

- **Jaroslav Lacina, Martin Zlámal**
- **SANACE TUNELŮ – TECHNOLOGIE A MATERIÁLY, SPÁROVACÍ HMOTY PRO OSTĚNÍ**

Vývoj spárovací hmoty

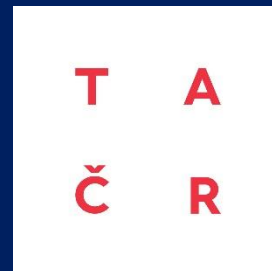
TA03030851

Sanace tunelů - technologie, materiály a metodické postupy

Petr ŠTĚPÁNEK, Ivailo TERZIJSKI, Martin ZLÁMAL, Jaroslav KADLEC, Ivana LANÍKOVÁ
Ústav betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební Brno

Vlastimil Horák, Jaroslav Lacina

Amberg Engineering



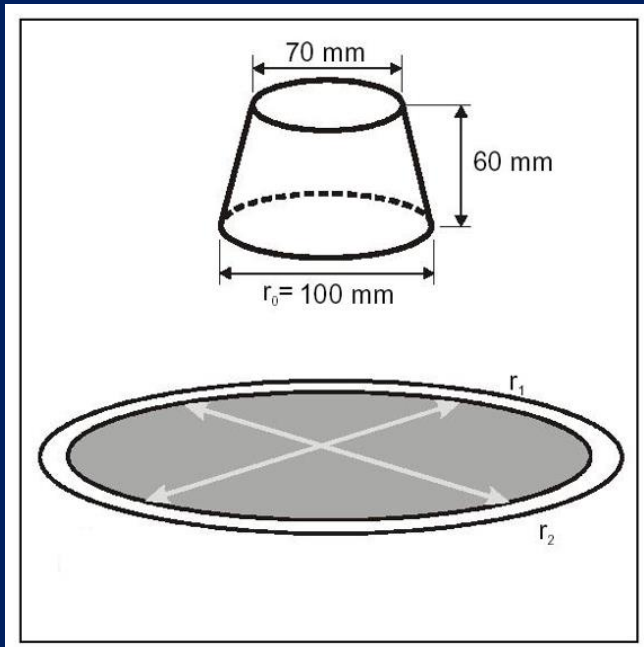
CzTA TUNELOVÉ ODPOLEDNE 2/2016 9.11.2016
ŽELEZNIČNÍ TUNELY, SOUČASNOST A BUDOUCNOST

Vývoj spárovací hmoty – požadavky

| | |
|------------------------|---|
| - zpracovatelnost | 50-60 minut při 20°C |
| - rozpínavost | min. +0,5‰ objemových |
| - tixotropie | ano |
| - zrnitost | 0-4 mm |
| - technologie aplikace | pneumatická pistole (vtlačování materiálu do spar) |
| - pevnost v tlaku | nižší než pevnost zdícího materiálu (do 20 MPa)... |

