

TUNEL KARPATY – NAJDLHŠÍ DIAĽNIČNÝ TUNEL NA SLOVENSKU

KARPATY TUNNEL – THE LONGEST MOTORWAY TUNNEL IN SLOVAKIA

MARTIN BAKOŠ

ÚVOD

Podľa III. paneurópskej konferencie v Helsinkách tvoria nosnú sieť projektu TEN na Slovensku tieto ťahy:

Koridor č. IV: Berlín–Praha–Bratislava–Budapešť–Istanbul v trase diaľnice D2

Koridor č. Va: Terst–Bratislava–Žilina–Košice–Užhorod–Lvov v trase diaľnice D1

Koridor č. VI: Gdansk–Katovice–Skalité–Žilina v trase diaľnice D3

Potom, čo sa Slovenská republika 1. mája roku 2004 stala súčasťou Európskej únie, rastie perspektíva rozvoja spolupráce v rámci stredo-európskeho euroregiónu, kde kooperujú oblasti Viedne a Dolného Rakúska, maďarské župy Győr, Mosson a Sopron, Juhomoravský kraj a zo slovenskej strany predovšetkým kraje Bratislavský a Trnavský. Význam dopravy v takto sa integrujúcom svete neustále rastie, a preto bude nutné vybudovať prepojenia týchto koridorov mimo zastavané územia miest tak, aby tranzitná doprava bola vedená v rámci možnosti mimo ich centier. Pre Bratislavu, ktorej cestná sieť nadriadených komunikácií bola dosiaľ budovaná s ohľadom na nepriechodnosť masívu Malých Karpát južným obchvatom mesta, t.j. ponad vodný tok Dunaja, by navrhovaná trasa pod masívom Malých Karpát znamenala podstatné odľahčenie cestnej siete vo vnútornom obvode mesta, predovšetkým na diaľnici D1 v prietahu mestom a skrátenie ciest v smere sever–východ.

Diaľnica D4, ktorej súčasťou má byť aj tunel Karpaty, začína na juhu na hraničnom prechode SR/Rakúsko Jarovce–Kittsee, kde nadväzuje na rakúsku diaľnicu A8. Podľa rozhodnutia Ministerstva dopravy, pôšt a telekomunikácií SR bude ďalej vedená v trase „nulťého okruhu“ okolo Bratislavy, t.j. východným obchvatom hlavného mesta. V predmetnom úseku medzi Ivanka pri Dunaji a Stupavou tvorí spojnicu jestvujúcej diaľnice D1 s diaľnicou D2. Je vedená v severovýchodnom kvadrante tohto budúceho diaľničného okruhu okolo Bratislavy, ktorý prevedie tranzitnú dopravu mimo zastavanú oblasť centra hlavného mesta SR. Navrhnutá trasa budúcej diaľnice D4 prechádza z rovinatého územia Podunajskej nížiny na juhu cez hrebeň Malých Karpát do Záhorkej nížiny na severe záujmového územia. V nadväzujúcich úsekoch nie je možné meniť smerové vedenie trasy, čo ovplyvňuje jej invariantné riešenie

INTRODUCTION

According to the 3rd Pan-European Transport Conference in Helsinki, the crucial projects of the TEN structure in Slovakia consists of the following routes:

Corridor No. IV: Berlin – Prague – Bratislava – Budapest – Istanbul on the D2 motorway route

Corridor No. Va: Trieste – Bratislava – Žilina – Košice – Uzgorod – Lvov on the D1 motorway route

Corridor No. VI: Gdansk – Katowice – Skalité – Žilina on the D3 motorway route

After 1st May 2004, when the Slovak Republic became part of the European Union, the prospect for the development of the cooperation grows, within the framework of the Central European region comprising the regions of Vienna and Lower Austria, the Hungarian counties of Győr, Mosson and Sopron, the South Moravian region and, from the Slovakian side, above all the regions of Bratislava and Trnava. The importance of transport in the world which is becoming integrated in this way steadily grows; it is therefore necessary to develop connections between these corridors outside built-up urban areas so that transit traffic bypasses urban centres as much as possible. As far as Bratislava is concerned, where the network of superior primary roads has been built till now with respect to the fact that the Small Carpathians massif was impassable, therefore the southern bypass route crossing the Danube was followed, the newly designed route under the Small Carpathians massif would mean substantial decongestion of traffic within the road network in inner areas of the city, above all on the D1 motorway passing through the city, and reduction in the length of roads in the north – east direction.

The D1 motorway, on which the Karpaty (the Carpathians) tunnel is to be built, starts in the south, at the Jarovce – Kittsee crossing of the Slovak – Austrian border, where it links the A8 Austrian motorway. As decided by the Ministry of transport, posts and telecommunications of the Slovak Republic, it will continue along the route of the so-called “Zero Ring Road” around Bratislava, i.e. the eastern bypass road around the capital city. Within the section in question, between Ivanka pri Dunaji and Stupava, it provides



Obr. 1 Prehľadná situácia (Geofos, s. r. o.)

Fig. 1 General layout (Geofos, s.r.o.)

Tab. 1 Prehľadná tabuľka tunelových úsekov
Table 1 Synoptical table of tunnel sections

| Tunel Karpaty / Karpaty tunnel označenie / marking tunelová rúra / tunnel tube | | variant 2 / variant 2-I | | variant 3 / variant 3-I | | 3-II | |
|--|--|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------|---------------|
| | | ľavá / left | pravá / right | ľavá / left | pravá / right | ľavá / left | pravá / right |
| hĺbená časť / cut and cover part | juh (m) / south (m) | 49 | 48 | 75 | 40 | 89 | 50 |
| | sever (m) / north (m) | 47 | 48 | 40 | 40 | 43,1 | 83,1 |
| | celkom / total (m) | 96 | 96 | 115 | 80 | 132,1 | 133,1 |
| razená časť / mined part | celková dĺžka rúr / total length of tubes (m) | 7972 | 7962 | 3460,5 | 3465 | 1709,9 | 1728,3 |
| | výška nadložia / overburden height (m) | 8068 | 8058 | 3575,5 | 3545 | 1842 | 1861,4 |
| | pozdĺžny sklon / longitudinal gradient (%) | 210,5 | 202,5 | 154 | 150 | 88,5 | 89,5 |
| | zakružovací polomer / vertical curve radius (m) | 1 | 1 | 2-3 | | | |
| | smerový polomer R1 / directional curve radius R1 (m) | 100 000 | 45 000 | 40 000 | | | |
| | R2 / R2 (m) | 1750 | 1750 | 2793,75 | -3000 | -3050 | -3500 |
| | | 20000 | 25000 | 12000 | -1000 | -10000 | -3000 |
| | | | | | | | |

na začiatku a konci úseku. Z tohto predpokladu vyplýva aj pomerne úzky priechodný koridor cez hlavný hrebeň Malých Karpát, ktorý sa nachádza medzi mestskou časťou Rača a Svätým Jutom na juhu a Záhorskou Bystricou, Mariankou, Borinkou a Stupavou na severe (obr. 1). Na konci úseku je vedenie trasy viac menej invariantne dané stupňom rozpracovanej projektovej dokumentácie nadväzujúceho úseku. Preto hlavný priestor variantného riešenia sa nachádzal v tunelovom úseku pod Karpatmi a v riešení nadväzujúcich predportálových častí.

