

Kráterové pole v Chiemgau: stopy (největšího známého) impaktu v holocénu?

Václav Procházka (ÚHIGUG)

Pavel Kalenda (ÚSMH AV ČR)

Günther Kletetschka (ÚHIGUG)

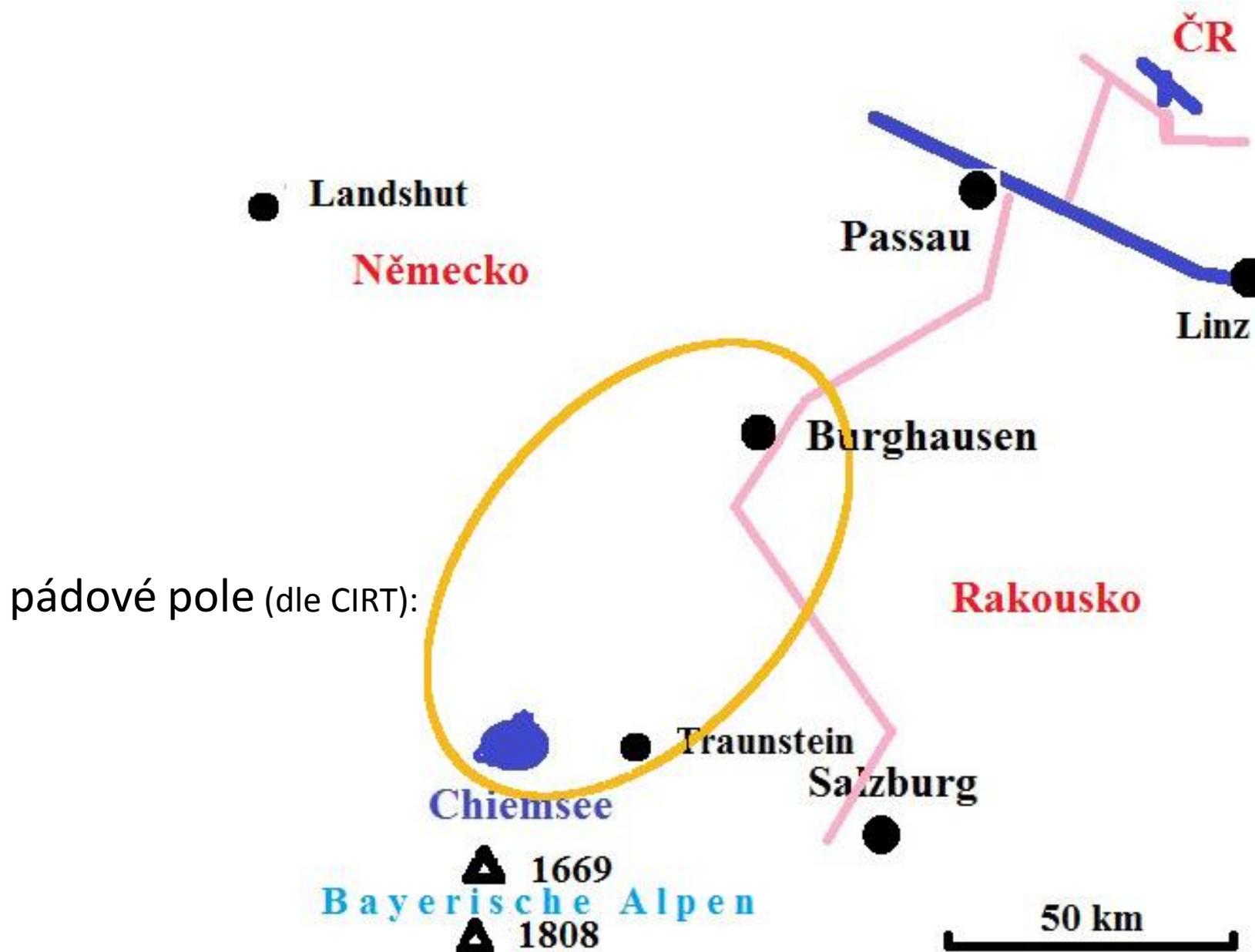
Tomáš Trojek (FJFI ČVUT)

Petr Martinec (ÚGN AV ČR)

Kamil Souček (ÚGN AV ČR)

Lucie Georgievská (ÚGN AV ČR)





Geologie

- pleistocenní terasy: valouny z Alp – vápence, ortoruly, kvarcity, váp.pískovec (Kieselkalk), metabazity
 - krátery nemohou být starší než pozdní glaciál
 - podle geofyziky neleží na tektonických strukturách
 - někdy jsou v kráteru jezerní sedimenty (Chiemsee bylo větší) -> vznik až po prům. revoluci vyloučen
- v archeologickém profilu byly nalezeny vyvrženiny staré asi 2500 let (pozdní doba bronzová); odraz i v mytologii (Faeton)? (Neumair et al., 2010; B. Rappenglück et al., 2010)

hranice morény
alpského ledovce

Pádové pole podle CIRT



Aus der geologischen Übersichtskarte 1 : 500 000.

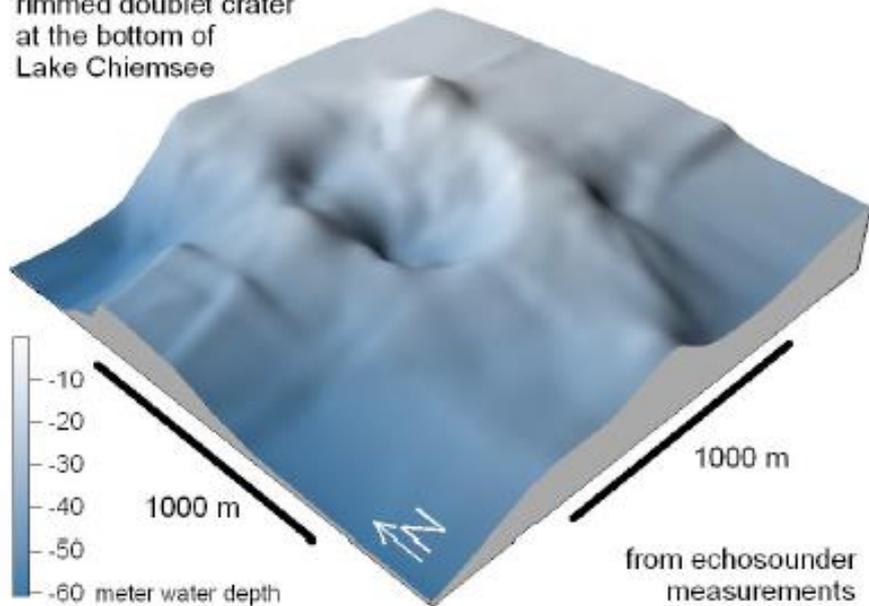


Dvě tělesa dopadla do již existujícího jezera; pravděpodobné stopy po tsunami nalezeny v okolí v sondách a štěrkovnách (Ernstsson, 2010, 2016)

- zatím největší ověřený kráter v pádovém poli



rimmed doublet crater at the bottom of Lake Chiemsee



jez. Tüttensee: 2.-3.? největší kráter

- „Toteisloch“ – prohlubeň po fosilním ledu – tradováno od 19. stol. (též Doppler a Geiss, 2005; Koeberl)

Georadar vyvrátil
glaciální teorii vzniku:
prokázány pohřbené
fosilní půdy (X. 2015 -
Kalenda, Tengler)

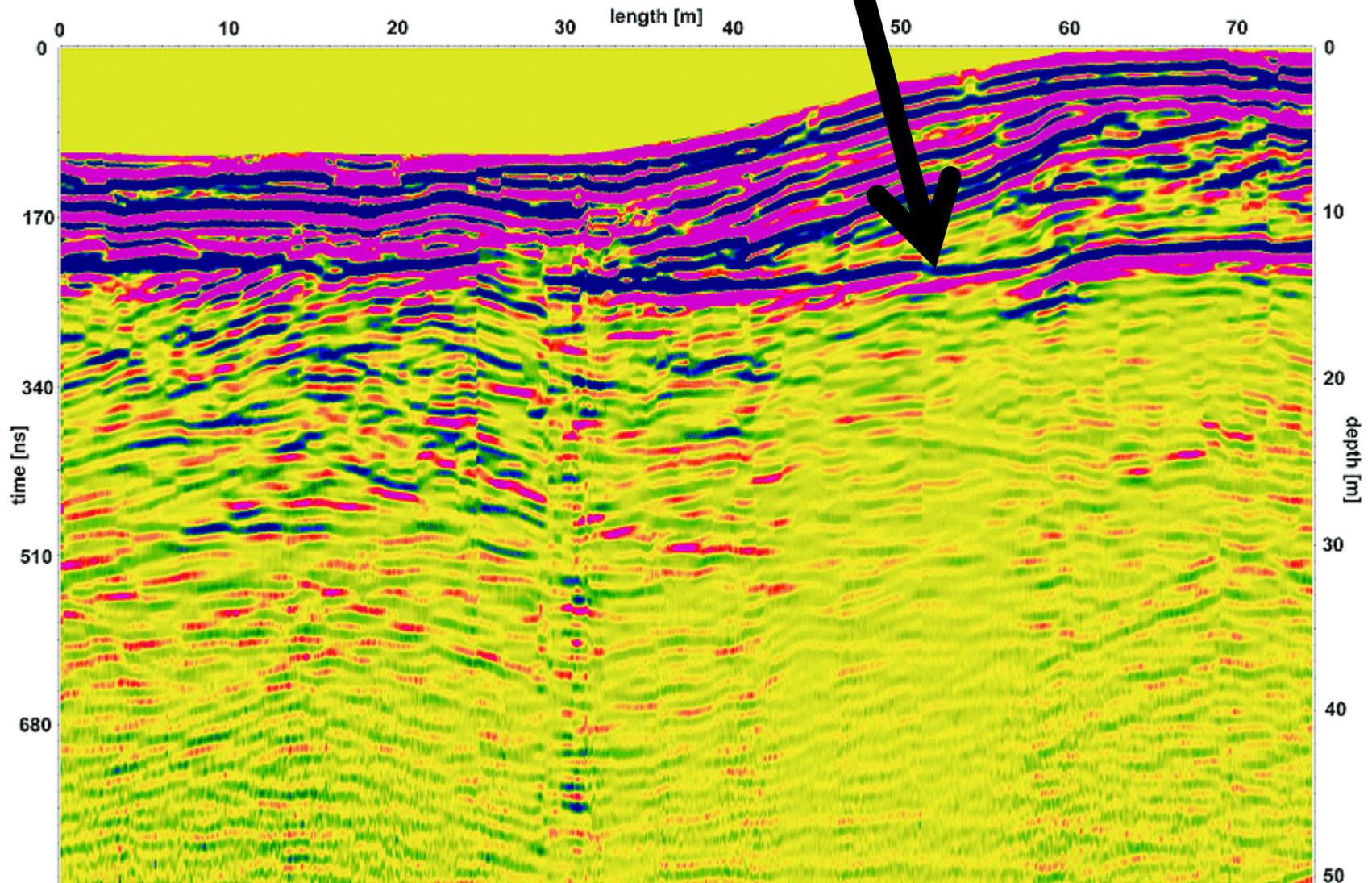


Tüttensee – profil georadarem:

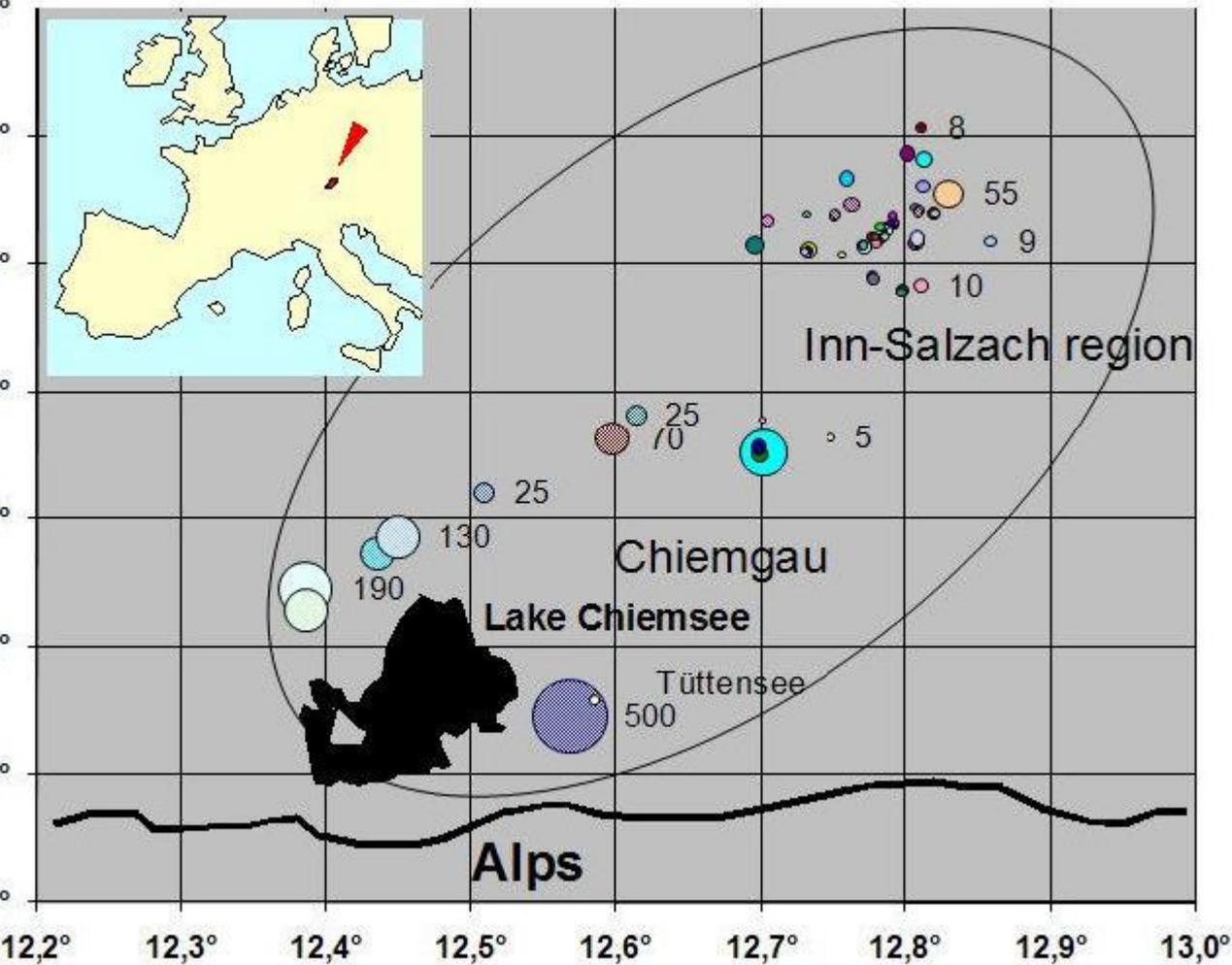
předpolí

pohřbené fosilní půdy

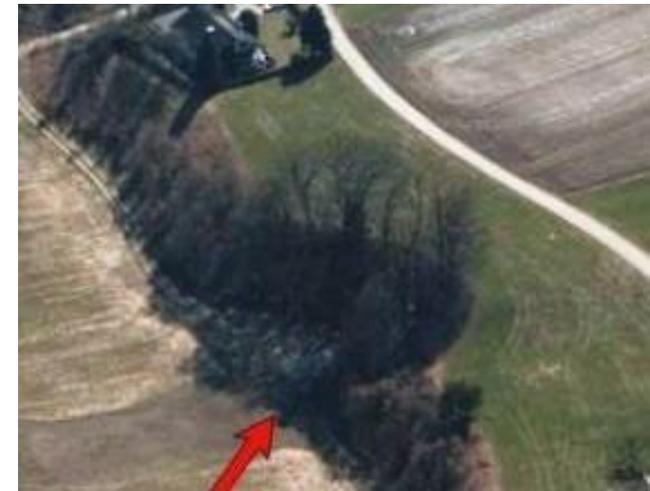
val



Malé krátery: \emptyset několik metrů (SV) -> 190 m
(JZ); délka pádového pole 58 km



- většina kráterů má val
- část kráterů zároveň zarovnána současnou zemědělskou činností (původní na hist.fotog.)



lok.: Marktl u Weiler Dornitzen

malé krátery s HT, HP a deformací valounů

(dodnes vznikají propadliny – „Donnerloch“, bez metam.; souvisí s destabilizací podloží impaktem??)

- jinde bývají takto malé krátery jen penetrační (zachovalý meteorit, bez šok. metam. v horninách)
 - zbytky meteoritu i v kráteru Barringer (d = 1,2 km)
 - nejméně v 5 kráterech (Kaltenbach, Emmerting...) šoková met. (zesklovatění valounů...); žádný meteorit
 - žádné artefakty (~ „římské vápenky“ apod.)
 - z voj. hlediska nemá rozmístění kráterů smysl
- gamaspektrometrie: žádné anomální radionuklidy...

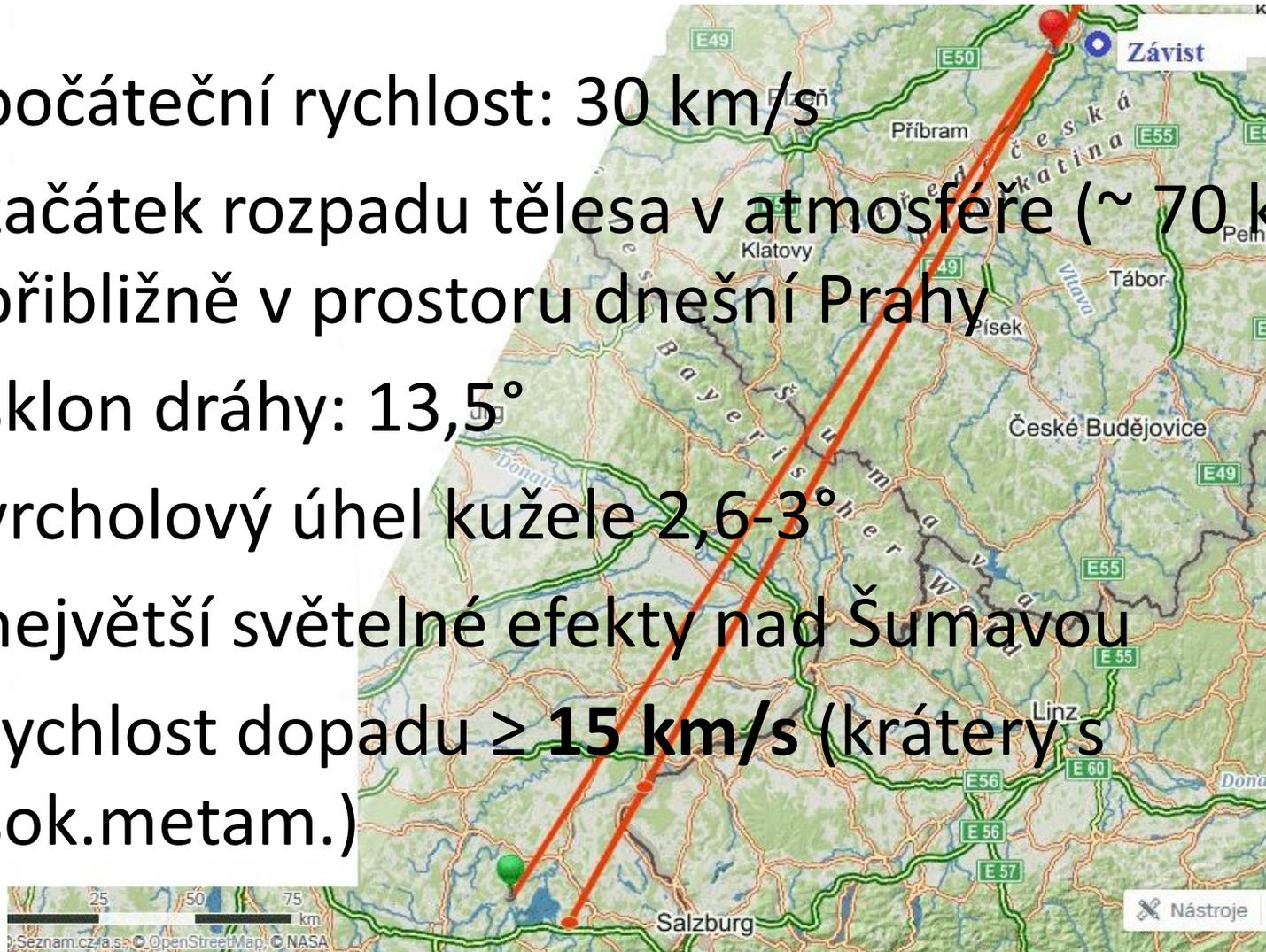
Fragmentace a výbuchy impaktoru ve vzduchu: známé případy

