

# TUNELY NA SILNICI NH-1A Z JAMMU DO SRINAGARU – KAŠMÍR, INDIE

## TUNNELS ON THE ROAD NH-1A FROM JAMMU TO SRINAGAR – KASHMIR, INDIA

PETR SVOBODA, MARTIN SRB

### ÚVOD

Provozovaná silniční komunikace z Jammu do Srinagaru prochází v podhůří Himaláje velmi složitým terénem. Silnice vede po úbočí strmých svahů, oblastmi častých sesuvů a na cestě do centrálního kašmírského údolí překonává mnoho hřebenů. Popisovaný úsek z Udhampuru do Banihalu nejdříve stoupá cca 1000 výškových metrů z Udhampuru úbočím řeky Tawi až na hřeben Patnitop ve výšce 2030 m. Po překonání horského hřebene pokračuje cesta do údolí řeky Chenab a poté proti proudu řeky Bighlari směrem na Banihal a dále Srinagar.

Původně se jednalo o starou obchodní cestu mezi kašmířským údolím a nížinami na indickém subkontinentu. Směrové a výškové vedení dostala komunikace v roce 1914, kdy byla upravena na jednopruhovou silnici.

V dubnu 1954 byla deklarována jako státní silnice NH – 1A (National Highway – 1A). V téže roce byl uveden do provozu tunel Jawaharlal Nehru u města Banihal, který podchází hřeben Pir Panjal ve výšce cca 2500 m n. m. V padesátých a šedesátých letech minulého století byla silnice postupně „vylepšována“, až došlo v roce 1968 k přestavbě komunikace na dvoupruhovou (stále však s původním směrovým vedením). Obr. 1.

V posledních desetiletích prožívá Indie velký hospodářský růst. S tím jsou spojeny i zvýšené nároky na dopravní infrastrukturu země. V rámci mohutné výstavby infrastruktury bylo rozhodnuto o zkapacitnění komunikace NH – 1A, která prochází celou Indií od jihu na sever. Do budoucna by silnice měla mít dva dvoupruhové, směrově oddělené jízdní pásy. Projekt je začleněn do „severo jižního koridoru“ spojujícího města Srinagar (stát Jammu and Kashmir) a Kanyakumari (stát Tamilnadu na jihu Indie).

Firma D2 Consult se podílela na projektu jako tunelový konzultant americké firmy Louis Berger Inc. Činnost zahrnovala variantní identifikaci míst možných tunelů při návrzích směrového vedení trasy. Následně pak firma D2 Consult zpracovala úvodní a zadávací projekt sedmi krátkých (do 1 km délky) tunelů na úseku Udhampur – Banihal (km 66 – km 188).

### PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA A POSTUP PRACÍ

Projekt zvýšení kapacity silnice z Udhampuru do Banihalu je jeden z mnoha infrastrukturních projektů, které jsou v současnosti v Indii realizovány. Jedná se však o jeden z nejnáročnějších projektů z pohledu množství rekonstruovaných nebo nově budovaných inženýrských objektů včetně tunelů. Délka popisovaného úseku je 122 km.

Dokumentace pro investora je zpracovávána ve dvou stupních. Nejprve byla na začátku roku 2005 zpracována vstupní studie, spojená s vyhledáváním tras tunelů a řešení portálů. Po jejím schválení bylo zahájeno zpracování zadávací dokumentace, která byla odevzdána na konci roku 2005 a během roku 2006 doplňována a upravována. V současné době (12/2006) se připravuje vypsání obchodní soutěže na zhotovitele první části komunikace včetně tunelu. Celý proces od prvního záměru až po zahájení výběrového řízení tedy proběhl zhruba během dvou let.

Mezinárodně uznané území státu Jammu and Kashmir patří formálně Indii, fakticky je však rozděleno mezi Indii, Pakistan a Čínu. V indické části je oblast částečně uzavřená a silně obsazená armádou. Během zpracování projektu se proto postupně objevila celá řada problémů od administrativních zdržení (povolení ke vstupu na území státu) po nemožnost získat kvalitní mapové podklady zájmové oblasti.

### INTRODUCTION

An operated road from Jammu to Srinagar is located in a very complicated terrain of Himalaya foothills. The road runs on steep slopes, through areas of frequent landslides, and crosses many ridges on its way to the central Kashmir valley. A described section Udhampur to Banihal originally goes up about 1000m from Udhampur through the Tawi river valley hillside up to the Patnitop ridge in altitude 2030m. After the mountain ridge crossing the road continues to the Chenab river valley and against the Bighlari river stream to Banihal and further to Srinagar.

