

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**TECHNOLOGICKÉ POSOUZENÍ METOD
REALIZACE VODOVODNÍCH ŘADŮ**

2024

JOSEF MOJŽÍŠ

**VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:
ING. KAREL POLÁK, Ph.D.**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....

Josef Mojžíš

Poděkování

Velmi děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Karlu Polákovi, Ph.D za odborné vedení, čas věnovaný konzultacím a za cenné rady, podněty a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat společnosti POSTOLKA-DRILLING s.r.o. za poskytnutí podkladů týkající se problematiky horizontálního směrového vrtání a možnost ukázky realizace v praxi. Také bych chtěl poděkovat společnosti Vodovody a kanalizace Náchod, a.s. za poskytnutí projektových podkladů.

Neméně také děkuji své rodině a nejbližším za podporu během celého studia.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Mojžíš</u>	Jméno: <u>Josef</u>	Osobní číslo: <u>494338</u>
Zadávací katedra: <u>K122-Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavitelství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Stavitelství/Realizace pozemních a inženýrských staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Technologické posouzení metod realizace vodovodních řadů</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Technological assessment of methods of realization of water supply lines</u>	
Pokyny pro vypracování:	
1- Rešerše současného stavu problematiky ČR a svět	
2- Rešerše dostupných metod provádění	
3- Detailní popis dvou technologií provádění BT a VT	
4- Představení konkrétního projektu	
5- Vícekriteriální technologické porovnání obou metod u konkrétního projektu	
6- Závěr, vyhodnocení přínosu	
Seznam doporučené literatury:	
[1] Šrytr, P. a kol.: Městské inženýrství: Díl 1, Academica, 1999, ISBN: 80-200-0663-X	
[2] Šrytr, P. a kol.: Městské inženýrství: Díl 2, Academica, 2001, ISBN: 80-200-0440-8	
[3] Jarský Č., Musil F. a kol.: Příprava a realizace staveb, Akademické nakladatelství CERM s. r. o. Brno 2003, ISBN 80-7204-282-3	
[4] HASÍK, Otakar. Stavby vodovodů a kanalizací. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1428-5	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Karel Polák, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>15.2.2024</u>	Termín odevzdání BP v IS KOS: <u>20.5.2024</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Anotace

Bakalářská práce se zabývá technologickým posouzením metod realizace vodovodních řadů. Práce popisuje problematiku vodovodních sítí, vývoj, poruchovost, strukturu a možnosti realizace vodovodů. Práce nám přibližuje možnosti realizace nových vodovodních sítí, konkrétně za pomoci výkopové a bezvýkopové technologie. V práci jsou popsány možné typy metod pro realizaci jak výkopovou tak bezvýkopovou metodou. Práce popisuje činnosti spojené s realizací vodovodu, jako je například popis typu pažení, možnost použití jednotlivých metod vzhledem k dimenzi vodovodního potrubí. V praktické části se práce zabývá technologickým porovnáním realizace klasickou výkopovou metodou vodovodu otevřeným výkopem s pažením z pažících boxů a technologií bezvýkopovou, konkrétně metodu řízeného horizontálního směrového vrtání. Práce zhodnocuje na kritériích možnost nasazení a výhodnost jedné z metod na daném projektu z několika hledisek. Závěrem práce je vyhodnocení dvou zvolených metod provádění vzhledem k zadanému projektu, vyhodnocení nám ukazuje, která z metod je v daném kritériu na daném projektu výhodnější.

Klíčová slova

Bezvýkopová metoda, horizontální směrové vrtání, realizace vodovodů, technologie staveb, stavebnictví

Annotation

The bachelor thesis deals with the technological assessment of the methods of realization of water supply lines. The thesis describes the problems of water supply networks, development, failure rate, structure and possibilities of water supply implementation. The thesis introduces us to the possibilities of realization of new water supply networks, specifically using excavation and trenchless technology. The thesis describes the possible types of methods for implementation by both excavation and trenchless methods. The work describes the activities associated with the implementation of the water pipeline, such as the description of the type of footing, the possibility of using each method in relation to the dimension of the water pipe. In the practical part, the thesis deals with the technological comparison of the implementation of the classical excavation method of the water pipeline by open excavation with the casing from the arm boxes and the trenchless technology, namely the method of controlled horizontal directional drilling. The thesis evaluates on criteria the possibility of deploying and the advantage of one of the methods on a given project from several points of view. The thesis concludes with an evaluation of the two chosen methods of implementation with respect to the given project, the evaluation shows us which of the methods is more advantageous in a given criterion on a given project.

Key word

Trenchless method, horizontal directional drilling, water pipelines, construction technology, construction industry

Obsah

Úvod.....	9
Cíle práce.....	9
1. Rešerše současného stavu vodovodních sítí seznámení s problematikou situace v ČR a ve světě	10
1.1 Vývoj vodovodních sítí – historie.....	10
1.2 Struktura vodovodních sítí	13
1.2.1 Podle rozsahu působnosti vodárenské soustavy	14
1.2.2 Podle výškového položení vodního zdroje a spotřebiště.....	16
1.2.3 Podle půdorysného uspořádání vodovodní sítě	17
1.3 Přehled poruch vodovodních sítí.....	18
1.3.1 Statistika poruch ČR	18
1.3.2 Poruchy v zahraničí	21
1.3.3 Typy poruch	21
2. Rešerše dostupných metod provádění.....	24
2.1 Výkopová technologie	24
2.1.1 Ukládání do otevřeného výkopu	24
2.2 Bezvýkopové technologie	30
2.2.1 Neřízené metody bez obsluhy na čelbě	31
2.2.2 Řízené metody bez obsluhy na čelbě	37
2.2.3 Pluhování.....	43
3. Detailní popis dvou zvolených technologií provádění bezvýkopové a výkopové technologie.....	44
3.1 Výkopová technologie.....	44
3.1.1 Popis.....	44
3.1.2 Přípravné práce	45

3.1.3	Hlavní práce.....	45
3.1.4	Dokončovací práce	47
3.2	Bez výkopová technologie	47
3.2.1	Popis.....	47
3.2.2	Přípravné práce	47
3.2.3	Hlavní práce.....	47
3.2.4	Dokončovací práce	50
3.2.5	Nutné informace pro volbu a návrh BT vůči VT	51
4.	Představení daného projektu.....	52
4.1	Poskytnutí projektu a obsahový popis.....	52
5.	Vícekritériální technologické porovnání obou metod u konkrétního projektu.....	53
5.1	Způsob vyhodnocování obou metod	53
5.2	Zpracování – přílohy	54
5.3	Kritéria hodnocení.....	55
5.3.1	Ekonomické	55
5.3.2	Časové.....	57
5.3.3	Prostorové	59
5.3.4	Dostupnost dané metody	60
5.3.5	Geologické a hydrogeologické poměry	61
5.3.6	Délka a tvar trasy	62
5.3.7	Vliv na životní prostředí.....	64
5.4	Hodnocení dle kritérií	64
	Závěr.....	66

Úvod

O systematickém rozvodu vody pocházejí první zmínky již za vlády egyptského faraona Ramesse II v období 1300. let před naším letopočtem. U nás jsou zmínky o budování systematických vodovodů z období 14. století. Tato vodovodní síť byla postupně modernizována a zdokonalována až do dnešní podoby. Vzhledem k situaci a stavu dnešní infrastruktury vodovodu, bych chtěl poukázat na zanedbalost, zaostalost a na spoustu provozovaných vodovodních řadů, které jsou již za hranou své životnosti, což má za následek i větší ztráty vody v distribuční síti což je nežádoucí. Spousta vodovodních soustav v současné době podstupuje rekonstrukce a s tím jsou spojena i rizika zásobování vodou. Nedostatečná kapacita vodních zdrojů je ve světě stále aktuálnější, taktéž velké riziko ohledně zásobování obyvatelstva vodou představují i neustále probíhající klimatické změny a s tím spojena omezená kapacita spodních vod. Chtěl bych tímto tématem přiblížit metody výstavby vodovodních sítí, zhodnotit metody realizace především z časové a finanční nákladnosti. V úvodu práce jsem se zaměřil na seznámení, jak se samostatnou problematikou a strukturou vodovodů, tak s jednotlivými metodami realizace. V druhé části se zabývám praktickým posouzením dvou vybraných metod z technologického hlediska na daném projektu. Na závěr práce obě zvolené metody vyhodnotím a uvedu, na čem závisí jejich možnost použití.

Cíle práce

Cílem práce je seznámit se s problematikou, metodami provádění a vyhodnotit dvě zvolené metody pro realizaci novostaveb vodovodů, posoudit dané metody z několika kritérií a uvést jejich možnosti použití a technická omezení daných metod. Zhodnotit odlišnosti a možnosti použití zvolených metod na daném projektu a následně vyhodnotit dle zvolených kritérií, která z metod má v posuzovaných kritériích lepší celkový výsledek.

1.Rešerše současného stavu vodovodních sítí seznámení s problematikou situace v ČR a ve světě

1.1 Vývoj vodovodních sítí – historie

O rozvoji osídlení krajiny, již od historie rozhodoval dostatek vody, napovídá tomu i vznik a rozvoj civilizací podél rozsáhlých vodních toků. Na území České republiky tomu nebylo jinak než v jiných částech světa. Voda byla a je základní složkou pro funkci domácnosti, hospodářství a života na zemi. K prvotní zásobě vody sloužily vodní toky, uměle vytvořené rozvodné vodní cesty, postupný vznik akvaduktů a vodních tunelů pro překonání výškových rozdílů. Vodní kanály též měly druhotnou funkci, plnili také funkci dopravy, jak již lodní, tak pro dopravu surového dřeva. Dalším významným zdrojem vody byly studny a jímky, voda se poté musela dopravovat roznášením, než došlo k čerpání vody. K dopravě vody do vzdálenějších míst bylo zapotřebí budování rozsáhlejších gravitačních přivaděčů. Na našem území se objevily první soukromé přivaděče ve 12. století.

K zásobování obyvatel našeho území z veřejných vodovodů můžeme předpokládat, že došlo zhruba v polovině 14. století. Ale svůj stále velký a důležitý význam si zachovalo velké množství studní, z kterých zásobování obyvatel převažovalo.

Ve 14-16. století v období renesance vnášelo velký pokrok v oblasti distribuce vody rozvoj technického myšlení. Důmyslnější a složitější infrastruktura osídlovaných oblastí (např. vesnic a měst) sebou nesla větší nároky a náchylnost k znečištění vody, která měly být považována za pitnou. Přicházejí větší nároky na hygienu a čistotu distribuované vody. Tyto okolnosti si vynutily vznik a rozmach vodárenství, které sebou přineslo vodárenské stavitelství. Začaly vyrůstat nové vodárenské věže, nebo se využilo částí stávajících nevyužívaných nadzemních opevnění. To sebou neslo nutnost zdokonalovat (obnovovat) stávající gravitační vodovody a výstavba nových vodovodů dokonalejšími

technologemi. Většina těchto staveb sloužila až do 19. století. Do té doby docházelo k časté obnově vodárenské technologie, ale technické řešení zůstalo na počátku 17. století, takže to neneslo žádný technický posun. K významnému technickému posunu v odvětví vodárenství došlo až s pokrokem techniky a materiálů na konci 19. století. V tu dobu vznikla většina již moderních vodárenských systémů, z nichž většina funguje, je používána a modernizována až dodnes. [3]

Historické profese ve vodárenství

V době, kdy byla voda distribuována z potoků a řek za pomoci roznášení a rozvážení se poprvé dovídáme o profesi vodáků, kteří se touto prací zabývali. Poptávka po jejich práci vyplývala z požadavků na dodávku vody pivovarů, sladoven a jiných výroben, které byly závislé na dodávce dostatku vody. V této době bylo vodáctví námezdní povolání.

Profese rouníků (též vodáků) přichází s výstavbou prvních vodovodů, jejich náplní bylo udržování, výroba a výstavba trubního řadu. Pocházeli ze sekerníků (dřevěné potrubí) a z konvářů (vyráběli kovové potrubí). Jejich živnost byla podřízena správě města, jejich vytíženost vyplývala z potřeb obyvatelstva. Z toho plyne, že jejich činnost nebyla samostatná, ale byla regulována městem. Vodohospodářský systém se ustálil v době renesance, kdy byla stanovena technologie kladení potrubí a způsob odběru vody za pomoci soukromých či veřejných kašen. To mělo vliv na kvalitativní změnu profese rouníků. V této době dochází k výstavbě čerpacích zařízení hnaných vodním kolem, to přivádí do vodárenské sféry mlynaře. Mlýny nacházející se v blízkosti vodáren patřily ve většině případů obcím. Funkci správce plnil obecní mlynář, který taktéž plnil funkci rouníka a měl na starost bezchybné čerpání vody do nádrže, případně do nádrže ve vodní věži a též zodpovídal za bezporuchovost rozvodné sítě vody.

V 19. století přicházejí do vodárenství další důležité profese a obory. 19. století přináší do vodárenství konstruktéři, stavitelé, strojaři, chemici, hydrogeologové, hydrologové a odborníci na hygienu. V roce 1839 vstoupila v Praze v platnost instrukce pro kladení a těsnění litinového potrubí. Následně dané instrukce přebírala i ostatní města, to sebou neslo

postupný přechod z dřevěného na litinové trubní systémy v konstrukci vodovodní sítě.

V šedesátých letech 19. století v Evropě docházelo k opakovaným epidemiím a rozvíjela se teorie podzemní vody, to vedlo i medicínu ke vzdálenému zapojení do problematiky vodárenství s vazbou na funkční odkanalizování. [3]

Význam objevů druhé poloviny 19. století pro hygienu vody

Význam „čistá voda“ a její nedílný vliv na zdraví obyvatel a lid, měli v podvědomí již v medicíně dávných civilizací. Starověcí lékaři taktéž věděli, že „čistá voda“ má velký vliv na lidské zdraví. Velký vliv na zdokonalení měl vývoj chemického odvětví a prohlubování znalostí v oblasti přírodních věd, díky tomu se v průběhu času prohlubovali znalosti o kvalitě vod a vlivu kvality vody na zdraví a s tím spojenými nemocemi. Zásadní zlom nastává až v druhé polovině 19. století, největším přínosem jsou objevy a rozvoj v oblastech mikrobiologie a bakteriologie. Na ten to rozvoj měl velký vliv projev nezávadné vody v souvislosti se smrtícími epidemiemi cholery, která se na počátku třicátých let 19. století šířila po Evropě, cholera se na naše území dostala z Asie. [3]

Snahy vodohospodářů o sjednocení

20. století se neslo ve snaze prosadit vodárenské řemeslo do povědomí veřejnosti a vyšší správní moci. Během 20. století došlo hned ke třem podobným událostem, kde se jednalo o prosezení vodárenského řemesla.

První událost se konala ve dnech 16. až 18. května 1913 kdy se v Praze konal 1. sjezd českých plynáren, elektráren a vodáren, pořádaný odborem Svazu českých měst v Českém království. Jedním z cílů bylo u obyvatelstva posílit prestiž zavedením skutečně pitné vody do domácností i průmyslu. Vodárenská odborná sekce projednala sled a proveditelnost prací při tvorbě nových a moderních zdrojů pitné vody, dále využití obecních daní pro dotace na výstavbu vodovodů, výši a dělení vodného se stavem obecně prospěšných dotací. Toto sdružení bylo úspěšně a přínosné i v období první republiky a stalo se důležité nejen pro orgány státní správy,

ale i jednotlivým vodárenským firmám a společností. Tyto snahy byly umlčeny příchodem protektorátní správy a pozdějším komunistickým režimem.

Druhá událost přichází po třicetileté odmlce, s přínosem obdobných záměrů. V roce 1968 byl založen Český svaz vodovodů a kanalizací, a to na základě vlastních potřeb, s cílem pomoci a zvýšit technickou, ekonomickou a řídicí úroveň ve svém oboru. Svaz zastupoval svůj obor na jednáních se státními orgány, vyjadřoval se k návrhům zákonů, prováděcích předpisů a norem. Avšak tento svaz byl dne 26. května 1970 rozpuštěn.

Třetí událost pro vodohospodáře přichází po dvacetileté pauze. Dne 23. listopadu 1989 bylo založeno Sdružení oborů vodovodů a kanalizací (SOVAK), které si stanovilo za svůj cíl, stát se kolektivním partnerem státním a odborným institucím s cílem prosazovat a hájit zájmy podniků vodovodů a kanalizací na území Českých zemí. [3]

O SOVAK

„Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, z.s. (SOVAK ČR) je spolkem sdružujícím právnické a fyzické osoby, činné v oboru vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu. SOVAK ČR byl původně založen zakladatelskou smlouvou uzavřenou dne 23. listopadu 1989 v Kutné Hoře jako zájmové sdružení právnických osob, působících v oboru vodovodů a kanalizací, zaregistrováno bylo ke dni 12. 11. 1992 v Praze. S účinností ke dni 1. 6. 2016 se v souladu s občanským zákoníkem změnila jeho právní forma na spolek.“ [4]

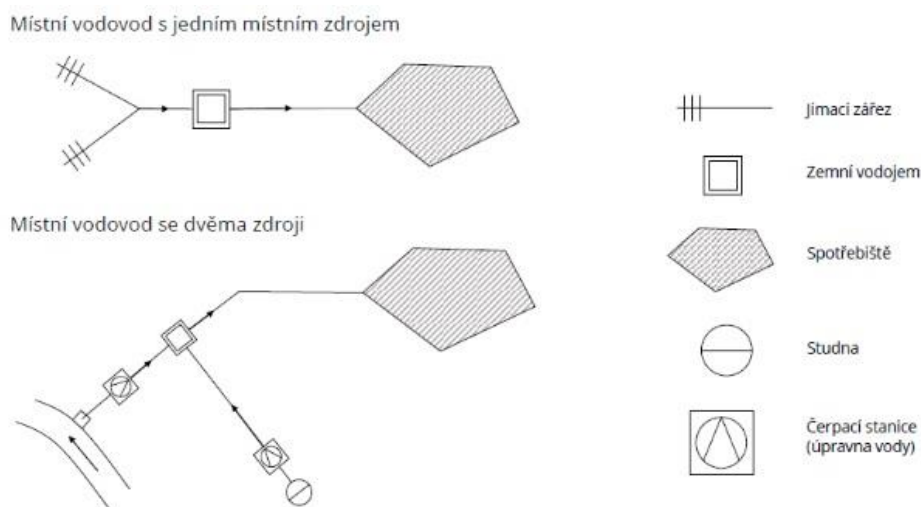
1.2 Struktura vodovodních sítí

Vodovod lze rozdělit do 3. základních kritérií, které se dále dělí na další kategorie.

