

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2012

KATEŘINA MAIOVÁ

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

**SANACE VODOVODNÍCH SÍTÍ S POUŽITÍM
BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Diplomant: Bc. Kateřina Maiová

2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Marceli Synáčkové, CSc., a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Liberci 30.4.2012

.....
Kateřina Maiová

Poděkování

Mé poděkování náleží všem, kteří mi v průběhu vypracování diplomové práce byli podporou a oporou a vždy mi ochotně pomohli.

Jmenovitě bych ráda poděkovala Ing. Marcele Synáčkové, CSc., mé vedoucí práce za její odbornou pomoc a trpělivost. Velké díky patří i kolegům ze Severočeských vodovodů a kanalizací, a.s., distribuční závod Liberec – Ing. Martině Slavíkové, Ing. Ladislavu Švecovi, MBA., Evě Heřmanové a Pavlu Vohlídkovi, kteří mi poskytli podstatné podklady pro vypracování diplomové práce. Dále pak Ing. Haně Šedové, Janu Pirklovi, Martinu Ottovi, Bc. Martinu Hauznerovi a Ing. Petru Brabcovi za předání jejich cenných znalostí z praxe.

V Liberci dne 30.4.2012

.....

Kateřina Maiová

ABSTRAKT

Cílem práce je vypracovat přehledný a srozumitelný odborný podklad pro vlastníky a provozovatele vodárenské infrastruktury, který bude nápomocen při rozhodování ve výběru vhodných materiálů a technologií pokládek potrubních řadů s ohledem na vliv na životní prostředí. Detailně se zaměřuje na využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích vodovodních sítí, jejich výhodnost jak z pohledu na vliv na životní prostředí, tak i z pohledu vynaložených finančních nákladů. Na konkrétních případech práce demonstruje využitelnost bezvýkopových technologií včetně porovnání nákladů finančních i časových a zabývá se výpočtem vzdušných emisí pomocí kalkulátoru e-CALC.

ABSTRACT

The aim of the diploma work is to prepare a transparent and understandable professional document for owners and operators of water infrastructure. The document will aid in choosing suitable materials and technologies for the installation of water pipe lines. The work emphasizes the aforementioned choices and their impact on the environment. The work describes in detail the possibilities of using trenchless technologies through reconstruction of water pipe lines and its advantages. The diploma work presents specific examples of the usage of trenchless technology (no – dig) and compares the financial costs and completion times. The work uses the specialized software program, e – CALC, to calculate air emissions.

KLÍČOVÁ SLOVA

rekonstrukce, vodovodní síť, vodárenství, pokládka bezvýkopovou technologií, no – dig, typy bezvýkopových technologií, burstlining, close fit, životní prostředí, e-CALC, vzdušné emise

KEY WORDS

reconstruction, water pipe line, water, installation of a trenchless technology, no – dig, types of a trenchless technology, burstlining, close fit, environment, e-CALC, air emissions

OBSAH

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	12
3. Metodika	14
4. Vodárenství	16
4.1 Vodní politika v České republice a Evropské unii	16
4.1.1 Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie.....	16
4.2 Trvale udržitelný rozvoj	18
4.3 Vodárenství v ČR	21
5. Materiály vodovodních sítí a příčiny poruch	31
5.1 Životnost potrubí	31
5.2 Poruchovost sítí	33
5.3 Dělení havárií (poruch)	34
5.4 Formuláře pro hodnocení stavu úseku vodovodního řadu	37
5.4.1 Kritéria ovlivňující zařazení akce do plánu	37
5.5 Aspekty ovlivňující výběr konkrétního záměru	38
5.6 Ztráta vody	39
5.6.1 Důvody ke snižování ztrát a opatření k jejich snižování.....	39
5.7 Obnova vodovodních sítí.....	40
5.8 Přehled současných vodovodních potrubních materiálů	41
5.9 Tvárná litina	41
5.9.1 Litinové potrubí pro pokládku bezvýkopovou technologií.....	43
5.10 Plastové potrubí	44
5.10.1 Polyethylenové potrubí	44
5.10.2 Spojování potrubí PE HD.....	45

5.10.3	Svařování potrubí metodou na tupo	45
5.10.4	Svařování pomocí elektrotvarovek	47
5.10.5	Sklolaminátové potrubí	51
6.	Bezvýkopová technologie (BT)	53
6.1	Typy bezvýkopových technologií pro rekonstrukce vodovodních sítí	53
6.2	Metodický postup prací při zatažení samonosné PE vložky	55
6.2.1	Monitoring	55
6.2.2	Výkopové práce	56
6.2.3	Čištění stávajícího potrubí	57
6.2.4	Příprava technologie zatažení	58
6.2.5	Ukončení sanace.....	59
6.3	Technologické postupy jednotlivých bezvýkopových technologií	59
6.3.1	Zatažení nového potrubí.....	59
6.3.2	Zatažení zdeformované (složené) PE trubky	66
6.3.3	Destruktivní technologie	69
6.3.4	Vytlačení původního potrubí.....	73
6.3.5	Vnitřní úprava potrubí.....	74
6.3.6	Cementace	74
6.4	Pryskyřicové vystýlky	78
7.	Hodnocení vlivu na životní prostředí.....	82
7.1	Výpočet vzdušných emisí.....	82
7.2	Kritéria pro ekologické hodnocení BT	84
8.	Konkrétní případy BT z praxe.....	85
8.1	Rekonstrukce vodovodního přivaděče Tanvald – VDJ Krásná.....	85
8.1.1	Zhodnocení stavu před rekonstrukcí	86
8.1.2	Proces rozhodování	88

8.1.3	Konečné rozhodnutí	91
8.1.4	Porovnání finančních nákladů.....	92
8.1.5	Zatížení životního prostředí	93
8.2	Rekonstrukce propojovacího řadu Liberec – Vesec	95
8.2.1	Popis lokality.....	97
8.2.2	Zhodnocení stavu před rekonstrukcí	98
8.2.3	Průběh rekonstrukce.....	100
8.2.4	Shrnutí rekonstrukce	103
8.2.5	Porovnání finančních nákladů.....	105
8.2.6	Porovnání prací při BT a pokládce výkopem.....	106
8.2.7	Výpočet vzdušných emisí	108
8.2.8	Výsledek rekonstrukce	112
9.	Diskuze.....	114
10.	Závěr	116
11.	Použitá literatura	121
12.	Přílohy.....	125

1. ÚVOD

Bezvýkopové metody pro pokládku a rekonstrukce vodovodních sítí jsou poměrně nové a neustále se rozvíjející technologie. Prvopočátky zasahují do 70. let minulého století, kdy převážně odborníci z řad stavebních firem hledali možnosti výstavby podzemních vedení v zastavěném území. Důvodem byly především přeplněné podzemní prostory, kam se infrastruktura umísťuje, a zároveň rizika poškození již stávajících sítí. Zásah do stávající infrastruktury například bagrem či rypadlem představuje velké ohrožení funkčních podzemních vedení. Dalším podstatným aspektem při rozhodování, jakým způsobem ukládat či rekonstruovat stávající sítě, je možnost přístupu v dané lokalitě. Vzhledem k tomu, že nejhustší síť infrastruktury se vyskytuje ve městech, je častokrát nereálné celý rekonstruovaný úsek vedení vykopat a následně potrubí vyměnit. Bezvýkopová technologie umožňuje téměř bez zemních prací rekonstrukce, popř. pokládku nového vedení a obvykle je jedinou možnou volbou, chceme-li stávající vedení opravit nebo vyměnit. V posledních letech se použitelnost bezvýkopových technologií rozšiřuje i do intravilánu, a to především z důvodu snížení škodlivých imisí do životního prostředí.

Bezvýkopové technologie byly vyvinuty pro instalaci kabelů, čištění a inspekci kanalizačních řadů. Původně jednoduché prostředky pro proplachování či čištění kanalizačního vedení byly postupně opatřeny vlastními pohony a v posledních dvou desetiletí i kamerovými systémy. Díky tomu lze kanalizační vedení vyčistit, ale zároveň i provést inspekci, zmonitorovat stav vedení, zaznamenat případné nedostatky (trhliny, praskliny, inkrusty atd.) a navrhnout vhodnou technologii opravy. V 70. letech také došlo k prvnímu použití pryskyřicového rukávce pro sanaci podzemního vedení v Londýně. Pro vytvrzení rukávce se použila horká pára. O 15 let později tato technologie dosáhla pokroku ve Švédsku, kde se prvně použila pro vytvrzení technologie UV lamp.

Vzhledem k tomu, že technologie sanace za použití rukávce nebyla postačující pro vyšší stupeň poruchovosti vedení, docházelo paralelně i k vývoji technologie destruktivní tzv. Pipe Burstlining, kdy za využití speciálních strojů dochází k rozbití původního již nefunkčního potrubí a zároveň k zatažení nového samonosného potrubí. Obrovskou předností této technologie je především eliminace výkopových

prací, minimální zábory pracovních ploch a samozřejmě v neposlední řadě snížení škodlivých imisí a snížení finančních nákladů. První sanace pomocí technologie Pipe Burstlinig se prováděly na kratších úsecích, tzv. od šachty k šachtě, o vzdálenosti řádově kolem 20 metrů. Jako nové potrubí sloužily segmentové kusy vyráběné v konkrétních výrobních závodech. Současně docházelo k rozvoji technologie pro pokládku nového vedení v nové trase, tzv. Horizontální vrtání s výplachem, a později Řízená mikrotuneláž. U těchto technologií je největším omezením geologie území a hustota stávajícího podzemního vedení.

Nabyté informace a zkušenosti z rekonstrukcí kanalizačních sítí posloužily k nastartování využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích a opravách tlakových vodovodních vedení. V posledních deseti letech doznaly bezvýkopové technologie velkého pokroku ve vodárenství. Poměrně rozšířenými se staly rekonstrukce pomocí technologie Relining, kdy se do starého, již nevyhovujícího potrubí, zatáhne nové samonosné potrubí. Touto technologií získáme nový řad s plnohodnotnou životností odpovídající novému zataženému potrubí. Zároveň mnohonásobně snížíme negativní dopad na životní prostředí. Odborné studie uvádí, že při použití bezvýkopových technologií bývá spotřeba pohonných hmot až 5x menší než při klasické pokládce otevřeným výkopem.

Kvalita vodovodní infrastruktury se neustále zlepšuje. Vyvíjí se nové technologie i materiály a vlastníci hledají nejvýhodnější řešení pro jejich výstavbu a rekonstrukce. Jedna z možností, která nabízí jak šetrnost vůči životnímu prostředí, tak i velké snížení finančních nákladů (myšleno nejen ve fázi výstavby, resp. rekonstrukce, ale i s ohledem na případné ztráty vody, poruchovost, neplnění požadavků EU) je bezpochyby bezvýkopová technologie.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vypracovat přehledný a srozumitelný odborný podklad pro vlastníky a provozovatele vodárenské infrastruktury, který bude nápomocen při rozhodování ve výběru vhodných materiálů a technologií pokládek potrubních řadů s ohledem na vliv na životní prostředí. Detailně se zaměřuje na využívání bezvýkopových technologií při rekonstrukcích vodovodních sítí, jejich výhodnost jak z pohledu vlivu na životní prostředí, tak i z pohledu vynaložených finančních nákladů.

Pro dosažení jasného a srozumitelného cíle práce uvádí na prvních stránkách základní pojmy týkající se vodní politiky a vodárenství všeobecně. Vysvětluje pojem „trvale udržitelný rozvoj“, zmiňuje privatizaci vodárenství v ČR a její důsledky na provozování vodárenské infrastruktury. Vzhledem k tomu, že práce pracuje s konkrétními daty z libereckého a jabloneckého regionu, představuje i Vodárenskou soustavu Liberec – Jablonec nad Nisou včetně jejího plánovaného rozšiřování a modernizace pro následující období.

Zpřehledňuje používané potrubní materiály, jejich výhody a nevýhody a možnosti využití pro bezvýkopové technologie. Podstatným bodem této části jsou pojmy životnost, poruchovost, ztráty vody, obnova sítě. Zmiňuje příčiny poruchovosti v návaznosti na stáří vedení a finanční možnosti vlastníka infrastruktury. Vypracuje přehlednou metodiku postupu při navrhování rekonstrukcí v návaznosti na počty poruch, významnosti řadu a dalších aspektů. Následně vytvoří přehled dostupných bezvýkopových technologií, zváží jejich výhody, nevýhody a případná rizika a vypracuje podrobné technologické postupy jednotlivých technologií.

Nezanedbatelnou část práce tvoří zhodnocení těchto metod s ohledem na vliv na životní prostředí se zaměřením na vypouštění škodlivých emisí do ovzduší v důsledku provádění stavebních prací. Představuje speciální software vyvinutý na Arizonské univerzitě sloužící pro výpočet vzdušných emisí tzv. kalkulátor e-CALC, který není zatím v naší republice běžně využíván. Na konkrétním případě ukazuje snadnou a rychlou manipulaci a efektivnost použití. Cílem práce je dokázat jeho jednoduché a časově nenáročné používání a zároveň klade důraz na efektivnost výstupových dat, která mohou sloužit jako nástroj při jednáních vlastníka

infrastruktury se státními orgány při zajišťování finančních prostředků pro jednotlivé projekty.

Práce v neposlední řadě zhodnocuje výběr zvoleného způsobu provedení rekonstrukce vodovodního přivaděče Krásná – Desná a vodovodního přivaděče Liberec – Vesec. Posuzuje výhodnost výběru dané technologie, vliv stavby na životní prostředí (jeden z přivaděčů prochází významným biotopem) a zároveň i to, zda došlo k naplnění důvodu rekonstrukce. V případě přivaděče Krásná – Desná se jednalo o dodatečnou vnitřní úpravu a tím splnění podmínek legislativy EU. V druhém případě se jednalo o znovu zprovoznění několik let nefunkční části přivaděče a tím umožnění zásobování významného počtu libereckých obyvatel pitnou vodou. Pomocí shrnutí všech procesů realizace (od rozhodování po předání díla provozovateli) vypracuje podklad, který může být nápomocen při hledání řešení v obdobných případech.

3. METODIKA

Vzhledem k tomu, že cílem práce je vypracovat přehledný a srozumitelný podklad pro vlastníky a provozovatele vodárenské infrastruktury, bylo nutné před zahájením soustředit co nejvíce informací o dané problematice. Díky své víc jak desetileté praxi ve vodárenském oboru jsem mohla hodně čerpat z vlastních zkušeností a znalostí, které jsem doplnila prostudováním odborné literatury a úzkou spoluprací s odborníky z řad provozovatelů vodárenské infrastruktury, specializovaných stavebních firem, výrobců vodárenského materiálu a zástupců společností pro bezvýkopové technologie. Zároveň již několik let pravidelně navštěvuji odborné konference týkající se vodárenské problematiky. Před samotným zahájením mé práce jsem podnikla průzkum trhu a na základě osobních jednání a zjišťování názorů na dané téma jsem hledala způsob zpracování mé diplomové práce a to především z pohledu jejího využití.

Nejprve jsem nahromadila data od provozovatelů vodovodní infrastruktury týkající se poruchovosti sítě, jakým způsobem monitorují havárie, jak je zaznamenávají a vyhodnocují. Na základě těchto informací jsem vypracovala postup při navrhování rekonstrukcí a obnově vodovodních sítí. Dále pak jsem soustředila používané materiály pro vodovodní sítě a vytvořila přehled jejich technických parametrů se zaměřením na výhody a nevýhody. Tyto údaje jsou důležité pro zvolení vhodného materiálu s ohledem na životnost a bezporuchové provozování, ať už se jedná o výstavbu nového vodovodu či rekonstrukci původního řadu. Pro tyto údaje jsem oslovila a spolupracovala s konkrétními výrobci daného materiálu. Následně jsem se věnovala samotným bezvýkopovým technologiím. Prvně jsem musela zmonitorovat používané technologie, zhotovit srozumitelné dělení pro účely mé práce a následně vypracovat podrobné technologické postupy jednotlivých technologií. Pro závěrečnou část práce, konkrétní případy rekonstrukce vodovodních přívaděčů, jsem musela nashromáždit veškerá data z celého průběhu stavby včetně informací před zahájením samotné rekonstrukce. Oslovila jsem projekční kancelář, která se podílela na hledání řešení a zároveň tvořila projektovou dokumentaci – projekce Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., od kterých jsem získala základní údaje o těchto projektech – v jakém prostředí se vodovodní řad nachází, jeho

technické parametry (např. průměr stávajícího potrubí a typ materiálu, provozní tlak, délka rekonstruovaného úseku, počet objektů na trase, potřebná kapacita potrubí). Současně jsem komunikovala s provozovatelem za účelem kompletace základních údajů. Od zhotovitelských firem jsem si vyžádala veškerá data o provádění konkrétní bezvýkopové technologie včetně časových a finančních údajů. Pro posouzení vlivu na životní prostředí jsem shromáždila data nutné pro výpočty spotřeby pohonných hmot potřebných stavebních strojů a vybavení. Zároveň jsem výhodnost výběru technologie posuzovala z ekonomického pohledu a pro tento výstup jsem musela soustředit podklady z rozpočtů a konečné fakturace za provedené dílo. Pro použití kalkulátoru e-CALC pro výpočet vzdušných emisí jsem musela nashromáždit podrobné technické údaje o využitých stavebních strojích a ostatním vybavení. Tyto údaje jsem zanesla do kalkulátoru a výstupem jsou tabulky a grafy s hodnotami vypuštěných vzdušných emisí a grafy, které tyto emise porovnávají.

4. VODÁRENSTVÍ

4.1 Vodní politika v České republice a Evropské unii

Vodní politika, potažmo zásobování obyvatelstva kvalitní pitnou vodou je součástí globální politiky životního prostředí každého státu. Vývoj této politiky je ovlivněn řadou faktorů, do kterých patří zejména geografická poloha státu, plošné rozložení obyvatelstva či úroveň průmyslových odvětví. Česká republika disponuje vodními zdroji získanými především z dešťových srážek akumulovaných vod ve vyšších nadmořských výškách. Rozvoj oboru vodovodů si udržuje vysoký standard již od poválečných let. V roce 2005 bylo 91,6 % obyvatel České republiky zásobeno vodou z veřejného vodovodu. Zároveň v tomto roce ukazatelé udávají posun ve výrobě pitné vody z podzemních zdrojů oproti povrchovým a to téměř na 48 %. Tento trend je příznivý a prosazuje ho také Rámcová směrnice Evropské unie pro vodní politiku. Česká republika má výhodu v tom, že více než 65 % podzemních vod je v tzv. hlubokých zvodních, které vykazují slušnou jakost, vyšší vyrovnanost a menší zranitelnost. Naše úpravárenské procesy výrazně ovlivnila skutečnost, že postupně opouštíme přímé odběry surové vody z toků. V důsledku znepokojení členských států Evropské unie v oblasti péče o vodní zdroje a způsoby ochrany vod vznikla v roce 2000 Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000 tvoří stanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (tzv. Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie). Stala se dokumentem, který dlouhodobě plánuje činnosti ve vodohospodářské oblasti a v navazujících oborech. (Novák, [eds], 2005)

4.1.1 Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie

Vodní hospodářství bylo začleněno do politiky životního prostředí v roce 1995 Evropskou komisí. Výše zmíněná Rámcová směrnice navazuje na dříve vydané směrnice a stala se významným právním nástrojem pro členské státy Evropské unie ve vodním hospodářství.

Všeobecné cíle a stanoviska popisuje především úvod a článek první Rámcové směrnice:

- voda není komerčním produktem jako ostatní výrobky, ale spíše dědictvím, které musíme chránit, střežit a nakládat s ním jako takovým,
- oblast činnosti zaměřenou na ochranu vod je třeba rozšířit na všechny formy přirozeně se vyskytujících vodních útvarů včetně podzemních a povrchových vod,
- zabránit dalšímu zhoršování, chránit a zlepšovat stav vodních ekosystémů včetně suchozemských ekosystémů a mokřadů,
- podpořit trvale udržitelné využívání vod založené na dlouhodobé ochraně dosažitelných vodních zdrojů,
- cíleně snížit znečišťování podzemních a povrchových vod a zabránit jejich dalšímu znečišťování,
- respektovat rozdílné podmínky a potřeby, které vyžadují různá specifická opatření a dávat přednost působnosti členských států prostřednictvím programů a opatření přizpůsobených regionálním a místním potřebám,
- považovat zásobování vodou za službu v obecném zájmu,
- respektovat zásadu, že dobrá jakost vody přispívá k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou,
- zastavit anebo postupně odstranit znečišťování vypouštěním, emisemi nebo úniky zvláště nebezpečných látek,
- přispět ke zmírnění účinků povodí a sucha, podniknout opatření k dosažení dobrého stavu vodních útvarů dle časového plánu.

V době schválení výše uvedené směrnice platily již směrnice EHS a ES vydané před rokem 2000. V případě řešení problematiky vodárenství, vodárenských technologií a provozování úpraven vod se často odkazují na tyto dosud platné směrnice ES (dříve EHS):

1. Směrnice Rady z 16. června 1975 o požadované jakosti povrchové vody určené pro odběr pitné vody v členských státech 75/440/EHS vymezuje základní kvalitativní požadavky na povrchovou vodu a dělí povrchové vody do tří kategorií odpovídajících příslušným standardním metodám.

2. Směrnice Rady z 9. října 1979 o metodách měření, četnosti odběrů a rozborů povrchových vod určených k odběrům pitné vody v členských státech 79/869/EHS navazuje na směrnici 75/440/EHS a vysvětluje pojmy „referenční metodu měření“, „mez stanovení“, „správnost“ a „přednost“ a některá její ustanovení doplňuje a upravuje.
3. Směrnice Rady z 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu 98/83/ES, která nahradila překonanou Směrnicí Rady 80/778/EHS. Hlavním smyslem přijetí byl především technický pokrok a nutnost stanovení širšího rámce pro spolupráci se zdravotnickými orgány (např. nezbytnost určit základní normy jakosti, které musí voda určená pro lidskou spotřebu splňovat). (Chave, 2000)

4.2 Trvale udržitelný rozvoj

Motto:

„Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si vypůjčujeme od našich dětí.“

(Antoine de Saint-Exupéry; Malý princ; 1943)

V současné době je snahou, v souvislosti s postupující urbanizací území, zachovat podmínky trvale udržitelného stavu a možného dalšího vývoje území, což směřuje k hledání kompromisu mezi požadovaným komfortem lidského jedince a jeho aktivit a přijatelným životním prostředím. Onen kompromis je s největší pravděpodobností dosažitelný respektováním poznání, že dobře technicky zabezpečené území (s dobrou technickou obsluhou, území s úměrným technickým vybavením) je schopné si zachovat příznivé životní podmínky (i přírodní prvky) pro obyvatele sídel (měst a obcí) a současně je schopné vyloučit či alespoň minimalizovat negativní ekologické dopady, zejména v extravilánech (regionu, krajině). (Šrytr, [eds], 1998)

Pro výraz „trvale udržitelný rozvoj“ je na mezinárodní úrovni uváděno mnoho definic. Podle velké většiny odborníků ho nejlépe vystihuje definice norské fyzičky a političky Gro Harlem Brundtland, předsedkyně WCED, kterou uvedla ve Zprávě pro Světovou komisi OSN pro životní prostředí a rozvoj (World Commission on Environmental and Development – WCED) nazvané Naše společná budoucnost (Our Common Future, 1987).

„Trvale udržitelný rozvoj je takový, který naplňuje potřeby stávajících generací, aniž by ohrozil možnosti generací budoucích uspokojovat jejich vlastní potřeby.“

Pro srovnání uvádím definici podle Zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí:

„Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“

Vlastní potřeba je myšlena základní potřeba – dostatečné množství jídla, pitné vody, odpovídající přístřeší, základní úroveň lékařských a vzdělávacích služeb a kvalitní životní prostředí.

Mluvíme-li o „vlastních potřebách“, jsou uvažovány základní potřeby těch nejchudších obyvatel Země, a to proto, aby nedošlo k záměrnému zkreslení výrazu „vlastní potřeba“ a následně k naplňování potřeb pouze určité části populace (myšleno např. v ekonomicky rozvinutých zemích). V tomto případě by chudší část populace byla v nevýhodě (např. přímořské rozvojové státy by se podstatně hůře vyrovnávaly se stoupáním hladiny oceánů než vyspělé země).

V průběhu posledních 50 let změnilo lidstvo ekosystémy mnohem rychleji a ve výrazně větší míře než v jakémkoli období v lidské historii. Lidská činnost vyčerpává přírodní kapitál Země. Důvodem je především uspokojení rostoucí poptávky po potravinách, pitné vodě, dřevu, ropě a dalších surovinách. Tento fakt s sebou nese podstatné poškození životního prostředí a do značné míry nezvratnou ztrátu biodiverzity Země. Změny ekosystému, ke kterým došlo a dochází, přispěly na jedné straně k nárůstu lidského blahobytu a ekonomického rozvoje, ale na druhé straně docházelo a stále dochází k degradaci mnoha služeb ekosystémů a ke zhoršení podmínek pro život určitých skupin lidí. Zároveň tento aspekt významně snižuje možnosti využívání služeb ekosystémů pro další generace. Úkolem celého světa by mělo být zvrátit degradaci ekosystémů. Vhodným nástrojem by bylo zavádění významných změn v oblasti politiky ochrany životního prostředí za plnění rostoucích požadavků společnosti. (Millennium Ecosystem Assessment, 2012)

Základní principy udržitelného rozvoje

1. Propojení základních oblastí života – ekonomické, sociální a životního prostředí; řešení zohledňující pouze jednu nebo dvě z nich není dlouhodobě efektivní.
2. Dlouhodobá perspektiva – každé rozhodnutí je třeba zvažovat z hlediska dlouhodobých dopadů, je třeba strategicky plánovat.
3. Kapacita životního prostředí je omezená – nejenom jako zdroje surovin, látek a funkcí potřebných k životu, ale také jako prostoru pro odpady a znečištění všeho druhu.
4. Předběžná opatrnost – důsledky některých našich činností nejsou vždy známé, neboť naše poznání zákonitostí fungujících v životním prostředí je stále ještě na nízkém stupni, a proto je na místě být opatrní.
5. Prevence – je mnohem efektivnější než následné řešení dopadů; na řešení problémů, které již vzniknou, musí být vynakládáno mnohem větší množství zdrojů (časových, finančních i lidských).
6. Kvalita života – má rozměr nejen materiální, ale také společenský, etický, estetický, duchovní, kulturní a další, lidé mají přirozené právo na kvalitní život.
7. Sociální spravedlnost – příležitostí i zodpovědnosti by měly být děleny mezi země, regiony i mezi rozdílné sociální skupiny. Chudoba je ohrožující faktor udržitelného rozvoje; proto je až do jejího odstranění naše odpovědnost společná, ale diferencovaná. Sociálnímu pilíři udržitelného rozvoje se přikládá stále větší význam a udržitelný rozvoj je čím dál častěji chápán jako „Trvalé zlepšování sociálních podmínek v rámci ekologické únosnosti Země“. Ekonomika v tomto výkladu hraje roli nástroje k dosažení zlepšení sociálních podmínek.
8. Zohlednění vztahu lokální – globální – činnosti na místní úrovni ovlivňují problémy na globální úrovni – vytvářejí je nebo se mohou je pomoci řešit /a naopak/.
9. Vnitrogenerační a mezigenerační odpovědnost (či rovnosti práv), tj. zabezpečení národnostní, rasové i jiné rovnosti, respektování práv všech

současných i budoucích generací na zdravé životní prostředí a sociální spravedlnost; mluvíme o morální povinnosti k budoucím generacím – zajišťujeme jim možnost života ve zdravém prostředí? Nebudou muset spíše řešit problémy, které dnes my vytváříme a nad kterými přivíráme oči?

10. Demokratické procesy – zapojením veřejnosti již od počáteční fáze plánování vytváříme nejen objektivnější plány, ale také obecnou podporu pro jejich realizaci. (Cenia, 2012)

V roce 2001 započal projekt „Hodnocení ekosystémů na přelomu tisíciletí“ (Millenium Ecosystem Assessment – MA), jehož cílem bylo zhodnocení důsledků změn ekosystémů pro lidský blahobyt a vědecký základ pro zlepšení ochrany a udržitelné využívání těchto systémů a jejich příspěvek k blahu lidstva. Na projektu se podílelo více než 1360 odborníků z celého světa a byl ukončen v roce 2005. Výsledkem bylo vědecké zhodnocení stavu a trendů v oblasti světových ekosystémů a služeb a možnosti obnovení, zachování nebo zlepšení udržitelného využívání ekosystémů. Jednalo se především o oblasti, které poskytují pitnou vodu, potraviny, lesní produkty, přírodní zdroje a oblasti ohrožené povodněmi. Projekt zaštil generální tajemník OSN Kofi Annan a vycházel ze základních smluv o ochraně přírody (Úmluva o biologické biodiverzitě, Úmluva o boji proti desertifikaci, Úmluva o mokřadech, Úmluva o ochraně stěhovavých ptáků atd.). Projekt se pokusil na základě dosavadních poznatků o změnách ekosystémů a jejich dopadech na životní prostředí modelovat možný vývoj v následujícím tisíciletí. Většina studií a názorů předpokládá pokles životní úrovně spojený s vyčerpáním zdrojů a znečištěním životního prostředí v první polovině 21. století a následně pak v druhé polovině zlepšování díky zavádění opatření na ochranu životního prostředí. (Millennium Ecosystem Assessment, 2012)

4.3 Vodárenství v ČR

Na začátku 90. let proběhla v České republice privatizace vodárenského sektoru. De facto byl bezplatně převeden veškerý majetek na města a obce, čímž došlo k zneprůhlednění vlastnických práv. Následně pak města a obce uzavíraly nepříliš výhodné provozovatelské smlouvy. Vzhledem k tomu, že tyto smlouvy jsou dlouhodobého charakteru (15–25 let) dochází k téměř monopolnímu postavení

na trhu, což může ovlivňovat cenu vody. Dlouhodobé smlouvy jsou dnes i překážkou pro získávání dotací z evropských fondů, a tím se nedostává ve vodárenství dostatečných prostředků na obnovu a rozvoj.

