

SMĚRNICE CzSTT PRO BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE

Mikrotunelování

Tým autorů: Ing. Karel Franczyk, Ing. Jan Frantl, Ing. Michal Sodomka, Ing. Jaroslav Kunc

1. ÚVOD

Mikrotunelování je plně mechanizovaná, kontinuálně říditelná a dálkově ovládaná jednostupňová metoda protlačování pro realizaci podzemních vedení dle projektu v definitivní poloze. Součástí této technologie je vrtná hlava, tlačná stanice naváděná laserem s dálkově řízenými hydraulickými písty, separační stanice, řídicí velín. Tento dokument se netýká jiných podobných BT, jako například:

- neřízené horizontální vrtání
- zemní rakety
- HDD vrtání s tažením potrubí
- štítování

Vzhledem k relativně vysokým nákladům na pořízení této technologie bude její využití vázáno na případy, kde se uplatní její přednosti a v minimální míře se projeví její nevýhody.

Typické výhody mikrotunelování:

- velká rychlost provádění
- přesnost ve vedení díla
- minimální vliv na okolní zástavbu a na povrch
- bezpečnost práce
- možnost nasazení i v těžkých nebo proměnlivých geologických podmínkách, a to i pod hladinou podzemní vody
- možnost provádění i na velké vzdálenosti

Mezi nevýhody mikrotunelování patří:

- ztrátové časy, zejména při montáži a demontáži
- vysoké náklady na údržbu v nepříznivých podmínkách
- rizika při střetu s nezjištěnými překážkami
- vysoké nároky na kvalifikaci obsluhy a personálu

S ohledem na výše uvedené se mikrotunelování bude uplatňovat převážně pro následující případy:

- gravitační kanalizační sběrače
- drenážní kanály
- štoly pro energetické či geoenergetické využití
- podchody plynovodů a jiných produktovodů pod řekami, silnicemi, železnicemi nebo jinými objekty a překážkami
- kolektory, kabelové tunely
- využití v tunelování a podzemním stavitelství

2. PRINCIP TECHNOLOGIE

Mezi místem startu (startovací šachtice) a místem konce (cílová šachtice) se provádí zatlačování hotových trub. Zemina se přitom rozrušuje a vylamuje na čelbě a mechanicky, hydraulicky či pneumaticky dopravuje do startovací šachtice. Vše probíhá bez přítomnosti lidí v díle a je ovládáno operátorem na povrchu v řídicí kabině.

Původně bylo mikrotunelování ohraničeno průměrem 1000 mm DN, ale technický pokrok umožnil tuto metodu také ve větších profilech.

Jedná se o dálkově řízenou, jednostupňovou metodu, kterou se zatlačují tlačné trouby – produktové nebo chráničky – pomocí razícího stroje se současným úplným odtěžováním zeminy a s mechanickou nebo zemní (EPB) oporou čelby.

Trouby se umísťují postupně za razící stroj a jsou zatlačovány tlačným zařízením ve startovací jámě pomocí tlačných sil, případně ještě s využitím mezitlačných stanic.

Zaměření se děje s pomocí laserového paprsku nebo gyroskopem či vodní vahou. Přizpůsobování směru se děje hydraulickým ovládním řídicí hlavy.

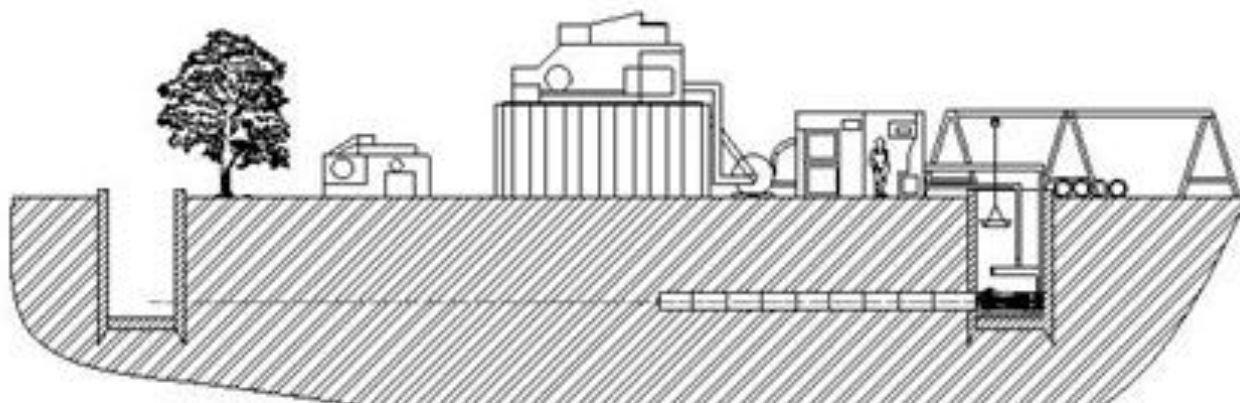
Nasazená vrtná hlava musí být schválena pro dané geologické podmínky.

