

m 60
A 70

Hodnocení výsledků experimentálních prací

WORKSHOP KONANÝ V RÁMCI PROJEKTU NAKI II

**Analýza a prezentace hodnot
moderní architektury 60. a 70. let
20. století jako součásti národní
a kulturní identity ČR**



Projekt „Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR“, DG16P02R007, je financován Ministerstvem kultury v rámci Programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity České republiky.



m 60
A 70

Metody diagnostiky v laboratoři – mikrostruktura betonu

doc. RNDr. Pavel Rovnaník, Ph.D.

Co se zjišťuje?

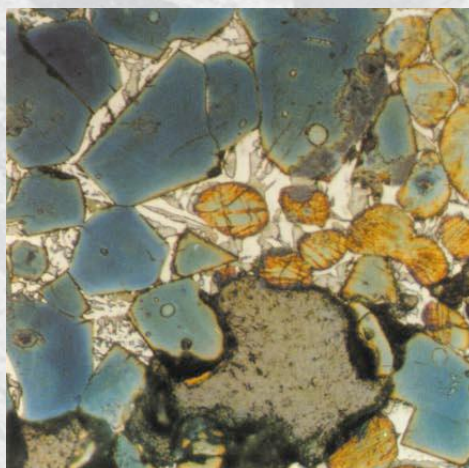
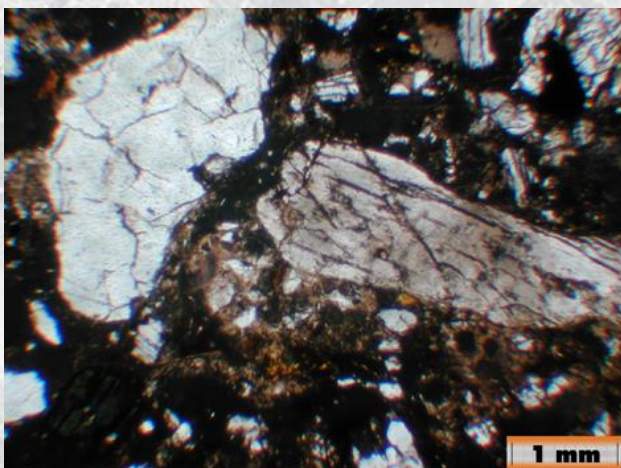
- Chemické složení pojiva
- Mineralogické složení pojiva
- Mineralogické složení plniva
- Granulometrie plniva
- Poměr mísení složek
- Přítomnost dalších složek – vlákna

Metody diagnostiky stavebních hmot

- chemická analýza – prvková analýza (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , SO_3 , Cl^-), nerozpustný podíl
- optické metody – optická mikroskopie, elektronová mikroskopie (SEM)
- mineralogické složení – rentgenová difrakce (XRD)
- termická analýza – termogravimetrie (TG), diferenční termická analýza (DTA)

Optická mikroskopie

- max. rozlišení 200 nm, zvětšení 1000× (závisí na λ)
- malá hloubka ostrosti
- výbrusy – analýza druhů kameniva, složení nezhydratovaných zrn cementu
- analýza alkalicko-silikátové reakce

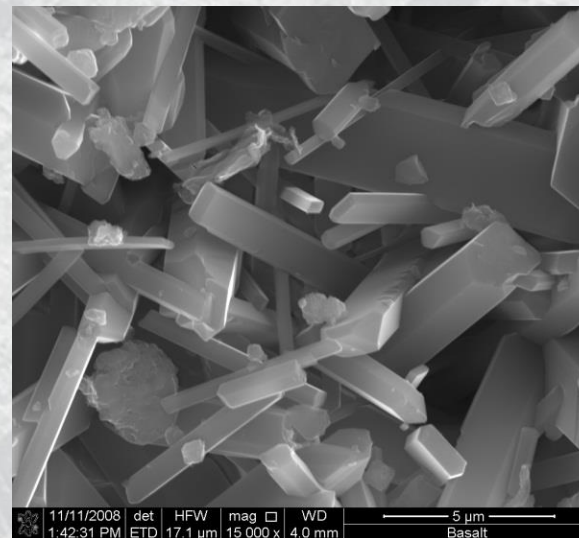
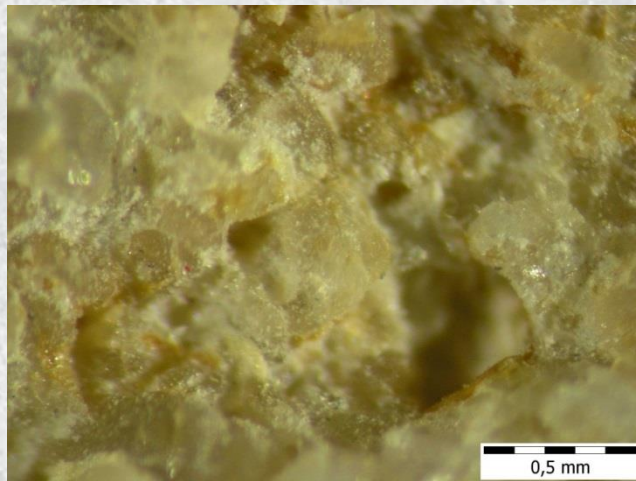