Vývoj spárovací hmoty – požadavky zpracovatelnost

- byla měřena pomocí rozlivového stolku Hägermann



Vývoj spárovací hmoty – požadavky rozpínavost

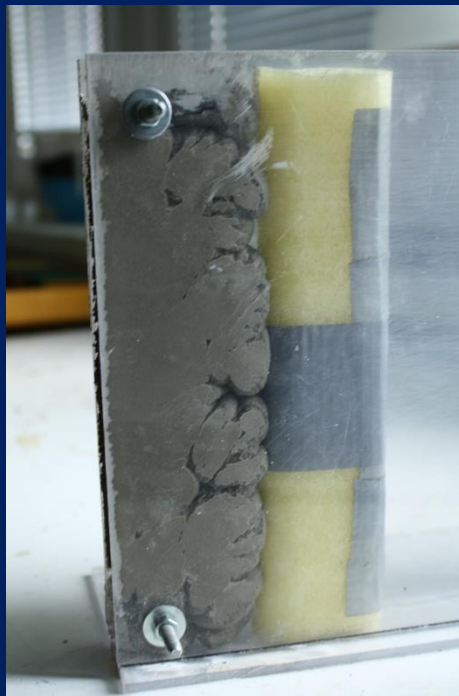
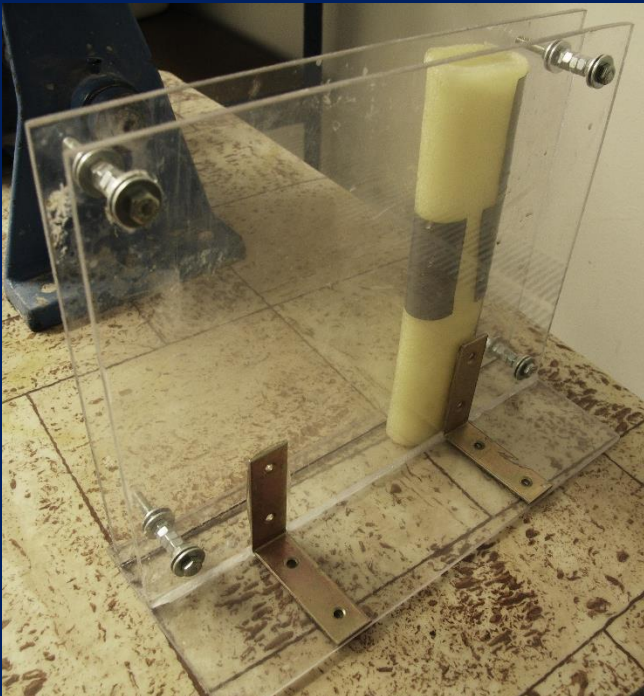
- měřena byla délková roztažnost vzorků pomocí indukčních snímačů



měřící vzorek :
válec o průměru 60 mm a výšce 130 mm

Vývoj spárovací hmoty – požadavky tixotropie

- náchylnost na vytékání spárovací hmoty ze spáry
- měřeno pomocí vyvinuté „umělé“ spáry



Vývoj spárovací hmoty – požadavky technologie aplikace

- spárovací hmota byla aplikovaná pomocí mechanické tlakové pistole



Vývoj spárovací hmoty – požadavky pevnost

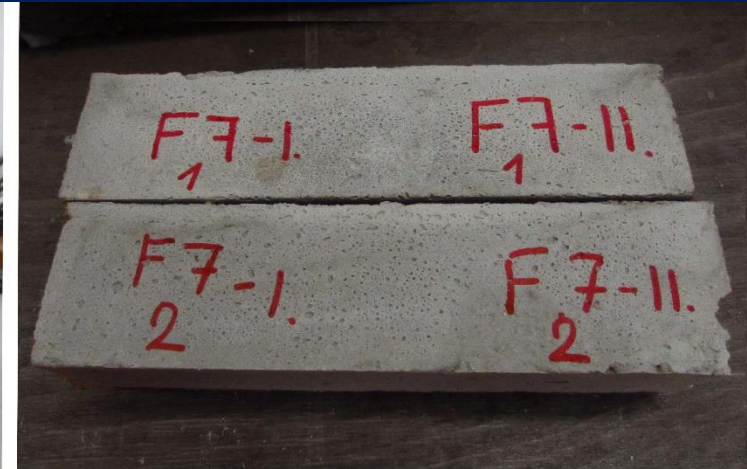
- měřena byla pevnost v tahu za ohybu na trámcích a pevnost v tlaku na zlomcích trámků



Vývoj spárovací hmoty – materiálové složení

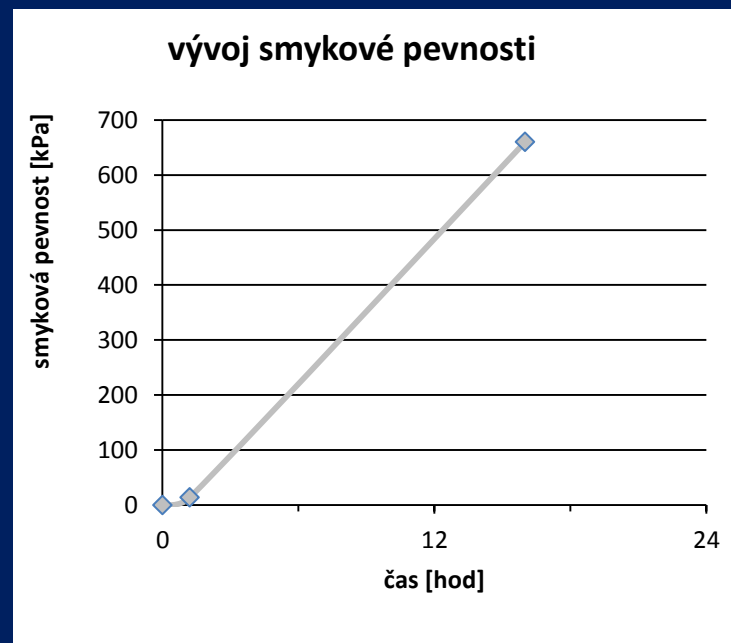
- spárovací hmota byla vyvinuta z běžně dostupných materiálů