Originally it was an old trading way between Kashmir valley and India subcontinent lowlands. Horizontal and vertical alignment of the road was determined in 1914, when the road was modified to a one-lane road.

The road was declared as a National Highway NH-1A in April 1954. The Jawaharlal Nehru tunnel undergoing Pir Panjal (2500m) was commissioned in the same year. In fifties and sixties the road was continually improved till its reconstruction into two-lane communication (with its original alignment). Figure 1.

There is a significant commercial boom in India during recent decades. This also brings higher demands for traffic infrastructure of the country. Decision about four-laning of the road NH – 1A (running across the whole India from the south to the north) has been made as a part of this massive infrastructure development. The road should be transformed into a dual carriageway in future. The project falls under „North-south corridor“ connecting towns Srinagar (state Jammu and Kashmir) and Kanyakumari (state Tamilnadu on the south of India).

Company D2 consult cooperated on the project as a tunnel consultant under the American company Louis Berger Inc. Work load included proposals for feasible locations of tunnels as a part of the road alignment design. Consequently company D2 Consult completed initial and tender documentation of 7 short tunnels (length up to 1km) on the section Udhampur – Banihal (km 66 – km 188).



Obr. 1 Silnice NH – 1A Udhampur – Srinagar u severního portálu budoucího tunelu Chanderkot

Fig. 1 Road NH – 1A Udhampur – Srinagar by north portal of the Chanderkot tunnel

Vzhledem k tomu, že se vlastně jedná o téměř první moderní silniční tunelové projekty v Indii, prakticky neexistuje žádná normová základna pro projektování a realizaci silničních tunelů. Proto je součástí přípravy i pravidelné vysvětlování a zdůvodňování navržených řešení investorovi. Výhodou je velká volnost (a s ní spojená zodpovědnost) projektanta, který se v podstatě spolupodílí na vytváření standardních řešení pro silniční tunely. Tato řešení mohou ovlivnit indické silniční tunelářství na dlouhou dobu.

## POPIS A ROZDĚLENÍ PROJEKTU

Cílem projektu je zvýšit propustnost komunikace a zároveň zvýšit bezpečnost provozu. K tomu by mělo napomoci směrové rozdělení silnice. Komunikace je tedy navržena jako směrově rozdělená čtyřpruhová (2 x 2 pruhy) s návrhovou rychlostí 50 km/h (dle indických standardů pro indické horské komunikace).

Celý projekt je rozdělen na tři dílčí úseky. V prvním úseku (Jammu – Udhampur) není navržen žádný tunel. Ve druhém (Udhampur – Banihal) je navrženo celkem 8 tunelů (úsek účasti firmy D2 Consult). Ve třetím úseku (Banihal – Srinagar) jsou navrženy tunely dva.

Druhý úsek je dále podrobněji členěn na 5 částí. V první části není navržen žádný tunel. Druhá část je určena pouze pro tunel Patnitop (délka cca 9 km, 1 km nadloží, t. č. nejdelší připravovaný silniční tunel v jihovýchodní Asii). Zpracování tohoto úseku prováděné také firmou D2 Consult probíhá a nebylo zatím dokončeno. Ve třetí a páté části je vždy navržen jeden tunel, ve čtvrté části je tunelů pět.

Celkem se tedy jedná o sedm kratších tunelů různých délek. Nejkratší tunel (km 155) má délku 195 m, nejdelším tunelem je Chanderkot s délkou 888 m.

Jednotlivé tunely vznikaly na místech, kde nebylo možno projít terémem pomocí terénních úprav, budováním opěrných nebo zárubních zdí, popřípadě vybudováním estakád.

I když je zřejmě možné konstatovat, že i pouhé napřímení komunikace, úprava směrového vedení a případně stoupací pruhy by výrazně zvýšily současnou úroveň komunikace, rozhodl se investor komunikaci budovat celkově jako čtyřpruhovou, směrově oddělenou. Toto uspořádání vedlo k návrhu tunelů i v místech, kde by dvoupruhová komunikace prošla bez problémů. Okolí komunikace vedené na většině míst ve skalním odřezu znamená velmi stísněné prostorové podmínky, ve kterých je velmi obtížné budovat druhý směrově oddělený jízdní pás tak, aby nedocházelo k omezení provozu na komunikaci stávající. Na většině budoucích tunelových portálů je obtížné umístit i zařízení staveniště. Obr. 2.

