

# SILNIČNÍ OBCHVAT JIHLAVY – projekční řešení a realizace HLOUBENÉHO TUNELU

V roce 2002 byla zahájena výstavba a v létě letošního roku (2004) uvedena do provozu první etapa silničního obchvatu Jihlavy. V budoucnosti bude tato komunikace postupně budována tak, aby v trase stávající silnice I/38 vznikla kapacitní komunikace ve směru Jihlava–Znojmo–Vídeň. Součástí výstavby obchvatu byla i konstrukce hloubeného tunelu délky cca 300 m. Výstavba tunelu metodou milánských stěn v poloskálním až skalním horninovém prostředí, technické parametry i klimatické poměry kladly vysoké nároky na zhotovitele podzemních stěn – Zakládání staveb, a. s.



Obr. 1: Přehledná situace obchvatu

## Základní údaje charakterizující stavbu

V letošním roce je dokončena a uvedena do provozu stavba „Silnice I/38 Jihlava, obchvat“ – první úsek etapově budované kapacitní komunikace I/38. Silnice je vedena západně od města, v prostoru mezi centrální městskou zástavbou a Horním Kosovem; severně navazuje na stávající čtyřpruhovou komunikaci I/38 od dálnice D1, jižně navazuje na radiální silnici I/19 ve směru Jihlava–Pelhřimov. Tento úsek obchvatu příčně protíná protáhlé návrší, po kterém je vedena ulice Přední jako pěší komunikace a ulice Rantířovská – silniční spojnice centra Jihlavy a Horního Kosova. Zde je situován hloubený tunel o délce zaklenutí 304 m.

V budoucích navazujících etapách dojde k prodloužení obchvatu a jižně za obcí Pístov k jeho napojení na stávající silnici I/38 ve směru na Znojmo a Vídeň. Výstavba obchvatu je řešena etapovitě, dle dopravní zátěže a investiční možnosti investora tak, aby v konečné podobě měl parametry směrově rozdělené komunikace kategorie S22,5/80. Podle

prognózy dopravní zátěže na 15 až 20 let je pro obchvat dostačující jen jeden jízdní pás, dočasně obousměrně provozovaný. Z rozhodnutí investora je budován pouze pravý jízdní pás a jen jeden tunelový tubus. Po naplnění dopravní kapacity tohoto jízdního pásu bude komunikace přestavěna a rozšířena o levý jízdní pás včetně druhého tunelového tubusu a dopravní provoz uspořádán jako směrově rozdělený.

## Geologické a hydrogeologické poměry lokality

Tunel je budován v horninovém prostředí rul s různým stupněm zvětrání. Ve svrchních vrstvách cca do hloubky 6 až 9 m pod povrchem jsou produktem zvětrání písky a hlinitopísčité rulové eluvia, v nižších polohách přechází do poloskálních a skalních hornin. Nepravidelnosti zvětrání odpovídá i různá mocnost eluvia. Ruly jsou nepravidelně migmatizované, jemně až středně zrnité, nepravidelně zrnité a nepravidelně rozpukané. V tunelové trase se stří-

dají polohy rul od úplně zvětralých až po rozpukané, silně navětralé až po nepatrně navětralé, s různou rozpovitelností a vrtatelností.

Z hlediska hydrogeologického lze na lokalitě vymezit svrchní zvětrání vázanou na kvartérní (deluviální) pokryv a zónu zvětrávání a podpovrchového rozpojení hornin. Horniny lze charakterizovat jako puklinově propustné s proměnlivým podílem průlinové pórizity. Průlinovo-puklinový oběh je silně rozkolísaný a nepravidelný; v délce tunelové trasy je hladina podzemní vody proměnná. Voda byla zastižena převážně na horizontu pevnějších hornin, s převažujícím projevem jako puklinová. Zajímavostí lokality je, že na vrcholu hřbetu kopce byla ustálena hladina podzemní vody zastižena v hloubce cca 2 až 3 m pod terénem a k úpatí kopce klesla do hloubky cca 8 až 9 m pod terénem. Chemický rozbor odebraných vzorků prokázal přítomnost agresivního oxidu uhličitého.

