

DLOUHÉ SILNIČNÍ TUNELY V SOUČASNOSTI RAŽENÉ V INDICKÉM HIMÁLAJI

LONG HIGHWAY TUNNELS IN INDIAN HIMALAYA UNDER CONSTRUCTION

MARTIN SRB, MATOUŠ HILAR, PETR SVOBODA

ABSTRAKT

Tři projekty dlouhých silničních tunelů v současnosti ražených v indickém Himálaji ve státech Jammu-Kashmir a Himachal-Pradesh demonstrují rychlý rozvoj dopravních tunelů v Indii. V uplynulých dekádách dominovaly podzemním stavbám v oblasti Himálaje především projekty v odvětví vodohospodářské. Budované silniční tunely jsou připravovány a stavěny v úzké spolupráci s mezinárodními experty, kteří přinášejí zkušenosti s dlouhými a velkými dopravními tunely. V následujícím článku jsou prezentovány první zkušenosti s přípravou a realizací tří obdobných projektů se zaměřením na nejdélejší projekt – tunel Patnitop na úseku Chenani – Nashri na národní dálnici (National Highway) NH-1A mezi městy Jammu a Srinagar.

ABSTRACT

Three long highway tunnel projects in realization in Indian Himalaya in states of Jammu-Kashmir and Himachal-Pradesh demonstrate rapid development of transport tunnelling in India. Until recently, hydro project tunnels dominated Himalaya tunnelling industry for last decades. Transport tunnels now in construction are being prepared and constructed in close cooperation with international contractors and experts bringing long&large transport tunnelling know how. First experience with excavation of three projects shall be presented with particular attention to the longest one, Patnitop Tunnel on Chenani – Nashri section of National Highway NH-1A from Jammu to Srinagar.

1 ÚVOD

V severozápadním indickém státu Jammu a Kashmir v oblasti Himálaje je ve výstavbě nová jednokolejová železniční trať z města Jammu do Srinagaru. Na dané trase je řada tunelů. Nejdéleším je přibližně 11 km dlouhý tunel pod horským hřebenem Pir Panjal. Prorážka tunelu, který je prvním dlouhým dopravním tunelem v oblasti indického Himálaje, byla provedena v září 2011. Zkušenosti z tohoto tunelu výrazně pomohly při přípravě silničního tunelu v této oblasti.

Modernizace národní silnice NH-1A z Jammu do Srinagaru na čtyřpruhovou dálnici byla připravována National Highway Authority of India (NHAI) během minulé dekády. Celkové náklady jsou odhadovány na 2000 mil. USD, cestovní čas mezi oběma městy by měl být zredukován z 8–10 h na 5–6 h. Výstavba byla zahájena v roce 2011 ražbou tunelů na dvou nejobtížnějších úsecích trasy křížujících hlavní horské hřebeny **Patnitop** (2000 m n. m.) a **Pir Panjal** (2850 m n. m.). Oba úseky jsou budovány podle koncesních schémat DBFOT (design–build–finance–operate–transfer, navrhni–postav–financuj–provozuj a předej) s obdobím koncese 20 let včetně doby výstavby odhadované na 5 let.

Tunel Rothang pod průsmykem **Rothang** (3978 m n. m.), umístěný blízko hranic indických států Himachal Pradesh a Jammu Kashmir, je součástí celoročního silničního spojení odlehlých oblastí Ladakh na národní dálnici NH 21 mezi Lehem a Manali. Projekt je založen na modelu DBB (design–bid–build) se státním investorem Border Roads Organization (BRO). Ražba tunelu byla zahájena v roce 2010.

Všechny tunely jsou stavěny podle principů Nové rakouské tunelovací metody (NRTM), ražba je realizována a předpokládána především s využitím trhačích prací. Stříkaný beton a svorníky jsou používány pro primární ostění a pro definitivní ostění bude využit monolitický beton s mezilehlou izolací, pouze u tunelu Rothang není izolace navržena.

1 INTRODUCTION

In North-Western Himalayan state of Jammu and Kashmir, new single track railway line from Jammu to Srinagar is under construction with numerous tunnel sections. The longest tunnel of approx. 11km under Pir Panjal mountain range has been



Obr. 1 Umístění tunelových projektů
Fig. 1 Project's locations

Zvláštností uvedených tří tunelů jsou jejich rozdílná koncepční řešení.