Důsledky privatizace:

- ztráta dosavadních zdrojů financování rozvoje infrastruktury, tj. výnosů a zisků dosahovaných při prodeji vody,
- ztráta přímé kontroly a rozhodování ve všech zásadních věcech týkajících se prodeje vody a často i výrazně vyšší růst cen vodného a stočného oproti vodárnám, jež zůstaly ve vlastnictví obcí,
- ztráta nároku na dotace od státu a EU pro vodárnu a tím nutnost financovat investice z rozpočtů obcí či svazků obcí,
- ztráta schopnosti samostatně rozhodovat o rozvoji vodárenské infrastruktury v regionu, včetně rozhodování o prioritách výstavby vodárenské infrastruktury v průmyslových zónách. (Transparency International, 2009)

4.3.1 Plán rozvoje vodovodů a kanalizací v ČR

Strategickým cílem oboru vodovodů a kanalizací je zabezpečení bezproblémového zásobování obyvatel a dalších odběratelů nezávadnou a kvalitní pitnou vodou a efektivní likvidace odpadních vod bez negativních dopadů na životní prostředí za sociálně únosné ceny. V letech 1990–2002 došlo k nárůstu zásobovaných obyvatel z 83,2 % na téměř 90 % a zároveň vzrostla délka vodovodních sítí o 27 %.

Se změnou majetkové struktury a financování vodárenství dochází i ke změně v legislativě, a tím i v plánování rozvoje a obnovy vodárenské infrastruktury. Na přelomu 20. a 21. století došlo ke schválení koncepce (zpracovaná podle § 29 odst. 1 písmeno c) zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích) Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací na území České republiky (PRVKÚ ČR) a následně k přijetí a platnosti tohoto plánu na období 2007–2015. Tento dokument vychází z Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací jednotlivých krajů a nahrazuje Programy rozvoje vodovodů a kanalizací územního celku (okresu).

PRVKÚ ČR slouží jako základ pro využití fondů Evropského společenství a národních finančních zdrojů pro výstavbu a obnovu infrastruktury vodovodů

a kanalizací. Cena vody představuje souhrn všech finančních nákladů na výrobu a dodávku pitné vody ke spotřebiteli, údržbu a rehabilitaci celého systému dopravy vody. Vzhledem k tomu, že v době socialismu byla cena vody uměle držena na nízké hladině, docházelo tak k nehospodárnému užívání popř. k přetěžování zdrojů. Se zavedením vodného a stočného v 90. letech došlo ke snížení spotřeby vody, což přináší řadu výhod i nevýhod. (PRVKÚ ČR, 2007)

Tab. č. 1: Vybrané ukazatele vývoje zásobování vodou z veřejných vodovodů: (PRVKÚ ČR)

	1990	2002
Voda vyrobená	1256 mil. m ³ /rok	753 mil. m ³ /rok
Voda fakturovaná	936 mil. m ³ /rok	545 mil. m ³ /rok
Specifická potřeba vody vyrobené	401 l/os./den	225 l/os./den
Specifická potřeba vody fakturované	298 l/os./den	163 l/os./den
Specifická potřeba vody fakturované pro domácnosti	174 l/os./den	103 l/os./den
Cena vodného	2,28 Kč/m ³	19,50 Kč/m ³

Vybrané hlavní cíle podle Koncepce vodohospodářské politiky MZe po vstupu do EU na období 2004-2010, týkající se zabezpečení zásobování pitnou vodou, odkanalizování a čištění odpadních vod.

1. Zabezpečovat rozvoj vodohospodářské infrastruktury vodovodů, kanalizací a čistíren odpadních vod a jejího kvalitního provozování v souladu s požadavky právních předpisů Evropských společenství. Tento cíl přitom zahrnuje níže uvedené cíle:
 - a. zvýšit počet obyvatel připojených na vodovody pro veřejnou potřebu v souladu se závazkem České republiky podle Protokolu o vodě a zdraví,
 - b. dosáhnout stavu, aby surová voda splňovala požadavky na její jakost v souladu s vyhláškou č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích, ve znění pozdějších předpisů, aby navazující úprava na vodu pitnou nepředstavovala vnášení dalších biologicky aktivních kontaminantů,
 - c. urychlit obnovu poruchových a zastaralých vodárenských sítí a snížit tak jednak počty havárií a související negativní důsledky, zejména na infrastrukturu měst, tak i ztráty vody, které stále překračují úroveň nejvyspělejších států EU. Urychlit obnovu poruchových, zastaralých a kvalitu pitné vody negativně ovlivňujících vodárenských zdrojů prioritně tam, kde došlo k negativnímu ovlivnění zdraví,
 - d. v rozvodných sítích dosáhnout v České republice ztráty pitné vody pod úroveň 5 000 l/km/den, dlouhodobě pak na úroveň nejvyspělejších států Evropské unie,
 - e. dlouhodobě zajistit přístup obyvatel ke kvalitním zdrojům pitné vody zejména připojením na vodárenský systém a tam, kde to je z technických a ekonomických důvodů nereálné, nahradit či sanovat nevyhovující individuální zdroje pitné vody,
 - f. zabezpečit výstavbu chybějící vodohospodářské infrastruktury (zejména čistíren odpadních vod a kanalizačních systémů) a zlepšit technologii čištění odpadních vod v aglomeracích o velikosti nad 2 000 ekvivalentních obyvatel za účelem splnění požadavků směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod do konce roku 2010,

- g. zabezpečit potřebná opatření na kanalizačních systémech včetně výstavby a obnovy čistíren odpadních vod v obcích o velikosti pod 2 000 ekvivalentních obyvatel, kde již existuje zkolaudovaná a funkční kanalizace pro veřejnou potřebu, ke splnění požadavků směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod do konce roku 2010.
2. Zefektivnit činnost státní správy a průběžně zkvalitňovat příslušné právní předpisy.
3. Vytvářet a podporovat příslušné finanční zdroje na rozvoj a obnovu vodohospodářské infrastruktury vodovodů, kanalizací a čistíren odpadních vod.
4. V působnosti Ministerstva zemědělství regulovat obor vodovodů a kanalizací, to znamená zejména: prosazovat a uplatňovat ochranu spotřebitelů, podporovat hospodářskou soutěž v prostředí přirozeného monopolu tohoto oboru k uspokojování požadavků na dodávku pitné vody, odvádění a čištění odpadních vod včetně nákladů, zajistit dohled nad zpracováním a plněním plánů financování obnovy vodovodů a kanalizací a poskytovat veřejnosti objektivní informace z oboru vodovodů a kanalizací.
5. Zdokonalovat systém zabezpečení vodohospodářských služeb obyvatelstvu za mimořádných okolností (následkem přírodních katastrof nebo krizových situací). (PRVKÚ ČR, 2007)

4.3.2 Vodárenská soustava Liberec – Jablonec nad Nisou

Vlastníkem vodárenské infrastruktury v Libereckém kraji je Severočeská vodárenská společnost a.s., kde jedním z největších akcionářů je město Liberec. V oblasti výstavby na trhu působí od roku 1993 a správy vodohospodářské infrastruktury. Je největší vodárenskou společností v Čechách i v širším středoevropském regionu. Její působnost pokrývá kraj Ústecký a podstatnou část Libereckého kraje; jde o území o celkové rozloze 6.930 km², tedy 9 % plochy státu, kde žije 1,140 milionu obyvatel. Provozováním této vodárenské infrastruktury jsou pověřeny na základě dlouhodobé provozovatelské smlouvy Severočeské vodovody a kanalizace a.s., které jsou druhou největší obdobnou společností v České republice. (SVS, 2012)

Tab. č. 2: Počet obyvatel zásobených pitnou vodou v Libereckém kraji; vychází z podkladů provozovatele a vlastníka vodovodní sítě (SČVK a.s.)

Velikost obce	2002 (%)	2015 (%)
Do 150 obyvatel	80,3	85,0
150–200 obyvatel	85,0	93,0
500–2000 obyvatel	89,7	96,0
Nad 2000 obyvatel	92,7	100,0

Hlavní zdroje Vodárenské soustavy Liberec – Jablonec nad Nisou:

- Úpravna vody Bedřichov (zdroj vody vodárenská nádrž Josefův Důl),
- Úpravna vody Souš (zdroj vody vodárenská nádrž Souš),
- Úpravna vody a prameniště Dolánky,
- podzemní zdroje v Liberci.

Systém zásobení této části Libereckého kraje pitnou vodou má čtyři hlavní směry:

- systém z úpravny vody Souš vede do Tanvaldu, Jablonce nad Nisou s propojením do vodojemu Jeřmanice, kde se napojuje na větev vedoucí z úpravny vody Dolánky,
- systém z úpravny vody Bílá Desná vede přes vodojem Špičák starý do vodojemu Pod Horkou nový,
- systém z prameniště Dolánky vede do vodojemu Jeřmanice, dále do Liberce do vodojemu Orion, kde se setkává s větví přivádějící vodu z úpravny vody Bedřichov a odtud dále přes Strátné nad Nisou do vodojemu Hrádek,
- systém z úpravny vody Bedřichov do Liberce přes vodojemy Orion a Jizerský.

Hlavní distribuční systémy Vodárenské soustavy jsou:

- systém z ÚV Souš (bývalý okres Jablonec),
- systém z ÚV Desná (bývalý okres Jablonec nad Nisou),
- systém z ÚV Bedřichov (bývalý okres Liberec),
- systém z prameniště Dolánky (bývalý okres Liberec).

Tyto systémy jsou v některých objektech vodovodu propojeny, například ve vodojemu Špičák systém z úpravny vody Souš a z úpravny vody Desná a ve vodojemu Orion systém z úpravny vody Bedřichov a úpravny vody Dolánky. Obě města jsou propojena propojovacím řadem DN 450/500 mm z vodojemu Oblouková, Jablonec nad Nisou do vodojemu Jeřmanice, Liberec. Tento propojovací řad je možné v případě potřeby využívat oběma směry. (SČVK, 2012)

4.3.3 Rozšiřování a modernizace vodárenské soustavy Liberec – Jablonec nad Nisou

K nejvýznamnějším stavbám v posledních letech bezesporu patří například výstavba nového vodovodního přivaděče Harrachov – Souš, který navazoval na kompletní rekonstrukci Úpravny vody Souš. Důvodem výstavby přivaděče byla špatná kvalita vody v Harrachově. V roce 2003 nechala majetková společnost SVS a.s. zpracovat odborné studie, které se zabývaly zásobením Harrachova pitnou vodou.

Posuzovány byly dvě základní varianty:

1. rekonstrukce úpravny vody Harrachov včetně rozšíření zdrojové části,
2. přivedení pitné vody z jiných zdrojů.

Z provedených studií vyplynulo, že ekonomičtější bude výstavba nového výtlačného řadu DN 250 mm o délce 12,57 km z úpravny vody Souš a původní harrachovská úpravna bude zrušena. Stavba byla zahájena v roce 2008 a dokončena v roce 2010. Trasa částečně vedla Chráněnou krajinnou oblastí Jizerské hory a dotýkala se i Krkonošského národního parku, a proto byla pro pokládku potrubí v téměř dvou třetinách délky navržena bezvýkopová technologie. Protože se jednalo o výstavbu v nové trase, byla zvolena technologie Horizontální vrtání s výplachem. Tato technologie spočívá v několika technologických krocích:

- připravit startovací a cílové jámy,
- vytyčení trasy,
- příprava svařence nového potrubí,
- vyvrtání pilotního vrtu,
- zatažení konkrétního úseku.

Díky této technologii došlo k minimálnímu narušení ploch (travnaté a lesní porosty) a zároveň k výraznému snížení škodlivých imisí do životního prostředí (minimální práce zemních strojů, omezení dopravy obsypových materiálů a odvozu vykopaného materiálu).

Z plánovaných akcí, které jsou řešeny Plánem rozvoje vodovodů a kanalizací Libereckého kraje jsou vybrány následující:

- rekonstrukce úpravny vody Bedřichov,
- posílení dopravy vody z liberecké části Oblastního vodovodu,
- zrušení úpravny vody Bílá Desná a nahrazení dodávkami pitné vody ze systému Oblastního vodovodu,
- doplnění dopravního systému včetně v dlouhodobé perspektivě uvažovaného propojení úpravny vody Bedřichov na jabloneckou část systému.

Tab. č. 3: Bilance potřeby vody ve vodárenské soustavě Liberec – Jablonec nad Nisou (SČVK a.s.)

	2002		2010		2015	
	Qp	Qd	Qp	Qd	Qp	Qd
	l/s					
Zdroje pitné vody celkem	937,5	1 367,5	907,5	1 247,5	890,3	1 230,3
ÚV Souš	150,0	280,0	150,0	190,0	150,0	190,0
prameniště Dolánky	220,0	220,0	220,0	220,0	220,0	220,0
vrtu Libíč	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0	145,0
ÚV Bedřichov	200,0	500,0	200,0	500,0	200,0	500,0

Potřeba vody celkem	673,3	813,3	634,1	815,9	650,4	839,0
Liberec	324,2	405,3	316,7	395,9	314,5	393,2
Jablonec nad Nisou	116,5	145,6	121,6	152,0	126,6	158,3
Český Dub	9,8	12,8	9,6	12,5	8,3	10,8
Hodkovice nad Mohelkou	8,1	10,5	6,9	9,0	7,2	9,4
Hrádek nad Nisou	13,9	18,1	13,1	17,1	13,0	16,9
Chrastava	29,1	37,8	10,7	13,9	11,0	14,3
Smržovka	8,4	11,0	8,3	10,8	9,3	12,1
Tanvald	17,6	22,9	15,1	19,7	15,5	20,2
Železný Brod	13,1	17,0	12,4	16,2	11,8	15,3
Přebytek / deficit	300,2	549,2	273,4	431,6	239,9	391,3
Využití zdrojů	68,0 %	59,8 %	69,9 %	65,4 %	73,1 %	68,2 %

V tabulce je uvedena využitelnost zdrojů ve vodárenské soustavě Liberec – Jablonec nad Nisou. V přehledu potřeby vody jsou uvedeny obce s počtem zásobených obyvatel větším než 2000. K roku 2002 jsou stávající zdroje využívány zhruba z 65 %. K roku 2015 předpokládáme mírný nárůst potřeby vody oproti roku 2002. Nárůst potřeby vody předpokládáme zejména v Liberci a Jablonci nad Nisou v závislosti na zvyšujícím se počtu obyvatel. (SČVK, 2012)

4.3.4 Historie Vodárenské soustavy Liberec – Jablonec nad Nisou

Nejstarší zpráva o zásobení vodou přitékající dřevěným potrubím do vybudované nádrže na náměstí města Liberce pochází z roku 1566. Následně pak, v roce 1587, zámecký hejtman, pan Ulrich z Rosenfeldu nechal vybudovat nový přivaděč vody z Vysokého vrchu pro zámek a střed města. Tento vodovod se stal hlavním zdrojem vody. V roce 1822 mělo město více než 20 městských kašen a přesto se začal projevovat nedostatek čisté vody. Po tyfové epidemii v roce 1866 radní komise projednala několik variant zásobení Liberce pitnou vodou. Jednou z variant byl návrh Ing. Thylla získat vodu vybudováním údolní nádrže na Jizerském potoce. Prameny

z okolí Machnína se svedly přes čerpací stanici do vodojemu na Králově háji a 21. prosince 1902 se slavnostně uvedl městský vodovod do provozu. K prvotnímu systému se dále připojovaly další prameny, a tím se rozšiřovala městská vodovodní síť. K výraznému rozšíření došlo v letech 1932–1937. V 60. letech se zahájila výstavba největší vodárenské aglomerace v regionu „Oblastní vodovod Liberec – Jablonec nad Nisou“ a návazně se začalo s budováním vodojemu v Jablonci nad Nisou a též úpravnou vody Tanvald – Bílá Desná s dalšími vodojemy a také vodovod s úpravnou v Libverdě. V letech 1969–1974 se postavil vodovod a úpravná vody Souš, která zásobuje vodojemy v Jablonci nad Nisou, Tanvaldě, Desné, Smržovce, Lučanech nad Nisou a v dalších okolních obcích na Jablonecku i Liberecku. Se zvyšováním spotřeby a potřeby pitné vody v roce 1976 začala stavba přehrady Josefův důl na řece Kamenici v Jizerských horách. Z této přehrady je surová voda vedena ocelovým přivaděčem DN 800 mm do úpravný vody v Bedřichově a následně pak upravená voda do 4 vodojemů v Liberci. (Jásek, [eds], 2000)

5. MATERIÁLY VODOVODNÍCH SÍTÍ A PŘÍČINY PORUCH

Výstavba vodovodů byla zahájena kolem roku 1300. Pro vedení vody se používalo dřevěné potrubí, resp. provrtané dubové kmeny. I v dnešní době lze v zemi při výkopových pracích nalézt pozůstatky z těchto dob. Například v roce 2005 došlo v Plzni k nálezu dřevěného potrubí. Koncem 19. století se začalo používat potrubí z šedé litiny a v první polovině 20. století k tomu přibýlo potrubí ocelové a azbestocementové. V 80. letech se začalo hojně pro výstavbu vodovodních řadů používat plastové potrubí – PVC, lineární a rozvětvené polyetylen a také sklolaminát. Potrubní spoje u litinového potrubí se utěšňovaly konopnými provazy a zalévaly olovem, ocelové potrubí se svařovalo nebo spojovalo podobným způsobem jako litinové. Dnes potrubí ocelové vytlačila téměř tvárná litina, která je opatřena hrdly ke spojování. Vývoj pokročil dopředu i u plastového potrubí, PVC bývá nahrazeno polyetylenový a v posledních pěti letech se velmi často objevuje speciální polyetylenové, tzv. vícevrstvé potrubí pro moderní způsoby pokládek. Jedná se ve většině případů o potrubí ze speciálního polyetylenu Resistance to Crack, které pro navýšení odolnosti proti mechanickému poškození může být opatřeno ochranným pláštěm.

V České republice vodárenství a především výstavba infrastruktury zažila velký rozvoj v 50.–70. letech, kdy poptávka po pitné vodě vrostla a začala výstavba veřejných vodovodů. Bohužel se v této době důraz kladl především na kvantitu na místo kvality, a tak máme velké množství vodovodních řadů v havarijním stavu. Zároveň kvalita dodávaných materiálů nebyla vždy na vysoké úrovni, což se projevuje poruchovostí vodovodních vedení. V dnešní době každý provozovatel monitoruje poruchovost sítí a zároveň ztrátovost vody. Na základě vyhodnocení nasbíraných dat připravuje požadavky k investorovi (vlastník infrastruktury, majetková společnost) na uvolnění financí pro opravy a rekonstrukce.

5.1 Životnost potrubí

Máme-li určit životnost potrubí, je nutné posoudit více aspektů. Prvním hlediskem je bezesporu použitý materiál, ale velmi důležité je přihlídnout k samotnému průběhu výstavby. Z minulosti známe mnoho případů, kdy vodovodní potrubí bylo pokládáno

tzv. v akci „Z“ a výstavbu prováděli neodborné firmy. Vodovody se stavěly svépomocí a nejdůležitějším hlediskem byl termín uvedení do provozu a množství položených kilometrů. Díky tomu se výrazně snižovala ovalita a následně životnost takto položeného vodovodního řadu. I v dnešní době můžeme být často svědky, že při výstavbě není dostán technologický postup, ať už se jedná o způsob pokládky, dodržení předepsané velikosti obsypového a zásypového materiálu nebo splnění všech podmínek pro dosažení kvalitního spojení potrubí.

Dělení životnosti:

- ekonomická - vyjádřená odpisovým procentem,
- fyzická – ztrácí-li vodovodní řad svou funkčnost a spolehlivost (nezabezpečuje požadované množství vody, tlaku vody, vodotěsnost a pevnost).

Tab. č. 4.: Životnost trubních materiálů

Druh trubního materiálu	Horní a dolní hranice životnosti /v letech/
Azbestocementové potrubí	20–30
Ocelové potrubí	25–40
Plastové potrubí (PVC, PE, sklolaminát)	40–60 <i>(nejnovější studie uvádějí u kvalitních potrubí z HD-PE až 100letou životnost)</i>
Litínové potrubí	90-100

Výše uvedené hodnoty jsou založeny především na zkušenostech z praxe a informacích, které poskytují jednotliví výrobci trubního materiálu. U materiálů

s nejvyšší životností lze často počítat i s vysokými investičními náklady na pořízení. Pro nejvyšší efekt je třeba zvážit důležitost a významnost konkrétního řadu a následně pak vybrat vhodný materiál. (Esterková, Vránek, 2010)

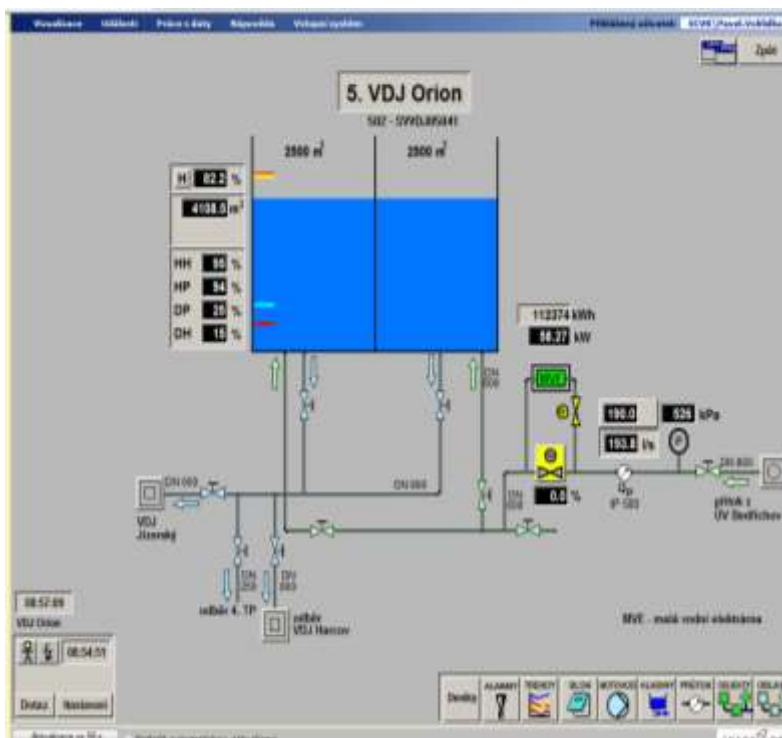
5.2 Poruchovost sítí

Poruchovost řadů je především ovlivněna jejich stavem a stářím. Velký vliv na životnost řadů má jejich výstavba a použité materiály. Výrazné problémy se objevují tam, kde došlo k použití neověřeného materiálu či technologie, které byly v době zavádění na trh považovány za špičku. Dalším z důvodů, proč roste poruchovost a zkracuje se životnost, je nedodržení technologických postupů výstavby. Příkladem může být masivní výstavba vodovodních řadů v 80. letech za použití nově vyvinutých nízkohustotních polyetylenů (LD PE). Zde se sešel ne příliš kvalitní materiál, nedostatečné vybavení pro spojování potrubí a špatná technologická kázeň stavebních firem. Výsledkem je vodovodní řad nekvalitní, nefunkční a s minimální životností.

Poruchovost můžeme snížit také správným provozováním, a to především prevencí. Obecně známým faktem je, že prevence je vždy jednodušší a levnější než náprava vzniklých škod. Preventivní údržba by měla být prováděna v předem stanovených intervalech podle předepsaných pravidel. Pravidelné revize a údržba zabrání nepředvídaným situacím, přerušení provozu a ztrátám. Havárie jsou spojené s únikem tlakové vody, způsobují škody na komunikacích, majetku, ostatních inženýrských sítích, v ojedinělých případech mohou ohrozit i lidské životy. Bohužel úplné vyloučení poruchovosti potažmo havárií není reálné, proto by mělo být cílem každého provozovatele udržovat vodovodní síť v co možná nejbezvadnějším stavu a vytvořit si kvalitní a funkční systém monitoringu havárií a jejich odstraňování. Havárie jsou zjištěny obvykle veřejností, ale zjišťovány mohou být i při běžných pracovních náplních zaměstnanců provozu, např. při manipulaci s armaturami. Nedílnou součástí takového funkčního systému je i následný návrh na případné rekonstrukce nejvíce poruchových úseků. (Novák, 2003; Švec, 2010)

5.3 Dělení havárií (poruch)

- Zjevné – tehdy, kdy bezprostředně po havárii dojde k vývěru vody na povrch terénu a identifikace místa úniku je de facto jednoduchá a rychlá.
- Skryté – tehdy, kdy dochází k dlouhodobému úniku vody a její detekce není snadná:
 - nutno využít speciální technické prostředky pro dohledání,
 - indikátorem je pokles hladiny vodojemu při nočním provozu, který je způsoben vysokým průtokem (vzhledem k minimálním nočním odběrům ze sítě lze identifikovat),
 - distriktní měřidla (provozní vodoměry) instalované na hlavních řadech, kde probíhají kontrolní měření a v součinnosti s množstvím prodané (vyfakturované) vody lze kontrolovat, zda nedochází k nechtěnému úniku vody popř. k černým odběrům.



Obr. č. 1: Graf znázornění hladiny vodojemu Orion (SČVK a.s.)

Pro ohlášení havárií slouží vodárenský dispečink s nepřetržitou službou. Zajišťuje ho provozovatel dané sítě a postup prací je následující:

- přijímat ohlášení havárií,
- zajištění nejnutnějšího prvního zákroku (četa s pohotovostním vozidlem, jejímž úkolem je prošetření rozsahu a typu havárie, lokalizace havárie a uzavření porušeného potrubí, následně zabezpečení místa havárie),
- zajištění pohotovostní čety, která provede samotnou opravu (řídí mistr oprav vodovodní sítě, případně nutno zajistit pracovníka pro vytyčení podzemních vedení),
- zajistit pohotovostní prostředky pro náhradní zásobování vodou,
- zajistit zodpovědné pohotovostní techniky správy a provozu sítě pro další řízení a organizování prací na odstranění havárie.

Úkoly čety pohotovostního vozidla:

- zaznamenání hlášení o havárii do počítačové evidence a následné přenesení do geografického informačního systému (GIS) => jednoznačné informace o stavu vodovodních sítí,
- zajištění prošetření havárie na místě,
- řízení prvního zásahu,
- zjištění závažnosti havárie.

Úkoly pohotovostní čety oprav:

- odstranění havárie,
- obnovení dodávky vody,
- provedení neodkladných prací (např. zajistit bezpečnost chodců, doprava po komunikaci). (Novák, 2003)

Dokumentace havárie:

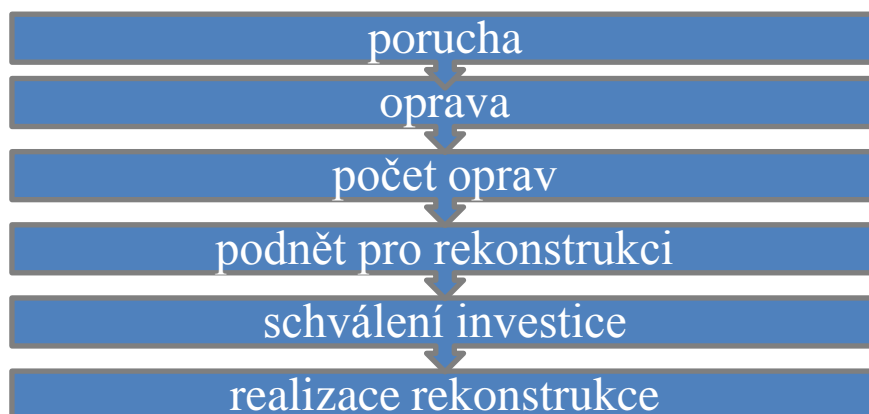
(Je třeba zajistit řádné vedení havárie, k tomu slouží vhodné databáze, do kterých jsou zavedeny podrobné informace o havárii.)

- evidenční číslo hlášení o zákroku,
- organizační jednotka a číslo střediska,
- druh řadu,
- lokalita (ulice, číslo popisné),
- popis závady,

- prošetření (příčina),
- informace o daném vodovodním řadu (typ potrubí, dimenze),
- informace o povrchu a zásahu do něj,
- informace o rozsahu havárie (délka přerušení vody, počet ovlivněných obyvatel),
- způsob opravy,
- způsob zjištění havárie,
- data o nahlášení poruchy,
- data o zahájení a ukončení prací spojených s odstraněním havárie. (Příloha 1)

5.2.1 Postup při navrhování rekonstrukcí

Podnět pro návrh na rekonstrukci vodovodního řadu vyplývá z údajů provozu, které zpracovává odpovědný pracovník provozovatele. Ten zmapuje konkrétní úseky, kde se nachází poruchy a na základě bodovacího systému vytvoří návrh rekonstrukce. Pro hodnocení stavu slouží formuláře. Následně se projedná se zástupci vlastníka sítě technická správnost a návrh se předloží ke schválení odborné komisi z řad provozovatele i vlastníka. V případě, že dojde ke schválení touto komisí, je návrh zařazen do tzv. investičních akcí (oprav) a budou pro něj hledány finance. Vlastník infrastruktury každý rok vypisuje investiční plán v souladu se schváleným Plánem rozvoje vodovodů a kanalizací ČR, popř. příslušného kraje.



Obr.č. 2: Znáznornění průběhu od vzniku poruchy po rekonstrukci

5.4 Formuláře pro hodnocení stavu úseku vodovodního řadu

Hodnocení probíhá podle poruchovosti, stárí a koroze řadu a slouží jako podklad pro plánování investic. Formulář obsahuje evidenční a identifikační údaje vodovodního řadu (území obce, vlastník, délka úseku, dimenze a materiál) a informaci týkající se případného nedostatku kapacity řadu či tlaku v potrubí. Zároveň rozlišuje, zda se jedná o hlavní distribuční systém nebo zásobní systém.

Z počtu získaných bodů z hodnocení vyloučí, zda je záměr rekonstrukce možné předložit či ne a jakou má šanci na realizaci. Výjimku tvoří tzv. koordinační vazby, kdy je rekonstrukce zahájena i při menším počtu bodů, a to z důvodu součinnosti jiných záměrů např. opravy komunikace, v které je posuzované potrubí uloženo.

- Max. celkový počet bodů = 1000
- Pro zařazení záměru do plánu investic = min. 500 bodů

5.4.1 Kritéria ovlivňující zařazení akce do plánu

A. Hlavní distribuční systém (Příloha č. 2):

- celkový počet poruch s únikem vody na 1 km sítě za rok ve sledovaném období (3 roky),
- koroze potrubí jako příčina poruchy => počet poruch uveden procentuálně (uvádí se pouze u kovových potrubí),
- stárí vodovodu (rozlišuje se, zda se jedná o potrubí nekovové. Litinové či ocelové => jiné bodování),
- distribuční význam (řady s nezastupitelnou funkcí a zastupitelné řady),
- obtížnost provádění oprav (např. zda řad je uložen v komunikaci, v tramvajovém tělese či v zelené ploše nebo zda majetkové poměry komplikují provádění oprav).