1.2.1 Podle rozsahu působnosti vodárenské soustavy

Vodovod místní

Je historicky nejstarším typem vodovodu. Jedná se technicky a provozně o nejjednodušší typ, který ze svého zdroje, případně může mít více zdrojů zajišťuje zásobování jednoho města či obce. Jednoduchost také vyplývá z toho, že se tyto typy vodovodů budovaly jako gravitační, pokud tomu nic nebránilo. [5]



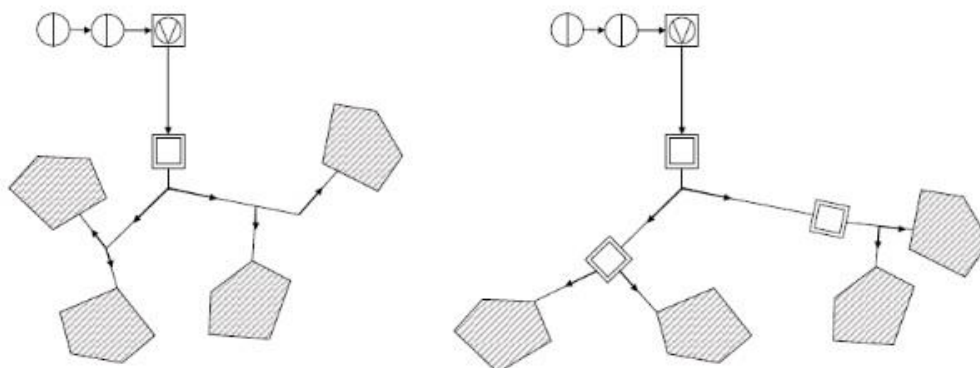
[Obr. 1] Místní vodovod [5]

Vodovod skupinový

Současně zásobuje více spotřebišť (měst, obcí) z jednoho, nebo více zdrojů a vodojemů. Doprava vody u toho to typu může být kombinovaná (gravitačně, čerpáním) vzhledem k větší plošné působnosti. Zdroj vody může být povrchový, nebo podzemní, případná kombinace obou. Soustava může být zásobena z jednoho společného vodojemu, nebo případně vícero místními vodojemy s osazením vyrovnávacího vodojemu (z důvodu zlepšení tlakových poměrů) na konci skupiny. Pro použití skupinového vodovodu ve výškově členitém terénu nutno navrhnout více tlakových pásem pro zajištění správného tlaku u spotřebitelů. To obnáší pro každé

tlakové pásmo vést vodu do vlastního vodojemu a mít samostatné řády pro dané spotřebišť. [5]

Skupinový vodovod s jedním a více vodojemy

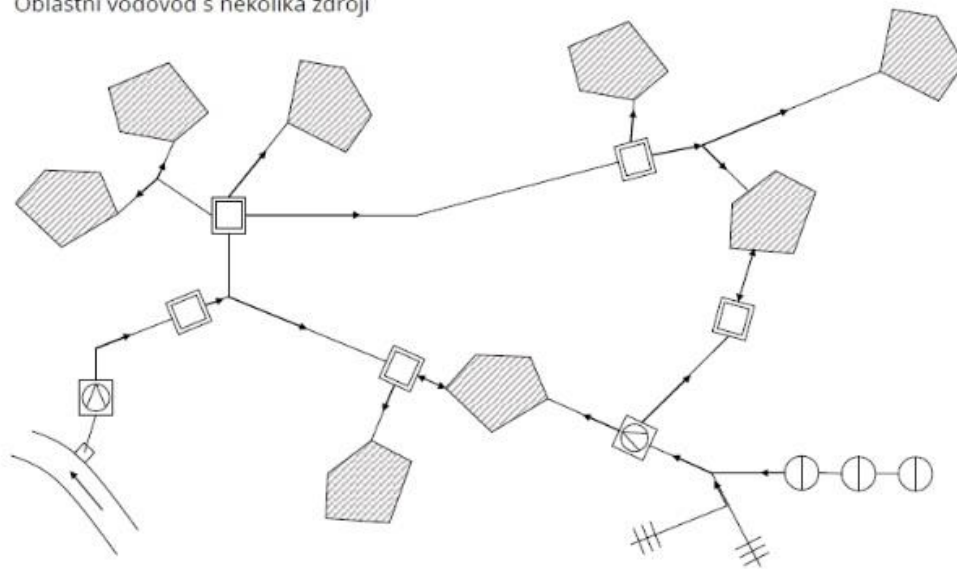


[Obr. 2] Skupinový vodovod [5]

Vodovod oblastní

Vznikající vzájemným propojením několika skupinových vodovodů. Oblastní vodovod vzniká z jednoho významného vodního zdroje, případně více zdrojů. Zásobuje rozsáhlé území s velkým množstvím spotřebišť, pokrytí rozsáhlé a husté infrastruktury, zajištění dopravy na velkou vzdálenost s velkým počtem odběrných míst. Velkou výhodou rozsáhlejších vodárenských soustav a oblastních vodovodů je vyšší zabezpečení dodávky vody do všech odběrných míst, nabízí optimální spolupráci a využitelnost vodních zdrojů. Možnost centrálního řízení s využitím prostředků výpočetní techniky (sledování aktuálních informací v čase). Tento sofistikovaný systém sebou nese vysoké investiční a provozní náklady, nutnost obhospodařování celé sítě. Riziko je v případě závažnější poruchy, porucha může mít dopad na velkou část území, rizikem je taktéž ohrožení významného zdroje, menší zdroje by nemuseli pokrýt absenci, nebo případnou odstávku velkého a významného vodního zdroje v celé síti. [5]

Oblastní vodovod s několika zdroji



[Obr. 3] Oblastní vodovod [5]

1.2.2 Podle výškového položení vodního zdroje a spotřebiště

Gravitační vodovod

Není vyžadováno k vytvoření daného tlaku v místě odběru (rozvodu vody) čerpadla. Je využito samospádu to znamená, že zásobovaná oblast je níže než vodní zdroj. Výškový rozdíl mezi vodním zdrojem (vodojemem) a spotřebištěm musí být alespoň takový, aby zajistil v celé vodovodní rozvodné síti minimální hydrodynamický přetlak vody P_{\min} pro napojení přípojky při zástavbě do 2 nadzemních podlaží 0,15Mpa a při zástavbě nad dvě nadzemní podlaží nejméně 0,25Mpa (podle ČSN 75 5455) bez potřeby čerpání. Gravitační vodovod je charakteristický neustálým přítokem do vodojemu bez nutnosti čerpání, přináší to minimální náklady na provoz, údržbu a i výstavbu (o to méně obsažené technologie). Možnost návrh vodojemu s menší retenční schopností. Nejideálnější a nejpoužívanější varianta je, když je voda do vodojemu před spotřebištěm přiváděna gravitačně z úpravy, případně přímo od zdroje (vrtu) a je upravena až na cestě do spotřebiště. [5] [6] [7]

Výtlačný vodovod

U výtlačného vodovodu je tlak v celém rozvodu, nebo v jeho části vytvářen pomocí čerpadla. Použitím čerpadla je u tohoto typu nejčastějším způsobem vytváření tlaku. Je za potřebí nákladnější technologie, a tak je ten to typ méně výhodný. Navrhuje se v případě, že vodní zdroj je položen níže než spotřebiště, nebo ve stejné úrovni, případně jen o něco výše a není dosaženo dostatečného hydrodynamického tlaku za pomoci samospádu. Tím pádem je nutné vodu do vodojemu, který je vůči spotřebišti položen v dostatečné výšce čerpat. [5]

1.2.3 Podle půdorysného uspořádání vodovodní sítě

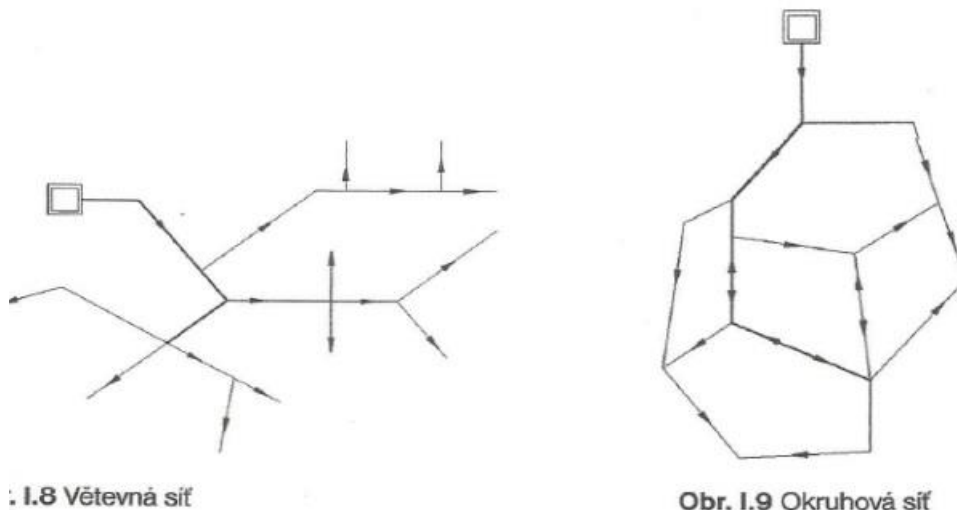
Větvná síť

Uspořádání si můžeme představit jako větve stromu, vodu přivádí od zdroje hlavní řád (kmen), který se dělí na další větve, případně podružné řady, které se dále dělí do přípojek ke spotřebitelům. Hlavní podstata je v tom, že nevznikají uzavřené plochy. Toto uspořádání se používá u malých spotřebišť, které nemají pravidelný liniový charakter. Výhodou jsou nižší investiční náklady, jednoduchý návrh, provozování a průtokové a tlakové poměry. Velkou nevýhodou je stagnace neboli setrvání stojící vody a její degradace kvality v koncových větvích. Další nevýhodou je provozní spolehlivost, v případě poruchy se voda dostává k odběrnému místu pouze z jedné strany. [5] [7]

Okružová síť

Má uspořádání tvořené uzavřenými plošnými obrazci, které jsou vzájemně propojeny v uzlech. Uspořádání se používá u větších spotřebišť s rozsáhlým plošným charakterem území. U větší plošné zástavby je toto uspořádání ekonomicky a provozně výhodné. Výhodou je dostupnost vody ke spotřebiteli z obou stran (neustálá dodávka vody v případě poruchy) případná odstávka jen daného úseku. Tlak v celé síti ve všech odběrných bodech je poměrně vyrovnaný, minimalizace tlakových výkyvů při větším odběru více spotřebiteli. Vyšší kvalita vody vzhledem k neustálému pohybu a cirkulaci vody, nevznikají slepé větve, kde k cirkulaci nedochází.

Nevýhodou je větší spotřeba trubního materiálu a tím i vyšší pořizovací náklady a s tím spojené náklady na údržbu, složitější navrhování a hydrotechnický výpočet (např. tlakové poměry) sítě. [5] [7]



[Obr. 4] Větvná a Okružná síť vodovodu [5]

Kombinovaná síť

Vyplývá z vhodného propojení, napojení větvné a okružné sítě. Ideální kombinací je na okrajové části okružné sítě navázat sítí větvnou, případně zda v určitých částech je použití větvné sítě vzhledem k půdorysnému reliéfu krajiny výhodnější. Obsahuje obdobné výhody a nevýhody, vhodné je hledat kompromis v použití dané sítě vzhledem k provozně technickému, ekonomickému a návrhovému poměru. [5] [7]

1.3 Přehled poruch vodovodních sítí

1.3.1 Statistika poruch ČR

Statistické údaje z roku 2022 uvádí, že vodu z vodovodů užívalo zhruba 96 procent obyvatel Česka, to je o 1,4 procenta více než v roce 2020. Délka vodovodních řadů vzrostla také o 1,4 procenta, byla více než 81 000 kilometrů dlouhá. Počet osazených vodoměrů vzrostl o 1,7 procenta a počet vodovodních přípojek narostl o 1,6 procenta. Denní spotřeba vody činní v průměru 93,2 litrů vody na obyvatele, to je o 2,1 procenta více než v roce 2020.

V roce 2021 ztráty vody v Česku meziročně poklesly o 0,2 procenta, ve chvíli, kdy dosáhly hodnoty 14,9 procenta. Dlouhodobý vývoj ztrát v Česku má klesající tendenci, ztráty se daří snižovat. Ztráty v roce 2004 přesahovaly 21 procent, v roce 2014 se drželi pod 17 procenty a v roce 2021 nepřekročily 15 procent. Největší skok ve snížení ztrát připadal na Prahu, která snížila své ztráty v tom to období z 26,6 procent na 15 procent. [1] [8]

Ukazatel	Měrná jednotka	Rok									
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Voda vyrobená určená k realizaci (VVR)	mil. m ³ · rok ⁻¹	580	592	585	597	602	594	582	579	576	
	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Voda nefakturovaná celkem	mil. m ³ · rok ⁻¹	111	115	107	115	111	101	103	100	98	
	% z VVR	19,1	19,4	18,2	19,2	18,4	17,0	17,7	17,3	17,0	
z toho ztráty v trubní síti	mil. m ³ · rok ⁻¹	96	99	90	98	95	86	88	87	84	
	% z VVR	16,6	16,8	15,4	16,4	15,8	14,5	15,1	14,9	14,7	
Ztráty na 1 km řadů za den	l · km ⁻¹ · den ⁻¹	3 417	3 519	3 168	3 409	3 304	2 994	3 042	2 955	2 856	
Ztráty na 1 zásobovaného obyvatele za den	l · os ⁻¹ · den ⁻¹	27	27	25	27	26	23	24	23,5	23	

[Obr. 5] Nefakturovaná voda a ztráty v letech 2014-2022 [9] [10]

Ostrava a její rekordně nízké ztráty vody a kvalita vodovodní sítě

Ostrava svou kvalitou vody a úrovní poskytovaných vodohospodářských služeb patří mezi špičku velkých měst v Česku. Udržení vysoké úrovně vyžaduje poměrně velké investice, jak již do obnovy stávajících vodovodních zařízení a infrastruktury, tak i do moderních technologií, které slouží ke správě a monitoringu celé sítě. A zejména na to má velký vliv kvalifikace a odbornost zaměstnanců, což je nekončící proces s dlouhodobým horizontem.

Jako ukázkový příklad, kdy propojení investic a vysoké kvalifikace zaměstnanců přináší významné zlepšení kvality služeb s dosažením nízkých ztrát vody v trubním rozvodu sítě. V roce 2021 ztráty vody v Ostravě dosáhly historického minima 1,246 milionů m³ což je 7,4 procenta. S touto hodnotou se Ostrava dostává výrazně pod průměr ČR. Tato ztráta odpovídá průměru ztrát ve vodohospodářsky vyspělejších zemích jako je Dánsko. Celkový průměr ztrát vody v ČR v roce 2021 činil 15,1 procenta. Při ohlédnutí za ztrátami v roce 1996 jsme na procentuální úrovni ztrát ve výši 36 procent, což představuje přibližně 16 mil. m³ pitné vody, takové množství vody pokryje spotřebu města s populací přes

150 000 obyvatel. Pro představu se od roku 1997 podařilo ušetřit objem vody větší, než je objem vodního díla Slezská Harta. Podíl na nízkých ztrátách mají především moderní technologie a kvalifikovaná obsluha. Ostravské vodárny a kanalizace a.s. (OVAK) dlouhodobě patří k průkopníkům moderních technologií, testují a využívají různé technologie jak v oblasti vodovodů, tak i kanalizací. V Ostravě mezi prvními zavedli používání chytrých vodoměrů, které umožňují odečet na dálku. Tato technologie pomáhá zákazníkům společnosti efektivněji hospodařit s vodou, Z předpokladu kvalifikovaného personálu jsou schopni odhalit nestandardní spotřeby, nebo úniky v poměrně krátkém časovém spektru, dispečer sleduje aktuální hodnoty a stav (pro příklad dispečer pozná podtékající splachování na záchodě). Tento systém má velice rychlou odezvu a maximální přehled o aktuální spotřebě vody i v situaci kdy spotřebitelské chování není standardní, z toho vyplývá rychlé odhalení úniku vody. Nyní je systémem pokryto zhruba přes 60 procent vodoměrů, přes které je dodáváno více než 80 procent vody pro spotřebitele. Záměr Ostravských vodáren je pokrýt do konce roku 2024 technologií chytrého měření celou Ostravu což představuje 32 000 kusů vodoměrů.

Monitorovací systém je důležitou složkou pro monitoring a detekci úniků vody. Monitorovací systém jako celek je obsluhován z centrálního dispečinku, kde dispečer na stovkách míst sleduje průtoky a tlaky po dobu 24 hodin denně v aktuálním čase. Dále se úseky dělí do různých zón. Dispečer je taktéž schopen si jednotlivé úseky, pokud to umožňují, uzavřít, čímž například přeruší napouštění vodojemu. Prostřednictvím monitorování sítě je možné poruchu odhalit mnohem dříve, než na ní je schopen telefonicky upozornit odběratel. Přesná lokace poruchy se dohledává na místě, v daném úseku za pomoci elektronických přístrojů (korelátorů, lokátorů šumu, aj.) většinou místo poruchy dohledávají kvalifikovaní a zkušení pracovníci tak zvaní „hledáči“. [2]

1.3.2 Poruchy v zahraničí

Vzhledem k rozsahu srovnání v rámci EU, Česká republika spadá v procentuálním porovnání mezi lepší průměr, lépe na tom jsou jen Dánsko, Německo, Finsko, Nizozemí a Estonsko. [2]

Poruchy v zahraničí jsou obdobné, jako u nás, řešení poruchovosti a snaha bude všude stejná, jen možná menší v zemích, kde je netíží nedostatek vody, např. Česká republika v dlouhodobém horizontu obsazuje horní příčky zemí, které jsou tíženy vodním stresem, z toho plyne, že se řadíme mezi země s omezenými vodními zdroji. [11]

1.3.3 Typy poruch

Potrubí a trubní systémy s sebou nesou mnoho typů různých poruch v závislosti na druhu materiálu, dimenzi potrubí a uložení.