S narůstajícím profilem stoupají požadavky na opěru čelby a vstupu.

Poznávacím znakem této metody je způsob odtěžení, kdy odtěžovaná zemina je drcena na menší kousky.

Obrázek č. 1

Mikrotunelování s výplachovým odtěžením



Mikrotunelování se používá pro bezvýkopovou instalaci podzemních vedení zejména v následujících případech:

- dlouhé vzdálenosti (až stovky metrů, v extrémních případech i několik kilometrů)
- složitá nebo proměnlivá geologie
- pod hladinou podzemní vody
- v blízkosti ohrožených objektů na povrchu při výstavbě klasickou „výkopovou“ technologií.
- při vysokých nárocích na přesnost a kvalitu provedení

Potrubi se ukládá v trase přímé či obloukové, v rovině nebo se stoupáním či klesáním. Trouby se k sobě spojují pevně nebo pohyblivě dle druhu použitého materiálu.

Instalované potrubní vedení slouží buď jako produktovod pro kanalizaci, plyn, vodu apod. anebo slouží jako chránička pro nejrůznější IS nebo potřeby využití prostoru v podzemí..

Mikrotunelování je činnost, která v drtivé většině případů bude spadat do kategorie činnosti prováděné hornickým způsobem (ČPHZ) a budou proto upravovány patřičnou báňskou legislativou. Především Zákonem č. 61/1988 Sb. a Vyhláškou č.55/1996 Sb. mimo jiné platí:

- projektovat ČPHZ smí jen oprávněná osoba – „Báňský projektant“ §5b, zák. 61/1988 Sb.
- činnost prováděnou hornickým způsobem může organizace provádět jen na základě povolení vydaného podle zákona 61/1988 sb., nebo podle zvláštních právních předpisů (stavební zákon)

- stavby ČPHZ smí provádět jen organizace s oprávněním a vést tuto stavbu smí jen oprávněná osoba – „závodní“
- zhotovitel oznámí zahájení stavby v předstihu na příslušný OBÚ
- OBÚ provádí dozor (vrchní) státní báňské správy na stavbách prováděných ČPHZ

Pro úspěšné provedení této BT je nezbytně nutné zvolit správné potrubí, správné strojní vybavení a zkušené a kvalifikované osoby, nejen ve fázi příprav, ale také projektování, provádění a kontrol.

3. POJMY, ZKRATKY A TERMINOLOGIE

- 3.1 ČPHZ – činnost prováděná hornickým způsobem
- 3.2 OBÚ – obvodní báňský úřad
- 3.3 BT – bezvýkopová technologie
- 3.4 BP – bezpečnost práce
- 3.5 IS – inženýrské sítě
- 3.6 PD – projektová dokumentace
- 3.7 RDS – realizační dokumentace stavby
- 3.8 DZS – dokumentace pro zadání stavby
- 3.9 POV – plán organizace výstavby
- 3.10 ČSN – česká technická norma
- 3.11 ČSN EN – evropská norma přijatá a převzatá do systému ČSN
- 3.12 ČSN EN ISO – celosvětová norma převzatá do systému norem EN a následně do systému ČSN
- 3.13 TNV – odvětvová technická norma (pro vodní hospodářství, pro plynárenství, apod.)
- 3.14 GPS – Global Positioning System = globální polohový systém
- 3.15 GTM – geotechnický monitoring
- 3.16 RQD – „Rock Quality Designation“ – ohodnocení výnos jádra jádrového vrtu
- 3.17 EPB – „Earth Pressure Balance“ – stabilizace zemním tlakem
- 3.18 ISTT – International Society for Trenchless Technologies (Mezinárodní společnost pro bezvýkopové technologie)
- 3.19 HDD – Horizontal Directional Drilling (horizontální směrové vrtání)
- 3.20 ŽB – železobeton
- 3.21 DN – diameter nominal – jmenovitý průměr potrubí (obvykle odpovídá vnitřnímu průměru v mm)
- 3.22 d_e , OD – External (nebo Outside) Diameter = vnější průměr potrubí (obvykle v mm)
- 3.23 s – tloušťka stěny potrubí celková (obvykle v mm)
- 3.24 $F_{max, k}$ – max. tlačná síla na potrubí (při součiniteli bezpečnosti “k”)
- 3.25 MLM – Minimal Light Mass = Světlý průřez volného prostupu

4. PROJEKTOVÁNÍ A PŘÍPRAVA

Mikrotunelování patří mezi složité technologie. Pro projektování, vypisování soutěží a zadávání staveb jsou zapotřebí dostatečné vědomosti i zkušenosti. Proto by tyto úkony měli provádět kvalifikovaní, a dostatečně zkušení inženýři. Pro výběr prováděcí metody se doporučuje spolupráce s odborným poradcem nejen v oblasti strojního vybavení, ale také v oblasti vybíraného trubního materiálu.