- Čeljabinský meteorit
 - Tunguský meteorit: dopadly zbytky XX km od epicentra?
 - skupiny malých kráterů: Morasko, Kaalijärvi...
 - déšť meteoritů: Sichote-Alin
- (dvojice kráterů: Ries-Steinheim, Clearwater East – C. West, $d = 4 - 36$ km: spíše od začátku dvě tělesa)

Zatím není znám případ, kdy relat. malé meteority dopadly na povrch rychlostí > 10 km/s (rekord: Carancas cca 3 km/s).

Model trajektorie tělesa

- počáteční rychlost: 30 km/s
- začátek rozpadu tělesa v atmosféře (~ 70 km):
přibližně v prostoru dnešní Prahy
- sklon dráhy: $13,5^\circ$
- vrcholový úhel kužele $2,6-3^\circ$
- největší světelné efekty nad Šumavou
- rychlost dopadu ≥ 15 km/s (krátery s
šok.metam.)



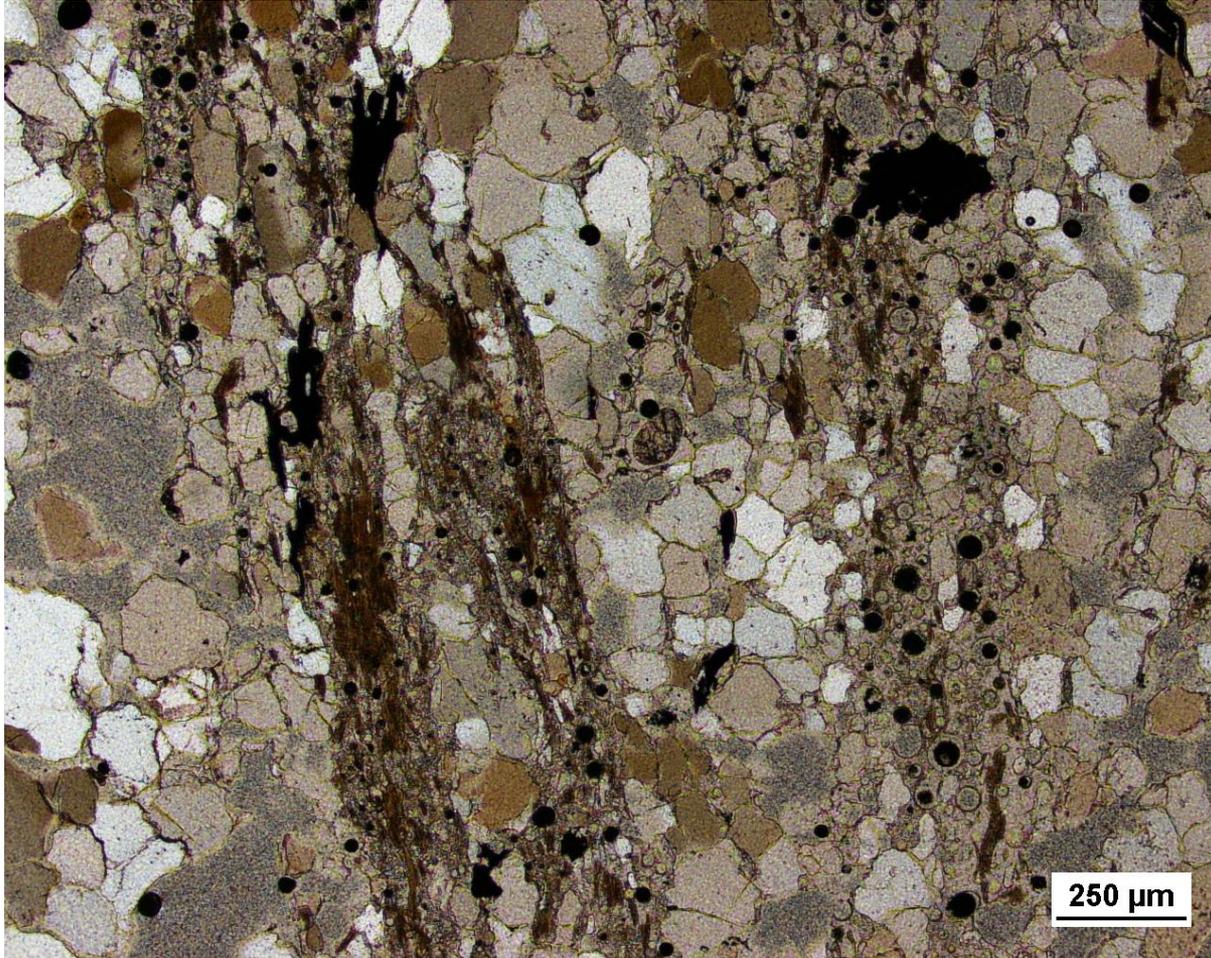
fragmentace a výbuchy impaktoru ve vzduchu

- charakter tělesa:

- Chondrity dynamicky explozivně fragmentují ve výšce, kde je dynamický tlak na čele meteoroidu srovnatelný s pevností v tahu (většinou mezi 50 a 10 km nad zemí). Při vysokých rychlostech větších než 20 km/s se většina meteoroidů o metrových průměrech zcela vypaří již nad troposférou.
- Chiemgau: dopadlo několik velmi pevných těles (železných meteoritů?), která se však od sebe rychle a snadno oddělila (gravitační shluk ??)

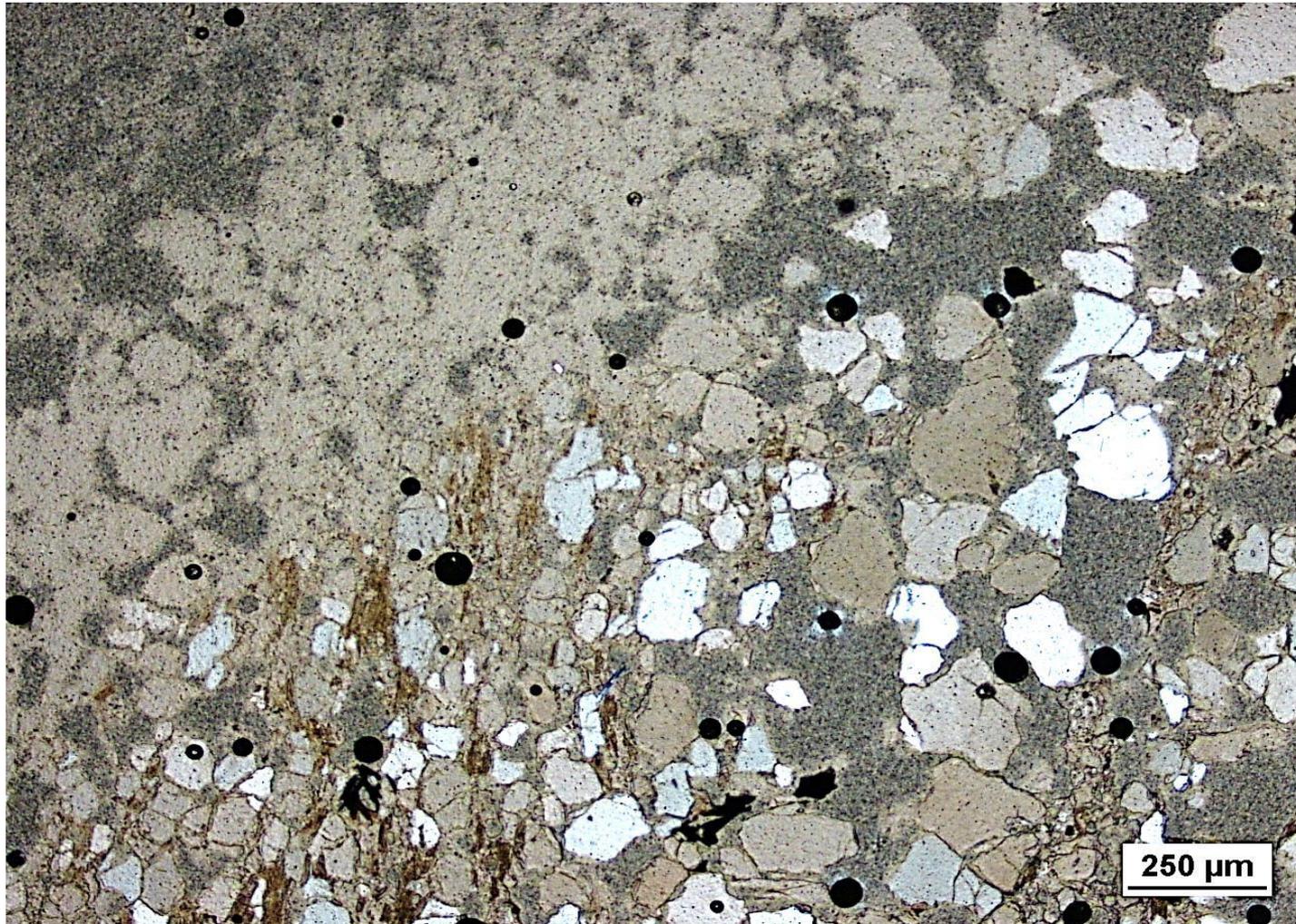
Přeměna hornin

Biotitický kvarcit s obsahem uhelné hmoty, silně porušený až rozpadavý (šikmé nikoly):

