

# TECHNOLOGIE VÝSTAVBY RAŽENÉ JEDNOLODNÍ STANICE METRA KOBYLISY

## TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION OF THE DRIVEN, SINGLE-NAVE METRO STATION KOBYLISY

MILADA MAZUROVÁ, ROBERT COUFAL

*Příspěvek poskytuje informace o technologických postupech a speciálních čerstvých betonech, použitých při výstavbě první jednolodní ražené stanice metra v České republice. Článek obsahuje zkušenosti z realizace, výsledky zkoušek a měření.*

*This article informs on technological procedures and special fresh concrete, used in the construction of the first driven single- nave underground station in the Czech Republic. The article presents experience gained in the construction, results of tests and measurements.*

### TRASA IV.C1

Stanice metra Kobylisy (obr. 1) je umístěna na nově budovaném úseku trasy C, který má zajistit zlepšení dopravní obslužnosti severního města. Nový úsek pražského metra se vyznačuje hned několika technickými unikáty. Jedná se o oceněné vysouvané tunely, které zajistily netradičním způsobem podchod Vltavy v malé hloubce pode dnem řečiště, o vysoké využití dvoukolejných tunelů, které odstraňují průvan vznikající průjezdem soupravy těsným jednokolejovým tunelem (pístový efekt) a o raženou jednolodní stanici Kobylisy, první svého druhu v pražském metru. Ne zcela běžné je i takřka nepřetržitě stoupání trasy o maximálním sklonu

39,5 ‰. Od podchodu Vltavy až po stanici Kobylisy trasa překonává na 2290 m délky téměř 82 m výšky.

### JEDNOLODNÍ RAŽENÁ STANICE KOBYLISY

Stanice je situována pod ulicí Pod Sídlištěm a má dva vestibuly. V západním vestibulu pod Kobyliským náměstím je umístěn hlavní energetický a technologický blok. Projektant navrhl celý prostor jako podzemní dvoranu, jejíž světla výška od nástupiště k vrcholu klenby je téměř 8 m a její délka je 148 m (obr. 2). Nástupiště šířky 10,6 m je v úrovni 31 m pod terénem. Staniční tunel s klesáním 3 ‰ byl ražen Novou rakouskou tunelovací metodou. Autorem projektu je firma Metroprojekt Praha, a. s., stavbu realizovala firma Metrostav, a. s., divize 5, a dodavatelem betonových směsí byla společnost TBG Metrostav, s. r. o.

### PRIMÁRNÍ OSTĚNÍ

Staniční tunel byl ražen v ordovických břidlicích nepřetržitě 24 hodin denně kombinací trhačích prací a mechanickým rozrušováním. Tunel je 20,4 m široký, téměř 14 m vysoký a plocha výrubu činila 220 m<sup>2</sup>. V rostlém stavu bylo ve stanici vytěženo 32 560 m<sup>3</sup> horniny.

Jako první byl prováděn výlom opěrových štol, následoval výlom kaloty, jádra a dna. Primární ostění bylo prováděno stříkaným betonem mokrou cestou (obr. 3). Beton kvality SB20 byl nanášen ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 400 mm. Z uvedeného vyplývala nutnost

zajištění nepřetržitého provozu na betonárnách TBG Metrostav včetně dopravy. Výztuž primární obozdívky tvoří čtyřpruté ocelové příhradové nosníky, na které jsou uchyceny tři vrstvy ocelových KARI sítí. Konstrukce primárního ostění je do hory kotvena systémem hydraulických a injektovaných svorníků.

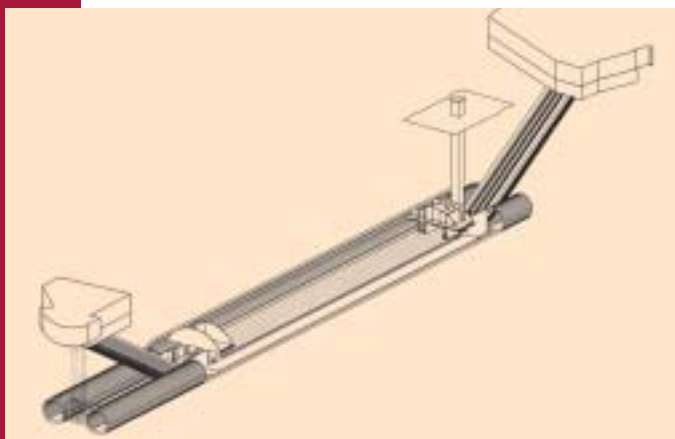
### SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ DŇA

Sekundární ostění stanice bylo prováděno ve dvou etapách. Ostění dna bylo betonováno v předstihu před ostěním klenby (obr. 4). Mezi primárním a sekundárním ostěním je umístěna foliová izolace v tloušťce 3 mm, fixovaná na líc primárního ostění a pokládána s minimálním předstihem před betonáží sekundárního ostění. Systém izolace z měkčeného PVC je doplněn pojistným injekčním systémem umožňujícím případnou sanaci poškozené izolační fólie. Dno bylo ve většině případů betonováno v trojblocích o délce 28,8 m.

