

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta,  
Ústav geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů

# Podmínky vzniku žilné Au-mineralizace z Újezdce u Bělčic

Diplomová práce

Tomáš Novák



Vedoucí diplomové práce: Dr. Jiří Zachariáš, Ph.D.

Praha 2009

Prohlašuji, že jsem na předložené diplomové práci pracoval samostatně pod vedením svého školitele Dr. J. Zachariáše. Veškeré údaje z publikované literatury a nepublikovaných zpráv, které jsem použil, jsou řádně citovány v textu a uvedeny v seznamu literatury.

Svoluji k půjčování své diplomové práce pro studijní účely a žádám, aby byla vedena evidence a převzaté údaje byly řádně citovány.

Tomáš Novák

## **OBSAH**

### **1. ÚVOD**

## **2. GEOLOGICKO-LOŽISKOVÁ CHARAKTERISTIKA BĚLČICKÉHO RUDNÍHO REVÍRU**

### **2.1. Úvod**

#### **2.1.1. Bělčický revír**

#### **2.1.2. Kasejovický revír**

### **2.2. Oblast Újezdce u Bělčic (štola Barbora a Kněžská hora)**

#### **2.2.1. Horniny a hydrotermální alterace ve štole Barbora**

#### **2.2.2. Tektonika**

#### **2.2.3. Zrudnění – ložisková charakteristika**

#### **2.2.4. Mineralogie**

### **2.3. Oblast Na Skřipici**

### **2.4. Důl Na Vítenči**

### **2.5. Důl Na Borku**

### **2.6. Oblast Hory u Kocelovic**

### **2.7. Oblast v okolí Hornosína**

### **2.8. Podruhlí**

### **2.9. Rýžoviště na Závišínském potoce**

## **3. ZÁKLADY STUDIA A INTERPRETACE FLUIDNÍCH INKLUZÍ**

### **3.1. Úvod**

### **3.2. Klasifikace fluidních inkluzí**

### **3.3. Fázové změny ve fluidních inkluzích**

### **3.4. Fluidní inkluze v minerálech zlatonosných ložisek**

## **4. POUŽITÁ METODIKA**

### **4.1. Výběr a příprava vzorků**

### **4.2. Mikroskopické pozorování**

### **4.3. Optická mikrotermometrie**

## **5. FLUIDNÍ INKLUZE – VÝSLEDKY MĚŘENÍ A POPIS VZORKŮ**

### **5.1. Vzorek KB-2**

### **5.2. Vzorek KB-3**

### **5.3. Vzorek KB-6**

### **5.4. Vzorek KB-10**

### **5.5. Vzorek KB-12**

### **5.6. Vzorek KB-15**

## **5.7. Vzorek KB-18**

## **6. FLUIDNÍ INKLUZE – SHRUTÍ MIKROTERMOMETRICKÉHO MĚŘENÍ**

### **6.1. Stupeň zaplnění**

### **6.2. Salinita**

### **6.3. Obsah příměsi CH<sub>4</sub>**

### **6.4. Teplota prvního tání a teplota výmrazu**

### **6.5. Teplota tání pevného CO<sub>2</sub>**

### **6.6. Teplota homogenizace CO<sub>2</sub>**

### **6.7. Teplota celkové homogenizace**

### **6.8. Teplota tání klatrátu**

## **7. DISKUZE**

### **7.1. Generace křemene**

### **7.2. P-T podmínky utváření žil**

### **7.3. Izotermální mísení fluid**

## **8. ZÁVĚR**

## **9. SEZNAM LITERATURY**

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1a.: Geologické a geografické schéma ložisek zlata ve Středočeském plutonickém komplexu. b.: Hlavní oblasti těžby zlata v Bělčické revíru (dle Zachariáš a Novák 2009).
- Obr. 2.: Ložiskově-geologická mapa kasejovicko-bělčické oblasti (podle Váni et al. 1989 in Morávek et al. 1992).
- Obr. 3.: Geologický profil kasejovickou oblastí - šachta Jakub (dle Koutek 1946).
- Obr. 4.: Situace důlních prací a významnějších křemenných žil v úseku štoly Barbora v Újezdci u Bělčic (dle Litochleb 1984).
- Obr. 5.: Geologická situace štoly Barbora (dle Váni et al 1989 in Morávek et al 1992).
- Obr. 6.: Mapa starých prací v oblasti Hory (dle Koutek 1948 in Morávek et al 1992).
- Obr. 7.: Lokalizace různých genetických typů plynokapalných inkluzí uvnitř hostitelského krystalu (dle Benešová a Ďurišová 1980 in Zachariáš 2000).
- Obr. 8.: Rekrytalizace inkluzí procesem necking down (dle Roedder 1984 a Shepherd et al. 1985 in Zachariáš 2000).
- Obr. 9.: Srovnávací nákresy pro odhad stupně zaplnění plynokapalných inkluzí A) pro trojrozměrné inkluze (dle Shepherd et al. 1985 in Zachariáš 2000), B) pro inkluze sférického tvaru (dle Roedder 1984 in Zachariáš 2000).
- Obr. 10. a.: Makrovzorek KB-2, b.: Výbrus KB-2.
- Obr. 11.: Histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ve vzorku KB-2.
- Obr. 12.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-2.
- Obr. 13.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-2.
- Obr. 14.: H<sub>2</sub>O traily křížící se v úhlu cca 45°.
- Obr. 15.: Velká osamocená H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze poblíž vodného trailu.
- Obr. 16.: Shluk H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí s různým stupněm zaplnění.
- Obr. 17a.: Makrovzorek KB-3, b.: Výbrus KB-3.
- Obr. 18.: Umístění měřených oblastí v úlomku vzorku KB-3.
- Obr. 19.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-3.
- Obr. 20.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-3.
- Obr. 21.: H<sub>2</sub>O inkluze přisedlá k lupínku muskovitu.
- Obr. 22.: Část hlavního pásu H<sub>2</sub>O trailů.
- Obr. 23.: Trail H<sub>2</sub>O inkluzí kolmý na hlavní pás trailů ve vzorku.
- Obr. 24 a.: Makrovzorek KB-6, b.: Výbrus KB-6.
- Obr. 25.: Histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ve vzorku KB-6.
- Obr. 26.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-2.
- Obr. 27.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-6.
- Obr. 28.: Několik křížících se H<sub>2</sub>O trailů, na sebe jsou kolmé.
- Obr. 29.: H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze se stupněm zaplnění F: 0,0.
- Obr. 30.: Velká H<sub>2</sub>O inkluze mimo dlouhý trail také H<sub>2</sub>O inkluzí.
- Obr. 31a.: Makrovzorek KB-10, b.: Výbrus KB-10.

