

ÚLOHA GEOTECHNICKÉHO MONITORINGU A INŽENÝRSKO- GEOLOGICKÉ DOKUMENTACE V RÁMCI VÝSTAVBY ÚSEKU DÁLNICE D3 ŽILINA (STRÁŽOV) - ŽILINA (BRODNO)

THE ROLE OF GEOTECHNICAL MONITORING AND GEOLOGICAL DOKUMENTATION WITHIN THE CONSTRUCTION OF MOTORWAY SECTION D3 ŽILINA (STRÁŽOV) - ŽILINA (BRODNO)

**Jiří Tlamsa¹
Václav Veselý²
Anna Vojtěchovská³**

ABSTRAKT

Nově budovaný úsek dálnice D3 Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno) představuje rozsáhlou stavbu zahrnující 2,2 km dlouhý tunel Považský Chlmec ražený metodou NRTM a dvě estakády s délkou 1,5 a 0,4 km přes Hričovskou přehradu a Kysuci. Vzhledem k náročnosti stavebních konstrukcí a složitým geologickým podmínkám v podobě tektonicky postižených hornin bradlového pásma se realizace stavby neobejde bez komplexního geotechnického a hydrogeologického monitoringu. V rámci jednotlivých stavebních objektů tohoto nového úseku dálnice D3 bylo v mnoha případech názorně ukázáno, že přínos geotechnické činnosti na takovémto typu stavby spočívá jak v zajištění celkové bezpečnosti výstavby, tak zejména její adaptaci na zastižené geologické poměry odrážející se v jejím urychlení a snížení nákladů.

ABSTRACT

The newly built section of the D3 motorway Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno) represents a large construction involving 2.2 km long tunnel Považský Chlmec excavated by the NATM and two scaffold bridges with a length of 1.5 and 0.4 km across the dam Hričov and the river Kysuca. Due to the complexity of structures and complicated geological conditions in the form of tectonically affected rock mass, the implementation of the project is not possible without a comprehensive geotechnical and hydrogeological monitoring. Within individual construction objects of this new section of motorway D3 in many cases it was clearly shown, that the benefits of geotechnical activities on such a type of construction involves both ensuring the overall safety of construction, and especially its adaptation to encountered geological conditions reflected in its acceleration and cost reduction.

¹Mgr. Jiří Tlamsa, ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, tel.: +420 602 209 314, e-mail: Jiri.Tlamsa@arcadis.cz

²Ing. Václav Veselý, PhD., ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, tel.: +420 724 133 390, e-mail: Vaclav.Vesely@arcadis.cz

³Mgr. Anna Vojtěchovská, PhD., ARCADIS CZ a.s., divize Geotechnika, Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, tel.: +420 725 349 003, e-mail: Anna.Vojtechovska@arcadis.cz

1 Základní informace o projektu výstavby

Nově budovaný úsek dálnice D3 Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno) je součástí prioritního tahu D1 a D3 v trase Bratislava - Trenčín - Žilina - Skalité. Jeho úvodní část tvoří 1,5 km dlouhá estakáda se dvěma samostatnými mosty pro každý směr, která po překlenutí vodní nádrže Hričov přechází do tunelu Povážský Chlmec. Vyústění dálnice z tunelu pokračuje 0,4 km dlouhou estakádou přes řeku Kysucy. Tunel Povážský Chlmec o celkové délce 2,2 km je navrhnutý jako tunel se dvěma stejnými tunelovými rourami o dvou jízdních pruzích. Ražba tunelu včetně několika propojek je prováděna metodou NRTM jak z definitivních portálů v místě napojení na mostní objekty, tak i z dočasných portálů nacházejících se přibližně ve středu tunelu v samostatné stavební jámě. Specifikem projektu výstavby tunelu je rovněž využití technologie ražby pod zastropením – tzv. želva. Stavební práce na tomto úseku dálnice D3 byly zahájeny v květnu 2014. Termín zprovoznění je naplánován na červen roku 2017. Přehledná situace nového úseku dálnice s vyznačením jednotlivých stavebních objektů je uvedena na obr. 1.