## GEOLOGIE

Geologická skladba podél trasy komunikace sestává z dvou základních typů. V jižní části úseku převládají horniny sedimentárního původu tzv. „Murree formation“, ve střední a severní části úseků převládají horniny vyvřelé a horniny metamorfované z vyvřelin, „Panjal formation“.

„Murree“ je tvořen formacemi ze spodního až středního miocénu. Jedná se převážně o temně červené, nachové a šedivé pískovce, slínovce, jílovce a křehké jílové břidlice a různé konglomeráty.

„Panjal“ tvoří horniny z eocenu (břidlice z obsahem uhlíku, vápence, křemence), vyvřeliny a metamorfity, nejčastěji fylity.

Tunel Chanderkot prochází u jižního portálu formací střídajících se vrstev sedimentárních hornin (jílovce, pískovce a siltovce). Tato geologie je charakteristická i pro tunel Patnitop. Přibližně v první třetině tunelu Chanderkot se nachází tektonický zlom, kde dochází ke změně/kontaktu formací. Ve zbývajících dvou třetinách tunelu Chanderkot se vyskytují polohy čedičů a fylitů s vysokým obsahem křemene.

Tunely v km 154 a km 155 protínají dva skalní výběžky tvořené fylity s hustou vrstevnatostí až břidličnatostí.

Všechny tři tunely u vesnice Kooni Nallah prochází vrstvami křemenců, rul a fylitů. Jedná se o tzv. „Rambanskou formaci“.

Hřbet protínající tunel Ramsu tvoří křemence přecházející směrem od povrchu k niveletě tunelu ve vrstvu břidličnatých fylitů s jemnou výplní puklin.

Pro potřeby projektu byl horninový masiv rozdělen na kvazihomogenní celky tak, aby bylo možno navrhnout základní technologické třídy výrubu pro jednotlivé tunely.



Obr. 2 Portálový svah budoucích tunelů v km 166; vpravo síť chránící most před padajícími kamenům

Fig. 2 Portal slope of proposed tunnels at km 166. A net protecting against falling stones is on the right hand side

## DESIGN AND WORK PROGRESS

Four-laning of the road from Udhampur to Banihal is one of many infrastructural projects undergoing in India. But it is one of the most complicated projects with regard to the number of reconstructed or new engineering objects including tunnels. The described section is 122km long. Documentation for client is prepared in two stages. First of all an initial study was prepared in the start of 2005. The study considered alternatives of tunnel alignment and solution of portals. After its approval the work on a tender documentation started. The tender documentation was submitted at the end of 2005 and it was supplemented and altered during 2006. In these days (12/2006) preparation of tender for contractor for the first section of the road (including tunnel 1) is ongoing. Whole process (from the first intention to start of the tender) was realised approximately during two years.

Internationally recognised area of the state Jammu and Kashmir is formally under India, however in practice it is divided among India, Pakistan, and China. The Indian part of the area is partly closed and massively occupied by the army. Many problems occurred during project processing: from administrative problems (entrance to the state area permission) to impossibility to get good-quality maps of the area of interest.

The tunnels considered in the project will be one of the first modern road tunnels in India, thus almost no standards and specifications were available for design and construction of the road tunnels. Therefore regular explanations and justifications of designed solutions to the client was a part of job. Significant freedom (and associated responsibility) of designer is an advantage. The designer participates on the development of the standard solutions for the road tunnels which can affect an Indian road tunnelling for a long period.

## DESCRIPTION AND DISTRIBUTION OF THE PROJECT

The road capacity increment and also a traffic safety increase were the main aims of project. Separation of the opposite direction should assist to the safety, thus the road is designed as a dual carriageway (2 x 2 lanes) with the design speed 50kph (according the Indian Standards for the mountain communications).

Whole project is separated into three sections. The first section (Jammu – Udhampur) does not consider a tunnel. The second section (Udhampur – Banihal) includes 8 tunnels (section of D2 Consult participation). The third section (Banihal – Srinagar) includes two tunnels.