## Vedení trasy a prostorové uspořádání v tunelu

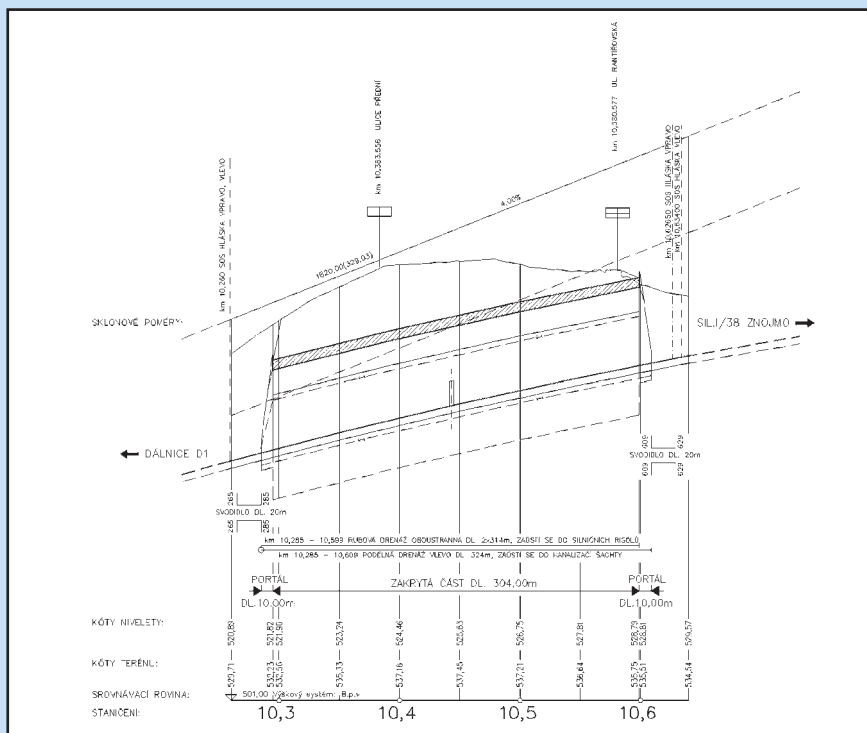
Směrově leží celý tunel v levostranném kruhovém oblouku s přechodnicemi. První polovina tunelu leží v kruhovém oblouku  $R = 2,000$  m a druhá polovina tunelu leží v přechodnici s parametrem  $A = 670$ . Situování trasy realizované etapy obchvatu a umístění tunelu je na obr. 1.

Výškově je tunel umístěn do vrcholového zakružovacího oblouku o poloměru oskulační kružnice  $R = 45,000$  m. Sklon tečny je 4,00%. Podélný profil tunelu je na obr. 2.

Průjezdňý průřez v tunelu odpovídá návrhové tunelové kategorii T – 9,00 dle ustanovení ČSN 73 7507. Průjezdňá výška nad vozovkou v tunelu je 4,80 m. Z obou stran vozovky jsou v tunelu nouzové chodníky šířky 1,0 m. Světla šířka tunelu je 11,0 m. Konstrukční uspořádání tunelu v příčném řezu je na obr. 3.

## Hlavní účastníci výstavby

Investorem stavby je Ředitelství silnic a dálnic Praha, správa Jihlava, výkonem supervize bylo



Obr. 2: Podélný profil tunelu (10x převýšený)

pověřeno VPÚ DECO Praha, a. s. Generální projektant obchvatu je DOPRAVOPROJEKT Brno, a. s., projektant zakrytého úseku – hloubeného tunelu – je Amberg Engineering Brno, a. s., Řešitelem technického vybavení tunelu je ELTODO dopravní systémy, s. r. o. Projektová dokumentace ve stupni DSP byla vypracována a schválena v roce 1999. Realizace stavby byla zahájena v roce 2002 s termínem dokončení v roce 2004. Výstavbu provádělo sdružení stavebních firem, kde vedoucím sdružení je COLAS CZ, a. s., závod Jih. Vyšším zhotovitelem tunelu je ŽS Brno, a. s., závod MOSAN, s podílem dílčích prací na členy sdružení a subdodavatele. Zemní a výkopové práce připadly na firmu Stavby silnic a železnic, a. s. Praha, podzemní stěny jsou dílem ZAKLÁDÁNÍ STAVEB, a. s., konstrukce kleneb a portálů realizovaly SMP CONSTRUCTION, a. s., dodavatelem technického vybavení tunelu je ELTODO dopravní systémy, s. r. o.