Obr. 1 Přehledná situace stavby s vyznačením jednotlivých stavebních objektů.

Fig. 1 Construction site layout showing individual construction objects.

2 Geologické poměry zájmového území

Převážná část trasy budované dálnice prochází horninovým prostředím s poměrně pestrá a komplikovanou strukturně-geologickou stavbou. Ražba tunelového komplexu i zakládání přilehlých mostních objektů je realizována v prostředí zvrásněných křídových sedimentárních hornin pieninského bradlového pásma v podobě nepravidelného střídání různě mocných poloh exotických polymiktních slepenců s vápnito-písčitém a jílovito-slitiným tmelem (obr. 2), jemně až hrubě zrnitých pískovců, prachovců a jílovců (obr. 3). Z pohledu geotechnických vlastností a tedy i podmínek výstavby se tyto jednotlivé horninové typy významně odlišují zejména svou pevností, četností a charakterem přítomných diskontinuit (v podobě vrstevních ploch, systémů puklin i tektonických poruch), náchylností k zvětrávacím procesům nebo propustností.



Obr. 2 Polymiktní slepence s vápnito-písčitým tmelem s vysokou pevností a odolností vůči
zvětrávání (vlevo); slepence s jílovito-slinitým tmelem s polohami slínovců (vpravo).

Fig. 2 Polymict conglomerates with calcareous-sandy cement with high strength and resistance
to weathering (left); conglomerates with clayey-silty cement with layers of marlstones (right).

Horninový masiv je na mnoha místech prostoupen tektonickými poruchami různého řádu, které se v rámci geotechnických podmínek výstavby projevují nepravidelným střídáním horninových bloků odlišných geotechnických vlastností a celkovým oslabením horninového masivu (tj. výrazné podrcení a provrásnění, vyšší míra zvětrání, intenzivnější přítoky podzemní vody atd.). Křídové sedimentární horniny bradlového pásma jsou v prostoru nové trasy dálnice zvrásněny s generelním úklonem vrstev mezi 30-60° směrem k SSV. Zejména v blízkosti významnějších tektonických poruch a poruchových pásem však může být orientace a sklon vrstevních ploch velmi proměnlivá.



Obr. 3 Deskovité až lavicovité pískovce se střední až vysokou pevností (vlevo); tenké
deskovité polohy slabě vápnitých prachovců až jílovců nízké pevnosti (vpravo).

Fig. 3 Thick layers of sandstones with medium to high strength (left); thin layers of slightly
calcareous siltstones and claystones with low strength (right).

Kromě křídových hornin výstavba probíhá také v prostředí kvartérních pokryvných útvarů různé geneze, mocnosti a geotechnických vlastností. Na svazích v prostoru portálových úseků tunelů se nacházejí poměrně mocné polohy deluviálních a deluvio-proluviálních sedimentů, které představují svahovými pohyby přemístěné zvětraliny podložních hornin. Zrnitostní složení a celková mocnost těchto uloženin může být značně proměnlivá a je přímo závislá na délce i charakteru transportu, morfologické pozici a litologii původní horniny. Zastoupeny jsou tak písčítokamenité a jílovitokamenité sutě i hlinité písky a jíly s variabilním podílem

úlomků a valounů (obr. 4). V oblasti středových portálů tunelu, které se zčásti nacházejí v prostoru koryta původního potoka, se vyskytují také poměrně heterogenní polohy fluvialních uloženiny. V rámci stavebních prací v oblasti západního portálu ve svahu nad korytem řeky byly zastiženy rovněž nepravidelné polohy terasových písčitých štěrků (obr. 4).



Obr. 4 Jílovito-kamenité svahoviny zastižené při hloubení středové jámy (vlevo), terasové písčité štěrky zastižené při hloubení jámy západního portálu (vpravo).