B. Zásobní systém (Příloha č. 3):

- celkový počet poruch s únikem vody na 1 km sítě za rok ve sledovaném období (3 roky),
- celkový počet nefunkčních armatur na 1 km délky sítě ke dni zpracování,

- průměrný únik vody v zásobním pásmu nebo distriktu na km skutečné délky v posledním roce [tis. m³/km/rok],
- stupeň inkrustace (hodnoceno podle výřezu procentuálně),
- koroze potrubí (hodnoceno procentuálně),
- stáří vodovodu (rozlišuje se, zda se jedná o potrubí nekovové či kovové, poněvadž kovová potrubí mají jiné hodnocení),
- distribuční význam (podle průměru potrubí => přípojky, řad DN < 100 mm, řad DN 100–300 mm, řad DN > 300 mm)
- obtížnost provádění oprav (např. zda řad je uložen v komunikaci, v tramvajovém tělese či v zelené ploše nebo zda majetkové poměry komplikují provádění oprav),
- koordinační vazby na jiné stavby (např. oprava komunikace, výstavba cyklostezky, oprava plynovodu).

5.5 Aspekty ovlivňující výběr konkrétního záměru

Poruchovost:

- četnost poruch,
- náklady na jednotlivé opravy a havárie,
- ztrátovost vody.

Součinnost s rekonstrukcí povrchů (správce komunikace informuje všechny vlastníky infrastruktury o rekonstrukci povrchu dané komunikace a dává pokyn ke kontrole stávajících sítí a k případné rekonstrukci).

Výhody:

- nižší výdaje, na financování se podílí více subjektů,
- současně lze rekonstruovat více sítí (vzhledem k tomu, že kanalizační potrubí bývá uloženo ve větší hloubce než vodovodní, je toto velmi výhodné, poněvadž dojde k výraznému snížení nákladů na výkopové práce a zároveň ke snížení rizika, poškození druhého potrubí při výměně jednoho).

5.6 Ztráta vody

Ztráty vody do jisté míry vypovídají o technickém stavu vodovodního distribučního celku a jsou vizitkou provozovatele vodovodu. Jsou důsledkem poruch na vodovodních sítích, ale patří sem i všechna ostatní voda tzv. nevyfakturovaná. Jedná se o vodu, která se spotřebuje v průběhu celého cyklu od odebrání surové vody ze zdroje až po dodání vody ke spotřebiteli. V současné době činí průměrné ztráty vody v síti České republiky u hlavních provozovatelů vodovodů kolem 25 %, avšak v některých lokalitách jsou ztráty i přes 35 %. Ideální hodnota se pohybuje kolem 10–15% ztrátovosti.

Příklady:

- voda technologická (spotřebovává se v procesu výroby pitné vody v úpravárnách např. na praní filtrů),
- voda určená k proplachování a odkalování vodovodní sítě,
- voda pro proplachování a dezinfekce při opravách,
- náhradní zásobování při výpadcích dodávky vody ze sítě,
- voda spotřebovaná pro čištění vodojemů a nádrží,
- voda spotřebovaná pro odstranění nečistot z hladiny vodojemů přeplavováním,
- odběr hasičských sborů při hašení požárů,
- nepřesná měření vody dodané.

5.6.1 Důvody ke snižování ztrát a opatření k jejich snižování

Cílem snižování ztrát je snížení ekonomických nákladů potažmo snížení plýtvání. Za ekonomická jsou považována taková opatření, kdy vynaložené náklady na realizaci nepřesahují náklady spojené se ztrátami vody. Úplné odstranění ztrát vody v síti je nereálné vzhledem k tomu, že se jedná častokrát o velice nákladné i náročné technické řešení. Bývá pravidlem, že při vysokých ztrátách lze celkem snadno dosáhnout částečného snížení, např. při ztrátovosti kolem 35 % lze dosáhnout až 5 % snížení za efektivních podmínek. Ovšem chceme-li snížit ztráty např. ze 12 na 11 %, je třeba již investovat více do technických opatření, a pak toto snížení postrádá smysl. Zároveň jsou rozdílné náklady na snižování ztrát u využívání

levnějších podzemních zdrojů než u vodovodu s nákladnější úpravou vody povrchové nebo například čerpané do vysoko položených spotřebišť.

Ztráta vody v síti celkově ovlivňuje stav vodovodní sítě a jejich armatur, ovladatelnost armatur, péči o všechna zařízení vodovodního systému, úroveň preventivní údržby, oprav a obnovy sítě. Ztrátám v nejvyšší míře zabráníme nejen správným provozováním, ale i kvalitně vybraným technickým řešením při výstavbě nových řadů a vodárenských celků. To se týká jak výběru vhodného vodárenského materiálu, tak i výběru vhodných technologií. Je proto důležité plánovat obnovu majetku a investice do něj společně s provozovatelem a využít jeho zkušenosti z terénu. Důležitým aspektem je také zlepšování technického stavu potrubí, prodlužování jeho životnosti pomocí aplikace vnitřních cementových nebo epoxidových vystýlek, popř. PE vložek, a zabezpečit kovové potrubí proti postupu koroze. Stav vodovodních armatur může významně přispět ke snižování ztrát. Jen s plně funkční a přístupnou armaturou lze uzavřít v případě potřeby přívod vody. Je proto nutné, aby odpovědní pracovníci provozu prováděli systematickou kontrolu těchto prvků a evidovali případné závady a včas je odstranili. K preventivním opatřením snižování ztrát patří vypracování plánu postupné obnovy řadu. (Novák, 2003)

5.7 Obnova vodovodních sítí

Cílem obnovy sítí, která zahrnuje jak dílčí opravy, tak i celkové rekonstrukce sítí, je obnovení jejich původních parametrů nebo dokonce dosažení lepších parametrů, než byly původní. Metody obnovy můžeme rozdělit do dvou základních skupin. U první skupiny metod se stávající síť zruší a nové se umístí buď do jiné trasy, či trasy totožné. V tomto případě se vlastně jedná o novostavbu, při které lze dosáhnout podstatnou změnu technických parametrů nové části sítě. Nevýhodou tohoto postupu je jeho vysoká finanční náročnost a značné zatížení životního prostředí. U druhé skupiny metod se poškozené síť obnovují bezvýkopovými metodami. Jde o tři základní skupiny postupů, a to o odstraňování lokálních poruch, vytváření nových vnitřních povrchů a vkládání nového vedení do starého. (Šrytr, [eds], 1998)

5.8 Přehled současných vodovodních potrubních materiálů

Při návrhu vodovodního potrubí, ať už se jedná o novou výstavbu či rekonstrukci, je třeba zvážit a respektovat všechny aspekty, které budou a mohou ovlivňovat výsledek.

Aspekty ovlivňující výběr materiálu:

- provozní tlak,
- hydraulické požadavky,
- uložení potrubí a jeho zatížení (pokládka v intravilánu či extravilánu),
- výskyt bludných proudů,
- agresivní podloží,
- kvalita dopravované vody (zda voda bude surová či již upravená),
- požadovaná životnost řadu,
- způsob pokládky,
- finanční možnosti,
- náklady na provozování.

Zároveň je výběr materiálu dán standardy konkrétních měst a obcí a vodárenských společností a jejich zkušenostmi z provozování a užívání. V dnešní době se nejčastěji ve vodárenství používá potrubí z tvárné litiny a vysokohustotního polyetylenu (HD PE), ojediněle ještě v některých regionech (např. Jičínsko) potrubí z polyvinylchloridu (PVC). V dnešní době bývá potrubí z PVC často nahrazeno potrubím z HD PE, a to především pro způsob spojování potrubí (spojování svařováním bez hrdlových spojů). Další velkou výhodou HD PE oproti PVC je stavební délka potrubí. Potrubí PVC se vyrábí v 6metrových tyčích, kdežto potrubí z HD PE lze vyrobit do průměru d 160 mm ve stometrových návinech a tím výrazně snížit časové i finanční nároky na pokládku. V případě výstavby vodovodních přivaděčů velkých dimenzí lze ještě použít sklolaminátové potrubí.

5.9 Tvárná litina

Tvárná litina se vyznačuje vysokými mechanickými a dalšími užitnými vlastnostmi, které zaručují vysokou bezpečnost a dlouhou životnost obnoveného nebo nově položeného potrubí. Na českém trhu se vyskytují tři renomovaní výrobci tvárné

litiny, jejichž nabízený sortiment se příliš neliší. Lze si vybrat potrubí v různých tloušťkách stěn a v několika vnitřních i venkovních úpravách podle způsobu uložení. Standardně má litinové potrubí vnitřní úpravu provedenou vysokopecní cementovou maltou. Pro vylepšení hydraulických vlastností lze použít litinové potrubí s vnitřní polyuretanovou vystýlkou, popř. lze použít potrubí se speciální antikorozi ochranou do agresivních půd. Potrubí se vyrábí převážně v 6metrových stavebních délkách, ve větších průměrech až 8metrových a spojuje se na hrdla opatřená těsněním. Typy těsnění se rozlišují podle způsobu pokládky např. pro pokládku bezvýkopovou technologií se používá těsnění, které dostatečně odolává tažným silám.



Obr.č. 3: Litinové potrubí Natural (Saint – Gobain)

Potrubí DN 60–600 mm se vyrábí podle ČSN EN 545 a ISO 2531 s jednokomorovým nebo dvoukomorovým hrdlem v délkách 6, 7, 8,15 metrů pro provozní tlak až 40 bar, popř. u dimenzí větších jak 350 mm pro tlak 30 bar. Vnější povrch trubek se opatřuje pokovením slitinou zinku a hliníku v poměru 85:15 v množství 400 g/m^2 a krycí nátěr tvoří modrý epoxid o síle $120 \text{ }\mu\text{m}$. U průměrů od DN 700 mm se vnější povrch ošetřuje žárovým pozinkováním v množství 200g/m^2 a bitumenovým nátěrem o síle $120 \text{ }\mu\text{m}$. Vnitřní povrch trubek se opatřuje odstředivě nanášenou vysokopecní cementovou vystýlkou o síle 4–9 mm podle příslušného průměr potrubí. Pro kompatibilitnost řadu výrobci nabízí ucelený sortiment tvarovek, u kterých je vnější i vnitřní povrch opatřen fosfatizací zinkem a krycím modrým, popř. černým, epoxidem nanášeným kataforézou o síle min. 35–70 μm nebo ekvivalentem.

Ojedinele se používá nový typ litinového potrubí BLUTOP, které se snaží přiblížit vlastnostem potrubí z HD PE. Tento typ se používá především pro výstavbu nových

vodovodů klasickou pokládku otevřeným výkopem. Potrubí je lehčí než standardní litinová trubka, čímž nabízí snazší manipulaci a je doplněn o kompletní sortiment tvarovek. Vyrábí se s jednokomorovým hrdlem v dimenzích DN/OD 75, 90, 110, 160 mm, v délkách tyčí 6 metrů pro max. provozní tlak do 25 barů. Vnější povrch se opatřuje žárovým pokovení slitinou zinku a hliníku v poměru 85:15 v množství 400 g/m² a krycím nátěrem z modrého epoxidu o síle 120 μm. Vnitřní povrch trubek je termoplastický epoxid DUCTAN o síle 300 μm. (Barborik, 2010)

5.9.1 Litinové potrubí pro pokládku bezvýkopovou technologií

Litinové potrubí musí být opatřeno speciální povrchovou ochrannou vrstvou z cementové malty a polyethylenovou popřípadě polyuretanovou ochrannou vrstvou. Vrstva cementové malty je vysoce mechanicky zatížitelná a stoprocentně brání poškození žárového pozinkování, které by mohlo vzniknout v důsledku bezvýkopové pokládky. Předpokladem úspěšné bezvýkopové pokládky je i bezpečné a pevné spojení trub, odolné především zatížení v tahu, které zabezpečuje pružný násuvný hrdlový spoj a zámkový hrdlový spoj. Tyto spoje jsou současně i pružné a umožňují osovou odklonění až do 5° na každé hrdlo a lze provádět potřebné poloměry zakřivení. Pro pokládku téměř všemi bezvýkopovými metodami (výjimkou bývá metoda ražení či zatlačování) se vtahuje předem připravený kloubový řetězec z litinových trub opatřených zámkovými spoji. Těsnicí funkci vykonává speciální profilovaný těsnicí kroužek, kdežto zámkové spoje slouží pro ochranu v tahu a zároveň přenáší vznikající axiální síly při pokládce. Systém zámkových spojů je velmi jednoduchý a rychlý na montáž a při optimální organizaci práce lze dosáhnout až 60 metrů menších dimenzí za hodinu. Rychlost pokládky je ovlivněna především geologií a zvolenou metodou pokládky. (Ertelt, [eds], 2008)

Výhody:

- dlouhá životnost (výrobci uvádí více jak 110 let),
- tvarová stálost (kruhová tuhost),
- neměnnost mechanických vlastností v čase,
- nízká koroze (oproti ocelovému potrubí),
- jednoduchá montáž spojů.

Nevýhody:

- krátké stavební délky (běžně 6 m),
- nutná ochrana proti bludným proudům,
- mechanické spoje
- vysoká hmotnost (vyžaduje neustálou přítomnost stavebních strojů).

Typy bezvýkopových technologií, které lze pomocí tvárné litiny realizovat:

- vytlačování původního potrubí a zatlačování nového,
- Pipe Burstlining,
- Relining,
- Horizontální vrtání s výplachem,
- Raketové pluhování.

5.10 Plastové potrubí

Z plastových potrubí se dnes nejčastěji pro vodovodní řady používá vysokohustotní polyetylen, popř. moderní vícevrstvá polyetylenová potrubí. Ojedinele se setkáváme s používáním PVC potrubí.

5.10.1 Polyetylenové potrubí

Polyetylenové potrubí dělíme na nízkohustotní (LD PE), středněhustotní (MD PE) a vysokohustotní (HD PE). První dva typy se v dnešní době používají především pro přípojkové řady a to proto, že jsou velice houževnaté a velmi dobře se s nimi pracuje ve výkopu. Bohužel jsou v podstatě nesvařitelné a pro spojování se používá mechanických spojek. Naproti tomu vysokohustotní polyetylen má výrazně lepší vlastnosti v odolnosti bodovému zatížení a šíření trhlin a lze ho spojovat pomocí svařování na tupo nebo elektro článku.



Obr.č. 4: Polyetylenové potrubí egelen (Egeplast Werner Strumann)

5.10.2 Spojování potrubí PE HD

Pro dosažení nejvyšší kvality nového položeného potrubního řadu je důležité také samotné spojování potrubí. To probíhá pomocí svařování tzv. na tupo (preferovaný spoj pro bezvýkopovou technologii) nebo pomocí elektrotvarovek. V menší míře je u tlakových polyetylenových řadů rozvodů používáno spojování mechanické. V posledních letech se mechanické spoje omezují v případě propojů na armatury apod. U malých přípojkových dimenzí bývá pro usnadnění montáže používáno mechanických spojek. (Brömstrup, 2004)

5.10.3 Svařování potrubí metodou na tupo

Pro svařování na tupo používáme speciálních svářecích agregátů. Ty mohou být hydraulické nebo mechanické a v obou případech je musí obsluhovat proškolený personál. Svářecí agregáty mohou být opatřeny záznamovým zařízením, které slouží k evidenci tzv. protokolů o svaru. V protokolu jsou uvedeny veškeré informace o provedeném svaru a slouží ke kontrole, zda svar byl proveden správně. Místo svaru musí být chráněno proti povětrnostním vlivům (vlhkost, okolní teplota $< +5^{\circ}\text{C}$, přímé sluneční záření). V případě nevhodných povětrnostních podmínek použijeme ochranný stan, v kterém následně provádíme svařování. Pro dosažení potřebných teplot můžeme provádět temperování jak vzduchu ve stanu, tak i konců potrubí. Trubky, které mají být svařeny k sobě, se nahřejí pomocí topného tělesa v místě svaru na svařovací teplotu a pod tlakem dojde ke spojení. Nahřátí předchází ohoblování a orovnění svařovacích ploch. Zároveň nesmí dojít k přesahu trubek víc jak 10 % jejich tloušťky stěny. V případě, že je přesazení větší než přípustná mez, je nutné upravit polohu trubek nebo jejich upnutí. Po kontrole přesazení odmastíme obě svařované plochy a zkontrolujeme čistotu zrcadla, aby nedošlo k přenosu nečistot do svařovacích ploch. V průběhu svařovacího procesu je nutné dodržet svařovací hodnoty, viz tabulka níže. Svařované potrubí musí mít stejnou sílu stěny a musí být vyrobeno ze stejného typu materiálu, který je spolu svařitelný. O celém procesu svařování lze vyhotovit svařovací protokol. Protokol lze vytisknout pomocí záznamového zařízení, které je součástí svařovacího agregátu. V případě svařovacího agregátu bez záznamového zařízení svářeč vyplňuje předepsaný protokol, který potvrzuje odpovědný technolog (svářecí dozor) pro svařování plastů. Svařovací

teplota se u PE potrubí pohybuje v rozmezí 210–220° C pro materiál PE80 a 210 – 230° C pro materiál PE100. Zároveň je nutné přihlížet k svařovacím tabulkám, které jsou dodávány společně se svařovacím agregátem. (Loyda, [eds], 2011)



Obr.č.5: Svařování PE potrubí metodou na tupo (© Maiová,2011)

Tab. č. 5: Hodnoty pro svařování na tupo při vnější teplotě cca 20° C (DVS 2207, část 1)

Jmenovitá síla stěny trubky	Výška návarku na topném článku na konci doby orovnávací doby (orovnáání pod 0,5 N/mm ²) (min. hodnoty)	Doba ohřevu = 10x síla stěny (ohřev ≤ 0,02 N/mm ²)	Přestavení (max. doba)	Doba spojení pod spojovacím lakem	Doba ochlazení pod spojovacím tlakem p = 0,15 N/mm ² ± 0,01 (min. hodnota)
	OROVNÁNÍ	OHŘEV	PŘESTAVOVÁNÍ	SPOJOVÁNÍ	
mm	mm	sekundy	sekundy	sekundy	minuty
do 4,5	0,5	45	5	5	6
4,5–7	1,0	45–70	5–6	5–6	6–10
7–12	1,5	70–120	6–8	6–8	10–16

12–19	2,0	120–190	8–10	8–11	16–24
19–26	2,5	190–260	10–12	11–14	24–32
26–37	3,0	260–370	12–16	14–19	32–45
37–50	3,5	370–500	16–20	19–25	45–60
50–70	4,0	500–700	20–25	25–35	60–80

5.10.4 Svařování pomocí elektrotvarovek

Při svařování pomocí elektrotvarovek se ke spojení dvou trubek používá tvarovka se žhavicí spirálou opatřená odporovými dráty. Pomocí definovaného proudu a času dojde ke spojení svařením trubky, resp. obou konců trubek a tvarovky. Svařovací tlak vzniká konstrukčně prostřednictvím tvarovky (např. tvarovka vyrobená tzv. trubka v trubce nebo tvarovka opatřena drátěnou „košilkou“). Výrobce tvarovek stanovuje parametry svaření, které načítáme pomocí svářecího agregátu přímo při svařování. Svařovací parametry jsou uloženy v čárovém kódu na tvarovce nebo přiloženém štítku. Oblast svařování se musí očistit a odmastit pomocí vhodného čističe na PE potrubí (čistič se musí rychle odpařit, ideální je prostředek obsahující izopropylalkohol). Nesmí se použít vláknitých látek nebo barevných papírů. Po očištění a odstranění zoxidované vrstvy označíme hloubku zasunutí tvarovky, trubku vsuneme do tvarovky po označení a svaříme podle návodu k obsluze svářečky. Je nutné dodržet dobu chladnutí a nehýbat spojem. Pro kvalitní spojení potřebujeme zajistit kruhový průřez u svařovaného potrubí. Maximální povolená odchylka je 1,5 % vnějšího průměru trubky. Toto kontrolujeme před samotným svařováním. V případě větší kruhové odchylky musíme použít zakružovací svěrky. V dnešní době je dostupná široká škála elektrotvarovek (T kusy, odbočky, ventily,...), které umožňují bezpečné, ekonomické a flexibilní spojování PE potrubí. (Loyda, [eds], 2011)



Obr.č.6: Svařování PE potrubí pomocí elektotvarovky(© Maiová,2009)

Potrubí PE HD PE100

Jedná se o potrubí vyrobené z vysokohustotního polyetyleny v dimenzích d 25-1600 mm určeného pro pokládku do pískového lože a obsypu, popř. pro speciální způsoby bezvýkopové pokládky. Potrubí se vyrábí v barvě černé s modrými podélnými pruhy, popř. celé modré. Standardní stavební délky jsou 6 nebo 12 metrů, v dimenzích do 110 mm lze potrubí vyrobit ve 100metrových svitcích (návinech). Pro speciální případy lze vyrobené potrubí navinout na jumbo bubny a dovézt na stavbu v požadované délce, např. až 1000 metrů. Tyto speciální délky umožňují rychlejší pokládky bez potřeby spojů.

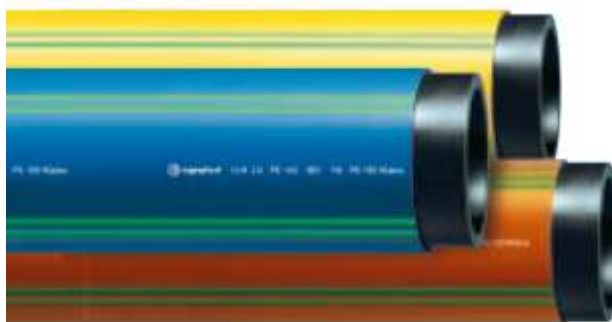
Potrubí PE HD RC (Resistance to Crack)

Potrubí je vyrobeno ze speciálního polyetyleny, které vysoce odolává bodovému zatížení a šíření trhlin. Je určeno pro pokládky do bezpískových obsypů a zásypů a pro určité typy bezvýkopových technologií, např. pluhování nebo relining.

Potrubí PE HD RC s ochranným pláštěm

Potrubí s ochranným pláštěm je určeno především pro pokládky bezvýkopovou technologií. Tyto si kladou výrazně vyšší požadavky na odolnost materiálu, proto se

používá speciální potrubí, kdy je jádro trubky chráněno ochranným pláštěm např. z polypropylenu, a tím tak odolávají mechanickému poškození a možností vzniku vrypů při samotné pokládce. (Šnajdr, 2010)



Obr.č.7: Opláštěné potrubí egeplast SLM RCplus (Egeplast Werner Strumann)

Typy bezvýkopových technologií, které lze pomocí polyethylenového potrubí realizovat:

- vytlačování původního potrubí a zatlačování nového,
- Pipe Burstlining,
- Relining,
- Horizontální vrtání s výplachem,
- Řízené mikrotuneláže,
- Pluhování,
- Raketové pluhování,
- technologie Close Fit (U liner, Compact pipe, Swagelining, Reduc liner,...).

Výhody:

- nepodléhá korozi,
- je velice flexibilní, nemá žádné hrdlové spoje – nedochází k případným poruchám vlivem sedání zeminy a dožití pryžového těsnění,
- není potřeba oblouků o menších poloměrech,

- výborné hydraulické parametry – minimální hydraulické ztráty, nedochází k zarůstání potrubí a tím ke snížení kvality vody,
- snadná manipulace s potrubím s ohledem na nižší hmotnost a delší stavební délky,
- jednodušší práce při zkracování, napojování armatur a jakéhokoliv dodatečného vysazování případných přípojek,
- chová vůči širokému prostředí neutrálně a je recyklovatelné,
- nemění vlastnosti v důsledku nízkých teplot (nekřehne; použitelnost až do -60°C).

Nevýhody:

- je náchylné k vzniku vrypů v důsledku mechanického poškození,
- má velkou roztažnost, je nutno s ní počítat při ukládání do země,
- čím vyšší provozní tlak, tím větší tloušťku stěny potrubí je nutné použít:
 - ➔ u polyetylenového potrubí se pro tlakovou únosnost využívá hodnoty Standard Dimension Ratio (SDR); jedná se o poměr vnějšího průměru potrubí a síly stěny potrubí např.:
 1. Potrubí PE 100 SDR 17 d 90x5,4 mm
 2. Potrubí PE 100 SDR 11 d 710x47,2 mm,
- degraduje vlivem povětrnostních podmínek:
 - ➔ Vzhledem k tomu, že polyetylenové potrubí podléhá stárnutí a určitému stupni degradace vlivem povětrnostních podmínek, je třeba proti tomu potrubí chránit. Nejvýrazněji a zároveň nejškodlivěji se projevuje vliv světla. Konkrétně se jedná o působení ultrafialových paprsků na podpovrchové molekuly, kde dochází k řetězovým reakcím způsobující změny v chemickém a následně i fyzickém složení makromolekul obsažených v povrchových vrstvách materiálu. Výsledkem je materiál křehčí a méně pružný. Škodlivému působení UV paprsků zabráníme přidáním sazí (stabilizátor) do vstupní suroviny pro výrobu potrubí. Saze jsou tvořeny mikroskopickými částicemi uhlíku a působí jako štít, který nepropouští UV paprsky dovnitř materiálu. Množství sazí se pohybuje mezi 2-3 %. Většina

výrobci potrubí uvádí, že potrubí je stabilizováno po dobu dvou let a po uplynutí této doby doporučují provést důkaz použitelnosti (např. zkoušku pevnosti při stálém vnitřním přetlaku podle DVGW GW 335, část A2). (Evesque, [eds], 2011)

5.10.5 Sklolaminátové potrubí

Tento typ potrubí se pro vodovodní sítě používá méně. Důvodem je jeho vyšší křehkost a náchylnost k poškození při manipulaci. Zároveň spojování potrubí je již dnes překonáno, provádí se pomocí převlečných spojek. Materiál má ovšem výborné hydraulické vlastnosti, vysokou odolnost proti oděrům a lze ho vyrobit až do velkých průměrů a vysokých provozních tlaků. Bývá vhodným řešením při výstavbě velkých vodovodních přívaděčů, poněvadž se vyrábí až do průměru 3.600 mm. Výroba probíhá odstředivým litím nebo navíjením. Metoda odstředivého lití probíhá pomocí zavážecího ramene, které do rotující 6metrové matrice zaváží tři základní komponenty – skleněné vlákno, nenasyčená polyesterová pryskyřice a plniva (přísky). Trouba je vyráběna vrstva po vrstvě. Druhá metoda výroby spočívá v počítačově řízeném procesu kontinuálně navíjeného skelného vlákna na ocelový trn při současném sycení pryskyřicí. Druh použité pryskyřice je volen v závislosti na požadované chemické a tepelné odolnosti. Úhel navíjeného vlákna a tloušťka stěny je podmíněna požadovanými tlakovými poměry v potrubním systému. Navinutá trubka je dále vystavena vytvrzovacímu procesu, kdy při vyšší teplotě dojde ukončení termosetické reakce. Trubka je dále hydraulicky stažena z trnu a zkoušena hydrostatickým tlakem na 1,5 násobek maximálního provozního tlaku. Pro zvýšení chemické odolnosti bývá vnitřní stěna opatřena výstelkou sestávající cca z 15 % chemicky odolného skla a 85 % pryskyřice.

Použití pro bezvýkopové technologie

Sklolaminátové trouby jsou vhodné pro technologie protlačování – řízené mikrotuneláže, popř. pro zatahování do stávajícího potrubí. Potrubí musí být vyrobeno se speciálními zaintegrovanými spojovacími spojkami do vnitřního průměru, aby nedocházelo k problémům a poškození při bezvýkopové pokládce. Větší využití v oblasti bezvýkopových pokládek nachází potrubí kanalizační.

Výhody:

- vysoká korozivní a chemická odolnost,
- nízké neměnné hydraulické ztráty
- mechanické vlastnosti (v rozmezí provozních teplot - 40 až + 150 ° C)
- vysoká odolnost vůči otěru
- odolnost vůči bakteriím, UV záření, proti slané vodě, kyselinám, agresivním vodám

Nevýhody:

- křehkost,
- výroba na zakázku (neflexibilita, dlouhé dodací termíny),
- mechanické spojování. (Hobas, Zefyr)

6. BEZVÝKOPOVÁ TECHNOLOGIE (BT)

V posledních letech dochází k nárůstu zájmu o moderní způsoby pokládek inženýrských sítí. Tyto technologie umožňují elegantnější a efektivnější řešení sanace či výstavby podzemních vedení. Eliminují potřebu zemních prací a obsypových materiálů, minimalizují zábory ploch a také snižují nutnost úpravy povrchů a komunikací. Výrazným aspektem, proč zvolit pokládku bezvýkopovými technologiemi, je šetrnost těchto technologií vůči životnímu prostředí a zároveň redukce produkovaných odpadů. V neposlední řadě dochází při těchto metodách k výrazné úspoře finančních a časových nákladů. Cílem bezvýkopové technologie není pokládat za každou cenu bezvýkopově. Znamená to, že bychom měli každý případ posoudit individuálně a navrhnout tu nejlepší variantu, ať už se jedná o typ pokládky či typ potrubí. Zároveň je nutné znát původní trasu potrubí, zda nejsou například přípojky po krátkých vzdálenostech. V tomto případě bychom stejně vedle bezvýkopové pokládky museli každou přípojku vykopávat a bezvýkopová technologie by postrádala smysl. (Klepsatel, Raclavský, 2007)

6.1 Typy bezvýkopových technologií pro rekonstrukce vodovodních sítí

V průběhu šetření a příprav na diplomovou práci jsem zjistila, že dělení BT není standardizováno a je uváděno v různých stupních a podle rozdílných hledisek. Nejčastěji se technologie dělí podle toho, zda se jedná o výstavbu nového řadu, tzv. v nové trase, nebo zda se jedná o rekonstrukci zatažením vložky nebo destruktivní metodou rozbíjení starého potrubí a zatažení nebo zatlačení nového. Pro přehlednost uvádím dělení podle Mezinárodní asociace pro bezvýkopové technologie (ISST). (jsou vybrány technologie využitelné pro rekonstrukce vodovodních sítí)

Tab.č. 6: Členění bezvýkopových technologií podle ISST – kategorie A a B

A Repair and Renovation (oprava, obnova, včetně tzv. sanace)	
A.1 Sliplining (tvorba povlaku, výstelky, vložky)	A 4 Cured-in-Place Linig (vložka vytvrzovaná na místě/na stavbě)

<p>A Basic Sliplining (tvorba základního povlaku, výstelky, vložky)</p> <p>B Spirally Wound Liners (výstelka ze spirálovitě nabíjených pásů)</p> <p>C Live Insertion (prosté vyvločkování / prostá výstelka)</p>	<p>I Thermal Cure (vložka vytvrzovaná teplem)</p> <p>J UV Cure (vložka vytvrzovaná UV zářením)</p> <p>K Ambient Cure (vložka vytvrzovaná vlivem okolního prostředí)</p>
<p>A.2 Close Fit Lining (výstelka/vložka „uzavřená; na míru“)</p>	<p>A.5 Localised Repair and Sealing (lokální oprava a utěšňování)</p>
<p>D Swaged Liners (vložky vtažené po „stlačení/zúžení“)</p> <p>E Folders liners (vložky vtažené po „složení“)</p> <p>F Expanded Spiral Liners (vložky z expandujících, spirálově navíjených pásů)</p>	<p>M1 Sleeve Repairs (oprava rukávem)</p> <p>M2 Resin Injections (injektáž pryskyřicí)</p> <p>M3 Fill and Drain Systems (oprava systémem „naplnění a vyprázdnění“)</p> <p>M4 Robotic Repairs (oprava robotem)</p> <p>M5 Mechanic Sealing (mechanické utěšňování)</p> <p>M6 Pipe Re-rounding (oprava vyrovnáním deformací kruhového profilu)</p>
<p>A.3 Spray Lining (výstelka nástřikem)</p>	<p>A.6 Renovation of Large Diameter Pipes and Chambers (oprava/sanace potrubí velkých profilů a šachet)</p>
<p>G Cement Mortar Lining (výstelka cementovou maltou, cementace)</p> <p>H Epoxy Lining (výstelka epoxidovou pryskyřicí, epoxidace)</p>	<p>N1 Pre-formed Liners (oprava/sanace pomocí „přetvarovaných vložek“)</p> <p>N2 In – situ Renovation (oprava/sanace pomocí rukávců vytvrzovaných na stavbě/místě)</p> <p>N3 Manhole Renovation (oprava/sanace šachty)</p>
<p>B On-line Replacement (obnova formou destruktivní spřažené výměny potrubí)</p>	
<p>O1 Percussive Pipebursting (vibrační trhání trub/trubek)</p> <p>O2 Hydraulic Pipebursting (hydraulické trhání trub/trubek)</p> <p>O3 Pipe Splitting (trhání trub/trubek jejich roztržštěním)</p> <p>O4 Pipe Eating („požírání“ trub/trubek)</p> <p>O5 Pipe Reaming (rozšiřování trub/trubek – se zvětšením DN)</p> <p>O6 Lead Service pipe and Replacement (s vynesením – vytažením/vytlačení – původních trub a s instalací nových)</p>	

(Šrytr,[eds], 2011)

Tab.č. 7: Dělení bezvýkopových metod pro účely této diplomové práce

Bezvýkopové metody pro rekonstrukce stávajícího potrubí	
Zatažení nového potrubí	<ul style="list-style-type: none"> • Relining • Swagelining • Zatažení zdeformované (složené) PE trubky
Destruktivní technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Pipe Burstlining • Vytlačování původního potrubí
Vnitřní úprava potrubí	<ul style="list-style-type: none"> • Cementace • Pryskyřicové, popř. jiné rukávce

Předpokladem kvalitního výsledku je správný výběr technologie. Tomu předchází podrobné posouzení stávajícího sanovaného řadu a zjištění potřeb provozovatele – potřebná kapacita řadu, významnost (zda se jedná o přípojku, řad, který zásobuje nemocnici či chatovou oblast,...) a požadavek na životnost díla. Pouze na základě těchto údajů lze navrhnout vhodnou bezvýkopovou technologii a nový materiál.