- Obr. 32.: Histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ve vzorku KB-10.
- Obr. 33.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-10.
- Obr. 34.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-10.
- Obr. 35.: H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze nepravidelného tvaru; nevydržela výmraz.
- Obr. 36.: Shluk H<sub>2</sub>O inkluzí s F~0,6.
- Obr. 37.: Trail malinkých neměřitelných H<sub>2</sub>O inkluzí s jednou větší měřitelnou.
- Obr. 38a.: Makrovzorek KB-12, b.: Výbrus KB-12.
- Obr. 39.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-12.
- Obr. 40.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-12.
- Obr. 41.: Dva na sebe kolmé trailly H<sub>2</sub>O inkluzí.
- Obr. 42.: Jediná naměřená H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze, F: ~ 0,30.
- Obr. 43.: Osamocená H<sub>2</sub>O inkluze v čirém křemenu mimo trailly i shluky; F:~ 0,60.
- Obr. 44a.: Makrovzorek KB-15, b.: Výbrus KB-15.
- Obr. 45.: Umístění měřených oblastí v úlomku vzorku KB-15.
- Obr. 46.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-15.
- Obr. 47.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-15.
- Obr. 48a.: Makrovzorek KB-18, b.: Výbrus KB-18.
- Obr. 49.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-18.
- Obr. 50.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-18.
- Obr. 51.: Souhrnný graf Th-tot × salinita pro všechny studované vzorky.
- Obr. 52.: Souhrnný graf obsahů příměsí CH<sub>4</sub> v inkluzích
- Obr. 53.: Souhrnný graf teplot tání klatrátů (T<sub>m</sub>-CLA)
- Obr. 54.: Souhrnný histogram teplot tání pevného CO<sub>2</sub> (T<sub>m</sub>-CO<sub>2</sub>).
- Obr. 55.: Souhrnný histogram teplot homogenizace CO<sub>2</sub> (Th-CO<sub>2</sub>)
- Obr. 56.: Souhrnný histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (Th-tot)
- Obr. 57.: Souhrnný histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí (Th-tot)
- Obr. 58.: Rekonstrukce pravděpodobných P-T podmínek vzniku jednotlivých generací fluid.
- Obr. 59.: Souborný graf pro všechny studované vzorky: Th-tot (°C) × salinita (hm.%NaCl<sub>ekv.</sub>).

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1.: Kovnatosti křemenných žil v Bělčickém revíru (dle Morávek et al. 1992).

Tab. 2.: Teploty tání různých chemických substancí využitelných při kalibraci mikrotermometrického stolku (dle Roeddera 1984 in Huraiová a kol. 2002).

Tab. 3.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-2.

Tab. 4.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-3.

Tab. 5.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-6.

Tab. 6.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-10.

Tab. 7.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-12.

Tab. 8.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-15.

Tab. 9.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-18.

Tab. 10.: Shrnutí mikrotermometrických dat ze všech měřených fluidních inkluzí.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

CBPC	Central Bohemian Plutonic Complex (středočeský plutonický komplex)
F	Stupeň zaplnění
FI	Fluidní inkluze
hm.% NaCl <sub>ekv</sub>	Hmotnostní procenta NaCl ekvivalentu (salinita)
L	Kapalná fáze
P	Tlak (MPa)
Qtz	Křemen
Qtz-I	Křemen první generace
Qtz-II	Křemen druhé generace
S	Pevná fáze
T	Teplota (°C)
Td	Teplota dekrepitace
Te	Teplota eutektika
T <sub>FM</sub>	Teplota prvního tání
Th (L, V, C)	Teplota homogenizace (na kapalinu, na plyn, kritickým způsobem)
Th-CO <sub>2</sub> (L, V, C)	Teplota homogenizace CO <sub>2</sub> -fáze (na kapalinu, na plyn, kritickým způsobem)
Th-tot (L, V, C)	Celková teplota homogenizace (na kapalinu, na plyn, kritickým způsobem)
Tm	Teplota tání
Tm-CLA	Teplota tání klatrátů
Tm-CO <sub>2</sub>	Teplota tání pevného CO <sub>2</sub>
Tm-ice	Teplota tání ledu
Tvymr	Teplota výmrazu (tj. vymražení kapalného obsahu inkluze)
V	Plynná fáze



## ABSTRAKT

Bělčický rudní revír se nachází 80 km jižně od Prahy, mezi městy Bělčice a Lnáře. Revír se dělí na severní (Újezdec u Bělčic, Kněžská hora a štola Barbora), centrální (důl Na Borku a Hory u Kocelovic) a jižní část (důl Na Skřipici). Někdy bývá bělčický revír, spolu se sousedním revírem kasejovickým, nazýván jako Kasejovicko-bělčický rudní revír.

Ačkoliv hledání zlata v Bělčickém revíru je datován od 14. stol, nejintenzivnější těžba a vyhledávání započala na začátku 20. století. Nejdůležitější těžební aktivity byly zaznamenány v oblasti Kněžské hory. Průzkumná štola Barbora (ražena 1907 – 1917) je okolo 340 m dlouhá. Největší žíla (žíla č. 39) byla těžena (průměrná tloušťka žíly byla 0,23 m, vydobyto bylo okolo 268 m<sup>2</sup> plochy žíly) a bylo získáno 154 tun křemene s průměrným obsahem zlata 13,3 g/t Au a obsahem 2054 kg zlata.

Revír je tvořen magmatickými horninami Středočeského plutonického komplexu, typickou horninou je granodiorit blatenského typu. Převládající směr žil je SV-JZ. Křemenné žíly mají čočkovitý charakter a vedle zlata obsahují zvýšené podíly wolframu vázané na scheelit.

Fluidní inkluze byly studovány pouze v křemenu. Za křemen-I je považována masivní křemenná žilovina, křemenem-II nazýváme křemenné krystaly vyrostlé v otevřených trhlinách nebo se srážel na stěnách masivní křemenné žiloviny.

Křemenná žilovina se formovala z H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> fluid o nízké salinitě (3-7 hm. % NaCl<sub>ekv.</sub>) s malým podílem metanu (do 15 mol. % CH<sub>4</sub>) za teplot přibližně 350-400 °C a tlaků 200-400 MPa. Rudní stádium včetně vzniku zlata probíhalo za nižších teplot (250 až 300°C) a tlaků (100MPa) z vodných fluid. Variace v salinitě vodných fluid naznačují existenci izotermálního mísení mezi dvěma typy fluid lišících se salinitou (0 a 5,5 hm. % NaCl<sub>ekv.</sub>).

## ABSTRACT

The Bělčice ore district is located 80 km south of Prague, between the towns of Bělčice and Lnáře. The district can be separated into the northern (Újezdec u Bělčic, Kněžská hora and adit Barbora), central (Borek and Hory) and southern (Na Skřipici) parts. The Bělčice ore district and the adjacent Kasejovice ore district to the west were sometimes featured as a single Kasejovice-Bělčice ore district. Although gold exploration in the Bělčice district can be traced back to the 14<sup>th</sup> century, the most intense mining and exploration commenced at the beginning of the 20<sup>th</sup> century. The heart of the mining activity was in the Kněžská hora area. Barbora exploration adit (1907-1917) is about 340 m long. The largest vein (vein No. 39) was selectively mined (average vein thickness 0,23 m, mined vein area 268 m<sup>2</sup>) and yielded about 154 t of quartz gangue with an average gold content of 13,3 g/t Au and 2054 kg of total gold production.