Fig. 4 Clayey-gravelly deluvial sediments encountered during the excavation of the central pit (left); terrace sandy gravels encountered during the excavation of the western portal (right).

V prostoru nového úseku dálnice se vzhledem ke geologickým poměrům vyskytují tři základní obzory podzemní vody, jejichž vydatnost a charakter proudění je dán hydraulickými a hydrogeologickými vlastnostmi daného prostředí. Nejvydatnější zvědeň představují písčité a štěrkovité sedimenty vodotečí s průlinovou propustností (obr. 5). Méně významný obzor podzemní vody deluviálních a deluvio-proluviálních sedimentů se nachází zpravidla v jejich bazálních hrubozrnných polohách, případně v prostoru morfologických depresí a erozních rýh s intenzivnějším prouděním vody. U křidových hornin se jedná o prostředí s puklinovou propustností, kde se výraznější vydatnost nachází jen ve svrchních zvětralých a rozvolněných partiích horninového masivu. Ve větších hloubkách jsou pak intenzivnější přítoky podzemní vody vázané zpravidla jen na polohy silněji rozpukané horniny a tektonické poruchy (obr. 5).



Obr. 5 Severovýchodní část středové jámy s intenzivními přítoky z poloh kvartérních uloženin (vlevo); přítoky podzemní vody ze zvodnělých puklin při dobírce stupně (vpravo).

Fig. 5 The north-eastern part of the central pit with intense inflows from quaternary sediments (left); groundwater inflows from water-bearing fractures during the bench excavation (right).

V rámci projekční přípravy celé stavby bylo s ohledem na její parametry provedeno několik etap geologicko-průzkumných prací. Vzhledem k charakteru horninového prostředí (nepravidelné střídání odlišných litologických typů hornin, častý výskyt tektonických poruch), limitovanému rozsahu a metodice průzkumných prací (omezený počet vrtů, nepřístupný terén, geofyzikální měření) je však velmi obtížné zejména v případě tunelu s vysokým horninovým nadložím (místa více jak 100 m) v celé jeho trase přesně určit inženýrskogeologické a hydrogeologické poměry. V průběhu výstavby jednotlivých stavebních objektů (ražeb tunelů, hloubení portálových jam i zakládání mostů) se tak mohou vždy ve větší či menší míře zastihnout odlišné geotechnické podmínky, než ty původně průzkumem předpokládané. Pro zajištění ekonomiky a maximální bezpečnosti výstavby proto musí být realizační projekt a celá výstavba schopná vždy operativně reagovat na skutečně zastižené podmínky.

3 Geotechnický monitoring a inženýrskogeologická dokumentace

Od zahájení výstavby nového úseku dálnice D3 je obdobně jako u jiných takto rozsáhlých a náročných staveb prováděn komplexní geotechnický a hydrogeologický monitoring. Základním úkolem této činnosti je jednak sledovat negativní vliv stavby na okolní horninové prostředí a stávající objekty povrchové zástavby, a jednak sledovat chování nových stavebních konstrukcí a jejich interakci s okolním horninovým prostředím. Metodika a rozsah geotechnického monitoringu odpovídá typu a náročnosti jednotlivých stavebních objektů i zastiženým geotechnickým podmínkám. V průběhu výstavby je pak činnost monitoringu dle potřeby přizpůsobována jak změnám v realizačním projektu a postupu výstavby, tak i vzniklým geotechnickým problémům.



Obr. 6 Sledování vlivu stavby na pokles hladiny podzemní vody v oblasti východního portálu tunelu (vlevo); dokumentace zahájení ražeb ze středového portálu (vpravo).

Fig. 6 Monitoring of changes in groundwater levels in the area of the eastern portal (left); documentation of the excavation commencement from the central portal pit (right).

