

PORTÁLOVÉ ÚSEKY DVOU BÁZOVÝCH ŽELEZNIČNÍCH TUNELŮ – POROVNÁNÍ GEOLOGICKÝCH PODMÍNEK

PORTAL SECTIONS OF TWO BASE RAILWAY TUNNELS – COMPARISON OF GEOLOGICAL CONDITIONS

JIŘÍ ZMÍTKO, TOMÁŠ SVOBODA

ABSTRAKT

Příprava projektu Krušnohorského tunelu přináší řadu otázek spojených s jednotlivými fázemi přípravy, podmínkami výstavby, technickým řešením a konečným řešením díla. V mnoha pozemních stavebních oborech je obvyklé a výhodné užití standardních řešení, a v podstatě i kopírování jiného návrhu bez zásadních změn. Toto je výhoda zejména ekonomická a je zcela logická. Jedinou podmínkou je pak realizace projektu v přibližně obdobném geologickém prostředí, případně je možná úprava bez zásadních změn nákladů a dopadu na konečné dílo. V případě podzemních staveb tomu tak není. Projekty jsou na počátku situovány do mnohdy prakticky neznámého prostředí, trasování ne vždy umožňuje změnu vedení, požadavky na dílo se zásadně liší. Není tedy obvyklé nalézt v oboru podzemních staveb projekty, které lze aspoň v některých aspektech označit jako podobné. Pokusem o srovnání je tento příspěvek, porovnávající jižní (portálový) úsek Krušnohorského tunelu se západním úsekem tunelu Koralm, respektive jeho částí KAT 3.

ABSTRACT

The preparation of the Krušnohorský Tunnel project brings a number of questions related to the individual phases of preparation, construction conditions, technical solutions and the final solution of the structure. In many fields of surface construction, it is usual and advantageous to use standard solutions, and basically to copy other design without fundamental changes. This is especially an economic advantage and is completely logical. The only condition is the realization of the project in an approximately similar geological environment, or with a possible modification without major changes in costs and impact on the final structure. This is not the case with underground structures. At the beginning, projects are often situated in a practically unknown environment, not always a change of route location is allowed, the requirements for the structure are fundamentally different. It is therefore not usual to find projects in the field of underground constructions that can be characterized as similar in at least some aspects. This article is an attempt comparing the southern (portal) section of the Krušnohorský tunnel with the western section of the Koralm tunnel, or its KAT 3 section.

1. ÚVOD

Krušnohorský (bázový) tunel byl již částečně představen [1].

Jeho předpokládané parametry jsou: délka přes 26 km, dva paralelní tubusy, propojky po 500 m, smíšený provoz, osobní vlaky s rychlostí do 200 km/h, nákladní vlaky s rychlostí do 120 km/h. Morfologicky jde o hranici uhelné pánve a strmých svahů Krušných hor. Geologie jižní portálové části obsahuje výplň terciérní pánve, křídové sedimenty, poruchové pásmo krušnohorského zlomu, přechod do krystalinika. Tunel prochází hranici ČR a SRN.

Tunel Koralm [2] a jeho předpokládané parametry jsou délka 32,9 km, dva paralelní tubusy, propojky po 500 m, návrhová rychlost 200 km/h. Morfologicky je úsek na hranici lavantalské pánve a západního úbočí hřebene Koralm. Geologické podmínky západního portálového úseku (KAT 3): výplň terciérní lavantalské pánve, lavantalské poruchové pásmo, přechod do krystalinika. Tunel prochází hranici Korutan a Štýrska. Morfologicky je úsek na hranici lavantalské pánve a západního úbočí hřebene Koralm.

Pomíne-li se shoda v technických parametrech, která je dána normami, je pak až překvapivá shoda v obecné geologické stavbě. Geologická stavba je však právě jedním z hlavních faktorů ovlivňujících nejen konečný návrh, ale i přípravné fáze a způsob průzkumu.

Z technického hlediska je v obou případech nutné nalézt řešení pro zdárný průchod geologicky a geotechnicky nepříznivými úseky.

Zkušenosti, jak pozitivní, tak negativní z již prakticky dokončeného tunelu Koralm lze tak ve velké míře uplatnit i v případě Krušnohorského tunelu.

1. INTRODUCTION

The Krušnohorský (base) tunnel has already been partially presented [1].

Its expected parameters are: length over 26km, two parallel tubes, crosspassages 500m apart, mixed traffic, passenger trains with a speed of up to 200km/h, freight trains with a speed of up to 120km/h. Morphologically, it is the border of the coal basin and the steep slopes of the Krušné hory. The geology of the southern portal includes the filling of the Tertiary basin, Cretaceous sediments, the fault zone of the Krušnohorský fault, and the transition to crystalline. The tunnel crosses the border of the Czech Republic and Germany.

The Koralm tunnel [2] and its expected parameters are length of 32.9km, two parallel tubes, crosspassages 500m apart, a design speed of 200km/h. Morphologically, the section is on the border of the Lavanttal basin and the western slope of the Koralm ridge. Geological conditions of the western portal section (KAT 3): filling of the Tertiary Lavanttal basin, Lavanttal fault zone, transition to crystalline. The tunnel crosses the border of Carinthia and Styria. Morphologically, the section is on the border of the Lavanttal basin and the western slope of the Koralm ridge.

If we neglect the agreement in technical parameters, which is given by the standards, then there is a surprising agreement in the general geological structure. However, the geological structure is one of the main factors influencing not only the final design, but also the preparatory phases and the method of exploration.

From a technical point of view, in both cases, the same solution for the successful passage of sections that are geologically and geotechnically very unfavorable.

Společné problémy obou staveb jsou následující:

- nepříznivé geotechnické vlastnosti prostředí zejména neogénu a v tektonickém pásmu;
- existence výrazného poruchového pásma;
- požadavek na co nejdůkladnější průzkum;
- volba, případně alternativy metod ražby;
- návrh celkové koncepce řešení portálových úseků.

2. GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

V současné fázi projektu je geologie Koralmského tunelu již plně zdokumentována. Geologie Krušnohorského tunelu se doposud opírá zejména o rešerše archivních prací a průzkumy v širším okolí. Přesto je k dispozici dostatek informací, umožňujících porovnání portálových úseků obou tunelů a současně mohou být zkušenosti z tunelu Koralm inspirací pro návrh průzkumných prací Krušnohorského tunelu.

2.1 Koralm – KAT 3 – neogenní lavantalská pánev

V tomto úseku bylo, v rámci průzkumu mezi roky 1999 až 2007 během několika vrtných kampaní, odvrtno 39 vrtů s délkou do 300 m, z nichž 35 bylo vystrojeno jako hydrogeologické. Vrty byly realizovány s průměrem jádra 101 mm, v místech zkoušek (dilatometry atd.) byl průměr 73 mm s následným převrtáním [3].

Další jádrové vrty byly realizovány z průzkumných tunelů.

Vlastní ražbě traťových tunelů předcházela realizace průzkumných podzemních děl, zahájená v listopadu 2003 šachtou Paierdorf s hloubkou 120 m a průměrem 10 m. Na tuto šachtu navázaly průzkumné tunely Mitterpichling délky cca 2,51 km (směr západ) a tunel Paierdorf délky cca 5,16 km (směr východ). Průzkumné tunely byly realizovány konvenčně a v profilu budoucího tunelu představují kalotu s průřezem 48 m² [2].

Západní část úseku KAT 3 je tvořena neogenními sedimenty intramontánní lavantalské pánve. Úsek je vymezen raženým portálem a západním okrajem hlavní lavantalské poruchové zóny, jeho délka činí cca 4 630 m. Nadloží v místě přechodu do krystalinika dosahuje mocnosti cca 300 m.

Sedimentární výplň je tvořena miocenními mělkovodními sedimenty brakických až mořských vod („Mühldorfské vrstvy“) a aluviálními, vějířovitými sedimenty („sladkovodní vrstvy“). Jedná se o středně- až hrubozrnné nezpevněné sedimenty, a také jemno- až hrubozrnné, převážně slabě zpevněné horniny. Místy byly zastíženy slabé uhlonosné horizonty s málo mocnými slojemi uhlí. Uhlí bylo v blízkosti Sankt Andrá těženo do roku 1968.

Vrstvy jsou uloženy s mírným až středním sklonem do pánevní struktury s osou ve směru SZ–JV, osa pánve kříží trasu tunelu. Souvrství je mimo jiné porušeno několika strmými poruchami spojenými s poklesem přilehlých horninových bloků. Tektonika tak způsobuje ostré litologické změny.

Celková mocnost výplně lavantalské pánve je v oblasti tunelu cca 1 300 m.