The Bělčice ore district is built by the magmatic rocks of the Central Bohemian Plutonic Complex, namely by granodiorite of Blatná type. Ore veins strike NE-SW. Quartz veins, lenticular in form, contains besides gold elevated contents of tungsten (as scheelite).

Fluid inclusions were studied in the quartz only. Quartz-I denotes massive quartz gangue, while quartz-II denotes quartz crystals that grew up in open fractures or that precipitated on the walls of massive quartz-I.

The quartz gangue precipitated from aqueous-carbonic fluids (3-7 wt. % NaCl eq.) with minor methane admixture (up to 15 mol. % of CH<sub>4</sub>) at 350-400 °C and 200-400 MPa. The ore stage including gold precipitation occurred at lower temperatures (250 to 300°C) and pressures (~100MPa) from aqueous fluids.

Isothermal mixing trends in aqueous fluids is documented by salinity variations of two fluid end members (from 0 to 5,5 wt. % NaCl eq.).

## **PODĚKOVÁNÍ**

Zde bych rád poděkoval svému školiteli Dr. Jiřímu Zachariášovi z Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů PřF UK za cenné rady a stálou pozornost, kterých se mi od něj dostalo, stejně jako za zapůjčení studijních materiálů. Dále děkuji za pomoc a stálé zprostředkování kapalného dusíku Ing. M. Pudilové.

A samozřejmě nemohu opomenout poděkovat svým rodičům za jejich morální i finanční podporu.

Tato diplomová práce byla financována z grantu GAČR: 205/06/0702 a grantem Ministerstva Školství ČR: MSM0021620855.

## 1. ÚVOD

Rozsáhlé území mezi Bělčicemi a Nekvasovy patří k oblastem, kde se v minulosti získávalo zlato. Svědčí o tom řada dodnes patrných stop činnosti jak rýžovnické, tak hornické. První dochované písemné záznamy pocházejí ze 14. století a vztahují se především k rýžování. Velké plochy sejpů v povodí Závišínského potoka, v okolí Blatné, Kasejovic, Kotouně, Oselců a Nekvasov ukazují na intenzivní rýžovnickou činnost.

Celou oblast je možno rozdělit do dvou celků podle koncentrace starých prací a odlišného geologického prostředí: na východní revír mezi Bělčicemi a Lnáři a na západní revír mezi Kasejovicemi, Oselci a Nekvasovy. (Morávek et al. 1992)

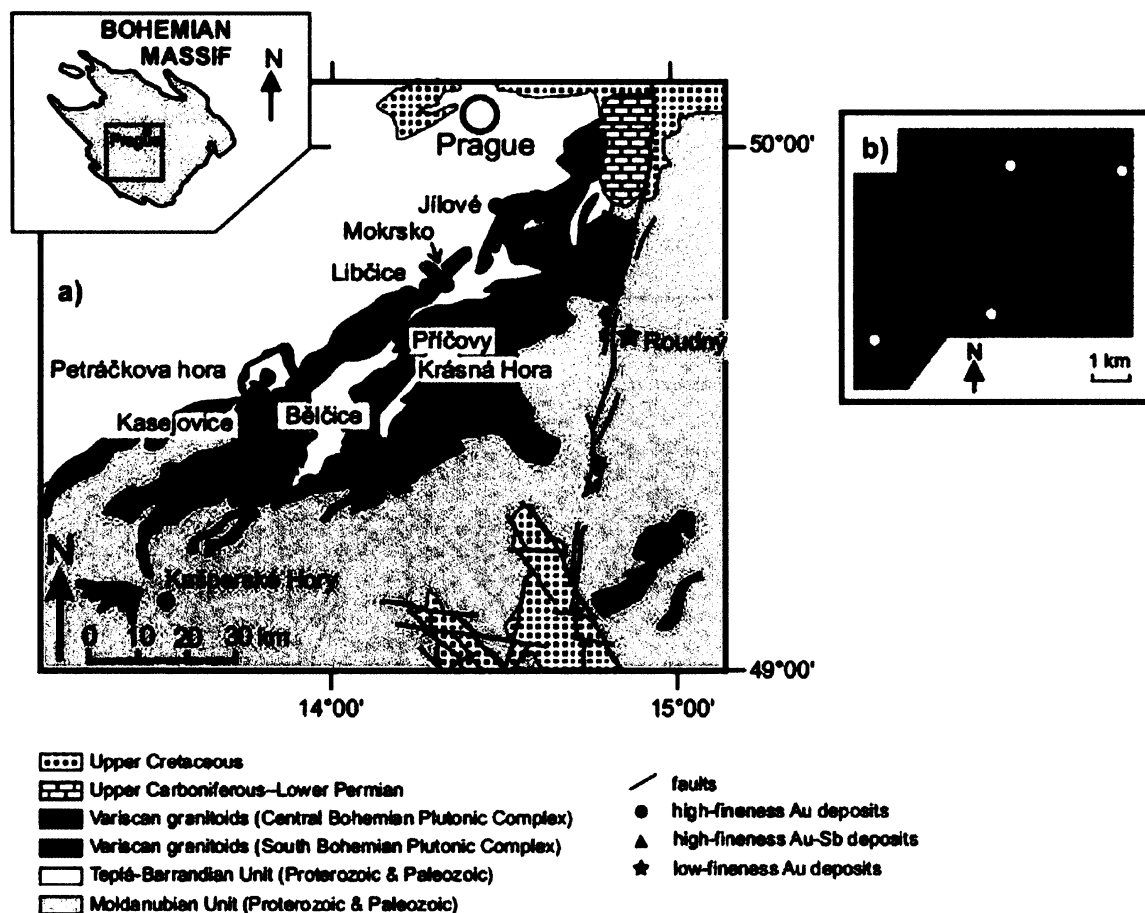
Bělčický zlatonosný revír patří ke známým historickým revírům Čech. Je situován v granitoidech středočeského plutonu. V celé oblasti je dochováno velké množství starých prací. Počátky významnějšího dolování se datují do roku 1907, kdy byly v okolí Bělčic vyhloubeny mělké průzkumné šachtice. Krátce na to následovalo zřízení šachty Josef a štoly Barbora v Újezdci u Bělčic. Tato diplomová práce se opírá především o studium vzorků z hald štoly Barbora v Újezdci (cca 3 km od Bělčic), která byla znovu otevřena v roce 1982 Uranovým průzkumem Příbram pro potřeby průzkumu realizovaného ÚÚG Praha (Vlašimský a Píša 1985).