Sledování odezvy horninového masivu na provedení zásah v podobě výkopových prací a ražeb je prováděno pomocí inklinometrického a extenzometrického měření ve vrtech (z povrchu i podzemí), konvergenčního měření výrubů nebo geodetickým sledováním povrchu terénu v prostoru poklesových kotlin a svahů výkopů hloubených objektů. Vliv stavby na změnu hydrogeologických poměrů (tj. změny úrovně hladiny a režimu proudění podzemní vody) je sledován pomocí pozorovacích hydrogeologických vrtů (obr. 6). Monitoring trvalých i dočasných stavebních konstrukcí a jejich interakce s okolním prostředím je prováděn pomocí geodetického měření (sledování deformací pilotových a záporových stěn, vyztužených svahů stavebních jam nebo jednotlivých pilířů estakád), měření

kotevních sil, zatěžovacích zkoušek pilot nebo sledováním změn napětí ostění tunelů a tlaku okolní horniny na ostění pomocí tenzometrů a tlakových podušek. Negativní vliv stavby na objekty povrchové zástavby v podobě stávajících komunikací, inženýrských sítí, obytných objektů nebo sloupů vysokého napětí je sledován formou geodetického měření (trigonometrické měření, přesná nivelace, laserové 3D skenování), monitoringem vzniku a progresu možného porušení budov nebo kontinuálním měřením seismických účinků od trhacích prací.

Důležitým úkolem geotechnického monitoringu je rovněž ověřování předpokladů provedených geologických průzkumných prací formou podrobné dokumentace skutečně zastižených inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů (tj. dokumentace ražeb tunelů (obr. 6), hloubení stavebních jam a zářezů přístupových cest, dokumentace vrtů pro potřeby monitoringu nebo vrtů pro piloty, zápory a kotvy). Výstupy geologické dokumentace pak společně s výsledky ostatních monitorovacích metod především umožňují operativně přizpůsobovat projekt i technologii výstavby zastiženým podmínkám. Příklady využití geotechnického monitoringu a inženýrskogeologické dokumentace v rámci jednotlivých typů stavebních objektů nového úseku dálnice jsou podrobně uvedeny v následujících kapitolách.

3.1 Hloubené stavební objekty

Přínos výsledků jednotlivých činností geotechnického monitoringu, zejména pak inženýrskogeologické dokumentace, byl nejlépe ilustrován v případě realizace a zajišťování stavební jámy v oblasti portálů ve střední části tunelu. Vzhledem k omezenému počtu průzkumných sond v prostoru projektované stavební jámy (dáno nepřístupností původnímu terénu – velmi strmé a zalesněné svahy) bylo po odlesnění v místě budoucích portálů provedeno několik kopaných sondy, pomocí nichž byla ověřena mocnost a charakter kvartérních pokryvných útvarů a horninového podloží. K upřesnění inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů zde byla dobře využita i dokumentace souběžně prováděných inklinometrických a hydrogeologických vrtů (obr. 7). Na základě nově zjištěných informací o geotechnických podmínkách výstavby byla původně svahovaná jáma upravena na jámu zajištěnou zčásti svahováním (boční svahy) a zčásti záporovým pažením (portálové stěny).



Obr. 7 Realizace monitorovacích vrtů a kopaných sond v prostoru středové jámy.

Fig. 7 Implementation of monitoring boreholes and trial pits in the central pit area.

Informace o inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrech v místě budoucích portálů byly po zahájení samotné výstavby dále upřesňovány v rámci dokumentace vrtů pro jednotlivé zápory. Na základě výstupů této dokumentace se v místě záporových stěn podařilo poměrně přesně určit mocnost a charakter kvartérních pokryvných útvarů (deluviální a

proluviální sedimenty, fluviální uloženiny potoka), rozsah jednotlivých litologických typů hornin (slepence, pískovce, slínovce), dosah zóny zvětření a rozvolnění horninového podloží nebo přítomnost a intenzitu přítoků podzemní vody. V případě záporové stěny východního portálu jižní tunelové roury a západního portálu severní tunelové roury bylo navíc vzhledem k zastižení masivních slepenců vysoké pevnosti (obr. 8) na základě geologické dokumentace u velkého počtu zápor přistoupeno k jejich zkrácení.