V trase úseku KAT 3 byly nejčastěji zastoupeny slabě zpevněné prachovce a jílovce, slabě zpevněné pískovce, písky a štěrky. V menší míře pak byly zastíženy převážně přechodné typy mezi těmito materiály. Zastíženy byly i polohy tufů, související s ojedinelými vulkanickými proniky v okolí, a uhelné sloje. Poruchové zóny jsou tvořeny výplní jak charakteru hornin, tak charakteru zemín [3].

Podzemní voda byla výrazněji vázána zejména na propustnější typy sedimentů. V průběhu výstavby průzkumného tunelu Mitterpichling docházelo k poklesům hladin jak v důsledku přirozených přítoků do tunelu, tak i cíleného odvodňování prováděného z tohoto tunelu odvodňovacími vrty (obr. 1).

Experiences, both positive and negative, from the already practically completed Koralm tunnel can thus be applied to a large extent in the case of the Krušnohorský tunnel as well.

The common problems of both projects are the following:

- unfavorable geotechnical properties of the ground, especially in the Neogene and in the tectonic zone;
- the existence of a significant fault zone;
- a request for the most detailed exploration possible;
- choice of, or alternatives to, excavation methods;
- proposal of the overall concept of the solution of the portal sections.

2. GEOLOGICAL CONDITIONS

In the current phase of the project, the geology of the Koralm Tunnel is already fully documented. So far, the geology of the Krušnohorský tunnel is mainly based on archival research and surveys of the wider area. Nevertheless, there is enough information available to allow a comparison of the portal sections of both tunnels, and at the same time, the experience from the Koralm tunnel can be an inspiration for the design of exploration works of the Krušnohorský tunnel.

2.1 Koralm – KAT 3 – Neogene Lavanttal basin

In this section, 39 wells with a length of up to 300m were drilled as part of the exploration between 1999 and 2007 during several drilling campaigns, of which 35 were equipped as hydrogeological ones. The boreholes were realized with a core diameter of 101mm, in test locations (dilatometers, etc.) the diameter was 73mm with subsequent over-drilling [3].

Additional core drilling was carried out from exploratory tunnels.

The excavation of the track tunnels itself was preceded by the implementation of exploratory underground works, which began in November 2003 with the Paierdorf shaft with a depth of 120m and a diameter of 10m. This shaft was followed by the Mitterpichling exploratory tunnels of approx. 2.51km (west direction) and the Paierdorf tunnel of approx. 5.16km (direction east). The exploratory tunnels were excavated conventionally and in the profile of the future tunnel they form a top heading with a cross-section of 48m² [2].

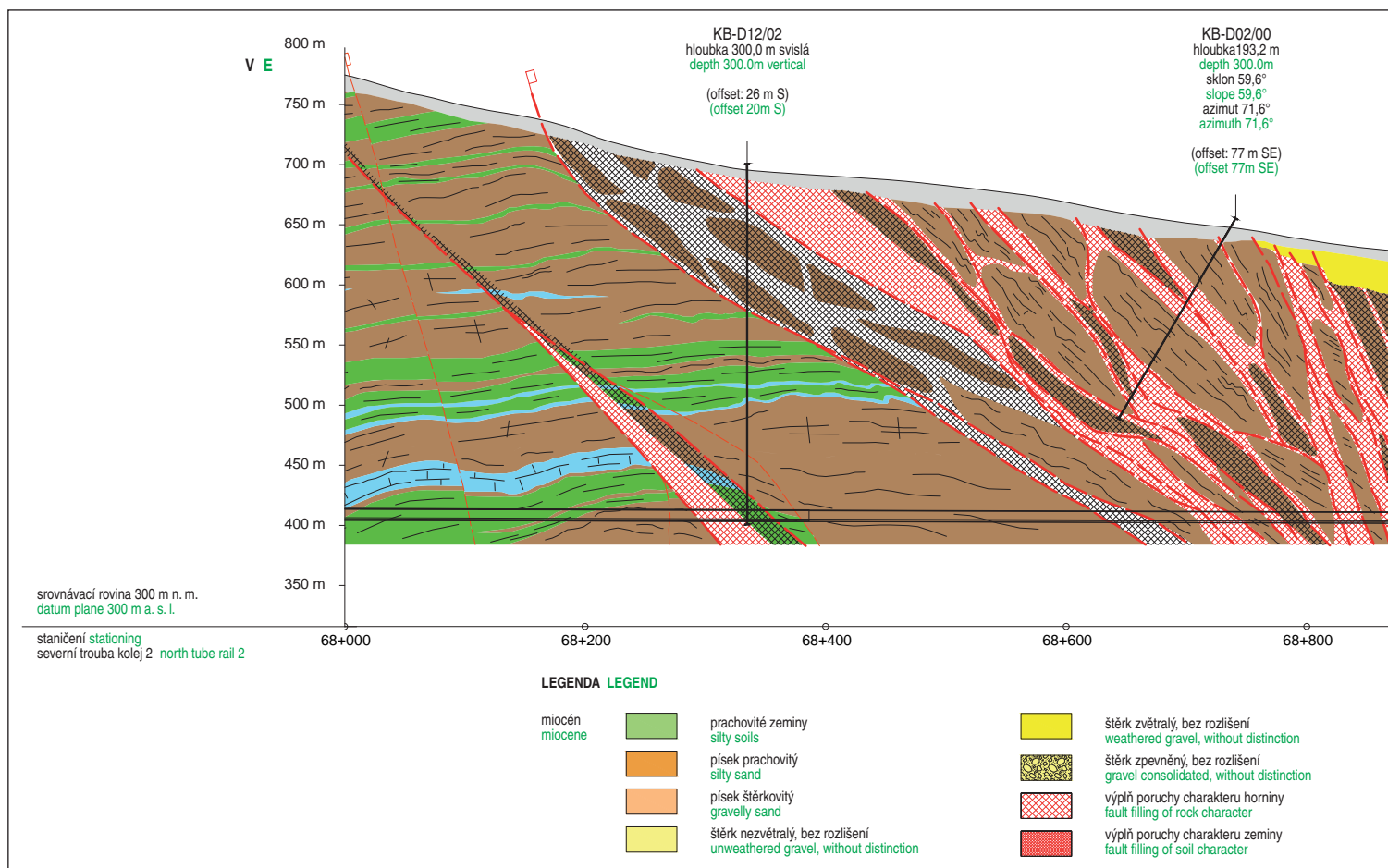
The western part of the KAT 3 section is made up of Neogene sediments of the intramontane Lavanttal Basin. The section is delimited by a mined portal and by the western edge of the main Lavanttal fault zone, its length is approx. 4,630m. The overburden at the point of transition to the crystallinics reaches a thickness of approx. 300m.

The sedimentary fill consists of Miocene shallow-water sediments of brackish to marine waters (“Mühldorf layers”) and alluvial, fan-shaped sediments (“freshwater layers”). These are medium- to coarse-grained unconsolidated sediments, as well as fine- to coarse-grained, mostly weakly consolidated rocks. Thin coal-bearing horizons with thin coal seams were found in places. Coal was mined near Sankt Andrá until 1968.

The strata are deposited with a slight to moderate slope into a basin structure with an axis in the NW–SE direction, the axis of the basin crosses the tunnel route. Among other things, the strata is broken by several steep faults associated with the subsidence of adjacent rock blocks. Tectonics thus causes sharp lithological changes.

The total thickness of the fill of the Lavanttal Basin is approximately 1,300m in the area of the tunnel.

In the route of section KAT 3, weakly consolidated siltstones and claystones, weakly consolidated sandstones, sands and gravels were most often present. To a lesser extent, mainly transitional types between these materials were found. Tuff positions related to rare volcanic intrusions in the vicinity and coal seams were also found.



Obr. 1 Podélný geologický řez v místě lavantalského poruchového pásma a přilehlé části lavantalské pánve úseku KAT 3 tunelu Koralm

Fig. 1 Longitudinal geological section at the location of the Lavanttal fault zone and the adjacent part of the Lavanttal basin of section KAT 3 of the Koralm tunnel

2.2 Koralm – KAT 3 – poruchová zóna lavanttal

Popis této poruchové zóny již zahrnuje informace z průzkumného tunelu.

Hlavní část poruchové zóny lavanttal je tvořena systémem většími strmých tektonických poruch s převládajícím sklonem k západu, jsou však dokumentovány i plochy se sklonem k východu. Současně byly zastíženy i poruchy příčné k hlavnímu poruchovému pásmu se sklonem k severu, případně jihu, tedy prakticky paralelní s osou tunelů.

Z hlediska horninového složení se jedná o výrazně heterogenní oblast, tvořenou jak neporušenými horninami, tak i zcela tektonicky porušenými úseky, spolu s nejrůznějšími přechodnými typy hornin.

Mocnost jednotlivých poloh se pohybuje od jednotek metrů do několika desítek metrů. Matečními horninami jsou zejména slídnaté ruly a břidlice.