cement 42,5R
popílek
vápenec
pálené vápno
mikrokrystalická celulóza
plastifikátor
drobné kamenivo



Vyvinutá spárovací hmota F7

- u spárovací hmoty byl měřený vývoj smykové pevnosti v rané fázi tuhnutí



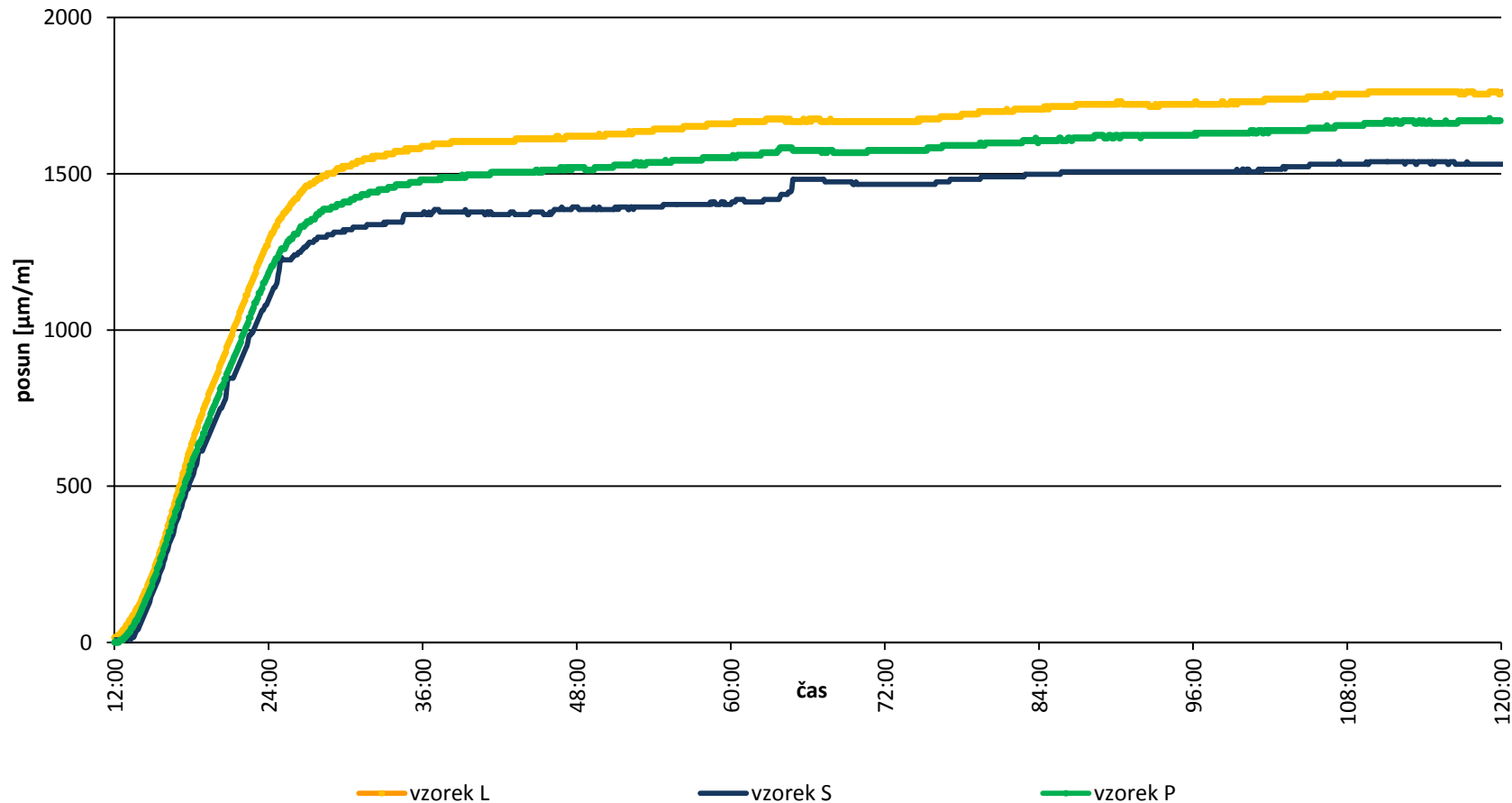
Vyvinutá spárovací hmota F7

- naměřená objemová hmotnost spárovací hmoty: 2,2 kg/l
- naměřená zpracovatelnost spárovací hmoty: 120 mm
- naměřená expanze spárovací hmoty po 48 hodinách: 1500 $\mu\text{m}/\text{m}$
- maximální velikost zrna kameniva: 2 mm
- modul pružnosti spárovací hmoty: 15,9 GPa
- přehled dosažených mechanických parametrů:

| stáří vzorku | pevnost v ohybu [MPa] | pevnost v tlaku [MPa] | S_{n-1} |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| 7D | 2,9 | 14,1 | 0,4 |