Obr. 8 Dokumentace vrtů pro záporové a lanové kotvy pro zajištění stěn středové jámy.

Fig. 8 Documentation of boreholes for braced timbering and cable anchors of the pit walls.

V průběhu postupného hloubení středové jámy byla následně prováděna kontinuální dokumentace zastižených zemin a hornin nebo přítoků podzemní vody, která vedla k dalšímu upřesnění geotechnických podmínek výstavby. Informace o horninovém prostředí v blízkém okolí jámy (mocnost kvartérních zemin, dosah zvětřené a rozvolněné zóny podloží, přítoky podzemní vody) byly částečně získávány i v rámci dokumentace vrtů pro kotvy záporových stěn (obr. 8) i vrtů pro hřebíky ve svahované části. Výstupy této dokumentace byly cenné zejména v prostoru portálů jednotlivých tunelových rour – pro návrh dočasného zajištění svahů v místě budoucího výrubu nebo pro optimalizaci zajištění úvodního úseku ražby. V případě realizace záporových stěn bylo na základě výsledků geologické dokumentace prováděno jednak standardní pažení pomocí dřevěných trámů, nebo při zastižení neztvrdělé a neporušené horniny zajišťování stěn pomocí ocelových sítí a stříkaného betonu (obr. 9).



Obr. 9 Dokumentace hloubení středové jámy (vlevo); stěna východního portálu jižní tunelové roury zajištěna záporovým pažením i betonovým zástříkem (vpravo).

Fig. 9 Documentation of the central pit excavation (left); the eastern portal wall of the south tunnel tube supported by wooden beams and shotcrete.

Výsledky geotechnického monitoringu v podobě sledování odezvy horninového masivu na stavební zásah a jeho interakce s vytvořenými stavebními konstrukcemi ve většině případů potvrdily očekávaný vývoj deformací a tím i správnou volbu projektovaného řešení realizace a zajištění jámy. Pouze v ojedinělých případech bylo na základě zjištění nežádoucí velikosti a trendu deformací přistoupeno k úpravě projektu zajištění jámy. Takovýmto případem byla sanace přístupové cesty prováděné formou hlubokého a poměrně strmého zářezu v prostředí fluvialních náplavů původního potoka i antropogenních navážek značně nepříznivých geotechnických vlastností. Po porušení části již zajištěného svahu (obr. 10) a progresu deformací v jeho neporušené části bylo přistoupeno k navýšení počtu výztužných prvků v podobě dostatečně dlouhých hřebíků, ocelových sítí a stříkaného betonu.



Obr. 10 Poškozený svah zářezu přístupové cesty a jeho dodatečné zajišťování.

Fig. 10 Damaged slope of the access road and its additional reinforcement.

Výstupy inženýrskogeologické dokumentace a geotechnického monitoringu byly dobře využity také v případě východního a západního portálu tunelu. U západního portálu byla pro upřesnění geotechnických podmínek výstavby v první fázi využita dokumentace hloubení horní části jámy a vrtů pro piloty pro zajištění jámy v místě želv. Později pak dokumentace dalšího zahlubování jámy, profilování želv (obr. 11) nebo dokumentace vrtů pro kotvy čelních štetovnicových stěn portálu. Výstupy dokumentace umožnily zejména ověřit mocnost a charakter kvartérních pokryvných útvarů, úroveň povrchu horninového podloží, hloubkový dosah jeho zvětrání i zastoupení jednotlivých litologických typů hornin. Z dokumentace vrtů pro piloty byly ověřeny i předpokládané hydrogeologické poměry.



Obr. 11 Realizace pilot pro zajištění portálové jámy (vlevo); profilování želvy (pravo).

Fig. 11 Implementation of pile walls to support the portal pit (left); “turtle” profiling (right).