Charakteristické jsou rychlé přechody vlastností hornin a zvyšující se podíl kataklasitu směrem k východu. To je příčinou postupného nárůstu zastoupení jemnozrnné frakce v tektonickém materiálu a vzrůstu jeho soudržnosti a plasticity. Naopak západní úsek je tvořen převážně klastickými, prakticky nesoudržnými zeminami.

Typické jsou i několik desítek metrů mocné úseky pevných, prakticky neporušených krystalických hornin, představujících „velkoobjemové kry“ krystalinika v prostředí poruchového pásma. Tyto bloky se vyznačují pevnostmi nad 150 MPa a abrazivitou až 6,00 CAI. Představují tak zcela kontrastní prostředí vůči okolní poruchové zóně [4].

Hornina v poruchovém pásmu byla převážně suchá až vlhká, jen lokálně kapající, s ojedinělými slabě tekoucími přítoky podzemních

Fault zones are formed by fillings of both the rock nature and the soil nature [3].

Groundwater was more significantly tied to more permeable types of sediments. During the construction of the Mitterpichling exploratory tunnel, water levels dropped both as a result of natural inflows into the tunnel and due to targeted drainage carried out from this tunnel by drainage wells (Fig. 1).

2.2 Koralm – KAT 3 – Fault zone lavanttal

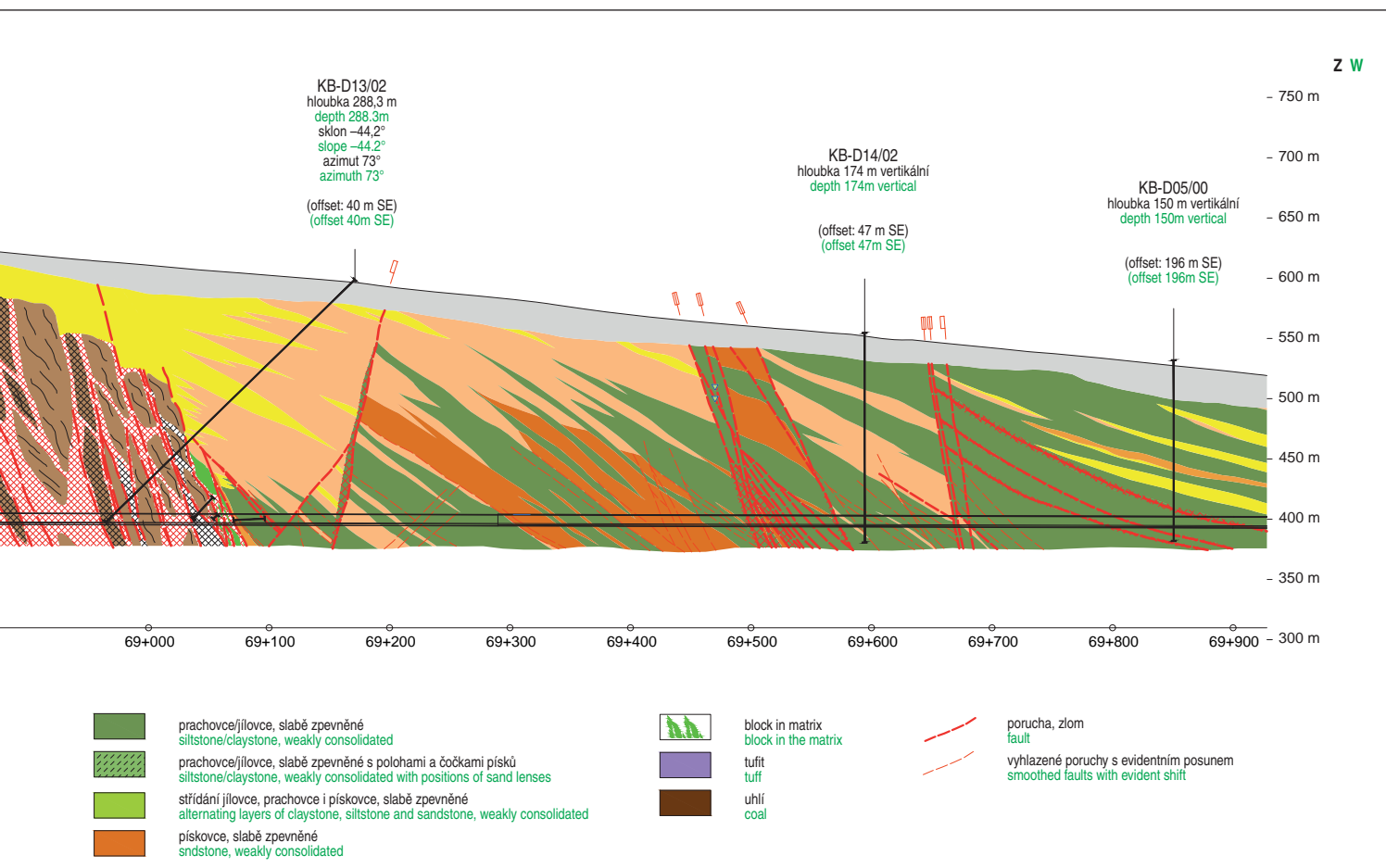
The description of this fault zone already includes information from the exploratory tunnel.

The main part of the lavanttal fault zone is formed by a system of mostly steep tectonic faults with a predominant inclination to the west, but areas with an inclination to the east are also documented. At the same time, faults transverse to the main fault zone with an inclination to the north or south, i.e. practically parallel to the axis of the tunnels, were found.

In terms of rock composition, this is a significantly heterogeneous area, made up of both intact rocks and completely tectonically broken sections, together with various transitional rock types.

The thickness of individual positions varies from units of meters to several tens of meters. The parent rocks are mainly mica gneiss and schist.

Rapid transitions of rock properties and an increasing proportion of cataclasite towards the east are characteristic. This is the reason for the gradual increase in the representation of the fine-grained fraction in the tectonic material and the increase in its cohesion and plasticity. On the contrary, the western section is made up mainly of clastic, practically non-cohesive soils.



vod. Pro sousední severní troubu byl nicméně uvažován možný hydrostatický tlak až cca 20 bar s předpokladem jeho rychlého poklesu.

Celkově byl úsek charakterizován jako vysoce heterogenní, s rychlými změnami pevnostních charakteristik a míry porušení. Typická byla vysoká koncentrace napjatosti s velkým dosahem přerozdělení napětí v okolí výrubu. Následkem byly výrazné a pomalu dozrívající deformace, které byly kvůli anizotropii prostředí často asymetrické. Zaznamenány byly výrazné nárůsty měřených hodnot podél tektonických poruch a v zónách vyplněných jemným klastickým materiálem (C a M kataklazity).

Místy byly zastíženy jílovité zeminy (s obsahem smektitu) s potenciálem k objemovým změnám (bobtnání) při dlouhodobém styku s vodou.

Časté byly vyhlazené, převážně strmě do výrubu ukloněné plochy způsobující nestabilitu čeleb. Tyto jevy byly zejména výrazné v oblastech tvořených bloky krystalinika. V úsecích tvořených porušenou horninou (tektonickou výplní) docházelo k vypadávání menších, čočkovitých bloků, smykovým porušením a vyjíždění po nepříznivě orientovaných vyhlazených plochách nespojitosti.

Šířka porušené zóny zastížené tunelem (a následně popsané jako hlavní poruchové pásmo) je cca 430 m.

2.3 Krušnohorský tunel – český portálový úsek

Jak již bylo uvedeno, nebyly doposud pro účely Krušnohorského tunelu provedeny žádné průzkumné práce.

Při stejném přístupu k porovnání, je v případě Krušnohorského tunelu obdobnou zónou cca 1,4–1,7 km dlouhý úsek. Zhruba je vymezen portálem v oblasti státní silnice 1/13 s předběžnou úrovní koleje v nadmořské výšce 200 m n. m. a přechodem do krystalinika.