Základní faktory, co ovlivňují poruchy sítí:

- Namáhání vodovodních potrubí
- Poškození vodovodních potrubí (strukturální a vnitřní koroze)
- Koroze
- Vliv dimenze a materiálu na potrubí [22] [23]

Namáhání vodovodních potrubí

Potrubí se může zlomit v podélném nebo příčném směru v závislosti na soustředění napětí do překročení meze pevnosti potrubí. Podélná tahová napětí, vznikají účinkem třecích sil vyvolaných stříhovým namáháním mezi potrubím a zemínou v situaci, kdy potrubí nabývá a smršťuje se vlivem teplotních rozdílů. Ohybové napětí vzniká vlivem nedostatečné podpory pod potrubím. [22] [23]

Poškození vodovodních potrubí

Poškození dělíme do dvou kategorií vnitřního a strukturálního porušení. Na způsob poruchy má vliv prostředí a použitý materiál potrubí. Při poškození vnitřního povrchu dojde ke snížení hydraulické kapacity, kvality vody a také ke snížení mechanické pevnosti potrubí. Při těchto

vlivech (koroze, zarůstání) hrozí k vyřazení části potrubí vlivem hydraulických rázů.

Mechanická odolnost potrubí a jejich schopnost odolávat napětí má vliv na strukturální porušení. Toto porušení má vliv na vznik trhlin a lomy potrubí. Které jsou způsobovány změnou a cyklickým opakováním působení sil, nebo degradací materiálu. [22] [23]

Strukturální poruchy dělíme do čtyř hlavních typů:

- Obvodové trhliny jedná se o lomy, které způsobují podélná napětí, která jsou zapříčiněna teplotními výkyvy (teplota vody vůči okolnímu prostředí), ohybových momentů vlivem objemových změn a tlaků vyvozující zeminou, nedostatečným vyhotovením výkopu a lůžka potrubí a vlivem dalších inženýrských sítí. Zvýšení tlaku v potrubí v souvislosti s podélným napětím zvyšuje riziko vzniku obvodových poruch.
- Podélné trhliny způsobované příčnými a tangenciálními napětími. Ohýbání potrubí má vliv na průřezové namáhání, k ohýbání dojde vlivem zátěže od zeminy, případně od namáhání z dopravy. Na podélné trhliny má vliv obvodové napětí, zvyšuje vnitřní tlaky (pnutí) v potrubí.
- Spirálové trhliny vznikají kombinací vlivů zapříčiňující obvodového a podélného porušení.
- Rozlomení nebo rozdělení spoje způsobované příčným napětím ve spoji potrubí a vlivem vysokých hydraulických tlaků. [22] [23]

Koroze vodovodních potrubí

Koroze je přirozený jev, na který má vliv spousta okolností, jako je agresivita půdy, nehomogenita prostředí a kovů. Koroze zhoršuje hydraulické vlastnosti, zapříčiňuje ztrátu těsnosti ve spojích a s tím spojené poruchy a vede až k předčasnému vyřazení potrubí z provozu. Korozi dělíme na jamkovou korozi a grafitizaci, při níž dochází k vyluhování grafitových vloček a tím přeměňuje litinové potrubí na nekovové, ztrácí své vlastnosti a pevnost. [22] [23]

Vliv dimenze a materiálu na potrubí

Různé dimenze a charakteristiky potrubí mají vliv na různé typy poruch. Ať již jde o korozi u ocelového potrubí, případně o podélné trhliny u plastového potrubí.

Příklady poruch vzhledem k rozměru potrubí.

- Podélné rozštěpení potrubí se vyskytuje u větších dimenzí.
- Spirálové poruchy se nejčastěji vyskytují u středních průměrů 400-500 mm.
- Ustříhnutí spoje nejčastěji u velkých průměrů
- Obvodové poruchy se vyskytují spíše u potrubí s menší dimenzí.

[22] [23]



[Obr. 23] Způsoby porušení včetně okolností. [22]

2.Rešerše dostupných metod provádění

2.1 Výkopová technologie

V otevřených výkopech **s rozrušením nadloží**

2.1.1 Ukládání do otevřeného výkopu

Před zahájením výkopových prací je nutné zajistit vytyčení trasy, kontrola kolizi s okolními objekty, stanovení ochranných pásem dotčené technické infrastruktury a ostatních inženýrských sítí včetně jejich vytyčení. Případné zajištění okolních objektů, pokud trasa vede v zastavěném (intravilánu), tak pažení svislých stěn výkopů není nutné do hloubky 1,3m u ručně hloubených výkopů, při realizaci mimo zastavěné území (v extravilánu) není pažení nutné u ručně hloubených výkopů do hloubky 1,5m. U realizace v zeminách k náchylným k sesunutí a v místech s častými opakovanými otřesy se stěny výkopu zajišťují i při nižších hloubkách podle daného technologického postupu. Obsluha stroje musí dbát na dostatečný odstup pracovníků od stroje, musí dbát na to, aby měl dostatečný výhled a nikdo nevstupoval do tzv. ohroženého prostoru (pracovní rozsah stroje plus 2 metry). Další důležitý aspekt je dodržení minimálního pracovního prostoru ve výkopu. Pokud do výkopu vstupují pracovníci a má svislé stěny je minimální šířka výkopu 800 milimetrů. Šířku je nutné dodržet i při pokládce potrubí menších rozměrů v mělčích výkopech. I vzhledem k tomu, že by bylo možné realizaci provádět bez většího rizika.

Dále je nutné dbát na ochranu okolí výkopu. Výkop musí být při přerušení i během prací zakryt, nebo v místech kde hrozí nebezpečí pádu, zajistit výkop zábradlím, nebo navršenou zeminou do výše minimálně 0,9 metru nebo k tomu určená pevná bariéra do min. výšky 0,6 metru. V případě potřeby přejíždění přes výkop, se výkop zakrývá tlustými ocelovými plechy. Spolehlivá ochrana chodců před pádem do výkopu je zábradlí ve výšce alespoň 1,1 metru ve vzdálenosti minimálně 1,5 metrů. Přechody a přejezdy výkopu na veřejně přístupné komunikaci musí být zajištěny dle nařízení vlády č. 362/2005 Sb.

Stabilita okolních objektů a samotného výkopu nesmí být realizací a činnostmi prováděnými ve výkopu a jeho blízkosti ohrožena. Je nutné dát pozor zejména na vzniklé vibrace spojené s hutněním vrstev zpětného zásypu výkopu a otřesy, které mohou nastat při těžbě výkopku ve výkopu, myšleno rozrušování soudržných a skalnatých hornin za pomoci například hydraulického kladiva. V případě nutno podstoupit náležitá opatření např. podchycení stávajících budov. [12] [13]

2.1.1.1 Svahovaný výkop

Svahování výkopu lze realizovat v místech kde je dostatek prostoru k vytvoření, pokud možno co nejstrmějšího svahu, který stále vyhovuje z hlediska požadované stability. Při realizaci liniových staveb to znamená velký objem výkopových prací s poměrně velkým záborem do okolí. Z tohoto důvodu svahování výkopů v městské zástavbě nemá velký význam. Je důležité tuto metodu posoudit i z ekonomického hlediska. Často dochází ke kompromisu mezi pažením a svahováním, nebo částečnému svahování, kde se svahování realizuje jednostranně, nebo jen v částečné výšce. Varianta svahovaného předvýkopu a pokračování se zapaženou jámou (rýhou). Sklon svahování závisí na typu zeminy (úhlu vnitřního tření zeminy), času trvání výkopu, geologických podmínkách, úrovni hladiny podzemní vody, hloubce výkopu, místních podmínkách. Blíže specifikováno v normě ČSN 73 6133 (736133). [14]

Hornina (zemina)	Sklon svahu	
	dočasného	trvalého ^{xx)}
skalní horniny nezávětralé (R1, R2)	10 : 1	8 : 1
skalní horniny R3 nezávětralé, závětralé R1, R2	5 : 1	3 : 1
poloskalní horniny nezávětralé R4, R5	3 : 1	2 : 1
poloskalní horniny závětralé až závětralé R4, R5	2 : 1 až 1 : 1	1,5 : 1
balvanitý štěrček	1 : 1	1 : 1,25
písčité štěrček	1 : 1,25	1 : 1,5
hrubý písek	1 : 1,5	1 : 1,75
jemný písek	1 : 1,75	1 : 2

^{xi)} sklon dočasného svahu v hrubozrnných zeminách s vyvěrající podzemní vodou je 2x plošší
^{xx)} v trvalých svazích bývá potřebný stabilizní výpočet a současně zvláštní opatření proti erozi

[Obr. 6] Sklon svahů v nezvodnělých horninách a hrubozrnných zeminách [14]

2.1.1.2 Pažený výkop

Pažení stavebních rýh se provádí zejména pažících boxů (klecí), pažením příložným, zátažným, nebo hnaným. Pro realizaci rozsáhlých stavebních rýh, se používá pažení záporové, případně i pilotové stěny, když je potřeba stavební jámu těsnit používají se většinou dočasné štětové stěny. [14]

Při realizaci liniových staveb a zejména vodovodních řadů, přivaděčů a přípojek se s rozsáhlými stavebními rýhami spíše nesetkáváme, výjimkou mohou být realizace velkých šachet, a pak při výstavbě např. vodojemů a přečerpávacích šachet.

Typy pažení

Vodorovné příložné pažení

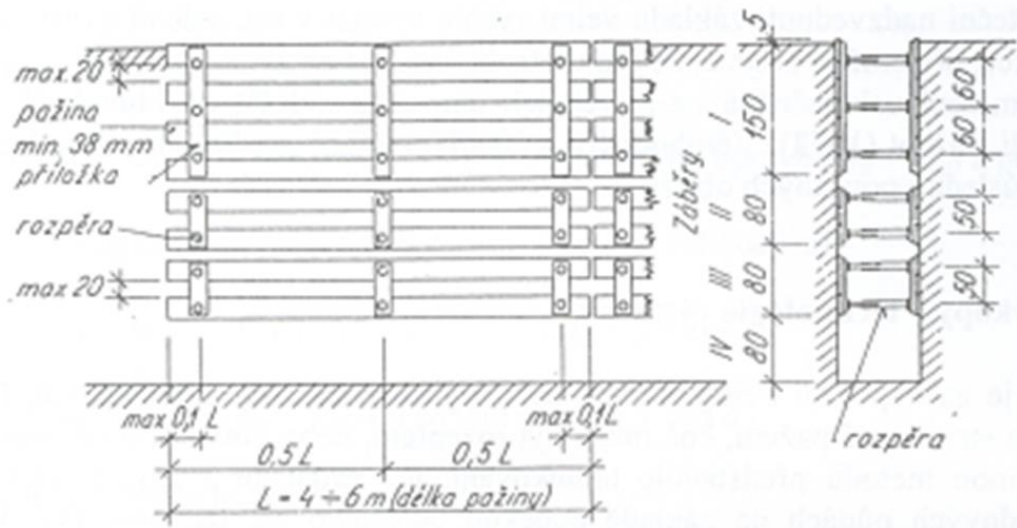
Velké využití pro ručně kopané rýhy nebo s využitím lehké mechanizace v suché zemině, jako například jsou písčité hlíny, písčité šterky a podobné zeminy.

Pažení se skládá:

Z vodorovných pažin, které jsou tvořeny fošnami tloušťky 38-65 mm, případně i ocelovými pažinami UNION. Pažiny jsou kladeny na sraz u hrubozrnných zemin, nebo s mezerami u jemnozrnných zemin, délka pažin je 3-5 metrů

Ze svislých převázek, tvořených z hranolů nebo polštářů tloušťky 80-100 mm, které jsou kladeny svisle ve vzdálenosti 1,5-2,5m v závislosti na tlaku zeminy.

A z rozpěr kladených vodorovně mezi převázky ve vzdálenostech do 1 metru. Rozpěry tvoří dřevěné kuláče průměru 100-200 mm, případně ocelové trubky. [14]



[Obr. 7] Rýha pažená vodorovným příložným pažením.[14]

Svislé příložné pažení

Používá se v suchých jemnozrnných zeminách, kde je možné provést výkop bez okamžitého pažení na větší výšku, než dojde k zapažení.

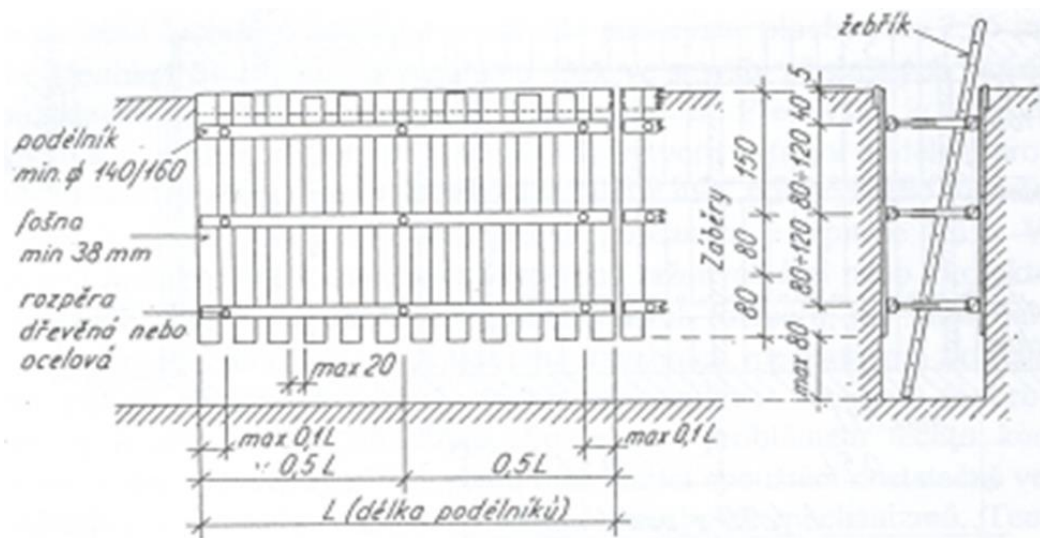
Pažení se skládá:

Ze svislých pažin tvořených z fošen, případně i z ocelových pažin UNION, které se kladou s mezerami šířky 0,2-0,4 metrů, na celou výšku vyhloubené rýhy, zda je to umožněno.

Z vodorovných převázek, či podélníků, typicky jsou tvořeny z válcovaných I, nebo U profilů, mohou být tvořeny i dřevěnými polštáři tloušťky 120-160 mm. Kladených ve svislých vzdálenostech 0,8-1,5 metru.

Z vodorovných rozpěr, tvořených ocelovými trubkami, které jsou teleskopické, spojované na závlač, nebo šroubované. [14]

Tento typ pažení je dnes nahrazován komunálním pažením (pažícími boxy)



[Obr. 8] Rýha pažená svislým příložným pažením [14]

Pažící boxy

V dnešní době jedna z celosvětově nejpoužívanějších metod pažení, její předností je rychlost aplikace, mobilita, rozměrová variabilita a dostupnost. Boxy slouží k dostatečné ochraně pracovníků při pokládce elektrického vedení, kanalizačního, plynovodního a vodovodního potrubí. Pažící boxy dnes má většina firem realizující strojní hloubení rýh. Boxy zabraňují možnému sesuvu půdy, chrání před okolními vibracemi a zároveň okolí nenarušují vibracemi ani hlukem, instalace probíhá postupným zapouštěním do terénu, případně smontováním v předem vyhloubené rýze. Hospodárné nasazení tohoto systému je do 6 metrů hloubky. Je vyráběno více typů pažících boxů, mezi kterými je vzájemná kompatibilita, to umožňuje různorodost aplikace. [16]



[Obr. 24] Pažící box [zdroj vlastní]

Svislé zátažné pažení

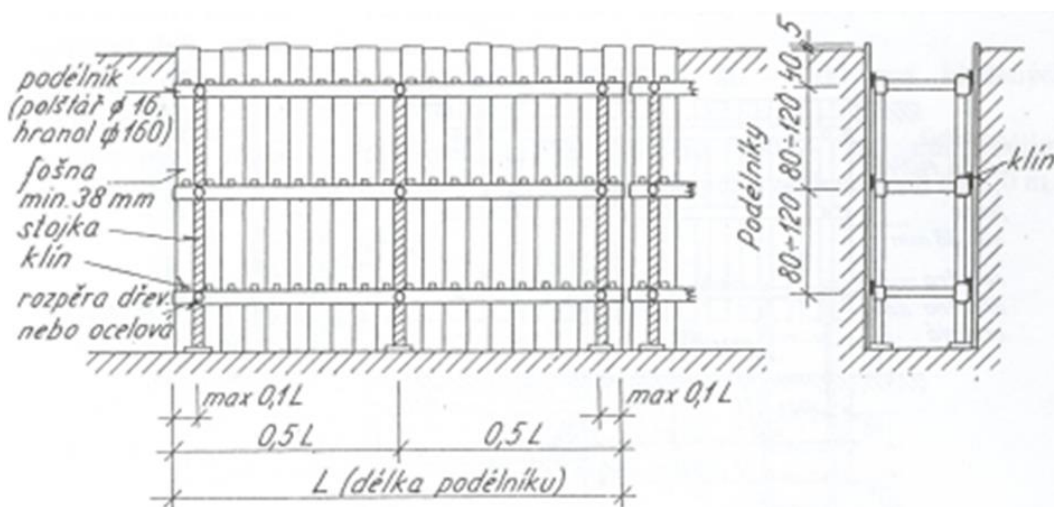
Použití u zemin, které nepřipouští obnažení na větší výšku a plochu. Použití v málo soudržných jemnozrnných i hrubozrnných nezvodnělých zeminách.

Skládá se:

Ze svislých pažin, většinou ocelových-UNION, případně i dřevěných fošen. Pažiny se vráží v úplném začátku za vodorovný rám a s postupným prohlubováním výkopu se uvolňují aretační klíny a pažiny se spouštějí na dno výkopu.

Z ocelových vodorovných ráků z I, nebo U válcovaných profilů. Kladeny ve vzdálenosti 1,5-2 metry ve svislém směru.