2 TUNEL CHENANI – NASHRI (PATNITOP) – NEJDELŠÍ SILNIČNÍ TUNEL V INDIÍ

2.1 Projektová příprava a koncept tunelu

Tunel Chenani – Nashri (Patnitop) je umístěn mezi km 89 a km 130 existující silnice NH-1A a je navržen jako tunel s jednou troubou se dvěma protisměrnými jízdními pruhy. Možnost úniku osob je řešena paralelní únikovou štolou, která může být v budoucnosti zvětšena na druhou dopravní tunelovou troubu. Směrové řešení tunelu je výsledkem studií provedených v letech 2004–2006, délky tunelu se v připravených variantách pohybovaly od 1,2 km do 9 km. Investor NHAI se nakonec rozhodl pro variantu nejdelšího „bázového“ tunelu v nadmořské výšce přibližně 1200 m s nadložím dosahujícím 1000 m.

Projekt na úrovni dokumentace pro stavební povolení (DSP) byl vypracován v roce 2006 českou konzultační firmou D2 Consult Prague (dnes 3G Consulting Engineers) v subdodávce pro Louis Berger International. Jeho součástí byl i omezený geotechnický průzkum a jeho vyhodnocení, definice technologických tříd výrubu, návrh stavebních konstrukcí a koncepčního řešení větrání včetně souvisejících specifikací, výkazu výměr a stanovení nákladů. V roce 2010 proběhlo výběrové řízení na koncesní projekt DBFOT. Koncesi získala indická skupina IL&FS Transportation Networks Ltd (ITNL). Koncesionář vybral australskou společnost Leighton Wellspan Co. jako generálního dodavatele zodpovědného za výstavbu tunelu včetně dvou krátkých úseků silnice před portály a včetně technologického vybavení tunelu. Celková smluvní pevná cena projektu je 570 mil. USD. Realizační dokumentaci zpracovává italská společnost Geodata SpA a technickou pomoc při ražbě zajišťovala v roce 2011–2012 společnost D2 Consult Prague. Koncept tunelu připravený v DSP zůstal nezměněn (obr. 2) s možností realizace druhé tunelové trouby v pozdější době.

2.2 Zahájení výstavby tunelu a první zkušenosti

Výstavba tunelu byla zahájena na jaře roku 2011 hloubením portálů, což bylo komplikované zejména v případě severního portálu. První záběr tunelu byl realizován v srpnu 2011 z jižního portálu, jednalo se o průzkumnou štolu raženou před hlavní tunelovou troubou. Tato idea byla přijata během přípravy (zpracování DSP), geotechnické informace z ražby únikové štoly by měly sloužit pro krátkodobou předpověď podmínek ražby pro hlavní tunelovou troubu a pro úpravu ražby a zajištění výrubu.

První měsíce ražby tunelu byly využity pro optimalizaci procesů výstavby, aby byla zajištěna požadovaná kvalita a bezpečnost. Proto byla dána přednost výcviku (většinou nezkušených) pracovníků a budování zařízení staveniště před snahou o maximální výkony ražeb. Tento přístup byl přiměřený při předpokládané

úspěšně prolomením v září 2011 jako prvního dopravního tunelu v Indian Himalaya. Austrian Geoconsult was a lead partner of the JV for design and construction supervision.

Upgrade of National Highway 1A (NH-1A), from Jammu to Srinagar to a 4-lane highway has been prepared by National Highway Authority of India (NHAI) during last decade. Total costs are estimated to be 2.000 mil USD and travel time between the two cities should be reduced from 8-10h to 5-6h. The works started in 2011 on two most difficult sections of the alignment at crossings of two major mountain ranges of **Patnitop** (2.000m above sea level) and **Pir Panjal** (2.850m). Both sections are constructed according to DBFOT (design-build-finance-operate-transfer) concession schemes with concession period of 20 years including construction time estimated for five years.

Rothang Tunnel under **Rothang Pass** (3.978m) close to border between two Indian states of Himachal Pradesh and Jammu Kashmir is part of an all year road connection to remote areas of Ladakh on National Highway 21 (NH 21) between Leh and Manali. Project is based on Design-Bid-Build model with the Client Border Roads Organization (BRO) and tunnel excavation started in 2010.

