

TUNEL TURECKÝ VRCH – SANÁCIA KRASOVÝCH JAVOV

TURECKÝ VRCH RAILWAY TUNNEL – REDEVELOPMENT OF KARST PHENOMENA

Tomáš Molčan¹
František Teták²

ABSTRAKT

Železničný tunel Turecký vrch bol realizovaný v období IX/2009 až IV/2013 ako súčasť modernizácie železničnej trate Nové Mesto nad Váhom – Púchov, žkm 100,500 – 159,100 pre traťovú rýchlosť do 160 km/h. Tunel prekonáva masív Tureckého vrchu, ktorý je v prevažnej miere budovaný pevnými dolomitmi a vápencami. Počas prác geotechnického monitoringu bol zaznamenaný výskyt krasových javov. Predkladaný článok poukazuje na práce súvisiace s dokumentáciou a vymapovaním krasových javov v dne tunelovej rúry a spôsoby ich sanácie.

ABSTRACT

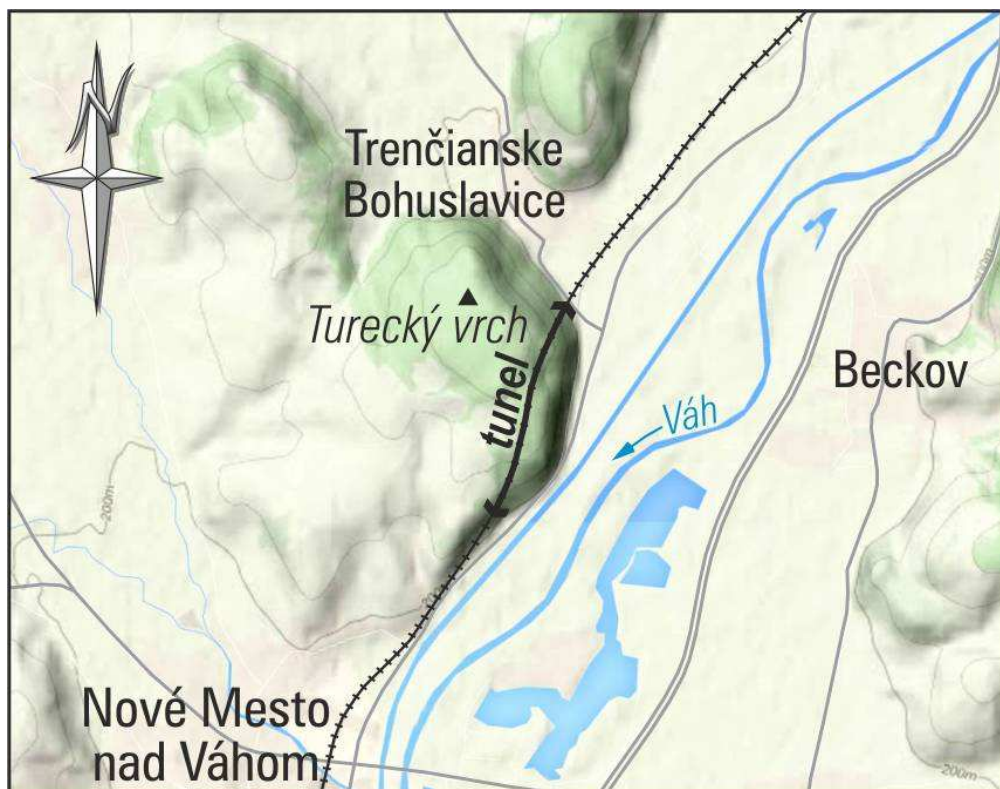
Turecký vrch railway tunnel was realized for a period since IX/2009 to IV/2013 as part of the modernization of the railway line Nové Mesto nad Váhom - Púchov railway km 100.500 to 159.100 for the line speed to 160 km/h. Tunnel overcomes Turecký vrch massive, which is mostly built by solid dolomite and limestones. During the geotechnical monitoring was recorded occurrence of karst phenomena. The article describes the work related to documentation and mapping of karst phenomena in the tunnel tube, and methods of redevelopment.

