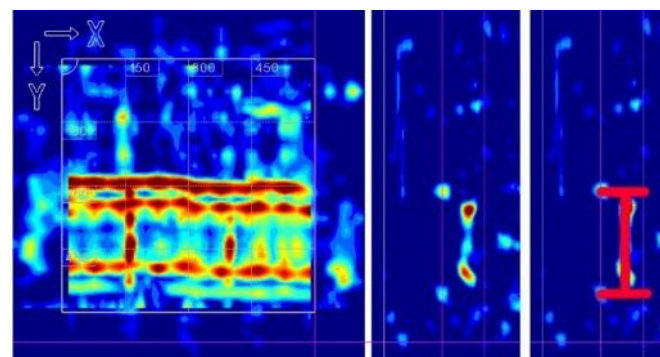


# Nedestruktivní metody zkoušení železobetonových konstrukcí



**Ing. Petr Cikrle, Ph.D., Doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D,**

Moderní trendy v betonu III. - Provádění betonových konstrukcí  
Praha, 13.3.2014

## **Osnova**

- **Metody pro zkoušení betonu v konstrukci**
- **Nedestruktivní či destruktivní metody**
- **Odrazové tvrdoměry – tradiční metoda v nové době**
- **Novinka jménem Silver Schmidt**
- **Příklad kalibrace na moderních betonech**
- **Ultrazvuková impulzní metoda**
- **S ultrazvukem do terénu**
- **Metody pro vyhledávání výztuže**
- **Pohled pod povrch**
- **Závěr**

## Metody pro zkoušení betonu v konstrukci

**ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí (vyšla 1989, znovu 2012)**

**ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích (z r. 2007)**

**ČSN 73 2011:**

- ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu, část 3.
- ČSN 73 1371 Ultrazvuk
- ČSN 73 1372 Rezonanční
- ČSN 73 1373 Tvrdoměry

**ČSN EN 13791:**

- ČSN EN 12504-1, 2, 3, 4
- 1 - Zkoušení na vývrtech
- 2 – Odrazové tvrdoměry
- 3 - Metody lokálního porušení
- 4 - Ultrazvuk



Moderní trendy v betonu III. - Provádění betonových konstrukcí  
Praha, 13.3.2014

## ■ Nedestruktivní či destruktivní metody

### Nedestruktivní metody:

Po jejich aplikaci je poškození konstrukce prakticky zanedbatelné (tvrdoměry – povrch, ultrazvuk – čistě NDT)

**Nové pojetí:** Rozdělení na metody přímé a nepřímé

- Metody **přímé** - zjišťujeme přímo sledovanou vlastnost (vývrty)
- Metody **nepřímé** - na základě kalibračních vztahů (tvrdot, UZ)

#### Nedestruktivní metody

- + nepoškozují konstrukci
- + velký počet míst (statistika)
- + relativně levnější
- - méně přesné
- - možnost chyb

#### Destruktivní metody

- - poškozují konstrukci
- - menší počet (někdy není možné odebrat)
- - dražší (relativně)
- + přesnější
- + odběr z hloubky

## ■ Odrazové tvrdoměry

– *tradiční metoda v nové době*



- Podle ČSN 73 2011 – po upřesnění na úrovni krychelných zkoušek
- Podle ČSN EN 13791 – vývrty mají větší váhu, 90% bezpečnost kalibračních vztahů



## ■ Novinka jménem Silver Schmidt



$$Q = 100 \cdot \frac{\text{energie obnovená}}{\text{energie vstupní}}$$

### Silver Schmidt – změny proti Original Schmidt

- Uvnitř optická čidla, měří rychlost dopadu a odrazu
- Udává hodnotu „Q“ = koeficient vrácené energie: viz vztah
- Hodnota Q je méně závislá na tření
- Hodnota Q nevyžaduje korekci směru
- Zvyšuje se rozsah pevností od 10 MPa do 100 MPa