Z vodorovných rozpěr, tvořených ocelovými trubkami, které jsou teleskopické, spojované na závlač, nebo šroubované. [14]



[Obr. 9] Rýha pažená svislým zátažným pažením [14]

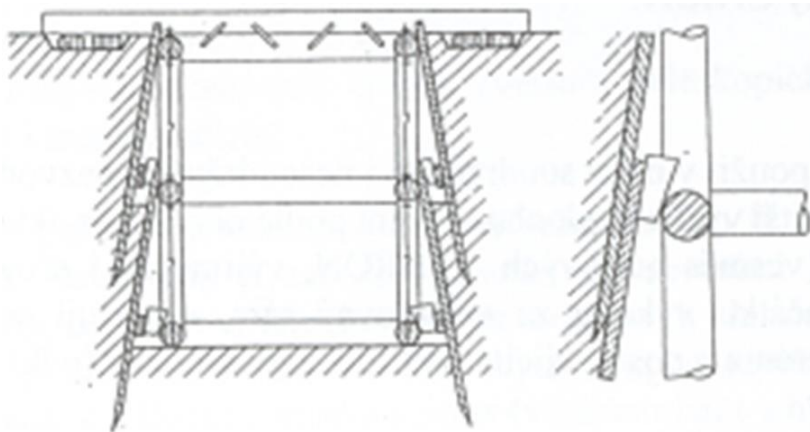
Hnané pažení

Tento typ pažení je nejtěžší a zejména vhodný pro nesoudržné a zvodnělé zeminy. Výstavba vyžaduje velký díl ručních prací při realizaci, a proto je dnes při realizaci nahrazeno dočasnými štětovými stěnami na místech kde je možné beranit, vibrovat či zatlačovat. U drobných staveb se stále používá klasická metoda hnaného pažení.

Skládá se:

Z ocelových pažin, zatlučených v mírném (šikmém) sklonu před realizací výkopu, výkop paží již při hloubení.

Z dřevěných, nebo dnes již ocelových rámců, které se kladou s postupujícím a prohlubujícím výkopem ve vhodných svislých roztečích vzhledem k délce pažin. [14]



[Obr. 10] Rýha pažená hnaným pažením [14]

2.2 Bezvýkopové technologie

Realizace **bez rozrušení nadloží** rozrušení jen v malých a nevýznamných částech

Realizaci a podporou bezvýkopových technologií prosazuje ve světě nezisková organizace ISTT (International Society for Trenchless Technology), která sídlí v Londýně. V České republice zaštiťuje a poskytuje informace k bezvýkopovým technologiím CzSTT (Česká společnost pro bezvýkopové technologie), která pořádá konference (zasedání) k tématu, uveřejňuje novinky, vývoj, pokrok a příklady realizací v daném odvětví, vydává zpravodaj NODIG. [17]

Základní dělení dle ČSN EN 12 889/2001 nahrazena ČSN EN 12 889 (756115) Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Bezvýkopové technologie je možné rozdělit na:

Metoda s obsluhou na čelbě a bez obsluhy na čelbě

Metody řízené a neřízené

Pro můj účel bude dostačující se zaměřit pouze na specifikaci **metod bez obsluhy na čelbě pro novou pokládku sítí**, do průměru 1000 mm. Bezvýkopové technologie nabízejí mnoho metod provádění, zaměříme se jen na specifikaci některých metod, které jsou nejčastěji aplikovatelné při realizaci vodovodů. [18]

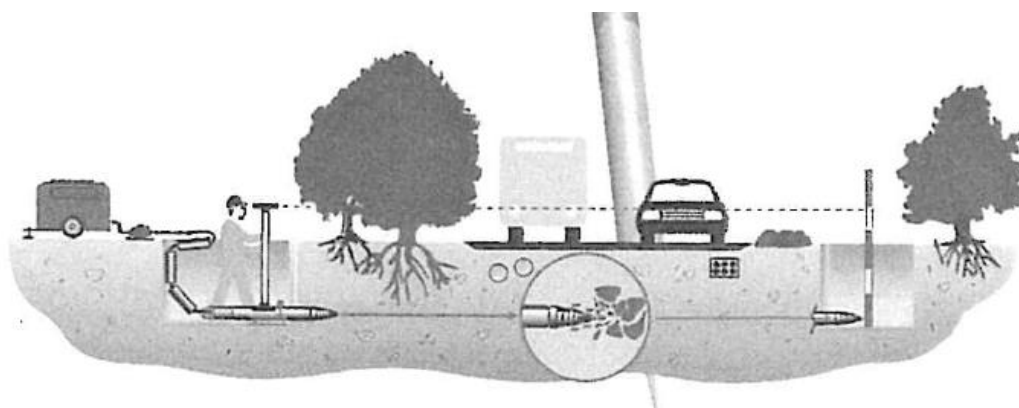
2.2.1 Neřízené metody bez obsluhy na čelbě

Tyto metody se podle ČSN 12 889 dělí na metody s odběrem maximální průměr trub do 300 mm a bez odběru zeminy průměr trub až do 1500 mm. Přesnost a směrové vedení u neřízené metody zejména ovlivňují vlastnosti horninového prostředí, především vrstevnatost a změny zrnitosti a na výsledné přesnosti má nemalý vliv délka protlaku. Využití těchto metod je limitováno stavbami, které nevyžadují příliš velkou přesnost, taktéž aby nedošlo k porušení okolní infrastruktury, vedení a staveb. Požadovaná přesnost závisí na délce protlaku, geologických a hydrogeologických podmínkách, zkušenostech a svědomitosti zaměstnanců.

Mezi hlavní výhody patří konstrukční jednoduchost zařízení a s tím spojené nízké pořizovací náklady. Výhodou je rychlost v nasazení, aplikaci a přemístění. Nevyžaduje velké nároky na obsluhu. Také jsou nenáročné na spotřebu elektrické energie a u daných metod i na spotřebu vody. Tyto metody byly vyvinuty především pro výstavbu krátkých úseků trubních a kabelových vedení pod silničními, železničními tělesy a jinými překážkami. Nasazení dovoluje realizovat pouze přímé úseky. [18]

2.2.1.1 Metoda s propichovacím kladivem (krtkem)

Hlavní princip funkce je vytváření dynamických účinků, které rozrušují zeminu a razí otvor, pneumaticky poháněný píst dodává energii k posunu kladiva vpřed (poháněno stlačeným vzduchem), případně vzad a současně zatahuje potrubí. Zemina se roztlačuje do stran a zároveň zhutňuje, standardně je možné provádět protlak pro potrubí světlosti 45–180 mm, při použití rozšiřovacího pláště je možné pro realizaci protlaku pro potrubí světlosti až 300 mm. Na průměru propichovacího kladiva, respektive požadované světlosti potrubí závisí i celková délka kladiva a s tím spojené rozměry startovací šachty, délka šachty by měla být minimálně délka kladiva (900-2150 mm) plus 500 mm. Nejčastěji je zatahované potrubí z PE, PE-X, PVC.



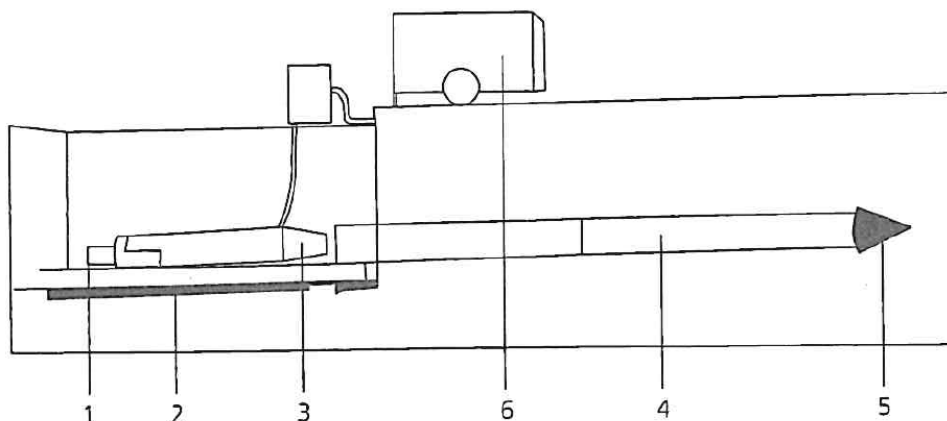
[Obr. 11] Schéma metody s propichovacím kladivem [18]

Pro bezproblémové propichování musí mít základová půda dobrou stlačitelnost. Začíná se ve startovací jámě, propichovací kladivo se ukládá na nastavovací rám, na kterém je pomocí optického zařízení výškově a stranově namířeno na cíl. V případě odchýlení od požadovaného směru je možné se s kladivem vrátit, často se osazuje kladivo vysílacím zařízením, díky kterému jsem z povrchu schopni určit jeho místo (hloubku a směrově namíření). Propichovací rychlost se pohybuje kolem 15 metrů za hodinu. Po průpichu se zatahuje potrubí, které je kotvené k upínacímu kuželu a zároveň skrz potrubí je nataženo ocelové lano, které je na konci všech zatahovaných trub uchyceno do opěrné desky a následně zataženo zpět do startovací jámy. Dále nám umožňuje druhý postup uložení potrubí, který probíhá ve dvou fázích. V první fázi je realizován pilotní průpich a ve druhé

fázi se na kladivo osadí rozšiřující pouzdro a realizuje se rozšiřující průpich v původní trase, a poté se hned za rozšiřovacím pouzdrém zatahuje, nebo zasouvá potrubí. [18]

2.2.1.2 Metoda vodorovného beranění s uzavřeným čelem vodící trouby

Při této metodě se zaráží ocelová trouba s uzavřeným čelem pomocí beranidla, které je poháněno stlačeným vzduchem zemina je pomocí uzavřeného hrotu roztláčována do stran. Takto je možné udělat průpich pro potrubí do průměru 300 mm a dosáhnout maximální délky 20 metrů, přesnost je ovlivněna geologickým potrubím. Rychlost beranění je 1-10 metrů za hodinu. Nejvhodnější nasazení této metody je pro přímé průpichy ve zhutnitelných zeminách i s případným výskytem podzemní vody. [18]



Obr. 4.3 Schéma metody vodorovného beranění s uzavřeným hrotem vodící trouby

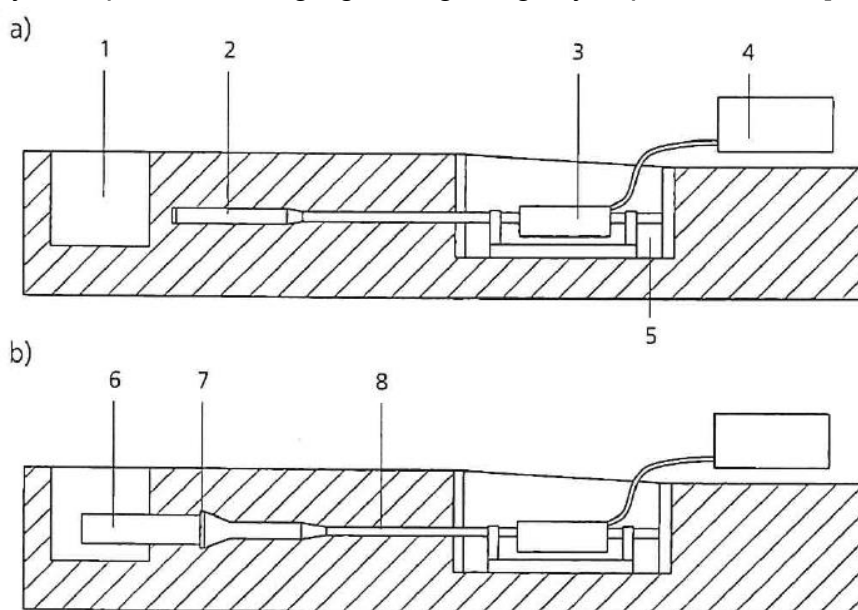
1 – beranidlo, 2 – nastavitelný rám, 3 – přechodový kužel, 4 – ocelová trubní výpažnice (chránička), 5 – propichovací kuželový hrot, 6 – kompresor

[Obr. 12] Schéma metody vodorovného beranění s uzavřeným čelem vodící trouby [18]

2.2.1.3 Metoda s vodorovnou zatlačovanou vodící rourou s rozšiřovací hlavou

U této metody je zemina roztláčována zatlačováním tuhé vodící trouby a soutyčí. Potrubí je zatahováno nebo zatlačováno za roztláčovací

hlavou. Nasazení této metody je použitelné pro potrubí do světlosti 300 mm, jak pro potrubí z PE tak i pro ocelové potrubí. Energie je dodávána pomocí hydraulického agregátu, který dodává energii do dvou dvojčinných hydromotorů, které zatlačují soutyčí, které se postupně nastavuje vkládáním dalších tyčí. Tlačná soustava je ve startovní jámě rozepřena přes roznášecí desku, která zajišťuje roznesení reakcí. Nasazení této metody je optimální v homogenních zeminách, které neobsahují valouny větší než 60 mm. Rychlost této metody je v rozmezí 1 až 8 metrů za hodinu, v závislosti na výkonu pohonného agregátu a geologických podmínkách. [18]



Obr. 4.4 Princip metody s vodorovnou zatlačovanou vodicí troubou a s rozšiřovací hlavou

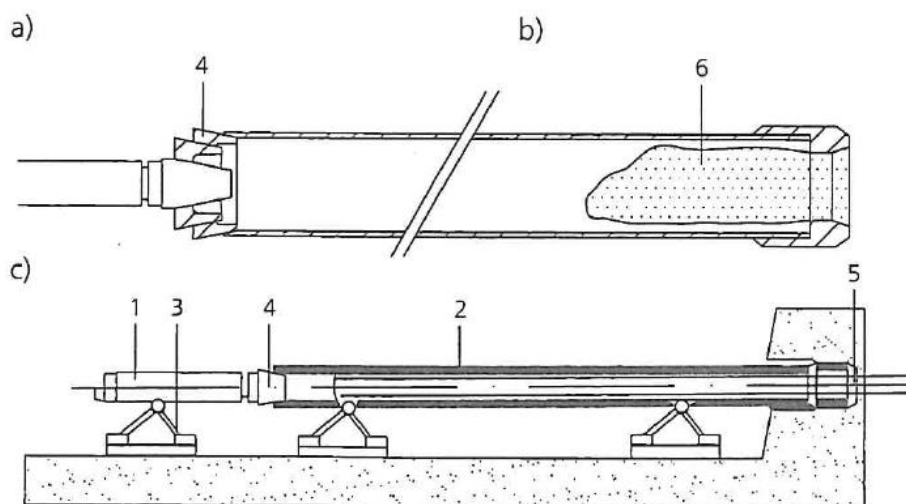
a) zatlačování vodicí trouby, b) rozšiřování vrtu se současným zatahováním trouby;
 1 – cílová jáma, 2 – tuhá vodicí (pilotní) trouba, 3 – tlačný rám, 4 – hydraulické čerpadlo,
 5 – startovací jáma, 6 – trouba, 7 – rozšiřovací hlava, 8 – soutyčí

[Obr. 13] Schéma metody s vodorovnou zatlačovanou vodicí troubou s rozšiřovací hlavou [18]

2.2.1.4 Metoda s vodorovným beraněním nebo protlakem s otevřeným čelem

Tato metoda je především používána pro zatlačování chrániček tvořenými ocelovými troubami, v kterých je vedeno potrubí stokových sítí. Metoda je vhodná pro zabudování ocelových chrániček až do světlosti 1500 mm a v optimálních geologických podmínkách až do světlosti 4000 mm. Princip spočívá v zatlačování ocelové chráničky pomocí beranidla

(poháněno stlačeným vzduchem), nebo tlačného agregátu. Zatlačováním chráničky dochází k roztláčování jen menšího množství zeminy. Zemina, která zůstane v chráničce je následně odtěžena, kontinuálně, nebo cyklicky. U cyklického odtěžení musí být přerušeno zatlačování/ beranění a následně je zemina odstraněna proudem tlakové vody, odsáta sacím bagrem, šnekovým dopravníkem, ručně, nebo pomocí mini bagru. U kontinuálního odstraňování zeminy je zemina vyplavována přes štěrbinu v zátce tlačného mechanismu. Po zaberanění se provádí dočištění vnitřní části tlakovým vzduchem, tlakovou vodou, hydraulicky poháněným čistícím zařízením. Rychlost beranění dosahuje 5-20 metrů za hodinu.



Obr. 4.5 Schéma vodorovného beranění s otevřeným čelem

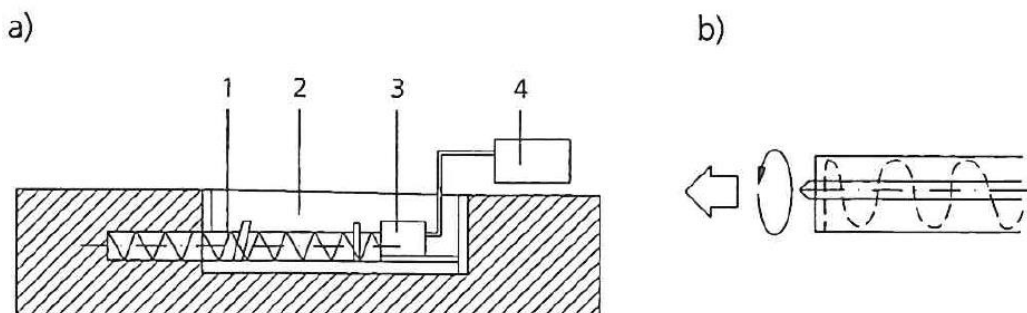
a) detail kuželového adaptéru, b) detail řezné hlavy, c) celkové uspořádání;
 1 – pneumatické beranidlo, 2 – ocelová trouba, 3 – nastavitelný rám (podpěry), 4 – přechodový kuželový adaptér, 5 – řezná hlava, 6 – zemina

[Obr. 14] Schéma metody vodorovného beranění s otevřeným čelem [18]

2.2.1.5 Metody vodorovného vrtání

Metody vodorovného vrtání spadají mezi metody s odběrem zeminy. Metody dělíme dle pracovního principu na metodu s dodatečným zatahováním trub a na metodu se současným zatahováním trub. V první metodě je zemina rozrušována rotující vrtnou hlavou a odstraňována šnekovým dopravníkem a následně po dokončení vrtu je potrubí zpět zataženo nebo zatlačeno. Použití této metody je zejména vhodné v homogenních a stabilních zeminách bez podzemní vody. Pro nevypažené vrtání do průměru vrtu 90-220 mm. V nestabilních zeminách je nasazení

této metody neefektivní, smyková pevnost zeminy musí zajistit, aby nedošlo ke zborcení vrtu. Na přesnost má velký vliv provedení vrtné hlavy, délka vrtu a velikost maximálního těženého zrna zeminy. Rychlost vrtu se pohybuje mezi 1-15 metry za hodinu. Při současném zatlačování trub jsou trouby protlačovány současně a nezávisle na šnekovém dopravníku. Přesnost závisí na přesnosti zapíchnutí první trouby a přesnosti navaření dalších trub na první vodící troubu. Na to má velký vliv správné směrové zabezpečení naváděných trub v pracovní jámě, kterého je dosaženo pomocí uložení trub na nastavitelné podložce naváděcího rámu. Dle geologických podmínek volíme typ vrtné hlavy například vrtné hlavy do zemin a poloskalních hornin, vrtné hlavy do skalních hornin. Dále můžeme soupravy rozdělit do 2. skupin. První skupina lehké jednoduché soupravy, určené pro realizaci krátkých úseků délky 20-30 metrů bez velkých překážek v trase s malým nárokem na energetickou náročnost pohonu a do druhé skupiny se řadí robustní výkonné soupravy poháněné výkonnými elektromotory s výkonem několika desítek kW, tomu napovídá i schopnost realizovat dlouhé vrtu, na úkor konstrukční a energetické náročnosti. [18]



Obr. 4.7 Vodorovné vrtání se současným zatlačováním trub

a) schéma metody, b) detail vrtné hlavy;

1 – ražba vrtnou hlavou a šnekovým dopravníkem, 2 – startovací jáma, 3 – tlačný a vrtný agregát, 4 – hydraulické čerpadlo

[Obr. 15] Schéma metody vodorovného vrtání [18]

2.2.1.6 Metoda příklepného vrtání

U této metody do zeminy proniká vrtná hlava s nárazovým kladivem spolu s chráničkou nebo bez ní. Při této metodě dochází k uvolňování zeminy, ta je odstraňována mechanicky (pneumaticky nebo hydraulicky).