1 Krasové javy zaznamenané počas inžinierskogeologického prieskumu

Masív Tureckého vrchu je budovaný mezozoickými horninami hronika, pričom v jeho južnej časti majú prevahu wettersteinské vápence. Stredná časť je tvorená prevažne dolomitmi a severný úsek je opäť budovaný vápencami. Na uvedené horninové súvrstvia sú v okolí Nového Mesta nad Váhom viazané rôzne krasové útvary. Z uvedeného dôvodu sa krasovým javom venovala zvýšená pozornosť už počas inžinierskogeologického prieskumu pre tunel Turecký vrch. Zdokumentované krasové javy v oblasti južného portálu boli viazané na obnažený skalný podklad, kde sa nachádzalo množstvo škrap v rôznom stupni vývoja. Jednalo sa tu predovšetkým o korozívny typ krasu, ktorý bol viazaný na priebežné systémy diskontinuít. Zistené tu boli menšie i väčšie závrty. V trase tunela boli krasové podpovrchové fenomény overené vrtmi VT-1 a VT-2. Vo vrte VT-1 boli narazené tri významnejšie kaverny v hĺbkach 56,1 – 56,7 m, 61,4 – 62,2 m a 97,5 – 99,2 m. Vo vrte VT-2 bola v hĺbke 94,2 – 98,9 m zdokumentovaná kaverna výšky až 4,7 m. Všetky navrtané kaverny boli vyplnené červenohnedým piesčitým morským ílom.

¹ RNDr. Tomáš Molčan, GEOFOS, s.r.o., Veľký diel 3323, 010 08 Žilina, e-mail: tommolcan@gmail.com

² Mgr. František Teták, PhD., Vavrečka 270, 029 01 Námestovo, frantisek.tetak@gmail.com



Obr. 1 Lokalizácia tunela Turecký vrch
Fig. 1 Location of Turecký vrch tunnel

V záveroch inžinierskogeologického prieskumu sa upozorňuje na zvýšenú možnosť výskytu krasových javov v úrovni tunelovej rúry a to hlavne v úsekoch budovaných vápencami. V úsekoch budovaných dolomitmi sa predpokladalo že krasovatenie môže byť viazané najmä na tektonicky porušené zóny. Tiež bolo upozornené na skutočnosť, že krasové javy môžu byť sprevádzané zvýšenými prítokmi podzemnej vody a výskytom väčšieho množstva ílových minerálov prítomných vo výplni kaverien.

Na základe uvedených záverov bola uvedenej problematike venovaná zvýšená pozornosť i počas razenia tunelovej rúry a sanácia krasových javov bola vyčlenená ako samostatný stavebný objekt.

2 Krasové javy zistené počas razenia tunelovej rúry v rámci prác geotechnického monitoringu

Počas priebežnej geologickej dokumentácie jednotlivých záberov bol výskyt krasových javov potvrdený. Jednalo sa predovšetkým o kaverny viazané na systémy priečných a pozdĺžnych porúch vo wettersteinských vápencoch. Najviac prejavov krasovatenia bolo zistených v úseku od južného portálu po staničenie cca 290,0 tm. Kaverny zasahovali až pod dno tunelovej rúry, šírka bola premenlivá, od cca 0,3 až do 1,5 m. Výplň bola ílovito piesčitá okrovohnedej až červenohnedej farby a lokálne boli prítomné i povlaky sintrov (obr. 2). Miestami v nej boli zistené obliaky tvorené granitoidnými horninami, čo svedčí o roztvorení horninového masívu počas zarezávania sa vážskeho údolia.



Obr. 2 Vrstva sintru na okraji krasovej kaverny v staničení 321,8 tm
Fig. 2 Sinter layer on the edge of karst cavern in stationing 321.8 tunnel m

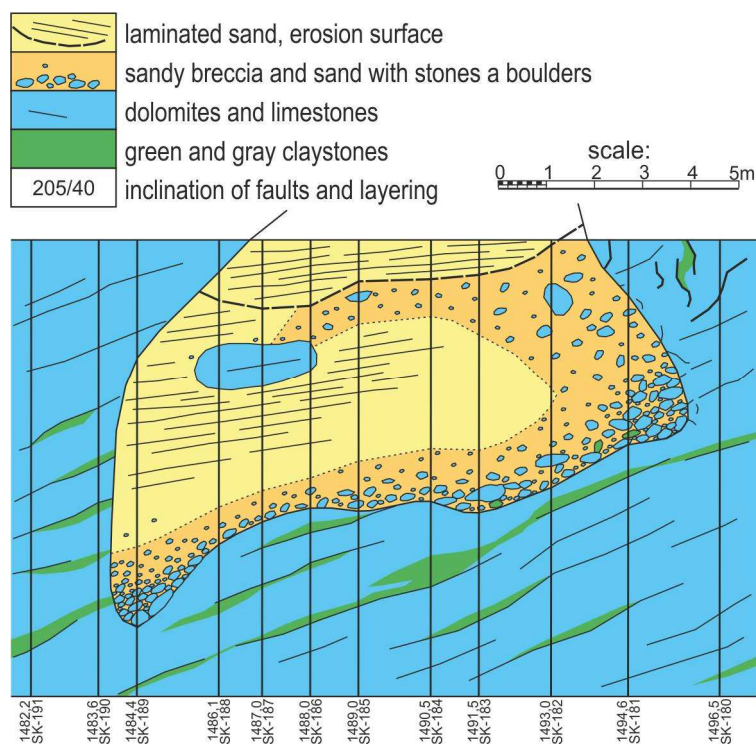
V dvoch úsekoch, v staničení 1590,5 tm a v staničení 1587,8 tm (obr. 3) v smere od severného portálu bol zaznamenaný výskyt otvorených, nevyplnených kaverien resp. „jaskynných priestorov“ nepravidelného tvaru.



