

# TUNEL VALÍK, DÁLNIČE D5, OBCHVAT PLZEŇ

## THE VALÍK TUNNEL – THE D5 HIGHWAY PLZEŇ BY-PASS

JIŘÍ SVOBODA

### ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Region	Plzeňský kraj
Investor	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Projektant	PRAGOPROJEKT, a. s.
Zhotovitel	Sdružení 0510/ IB DMB DÁLNIČNÍ STAVBY PRAHA, a. s., METROSTAV a. s., BERGER BOHEMIA, a. s.
Uživatel	Ředitelství silnic a dálnic ČR
Období výstavby	2004–2006
Objem stavebních prací	
ražené objekty	99 000 m <sup>3</sup> (vyrubaný prostor)
hloubené objekty	15 600 m <sup>3</sup> (obestavěný prostor)

### ÚVOD

Již mnoho let jsou doprava ve městě Plzni a životní prostředí plzeňského regionu komplikovány a zatěžovány průjezdem mnoha vozidel, protože zatím není dokončena dálnice D5 (Praha – Rozvadov). Poslední část obchvatu města Plzně zbývá dokončit. Součástí tohoto úseku, v blízkosti obcí Radobyčice, Štěnovice a Útušice je ražený tunel Valík procházející kopcem stejného jména.

Dálniční obchvat Plzně byl vždy zdrojem ideologických střetů mezi technickými odborníky a ekologickými aktivisty. Konečné technické řešení obchvatu a tunelu Valík bylo ovlivněno požadavky orgánů státní správy, místních úřadů a ekologických aktivistů.

Dálnice D5 včetně tunelu Valík je součástí transevropské silniční sítě. Požadavky českých předpisů, zejména předpisů pro technologické vybavení tunelu, např. TP 98/2004 jsou plně respektovány. Na tunel se nevztahují příslušná ustanovení Směrnice EP č. 2004/54/ES, neboť se jedná o tunel kratší než 500 m.

Tunel Valík je z hlediska bezpečnostního vybavení (s ohledem na intenzitu dopravy 18 125 vozů/24 hod v jednom směru) zařazen do nejvyšší kategorie TA. Tomuto zařazení odpovídá vybavení tunelu, a to jak v části technologické, tak i v části stavební.

### INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ POMĚRY V TRASE TUNELU

Vrch Valík je pokryt svahovými čtvrtohorními sedimenty, mocností 0,5 – 2,0 m. Pod vrstvou zhruba 0,2 m mocné hnědé humózní hlíny jsou světle hnědé až rezavě hnědé hlinitopísčité šterky, místy jílovité s ostrohrannými úlomky silně zvětralých porfyrů.

Vlastní ražba je vedena ve slabě metamorfovaných proterozoických břidlicích. Břidlice jsou zvětralé až silně zvětralé. Silné zvětrání se

### BASIC DATA

Region	the Plzeň Region
Employer	the Directorate of Roads and Highways of the CR
Designer	PRAGOPROJEKT a. s.
Contractor	Joint Venture 0510 / IB DMB group of companies consisting of DÁLNIČNÍ STAVBY PRAHA, a. s., METROSTAV a. s., BERGER BOHEMIA a. s.
User	the Directorate of Roads and Highways of the CR
Construction period	2004 – 2006
Works volume	mined structures 99,000 m <sup>3</sup> cut and cover structures 15,600 m <sup>3</sup> (wall-in space)

### INTRODUCTION

The traffic in Pilsen and the living environment in the Plzeň region have been complicated and burdened by the passage of numbers of vehicles because of the fact that the D5 highway (from Prague to Rozvadov) has not been completed yet. The last section of the Plzeň by-pass remains to be completed. Part of this section is the Valík mined tunnel passing under a hill of the same name near Radobyčice, Štěnovice and Útušice villages.

The highway by-pass of Plzeň has always been a source of ideological clashes between technical professionals and environmental groups. The final technical solution of the by-pass and the tunnel Valík was influenced by requirements of state authorities, local authorities and environmental groups.

The D5 highway, including the Valík tunnel, is part of the Trans-European road network. Requirements of Czech regulations, mainly regulations dealing with tunnel equipment, e.g. the TP 98/2004, are fully adhered to. The tunnel is not ruled by relevant stipulations of the EP Directive No. 2004/54/ES because its length is less than 500m.

In terms of safety equipment, with respect to the traffic intensity of 18,125 vehicles per 24 hours in one direction, the Valík is categorised as the highest TA category tunnel. The tunnel equipment corresponds to this categorisation, both in terms of equipment and the structure.