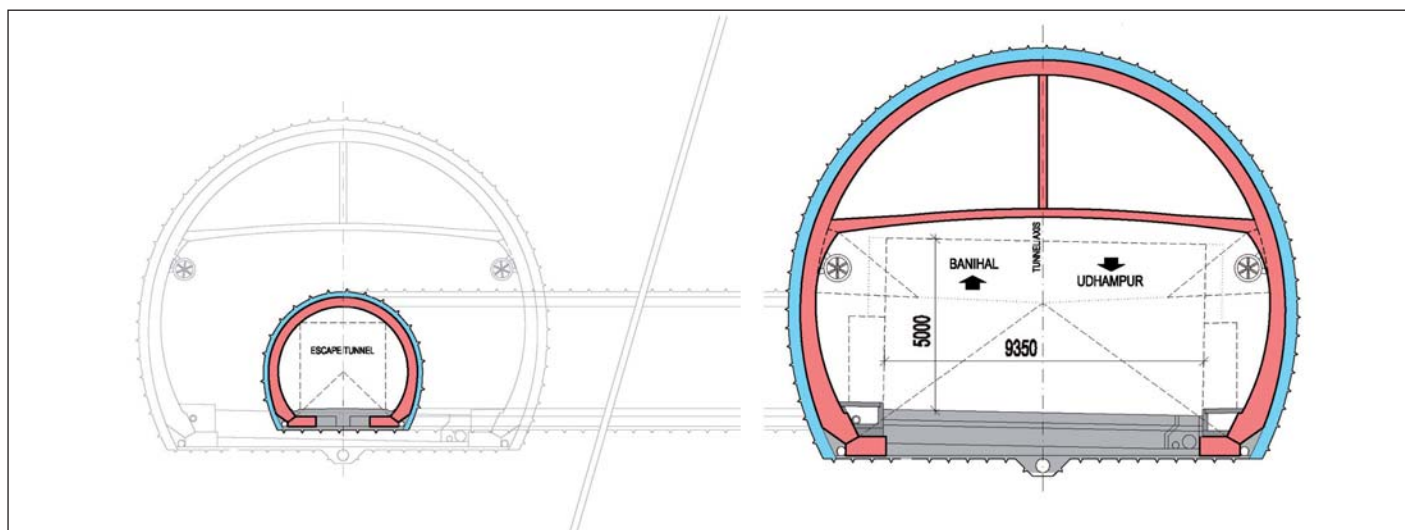
All tunnels are constructed using principles of the New Austrian Tunneling Method (NATM), excavation is done and foreseen mostly by drill&blast, shotcrete and rock bolts are used as a primary support and cast in situ concrete as a final permanent lining with waterproofing membrane in between.

Interesting feature is that all three tunnels have different concept solutions.

2 CHENANI – NASHRI (PATNITOP) TUNNEL – LONGEST ROAD TUNNEL IN INDIA

2.1 Project preparation and tunnel concept

Chenani Nashri (Patnitop) Tunnel is located between km 89 and km 130 of the existing NH1A road and is designed as a 9km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with parallel escape tunnel to be possibly widened later into a second traffic tube. Tunnel alignment is a result of alignment studies performed in 2004–2006 which presented different lengths of tunnel variants ranging from 1,2km to 9km. The Client NHAI finally decided for the longest “base” tunnel at elevation of approx. 1.200m and with maximum overburden of 1.000m. Tunnel was designed on a “DPR” (Detail Project Report) level including limited geotechnical investigation and evaluations,



Obr. 2 Příčný řez tunelu (podle DSP) a bezpečnostní koncept s předpokládanou možností budoucího rozšíření únikové štoly na dvoupruhovou tunelovou troubu s jednosměrným provozem

Fig. 2 Tunnel cross section (DPR) and safety concept with foreseen possibility of future extension to a double lane, unidirectional tunnel



Obr. 3 Jižní portál tunelu Patnitop (Chenani – Nashri) pod průsmykem Patnitop (2012)

Fig. 3 South portal of the Chenani-Nashri tunnel under Patnitop Pass (2012)

době provádění ražeb přesahující tři roky. Koncem listopadu 2011 již probíhaly ražby na všech čtyřech čelbách a ke konci roku 2012 byly dosaženy následující postupy:

Jih – hlavní tunel	1900 m
Jih – úniková štola	2700 m
Sever – hlavní tunel	1700 m
Sever – úniková štola	2300 m

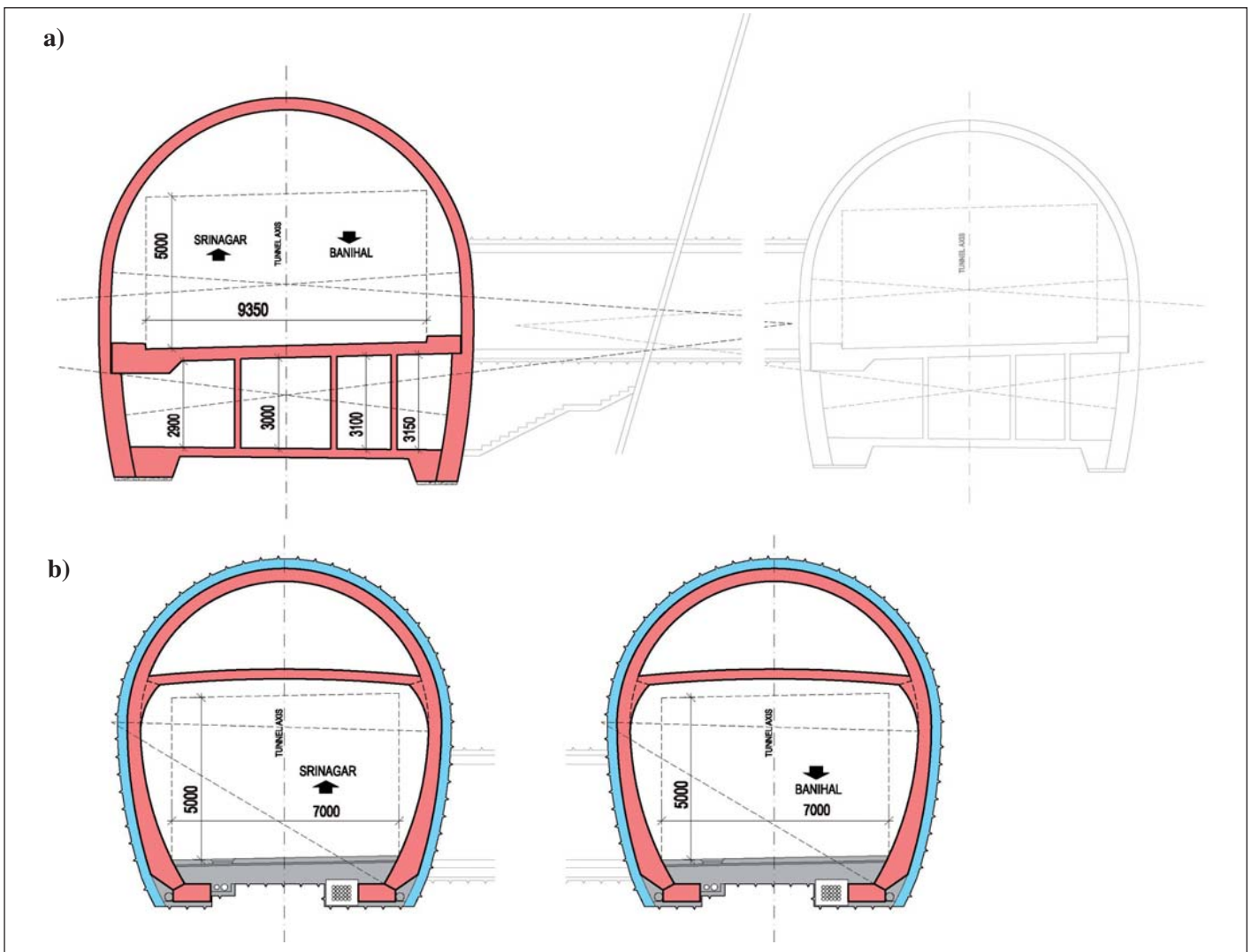
Prorážka se předpokládá v roce 2014 (pokud nebudou zašity neočekávané geologické poměry a pokud budou ražby probíhat podle plánu). Hlavními geologickými riziky ražby jsou vysoké



Obr. 4 Severní portál tunelu Patnitop (Chenani – Nashri) pod průsmykem Patnitop (2012)