### Koncepce konstrukčního řešení

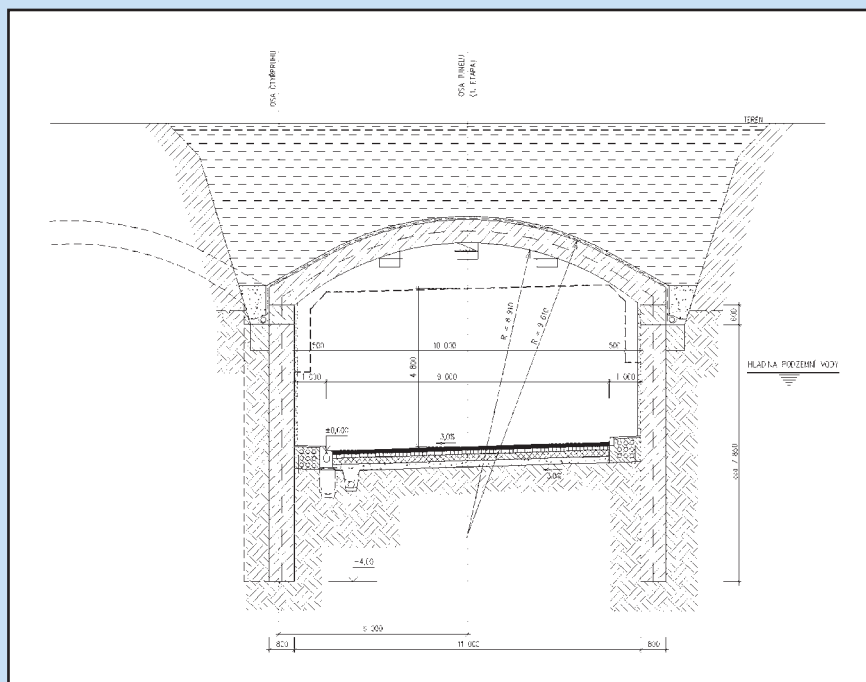
Tunelová konstrukce je vzhledem k vedení trasy řešena jako hloubený tunel (obr. 4). Principem řešení bylo vyhloubit výkopovou jámu jen na nezbytně nutnou hloubku a šířku, z jejího dna zhotovit podélné podzemní stěny a na tyto shora vybetonovat plochou klenbu; vnitřní prostor tunelu odtěžit po zhotovení klenby a výkopek ukládat jako zásypový materiál shora na klenbu.

Vlastní konstrukční a prostorové uspořádání, geometrie tvaru i statické řešení tunelové konstrukce se muselo podřídit mnoha vstupním parametrům, z nichž nejvýznamnější jsou:

- prostorové uspořádání převáděné komunikace a požadavky na technologické vybavení tunelu,
- konstrukční řešení, umožňující realizaci budoucí obdobné tunelové konstrukce v těsném sousedství,

- statické řešení, zahrnující všechny zatěžovací vlivy na konstrukci v průběhu výstavby a provozu tunelu, včetně zatěžovacích vlivů, které mohou vzniknout při výstavbě a provozování budoucího druhého tunelu,
- minimalizace dočasných a trvalých záborů pozemků,
- minimalizace délky dopravní uzávěry ulice Rantířovská a po celou dobu stavby zajištění trvalého propojení chodníku ulice Přední, které tunelová stavba přetíná,
- proměnlivá mocnost nadloží – pod ul. Rantířov-

Obr. 3: Vzorový příčný rez tunelu



skou jen v tloušťce vozovky, přibližně v polovině délky tunelu 6 až 9m zpětného zásypu,

- neovlivnit budovy v okolí,
- minimalizovat dočasné i trvalé vlivy tunelové stavby na hydrogeologické poměry lokality,
- zajistit vodotěsnost všech konstrukčních částí tunelu a jejich pracovních i dilatačních spár,
- volit technologii výstavby podzemních stěn s ohledem na vlastnosti zastížených hornin.