6.2 Metodický postup prací při zatažení samonosné PE vložky

6.2.1 Monitoring

Prvním a velmi důležitým krokem každé bezvýkopové rekonstrukce je prozkoumání původního potrubí a poznání trasy, která se bude sanovat. Musí se zaznamenat veškeré odbočky, armaturní uzle, případné opravné či montážní kusy z provozování řadu, lomové a výškové body na sanovaném úseku. Zároveň je nutné znát původní stav potrubí – míru poškození, bodové a plošné koroze a velikost inkrust, nánosů a překážek pro zatažení vložky. Tento krok je rozhodující jak pro výběr samotného způsobu pokládky vložky, tak i pro volbu způsobu čištění stávajícího potrubí. Zároveň podle stavu původního potrubí se může navrhnout tlakové spolupůsobení nové vložky s původním potrubím (jedná se o technologie Close Fit, neplatí pro technologii Relining), a tím snížit částečně finanční náklady. (Linde, 2009)

6.2.2 Výkopové práce

Vzhledem k tomu, že ani bezvýkopové technologií se neobejdou bez výkopových prací, je nutné předem správně navrhnout rozměry veškerých montážních jam, a tím samotné výkopové práce snížit na minimum. Pro samotnou pokládku bezvýkopovou technologií se musí připravit, na základě znalosti trasy potrubí, startovací a cílové jámy a dále pak montážní jámy. Umístění těchto vstupů se volí podle směrových a výškových lomů na původním potrubí. Cílem je minimalizovat tyto výkopové práce a zároveň najít pro zatahování nového potrubí co možná nejdelší a nejprímější úseky. Znamená to, že se startovací a cílové jámy volí v místě lomů či armaturních uzlů. Pro menší lomy na trase lze navrhnout montážní jámy, kde lze původní potrubí odkryt pouze částečně. Nevýhodou sanování zatažením vložky je odstavení z provozu sanovaného řadu, resp. sanovaného úseku. V případě, že není možné řad vyřadit na dobu rekonstrukce z provozu, je nutné vybudovat řad pro provizorní zásobování tzv. by-pass, který po dobu sanace slouží k dodávce pitné vody.

Podklady pro navrhování rozměrů výkopů:

- typ bezvýkopové technologie => velikost pracovního prostoru, který potřebujeme pro osazení potřebného vybavení do výkopu a pro samotnou pokládku,
- průměr stávajícího potrubí => průměr nového potrubí,
- poloměry ohybů potrubí => v případě, že se bude používat polyetylenové potrubí (platí pro všechny průřezy potrubí).

Na základě výše uvedených bodů se navrhne šířka, hloubka a délka výkopu. Dno výkopu se musí zpevnit pro osazení technologie. Výkop se v celé délce připraví do potřebného sklonu, aby náběh potrubí pro zavedení byl plynulý. Strany výkopu se zapaží, popř. se dostatečně vysvahují. Po kamerové prohlídce, podle stupně znečištění sanovaného potrubí, se případně zvolí další montážní jámy (cca 1,5 x 1,5 m) po trase potrubí, kudy je možné vyjmout nashromážděné nečistoty a inkrustace, které vznikly v potrubí v průběhu čištění. (Stein, Niederehe, 1992)

6.2.3 Čištění stávajícího potrubí

Podle stavu, který se zjistí monitoringem, se zvolí typ čištění – strojové, mechanické nebo vysokotlakým vodním paprskem. Mechanické čištění může být doplněno podle potřeby výplachem, kdy díky hydraulickému účinku budou vyplaveny nečistoty ven z potrubí do montážních jam. Vhodným vybavením (např. kotoučová pila) se provede v montážních jamách výřez stávajícího potrubí a připraví se pro zavedení technologie čištění. K mechanickému čištění se používají rotační škrabáky s řetězovou frézou, protisknuty a stírací gumy. Pro konečné vyhlazení vnitřního povrchu potrubí lze použít vytěrák. Při zjištění větších překážek (šrouby, hrubé příčné svary) je vhodné tyto odfrézovat kanalizačním robotem. Robot se umístí na vozík a pomocí navijáku se zatáhne do potrubí. Tažná síla robotu se pohybuje kolem 1,5 tuny (záleží na typu výrobku). Čištění může probíhat v několika cyklech podle míry inkrustace a nároků na vyčištěné potrubí pro zatažení vložky. Po čištění znovu opět potrubí zkontrolujeme kamerou. Před samotnou sanací je nutné provést tzv. kalibraci. Vyčištěným potrubím se protáhne polyetylenový válec o vhodném průměru (odpovídá vnitřnímu průměru potrubí, vhodný průměr je cca 2 % větší než zatahovaná vložka) a délce cca 1,5 metru. Cílem kalibrace je vyloučení výraznější ovality původního potrubí, která by znemožnila provedení sanace. Zároveň protažení válce prokáže, zda je potrubí dokonale vyčištěno a nebudou při zatažení vznikat vrypy do nového potrubí. V případě, že dojde k vrypům, je zapotřebí čištění opakovat. (Šedivá, 2010)



Obr.č. 6 a,b: Čištění potrubí – a) čistící vybavení, b) výřez na potrubí (© Maiová,2011)

Čištění vysokotlakým (vysokorychlostním) paprskem:

Čištění vysokotlakým paprskem je výrazně účinnější než mechanické čištění, ve většině případů není třeba ho vícekrát opakovat. Nevýhodou jsou vysoké provozní náklady, tudíž se ve většině případů setkáváme s čištěním mechanickým.

Jedná se o proud vody usměrněný tryskou o minimálním přetlaku 500 barů. Cílem čištění je znovuzprůchodnění zainkrustovaného ocelového nebo litinového potrubí před jeho sanací. Dokonalé čištění musí být provedeno před prováděním sanačních prací vložkováním i cementovou vystýlkou. Je jedním z několika bodů, který se podepisuje pod kvalitu konečného díla. Samotné čištění se provádí podle dimenze stávajícího potrubí. Pro menší průměry potrubí (cca do DN 300 mm) se používá rotační hlavice s jednoduchými tryskami, která se zatáhne středem potrubí a spustí. U větších dimenzí, aby se dosáhlo většího plošného efektu, se používá hlavice opatřená dvěma rameny s rotujícími tryskami. Zároveň se u větších dimenzí může použít pro upevnění rotační hlavy speciální akumulátorový vozík s plynulou regulací rychlosti pojezdu. Pracovní tlak se volí podle tvrdosti a velikosti inkrustace a samozřejmě podle typu sanace, která bude následovat. Například pro technologii Swagelining je vyžadováno potrubí vyčištěné téměř na čistý kov. Jakákoliv nečistota by mohla být zdrojem poničení PE vložky. Obráceně u cementové vystýlky nejsou zbytky koroze na závadu. Uvolněný materiál z čištění zůstává téměř všechen v potrubí. Pomocí speciálního čistícího vozu se tento materiál z potrubí vytěží. (Lázníček, 2010)

6.2.4 Příprava technologie zatažení

Po vyčištění potrubí se umístí zatahovací technologii do připravených montážních jam. V případě technologie Swagelining se do startovací a cílové jámy nainstalují opěrné ocelové desky, čímž se zajistí stabilita zatahovacího stroje a stávajícího potrubí. V případě, že sanované potrubí je ocelové, desky se navaří přímo na potrubí, v případě litinového desky zabetonujeme do opěrných bloků. Podle délky sanovaného úseku se musí zajistit příslušný počet tažných tyčí popř. dostatečnou délku navijáku, které se zatáhne do potrubí. Ve fázi plánování a přípravy je důležité rozdělit celou sanovanou délku na jednotlivé úseky podle směrových a výškových lomů na přímé úseky. Zároveň se zvažují možnosti vstupů na pozemky. V dnešní

době se velmi často potýkáme s faktem, že vodovodní přivaděče byly postaveny v dobách, kdy pozemky patřily de facto státu, ale po restitucích v 90. letech došlo k navrácení původním vlastníkům a tím i k problémům se získáním oprávněných ke vstupu na pozemek. (Rameil, 2007)



Obr.č. 7: Příprava zatahovacího stroje Grundoburst 2500 (© Maiová,2011)

6.2.5 Ukončení sanace

Po propojení stávajícího potrubí s novým se provede podle druhu potrubí a požadavků investora potřebné zkoušky. Jedná se o zkoušky těsnosti, tlakové zkoušky a u pitné vody o bakteriologický rozbor po dezinfekci. Po úspěšných zkouškách se uvede potrubí do provozu a provede se geodetické zaměření propojů a všech nainstalovaných prvků. Na závěr se položí signalizační vodič a montážní jámy se zasypou vhodným zásypovým materiálem, případně se zásyp dostatečně zhutní podle místa, kde je potrubí uloženo. Posledním úkonem bývá uvedení povrchů do původního stavu, popř. osazení orientačních tabulek.

6.3 Technologické postupy jednotlivých bezvýkopových technologií

6.3.1 Zatažení nového potrubí

Relining

Technologie Relining patří k nejrozšířenějším a ve většině případů k nejlevnějším. Jedná se o technologii zatažení nového samonosného potrubí o menším průměru do stávajícího potrubí, které již nevyhovuje provozním potřebám po stránce

hydraulické či po stránce těsnosti. Negativním faktorem je, že zatažením nového menšího potrubí dojde ke snížení průtočnosti řadu. Tento negativní jev může být naopak v některých případech přínosem. Mnoho řadů je předdimenzováno a snížením dimenze zvýšíme jednak kvalitu vody a snížíme provozní náklady. Navíc, za předpokladu, že dojde k použití vhodného potrubí (např. HD PE), získáme nový řad s maximálně prodlouženou životností a s výrazně lepšími hydraulickými vlastnostmi než u původního potrubí. Původní potrubí bývá nejčastěji ocelové nebo litinové, řidčeji azbestocementové. Vzhledem k tomu, že kovová potrubí jsou náchylná k inkrustaci, je třeba před zatažením nového potrubí původní vyčistit od inkrust a nánosů. Kvalita čištění záleží také na typu nového potrubí, které se bude zatahovat. Například použije-li se pouze „obyčejné“ polyetylenové potrubí, je třeba stávající potrubí zbavit veškerých inkrust, které by mohly během pokládky a následně v průběhu provozování vytvářet tzv. bodové zatížení, a tím vytvářet ohnisko pro případné poruchy. Ideálnější je však použití potrubí ze speciálního polyetylenu nejlépe opatřeného ochranným pláštěm, u litinového potrubí je to vnější ochranná cementová vrstva. Tyto vrstvy chrání jádro trubky proti mechanickému poškození, ale i proti případným tlakům v důsledku nevyčištěných inkrust. Při pokládce lze zatahované potrubí opatřit středícími kroužky, aby potrubí nebylo taženo bezprostředně po původním potrubí. Zvolené potrubí se připraví do potřebné délky podle zatahovaného úseku a připevní se pomocí tažné hlavy k zatahovacímu lanu navijáku, které se protáhlo renovovaným potrubím. Následně se přistoupí k samotnému zatahování, postupuje se od startovací do cílové jámy. V cílové jámě, resp. na povrchu nad výkopem, je umístěn zatahovací naviják a navíjením protaženého lana dochází k zatažení nového potrubí. (Grafenauer, 2010)

Rozsah a použití této technologie je dán především trasou původního potrubí – směrové a výškové lomy, které nám určují také délku sanovaných úseků. Omezení maximální délky vychází z použitých materiálů a opět z možností, resp. z vybavení zhotovitelské firmy. Omezením, mimo trasy, bývá samotná váha nového zatahovaného potrubí a délka použitého navijáku, kterými zhotovitel disponuje. Zároveň nesmí být překročena povolená tažná síla, kterou udává výrobce potrubí. Pro snížení třecích sil se používají speciální válečky, po kterých se potrubí posouvá při zatahování a zároveň je možné použít speciální polymery jako mazadla, která

snížují třecí sílu v potrubí. Důležitým aspektem pro dosažení nejlepšího výsledku je jednak správné čištění a dodržení všech technologických postupů, tak i zajištění správného vytyčení uložení původního potrubí. (Berrouk, 2008)

Pokládka v několika stupních:

1. příprava startovacích, cílových a montážních jam,
2. inspekce původního potrubí – monitoring trasy,
3. vyčištění původního potrubí od inkrust,
4. zatažení lana (navijáku) do potrubí,
5. protažení nového potrubí,
6. ukončení – propojení se stávajícím řadem,
7. tlaková zkouška.



Obr.č.8: Zatažené PE potrubí d 315 mm do stávajícího ocelového řadu DN 400 mm, Mělník

(© Maiová,2009)

Swagelining

Jedná se technologii Close Fit, kdy je původní potrubí sanováno zatažením nového polyetylenového potrubí s vhodným modulem pružnosti. Princip technologie spočívá v tom, že do určitého vnitřního průměru původního potrubí se zatáhne nové potrubí o minimálně stejném průměru popř. o něco větším (myšleno vnější průměr polyetylenového potrubí), čímž se dosáhne efektu Close Fit, tzn. stoprocentní přilnutí ke stěně původního potrubí bez vzniku jakéhokoliv mezikruží. Pro zatažení tzv.

„stejně dimenze do stejné dimenze“ se využívá vysoké flexibility polyetylenového potrubí a zároveň redukčního kroužku umístěného ve startovací jámě, kde dochází k redukci vnějšího průměru o 8–12%. Deformace je částečně trvalá (cca 1/3) a další dvě třetiny se postupně vrátí zpět do původního stavu. Výhodou této technologie je zachování co možná největšího vnitřního průměru a zatažení samonosného potrubí, které je vyrobeno za přísných a kontrolovatelných podmínek ve výrobním závodě. Délka sanovaných úseků je omezena typem trasy – směrové a výškové lomy. Sanace je vhodná pro větší dimenze tlakových vodovodních řadů. Zároveň lze využít spolupůsobení nového potrubí se stávajícím a snížit tak potřebu tlakové řady nového potrubí a tím snížit i finanční náklady vynaložené na nákup nového potrubí. Metoda se používá především pro sanaci tlakových vodovodních a plynovodních potrubí větších průměrů, a to až do DN 1200 mm. Pro tuto technologii je nutné použít polyetylenové potrubí PE HD s vysokým modulem pružnosti v tahu – 900 MPa. Momentálně této potřebě odpovídá pouze potrubí, které je vyrobeno z granulát Hostalen CRP 100 black. Na základě požadavků provozovatele se navrhne vhodná tlaková řada nového potrubí. (Singer, Allmann, 2009)

Postup je obdobný jako u metody Relining, avšak při této technologii je nezbytná 100% znalost stávajícího potrubí. Není dostačující znát pouze stav vnitřního povrchu, ale na základě přesného změření vnitřního průměru stávající trubky se navrhuje vhodná dimenze nového zatahovaného potrubí. Výpočtem se určí stupeň jeho plánovaného smrštění před zatažením. V zásadě je nutné PE potrubí smrstit tak, aby byla při zatahování dostatečná vůle mezi potrubími a zároveň, aby po zpětném roztažení PE potrubí stoprocentně přilnulo k potrubí sanovanému. Tím se dosáhne efektu Close Fit. Při smršťování a zpětném roztahování PE potrubí platí rozdělení deformací na třetiny. Jedna třetina deformace se vrátí okamžitě za redukčním kroužkem, druhá třetina po zatažení a uvolnění PE potrubí. Třetí třetina deformace je deformace nevratná. Aby tento princip fungoval, pohybuje se redukce PE potrubí mezi 8–15 %. Redukce se spočítá speciálním softwarem, kterým disponují zhotovitelé firmy na základě licence vydané provozovatel této technologie. Výstupem jsou hodnoty elastických a plastických deformací a tažné síly, díky kterým je dosaženo potřebné redukce polyetylenového potrubí. Tažné síly nesmějí překročit maximální povolené tažné síly uváděné výrobcem potrubí.

V návaznosti na předchozí přípravu je znám stávající stav a vlastnosti nového potrubí (dimenze, váha, tažné síly). Následně se vybere vhodné vybavení pro provedení sanace. V první fázi se svařením jednotlivých trub připraví tzv. svařenec pro zatahování. Délka svařence odpovídá délce sanovaných úseků. Počítá se s určitou rezervou pro protažení do montážních jam a následné spojení mezi sebou. Svařování probíhá pomocí metody na tupo, v montážních jamách se pro propoje používají elektrospojky. Na závěr se na svařenec navaří tažná hlava. U této sanační technologie je důležité odstranit vhodným nástrojem vnější návarek a to beze zbytku. Při nedostatečném odstranění návarku, funguje jeho hrana jako slabé místo na svařenci a v extrémním případě může při sanaci dojít k protržení svařence. Po navaření tažné hlavy a odstranění vnějšího návarku je potrubí připraveno k zatažení do potrubí určeného k sanaci. (Drábek, 2010)



Obr. č.9: Svár na tupo a) správně odstraněn návarek, b) nesprávně odstraněn návarek

(© Maiová 2011)

Přípravné práce:

- Výroba zatahovací hlavy z PE materiálu podle zvoleného potrubí.
- Objednání výroby opěrných ocelových desek do startovací a cílové jámy (v případě ocelového potrubí desky navařujeme na sanované potrubí, u litinového zabetonujeme do bloků)
- Podle vypočtené tažné síly zvolení vhodného tažné zařízení (např. Grundoburst 400G s maximální tažnou silou 40 t) a podle délky sanovaného úseku potřebný počet tažných „trhacích“ tyčí

- Příprava rámové konstrukce k zajištění vytažení PE potrubí v cílové jámě
- Výroba smršťovacího rámu do startovací jámy a redukčního prstence
- Příprava vhodného expandéru na roztažení tažné hlavy (používá se vždy před zatahováním dalšího úseku a na roztažení potrubí před propojením elektrotvarovkami v montážních jámách)
- Výroba vymežovacího ocelového prstence (zasunuje se pro stabilitu do roztaženého potrubí před svařováním elektrotvarovkou)

Vlastní sanace:

Po instalaci opěrných desek může započít vlastní sanace. Do cílové jámy se osadí vzpěrný rám, umožňující vytažení PE potrubí s potřebnou rezervou. Při dotvarování potrubí po zatažení se potrubí z části vtáhne zpět do sanovaného potrubí. Za rám se umístí vlastní tažné zařízení včetně hydraulické stanice, která je součástí stroje. Stroj se musí osadit kolmo na osu sanovaného potrubí, aby docházelo ke správnému zatahování. Pomocí dostatečně velkého navijáku se protáhnou do startovací jámy tažné tyče se zámkem a kolmo na osu potrubí se osadí smršťovací rám s hydraulickou stanicí. Následně se k němu dopraví svařenec a upne se tažnou hlavu pomocí zámkového spoje za první tažnou tyč.



Obr.č.10: Startovací jáma, Chrudim (© Maiová 2009)



Obr.č.11: Cílová jáma, Karviná (© Maiová 2011)

Svařenec se začne pomalu zatahovat a opatrnou manipulací pomocí zatahovacího stroje, bagru a hydraulického přítlačného kuželu se nasměruje na střed redukčního prstence. Před vstupem do redukčního prstence se svařenec promaže speciálními mazadly. Poté je možno zahájit vlastní zatahování. Obsluha zatahovacího stroje v cílové jámě monitoruje tažné síly a hlídá, aby nedošlo k jejich překročení. V ideálních podmínkách dosahuje rychlost zatahování 1 m/min. Svařenec se v cílové jámě vytáhne ze sanovaného potrubí zhruba o 4 – 6 metrů. Po protažení se demontuje redukční prstenec ve startovací jámě a potrubí zůstává upnuto v tažném stroji po dobu cca 24 hodin. Po této době se potrubí zrelaxuje – dojde ke zkrácení a vrácení jedné třetiny deformace. Následně se demontuje technologie, a aby nedošlo k nežádoucímu pohybu PE potrubí, navaří se pomocí svařovacích rohoží na hrany výřezu PE dorazy.

Sanované úseky se propojují v montážních jámách vsazením PE potrubí stejné dimenze a svařením pomocí elektrotvarovky. Vzhledem k tomu, že zatažené potrubí je smrštěné, musí se pomocí expandéru před svařováním roztáhnout na původní vnější průměr. Pro stabilitu roztažení (zachování průměru po roztažení) se do potrubí vloží vymezovací prstenec. ([eds], GSTT, 2010)



Obr.č. 12: Vymezovací prstenec, Obr. č. 13: Doraz PE potrubí / ocelové potrubí (© Maiová 2011)



Obr.č. 14: Propoj s armaturou pomocí lemového nákržku, Obr. č. 15: Vysazení odbočky pomocí elektrotvarovky (© Maiová 2011)

6.3.2 Zatažení zdeformované (složené) PE trubky

Tato technologie spočívá v zatažení nové polyetylenové vložky vyrobené ze standardního PE HD materiálu. Potrubí se vyrábí v běžném kruhovém průřezu a bezprostředně po výrobě se při dané teplotě a tlaku zdeformuje do průřezu určitého písmene podle konkrétního výrobce (U, C,...). Jedná se o kruhovou deformaci, která umožní potrubí po výrobě navinout na speciální bubny v cca 100metrových délkách a následně pohodlně zatáhnout do sanovaného potrubí. Délka navíjeného množství koresponduje s navrženou délkou sanovaných úseků. Tím se dosáhne snížení počtu svarů na potrubí. Díky těmto stavebním délkám lze sanovat i obtížně přístupné řady. Samotnému zatažení předchází vyčištění stávajícího potrubí tzv. na kov (viz Kapitola 6.2.3 Čištění stávajícího potrubí). Po zatažení zdeformovaného potrubí se uzavřou oba volné konce a do potrubí se zavede pára

a příslušný tlak. U potrubí dojde k nastartování procesu tvarové paměti a trubka se vrátí do původního kruhového stavu. Po dotvarování se potrubí ochladí stlačeným vzduchem a přitlačí se k vnitřní stěně starého potrubí, čímž dojde ke stoprocentnímu přilnutí a vytvoření efektu Close Fit. Tato technologie patří mezi nezávislé a interaktivní vložky s dostatečnou kruhovou tuhostí a samostatně přenáší veškerá zatížení v rekonstruovaném potrubí po celou dobu životnosti potrubí. Výsledná vložka je samonosná a její životnost je stejná jako u klasicky vyráběného PE potrubí, což je minimálně 50 let. (Elzink, 2011)



Obr. č. 16: PE vložka a) před a b) po vytvrzení párou a tlakem (Wavin)

Postup prací:

- vyčištění potrubí,
- monitoring potrubí,
- zjistí-li se na trase překážka (deformace na potrubí, výstupek zasahující dovnitř profilu atd.) pro zatažení PE vložky, následuje proces odfrézování,
- nepovede-li se odstranění překážky frézou, musí se toto místo vykopat a odstranit překážku ručně,
- ztažení PE vložky,
- propaření s následným ochlazením jednotlivých úseků,
- propojení úseků.
- provedení přechodu napojení na jiná potrubí, montáž armatur,

- po ukončení celého díla se může pořídit monitoring opraveného potrubí.

Tab. č. 8: Příklad dostupných průměrů vložek a jejich expanze (Wavin, 05/2011)

DN [mm]	Nominální tloušťka stěny [mm]			Rozsah expanze trubky [mm]	Max. délka navinuté trubky [m]
	SDR 32	SDR 26	SDR 17	PE 100	
100	3,2	3,9	5,9	96–100	600
150	4,7	5,8	8,9	144–155	600
200	7,1	8,7	13,3	215–228	330
300	9,4	11,6	17,7	286–303	210
400	12,5	15,4	23,6	381–404	135
450	14,1	17,4	-	432–458	100
500	15,7	19,3	-	480–509	100

Při této technologii lze velmi efektivně využít flexibility PE materiálu a tím eliminovat množství oblouků na trase. Počítá se s tzv. poloměrem ohybu, z kterého vyplývají přípustné ohyby. V tabulce níže je uveden rámcový přehled podle výrobce Wavin, výrobek Compact Pipe.

Tab. č. 9: Minimální poloměr ohyb (zdroj: Wavin, 05/2011)

Úhel změny směru	Minimální poloměr ohybu PE vložky
$\leq 22,5^\circ$	bez omezení
$\leq 45^\circ$	5 x DN PE vložky
$\leq 90^\circ$	8 x DN PE vložky



Obr. č. 17: Navinutá PE vložka připravená k zatažení (Zeppris)

6.3.3 Destruktivní technologie

Pipe Burstlining

Metoda Pipe Burstlining spočívá v roztržení nebo rozříznutí stávajícího potrubí a současném zatažení nového potrubí ve stávající trase. Touto technologií se mohou v podstatě sanovat téměř veškeré kanalizační, vodovodní a plynovodní řady z kameniny, betonu, oceli, litiny, azbestocementu a plastových materiálů. Pokládka je založena na rozříznutí (rozbití) původního potrubí pomocí řezací (destruující)

hlavy a následného rozšíření roztahovací (rozšiřovací) hlavou, která nám zajistí zvětšení prostoru pro zatažení nového potrubí. V případě houževnatého materiálu (ocel, plastové potrubí) nám zajistí dostatečné rozevření původní trubky, v případě křehkého materiálu (šedá litina, kamenina...) nám zajistí vytlačení střepů do okolní zeminy. Obě hlavy jsou pevně spojeny s novým potrubím. Výhodou této technologie je zachování popřípadě zvětšení dimenze potrubí. V případě azbestocementového potrubí nám na víc odpadá ekologická likvidace a ohrožení na životech pracovníků, kteří by s tímto potrubím manipulovali za předpokladu klasické výměny výkopem. Nezanedbatelnou výhodou je bezesporu fakt, že oproti předchozím zmiňovaným technologiím lze vynechat fázi čištění potrubí a odstraňování inkrust. Touto technologií lze položit i několik set metrů potrubí najednou. Je však nutné správně zvolit tažný stroj, resp. jeho maximální tažnou sílu a odpovídající materiál nového potrubí. (Maxa, 2011)

Dynamický Burstlining

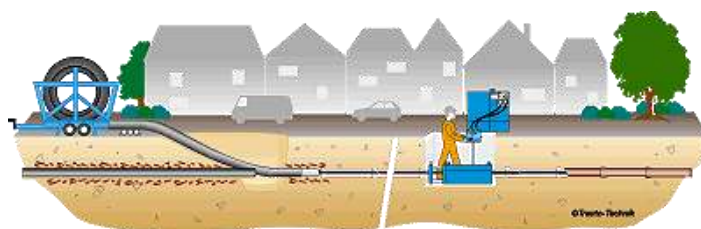
Byl vyvinut z používání podzemní rakety s rozšiřovací hlavou. Vzhledem k tomu, že inženýrské sítě jsou ukládány do podzemí ve velké blízkosti, hrozí u dynamického Burstliningu porušení sousedních sítí v důsledku otřesů, proto je jeho používání omezené. Roztržení potrubí zajišťuje síla vyvíjena podélně pneumatickým kladivem, které je poháněno kompresorem nebo hydraulickým rozvodem. V cílové jámě se umístí tažné zařízení a pomocí navijáku protaženého starým potrubím se zatahuje nové potrubí opatřené řezací a roztahovací hlavou. Technologie je vhodná pro silně stlačitelné a zhutnitelné zeminy.



Obr. č. 18: Dynamický Burstlining (Interglobal duo s.r.o.)

Statický Burstlining

Při statickém Burstliningu se pomocí tažných tyčí, které se protáhnou původním potrubím z cílové do startující jámy a následným přitahováním do cílové jámy, zatahuje nové potrubí. Na trhací hlavu působí axiální síly přenášené tažnými tyčemi. Tažné zařízení se opírá o stěny cílové jámy.



Obr. č. 19: Statický Burstlining (Interglobal duo s.r.o.)