Fig. 4 North portal of the Chenani-Nashri tunnel under Patnitop Pass (2012)

excavation and support definition, civil and structural design, conceptual E/M design, and corresponding specifications, BOQ and cost estimates. In 2010, tendering process for concession to design, build, finance, operate and transfer after 20 years was performed (DBFOT), and India-based group IL&FS Transportation Networks Ltd (ITNL) was awarded the concession. Concessionaire has chosen Leighton Wellspan Co. as a general contractor responsible for tunnel construction including short open road sections at



Obr. 5 Vývoj koncepčních řešení silničního tunelu Pir Panjal (a – řešení v DSP, b – řešení připravené koncesionářem)

Fig. 5 Development of the concept solutions for Pir Panjal road tunnel (a – DPR solution, b – concessionaire solution)



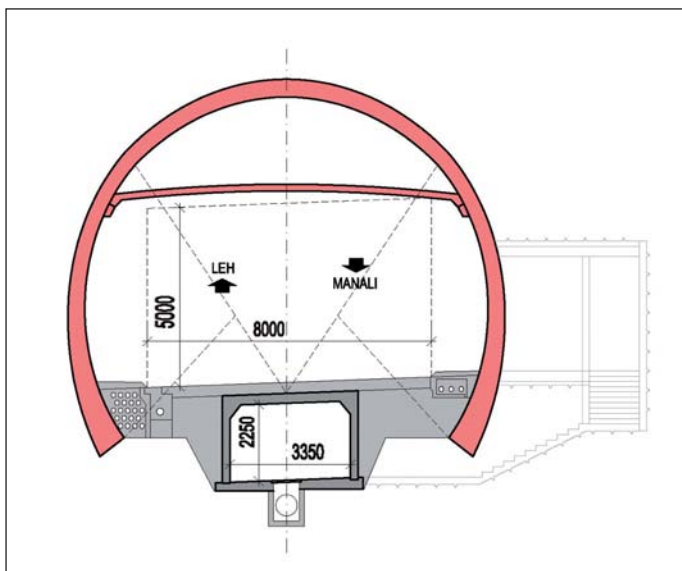
Obr. 6 Jižní portál tunelu Pir Panjal
Fig. 6 South portal of Pir Panjal Road Tunnel

nadloží, vysoká a nestandardní primární napjatost horninového masivu (tektonika Himálaje), přítoky vody, hydrostatický tlak a poruchová pásma. Horninový masiv se skládá z pravidelných vrstev flyšových sedimentárních hornin v celé trase tunelu a bohužel neexistují v dané oblasti žádné srovnatelné tunely.

Na počátku ražeb byly zastíženy vrstvy rozpukaných pískovců a prachovců s minimem vody (suché období, nízké nadloží). Vzhledem k blokovité struktuře masivu bylo množství nadvýlomů relativně vysoké, povrch nezajištěného výrubu byl nepravidelný. Technologické třídy zajištění výrubu byly používány A, B a C s dalším dělením každé z nich. Ve třídě A byla maximální délka záběru 3,5 m, tenká vrstva stříkaného betonu bez příhradových rámu a svorníky délky 5 m. Třídy B a C předpokládaly kratší délku záběru a mohutnější zajištění. Návrh technologických tříd se průběžně upravuje.

2.3 Geologie, NRTM a smluvní podmínky projektů

Znalost geologických a geotechnických podmínek vychází z místní regionální geologie a z omezeného průřezu prováděného ve stadiu projektové přípravy DSP. Zájmová oblast projektu se nachází v západní Himálaji, v pásu nazývaném sub-Himálaj a tunel prochází geologickou formací "Murree" tvořenou terciárními sedimenty erodovaných materiálů splavených z vyšších horských oblastí na severu. Tento pás je na severu ohraničen hlavním okrajovým zlomem (Main Boundary Thrust), který



Obr. 7 Konceptní řešení silničního tunelu pod průsmykem Rothang
Fig. 7 Concept solution for Rothang Pass Road Tunnel

both portals and complete E/M systems. Value of the Engineering, Procurement and Construction (EPC) contract is approximately US\$570M on a lump sum, fixed price basis. Contractor's detail designer is Italian Geodata Co. and specialized tunnel consultant D2 Consult Prague.