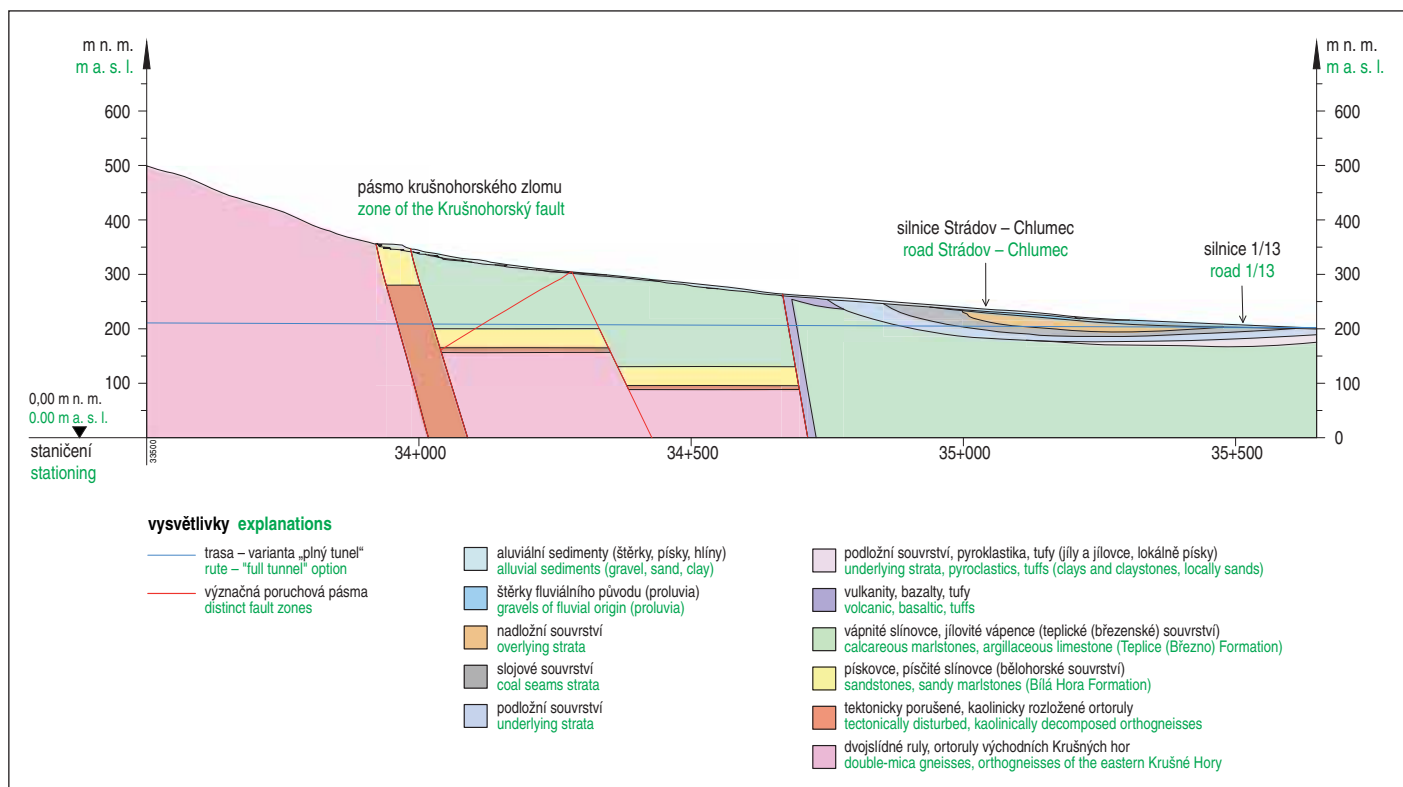
Sections of solid, practically intact crystalline rocks several tens of meters thick, representing “large-volume blocks” of crystallinics in a fault zone environment, are typical. These blocks are characterized by strengths above 150MPa and abrasiveness up to 6.00 CAI. They thus represent a completely contrasting environment compared to the surrounding fault zone [4].

The rock in the fault zone was mostly dry to wet, only locally dripping, with rare weak groundwater inflows. Nevertheless, a possible hydrostatic pressure of up to approx. 20 bar was considered for the neighboring northern tube, with the assumption of its rapid decrease.

Overall, the section was characterized as highly heterogeneous, with rapid changes in strength characteristics and degree of fracturing. A high stress concentration with a large range of stress redistribution in the vicinity of the excavation profile was typical. The result was significant and slowly decaying deformations, which were often asymmetric due to the anisotropy of the rock environment. Significant increases in measured values were recorded along tectonic faults and in zones filled with fine clastic material (C and M cataclasites).

Clay soils (with smectite content) were found in places with the potential for volume changes (swelling) in long-term contact with water.

The slicken-sided, mostly steeply inclined surfaces were often causing the instability of the excavation fronts. These phenomena were particularly pronounced in areas formed by blocks of crystallinics. In the sections formed by broken rock (tectonic filling), smaller, lenticular blocks fall out, shear failure, and sliding along



zdroj: Mgr. Jiří Zmúko source: Mgr. Jiří Zmúko

Obr. 2 Podélný geologický řez v místě krušnohorského zlomu přilehlé části neogenní pánve

Fig. 2 Longitudinal geological section at the location of the Krušnohorský fault in the adjacent part of the Neogene basin

Přechod do krystalinika je předpokládán v blízkosti železniční zastávky Chlumec. Nadloží v tomto místě přechodu tedy dosahuje 150 m.

Sedimentární výplň je tvořena křídovými a terciárními (paleogén a neogén) sedimenty.

Křída je s velkou pravděpodobností tvořena pískovcovou facií (bělohorské souvrství) a slínovci, jílovitými vápenci a vápnnými jílovci (teplické, případně březenské souvrství).

Terciér je tvořen sladkovodními sedimenty, pyroklastiky a redeponovaným vulkanickým materiálem. Litologicky se postupně jedná o:

- zeminy a horniny původně vulkanického původu (tzv. vulkanodetritické souvrství, pyroklastika, tufy, omezeně pevnější vulkanity);
- podložní souvrství (jíly, jílovité až jílovitopísčité zeminy, sideritické jíly a jílovce, splachy z vulkanitů, omezeně pískovce, slepence, křemence);
- slojové souvrství (sloj /uhelný vývoj/ je víceméně nahrazena tzv. písčítým ekvivalentem sloje, případně uhelnými jíly);
- nadložní souvrství (monotónní, šedé až hnědošedé jíly a jílovce, lokálně písčité jíly až písky).

Křídové i terciérní sedimenty jsou místy narušeny proniky bazických vulkanických hornin.

Vrstvy jsou v oblasti portálu uloženy subhorizontálně, v blízkosti krušnohorského zlomu jsou však „vyvlečeny“ do strmých sklonů, místy až 80°.

Pánevní výplň je porušena řadou výrazných zlomů, přičemž u některých je znám přibližný průběh, mnohé jsou však pouze předpokládány. O charakteru těchto zlomů však nejsou dostupné prakticky žádné informace.

Nejvýraznější zlomy probíhají ve směru SV–JZ (krušnohorský zlom a paralelní zlomy), příčné pak převážně ve směru SSZ–JJV.

the unfavorably oriented slicken-sided surfaces of the discontinuities was taking place.

The width of the fault zone reached by the tunnel (and subsequently described as the main fault zone) is approx. 430m.

2.3 Krušnohorský tunel – Czech portal section

As already mentioned, no exploration work has been carried out for the purposes of the Krušnohorský Tunnel.

With the same approach to comparison, in the case of the Krušnohorský tunnel, a similar zone is a section 1.4–1.7km long. It is roughly defined by a portal in the area of state road 1/13 with a preliminary track level at an altitude of 200m above sea level and by a transition to the crystalline. The transition to the crystalline structure is assumed to be near the Chlumec railway station. Overburden thickness at this transition point reaches 150m.

The sedimentary fill consists of Cretaceous and Tertiary (Paleogene and Neogene) sediments.

The chalk is most likely made up of sandstone facies (Bílá Hora Formation) and shale, argillaceous limestones and calcareous claystones (Teplice or Březno Formations).

The Tertiary consists of freshwater sediments, pyroclastics and redeposited volcanic material. Lithologically, these are successively:

- soils and rocks originally of volcanic origin (so-called volcanodetrital strata, pyroclastics, tuffs, marginal presence of stronger volcanics);
- underlying strata (clays, clayey to clayey-sandy soils, sideritic clays and claystones, lavas from volcanics, to a limited extent sandstones, conglomerates, quartzites);
- layer formation (the seam /coal development/ is more or less replaced by the so-called sandy equivalent of the coal seam, possibly coal clays);
- overlying strata (monotonous, gray to brown-gray clays and claystones, locally sandy clays to sands).

Tyto zlomy rozdělují sedimenty v příčném i podélném směru na jednotlivé bloky, které jsou mnohdy výškově odděleny v řádu desítek metrů, nelze však vyloučit „odskok“ i o velikosti sta metrů.

Celková mocnost pánevní výplně dosahuje v místě portálu cca 400 m, přičemž zde připadá cca 370 m na křídové horniny. Směrem ke Krušným horám je mocnost pánevní výplně redukována (obr. 2).

Voda je vázána především na propustnější písčité, případně šterkovité polohy. Převážná část zejména nadložního souvrství je však tvořena prakticky nepropustnými jíly a jílovci. Výraznější přítoky lze tedy očekávat v pískovcových faciích kříd, písčitych typech terciéru, případně při zastížení rozpukaných vulkanitů.