Skenovací elektronová mikroskopie (SEM)

- náročnější příprava vzorku než u optické mikroskopie
- vlnová délka elektronu je kratší než u viditelného světla a závisí na urychlovacím napětí

0,010 nm při 15 kV

- rozlišení cca 10 nm (max. 0,4 nm), max. 500 000×
- velká hloubka ostrosti



Příprava vzorku

Klasická metoda snímkování

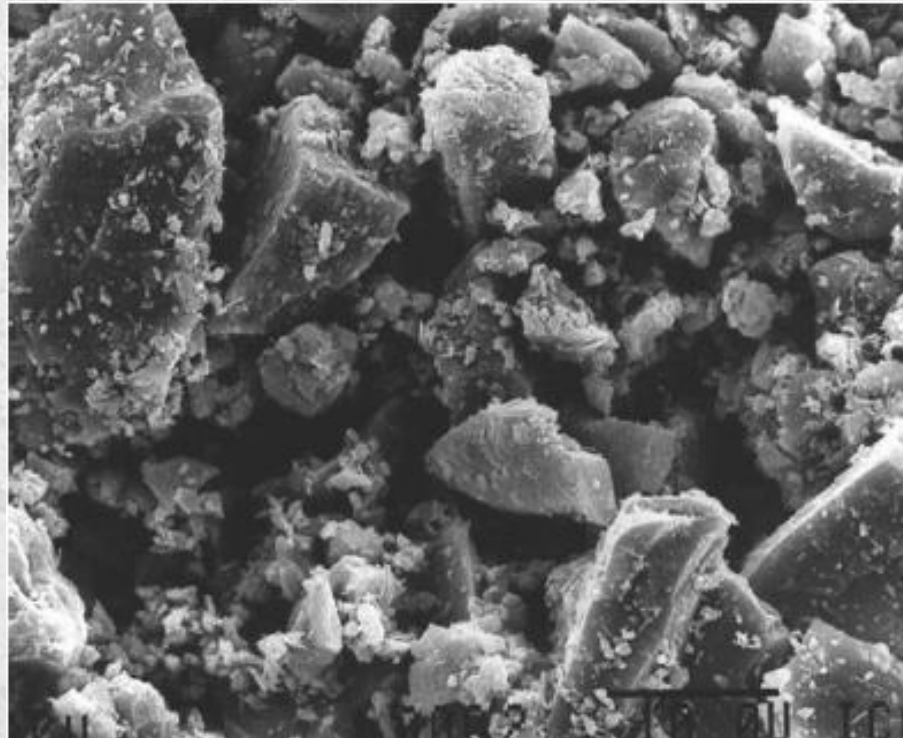
- nutnost zbavení vzorku absorbovaných těkavých kapalin (snímání ve vysokém vakuu $\approx 10^{-4}$ Pa)
- vzorek musí být vodivý – u nevodivých vzorků se na povrch napařuje vrstva uhlíku nebo se naprašuje inertní kov (Cu, Ag, Au)

Environmentální metoda (ESEM)

- vzorek není nutné upravovat
- možnost snímat i vlhké vzorky – studium hydratačních procesů *in situ* (snímání v nízkém vakuu $\approx 10^2$ Pa)