Tunnel concept as defined in DPR stage remained unchanged (Fig. 2) with potential for construction of the second tube later.

2.2 Start of the tunnel excavation and first experience

The tunnel construction started with excavation of portal cuts, particularly difficult at squeezed conditions of the north portal in spring 2011. First blast for tunnel was performed in August 2011 at the south portal, with an escape tunnel advancing ahead of main tunnel. This idea was accepted in DPR stage and geotechnical information from escape tunnel should serve for short term prediction of conditions in the main tunnel tube and for corresponding adjustments of excavation and support works.

First months of tunnel excavation are used for optimization of the work routines, meeting quality requirements, training of personnel and establishing of necessary site facilities rather than for maximum progress. This approach is reasonable considering estimated tunnel construction time of more than 3 years. At the end of November 2011 all four tunnel drives have already started and reached at the end of 2012 following distances:

South: Main Tunnel 1900m	Escape Tunnel 2700m
North: Main Tunnel 1700m	Escape Tunnel 2300m

Possible break through can be expected in 2014 if there are no unexpected conditions encountered and scheduled progress of tunnelling works is realized. Geotechnical concerns are high overburden, high and possibly unusual stress conditions, water ingress, water pressure and fault zones. Ground consists of uniform flysh sedimentary rock layers all over tunnel alignment and there is no comparable example of tunnelling in the area. Excavation of first meters experienced layers of competent, jointed sandstones and siltstones and very little water (dry season, low overburden). Over-excavation is due to blocky structure quite high and excavated profile rough. Excavation and support classes are designated A, B and C with subdivision in each, maximum round length 3.5m, thin shotcrete layer, 5m rock bolts and no lattice girders in class A and shorter rounds and stronger support in classes B and C. Deformation measurements are showing expected behaviour with slightly asymmetrical pattern due to prevailing inclination of bedding planes and values of max. several cm. Design of support is being continuously adjusted.

2.3 Geology, NATM and contract conditions

Knowledge about geological conditions comes from limited investigation during DPR phase, limited investigation during pre-construction period and from general information about regional geology. Project area lies in Western Himalaya in a belt called sub-Himalaya and tunnel crosses "Murree" formation of lower tertiary sediments of materials eroded from the high mountains. This belt is on the North framed by the Main Boundary Thrust dividing sedimentary formations from metamorphic complex. The whole tunnel length goes through one sedimentary formation composed by repetitive series of sandstones, siltstones and claystones.

NATM belongs to the group of "observational" methods in geotechnical engineering and as such is capable effectively manage very different conditions encountered during tunnelling. Optimum use of the method can, however, be achieved only with corresponding contractual and organizational arrangements.

Concession project, in particular for tunnel construction in a pure design&build (DB), lump sum contract form, is generally considered as having higher risk potential than standard



Obr. 8 Jižní portál tunelu Rothang

Fig. 8 South portal of Rothang Pass Road Tunnel

odděluje sedimentární formace od metamorfovaných. Celý tunel prochází jedním pásmem tvořeným rytmickým střídáním pískovců, prachovců a jílovců.

NRTM patří do skupiny “observačních” metod a je schopna efektivně reagovat na velmi odlišné podmínky zastížené během ražby. Optimální využití této metody je ovšem možné pouze ve spojení s odpovídajícími smluvními a organizačními podmínkami.

Koncesní projekt tunelu založený na principu naprojektuj a postav (design&build) a paušální pevné ceně (lump sum contract form) je považován za více rizikový než v Evropě obvykle používaný smluvní model naprojektuj–zadej–postav (design–bid–build) s pevnými jednotkovými cenami. Udržení přijatelné míry rizika při ražbě tunelu vyžaduje vysokou odbornou úroveň a spolupráci mezi zúčastněnými stranami (zhotovitel a stavební dozor) během celé doby výstavby.

3 SILNIČNÍ TUNEL PIR PANJAL

Silniční tunel Pir Panjal je umístěn mezi Banihalem (směr na jih do Jammu) a Quazigund (směr na sever do Srinagaru) na silnici NH-1A a byl navržen ve fázi DSP jako 8,45 km dlouhý tunel s jednou dvoupruhovou troubou s protisměrným provozem a s únikovým kanálem umístěným pod vozovkou. Uvedený koncept byl změněn koncesionářem (obr. 4) a schválen investorem NHAI v průběhu zpracování realizační dokumentace na dvě jednosměrné jednopruhové trouby spojené propojkami s možností úniku do druhé trouby v případě požáru či jiné mimořádné události. Koncesionářem projektu je společnost Navayuga Engineering Comp. Ltd a rakouský Geoconsult je jejich projektantem.