The second section is further divided into 5 parts. The first part does not consider any tunnel. The second part is just for the Patnitop tunnel (length 9km, overburden 1km, currently the longest prepared road tunnel in the southeast Asia). Design of this part is also provided by D2 Consult and has not been completed so far. The third part and fifth part include one tunnel each; the fourth part includes five tunnels. All together it means seven shorter tunnels of

## TUNELY

Všechny tunely jsou koncipované jako dvoupruhové tubusy s jedno-  
směrným provozem. Tomuto uspořádání odpovídá i technologické  
vybavení jednotlivých tunelů. V první fázi budou tunely vybaveny jen  
nejnutnějšími technologiemi pro provoz, ale budou stavebně připraveny pro  
případné budoucí dovybavení (technologické „upgradování“). Vzhle-  
dem k dnešnímu stavu komunikace a provozu je možno označit jaké-  
koliv zlepšení směrového vedení a oddělení směrů jízdy za výrazné  
zvýšení bezpečnosti komunikace. Proto byla bezpečnostní analýza pro-  
vozu a z ní vyplývající nároky na technologické vybavení tunelů při-  
způsobena místním poměrům. Z celkem sedmi nových tunelů je pět  
tunelů provozováno ve směru sever – jih (od Banihalu do Udhampuru)  
a dva tunely provozované ve směru jih – sever (od Udhampuru do  
Banihalu). Přehled všech krátkých tunelů je uveden níže:

severní směr	TU Chanderkot (km 137) – 888 m
	TU km 166 (u vesnice Kooni Nallah) – 585 m
jižní směr	TU km 154 – 322,5 m
	TU km 155 – 195 m
	TU km 166 (u vesnice Kooni Nallah) – 610 m
	TU km 167 (u vesnice Kooni Nallah) – 870 m
	TU Ramsu – (km 171) – 385 m

## TECHNOLOGICKÉ TŘÍDY VÝRUBU

Návrh způsobu ražby a zajišťování výrubu vycházel z analýz stavu  
tunelářského stavebnictví v Indii, místních podmínek a dostupných  
informací o geologických podmínkách. Hlavním podkladem pro návrh  
technologických tříd výrubu bylo geologické mapování, informace zís-  
kané z výchozů hornin a v archívech geologických podkladů. Důraz byl  
však kladen především na informace získané přímo na místě. Během  
zpracování projektu probíhaly práce na vrtném geologickém průzkumu,  
který skončil po odevzdání zadávací dokumentace a bude sloužit až pro  
realizaci. Obr. 3.

K určení schémat vystrojení výrubu jednotlivých tříd byla využita  
rakouská norma ÖNORM B 2203 „Untertagebeurbeiten, Werkvert-  
ragsnorm“ z roku 1994. Toto vydání obsahuje popis a určení typů  
chování horninových masivů pro cyklickou ražbu. Pro přehlednost



Obr. 3 Vrtání průzkumného vrtu u města Ramban  
Fig. 3 Exploratory borehole drilling by the Ramban town

various distances. The shortest (km 155) is 195m long; the longest  
(Chanderkot) is 888m long.

Individual tunnels were designed in areas, where road crossing  
using ground shaping, retaining wall construction or elevated road  
constrained was not possible. Although pure road straightening  
(alignment rectification with possible ascending lanes) would signifi-  
cantly increase a current standard of the road, the client decided to  
build a dual carriageway. This adjustment led to tunnel design also in  
places, where two-lane road would pass through without problems.  
Vicinity of the road running mostly in the rock cutting means very  
constrained conditions. Therefore a construction of the second direc-  
tionally separated road without current road traffic restrictions would  
be very complicated. Even location of a site plant in majority tunnel  
portal areas is difficult. Figure 2

## GEOLOGY

Geology along the road alignment is composed from two basic  
types. Sedimentary rocks (so called „Murree formation“) are predo-  
minant in the south section. Volcanic rocks and rocks metamorphed  
from volcanic rocks (so called „Panjal formation“) is prevailing in  
the central and north section. „Murree“ is formed by lower to middle  
Miocene formation. It considers mainly dark red, purple and gray  
sandstones, siltstones, brittle shales, and various conglomerates.

„Panjal“ is formed by eocen rocks (shales containing carbon,  
limestones, quartzities), volcanic rocks, metamorphosed rocks,  
mostly phyllites.

The Chanderkot tunnel runs through formation of alternating lay-  
ers of sedimentary rocks (claystones, sandstones, and siltstones) in  
area of the south portal. This geology is also characteristic for the  
Patnitop tunnel. There is a tectonic fault approximately in the one  
third of the Chanderkot tunnel, where is located contact of two for-  
mations. Basalts and phyllites with a high content of quartzities are  
characteristic for the remaining two thirds of the Chanderkot tunnel.

Tunnels km154 and km155 cross two rock outcrops formed by  
phyllites with close lamination up to foliation. All three tunnels by  
the Kooni Nallah village are composed by layers of quartzities,  
gneisses and phyllites. This is called „Ramban formation“.