### GEOLOGICAL CONDITIONS ALONG THE TUNNEL ALIGNMENT

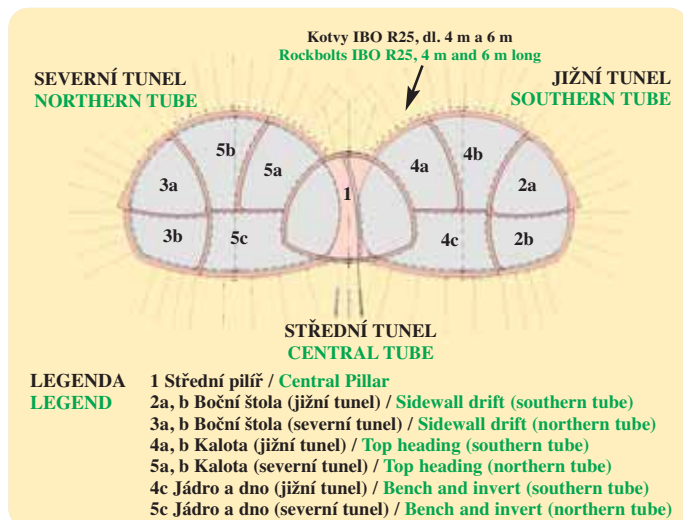
An approximately 0.2m thick layer of brown humus covers light-brown to rusty loamy-sandy gravels, locally clayey gravels with sharply angular fragments of weathered porphyry.

The excavation passes through moderately metamorphosed Proterozoic shales. The shales are weathered to heavily weathered. The heavy weathering reaches to depths ranging from 3m to 20m along the entire length of the tunnel. The tectonic disturbance is strong; the shale is jointed, locally extensively (with four or more fissure systems developed). Sound shales have not been encountered. Combined with the slight to heavy weathering of the porphyry, the extensive jointing (at least in three directions) and the filling of the joints with limonite and clay form an environment susceptible to the development of rather large accidental overbreaks.

With regard to the fact that the shallow placement of the tunnel (the cover depth ranging from 8m to 14m), in the conditions of the existence of lower quality, slightly weathered to heavily weathered rock mass locations, is highly disadvantageous from the geotechnical point of view, it was necessary to carry out detailed geological exploration by means of a mined gallery. The position of the exploration gallery was roughly in the centre of the future central tunnel.

### TUNNEL STRUCTURE

The Valík tunnel is a twin-tube highway tunnel. Each tube has two 3.75m wide traffic lanes plus one emergency lane 3.25m wide.



Obr. 1 Členění výrubu tunelu Valík

Fig. 1 The excavation sequence at the Valík tunnel



Obr. 2 Výztuž betonového středního pilíře s pojízdným bedněním  
Fig. 2 The central pillar – reinforcement and the traveller shutter

pohybuje v hloubkách od 3 m do 20 m v celé délce tunelu. Tektonické postižení je silné, břidlice jsou rozpukané, místy intenzivně (ve čtyřech i více puklinových systémech). Zdravé břidlice nebyly zjištěny. Silné rozpukání, minimálně ve třech směrech, výplň puklin limonitem a jílovými minerály, spolu s navětráním až zvětráním porfyru jsou velice vhodné prostředí pro tvorbu větších nezaviněných nadvylomů.

Protože mělké umístění tunelu (nadloží od 8 m do 14 m) je z geotechnického hlediska velmi nevýhodné, s ohledem na zastížení horších partií navětralých a zvětralých částí horninového masivu, byl realizován podrobný geologický průzkum pomocí ražené průzkumné stoly. Ta byla umístěna zhruba uprostřed budoucího středového tunelu.

## KONSTRUKCE TUNELU

Tunel Valík je dálniční tunel se dvěma tunelovými troubami. Každá trouba má dva jízdní pruhy šířky 3,75 m a jeden nouzový pruh šířky 3,25 m.

Severní tunelová trouba je dlouhá 390 m, jižní trouba je 380 m dlouhá. Průjezdový profil je 4,8 m vysoký, mimořádně je však možno dopravit tunelem i náklad výšky 5,2 m. Šířka mezi obrubníky je 11,5 m. Chodníky mají šířku 1 m.

Obě tunelové trouby jsou uloženy těsně vedle sebe bez horninového mezpilíře a mají společný středový železobetonový pilíř. Toto řešení bylo zvoleno s ohledem na požadavek ekologů minimalizovat trvalé zábory pozemků v přípořtových úsecích dálnice. Minimalizace zásahu do krajiny byla zároveň nutnou podmínkou pro získání stavebního povolení.