Nosná konstrukce tunelu je v podstatě tvořena polorámem s příčlím ve tvaru ploché klenby, osazené na podzemních stěnách částečně vetknutými do horniny. Hloubka vetknutí stěn pod úroveň pláňe vozovky v tunelu byla stanovena především potřebou omezit pronikání podzemní vody do vnitřního prostoru tunelu podtěkáním puklinovým systémem pod stěnami.

Na základě vstupních parametrů konstrukce a poznatků provedených průzkumů projektant v dokumentaci pro stavební povolení a zadání stavby řešil realizaci podzemních stěn technologií frézováním. Tato relativně drahá a technicky i technologicky náročná metoda byla projektantem preferována i s ohledem na budoucí zhotovení druhé tunelové roury v těsném sousedství. Přednost frézování viděl v šetrném rozpojování poloskalní horniny horniny, a tím i minimalizování odchylek rozměrových parametrů podzemních stěn, ve zhotovení jednoduchého, relativně kvalitního vodotěsného zámku v napojení sousedících lamel.

Snahou projektanta, kterou se však nepodařilo prosadit, bylo současné zhotovení obou tunelových tubusů v jedné etapě, při zachování obdobné koncepce řešení. Tunelová konstrukce by měla tvar polorámu o dvou polích – krajní opěři z podélných podzemních stěn, střední podpěra jako řada pilířů a zastropení dvěma spojitě spojenými klenbami. Došlo k vyloučení zatěžovacích stavů od dodatečné



Obr. 5: Betonový odlitek - artefakt studny



Obr. 6: Sanace místa s pruníkem vody

výstavby druhého tunelu, které dost významně navyšují dimenzi konstrukcí. Přínosem by bylo provedení jednotné a konečné tunelové konstrukce o dvou otvorech, v konečném součtu objemově, materiálově, technologicky, časově i investičně méně náročné, jednorázové provedení přeložek komunikací, inženýrských sítí, úprava a urbanistické využití prostoru nad tunely, vyloučení opakované zátěže lokality rozsáhlými stavebními pracemi. Negativum, které při rozhodování u investora převážilo, bylo nezanedbatelné navýšení původních investičních nákladů a jejich uložení na mnoho let do „mrtvé části“ stavby; správci a provozovatelé tunelu by se zase na mnoho let zvýšily až o 100% náklady na provoz, údržbou a správu tunelu.

#### Realizace konstrukce – podzemní stěny

Ve zjednodušení lze stěžejní realizační činnost definovat takto:

- otevření stavební jámy – rýhy hluboké až 9,0 m a v patě široké 13,0 m, se svahy stabilizovanými vrstvami stříkaného betonu, hřebíkováním a tyčovými kotvami,
- zhotovení podzemních stěn,
- zhotovení klenby,
- zpětný zásyp klenby a odtěžení vnitřního prostoru tunelu,
- vestavba vozovky a dokončovací práce.

Jednou ze stěžejních konstrukčních částí tunelu jsou podzemní stěny. V průběhu přípravy zhotovitel podzemních stěn Zakládání staveb, a. s., předložil investorovi, projektantovi a vyššímu zhotoviteli návrh, prověřit přímo na místě v daném geologickém prostředí, zda původně navrhovanou technologii zhotovení podzemních stěn frézováním nelze nahradit technologií relativně levnější – za náběrovou těžbu drapákem, v případě zastížení poloh těžko