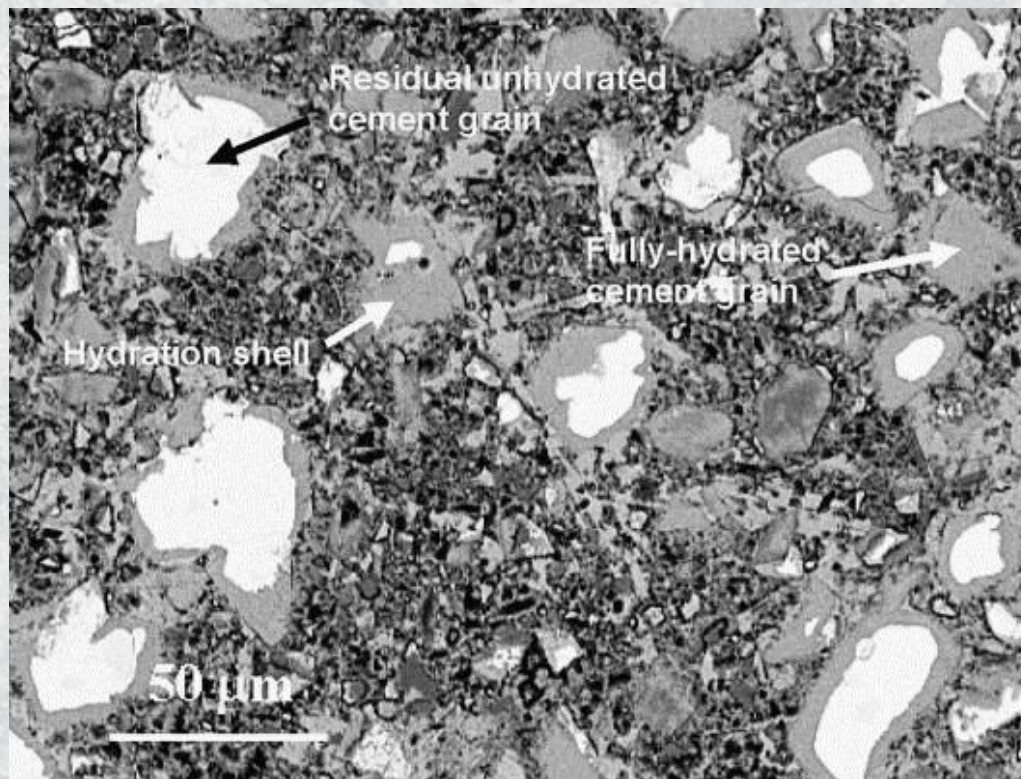
Klasické zobrazení (SE mode)

- čb obraz – kontrastní, závisí na topografii povrchu a prvkovém složení
- čím drsnější povrch, tím kontrastnější a ostřejší obraz –
topografický kontrast



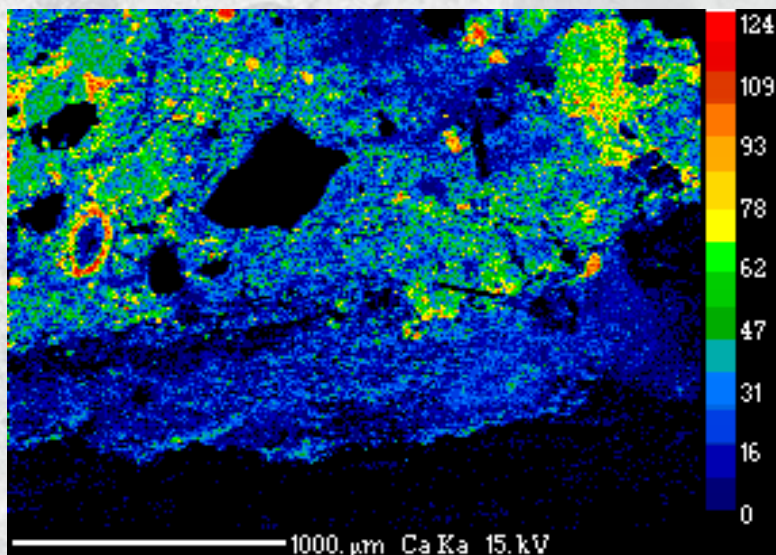
Zobrazení odražených elektronů (BSE mode)