Příklepné vrtání se používá pouze současně při zatlačování ocelových trub. Zeminu rozrušuje vrtná hlava, která je osazena noži z tvrdokovu, nebo dláty. Hlava může být osazena centricky, nebo excentricky. Metoda je vhodná pro nasazení v nehomogenních zeminách s nepravidelným výskytem balvanů, valounů a jiných překážek, které vrtná hlava s příklepem snáze naruší, vůči ostatním metodám. [18]

2.2.1.7 Metoda vodorovného propichování s rozšiřovací hlavou

U této metody je zeminou protlačováno vodící soutyčí, které musí být tuhé vzhledem k tlaku. Nové porubí se zatahuje zpět za rozšiřovací rotující hlavou. Tato metoda je principiálně obdobná s řízenou metodou protlaku s vodící troubou. [18]

2.2.2 Řízené metody bez obsluhy na čelbě

Tyto metody jsou vhodné zejména k realizaci dlouhých podzemních vedení, které mají být vyhotoveny v požadované přesnosti a sklonu, metody umožňují změnu směru v době zabudování, vhodné pro realizaci dlouhých úseků. Rozvíjení těchto metod začalo od poloviny 70. let 20. století. Vývoj byl směřován především pro realizaci kanalizačních stok. Řízení spočívá v přesném navádění vrtné hlavy, kladiva, nebo řezného štítu. V případě protlačování ocelových chrániček jsou drobné odchylky přípustné, mohou být následně vyrovnány při ukládání potrubí do chráničky. Přípustné odchylky jsou specifikovány v projektové dokumentaci. Řízená metoda požaduje větší nároky na vybavení, především na měřicí a vytyčovací zařízení. Potřeba je zařízení pro vytyčení trasy a vyhodnocení polohy čela potrubí a dále strojní vybavení umožňující korekci neměřených odchylek. Pro vytyčení trasy a vyhodnocení polohy se používají geodetická zařízení například optická a laserová zařízení (měření horizontální a vertikální odchylky), gyroskopy (měření horizontální odchylky), hadicové vodováhy (měření relativní výšky), inklinometry (měření sklonu) - mechanická kyvadla, dálkoměry (měření vzdálenosti), satelitní navigace. V praxi je nejčastěji

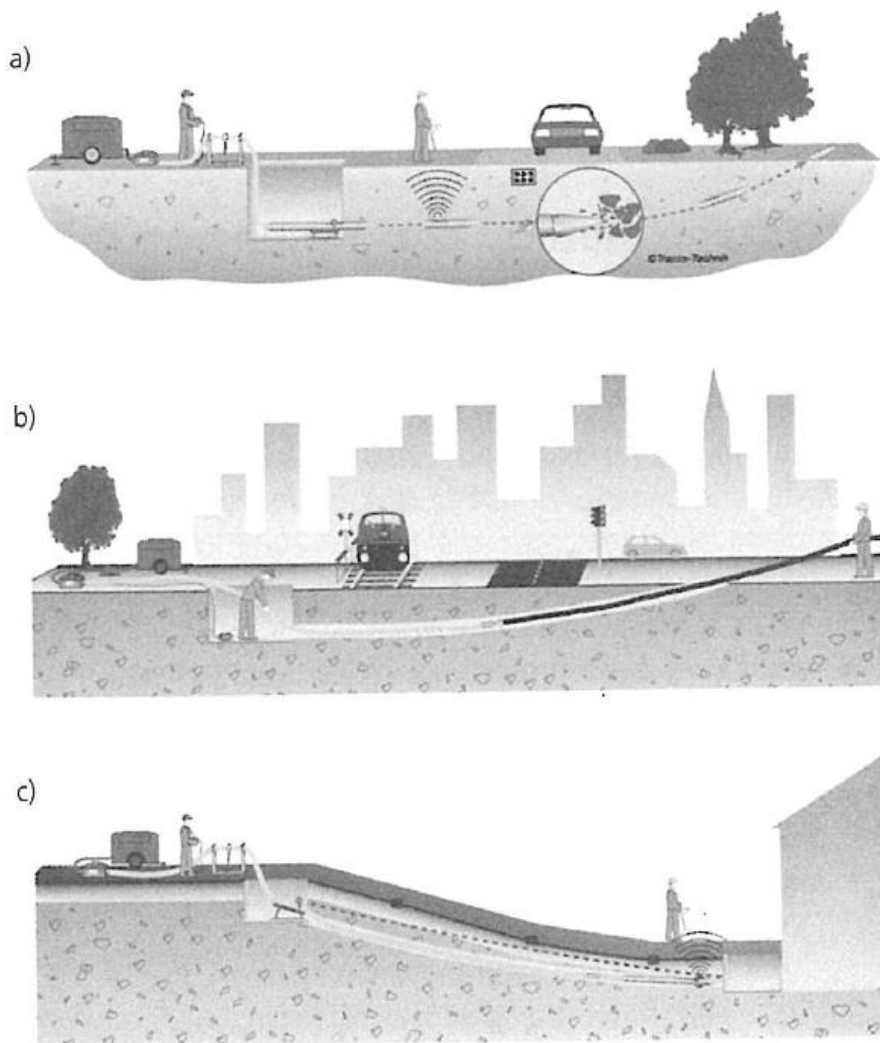
používáno totálních stanic, optických teodolitů. Dále se metody dělí do jedno, dvou a tří fázového postupu. Postupy se od sebe dělí dle jednotlivých kroků a návaznosti prací. Jednofázový – zatažení trouby za vrtnou hlavou. Dvoufázový – zabudování potrubí až v druhé fázi, první fáze je protlak. Třífázový – zatažení/zatlačení potrubí až ve třetí fázi, první fáze protlačení vodící trouby, v druhé fázi rozšíření pilotního vrtu rozšiřovací hlavou. [18]

2.2.2.1 Metody s roztlačováním zeminy

U této metody je zemina roztlačována do okolí. Metoda se ještě dělí dle pracovního principu na dvě další metody, metoda s řízeným propichovacím kladivem (krtkem) a vodorovné vrtání s nárazovým kladivem. [18]

Metoda s řízeným propichovacím kladivem (krtkem)

Tato metoda odpovídá svým postupem metodě neřízené, která je popsána v kapitole 2.2.1.1. Řízení je zajištěno pomocí propichovacího kladiva se skoseným čelem, ve kterém je přijímač, který předává obsluze informace o poloze, sklonu, hloubce a natočení. Změna směru je prováděna z povrchu natáčením přívodní hadice propichovacího kladiva. Nejčastěji se používá k zatahování PE potrubí do světlého průměru 63 mm a délky 70 metrů. [18]



Obr. 4.9 Schéma metody s řízeným propichovacím kladivem
 a) řízený průpich, b) zatahování trouby, c) průpich se současným zatahováním trouby

[Obr. 16] Schéma metody s řízeným propichovacím kladivem [18]

Vodorovné vrtání s nárazovým kladivem

Metoda spočívá ve vykonávání otáčivého a nárazového propichování vrtného zařízení. Skládá se ze tří kroků vrtání – pilotního vrtu, rozšiřování vrtu rozšiřovací hlavou, zatahování porubí. Metoda je vhodná k provádění vrtů do průměru 250 mm a délky 100 metrů. Magnetický navigační systém umožňuje řízení vrtu do hloubky 5 metrů.

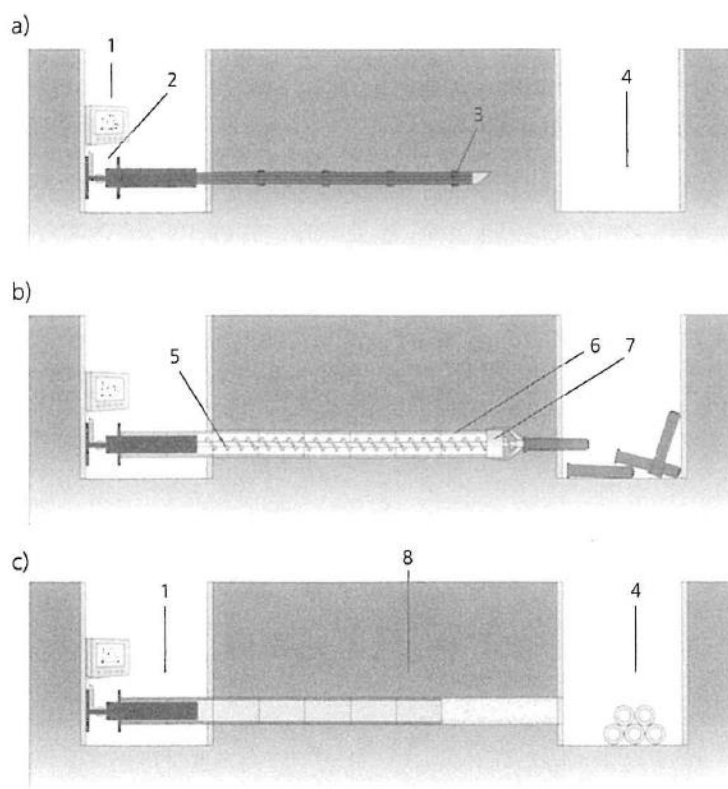
V prvním kroku po vytyčení trasy a nivelety je realizován pilotní vrt, start může být z povrchu, nebo z pilotní jámy, kladivo je poháněno stlačeným vzduchem, který je veden vrtným soutyčím.

Ve druhé fázi probíhá rozšiřování pilotního vrtu pomocí zatahování rozšiřovacího kladiva zpět za soutyčím až do průměru 250 mm.

Ve třetí fázi probíhá zatahování trub za posledním zátahem rozšiřovacího kladiva. Trouby jsou zataženy do startovací jámy. [18]

2.2.2.2 Protlak s vodící troubou

Taktéž vrtání s vodící troubou jedná se o více stupňovou metodu. Při první fázi je v přesném směru protlačena tuhá říditelná vodící trouba. V nadcházejících etapách jsou protlačovány rozšiřovací trouby, nebo je zemina odstraňována například šnekovým dopravníkem. Používají se dvě metody pokládky trub první metoda je zatlačování, nebo vsunutí trub po rozšíření pilotního vrtu a druhým způsobem pokládky je zatažení trub současně s rozšiřováním vrtného otvoru. Podle zvoleného postupu jsme touto metodou schopni realizovat prostupy pro potrubí o světlosti 150-1000 mm a délky až 150 metrů v závislosti na zvoleném postupu a požadované světlosti potrubí. [18]



Obr. 4.11 Protlak s vodící troubou

a) protlačování vodící (pilotní) trouby, b) rozšiřování vrtu, c) zatlačování trub;
 1 – startovací šachta, 2 – tlačná stanice, 3 – vodící (pilotní) trouba, 4 – cílová šachta,
 5 – šnekový dopravník, 6 – chránička, 7 – rozšiřovací hlava, 8 – trouba produktovodu

[Obr. 17] Schéma metody protlaku s vodící troubou [18]

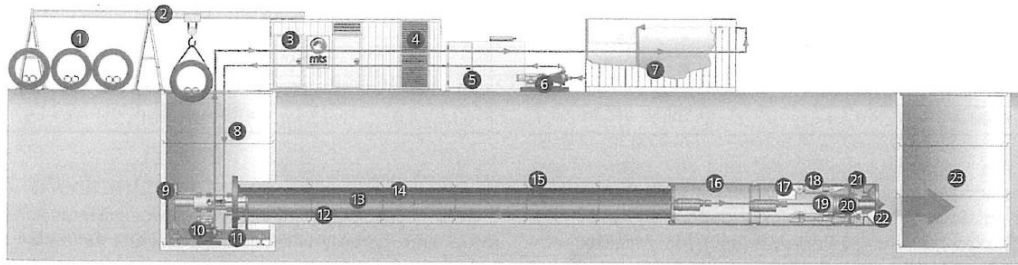
2.2.2.3 Mikrotunelování

Dle ČSN EN 12 889 je mikrotunelování řízenou, jednostupňovou metodou pro protlačování trub s vnitřním průměrem většinou do jednoho metru, které bývá většinou řízeno vně tunelu z jednoho stanoviště. Trubky jsou ukládány ihned za mikrotunelovacím strojem. Metoda se dělí do dvou typů, v závislosti na postupu odstraňování zeminy. Metoda se šnekovým dopravníkem a mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy. Obě tyto metody jsou poměrně rozsáhlé, takže si specifikujeme jen základní princip funkce s rozdíly.

U metody se šnekovým dopravníkem se do zeminy zatlačí chránička za současného rozpojování zeminy vrtnou hlavou a za kontinuální dopravy vytěžené zeminy šnekovým dopravníkem. Mikrotunelovací stroj je kloubově dělen na dvě části a díky hydromotorům umístěným v kloubové části je možné korigovat směr přední části, která nese vrtnou hlavu a udává směr. Možné použít pro pokládku trub z různých materiálů a světlosti 250-1000 mm, pro délku vrtu až 150 metrů v závislosti na vrtném profilu a vlastnostech zeminy. Tuto metodu je možné použít i pod hladinou vody za určitých opatření (těsnění, přetlak vzduchu, respektive vody), nebo se nasadí speciální soupravy.

Druhá metoda s hydraulickou dopravou zeminy, dopravuje zeminu hydraulicky, princip je založen na proudící kapalině, která transportuje pevné materiály do sedimentačního, nebo separačního zařízení, kde se transportovaný materiál usazuje a kapalina proudí znovu k pažení čela vrtné hlavy, odkud unáší nově odtěžený materiál. Nasazení metody pro realizaci nad i pod hladinou zemní vody a ve skalním masivu umožňuje realizaci pro potrubí o světlosti 200-1200 mm ve vzdálenosti do 150 metrů.

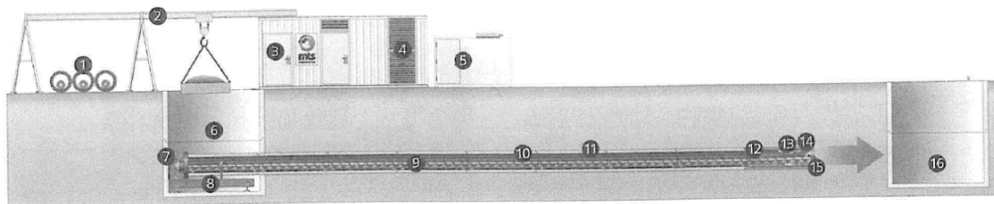
[18]



Obr. 4.14 Schéma mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy

1 – trouby, 2 – jeřábová dráha, 3 – kontejner s řídicí jednotkou, 4 – hydraulický agregát, 5 – zdroj – generátor, 6 – čerpadlo, 7 – usazovací nádrž, 8 – startovací šachta, 9 – laser, 10 – dopravní čerpadlo, 11 – tlačná stanice, 12 – potrubí pro odvod vrtného výplachu se zeminou, 13 – přívodní potrubí pro vrtný výplach, 14 – laserový paprsek, 15 – zatačované trouby, 16 – zadní část mikrotunelovacího štítu, 17 – cílová deska, 18 – řídicí přímočarý hydromotor, 19 – pohon vrtné hlavy, 20 – uložení vrtné hlavy, 21 – mikrotunelovací štít, 22 – vrtná hlava, 23 – cílová šachta

[Obr. 18] Schéma mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy [18]



Obr. 4.13 Schéma mikrotunelování se šnekovým dopravníkem

1 – trouby, 2 – jeřábová dráha, 3 – kontejner s řídicí jednotkou, 4 – hydraulický agregát, 5 – zdroj (generátor), 6 – startovací šachta, 7 – laser, 8 – tlačná stanice, 9 – šnekový dopravník, 10 – laserový paprsek, 11 – zatačované trouby, 12 – cílová deska, 13 – přímočarý hydromotor, 14 – mikrotunelovací štít, 15 – vrtná hlava, 16 – cílová šachta

[Obr. 19] Schéma mikrotunelování s dopravou zeminy šnekovým dopravníkem [18]