2.4 Krušnohorský tunel – krušnohorský zlom, dostupné informace

V současné době nejsou v podstatě k dispozici žádné informace o charakteru pásma krušnohorského zlomu v oblasti projektu. Omezené informace lze vyvodit z některých archivních prací.

Nejvíce byl krušnohorský zlom popsán při realizaci průzkumných štol v oblasti zámku Jezeří. Jedná se o štoly Černice, Jiřetín, Jezeří a Jezerka. Tyto štoly jsou však od Krušnohorského tunelu vzdáleny vzdušnou čarou více než 30 km. Informace z těchto štol lze shrnout následovně:

- geograficky jsou oproti plánovaným portálům Krušnohorského tunelu položeny výše o cca 100 až 150 m;
- prakticky shodná je litologie krystalinika, ortoruly jsou zde poněkud hrubší;
- štoly neprocházejí křídovými sedimenty, pouze v případě štoly Jezerka je křída uvedena v hlubším podloží, různou měrou procházejí terciérní pánevní výplní;
- částečně zachycují vulkanické brekcie, které jsou zde dávány do souvislosti s existencí diatrémy, v geologických mapách však nejsou v okolí těchto štol jakékoliv vulkanity dokumentovány;
- ve všech štolách bylo dokumentováno vyvlečení sedimentární výplně do sklonů nad 60°;
- terciérní sedimenty byly prostoupeny četnými proklouzanými plochami, vlivem posunů byly mnohdy rozděleny na jednotlivé bloky;
- přechod do poruchového pásma v krystaliniku je zpravidla ostrý, s četnými kluznými plochami;
- poruchové pásmo v krystaliniku má ve všech případech zonální charakter;
- úvodní část je tvořena převážně tektonickými brekciemi, přecházejícími v mylonitizovaná pásma a blokově dislokované krystalinikum;
- následují vzájemně oddělené bloky krystalinika různého typu porušení a alterace, tyto bloky jsou odděleny jílovitopísčitou zeminou, tektonickými jíly a kaolinizovanou zcela rozloženou rulou;
- pro ruly je charakteristická silná kaolinizace, chloritizace, hematitizace a převážně silná, často zonální alterace;
- přechod do zdravého krystalinika lze charakterizovat jako blokovitě dislokované krystalinikum, silně rozpukané a místy mylonitizované, tento kontakt byl zastížen pouze štolami Jezerka a Jezeří, v obou případech se však liší, ve štole Jezeří porušení postupně doznívá, ve štole Jezerka je přechod velmi ostrý;
- rozdílná je i délka porušeného krystalinika v jednotlivých štolách (nepravá mocnost), kdy za maximum lze považovat 300 m;
- z měření původní napjatosti provedených v době realizace štol vyplynula převaha horizontální složky napětí nad složkou vertikální, přičemž jsou uváděny hodnoty (1,55–2,00) : 1.

Určité informace o krušnohorském zlomu jsou uváděny i v souvislosti s původně plánovaným celkovým vytěžením uhlé slaje

Cretaceous and Tertiary sediments are disturbed in places by intrusions of base volcanic rocks.

The layers are deposited subhorizontally in the area of the portal, but in the vicinity of the Krušnohorský fault, they are “extruded” into steep slopes, sometimes up to 80°.

The basin filling is broken by a number of significant faults, some of which have an approximate course is known, but many are only assumed. However, practically no information is available about the nature of these faults.

The most pronounced faults run in the NE–SW direction (Krušnohorský fault and parallel faults), and the transverse ones mainly in the NW–SE direction.

These faults divide the sediments in the transverse and longitudinal direction into individual blocks, which are often separated in height by tens of meters, but an “increase” of a hundred meters in size cannot be ruled out.

The total thickness of the basin fill reaches approx. 400m at the site of the portal, with approx. 370m of chalk rocks. Towards the Krušné hory, the thickness of the basin filling is reduced (Fig. 2).

Water is bound mainly to more permeable sandy or gravelly locations. However, the majority of the overlying strata, in particular, is made up of practically impermeable clays and clay loams. More pronounced inflows can therefore be expected in Cretaceous sandstone facies, sandy types of the Tertiary, or when fractured volcanics are encountered.

2.4 Krušnohorský Tunnel – Krušnohorský Fault, available information

Currently, there is essentially no information available about the nature of the Krušnohorský fault zone in the project area. Limited information can be derived from some archival works.

The Krušnohorský fault was most described during the construction of exploratory tunnels in the area of Jezeří Castle. These are the Černice, Jiřetín, Jezeří and Jezerka tunnels. However, these tunnels are more than 30km away from the Krušnohorský Tunnel. Information from these tunnels can be summarized as follows:

- geographically, compared to the planned portals of the Krušnohorský tunnel, they are placed in higher elevation by approx. 100 to 150m;
- the crystalline lithology is practically identical, the orthogneisses are somewhat coarser here;
- tunnels do not pass through Cretaceous sediments, only in the case of the Jezerka tunnel, the chalk is encountered in a deeper subgrade, they pass through Tertiary basin fill to varying degrees;
- they partially encounter volcanic breccias, which are linked here to the existence of diatreme, however, in the geological maps, no volcanites are documented in the vicinity of these tunnels;
- in all tunnels, sedimentary fill was documented to be pushed out to slopes above 60°;
- tertiary sediments were penetrated by numerous sliding surfaces, due to displacements they were often divided into individual blocks;
- the transition to the fault zone in the crystalline is usually sharp, with numerous sliding surfaces;
- the fault zone in the crystalline has a zonal character in all cases;
- the initial part is made up mainly of tectonic breccias, passing into mylonitized bands and block-dislocated crystalline material;
- followed by mutually separated blocks of crystallines of different types of failure and alteration, these blocks are

v oblasti. Tento záměr provázela zejména obava z porušení stability svahů Krušných hor. Zde jsou zajímavé především informace, popisující jak problémy při hlubinné těžbě v oblasti zlomu, tak i charakteristika pásma zlomu:

- S potížemi se setkávala i hlubinná těžba ve výchozové ukloněné partii. Příkladem je zánik obce Jezeří v 50. letech, kdy poddolování vedlo k aktivizaci sesuvných pohybů v kvartérních sutích a snad i v terciéru na přilehlém svahu daleko za hranicemi báňsky vymezené poklesové kotliny.
- Tato hluboce porušená, tektonicky namožená a rozpukaná zóna představuje souvislý pruh šířky 0,5 až 1 km, sledovatelný po celé délce úpatí horského svahu. Objevují se pásma drčení, mylonitizace, hydrotermální alterace, kaolinizace a dalších projevů degradace vlastností původního rigidního krystalinika.
- Pevnost navětralých rul je menší než pevnost svrchnokřídových slínovců, slinitých vápenců a pískovců.
- Pevnost zvětralých rul odpovídá pevnosti terciérních jílovců.

2.5 Krušnohorský tunel – krušnohorský zlom v oblasti trasy

V místě plánované trasy nejsou zejména z důvodu neexistence v minulosti realizované uhelné sloje dostupné žádné přesnější informace o geologické stavbě. Nebyl zde důvod k průzkumu.

Z archivních podkladů vyplývá předpoklad existence výrazného podružného zlomu, který se od krušnohorského zlomu odděluje v oblasti obce Unčín. V ose předpokládané trasy je vzdálen cca 600–700 m jižně od předpokládaného průběhu hlavní linie zlomu. V této oblasti je předpokládán průchod trasy tunelu křídovými horninami. Mimo to je předpokládána existence podružných paralelních zlomů a zlomů příčných.

Přechod z pánevní výplně do porušeného pásma krystalinika bude s velkou pravděpodobností probíhat v horninách křídvy, jde tedy o odlišné podmínky oproti výše popsaným lokalitám.

S vysokou pravděpodobností (téměř s jistotou) budou trasou zastíženy vulkanické horniny, a to jak charakteru pyroklastik, tak pevné skalní horniny. Vulkanity v okolí tvoří několik výrazných morfologických útvarů. Byly dokumentovány časté výchozy a některá tělesa jsou pravděpodobně zakryta kvartérními zeminami.

Nelze vyloučit výskyt vulkanitů v nadloží tunelu, překrývajících starší sedimenty.

Svahy Krušných hor navazující na portálový úsek jsou velmi strmé,

separated by clayey-sandy soil, tectonic clays and kaolinized completely decomposed gneiss;

- gneiss is characterized by strong kaolinization, chloritization, hematization and mostly strong, often zonal alteration;
- the transition to a healthy crystalline can be characterized as a blocky dislocated crystalline, strongly fractured and in some places mylonitized, this contact was reached only in the Jezerka and Jezeří tunnels, but in both cases they are different, in the Jezeří tunnel the fracturing gradually subsides, in the Jezerka tunnel the transition is very sharp;
- the length of the broken crystalline structure in individual tunnels is also different, when the maximum can be considered 300m;
- the measurements of the insitu stresses carried out at the time of the construction of the tunnels revealed the predominance of the horizontal component of the stress over the vertical component, while the values are (1.55–2.00): 1.