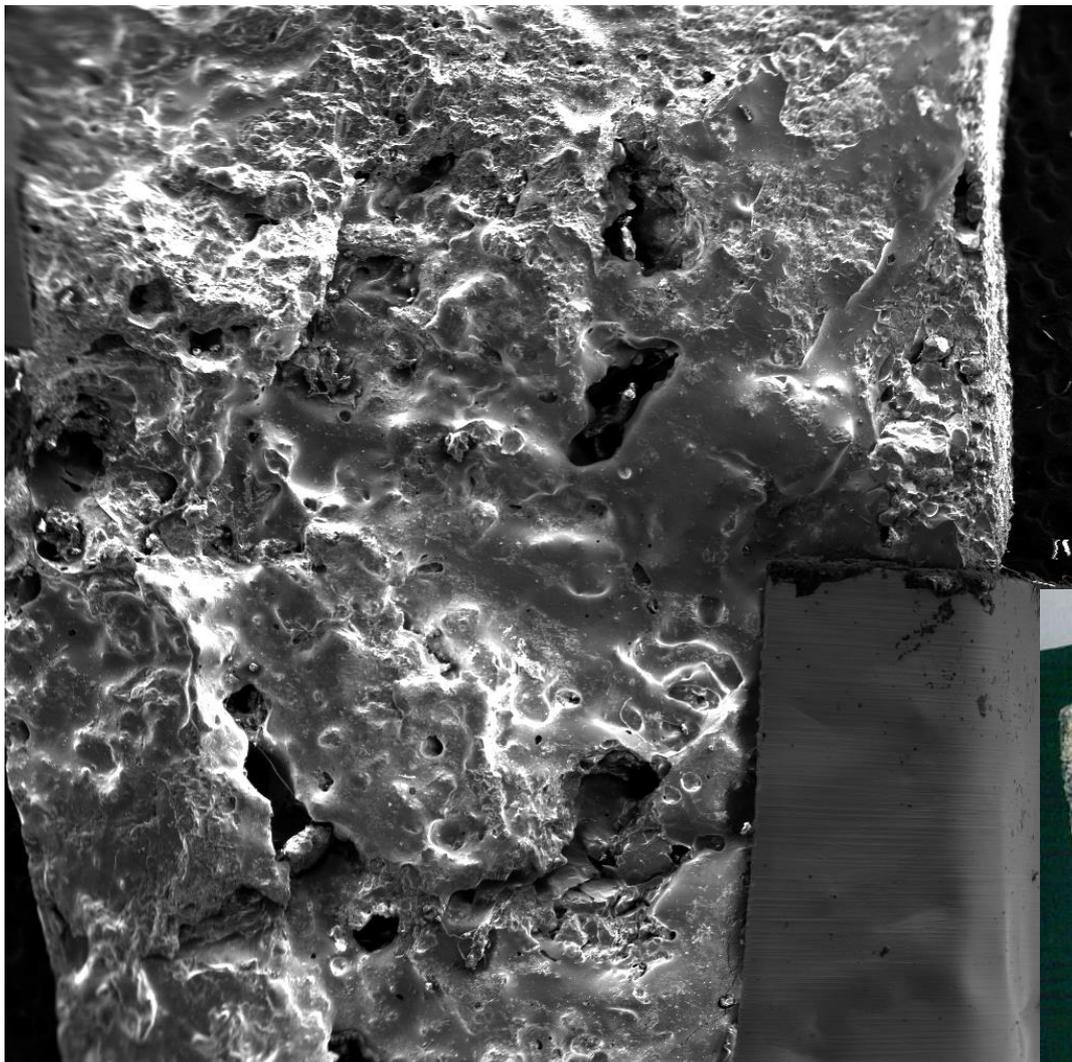


vnitřní část valounu

Tentýž kvarcit s povlakem skla, který je vůči foliaci diskordantní (šikmé nikoly):



sklovitý povrch: valoun ortoruly



SEM MAG: 35 x SEM HV: 15.00 kV View field: 8.32 mm 2 mm VEGA\\ TESCO
Det: SE
Date(m/d/y): 09/16/15 Name: 123 povrch SE Performance in nanospace

004/20 4 cm

rychlá krystalizace: diopsid, plagioklas

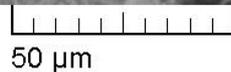
- chladnutí
rychlé, ale ne
okamžité

vz. 420, sklovitý povlak



SEM MAG: 1.03 kx
Det: BSE
Date(m/d/y): 09/17/15

SEM HV: 15.00 kV
View field: 281.8 μm
Name: devitrif 3

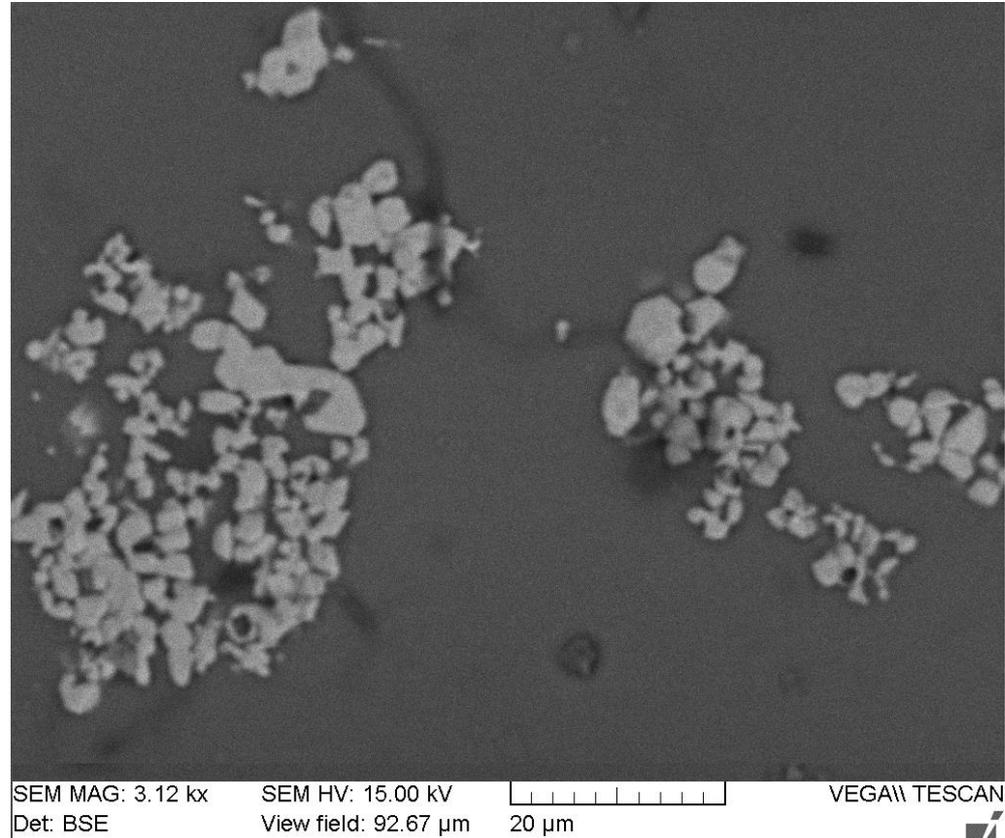


VEGA\\ TESCAN

Performance in nanospace



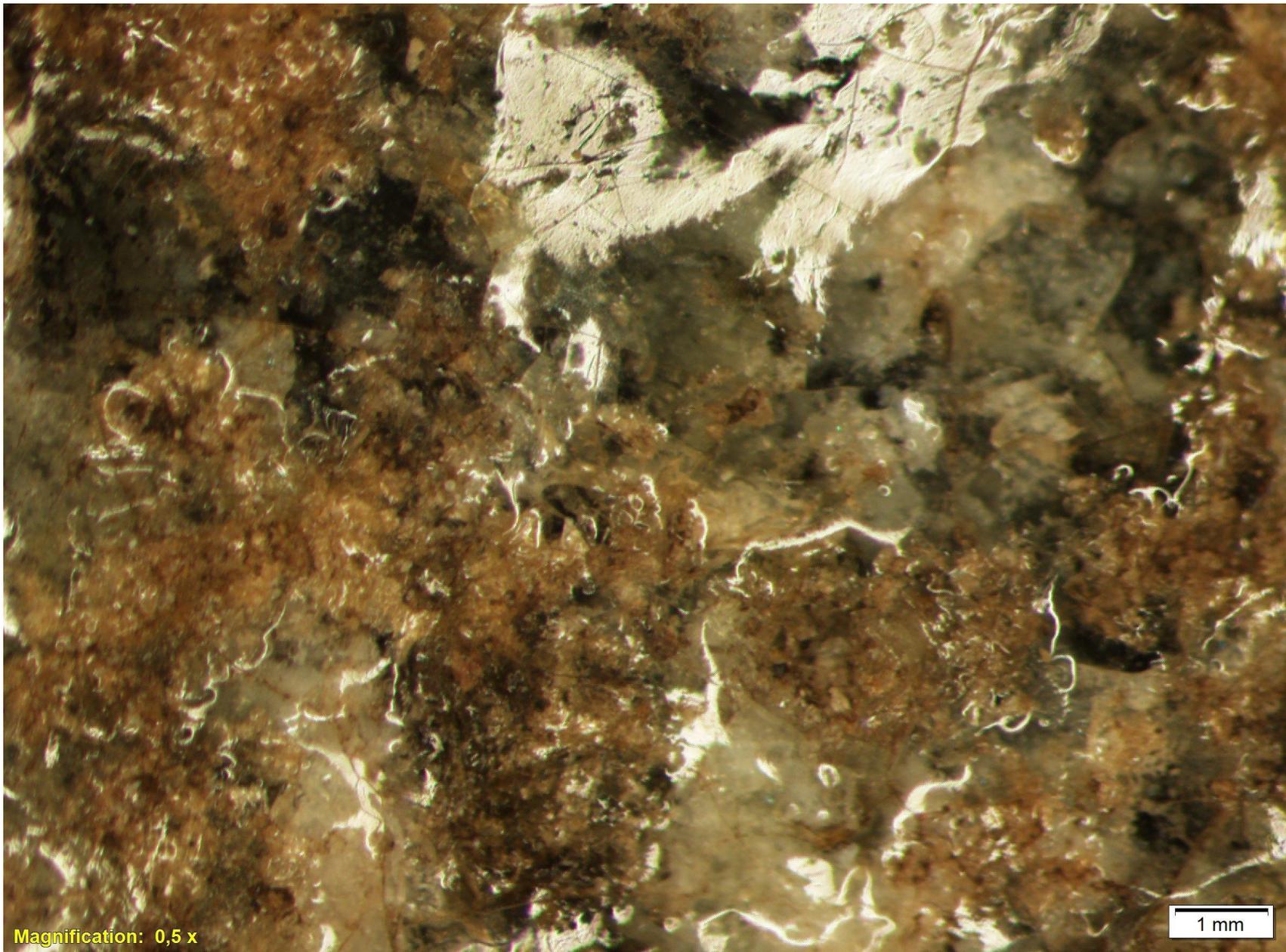
Krystalizace z taveniny:
magnezioferit
 MgFe_2O_4 ?