Kromě posuzování tlačných sil je nezbytné posuzovat statickou bezpečnost zvoleného materiálu trub. Nejen v hodnotách specifikovaných v době dodávek, ale i v hodnotách, zohledňujících trvanlivost s ohledem na vlivy prostředí a vlivy média uvnitř vybudovaného potrubí. Při statických výpočtech zabudovaných trub vždy zohlednit možné změny vlastností a to nejen fyzikálních, ale i změny v tloušťce stěny vlivem provádění samotného mikrotunelingu, ale i vlivem budoucího provozního stavu.

PD může být vyhotovena ve dvou úrovních. Buď jako DZS, nebo jako RDS. Oba typy PD by měly obsahovat dostatek informací ke kvalifikovanému zpracování cenové nabídky a specifikování jakostních požadavků na zhotovené dílo, způsobu hodnocení průběhu výstavby a posouzení možných rizik.

K dispozici musí být údaje o existenci, poloze, stavu a ochraně například:

- kabelů
- trubních vedení (kanalizace, vodovody, plynovody a ostatní produktovody)
- šachtic
- studní
- základů
- antropogenních dutin
- kotev a injektážních svorníků
- jiných pozůstatcích po stavebních pracích
- stavebních součástech jako nosníky, pilotové stěny, drenáže, spojovací materiál
- válečných předmětech
- starých zátěžích

U všech těchto zařízení a předmětů musí být vždy odsouhlasen způsob ochrany a provedení této ochrany.

Pokud nejsou údaje k dispozici, musí se průzkum doplnit o historické podklady.

V nutných případech budou navrženy patřičné přeložky.

4.1 Geologické a hydrogeologické podmínky

Údaje o geologických a hydrogeologických poměrech jsou k nutné pro:

- volbu prováděcí technologie
- volbu a statický výpočet technologie provádění startovacích a cílových jam
- volbu a statický výpočet tlačné trouby
- projekt případných opatření ke změně vlastností geologických podmínek při nestabilním nebo neúnosném prostředí
- plán odvozu, skladování či recyklace vytěžené rubaniny (horniny)
- opatření zamezující dopadu vlivů z prováděných prací na stávající poměry podzemních vod
- stanovení dalších dodatečných opatření

Z geotechnického pohledu je třeba klást důraz na existenci dalších překážek (dřevo, balvany, ocelové kusy, zásypy)

V některých případech jsou podstatné i údaje o vrstvách, délkách svahů, hladiny (tlaku) podzemní vody apod. Ty se stanovují na základě patřičného průzkumu.

4.2 Průzkumné vrty

Průzkumné vrty jsou nezbytnou podmínkou k rozhodování volby této BT. Provádějí se zpravidla v rozestupech 50 m, v mimořádných případech i v menších rozestupech. V každém případě vždy dle podmínek stanovených v DZS. Průzkumné vrty musí mít minimální hloubku:

- 2 m pod dnem potrubí v nezvodnělých zeminách
- 3 m pod dnem potrubí ve zvodnělých zeminách
- Pod spodní hranu výztuže v prostoru startovací, cílové nebo mezilehlé jámy

Průzkumné vrty musejí být vedeny v nestabilním prostředí až do stabilnějšího podloží. Volné prostory po průzkumných vrtech nebo sondách musejí být vyplněny.

4.3 Půdní a hydrogeologické podmínky

Popis půdních a hydrogeologických poměrů by měl obsahovat:

4.3.1 Hornina, rozvodnělá hornina:

- maximální a minimální hladina podzemní vody
- stupeň kontaminace půdy a podzemní vody
- požadavky dle platných zákonů
- podíl abrazivních materiálů a křemičité složky
- modul přetvárnosti
- agresivita podzemní vody
- proudění podzemní vody
- stupeň zvětrání
- lepivost
- popis vrstev
- měrná hmotnost
- zóny porušení, kaverny

4.3.2 Zemina

- zrnitost, tvar zrn
- propustnost vody
- hustota uložení
- mez plasticity, obsah vody
- stříhové parametry, úhel vnitřního tření a koheze
- hodnota zemního tlaku
- obsah a velikost kamenů, jejich jednoosá tlačná pevnost
- obsah vody a její tlak
- podíl organických látek, podíl vápníku
- sklon k tečení

4.3.3 Hornina

- stupeň zvětrání
- RQD
- množství ,velikost a sklon styčných ploch
- tvrdost
- pevnost v tlaku, rozpojitelnost
- pevnost v tahu
- abrazivita (index abrazivity)
- obsah vody, vodopropustnost
- tektonika, trhliny, spáry

Při vrtání sond v blízkosti vodního potrubí se doporučuje bezpečnostní odstup 5 m minimálně. V oblasti vodních zdrojů se sondážní vrty opatřují těsnícím pažením. (např, jílové zátky)

Výsledky průzkumu se zakreslí do podélného profilu trasy s odkazem k niveletě potrubí. Zde musí být označeny výškově i pevné geometrické body, což platí obzvlášť pro oblasti s vlivem poddolování.