Dno staničního tunelu bylo navrženo se dvěma stupni na každé straně a bednění dna bylo postaveno pouze na čele a na svislých částech stupňů. Z navrhového řešení vyplývala nutnost přesného sladění betonáže s časovým průběhem tuhnutí použitého betonu. Bylo nezbytné zajistit, aby beton v nižší výškové úrovni spodní desky dostatečně zatuhnul před betonáží vyšší úrovně a boků tak, aby nedošlo

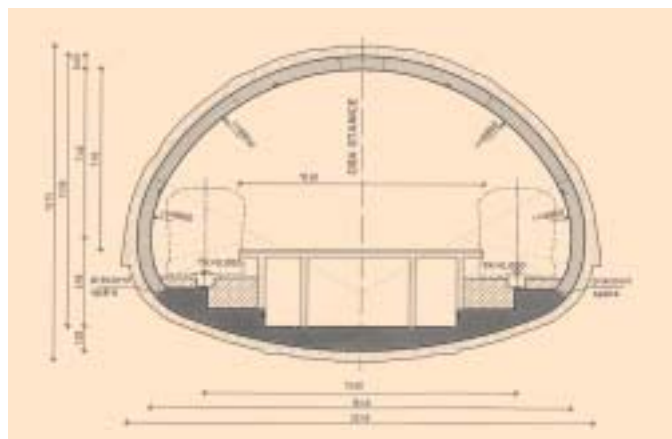
Obr. 1 Axonometrie stanice Kobylisy

Fig. 1 Axonometry of the Kobylisy station



Obr. 2 Vzorový příčný řez

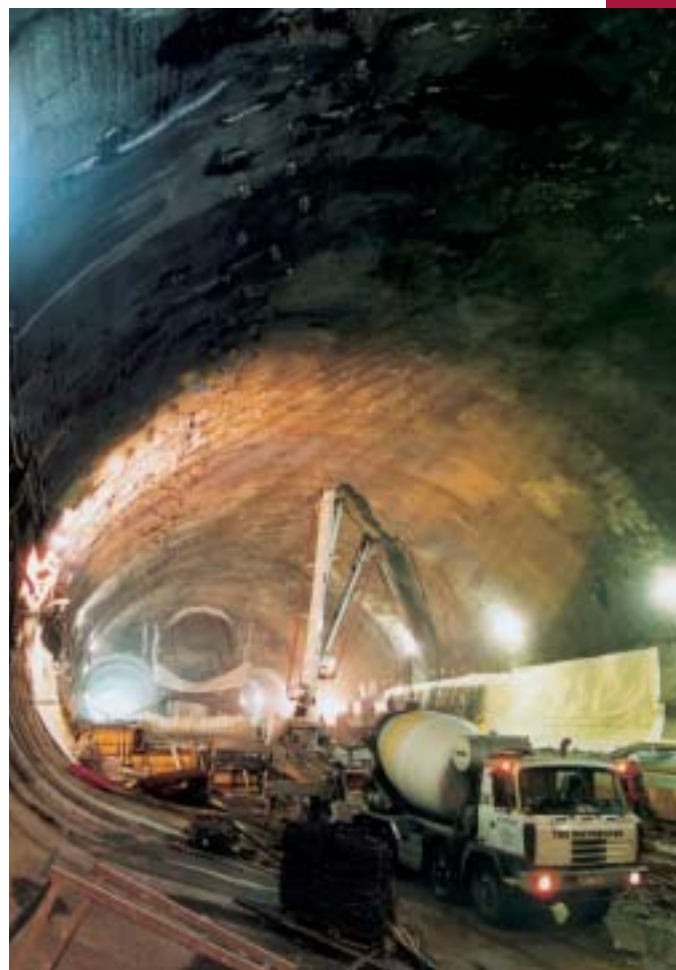
Fig. 2 Sample cross section





Obr. 3 Primární ostění stanice  
Fig. 3 Primary lining of the station

Obr. 6 Samonosná ocelová forma  
Fig. 6 A self-supporting steel mould



Obr. 4 Betonáž sekundárního ostění dna  
Fig. 4 Concreting of the secondary lining of the bottom

k vytlačení betonu dna v důsledku hydrostatického tlaku betonu na bocích.

