zjištění přesné polohy vodovodního potrubí a inženýrských sítí v trase horizontálního vrtu,
- svaření potrubí do úseků 2 x 48 m.

Po dokončení přípravných prací byl na místo dopraven vrtný stroj Vermeer Navigator D 24 x 40 s vrtnou a tažnou silou 10 820 kg. Tento stroj pracuje tak, že provede nejdříve řízený pilotní vrt o průměru 70 mm, který je řízen za pomoci radiodetekčního navigačního přístroje. Po jeho dokončení se na konec vrtných tyčí připevní rozšiřovací nástavec a pilotní vrt se zpětně rozšíří na požadovaný rozměr. V našem případě muselo být rozšíření vrtu prováděno třikrát, protože pode dnem řeky byl materiál z ulehých štěrkopísků, které se tvrdostí pohybují na úrovni třídy těžitelnosti 4 až 5. Po rozšíření bylo provedeno zatažení potrubí do vytvořeného prostupu. V průběhu vrtání a rozšiřování byla jako pomocná kapalina používána směs vody a bentonitu v předem vypočtené koncentraci. Tato pomocná kapalina působila ve vrtu jako chladivo a mazivo na vrtnou nebo rozšiřovací hlavu a v průběhu zatahování částečně bránila poškození zatahovaného potrubí.²⁷



Obr. 13 a, b - stroj Vermeer Navigator D 24 x 40 – a) první pilotní vrt,
b) rozšiřování druhého vrtu, vlevo zatažené nové potrubí.²⁸

Vrtná souprava byla na místo dopravena dne 7. 7. 2014 a byly provedeny přípravné práce. Druhý den byl proveden pilotní vrt, který byl řízen tak, že pracovník s detekčním přístrojem byl přepravován na loďce, kotvené na pomocném laně,

²⁷Srov. MAXA, J. *Bezvýkopová pokládka a obnova potrubí s TT - systémovou technikou*, s.20

²⁸Zdroj: archiv autora (2014)

nataženém přes řeku. Týž den bylo provedeno první rozšíření pilotního vrtu. Toto bylo ukončeno, vzhledem ke geologickým podmínkám pode dnem, až ve večerních hodinách. Další den bylo provedeno další rozšíření a při poslední cestě rozšiřovací hlavice bylo provedeno i zatažení potrubí d 225 do provedeného vrtu. Jeden vrt byl tedy prováděn dva dny. Mezi tím vinou vydatných dešťů došlo k výraznému zvýšení průtoku v řece a druhý pilotní vrt dne 10. 7. 2014 byl již prováděn vzhledem k silnému proudu těsně před hranicí rizika. Přesto se jej podařilo bezpečně dokončit a po dalších dvou dnech byly práce na druhém vrtu dokončeny úspěšným zatažením druhého potrubí pod řekou.

Po odvozu vrtné soupravy proběhly výkopové a také přípravné práce na uvedení potrubí do provozu, včetně tlakových zkoušek a desinfekce nových úseků potrubí. Následně proběhlo samotné přepojení a uvedení potrubí do provozu.



Obr. 14 a, b - a) napojení nového potrubí pomocí navrtávacích pasů,
b) nové potrubí přivedené do startovací jámy.²⁹

Významnou výhodou zvolené bezvýkopové technologie je velká úspora času. Samotné práce při provádění podvrtů řeky Ohře trvaly čtyři dny, přípravné práce a likvidace staveniště jeden den. Všechny práce včetně přípravných prací na propojení potrubí a jeho uvedení do provozu trvaly celkem dvacet pracovních dní. Na pracovišti byla využita jen vrtná souprava, jeden vůz Tatra a kolový bagr potřebný pro výkopové práce a manipulace s potrubím. V případě použití metody vložkování rukávem by jen vlastní práce na potrubí trvaly dle nabídek cca patnáct dní, bez započtení přípravných

²⁹ Zdroj: archiv autora (2014)

a dokončovacích prací a složitého zhotovení “suchovodu“. Pokud bychom použili metodu otevřeného výkopu, doba prací by byla nejméně devadesát dní.