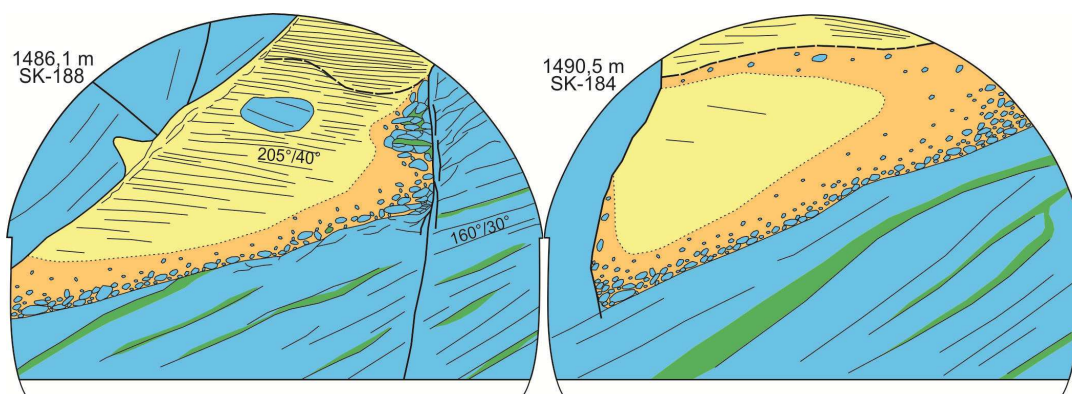
Obr. 3 Otvorená krasová dutina v dne kaloty v staničení 1587,8 tm
Fig. 3 Karst cavity opened at the top heading of the stationing 1,587.8 tunnel m

Najvýznamnejším fenoménom poukazujúcim na krasovatenie masívu Tureckého vrchu bola veľká kaverna resp. jaskynný priestor v úseku 1483,6 tm až 1496,5 tm. Zachytená bola v jedenástich čelbách. Dĺžka kaverny bola 15 m, jej maximálna šírka 10 m a výška presahovala 9 m. Dno kaverny bolo založené najmä na puklinách vrstevnatosti

s prevládajúcim smerom 160/30°. Predispozíciou pre steny boli pukliny zlomov predovšetkým s orientáciou 170/80° a 210/40°. Výplň tvorili bloky, brekcie a piesky výlučne z karbonátov, ktoré tvoria masív Tureckého vrchu. Na dne kavernej vystupovali karbonátové brekcie. Nad nimi prevládali výrazne laminované piesky. Vo vyššej časti kavernej boli padnuté bloky zo stien kavernej a v laminovaných pieskoch erózia vyhlbila koryto neskôr tiež vyplnené pieskami (obr. 4 a 5). Hornina bola len čiastočne litifikovaná (dala sa rýpať prstom). Chudobná sintrová výzdoba bola v kaverne pozorovaná len na jednom mieste. Neboli pozorované žiadne kvaple ani in situ ani v úlomkoch. Kvôli sťaženým podmienkam razenia bola výplň kavernej venovaná zvýšená pozornosť. Vďaka tomu bola skrátená dĺžka záberu na 1 až 1,5 m. Podrobnejšie výplň a genézu tejto kavernej opísal Teták (in press).



Obr. 4 Interpretácia kavernej vo vertikálnom reze osou tunela
Fig. 4 Interpretation of cavern in vertical section of the tunnel axis



Obr. 5 Príklady čelieb v staničení 1486,1 tm a 1490,5 tm
Fig. 5 Cavern reached by top headings 1,486.1 tm a 1,490.5 tm



Obr. 6 Piesková a brekciová výplň kaverny (1486,1m, SK-188). V hornej časti je zreteľná laminovaná výplň po erózii. V prostrednej časti vyčnieva kamenný blok.

