

POUŽITÍ STŘÍKANÉHO BETONU PRO DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ TUNELŮ

**Jan Pruška – FSv ČVUT v Praze
Matouš Hilar – D2 Consult Prague s.r.o.**

**Tunelářské odpoledne 3/2011
Brno 14.9.2011**

Požadavky na tunelová ostění

- Kapacita / použitelnost
- Trvanlivost a životnost
- Jednoduchá výstavba
- Vodonepropustnost
- Požární odolnost
- Povrch (hladkost)
- Nízká cena

Definitivní ostění ze stříkaného betonu

- 50. léta - Trvalé zajištění tunelů ražených ve skalních horninách – Norská metoda tunelování
- 70. léta – mělké tunely v měkkých horninách (metro Norimberg - Hasenbuck tunel - NRTM)
- 90. léta – metoda LaserShell pro tunely v zeminách

Současné trendy

- Přejchod od používání suchých směsí k mokrým směsím
- Snaha úplného vypuštění ocelové výztuže (příhradových nosníků)
- Kombinace polypropylénových vláken a ocelových vláken s vysokou pevností
- Preferování jednoplášťových definitivních ostění, kdy je beton nanášen v několika vrstvách
- Používání mikrosiliky

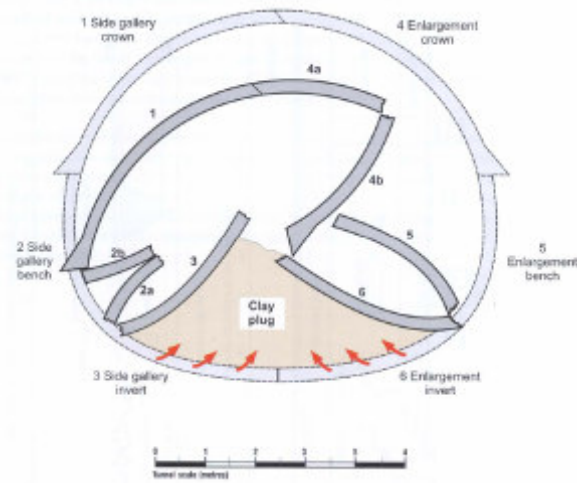
Výhody definitivních ostění ze stříkaného drátkobetnu

- Časová úspora díky vypuštění příhradových rámců
- Možnost optimalizace tloušťky ostění
- Redukce vzniku smršťovacích trhlin
- Zabezpečení vodonepropustnosti
- Zvýšení požární odolnosti
- Zvýšení tuhosti, větší přípustná ohybová a smyková napětí

Metoda LaserShell

- Vyvinuta po havárii tří souběžných tunelů na Heatrow ražených NRTM (1994) v rámci projektu EU „Brite-Euram III“ společnostmi Mott MacDonald (UK), Bekaert (Belgie), Morgan Est. (UK), Beton-und Monierbau (Rakousko) spolu s několika universitami.

Heathrow Express říjen 1994



Hlavní charakteristiky

- Jednoplášťové ostění - slouží pro zajištění výrubu i jako trvalé ostění
- Jednoplášťové ostění je provedeno ve třech vrstvách, povrch je ručně dokončen.
- Tunelové ostění tvoří nepropustný stříkaný drátkobeton bez ocelových sítí a bez příhradových rámců.
- Tunel je ražen na plný profil, prstenec je rychle uzavřen

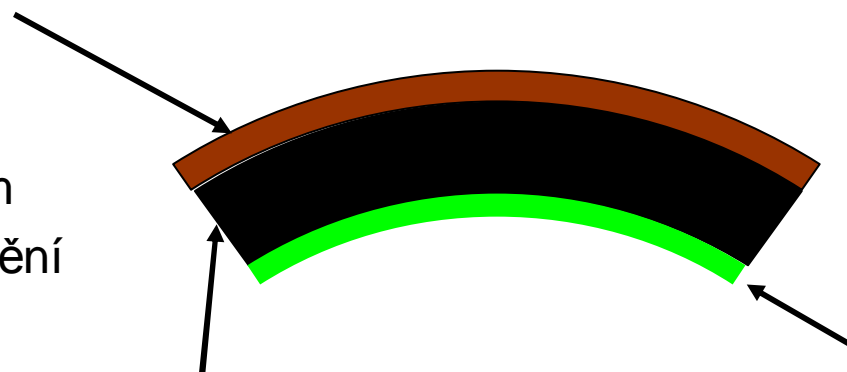
Hlavní charakteristiky

- Čelba je ukloněná a vyklenutá - zvýšení její stability a snížení sedání povrchu terénu.
- Tvary výrubu a ostění jsou kontrolovány laserovým dálkoměrem TunnelBeamer,