4.4 Vedení trasy

Ve fázi projektu se stanoví maximální přípustné odchytky od přímé osy v horizontálním i vertikálním směru, přičemž se bere do úvahy jak použitý materiál potrubí a jeho přípustné tolerance, tak i poměry na stavbě a účel ke kterému budované dílo bude sloužit.

Pro novou pokládku potrubí, kde je významné dodržení směru a sklonu trasy by se měly používat jen říditelné technologie. Odchytky uvedené v tabulce vycházejí z provozních příčin (možností dané technologie) a neměly by být v žádném případě překročeny. Pro maximální funkčnost by naopak měla být projektována případná rezerva. V ojedinělých případech a u větších profilů je tedy zřejmé, že mohou vznikat při realizaci lokální protisklony, které nejsou vadou realizaci a je potřeba při návrhu takovýchto staveb s tímto uvažovat již v rámci návrhu PD pro návrh průtočných kapacit.

Tabulka č. 1: Maximální odchytky v mm od plánované polohy u odvodňovacího potrubí a gravitačních kanalizací

DN	Vertikální	Horizontální
< 600	+/- 20	+/- 25
≥ 600 až ≤ 1000	+/- 25	+/- 40
> 1000 až < 1400	+/- 30	+/- 100
≥ 1400	+/- 50	+/- 200

Mezní hodnoty odchylek je nutné vždy posuzovat podle zvoleného druhu potrubí. Možnosti říditelnosti protlačování (geologické podmínky, strojní vybavení, říditelnost razicího stroje a způsob dokumentování dosažených parametrů) jsou ovlivněny excentricitou působící tlačné síly a zvoleným stupněm bezpečnosti tlačné síly zvolených trub. Všeobecně platí, že čím větší tloušťka stěny, tím se excentricita působící síly od ideální osy použitých trub zvyšuje.

4.5 Startovací, mezilehlé a cílové šachty

Stavební šachtice, jámy nebo stavební šachty se navrhují podle příslušných norem, předpisů a postupů a podle pravidel BP dle Vyhlášky č. 55/96 Sb.

Startovací, mezilehlé a cílové jámy by se měly navrhovat i s ohledem na jejich další možné využití. Tím může být v oblasti odpadních vod vybudování definitivních revizních šachet. Doporučuje se také tyto šachtice využívat k napojování přípojek. Vestavby a přechody mezi materiály uvnitř šachtic by měly být uspořádány technicky smysluplně.

Ze stavebního hlediska bude ve startovací jámě mimo jiné umístěno:

- hlavní tlačná stanice a roznášecí kruh
- opěrná stěna
- vstupní kruh s těsněním
- pojezdová dráha pro trouby
- příslušenství štítu
- kabely k ovládání štítu
- přístup pro personál
- trubní vedení od/k separační stanici

Cílová šachtice slouží k dojetí razicího stroje, případně pilotního vrtu či osazení rozšiřovacího kusu. K jistému dojetí je vhodné pojistit vstup proti tlaku stroje.

Dále bude v cílové jámě:

- Vstupní otvor s těsněním
- Dojezdová plocha pro štít

Rozměry stavebních jam vycházejí z rozměrů razicího stroje a tlačných trub. Při návrhu těchto šachtic, případně stavebních jam je také potřebné uvažovat, zda bude razicí stroj umístěn v přímé anebo zda bude razit v úklonu, kdy se rozměry stavebních šachet zvětšují.

Stavební jámy by měly být těsné proti vodě, minimálně musí být v předstihu injektáží utěsněno okolí místa ve stavební jámě, kde bude zahájeno vrtání.

5. PROVÁDĚNÍ A KONTROLA STAVBY

5.1 Obecné podmínky k provádění

Trouby jsou vedeny v přímém směru nebo oblouku se stoupáním, klesáním nebo vodorovně. Pokud jsou k provádění oblouků nutné měřicí zařízení v podzemí, platí pro dílčí vstup lidí do podzemí podmínky uvedené v tabulce č. 2 v souladu s Vyhláškou. 55/1996 sb. § 26

Při provádění oblouků je nutno brát ohled na maximální přípustné vybočení trub ve spojích. Pro hrubý odhad lze stanovit, že u třímetrových trub je minimální poloměr oblouku jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru 200 m.

Vzdálenost mezi startovací jámou a začátkem oblouku by měl být minimálně osminásobek průměru jámy (nebo její délky v ose ražby u nekruhových profilů). Stejný odstup by měl být i u střídání oblouků "meziobloukem" a "protiobloukem". Přechody mezi zatáčkami a rovnými úseky se musí navrhovat ve fázi projektu.