Statický Burstlining se ještě dělí na tzv. dlouhý a krátký. Dlouhý (Long Pipe Burstlining) se používá v případě sanace delších úseků, především u vodovodních řadů. Cílové a startovací jámy se umísťují podle potřeby na trase ve vzdálenosti několika set metrů. Krátký Burstlining (Short Line Burstlining) je vhodný pro rekonstrukci kanalizačních řadů tzv. od šachty k šachtě, kdy se jako startovací a cílové jámy využívají stávající kanalizační šachty. (Ertelt, [eds], 2008)



Obr. č. 20: Příprava potrubí pro zatažení technologií Long Pipe Burstlining; Endtebrück, Německo, denně zde bylo zrekonstruováno cca 200 metrů řadu (Tracto - Technik)

Podle umístění a počtu řezacích břitů se rozlišují různé typy trhacích hlav. Dalším rozlišovacím znakem je typ materiálu, který se sanuje. Vzhledem k tomu, že každý materiál se při trhání chová jinak (viz obr. č. 21, 22, 23 b), pro kvalitní výsledek je důležité zvolit správnou trhací hlavu.



Obr. č. 21 a),b): Trhací hlava pro potrubí betonové, kameninové a azbestocementové



Obr. č. 22 a), b): Trhací hlava pro potrubí ocelové, z šedé a tvárné litiny, z vyztuženého betonu



Obr. č. 23 a), b): Trhací hlava pro potrubí z polyethylenu a PVC

Technologický postup prací:

Prvním krokem je vybrat správný zatahovací stroj. Důležitým prvotním údajem je, jaké potrubí se bude rekonstruovat – materiál a dimenze. Vytyčí se sanovaný řad a zaznamená se podélný profil potrubí (např. pomocí kamerové prohlídky). Připraví se montážní jámy a nové potrubí, které se bude zatahovat. Do cílové jámy se umístí zatahovací stroj včetně tažných tyčí a následně se tyče protáhnou původním potrubím. V cílové jámě se k tyčím připevní nové potrubí opatřené tažnou (trhací) a roztahovací hlavou. Pro zajištění hladkého zatažení se může použít dvou roztahovacích hlav o různých velikostech (ideální v případě, že se zatahuje výrazně větší průměr potrubí nebo například se rekonstruuje polyethylenové potrubí). Po propojení nového potrubí s tažnými tyčemi se zahájí proces zatahování. Stroj

obsluhuje vyškolený pracovník, který je ve spojení s pracovníkem ve startovací jámě a neustále oba kontrolují průběh pokládky. Jako u všech předchozích technologií musí být dodrženy tažné síly pro dané potrubí, které udává jeho výrobce. (Scandinavian No Dig, 2012)

6.3.4 Vytlačení původního potrubí

Tato technologie poskytuje podobný výsledek jako technologie Pipe Burstlining. Lze zatáhnout potrubí až o dva řády vyšší, než je stávající průměr. Výhodou a zároveň nevýhodou je, že dochází k vytahování původního potrubí. Z pohledu provozovatelského se to jeví jako výhoda, žádné střepy nebo staré potrubí nepřekáží v okolí nového potrubí a není tak překážkou při případném vysazování odboček a přípojek. Zároveň nedochází k žádnému bodovému zatížení, a tím tak k riziku poškození, v důsledku střepin a ostrých hran z původního potrubí. Obráceně vytahování potrubí ze země přináší s sebou nevýhodu nutné likvidace vytaženého potrubí. V případě azbestocementového potrubí je tato metoda téměř nepoužitelná (z hygienických důvodů).

Touto technologií lze rekonstruovat průměry do DN 300 mm a jako nové potrubí se používá litinové nebo polyetylenové potrubí (nejlépe s ochranným pláštěm).

Technologie je vhodná do intavilánu i extravilánu, poněvadž jako předchozí nepotřebují příliš velké prostory pro zemní práce a vybavení. Z pohledu času dochází k prodlevám např. oproti Pipe Burstliningu, protože vytahované potrubí se musí v cílové jámě odřezávat a odvážet. Z pohledu vlivu na životní prostředí dochází k většímu zatížení a to právě z důvodu odvozu vytaženého potrubí.

Postup jednotlivých prací:

- vybudování staveniště,
- startovací a cílová jáma včetně vyhloubení šachet v místech armaturních uzlů a domovních přípojek,
- zajištění provizorního vodovodu,
- instalace tažného zařízení,
- zatažení tažných tyčí,
- vytažení starého a současně zatažení nového potrubí,

- likvidace vytaženého potrubí,
- demontáž tažného zařízení,
- uvedení do provozu.



Obr. č. 24: Zatahovací stroj (ČKV Praha)

6.3.5 Vnitřní úprava potrubí

Jedná se o nedestruktivní způsoby sanace stávajícího potrubí pomocí vytvoření vnitřní úpravy stěn potrubí. Cílem je zlepšení hydraulických vlastností a zvýšení kvality dodávané vody a zároveň prodloužení životnosti stávajícího řadu.

6.3.6 Cementace

Cementace patří k nejčastějším nedestruktivním úpravám stávajícího potrubí ve vodárenství. Aplikuje se tam, kde stávající potrubí nevykazuje plošnou nebo bodovou korozi, čili je stále plně funkční z pohledu únosnosti a těsnosti, nevyhovující je však vnitřní stav potrubí. Původní potrubí je zainkrustováno a díky tomu dochází ke snížení průtočnosti nebo se jedná o potrubí bez jakékoli vnitřní ochrany a vlivem proudění vody dochází k nežádoucím výluhům do pitné vody. Toto se velmi často projevuje například u ocelových potrubí bez vnitřní úpravy, které se používaly především v 80. letech. Tehdy se omezilo používání potrubí s asfaltovými nástřiky z důvodu možné reakce chloru obsaženého v dopravované pitné vodě se zmiňovaným nástřikem a následného vyloučení škodlivých látek do pitné vody. Toto ale mělo za následek nárůst tvorby inkrustů. Důsledkem nárůstu inkrustů není pouze snížená průtočnost, ale i zhoršená kvalita dopravované vody v důsledku výluhů železa do dopravované vody.

Cementace je vhodná pro sanaci ocelových, litinových, azbestocementových i betonových potrubí v dimenzích od DN 80 mm do DN 2500 mm. Technologie se nedoporučuje používat pro plastová potrubí. Základní princip cementace spočívá ve využití odstředivé síly vznikající po obvodě rotujícího tělesa (rozstřikovací hlavy cementačního zařízení) odstředivým nanášením cementové malty. Cementaci se dělí podle velikosti sanované dimenze na malou a velkou.

Malá cementace – pro průměry DN 80–600 mm:

- cementační hlavici umístíme do středícího zařízení tzv. středící sáňky a připojíme axiální ojí k vlečnému lanu,
- technologicky vhodné vzdálenosti se pohybují od 120 m do 150 m.

Velká cementace – pro průměry DN 600–2500 mm:

- vystředění cementační hlavice se zajistí pomocí výměnné nápravy cementovacího zařízení,
- stroj je vybaven vlastním pohonem (není třeba ho táhnout pomocí vrátku),
- technologicky vhodné vzdálenosti se pohybují od 120 m do 150 m, max. 300 m.

Technologický postup

Sanované potrubí se v první řadě odstaví z provozu, obnaží se a vybudují se pracovní jámy. Jako u předchozích technologií se provede odpovídající čištění. Musí se dbát na to, aby čištěním nedošlo k porušení potrubí nebo ke zhoršení jeho statických parametrů. Čištěním potrubí se zbaví veškerých překážek a samozřejmě inkrustace. Následně se provede inspekce, která se může znamenat v podobě tištěných protokolů, popř. na DVD. Zavede se technologické zařízení (musí být umístěné v ose potrubí) – cementační hlavice spojená s míchacím centrem, která je připojená na lano tažného zařízení (vrátku) s regulovanou rychlostí navíjení lana. Tažné lano je pevně spojeno s tlakovou hadicí. Poté se zahájí vlastní cementace. Přísady do míchačky se dávkuje přes síto a pomocí tlakového čerpadla se vhájí směs do cementační hlavice, kde její rotací probíhá nanášení na stěny potrubí. Aby se docílilo stejnoměrného nanášení, musí se dodržovat předepsané rychlosti pohybu cementačního stroje. Pro hladký povrch se může provedený nástřík uhladit

kuželovými hladítky nebo rotujícími lopatkami. Zvlášť se provádí cementace kolen a oblouků. Ta bývá prováděna u menších průměrů ručně, u větších strojově. Před zatuhnutím vystýlky se zprůchodní stávající přípojky a zajistí se sanovaný úsek proti vysychání (uzavřeme oba konce potrubí). Tvrdnutí nanesené směsi musí probíhat za dostatečné vlhkosti (potrubí můžeme zavodnit) a vyhovující teploty, tj. více jak 5° C. Potrubí s čerstvou vystýlkou je nutné chránit proti intenzivnímu slunečnímu záření a mrazu. Na závěr je vhodné provést kontrolu kamerou, v případě, že je vše v pořádku, potrubí se propláchne a uvede do provozu. Jednotlivé sanované úseky by měly být co nejdříve naplněny vodou (nejdříve však za 24 hodin).

Při míchání směsi musí být množství záměsové vody takové, aby vznikla zpracovatelná a čerpatelná směs, jejíž vlhkost umožní přilnutí malty k vnitřní stěně potrubí. Při změně použitých materiálů je nutné provést zkoušky konzistence.

Veškeré používané materiály a způsob jejich užití musí odpovídat požadavkům na kvalitu výsledného díla. V případě sanace potrubí, které slouží pro dopravu pitné vody, musí být použity materiály splňující požadavky styku s pitnou vodou podle vyhlášky MZ č. 37/2001 Sb.

Návrh tloušťky vystýlky vyplývá mimo průměru potrubí z jeho stavu, provozních tlaků a chemických vlastností dopravovaného media. Níže v tabulce č. 10 jsou uvedeny orientační tloušťky cementové vystýlky podle typu potrubí. (K2Aquecon, 2012)

Tab. č. 10.: Tloušťky cementové vystýlky

Průměr potrubí [mm]	Litínové potrubí [mm]	Ocelové potrubí [mm]
DN 80 – 300	3–4	5–6
DN 300 – 800	4–7	6–8
DN 800 – 2500	7–12	9–12

Složení cementové malty:

- cement portlandský nebo struskoportlandský řady 32,5 nebo 42,5,
- křemenný písek o velikosti zrn do 2 mm; musí být čistý a pevný bez nežádoucích příměsí (jíl, prach, hlína...) a škodlivých látek (olejovité látky,...),
- voda – musí být nezávadná; používáme převážně pitnou vodu z místních rozvodů.

Dávkování cementu a kameniva: 1 : 1, popř. 1 : 1,5

Vodní součinitel: 0,35 - 0,5

Technické vybavení:

- vystýlací souprava, která je opatřena vodíciými lyžinami a poháněna vzduchem
- tlakové hadice na maltu; spojky musí být pro provozní tlak 80 bar,
- míchačka – šnekové čerpadlo
- kompr,esor
- vrátek,
- sada čistících nástrojů pro každý profil potrubí,
- nákladní automobil – pro převoz strojů a zařízení,
- další vybavení – drobné stroje, nástroje a materiál.

Chemická odolnost:

Cementové vystýlky prováděné z materiálů výše uvedených odolávají kyselým vodám až do pH 5, agresivnímu kysličníku uhličitému do 50 až 60 mg/l a síranovým vodám do 400 mg SO₄/l.

Fyzikální odolnost:

Vzhledem k tomu, že mezi ocelovou trubkou a cementovou vystýlkou dojde k chemické reakci a k jejich propojení, je cementová vrstva velmi odolná proti mechanickému zatížení. Podle prováděných testů odolává vystýlka i 18 % stlačení ocelové trubky.

Výhody cementové vystýlky:

- zabránění vylučování a usazování minerálních látek a tím zamezení tvorby inkrustace a usazenin,
- ochrana vnitřních stran potrubí před korozí,
- hygienická nezávadnost a zajištění stále kvality dopravované vody (brání vyluhování a vyplavování minerálních a chemických látek z vnitřních stran potrubí),
- zlepšení hydraulických vlastností (dochází k tzv. vyhojení trhlin ve vystýlce; jedná se o samovolný jev, kdy dochází k přemísťování molekul CaCO_3 z výstupků do trhlinek a díky tomu dochází k vyhlazení cementového povrchu).

Nevýhody cementové vystýlky:

- lze použít pouze v případě, že sanované potrubí je v dobrém statickém stavu bez plošné a výrazné bodové koroze,
- zpomalí pouze proces koroze, prodloužení životnosti takového řadu je plně závislé na kvalitě stávajícího řadu,
- kratší životnost, která je ovlivněna kvalitou proudícího média.



Obr. č. 25: Pohled do vycementovaného potrubí, Tanvald (©Šedová)

6.4 Pryskyřicové vystýlky

Tato technologie se používá k rekonstrukci vodovodů a kanalizací, a to i vejdřítých tvarů. Jedná se o speciální epoxidové pryskyřicové rukávce, které musí splňovat

požadavky hygienické nezávadnosti pro styk s pitnou vodou. Technologie spočívá v zatažení rukávce do stávajícího sanovaného potrubí a následně k jeho vytvrzení horkou vodou nebo UV zážřením. Na základě monitoringu stávajícího potrubí se navrhne potřebná délka, průměr a tloušťka rukávce vycházející z tlakových požadavků sanovaného řadu. Bezprostředně několik hodin před samotnou aplikací dochází k nasycení rukávce pryskyřicí (ve výrobním závodě, popř. na stavbě) a následně se rukávec dopraví v chladícím voze na místo stavby. Musí být dodrženy transportní podmínky (teplota, čas), aby nedošlo k degradaci materiálu.

Postup prací:

1. Inverzování

Zavádění rukávce do sanovaného potrubí se provádí tzv. inverzováním – převrácením vložky po její podélné ose. Pomocí vystavěné inverzní věže se přes její horní část spustí vložka do šachty na řadu. Vložka je upevněna páskovinou k inverzní trubce (kolenu) na vstupní části potrubí a napouštěna vodou z hydrantu. Vytvoří se tak vodní sloupec, jehož tíha postupně vtlačuje vložku do sanovaného úseku potrubí, až jej zcela zaplní. V důsledku tlaku vody uvnitř vložky přilnou její stěny ke stěnám sanovaného potrubí.

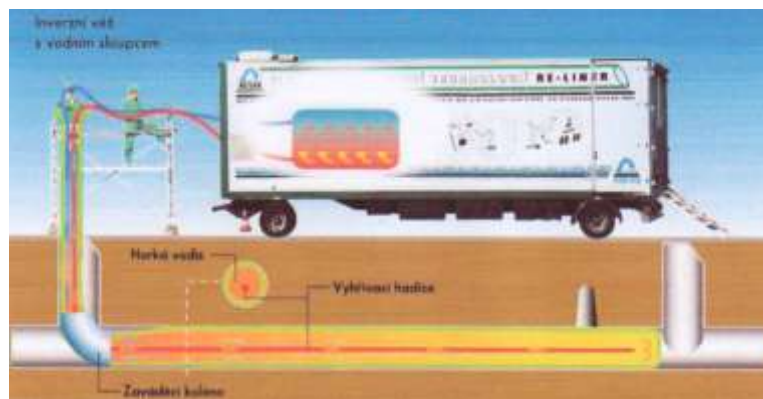


Obr. č. 26: Inverzování (Revak s.r.o.)

2. Vytvrzování

Po dosažení konce sanovaného úseku potrubí se pomocí hadic vytvoří v rukávci stálý oběh vody. Voda se čerpá přes ohřívací agregát umístěný v automobilové soupravě

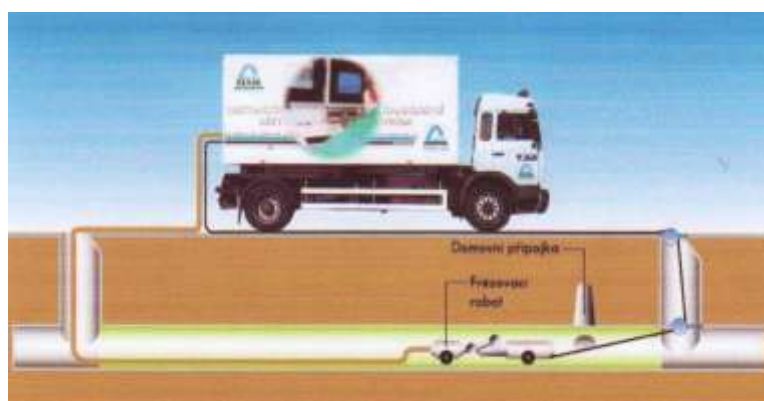
(koloně). Působením tepla na pryskyřici, již je rukávec nasycen, dochází k jeho vytvrzení. Po vytvrzení se provádí zkouška těsnosti. Po dokončení tohoto procesu se v montážních šachtách odříznou oba konce nově vzniklého potrubí a ohřátá voda se vypustí.



Obr. č. 27: Vytvrzování (Revak s.r.o.)

3. Dokončovací práce

Po zatažení a vytvrzení rukávce se pomocí robota nebo ručně vyříznou v pryskyřicové vložce otvory pro přípojky. Přípojky je možné za použití víceúčelového robota částečně vyvločkovat a utěsnit místo napojení na řad. Po ukončení všech prací se provede vyčištění nového potrubí – obvykle proplachem vodou a prohlídkou kamerou.



Obr. č. 28: Dokončovací práce (zdroj: Revak s.r.o.)

Výhody vystýlky:

- ochrana vnitřních stran potrubí před korozí,

- zlepšení hydraulických vlastností,
- možnost sanace větším směrových úhlů

Nevýhody cementové vystýlky:

- vysoká cena samonosného rukávce
- v případě využití nesamonosného rukávce nevýhody jako u cementace
- ve srovnání zatažení PE vložky dochází k výrobě samotného potrubí až na stavbě, mohou být nepříznivé klimatické podmínky
- výsledek je závislý na maximálním dodržení technologické postupu
- před aplikací nutnost vysušení potrubí. (Revak, 2012)

7. HODNOCENÍ VLIVU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

V době, kdy se napříč celým světem mluví o globálním oteplování, boji s důsledky klimatických změn, o snižování škodlivých imisí do životního prostředí, bychom při výběru stavebních technologií měli ekonomickou výhodnost posuzovat i s pohledu na případné poškození životního prostředí. Ekonomická efektivnost spočívá v porovnání součtu všech předpokládaných nároků na zdroje (finanční, lidské, prostředí) s předpokládanými přínosy (užitkem, zisky) na každou uvažovanou variantu řešení změny za celý cyklus, tedy od první myšlenky, přes její technickou realizaci, až po likvidaci objektu po dožití a uvedení prostředí do přijatelného projektovaného stavu. (Šrytr, [eds], 2001)

Stavební průmysl všeobecně spotřebovává velké množství fosilních paliv a mělo by být naším společným cílem toto množství snižovat. Pro volbu vhodného způsobu pokládky nám může posloužit výpočet vzdušných emisí.

7.1 Výpočet vzdušných emisí

Jedním z objektivních posouzení výhodnosti použití BT oproti pokládce otevřeným výkopem se stal výpočet vzdušných emisí vypuštěných do ovzduší v průběhu stavby. Všeobecně se hovoří o tom, že BT bývá vždy výrazně ekologičtější než jakákoliv stavba výkopem. Už laickým pohledem lze říci, že uvažuje-li se trasa o délce 200 metrů, která má být vykopána, budou zemní práce podstatně větší, než pokud se budou kopat pouze dvě montážní jámy o velikosti např. 2 x 7 metrů. Pro přesvědčení široké veřejnosti o výhodnosti, je třeba předvést konkrétní čísla. Za účelem výpočtu vzdušných emisí byl vynalezen komerčně dostupný kalkulátor e-CALC, který vyvinula Arizonská státní univerzita a společnost Vermeer Corporation. Kalkulátor slouží pro výpočet a porovnání předpokládaných emisí, které vzniknout při použití různých typů technologií pokládek. Je určen pro čtyři způsoby pokládek inženýrských sítí:

- klasická pokládka otevřeným výkopem,
- horizontální řízené vrtání (HDD),
- Pipe Burstlining,

- trenching (technologie na rozhraní bezvýkopové a výkopové technologie např. pluhování). (Nenadálková, 2011; Drábek, 2011)

Kalkulátor pracuje na velmi jednoduchém základě. Do excelovské tabulky se zadají požadované hodnoty o každém použitém stavebním stroji a vybavení při daném projektu a výsledkem jsou hodnoty vypouštěných znečišťujících látek stanovené Agenturou pro ochranu životního prostředí (EPA).

Nutné údaje o stavebních strojích:

- výkon stroje,
- model a rok výroby stroje,
- technologie motoru stroje,
- charakteristiky paliva (zejména obsah síry),
- využití moto hodiny (jak moc již byl stroj využíván).

Nutné údaje o vozidlech sloužících k přesunu hmot:

- model a rok výroby stroje,
- váha vozidla,
- kilometráž,
- charakteristiky paliva (zejména obsah síry),
- charakteristiky aktivity zařízení (výška provozování, počet jízd a ujetá vzdálenost při jízdě tam a zpět),
- vzdálenost v km.

EPA je vládní agentura Spojených států, která zodpovídá za ochranu zdraví a životního prostředí včetně ovzduší, vod a půdy. Stanovuje státní normy ochrany životního prostředí za použití hodnocení životního prostředí, výzkumu a vzdělávání. Poskytuje tzv. emisní faktory pro různá zařízení při stavbách inženýrských sítí podle používaného paliva a jejich výkonu v různých sekcích (EPA 1995). EPA shromáždila údaje o provozních charakteristikách různých stavebních zařízení a roztřídila motory na základě jejich výkonu. Emisní údaje jsou publikovány pro různé kategorie motorů provádějící různé činnosti. Kalkulátor vychází z emisních hodnot stanovených EPA v dokumentu AP – 42 z roku 1995 a přepočítává emise dle tříd motorů na základě jejich výkonů a katalyzátorů. Z pohledu EPA jsou

považovány dusík a oxid uhličitý za hlavní skleníkové plyny a kysličník dusíku, kysličník uhelnatý a uhlovodíky jsou považovány za důležité, protože jsou prekurzory (výchozí látka, z které vzniká chemickou přeměnou výsledný produkt) ozónu. ([eds], GSTT, 2010)

Výběr šesti nejvýznamnějších látek znečišťujících ovzduší podle EPA:

1. uhlovodíky (HC),
2. oxid uhelnatý (CO),
3. oxidy dusíku (NO_x),
4. pevné částice (PM),
5. oxid uhličitý (CO₂),
6. oxidy síry (SO_x).

7.2 Kritéria pro ekologické hodnocení BT

V posledních letech se vykytují různé odborné posudky, které se zabývají hodnocením bezvýkopových technologií z pohledu vlivu na životní prostředí. K nejzajímavějším lze řadit studii, kterou v loňském roce provedla společnost PKS TUZAR s.r.o. ve spolupráci s Českou společností pro bezvýkopové technologie a pod záštitou Státního fondu životního prostředí. Z této studie vyplývá, že budeme-li posuzovat pouze spotřebu pohonných hmot, je patrné, že při bezvýkopové technologii je spotřeba pohonných hmot 5x menší než při klasické výkopové metodě. Při použití bezvýkopové technologie dále odpadají nebo se významně snižují další faktory, které znepríjemňují životní podmínky v okolí stavby (doba provozu hlučných stavebních mechanismů při provádění zemních prací, objízdne trasy pro dopravu – v případě výstavby v menších obcích se může jednat až o mnohakilometrové objížďky, náklady na zpětnou úpravu povrchu terénu, doba výstavby). (Tuzar, Malečková, 2010)

Při výběru vhodného způsobu pokládky potrubí je třeba zvážit všechny faktory ovlivňující konečný zásah do životního prostředí a každý případ posuzovat individuálně.

8. KONKRÉTNÍ PŘÍPADY BT Z PRAXE

Pro diplomovou práci jsem si vybrala dva následující případy rekonstrukce vodovodního řadu, kde byla použita bezvýkopová technologie. Posoudím výběr BT a zároveň zhodnotím dopad na životní prostředí a to jak při použití BT, tak i, pro srovnání, při klasické pokládce výkopem. Výběr technologií pokládky zhodnotím také z finančního pohledu. K výběru těchto případů přispěl především fakt, že jsem částečně mohla být osobně přítomna v průběhu rekonstrukce na stavbě, podílela jsem se na realizaci a tím měla možnost posbírat velké množství poznatků přímo z místa dění.

8.1 Rekonstrukce vodovodního přivaděče Tanvald – VDJ Krásná

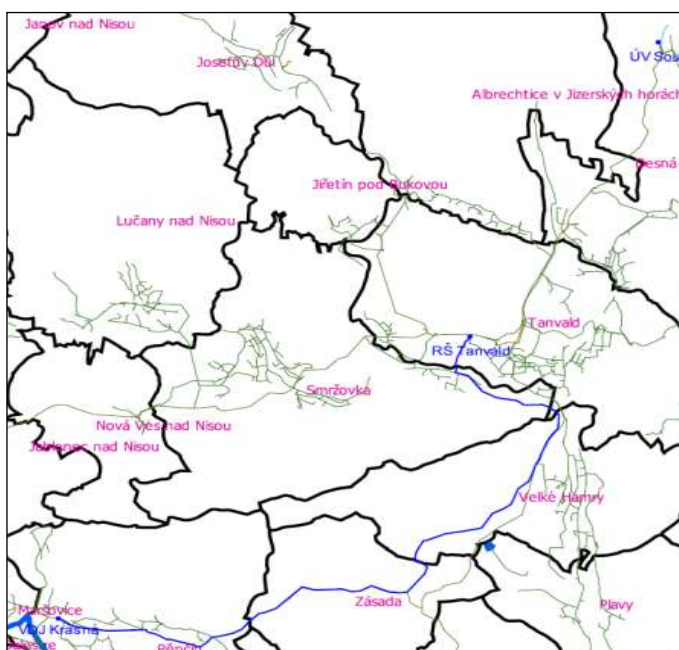
Lokalita:	Tanvald, Smržovka, Velké Hamry, Zásada, Hut', Jistebsko
Okres:	Jablonec nad Nisou
Kraj:	Liberecký
Vlastník infrastruktury:	Severočeská vodárenská společnost, a.s.
Provozovatel:	Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., distribuční závod Liberec
Původní potrubí:	ocel DN 300 mm bez vnitřního ochranného nátěru
Délka přivaděcího řadu:	11 947 metrů
Provozní tlak:	PN 10–25 bar
Terén:	kopcovitý
Hloubka uložení:	cca 1–3 metry
Objekty na trase:	12 vzdušниковých šachet 13 kalosvodních šachet

3 sekční šachty

3 odbočky (zásobování lokality Tanvald – Výšina, propoj s vodovodním přivaděčem Tanvald – Železný Brod, odbočka do VDJ Zásada)

Technologie rekonstrukce: vnitřní úprava potrubí - cementace

Termín stavby: 2009–2011



Obr. č. 29: Schéma vodovodního přivaděče RŠ Tanvald - VDJ Krásná, (označen modrou barvou)

8.1.1 Zhodnocení stavu před rekonstrukcí

Stávající vodovodní řad Tanvald – VDJ Krásná byl vybudován v roce 1985 jako součást tří investičních staveb „Zásada – vodovod“, „Pěňčín – vodovod“ a „Pěňčín – vodovod II“. Jedná se o jediný možný přívod pitné vody do oblasti Maršovice, Pěňčín, Tepeře a v případě potřeby i Železný Brod. Na začátku 80. let se pro výstavbu vodovodních přivaděčů používalo především ocelové potrubí bez vnitřního ochranného nátěru a zároveň se předpokládalo s nárůstem spotřeby pitné vody. Přivaděč Tanvald – VDJ Krásná byl tedy navržen na průtok 30–34 l/s.

Vzhledem k velkým úbytkům spotřeby vody v posledních dvaceti letech došlo ke snížení průtoku na pouhých 8-10 l/s o rychlosti cca 0,14 m/s, což způsobovalo delší zdržení vody v potrubí a uvolňování železa z nechráněného potrubí do dopravované pitné vody. Z tohoto důvodu pitná voda dlouhodobě nesplňovala mezní hodnotu ukazatele pitné vody stanovené vyhláškou č. 252/2004 Sb., v platném znění v ukazateli železa – MH Fe = 0,2 mg/l. Průměrná hodnota v ukazateli železa byla 0,47 mg/l. Překročí-li provozovatel tento limit, může požádat o udělení výjimky na dva roky za účelem hledání řešení nápravy. Této možnosti využil i provozovatel vodovodního přivaděče Tanvald – Krásná a v roce 2002 požádal o udělení výjimky Krajskou hygienickou stanicí Libereckého kraje. Tato udělila souhlas na dobu určitou, tj. tři roky, a to za předpokladu, že provozovatel bude pracovat na odstranění závady. O udělení této výjimky provozovatel požádal ještě dvakrát s konečnou platností odstranění závady do roku 2010. Důvodem opakované žádosti bylo hledání vhodného způsobu rekonstrukce přivaděče, a to především z důvodu vlastnických práv pozemků, přes které je přivaděč veden. Vodovodní přivaděč protíná šest katastrálních území – Tanvald, Smržovku, Velké Hamry, Zásadu, Huť a Jistebsko. Prochází různorodým terénem převážně mimo zástavbu – po loukách, polích, lesích, přes potoky, komunikace, lyžařskou sjezdovku a zahrady soukromých osob. Celkem je touto stavbou dotčeno 220 vlastníků pozemků. Tito všichni museli být samozřejmě před rekonstrukcí osloveni a museli vydat souhlas se vstupem na jejich pozemky. Vzhledem k tomu, že některé vlastníky nebylo jednoduché dohledat (restituenti, příslušníci cizí národnosti,...) a následně s nimi vyjednávat, trval celý proces přípravy několik let. Tato skutečnost také výrazně ovlivnila výběr technologie rekonstrukce a především při zvažování výkopových prací byla brána na zřetel souhlasná či nesouhlasná vyjádření vlastníků pozemků.

Pro získání výjimky musel provozovatel doložit následující dokumenty:

- hodnocení rizik pro zásobovanou oblast včetně znaleckého posudku zpracovaného autorizovanou osobou,
- přehled výsledků rozborů pitné vody v ukazateli Fe za určité období,
- množství zásobovaných obyvatel a podniků v oboru výroby a oběhu potravin.