Ridge crossed by the Ramsu tunnel is formed by quartzites follo-  
wed in direction from surface to the tunnel level by a layer of folia-  
ted phyllites with fine filling of joints

The rock mass was divided into quasihomogeneous units for the  
design purpose, to allow the design of basic technological classes for  
individual tunnels.

## TUNNELS

All tunnels were designed as two-lane tubes with one-way traffic.  
M&E equipment corresponds with the arrangement of tunnels. In the  
first stage the tunnels will be fitted only by the essential equipment  
required for traffic, but they will be prepared for further improve-  
ment (upgrade of technologies). Every improvement of the road  
alignment and separation of two directions means significant improve-  
ment of the road safety due to its current status and operation. There-  
fore safety analysis of operation and consequent M&E equipment  
requirements were accommodated to the local conditions. Five from  
seven new tunnels are operated in direction north-south (from Bani-  
hal to Udhampur), two new tunnels are operated in direction south-  
north (from Udhampur to Banihal). List of all short tunnels is shown  
below:

North direction	TU Chanderkot (km 137) – 888 m
	TU km 166 (by the Kooni Nallah village) – 585 m
South direction	TU km 154 – 322,5 m
	TU km 155 – 195 m
	TU km 166 (by the Kooni Nallah village) – 610 m
	TU km 167 (by the Kooni Nallah village) – 870 m
	TU Ramsu – (km 171) – 385 m

## EXCAVATION AND SUPPORT CLASSES

Excavation sequence and support classes design was based from  
analysis of the Indian tunnelling industry status, local conditions and  
available information about geological conditions. Geological map-  
ping, information from rock outcrops and geological archives were  
the major sources for the excavation and support classes design.

a snadnou pochopitelnost byly technologické třídy označeny podle jednotlivých typů chování horninového masivu. Odhad rozdělení do jednotlivých technologických tříd slouží hlavně k přehledu objemů a odhadu nákladů.

Pro vystrojení výrubu všech tunelů jsou použity tři základní technologické třídy:

Třída „A“ se záběrem 3 m (150 mm stříkaného betonu s jednou vrstvou výztužné sítě, kotvy délky 3 m) pro horninový typ „A“ (hornina stabilní).

Třída „B“ se záběrem 2 m (200 mm stříkaného betonu se dvěma vrstvami výztužné sítě, kotvy délky 4 m, v případě nutnosti doplněné v přístropí jehlováním a stabilizačním nástříkem čelby) pro horninový typ „B“ (hornina omezeně stabilní).

Třída „C“ se záběrem 1 m (300 mm stříkaného betonu se dvěma vrstvami výztužné sítě, kotvy délky 6 a 8 m, provádění jehlování a stabilizačního nástříku čelby, v případě nutnosti ponechání opěrného klínu na čelbě, výrub se spodní klenbou) pro horninový typ „C“ (tlačivá hornina). Obr. 4.

Podle technologické třídy se plocha výrubu pohybuje od 83 m<sup>2</sup> – 101 m<sup>2</sup>.

U jednotlivých tunelů bylo rozděleno vystrojení výrubu podle jednotlivých tříd v podélném řezu. Nejdříve podle existujících podkladů. Po dokončení vrtného průzkumu bylo navrženo rozdělení ověřeno a upřesněno.

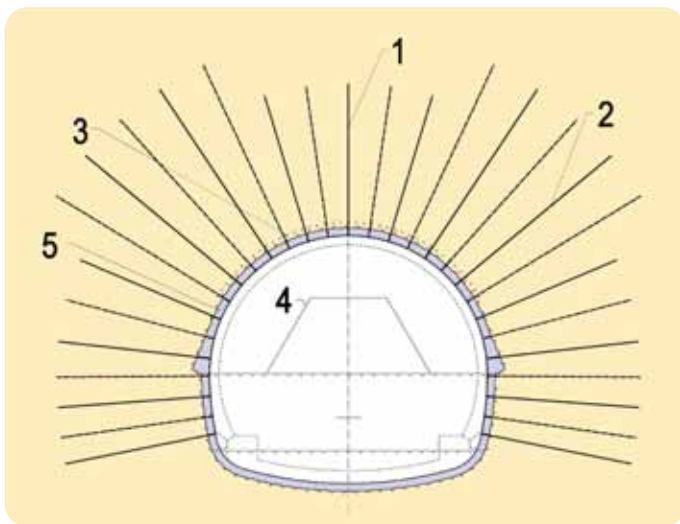
Celý systém je koncipován tak, aby umožnil efektivní spolupráci odpovědného zástupce investora na stavbě („ENGINEER“) a zhotovitele jako dvou zástupců rozhodujících o geotechnickém zařazení, systému vystrojení a o způsobu postupu ražby.