Hlavním cílem této práce bylo přispět k objasnění vzniku zlatonosných žil na různých částech Bělčického revíru. Žíly v tomto území se nachází v hlavně granitoidech CBPC. Hlavní metodou, která pomohla určit fyzikálně-chemické podmínky vzniku bylo studium fluidních inkluzí.

## 2. GEOLOGICKO-LOŽISKOVÁ CHARAKTERISTIKA BĚLČICKÉHO RUDNÍHO REVÍRU

### 2.1. Úvod

Český Masiv je nejvýchodnější částí evropského variského orogenu (~360 – 320 Ma), a je znám pro časté výskyty ložisek zlata, uranu, obecných kovů a cínovo-wolframových ložisek. Nejvíce ložisek zlata uvnitř centrální části Českého Masivu se nachází v rozpětí 20 až 30 km podél severozápadního okraje Středočeského plutonického komplexu (CBPC). Ložiska zlata v této zóně jsou mezotermálního původu a obsahují nízko sulfidové žíly a žilníky, které jsou buď ve variských granodioritech (oblast Kasejovic a Bělčic, Mokrsko) nebo ve svrchně proterozoických metavulkanitech a metavulkanosedimentech (Jílové a Libčice) jak ukazuje obr. 1a. (Zachariáš et al. 2001)



Obr. 1a: Geologické a geografické schéma ložisek zlata ve Středočeském plutonickém komplexu. b.: Hlavní oblasti těžby zlata v Bělčické revíru (dle Zachariáš a Novák 2009)

### 2.1.1. Bělčický revír

Z geologického a stratigrafického hlediska lze bělčický revír rozdělit na tři základní jednotky: mirovický metamorfovaný ostrov, rožmitálskou kru a horniny střeďočekšského plutonu.

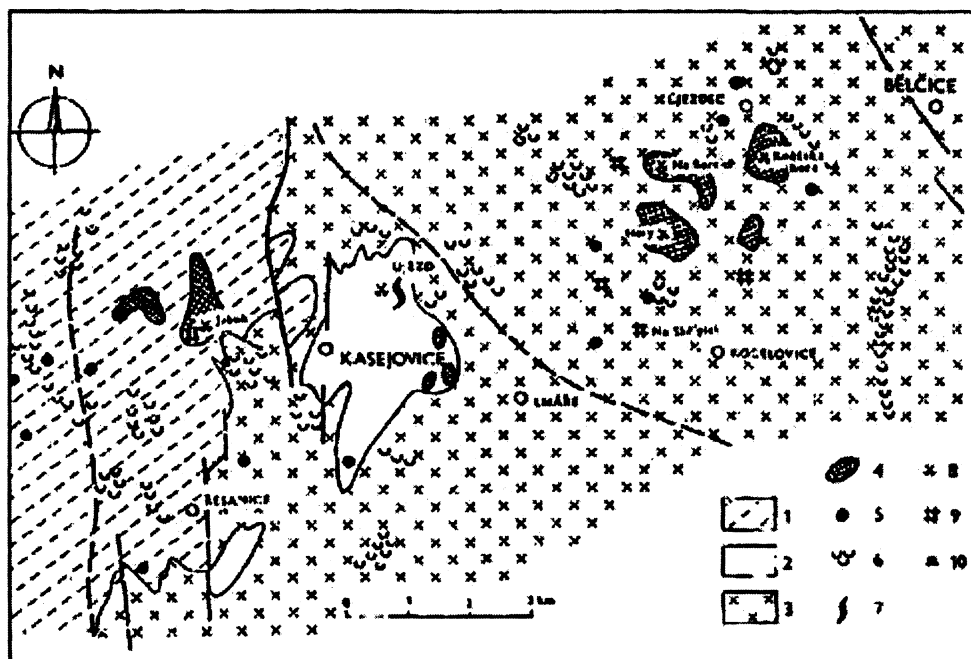
Mirovický metamorfovaný ostrov zaujímá východní část revíru. Je horninově velmi pestrý: tvoří ho horniny prekambričkého stáří (amfibolity), paleozicko-proterozoické (fylity až fylitické břidlice) a spodně-paleozoické (kontaktně metamorfované svory).

Rožmitálská kra zaujímá sz. a sv. část revíru. Je tvořena proterozoickými (kontaktně metamorfované břidlice) a paleozoickými (vulkanity ryolitového složení) horninami.

Horniny střeďočekšského plutonu zabírají více než polovinu území revíru. Tvoří je granodiorit blatenského typu, hrubozrné leukokrátní žuly a jejich žilný doprovod. (Žežulková et al. 1989)

Bělčický revír se nachází 80 km jižně od Prahy, mezi městy Bělčice a Lnáře. Revír může být rozdělen na několik částí (obr. 1b.): na severní, centrální a jižní. Bělčický revír se skládá z několika hlavních těžebních lokalit, a to: Újezdec u Bělčic (štola Barbora a Kněžská hora), důl Na Borku, Na Skřipici a oblast Hor u Kocelovic. Další vedlejší těžební oblasti jsou oblasti v okolí Hornosína, Podruhlí a rýžoviště na Závišinském potoce.

Někdy bývá bělčický revír, spolu se sousedním revírem kasejovickým, nazýván jako Kasejovicko-bělčický rudní revír (obr. 2.).



Obr. 2.: Ložiskově-geologická mapa kasejovicko-bělčické oblasti (podle Váni et al. 1989 in Morávek et al. 1992):

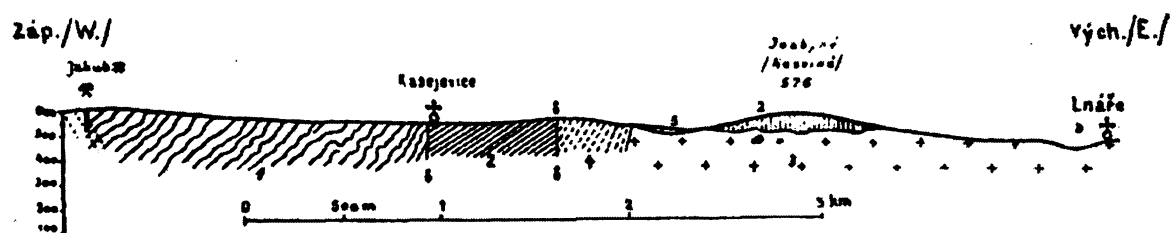
1-moldanubické krystalinikum; 2-vulkanosedimentární horniny kasejovického metamorfovaného ostrova; 3-granitoidy střeďočekšského plutonu; 4-rozsah starých prací na Au-zrudnění; 5-jednotlivé výskyty Au-zrudnění; 6-rýžoviště; 7-stratiformní Cu,Zn (Au,Ag)-zrudnění; 8-šachty; 9-šachtice; 10-ústí štol.