| 28D | 1,6 | 18,1 | 1,8 |

Vyvinutá spárovací hmota F7

- detail relativního prodloužení vzorků



Vyvinutá spárovací hmota F7

- Měření mrazuvzdornosti: procentuální poklesy sledovaných charakteristik

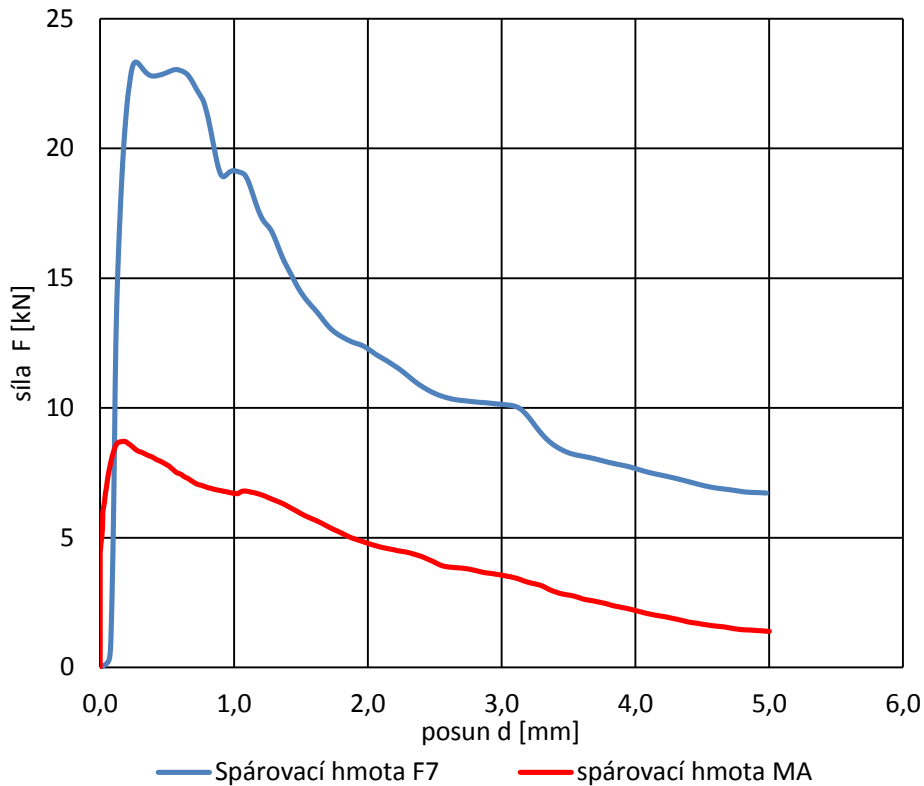
| Sledovaná veličina | Zmrazovací a rozmrazovací cykly | | | | |
|---|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| RDM (U) | 100 % | 102 % | 104 % | 104 % | 103 % |
| součinitel mrazuvzdornosti ($f_{cf,m}$) | 100 % | 88 % | 94 % | 97 % | 105 % |
| f_c | 100 % | 103 % | 92 % | 99 % | 99 % |

kde: RDM (U) je změna dynamického modulu pružnosti
 $f_{cf,m}$ je změna pevnosti v tahu za ohybu
 f_c je změna pevnosti v tlaku