7.6 Porovnání finančních nákladů

V průběhu zadání výběrového řízení na dodávku rekonstrukce shybky pod řekou Ohří byly osloveny firmy zabývající se prováděním bezvýkopových technologií. Po zhodnocení navrhovaných metod obnovy shybky byly zvoleny dvě metody, na které byly provedeny cenové nabídky. Byly to sanace stávajícího potrubí zatažením sklolaminátového rukávce DN 350 a jeho vytvrzení ÚV zářením a řízené horizontální vrtání se zatažením nového potrubí d 225 z materiálu PE 100 RC s ochrannou vrstvou. Obě varianty byly nabízeny včetně dodávky materiálu a kompletního provedení prací mimo výkopů, které byly prováděny v rámci stavby.

Tab. 3 - Porovnání orientačních cenových nabídek

Druh technologie	Délka úseku	Cena [Kč/bm]	Cena celkem
Sanace metodou Kawo	2 x 45 m	10 900,-	981 000,-
Sanace metodou Starline 3000	2 x 45 m	10 400,-	936 000,-
Horizontální vrtání Grundodrill	2 x 45 m	5 500,-	495 000,-
Horizontální vrtání Vermeer	2 x 45 m	4 700,-	423 000,-

Z výše uvedených čísel vyplývá jako finančně nejvýhodnější metoda horizontálního vrtání. Pokud budeme navrhovaná řešení dále srovnávat, pak v položce životnosti materiálu by byla nejvhodnější metoda pokládky otevřeným výkopem, protože potrubí z tvárné litiny má životnost více než 100 let. Tuto metodu však v tomto případě nešlo použít z výše uvedených důvodů. Vložkovací rukávec i plastové potrubí pro horizontální vrtání má životnost srovnatelnou – atesty výrobců uvádějí životnost 100 let. Z pohledu omezení dodávek vody potrubím byla jednoznačně nejvýhodnější metoda horizontálního vrtání, protože veškeré práce bylo možno provést bez odstávky potrubí a jediné omezení dodávky vody bylo při provádění propojů nového potrubí na stávající řad.

Po vyhodnocení nabídek byla zvolena metoda horizontálního vrtání strojem Vermeer Navigator. Tato nabídka vyhověla nejlépe v hlavním kritériu výběru – ceně provedení a zároveň splnila všechny ostatní parametry pro výběr.

8 DISKUZE

Odborné publikace, které se zabývají bezvýkopovými technologiemi a problematikou jejich využití, se shodují v tom, že bezvýkopové technologie jsou ve velké většině případů výrazně ekologičtější a ohleduplnější k životnímu prostředí než technologie ostatní. Také i dotčená odborná veřejnost, například provozovatelé, investoři, zástupci měst a obcí bývá o jejich výhodnosti v principu přesvědčena. Přesto však vítězí zatím častěji klasická pokládka výkopem, hlavně proto, že kvalitně připravit stavbu pro provádění bezvýkopovou technologií stojí mnohem víc práce a úsilí. Mimo to mezi provozovateli trubních sítí všeobecně panuje názor, že pokud je reálné stávající potrubí vykopat a položit nové výkopem, použijí raději tuto alternativu. Mají k tomu hned několik důvodů:

- Stavební a zemní práce může provést jakákoliv stavební firma s odbornou způsobilostí k pokládce potrubí, protože není potřeba specializovaného vybavení a znalostí, které jsou nutné u bezvýkopových technologií.
- Při pokládce nového potrubí metodou otevřeného výkopu je známo prostředí a podmínky, ve kterém se potrubí bude provozovat a negativní vlivy lze eliminovat. Také k případným opravám a poruchám bývá jednodušší přístup.