Územie stavby je čiastočne zastavané predovšetkým zástavbou prímestského charakteru, u ktorej je možno očakávať výrazné rozvojové tendencie. Značná časť územia je zalesnená. Tento priestor zaberá chránená krajinná oblasť Malé Karpaty, ktorá slúži okrem ochrany prírody predovšetkým ako rekreačné zázemie hlavného mesta. Ďalej sa územie na južných svahoch Karpát intenzívne využíva k poľnohospodárskym účelom, predovšetkým ako plochy viníc. V uvedenom priestore sa nachádzajú mimo iného tiež hlavné koridory existujúcich inžinierskych sietí, a to predovšetkým energetické vedenia 400 kV a 110 kV, vysokotlaké plynovody a vodovodné privádzacie. Všetky tieto okrajové podmienky muselo zohľadniť Združenie Bratislava–Stupava, tvorené spoločnosťami HBH projekt spol. s r. o. a Amberg Engineering Slovakia, s. r. o., ktoré vyhralo v súťaži na vypracovanie technickej štúdie Diaľnice D4 Bratislava (D1, križovatka Ivanka pri Dunaji-sever)–Stupava (cesta I/2).

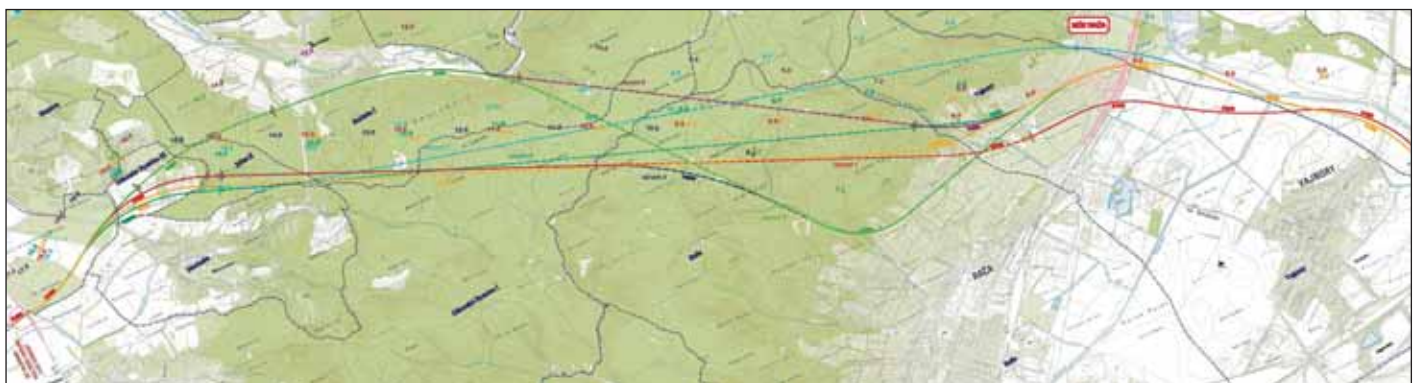
ZÁKLADNÉ ÚDAJE O TUNELI

Nakoľko trasa diaľnice D4 prechádza územím so zložitou geomorfologickou skladbou a členitosť terénu neumožňuje viesť trasu iba po povrchu, je nutné riešiť vedenie trasy pod Malými Karpatmi v tuneli, resp. v tuneloch. Prvoradým cieľom riešenia tunelových častí stavby bol optimálny návrh smerového a výškového vedenia trasy, konštrukcie ostena, hydroizolácie, vetrania, ako aj ďalšieho technologického vybavenia z hľadiska bezpečnosti a riadenia prevádzky.

V rámci spracovania technickej štúdie sa navrhlo viacero alternatív trás tunela Karpaty (obr. 2), pričom úlohou projektantov bolo v jednom z variantov minimalizovať dĺžku tunela. Nakoniec sa vybrali a porovnali varianty 2 a 3 (tab. 1):

tunel Karpaty 2-I v rámci variantu 2 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 6,213–km 14,275 66, tj. v dĺžke pravej rúry **8058 m** a ľavej rúry **8068 m**,

tunel Karpaty 3-I v rámci variantu 3 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 8,178 88–km 11,719 35 pravej rúry, km 11,754 67 ľavej rúry, tj. v dĺžke pravej rúry **3540,47 m** a ľavej rúry **3575,789 m**,



Obr. 2 Varianty trás tunela Karpaty (HBH projekt spol. s r. o.)

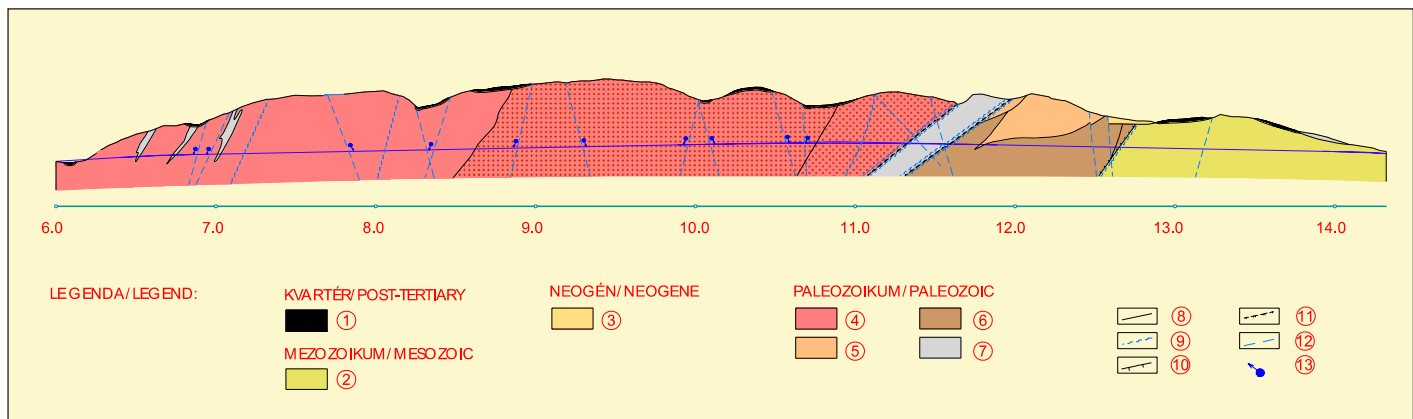
Fig. 2 Variants of the Karpaty tunnel routes (HBH projekt spol. s r. o.)

a connection between the existing D1 motorway with the D2 motorway. It passes through the north-eastern quadrant of the future motorway ring around Bratislava, which will divert transit traffic outside the built-up area of the centre of the Slovak capital. The proposed route of the future motorway D4 runs from the flat landscape of the Danube Lowland in the south across the Small Carpathians ridge to the Zahorska Lowland in the north of the area of operations. It is impossible to change the horizontal alignment of the road in the subsequent sections. This fact influences the route design at the beginning and the end of the section, making it invariant. It follows from this condition that only a relatively narrow corridor for the passage across the main ridge of the Small Carpathians remains; it is found between the Rača and Svätý Jura districts in the south and the municipalities of Záhorská Bystrica, Marianka, Borinka and Stupava in the north (see Fig. 1). At the end of the section, the alignment of the road is more or less invariant, depending on the degree of the design for the subsequent section which is under preparation. For that reason, the main space for the variant design was found in a tunnel section under the Carpathians and in the solution to the connecting pre-portal sections.