rozpojitelné horniny s použitím předvrtů. Zkouška byla realizována a na základě její úspěšnosti byla odsouhlasena realizace podzemních stěn dle technologie Zakládání staveb, a. s., pomocí drapáku. Zhotovitel se zavázal dodržet původní projektem požadované parametry i kvalitu; pro vodotěsnost svislých spár mezi lamelami navrhl vkládat těsnicí pásy, provést dodatečnou těsnicí injektáž, po odkrytí lícových ploch tyto začistit ofrézováním a případně průniky vody ve stěnách sanovat a zatěsnit. Nároky na podzemní stěny a jejich provedení byly navíc umocněny předpisem mimořádně přísných tolerancí na polohu výztuže. Na konstrukci podzemních stěn shora bezprostředně navazují podélné prahy a tunelová klenba. Jejich napojení na hlavy podzemních stěn je ze statických důvodů jedno z nejtěžších míst tunelové konstrukce. Zde, v místě koncentrace největšího namáhání betonu i výztuže, bylo technicky a technologicky nutné

Obr. 4: Staveniště obchvatu





Obr. 7: Podzemní stěny před betonáží klenby



Obr. 8: Betonáž jižního portálu

propojit veškerou výztuž mezi stěnami a klenbou. Pro svoji stoprocentní únosnost, ověřenou navíc trhacími zkouškami, byly pro propojení prutů hlavní nosné výztuže použity šroubové spojky typu DEHA. Uvedená skutečnost kladla na zhotovitele podzemních stěn nároky na velmi přesné zhotovení, osazení a zabetonování armokošů tak, aby na závitové konce vyčnívajících prutů bylo možné připojit výztužné pruty klenby. Přípustné tolerance prostorové polohy konců prutů se přitom pohybovaly řádově do 25 mm. K uvedeným požadavkům se navíc přidaly klimatické podmínky, kdy výstavba podzemních stěn probíhala v zimních měsících r. 2002 až 2003. Bez možnosti výrazněji ovlivnit situaci se společnost Zakládání staveb, a. s., potýkala s problémem vlastností dodávaných betonových směsí. Investorem schválená betonárka nebyla schopna v drsných zimních podmínkách zajistit stabilní jednotné předehřátí suroviny a plynulou

dodávku betonu na stavbu. V podstatě každý domíchávač dovezl betonovou směs jiných vlastností. Měření teplot ukládaných směsí vykazovalo výkyvy, v mnoha případech s hodnotami jen těsně nad normovým limitem. Jak se po odkrytí lícových ploch u několika lamel podzemních stěn prokázalo, uvedené skutečnosti byly zjevnou příčinou nestandardního procesu počátků a rychlosti tuhnutí navazujících dávek betonu, s prokopírováním spár. Tato místa bylo nutno sanovat. Výčet nepříznivých okolností tímto ještě nekončí. V některých místech těžko rozpojitelné poloskalní až skalní prostředí vykazovalo nepříznivý sklon odlučných ploch. U tří lamel to bylo příčinou vyjetí skalních lavic do rýhy a vzniku nadvýlomů následně vyplněných betonem; v jednom případě byla zastížena i stará studna (obr. 5). Konečná úprava lícových ploch podzemních stěn byla prováděna až po vytěžení vnitřního prostoru tunelu. Spočívala v odstranění betonu

v místech nadvýlomů a v přefrézování a začištění lícových ploch stěn. Několik míst se zjištěnými průsaky vody bylo utěsněno a sanováno (obr. 6). Přesto, že při realizaci podzemních stěn došlo k záměně technologie frézování za náběrovou těžbu drapákem, Zakládání staveb, a. s., prokázalo schopnost operativně a úspěšně uplatnit své technologie a mechanismy v nepříznivém geologickém prostředí i klimatických podmínkách. S potěšením lze konstatovat, že u podzemních stěn byly splněny garantované parametry, limity polohy a rozměrů, vlastností, jakost i dohodnuté termíny, zajišťující kontinuální návaznost procesu výstavby tunelu a celého obchvatu (obr. 7).