Certain information about the Krušnohorský fault is also given in connection with the originally planned total extraction of the coal seam in the area. This plan was mainly accompanied by the fear of stability failure of the slopes of the Krušné hory. Here, the information describing both the problems of deep mining in the fault area and the characteristics of the fault zone is of particular interest:

- Difficulties were also encountered in deep mining in the outcrop inclined part. An example is the abolishment of the village of Jezeří in the 1950s, when undermining led to the activation of landslide movements in the Quaternary rubble and perhaps also in the Tertiary on the adjacent slope, far beyond the boundaries of the mine-defined subsidence basin.
- This deeply faulted, tectonically stressed and fractured zone represents a continuous strip 0.5 to 1km wide, traceable along the entire length of the foot of the mountain slope. Bands of crushing, mylonitization, hydrothermal alteration, kaolinization and other manifestations of degradation of the properties of the original rigid crystalline material appear.
- The strength of weathered gneiss is less than the strength of Upper Cretaceous siltstones, silty limestones and sandstones.
- The strength of weathered gneisses corresponds to the strength of Tertiary claystones.

2.5 Krušnohorský Tunnel – Krušnohorský fault in the area of the route

In the place of the planned route, no more precise information about the geological structure is available, especially due to the absence of a coal seam mined in the past. There was no reason for exploration.

The archival documents suggest the existence of a significant secondary fault, which separates from the Krušnohorský fault in the area of the village of Unčín. In the axis of the assumed route, it is located approximately 600–700m south of the assumed course of the main fault line. In this area, it is assumed that the tunnel route will pass through chalky

Tab. 1 Parametry srovnávaných úseků

	Koralm KAT 3	Krušnohorský tunel
Výška nadloží v místě poruchového pásma	250–300 m	120–150 m
Šířka poruchového pásma v ose trasy	cca 430 m	předpoklad nad 250 m *
Geologie – pánevní výplň	středně- až hrubozrnné sedimenty, místy jemnozrnné, omezené slojky uhlí a pyroklastika	jemnozrnné až střednězrnné sedimenty, uhelné jíly, pyroklastika, vulkanity
Geologie – poruchové pásmo	kataklasticky porušené, mylonitizované ruly, oddělené bloky pevné horniny	kataklasticky porušené, mylonitizované ruly, oddělené bloky pevné horniny, výrazná kaolinizace a chloritizace
Geologie – krystalinikum	jemno- až hrubozrnné ruly, břidlice	středně zrnité, biotit – muskovitické ruly
Dominantní diskontinuity	sklon > 50°, příčně k ose, převážně vyhlazené	sklon > 50° (až 75°), příčně k ose, převážně vyhlazené
Způsob ražby	NRTM – průzkumné tunely v jižní troubě, TBM v severní	–
Podzemní voda	rozptýlené, slabé přítoky	rozptýlené, slabé přítoky *

* Není známá míra porušení křídových hornin a jejich vliv na podmínky v trase

sklonem (až přes 30°) odpovídají jak oblasti v okolí zámku Jezeří, tak i výhodně položené oblasti žandovské uhelné pánvičky. V obou těchto oblastech jsou doloženy kerné sesuvy skalních hornin křída, případně krystalinika. Nelze tedy vyloučit možnost výskytu těchto skalních hornin v nadloží mladších sedimentů.

Na povrchu, při úpatí svahu Krušných hor, nejsou zřejmě žádné projevy zlomu. Ojedinelé skalní výchozy jsou tvořeny převážně slabě zvětralou až zdravou ortorulou.

Orientace žádného systému zastížených diskontinuit neodpovídá předpokládané orientaci krušnohorského zlomu.

Směr proudění podzemní vody je směrem od svahu hor do pánve, tedy zhruba k jihu až jihovýchodu. Lze očekávat dva výraznější horizonty podzemní vody. Mělký, který se nachází na bázi kvartérních sedimentů (na úpatí jde převážně o propustné proluviační štěrky). Hlubší, bazální křídový horizont v zóně pískovců, souvisí s ústeckými termami. Na úpatí Krušných hor se nacházejí dvě až tři linie pramenních vývěřů, kdy jednotlivé linie mají vždy zhruba stejnou nadmořskou výšku.

3. POROVNÁNÍ

V tab. 1 jsou uvedeny parametry obou popisovaných tunelů, které je možné v současné době porovnat, a to i bez znalosti skutečných podmínek v trase Krušnohorského tunelu.

I když v budoucnosti budou v případě Krušnohorského tunelu doplněny další podrobné informace, je podobnost těchto dvou úseků už dnes až zarážející.

4. POZNATKY Z PRŮZKUMNÝCH TUNELŮ KAT 3

Cílem tohoto příspěvku není zhodnocení výsledků průzkumu, představení jeho závěrů ani popis způsobu realizace průzkumných tunelů a chování výrubů během ražeb.

Nicméně je vhodné uvést některé základní informace.

Po úvodních etapách průzkumů byla očekávaná šířka hlavní části poruchového pásma lavanttal více než 900 m. Během ražby průzkumných tunelů byla konečná délka stanovena na cca 430 m.

Na základě průzkumných prací, včetně ražených tunelů, byla vytvořena charakteristika poruchových zón, přičemž byly zahrnuty všechny zóny s mocností nad 1 m. Poruchy s mocností pod 1 m byly hodnoceny jako „neporušená“ hornina. Pro charakteristiku byly zvoleny následující parametry:

- pravá mocnost poruchové zóny;
- proměnlivost vnitřní stavby poruchové zóny (heterogenita);
- podíl klastického (kataklastického) materiálu (K);
- podíl porušené (podrcené) horniny (Z);
- podíl neporušených (kompetentních) horninových bloků a fragmentů (nad 0,5 m) uvnitř poruchové zóny (B).

Na základě těchto parametrů byly stanoveny čtyři typy poruch, označených A–D. Rozhodující byla vždy vzájemná odlišnost v nejméně jednom parametru. Jako součást popisu byl vždy uváděn procentuální podíl jednotlivých složek K, Z a B, počet těchto složek v rámci zóny a jejich mocnost [4].

Table 1 Parameters of the compared sections

	Koralm KAT 3	Krušnohorský Tunnel
The height of the overburden at the location of the fault zone	250–300m	120–150m
Width of the fault zone in the axis of the route	cca 430m	assumption above 250m *
Geology – basin fill	medium- to coarse-grained sediments, sometimes fine-grained, limited coal seams and pyroclastics	fine- to medium-grained sediments, coal clays, pyroclastics, volcanites
Geology – fault zone	cataclastically fractured, mylonitized gneiss, separated blocks of solid rock	cataclastically fractured, mylonitized gneisses, separated blocks of solid rock, significant kaolinization and chloritization
Geology – crystalline	fine- to coarse-grained gneiss, schist	medium-grained, biotite – muscovite gneiss
Dominant discontinuities	slope > 50°, transverse to the axis, mainly slicken-sided	slope > 50° (up to 75°), transverse to the axis, mainly slicken-sided
Excavation method	NRTM – exploratory tunnels in the southern tube, TBM in the northern tube	–
Groundwater	scattered, weak inflows	scattered, weak inflows *
* The degree of fracturing of the chalk rocks and their influence on the conditions along the route is not known		

rocks. In addition, the existence of secondary parallel faults and transverse faults is assumed.

The transition from the basin fill to the broken crystalline zone will most likely take place in Cretaceous rocks, so these are different conditions compared to the locations described above.

There is a high probability (almost a certainty) that volcanic rocks will be encountered along the route, both of pyroclastic character and solid bedrock. The volcanics in the vicinity form several distinct morphological formations. Frequent outcrops have been documented and some bodies are probably covered by Quaternary soils.

The occurrence of volcanics in the overburden of the tunnel, overlying older sediments, cannot be ruled out.

The slopes of the Krušné Hory following the portal section are very steep, their slope (up to over 30°) corresponds to both the area around the Jezeří Castle and the eastern area of the Zandov coal pan. In both of these areas, toppling landslides of Cretaceous rocks, possibly of crystalline, are documented. Therefore, the possibility of the occurrence of these rocks in the overburden of younger sediments cannot be ruled out.