vz. 420, sklovitý povlak

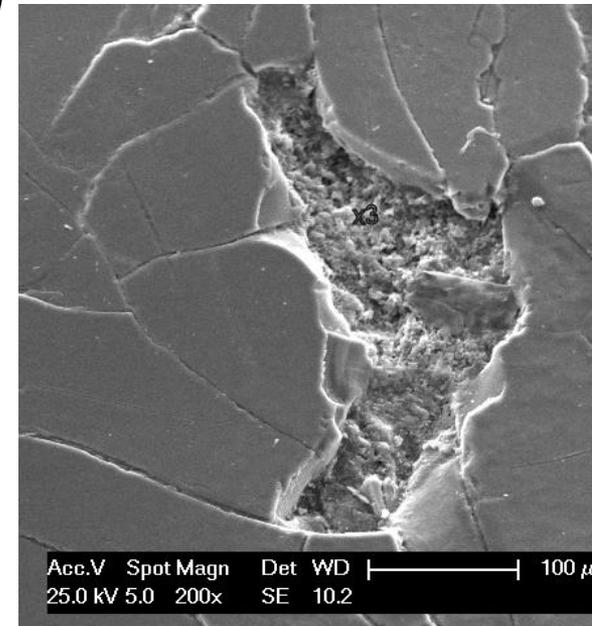
- zbytky zirkonu ve skle: patrně rozpouštění v tavenině; nebylo dosaženo 1550 °C (rozložil by se na baddeleyit + SiO_2)

sklo pokrývá původní zvětralý povrch:



Chemismus skleněných povlaků

- až 90 % SiO₂ (A. Neumair) -> až 1500 °C
- vysoké Na, K
- zpravidla hodně Cu (až 450 ppm) – z otěru bronzových nástrojů?? (kde je Sn?)
- sklo pochází zvenku, složení není určeno horninou valounu
 - proč většinou chybí na vápencích?
- hnědé sklo: zbytky meteoritu?? (W. Schüssler)



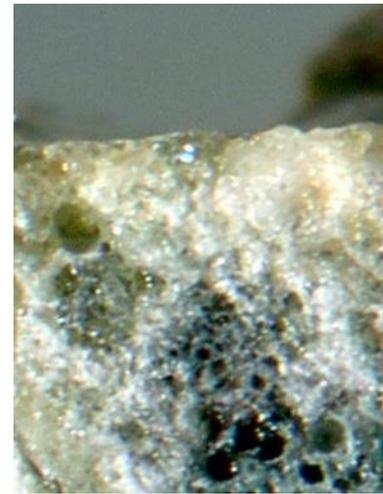
(X)RF analyzátor Delta Premium (ÚHIGUG)



chemismus na úrovni $< 0,1$ mm:
RF aparatura pro jemné skenování (FJFI ČVUT)

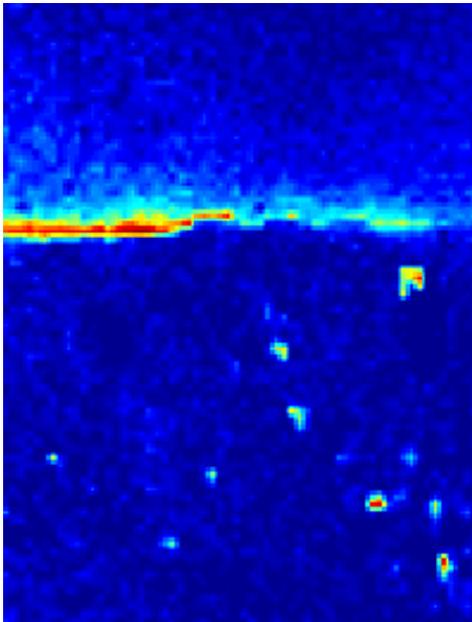


Skenování RF – řez s tenkým povlakem skla:
Oblast 3 x 4 mm
Rozlišení (krok) 50 μm

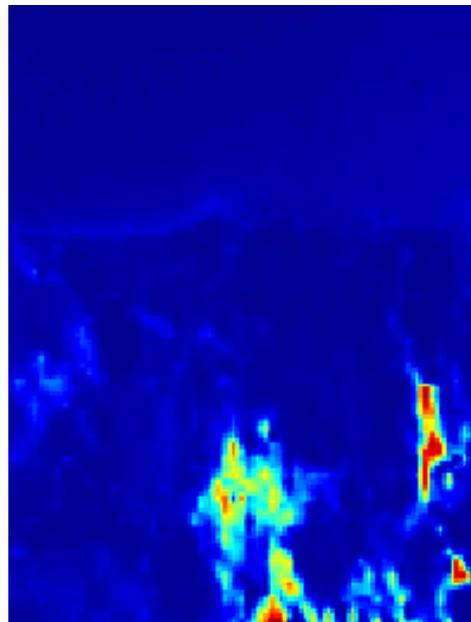


maximum Cu ve skle:

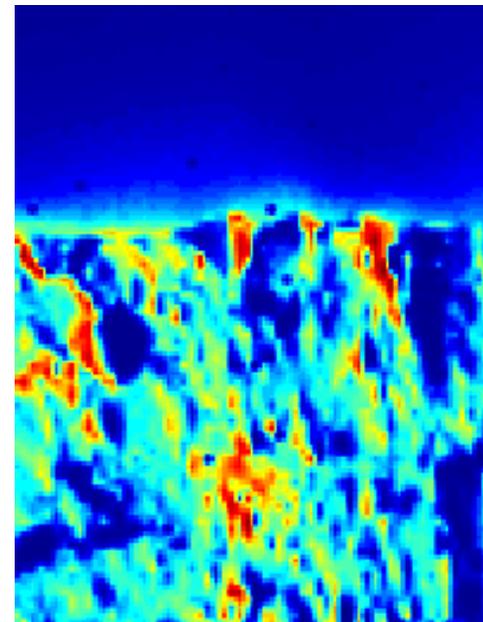
Cu



Fe



K

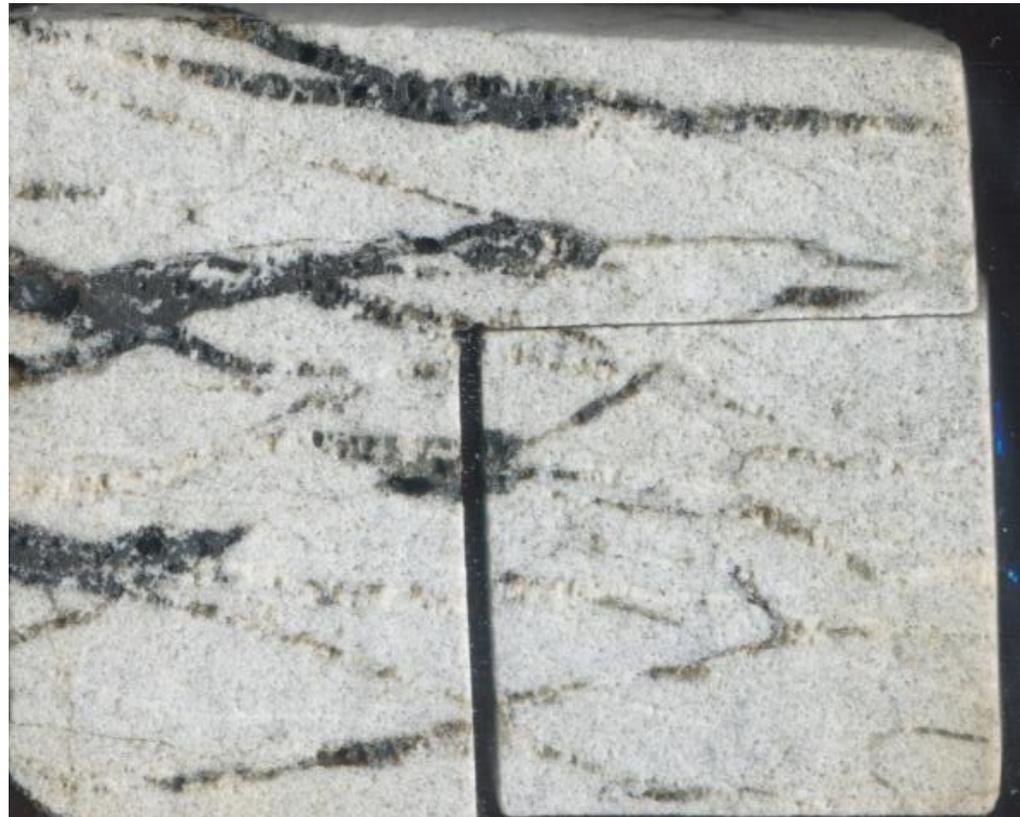


Zpěněné žilky uvnitř valounů

- tavení při dekompresi; někdy injekce zvenku do trhlin?
 - dekompresí se taví zvl. biotit, chlorit (stlačitelné)
 - únik plynů, zvl. vodní páry