Toto technické řešení primárních tunelových konstrukcí je mnohem složitější než u dvojice samostatných tunelových trub s mezilehlým horninovým pilířem. S ohledem na velikost tunelových profilů (2 x 150 m<sup>2</sup> výrubové plochy) byl nutný podrobný geologický průzkum, jehož výsledky byly zahrnuty do nově upraveného technologického postupu výstavby.

Rovněž z těchto důvodů byly již v úrovni dokumentace pro zadání stavby zpracovány dva zcela nezávislé statické výpočty od dvou vysokých škol (ČVUT v Praze, VŠB v Ostravě).

## POSTUP VÝSTAVBY

Ražba tunelu byla provedena Novou rakouskou tunelovací metodou. Vycházelo se přitom ze zásady, že nejprve se vybuduje primární ostění celého tunelu včetně středního pilíře a následně, po provedení uzavřené mezilehlé izolace (systém „deštník“) se realizovalo sekundární (definitivní) ostění.



Obr. 3 Západní portál v průběhu ražeb  
Fig. 3 The west portal during the excavation operations

The northern and southern tunnel tube is 390m and 380m long respectively. The clearance profile is 4.8m high; exceptionally a 5.2m high load can pass through the tunnel. The width between kerbs of 1.0m wide walkways is of 11.5m.

The two tunnel tubes are placed side by side, without an intermediate rock pillar. They have a common central reinforced concrete pillar. This design was chosen with regard to a requirement of environmental groups to minimise the plan area of permanent works in the pre-portal sections of the highway. The minimisation of the impact on the landscape was also a condition necessary for issuance of the building permit.

This design of primary tunnel structures is much more complex than that containing a pair of tunnel tubes with an intermediate rock pillar. Because of the large cross sections of the tubes (2 x 150m<sup>2</sup> excavated areas), a detailed geological investigation was a necessity. The results of the investigation were incorporated into a newly modified technological procedure of the works.

For the same reasons, two totally independent structural analyses were developed by two universities (the Czech Technical University in Prague, the Mining University in Ostrava) as early as the design for tendering preparation phase.

## CONSTRUCTION PROCEDURE

The tunnel was driven using the New Austrian Tunnelling Method. The basic idea was adopted that first the primary lining will be carried out along the whole length of the tunnel, including the central pillar; subsequently, once the unclosed intermediate waterproofing (umbrella) system is finished, the final lining will be erected.

The basic sequencing of the excavation was horizontal; a vertical sequence was utilised to a lesser extent (for partial faces). The primary lining consists of shotcrete, lattice arches, mesh and rock bolts.

The waterproofing membrane system ends in side drains at the tunnel bottom, separately for each tube.

The final lining is from reinforced concrete cast behind a movable steel shutter.

The most complex structure in terms of both the structural analysis and technology is the central reinforced concrete pillar between the two tunnel tubes. The pillar carries forces exerted by the whole of the rock mass above because of the fact that the natural rock arch could not develop due to the low overburden thickness and width of the two tunnels. The pillar was constructed in a central tunnel tube, which was carried out first. The lower-quality rock mass in the areas above and below the central pillar was reinforced by rock bolts and micropiles, and subsequently injected with cement grout.

## CENTRAL PILLAR TUNNEL EXCAVATION

The central tunnel provided with primary lining was the first partial tunnelling operation. The 250mm thick lining consisted of



Základní členění výrubu bylo vertikální, v menším rozsahu pak horizontální (dílčí výrubu). Primární ostění je složeno ze střikaného betonu, příhradových oblouků, sítí a svorníků.

Izolace proti vodě je svedena do bočních odvodňovacích drenáží ve dně tunelu, pro každou troubu samostatně.

Definitivní ostění je železobetonové, monolitické betonované do posuvné ocelové formy.

Statically a technologicky nejsložitější konstrukcí je železobetonový středový pilíř mezi oběma tunely. Ten přenáší celé zatížení horninového masivu, neboť s ohledem na nízké nadloží a šířku obou tunelů se nevytvořila přirozená horninová klenba. Pilíř byl vybudován ve středním tunelu, který byl realizován jako první. Méně kvalitní část horninového prostředí v oblasti nad i pod středním pilířem byla zesílena svorníky a mikropilotami a následně proinjektována cementovou směsí.