Lasershell: Funkce jednotlivých vrstev OSB

Počáteční vrstva

- Mocnost 75 mm
- Okamžité zajištění
- “Obětní vrstva“



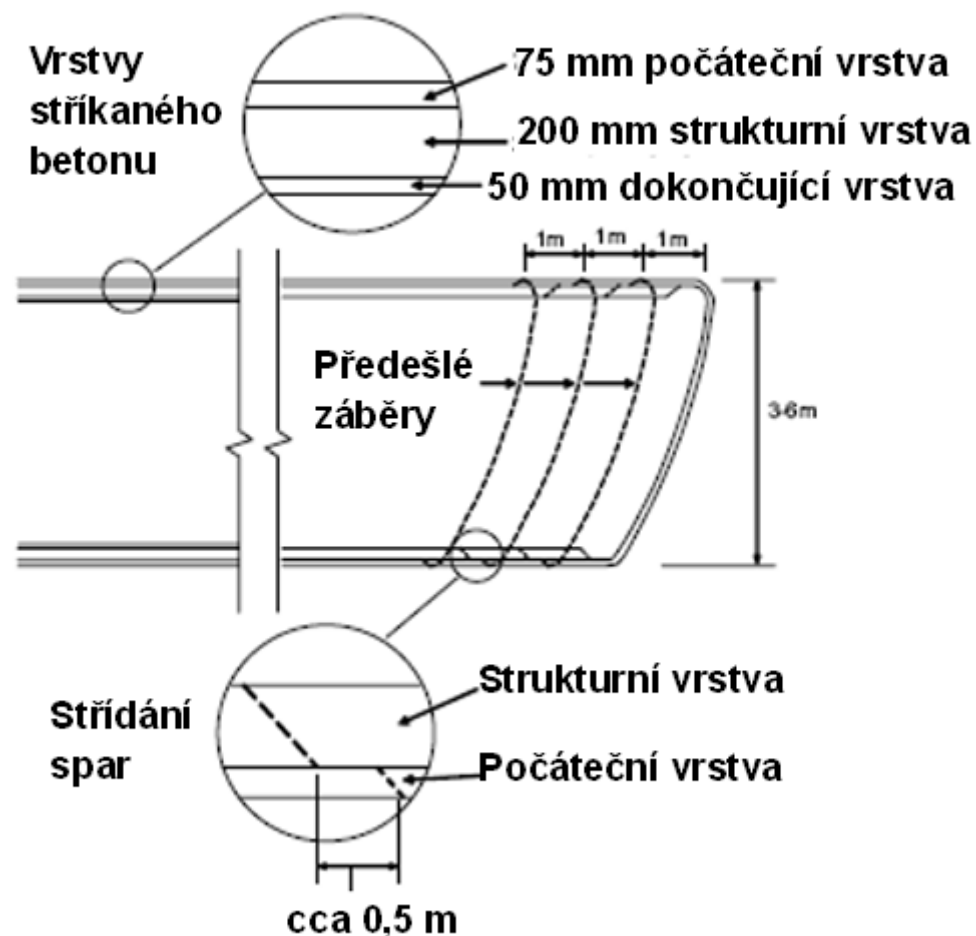
Strukturní vrstva

- Mocnost dle projektu (175 až 250 mm)
- Trvalá nosná vrstva

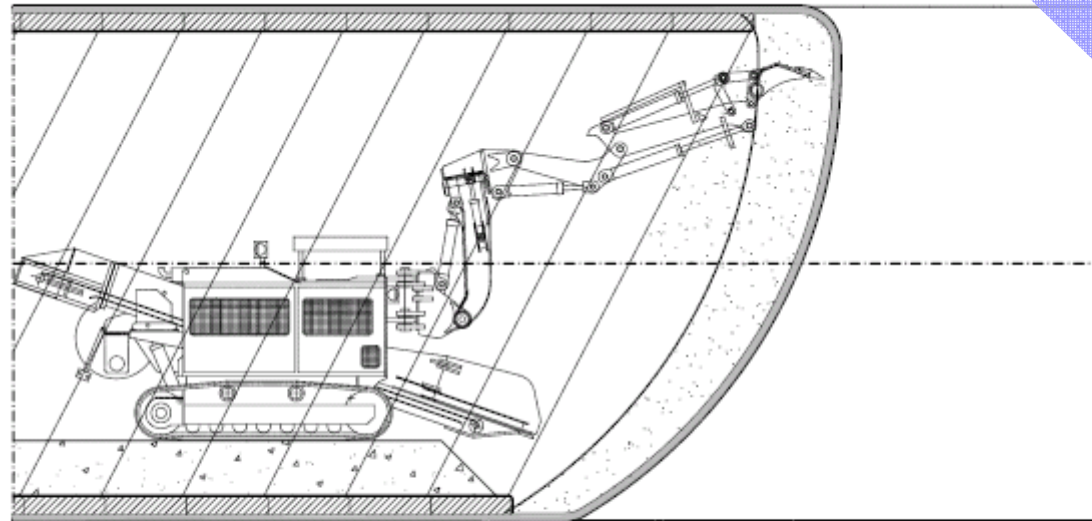