4 SILNIČNÍ TUNEL POD PRŮSMYKEM ROTHANG

Silniční tunel pod průsmykem Rothang je umístěn na silnici Manali – Leh ve státě Himachal Pradesh. Jedná se o 8,8 km dlouhý tunel s jednou dvoupruhovou troubou s protisměrným provozem s únikovým kanálem pod vozovkou. Tunel leží v nadmořské výšce přes 3000 m, výška nadloží přesahuje 2000 m. Projekt je založen na modelu DBB, investor BRO zadal v roce 2009 projekt výstavby tunelu a přilehlé silnice sružením SAJV (Strabag-Afcons JV), ražba tunelu byla zahájena v roce 2010. Projektantem je australská společnost SMEC, supervize je prováděna rakouskou společností D2 Consult International ve sružení s indickou společností ICT, kontrolu projektu provádí rakouská společnost 3G Geotechnische Gruppe Graz. Ražby jsou prováděny z obou portálů a stav na konci roku 2012 byl následující:

Ražba z jihu:2050 m

Ražba ze severu:1300 m

contractual arrangements (design-bid-build, unit price contract). Keeping tunnelling works on acceptable risk level will need high competence and cooperation between involved parties (contractor and supervision) during the whole tunnel excavation period.

3 PIR PANJAL ROAD TUNNEL

Pir Panjal road tunnel is located between Banihal (direction to South-Jammu) and Quazigund (direction to North-Srinagar) on NH-1A road and has been prepared in DPR phase as a 8,45km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with an escape channel under the carriageway. This concept was changed (Fig. 4) by concessionaire and approved by the client NHAI during detail design stage to a two tube, one traffic lane, single directional concept, with cross adits for escape possibility into other tube in case of fire or emergency. Concessionaire for the project is Navayuga Engineering Comp. Ltd and Austrian Geoconsult is their designer.

The project will benefit from the fact that there is the same designer (Geoconsult) who did design and supervision for the rail tunnel crossing Pir Panjal range in close distance from road tunnel and at just slightly lower elevation.

4 ROTHANG PASS ROAD TUNNEL

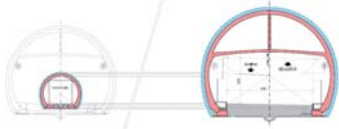
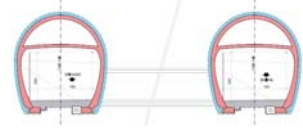
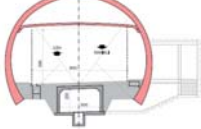
Rothang Pass road tunnel project is located on Manali – Leh road in Himachal Pradesh as a 8,8km, single tube, 2-lane, bidirectional tunnel with an escape channel under the carriageway. Tunnel is located at elevation of more than 3.000m with max. overburden almost 2.000m. Project is based on Design-Bid-Build model and the Client BRO has awarded construction of the tunnel and approaches to SAJV (Strabag-Afcons JV) in 2009, tunnel excavation works started in 2010, and the tunnel should be completed at the end of 2015. The cost of building the tunnel and roadway amount to about US\$350M. Designer is Australian SMEC, Independent Engineer (IE) for the project is Austrian D2 Consult International in JV with Indian ICT, and Proof Checking Engineer is Austrian 3G company. Tunnelling works are progressing from both portals, at the end of November 2011:

South tunnel drive 2050m

North tunnel drive 1300m

The northern portal will not be accessible during the winter months, therefore the main tunnelling works will be carried

Tab. 1 Srovnání koncepcí tunelů
Table 1 Comparison of tunnel concepts

			
Ukazatel / Index	Chenani – Nashri (Patnitop)	Pir Panjal	Rothang
Stavební náklady Construction Costs	0	-	+
Logistika výstavby Construction Logistics	+	+	-
Geotechnické problémy Geotechnical Problems	0	+	-
Možnost navýšení počtu pruhů na 4 Possibility of future 4-laning	+	-	-

Výhoda / Advantage +
Nevýhoda / Disadvantage -
Neutrální / Neutral 0

Vzhledem k výstavbě v extrémní nadmořské výšce a obtížnému přístupu jsou podmínky výstavby tunelu Rothang zcela jistě nejsložitější z uvedených tří dlouhých tunelů.