The construction area is partly built up. The development has mainly a suburban character, which means that it has a great development potential. Significant part of the area is covered with trees. This space is taken by the Small Carpathians Nature Reserve, which serves not only for the protection of landscape but also as recreational background for the capital. In addition, the area on the southern slopes of the Carpathians is used for farming purposes, above all as vineyards. There are also main corridors of existing utility networks in the above-mentioned area, above all 400kV and 110kV power lines, high-pressure gas pipelines and water pipelines. All of those boundary conditions had to be allowed for by the Združenie Bratislava – Stupava group of companies consisting of HBH projekt spol. s r. o. and Amberg Engineering Slovakia, s.r.o., which won the tender for an engineering study for the D4 motorway section between Bratislava (D1, the Ivanka pri Dunaji intersection – north) and Stupava (the I/2 road).

BASIC DATA ON THE TUNNEL

Since the D4 motorway route passes across an area with a difficult geomorphological structure where the rugged topography does not allow the route to run only on the surface, it is necessary to solve the passage under the Small



Obr. 3 Inžiniersko-geologický pozdĺžny profil (Geofos, s. r. o.)

1) fluviálne, proluviálne a deluviálne sedimenty, 2) bridlice, 3) neogénne horniny, 4) granity až granodiority, 5) bridlice a vápence, 6) laminované metapility, 7) metafylity, 8) litologické hranice, 9) alpske mylonity, 10) presunové línie, 11) strižno-násuvné línie, 12) zóny tektonického porušenia, 13) pramene (vývery vôd v tuneli)

Fig. 3 Engineering geological longitudinal section (Geofos, s.r.o.)

1) fluvial, proluvial and diluvial sediments, 2) shale, 3) Neogene rocks, 4) granite to granodiorite, 5) shale and limestone, 6) laminated metapelite, 7) metaphyllite, 8) lithological borders, 9) Alpine mylonite, 10) thrust fault line, 11) overthrust line, 12) tectonic faulting zones, 13) springs

tunel Karpaty 3-II v rámci variantu 3 je súčasťou diaľnice D4 v staničení km 14,318 25–km 16,174 52 pravej rúry, km 14,278 00–km 16,134 82 ľavej rúry, tj. v dĺžke pravej rúry **1861,35 m** a ľavej rúry **1842,04 m**.

Tunel, resp. tunely pod Malými Karpatmi budú tvorené dvomi samostatnými paralelnými tunelovými rúrami pre jednosmernú dopravu. Základné parametre priechodného prierezu tunela:

- šírka vozovky v tuneli medzi obrubníkmi je 8 m (tj. dva jazdné pruhy), vrátane odrazných prúvkov 2 x 0,25 m (kategória 2 T = 8 podľa revízie STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov),
- svetlá šírka tunela je 10 m,
- šírka obojstranných núdzových chodníkov je 2 x 1 m,
- prejazdná výška dopravného priestoru tunela je 4,8 + 0,10 = 4,90 m,
- výška priechodného priestoru nad núdzovými chodníkmi je 2,20 m.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY

Inžiniersko-geologickú štúdiu rizík pri vstupe do horninového prostredia vypracoval GEOFOS, s. r. o., Žilina. Podľa záverov tejto IG štúdie sú pre návrh trasy, vrátane tunelových úsekov, charakteristické tieto IG a HG závery (obr. 3):

Tunel 2-I

Východný portál – horninový masív je budovaný muskoviticko-biotitickými granitmi až granodioritmi s výskytom stredno- až hrubozrnných pegmatitov s predpokladanou hĺbkou zóny zvetrania do 2–8 m. Svah je stabilný, ale celý blok výbežku Suchej hory reprezentuje rozvolnenú zónu v okrajovej časti úpätia Malých Karpát v zónach poklesovej, gravitačnej tektoniky, v systéme zlomov viazaných na Z až SZ okraj Podunajskej nížiny, resp. JV úpätie Malých Karpát. Z toho vyplýva nestabilita steny portálu z dôvodu možnosti uvoľňovania veľkých blokov po plochách so sklonom po svahu, rozvolňovanie na extrémne veľké bloky vyžadujúce si dodatočné rozbíjanie, v dôsledku čoho bude potrebné kotvenie blokov.

Západný portál – nachádza sa v pravostranných svahoch dieľkej depresie „Slepý jarok“, severne od Marianky. V úpätí sú interpretované odkryvy borinských bridlic s nadožím neogénneho súvrstvia so zastúpením vrstiev štrkov, pieskov, pieskocov, konglomerátov s prevahou granitoidného charakteru. Depresiu medzi „Slepým jarokom“ a Mariankou vyplňajú proluviálne sedimenty prevažne charakteru hlinitých štrkov, pieskov, úlomkov hornín a s podradným výskytom blokov. V masíve depresie medzi „Slepým jarokom“ a Mariankou je interpretovaný priebeh priečnej SZ-JV zlomovej zóny, ktorá prebieha naprieč pohorím Malých Karpát. Na úpätí nie sú mapované výraznejšie vývery podzemných vôd.

Tunel 3-I

Predportálová oblasť a východný portál – v smere údolia predpoklad smernej, SZ-JV poruchovej zóny so sklonom k JZ, v ktorej je zaerodovaný povrchový tok. V oblasti portálu predpoklad dieľkej priečnej SV-JV poruchovej zóny so sklonom k JV. V celej dĺžke v zóne deluviálnej nestability zárezu v päte strmého svahu. Intenzívne uvoľňovanie úlomkov a blokov granitoidných hornín v zóne zvetraných granitoidov a v systéme SZ-JV puklinových systémov viazaných na poruchovú zónu v údolí. V zóne zvetraných granitoidov predpoklad sezonných prítokov podzemnej vody malých výdatností.

Carpathians by means of a tunnel or tunnels. The primary objective of the design was to optimise the tunnelled parts of the horizontal and vertical alignment of the route, the tunnel lining, waterproofing, ventilation and other tunnel equipment in terms of traffic safety and traffic control.

Several alternatives of the Karpaty tunnel route were prepared within the framework of the engineering study (see Fig. 2), where the designers' task was to minimise the tunnel length in one of the variants. Eventually, variants 2 and 3 were chosen (see Table 1):

Karpaty tunnel 2-I within the framework of variant 2 is part of the D4 motorway at chainage km 6.213 – km 14.275 66, i.e. with the right tube length of **8058.00 m** and left tube length of **8068.00 m**,

Karpaty tunnel 3-I within the framework of variant 3 is part of the D4 motorway at chainage km 8.178 88 – km 11.719 35 and km 11.754 67 of the right tube and left tube, respectively, i.e. at the length of the right and left tubes of **3540.47 m** and **3575.789 m**, respectively.

Karpaty tunnel 3-II within the framework of variant 3 is part of the D4 motorway at chainage km 14.318 25 – km 16.174 52 and km 14.278 00 – km 16.134 82 of the right tube and left tube, respectively, i.e. at the length of the right and left tubes of **1861.35 m** and **1842.04 m**, respectively.

The tunnel or tunnels under the Small Carpathians will consist of two parallel tunnel tubes carrying unidirectional traffic. The basic parameters of the tunnel clearance profile are as follows:

- the kerb-to-kerb width of the roadway in the tunnel is 8.0m (i.e. two traffic lanes), including marginal strips 2 x 0.25 m (category 2 T = 8.0 according to revised standard STN 73 7507 Design of road tunnels),
- the clear tunnel width is 10.0 m,
- the width of emergency walkways (on both sides of the tunnel) is 2 x 1.0 m,
- the clearance height within the road space in the tunnel is 4.8 + 0.10 = 4.90 m,
- the clearance height above emergency walkways is 2.20 m.

GEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS

The engineering geological risk analysis was carried out when the tunnel excavation commenced and the rock environment was entered by GEOFOS s.r.o., Žilina. According to conclusions of the EG analysis, the following EG and HG conclusions are characteristic for the design of the route including the mined sections (see Fig. 3):

Tunnel 2-I

Eastern portal – the rock massif consists of muscovite-biotite granites to granodiorites, with occurrences of medium-grained to coarsely-grained pegmatites, with the anticipated depth of the weathering zone of 2 – 8m. The slope is stable, but the whole block of the spur of Suchá Mountain represents a loosened zone at the edge of the Small Carpathians, within the zones of down-dip, gravity tectonics, within a system of faults bound to the western and north-western edge of the Danube Lowland or the south-eastern foot of the Small Carpathians. It follows from this fact that the portal wall will be unstable due to a potential for big blocks to slide on surfaces dipping toward the wall, natural disintegration forming extremely large blocks, requiring additional breaking (the anchoring of the blocks will be therefore necessary).

Western portal – it is found on right-hand slopes of a partial depression “Slepý jarok”, south of Marianka. Outcrops of Borinka Shale covered with a Neogene series of layers comprising layers of gravel, sand, sandstone and conglomerates with the granitic character prevailing. The depression between the “Slepý jarok” and Marianka is filled with proluvial sediments with the prevailing character of loamy gravels, sands, rock fragments and with an insignificant occurrence of blocks. A transverse NW-SE fault zone, crossing the Small Carpathians mountain range, is interpreted in the massif of the depression between the “Slepý Jarmok” and Marianka. No more significant springs of ground water are mapped along the foot of the mountain range.

Západný portál – vzhľadom na výrazné regionálne tektonizované zóny SV-JZ a SZ-JV predpokladáme nepriaznivé stabilitné pomery v oblasti portálu (nestabilita portálovej steny z dôvodu zhoršených geotechnických vlastností masívu, nepriaznivej orientácie plôch diskontuít, s možnosťou prítoku vody). V masíve je predpoklad výskytu kataklasticky porušených zón metamorfítov s výskytom mylonitizovaných hornín v priečnom smere so sklonom 20–40° (do svahu).

Tunel 3-II

Masív tunela s maximálnym nadložíom do 80–90 m bude pravdepodobne budovaný horninami Borinskej sukcesie, v súvrství mariánskych bridlíc charakteru vrstevnatého masívu smeru SV-JZ so sklonom vrstiev v strede masívu 30–50° k JV, na východnom okraji až so sklonom 60–70°, na západnom okraji so sklonom k SZ do 20–25°. Od km 15,300–15,800 sú smerom k ZP prekryté komplexom neogénnych sedimentov so zastúpením vrstiev štrkov, pieskov, pieskocov, konglomerátov s prevahou granitoidného charakteru.

Západný portál – v prípade razenia v komplexe nesúdržných neogénnych zemín bude nutné stabilitu výrubu zabezpečiť pod ochranou mikropilótových dáždnikov, resp. injetovatelných kotiev typu Titan.

RAZENIE A VYSTROJENIE VÝRUBU

Vzhľadom na dĺžku tunela, geologické pomery v trase a v budúcnosti stanovený čas výstavby je razenie pre jednotlivé varianty navrhnuté alternatívne, a to jednak pre tunel Karpaty 2-I kontinuálne pomocou otvoreného TBM bez štítu (obr. 4), resp. pre tunely Karpaty 3-I a 3-II cyklické pomocou vrtno-trhacích prác (obr. 5 a 6) použitím tzv. Novej rakúskej tunelovacej metódy (NRTM). Koncept razenia pomocou TBM umožňuje vysoko mechanizované razenie, pri ktorom sa opakujú rovnaké pracovné postupy. TBM sa posúva dopredu pomocou hydraulických lisov, pričom je stabilizovaný vo výrubu rozpernými platňami. To vedie k stálym a vysokým výkonom pri razení (v prípade priaznivých IG a HG podmienok zhruba dvoj- až trojnásobným v porovnaní s inými tunelovacími metódami). Na Slovensku sa doteraz neuvažovalo s nasadením otvoreného TBM bez štítu. Dĺžka tunela Karpaty 2-I, potreba vyraziť dve tunelové rúry a IG a HG v jeho trase sú dobrými predpokladmi na nasadenie tejto progresívnej metódy razenia.

Primárne ostenie pri razení pomocou TBM bude tvorené striekaným betónom, hydraulicky upínateľnými kotvami dĺžky 4 m a 6 m a oceľovými výstužnými sieťami, pri horšej geológii aj oceľovou obľukovou výstužou. Pri tzv. NRTM by sa použili rovnaké vstrojovacie prvky.

Tzv. NRTM, známou aj pod názvom „Pozorovacia metóda“ je veľmi flexibilná metóda razenia, ktorá umožňuje razenie od oboch portálov, ale rovnako ako razenie pomocou TBM si bude vyžadovať použitie pomocných vstrojovacích opatrení na prekonanie poruchových zón a priortálových úsekov. Razenie v priortálových úsekoch sa bude realizovať pod mikropilótovými dáždnikmi s minimálnou dĺžkou záberu a s horizontálnym členením výrubu (za mikropilótovým dáždnikom s prípadným zabezpečením výrubu predháňaným pažením).

Sekundárne ostenie je navrhnuté z monolitického betónu. Betón hrúbky cca 300–350 mm a viac bude ukladaný pomocou čerpadiel do pojazdného, teleskopického debnenia. Medzi primárne a sekundárne ostenie sa uloží medzilaňlá hydroizolácia (geotextília a 2 mm hrubá hydroizolačná fólia), ktorá zabráni narušeniu vnútorného ostenia a prieniku horninovej vody do dopravného priestoru.

TECHNOLOGICKÁ CENTRÁLA

Z technického a technologického hľadiska sa bude v priortálovej oblasti nachádzať okrem samotných portálov tunela aj technologická centrála, pri tuneli Karpaty 2-I aj vetracia centrála, v ktorých bude trafostanica, energoblok, vetrací objekt so strojovňou ventilátorov a riadiace centrum bez stájej obsluhy. Ak sa v rámci daného úseku dialnice, resp. v rámci Bratislavy v budúcnosti nezriadi centrálna riadiaca centrála, aj napr. s SSÚD určené bud iba pre tento tunel, alebo pre všetky bratislavské tunely, riadiace centrum bude so stálou obsluhou.

BEZPEČNOSŤ A VYBAVENIE TUNELA

Tunel je navrhnutý tak, aby spĺňal bezpečnostné požiadavky v zmysle Nariadenia vlády SR č. 344/2006 a TP 04/2006.

Bezpečnostné stavebné prvky

V tuneli budú v zmysle STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov a TP 04/2006 Požiarna bezpečnosť cestných tunelov navrhnuté nasledujúce bezpečnostné stavebné prvky: núdzové zálivy, prejazdne priečne prepojenia, priechné priečne prepojenia, núdzové chodníky a SOS výklenky s hydrantmi v každej tunelovej rúre.

Tunel 3-I

The pre-portal area and eastern portal – an SW dipping, NW-SE trending fault zone is anticipated to exist, following the direction of the valley as well as the direction of the tunnel; a surface stream eroded its bed in the fault zone. A SE dipping, NW-SE trending partial transverse fault zone is predicted for the portal area. Instability of the cut in the base of the steep slope throughout the length in the diluvial zone. Intense loosening of fragments and blocks of granitic rock in the weathered granitic rock zone and in the NW-SE system of fissure systems, bound to the fault zone in the valley. Expectation of low-yield, seasonal groundwater inflows in the weathered granitic rocks zone.