V důsledku absence vnitřní ochrany potrubí docházelo po dobu provozování k nechtěnému a nevyhovujícímu výluhu železa do dopravované pitné vody. Zároveň docházelo k vysokému zainkrustování vnitřní stěny potrubí, což mělo za následek obtížnou manipulaci s řadem z pohledu provozování. Musel se velmi citlivě regulovat přítok, protože při změně rychlosti docházelo k přílišnému zakalení vody a následné odkalování činilo velké provozní problémy (např. kalníky vyúsťující na soukromých pozemcích popř. do říček a potoků charakteru pstruhových vod; napojené sádky a chovné stanice, které vyžadují v přítékající vodě nízké koncentrace organických látek, především nízké hodnoty $CHSK_{Mn}$). Odkalení přinášelo ještě další problém. Jednalo se o velké množství vypouštěné vody do přilehlých toků, které navyšovalo hladinu vodních toků v příslušné vodoteči, což znamenalo riziko vytopení přilehlých objektů.



Obr. č. 30: Vodovodní přivaděč Tanvald –Krásná před Cementací (© Šedová)

8.1.2 Proces rozhodování

V době (2004-2008), kdy se rozhodovalo o rekonstrukci vodovodu, posuzovali zástupci provozovatele a vlastnické společnosti ve spolupráci s projektantem několik možných alternativ a snažili se zvážit všechny výhody a nevýhody možných alternativ. V úvahu připadaly následující:

1. relining,

2. swagelining,
3. cementace,
4. klasická pokládka výkopem.

Vzhledem k tomu, že v době zahájení hledání řešení rekonstrukce přivaděče se bezvýkopové technologie ještě netěšily takové popularitě jako v dnešní době, prvním zvažovaným návrhem byl logicky nejčastější způsob rekonstrukcí přivaděčů. Jednalo se o rekonstrukci vykopáním a výměnou stávajícího potrubí ocelového za potrubí z tvárné litiny. Důvodem byl především fakt, že jsou všeobecně vodovodní přivaděče velmi důležité a stěžejní pro zásobování konkrétních oblastí a vždy se hledá nejosvědčenější řešení pro rekonstrukci. Dalším aspektem, proč zvolit klasickou metodu bylo, že v materiálových standardech provozovatelské i vlastnické společnosti je uvedeno, že pro stavbu vodovodních přivaděčů se má používat potrubí z tvárné litiny. Také z pohledu následovného provozování přetrvává názor, že jednodušší je potrubí vykopat a položit nové, protože lze docílit 100% výsledku. Provozovatel může dostatečně kontrolovat proces pokládky, ví, čím se potrubí obsypává, jak se vytváří podkladové lože pro potrubí a tím je známo prostředí, v kterém se bude potrubí provozovat. Následně lze minimalizovat zdroje poruch a popřípadě je snadněji lokalizovat. Jednoduše řečeno, se téměř vytěsnil lidský faktor při výstavbě, resp. pokládce vodovodu, čímž dosáhneme lepších podmínek pro budoucí bezporuchové provozování.

Už v této době a v prvopočátcích zvažování rekonstrukce si všichni zúčastnění uvědomovali problémy plynoucí z vlastnických poměrů pozemků v trase vodovodu. Dalším aspektem při hledání vhodné technologie bylo jednoznačně i umístění vodovodu z pohledu charakteru území. Trasa se nachází ve vyšší nadmořské výšce s nevhodnými klimatickými podmínkami a zároveň kopíruje kopcovitý terén území. Z tohoto důvodu lze konstatovat, že vykopání 12 kilometrů původního potrubí a následné uložení nového potrubí do výkopu se jevílo téměř jako utopické řešení. Jenom hrubým odhadem by pokládka těchto 12 km mohla trvat i několik let, a tím by se vysoce zatížilo životního prostředí a životní podmínky obyvatelů v této oblasti. Především by se jednalo o zatížení v důsledku nárůstu škodlivých imisí z dopravy (stroje pro zemní práce, odvoz vytěžené zeminy, dovoz vhodné zeminy pro obsyp

potrubí, technika pro pokládku potrubí a pro manipulaci s ním po celou dobu stavby). Též by pod vlivem nárůstu dopravy a objemných zemních prací došlo k nenávratným jevům v přírodě. Muselo by se vykácet velké množství vzrostlých stromů a to nejen v trase vodovodu, ale i v místech případných přístupových a obslužných komunikací a prostorů pro zřízení staveníšť. Došlo by k nezanedbatelným záborům půdního fondu, což by mělo za následek snížení ekologické hodnoty krajiny.

Z výše uvedených důvodů se hledání řešení rekonstrukce omezilo na bezvýkopovou technologii a její možnosti. Vzhledem k tomu, že provozovatel měl dobré zkušenosti s PE potrubím, začalo se hledání směřovat k zatažení PE vložky do stávajícího potrubí. Relativně nejschůdnějším řešením se jevila technologie Relining → zatažení nového samonosného polyetylenového potrubí se zvýšenou ochranou proti vzniku trhlin a bodovému zatížení, popř. potrubí s ochranným pláštěm. S ohledem na vnitřní průměr ocelového potrubí (cca DN 300 mm) bylo možné zatáhnout PE vložku v dimenzi max. d 280 mm, což znamenalo výrazné snížení vnitřního průměru (v tlakových pásmech PN 16 až na 229 mm). Protože ale jeden z požadavků navrhovatelů rekonstrukce bylo ponechat co největší průtočnost řadu pro budoucí plánované napojení nových odběratelů, byla tato technologie vyřazena a pozornost se věnovala technologii Swagelining. Ta by přinesla dostatečné zachování průtočnosti a zároveň nové samonosné potrubí s minimálně stoletou životností. Zároveň by si uměla poradit s lomovými a směrovými úhly na trase a charakterem území. Další výhodou této technologie bezesporu bylo, že díky bezvadnému statickému stavu původního potrubí by se mohla snížit tlaková únosnost PE vložky, šlo využít statického spolupůsobení těchto dvou potrubí, a tím výrazně snížit cenu díla.

K porovnání slouží následující tabulka.

Tab. č. 11: Údaje o potrubí PE-HD d 315 mm (zdroj: GWE Pumpenboese GmbH, Německo)

Potrubí PE-HD	Hmotnost potrubí [kg/m]	Cena [Kč/m]	Cena celkem [Kč]
PE100 SDR17 PN10 d 315x18,7mm	17,686	987,00	11 844 000,00
PE100 SDR11 PN16 D 315x28,6mm	25,901	1 450,00	17 400 000,00

Z tabulky vyplývá, že jenom na materiálu by se mohl ušetřit víc jak 5,5 milionů Kč. Další úspora by vznikla při samotném provádění zatahovacích prací. Potrubí v SDR 17 má nižší hmotnost než v SDR 11 a díky čemuž by se snížily tažné síly a tím i spotřeba pohonných hmot pro zatahovací stroj, anebo by bylo možné ponechat tažné síly a zvýšit výkon, resp. možnou délku zatahovaných úseků a tím snížit počet montážních jam, resp. výkopových prací. Také bychom výrazně zefektivnili přípravu samotného svařence po zatažení, poněvadž pro svařování menší síly stěny potrubí potřebujeme kratší čas, menší výkon svařecího agregátu a samozřejmě menší spotřebu paliv pro kompresor, který dodává energii svařovacímu agregátu. Zároveň bychom zkrátili čas potřebný k rekonstrukci. V každém případě snížením tlakové řady PE potrubí bychom docílili i ekologičtějšího jednání.

8.1.3 Konečné rozhodnutí

Při hledání vhodné technologie rekonstrukce provozovatel i vlastník přihlédl k výše uvedeným úvahám a především vzal na vědomí, že potrubí nevykazuje žádné poruchy a úniky z důsledku bodové či plošné koroze a zvážil finanční náklady na jednotlivé zvažované technologie s ohledem na životnost sanace.

Průzkum stávajícího potrubí prokázal, že potrubí bylo silně zainkrustováno, ale nedošlo k výraznému úbytku síly stěny ocelového potrubí a mohla se zvažovat pouze sanace vnitřního povrchu. Zároveň se musela zachovat co možná největší průtočnost, protože se plánovala (a v dnešní době již probíhá) stavba nového vodojemu pro zásobování oblasti Železného Brodu a případné snížení průtočnosti by nezajistilo dostatečné množství vody pro danou oblast. V neposlední řadě, z důvodu vhodného naplánování montážních jam, bylo nutné prostudovat podzemní zařízení vyskytující se v trase vodovodního přivaděče a projednat s jejich vlastníky případný přístup či zásah do těchto zařízení. Jednalo se o inženýrské sítě společností ČEZ Distribuce, a.s., RWE Distribuční služby, Telefónica O2 Czech Republic a.s. Součástí řešení musel být také návrh náhradního zásobování vodojemu. Jeho akumulace vystačila na odstávku přivaděče max. 20 hodin. Řešením bylo vybudování provizorního vodovodu položeného na terénu v délce sanovaných úseků.

8.1.4 Porovnání finančních nákladů

Porovnání finančních nákladů vychází z orientačního ceníku SČVK a.s. určeného pro oceňování nákladů ve fázi investičního záměru (výkopová pokládka) a zároveň vycházím z orientačních rozpočtových cen projekční kanceláře, která se podílela na studii ve fázi hledání vhodné technologie. Uvedené ceny bezvýkopových technologií vychází z cenových nabídek specializovaných oslovených firem, které se zabývají danou technologií pokládky. Jedná se o ceny vykalkulované na základě hrubých znalostí o terénu, stavu stávajícího řadu a možnostech vstupů na pozemky. Tabulka nám poslouží k rámcové představě finančních nákladů na jednotlivé technologie. Konečná cena nerealizovaných technologií (Swagelining, Klasická pokládka výkopem) by se v případě realizace mohla výrazně lišit (pravděpodobně směrem nahoru) o nepředpokládané výdaje např. špatné klimatické podmínky, znepřístupnění vstupu na pozemky jednotlivých majitelů apod.

Tab. č. 12: Orientační přehled finančních nákladů

Druh technologie	Délka úseku [km]	Cena [Kč/m]	Cena celkem [Kč]	Životnost sanovaného řadu [v letech]
Klasická výkopová technologie	11 947	6 400,00	76 460 800,00	více než 100 let
Zatažení PE vložky technologií Swagelining	11 947	5 600,00	66 903 200,00	100 let
Vnitřní úprava povrchu technologií Cementace	11 947	2 500,00	29 867 500,00	50 let

Z výše uvedených čísel vyplývá, že s ohledem na okamžité vydání peněz vychází nejlevněji technologie Cementace. Je ovšem třeba zamyslet se nad vydanými penězi v souvislosti s prodloužením životnosti díla. Z tohoto pohledu lze jednoduchým logickým úsudkem konstatovat, že byť na první pohled se zdá Cementace jako nejvýhodnější, bude muset vlastník infrastruktury z pohledu životnosti do díla investovat dvakrát oproti investici v případě technologie Swagelining. Z pohledu životnosti a vynaložených nákladů lze říci, že nejlépe si stojí pokládka výkopem za předpokladu použití materiálu s životností více jak 100 let.

8.1.5 Zatížení životního prostředí

Bohužel pro porovnání technologií pokládky v tomto případě nelze použít výše zmiňovaný kalkulátor pro výpočet vzdušných emisí, poněvadž v něm není technologie Cementace zahrnuta. Porovnání lze ale provést z pohledu, kolik času nám zabere pokládka úseku dlouhého 150 metrů, který nám reprezentuje průměrné délky sanovaných úseků Cementací.

Tab. č. 13: Přehled časových údajů při technologii Cementace

Výkopové práce (2x montážní jáma o velikosti cca šířka = 1 m, délka = 3 m, hloubka (podle uložení sanovaného potrubí, výkop se provádí cca 0,5 m pod potrubí) = 1,8 m)	2 hodiny
Monitoring	1 hodina
Čištění stávajícího potrubí	4-5 hodin
Cementace	3 dny
Celkem	3,5 dne

Tab. č. 14: Přehled časových údajů při pokládce výkopem

Výkopové práce (pro potrubí DN 300 mm - šířka = 1 m, hloubka = 1,6 m; denně v průměru možno vykopat 30 m) Provedení podsypu (popř. odvoz výkopku nelze-li použít pro obsyp a zásyp) Montáž a pokládka potrubí Provedení obsypu a zásypu potrubí (popř. dovoz obsypových a zásypových materiálů)	Podle standardních rozpočtových pravidel je zvažováno, že denně bude položeno 20-30 metrů potrubí; v našem případě uvažují s max. 25 m/den, poněvadž stavba je v komplikovaném kopcovitém terénu
Celkem	6 dní

Tab. č. 15: Porovnání celkových časových nákladů na stavbu

Způsob rekonstrukce	Délka přivaděče [m]	Časové náklady celkem [den]
Technologie Cementace	11 947	280
Pokládka otevřeným výkopem	11 947	480

Z výše uvedeného vyplývá, že z pohledu vynaloženého času Cementace zkrátí čas pokládky o víc jak o třetinu celkové doby, což při délce přivaděče téměř 12 km znamená dobu kratší o 200 dní. Lze tedy konstatovat, že i zatížení životního prostředí škodlivými imisemi z důsledku rekonstrukce vodovodního přivaděče v případě využití bezvýkopové technologie bude výrazně nižší a to jak s ohledem na minimální potřebu výkopových prací, tak i z časového hlediska.



Obr. č. 31: Rekonstrukce vodovodního přivaděče Tanvald – Krásná (©Šedová 2009)

8.2 Rekonstrukce propojovacího řadu Liberec – Vesec

Lokalita:	Vesec (trasa prochází údolní nivou Lučního potoka, který leží ve zvláště významném biotopu)
Okres:	Liberec
Kraj:	Liberecký
Vlastník infrastruktury:	Severočeská vodárenská společnost, a.s.
Provozovatel:	Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., distribuční závod Liberec

Původní potrubí:	ocel DN 400 mm
Délka rekonstruovaného úseku:	cca 400 metrů
Provozní tlak:	PN 16 bar
Terén:	špatně přístupný, bažinatý
Hloubka uložení:	cca 1,5 metru
Objekty na trase:	1 kalosvodní šachta křížení vysokotlakého vedení plynu
Technologie rekonstrukce:	Pipe Burstlining
Termín stavby:	únor–březen 2011



Obr. č. 32: Pohled na vesecké údolí a startovací jámu (©Maiová 2010)

Ničivé povodně, které zasáhly Liberecký kraj 7.– 9. srpna 2010, postihly také zařízení vodovodů a kanalizací. Postiženy byly vodovodní a kanalizační řady, čerpací stanice, čistírny odpadních vod (ČOV) i zdroje pitné vody. Některé dopady se projevily okamžitě, jiné až za několik měsíců. Jedním z pozdních dopadů bylo i masivní rozmnožení mikrosinice *Merismopedia punctata* ve vodárenské nádrži Josefův Důl, která slouží jako zdroj surové vody pro úpravnu vody (ÚV)

v Bedřichově. Úpravna zásobuje velkou část Liberce pitnou vodou. Upravitelnost odebírané surové vody byla negativně ovlivněna množstvím mikrosiníc v nádrži, které dosáhlo 20 000 jedinců na milimetr vody, což významně ohrozilo zásobování Liberce pitnou vodou. Tato situace zavdala příčinu provozovateli hledat náhradní řešení zásobování Liberce. (Švec, 2011)

8.2.1 Popis lokality

Rekonstruovaný vodovodní řad vede údolní nivou Lužického potoka ve Veseckém údolí v jihovýchodní části Liberce. Nadmořská výška území se pohybuje přibližně od 375–440 m n. m. a průměrná roční teplota je 7,1° C s poměrně velkým množstvím srážek (918 mm ročně). Území se vyznačuje svou ojedinělou bohatostí přírodních území i scenérií. Vyskytují se zde potoky, tůňky a nepřístupné mokřady. Centrum lokality je Mlýnský rybník, který má bohatou a částečně přirozenou pobřežní vegetaci. V těsné blízkosti města je zde možno spatřit vzácné rostliny a živočichy v jejich přirozeném prostředí. V prostoru Veseckého údolí a jeho nejbližšího okolí bylo zaznamenáno celkem 441 druhů rostlin (z toho 6 ohrožených a 24 v tomto regionu vzácných), 255 druhů hmyzu (z toho 242 druhů brouků – to je více než dvojnásobné množství ve srovnání s obdobnými lokalitami v okolí), 96 druhů obratlovců (1 druh kruhoústých, 12 druhů ryb, 5 druhů obojživelníků, 60 druhů ptáků a 15 druhů savců). Z tohoto počtu vyjmenovaných obratlovců je 1 druh kriticky ohrožený (mihule potoční), 7 druhů silně ohrožených a 8 druhů ohrožených. Na loukách a mokřadech nivy roste řada vzácných a ohrožených druhů rostlin, především vachta trojlistá, vrba plazivá rozmarýnolistá, sítina ostrokvětá a zábělník bahenní. Díky čistotě vody a charakteru toku i jeho dna na Lučním a Mlýnském potoce dosud žije vzácná, kriticky ohrožená a zákonem o ochraně přírody chráněná mihule potoční z třídy kruhoústých. Ze vzácnějších obojživelníků se zde vyskytuje silně ohrožený skokan ostronosý, skokan štíhlý, čolek horský, ropucha obecná, užovka obojková a další. Pestrost prostředí přitahuje také řadu druhů ptáků (prokázáno bylo hnízdění nebo pravděpodobné hnízdění 53 druhů ptáků), další využívají toto místo jako zastávku při pravidelném tahu. Je možné zde spatřit např. ledňáčka říčního, ťuhýka obecného, pěvušku modrou, mlynaříka dlouhoocasého a další. Sluka lesní využívá toto místo k odpočinku při přeletu Jizerských hor

v období tahu. Dále se zde vyskytují ohrožené vážky (v celoevropském měřítku) – klínatka obecná a páskovec proužkovaný. Na náplavech ústí Mlýnského potoka do rybníka se vytvořila společenstva pobřežní, tzv. litorální vegetace např. orobinec široolistý, zevar jednoduchý, rákos obecný, kosatec žlutý, bahničku obecnou, několik druhů sítin a mnoho dalších rostlin. Litorál je také důležitý pro život a vývoj mnoha druhů hmyzu. Na jižním břehu Mlýnského potoka se dochovala část lesa s relativně přirozenou skladbou. Mlýnský potok lemují unikátní společenstva podmáčených rašelinných až slatinných louček střídajících se s běžnějšími typy mokřadních luk, kde jsou i některé vlhkomilné horské a podhorské druhy (např. vzácný kozlík dvoudomý). Na lesní prostředí se váže velké množství živočichů a ptáků. Sídlí zde například ohrožený krahujec obecný nebo lejsek šedý a další.

Pro zachování této výjimečné krajiny téměř v centru velkoměsta je nutné zajistit a sladit všechny zájmy v této lokalitě. Jedním takovým zájmem bylo zprovoznění již odstaveného vodovodního řadu a opatřit tak dostatečné množství pitné vody pro občany města Liberce. (Ekocentrum Armillaria, 2012)

8.2.2 Zhodnocení stavu před rekonstrukcí

Výše uvedené důvody (špatná kvality vody v Josefodolské nádrži) donutily provozovatele vodovodní sítě v Liberci řešit situaci zásobování pitnou vodou. Nevhodná kvalita surové vody v nádrži, která měla za následek problém s upravitelností na parametry pitné vody, přiměla provozovatele hledat nouzové řešení. To našel ve starém téměř deset let odstaveném vodovodním přívodním řadu B ve Vesci, který přiváděl vodu z prameniště Libíč a Dolánky přes vodojem Jeřmanice do Liberce. Vodovodní řad byl vybudován z ocelového potrubí DN 400 mm svařovaného a temovaného do hrdel konopím a olovem v letech 1957–1959. (ŠVEC, 2011)

Současně s hledáním řešení musel provozovatel informovat vlastníka infrastruktury o vzniklé skutečnosti a především o potřebě investice do rekonstrukce tohoto vodovodního přivaděče. Součástí návrhu řešení bylo tzv. Hodnocení stavu úseku vodovodního řadu, který je podkladem pro plánování investic. Vychází se 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 ukazatel

je bodován podle daných kritérií a výsledkem je počet bodů, podle kterých lze určit důležitost investice (viz Kapitola 5.3.1 Kritéria ovlivňující zařazení akce do plánu).

Tab. č. 14: Hodnocení stavu vodovodního přivaděče ve Vestci (SČVK a.s.)

Položka č.	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 (3 roky)			Technický útvar
			0,8 a více	10		
			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	10	50	Technický útvar
			Koroze jako příčina poruchy 25 - 50% počtu poruch	5		
			Koroze jako příčina poruchy <25% počtu poruch	0		
3	Stáří vodovodu	váha 20	nad 30 let	10	200	Technický útvar
			21 - 30 let	6		
			11 - 20 let	3		
			do 10 let	0		
4	Distribuční význam	váha 35	Řady s nezastupitelnou funkcí	10	350	Provoz
			Zastupitelné řady	5		
7	Obtížnost provádění oprav	váha 10	Řad uložen v tramvajovém tělese	10		Provoz
			Krytí potrubí větší než 3 m	10		
			Atypický DN potrubí	10		
			Obtížnost prostorového uspořádání inženýrských sítí	10		
			Obtížně přístupný terén	10	100	

		Majetkové poměry k pozemku komplikují opravy	10	
		Nezokruhovaná síť - vyřazení celého řadu při opravě	10	
Váhy celkem	100	Celkem vážené body		700

Poznámka:

Údaje v tabulce jsou souhrnem, který vychází z nasbíraných dat za posledních deset let a zaznamenávaných v Geografickém informačním systému (GIS). Z tohoto důvodu se v tabulce nepromítlo hodnocení z důsledku četnosti poruch, poněvadž doba odstavení řadu byla právě těch zmiňovaných deset let.

Vzhledem k tomu, že již dosažených 500 bodů bývá vážným důvodem pro rekonstrukci, je z tabulky patrné, že dosažených 700 bodů (půlku dosáhl řad hodnocením v kritériu distribučního významu) bylo dostatečným důvodem pro schválení investičního záměru ze strany vlastníka infrastruktury.

8.2.3 Průběh rekonstrukce

Samotné rekonstrukci předcházela dlouhá jednání a porady, jaký způsob a technologii pro tuto stavbu zvolit. Provozovatel velmi dobře znal podmínky, v kterých se přivaděč nachází a uměl proto objektivně posoudit situaci. Vzhledem k tomu, že inkriminovaný úsek vodovodu prochází velmi špatně přístupným územím (bažinatý terén, mokřady), bylo téměř jisté hned od počátků rozhodování, že zde bude nejvhodnější bezvýkopová technologie. Neméně důležitým faktorem pro toto rozhodnutí bylo, že vodovod prochází významným biotopem a jakýkoliv zásah stavebními stroji nebo nákladními automobily je nežádoucí. Cílem tedy bylo dosáhnout co možná neekologičtější způsobem nejefektivnějšího výsledku. To znamenalo co možná nejlevněji v rámci možností zrekonstruovat řad tak, aby bezporuchově sloužil další desítky let. Když se zúčastnění shodli na bezvýkopové pokládce, hledal se vhodný typ a samozřejmě i materiál.

Požadavky rekonstrukce:

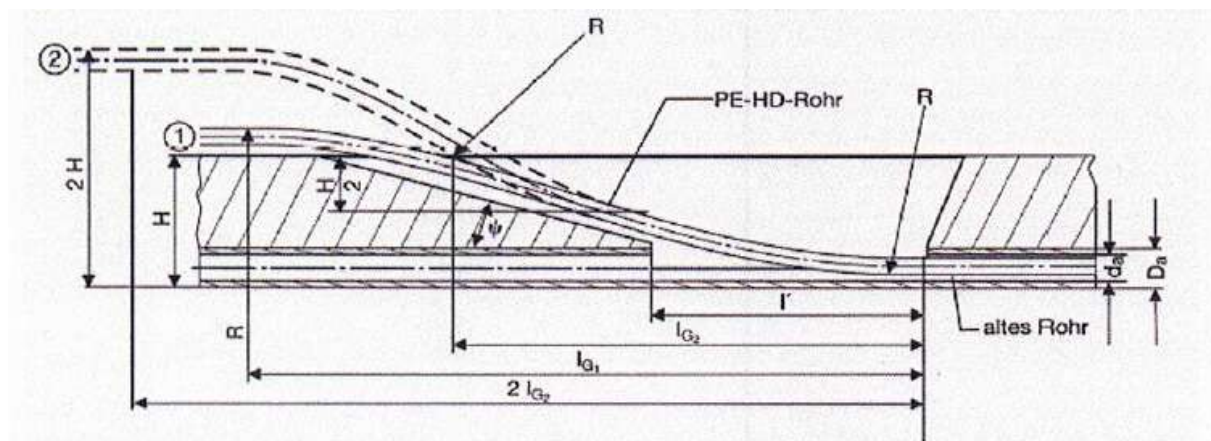
- co nejméně zemních prací,
- co nejmenší zásah do krajiny,

- ponechání původního DN řadu,
- položení nejvhodnějšího potrubí s ohledem na obtížnost jakýchkoliv budoucích poruch.

Po dlouhých přípravách, na kterých se podíleli zástupci provozovatele, dodavatelé bezvýkopové technologie i nového potrubí se zvolila technologie Pipe Burstlining a opláštěné potrubí z PE HD d 500 mm (s ochranným pláštěm d 510 mm). Vzhledem k tomu, že se rozhodlo celý úsek, cca 360 metrů, položit najednou, musel být zajištěn co nejsilnější stroj a dostatek zatahovacích tyčí. K provádění byl vybrán stroj Grundoburst 2500 G o max. tažné síle 250 tun. Jednalo se o nejvýkonnější stroj v Evropě. V rámci přípravných prací se provedla zkušební trhací zkouška přímo v závodě. Na základě této zkoušky se upravila trhací (řezací) hlava přímo pro tuto konkrétní stavbu. Důvodem této zkoušky byly především obavy, aby se při pokládce podařily rozřezávat hrdlové temované spoje. Souběžně probíhaly svařovací práce na novém potrubí do potřebné délky svařence, která odpovídala délce sanovaného úseku.

Přípravné práce:

- výkopové práce,
- vysekání náletů,
- zjištění skutečného stavu potrubí,
- demontáž kalosvodní šachty,
- provedení výkopu na křížení vodovodu s vysokotlakým plynovodem,
- provedení startovací a cílové jámy (do jam se musela umístit technologie – zatahovací stroj + tažné tyče a zároveň se u startovací jámy muselo počítat s náběhem potrubí pro zatahování, aby nedošlo k jeho poničení),
- vybudování opěrného bloku pro zatahovací stroj v cílové jámě,
- zkušební trhací zkouška ve výrobním závodě Tracto – Technik,
- svařovací práce na potrubí.



Obr. č. 33: Náběh potrubí pro zatažení potrubí PE HD (obrázek sloužil pro návrh velikosti montážních jam; zdroj Egeplast – dodavatel zatahovaného potrubí)

Samotné zatahování:

Po dokončení přípravných prací se 24. února 2011 usadil zatahovací stroj do připravené cílové jámy a následující den se starým potrubím zatáhly vodící tyče. Mezitím se dokončily svařovací práce na potrubí. Byly připraveny tři svařence o délce 2 x 90 metrů a 1 x 180 metrů. Bohužel nebylo možné připravit jeden kompletní svařenec a to z důvodu vlastnických poměrů okolních pozemků. Sousedící pozemek s plochou, kde probíhaly veškeré přípravné práce, vlastní majitel, který neumožnil vstup na jeho pozemek. Z tohoto důvodu bylo dohodnuto, že se připraví výše uvedené tři svařence a k jejich propojení dojde v průběhu technologických přestávek při samotném zatahování.

28. února bylo vše připraveno pro zahájení zatahování potrubí. Ve startovací jámě se smontovala zatahovací technologie: trhací hlava, dvě roztahovací hlavy a propojovací klouby. Téměř dvě hodiny trvalo, než se podařilo propojit zatahovací technologii s potrubím a zavést do sanovaného řadu. Po počáteční opatrnosti stroj získal konstantní rychlost zatahování a až do kalosvodní šachty (cca 180 metrů) pokládka probíhala bez problémů rychlostí téměř 30 metrů za hodinu. Kalosvodní šachta při pokládce posloužila jako revizní. Díky tomu se zjistilo, že současně se zatahováním nového potrubí dochází při řezání ke shrnutí starého ocelového do harmoniky a potrubí je tlačeno před tažnou technologií. Vzhledem k tomu, že nebylo možné druhou půlku trasy vykopat a položit výkopem, padlo rozhodnutí,

že se v zatahování bude pokračovat. Pouze se v místě cíle vykopala další montážní jáma, kde se odřezávalo shrnuté ocelové potrubí a poté se nové potrubí protáhlo až do cílové jámy. Pokládka, i přes obtíže, byla dokončena úspěšně a celý úsek se položil bezvýkopově a to za několik dnů. 4. března 2011 bylo zatahování ukončeno, a následující den se stroj demontoval a odvezl zpět do výrobního závodu. Tento den proběhly i propojovací práce na potrubí, potrubí se odkalilo a vydezinfikovalo, zároveň se upravily povrchy a veškerý stavební ruch zmizel z místa realizace.

8.2.4 Shrnutí rekonstrukce

Lze konstatovat, že i přes vzniklé obtíže bylo původní potrubí zrekonstruováno bezvýkopově, tudíž došlo k maximálnímu omezení stavebních prací ve významné přírodní lokalitě. Stavební práce probíhaly pouze několik dnů a stavební ruch v místě nepřesáhl jeden měsíc. Je nutné zmínit, že i tak byl velmi omezený, poněvadž stavební stroje se na místě vyskytovaly pouze v případě nutnosti, což bylo vykopání tří resp. čtyř montážních jam o velikosti cca 2 x 10 metrů a následně po dobu stavby byl přítomen jeden bagr, který občas vypomáhal s manipulací s potrubím. Celkem za necelé dva měsíce došlo k zrekonstruování 440 metrů potrubí (z toho 362 metrů položeno bezvýkopově) a 4 vodovodních šachet. (Švec, 2011)

Tab. č. 15: Technické údaje zatahovacího stroje GRUNDOBURST® 2500 G Lafeta

GRUNDOBURST® 2500 G Lafeta		Hydraulická stanice TT B250	
Délka min./max.	2 800–3 600 mm	Délka	
Šířka	1 150 mm	Šířka	1,4 m
Výška	910 mm	Výška	2,4 m

Váha	3800 kg	Váha	3 500 kg
Min. rozměry	2 x 7 m	Pohonný motor	6-válec diesel
Tažná síla (při 260	2 550 kN	Výkon (při 2000	127 kW (170,3 HP)
Tlačná síla (při 250	1 760 kN	Nádrž PHM (diesel)	160 l
Průměr trhacích	140 mm	Startovací napětí	24 V
Užitná délka trhací	2 200 mm	Max. průtok oleje	420 l/min
Celková délka	2 452 mm	Max. hydraulický	250 bar
Váha trhací tyče	225 kg	Obsah	1 000 l
Max. rychlost	1,92 m / min	Provozní teploty	-5°C až 35°C

Přednosti zatahovacího stroje GRUNDOBURST ® 2500 G Lafeta:

- vysoká produktivita při používání trhacích tyčí Quiclock bez závitů,
- dálkové ovládání, automatické tlačení (popř. tlačení) trhacích tyčí,
- vysoká pracovní rychlost,
- jednoduché a bezpečné spojení tyčí Quiclock,
- při zpětném zatahování trhacích tyčí možnost současného nasouvání do pokračující trasy,
- flexibilita trhacích tyčí (tzn. možnost kopírování obnovované trasy),
- žádné vibrace,
- hydraulické nastavení nivelety,
- snadná a rychlá manipulace se zařízením,

- 100% přenos tažné síly prostřednictvím tahového systému GRUNDOBURST. (Veselý, 2011)

8.2.5 Porovnání finančních nákladů

Porovnání finančních nákladů vychází z orientačního ceníku SČVK a.s. určeného pro oceňování nákladů ve fázi investičního záměru (výkopová pokládka) a porovnává reálnou cenu rekonstrukce pomocí technologie Pipe Burstlining. Reálná cena vychází z interní kalkulace provozovatele SČVK a.s. distribuční závod Liberec a jsou v ní zahrnuty úkony vyjmenované v poznámce uvedené pod tabulkou.