Dokončující vrstva

- Mocnost 50 mm
- Bez ocelových vláken
- Upravena ručně

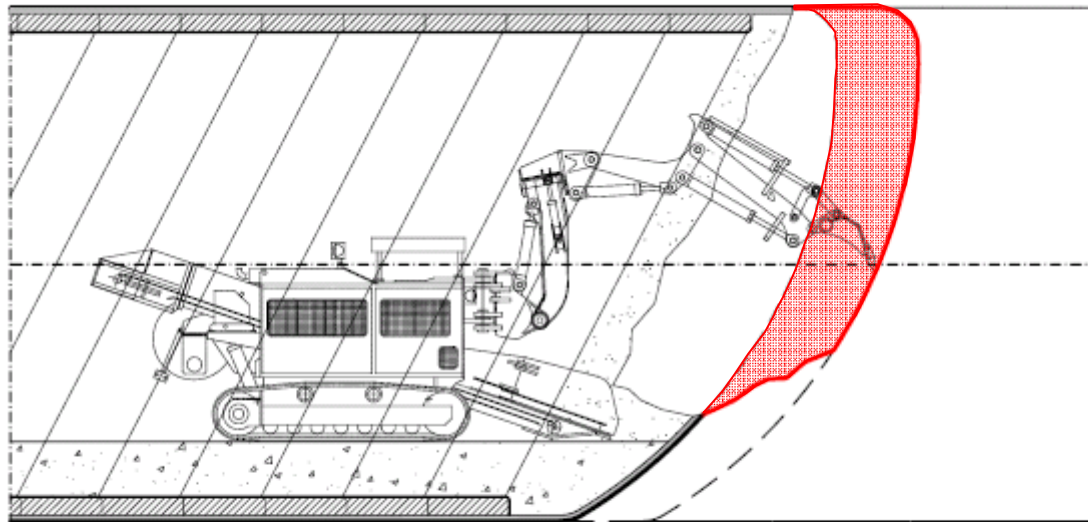
Postup výstavby



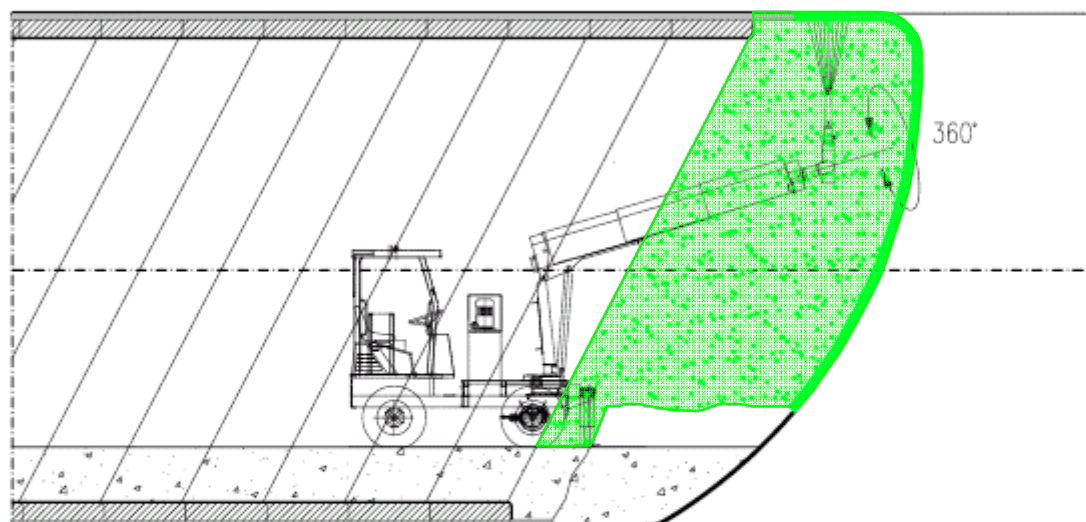
T5 Heathrow - Metoda LaserShell



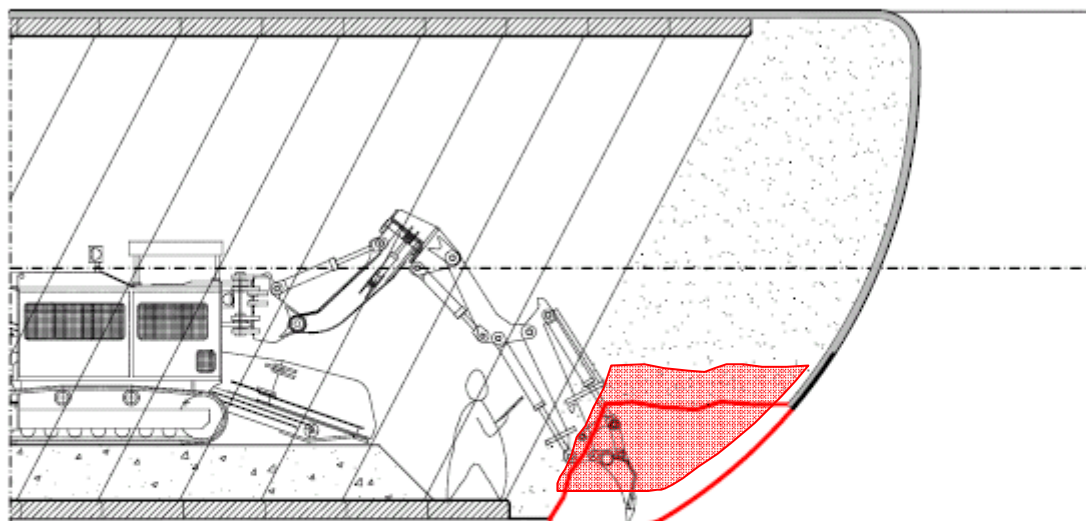
T5 Heathrow - Metoda LaserShell