Fig. 6 Sandy and breccia filled cavern (1,486.1 m, SK-188). On top of top heading is obvious erosion filled by the laminated sand. In the middle of the section is situated carbonate block.

Na základe uvedených skutočností vznikol predpoklad, že dokumentované kaverny a krasové javy majú dosah až pod dno tunelovej rúry resp. pod úroveň pevnej jazdnej dráhy. O uvedenej skutočnosti bol oboznámený projektant stavby. Po vzájomnej dohode medzi zástupcami geotechnického monitoringu, projektanta, zhotoviteľa a stavebného dozoru bol vypracovaný návrh sanácie krasových javov, ktorý bol následne schválený a realizovaný.

3 Spôsob sanácie krasových javov

Projektantom bol navrhnutý variantný spôsob sanácie krasových javov a to jednak podľa ich rozsahu a tiež podľa situovania vzhľadom k tunelovej rúre.

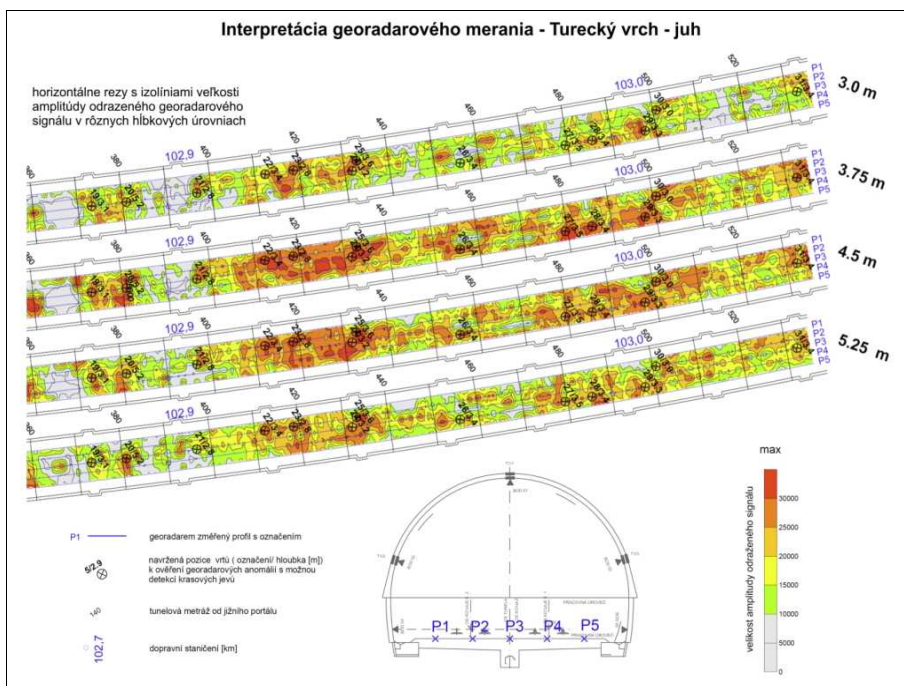
3.1 Sanácia krasových javov pod dnom tunelovej rúry

Samostatnú pozornosť si vyžiadala sanácia možných krasových javov v úrovni cca 2 – 5 m pod úrovňou dna tunelovej rúry resp. pevnej jazdnej dráhy. Na zistenie prítomnosti krasových javov v uvedenej úrovni bola zvolená geofyzikálna metóda georadarového merania. Princíp uvedeného merania spočíva vo vysielaní vysokofrekvenčného elektromagnetického impulzu a jeho odrazu v miestach zmeny horninového prostredia, ktorý sa potom spätne zachytí na pripojenú aparatúru. Merania sa vykonávali v piatich pozdĺžnych rovnobežných profiloch v troch etapách: pre južný úsek, stredný úsek a severný úsek tunelovej rúry (obr. 7). Výsledkom meraní boli pôdorysné rezy v rôznych hĺbkových úrovniach, v ktorých boli zaznamenané miesta s tektonickým porušením a predpokladom výskytu kaverien (obr. 8). V týchto miestach boli potom následne navrhnuté overovacie (injekčné) vrty aj s požadovanou hĺbkou.

Všetky vrty boli zdokumentované, pričom sa hlavne zaznamenávala prítomnosť kaverien, tektonicky porušených úsekov, ílovitá výplň, výnos jadra a RQD. Celkovo bolo odvrátených 62 vrtov s celkovou dĺžkou 278,9 m. Prehľad realizovaných vrtov pre jednotlivé etapy je v tabuľke 1.