Těmto názorům nahrává i skutečnost, že v příručce Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací, vydané Sdružením oboru vodovodů a kanalizací ČR (SOVAK ČR) v roce 2008, jsou na několika stránkách prezentovány nepříliš vydařené případy pokládek a sanací bezvýkopovými technologiemi, které byly provedeny v devadesátých letech. V těchto letech byly do našich podmínek přenášeny zkušenosti ze zahraničí a, jako ve většině oborů, ne všechny zhotovitelské firmy zvládly technologii v odpovídající kvalitě. Je proto bezpochyby velká škoda, že neprobíhá pravidelná aktualizace příruček vydávaných SOVAK ČR a projekty, které se vydařily, nejsou dostatečně prezentovány. Není-li případný čtenář příliš znalý v oboru bezvýkopových technologií a přečte-li si kapitulu o negativních vlivech a zdrojích rizik, upřednostní při výběru způsobu pokládky potrubí technologii výkopovou. Upozorňovat na rizika je samozřejmě nutné, ale zároveň by bylo vhodné současně uvádět také výhody a samozřejmě i rizika spojená s klasickou pokládkou výkopem pro relevantní srovnání a případný výběr. Protože je-li argumentem proti použití bezvýkopových technologií neshoda mezi vlastníkem a provozovatelem

vodárenské sítě, či případně špatný stav technických podkladů, pak je nutno říci, že obdobný problém postihne také pokládku výkopem.

Další, ne zcela zodpovězenou otázkou, zůstává otázka využití finančních nákladů, resp. vydaných peněz. Lze říci, že o bezvýkopových technologiích se především mluví jako o technologiích, při jejichž využití se sníží vynaložené náklady. Je ale správné rozhodovat se podle ceny, když jde také o prostředí, ve kterém žijeme, o přírodu? Ano, peníze jsou vždy důležité a v dnešní době většinou rozhodujícím faktorem. Musíme si však uvědomit, že peníze mají různou hodnotu v různých časových etapách a pro různé okruhy lidí. Václav Klaus ve své knize *Modrá, nikoli zelená planeta: co je ohroženo: klima, nebo svoboda?*, popisuje nejen přístup ke globálnímu oteplování a ochraně budoucích generací, ale i k diskontování, diskontní sazbě či míře. Zamýšlí se v ní nad hodnotou “stokoruny“ dnes a hodnotou té samé “stokoruny“ zítra, za rok či za deset let. Pokud se pokusíme tuto ideu převést do vodárenství, pak se musíme také zamyslet nad výdaji, resp. investicemi do rekonstrukcí a obnovy vodovodů a kanalizací. Věřím, že v budoucnu budou prováděna i jiná rozhodnutí než tomu je v případě, kdy je při výběru jediným a hlavním kritériem nejnižší vydaná suma peněz v daném okamžiku.

Další a zcela nezanedbatelnou příčinou odmítání bezvýkopových metod je také lobby velkých stavebních firem pohybujících se v oblasti vodovodů a kanalizací. Na místo hledání nejideálnějšího řešení a seriózních jednání se firmy předhánjí v získání zakázky téměř za každou cenu a ne vždy podávají plnohodnotné informace. To může mít za následek špatný výběr technologie provedení stavby i materiálu potrubí.

Pokud se v nynější době zdají jednání s vlastníky pozemků velmi obtížné, ale jaká bude situace ve výhledu příštích desetiletí? A to jak z pohledu rozvoje infrastruktury, tak z pohledu rozvoje a ochrany přírody – jednotlivé pozemky přecházejí do soukromých rukou, některé z nich zarůstají stromy a vegetací, vzrůstá jejich zastavěnost a na některé pozemky už nebude možno za pár let vstoupit. Proto by se zodpovědní zástupci investora či provozovatele při rozhodování, kterou z alternativ výstavby nebo rekonstrukce zvolit, měli zaobírat i touto myšlenkou.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vypracovat srozumitelný a přehledný odborný podklad pro provozovatele a vlastníky vodárenské infrastruktury, který bude nápomocen při rozhodování ve výběru vhodných technologií a materiálů pro pokládku potrubních řadů také s ohledem na vliv na životní prostředí. Práce se soustředila na využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích vodovodních a kanalizačních sítí, na jejich výhodnost z pohledu na vhodnost použití, vynaložených finančních nákladů a také z pohledu vlivu na životní prostředí.