Western portal – with respect to pronounced regional tectonised NE-SW and NW-SE zones, we anticipate unfavourable stability conditions in the portal area (the instability of the portal wall due to worsened geotechnical properties of the rock massif, unfavourable trending of discontinuity surfaces, with a possibility of water inflows). The occurrence of transverse, cataclastically disturbed zones of metamorphic rock with the occurrence of mylonitised rock, dipping at an angle of 20 – 40° into the slope, is anticipated.

Tunel 3-II

The rock massif through which the tunnel will pass under the maximum overburden up to 80 – 90m high, will probably consist of the Borinka Succession rocks, found in the Marianka Schist Member, having the character of a NE-SW trending, bedded massif, dipping 30-50° SE in the centre of the massif, 60-70° on the eastern edge and 20-25° on the western edge. From km 15.300 – 15.800, in the direction toward the WP, they are overlaid by a complex of Neogene sediments, consisting of gravel layers, sand layers, sandstone and mostly granitic rock conglomerates.

Western portal – in the case of the excavation through the complex of Neogene rocks, the excavation stability will have to be provided by means of micropile umbrellas or Titan-type groutable anchors.

TUNNEL EXCAVATION AND EXCAVATION SUPPORT

With respect to the tunnel length, geological conditions along the route and the time determined for the future construction, alternatives are designed for the individual variants of excavation, i.e. continual excavation using an open-face TBM without a shield for the Karpaty 2-I tunnel (see Fig. 4) and the cyclic excavation by the drill and blast for the Karpaty 3-I and 3-II tunnels (see Figures 5 and 6), using the NATM. The TBM excavation concept allows highly mechanised excavation, where identical work procedures are repeated. The TBM moves ahead by means of hydraulic cylinders; grippers stabilise it in the excavation during the movement. This system allows stable and high advance rates (when the EG and HG conditions are favourable, the rates are roughly double or triple those reached by other tunnelling methods). The use of an open-face TBM without a shield has not been planned yet in Slovakia. The length of the Karpaty 2-I tunnel, the need to drive two tunnel tubes and the EG and HG along the tunnel route create favourable conditions for the use of this progressive tunnel excavation method.

When the TBM is used for the excavation, the primary lining will consist of shotcrete, 4m and 6m long anchors expanded by pressurised water and steel mesh; lattice girders will be added in the case of worsened geology. The same support elements would be used in the case of the NATM.

The NATM, which is also known under the name of the Observational Method, is a very flexible excavation method, which makes the excavation from both portals possible; however, the same as the TBM excavation, it will require the use of additional support measures to pass through the fault zones and portal sections. The excavation in the portal sections will be carried out under the protection of micropile umbrellas, with a minimum advance length and using a horizontal excavation sequence (behind a micropile umbrella with contingent excavation support by means of forepoling).

The cast in situ secondary lining will be about 300-350mm thick or thicker. Concrete will be pumped behind traveller telescopic formwork. Intermediate waterproofing (geotextile and 2mm thick waterproofing membrane) will be installed between the primary and secondary liners to protect the inner lining against damage and prevent ground water from seeping into the road space.

EQUIPMENT CENTRE

From the technical and technological points of views, there will be, apart from the tunnel portals, also an equipment centre in the portal area and a ventilation centre at the Karpaty 2-I tunnel, which will house the transformer station, generating block, ventilation unit with a ventilation fan room and a control centre without permanent manning. If a central control centre is not established in the future within the framework of the given section of the motorway or entire Bratislava, even for example with an Motorway Operation and Maintenance Centre (MOMC), which will be dedicated only

Možnosť a spôsob zabezpečenia stavby vodou na hasenie požiarov

Zásobovanie vodou na hasenie požiarov sa navrhuje zabezpečiť nádržou so stálou zásobou vody – požiarou nádržou. Objem nádrže so stálou zásobou vody bude určený v závislosti od tepelného výkonu pravdepodobného požiaru podľa TP 04/2006.

V protipožiarnych výklenkoch v tuneli budú umiestnené požiarne hydranty, pre ktoré bude potrebné zabezpečiť minimálnu potrebu vody $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (predpokladaný tepelný výkon pravdepodobného požiaru 50 MW), resp. v tuneli Karpaty 3-2, na základe predpokladaného tepelného výkonu pravdepodobného požiaru 30 MW, $16,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$.

Prístupové komunikácie, sily a prostriedky na hasenie požiaru

Pri určovaní jednotky prvého zásahu existujú dva varianty. Prvý variant počíta s vybudovaním hasičskej stanice v SSÚD umiestnenej pred západným portálom tunela v blízkosti Stupavy a druhý variant je založený na využití zásahových jednotiek z hasičských staníc na Saratovskej a Háľkovej ulici v Bratislave. Na základe predpokladanej dĺžky tunela a intenzity dopravy sa odporúča presadzovať plánovaný variant č. 1, ktorý by významne skrátil dojazdový čas hasičských jednotiek k portálu tunela, a tým značne ovplyvnil možnosti evakuácie a hasenia požiaru. Variant č. 1 je v súlade so zmluvou medzi MV SR a MDPT SR, aby v rámci výstavby stredísk správy a údržby diaľnic boli vybudované objekty vedľajších hasičských staníc. Na trase navrhovanej diaľnice D4 v úseku od D1 (križovatka Ivanka pri Dunaji-sever) po štátnu cestu I/2 južne od Stupavy je vhodné miesto pre zriadenie SSÚD v blízkosti križovatiek diaľnic (najmä pri Stupave-juh na D2).

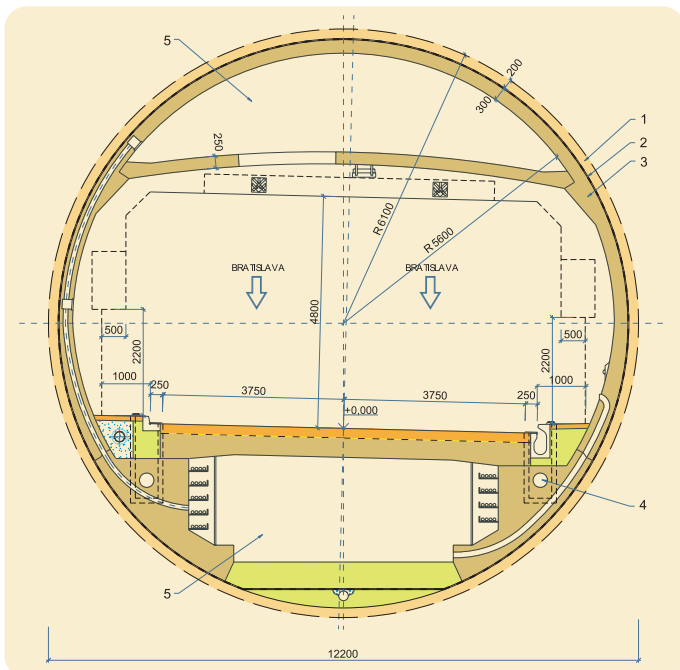
Navrhovaný systém únikových ciest z tunelových rúr

Na únik osôb z priestoru tunelovej rúry bude slúžiť nechránená úniková cesta tvorená núdzovými chodníkmi a chránená úniková cesta, ktorá bude tvorená jednotlivými núdzovými východmi do priečných prepojení a následne do druhej tunelovej rúry. Predpokladaný počet priečných prepojení medzi tunelovými rúrami vychádza z požiadavky, aby ich vzájomná vzdialenosť nebola väčšia ako 300 m.

Technologické vybavenie tunela zahŕňa zásobovanie tunela elektrickou energiou, centrálny riadiaci systém, riadenie dopravy, monitorovací systém, komunikačný systém, vetranie tunela a osvetlenie tunela.