Projektant nebo závodní rozhodne na základě propočtu tlačných sil a třecího odporu o nutnosti nasazení tlačných mezistanic.

Tabulka č.2: Dílčí nasazení lidí

MLM v mm	DN v mm	Nasazení lidí
Menší než 600	Méně než 800 mm	Není povoleno
≥ 600 až < 800	≥ 800 až < 1000	Nárazově přípustné do délky 150 m, ale ne na odstraňování překážek a kontrolní měření
≥ 800 až < 1000	≥ 1000 až < 1200	Nárazově přípustné do délky 200 m, ale ne na odstraňování překážek a kontrolní měření
≥ 1000 až < 1200	≥ 1200 až < 1400	Přípustné do délek 250 m ale ne pro odstraňování překážek
≥ 1200 až < 1800	≥ 1400 až < 2000	Přípustné
1800 a více	2000 a více	Přípustné

5.2 Překážky

Odběratel se zhotovitelem se musí dohodnout předem, jak velké balvany se považují za překážky.

Manuální vstup do prostor čelby a možnost zpracování překážky se nabízí až od profilů o minimální světlosti průchodu 1200 mm a od světlého průměru tlačného potrubí 1400 mm

Dodatečné pomocné prostředky jsou závislé na:

- pevnosti, rozměrech a umístění překážky
- půdních a hydrogeologických podmínkách
- vnějším průměru tlačné trouby
- druhu razícího zařízení

Postup při nalezení jiné než geologické překážky (dřevo, ocel, zbytky základů) se musí dohodnout zvlášť.

5.3 Požadavky před a během provádění BT

Před zahájením stavebních prací se musí prokázat, že únosnost trub vyhoví předpokládaným tlačným silám.

Přípustné tlačné síly se musí udávat i s ohledem na možné vychylování tlačných trub ve spojích. Velikost vychýlení a aktuální tlačné síly je nutné průběžně sledovat a vyhodnocovat.

Pro případy práce ve skalních horninách anebo v hraničních případech na rozhraní skály a nestabilní rozvolněné skály, se použije individuální výpočet s ohledem na vlastnosti horninového prostředí a na použité razící zařízení.

Pro stavební jámy musí být stanoveny bezpečnostní pravidla a pravidla užívání. Dále musí být stanoveny pravidla proti průvalu vod během výstavby před instalací vodotěsného betonového dna.

Spouštěné jámy z železobetonových skruží musí odpovídat zvláštním předpisům. Spoje železobetonových spouštěných skruží musí vyhovovat na pevnost v tahu a ve stříhu.

Při opětovném využití jámy na další start tlačení je třeba veškeré výpočty založit na tom, že se tlačné síly nesmí přenášet na hotovou část díla.

Odolnost proti tlačným silám musí být měřena a předem ověřena výpočtem. Zde je třeba počítat i s přídatným napětím všech zatížených částí a dodatečné deformace od okolní půdy a tlačného zařízení. Pohyby opěrné desky se nesmí škodlivě projevit na tlačném potrubí a na stavebním zařízení.

V případě očekávání nesterjnoměrného sedání tlačného potrubí je možné zvážit instalaci dilatačních kusů.

Statically je třeba počítat i prefabrikované i monolitické části šachet nebo opěrných stěn.

5.4 Technologický nadvýrub

Technologický nadvýrub je výlom přesahující teoretický výrub; rozděluje se na zaviněný a nezaviněný; při zaviněném nadvýrubu vzniklé vícenáklady hradí zhotovitel, u nezaviněného nadvýrubu vícenáklady hradí objednatel.

Razící stroj má vnější průměr minimálně stejně velký, jako je vnější průměr tlačné trouby. Dále je třeba dát rezervu na případné ohyby ve směru a na vyplnění prostoru za ostěním lubrikací. V závislosti na druhu zeminy a použité razící metodě lze nadvýrub ještě dále zvýšit.

Technologický nadvýrob může mít obzvlášť u oblouků až 20 mm tloušťku, ve speciálních případech i více (skála, bobtnavé jíly). Technologický nadvýrub musí být vždy odůvodněný.

Kromě technologického nadvýrubu je potřeba v návrhu počítat, i když v porovnání s klasickými razíci metodami, s menším rozsahem tzv. nadvýšení což je zvětšení teoretického tvaru výrubu o velikost předpokládané deformace horninového masivu, tolerancí atd. Velikost nadvýšení navrhuje

projektant DZS a RDS, při realizaci upřesňuje zhotovitel díla po dohodě s investorem na základě skutečně zastižených geotechnických podmínek (výsledků GTM).