Spárovací hmota F7 je dle ČSN 73 1322 mrazuvzdorná na 100 cyklů

Vyvinutá spárovací hmota F7

- Smyková odolnost spárovací hmoty



výsledky měření

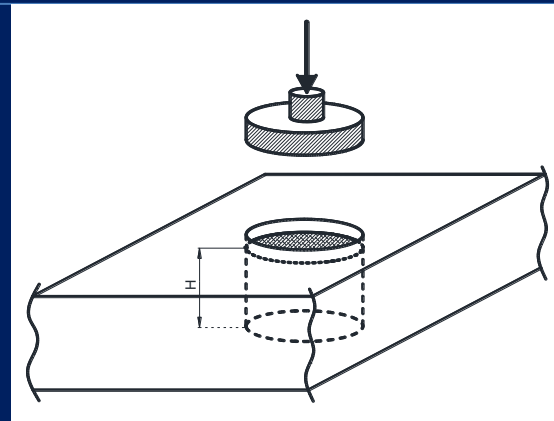


schéma a provedení měření



Praktická aplikace spárovací hmoty

Pro ověření chování spárovací hmoty v reálných podmínkách stavby byly v okolí Brna vybrány dva mostní objekty z kamenného zdiva z pískovcových zdících kamenů.



most za ulicí Pražákova v Brně - Štýřicích

most na trati Brno – Nezamyslice poblíž
Újezdu u Brna



Praktická aplikace spárovací hmoty

- vyvinutá spárovací hmota byla porovnána s dvěma komerčně vyráběnými spárovacími směsmi (označeny MA a SR)
- před spárováním byla odstraněna původní poškozená spárovací hmota do hloubky min 50 mm a spára byla důkladně vyčištěna a navlhčena
- aplikaci spárovacích hmot prováděla firma Firesta a.s.