2.2.2.4 Horizontální směrové vrtání (HDD)

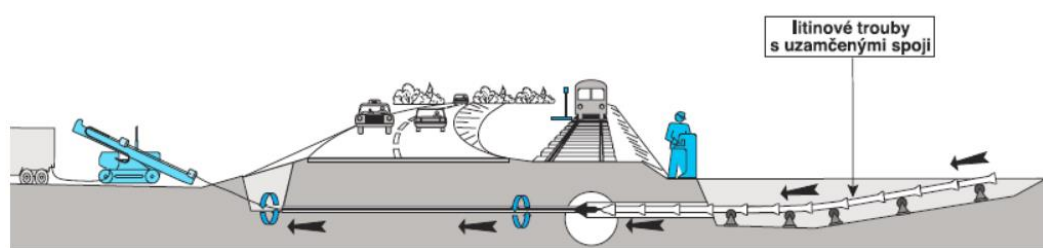
HDD-Horizontal Diameter Drilling

Tato moderní metoda spočívá v provedení řízeného pilotního vrtu a následného zatažení potrubí s rozšiřovacím vrtem. Metoda obnáší realizaci startovací a cílové jámy. Odvrtná zemina je od vrtné hlavy do startovací jámy přepravována pomocí vrtné kapaliny tvořené směsí vody a bentonitu, směs je rozmíchána v míchací jednotce a je tlačena vrtnou kolonou na čelbu vrtu. Následně je směs smíchána se zeminou a putuje podél vrtné kolony do startovací jámy odkud je odčerpávána. Celý průběh vrtu je sledován a řízen pomocí detektoru, který přijímá signál ze sondy na vrtné hlavě. Díky tomu to systému je možné určit optimální směr vrtu a vyhnout se případným překážkám. Tato metoda má široké uplatnění u realizace inženýrských sítí (plynovody, vodovody, potrubí pro kabeláž). Důležité je věnovat pozornost usazení stroje a naplánování vrtu. Pro realizaci potrubí z PE i z oceli (tvárné litiny do světlosti 1000 mm) světlost potrubí je spojena s výkonem a parametry vrtného stroje. Lze provádět i bez startovací i cílové

jámy s přihlédnutím k materiálu potrubí a ostatním požadavkům. Možnost realizace pod hladinou vody. [20]



[Obr. 21] Schéma nasazení metody HDD [21]



[Obr. 22] Schéma zatahování litinového potrubí metodou HDD [21]

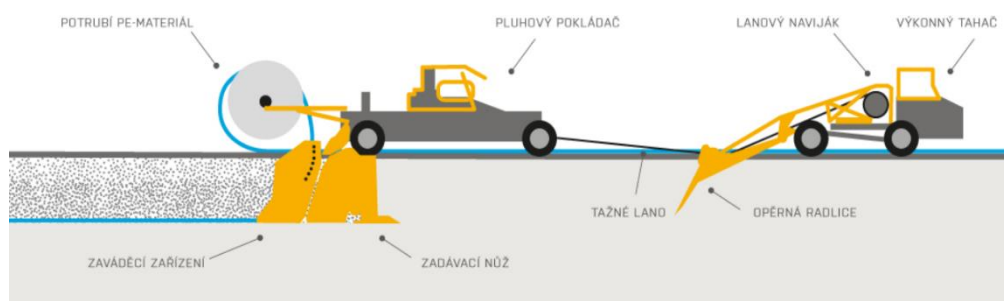
2.2.3 Pluhování

Pluhování je poměrně zajímavou bezvýkopovou metodou, často bývá řazena i mezi metody výkopové. Provádí se speciálním zařízením, které pomocí pluhu ryje do země drážku, do které se okamžitě ukládá trubní potrubí, případně kabely. Jedná se o nejrychlejší a nejlevnější metodu pokládky inženýrských sítí. Pluhování se dělá do dvou metod:

Nekonečné pluhování, při této metodě je potrubí ihned z povrchu přes smyčku vtahováno do země, používá se pro potrubí z PEHD do světlosti 225 mm. Potrubí vniká do země v místě pluhu, při rozevření zeminy pluhem vniká potrubí pod zem, než dojde k opětovnému samovolnému uzavření rýhy po pluhu.

Raketové pluhování, u této metody se potrubí zatahuje ze startovací jámy do země za radlem pluhu, použití na méně poddajné materiály potrubí, jako je ocel, litina, větší průměry PEHD, do světlosti 400 mm. Potrubí je zataženo ze startovací jámy za radlicí pluhu.

Tato technologie umožňuje výstavbu nových vodovodů, plynovodů, tlakových kanalizací, pokládku kabelových svazků, v případě dostatečného (většího spádu) také gravitační kanalizaci ve světlostech potrubí 25–400 mm. Při dosažení finančních a časových úspor. Vše souvisí, ale s možností nasazení, na to má velký vliv zemina. Ideální nasazení je v nezpevněných plochách (pole, louky), kde jsou zeminy o dobré těžitelnosti, ne příliš kamenité a skalnaté, tato metoda nemá problém s ukládáním potrubí i ve zvodnělých zeminách, případně v lepivých jílech, použití suspenze pro snížení tření. Vhodné nasazení této technologie je pro úseky delší než 1000 metrů. [19]



[Obr. 20] Schéma pokládky potrubí pluhováním [19]

3.Detailní popis dvou zvolených technologií provádění bezvýkopové a výkopové technologie

3.1 Výkopová technologie

Jako výkopovou technologii pro vícekritériální porovnání, jsem zvolil realizace otevřeného výkopu s pažením pažíciemi boxy (dříve svislé příložné pažení).

3.1.1 Popis

Jedná se o technologii, kterou jsem popsal již v oddíle výše. Při této technologii se potrubí ukládá do rýhy, která musí být vyhloubena v celé délce pokládky potrubí. Realizace může být postupná s postupným ukládáním potrubí do lože, které bývá zpravidla pískové. K realizaci

výkopovou technologií je zapotřebí nasadit techniku potřebnou k odtěžení zeminy, jedná se o rypadla kolová nebo pasová, velmi často také použití traktorbagru. Nasazení ostatní techniky je závislé na typu zeminy a podloží. Po realizaci rýhy a uložení potrubí se výkop zasypá a případně hutní. Při této metodě vznikají zásahy do infrastruktury (komunikací, chodníků, veřejných prostranství), luk a polí, které žádají obnovu a uvedení do původního stavu, což s sebou nese náklady na uvedení do původního stavu. Tato metoda může mít za následek i určitá omezení například provozu vozidel či chůze.

3.1.2 Přípravné práce

Jednou z hlavních částí je studium projektové dokumentace včetně dokladové části a s tím souvisejících dokumentů (stavební povolení, plán BOZP). Další nedílnou částí je převzetí staveniště a jeho zařízení zejména přípojky na technickou infrastrukturu. Dále je potřeba řešit logistiku ohledně dopravy a skladování materiálu s tím řešit různá omezení (zábory, dopravně inženýrská opatření). Informovat dotčené strany, dostatečně včas řešit plánování odstávek a přeložek sítí. Dalším důležitým bodem je proškolení pracovníků (musí mít dostatečnou odbornost) seznámení s riziky a s územím realizace. Realizace průzkumných sond, vrtů, zkoušek únosnosti, pokud již nebylo řešeno v projektové části, taktéž pasportizace stavbou dotčených objektů a konstrukcí. Potřebné je kvalitní vytyčení stávajících sítí, dodržení odstupových poměrů, kontrola křížení a souběhu sítí. Následuje vytyčení stavby zejména osy vodovodu a případné odbočky.

3.1.3 Hlavní práce

Jednou z prvních činností bývá sejmutí ornice ve volném nezpevněném terénu, ve zpevněném terénu jde o řezání či rozložení povrchových vrstev (živičných koberců komunikací, dlažeb chodníků, betonů). Při těchto činnostech lze materiál třídit možné dosáhnout úspor.

Následuje samotné těžení výkopku se zajišťováním stěn rýhy a průběžnou kontrolou hloubky rýhy. Vytěžená zemina je ve většině případů, pokud to situace umožňuje ukládána podél výkopu a následně použita pro zpětný zásyp

Nutné zajistit dostatečné pažení a ohlídat hloubku, od které je nutné výkop pažit (intravilán 1,3 metrů, extravilán 1,5 metrů u ručně kopaných výkopů). Dbát na bezpečnost pracovníků, bezpečné vstupy, šíře rýhy (minimálně 0,8 metrů pro vstup osob), funkční a správně provedené ohraničení výkopu (zábradlí, zemina v požadované výši a vzdálenosti, přechodové lávky)

Je zapotřebí dbát pozornosti u křížení s ostatními sítěmi, ruční okopání, vyvázání sítí.

Po realizaci výkopu následuje urovnání dna výkopu kontrola požadovaných sklonů a hloubky. Následná příprava dna rýhy. Materiál dna by neměl být narušen, v případě narušení by měla únosnost dna rýhy být obnovena. V případě realizace potrubí s hrdli o velkých průměrech, by mělo být dno rýhy, nebo lože pod hrdli prohloubeno vhodným způsobem.

Dále na řadu přichází spouštění či ukládání potrubí, spouštění provádíme dle pokynů výrobce a v závislosti na materiálu, zasazení potrubí do hrdel, svaření, smontování (šroubové spoje přírub), uložení armatur, osazení odbočných tvarovek (navrtávacích pasů).

Kontrola uložení potrubí, sklonů, rovnoměrného uložení na podsypu, směru a hloubky uložení. Následné provádění obsypu potrubí a hutnění po vrstvách dle projektové dokumentace, pokynů výrobce, geologických poměrů. Provedení tlakové zkoušky a uložení identifikačního vodiče a následné dokončení obsypu s uložení výstražné folie v předepsané vzdálenosti (minimálně 200 mm nad povrchem potrubí).

Dalším krokem je provádění zpětných zásypů, které jsou hutněny po vrstvách v závislosti na materiálu a požadavkách. Současně odstraňujeme pažení. Dbáme na zpětné ošetření ostatních odhalených inženýrských sítí (může být i vyžadována kontrola provozovateli sítí). Dokončení zasypu a příprava pro následný vrchní kryt. Případné provedení zkoušky zhutnění zemní pláně (statická, nebo rázová taktéž dynamická).

Finální fází je obnova podkladních vrstev a vrchních vrstev komunikací s dostatečnými přesahy, obnova obrusných vrstev krytu vozovky včetně proříznutí spár a zalití asfaltovou zálivkou. Případné

urovnání terénu, osetí travním semenem, vydláždění chodníků a dlážděných úseků.

3.1.4 Dokončovací práce

Při dokončovacích pracích se provede dezinfekce vodovodu, osazení orientačních tabulek. Případné provedení dokumentace skutečného provedení stavby, seskupení a kompletace protokolů o zkouškách, prohlášeních, dokladů výrobce a následné předání díla objednateli, zápis o předání s protokolem o případných vadách a nedodělkách. A na závěr kolaudace stavby.

3.2 Bezvýkopová technologie

Jako bezvýkopovou technologii pro vícekritériální porovnání, jsem zvolil metodu horizontálního směrového vrtání, která je nejčastěji používaná pro realizaci dlouhých úseků.

3.2.1 Popis

Pro můj účel postačí detailnější popsání postupu technologie horizontálního směrového vrtání bez použití frézovacích hlav, jedná se o technicky méně složitější vrtnou soupravu. Směr je řízen pomocí zkoseného vrtného nástroje, který v případě tlačení mění směr vzhledem k natočení vrtného nástroje.

3.2.2 Přípravné práce

V první fázi po prostudování dokumentace (obdobný postup jako u výkopové technologie) následuje vytyčení požadované trasy, startovací jámy, cílové jámy, ostatních inženýrských sítí a objektů. Následuje volba vhodného postupu a volba umístění vrtného stroje v jednotlivých fázích.

3.2.3 Hlavní práce

Jako první nastupuje rypadlo a začíná výkopem startovací jámy do požadované hloubky a požadovaného umístění. Poté se rypadlo přesouvá k výkopu cílové jamy případně výkopu jam v místě přípojek nebo větvení.

Nastává prostor pro ustavení vrtného stroje, důležité je stroj nasměrovat správným směrem ve směru požadované trasy vodovodu. Stroj je ustaven v dostatečné vzdálenosti před startovací jámou (zhruba 5-10 metrů, dle požadované hloubky potrubí) Hloubka vodovodního porubí zpravidla bývá minimálně 1,5 metru. Vrtný stroj se postupně zavrtává a v případě změny směru je vrtný nástroj zkosením natočen do požadované polohy a jen tlačěn kupředu, při držení konstantního směru vrtný nástroj rotuje a současně je zatlačován, pro snazší prostup zeminou, snížení tření a případné chlazení jsou ve vrtném nástroji trysky, kterými proudí voda, případně bentonitová suspenze. V hlavě vrtného nástroje je umístěna sonda, která vysílá signál do přijímacího zařízení, které je na povrchu obstaráváno jeho obsluhou. Přijímací zařízení je obsluhováno pracovníkem, který jde po požadované trase vrtu, provádí kontrolní měření hloubky a pozice vrtné hlavy. Z přijímacího zařízení je vysílán signál obsluze vrtného stroje, která řídí směr a postup vrtné hlavy. Lze postupovat i tak, že přijímací zařízení je umístěno do cílového bodu a obsluha vrtného stroje řídí vrt požadovaným směrem, tento postup je používán při podvrtu komunikací, v nichž se obsluha přijímacího zařízení nemůže zdržovat, případně jen provede kontrolní měření. Všechna tyto zařízení jsou digitální, důležité je správné nabití akumulátorů a kvalita signálu.

Při dosažení cílové jámy je vrtný nástroj zaměněn za rozšiřovací hlavu, která je s uchyceným potrubím a identifikačním vodičem zatahována zpět k vrtné soupravě. Jak v cílové, tak startovací jámě je nutné nechat dostatečný přesah pro spoj potrubí, přípojky u plastového potrubí jsou realizovány pomocí navrtávacích pasů. U litinového pomocí přírubových T kusů. V případě realizace více záběrů se cílová jáma stává startovací jámou pro realizaci podvrtu v dalším záběru.

Po realizaci spojů jsou jámy rypadlem, případně nakladačem zpětně zasypány, spoje se uloží do pískového lože, a následuje zpětný zásyp zeminou, hutnění a případná obnova vrchních vrstev jam, Většinou jsou

jámy situovány mimo komunikace, aby nebylo nutné dělat nákladné obnovy asfaltových krytů, dlažeb a jiných vrchních vrstev.



[Obr. 25] Vrtné a zatahovací hlavy [zdroj vlastní]



[Obr. 26] Zatahování potrubí za rozšiřovací hlavou [zdroj vlastní]



[Obr. 27] Přijímací zařízení [zdroj vlastní]



[Obr. 28] Vrtná souprava [zdroj vlastní]



[Obr. 29] Startovací/cílová jáma, zde dochází ke spoji potrubí [zdroj vlastní]



[Obr. 30] Řídicí centrum vrtného stroje [zdroj vlastní]



[Obr. 31] Vrtný stroj v pravé části obrázku a vlevo doprovodné nákladní auto s vodou pro výplach a čerpadlem [zdroj vlastní]

3.2.4 Dokončovací práce

V závěru jsou realizovány tlakové zkoušky, dezinfekce vodovodu, zaměření skutečného stavu, realizace dokumentace skutečného provedení v případě odchylek a změn, kompletace dokumentů z realizace a dokladů výrobců. Závěrečné předání díla a kolaudace stavby.

3.2.5 Nutné informace pro volbu a návrh BT vůči VT

Pro nasazení dané metody mohou nastat různé situace, která nám kladou různá omezení, a proto je důležité brát na ně ohled. Zpravidla jde o vyhodnocení těchto požadavků: stavby a zařízení na povrchu i pod zemí v okolí prováděné stavby, hydrogeologické a půdní poměry, možnosti zásobování, délka a tvar trasy, druh a rozměr materiálů, projekty realizující se v okolí a návazné projekty, požadavky na ochranu okolí, ohledy na situační podmínky na povrchu. Také je potřeba mít informace o existenci, poloze a stavu stávajících inženýrských sítí, Případně si stanovit opatření, která jsou potřebná učinit vůči ochraně inženýrským sítím.

Výhody BT:

Menší zábory pozemků a omezení funkčnosti ulic.

Menší přesuny hmot, menší vliv na životní prostředí

Šetrnější ke kořenovým systémům

Menší náklady na obnovu povrchové infrastruktury

Rychlost realizace v závislosti na složitosti a geologických podmínkách

Nižší cena v případě velkých záborů, vyhnutí finančně nákladným obnovám stávajících povrchů.

Nevýhody BT:

Dostupnost dané metody

Často dochází k přetržení identifikačního vodiče při zatahování potrubí

Nezodpovědná a nedůsledná obsluha vliv na vady při provádění

Absence identifikační folie

Uložení potrubí bez obsypu a lůžka

Větší náchylnost k poškození potrubí vlivem sedání posunů a odpnutí potrubí

Nevhodné a až neefektivní je nasazení v situaci kdy řád obsahuje velké množství odboček, přípojek a větvení.

4. Představení daného projektu

Pro mé účely se jedná o projekt liniové stavby vodovodu, na kterém porovnáám efektivnost realizačních metod z několika kritérií.

4.1 Poskytnutí projektu a obsahový popis

Projekt mi byl poskytnut společností Vodovody a kanalizace Náchod, a.s., která je zpracovatelem a zároveň stavebníkem projektu. Jedná se o největší vodárenský podnik na území okresu Náchod. Společnost vznikla k 1.11.1993 z části státních podniků VaK s.p. Náchod a VaKs.p. Hradec Králové. Společnost dodává kvalitní pitnou vodu do většiny území okresu Náchod a spravuje také odvádění a čištění odpadních vod.

Název stavby: Vodovod pro zástavbu Z1, katastrální území Velké Petrovice

Rozsah projektové dokumentace: Dokumentace pro vydání společného povolení liniové stavby technické infrastruktury včetně souvisejících technologických objektů – DUR+DSP

Obsahová náplň dokumentace:

A průvodní zpráva

B souhrnná technická zpráva

C1 situační výkres širších vztahů

C2 katastrální situační výkres

C3 koordinační situační výkres

D1 technická zpráva

D2 vzorové příčné řezy

D3 podélný profil řád A

D4 podélný profil řád B

D5 kladečské schéma

Požárně bezpečnostní řešení

Výpis materiálu

Tyto dokumenty jsou přílohou (Příloha č. 1)

5. Vícekriteriální technologické porovnání obou metod u konkrétního projektu

5.1 Způsob vyhodnocování obou metod

Pro vyhodnocení jsem si určil kritéria, která mají vliv na aplikaci a možnost nasazení dané metody, ke kritériím jsem zpracoval přílohy, přehledné tabulky s grafy a provedl zhodnocení každého z kritérií. Kritéria jsem především hodnotil na daném projektu vodovodu a poukázal i na to jak jsou kritéria na tomto projektu ovlivněna a co má na kritéria vliv. Dále jaký by mohl být výsledek při použití na odlišném projektu a co má na výsledek kritéria vliv.

Celkové vyhodnocení kritérií provedu multikriteriální analýzou za pomoci bodovací metody, kritériím přidělím preference podle mnou zvolené důležitosti, a upřednostňovaných kritérií v praxi.