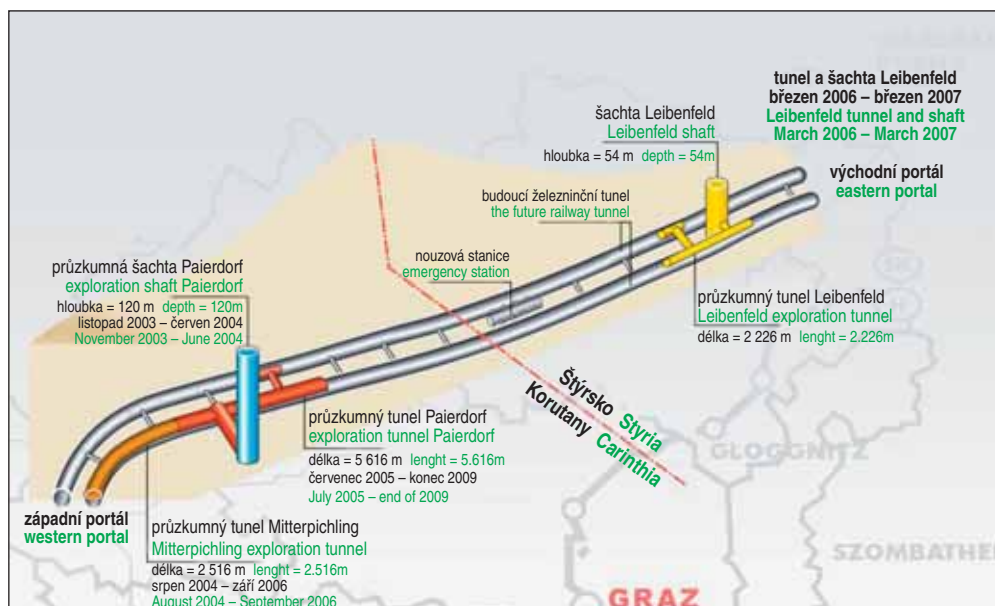
On the surface, at the foothill of the Krušné hory, there are no obvious signs of faulting. The isolated rock outcrops are mainly formed by weakly weathered to healthy orthogneiss.

The orientation of any system of detected discontinuities does not correspond to the assumed orientation of the Krušnohorský fault.

The direction of groundwater flow is from the mountain slope to the basin, i.e. roughly south to southeast. Two distinct groundwater horizons can be expected. The shallower, which is located at the base of Quaternary sediments (the foothills are mainly permeable proluvial gravels). The deeper, basal Cretaceous horizon in the sandstone zone is related to the Ústí thermal springs. At the foot of the Krušné hory, there are 2 to 3 lines of springs, where the individual lines always have roughly the same height above sea level.

3. COMPARISON

The Table 1 shows the parameters of both described tunnels, which can currently be compared, even without knowledge of the actual conditions along the route of the Krušnohorský tunnel.



Obr. 3 Tunel Koralm – schéma ražeb navazujících na jámu Paierdorf

Fig. 3 Koralm tunnel – scheme of excavations connected to the Paierdorf pit

Další podrobnější charakteristika byla použita při hodnocení kataklastického materiálu na celkem tři typy:

- jemnozrnné kataklazity;
- kompaktní kataklazity;
- hrubozrnné kataklazity.

Tyto typy hornin a zemin byly následně podrobněji charakterizovány [3, 4].

5. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ PRŮZKUMNÝCH PODZEMNÍCH DĚL KAT 3

Zahájení ražeb úseku KAT 3 bylo v podstatě součástí finální fáze průzkumu, kdy jednotlivá hloubená a ražená díla sloužila jak pro

of exploration tunnels, the final length was determined to be about 430m.

Based on exploration work, including tunnel borings, a characterization of the fault zones was performed, with all zones over 1m thick included. Faults under 1m thick were rated as “intact” rock. The following parameters were chosen for characterization:

- true thickness of the fault zone;
- variability of the internal structure of the fault zone (heterogeneity);
- proportion of clastic (cataclastic) material (K);
- proportion of fractured (crushed) rock (Z);
- the proportion of intact (competent) rock blocks and fragments (over 0.5m) inside the fault zone (B).

Based on these parameters, four types of faults, marked A–D, were determined. Mutual difference in at least one parameter was always decisive. As part of the description, the percentage share of individual components K, Z and B, the number of these components within the zone and their strength [4] were always stated.

Another more detailed characteristic was used in the evaluation of cataclastic material into a total of three types:

- fine-grained cataclasites;
- compact cataclasites;
- coarse-grained cataclasites.

These types of rocks and soils were subsequently characterized in more detail [3, 4].

5. TECHNICAL SOLUTION OF EXPLORATION UNDERGROUND STRUCTURES KAT 3

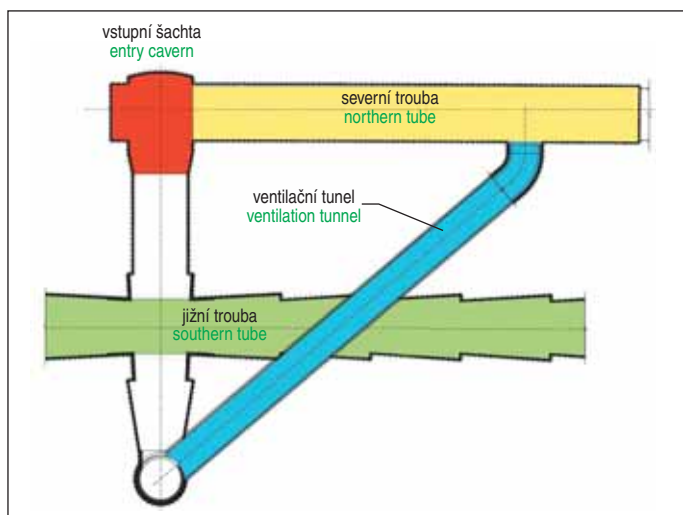
The start of excavations of the KAT 3 section was essentially part



Obr. 4 Tunel Koralm – startovací lože pro razičící stroj v jámě Mitterpichling

Fig. 4 Koralm tunnel – launch bed for the boring machine in the Mitterpichling pit

zdroj: RNDr. Tomáš Svoboda, Ph.D. source: RNDr. Tomáš Svoboda, Ph.D.



zdroj: [5] source: [5]

Obr. 5 Tunel Koralm – schéma napojení šikmého ventilačního tunelu na jámu Paierdorf a severní troubu tunelu Koralm

Fig. 5 Koralm tunnel – scheme of the connection of the inclined ventilation tunnel to the Paierdorf pit and the northern tube of the Koralm tunnel

účely průzkumu, tak byla současně využita pro přípravu ražeb, případně byla přímo částí budoucích tunelů.

Práce byly zahájeny v 11/2003 hloubením šachty Paierdorf. Ze šachty byly v profilu jižní trouby raženy průzkumné tunely Paierdorf West TM a Paierdorf Ost, s celkovou délkou 5 616 m. Na tunel Paierdorf navázal průzkumný tunel Mitterpichling [5] (obr. 3).

Tunel Mitterpichling byl ražen jako pokračování tunelu Paierdorf a současně protiražbou (na východ) z hloubené jámy Zwischenangriff Mitterpichling. Jáma Mitterpichling byla využita i pro realizaci startovacího lože pro razičí stroj v severní troubě (obr. 4).

Na napojení šachty Paierdorf navázala propojka mezi oběma troubami, ze které byla následně v severní troubě vyražena kaverna pro přestavbu zeminového štítu na tunelovací stroj do tvrdých hornin [5].

Posledním dílem v této části tunelu bylo vyražení šikmého (14°) ventilačního tunelu mezi severní troubou a šachtou Paierdorf (obr. 5).

6. SHRUTÍ

Z uvedeného stručného popisu dvou staveb, vzdálených vzdušnou čarou 450 km a situovaných v odlišných geologických formacích, je zřejmá velká podobnost.

Jde jak o podobnost v geologicko-geotechnických podmínkách, tak i o předpokladatelnou podobnost v technickém řešení, která je dána prakticky shodným typem stavby.

Krušnohorský tunel se projekčně nachází na samém počátku, naopak tunel Koralm je již prakticky dokončený. Během realizace tunelu Koralm bylo nutné řešit celou řadu geotechnických problémů, které byly více či méně očekávané. Obdobné problémy se nevyhnou ani Krušnohorskému tunelu.

Nejde však jen o problematiku vlastní realizace, ale i přístup ke geotechnickému průzkumu. V případě Krušnohorského tunelu v tuto chvíli existuje pouze hrubá představa, v případě tunelu Koralm (KAT 3) vyvrcholily průzkumné práce realizací průzkumných tunelů. Geologicko-geotechnické podmínky byly tedy ověřeny s maximální mírou. Na základě toho byl následně vytvořen geotechnický model prostředí, který byl zejména využit při navazující ražbě severní trouby a větracího tunelu. Průzkumné štoly (tunely) však nebyly využity pouze pro průzkum, ale následně i pro další technologické účely.

Realizace průzkumu pro Koralm (KAT 3) jasně ukázala nutnost postupného doplňování informací formou navazujících a cílených

of the final phase of the exploration, when individual open cut and underground excavated structures served both for exploration purposes and were simultaneously used for tunneling preparations, or were directly part of future tunnels.