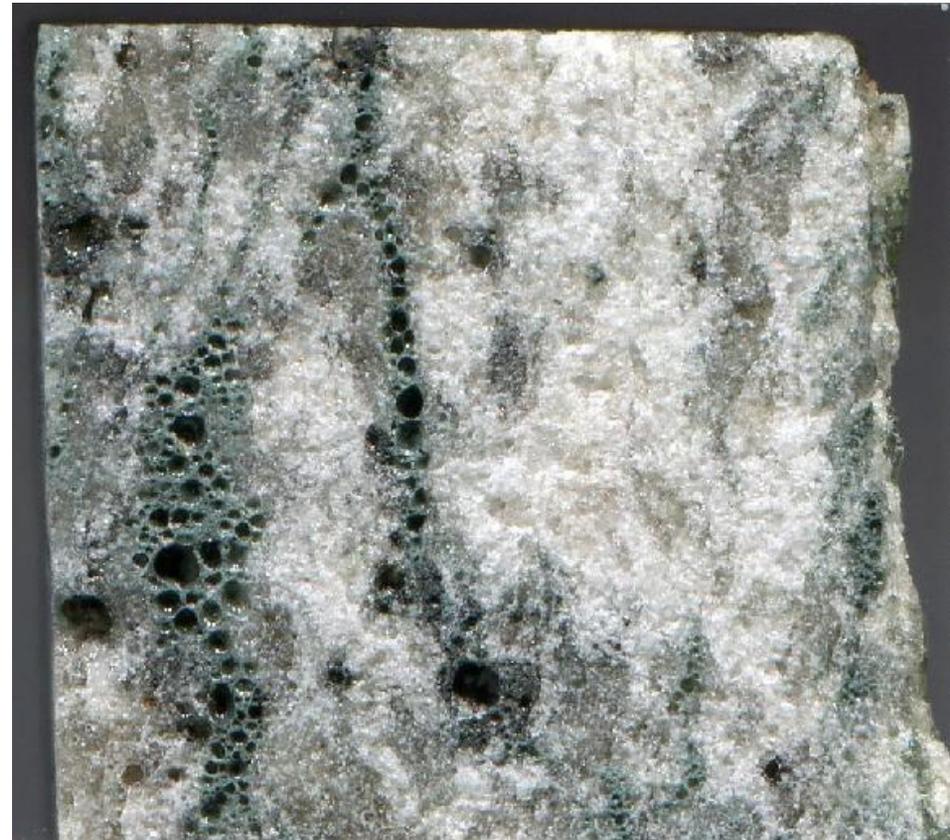
Kaltenbach / 23



zpěněné žilky v ortorule (vz. 123):



Chem.: v zelené „strusce“
více Fe

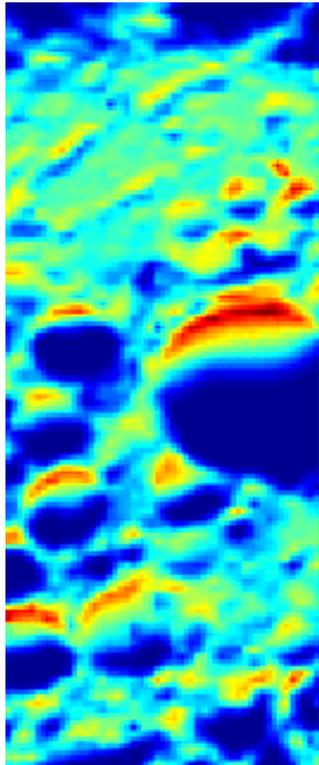


RF sken: maxima Fe a zároveň K – tavenina z biotitu

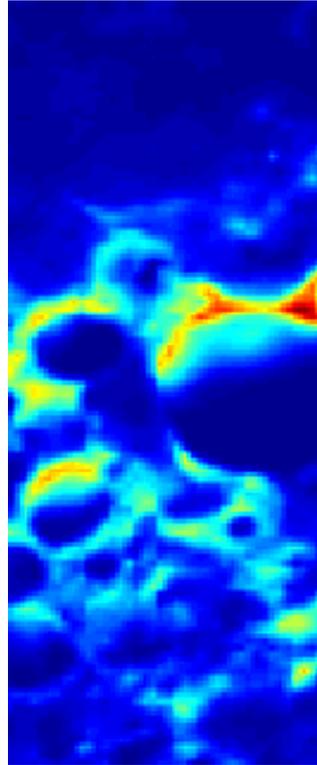
Oblast: 1 mm x 2,5 mm

Rozlišení (krok): 25 μm

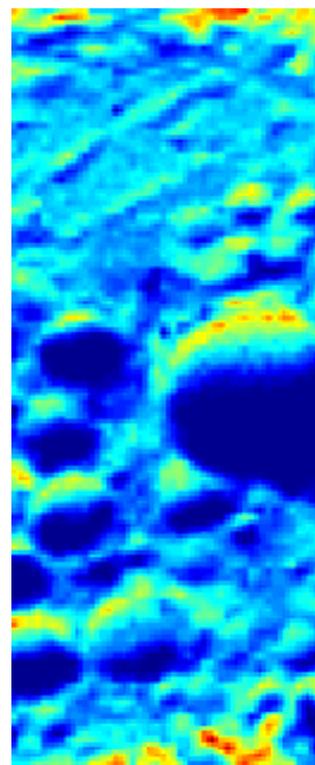
K



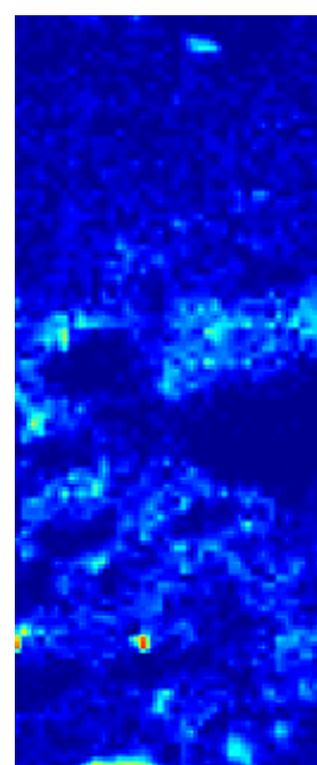
Fe



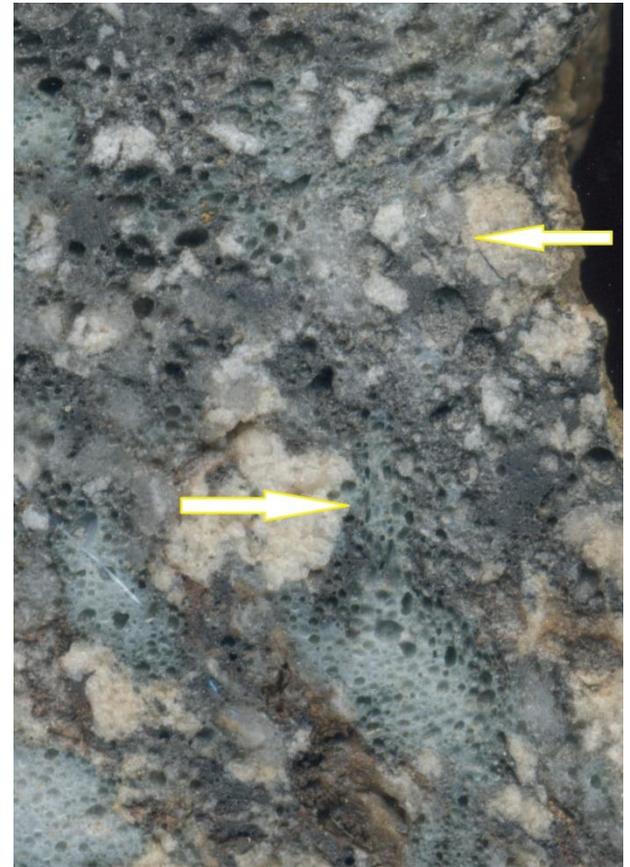
Si



Ti



Pokročilejší tavení; i deformace taveniny (granitoid, vz. 407):