Ekonomické kritérium – Cena realizace má řekl bych největší vliv na výběr metody, náklonost k levnější variantě.

Časové kritérium – Čas hraje velkou roli v případě požadavků investora, nebo případných omezení provozu, nebo jiných omezení.

Prostorové kritérium, dostupnost, geologické a hydrogeologické poměry a délka a tvar trasy – Nám mohou při výběru klást poměrně důležitá omezení, které nám zavrhnou nasazení jedné z metod, preference těchto kritérií zvolím poměrně podobné, nebo s malým odstupem od sebe.

Vliv na životní prostředí – Toto kritérium jsem zařadil vzhledem k poměrně aktuální problematice.

5.2 Zpracování – přílohy

Zhodnocení kritérii vychází z mnou vyhotovených příloh

Přílohy k jednotlivým kritériím:

Ekonomické - Příloha č. 2 obsahuje:

Rekapitulace podvrt nejnižší cena

Rekapitulace VT

Rekapitulace podvrt střední cena

Rekapitulace podvrt nejvyšší cena,

Rozpočet podvrt střední cena

Rozpočet podvrt nejnižší cena

Rozpočet VT

Rozpočet podvrt nejvyšší cena

Časové – Příloha č. 3 obsahuje:

Časoprostorové grafy

Etapizace situace

Technologický normál varianta 1

Rozborový list varianta 1

Technologický normál varianta 2

Rozborový list varianta 2

Technologický normál podvrt

Rozborový list podvrt

Prostorové: K zhodnocení a čerpání informací jsem použil výkres situace a výkresy etapizace.

Dostupnost dané metody: Informace jsem čerpal a vyhodnocoval ze zdrojů dostupných na internetových stránkách.

Geologické a hydrogeologické poměry: Informace o dostupnosti a možnosti nasazení metod mi poskytl popis jednotlivých metod a přítomnost u realizace a aplikace dané metody v praxi.

Délka a tvar trasy: Pro vyhodnocení a zpracování grafů jsem čerpal z mnou zpracovaných příloh ekonomického a časového hlediska.

Vliv na životní prostředí: Informace pro zhodnocení jsem čerpal především z mnou zpracovaných technologických normálů a grafu nasazení strojů.

5.3 Kritéria hodnocení

5.3.1 Ekonomické

Ekonomickým kritériem hodnotíme především veškeré finanční náklady spojené s realizací každé z metod. K ekonomickému zhodnocení může pro naše účely posloužit například rozpočet. Rozpočty jsem vyhotovoval v rozpočtářském softwaru Kros. Hlavní proměnou bude cena za zemní práce, montážní práce na potrubí, a obnova krytu komunikace.

První zhodnotím rozpočet metody prováděné klasickou výkopovou technologií bez jakékoliv úpravy cen prováděných zemních prací. Ceny se, kterými počítá Kros, jsou poměrně srovnatelné se skutečností, ceny budou záležet na lokalitě a odvíjet se od nasazené techniky. Taktéž na ceny může mít velký vliv třída těžitelnosti a nečekané překážky v zemině, výskyt překážek a hůře těžitelná zemina cenu zvyšuje.

Druhý zhodnotím rozpočet prováděný metodou řízeného horizontálního vrtání. U této metody mohou být ceny velmi odlišné, z velké části má na cenu vliv třída těžitelnosti zeminy a výskyt případných překážek v podobě hůře těžitelných hornin, kamenů a skal. Cena se běžně uvádí za metr vrtu a roste s rostoucím průměrem potrubí a horší těžitelnosti zeminy. Proto jsem pro porovnání vyhotovil tři rozpočty s odlišnou cenou za metr vrtu. U této metody je taktéž potřeba použít rypadlo pro realizaci jam, cena za rypadlo při menším objemu prováděných prací je vyšší. Hlavní změnu cen si ukážeme v přehledné tabulce. V rozpočtu pro bezvýkopovou technologii můžeme vidět odlišnosti ohledně kubatur prováděných zemních prací, zásahu do komunikačního krytu a montážních činností na potrubí vůči výkopové technologii.

		VT	BT dražší	BT střed	BT levnější
Kód	Popis	Cena celkem (Kč)	Cena celkem (Kč)	Cena celkem (Kč)	Cena celkem (Kč)
1	Zemní práce	1 831 133,0	2 258 914,0	1 790 054,0	1 433 054,0
4	Vodorovné konstrukce	62 883,0	11 648,0	11 648,0	11 648,0
5	Komunikace pozemní	32 815,0	10 318,0	10 318,0	10 318,0
8	Trubní vedení	738 795,0	624 388,0	566 903,0	566 903,0
997	Přesun sutě	17 361,0	4 904,0	4 904,0	4 904,0
998	Přesun hmot	5 246,0	5 246,0	5 246,0	5 246,0
VRN	Vedlejší rozpočtové náklady	75 000,0	75 000,0	75 000,0	75 000,0
Celkem		2 763 233,0	2 990 418,0	2 464 073,0	2 107 073,0

[Tab. 1] Porovnání metod na základě rozpočtu [zdroj vlastní]

V tabulce je přehledné porovnání metod s cenovými rozdíly, u BT byly uvažovány tři různé ceny za metr protlaku v závislosti na průměru potrubí. V praxi by se výsledná cena odvíjela od podmínek na dané stavbě a geologických poměrech. U BT je vidět rozdíl v ceně u trubního vedení, dražší cena pro použití 12 metrových trub což s sebou obnáší svařování trub před zatažením a dražší pořizovací cena trub, levnější cena je pro 100 metrový trubní návin, který je kontinuálně zatahován s indikačním vodičem.

U BT technologie je nejvíce eliminováno množství výkopových prací a s tím spojených činností, je to značná úspora, ale ekonomická nákladnost

řízeného protlaku tuto úsporu zemních prací dožene. Z toho plyne, že následný profit z nasazení BT je přinesen v podobě menších nákladů do obnov krytů, revitalizace zeleně, menší zásah do polních zemědělsky obdělávaných porostů.

BT neobsahuje položky jako je montáž vodovodního potrubí, tyto položky jsou zahrnuty v položce řízeného zemního protlaku včetně zatažení potrubí.

Celkové zhodnocení ekonomického kritéria

Volba metody se většinou odráží od požadavků, případných omezení a v hlavní roli většina investoru také bude koukat na ekonomickou stránku. Finanční nákladnost se odvíjí od daného projektu, kde se bude projekt realizovat, ve městě, ve volném prostranství, od dimenze potrubí, v případě velkých rozměrů potrubí je ukládání potrubí do otevřeného výkopu příliš nákladné. Zaměřil bych se na to, jak velký zásah provádíme, jak nákladná bude obnova stávajících krytů v případě výkopové technologie a jaké to ponese další omezení (omezení provozu, velký zásah do travních a polních porostů). V mém projektu, jsou metody poměrně vyrovnané, vzhledem k malému zásahu do zpevněných krytů komunikací. Při realizaci bezvýkopovou technologií bychom se vzhledem k podmínkám v dané situaci dostali na střední až levnější cenovou variantu.

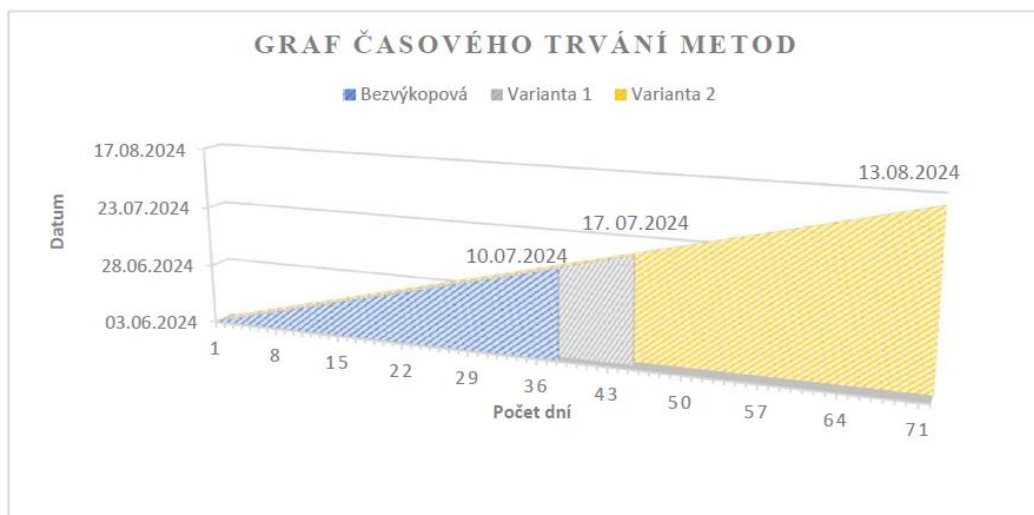
Rozpočet a krycí listy jsou v příloze. (Příloha č. 2)

5.3.2 Časové

Časové hledisko náročnosti zvolených metod nejlépe porovnáme a vyhodnotíme na časoprostorovém grafu. Vyhotovil jsem časoprostorové grafy na základě technologické struktury (rozborový list a technologický normál) pro tři varianty. Pro variantu bezvýkopovou, a poté pro variantu 1 s nasazením dvou rypadel a jednoho nakladače a variantu 2 s nasazením 4 rypadel a 2 nakladačů pro výkopovou technologii.

Varianta	Datum		Celkový čas trvání dní
	Začátek	Konec	
Bezvýkopová	03.06.2024	10.07.2024	37
Varianta 1	03.06.2024	17.07.2024	44
Varianta 2	03.06.2024	13.08.2024	71

[Tab. 2] Přehled trvání metod [zdroj vlastní]



[Obr. 32] Graf časového trvání metod [zdroj vlastní]

V tabulce č. 2 a grafu na obr. 32 je vidět přehled trvání jednotlivých metod, můžeme vidět, že bezvýkopová metoda je nejrychlejší z důvodu ušetření času na zemní práce, realizaci pažení a časově náročnější montáži a pokládce potrubí. Varianta 1 je varianta s nasazením 4 rypadel, které pracují ve dvojicích, ze dvou míst, nasazení dvou nakladačů pro zpětné zásypy potrubí a posílení montážní čety o dva montéry, díky tomu ušetříme více času. Ve variantě 2 uvažují nasazení dvou rypadel a jednoho nakladače a pouze dvou montérů. Tato varianta je časově nejdéší, trvá skoro dvojnásobek toho co bezvýkopová metoda.

Zhodnocení časového kritéria vypadá jednoznačně ve prospěch bezvýkopové metody, je tomu tak díky úspoře času za pažení rýh, zpětným zásypům, menšímu rozsahu obnovy asfaltového krytu a časově méně náročnější pokládce potrubí, rychlost výkopu rýhy bude srovnatelná s rychlostí řízeného protlaku, v závislosti na podmínkách a bez uvažování zpětného zásypu. Za den jsme za ideálních podmínek řízeným protlakem schopni uložit i 200 metrů potrubí, u výkopové metody budeme schopni

realizovat zhruba okolo 100-150 metrů rýhy, vodovod se ukládá zpravidla do hloubky 1,5 metru, což vyžaduje odtěžení většího množství zeminy vůči mělkým rýhám a to nám čas realizace výkopu prodlužuje. Realizaci výkopu taktéž dost prodlouží řezání asfaltových krytů při výkopu v komunikaci, což nám u bezvýkopové technologie v takovémto množství odpadá.

Rozborový list, technologický normál, časoprostorový graf s nasazením strojů a pracovníků a situace postupu technologických etap jsou přílohou. (Příloha č. 3)

5.3.3 Prostorové

Prostorové poměry vyplývají v závislosti na tom, čím a jak moc jsme limitováni. Může nastat situace, že nebude na výběr a jedna z metod (bezvýkopová nebo výkopová) nepůjde v dané situaci a prostorových možnostech použít. U bezvýkopových metod je rozsah nasazení v závislosti na prostorových požadavcích poměrně odlišný v závislosti na použité metodě. Zatím co u výkopové metody je prostorový požadavek téměř vždy stejný pouze z hlediska v závislosti na velikosti nasazené techniky. Hodnocení prostorového nasazení metod jsme schopni nejlépe vyhodnotit v závislosti na daném projektu a použité metodě. Pro náš účel budeme hodnotit na daném projektu.

Omezení	VT	BT
Půdorysné rozměry techniky	X	X
Ukládání potrubí	X	X
Odvoz zeminy	X	X
Přístupnost	X	X
Podélný profil	X	X
Kolize s okolními objekty	X	X
Kolize s komunikací	V	X
Omezení přístupu obyvatel do jejich sídel	X	X
V - vzniká omezení při nasazení metody		
X - nevzniká omezení pro nasazenou metodu		

[Tab. 3] Tabulka s přehledem prostorových omezení [zdroj vlastní]

Prostorové zhodnocení na mém projektu je takřka vyrovnané. Vzhledem k místu realizaci stavby, nezasahujeme do vesnické infrastruktury větší části, pouze trasou vodovodu přetínáme komunikaci, kterou u BT podvrtáme a u VT jí budeme muset překopat a tím nám vzniká omezení. Další omezení nám vzhledem ke stavbě ve volném prostranství nevznikají. Pouze u VT vznikne částečné omezení na přilehlé komunikaci kvůli stání nákladního automobilu pro odvoz výkopku. Toto omezení nám u BT téměř odpadá. Nejsme ani limitováni rozměry a nasazením strojů. V této situaci má větší výhodu bezvýkopová technologie.

5.3.4 Dostupnost dané metody

Dostupnost metod je možné hodnotit podle toho, jak jsou dané metody rozšířené a dle jejich vytížení. Na dostupnost metod má vliv rozšířenost metod mezi realizačními firmami. K našemu účelu bych hodnotil dle dostupnosti a rozšířenosti realizačních firem, na základě vyhledávání realizační firmy poblíž místa realizace projektu.

Místo realizace: Velké Petrovice		okres: Náchod		kraj: Královeshradecký			
		Počet realizačních firem v okruhu					
Velikost okruhu (Km):		10	20	30	40	50	100
Metoda	VT	9	15	20	30	45	80
	BT	0	1	3	5	9	20

[Tab. 5] Tabulka s přehledem výskytu realizačních firem v okolí stavby [zdroj vlastní]

Vzhledem k dostupnosti realizačních firem je na tom nejlépe výkopová technologie. Poskytování zemních prací VT je poměrně rozšířené v jakékoliv lokalitě, zatímco firmy realizující bezvýkopové technologie nejsou příliš rozšířené a v případě, že hledáme konkrétní bezvýkopovou metodu, se nám výběr a dostupnost o to více zužuje. V tabulce jsem uvažoval skoro veškeré poskytovatele výkopových prací a bezvýkopových technologií v daném rozsahu, při větším soustředění na specifičtější činnost a metodu by se nám počet firem snížil. Firmy realizující protlaky a podvrty často dojíždí z poměrně velkých vzdáleností, což se odráží i v ceně za realizaci a bude to mít taktéž vliv na dostupnost a kapacitní vytížení realizačních firem. Zde je do budoucna dle mého názoru prostor pro rozšíření firem zabývajících se bezvýkopovými technologiemi.

5.3.5 Geologické a hydrogeologické poměry

V závislosti na realizovaném projektu mohou nastat omezení pro použití jedné z metod, vzhledem ke geologickým a hydrogeologickým poměrům, případně mohou nastat omezení u jedné z metod, nebo může klesnout efektivita nasazené metody vůči druhé metodě. V našem případě bych hodnotil na daném projektu.

Třída těžitelnosti	Třída těžitelnosti	Charakteristický způsob rozpojování, použitelná mechanizace	Třída podle pevnosti materiálu	Pevnost v tlaku	Střední hustota diskontinuit
dle neplatné ČSN 73 3050	dle ČSN 73 6133		dle ČSN 73 6133	MPa	vzdálenost v mm
1, 2, 3	I.	Běžné výkopové mechanizmy (buldozery, rypadla, ručně prováděné výkopy)	R4	5 až 15	< 150
			R5	1,5 až 5	jakákoliv
			R6	< 1,5	jakákoliv
			F1 - F8		
			S1 - S5		
			G1 - G5		
4, 5	II.	Speciální rozpojovací mechanizmy (rozzrývače, skalní lžice, kladiva), lze použít i trhací práce	R1	> 150	< 150
			R2	50 až 150	< 150
			R3	15 až 50	< 150
			R4	5 až 15	> 150
			G a S s kameny a balvany 100 až 250 mm v objemu nad 50 % anebo s balvany nad 250 mm do 0,1 m ³ v objemu 10 až 50 % celkového objemu rozvolňované horniny (neplatí pro těžbu deponie mladší 5 let)		
6, 7	III.	Kladiva, rozzrývače, jiné technologie nebo trhací práce	R1	> 150	> 150
			R2	50 až 150	> 150
			R3	15 až 50	< 150

[Obr. 33] Přehled tříd těžitelnosti a způsobu rozpojení dle normy ČSN 73 6133 [24]

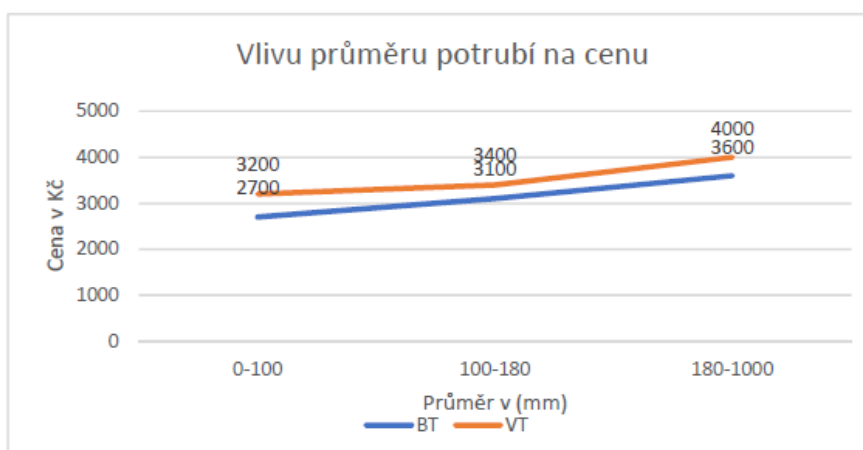
V místě stavby se nacházíme na rozmezí tříd těžitelnosti I-II dle platné prováděcí normy ČSN 73 6133, neboli ve třídě 3 a 4 dle neplatné normy ČSN 73 3050. Třída těžitelnosti neklade žádné omezení ani pro jednu z posuzovaných metod. Nenacházíme se ani ve zvodnělých a jinak nepříznivých podmínkách. Metoda horizontálního vrtání není příliš limitována k nasazení za různých podmínek, touto metodou je možné realizovat podvrty pod velkými vodními toky, kde již běžná výkopová metoda s otevřeným výkopem nelze použít. Nasazení obou metod ve ztížených podmínkách v zeminách s těžitelnosti třídy II-III ponese obdobné komplikace, použití kladiv, rozzrývačů u VT a použití korunových vrtných hlav

a výkonnějších strojů u BT. U obou metod tak dojde k výraznému ekonomickému a časovému růstu, realizace bude cenově nákladnější a časově delší, Nevýhoda u VT je nutnost odtěžení celého souvrství až do požadované hloubky, zatímco u BT je realizován vrt s jámami. Možnost nasazení obou metod na mém projektu je z toho hlediska vyrovnané.