T A
Č R

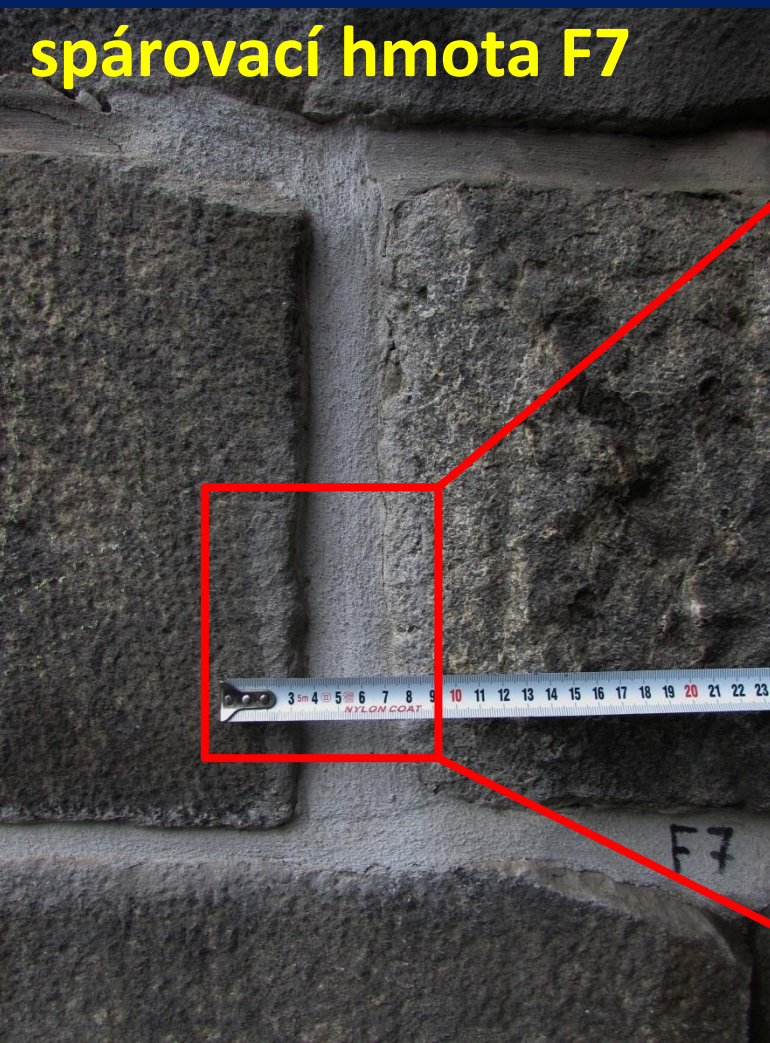


Prohlídka spárovaných mostů Brno - Štýřice



Prohlídka spárovaných mostů Brno - Štýřice

spárovací hmota F7

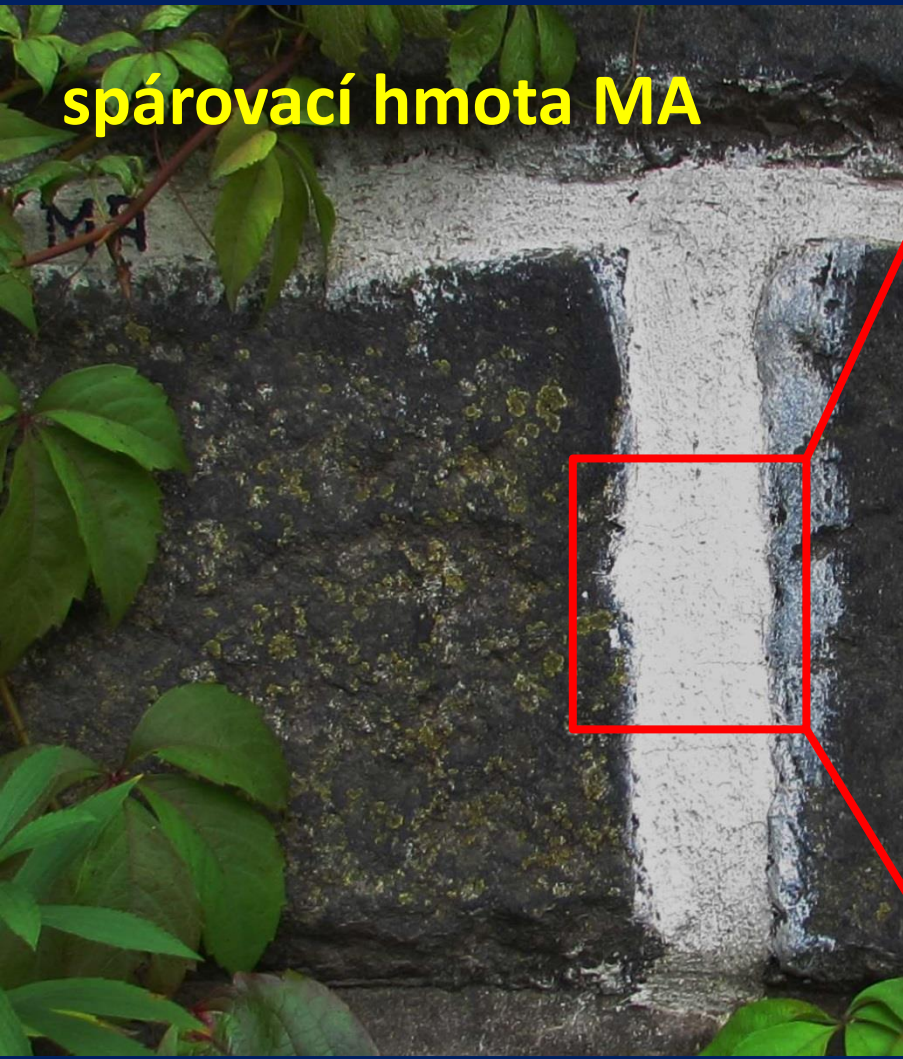


bez poruchy



Prohlídka spárovaných mostů Brno - Štýřice

spárovací hmota MA