## ■ Novinka jménem Silver Schmidt

### *Silver Schmidt L s hřibovitým nástavcem*

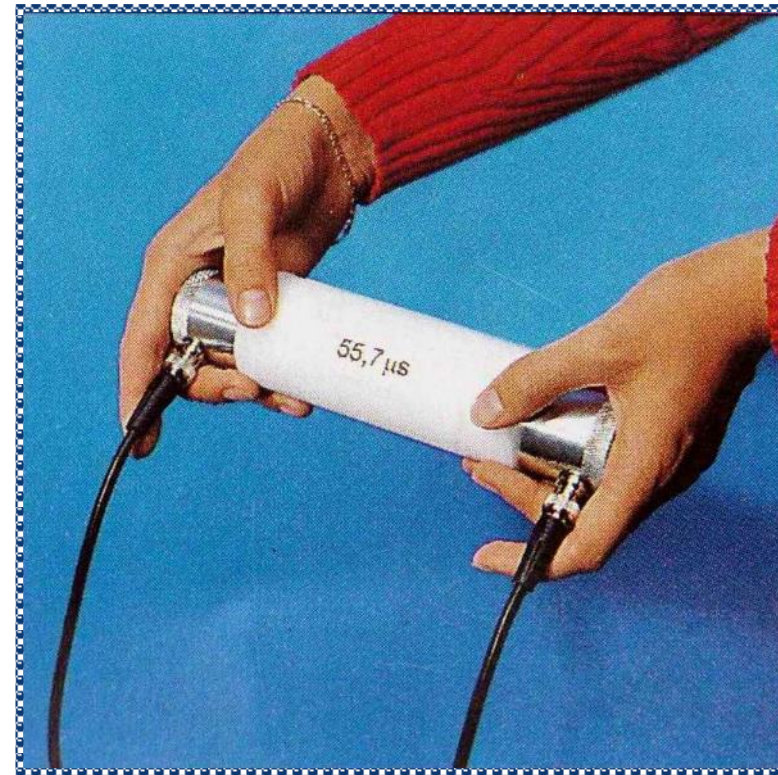
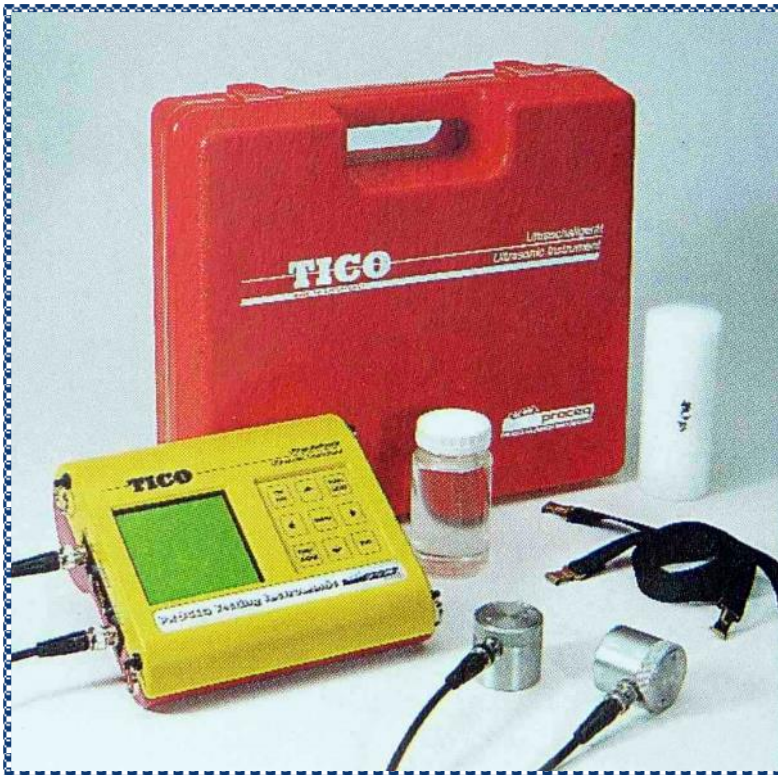


- pro odbedňovací pevnosti
- Rozsah měření od 5 MPa do 30 MPa
- Přesnější v dolní oblasti kalibračního vztahu (5 - 20 MPa)

$$f_c = 0,0108 \times Q^2 + 0,2236 \times Q \text{ [MPa]}$$

## Ultrazvuková impulsní metoda

- Měření rychlosti šíření ultrazvukových impulsů materiálem
- Ve stavebnictví frekvence 20 KHz až 500 kHz
- Zjištění rovnoměrnosti betonu
- Dynamický modul pružnosti materiálu