3.2 Ražba tunelu

V případě výstavby jednotlivých tunelových rour jsou výsledky komplexní činnosti geotechnického monitoringu a inženýrskogeologické dokumentace využívány pro adaptaci technologie a postupu ražeb na skutečně zastižené geotechnické podmínky a související odezvu horninového masivu na provedený stavební zásah. Tento proces soustavného přizpůsobování výstavby, na které je nakonec metoda NRTM založena, ve výsledku vede k maximálnímu urychlení postupu ražeb a využití optimálního vstrojení výrubů (tj. není předimenzované ani poddimenzované), a to vše při zajištění celkové bezpečnosti.

U portálových úseků většiny tunelových rour volba projektového řešení zajištění výrubu a postupu ražby z velké části vycházela právě z vyhodnocení skutečně zastižených inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů. V případě ražeb ze střední portálové jámy bylo na základě zhodnocení geotechnických podmínek výstavby kupříkladu přistoupeno k dodatečnému zajištění úvodního úseku ražby severní tunelové roury za želvou (obr. 12). V tomto úseku tunelu byla v části jeho nadloží ověřena jen omezená poloha silně zvětralé a rozvolněné horniny a také poměrně mocné polohy zvodnělých kvartérních uloženin (prostor koryta původního potoka). Pro zvýšení bezpečnosti ražby v tomto rizikovém úseku bylo proto provedeno dodatečné zajištění nadloží pomocí cementové injektáže, která vedla jak k zlepšení geotechnických parametrů kvartérních zemin i zvětralínové zóny horninového masivu, tak i k snížení přítoků podzemní vody do tunelu. U ostatních tunelových rour zde bylo vzhledem k příznivým geotechnickým podmínkám naopak přistoupeno k částečné redukci původně projektovaného zajištění úvodního úseku ražeb.



Obr. 12 Portálová stěna úvodního úseku ražby za želvou ve střední části (vlevo); zajištění přístropí za želvou na západním portálu pomocí profilů UNION a IBO kotev (vpravo).

Fig. 12 The portal wall of the excavation section behind the “turtle” in the central pit (left); roof reinforcement behind the “turtle” in the west portal using UNION profiles and IBO anchors.

Také v případě ražeb obou tunelových rour ze západního portálu bylo vzhledem k upřesnění inženýrskogeologických poměrů úvodního úseku ražeb za želvami přistoupeno k redukci původního zajištění přístropí tunelu v podobě mikropilotových deštníků. Tato změna projektu vycházela zejména z ověření výskytu poloh nesoudržných terasových štěrků, které byly původně v profilu ražby a nadloží tunelu předpokládány v mnohem větším rozsahu a mocnosti (dle dokumentace hloubení jámy a vrtů pro kotvy čelní portálové stěny byl v úseku ražby za oběma želvami zjištěn pouze omezený výskyt těchto pro ražbu značně nepříznivých zemin). Vzhledem k těmto skutečnostem bylo namísto původně uvažovaného mikropilotového deštníku přístropí úvodního úseku ražby obou rour zajištěno pouze pomocí vřaných profilů UNION a IBO kotev (obr. 12).

V průběhu ražby jednotlivých tunelových rour jsou výsledky geotechnického monitoringu využívány pro volení optimálního postupu ražby a zajištění výrubu, které je specifikované jednotlivými vystrojovacími třídami NRTM (délka záběru – obr. 13, zajištění přístupů a čelby, mocnost primárního ostění, počet a typ vystrojovacích prvků apod.). K volbě vystrojovací třídy jsou využity především výstupy nepřetržité inženýrskogeologické dokumentace ražeb (tj. popis zastižných horninových typů, četnosti a charakteru diskontinuit, intenzity přítoků podzemní vody nebo hodnocení stability nezajištěného výrubu) a výsledky konvergenčního měření sledujícího vývoj deformací zajištěného výrubu v čase.