Tab. č. 16: Přehled finančních nákladů

Druh technologie	Délka úseku [km]	Cena [Kč/m]	Cena celkem [Kč]	Životnost sanovaného řadu [v letech]
Klasická výkopová technologie	440	8 100,00	3 564 000,00	více než 100 let
Zatažení PE potrubí	440	15 773,00	6 940 240,00	100 let

Poznámka:

Výše uvedená cena za metr běžný výkopových prací je kalkulována pro pokládku litinového potrubí v dimenzi DN 400 mm v extravilánu v běžných podmínkách. Běžnými podmínkami je myšlena např. volně přístupná louka či pokládka podél lesa, kde nejsou ztíženy přístupy k trase vodovodu a zároveň stav prostředí – nejedná se o mokřady, bažiny apod.

V ceně běžného metru vodovodu je zakalkulován výkop, materiál vodovodu a jeho montáž včetně případného podsypu, obsypu a zásypu, příp. přepojení přípojek, zpětný zhutněný zásyp výkopkem a obnova nezpevněného povrchu. V ceně není odvoz výkopku na skládku s výjimkou části výkopu rovnající se podsypu, obsypu

a zásypu potrubí, je-li tento možné použít pro zpětný návrat do výkopu (zpravidla určuje výrobce potrubí).

V ceně bezvýkopové technologie je zahrnuto:

- přípravné práce (svařování potrubí, vybudování staveniště),
- zemní práce (startovací, cílová a dvě montážní jámy),
- zatažení potrubí (pokládka 362 metrů),
- dokončovací práce (propojení na stávající řad),
- ostatní (ostraha staveniště, odřezávání ocelového potrubí).

8.2.6 Porovnání prací při BT a pokládce výkopem

Jak už bylo zmíněno výše, v případě BT se výrazně eliminují zemní práce, a tím i znečištění životního prostředí škodlivými látkami. V této kapitole se zaměřím na porovnání provedených zemních prací při rekonstrukci technologií Pipe Burstlining a vypracuji přehled zemních prací v případě pokládky otevřeným výkopem.

Pro rekonstrukci vodovodu otevřeným výkopem by se musel v první řadě vybudovat přístup k trase. V tomto případě by se jednalo o vykácení značné části porostu v okolí celé trase vodovodu a v přístupových místech ke staveništi. Zároveň by musely být vystavěny provizorní komunikace nejlépe v celé trase s ohledem na fakt, že vodovod vede skrz mokřady. Pravděpodobně by se použily geotextilie a šterk a vybuďovaly by se několikavrstvé obslužné komunikace, popř. by mohly být použity silniční panely. V obou případech by se jednalo o dovoz materiálu pro komunikaci a následný odvoz při demontáži po ukončení stavby. Vzdálenost od místa stavby do nejbližší panelárny činí cca 20 km, do nejbližšího lomu cca 30 km. Z důvodu nutnosti dovozu materiálu na výstavbu provizorní komunikace by bylo vhodnější použít pro výkopové práce pásový bagr. Pro přehlednost, co by rekonstrukce výkopem obnášela, níže uvádím v bodech stručný přehled prací:

- obnažení stávajícího potrubí,
- demontáž stávajícího potrubí a jeho odvoz za využití auta s rukou na zřízenou deponii, následně odvoz na skládku,

- provedení výkopu pro potrubí DN 400 mm → šířka: 1,0–1,1 m; hloubka: 1,6–1,7 m; v případě nesoudržné zeminy nutno výkop vysvahovat → větší objem zemních prací a vyšší objem vytěžené zeminy, může dosáhnout až dvojnásobku,
- položení potrubí,
- zasypaní,
- hutnění,
- obnovení původního povrchu.

Pro posouzení výhodnosti výběru technologie pokládky postačuje porovnat samotnou pokládku potrubí viz níže tabulky č. 17 a 18. V posouzení není zahrnut dovoz potrubí na stavbu a to z toho důvodu, že v obou zvažovaných případech by se jednalo o stejnou položku. Rozdíl by mohl být pouze při výkopové technologii, kdy se potrubí rozváží podél trasy, tedy vzniká další zatížení životního prostředí, na rozdíl od bezvýkopové technologie, kdy se s potrubím manipuluje na jednom místě. Zároveň zde není zmíněno zatížení z důsledku svařování PE potrubí, lze uvažovat, že toto zatížení by vzniklo stejné i při pokládce výkopem.

Tab. č. 17: Spotřeba PHM stavebních strojů pro pokládku potrubí otevřeným výkopem

Použitá technika	Doba práce [den]	Spotřeba PHM [l/den]	Spotřeba celkem PHM [l]
Pásový bagr (výkop)	12	80 – 100	1 480
Pásový bagr (montáž a pokládka potrubí)	12	80 – 100	1 480
Auto s rukou (odvoz vytěžené zeminy a dovoz zásypového materiálu)	12	60 – 80	84
SPOTŘEBA CELKEM			3 800

Tab. č. 18: Spotřeba PHM stavebních strojů pro pokládku potrubí BT

Použitá technika	Doba práce [den]	Spotřeba PHM [l/den]	Spotřeba celkem PHM [l]
Kolový bagr (výkop – montážní jámy)	0,3	60	18
Jeřáb	5	68	340
Zatahovací stroj GRUNDOBURST 2500 G	5	64	512
SPOTŘEBA CELKEM			870

8.2.7 Výpočet vzdušných emisí

Jak již bylo v předchozí kapitole (7.1) uvedeno, pomocí kalkulátoru e-CALC je možné poměrně přesně určit zatížení životního prostředí v důsledku škodlivých vzdušných emisí. Nejprve se zadaly vstupní údaje pro pokládku výkopem. Jednalo se o základní údaje o stavebních strojích a vozidlech sloužící pro přesun hmot. Nejvíce výsledný výpočet ovlivňuje, vedle délky práce jednotlivého stroje, jeho stáří a moto hodiny – jeho opotřebovanost.

Pokládka otevřeným výkopem

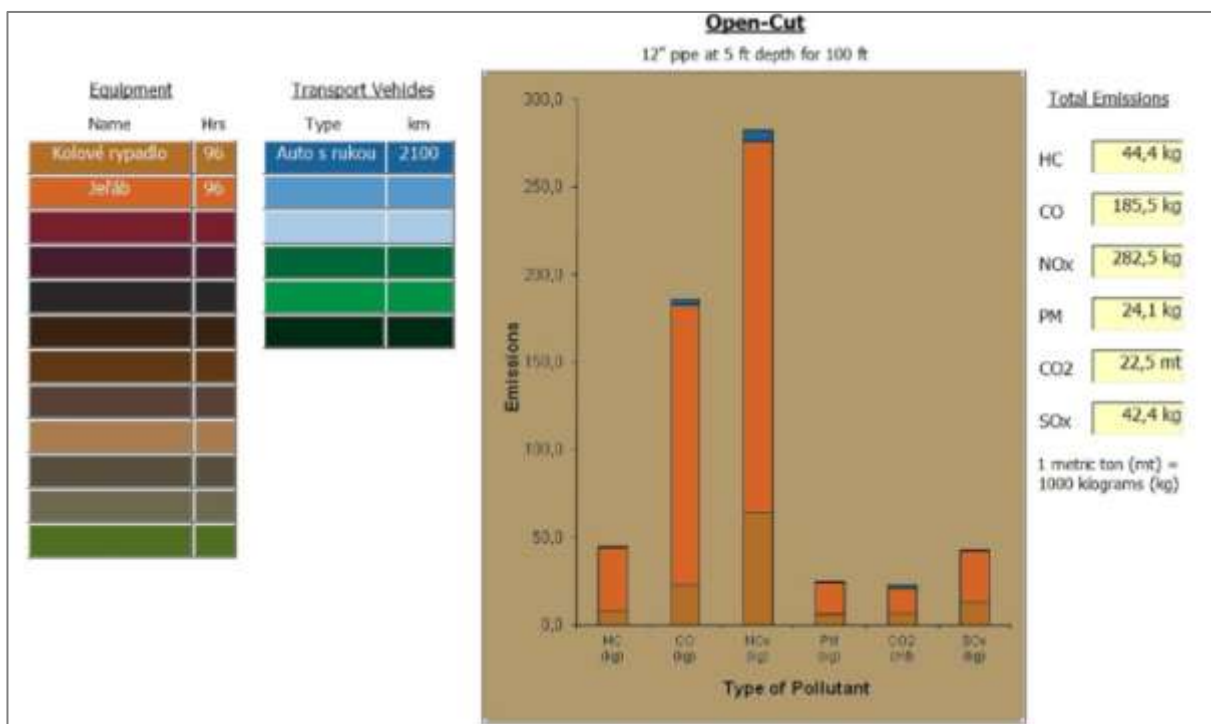
Construction Method: Open-Cut Unit: S.I. Unit Details: 12" pipe at 5 ft depth for 100 ft

Equipment Details				Fuel Details				Project Details			
Name	Model	Power (kW)	Model Year	Engine Tech.	Useful Hours	Con. Hrs Used	Type	Sulfur (%)	Representative Equipment Cycle	Power Used (%)	Use (hrs)
Kolové rypadlo	Lubher	133	2006	Tier 1	9400	50	Diesel	0.33	Tractor/Loader/Backhoes	80	96
Jeřáb	Lubher	300	1992	Tier 0	28000	50	Diesel	0.53	Tractor/Loader/Backhoes	80	96

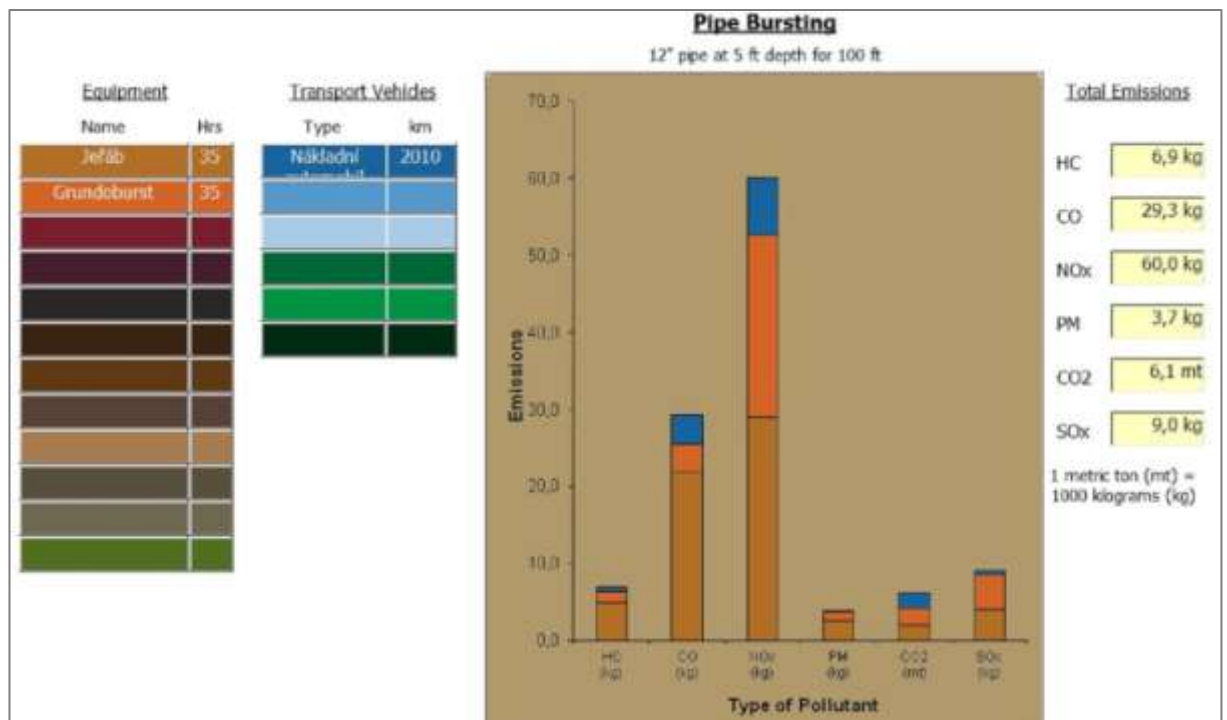
Transport Details				Fuel Details				Project Details			
Name	Make	Model Year	Gross Vehicle Weight (GVW) (lbs.)	Mileage (mi)	Type	Sulfur (%)	Altitude	Number of Trips	Driver Distance (mi)	Return Distance (mi)	
Auto s rukou	MAN	2003	26,000 - 33,000	30000	Diesel	0.05	Low	42	25	25	

Print Form | Go To Next Method | Summary | RESET

Obr. č. 34: Zadávací parametry pro výpočet emisí při pokládce výkopem.

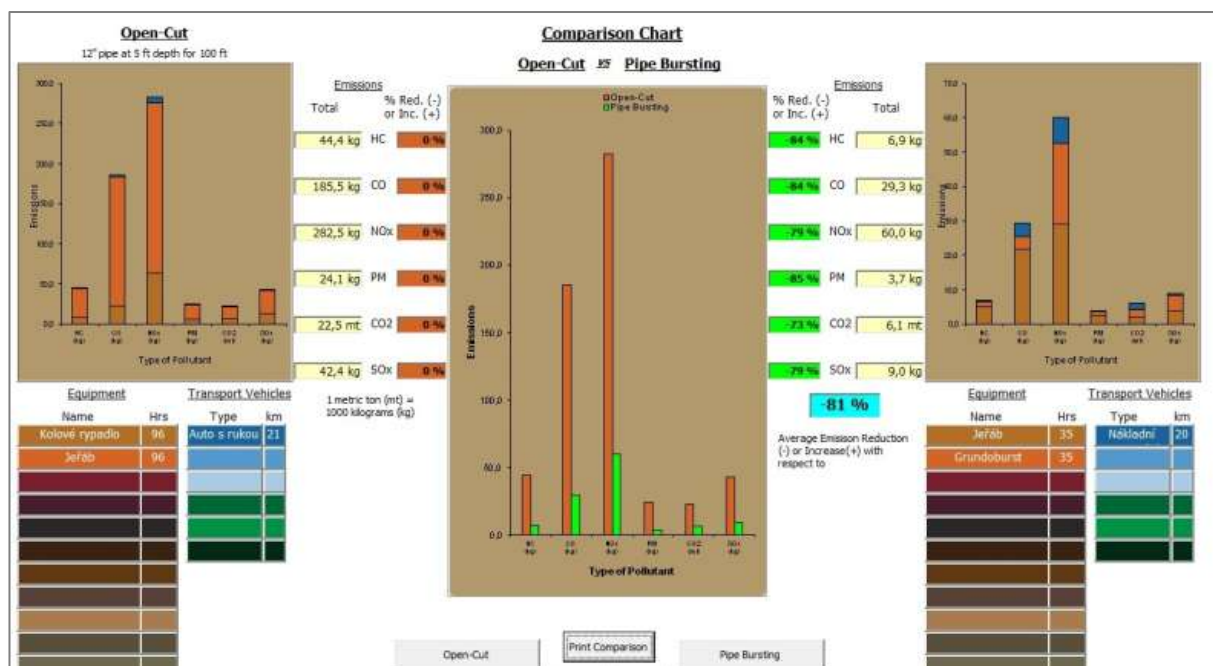


Obr. č. 34: Výstup výpočtu emisí při pokládce výkopem.



Obr. č. 36: Výstup výpočtu emisí při pokládce BT.

U bezvýkopové technologie je opět největší zatížení vzdušnými emisemi z použití jeřábu a zároveň ve srovnání je zatížení zatahovacího stroje též poměrně vysoké. V těchto hodnotách lze konstatovat, že vzdušné emise vyprodukované dovozem zatahovacího stroje na stavbu jsou minimální. Nejvyšší hodnoty, stejně jako u výkopové technologie, vykazuje oxid uhličitý – 6 100 kg za 35 hodin práce (včetně množství vyprodukovaného z dovozu zatahovacího stroje na stavbu).



Obr. č. 37.: Porovnání vzdušných emisí při pokládce výkopem a BT.

Poslední graf znázorňuje porovnání vzniklých vzdušných emisí z obou způsobů pokládek. Na základě výpočtů a grafického znázornění lze konstatovat, že v rámci rekonstrukce vodovodního přivaděče Liberec, Vesec za použití bezvýkopové technologie Pipe Bursting došlo ke snížení vzdušných emisí o víc jak 80 % oproti zvažované pokládce klasickým výkopem. Do výpočtu byly zakalkulovány data pouze týkající se pokládky potrubí, resp. rekonstrukce. Nebylo počítáno s hodnotami, které vznikly v důsledku dovozu potrubí na stavbu. V obou zvažovaných případech by se jednalo o stejnou částku. Zároveň se u pokládky výkopem předpokládá, že by byl použit stejný materiál, čili potrubí z PE HD a tím by došlo ke stejným hodnotám v důsledku svařování potrubí.

8.2.8 Výsledek rekonstrukce

Tento případ je ideálním příkladem, kdy bezvýkopová technologie je výhodnější, i když nevychází levněji. Při porovnání finančních nákladů na dílo se ukazuje, že pokládka otevřeným výkopem by byla pravděpodobně téměř o 50 % levnější. Tedy za předpokladu, že by bylo možné práce provést v očekávaném termínu a nepřišlo by se nic nepředvídatelného. Vzhledem k tomu, že trasa vodovodu

vede přes mokřady a údolní nivu, dá se předpokládat, že by při zemních pracích nastaly obtíže s přístupem k trase vodovodu. Dalším nepříznivým faktorem je, že tato oblast patří k oblasti s vysokými srážkami a lze se tedy domnívat, že by, i tak komplikované podmínky, byly ještě zhoršeny o výrazné podmáčení půdy. Toto vše bylo bráno v úvahu ve fázi volby technologie pokládky. Nejpodstatnějším důvod pro výběr bezvýkopové technologie byl však fakt, že realizace výkopem nebyla absolutně možná z důvodu, že trasa vodovodu vede zmiňovanou oblastí významného biotopu. V případě, že by zúčastnění nepřihlédli k tomuto faktu, došlo by k ohromným a nenávratným zásahům do přírody a ke zničení a zahubení velkého množství ojedinělých rostlin a živočichů. K rozhodnutí pro bezvýkopovou technologii také přispěla realita, že zástupci orgánů pro ochranu životního prostředí by nikdy nedali svolení pro takovou stavbu. Závěrem lze říci, že v případě rekonstrukce vodovodního přivaděče Liberec, Vesec byla bezvýkopová technologie jedinou šancí, jak tento řad zprovoznit.

Poznámka:

Vzhledem k tomu, že zmenšené výstupy z kalkulátoru E-CALC nejsou příliš čitelné, přikládám v příloze jejich zvětšenou verzi. Pro autentičnost výsledků jsem nechtěla používat klasických tabulek a grafů. Mým cílem je využívání tohoto kalkulátoru pro další obdobné projekty.

9. DISKUZE

Odborné publikace zabývající se problematikou bezvýkopových technologií se shodují, že bezvýkopové technologie jsou v převážné většině případů výrazně ekologičtější a ohleduplnější k životnímu prostředí. Zároveň i dotčená odborná veřejnost (investoři, provozovatelé, zástupci měst a obcí,...) bývá o jejich výhodnosti v principu přesvědčena. Vzhledem k tomu, že kvalitně připravit stavbu pro bezvýkopovou technologii stojí mnohem víc úsilí a práce, vítězí zatím častěji klasická pokládka výkopem. Navíc mezi provozovateli všeobecně panuje názor, že pokud je reálné stávající potrubí vykopat a položit nové výkopem, přistupují raději k této alternativě. Mají hned několik důvodů: práci de facto může provést jakákoliv stavební firma, protože není potřeba specializovaného vybavení; při pokládce nového potrubí do otevřeného výkopu, je známo prostředí, v kterém se potrubí bude provozovat a k případným poruchám bývá jednodušší přístup. Těmto názorům nahrává fakt, že vezmeme-li si do ruky příručku Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací vydanou Sdružením pro vodovody a kanalizace před necelými 5 lety, tak na několika stránkách jsou prezentovány nevydařené případy pokládek bezvýkopovými technologiemi provedené v 90. letech. Bezpochyby je velká škoda, že neprobíhá pravidelná aktualizace těchto příruček a projekty, které se vydařily, nejsou prezentovány. Dále, není-li čtenář příliš znalý v oboru BT a přečte-li si kapitolu o negativních vlivech a zdrojích rizik, upřednostní při výběru způsobu pokládky potrubí technologii výkopovou. Upozornovat na rizika je dozajista nutné, ale zároveň by bylo progresivní současně uvádět i výhody a k tomu ještě rizika spojená s klasickou pokládkou výkopem. Poněvadž, je-li argumentem proti BT špatný stav technických podkladů nebo nesoulad mezi vlastníkem a provozovatelem vodárenské sítě, je nutno říci, že obdobný problém postihne i pokládku výkopem.

Nezodpovězenou otázkou zůstává otázka finančních nákladů, resp. vydaných peněz. Lze říci, že o bezvýkopových technologiích se především mluví jako o technologiích, které uspoří peníze. Je ale správné, rozhodovat se podle peněz, když jde o „naši“ přírodu? Ano, peníze jsou vždy důležité a v dnešní době většinou rozhodujícím faktorem. Uvědomme si, že peníze v různých časových etapách a pro různé okruhy

lidí, mají jinou hodnotu. Václav Klaus ve své knize Modrá, nikoli zelená planeta popisuje nejen přístup ke globálnímu oteplování a ochraně budoucích generací, ale i k diskontování, diskontní sazbě či míře. Zamýšlí se nad hodnotou „stokoruny“ dnes a hodnotou té samé „stokoruny zítřka, za rok či za deset let. Pokusíme se tuto ideu převést na vodárenství a zamyslet se nad výdaji, resp. investicemi do rekonstrukcí vodovodů. Věřím, že budou padat jiná rozhodnutí než tomu je v případě, že rozhoduje nejnižší vydaná suma peněz v daném okamžiku.

Nezanedbatelnou příčinou odmítání bezvýkopových metod se jeví lobby konkrétních zhotovitelských firem. Na místo seriózních jednání a hledání nejideálnějšího řešení, se firmy předhánají v získání zakázky a ne vždy podávají plnohodnotné informace. To má za následek špatný výběr technologie i materiálu na potrubí.

Na závěr bych ještě uvedla, že v nynější době se jednání s vlastníky pozemků zdají velmi obtížné, ale co za desítky let? I z pohledu rozvoje přírody – pozemky zarůstají, domy a silnice se staví a na některé pozemky už nebude možno za pár let vstoupit. Proto by se při rozhodování, kterou alternativu rekonstrukce a výstavby zvolit, měli odpovědní zástupci zaobírat i touto myšlenkou.

10. ZÁVĚR

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

Součástí práce bylo vypracovat a zpřehlednit používané trubní materiály pro vodovodní sítě. Práce se zaměřila na nejpoužívanější materiály a to potrubí z tvárné litiny a vysokohustotního polyetyleny. Tyto materiály jsou nejvhodnější pro rekonstrukce vodovodních sítí pomocí bezvýkopových technologií. Tato kapitola se též zaměřuje na možnosti spojování zmíněných materiálů a to především s přihlédnutím k faktu, že na potrubí jsou při pokládkách bezvýkopovými technologiemi vyvíjeny velké tažné síly a je proto nutné potrubí adekvátně spojit. U potrubí z tvárné litiny se používají speciální zámkové spoje, které spoj jistí proti vznikajícím axiálním silám. U potrubí z vysokohustotního polyetyleny se jako nejvhodnější jeví spojování metodou na tupo, kdy před samotnou pokládkou dojde ke spojení příslušného množství trub do tzv. svařence a následně probíhá pokládka. Tento způsob se ukazuje jako velmi efektivní, poněvadž při pokládce nedochází k časovým prostojeům. Nezanedbatelným hlediskem pro dosažení co nejvyšší životnosti rekonstruovaného vodovodního řadu se použité potrubí musí chránit proti mechanickému zatížení. Litinové potrubí určené pro pokládku bezvýkopovými metodami se ošetřuje speciálními odolnými nátěry a nánosy např. cementových malt. V případě polyetylenového potrubí se doporučuje vybírat potrubí s vysokou odolností proti bodovému zatížení a zároveň s ochranným pláštěm vyrobeným z polypropylenu. Takové potrubí odolává vzniku vrypů a škrábanců při pokládce a zaručuje 100letou životnost.

Dále se práce zaměřuje na využití bezvýkopových technologií. V rámci diplomové práce byl vytvořen komplexní soubor dostupných a využitelných technologií při rekonstrukci vodovodních sítí. Metody byly rozděleny do tří skupin podle

způsobu provádění a výsledného efektu. Do první kategorie jsou zařazeny metody, při kterých dojde k zatažení nového potrubí do původního řadu. Jedná se o technologie Relining, Swagelining a zatažení zdeformované (složené) polyetylenové vložky. Výsledkem je vždy nové samonosné potrubí, které není staticky závislé na původní trubce. Jeho životnost omezuje, resp. udává, životnost dané vložky. U technologie Relining se může negativně projevovat snížení průtočnosti řadu v důsledku zatažení menšího průměru, než je stávající. Vzhledem k tomu, že hydraulické vlastnosti rekonstruovaného řadu nebývají příliš dobré, rekonstrukcí se většinou dosáhne výrazně vyšších hodnot. U technologií Swagelining a zatažení zdeformované PE trubky dochází k tzv. efektu Close Fit, kdy nové potrubí (vložka) 100% přilne k původnímu potrubí a v případě malé plošné ztráty tloušťky stěny u původního potrubí dochází ke statickému spolupůsobení. Tím se docílí nižších nákladů na PE vložku, menších tažných sil a omezení spotřeby pohonných hmot. Druhá kategorie jsou technologie destruktivní, při kterých dochází k rozbití nebo vytlačení (vytažení) původního potrubí. Výhodou těchto metod je především možnost zvětšení průměru zatahovaného potrubí až o dva řády. Poslední skupinou podle dělení této práce jsou vnitřní úpravy (výstelky). Jedná se o technologie, které jsou často provozovateli vodovodních sítí považovány spíše za opravy než za rekonstrukce a to především proto, že dochází pouze k vnitřní úpravě, nikoliv ke zlepšení statických vlastností řadu. Zároveň životnost této rekonstrukce je omezena stavem stávajícího potrubí a také kvalitou dopravované vody.

Důležitým cílem této práce bylo prokázat výhodnost bezvýkopových technologií s ohledem na životní prostředí. Prostřednictvím konkrétních příkladů rekonstrukce práce ukazuje možnosti použití bezvýkopových technologií. Pro práci byly vybrány dva příklady rekonstrukce vodovodního přivaděče. V prvním případě se jednalo o rekonstrukci vodovodního přivaděče Tanvald – VDJ Krásná. Vodovodní přivaděč byl postaven v roce 1985 z ocelového potrubí bez vnitřního ochranného nátěru. Vzhledem ke snížení odběrů vody, docházelo k velkému zdržení vody v potrubí a tím k uvolňování železa z nechráněného potrubí do dopravované vody. Z tohoto důvodu pitná voda nesplňovala požadované parametry podle legislativy, a proto se navrhla rekonstrukce. Po delších úvahách byla zvolena rekonstrukce technologií Cementace. Cílem této práce bylo posoudit vhodnost výběru a zvážit případné jiné

možnosti. Šetřením v průběhu práce se zjistilo, že uplatněním bezvýkopové technologie oproti klasické pokládce výkopem došlo ke snížení finančních nákladů o víc jak polovinu. To, při ceně necelých 30 milionů za provedenou Cementaci, činí víc jak 40 milionů korun českých. Je však třeba podotknout, že uvažovaná pokládka výkopem nabízela s použitím litinového nebo polyetylenového potrubí životnost 100 let, kdežto životnost podle zhotovitelských firem cementového nástřiku je maximálně 50 let. Navíc provozovatel bývá výrazně skeptičtější, čerpá ze zkušeností a udává, že životnost se pohybuje kolem 30 let. Na základě jednoduchých výpočtů můžeme konstatovat, že způsob rekonstrukce přivaděče Tanvald – VDJ Krásná nebyl zvolen neideálněji. Obráceně v posouzení vlivu na životní prostředí (přepočítáno na dny strávené na stavbě a spotřebu pohonných hmot pro pokládku potrubí) vychází technologie Cementace velmi výhodně. Rekonstrukce touto technologií proběhla za 280 dní, kdežto v případě pokládky otevřeným výkopem by stavba trvala minimálně 480 dní a je potřeba zdůraznit, že by došlo k velké zátěži životního prostředí v důsledku navýšených výkopových prací, dovozu a odvozu vytěžené a zásypové zeminy a celkového pohybu techniky v okolí trasy přivaděče. Vzhledem k délce, necelých 12 km, by se jednalo o velké území, které by při použití běžné pokládky výkopem doznalo nenávratných změn.