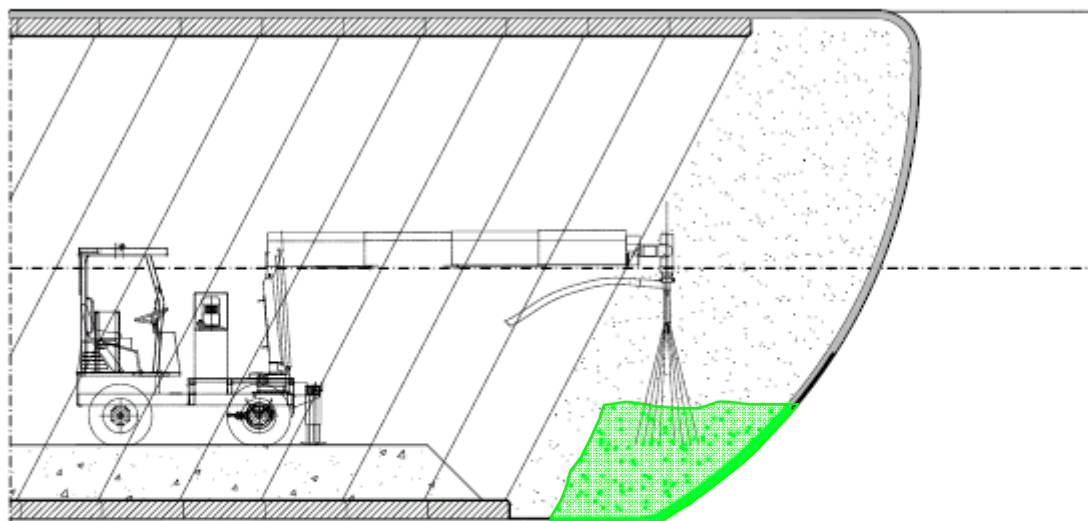
T5 Heathrow - Metoda LaserShell



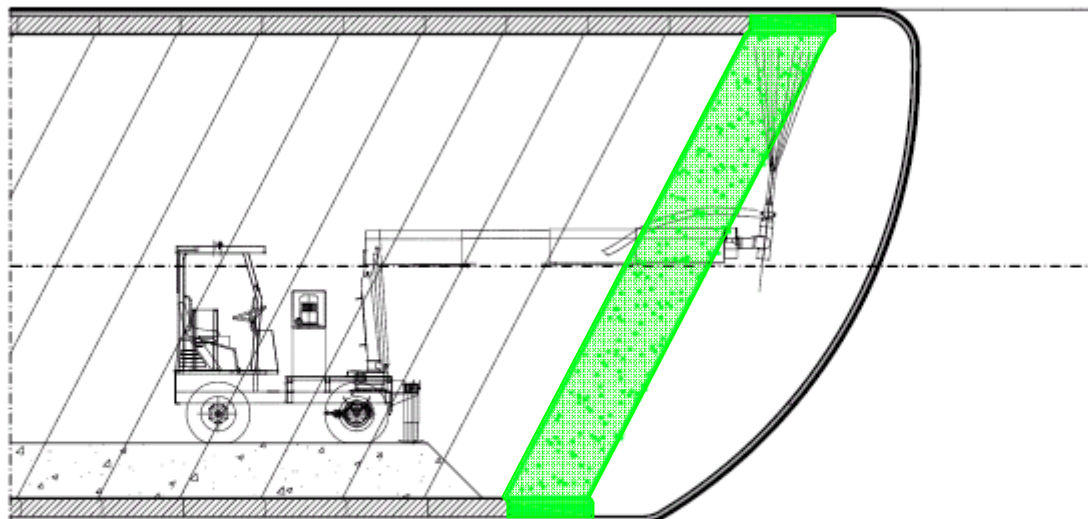
T5 Heathrow - Metoda LaserShell



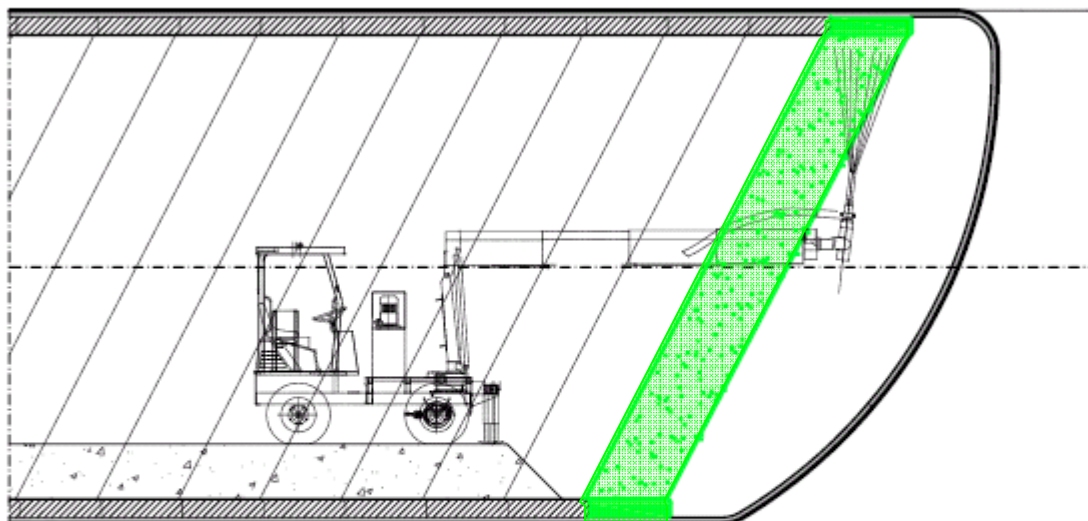
T5 Heathrow - Metoda LaserShell



T5 Heathrow - Metoda LaserShell



T5 Heathrow - Metoda LaserShell