- čb obraz – kontrast v závislosti na elektronové hustotě prvku
- čím těžší prvek, tím světlejší obraz
- možnost mapování poměru různých složek (např. minerálů) v ploše vzorku

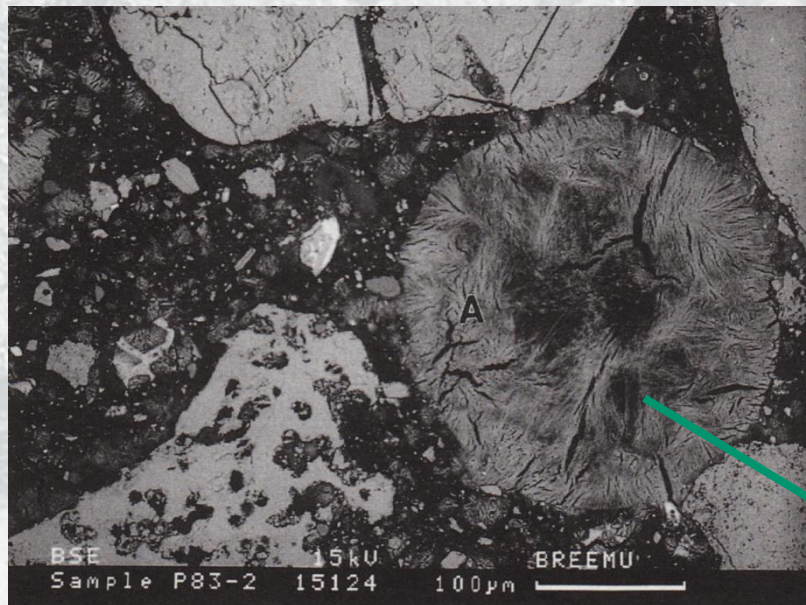


EDXA (energiově disperzní rentgenofluorescenční analýza)

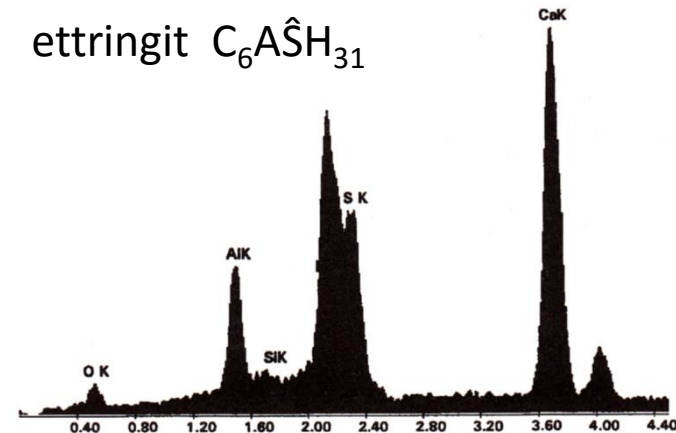
- prvková mikroanalýza na základě charakteristického rtg. záření
- hmota analyzována z větší hloubky, hruškovitého tvaru o objemu řádově $1\text{--}10\ \mu\text{m}^3$



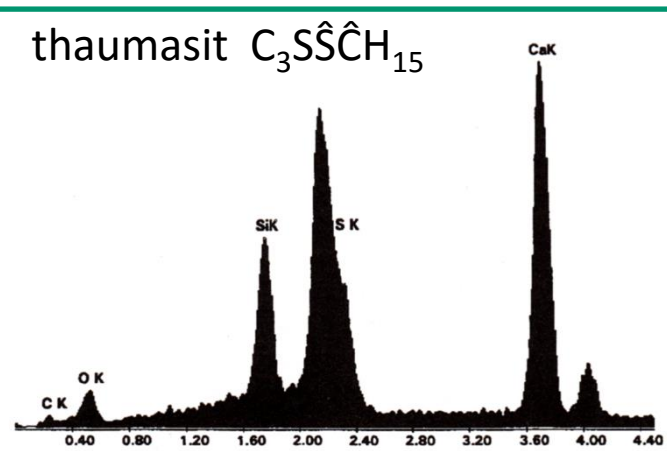
Rozlišení minerálů se stejnou morfologií