5 ZÁVĚR

V současnosti jsou ve výstavbě tři velmi dlouhé silniční tunely v severozápadní části indického Himálaje. Doba výstavby se předpokládá v trvání 4–5 let, prorážky byly plánovány v roce 2014. Všechny uvedené tunely jsou na důležitých dopravních cestách a po dokončení zlepšují přístupnost indické pohraniční himálajské oblasti. Na všech projektech spolupracují mezinárodní konzultační/projekční firmy a na dvou i mezinárodní dodavatelské firmy. Podle dosavadních postupů při ražbách lze předpokládat, že pouze tunel Chenani – Nashri (Patnitop) může být dokončen v souladu s předpoklady.

U uvedených tunelů byla připravena a přijata rozdílná koncepční řešení, což demonstruje skutečnost, že v dané oblasti neexistuje univerzální řešení pro tunely obdobné délky. Hlavními důvody rozdílu jsou odlišné lokální podmínky společně s různými zkušenostmi a očekáváním zainteresovaných subjektů (investor, projektant a zhotovitel), což vedlo k různým řešením, která však obecně splňují základní požadavky na technickou vhodnost konstrukcí a bezpečnost jejich provozu. Objektivní porovnání zvolených řešení bude možné až po dokončení výstavby a po získání zkušeností z provozu. Na základě současných informací a zkušeností z provádění ražeb je možné provést srovnání, jehož výsledky jsou obsaženy v tab. 1.

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantu TAČR TA01011816.

*ING. MARTIN SRB, srb@3-g.cz,
ING. PETR SVOBODA, svoboda.petr@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.,
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o., FSv ČVUT*

Recenzovali: Ing. Jaromír Zlámal, Ing. Pavel Polák

form the southern portal. Considering the high mountain climate and access possibilities for supply, Rothang tunnel is definitely coping with the most difficult conditions of the three mentioned long tunnels.

5 SUMMARY

In the moment, there are 3 very long road tunnels under construction in Indian North-West Himalaya with expected excavation periods of 4–5 years, to be broken through in 2014. All tunnels are on important transport routes and when finished they will improve accessibility of Indian Himalaya border areas. International consultants are involved in all projects and contractors at two of them. According to recent progress; it seems to be realistic that just Patnitop tunnel may be finalized according to original schedule.

Different tunnel concept solutions have been developed and adopted, demonstrating that there is no universal solution for tunnels of similar length. Different local conditions as well as different experience and expectations of involved parties (client, designer, contractor) lead to different solutions still satisfying basic requirements of technical construction feasibility and operational safety. Objective evaluation and comparison of used concepts can be done only after tunnel construction is finished and operational experience gained. In the moment, following comparison of chosen concepts is based on general understanding; see Table 1.

Financial support of the research grant TA01011816 is gratefully acknowledged.

*ING. MARTIN SRB, srb@3-g.cz,
ING. PETR SVOBODA, svoboda.petr@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o.,
DOC. ING. MATOUŠ HILAR, Ph.D., hilar@3-g.cz,
3G Consulting Engineers s.r.o., FSv ČVUT*

LITERATURA / REFERENCES

- SVOBODA, P., SRB, M. Patnitop Tunnel – The Longest Road Tunnel in India. *Tunel*, 4/2007, p. 33-38.
HILAR, M., SVOBODA, P. *New Tunnels for the National Highway NH-1A in India*. Proceedings of the World Tunnelling Congress, Agra 2008.
SRB, M., SVOBODA, P., NOSEK, J. *Modern Transport tunnels under Indian Himalaya*. Proceedings of World Tunnel Congress, Vancouver 2010.
Press Information Buero, Gov. of India, 4 Laning of Qazigund to Banihal Section in J&K Including 2 Tunnels
PRINZL, F., BHARDWAJ, V., GÜVENC, A. H., GARG, A. M. *Construction of Pir Panjal Railway Tunnel - NATM experience in the Himalayas*. Proceedings of the World Tunnelling Congress, Agra 2008
www.strabag.com