Dokončující vrstva

Ověření metody

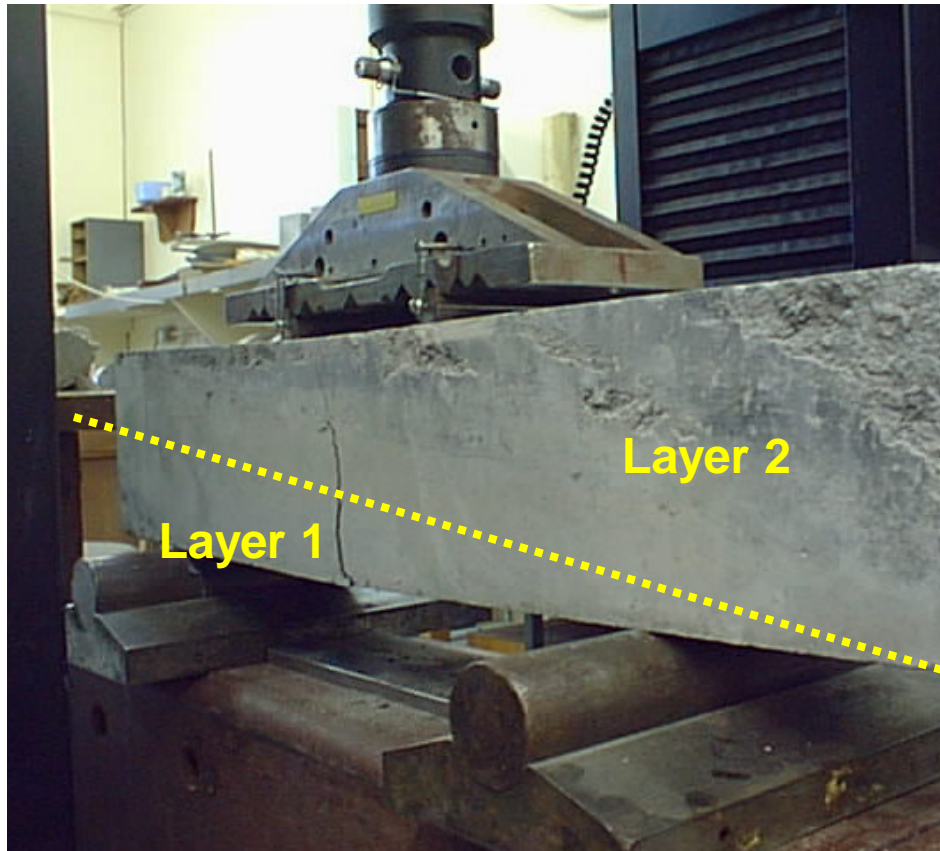
Před začátkem ražeb na T5 byly v letech 2002 – 2003 provedeny rozsáhlé průkazní zkoušky:

- Laboratorní zkoušky ke stanovení kritérií pro vlastnosti složek směsi stříkaného drátkobetonu.
- Polní zkoušky směsí s nejlepšími vlastnostmi vyvinutými v laboratoři.
- Zkoušky trvanlivosti vybraných vzorků.

Lasershell - Požadované zkoušky

- Nárůst pevnosti (krátkodobá, dlouhodobá)
- Ohybová tuhost
- Spojení vrstev a styků
- Nízká propustnost
($<10^{-12}$ m/s)
- Chemická stabilita
- Zpracovatelnost, čerpatelnost