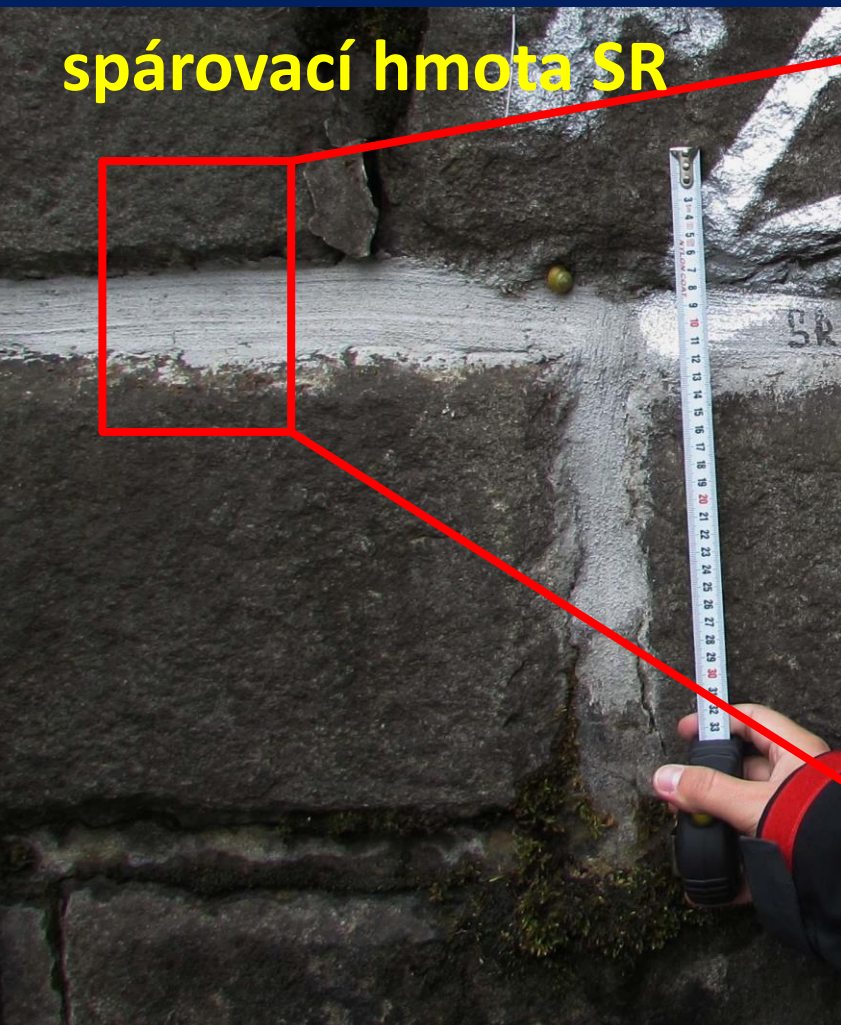
mikrotrhliny

(spárovací hmota obsahovala vlákna)



Prohlídka spárovaných mostů Brno - Štýřice

spárovací hmota SR



mikrotrhliny

(spárovací hmota obsahovala vlákna)



T A
Č R



Prohlídka spárovaných mostů Újezd u Brna

vzniklo za přispění projektu:

TA03030851 – Sanace tunelů – technologie, materiály a metodické postupy



Technologická agentura
České republiky

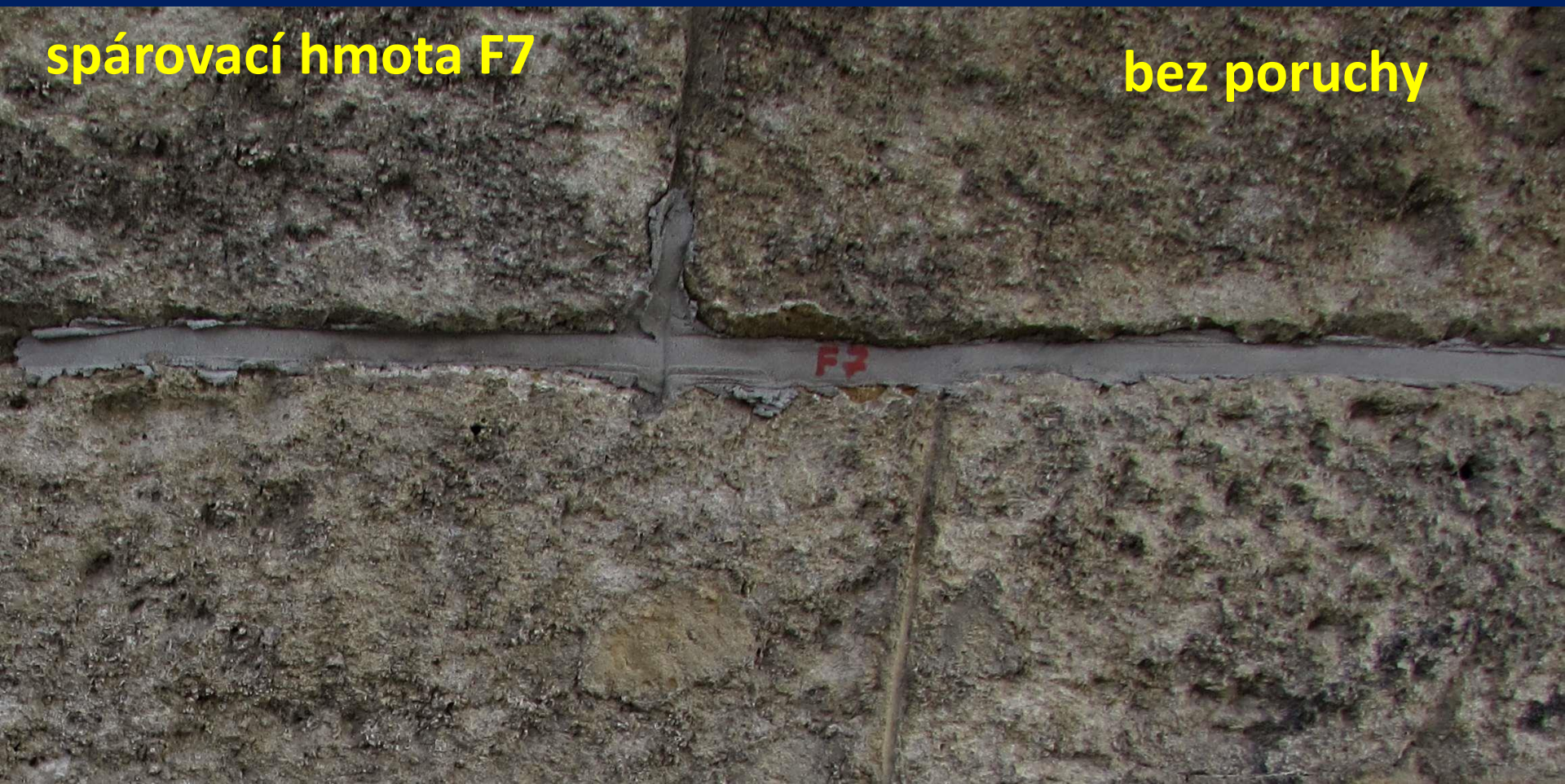


T A
Č R

Prohlídka spárovaných mostů Újezd u Brna

spárovací hmota F7

bez poruchy



T A
Č R

Prohlídka spárovaných mostů Újezd u Brna

spárovací hmota MA

bez poruchy

MA



T A
Č R

Prohlídka spárovaných mostů Újezd u Brna

spárovací hmota SR

bez poruchy



Spárovací hmota - shrnutí

- spárovací hmota splňuje veškeré zadané požadavky
- spárovací hmota byla navržena bez použití vláken z důvodu lepší aplikace (u komerčně vyráběných spárovacích hmot s vlákny docházelo k ucpávání tlakové pistole)
- při aplikaci vyvinuté spárovací hmoty nedocházelo k žádným k poruchám
- spárovací hmota má vhodnou „barevnost“, kde její použití výrazně neovlivní vzhled spárovaného zdiva
- na spárovací hmotu byl získán užitný vzor č. 28735

T A
Č R



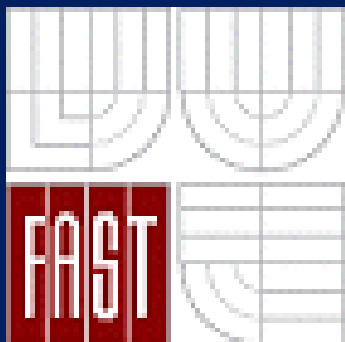
Děkuji za pozornost

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory TA ČR,
projekt č. TA03030851 – „Sanace tunelů - technologie, materiály a metodické postupy“.



Kontakt



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Veveří 331/95
602 00 Brno
Česká republika
email: zlamal.m@fce.vutbr.cz