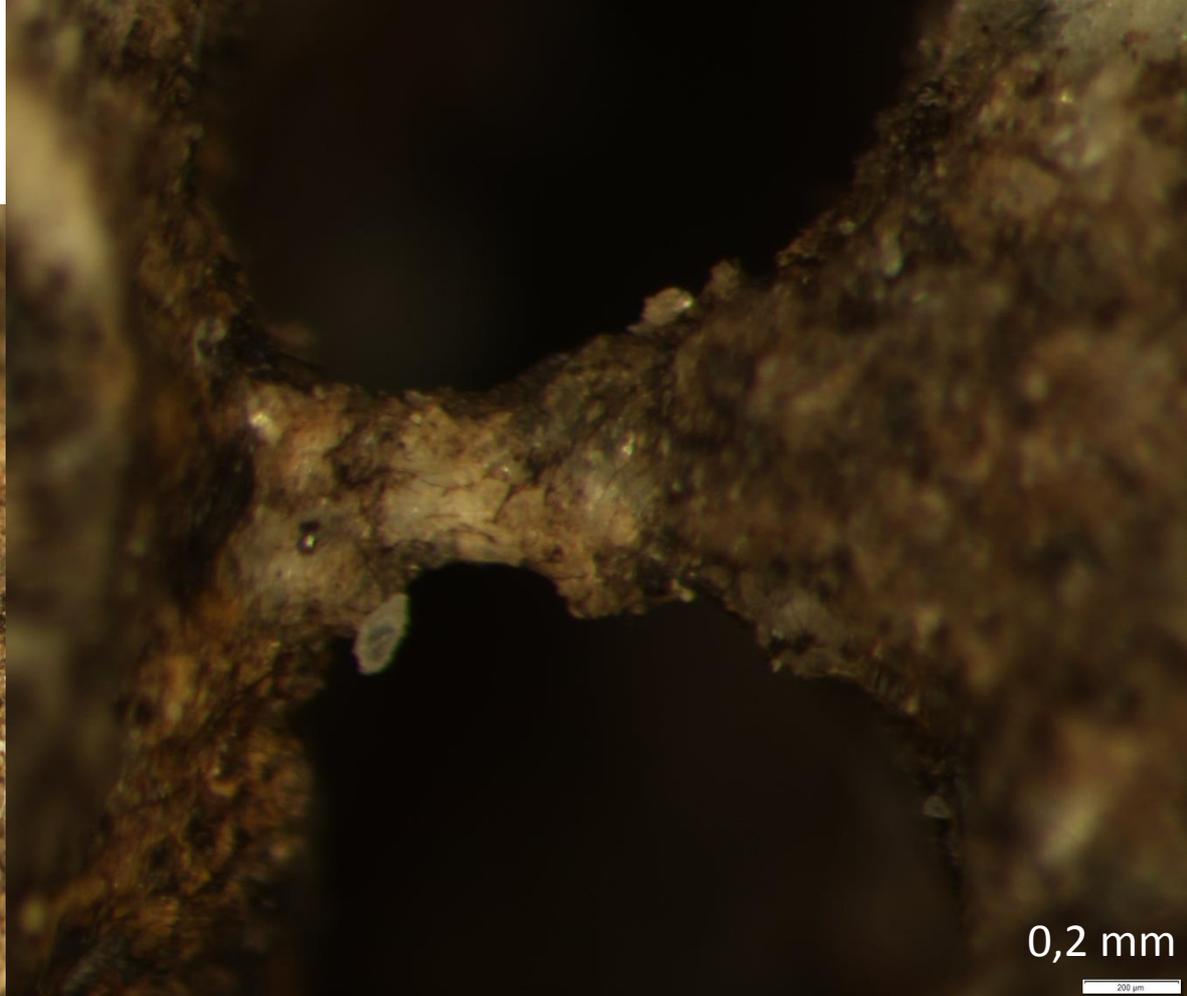
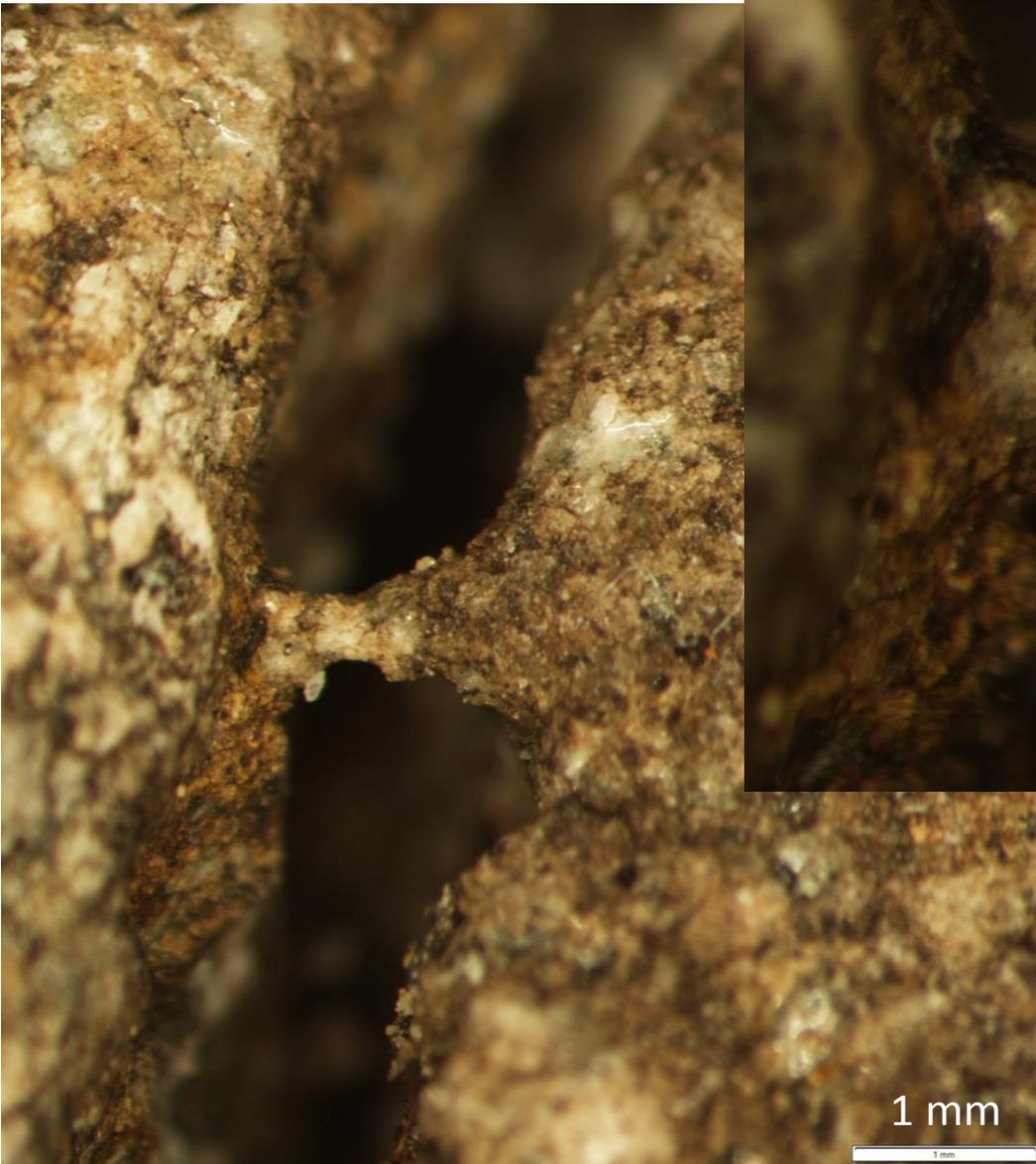


Spojení dvou valounů taveninou:
granitoid nataven i uvnitř, na pískovci
jen malý jazyk (vz. 407)



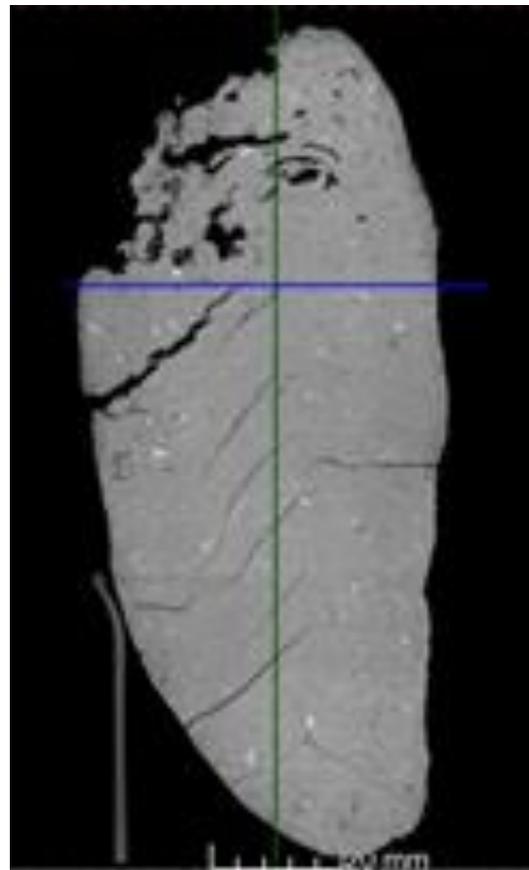
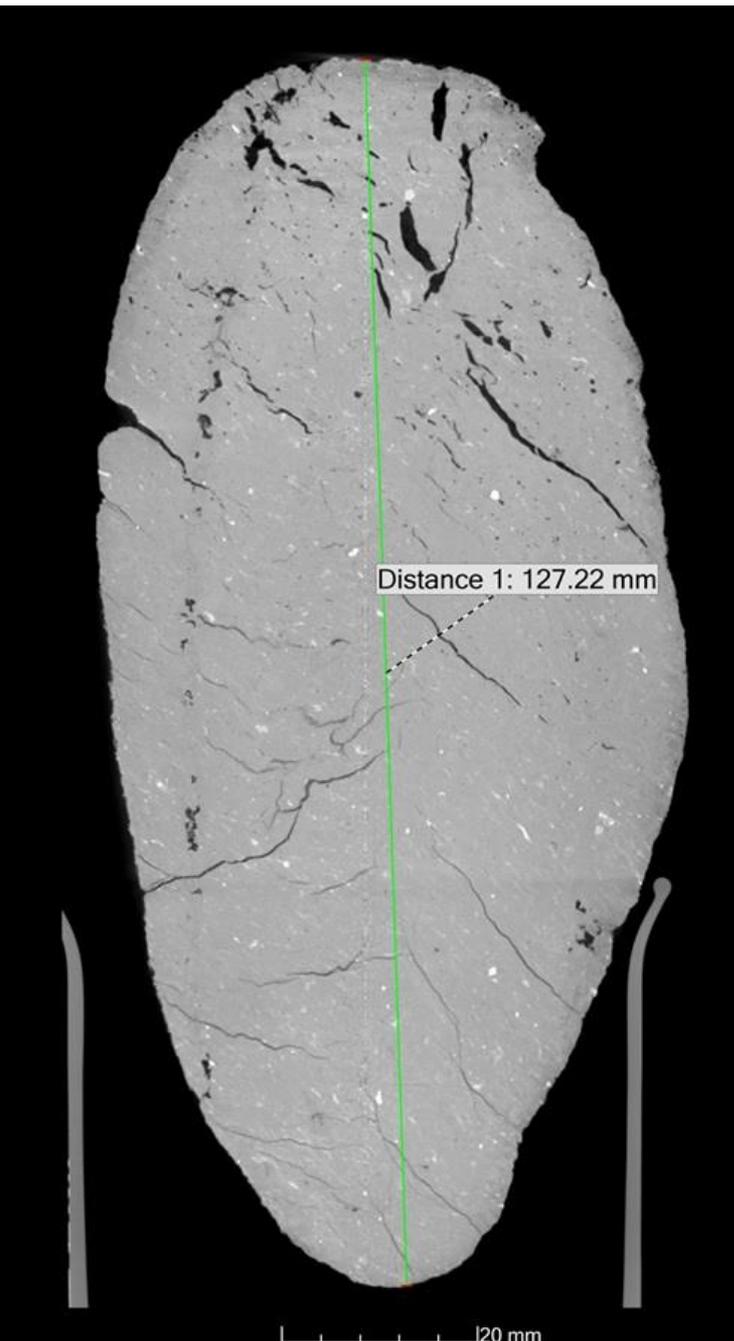
silně deformovaný valoun granitoidu:
povlak skla jen místy, uvnitř tavení biotitu