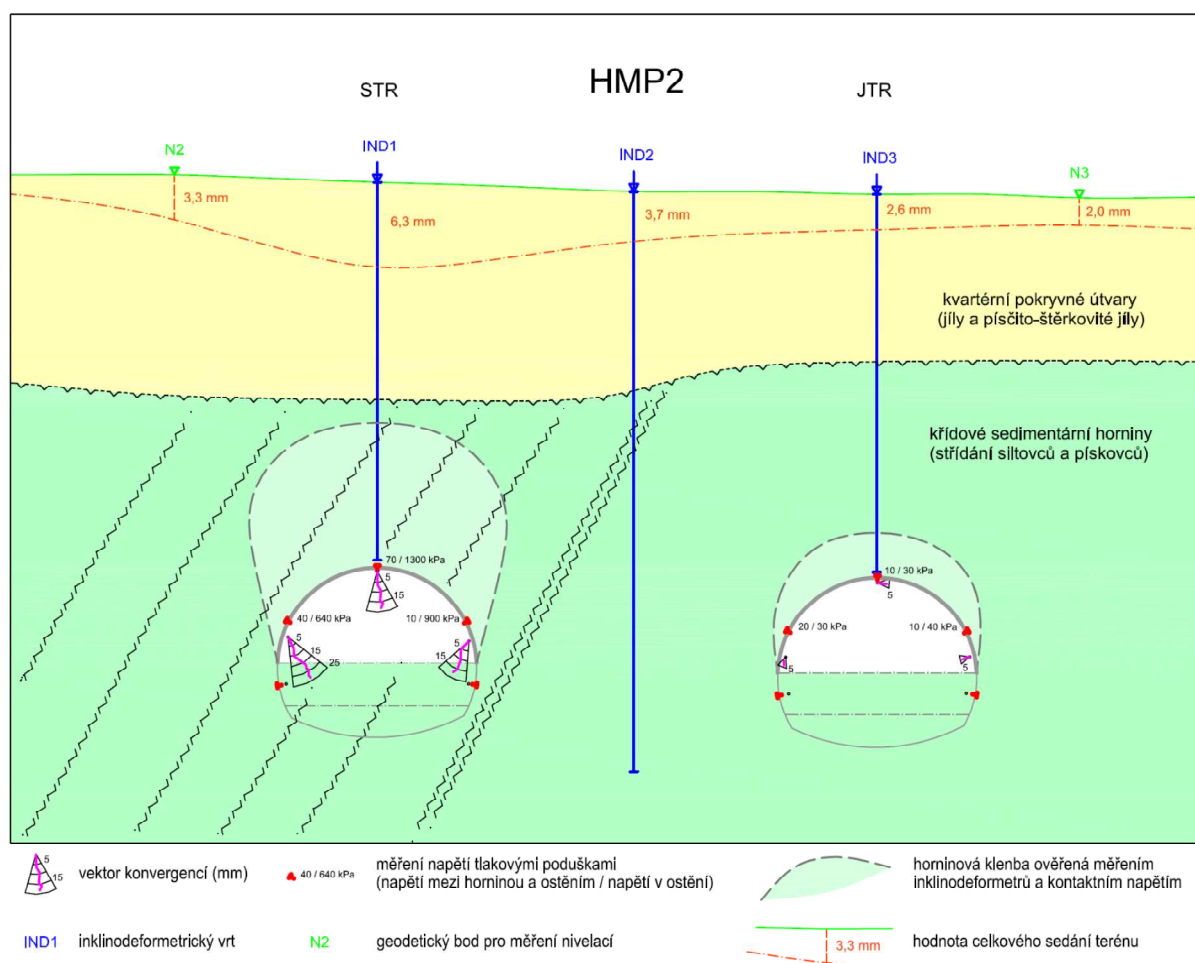


Obr. 13 Ražba v prostředí masivních slepenců vysoké pevnosti – vystrojovací třída VT 4.1 s délkou záběru až 4,0 m (vlevo); ražba v prostředí tektonicky porušených a zvětralých slínovců – vystrojovací třída VT 5.1 s délkou záběru do 1,7 m (vpravo).