Naopak další požadavek na pomalejší tuhnutí betonu měl garantovat, že nedojde k zavadnutí povrchu betonu při betonáži a ke vzniku tzv. neplánované pracovní spáry dříve, než bude doplněna další vrstva betonu do boků.

Náběh pevnosti i rychlost tuhnutí jsou závislé na teplotě a navržený beton musel pokrýt různé podmínky při dopravě a betonáži, tj. vysoké i nízké teploty. Tento okamžik byl určován pomocí zkoušky tuhnutí betonu dle ČSN 73 1332 (obr. 5).

Další vrstva většinou mohla být betonována za 2,5 až 3,5 hodiny po předchozí.

Pro betonáže sekundárního ostění dna byla na betonárně TBG Metrostav vyvinuta speciální receptura splňující tyto protichůdné požadavky. Pro beton byly použity běžné dostupné materiály, větší množství příměsí a účinná superplastifikační přísada na bázi polykarboxylátů tak, aby nedošlo k výraznějšímu nárůstu ceny. Be-

tonáž dna probíhala běžným čerpadlem na automobilovém podvozku, které nemělo problém v obrovském podzemním prostoru rozbít rameno výložníku. Autodomčávače zajížděly do podzemí pomocným tunelem vedoucím z kobyliského koupaliště. Betonáž probíhala po vrstvách tloušťky 0,5 m vibrovaných ponornými vibrátory. Typický trojblok byl betonován 16 až 24 hodin a během betonáže bylo uloženo 470 m<sup>3</sup>.

#### SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ KLENBY

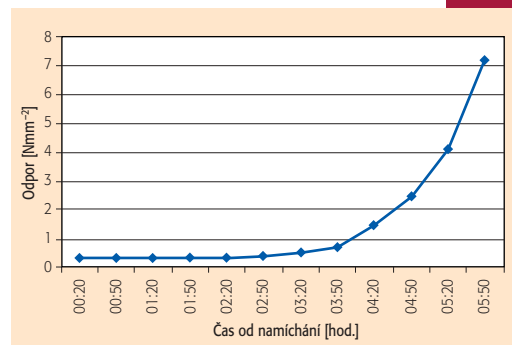
Betonáž a vyztužování klenby probíhala v záběrech po 9,6 m. Výztuž byla umísťována v předstihu několika typických bloků před betonáží.

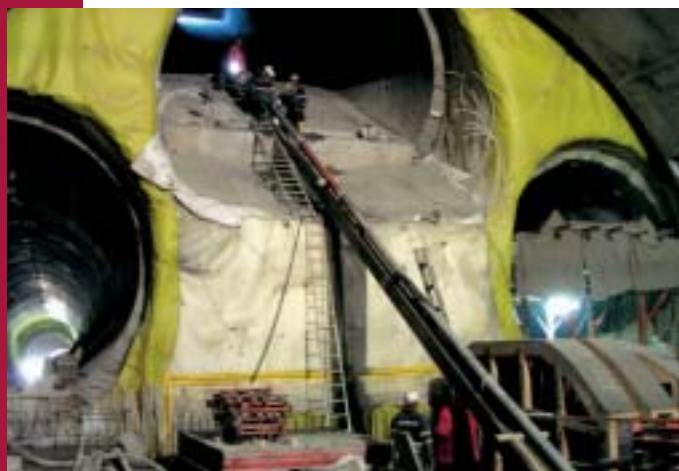
Hlavním nosným prvkem výztuže klenby byly čtyřpruté příčné příhradové oblouky obdélníkového profilu, které byly svařeny z betonářské oceli. Příhradové oblouky byly složeny a sešroubovány ze sedmi dílů. Na rubové strany příhradových nosníků byly před montáží přivařeny pomoc-

né pásy z KARI sítě, které umožnily fixovat nosnou výztuž klenby na rubové straně definitivního ostění v požadované poloze. Nosná výztuž byla dále přidržována tvarovanými rozpěrami. Hlavní výztuž na lící straně definitivního ostění byla navržena

Obr. 5 Zkouška penetračního odporu na cementové maltě

Fig. 5 A penetration resistance test of the cement mortar





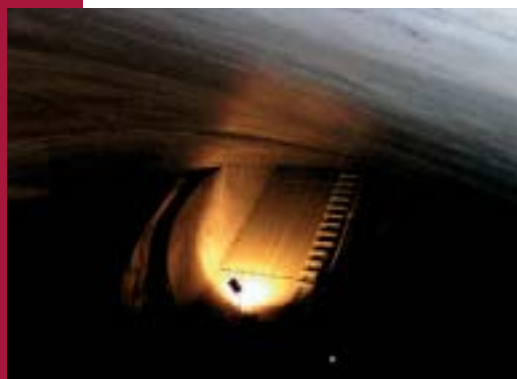
Obr. 7 Čerpání betonu eskalátorovým tunelem

Fig. 7 Pumping of concrete through the escalator tunnel



Obr. 9 Stav stanice při dni otevřených dveří v listopadu 2003

Fig. 9 Condition of the station on the Open Day in November 2003



Obr. 8 Sekundární ostění – kvalita povrchů

Fig. 8 Secondary lining – quality of surfaces

z vázané výztuže. Minimální krytí výztuže bylo projektem stanoveno na 50 mm.