### 2.1.2. Kasejovický revír

Zlatonosné křemenné žíly vystupují převážně v rulách moldanubika. Ve většině případů mají charakter krátce čočkovitých solitérních žil, lokalizovaných na poruchách souhlasných s foliací. Ojedinele v místech většího tektonického porušení přecházejí v málo mocné (1 až 2m) žilníkové struktury krátkého průběhu. Alterace v okolí žil jsou nevýrazné, časté je slabé prokřemenění a pronikání křemene do příčných poruch.

Staré práce se soustřeďují u Kamejku (u Kasejovic), kde se nalézají šachta Jakub (obr. 3) a šachtice Alois, Johan a Jan. Důl Jakub dosáhl hloubky 69,7 m, hlavní překopové práce byly provedeny na 2. patře. Zastihly větší počet křemenných žil a žilek, z nichž tři se daly báňsky sledovat ve větším rozsahu (celkem 550 m chodeb). I ty však byly vzhledem k čočkovitému vývoji a nepravidelnému zrudnění nedobyvatelné. Ostatní šachtice v okolí jakubského dolu sledují obdobné struktury a mají převážně malou hloubku.

Staré práce v oblasti Újezda u Kasejovic, Životic, Kotouně a Oselců jsou menšího rozsahu a ve většině případů k nim chybějí údaje. (Morávek et al. 1992)



Obr. 3.: Geologický profil kasejovickou oblastí - šachta Jakub (dle Koutek 1946):

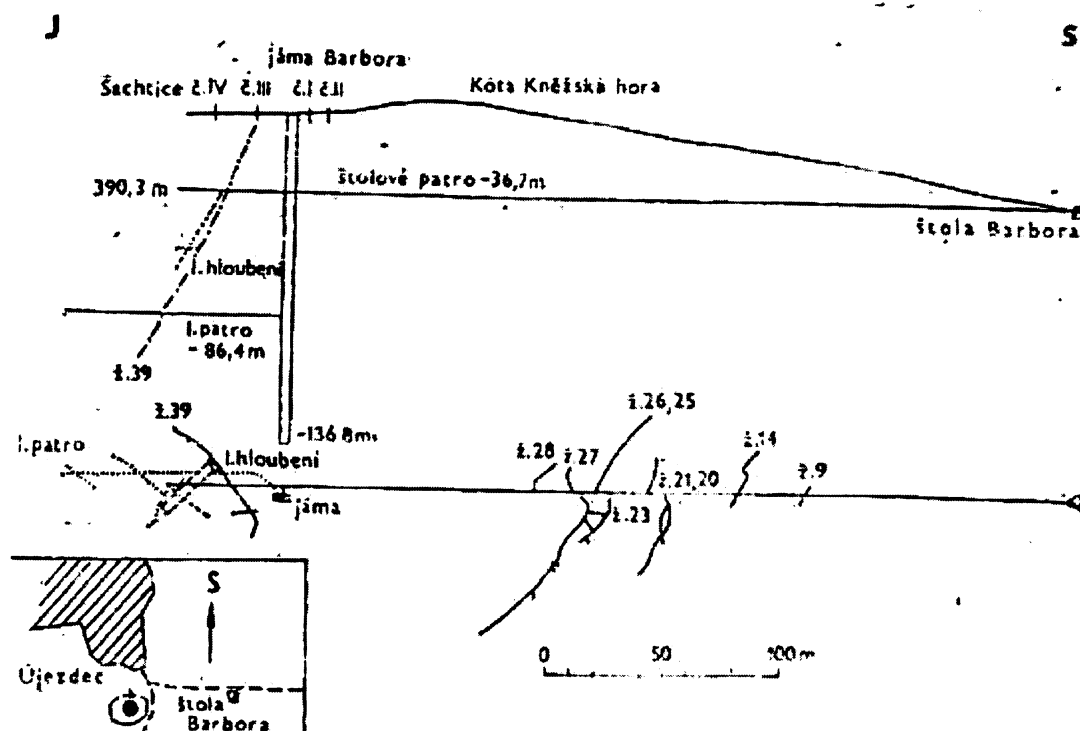
1. Migmatity s cordieritem, 2. Kontaktní rohovce a fylity kasejovického ostrova, 3. Biotiticko-amfibolický granodiorit, 4. Kataklastický aplit, 5. Svahová hlína,  $\delta$  = dislokace, Převýšení  $5/4$

Následující přehled těžby a geologické charakteristiky důlních děl je založen na popisech uváděných v pracech Vlašimského a Píši (1985), Váni et al. (1988) a Litochleba (1984). Vzhledem k tomu, že veškerá důlní díla jsou dnes již nepřístupná, nebyla možnost tyto poznatky ověřit na místě.

### 2.2. Oblast Újezdce u Bělčic (štola Barbora a Kněžská hora)

Na Kněžské hoře jv. od Újezdce a zjz. od Bělčic končí plocha starých hornických prací, která probíhá od linie Zlatá hora - důl Borek k VSV. Staré práce jsou zachovány pouze v lesních porostech. Vlastní kutací práce (rýhy, sondy) zde byly zahájeny již v roce 1906 a to nejprve v okolí Bělčic a posléze v prostoru Kněžské a Zadní (Bělčické) hory j. od Újezdce. Do roku 1907 byly vyhloubeny 4 šachtice do úklonné hloubky 3,0—18,6 m. V prosinci roku 1907 byla za účelem ověření vývoje křemenných žil na s. úpatí Kněžské hory byla na z. svahu směrem k jihu ražena průzkumná štola Barbora (obr. 4) v

hloubce cca 40 m pod povrchem (směr zhruba S-J; 7-9°). Do konce roku 1908 dosáhla štola délky 78,8m a zastihla 7 žil o mocnosti 1-16 cm (ojediněle 75 cm) s obsahem 5,0-22,5 g/t Au. V další etapě byla štola vyražena do vzdálenosti 390,3 m. Celkem překřížila 44 křemenných žil a několik tektonických poruch. Významnější žíly byly dále sledovány chodbami a úklonnými hloubeními (bylo vyraženo několik hloubení, 1 dobývka, 1 mezipatro a 1 sledný spojovací komín mezi I. a II. Patrem). V prostoru kutacích šachtic na Kněžské hoře byla vyhloubena jáma do hloubky 136,8 m a v hloubce 50 m pod štolou založeno I. patro k ověření žil č. 3, 38 a 39. V letech 1912—1917 se prováděly dobývací práce na žile č. 39. Žíla byla v úrovni štolového patra a I. patra rozfárána slednými chodbami na celkovou délku 98 m a mezi patry úklonným I. hloubením do hloubky 41,1 m. Celková délka horizontálních prací je téměř 850 m. Z toho štola Barbora dosáhla délky 370 m, sledné a rozrážky na I. patře zhruba 300 m. Jen do konce roku 1914 bylo dovrchní dobývkou nad štolovým patrem vydobyto 268 m<sup>2</sup> plochy žíly s průměrnou mocností 0,23 m a získáno 154 t křemene s průměrnou kovnatostí 13,3 g/t Au, a obsahem 2 054 g zlata (Jungbauer 1922 in Vlašimský a Píša 1985). Tříděná rudnina byla až do poloviny roku 1917 dodávána ke zpracování do příbramské hutě.