Extrémní deformace:
můstek přes trhlinu –
pravděpodobně bez tavení

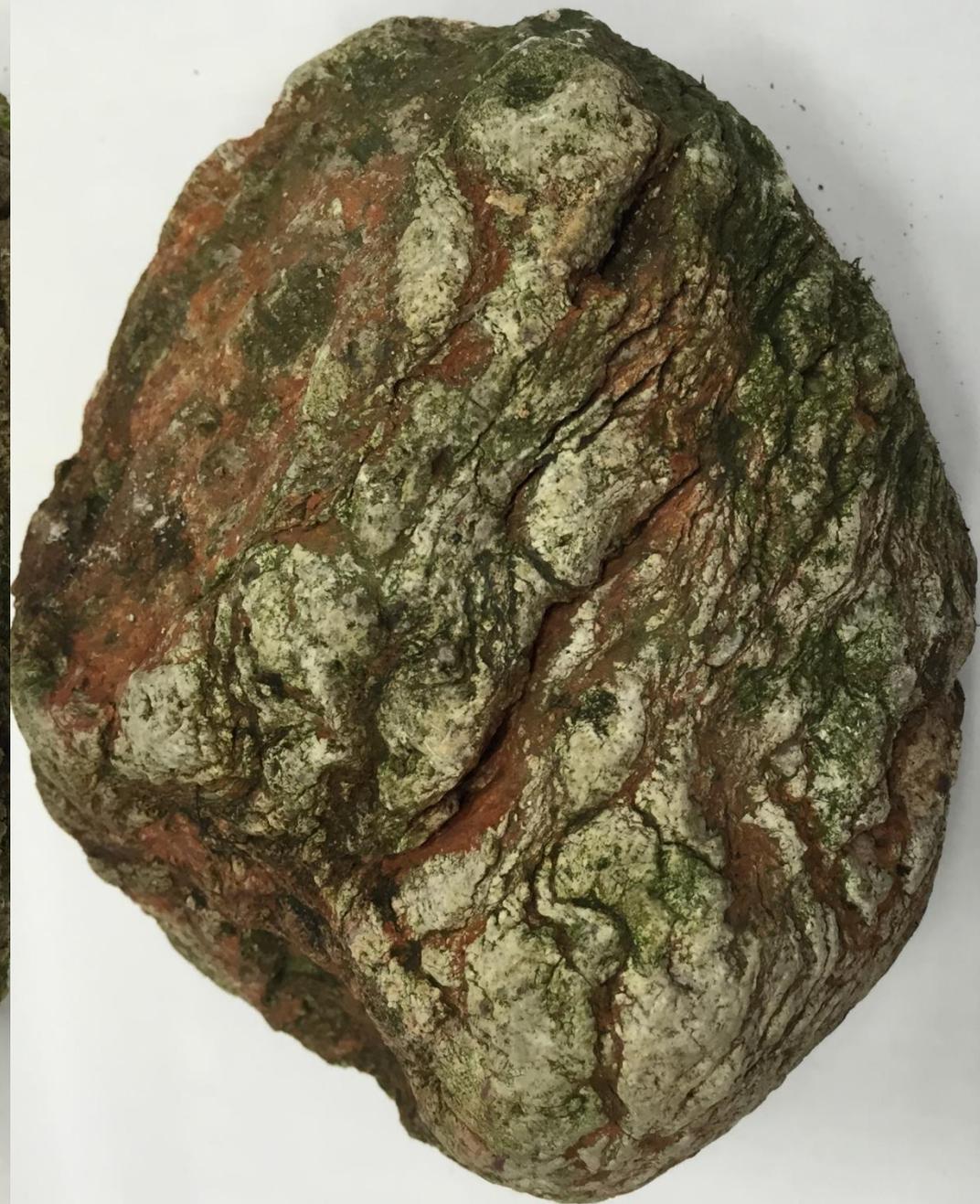
nedestruktivní zobrazení trhlin uvnitř valounu: CT-tomografie (ÚGN)



vápence

- při povrchovém tlaku se netaví, ale rozkládají
- často brekciace; silné krusty
- někdy povrchy tvarované únikem plynu
- vzácně tenký povlak skla (bohaté K, ne Ca!)





Magnetometrie

- byla prokázána abnormálně vysoká susceptibilita a remanentní magnetizace některých vápenců (Neumair a Ernstsson, 2011)
- vznik magnetických minerálů šokovou dehydratací hydroxidů Fe?
- extrémní magnetické pole při impaktu?



magnetometrie

Frekvenční závislost magnetické susceptibility:
významná ve vápencích, někdy i v tmavých sklech

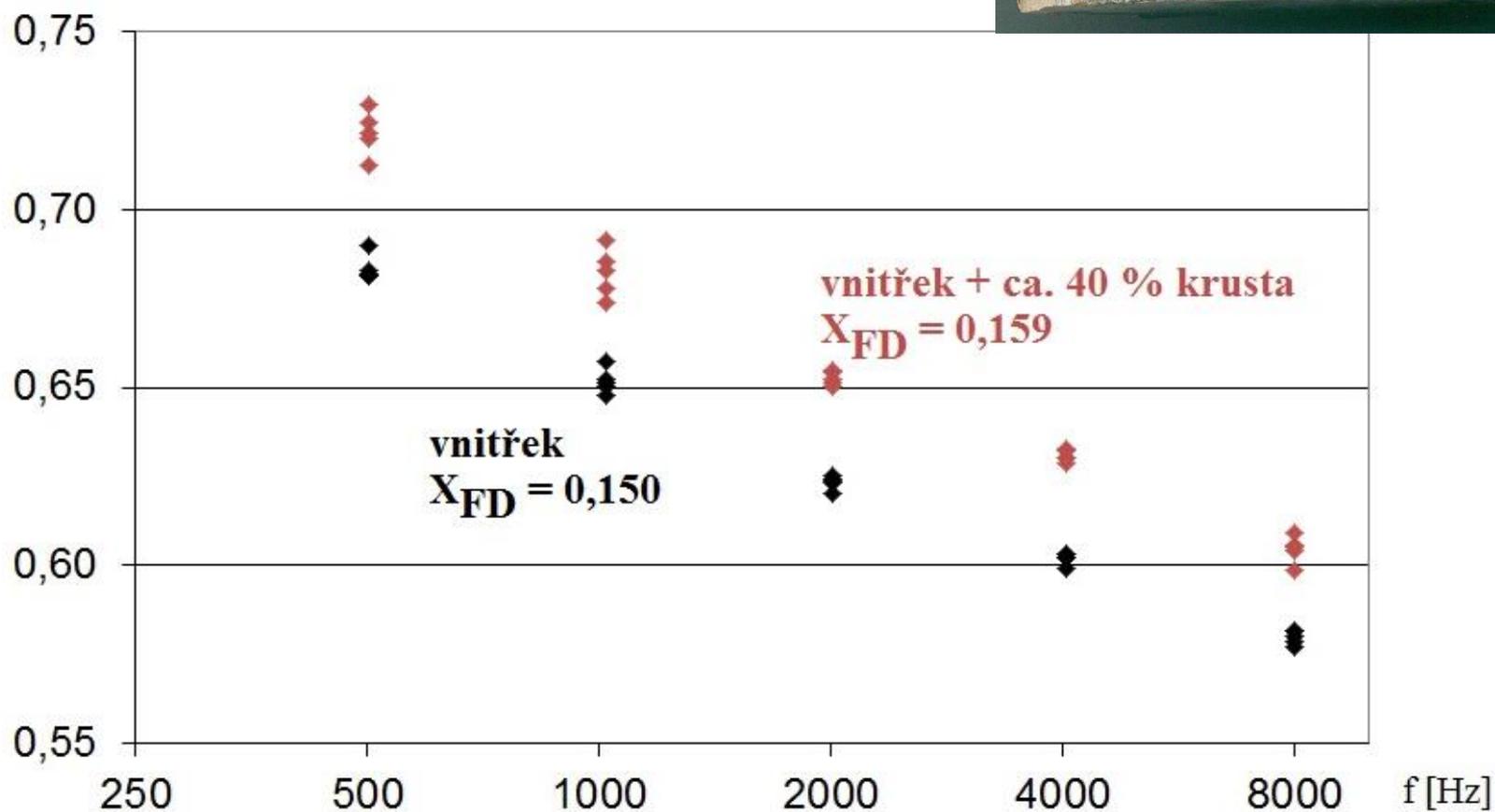
→ Superparamagnetické částice (desítky nm)

- málo času na růst krystalů; pravděpodobně rostly při zahřátí zvenku – více spíše v krustách (nukleace mohla nastat už při šoku)
- magnetit nebo maghemit? (pokud maghemit, možný je vliv zvětrání)

frekvenční závislost: vápenec (pole 20 A/m; vz. 417)



MS [$10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$]



Poděkování

- CIRT (Chiemgau Impact Research Team): Barbara + Michael Rappenglück, H.P. Matheisl, E. Neugebauer, K. Ernstsson ...
- A. Neumair (Univ. Salzburg)
- Grant MŠMT „Návrat“ (LK21303)
- firma RTG Tengler, Mělník
- firma CoalExp Ostrava – sponzor měření radarem
- L. Thinová (FJFI)
- M. Koudelová, D. Matějka, P. Kraft (PřF)