#### Realizace konstrukce – klenba a dokončovací práce

Postupná betonáž klenby byla zahájena v jarních měsících r. 2003 tak, aby byla splněna podmínka

Obr. 9: Výstavba tunelové klenby



stavebního povolení – do 1. srpna 2003 kompletně provést v prostoru ulice Rantířovská přeložky inženýrských sítí, zhotovit vozovku s chodníky a tyto předat veřejnosti k užívání. Realizace klenby v podstatě probíhala bez zjevných problémů. V jednom technologickém kroku s časovou náročností cca 5 až 6 dní byl zhotoven klenbový pás délky 12,0 m. V tomto kroku probíhalo odbednění předchozího klenbového pásu, přesunutí a osazení posuvného bednění do nové polohy, armovací práce, betonáž klenby a nezbytné zrání a ošetřování betonu. Po dosažení předepsaných hodnot pevnosti a pružnosti betonu bylo možné provést odbednění. Původní pochybnosti a obavy některých účastníků stavby z uplatnění šroubových spojek typu DEHA pro propojení prutů výztuže podzemních stěn a klenby se nenaplnily. Závitové konce prutů vystupující ze stěn i jejich poloha umožnily jejich bezproblémové napojení na výztuž klenby. Spojky se plně osvědčily a prokázaly, že jejich volba byla odůvodněná a správná. Ve velmi stísněném prostoru umožnily provést montážně bezproblémové, rychlé a jednoduché nastavení nosné výztuže s garancí sto procentní statické únosnosti spoje. S oteplením skončily zřejmě i problémy s kvalitou dodávané betonové směsi. Všechny klenbové segmenty vykazují kvalitu v provedení a vzhledu i s ohledem na detaily rohů, spár apod. (obr. 9). Na zhotovení klenob navazovalo provedení rubového hydroizolačního systému a rubových drenáží s následnou přesypávkou tunelové konstrukce. Po dokončení betonáže klenob v celé tunelové délce se přistoupilo k vytěžení horniny z vnitřní tunelové

prostory. Zde se příroda opět nenechala znásilňovat. Oproti projektovanému postupu výstavby zahájili zhotovitelé těžbu úpadně – ve směru od výše položeného portálu k níže položenému. Voda pronikající do tunelu nemohla odtékat a v některých úsecích podmáčela tunelovou počvu – budoucí pláň vozovky, kdy pojezd těžkých kolových mechanismů dílo zkázy dokonávalo.

Z tohoto důvodu bylo nařízeno zvýšit ochrannou vrstvu pláně až na 80 cm. Teprve po vytěžení vnitřních prostor bylo možné položit odvodňovací drenáže, odvodněnou pláň upravit pro pojezd mechanismů a zahájit práce na vnitřních úpravách. Současně probíhala výstavba tunelových portálů (obr. 8).

Vnitřní úpravy spočívaly v začistění, zatěsnění a ofrézování svislých ploch podzemních stěn. Navíc pro zdokonalení ochrany tunelu proti průniku vody v celé délce tunelu byly ofrézované povrchy podzemních stěn kryty drenážní vrstvou, hydroizolační folií a ochrannou obezdívkou – tenkou železobetonovou moniérkou.

Následovalo zhotovení kabelových chrániček pod chodníky, osazení obrubníků, odvodňovačů vozovek, šachet apod. Konečná povrchová úprava svislých stěn je provedena keramickými obklady, povrch klenby je ošetřen nátěrovým systémem (obr. 10).

V tunelu není potřeba zajišťovat nucené větrání; ostatní technické vybavení tunelu je řešeno pro krátký tunel v souladu s platnými předpisy. Tunel bude vybaven i stálým kamerovým dozorem.

**Ing. Jiří Pechman a Ing. Miroslava Minářová,**  
Amberg Engineering Brno, a. s.

Foto: Amberg Engineering Brno, a. s.; COLAS CZ, a. s.; ŽS Brno, a. s., závod MOSAN; VPU DECO Praha, a. s.

Podklady pro článek: Amberg Engineering Brno, a. s.: Projektová dokumentace pro stavební povolení, Realizační dokumentace stavby

## Road by-pass of the Jihlava town – project design and realisation of an excavated tunnel

Construction of the first phase of a road by-pass around the town of Jihlava was started in 2002 and this summer (2004) it will be put in operation. It is a plan for the future that this road will be gradually extended so that a capacity road is finally built on the existing road line No. 1/38 towards the direction of Jihlava – Znojmo – Vienna. Construction of an excavated tunnel, approx. 300 m long, made for a part of the by-pass construction. The tunnel construction used the method of slurry trench walls in half-rock to rock conditions; all technical parameters as well as the climate conditions made rather high demands on the constructor of the diaphragm walls – the Zakládání staveb, Co.