Obr. 4.: Situace důlních prací a významnějších křemenných žil v úseku štoly Barbora v Újezdci u Bělčic (dle Litochleb 1984)

Z nedalekého dolu „Na Borku“ (1,8 km zjz. od Újezdce) bylo v letech 1908-1912 odvezeno do Příbrami 46,1 t křemenné žiloviny s kovnatostí 3,7-21,7 g/t Au a celkovým obsahem 861,8 g zlata. V červenci 1917 byly ukončeny veškeré průzkumné a dobývací práce na štolě Barbora. Celkem zde bylo

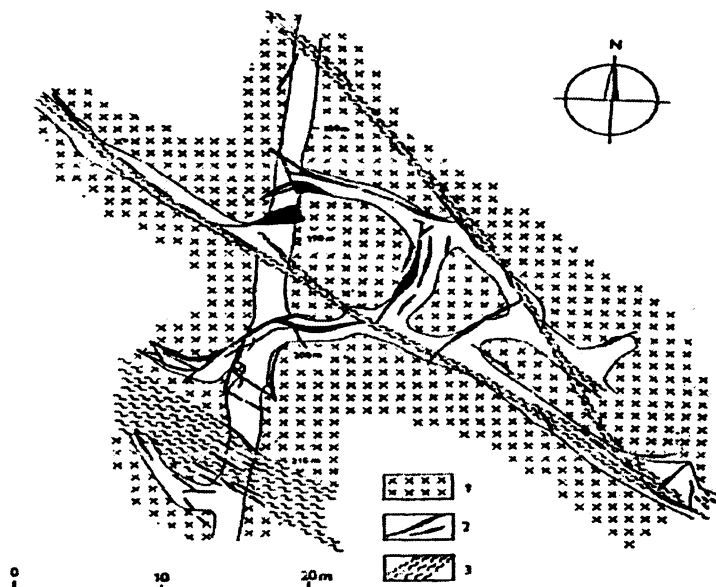


vyraženo 601,3 m chodeb. Náklady na průzkumné práce v okolí Újezdce dosáhly v letech 1906-1928 3118 000,90 K (Litochleb 1984).

Štola Barbora zůstala zachována v dobrém stavu; díla pod úrovní štoly byla zatopena a jsou používána jako místní vodní zdroj. Odval před ústím štoly byl zčásti rozvezen. Okolo ústí jámy zůstaly jen nevýrazné stopy odvalového materiálu a terénních úprav.

### 2.2.1. Horniny a hydrotermální alterace ve štole Barbora

Základní horninou ve štole a jejím okolí je středně zrnitý amfibol-biotitický granodiorit, odpovídající základní varietě blatenského typu (obr. 5.).



Obr. 5.: Geologická situace štoly Barbora (dle Váni et al 1989 in Morávek et al 1992):  
1. granodiorit, 2. Au-křemenné žíly, 3. poruchové zóny

Tento granodiorit má stavbu graniticky zrnitou, stejnoměrně a většinou všesměrně zrnitou (Žežulková et al. 1983). Podstatnými součástkami jsou plagioklas (tvoří 20-50 % horniny), sodnodraselné živce (10-40 %), křemen (20-30 %), biotit (10-20 %), amfibol (do 5 %). Hypautomorfní tabulky plagioklasů jsou zonální nebo polysynteticky lamelované (výjimečně se může vyskytovat u jedné tabulky). Jádro zonálních tabulek tvoří andesín ( $An_{35}$ ), zóny oligoklas ( $An_{20-26}$ ). Při přeměnách, vznikl v plagioklasu sericit, vzácně v jádře karbonát, křemen a albit ( $An_{02}$ ). Xenomorfní sodnodraselný živec tvoří tabulky větší než ostatní součástky (občas je karlovarsky zdvojitělý). Převážně jde o skvrnitý, vzácně i nitkovitý perthit, vzácně je mikroklinové mřížkování (ortoklas). Tento živec je většinou nepostižený přeměnami. Křemen tvoří izometrická zrna, v některých případech undulosně zhášející. Hypautomorfní až automorfní šupiny biotitu mají běžný výrazný pleochroismus. Biotit je postižen

chloritizací, baueritizací a odmísením titanitu. Amfiboly často srůstají s biotity, jsou obrůstány biotity nebo uzavírají hojné jemné šupinky biotitu. Vzácnější vláknitý amfibol vznikl z obecného amfibolu v partiích s intenzivnějšími projevy autometamorfních procesů (zejména sericitizace). Akcesorie tvoří apatit, zirkon, monazit, xenotim, korund, magnetit, pyrit. Apatit tvoří jehlice až dlouhé sloupce nebo izometrická zrnka až krátké sloupce. Zirkon je hojnější a tvoří větší zrna, pleochroické dvůrky jsou úzké. Apatit i zirkon jsou většinou vázány na šupiny biotitu. Korund uzavírá jemná zrnka rudy, přičemž tvoří zonální a zdvojitá zrna s nepravidelným zbarvením. (Vlašimský a Píša 1985)

V některých partiích je granodiorit vizuálně výrazně usměrněný (rozměry těchto partií jsou metrového řádu). Tyto partie se složením neodlišují od všesměrně zrnitého granodioritu, pouze obsah amfibolu klesá.

Ve štolě se jiné horniny vyskytují ojediněle. Aplity tvoří čočkovité ostře omezené partie, o rozměrech maximálně 0,3 x 2 m (35 m od ústí štoly). Jde o biotitické granitové aplity, s panxenomorfní a mikrografickou stavbou. Nejhojnější jejich součástíou je skvrnitý sodnodraselný živec. Vzácně se v granodioritu vyskytují tmavé drobnozrné až středně zrnité uzavřeniny, tvořené převážně biotitem, o průměru do 0,1 m. Skupina těchto uzavřenin byla zjištěna např. s. od sledné 1. V čelbě sz. sledné 6 byla zjištěna částečně asimilovaná vulkanická hornina tmavého vzhledu s porfyrickými vyrostlicemi plagioklasu a biotitu, tvořící nepravidelně omezené bloky metrového řádu. Jde o relikt původně vulkanické horniny, rekrystalované při kontaktní metamorfóze. Hornina byla původně tuf nebo porfyrický ryodacit. Podobné horniny byly zjištěny mezi vulkanity z okolí Leletic či Vacíkova. V okolním granodioritu jsou tmavé součástky orientovány paralelně s kontaktem s touto krou.