Zásobovanie tunela elektrickou energiou

Základnou požiadavkou pre zásobovanie cestných tunelov elektrickou energiou je zabezpečenie napájania z dvoch na sebe nezávislých zdrojov, pričom za nezávislé sa považuje napájanie z uzlov prenosových sietí 400 kV, 220 kV alebo 110 kV a zo záložného zdroja napájania. Z ohľadom na dĺžku tunela a jeho technologické vybavenie sa požaduje zásobovanie elektrickou energiou z oboch portálov s ich vzájomným prepojením tunelom s prenosovou schopnosťou pre celý elektrický výkon tunela.



Obr. 4 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 2-I – kontinuálne razenie (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzihláhlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) odvodnenie, 5) vetrací kanál na prívod a odvod vzduchu

Fig. 4 Typical cross section of the Karpaty 2-I tunnel – continual driving (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) drainage, 5) intake and outlet ventilation duct

to this tunnel or will control all tunnels in Bratislava, this control centre will be manned permanently.

SAFETY IN THE TUNNEL AND TUNNEL EQUIPMENT

The tunnel design meets all safety requirements contained in the Decree of the government of the Slovak Republic No. 344/2006 and the Specifications TP 04/2006.

Structural safety elements

The following structural elements will be designed for the tunnel, in the meaning of STN 73 7507 Design of Road tunnels and TP 04/2006 Fire safety in road tunnels: emergency lay-bys, vehicular sized cross passages, emergency walkways and SOS niches with hydrants in each tunnel tube.

Possibility and method of providing fire-fighting water for the construction

A reservoir holding a permanent reserve of water, i.e. a fire protection reservoir, is designed as a source of fire-fighting water. The volume of the reservoir with the permanent reserve of water will be determined with respect to the heat release rate of a potential fire, according to Specifications TP 04/2006.

Fire hydrants will be installed in fire equipment recesses in the tunnel. The minimum water supply of $20 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ will be necessary (the assumed intensity of the probable fire is 50 MW) or $16,7 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ for the Karpaty 3-2 tunnel, where the assumed intensity of the probable fire is 30MW.

Access roads, fire-fighting forces and equipment

Two variants exist regarding the determination of an initial intervention unit. The first variant expects that a fire station will be built in the MOMC, which will be located in front of the western portal, near Stupava, whereas the other variant is based on the use of intervention units from the fire stations based in Saratovská and Háľkova Streets, Bratislava. With respect to the expected length of the tunnel and intensity of traffic, it is recommended that the planned variant No. 1 be preferred. It would significantly reduce the time of the access to the tunnel portal for fire brigades, which would significantly influence the possibility of evacuation and suppression of a fire. The variant No. 1 complies with the agreement between the Ministries of Interior and Transport of the Slovak Republic that secondary fire stations will be built within the framework of the development of motorway maintenance and operation centres. A location suitable for the development of the MOMC in the vicinity of motorway intersections (first of all the intersection Stupava – South on the D2) is found within the section of the route of the planned motorway D4 starting at the D1 motorway (the intersection Ivanka pri Dubaji –North) to the national road I/2 south of Stupava.

The system designed for escape routes from tunnel tubes

The escape of persons from the space of a tunnel tube will be provided along an unprotected escape route formed by emergency walkways and a protected escape route, which will comprise individual escape exits to cross passages and further to the other tunnel tube. The planned number of cross passages between the tunnel tubes is based on the requirement for the spacing not to exceed 300m.

The tunnel equipment comprises the power supply system, central control system, traffic control, monitoring system, communications system, tunnel ventilation and tunnel lighting systems.

The tunnel power supply system

The basic requirement in terms of the supplying of road tunnels with power is that power must be supplied from two independent sources, where supplies from nodes of 400 kV, 220 kV or 110 kV transmission networks and backup power sources are considered as independent. With respect to the tunnel length and the equipment of the tunnel, the supplying of the tunnel with power is required to be provided from both portals and both sides to be interconnected through the tunnel, with the transmission capacity sufficient for the electrical power of the whole tunnel.

Sources existing in the western portal area:

The closest and, from the current point of view, most suitable source existing in this location is the node of 410/110/22kV electric networks in the Stupava distribution station. While considering the possibility to supply the tunnel with 22kV voltage from this distribution station it is necessary, with respect to the transmission capacity of the 22kV line, to plan an independent line, following the route of the existing lines. The length of the line along the expected route, from the Stupava distribution station to the western portal, is about 7 to 9km. At the current trend in the development of the given area, it is possible to expect that a new distribution station will be built in the Devínska Nová Ves – Záhorská Bystrica locality, which will be connected through a loop to the 110kV connecting line between the Stupava and Lamač distribution stations. In such the case, the western portal would be connected from this distribution station.

Sources existing in the eastern portal area:

The 110/22kV distribution station at BEZ Bratislava is the closest facility on

Existujúce zdroje v oblasti západného portálu:

Najbližším a najvhodnejším zdrojom v tejto lokalite z dnešného pohľadu spĺňajúcim požiadavky je uzol elektrických sietí 400/110/22 kV v rozvodni a transformovni Stupava. Pri úvahe napájať tunel napätím 22 kV z tejto rozvodne, vzhľadom na prenosové možnosti vedení 22 kV je potrebné uvažovať so samostatným vedením v trase koridorov jestvujúcich vedení. Vzdialenosť po predpokladanej trase od rozvodne Stupava k západnému portálu je cca 7 až 9 km.

Pri súčasnom trende rozvoja v danej oblasti je možné predpokladať, že bude v lokalite Devínská Nová Ves – Záhorská Bystrica vybudovaná nová transformovňa zaslučkovaná do spojovacieho vedenia 110 kV z rozvodne Stupava do rozvodne Lamač. V takomto prípade by bol západný portál pripojený z tejto rozvodne.

Existujúce zdroje v oblasti východného portálu:

Na východnej strane tunela sa nachádza najbližšie 110/22 kV rozvodňa pri BEZ Bratislava. Je napájaná z rozvodne a transformovne 400/110/22 kV Podunajské Biskupice s prepojením z rozvodne Senec. Po príslušných úpravách by mohla slúžiť ako druhý zdroj elektrickej energie pre tunel.

Transformovne na východnom a západnom portáli budú vzájomne prepojené káblovými vedeniami cez tunelové rúry slučkovaním cez podružné transformovne v tunelových rúrach, resp. vo vetracích centrálnach tunela.

Centrálny riadiaci systém

Operátorské pracovisko riadiaceho centra so stálou obsluhou sa predpokladá umiestniť v SSÚD. V technologických centrálnach na portáloch tunela budú umiestnené zariadenia ako bezobslužný terminál, ústredňa, rozvodne a pod., ktorými je možné vykonávať všetky funkcie riadiaceho centra na riadenie dopravy a prevádzky v prípade potreby.

Riadenie dopravy

Riadenie dopravy rieši premenné dopravné značenie a značky, trvale dopravné značenie v tuneli, závory, vodorovné dopravné značenie a svetelné signalizačné zariadenia.

Monitorovací systém

Monitorovací systém pozostáva z merania fyzikálnych veličín, elektrickej požiarnej signalizácie, videohľadu s videodetekciou a elektronickej zabezpečovacej signalizácie.

Komunikačný systém

Komunikačný systém tvoria SOS telefóny v SOS kabínach, rádiové spojenie v tunelových rúrach pre záchranné zložky a údržbu NDS, a. s., šírenie rádiového vysielania na FM frekvencii 92.2 MHz, tunelový rozhlas a pokrytie každej časti tunela GSM signálom všetkých mobilných operátorov.