Obr. 10: Celkový pohled na stavební jámu pro provádění podzemních stěn





Obr. 11: Celkový pohled na stavební jámu pro provádění podzemních stěn



Obr. 12: Těžba rýhy podzemních stěn

# Hloubený tunel v Jihlavě – zajištění stavební jámy a realizace podzemních stěn

**Práce provedené společností Zakládání staveb, a. s., na stavbě hloubeného tunelu na silničním obchvatu Jihlavy lze rozdělit do dvou částí. Nejdříve byla zajištěna stavební jáma pro těžbu podzemních stěn a následně ze dna jámy provedena těžba rýhy podzemních stěn a jejich betonáž. Článek podrobněji informuje o průběhu těchto prací.**

## Zajištění stavební jámy

Práce byly zahájeny v červenci 2002. Stavební jáma mezi severním a jižním portálem měla celkovou délku 304 m (staničení km 10,295–10,599), hloubka

se pohybovala od 4,2 do 9 m (obr. 11). Pravá strana stavební jámy o sklonu 5:1 měla být původně zajištěna pouze stříkaným betonem a hřebíkováním. Během výstavby se však toto zajištění ukázalo jako

nedostatečné a zajištění svahu byly doplněno o tyčové kotvy s převázkami z Larssen III n. Levá strana o sklonu 1,5:1 byla zajištěna stříkaným betonem.

## Realizace podzemních stěn

Podzemní stěny plní funkci opěr tunelového ostění a zároveň slouží jako základové konstrukce pro klenbu tunelu. Jednalo se o konstrukční železobetonové monolitické podzemní stěny s tloušťkou 800 mm. Jednu čtvrtinu objemu prací na výstavbě podzemních stěn provedla společnost Soletanche, s. s. r. o., jako subdodavatel Zakládání staveb, a. s.

## Přípravné práce

Nejdříve byla pro pojezd stavebních mechanismů na dně stavební jámy zhotovena pracovní plošina ze silničních panelů. V ose budoucích podzemních stěn byly zhotoveny vodící zídky, na rubové straně v patě zajištěných svahů zesílené o čtyři profily R16. Před hloubením rýh pro podzemní stěny byla snižována hladina podzemní vody – za rubovou vodící zídkou byly navrtány studny o hloubce 8 m a pomocí ponorných čerpadel byla voda odváděna do středového svodného drénu. Vytvořil se tak potřebný přetlak mezi hladinou pažicí suspenze ve vodících zídkách a okolní sníženou hladinou spodní vody. Tento uměle vytvořený stav zlepšoval působení pažicí suspenze na okolní horninové prostředí a snižoval tak riziko vzniku kaveren při těžbě. Úseky s těžko rozpojitelným horninovým prostředím



Obr. 13: Těžba rýhy podzemních stěn



Obr. 14, 15: Fréza pro začištění líce podzemních stěn

byly pro snazší průběh těžby předvrtávány – v místě budoucích lamel podzemních stěn byly z koruny vodicích zádek rotačně příklepovým plnočelbovým způsobem vrtány perforační vrty o průměru 140 až 170 mm. Podle míry „tvrdosti“ zjištěné při vrtání byl rastr vrtů operativně měněn. Nejvíce užívaný rastr vrtů byl šachovnicového uspořádání ve směru osy podzemních stěn. Předvrty byly prováděny vrtnou soupravou HBM 120 SB.