Moderní trendy v betonu III. - Provádění betonových konstrukcí  
Praha, 13.3.2014



## ■ Ultrazvuková impulsní metoda

*Stanovení dynamického modulu pružnosti  $E_{cu}$ :*

$$E_{cu} = D \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k^2}$$

- D je objemová hmotnost
- $v_L$  je rychlost šíření impulzů UZ vlnění
- k je součinitel rozměrnosti



*Přepočítání na statický modul pružnosti  $E_c$ :*

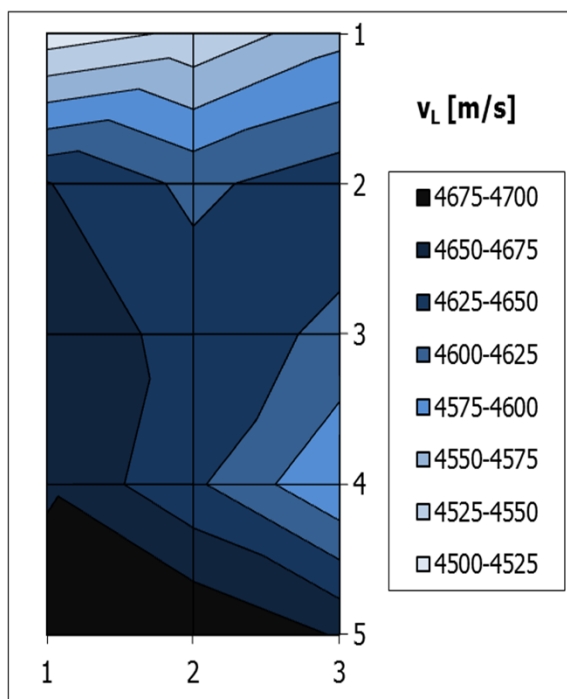
$$E_c = \kappa_u \cdot E_{cu}$$

- $\kappa_u$  je zmenšovací součinitel, např. v ČSN 73 2011

## S ultrazvukem do terénu

*Vynikající pro stanovení rovnoměrnosti betonu:*

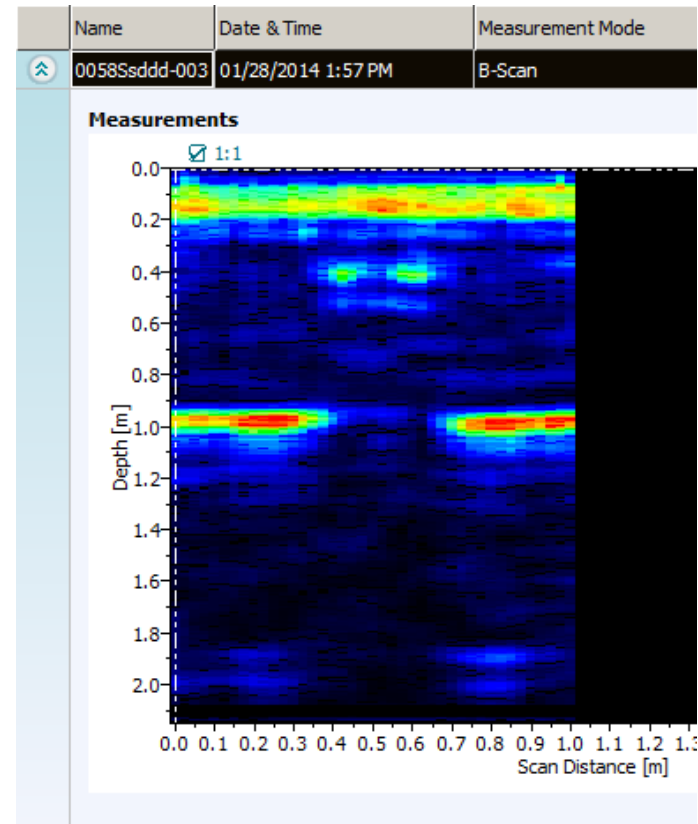
- Rovnoměrnost podle variačního součinitele  $V_x$  (ČSN 73 2011)
- Znázornění kvality betonu pomocí izovel.