5.5 Stabilizace čelby

V případě nestabilní nebo málo stabilní čelby se musí provádět její stabilizace a to částečná nebo v plném profilu. Ta může být přirozená (využitím sypného úhlu), mechanická, kapalinová nebo zeminová.

Je třeba sledovat, aby se z čelby neodebíralo víc zeminy, než kolik je rozpojeno v daném kroku. Odtěžené množství zeminy by se mělo měřit dohodnutým způsobem a dokumentováno. Volné prostory mezi zeminou a ostěním tlačné trouby a jakékoliv jiné dutiny vzniklé v důsledku a průběhem ražby musí být zaplněné dohodnutým materiálem neškodícím životnímu prostředí.

Odstraňování překážek z čelby se může dít jen současně se zajištěním a stabilizací čelby a se zvláštními opatřeními a pomůckami.

Druh stabilizace musí odpovídat poměrům na čelbě.

5.5.1 Při kapalinové stabilizaci je třeba uvažovat i reologické parametry stabilizační látky (viskozita, hustota, mez zkapalnění, obsah vody), její vliv na podzemní vodu, vlastnosti dané půdy, krytí a specifické poměry na stavbě.

5.5.2 U zeminové stabilizace je nutné se ubezpečit, že je stabilizační komora vždy vyplněna zeminou.

5.5.3 U ražeb s využitím stlačeného vzduchu se nesmí nikdy využívat stlačeného vzduchu ke stabilizaci čelby.

Při nasazení lidí ve stlačeném vzduchu platí zvláštní pravidla pro práce ve stlačeném vzduchu. (kesonu)

Tlaková komora musí být řešena tak, aby se k lidem v prostoru se stlačeným vzduchem vždy dostala pomoc a aby se pracovníci z prostředí stlačeného vzduchu vždy mohli snadno dostat do komory. Za tím účelem by měly být komory vždy dvě za sebou.

Štít a první trouby musí být až do komory pevně tahově spojeny, což by mělo být doložitelné výpočtem.

5.6 Lubrikační a stabilizační prostředky

Tření mezi troubou a zeminou se dá redukovat injektáží lubrikační látky za ostění, která má thixotropní charakter – např. bentonitová suspenze. Ta by se měla nejlépe rozprostřít rovnoměrně po celém obvodu. Injektážní tlaky, spotřeba a reologické vlastnosti látky (viskozita, hranice zkapalnění, hustota a obsah vody) se musí průběžně zkoušet a musí být voleny tak, aby se předešlo škodám na potrubí a okolních sítích. Vlastnosti suspenze se mohou dále vylepšovat dodatečnými aditivami.

Před použitím suspenze pro stabilizační účely se musí provést test s využitím vody z daného místa a vzorku půdy.

Suspenze se dopravuje do vrtné hlavy nebo přes injektážní otvory za stěnu potrubí. Rozměry a druh otvorů se řídí velikostí průměru trouby, délkou protlačování, počtem mezitlačných stanic a geologickými poměry.

U dlouhých protlaků, ražbách do zatáčky nebo v těžkých inženýrsko-geologických podmínkách se doporučuje použít systému automatické lubrikace.

Nezávadnost lubrikačních a stabilizačních látek pro životní prostředí se musí prokazovat v kapalném i pevném stavu.

Dalším efektem lubrikační látky může být snížení sedání na povrchu v důsledku vyplnění nadvýlomu.

5.7 Získávání a protokolování parametrů během ražby

Měřicí a navigační zařízení ve startovací jámě musí být osazena tak, aby nedošlo v průběhu prací ke změně jejich uložení. (například instalace nesmí být na opěrné stěně).

Zvláštní případy, jako je například střet s překážkou, je třeba dokumentovat do stavebního deníku.

U říditelných metod se záznamy pořizují z dále uvedených měřitelných parametrů ražby a uchovávají se v intervalech minimálně 100 mm ražby) nebo 90 s (časově):

- datum a hodina
- délka ražby
- odchylky od výšky a směru
- rolování
- úklon a nachýlení stroje
- tlačné síly – odděleně pro hlavní tlačnou stanici a jednotlivé mezistanice
- otáčky otáčivé řezné hlavy
- zdvih řídicích válců a jejich tlačná síla
- tlak zeminy nebo protitlak čelby u strojů s kapalinovým nebo zeminovým odtěžením
- objemové vychýlení ve spojích
- tlak vzduchu a spotřeba při stabilizaci čelby stlačeným vzduchem

Přitom se údaje o tlačných silách, kroutícím momentu, hraniční hodnoty zemního tlaku a tlaku stlačeného vzduchu zapisují v stanovených intervalech, ale minimálně 1 x na jednu tlačnou troubu.

Dokumentaci průběhu provádění prací lze provádět ručně nebo automatickým záznamem na palubním počítači.