The works started in 11/2003 by excavating the Paierdorf shaft. The exploration tunnels Paierdorf West TM and Paierdorf Ost, with a total length of 5,616m, were excavated from the shaft in the profile of the southern tube. The Paierdorf tunnel was followed by the Mitterpichling exploration tunnel [5] (Fig. 3).

The Mitterpichling tunnel was excavated as a continuation of the Paierdorf tunnel and at the same time, in the opposite direction (to the east), excavation started from the open cut pit Zwischenangriff Mitterpichling. The Mitterpichling pit was also used for the construction of the launch bed for the boring machine in the northern tube (Fig. 4).

The Paierdorf shaft was connected to a crosspassage between the two tunnels, from which a cavern was subsequently excavated in the northern tunnel for the conversion of the earth pressure balanced shield into a hard rock tunneling machine [5].

The last construction in this part of the tunnel was the excavation of an inclined (14°) ventilation tunnel between the northern tube and the Paierdorf shaft (Fig. 5).

6. SUMMARY

From the given brief description of the two structures, 450km apart, and situated in different geological formations, a great similarity is evident.

This is both a similarity in geological and geotechnical conditions, and also a presumable similarity in the technical solution, which is given by the virtually identical structure type.

The Krušnohorský Tunnel design is at the very beginning, while the Koralm Tunnel is practically completed. During the construction of the Koralm tunnel, it was necessary to solve a number of geotechnical problems that were more or less expected. Similar problems will not be avoided in the Krušnohorský tunnel.

However, it is not only an issue of actual construction, but also of an approach to geotechnical exploration. In the case of the Krušnohorský tunnel, there is only a rough idea at the moment, in the case of the Koralm tunnel (KAT 3), the exploration work culminated in the realization of exploration tunnels. The geological-geotechnical conditions were therefore verified to the maximum extent. Based on this, a geotechnical model of the rock environment was subsequently created, which was mainly used during the subsequent excavation of the northern tube and the ventilation tunnel. However, the exploratory tunnels were not only used for research, but subsequently also for other technological purposes.

The realization of the exploration for Koralm (KAT3) clearly showed the necessity of gradually supplementing information in the form of follow-up and targeted stages of drilling work, possibly supplemented by other methods. With the subsequent incorporation of knowledge into the project, but at the same time also the clear demands of the designers on the exploration management. Thus, 5 main stages of drilling exploration were performed.

In addition to the “standard” verification of the geotechnical and hydrogeological properties of the rock environment, the characteristic of fault zones and the verification of the mutual position of the planned structures with these zones are essential. Especially in case of oblique crossing, the zone of influence is significantly longer than in case of perpendicular crossing.

etap vrtných prací případně doplněných dalšími metodami. S následným zpracováním poznatků do projektu jsou současně však i jasné požadavky projektantů na řešitele průzkumu. Bylo tak realizováno pět hlavních etap vrtného průzkumu.

Mimo „standardní“ ověření geotechnických a hydrogeologických vlastností horninového prostředí je zásadní charakteristika poruchových pásem a ověření vzájemné pozice plánovaných konstrukcí s těmito pásmy. Zejména při šikmém křížení je oblast ovlivnění výrazně delší než při křížení kolmém.

Projekt Krušnohorského tunelu i související průzkum jsou nyní na samém počátku, je tedy těžké předvídat další vývoj. Pro zpracovatele i zadavatele projektu jsou však informace a přístupy použité na úseku KAT 3 velkou inspirací. Výhodou je možnost zvážení účelnosti daných řešení v předstihu a možnost volby časové návaznosti.

V současné době je očekáváno zahájení první fáze průzkumných prací, jakási obdoba etapy předběžného průzkumu. Uvažována je řada vrtů v „mělčí“, ale heterogenní úvodní části a několik hlubokých vrtů (cca do 500 m) v oblasti krystalinika. Vrtným pracím budou předcházet geofyzikální měření.

Poznátky z této úvodní fáze umožní vytvoření první reálné představy o geotechnických podmínkách v trase Krušnohorského tunelu. Pro návrh dalších etap průzkumu, tak bude možné jednat vycházet z „hmataelných“ údajů, ale současně i porovnat další postup se srovnatelnými úseky KAT 3.

Často je nyní diskutována průzkumná štola v úvodní části tunelu. S ohledem na současné znalosti je její realizace velmi pravděpodobná, přesné technické řešení však bude třeba zkoordinovat s projektem a maximálně tak využít potenciál pro potřeby stavby.

Inspirací z KAT 3 může být i technické řešení portálového úseku, kde bude mimo geotechnických problémů nutné vyřešit i otázky konstrukční a logistické. Morfologie území umožňuje smysluplně využít přístup do oblasti stavby pouze v oblasti pod svahy Krušných hor, tedy zhruba do nadmořské výšky 350 m n. m. Dále jsou již horské svahy extrémně strmé a přístup je možný pouze po několika lesních cestách.

Poslední otázkou je pak volba metody ražby, kde je již v tuto chvíli jasné, že úvodní část minimálně jednoho z tunelů bude muset být s velkou pravděpodobností realizována konvenčně. Navazující úseky v krystaliniku jsou naopak vhodné pro nasazení TBM.

Otázkou bude i volba umístění nouzové stanice (stanic) a případného přístupu do její oblasti hlubokými šachtami, nebo přístupovým tunelem z povrchu.

Mgr. JIŘÍ ZMÍTKO, zmitko@3-g.cz,

RNDr. TOMÁŠ SVOBODA, Ph.D., svoboda.tomas@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.

Recenzoval Reviewed: Ing. Otakar Krásný

The Krušnohorský Tunnel project and related exploration are now at the very beginning, so it is difficult to predict further developments. However, the information and approaches used on the KAT 3 section are a great inspiration for both the developer and the client of the project. The advantage is the possibility of considering the expediency of the given solutions in advance and the possibility of choosing temporal continuity.

At the moment, it is expected to start the first phase of exploration work, similar to the stage of preliminary exploration. A series of wells in the “shallow” but heterogeneous initial part and several deep wells (approx. up to 500m) in the crystallinics area are considered. Drilling will be preceded by geophysical measurements.

The findings from this initial phase will enable to gain a first realistic idea of the geotechnical conditions along the route of the Krušnohorský tunnel. For the design of the next stages of the exploration, it will be possible to start from “tangible” data, but at the same time to compare the next procedure with comparable sections of KAT 3.

An exploration tunnel in the initial part of the tunnel is now often discussed. With regard to current knowledge, its implementation is very likely, however, the exact technical solution will need to be coordinated with the project in order to make maximum use of its potential for the needs of the construction.

The technical solution of the KAT 3 portal section can also be an inspiration, where, in addition to geotechnical problems, structural and logistical issues will also have to be solved. The morphology of the area makes it possible to meaningfully use access to the construction area only in the area below the slopes of the Krušné hory, i.e. up to an altitude of approximately 350m above sea level. Furthermore, the mountain slopes are already extremely steep and access is only possible via several forest roads.

The last question is the choice of excavation method, where it is already clear at this moment that the initial part of at least one of the tunnels will most likely have to be realized conventionally. On the other hand, the following sections in the crystalline are suitable for the use of TBM.

The question will also be the choice of the location of the emergency station(s) and possible access to its area through deep shafts or an access tunnel from the surface.

Mgr. JIŘÍ ZMÍTKO, zmitko@3-g.cz,

RNDr. TOMÁŠ SVOBODA, Ph.D., svoboda.tomas@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] ZMÍTKO, J. Krušnohorský tunel – úvodní představení. *Tunel*, 4/2021
- [2] SVOBODA, T. Geologické sledování mechanizovaných TBM ražeb na úseku KAT2 tunelu Koralm. *Tunel*, 3/2015
- [3] 3G-Gruppe Geotechnik Graz, Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Gutachten zur Geologie. *Hydrogeologie und Geotechnik*, 2012.
- [4] SCHUBERT, P., SELLNER, P., HÖLZL, H., FASCHING, F. Geomechanischer Wissenszuwachs durch den Erkundungstunnel Paierdorf im Abschnitt der Lavanttaler Hauptstörungszone. *Geomechanics and Tunnelling*, 03/2010
- [5] RADONCIC, N., HÖLZL, H., MORITZ, B., BACHER, W. Das Lüftungsbauwerk Paierdorf – Planung und Herstellung eines komplexen Untertagebauwerks in anspruchsvollen Gebirgsverhältnissen, 06/2013
- [6] ZMÍTKO, J., ZÜCHNER, F. NBS Dresden – Prag, Planungsabschnitt 2. Geotechnischer Bericht zu Vorabaussagen für den Abschnitt auf tschechischem Staatsgebiet, 03/2022