Nealterovaný středně zrnitý granodiorit má obsahy hlavních horninotvorných oxidů jako bazičtější forma základní facie blatenského typu; tomu odpovídá stabilní přítomnost amfibolu. Chemické složení je však bližší základní facii než tmavé facii. Pivec (1967; in Vlašimský a Píša 1985) popisuje analýzu z odvalu: 65,52 % SiO<sub>2</sub>, 2,21 % MgO, 3,51 % CaO, 3,80 % Na<sub>2</sub>O, 3,85 % K<sub>2</sub>O atd. Xenolit vulkanické horniny má zcela shodný chemismus jako okolní granodiorit.

Ve vzdálenosti nepřesahující několik desítek cm od křemenné žíly se hydrotermální alterace většinou projevují sericitizací plagioklasů a částečnou chloritizací biotitu (s odmísením titanitu, příp. i jemného rudního pigmentu). Jedná se o deuterické nebo autometamorfní alterace (vázáno na látkové zdroje horniny). Intenzivnější alterace se projevují úplnou sericitizací plagioklasů (až do vzniku šupinek muskovitu) a deferifikací (baueritizací) chloritu a biotitu (Váňa a kol. 1988). Místy nastupuje hematitizace jako mladší následný proces. Obdobný typ alterace se nalézá ve sledné 2 u neminerálních puklin směru SZ-JV. Od nealterovaných hornin se liší mírně zvýšeným obsahem K a sníženým obsahem Si. Místy se v žíle koncentruje C-pigment (0,X % C). U největší křemenné žíly ve sledné 6 se vyskytuje odlišná asociace druhotných minerálů: chlorit, sericit-muskovit, karbonát, epidot, V chemismu je patrný zvýšený obsah Ca a téměř úplný výnos Na.

Až několik metrů do okolí od žil se v granodioritu vyskytují úseky postižené silicifikací, slabou chloritizací a karbonatizací. Může se vyskytovat slabá impregnace molybdenitem, scheelitem, muskovitem nebo pyritem. Muskovit a molybdenit tvoří srůsty. Úseky s molybdenitem a scheelitem mají rozměry do 1 m. V těchto úsecích se vyskytují tenké nepravidelné žilky křemene (o mocnosti do

1 cm a délce do 0,3 m) oddělováním křemenné hmoty z matečné okolní horniny. Mnohem rozsáhlejší jsou slabě alterované úseky bez rudních minerálů (slabá chloritizace, hematitizace); např. mezi slednými 2 a 3 je úsek slabých alterací o délce cca 30 m.

Výplň poruchových struktur směru SZ-JV je ve většině případů tvořena mylonitovou výplní (sledná 3 a 5). Mylonit je nečistě bílý (šedobílý), rozpadavý. Obsahuje jemnou drť křemenné žiloviny, s podřízeným obsahem Na-K živce; mezerní hmotu tvoří jílové minerály a sericit. Obsahuje úlomky křemenné žiloviny různých rozměrů; místy rozlámané úzké segmenty o délce až 0,5 m, mikroskopické rozměry mají oválná zrna žilného křemene. Poruchová pásma obsahují jeden nebo několik švů tektonického jílu s hematitickým (červenohnědě zbarvený) nebo grafitickým pigmentem, který je vzácnější (tmavošedé švy), s patrnými tektonickými ohlasy, které ukazují na šikmé pohyby 10-60°. Mocnost těchto švů je max. 1 cm, přičemž v centru zóny se místy vyskytují úseky šedo zelené velmi jemnozrné zcela alternované horniny. (Váňa a kol. 1988)

### 2.2.2. Tektonika

V granodioritu se vyskytují dvě široká maxima puklin (obr. 5.). Maximum směru 10-50°/65-85° VJV odpovídá puklinovému systému Q, maximum 100-150°/60-90° JJZ systému S. Vedlejší maxima pole patří směru 40-60°/55-75° SZ. Málo hojné subhorizontální pukliny odpovídají systému I: směr 130-170°/10-40° SV. Téměř úplně chybějí pukliny se směrem sklonu 350-20°, tzn. puklinový systém směru Z-V, ukloněné k S. Pukliny směru 150-160°/70-72° SV a 30-135°/40-65° JZ-JV jsou nejčastější mezi relativně staršími puklinami (spadá mimo hlavní maxima), kdežto mezi relativně nejmladšími se nejčastěji vyskytují pukliny směru 0-20°/68-80° V a 135-140°/75-80° JZ (patří k systémům Q a S). Hlavní maxima puklinových systémů vznikla v závěrečné fázi tuhnutí granodioritového tělesa.

Dle Váni (1988) na nejvýraznější poruchový systém směr SZ-JV (130-150°/65-85° JZ). Zhruba odpovídá puklinovému systému S. Největší koncentrace poruchových zón je ve vzdálenosti 170-230 m od ústí štoly kolem sledných 3-5. Jedná se o paralelní zóny mladší než mineralizace, mocné 0,3-0,7 m, tvořených zcela alternovanými a mylonitizovanými horninami, švy tektonického jílu a úlomky křemene a úlomky a žilkami karbonátu; ojediněle obsahují zrudnění. Ve vzdálenosti 20 m od ústí štoly probíhá subhorizontální porucha směru 20°/20° ZSZ, tvořena 2 cm mocnou drtí úlomků granodioritu, a přetíná 3 cm mocnou křemennou žílu.

Štola Barbora zastihla cca 45 struktur, část jich je v úvodní vyžděné části štoly, z čehož okolo 35 z nich má křemennou výplň. Další byly zastiženy ve sledných chodbách a rozrážkách. Jedná se o krátká čočkovitá tělesa, s častým naduřením a rozmršťováním (až do vzdáleností několika metrů). Největší rozměry má žíla na 342 m štoly (sledné 6 a 7), směru 40°/72° JV. Má celkovou délku 33 m, z čehož 20 m drží mocnost 0,5-1 m. Nejčastější maximální mocnost žil je 1-6 cm (62 % žil); čočkovitá naduření o mocnosti 10-40 cm se objevuje u 32 % žil, u 6 % žil dosáhla jejich maximální mocnost 50-180 cm. Jedna křemenná žíla připadá zhruba na 10 m délky štoly. Křemenné žíly mají nejčastěji směr 10-60°/55-80° VJV a 110-160°/55-75° JZ, vzácněji 60-110°/40-75° J a 120-170°/20-35° JZ. Zcela chybějí žíly směru Z-V ukloněné k S (se sklonem 280-360-60°). Mineralizace je většinou vázána na

otevírání puklin.chladnouchého granitoidního tělesa (Jungbauer 1922 in Vlašimský a Píša 1985). Žíly často vyklíňují obloukovitě, bez drcení před dosažením příčných struktur. Mineralizace neprobíhá až k místu přetínání jinou strukturou, končí vždy před ním (patrně na obou koncích největší křemenné žíly). Předpokládá se, že sz. poruchové zóny byly založeny před vznikem mineralizace a v období vzniku mineralizace fungovaly jako střižné zóny, které byly uzavřené a neumožnily ani otevření puklin ve svém nejbližším okolí. Délka žil se pohybuje od 10 do 50 m. Kovnatosti žil, které se pohybují od 0,1 do 39 g Au/t a max. do 38,9 g Ag/t.