6 TRUBNÍ MATERIÁLY

Trouby k protlačování touto BT mohou být z těchto materiálů:

- beton, železobeton, drátkobeton
- sklolaminát
- polymerbeton
- ocel
- keramika / kamenina
- čedič

U tlačných trub je třeba vždy odlišovat, zda se jedná o chráničku nebo produktovou troubu.

Výrobce trub k protlačování musí uvádět tyto údaje:

- vnitřní průměr trub
- vnější průměr trub (maximální, popřípadě výrobní tolerance)
- druh spojů
- rozměry ve spojích
- přípustné vychýlení spojů
- délka jednotlivých kusů (s výrobní tolerancí)
- obecné požadavky na použití (manipulace, skladování, použitelnost po zabudování)

6.1 Délkové tolerance

Nesmí být překročeny tolerance dle tabulky č. 3.

Tabulka č. 3: Délkové tolerance v mm

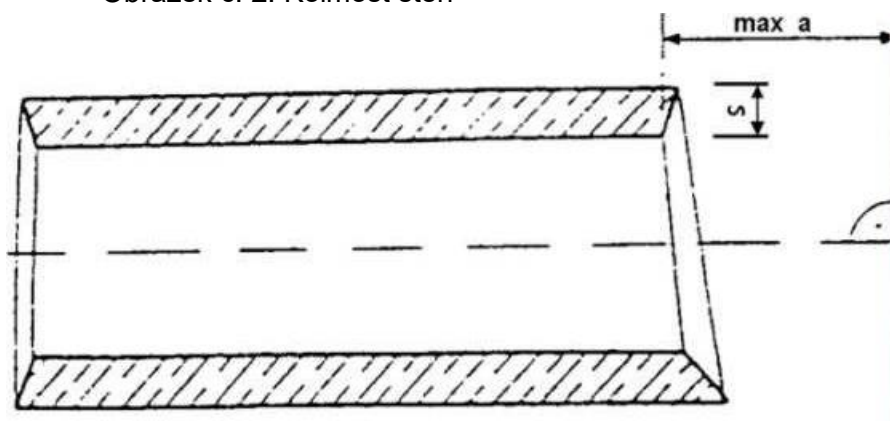
DN (světlý průměr)	Délkové tolerance
Menší nebo rovno 800	+/- 5
Více než 800 až 1200	+/- 8
Více než 1200	+ 25 – 10

6.2 Kolmost stěn

Zvláštní pozornost je nutno věnovat kolmosti stěn z důvodu přenosu tlačných sil a rozměrům mezikruží přenášejícím tlačné síly. Při výpočtu tlačných sil se postupuje na příklad podle doporučení ISTT.

Odchytky od kolmosti jsou definovány jako součet odchylek na zrcadle trubní stěny a jako odchylka od kolmosti na ploše tloušťky stěny - s.

Obrázek č. 2: Kolmost stěn



Tabulka č. 4: Příпустné odchylky od kolmosti v mm

DN	Beton, ŽB, drátkobeton	Keramika	Ocel	Sklolaminát	Polymerbeton
≤ 300	4,0	1,0	1,6	1,0	1,0
> 300 ≤ 1000	6,0	1,0	1,6	1,0	1,5
> 1000 ≤ 2800	8,0	1,0	1,6	1,0	3,0
> 2800	10,0	-	-	1,0	-

6.3 Odchytky od roviny

Nezávisle na délce trouby se smí odchýlit plášťová linie od roviny maximálně o hodnoty uvedené v tabulce 5.

Tabulka č. 5: Přípustné odchytky od roviny v mm

DN	Odchytky od roviny
≤1000	5
> 1000 až ≤ 2000	10
> 2000	15

Odchytky se zjišťují na celé délce vnějšího pláště.

U ocelových trub tyto odchytky nesmí překročit 1,5 mm na metr délky.

6.4 Vnější průměr

Při navrhování tlačných trub by se měly zohledňovat obvyklé vnější průměry razících strojů.

Přípustné tolerance pro maximální vnější průměry trub jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6: Přípustné hodnoty odchylek od maximálních vnějších průměrů trub (vše v mm)

DN	Mimo beton, keramiku a sklolaminát	Beton a ŽB	Keramika	Sklolaminát
300 a menší	+0 -10	+0 - 8	+0 -10	+ 1 / - 1,0
400	+0 -10	+0 - 8	+0 - 12	+ 1 / - 1,4
500	+0 -10	+0 - 8	+0 - 15	+ 1 / - 1,8
600	+0 -12	+0 - 8	+0 -18	+ 1 / - 2,0
700 /800	+0 -12	+0 - 8	+0 -24	+ 1 / - 2,4
900 / 1000	+0 -12	+0 - 8	+0 -30	+ 2 / - 2,6
>1000 ≤ 2800	+0 -16	+0 -14	+0 -36	+ 2 / - 3,8
≥ 2800	+0 -24	+0 -20	-	+ 2 / - 5,0

Poznámka: Každý z výrobců a dodavatelů tlačných trub by měl tyto konkrétní tabulkové hodnoty konkretizovat při přípravě dodávky tak, aby bylo možno skutečné délky a tolerance koordinovat s uvažovanou technologií strojního zařízení k provedení mikrotunelingu. Současně by měla být známa skladba stěny uvažovaných tlačných trub a známy vlivy, které v provozním stavu mohou vlastnosti změnit.