## RAŽBA STŘEDNÍHO OPĚROVÉHO TUNELU

Jako první dílčí výrub byl vyražen střední tunel zajištěný primárním ostěním. Primární ostění bylo 250 mm silné, složeno ze střikaného betonu C20/25-XO, obloukových ráhů BTX 112-25, ocelových sítí a dalších prvků (kotvy, jehly). Členění výrubu bylo vertikální, nejprve se vybrala kalota a jádro, poté se zpožděním několika cyklů (cca 10) dno.

Vlastnosti horninového masivu (puklinatost) a fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin určily zařazení ražby do technologické třídy NRTM 5a.

Ražba byla prováděna dovrčně z rozvadovského portálu. Ostění průzkumné štoly (již dříve vyražené) nebylo v kontaktu s ostěním středního tunelu. Při vlastní ražbě středního tunelu tedy ostění štoly fungovalo jako „velká kotva“, která výborně zajišťovala stabilitu čelby středního tunelu. Po vyražení prvních metrů bylo na základě výsledků geotechnického monitoringu (GTM) rozhodnuto razit celou kalotu středního tunelu najednou (včetně jádra). Vzhledem k beztrhavinovému rozpojování horniny ve středním tunelu byly nezaviněné nadvýlo-  
my menší než při ražbě průzkumné štoly za pomoci trhacích prací.

Dobře umístěná průzkumná štola ve vztahu na příčný profil středního tunelu umožnila velmi rychlé a bezpečné vyražení středního tunelu během zhruba 4,5 měsíce.

## SANACE HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ, BETONÁŽ STŘEDNÍHO PILÍŘE

Zkušebními injektážemi tunelového podloží na rozvadovském portálu v předstihu (cement, mikrocement a PUR) bylo zjištěno, že prostředí je téměř neinjektovatelné. Proto byla sanace horninového prostředí realizována vždy jen omezeně pomocí mikropilot.

Mikropiloty byly rozmístěny šachovitě, řady byly od sebe vzdáleny 1 m a každá řada obsahovala 3 nebo 4 kusy mikropilot.

Proběhla také sanace horninového nadloží středního pilíře pomocí kotev IBO R25 délky 6 m. Rozmístění kotev bylo obdobné jako ve dně. Řady jsou od sebe vzdáleny 1 m, každá má střídavě 3 nebo 4 kotvy.



Obr. 4 Montáž výztuže definitivního ostění

Fig. 4 The final lining – placement of reinforcement

C20/25-XO sprayed concrete, BTX 112-25 lattice girders, steel mesh and other elements (anchors, needles). Vertical sequencing of this excavation was designed, i.e. top heading, bench and, at a distance of several (about 10) cycles, the invert.

The properties of the rock mass (the jointing) and physical-mechanical rock properties determined the categorisation of the excavation as the NATM class 5a.

The excavation was carried out from the Rozvadov portal, in an uphill gradient. The lining of the exploration gallery (driven beforehand) was not in contact with the central tunnel lining. The lining of the gallery therefore acted as a major anchor during the course of the drive of the central tunnel, which excellently stabilised the face of this tunnel. A decision was made when initial metres of the excavation had been completed and the GTM results assessed that the central tunnel face would be excavated in one pass, i.e. the top heading together with the bench. Owing to the blast-less rock breaking system the accidental overbreaks in the central tunnel were smaller than those experienced during the excavation of the exploration gallery driven by the drill and blast.

The exploration gallery positioned properly within the central tunnel's cross-section made very quick and safe excavation of the central tunnel possible, during approximately 4.5 months.

## IMPROVEMENT OF THE ROCK ENVIRONMENT, CENTRAL PILLAR CASTING

It was determined in advance by test grouting (cement, micro-fine cement and PUR) of the tunnel sub-base at the Rozvadov portal that the environment was nearly noninjectable. This is why the rock environment was improved only to a limited extent, step by step, using micropiles.

The micropiles were carried out on a diamond pattern, with the rows of 3 or 4 micropiles spaced at 1m intervals.

The rock above the central pillar was also stabilised, using 6m long IBO R25 anchors. The bolting pattern was similar to that used at the bottom. The rows spaced at 1m intervals contained alternately 3 or 4 bolts.

The central pillar is 7.4m high and 3.58 and 3.00m wide at the top and bottom respectively. Its width is reduced to 1.23m in the central part by 6.0m-radius circular curves. The geometry of the pillar follows the geometry of the primary lining of the future tunnel tubes. There are recesses along the top of the pillar for anchoring of the primary liner; the side edges at the bottom of the pillar are bevelled to allow bracing to the concrete footings. In the longitudinal direction, the central pillar is divided into 10m long blocks (5m at the portals). Expansion joints are vertical, without any shear key. They allow minor angular rotation of the individual blocks against one another. Self-compacting C20/25-XF1 concrete was used for the central pillar.