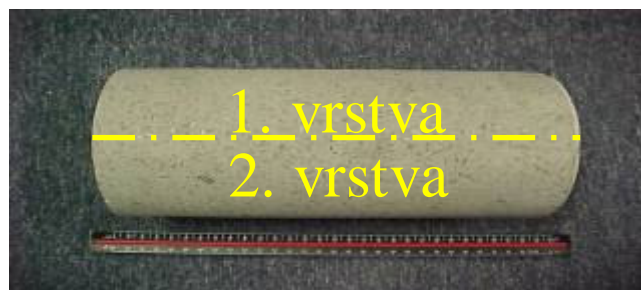
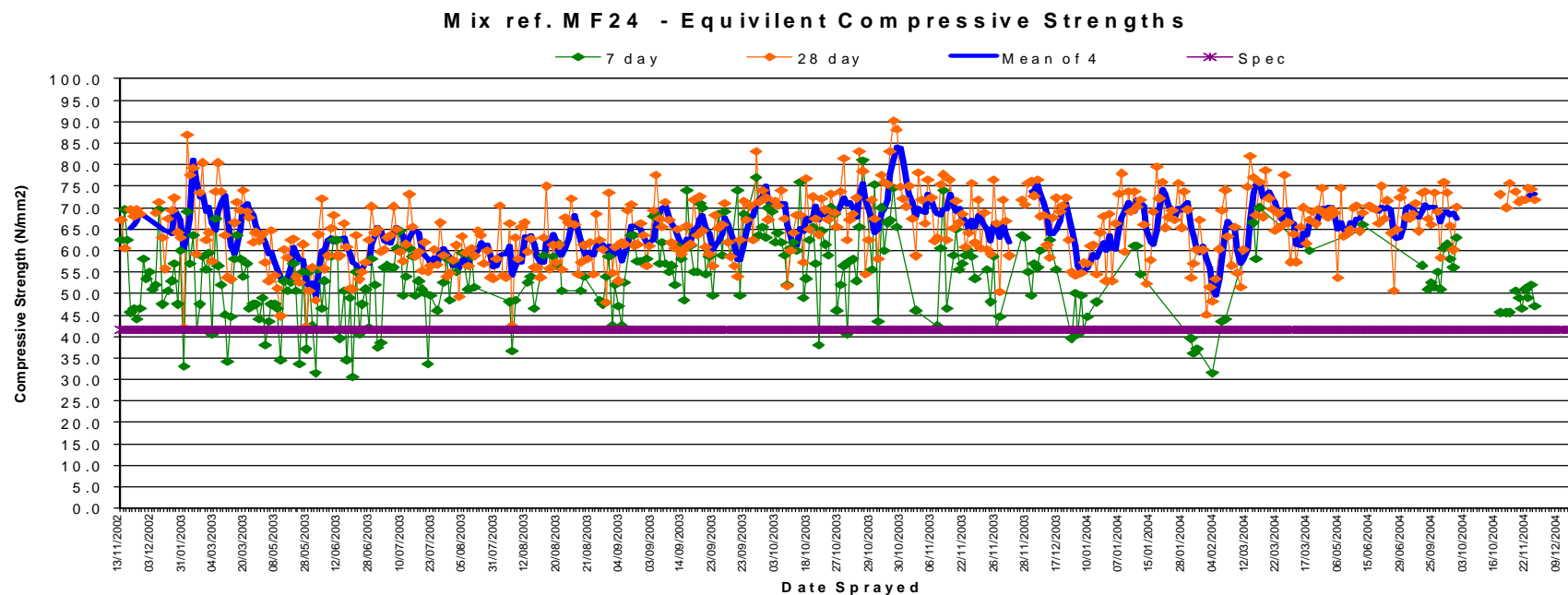
Lasershell - Laboratorní zkoušky Univerzita v Innsbrucku