## PŘÍČNÝ ŘEZ

Pro návrh příčného řezu byl rozhodující, investorem zvolený průjezdní průřez. Velikost průjezdního průřezu byla dlouze diskutována. Investor se při rozhodování snažil vyhovět velikostí obrysu často přetěžovaných nákladních vozidel. Šířka průjezdního průřezu byla nakonec zvolena 7,5 m, výška 5 m, minimální šířka chodníku vedle vozovky 1 m. Skutečná šířka chodníku odpovídá skutečnému převýšení vozovky v daném místě tunelu. U všech krátkých tunelů byl použit stejný vzorový příčný řez.

Vnitřní líc definitivního ostění tunelu tvoří kružnice o poloměru 5,1 m se středem 1,75 m nad vozovkou v ose tunelu. Minimální tloušťka ostění ve vrcholu klenby je 350 mm. Světla výška profilu je 6,85 m nad niveletou vozovky.

Příčný řez raženého tunelu má dvě varianty: se spodní klenbou a na patkách bez spodní klenby. Výška patek je 500 mm. Minimální tloušťka spodní klenby je 500 mm. Spodní hrana protiklenby je v úrovni -2,60 m pod úrovní nivelety komunikace. Podle předběžného statického



Obr. 4 Technologická třída výrubu „C“ – Legenda: 1 – kotvy délky 6 m, 2 – kotvy délky 8 m, 3 – jehlování, 4 – opěrný čelbový klín, 5 – primární ostění ze stříkaného betonu 300 mm

Fig. 4 Excavation and support class „C“ – Legend: 1 – 6m long rockbolts, 2 – 8m long rockbolts, 3 – spiling, 4 – face supporting wedge, 5 – 300mm thick shotcrete primary lining

Impact was put mainly on the information received directly on site. Activities on boring site investigation were ongoing in parallel with the design and were completed after tender documentation submission, thus it will serve during a construction (Figure 3).

The Austrian Standard ÖNORM B 2203 „Untertagebearbeiten, Werkvertragsnorm“ from 1994 was used for the determination of individual support classes. This edition contains description and determination of rock mass behaviour types for a cyclic excavation. Excavation and support classes were marked according various rock mass behaviour types to improve clearness and comprehension. Splitting into various excavation and support classes serves namely for bill of quantities and cost estimate.

Three basic excavation and support classes were used for all tunnels:

Class „A“ with advance 3m (150mm of shotcrete with one layer of steel mesh, 3m long rockbolts) for rock type „A“ (stable rock).

Class „B“ with advance 2m (200mm of shotcrete with two layers of steel mesh, 4m long rockbolts, in case of need supplemented by spiling and tunnel face shotcreting) for rock type „B“ (partly stable rock).

Class „C“ with advance 1m (300mm of shotcrete with two layers of steel mesh, 6 and 8m long rockbolts, spiling and tunnel face shotcreting, in case of need with face supporting wedge, excavation with invert) for rock type „C“ (squeezing rock). Figure 4

Excavation area with regard to excavation and support class is from 83 m<sup>2</sup> to 101 m<sup>2</sup>.

Excavation support was divided in longitudinal direction according various classes for each tunnel.

Originally this was done according available information. The designed distribution was verified and corrected after boring site investigation completion. Whole system is designed to allow effective cooperation between client's representative („ENGINEER“) and contractor's representative as people making decisions about geotechnical classification, support to be used and further excavation procedure.

## CROSS SECTION

Clearance determined by client was a crucial factor for cross-section determination. Clearance area was a topic of long discussions. Client wanted to consider an area of frequently overloaded trucks. Finally clearance was determined 7.5m wide and 5.0m high, minimum pavement width was determined 1.0m. A real pavement width corresponds to real superelevation of a road in a tunnel cross-section. Typical tunnel cross-section was the same for all short tunnels.

Internal profile of a secondary tunnel lining is formed by a circle with the radius 5.1m and centre 1.75m above a road on the tunnel axis. Minimum lining thickness in crown is 350mm. Internal profile is 6.85m high (distance above a road level).