## EXCAVATION OF THE TUNNEL TUBES

Both the northern and southern tunnel tube were excavated from a temporary Rozvadov portal, in an uphill gradient (approximately 40‰). The structural analysis allowed the distance between the two main headings to vary from 10m to a maximum of 30m. This is how the requirement for symmetric excavation relative to the highway centre line was met (side headings were excavated first in both tunnel tubes, followed by the main top headings and benches of both tubes). Because of the symmetric arrangement, it was not important which tunnel tube was excavated first.

To provide support at both portals, 18m long Ø165/6.3mm pipes were installed above the portal to form a canopy. Two rows of the pipes were installed above the tunnels, one row above the central tunnel. The canopy tube pre-support could be installed whenever adverse geological conditions were encountered, from a tunnel profile having its height enlarged, using the BOODEX system.

Středový pilíř je vysoký 7,4 m a široký 3,58/3,00 m nahoře/dole. Ve střední části je symetricky zúžen kruhovým obloukem o poloměru 6,0 m na 1,23 m. Tvar pilíře sleduje budoucí tvar primárního ostění obou tunelových trub. Horní část pilíře má u stran vybrání pro ukotvení primárního ostění, v dolní části jsou boční hrany skoseny pro opření do betonových patek. Podélně je střední pilíř rozdělen na bloky o délce 10 m (u portálů 5 m). Dělicí spáry jsou svislé bez zazubení. Umožňují malé pootočení jednotlivých bloků proti sobě. Pilíř je proveden ze samozhutnitelného betonu C20/25-XF1.

## RAŽBA TUNELOVÝCH TRUB

Ražba severní i jižní tunelové trouby byla vedena dovrchně (cca 40 ‰) z provizorního rozvadovského portálu. Statický výpočet povoloval odstup (vzdálenost) obou hlavních čeleb od 10 m do max. 30 m. Tím se plnil požadavek na symetrickou ražbu k ose dálnice (to znamená, že jako první byly raženy boční tunely obou tunelových trub a následně hlavní kaloty a jádra obou tunelových trub). S ohledem na symetrii bylo jedno, která tunelová trouba je ražena jako první.

Oba portály byly zajištěny v předstihu před ražbou injektovanými mikropiloty Ø 114/6,3 mm délky 18 m. Mikropiloty byly osazeny ve dvou řadách nad klenbou tunelu a v jedné řadě nad středním tunelem. V případě zastižení špatných geologických podmínek bylo možno realizovat ochranný deštník z mikropilot v průběhu ražby z navýšeného profilu tunelu systémem BOODEX.

Ražba bočních tunelů předbýhala ražbu hlavní kaloty vždy o cca 20–30 m. Bylo zde použito horizontální členění výrubu (nejprve ražba kaloty, poté jádro se dnem).

Střední pilíř byl betonován vždy minimálně 40 m před čelbou hlavní kaloty (musel mít zaručené hodnoty pevnosti betonu v tlaku). Stabilita čelby (u všech dílčích výrubů) byla zajišťována střikaným betonem.

Ražba byla vedena převážně bez použití trhačích prací (mechanickým rozpojováním), jen výjimečně s omezeným použitím trhavin. Dílčí výrubby byly navrženy tak, aby bylo možno použít výkonné důlní mechanismy, které měl k dispozici zhotovitel stavby.

Doba ražby každé z tunelových trub se pohybovala okolo sedmi měsíců.

## GEOTECHNICKÝ MONITORING (GTM)

Stavba byla prováděna dle principů observační metody, při níž se základní návrh konstrukce průběžně posuzuje a může se měnit v průběhu výstavby. Na stavbě byl zaveden a odsouhlasen odpovědnostní vztah všech účastníků výstavby, kteří byli vybaveni technickými prostředky pro rychlou komunikaci.

Geotechnický monitoring zajišťovala pro objednatele (ŘSD ČR) odborná a nezávislá firma (SG-Geotechnika). Komplexní monitoring sloužil pro kontrolu a řízení technologického postupu ražeb a zejména pro rozhodování o aplikaci konstrukčních prvků primárního ostění.

Výsledky GTM byly předávány zhotoviteli díla, který je využíval při vlastní realizaci ve smyslu báňských předpisů.