Betonáž klenby byla prováděna do speciální samohybné a samonosné ocelové formy, rámové konstrukce (obr. 6). Ocelová forma hmotnosti 160 t byla opatřena tesařsky upravenými čilkami a pojezd formy po kolejkách na místo dalšího betonování zajišťovaly elektromotory. Konstrukce formy umožňovala odsunutí bednění od vnitřního líce o cca 400 až

600 mm tak, aby vznikl prostor pro čišťení a nanášení separace.

Vzhledem k pokročilému stádiu výstavby již nebylo možné zavážet beton do podzemí přímo, proto se přistoupilo k přečerpávání betonové směsi z povrchu. Čerpání probíhalo dle aktuální situace ve staničním tunelu eskalátorovým tunelem (obr. 7) nebo výtahovou šachtou. Čerpadlo stojící na povrchu mělo napojeno plně vyložené rameno na ocelové potrubí, kterým byl beton přečerpáván do stabilního čerpadla stojícího na dně stanice, 31 m pod povrchem. Ze stabilního čerpadla byla betonová směs tlačena do distributoru na formě, pomocí kterého byla směs umísťována do jednoho z dvacíti plnicích oken. Beton musel být do formy ukládán rovnoměrně po obou stranách, aby rozdíl hladin nebyl vyšší než 1 m a nedošlo tak k deformaci formy. Směs byla hutněna pomocí příložených vibrátorů, umístěných na formě. Typický záběr byl betonován 8 až 10 hodin a bylo do něho uloženo okolo 200 m<sup>3</sup> betonu.

Oproti betonové směsi užitě na sekundární ostění dna, zde byly prioritními požadavky dobrá čerpatelnost betonu, odolnost proti rozmišení při čerpání do extrémní hloubky a možnost odbedňování po 24 hodinách od ukončení betonáže. Veškeré povrchy byly prováděny v pohledové kvalitě (obr. 8). Navržená směs o konzistenci S4 (sednutí kužele 160 až 210 mm) měla maximální vodní součinitel cementu 0,5 a vodní součinitel jemných podílů 0,4. Vhodnou skladbou kameniva a použitím optimální dávky přísad a příměsí byl beton dostatečně tekutý, soudržný, odolný proti segregaci hrubého kameniva a odlučování vody. Pevnosti po 24 hodinách se pohybovaly okolo 17 MPa. Průběh betonáží, jejich rychlost

a výsledná kvalita betonu (pevnost a kvalita povrchových vrstev), potvrdily vhodnost navržené směsi (tab. 1).

#### ZÁVĚR

Betonáže ve stanici metra Kobylisy byly příkladem nutného spojení mnoha a často protichůdných požadavků na beton. Současně možnosti volby složek, zejména přísad na bázi modifikovaných polykarboxylátů, umožňují vyrábět tyto konstrukce za přiměřených nákladů. V důsledku konzultací provedených s odběratelem před zahájením stavby a operativní komunikaci mezi pracovníky firem Metrostav, a. s. – D5, TBG Metrostav, s. r. o., a TBG Pražské betonpumpy, s. r. o., v průběhu výstavby, byl možný optimální návrh receptur a technologií dopravy pro dané konkrétní podmínky.

Trasa IV.C1 bude uvedena do provozu 26. června 2004 a významně zvýší kulturu cestování pro více než 100 tisíc obyvatel Severního města (obr. 9). Po zprovoznění tohoto úseku začnou práce na další části trasy C nazývané IV.C2, navazující na stanici Ládví a vedoucí přes sídliště Prosek do Letňan, která by měla být zprovozněna do roku 2008.

Tab. 1 Nárůst tlakových pevností betonu v čase

Tab. 1 Rise of compressive strengths of concrete in time

Pevnost v tlaku [MPa]	Stáří betonu [dny]		
	3	7	28
beton dna	27,36	35,45	44,01
beton klenby	26,73	37,72	41,12

Ing. Milada Mazurová  
tel.: 222 242 036

e-mail: technolog.tbgmts@comp.cz

Ing. Robert Coufal

e-mail: robert.coufal@tbg-beton.cz

oba: TBG Metrostav, s. r. o.

Rohanské nábř. 68, 186 00 Praha 8

www.tbg-metrostav.cz