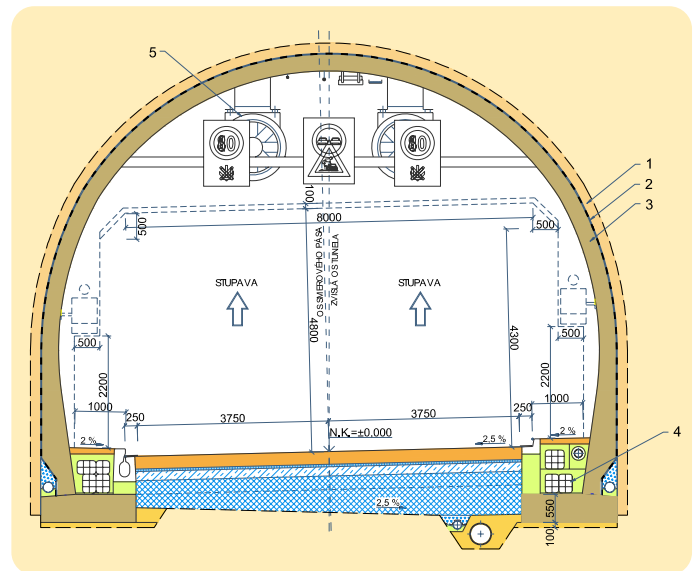
Vetracie tunela

Vetrací systém v tuneli, ktorý zabezpečuje neprekročenie limitných koncentrácií škodlivín pri všetkých predpokladaných dopravných stavoch, je rozhodujúcou súčasťou prevádzkového vybavenia tunela. Optimálny návrh vetrania sa musí okrem plnej funkčnosti vyznačovať i minimalizáciou investičných a prevádzkových nákladov. Vetracie je podľa dĺžky tunela navrhnuté ako priečne v tuneli Karpaty 2-I, polopriečne v tuneli Karpaty 3-I a pozdĺžne v tuneli Karpaty 3-II. Na základe vzduchotechnického výpočtu sa v tuneli Karpaty 2-I na portáloch a približne v km 10,000 vybudujú vetracie centrály. Znečistený vzduch sa bude vyfukovať cez vetracie šachty a komíny výšky cca 10 m do atmosféry rýchlosťou 15 m/s. Týmto riešením sa zníži na minimum negatívny vplyv prevádzky tunela na životné prostredie. V tuneli Karpaty 3-I budú vetracie centrály súčasťou technologických centráln na portáloch.

VÝBER NAJVHODNEJŠIEHO VARIANTU

Trasa **variantu 2** je vedená dlhodobou stabilizovaným koridorom, ktorý bol v rámci technickej štúdie upravený z hľadiska požiadaviek dopravného riešenia mestskej časti Rača a umiestenia portálov tunela. Koridor je vedený v dostatočnej vzdialenosti od ľudských sídiel. Nadlimitnú hlukovú záťaž bude možné eliminovať pomocou protihlukových opatrení. Ovplynenie ovzdušia, vodných pomerov, horninových a prírodných zdrojov a tiež krajiny je vďaka šetrnému vedeniu trasy, ktorá korešponduje s terénnym reliéfom, prijateľné. Z hľadiska vplyvov na živú prírodu a inštitúty ochrany prírody (napr. Natura 2000) prichádza **variant 2** do kontaktu s cennými biotopmi na hranici chránenej krajiny SV od Rače. Naviac tu dôjde k likvidácii chránených viníc. Na západnom okraji Malých Karpát je tento strek menej významný.

Variant 3 je vedený úplne novým koridorom a približuje sa obytnej zástavbe mestskej časti Rača a obci Borinka. Budú nutné demolácie rodinných domov a hluková záťaž postihne ďalšie nové územia. Komplikovanosť technického riešenia spôsobí významné zásahy do vodných pomerov, horninových pomerov, ovzdušia a najmä obrazu krajiny. Cenné biotopy Malých Karpát spolu s chránenými druhmi budú významne dotknuté nielen na východnom okraji, a to výrazným predĺžením trasy pozdĺž CHKO a zásahom do vnútra oboch chránených území, ktoré vyvolá realizácia



Obr. 5 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 3-II bez medzistropu–cyklické razeň (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzilhľad hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) multikanálové káblové chráničky, 5) prúdový ventilátor

Fig. 5 Typical cross section of the Karpaty 3-II tunnel without a false ceiling – cyclic excavation (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)

1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) multiple-way cable ducts, 5) jet fan

the eastern side of the tunnel. It is supplied from the Podunajské Biskupice 400/110/22kV distribution/transformer station, with a connection line from the Senec distribution station. It could be used, after relevant modifications, as the second source of power for the tunnel.

The transformer stations at the eastern and western portals will be interconnected by means of cable lines running through tunnel tubes, which will be connected by means of loops to secondary transformer stations in the tunnel tubes or in the tunnel ventilation centres.

Central control system

The operator station of the permanently manned control centre is planned to be located in the MOMC. Such facilities as the unmanned terminal, switchboard etc., through which all functions of the control centre (traffic control, system management) can be exercised if necessary, will be located in the equipment centres at the tunnel portals.

Traffic control

The traffic control is exercised through variable road signalling and traffic signs, permanent road signalling inside the tunnel, barriers, road marking and traffic light signals.

Monitoring system

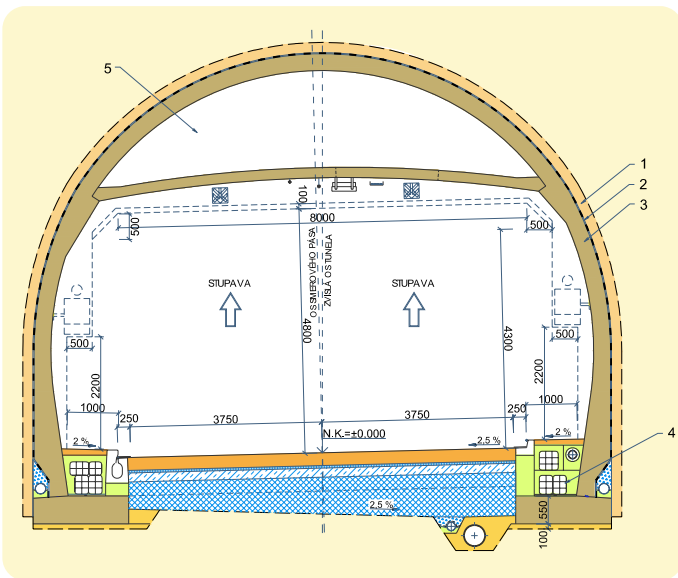
The monitoring system consists of measurements of physical quantities, the fire alarm and detection system, video surveillance with video detection and electrical protection signalling system.

Communications system

The communications system consists of SOS telephones in SOS cabins, wireless communication in tunnel tubes for rescue units and NDS, a.s. maintenance crews, radio broadcasting on 92.2 MHz FM frequency, public address and coverage of each part of the tunnel by GSM signals of all mobile operators.