Driven tunnel cross-section has two variants: with invert and without invert on footings. Footings are 500mm high. Minimum invert thickness is 500mm. An external edge of the invert is -2.61m below a road level. The lining on the footings is designed for a plain concrete, the lining with invert is designed as reinforced. Volume of maximum required reinforcement was estimated as 100 kg/m<sup>3</sup>. Figure 5

A sheet waterproof membrane was designed only in area of crown (with a permeable invert). Longitudinal drainage pipes Ø 200mm are situated behind the footings. Drainages are embedded in a lacunary concrete.

Cut and Cover section is (with regards to a terrain topography) designed only in a south portal area of the Chanderkot tunnel. Cut and Cover section length is 25m. Internal profile geometry within a Cut and Cover section stays the same as in a driven section. Crown thickness is 700mm, invert thickness is 800mm. An external edge of the invert is -2.90m below a road level. Two covered trenches are located under both pavements. The trenches are ready for placement of electric cables or for fire mains.

The discussion about possibility to omit internal lining and sheet membrane is currently ongoing between the designer and client's checking experts. The reason is an effort to minimise construction cost and to avoid increase of a road comfort in tunnel section in comparison with the rest of the road. Frequent simple Scandinavian road tunnels serve as an example.

posouzení je ostění profilu na patkách navrženo z prostého betonu a ostění profilu se spodní klenbou je navrženo jako vyztužené. Odhad max. množství výztuže je  $100 \text{ kg/m}^3$  (Obr. 5).

Isolace je navržena jako dešťníková (tj. pouze v prostoru horní klenby tunelu). Za patkami jsou uloženy podélné drenáže  $\varnothing 200 \text{ mm}$ . Drenáže jsou obsypány mezerovitým betonem.

Hloubený úsek je vzhledem k topografii terénu navržen pouze na jižním portálu tunelu Chanderkot. Délka hloubeného úseku je 25 m. Geometrie vnitřního líce ostění zůstává v hloubeném tunelu stejná jako u tunelu raženého. Tloušťka klenby je 700 mm, spodní klenba má tloušťku 800 mm. Protiklenba profilu má spodní hranu v úrovni -2,90 m pod úrovní nivelety vozovky.

Pod oběma chodníky jsou připraveny dva zakryté žlaby, připravené pro uložení kabelů elektrického vedení a rozvodů nebo pro uložení požárního vodovodu.

V současné době probíhá diskuse mezi projektantem a kontrolními experty investora o možnosti neprovádění vnitřního ostění a izolace. Důvodem je snaha minimalizovat stavební náklady a nezvyšovat komfort komunikace v tunelových úsecích ve srovnání s ostatními úseci. Jako referenční příklad slouží především mnohé jednoduché skandinávské silniční tunely.

## TECHNOLOGICKÉ VYBAVENÍ A STAVEBNÍ ÚPRAVY

V první fázi výstavby jsou tunely navrženy pouze osvětlené. Vzhledem k délkám tunelů (cca 150 – 900 m) a jejich dopravnímu uspořádání bylo již od počátku předpokládáno podélné větrání nebo větrání přirozené. Všechny tunely jsou provozovány pouze jednosměrně. Výpočty větrání neprokázaly nutnost instalace nucené ventilace, tunely tak zůstávají větrané pouze pístovým efektem a přirozeným prouděním.

Tunely budou stavebně připraveny na doplnění dalších technologických zařízení podle skutečných potřeb provozu nebo požadavků provozovatele. Pod chodníkem jsou navrženy kabelové kanály (viz. odst. „Příčný řez“). V definitivním ostění jsou navrženy radiální kabelové kanály určené pro převod kabelů v ostění v příčném směru.

V rámci stavebních úprav jsou v tunelech připraveny výklenky pro namontování SOS kabiněk a umístění požárních hydrantů. Všechny výklenky jsou sdružené. Výklenky SOS a výklenky s požárním hydrantem jsou navrženy pouze u tunelů delších než 500 m tak, aby byla vždy zaručena minimální vzdálenost 300 m mezi SOS hláskami a hydranty.

Výklenky pro čištění bočních podélných drenáží jsou rozmístěny podle navržené blokované skladby v maximální osové vzdálenosti 60 m.