5.3.6 Délka a tvar trasy

Délka a tvar trasy, má vliv na výběr metody, může nastat, že vzhledem k situaci nepůjde použít jedna z metod.

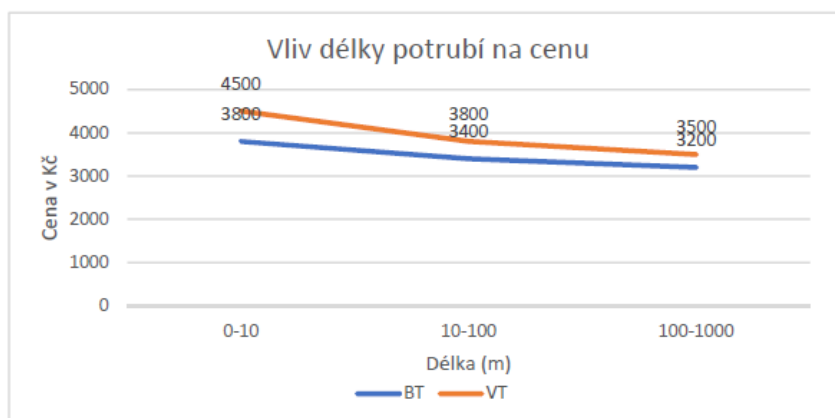
Vliv průměru potrubí na cenu				
		Průměr potrubí (mm)		
Metoda		0-100	100-180	180-1000
	BT	2700	3100	3600
	VT	3200	3400	4000



[Obr. 34] Tabulka s grafem vlivu dimenze potrubí na cenu [zdroj vlastní]

Vyhotovil jsem tabulky s grafy, kde lze orientačně vidět vliv průměru a délky potrubí na cenu, cenové hodnoty vychází z mnou posuzovaného projektu. Velký vliv na cenu budou mít podmínky a specifika jiných posuzovaných projektu (obnovy krytu vozovek, typ potrubí, geologické podmínky). Z grafu lze vyčíst, že při realizaci menší vzdálenosti jsou obě metody dražší a s rostoucím objemem prací cena klesá. Zatím co vzhledem k průměru je to naopak, kde cena s průměrem roste u obou metod podobnou rychlostí.

Vliv délky potrubí na cenu				
Metoda		Délka potrubí (m)		
		0-10	10-100	100-1000
		BT	3800	3400
VT	4500	3800	3500	



[Obr. 35] Tabulka s grafem vlivu délky potrubí na cenu [zdroj vlastní]

Mnou vybraný projekt nepřináší žádné velké omezení ani pro jednu z metod. Jediné kritické místo v mém projektu je v úseku vrcholových bodů V5 a V6, kde bude muset být poloměr u BT přizpůsoben limitu vrtného stroje, ale dalo by se předpokládat, že dojde k minimálnímu vychýlení od požadované trasy, vzhledem k průměru potrubí 110mm je vrtný stroj flexibilní a dokáže pracovat s menšími poloměry. U VT nejsme limitováni v ostrých obloucích, zatímco u BT jsme limitováni tuhostí vrtných tyčí a schopností směrového řízení stroje, což nám může komplikovat i vliv geologických podmínek. V zemině s horší těžitelností a s výskytem nečekaných překážek může nastat situace, kdy bude i obtížnější držet požadovaný směr, proto je potřeba znát limity vrtného stroje a k tomu případně přizpůsobit, nebo zhodnotit požadovaný směr trasy. Mohou nastat situace, kde bude požadováno více ostrých záhybů a v tu chvíli už nebude s BT daný projekt realizovat. Vzhledem k větší směrové variabilitě má v tomto kritériu VT výhodu.

5.3.7 Vliv na životní prostředí

Toto kritérium se poslední dobou stává velmi aktuálním, vzhledem ke snaze snížení emisí a produkovaných škodlivých látek strojů. Je větší tlak na použití technologií s menší produkcí CO₂.

stroje	VT- rychlejší			VT-pomalejší			BT		
	ks	čas (dny)	Celkem	ks	čas (dny)	Celkem	ks	čas (dny)	Celkem
Rypadlo	4	7	28	2	19	38	1	6	6
Nakladač	2	2	4	1	4	4	1	1	1
Vrtná souprava							1	7	7
Vibrační deska	1	3	3	1	6	6	1	1	1
Nákladní automobil	1	6	6	1	6	6	1	1	1
Celkem provoz strojů			41			54			16

[Tab. 4] Tabulka s přehledem celkového času nasazení strojů [zdroj vlastní]

Při zhodnocení environmentálního dopadu je na tom nejlépe BT, vzhledem k menšímu počtu nasazení strojů, minimalizaci zemních prací, přesunu výkopku, kratší době trvání. To napovídá tomu, že vzhledem k tlaku na snížení produkci emisí, bude BT více nasazována a uplatňována. Taktéž bude určitě upřednostňována v zahraničních zemích a městech, kde jsou emisní omezení.

5.4 Hodnocení dle kritérií

Provedl jsem celkové zhodnocení obou metod podle zvolených kritérií pomocí multikritériální analýzy. Kritéria jsem seřadil dle preferencí a přiřazoval jim body, dle jejich důležitosti a významnosti. Jednotlivým kritériím jsem dopočítal jejich váhy, které odpovídají bodové důležitosti daného kritéria. Poté jsem přiřadil obou metodám body na základě výsledku zhodnocení jednotlivých kritérií, 10 bodů nejlépe hodnocená metoda 1 bod nejhůře hodnocená v daném kritériu. Váhu kritéria jsem pro násobil s bodovým hodnocením a dostal jsem vážené hodnocení, které jsem následně pro danou metodu sečetl.

Tabulka multikriteriální analýzy hodnocena bodovací metodou								
Pořadí	1	2	3	4	5	6	7	
Kritéria	Ekonomické	Časové	Prostorové	Dostupnost	Geolog. a hydrogeolog. poměry	Délka a tvar trasy	Vliv na životní prostředí	Výsledky
Počet bodů	150	130	90	80	70	60	50	630
Váha kritéria	0,24	0,21	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08	1
Bezvýkopová technologie								
Body (1-10)	10	10	10	3	10	9	10	
Vážené hodnocení	2,38	2,06	1,43	0,38	1,11	0,86	0,79	9,02
Výkopová technologie								
Body (1-10)	8	7	9	10	10	10	5	
Vážené hodnocení	1,90	1,44	1,29	1,27	1,11	0,95	0,40	8,37

[Tab. 6] Tabulka s vyhodnocením multikriteriální analýzy bodovací metodou [zdroj vlastní]

Z výsledku vyplývá, že nejlépe hodnocená je metoda bezvýkopové technologie s hodnotou 9,02 z 10, metoda výkopové technologie dosáhla hodnocení 8,37 z 10. Při porovnání výsledků, není mezi metodami zas tak velký rozdíl, že by se metody od sebe výrazně vzdálily. Vzhledem k posuzovanému projektu, který by umožňoval nasazení obou metod a ani jedna z metod by neměla, žádné velké omezení a vzhledem k minimální realizaci ve zpevněném krytu komunikace a následným obnovám zpevněných krytů, je výsledek hodnocení odpovídající.

Závěr

Po vyhodnocení obou metod můžeme porovnat rozdíly mezi metodami. Vidíme, že metody v daných kritériích mají různá omezení, tato omezení se budou odlišovat a měnit v závislosti s aplikací na různých projektech, kde se nám budou měnit podmínky pro realizaci. Z toho může vyplynout, že nastane situace, kdy nebude možné použít jednu z metod, nebo pouze v části nebude možné použít jednu z metod, případně druhá metoda bude výhodnější, tak může dojít ke kombinaci obou metod a tím dojde k co nejefektivnější realizaci.

Zjištění: Realizace bezvýkopovou technologií může být mnohem rychlejší a efektivnější.

Aby výkopová technologie byla schopná konkurovat z časového hlediska bezvýkopové, musí být nasazeno větší množství mechanizace a montážních dělníků.

Z ekonomického hlediska není mezi metodami příliš velký rozdíl, ale na cenu má velký vliv specifikum daného projektu.

Dostupnost a pokrytí realizačních firem bezvýkopové technologie je podstatně menší oproti klasické výkopové technologii.

Z environmentálního hlediska je na tom bezvýkopová technologie mnohem lépe a s aktuální situací snahou snižování emisí se dá do budoucna očekávat její upřednostňování.

Seznam použitých zkratk:

BT: bezvýkopová technologie

VT: výkopová technologie

DN: diametre nominal – jmenovitý vnitřní průměr potrubí

HDD: horizontal directional drilling – horizontální směrové vrtání

PVC: polyvinylchlorid

PE-HD: polyetylen s vysokou hustotou

PE-X: Síťovaný polyetylen

PP: polypropylen

ČSN: Česká technická norma

EN: evropská norma

CzSTT : Czech Society for Trenchless Technology - Česká společnost pro bezvýkopové technologie

ISTT: International Society for Trenchless Technology – Mezinárodní společnost pro bezvýkopové technologie

ČR: Česká republika

Seznam zdrojů a literatury:

- [1] Naše voda. *Obce dostanou na schválené projekty vodovodů a kanalizací deset miliard* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/obce-dostanou-na-schvalene-projekty-vodovodu-a-kanalizaci-deset-miliard/>
- [2] Naše voda. *Ostrava má rekordní nízké ztráty vody v ČR* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ostrava-ma-rekordni-nizke-ztraty-vody-v-cr/>
- [3] Zásobování vodou. *Historie a současnost zásobování vodou* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/1-historie-a-zakladni-pojmy-ve-vodarenstvi>
- [4] SOVAK [online]. 2023 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/o-nas>
- [5] Naše voda. *Výškové a plošné uspořádání vodovodní sítě a územní působnost vodárenských soustav* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <http://zasobovanivodou.vsb.cz/index.php/osnova-prednasek/9-rozvodne-vodovodni-site>
- [6] ČSN 75 5455. *Výpočet vnitřních vodovodů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019. Třídící znak: 75 5455.
- [7] HASÍK, Otakar. *Stavby vodovodů a kanalizací*. 2. upr. vyd. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1984-6.
- [8] Český statistický úřad. *Ztráty vody se dlouhodobě daří snižovat* [online]. 2022 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/ztraty-vody-se-dlouhodobě-dari-snizovat>
- [9] Vodovody v roce 2022. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/190626993/2800212305.pdf/45f00a7d-8eb6-4c52-bece-aa09b628e9cc?version=1.1>
- [10] DUDA, Jiří a Věra BOGDANOVA. *Ekonomika, ceny, informace. Vodovody a kanalizace v ČR 2022* [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-a31092---v-bC2kDa/vodovody-a-kanalizace-ceske-republiky-2022? linka=a535062>

- [11] Deník veřejné správy. *Vodní zdroje a jejich využívání v ČR a porovnání s dalšími evropskými státy* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.dvs.cz/clanek.asp?id=6803729>
- [12] Nařízení vlády č. 362/2005 Sb. Nařízení vlády o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky. In: *Zákony pro lidi*. Praha: AION CS, 2005. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-362>
- [13] ASB portál. *Zemní a výkopové práce II – v zastavěném území* [online]. 2010 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/geotechnika/zemni-avykopove-prace-ii-vzastavenem-uzemi>
- [14] Profesionální informační systém ČKAIT. *Navrhování pažicích konstrukcí (TP 1.9.6)* [online]. 2021 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-9-6/#1-3>
- [15] ELUC. *Vyztužení stěn výkopu roubením* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2603>
- [16] PEDDY. *Standardní pažící box - základna KRINGS 4,0 x 2,4 KS 100* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/stavba-pazici-boxy/standardni-pazici-box-zakladna-krings-4-0-x-2-4-ks-100>
- [17] CZSTT [online]. 2022 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://czstt.cz/>
- [18] KLEPSATEL, František a Jaroslav RACLASKÝ. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [19] NODIG - TEC. *PLUHOVÁNÍ POTRUBÍ, KABELŮ* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.nodig.cz/cs/pluhovani-potrubi-kabelu/a-16/>
- [20] PANEMA. *Technologický postup - Horizontální řízené vrtání (HDD)* [online]. 2023 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.panema.cz/files/TechnologickyPostupHDD.pdf>

- [21] PAM SAINT-GOBAIN. *Bezvýkopová pokládka* [online]. 2024 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.pamlinecz.cz/produkty/technicka-reseni/dalsi-odkazy/technicke-informace/instalace/typy-pokladky/bezvykopova-pokladka>
- [22] ASB portál. *Strukturální poruchy vodovodních potrubí* [online]. 2014 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/zdravotni-technika/strukturalni-poruchy-vodovodnich-potrubí>
- [23] Vodovod.info. *Poruchy vodovodních řadů* [online]. 2013 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://vodovod.info/index.php/extra/tema/200-poruchy-vodovodnich-radu>
- [24] ČSN 73 6133. *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. 02/2010. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Třídící znak: 736133.

Seznam použitých obrázků:

[Obr. 1] Místní vodovod [5]

[Obr. 2] Skupinový vodovod [5]

[Obr. 3] Oblastní vodovod [5]

[Obr. 4] Větevová a okružová síť vodovodu [5]

[Obr. 5] Nefakturovaná voda a ztráty v letech 2014-2022 [9] [10]

[Obr. 6] Sklon svahů v nezvodněných horninách a hrubozrnných zeminách [14]

[Obr. 7] Rýha pažená vodorovným příložným pažením [14]

[Obr. 8] Rýha pažená svislým příložným pažením [14]

[Obr. 9] Rýha pažená svislým zátažným pažením [14]

[Obr. 10] Rýha pažená hnaným pažením [14]

[Obr. 11] Schéma metody s propichovacím kladivem [18]

[Obr. 12] Schéma metody vodorovného beranění s uzavřeným čelem
vodící trouby [18]

[Obr. 13] Schéma metody s vodorovnou zatlačovanou vodící troubou
s rozšiřovací hlavou [18]

[Obr. 14] Schéma metody vodorovného beranění s otevřeným čelem [18]

[Obr. 15] Schéma metody vodorovného vrtání [18]

[Obr. 16] Schéma metody s řízeným propichovacím kladivem [18]

[Obr. 17] Schéma metody protlaku s vodící troubou [18]

[Obr. 18] Schéma mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy [18]

[Obr. 19] Schéma mikrotunelování s dopravou zeminy šnekovým
dopravníkem [18]

[Obr. 20] Schéma pokládky potrubí pluhováním [19]

[Obr. 21] Schéma nasazení metody HDD [21]

[Obr. 22] Schéma zatahování litinového potrubí metodou HDD [21]

- [Obr. 23] Způsoby porušení včetně okolností [22]
- [Obr. 24] Pažící box [zdroj vlastní]
- [Obr. 25] Vrtné a zatahovací hlavy [zdroj vlastní]
- [Obr. 26] Zatahování potrubí za rozšiřovací hlavou [zdroj vlastní]
- [Obr. 27] Přijímací zařízení [zdroj vlastní]
- [Obr. 28] Vrtná souprava [zdroj vlastní]
- [Obr. 29] Startovací/cílová jáma, zde dochází ke spoji potrubí [zdroj vlastní]
- [Obr. 30] Řídící centrum vrtného stroje [zdroj vlastní]
- [Obr. 31] Vrtný stroj v pravé části obrázku a vlevo doprovodné nákladní auto s vodou pro výplach a čerpadlem [zdroj vlastní]
- [Obr. 32] Graf časového trvání metod [zdroj vlastní]
- [Obr. 33] Přehled tříd těžitelnosti a způsobu rozpojení dle normy ČSN 73 6133 [24]
- [Obr. 34] Tabulka s grafem vlivu dimenze potrubí na cenu [zdroj vlastní]
- [Obr. 35] Tabulka s grafem vlivu délky potrubí na cenu [zdroj vlastní]

Seznam tabulek:

[Tab. 1] Porovnání metod na základě rozpočtu [zdroj vlastní]

[Tab. 2] Přehled trvání metod [zdroj vlastní]

[Tab. 3] Tabulka s přehledem prostorových omezení [zdroj vlastní]

[Tab. 4] Tabulka s přehledem celkového času nasazení strojů [zdroj vlastní]

[Tab. 5] Tabulka s přehledem výskytu realizačních firem v okolí stavby [zdroj vlastní]

[Tab. 6] Tabulka s vyhodnocením multikriteriální analýzy bodovací metodou [zdroj vlastní]

Seznam příloh:

Příloha č. 1 : Projektová dokumentace:

A průvodní zpráva
B souhrnná technická zpráva
C1 situační výkres širších vztahů
C2 katastrální situační výkres
C3 koordinační situační výkres
D1 technická zpráva
D2 vzorové příčné řezy
D3 podélný profil řád A
D4 podélný profil řád B
D5 kladečské schéma
Požárně bezpečnostní řešení
Výpis materiálu

Příloha č. 2: Ekonomické kritérium:

Rekapitulace podvrt nejnižší cena
Rekapitulace VT
Rekapitulace podvrt střední cena
Rekapitulace podvrt nejvyšší cena,
Rozpočet podvrt střední cena
Rozpočet podvrt nejnižší cena
Rozpočet VT
Rozpočet podvrt nejvyšší cena

Příloha č. 3 : časové kritérium:

Časoprostorové grafy

Etapizace situace

Technologický normál varianta 1

Rozborový list varianta 1

Technologický normál varianta 2

Rozborový list varianta 2

Technologický normál podvrt

Rozborový list podvrt