Součástí práce bylo vypracovat a zpřehlednit způsob posuzování technického stavu potrubních vedení, hodnocení jeho stavu a životnosti. Tyto pojmy vysvětluje pomocí vyhodnocování ztrát vody, poruchovosti a nestandardních stavů a také uvádí způsoby diagnostiky a hledání anomálií v potrubí. Výsledkem je přehledná metodika postupu při navrhování rekonstrukcí v návaznosti na počty poruch, distribuční význam řadu, jeho stáří a dalších aspektů. Dále se práce zaměřila na vysvětlení základních pojmů české legislativy, a to údržba, oprava, rekonstrukce a také obnova sítě.

Hlavní kapitolou teoretické části práce je přehled dostupných bezvýkopových technologií využívaných pro pokládku a rekonstrukce vodovodních řadů. V rámci této bakalářské práce byl vytvořen komplexní soubor dostupných technologií, využitelných při rekonstrukci vodovodních a kanalizačních vedení. Jednotlivé metody byly rozděleny do čtyř skupin podle způsobu a technologie provádění a výsledného efektu.

Do první kategorie jsou zařazeny metody bezvýkopových technologií, které nepracují s již umístěným potrubím, ale provádějí pokládku zcela nového potrubí v nové trase. Lze je využít při pokládce nových sítí i při rekonstrukcích, kde je pokládáno nové potrubí mimo trasu stávajícího, ale v jeho těsné blízkosti. Rozdělují se na metody s možností směrového řízení a bez něj. Při provádění bez řízení směru je nutné nastavit správný směr provádění v horizontální i vertikální rovině před započítím prací. Po zahájení práce již nelze směr stroje korigovat. U metod říditelných je umožněna korekce případné směrové či výškové odchylky přímo při provádění protlaku nebo vrtu. Nejpřesnější metodou je mikrotunelování, při kterém se odchylka pohybuje v rozmezí 10 až 20 mm. Této tolerance lze dosáhnout i při délce vrtu až 100 m. Ostatní metody mají daleko menší přesnost, ale jejich velkou výhodou je možnost vyhnout se případné překážce v trase vrtu.

Do druhé kategorie jsou zařazeny metody, u kterých dochází při provádění k zatažení nového materiálu do stávajícího potrubí. Jedná se o technologie Relining, Swagelining a zatažení vložky z předem zdeformovaného HDPE. Výsledkem je, při použití této metody, vždy nové samonosné potrubí, které není staticky závislé na původní trubce. Jeho životnost je omezena pouze životností dané vložky a kvalitou provedených přípravných prací. U technologie Relining se může negativně projevat snížení průtočnosti řadu, protože je vždy zataženo potrubí menšího průměru, než je stávající. Avšak vzhledem k tomu, že hydraulické vlastnosti takto rekonstruovaných potrubí nebývají příliš dobré, provedenou rekonstrukcí se většinou dosáhne stejných, případně i vyšších hodnot. U technologií Swagelining a zatažení zdeformované PE trubky dochází po zatažení k tzv. efektu Close Fit. Nové potrubí (vložka) díky své tvarové paměti 100% přilne k původnímu potrubí a v případě malé plošné ztráty tloušťky stěny u původního potrubí zde dochází ke statickému spolupůsobení obou potrubí. Tím se docílí nižších nákladů na PE vložku, menších tažných sil, ale výrazně stoupají nároky na kvalitně provedené čištění původního potrubí od inkoustů a ostrých částí.

Třetí kategorie jsou metody destruktivní, při kterých dochází k vytažení, vytlačení nebo rozbití původního potrubí. Výhodou těchto technologií je především možnost zachování stávající světlosti nebo případně zvětšení průměru zatahovaného potrubí až o dva řády.

Poslední skupinou podle rozdělení této práce jsou úpravy vnitřního povrchu potrubí. Jedná se o technologie, které jsou často vlastníky a provozovateli vodovodních sítí považovány spíše za opravy než za rekonstrukce a to především proto, že dochází nikoliv ke zlepšení statických vlastností řadu, ale pouze k vnitřní úpravě povrchu potrubí. Zároveň je při tomto způsobu rekonstrukce omezena životnost stávajícího potrubí jeho fyzickým stavem a také kvalitou přepravované vody.