## S ultrazvukem do terénu

### *S ultrazvukem na tloušťky a na dutiny:*

- Nový PUNDIT PL-200PE s odrazovou sondou
- Měření tloušťky konstrukce (do 1 m), odraz na dutinách



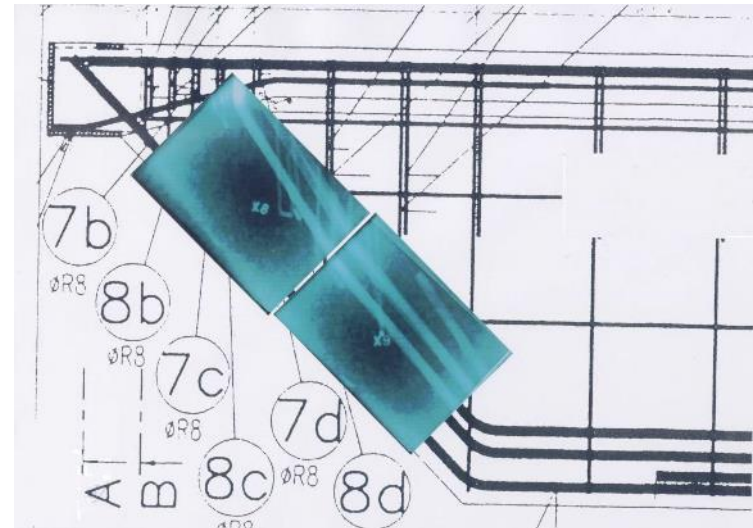
## Metody pro vyhledávání výztuže

- Elektromagnetické indikátory - Profometer 4, 5, Ferroscan
- Radiografie – záření gama, radionuklid Co 60
- Georadar