Obr. 7 Georadarové merania vykonávané v dne tunelovej rúry
Fig. 7 Georadar measurements carried out on the tunnel tube bottom



Obr. 8 Príklad interpretácie georadarového merania
Fig. 8 Example of georadar measurements interpretation

Tabuľka 1 Prehľad overovacích – injektážnych vrtov pre jednotlivé etapy

Table 1 Overview of check injection boreholes for each stage

etapa	Úsek (tm)	Počet vrtov	Celková dĺžka (m)	Vrty s overenými kavernami	Vrty s predpokladanými kavernami
I.	120 - 535	31	137,5	6	8
II.	1098 - 1669	16	68,9	2	3
III.	520 - 1109	15	72,5	7	-

Následne prebehlo injektovanie kaverien a poruchových zón pod dnom tunelovej rúry prostredníctvom injektážnych vrtov. Celkovo bolo na injektovanie použité 22 642 litrov injektážnej zmesi.

3.2 Sanácia krasových javov v dne tunelovej rúry

Spôsob sanácie krasových javov v dne tunelovej rúry bol navrhnutý vzhľadom na ich rozsah a priebeh. Na základe zisteného charakteru krasových javov resp. tektonického porušenia počas geologickej dokumentácie kaloty a stupňa tunelovej rúry bolo porušenie horninového masívu rozdelené na 4 typy:

I. typ – jednotlivé poruchy mocnosti do 20 cm s výplňou ílovito – piesčitou;

II. typ – systém porúch mocnosti do 20 cm so vzdialenosťou cca 0,5 – 1,0 m, v okolí s porušeným – rozpukaným materiálom;

III. typ – jednotlivé poruchy mocnosti do 0,8 – 1,0 m s výplňou ílovito – piesčitou;

IV. typ – jednotlivé poruchy mocnosti nad 1,0 m s výplňou ílovito – piesčitou.

Projektant potom navrhol spôsob sanácie pre jednotlivé typy porušenia. I. až III. typ bol sanovaný tzv. premostením, horninový masív sa v blízkosti poruchy a poruchovej zóny vyšramoval do hĺbky cca 0,3 m do uvoľneného priestoru sa vložila KARI sieťovina tak, aby bola kaverna resp. porucha prekrytá a sieť uložená na zdravom horninovom materiáli a celý priestor sa vyplomboval liatym betónom. Typ IV a úseky s početným výskytom kaverien resp. tektonických porúch boli sanované vybudovaním protiklenby a následne vyplnením liatym betónom (obr. 9). Takýmto spôsobom boli upravené bloky v staničení 0,0 až 100,0 tm, 150,0 až 200,0 tm, 240,0 až 290,0 tm a 380,0 až 390,0 tm v smere od južného portálu.

3.3 Sanácia krasových javov v zárubnej stene

Posledným typom sanácie krasových javov bola sanácia otvorených dutín a kaverien zistených pri dokumentácii odkopov zárubnej steny v oblasti južného portálu (obr. 10). Jednotlivé kaverny a dutiny boli z povrchu cez zistené otvory zainjektované. Celkovo bolo na sanáciu použité 1802 litrov injektážnej zmesi.



Obr. 9 Kaverna vyplnená ílovitou výplňou v dne tunelovej rúry (280,0 až 290,0 tm)
Fig. 9 Cavern filled with clay in the bottom of the tunnel tube (280.0 till 290.0 tunnel m)



Obr. 10 Kaverny prítomné v zárubnej stene viazané na systémy diskontinuit
 Fig. 10 Caverns present in the breast wall bound to the discontinuities systems

4 Záver

Tunelové stavby razené v prostredí mezozoických hornín, predovšetkým vápencov môžu byť často doprevádzané prítomnosťou krasových javov. Uvedené spôsoby diagnostikovania priebehu krasových javov, ich dokumentácia a sanácia sú príkladom toho, ako možno uvedené problémy spojené s prítomnosťou krasových javov riešiť a tak zabezpečiť bezpečnú a plynulú výstavbu i v problémových územiach.

5 Zoznam použitej literatúry

- Matejček, A. a kol., 2003: Tunel Turecký vrch – záverečná správa z orientačného IG prieskumu. GEOFOS, s.r.o. Žilina.
- Nedvěd, J., 2010: Zpráva o provedeném georadarovém měření na počvě tunelu Turecký vrch – jih v tunelové metráži 120 – 535 m. ARCADIS Geotechnika a.s.
- Teťák, F., (in press): 3D analysis of cave sediments (Turecký vrch hill, Slovakia). Slovenský kras.