V rámci geotechnického monitoringu byly sledovány vybrané parametry chování všech dotčených konstrukcí z hlediska dosažení varovných a limitních hodnot či trendů. Odchylky od požadovaných trendů či překročení varovných nebo limitních hodnot byly signálem nedostatečnosti základního řešení a vyvolávaly proces nutnosti doplnění či náhrady řešením záložním, které bylo již v předstihu projekčně připraveno.

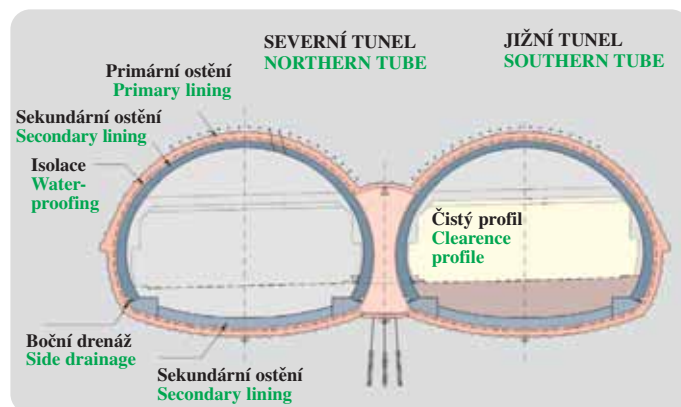
## ZÁVĚR

Tunel Valík je krátký dálniční tunel, ale vzhledem ke složitosti technického řešení a k náročným geologickým podmínkám se jedná o stavbu spadající do 3. geotechnické kategorie dle Eurocodu 07.

Pro informování veřejnosti bylo na stavbě vybudováno informační středisko včetně stálé výstavy o projektu a výstavbě tunelu a vizualizačního programu. Pravidelně každý měsíc byly organizovány exkurze pro příchozí veřejnost.

Provoz tunelu Valík budou řídit pracovníci Policie České republiky, pracovníci provozovatele budou pouze tunelové zařízení udržívat, případně modernizovat a poskytovat servis Policii ČR.

ING. JIŘÍ SVOBODA, PRAGOPROJEKT a. s.,  
e-mail: svobodaj@pragoprojekt.cz



Obr. 5 Vzorový příčný řez - konečný stav

Obr. 5 Typical cross section – the final state

The excavation faces of the side headings were always 20 – 30m ahead of the main top heading. A horizontal excavation sequence was used (top heading followed by bench with invert).

The central pillar casting took place always minimally at a distance of 40m ahead of the main top heading face (concrete compressive strength values had to be guaranteed). Stability of the face was ensured by shotcrete.

The rock was mostly broken mechanically, without blasting; explosives were used only exceptionally. The partial drifts were designed so that efficient mining equipment owned by the contractor could be utilised.

The excavation of each tunnel tube took about seven months.

## GEOTECHNICAL MONITORING (GTM)

The tunnels were built using the observational method, i.e. assessing the basic structural design continually and modifying it during the course of the works whenever necessary. Accountability relationships between all parties to the project present on the site were established. All of them were provided with fast technical means of communication.

Geotechnical monitoring services were supplied to the employer (the Directorate of Roads and Highways of the CR) by a professional and independent company (SG-Geotechnika). The comprehensive monitoring results were used for the review and control of the technological procedure for the excavation, above all for making decisions on application of structural elements of the primary lining.

The GTM results were submitted to the contractor, who utilised them during the execution of the works, in compliance with mining regulations.

The geotechnical monitoring followed selected parameters of all relevant structures in terms of the parameters reaching the warning and limiting values or trends. Deviations from required trends or exceeded warning or limiting levels were a signal of insufficiency of the basic design. They triggered a process of supplements or replacement by a contingency solution, which had been designed in advance.

## CONCLUSION

The Valík tunnel is a short highway tunnel. Although, considering the complexity of the design and the demanding geological conditions, it is a 3rd geotechnical category structure according to the Eurocode 07.

For the purpose of keeping the public informed, there was an information centre established on site, including a permanent exhibition displaying the tunnel design and construction and a visualisation program. Regular excursions for visitors were organised every month.

The operation of the Valík tunnel will be controlled by the Police of the Czech Republic; employees of the tunnel operator will only maintain or upgrade tunnel equipment, and provide services to the Police of the CR.

ING. JIŘÍ SVOBODA, PRAGOPROJEKT a. s.,  
e-mail: svobodaj@pragoprojekt.cz