### ■ Profometer 5+



### Snímek z prozařování kobaltem



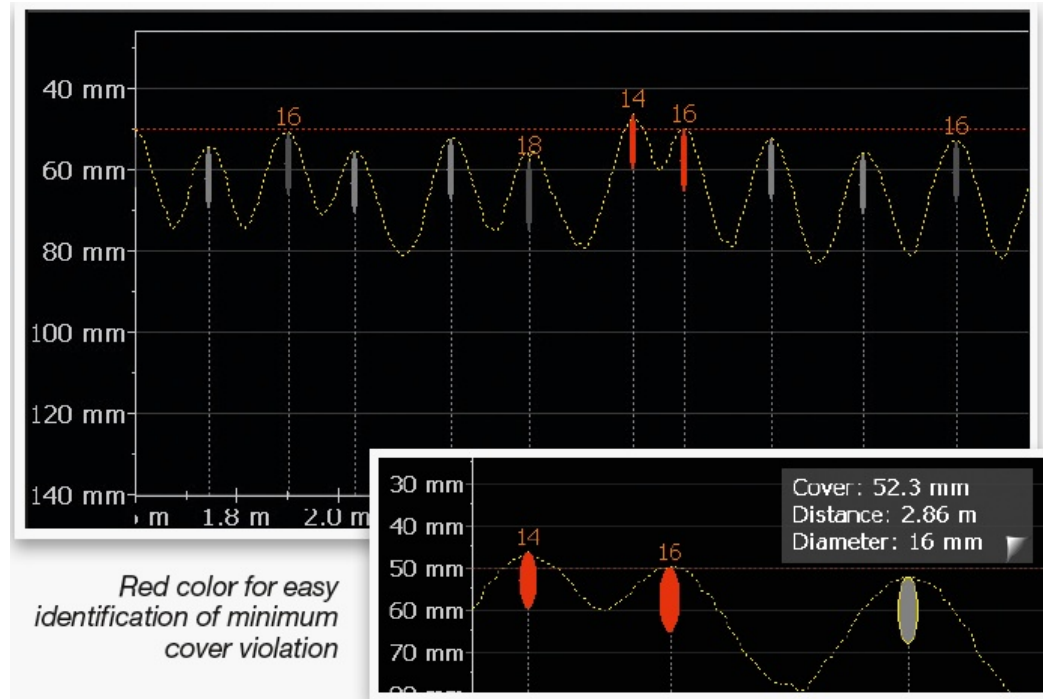


# Metody pro vyhledávání výztuže

## Nový indikátor Profometer PM 600, 630 (Proceq)



### Režimy pro zjištění krytí / průměru



## ■ Pohled pod povrch

### *Hilti PS 1000 X scan – pohled dovnitř*

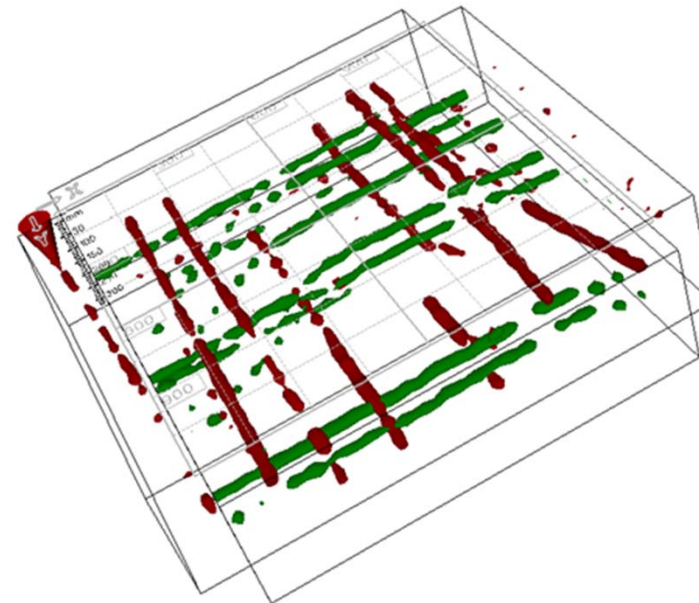
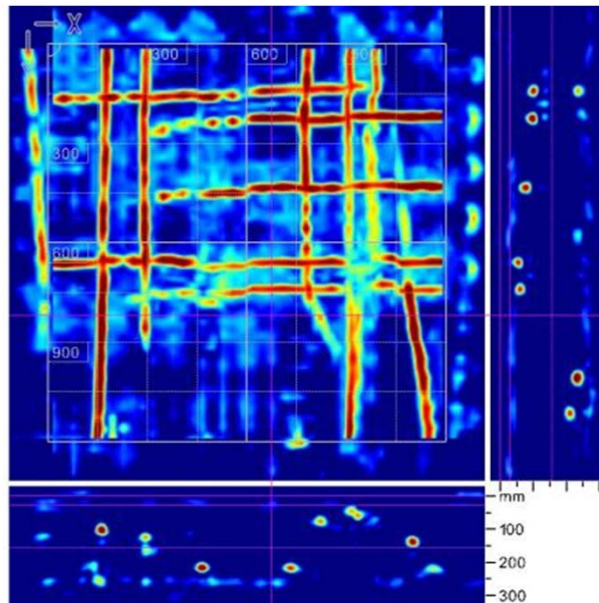


- Hledání výztuže, trubek, vedení, dutin
- Dosah 300 mm, přesnost určení polohy 10 mm
- Více vrstev výztuže, různé režimy, 3D pohled
- Liniový scan až 30 m, plošný scan 600×600 mm, 1200×1200 mm

## Pohled pod povrch



- Výztuž v skryté hlavici sloupu a skrytém průvlaku deskového skeletu



## Závěrem

- **Nedestruktivní metody mají oporu v normách, avšak bude nutné přepracování - u moderních betonů změna vztahu mezi tvrdostí a pevností**
  - Tvrdoměry Silver Schmidt – i pro HPC betony do 100 MPa
  - Silver Schmidt L s hříbovým nástavcem pro nízké pevnosti
  - **V případě rozsáhlých či výjimečných staveb je velmi rozumné kalibrační vztahy určit již před zahájením výstavby za součinnosti statika, neboť spolehlivé výsledky lze stanovit i bez vývrtů**
- **Opomíjený ultrazvuk - rovnoměrnost betonu, modul pružnosti in situ**
- **Řada novinek na trhu, bezkonkurenční radar PS 1000 X scan**
- **Odběr jádrových vývrtů u nových staveb je až poslední krajní řešení!**
- **Kurz „NDT metody ve stavebním zkušebnictví“ pořádaný SZK FAST VUT v Brně + certifikát akreditovaný ČIA.**



**Děkujeme za pozornost . . .**