## POŽADOVANÉ DOKUMENTY

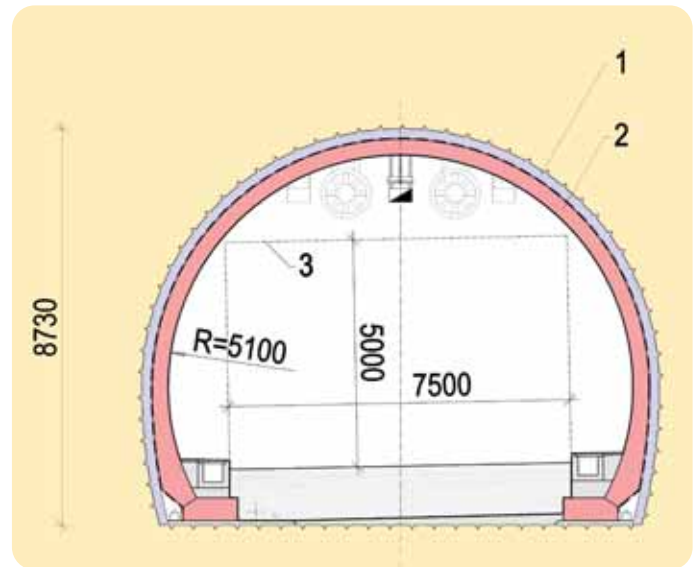
V rámci projektu jsou zpracovávány následující dokumenty:

- Výkresová dokumentace stavební části tunelů
- Technické zprávy
- Technické specifikace
- Statické výpočty (numerické modelování)
- Výkazy výměr a odhady nákladů
- Návrhy sestav strojů a mechanismů pro ražbu tunelů

## ZÁVĚR

Evropské tunelářské zkušenosti a řešení se v modifikované podobě pravděpodobně stanou standardem pro Indické ředitelství silnic a dálnic (National Highway Authority of India), investora státních silnic. Objemem tunelářských stavebních prací se projekt zkapacitnění silnice z Jammu do Srinagaru řadí k největším současným silničním tunelářským projektům v Indii. Postupné uvedení nových tunelů do provozu výrazně zvýší kapacitu komunikace a bezpečnost státní silnice NH – 1A v celé oblasti indického Kašmíru a přispěje k lepší dostupnosti hlavního Kašmírského údolí.

ING. PETR SVOBODA, [svoboda@d2-consult.cz](mailto:svoboda@d2-consult.cz),  
ING. MARTIN SRB, [srb@d2-consult.cz](mailto:srb@d2-consult.cz),  
D2 CONSTULT PRAGUE s. r. o.



Obr. 5 Typický příčný řez s patkami – Legenda: 1 – primární ostění (stříkaný beton s výztužnou sítí), 2 – sekundární ostění (prostý beton)

Fig. 5 Typical cross-section with footings – Legend: 1 – primary lining (shotcrete with reinforcing mesh), 2 – secondary lining (plain concrete)

## M&E EQUIPMENT AND RENOVATION

The tunnels are designed only with lighting in the first stage of a construction. Longitudinal or natural ventilation was anticipated from the beginning with regards to tunnel lengths (about 150 – 900m). All tunnels operate for traffic only in one direction. Ventilation calculations did not demonstrate a need for mechanical ventilation, thus tunnels stay ventilated by a piston effect and by a natural air flow.

The tunnels will be prepared for installation of further M&E services based on real requirements of traffic or requirements of operator. Cable trenches were designed below pavements (see chapter "Cross section"). Radial cable channels determined for cable transfer in cross direction were designed in the permanent lining.

Niches for emergency calls and for fire-fighting equipment were considered in design. All niches are combined. Emergency call niches and fire-fighting niches were designed only for tunnel longer than 500m to assure minimum distance 300m between emergency calls and water hydrants. Niches for rodding eyes (to clean longitudinal drainage) are situated with maximum axial spacing 60m (according a composition of blocks).

## DOCUMENTS REQUIRED

The following documents are completed as a part of the project:

- Drawings of civil part of tunnels
- Technical reports
- Specifications
- Static calculations
- Bills of Quantities
- Tunnel excavation machinery proposal

## CONCLUSION

European tunnelling experience and solutions in a modified version will probably become standard for the National Highway Authority of India (stakeholder of national highways). Four-laning of the road from Jammu to Srinagar is one of the biggest road tunnelling projects in India due to amount of tunnelling works. Gradual commissioning of new tunnels will significantly increase capacity and safety of the road NH 1A in whole Kashmir area and will assist to better accessibility of the main Kashmir valley.

ING. PETR SVOBODA, [svoboda@d2-consult.cz](mailto:svoboda@d2-consult.cz),  
ING. MARTIN SRB, [srb@d2-consult.cz](mailto:srb@d2-consult.cz),  
D2 CONSTULT PRAGUE s. r. o.