Druhý příklad, rekonstrukce propojovacího řadu Liberec – Vesec, byl vybrán z důvodu umístění. Trasa vodovodního řadu vede Veseckým údolím, kde se nachází významný biotop, v kterém žije, v těsném sousedství s velkoměstem, velké množství vzácných a ojedinělých druhů fauny a flóry. K ideálním podmínkám nepřispívalo ani to, že lokalitou protéká Lužický potok a území je silně podmáčené, bažinaté a nepřístupné. V okamžiku, kdy se vlastník a provozovatel dohodli na rekonstrukci, bylo téměř jasné, že musí být použita bezvýkopová technologie. Umístění vodovodu nepřipouštělo téměř jiné řešení. Mokřady, bažiny a ochránci přírody by zamezili přístup stavební technice na místo realizace. Délka rekonstruovaného úseku činila cca 440 metrů, z toho 360 metrů se podařilo zrekonstruovat bezvýkopovou technologií. Z provozovatelského hlediska musel být zachovaná minimální průtočnost řadu, proto byla zvolena technologie Pipe Burstlining (rozbití stávajícího potrubí a zároveň zatažení nového). Cílem této práce bylo posoudit zatížení životního prostředí v důsledku vzdušných emisí vypouštěných v průběhu stavby

a zároveň výpočet spotřeby pohonných hmot při pokládce. Porovnání se provádělo pro technologii Pipe Burstlining, která se použila a pro pokládku otevřeným výkopem, která se v prvopočátcích zvažovala. K celkové spotřebě pohonných hmot se došlo výpočtem doby práce a zjištěním potřeby stavebních strojů. Rozdíl mezi vybranou a zvažovanou technologií je, ve prospěch bezvýkopové metody, 7 dnů a 2930 litrů pohonných hmot. Při pokládce technologií Pipe Burstlining bylo zapotřebí jednoho zatahovacího stroje a jeřábu po dobu 5 dnů a kolový bagr pro vykonání zemních prací (vykopání montážních jam), což trvalo třetinu dne. Spotřeba pohonných hmot se rovnala 870 litrům. V případě, že by se zvolila metoda výkopem, resp. vykopání a vyjmutí starého potrubí a uložení nového, opětovné zasypání a odvoz vytěžené zeminy, by došlo ke spotřebování cca 3800 litrů pohonných hmot a práce by trvaly 12 dnů.

Pro další srovnání výhodnosti výběru se použil speciální program, vyvinutý na Arizonské univerzitě, pro výpočty vzdušných emisí. Kalkulátor pracuje v programu Excel a po zadání vstupních hodnot (typ stroje či vozu, rok výroby moto hodiny, výkon, emisní zařazení, doba činnosti na stavbě,...) se získaly výsledné hodnoty a grafy. Tyto ukazují, že při zvolené technologii došlo ke snížení vzdušných emisí (jsou tvořeny především skleníkovými plyny) až o 80 %. Nejvyšší hodnoty se ukazují v zatížení oxidem uhličitým, kdy při metodě Pipe Burstlining činila hodnota celkem 6100 kg a při pokládce výkopem by se přiblížila 22 500 kg. V rámci tohoto srovnání musí být zmíněno, že v porovnání finančních nákladů vyšla zvolená technologie 2x draž (cena díla dosáhla necelých 7 milionů, oproti tomu v případě výměny potrubí klasickou metodou výkopu by se cena pohybovala kolem 3,5 milionu). Pravděpodobnost, že by ale tuto rekonstrukci bylo možno provést otevřeným výkopem, je z již zmiňovaných důvodů minimální.

Závěrem lze říci, že cíle práce byly dosaženy a prokázala se tak výhodnost, využitelnost a šetrnost vůči životnímu prostředí v případě bezvýkopových technologií. Je však nutno dodat, že pro dosažení efektivního výsledku je bezpodmínečné, každý projekt posuzovat individuálně a hledat ta nejvýhodnější řešení. Nelze paušalizovat výhodnost či nevýhodnost použití jakékoli technologie či materiálu. Ideálním případem bývají projekty, kdy všichni zúčastnění spolupracují

dohromady pro dosažení cíle. Příkladem může být rekonstrukce přivaděče Liberec – Vesec, kde se díky vzájemné spolupráci provozovatele, vlastníka infrastruktury, zhotovitele, dodavatelů a dalších se zdařilo docílit toho nejlepšího výsledku. Tím je zdařilá pokládka v obtížném terénu, aniž by došlo k negativnímu vlivu na životní prostředí. Současně si zúčastnění mohou připsat „status rekordmanů“. Právě na této stavbě za použití stroje Grundoburst 2500G se podařilo dosáhnout díky zatažení 362 metrů najednou evropského rekordu.

11. POUŽITÁ LITERATURA

BARBORIK., J. *Trouby z tvárné litiny. Sborník přednášek: Konference „O bezvýkopových technologiích“*, Praha: Česká společnost pro bezvýkopové technologie, 2010, 103 s.

BEZROUK, J.; [eds]. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Praha: Medim, 2008, 144 s.

BRÖMSTRUP, H. *PE100 pipe systems*. Essen: Vulkan – Verlag GmbH, 2004, 151 s.

DRÁBEK, P. *Výpočet vzdušných emisí u projektů podzemních inženýrských sítí. Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO₂ během realizací staveb inženýrských sítí*, CzSTT, 2011, 15-17.

DRÁBEK, S. *Vložkování Swagelining v Kongu*. NO-DIG 1/2010, 11.

[eds]. *Initiative for alternative installation methods in pipeline construction*. GSTT, 2010, 24 s.

[eds]. *Jahrbuch Teil 2 – Ökologie & Ökonomie*. Berlin: GSTT, 2012, 26 s.

ELZINK, W. *Kompaktní potrubí*. NO DIG 1/2011, 13-17.

ERTELT, S.; HOBOHM, S.; RAU, L.; RINK, W.; RAMMELSBERG, J. *Potrubí z tvárné litiny pro bezvýkopové technologie*. Beroun: Buderus litinové systémy s.r.o., 2008, 126 s.

ESTERKOVÁ, M.; VRÁNEK, I. *Životnosti potrubních sítí. Sborník přednášek: Konference „O bezvýkopových technologiích“*, Praha: Česká společnost pro bezvýkopové technologie, 2010, 103 s.

EVESQUE, M. R.; GEOFFRAY, D.; RABAUD, B. *Životní cyklus polyetylenového potrubí*. NO DIG 2/2011, 17-22.

GRAFENAUER, T. *Cutting down disruption*. Trenchless World 28, 2010, 4-5.

JÁSEK, J.; [eds]. *Vodárenství v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. Praha: Milpo Media, 2000.

KLEPSATEL, F.; RACLAVSKÝ, J. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava: Jaga Group, s.r.o., 2007, 144 s.

LINDE, L. *Poslední inovace v bezvýkopových technologiích. Sborník přednášek: Konference „O bezvýkopových technologiích“*, Praha: Česká společnost pro bezvýkopové technologie, 2009, 73 s.

LOYDA, M.; ŠPONER, V.; ONDRÁČEK, L.; BAREŠ, A.; [eds]. *Svařování termoplastů*. Praha: UNO Praha spol. s r.o., 2011

MAXA J., *Bezvýkopová pokládka a obnova potrubí s TT – systémovou technikou NO-DIG 4/2011*, 15 – 22.

NENADÁLOVÁ, L. *Porovnání technologie HDD a klasické pokládky pro výstavbu děšťové kanalizace DN 300 s využitím nástroje e-CALC*. NO DIG 1/2011, 24-25.

NOVÁK, J.; [eds]. *Příručka provozovatele vodovodních sítí*. Praha: Medim, 2003, 151 s.

RAMEIL, M. *Handbook of Pipe-Bursting Practice*. Essen: Vulkan – Verlag GmbH, 2007, 351 s.

SINGER, P., ALLMANN, J. *Langstreckensanierungen mit PE-Rohren im Close Fit – Verfahren*. 3R international 3-4/2009, 152-154.

STEIN, D.; NIEDEREHE W. *Instandhaltung von Kanalisationen*. Berlín: Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, 1992, 814 s.

ŠEDIVÁ, T. *Sanace potrubí bezvýkopovými technologiemi v průmyslových areálech*. NO-DIG 4/2010, 16-21

ŠNAJDR, D. *Nové PE potrubí z materiálu PE100RC, jeho životnost, ostatní vlastnosti a využití v praxi. Sborník přednášek: Konference „Životnost a obnova vodohospodářské infrastruktury“*, Praha: Aquion, 2010, 99 s.

ŠRYTR, P.; [eds]. *Městské inženýrství (1)*. Praha: Academia, 1998, 434 s.

ŠRYTR, P.; [eds]. *Městské inženýrství (2)*. Praha: Academia, 2001, 398 s.

ŠVEC, L., [eds]. *Úvodní slovo. Životnost a obnova vodohospodářské infrastruktury*, 2010, 99 str.

ŠVEC, L. *I. část – Rekonstrukce propojovacího řadu Vesec – Burstlining 362 m.* NO DIG 3/2011, 12-14.

TUZAR, J.; MALEČKOVÁ, D. *Studie – Stavba liniového vedení – srovnání klasické a bezvýkopové technologie.* Praha: PSK TUZAR s.r.o., 2010, 14 s.

VESELÝ, M. *II. část – Rekonstrukce propojovacího řadu Vesec – Burstlining 362 m.* NO DIG 3/2011, 15-20.

INTERNETOVÉ ZDROJE

Cenia, 2012: *Základní principy udržitelného rozvoje.* [on-line]:
[http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHVOHSB](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHVOHSB), 23.2.2012

Ekocentrum Armillaria, 2012: *Vesecké údolí,* [on-line]:
<http://www.armillaria.cz/ochrana-prirody/vesecke-udoli/index.php>, 23.3.2012

Millennium Ecosystem Assessment, 2012: *About us.* [on-line]:
<http://www.millenniumassessment.org/en/About.html>, 22.2.2012

SVS , 2012: [on-line]: http://www.svs.cz/cz/o_spolecnosti/profil/kdo_jsme/,
22.2.2012

Transparency International — Česká republika, 2012: *Privatizace vodárenství v České republice: kam odtékají zisky?, 2009* [on-line]:
(http://www.transparency.cz/doc/TIC_vodarenstvi_cz.pdf), 27.2.2012

Wikipedia, 2012: *Trvale udržitelný rozvoj. Privatizace vodárenství v České republice: kam odtékají zisky?*, http://cs.wikipedia.org/wiki/Trvale_uds%20dr%20z%20iteln%20rozvoj,
22.2.2012

Zefyr, 2012: <http://www.zefyr-grp.com/vyrobni-program/vyroba-pouziti-vyhody.html>, 23.2.2012

OSTATNÍ ZDROJE

CHAVE, P. *Rámcová směrnice vodní politiky Evropské unie,* 2000.

Ministerstvo zemědělství ČR. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací území České republiky (PRVKÚ ČR)*. 2007

Zákon č. 17/1992 Sb., *o životním prostředí, v platném znění.*

Zákon č. 114/1992 Sb., *o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.*

Scandinavian No Dig Centre (katalog)

Interní podklady společností:

Severočeské vodovody a kanalizace a.s.

K2 Aquecon s.r.o.

Revak s.r.o.

12.PŘÍLOHY

Příloha 1	Hlášení poruch
Příloha 2	Zadávací parametry pro výpočet emisí při pokládce výkopem.
Příloha 3	Výstup výpočtu emisí při pokládce výkopem
Příloha 4	Zadávací parametry pro výpočet emisí při pokládce BT
Příloha 5	Výstup výpočtu emisí při pokládce BT
Příloha 6	Porovnání vzdušných emisí při pokládce výkopem a BT
Příloha 7	Schéma vodovodní sítě Liberec – Jablonec nad Nisou
Příloha 8	Hodnocení stavu úseku vodovodního řadu A (Hlavní distribuční systém)
Příloha 9	Hodnocení stavu úseku vodovodního řadu B (Zásobní systém)
Příloha 10	Ortofoto mapa Vodovodní přivaděč Liberec, Vesec
Příloha 11	Katastrální mapa Vodovodní přivaděč Liberec, Vesec
Příloha 12	Mapa Vodovodní přivaděč Krásná – Desná
Příloha 13	Katastrální mapa Vodovodní přivaděč Krásná – Desná

Příloha 1

HLÁŠENÍ: 612003449				
Organizační jednotka: 05		Zárok: RQ1202527		Druh řadu: Vodovod
Středisko: 11310				
Umístění: JIRÁSKOVA, LIBEREC				Číslo popisné:
Popis závady - ohlášení: porucha na řadu				
Prošetření:				
Poznámka:				
Datum nahlášení poruchy	21.02.2012 09:03:31	Převzal		
Ověření začátek		Ověření konec		
Datum započetí práce	21.02.2012 08:30:00	Přerušení dodávky vody (hod)	5,5	
Datum zakončení práce	21.02.2012 14:30:00	Počet ovlivněných obyvatel	4605	
Druh provozní události	1	Vodovodní řad		
Příčina	10	Prasklý vodovodní řad		
Způsob zjištění poruchy	3	Zjevná-lokalizovaná akusticky		
Způsob opravy	opravným pasem			
Hloubka uložení	0	Povrch	2	Asfalt
Kvalita		Průměr	10125	125
Koroze		Materiál	65	Litina
Inkrustace		Výřez	<input checked="" type="checkbox"/>	Číslo
Kopaná	strojně, ručně			

Vyhotořil: PALÍROVÁ EVA

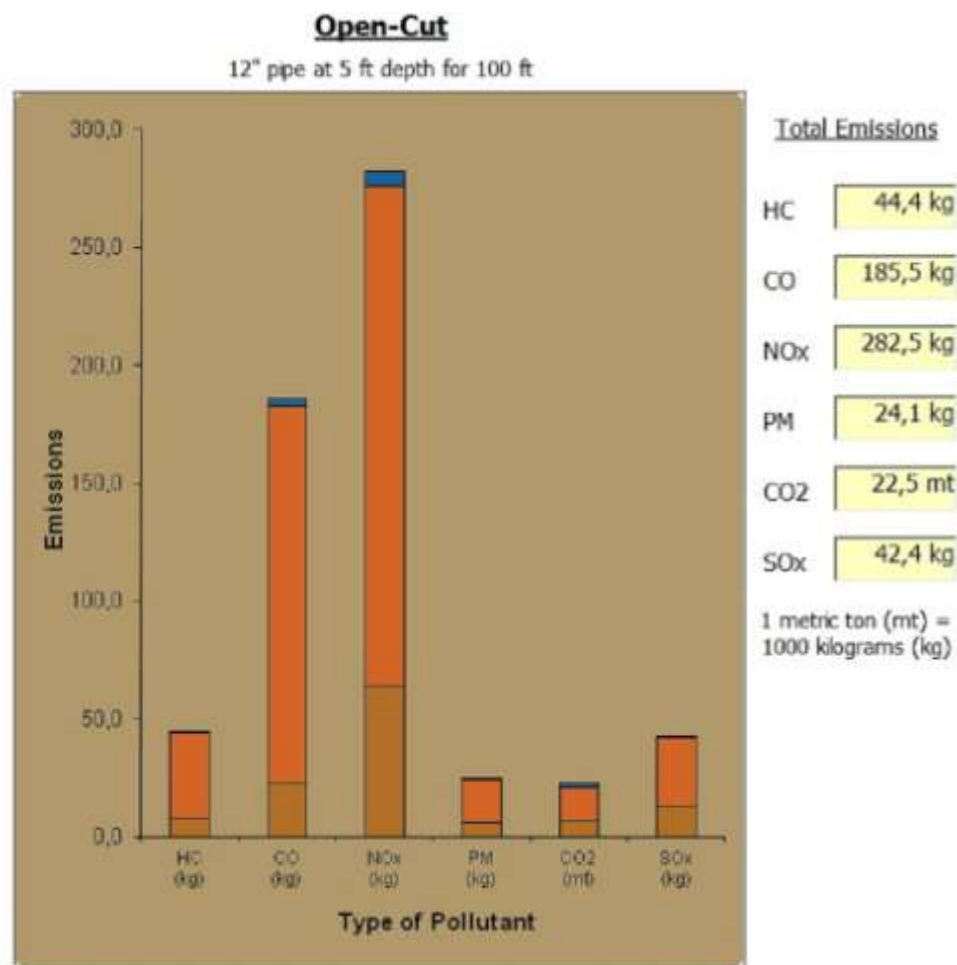
Datum: 09.03.2012 09:23

Podpis:

Příloha 3

Equipment	
Name	Hrs
Kolové rypadlo	96
Jeřáb	96

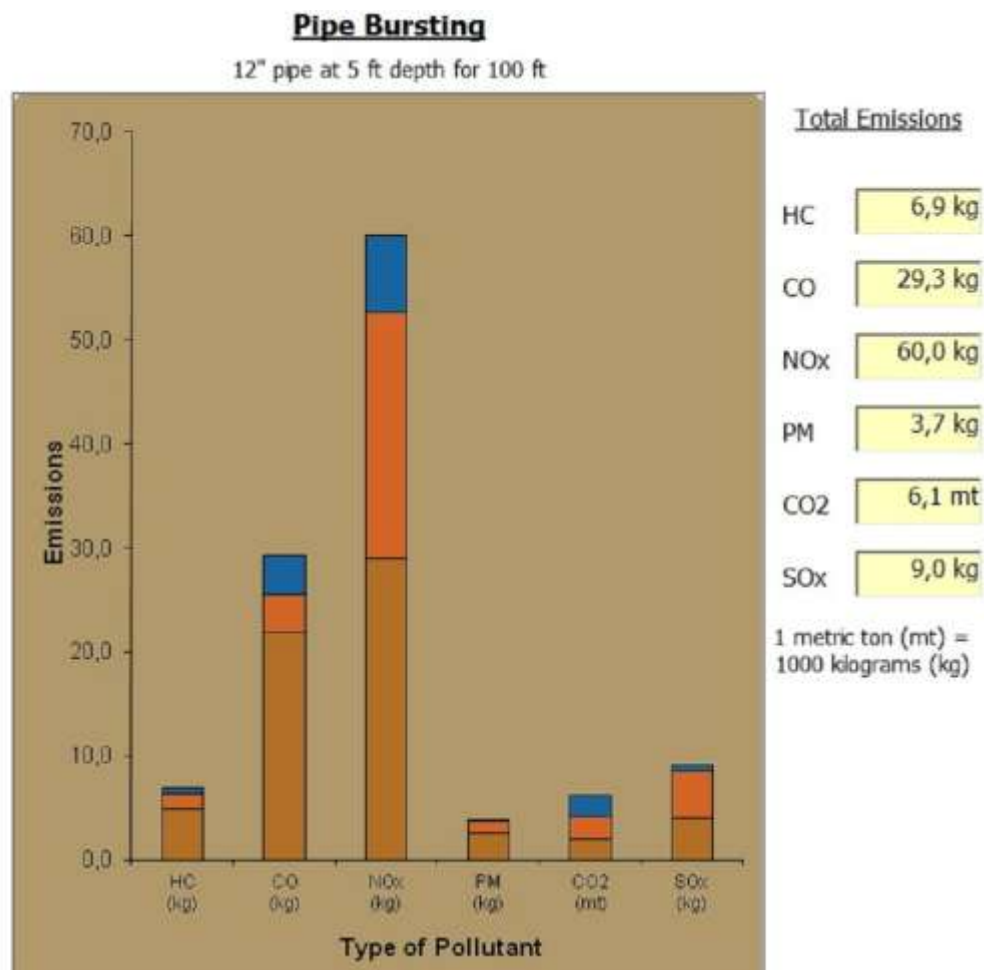
Transport Vehicles	
Type	km
Auto s rukou	2100



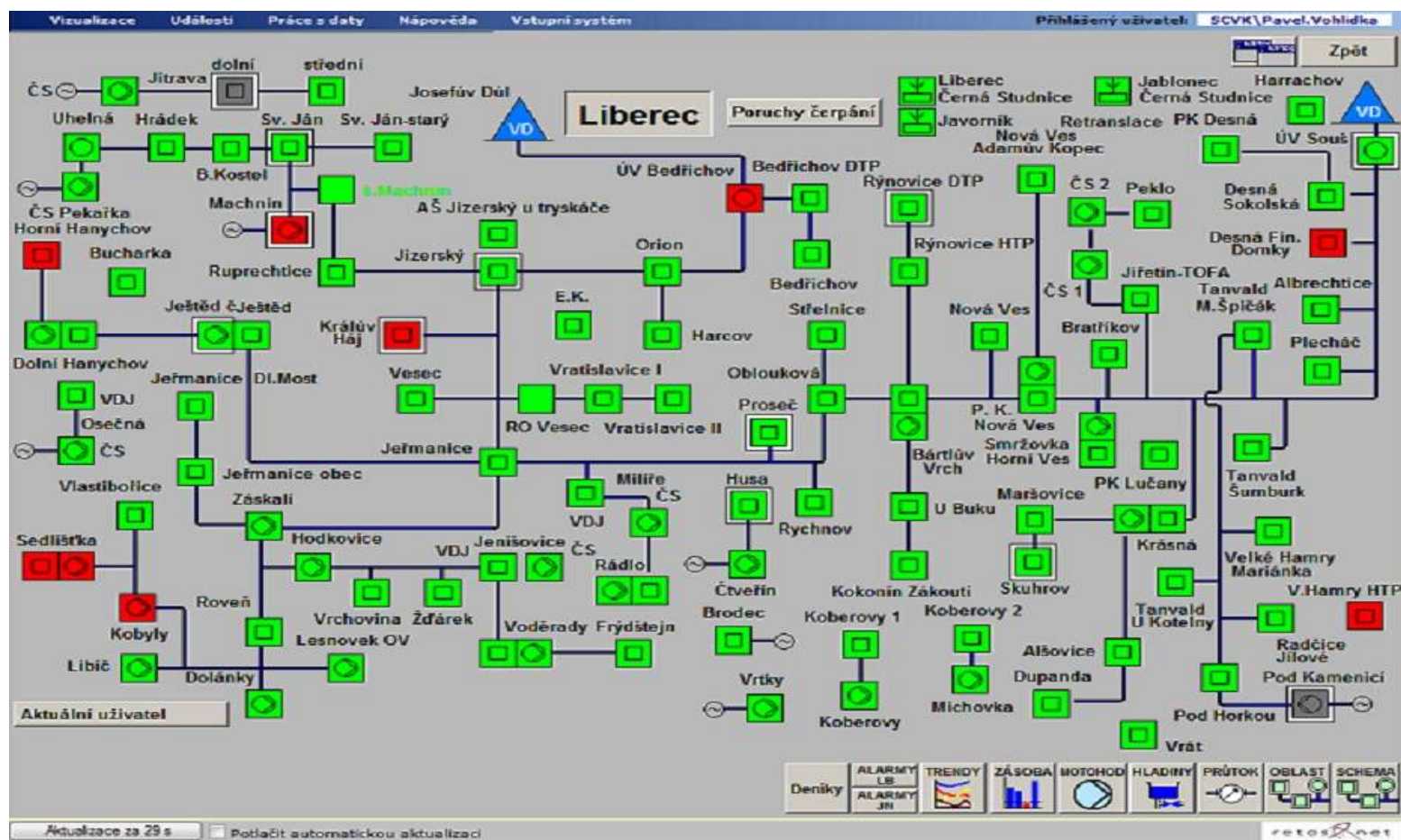
Příloha 5

Equipment	
Name	Hrs
Jeřáb	35
Grundoburst	35

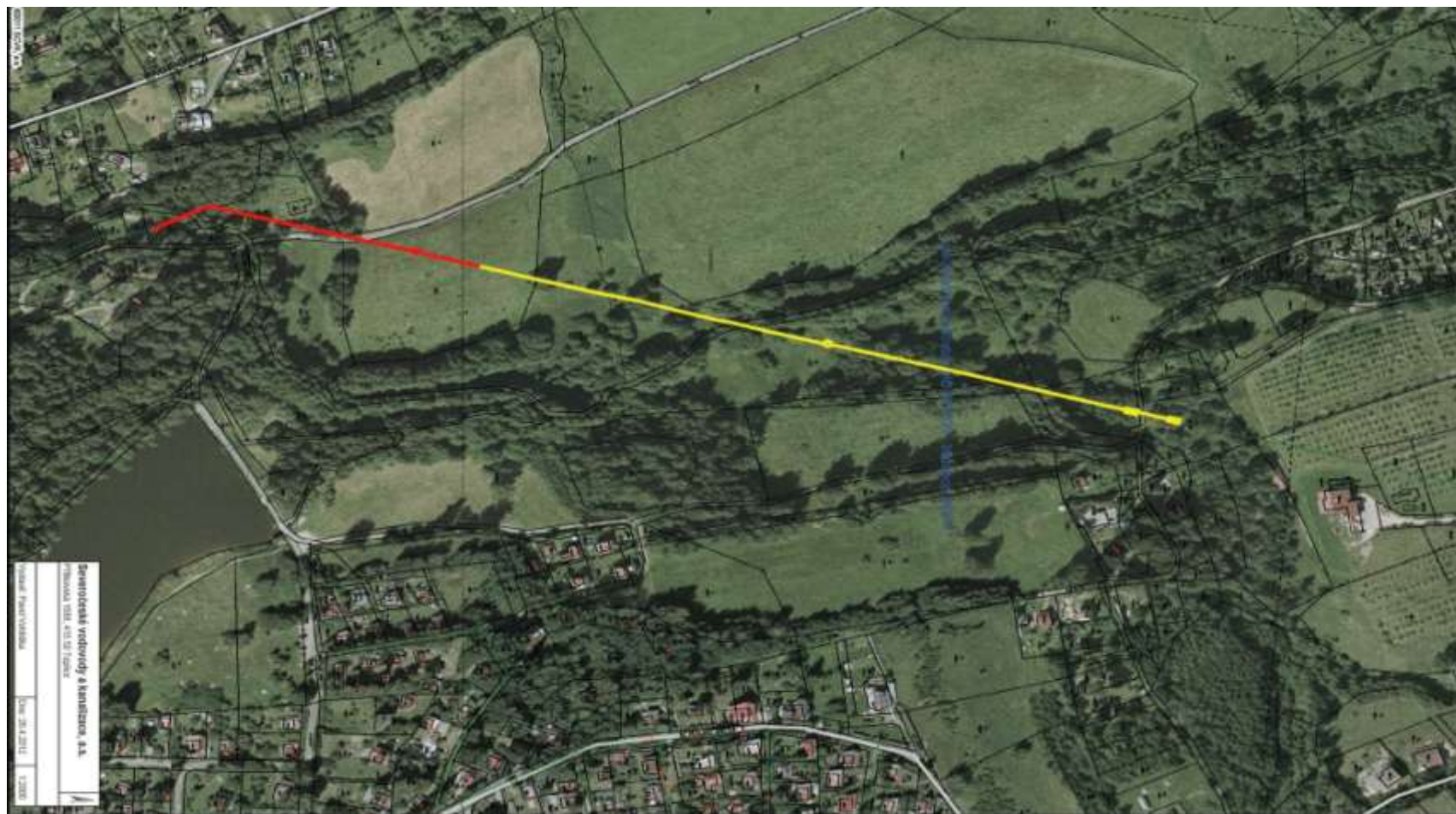
Transport Vehicles	
Type	km
Nákladní automobil	2010



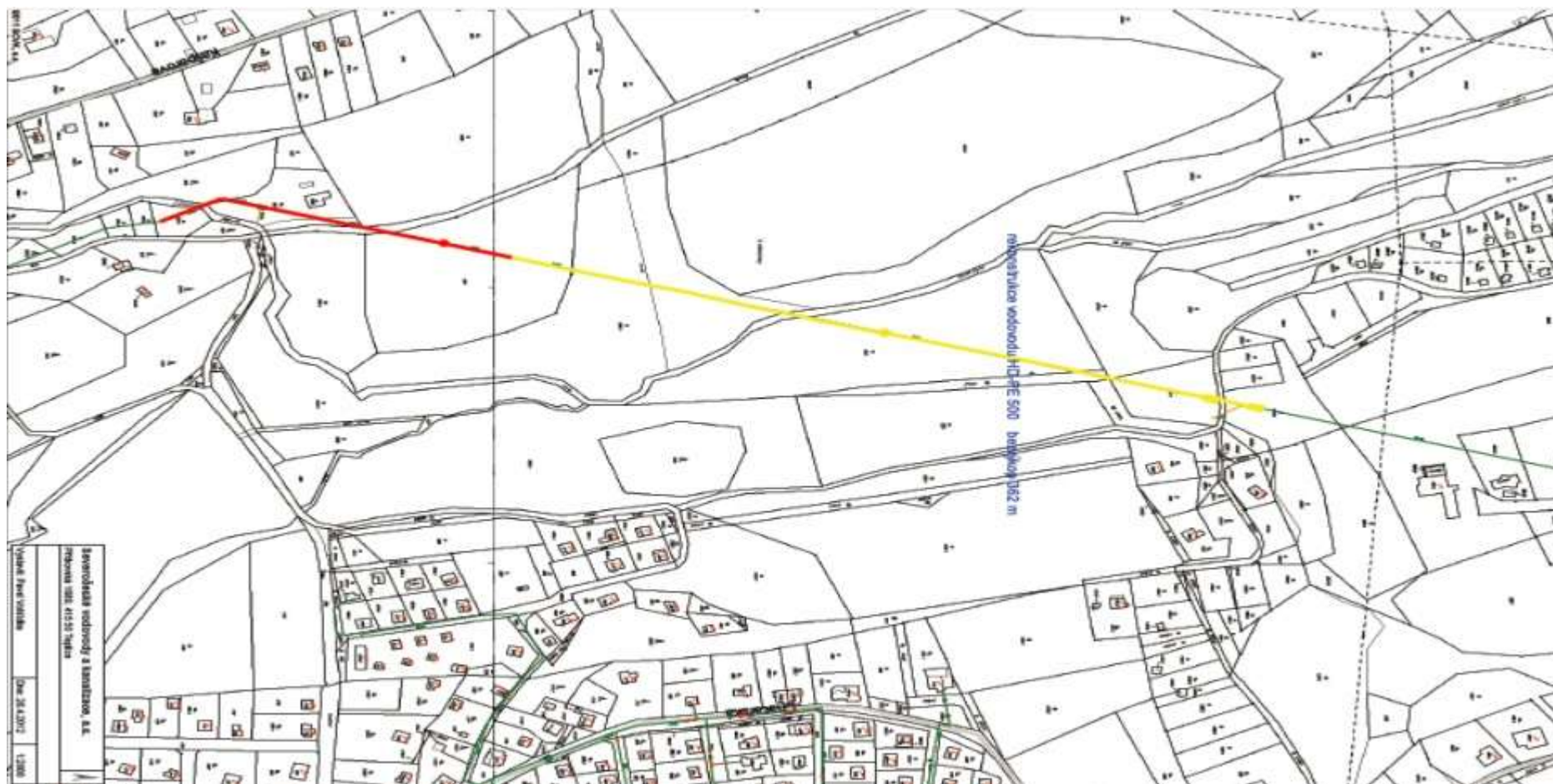
Příloha 7



Příloha 10



Příloha 11



LEGENDA

-  KATASTRÁLNÍ ŮZEMÍ
-  REKONSTRUOVANÉ POTRUBÍ