6.5 Hladkost dna

Přípustné odchytky od hladkosti dna jsou následující:

- 3 mm pro trouby větší nebo rovny 300 mm DN
- 0,01 x DN pro větší průměry
- maximální však 30 mm

6.6 Spoje trub k protlačování

6.6.1 Nasazované spoje musí svou konstrukcí zajišťovat:

- těsnost proti vlivům podzemní vody i tlaku vody uvnitř potrubí či jiným médii
- neviklavost
- stabilita proti příčnému zatížení
- přenos podélných sil
- zakrytí spár

Spoje trub pro odpadní vodu musí být provozně i stavebně těsné. Pokud se v dodávkách trub k tlačení objevují ve spojích roznášecí prstence, je třeba je po dokončení protlaku odstranit. Mezery mezi konci trub s ponechanými roznášecími prstenci tvoří v provozním stavu (platí zejména pro gravitační kanalizace) mezi konci trub mezery, zhoršující hydrauliku trasy a zvyšují rizika zachycení nečistot v těchto spárách.

Nastrčené spoje musí být těsné i ve stavu maximálního přípustného vychýlení od ideálního stavu.

Tlačení trub musí vždy probíhat přes dostatečně nadimenzovaný přenášecí kruh.

Trubní spoje musí být vybaveny těsnícím systémem na obou stranách plochy (na příklad trouba a vodící kruh) a mezi nimi se musí nacházet elastické těsnění. U trub do DN 400 mm postačí jednostranné těsnění.

6.6.2 Svařované spoje ocelových trub

Platí zde vše z předchozího bodu a dále

- příprava na svár
- úhel sváru do 30°. +/- 5°.
- stoupavost 1,6 mm +/- 0,8 mm
- svářeči musí mít platný svářečský průkaz

Sváry musí být nedestruktivně testovány, což u chrániček postačí vizuální kontrolou.

Pro plynová vedení a pitnou vodu platí zvláštní předpisy

6.7 Injektážní otvory

Injektážní otvory slouží k dopravení lubrikačního nebo ochranného materiálu do prostoru mezi vnější plášť trouby a půdou.

Rozdělení lubrikantu či ochranného materiálu po obvodu trouby se děje buď přes injektážní otvory nebo přes potrubí s radiálními výstupy a nápojnými body. Tyto radiální výstupy by neměly být na koncích, ale spíše uprostřed tlačné trouby.

Injektážní otvory či radiální výstupy by měly být z materiálu odolného proti korozi a nesmí ovlivnit vlastnosti tlačné trouby. Výstupy musí být opatřeny jednostrannými ventily či klapkami s utěsněním. Užívají se velikosti 3/4" nebo 1 1/2".

V konečné podobě musí injektážní otvory být vodotěsné jak zvenku tak zevnitř.

6.8 Přejímka materiálu trub k mikrotunelingu

Vždy by se měla provádět s kontrolou měřitelných parametrů. Zejména pro nasazení konců trub do razicího stroje, do tlačné mezistanice a tlačného zařízení (prstence). Nespoléhat pouze na nejrůznější protokoly z výstupních zkoušek, ale u vybraných zkoušek být osobně přítomen. Doporučená je i forma přítomnosti nezávislé kontroly, projektanta, investora zástupce dodavatele technologie (strojního vybavení) nebo generálního zhotovitele tak, aby projektované parametry pro zvolené potrubí odpovídaly realitě a nikoliv virtualitě.

Samotné potrubí a jejich spoje musí odolat tahovým silám a namáhání, které vznikají při technologickém postupu výstavby. Dále toto potrubí včetně spojů musí odolávat mediím, která budou tímto potrubím proudit.

7 SOUVISEJÍCÍ NORMY A PŘEDPISY

- ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení(1994)
- ISO 25780 Plastics piping systems for pressure and non-pressure water supply, irrigation, drainage or sewerage — Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) systems based on unsaturated polyester (UP) resin — Pipes with flexible joints intended to be installed using jacking techniques (2011)
- Zákon č. 61/1988 Sb. Zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě
- Zákon č. 360/1992 Sb. Zákon České národní rady o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě
- Vyhl. č. 55/1996 Sb. Vyhláška Českého báňského úřadu o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí
- Vyhl. č. 104/1988 Sb. Vyhláška Českého báňského úřadu o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem
- Zákon č. 183/2006 Sb. Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č. 309/2006 Sb. Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)