ettringit $C_6A\hat{S}H_{31}$

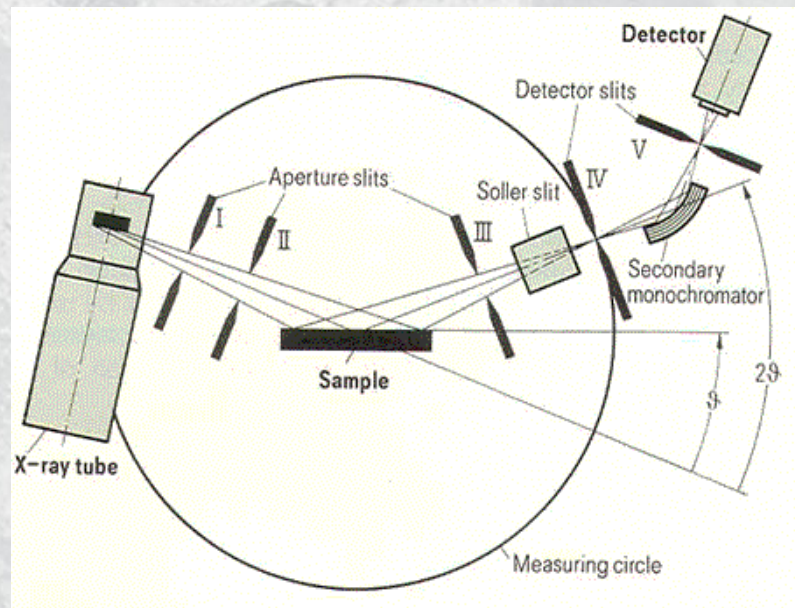


thaumasit $C_3S\hat{S}\hat{C}H_{15}$

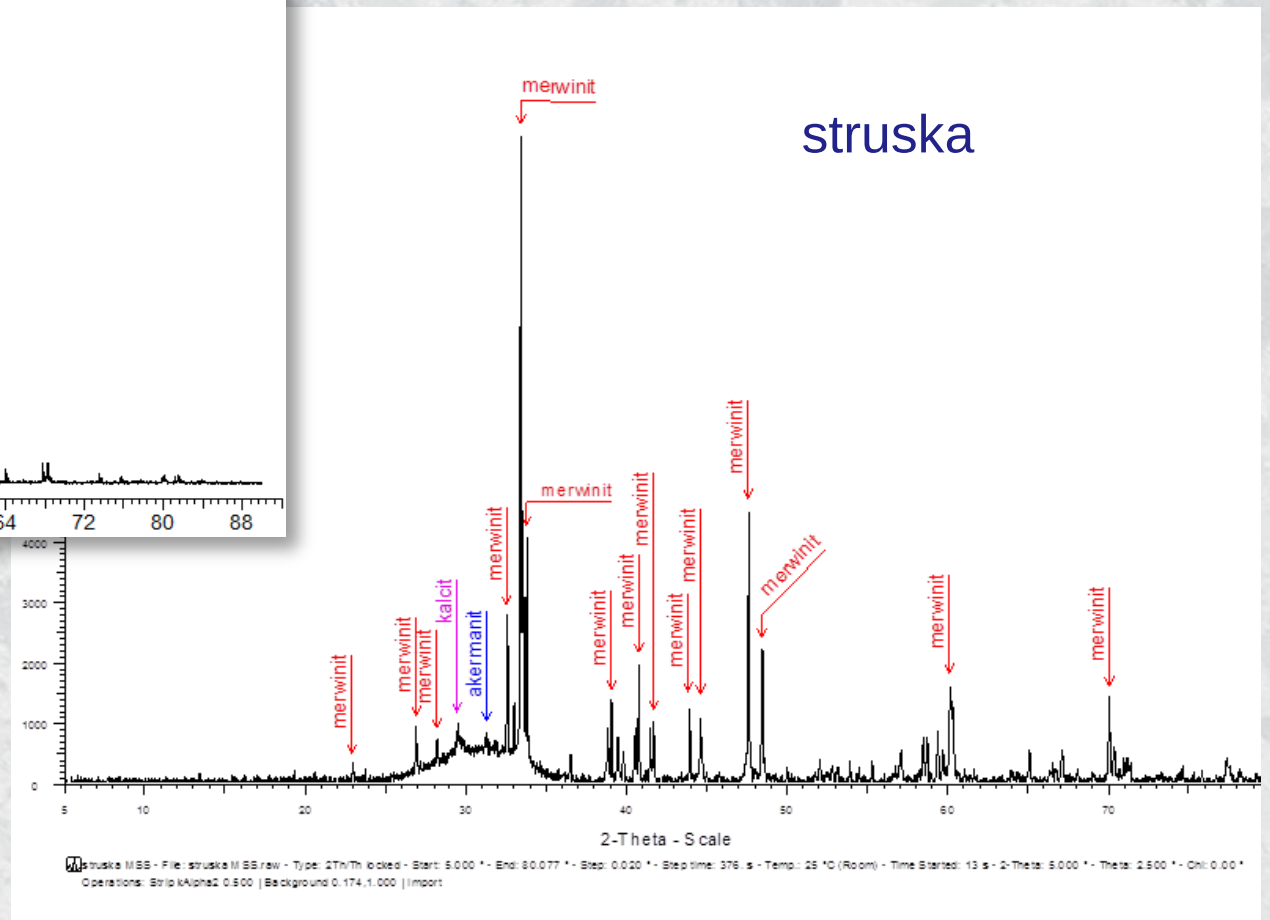
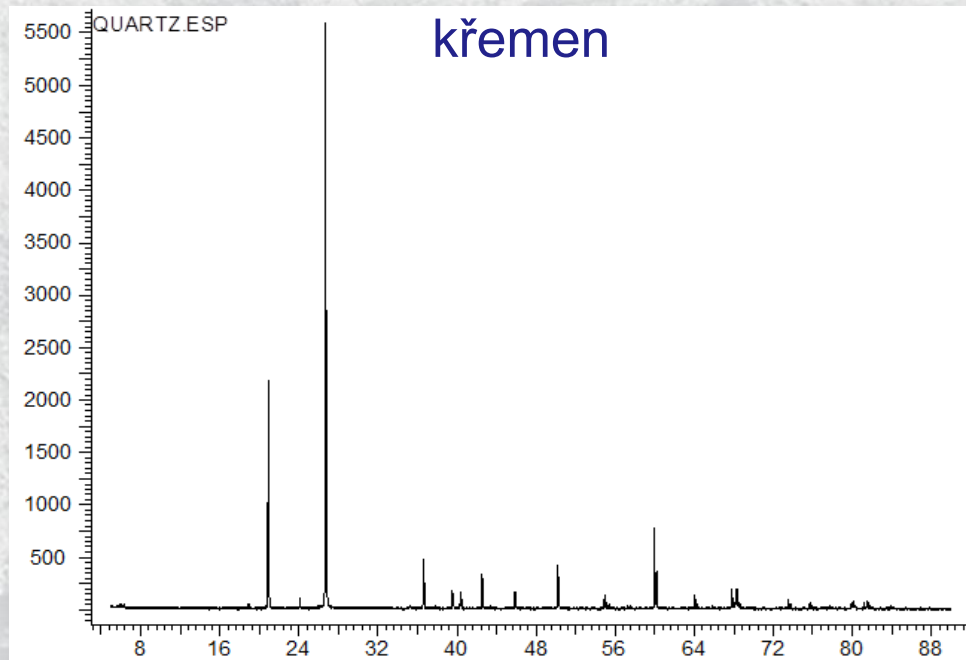


Rentgenová difraktometrie (XRD)

- srovnávací metoda
- určení krystalických fází na základě mezirovinných vzdáleností (d) a intenzit signálů
- difrakční úhel 2θ závisí na $\lambda \Rightarrow$ nutno porovnávat d
- difraktogramy lze srovnávat pouze pokud jsou změřeny na stejném typu přístroje
- amorfní nebo slabě krystalické látky neposkytují **žádný signál**



Rentgenová difraktometrie (XRD)