### Těžba rýhy

Rýhy pro podzemní stěny se hloubily hranatým drapákem Soilmec BH12 (2500/800) na pásovém nosiči. Nasazeny byly dva nosiče současně: Liebherr HS 843 a Unex (obr. 12, 13). Stabilitu rýhy při těžbě, jejím vystrojení a betonáži zajišťovala pažicí suspenze Argipol, což je suspenze na bázi polymerů, která byla vyráběna v rozplavovací míšením vody, uhličitánu sodného a Argipolu P. Při těžbě rýhy na pěti lamelách došlo k sesuvu horniny ze stěny rýhy; tyto havárie byly způsobeny

Obr. 16: Konečná úprava líce podzemních stěn



vyložením skalních bloků po odlučných plochách nespojitosti. V těchto případech musela být těžba zastavena a rýha sanována potěrem P100. Zhruba 48 hodin po takto provedené sanaci mohla být rýha přetěžena a zabetonována.

### Betonáž

Do podzemních stěn byl ukládán beton C 20/25 XA2 s konzistencí sednutí kužele S4 (160–210 mm), min. obsahu cementu CEM II/B – S 32,5 375 kg/m<sup>3</sup>, max. zrna kameniva 22 mm. Dodavatelem betonu pro stavbu tunelu byla betonárna Holcim Beton, a. s., v Jihlavě. Vzhledem k nepříznivým klimatickým podmínkám v zimních měsících byla kvalita dodávaného betonu co do konzistence a teploty směsi velmi proměnlivá. Před uložením betonu do rýhy byla každá dodávka betonu kontrolována, prováděna zkouška sednutí kužele a měřena teplota; při nedodržení limitů sednutí kužele 160–210 mm, nebo při teplotě betonu pod 5°C, nebyla beton převzat. Celkem bylo do podzemních stěn uloženo 4675 m<sup>3</sup>.

### Dokončovací práce

V zimním období byla koruna podzemních stěn ochráněna tepelnou izolací a pod ochranným stánem bylo přitápěno pro dosažení teploty min. 5° C. Po betonáži podzemních stěn probíhala injektáž zámků lamel stabilizovanou cementovou směsí. Současně byla očišťována koruna podzemních stěn pemrlováním. Takto upravená koruna byla předána objednateli pro práce spojené s výstavbou klenby. Líc podzemní stěny (po dokončení výkopu tunelu) byl po odhalení dorovnaný do předepsaných tolerancí odbouráním výstupků a nerovností vzniklých kopírováním stěny rýhy. Definitivní vyrovnaní bylo provedeno frézováním rotační bubnovou frézou na nosiči Soilmec R6 s lafetou speciálně upravenou lafetou pro práci v jihlavském hloubeném tunelu (obr. 14, 15). Místa s nekvalitním betonem byla sanována dle schváleného technologického postupu – beton byl odstraněn, vymyt tlakovou vodou a přes adhézní můstek byl proveden nástřik sanačním materiálem. Ojedinelé průsaky vody konstrukcí podzemních stěn byly sanovány pomocí hmot těsnicích na bázi krystalizace a nebo injektážní směsí na bázi polymerů pomocí injekčních ventilů. Výsledkem práce společnosti Zakládání staveb, a. s., bylo zdařilé provedení jedné ze základních částí technicky zajímavého projektu (obr. 16). V současné době je již tunel v provozu.

### Výměry provedených prací

Zajištění stavební jámy pro provádění podzemních stěn:

Stříkaný beton SB 25 – 437,1 m<sup>3</sup>;

Trny – 4222 m;

Týčové kotvy – 658 m.

Podzemní stěny:

Čerpání vody za rubem – 9 240 hod;

Výztuž do PS – 94 t;

Výztuž do podzemních stěn závitovaná – 116 t;

Beton C 20/25 XA2 – 4675 m<sup>3</sup>.

*Ing. Jan Šperger, Zakládání staveb, a. s.*

*Foto: Ing. Jan Šperger, Ing. Libor Štěrbá, Zakládání staveb, a. s.*

### Excavated tunnel in the Jihlava town – securing of a foundation pit and realisation of diaphragm walls

Works carried out by the Zakládání staveb, Co., on the construction of an excavated tunnel on the road by-pass around the town of Jihlava, can be divided into two parts. Firstly, the foundation pit was secured for the execution of diaphragm walls; consequently the excavation of a trench for the diaphragm walls and their concreting was carried out from the pit bottom. This article brings more information about the realisation of these works.