Důležitým cílem této práce bylo prokázat vhodnost bezvýkopových technologií s ohledem na vhodnost použití, vynaložených finančních nákladů a také z pohledu vlivu na životní prostředí. Prostřednictvím konkrétního příkladu rekonstrukce práce ukazuje rozhodování o vhodnosti metody rekonstrukce a možnosti použití bezvýkopových technologií v porovnání s metodou pokládky otevřeným výkopem. Pro práci byl vybrán příklad rekonstrukce části vodovodního řadu a podchodu pod řekou Ohří v rámci akce

„Stavební úpravy řadu I SVH – 2. etapa“. Tento vodovodní řad byl postaven v sedmdesátých letech minulého století z materiálu šedá litina. Tento úsek potrubí vykazoval v posledních deseti letech velmi vysokou poruchovost, která byla vždy způsobena prasklinou v potrubí u hrdlového spoje a způsobila odlomení části potrubí a masivní únik vody v řádech desítek litrů za vteřinu. Tyto praskliny byly s největší pravděpodobností důsledkem čištění potrubí v osmdesátých letech a ve spojení s nízkou kvalitou použitých trub. Pro rekonstrukci byla zvolena metoda otevřeného výkopu v kombinaci s bezvýkopovou technologií horizontálního vrtání.

Cílem této práce bylo posoudit vhodnost výběru bezvýkopové metody v technicky velmi náročném úseku a zvážit případné jiné možnosti. Šetřením v průběhu přípravy a provádění prací jsme zjistili, že použít klasickou pokládku otevřeným výkopem je v tomto případě technicky neproveditelné. Uplatněním bezvýkopové technologie horizontálního řízeného vrtání oproti vložkování došlo ke snížení finančních nákladů o polovinu a k významné úspoře doby prací. Je však třeba podotknout, že uvažovaná pokládka výkopem nabízela s použitím litinového potrubí životnost více jak 100 let, kdežto životnost polyetylenového potrubí je maximálně 100 let. Rekonstrukce touto technologií proběhla za dvacet dní, kdežto v případě vložkování rukávem by vlastní práce za plné odstavky potrubí trvaly třicet dní a při pokládce otevřeným výkopem by stavba trvala minimálně devadesát dní. Je také třeba zdůraznit, že by došlo k velké zátěži životního prostředí v důsledku převedení toku řeky, navýšených výkopových prací, přepravy vytěžené a zásypové zeminy a celkového pohybu techniky v okolí shybky pod řekou Ohří.

Závěrem lze říci, že cíle práce bylo dosaženo a prokázala se tak vhodnost bezvýkopových technologií, jejich využitelnost a šetrnost vůči životnímu prostředí. Je však nutno dodat, že pro dosažení efektivního výsledku prací je bezpodmínečně nutné hledat vždy ta nejvýhodnější řešení a každý projekt posuzovat individuálně. Nelze paušalizovat vhodnost či nevhodnost použití jakékoli metody, technologie či materiálu. Ideálním případem bývají projekty, kdy všichni zúčastnění spolupracují společně pro dosažení cíle. Příkladem může být rekonstrukce části vodovodního řadu I a podchodu pod řekou Ohří, kde se díky vzájemné spolupráci vlastníka infrastruktury, provozovatele a zhotovitele podařilo docílit toho nejlepšího výsledku. Tím je úspěšně provedená pokládka v obtížném terénu, aniž by došlo k negativnímu vlivu na zásobované obyvatelstvo nebo na životní prostředí.