Lasershell - Průkazní zkoušky



Lasershell – Výsledná kvalita



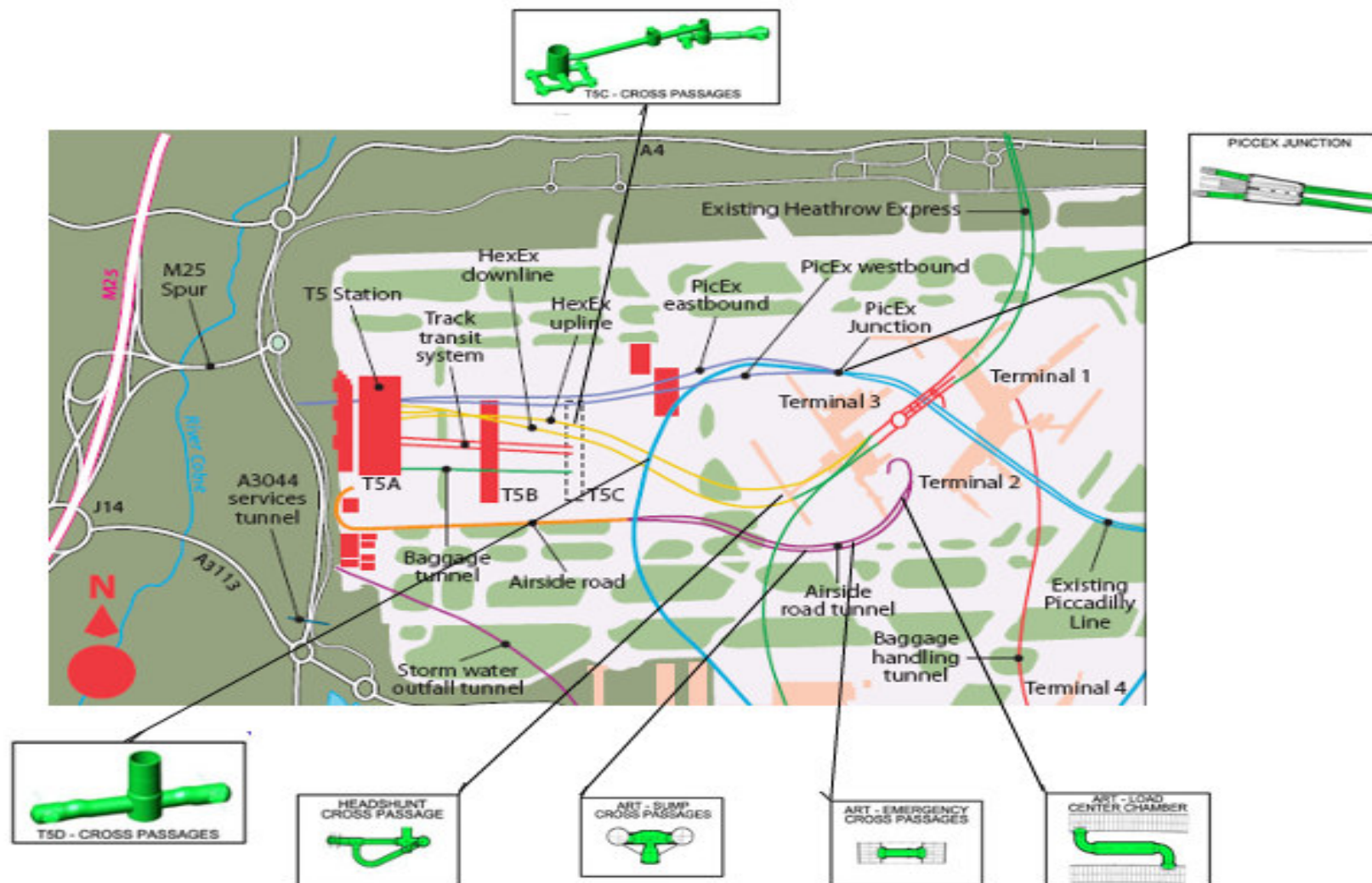
Příklady tunelů - definitivní ostění ze stříkaného drátkobetonu

- Heathrow Express Rail Link- křížení (žel.) UK
- Jubilee Line Extension - křížení (žel.) UK
- Mission Valley East light rail transit – San Diego (tram.) USA
- Kárahnjúkar Hydroelectric Project (vodov.), Island
- Terminal 5 Heathrow (žel.) UK

Heathrow, Terminal 5



Heathrow, T5 - jednoplášťová ostění



Nástřik drátkobetonu na terminálu 5 metodou LaserShell



TunnelBeamer s připojeným PC



Ruční úprava dokončující vrstvy



Heathrow Express – komora křížení



Závěr

- Beton je dominantním materiálem pro realizaci podzemních staveb
- Současný mohutný rozvoj podzemního stavitelství přináší nové postupy a zvýšené nároky na materiál ostění (požární odolnost, chemická stabilita, pevnost, nepropustnost, přilnavost, atd.)
- Některé z nových postupů již byly aplikovány v ČR – např. Vítkovské tunely, tunel Liboucheč (nevyztužené trvalé ostění, stříkané membrány, PP vlákna v ostění), použití dalších možných alternativ je otázkou času.
- K prosazování nových postupů je třeba kvalitní spolupráce všech účastníků výstavby

DĚKUJI ZA POZORNOST



Silniční tunel na letištní straně
- místnost pro zabezpečení