Fig. 13 Excavation in an environment of massive conglomerates with high strength - NATM class 4.1 with advance up to 4.0 m (left); excavation in the environment of tectonically disturbed and weathered marlstones - NATM class 5.1 with advance up to 1.7 m (right).

Komplexní sledování odezvy horninového masivu na ražbu i jeho interakce s primárním ostěním je prováděno na několika hlavních měřičských profilech, které jsou umístěny do charakteristických úseků ražeb (specifikované mocností nadloží, geotechnickými podmínkami nebo profilem výrubu). Kromě standardního konvergenčního měření sledujícího deformace zajištěného líce výrubu jsou na těchto profilech v tunelu osazovány radiální extenzometrické vrty pro zhodnocení dosahu deformační oblasti kolem výrubu a tlakové podušky sledující napětí v primárním ostěním i tlak horniny na ostění. V případě úseků ražeb s nižším nadložím jsou pak deformace horninového masivu v širším okolí výrubu (v prostoru poklesové kotliny) sledovány pomocí inklinodeformetrických vrtů a nivelačního měření povrchu terénu. Výstupy měření na těchto sdružených profilech slouží zejména k ověření geotechnického modelu systému „tunel-hornina“ a jsou také jedním z podkladů pro návrh sekundárního ostění.

Vliv geotechnických podmínek ražby na přetváření horninového masivu a interakci s primárním ostěním byl velmi dobře pozorován například na hlavním měřičském profilu HMP2 lokalizovaného zhruba 200 m od západního portálu tunelu. V místě tohoto profilu bylo ražbou severní tunelové roury zastiženo poměrně významné poruchové pásmo představující horší geotechnickou kvalitu masivu. Ražba jižní tunelové roury naopak procházela horninovým prostředím v podobě střídajících se poloh pískovců a slínovců bez výrazného porušení. Rozdíly mezi podmínkami ražby jednotlivých tunelových rour pak byly velmi dobře zachycené výsledky všech využitých metod monitoringu tohoto sdruženého profilu – deformace primárního ostění, napětí v primárním ostěním, tlak horniny na primární ostění, dosah rozvolněné zóny horniny nad tunelem nebo sedáním povrchu terénu (obr. 14).



Obr. 14 Výsledky geotechnického měření na hlavním měřičském profilu HMP2 v oblasti s odlišnými geotechnickými podmínkami ražby jednotlivých tunelových rour.

Fig. 14 The results of geotechnical measurements in the main profile HMP2 in different geotechnical conditions of each tunnel tube.

4 Závěr

V průběhu dosavadní výstavby a projektové přípravy nového úseku dálnice D3 Žilina (Strážov) - Žilina (Brodno) bylo v případě hloubených stavebních objektů a tunelů názorně ukázáno, že význam geotechnického monitoringu a inženýrskogeologické dokumentace spočívá především v umožnění její maximální adaptace na skutečně zastižené geotechnické podmínky a související interakci stavebních konstrukcí s okolním horninovým prostředím. Tato optimalizace výstavby se ve výsledku projeví jak zvýšením celkové bezpečnosti a snížením geotechnických rizik, tak zejména urychlením postupu prací a snížením jejich nákladů. Pro co nejefektivnější využití výstupů geotechnického monitoringu je vždy nutná úzká a operativní spolupráce mezi geologem, geotechnikem, projektantem a zhotovitelem stavby.

5 Použitá literatura

HOLEŠA, Š. et al., Závěrečná správa doplňujúcieho inžinierskogeologického prieskumu, Diaľnice D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), km 6,850-11,100 časť B – Tunel Považský Chlmec, GEOFOS, s.r.o, Žilina, December 2006

ARCADIS CZ a.s., Výsledky geotechnického monitoringu výstavby nového úseku dálnice D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno), Žilina, 2014 - 2015