ANOTACE

Příjmení a jméno autora:	Miroslav Sýkora
Instituce:	Moravská vysoká škola Olomouc
Název práce v českém jazyce:	Výstavba a renovace inženýrských sítí za použití bezvýkopové technologie
Název práce v anglickém jazyce:	Construction and Renovation of Engineering Networks Using Trenchless Technologies
Vedoucí práce:	ing. František Janoušek
Počet stran:	60
Počet příloh:	0
Rok obhajoby:	2015
Klíčová slova v českém jazyce:	Bezvýkopové technologie, potrubí, rekonstrukce, sanace, vodovodní síť, materiály.
Klíčová slova v anglickém jazyce:	Trenchless Technologies, pipeline, reconstruction, rehabilitation, water pipe line, materials.

Cílem práce je vypracovat srozumitelný a přehledný odborný podklad pro provozovatele a vlastníky vodárenské infrastruktury, který bude nápomocen při rozhodování ve výběru vhodných materiálů a technologií pokládek potrubních řadů s ohledem na vliv na životní prostředí. Na konkrétním případě rekonstrukce práce demonstruje využitelnost bezvýkopových technologií včetně porovnání nákladů finančních i časových.

The aim of this work is to develop clear and well presented professional base for operators and owners of water infrastructure, which will assist them in the decision of selecting appropriate materials and technologies for installing pipes with taking account of the impact on the environment. On a specific case of reconstruction work it demonstrates the utility of trenchless technologies, including the comparison of costs, both financial and time .

LITERATURA A PRAMENY

BRONCOVÁ, Dagmar, (ed.). *Historie kanalizací: dějiny odvádění a čištění odpadních vod v Českých zemích*. 1.vyd. Praha: Milpo media, 2002, 259 s. ISBN 80-860-9825-7.

CZSTT. *Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO2 během realizací staveb inženýrských sítí*. 1. vyd. Praha: CZSTT, 2012, roč. 19, č. 01 - brožura č. 2. ISSN 1214 – 5033 (34).

JÁSEK, Jaroslav. *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. 1. vyd. Praha: Milpo Media, 2000, 239 s. ISBN 80-860-9815-X.

KLAUS, Václav. *Modrá, nikoli zelená planeta: co je ohroženo: klima, nebo svoboda?*. 1. vyd. Praha: Dokořán, 2007, 164 s. ISBN 978-80-7363-152-9.

KLEPSATEL, František, a RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. 1. české vyd. Bratislava: JAGA, 2007, 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.

NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Vydalo, Medim pro SOVAK ČR, 2003, x, 151 s. ISBN 80-238-9946-5.

Má vlastní seminární práce „BP teze Sýkora Miroslav“, odevzdané přes portál MVSO/STAG dne 31. 12. 2014

RACLAVSKÝ, Jaroslav, et al. *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, 127 s. ISBN 978-80-86769-24-0.

SOVAK. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. 1. vyd. Líbeznice u Prahy: Vydalo, Medim pro SOVAK ČR, 2008, x, 144 s. ISBN 978- 0-87140-07-9.

ŠRYTR, Petr. *Městské inženýrství (I)*. 1. vyd. Praha: Academia, 1998, 434 s. ISBN 80-200-0663-X.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

Bezvýkopové sanace vodovodů. *ČKV Praha s.r.o.* [online]. [cit. 2015-03-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.ckvp Praha.cz/file.php?nid=9910&oid=2578868>>

BRYNDA, Herbert. *Radio Praha - Kanalizace v proměnách staletí aned Každodennost podruhé* [online]. 2003 [cit. 2014-11-08]. Dostupné na WWW: <http://m.radio.cz/cz/rubrika/historie/kanalizace-v-promenach-staleti-aned-kazdodennost-podruhe?set_default_version=1>

Compact Pipe : Wavin. *Wavin* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.wavin.cz/cz/compactpipe>>

ELZINK, Wim. Kompaktní potrubí. *Zpravodaj NODIG* [online]. 2011, roč. 17, č. 1, [cit. 2015-12-18], s. 13 – 17. Dostupné na WWW: <http://www.czstt.cz/dokumenty/casopis/NO-DIG_1_2011.pdf>

MAXA, Jan. Bezvýkopová pokládka a obnova potrubí s TT - systémovou technikou. *Zpravodaj NODIG* [online]. 2011, roč. 17, č. 4, s. 15 - 22 [cit. 2014-12-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.czstt.cz/dokumenty/casopis/2011-2012/4.2011.pdf>>

PIPEBURSTER - Revak. *Revak* [online]. [cit. 2015-02-11]. Dostupné na WWW: <<http://www.revak.eu/pipeburster/>>

OSTATNÍ ZDROJE:

Výklad č. 25 k zákonu o vodovodech a kanalizacích a souvisejícím právním předpisům: Opravy a údržby vodovodních a kanalizačních sítí [k § 3 odst. 7 zákona o vodovodech a kanalizacích].