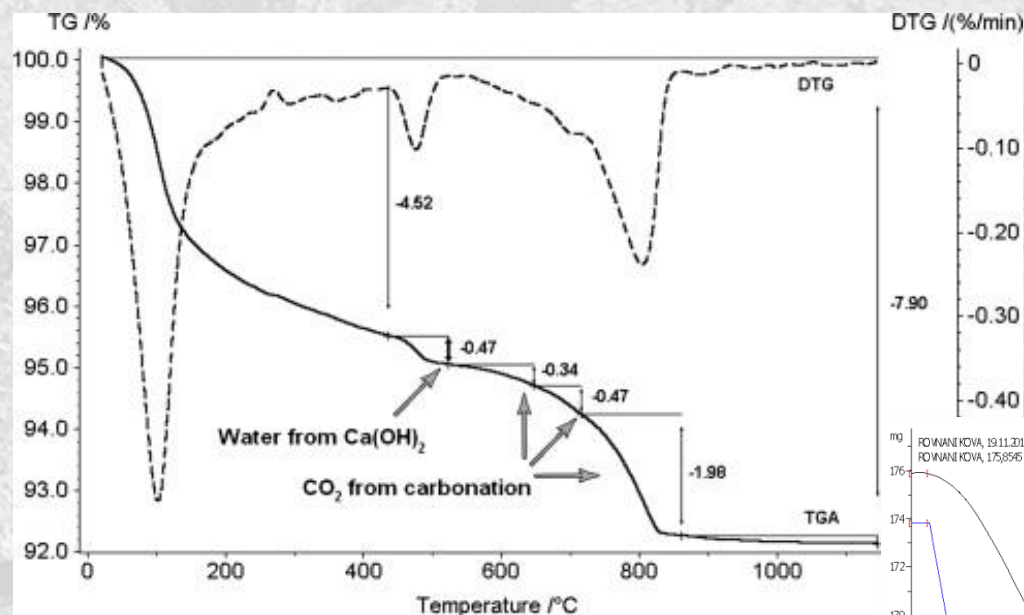


Metody diagnostiky v laboratoři – mikrostruktura betonu

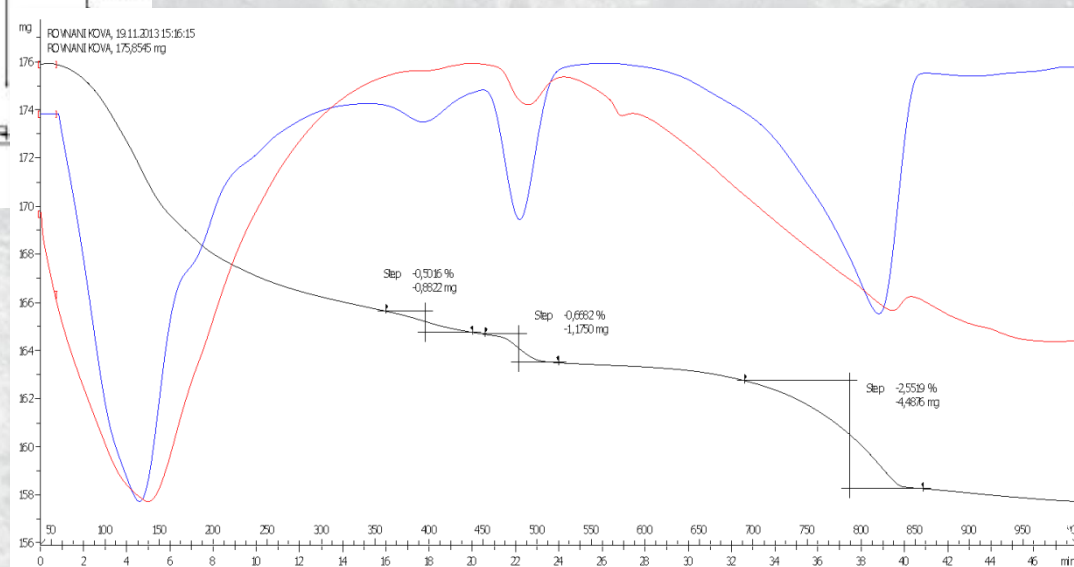
Termická analýza

- při zvyšování teploty probíhají u mnohých látek děje spojené s uvolněním (exotermické děje) nebo spotřebou (endotermické děje) tepla;
- měření rozdílu hmotnosti a teplot mezi zkoušeným vzorkem a standardem;
- teplota se zvyšuje určitým režimem až do 1000 nebo 1500°C;
- termováhy zaznamenávají úbytek, resp. přírůstek (např. při oxidaci) hmotnosti a rozdíly teplot ve zkoušeném vzorku a standardu;

Termická analýza



zkarbonatovaný beton



Metody diagnostiky v laboratoři – mikrostruktura betonu

m 60
A 70

Děkuji za pozornost