Tunnel ventilation

The tunnel ventilation system, which secures that the limiting concentrations of harmful substances are not exceeded under any of the anticipated traffic states, is a crucial part of the operating equipment of the tunnel. An optimum ventilation design must, apart from full functionality, be characterised by the minimisation of investment and operating costs. The ventilation is designed with respect to the length, i.e. as a longitudinal system for the Karpaty 2-I tunnel, semi-transverse system for the Karpaty 3-I tunnel and longitudinal system for the Karpaty 3-II tunnel. Ventilation centres will be built, on the basis of the ventilation calculation, in the Karpaty 2-I tunnel (at the portals and at chainage about km10.000). Polluted air will be exhausted through ventilation shafts and about 10m high chimneys to the atmosphere, at a velocity of 15m/s. This design will minimise the negative impact of the tunnel operation on the environment. The ventilation centres to be built in the Karpaty 3-I tunnel will be parts of the equipment centres at the portals.



Obr. 6 Vzorový priečný rez tunela Karpaty 3-I s medzistropom – cyklické razenie (Amberg Engineering Slovakia, s. r. o.)

1) primárne ostenie, 2) medzihlá hydroizolácia, 3) sekundárne ostenie, 4) multikanálové káblové chráničky, 5) vetrací kanál na prívod vzduchu
 Fig. 6 Typical cross section of the Karpaty 3-I tunnel with a false ceiling – cyclic excavation (Amberg Engineering Slovakia, s.r.o.)
 1) primary lining, 2) intermediate waterproofing, 3) secondary lining, 4) multiple-way cable ducts, 5) intake ventilation duct

východného portálu tunela 3-I spolu s vyvolanými preložkami komunikácií a vodného toku, ale úplne novo bude tiež dotknuté údolie Stupavského potoka s chránenými biotopmi. Zataženie územia v týchto častiach bude navyše zosilnené nutnými prekládkami inžinierskych sietí (VN, vysokotlakové plynovody).

Hlavné nevýhody variantu 3 oproti variantu 2

Trasa variantu 3 je v rozpore s územnými plánmi sídli.

Ekonomické porovnanie nepreukázalo jeho opodstatnenie, lebo rozdiel stavebných nákladov je minimálny.

Trasa je o cca 1130 m dlhšia, čo spolu s o 33 m väčším prevýšením vyvolá vyššie prevádzkové náklady.

Skrátenie tunela Karpaty vyvolá nutnosť prechodu trasy územím, čo bude mať negatívne dopady na životné prostredie, vrátane chránených území, ktoré sú iba ťažko odôvodniteľné.

Dôjde k negatívnemu ovplyvneniu životného prostredia v mestskej časti Rača.

Dôjde k významnému negatívnemu ovplyvneniu životného prostredia v obci Borinka.

Realizácia dvoch tunelov bude oveľa ťažšia vzhľadom na neprístupný terén a zložité geotechnické pomery, najmä v priortálových úsekoch.

Stavba vyvolá rozsiahle prekládky významných energetických sietí, ktoré budú mať vplyv na celý región.

Trvalé zábery sú celkovo o 30 ha väčšie; u poľnohospodárskeho pôdneho fondu o 16,5 ha, u chránených viníc o 9 ha.

Trasa vyvolá väčší rozsah demolácií, vrátane demolácií obytných budov v Borinke.

Prebytok 750 000 m³ rúbaniny bude treba odvieŕať a uložiť na skládku.

Z vyššie uvedených záverov jednoznačne vyplýva, že projektant odporúča pre spracovanie ďalších stupňov projektovej dokumentácie variant 2 s jedným dlhým dvojtrubovým tunelom.

ZÁVER

Úlohou spracovateľa technickej štúdie bolo preskúmať okrem variantov s dlhým tunelom aj varianty skracujúce tunel popod Karpaty. Výsledkom porovnania je skutočnosť, že kratší tunel, resp. kratšie tunely prepojené úsekmi v zárezoch vôbec nemusia byť výhodnejšie ako jeden dlhý tunel. A to neplatí iba v tomto prípade. Preto pevne verím, že tunel Karpaty sa stane najdlhším diaľničným tunelom na Slovensku, pričom na jeho vyrazenie sa použije TBM. Iba potom si budeme môcť na Slovensku povedať, že po úspešnej maturite sme zložili aj tunelárske štátnice a definitívne sa zaradíme medzi tunelárske veľmoci.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
 AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.

Recenzovala: Ing. Viktória Chomová

SELECTION OF THE MOST SUITABLE VARIANT

The route of the *variant 2* leads along a corridor which is well stabilised in the long term and which was modified in the framework of the engineering study in terms of the requirements of the transportation solution for the district of Rača and the location of the portals. The corridor runs at a sufficient distance from existing buildings. It will be possible to eliminate noise loading exceeding limits by means of noise control measures. The effects on the atmosphere, water conditions, mineral and natural sources and the landscape are, owing to the considerate location of the route, which corresponds to the surface topography, are acceptable. From the viewpoint of the effects on the living nature and nature preservation institutes (e.g. Natura 2000), the *variant 2* gets into contact with valuable biotopes on the border of a natural reserve found NE of Rača. In addition, protected vineyards will be damaged by this variant. On the western end of the Small Carpathians, this collision is less significant.

The *Variant 3* runs along an absolutely new corridor and gets close to the residential development of the Rača district and the municipality of Borinka. Demolition of family houses will be necessary and noise pollution will affect other new areas. The complexity of the design will significantly affect the ground water conditions, ground conditions, atmosphere and, above all, the landscape. Valuable biotopes of the Small Carpathians, together with protected species will be significantly affected not only on the eastern edge (by a substantial increase in the length of the route passing along the nature reserve and interference with the interior of both nature reserves which will be caused by the construction of the eastern portal of the tunnel 3-I together with induced diversions of roads and a stream) but also, newly, in the Stupava Brook valley. The loads acting on the area in the above-mentioned parts will be further aggravated by relocations of utility networks which will be necessary (HV, high-pressure pipelines).

The main disadvantage of the variant 3 compared with variant 2

The route of the variant 3 is at variance with regional land-use plans.

Economic comparison did not prove that it is substantiated because the difference between the construction costs is minimum.

The route is longer by about 1130m, which fact, combined with the difference in elevation greater by 33m, means higher operating costs.

The reduction in the length of the Karpaty tunnel will give rise to the necessity for the route to pass across woodlands, which fact will negatively affect the environment, including nature reserves, which are difficult to justify.

The environment in the Rača district will be negatively affected.

The environment in the Borinka district will be significantly negatively affected.

The construction of two tunnels will be much more difficult with respect to the inaccessible terrain and difficult geotechnical conditions, most of all in the portal sections.

The construction will require extensive relocations of important utility networks, which will influence the entire region.

The plan area of the works is larger by 30% in total: the agricultural land area by 16.5 hectares, protected vineyards area by 9 hectares.

The route will require greater extent of demolition, including demolition of residential buildings in Borinka.

The excessive 750,000 m³ of muck will have to be removed and deposited to a stockpile.

It explicitly follows from the above-mentioned conclusions that the designer recommends that the further design stages be developed for the variant 2, with a single, long, twin-tube tunnel.

CONCLUSION

The task of the author of the engineering study was to examine not only the long tunnel variant, but also the variants which reduce the length of the tunnel under the Carpathians. The comparison results in the conclusion that the shorter tunnel or shorter tunnels which are connected by sections of the motorway in open cuts do not necessarily have to be more advantageous than a single long tunnel. This conclusion is applicable not only to this case. Therefore, I firmly believe that the Karpaty tunnel will become the longest motorway tunnel in Slovakia and it will be driven by TBMs. Only then will we be able to say in Slovakia that, after gaining a school leaving certificate, we have managed to get a degree in tunnelling and rank among tunnelling Great Powers.

ING. MARTIN BAKOŠ, Ph.D., mbakos@amberg.sk,
 AMBERG ENGINEERING SLOVAKIA, s. r. o.