Zákon č.274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích).

INTERNÍ PODKLADY SPOLEČNOSTI:

Vodohospodářská společnost Sokolov, s r.o.

POUŽITÉ TERMÍNY A DEFINICE

Balastní vody - jsou vody (zejména podzemní), které se dostaly do stokové sítě v důsledku její netěsnosti nebo jiným způsobem a jejichž přítomnost není ve stokové síti žádoucí.

Bentonit – hornina s vysokým obsahem jílových složek. Při styku s vodou bobtná.

Bludné proudy – jev, kdy se elektrický obvod neuzavře vodičem, ale přes uzemnění a okolní zeminu prochází do kovových částí potrubí. Vzniká tím elektrochemická koroze, která porušuje potrubí.

Distriktní měření – zařízení, které měří průtok potrubím v určeném úseku.

Expandér – nástavec na rozrušení a roztažení stávajícího potrubí.

Extravilán – nezastavěná území mimo intravilán obce a města.

Gyroskop – přístroj užívaný k navigaci vrtného zařízení.

Intravilán – zastavěná část území obce či města nebo území k zástavbě určená.

Inkrustace – usazování nerozpuštěných látek vyloučených z vody na vnitřním povrchu potrubí.

Kalosvodní šachta - podzemní objekt, ve kterém je umístěn odkalovací armatura.

MUD motor – přídatný pohon vrtné hlavy, poháněný hydraulicky nebo hnanou hřídelí.

Pažení – podpora bočních stěn výkopu při provádění ve větších hloubkách nebo v nesoudržných zeminách.

Sanace - jsou všechna opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících systémů potrubí, zahrnuje opravy, renovaci, anebo obnovu.

Sekční šachta - podzemní objekt, ve kterém je umístěna uzavírací armatura pro oddělení navazujících částí potrubí.

Shybka – část potrubí, kterou produktovod podchází překážku pod úrovní ostatního terénu, např. řeku, železniční trať nebo komunikaci.

Standard RC – Resist to Crack – polyetylenové potrubí, které má zvýšenou odolnost proti bodovému porušení a prasklinám.

Vzdušňiková šachta – podzemní objekt, ve kterém je umístěn od vzdušňovací armatura.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Vodorovné vrtání	27
Obr. 2 – Vodorovné beranění se zaslepeným čelem.....	27
Obr. 3 – Vodorovné beranění s otevřenou rourou	28
Obr. 4 – Propichování	28
Obr. 5 – Mikrotunelování s výplachovým odtěžením zeminy.....	29
Obr. 6 – Horizontální směrové vrtání pod vodním tokem	31
Obr. 7 – Relining	32
Obr. 8 - Vložkování dočasně deformovaným potrubím Compact Pipe.....	33
Obr. 9 - Pipe Burstlining	34
Obr. 10 – Vložkování vytvrzovacími rukávci	36
Obr. 11 – Cementace potrubí DN 500 řad II SVH – stav před sanací a po sanaci	37
Obr. 12 – Situace umístění stavby	43
Obr. 13 a, b - stroj Vermeer Navigator D 24 x 40 – a) první pilotní vrt, b) rozšiřování druhého vrtu, vlevo zatažené nové potrubí.....	47
Obr. 14 a, b - a) napojení nového potrubí pomocí navrtávacích pasů, b) nové potrubí přivedené do startovací jámy.	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - životnost trubních materiálů.....	17
Tab. 2 - Hodnocení stavu zásobního řadu I.....	44
Tab. 3 - Porovnání orientačních cenových nabídek.....	49