Usměrněný granodiorit vždy bezprostředně sousedí s křemennou žilou. Orientace tmavých součástek je paralelní s průběhem žíly. K otevření puklin docházelo v závislosti na vnitřní stavbě granodioritového tělesa, kdy usměrněné partie představovaly mechanické nehomogenity, ve kterých došlo snáze k otevření pukliny než v okolním homogenním prostředí.

Na některých poruchách a žilách jsou rýhy na ohlazových plochách. Vesměs se jedná o šikmé posuny o úklonu 10-60°. U největší žíly (sledná 6 a 7) se nadložní blok pohyboval relativně pod úhlem 30° (pokles k SV nebo výzdvih - přesmyk k JZ). Největší poruchová zóna (sledná 3 a 5) se vyznačovala pohybem nadložní kry pod 10-60° (pokles k SZ nebo výzdvih - přesmyk k JV). Časté výrazné mladší svislé rýhování na ohlazech u největší poruchové zóny je rýhování vzniklé při řízení bloků do vydobytého prostoru. (Vlašimský a Píša 1985)

### 2.2.3. Zrudnění – ložisková charakteristika

Tab. 1.: Kovnatosti křemenných žil v Bělčickém revíru (dle Morávek et al. 1992)

lokality	mocnost (cm)	kovnatost (rozsah hodnot, g/t)	kovnatost (průměr, g/t)	délka rudního intervalu (m)
východní revír:				
Kněžská hora	10 - 42	5,2 - 14,4	9,7	10 - 20
štolá Barbora	6 - 85	0,2 - 30,5	8,2	20 - 50
šachtice Na Borku	12 - 30	0,2 - 37,2	8,8	50
šachtice Na Skřípici	10 - 50	0,5 - 32,0	26,4	15
šachta Hory	10 - 50	11,6 - 28,0	17	12
štolá Hory	3 - 25	1,3 - 35,0	8,9	80

#### Zlato

Celkově se obsahy zlata pohybovaly v rozmezí 2-11 g Au/t. Poruchové zóny a okolní horniny mají průměrný obsah zlata 0,5-1 g Au/t. Nejvyšší obsahy zlata jsou vázány na žíly ve směru SV-JZ, zatímco obsahy W na směru žil nezávisí. Morávek et al. (1992) Obsahy stříbra se pohybují v jednotkách a desítkách gramů na tunu. Nejvyšší průměr v žíle je 23,2 g Ag/t. Pokud jsou stanoveny obsahy Au i Ag, je obsah Au vyšší než Ag: nepřímá závislost mezi obsahy.

#### Scheelit

Kvaček (1984; in Vlašimský a Píša 1985) uvádí analýzu kdy bylo z křemenných žil na 11 místech pomocí nástřelu získáno dostatečné množství vzorku pro potřeby analýz složení rudy a jejich technologických vlastností. Ve všech případech jde o místa čočkovitého naduření žíly. Byly odebrány

4 typy vzorků, s těmito analytickými obsahy:

- a) vzorky s makroskopicky výrazným obsahem scheelitu - 0,32-0,95 %W, průměrný obsah 0,508 % W
- b) vzorky s makroskopicky zanedbatelným obsahem scheelitu - 0,01-0,40 % W, průměrný obsah 0,10 % W
- c) vzorky boční horniny (většinou bez makroskopicky patrného scheelitu) - 0,005-0,02 % W, průměrný obsah 0,009 % W
- d) průměrný vzorek žiloviny, zhruba odpovídající zásekovému vzorku - 0,04-0,62 % W, průměrný obsah 0,24 % W.

Ve všech typech analyzovaných vzorků byl zjištěn průměrný obsah 13,8 g/t Mo a 5,07 g/t Au. Dále byly stanovovány obsahy Cu, Pb, Zn, Ag, Sb, Bi a As. Výsledky analýz těchto prvků byly vesměs v řádu 0,00X-0,000X % pouze u As řádu 0,0X % .

Vlašimský a Píša (1985) provedli vzorkování z největší žilné struktury (sledná 4). Byly odebrány vzorky z nástřelu ve stropu bývalé dobovky. V tomto úseku je žíla mocná 0,7-1 m. V jednotlivých typech vzorků byl stanoven W s tímto výsledkem: 0,95 %, 0,40 %, 0,01 %, 0,44 % W.

#### 2.2.4. Mineralogie

Žilná výplň je tvořena produkty 5 minerálních asociací. Posloupnost minerálních asociací dle Vlašimského a Píši (1985):

##### 1. křemenná minerální asociace:

křemen, draselný živec, rutil?, turmalín

Jedná se o raně postmagmatickou fázi odpovídající mléčně bílému, nezrudněnému pegmatitovému křemenu. Ten tvoří kvantitativně převažující objem žilné výplně. Živec se vyskytuje vzácně;

##### 2. molybdenitová minerální asociace:

molybdenit, křemen

Molybdenit se vyskytuje pouze v malém počtu žil, ve kterém je provázen malým množstvím šedého křemene. Tvoří agregáty jemných šupinek, o rozměrech do 2 mm, rozptýlené v křemenné žilovině; místy se může kumulovat v agregátech živce, případně vzácně tvoří impregnace v alterovaných (silicifikovaných) úsecích granodioritu. Dle Kvačka et al. (1983) byl v molybdenitu zjištěn zvýšený obsah W 1050 ppm a zlata 99 ppm;

##### 3. zlatonosná minerální asociace:

křemen, chalkopyrit, pyrit, arsenopyrit, pyrhotin, sfalerit, vizmut, bismutin, galenit?, teluridy Au (tzv. šedé rudy), zlato

Šedobílý křemen se vyskytuje v podřízeném množství. Ze sulfidů jsou nejhojnější pyrit, arsenopyrit a pyrhotin, které tvoří agregáty (do 2 cm) i samostatná zrna. Ostatní minerály se vyskytují pouze v akcesorickém množství. Zlato se vyskytuje mj. v agregátech Bi a arsenopyritu;

#### 4. scheelitová minerální asociace:

scheelit

Scheelit se vyskytuje na cca 60 % všech žil, a to na žilách všech směrů (je nejhojnějším minerálem v žilách ve štole Barbora), kde tvoří tenké pásy v křemenné žilovině (o mocnosti do 5 mm) a zrna a agregáty zrn (do 8 mm) nejčastěji koncentrované při podložním kontaktu žíly. Tenké pásy scheelitu lze často sledovat na vzdálenost několika metrů (sledná č. 4). Většinou se vyskytuje odděleně od sulfidů a dalších rudních minerálů. Kvaček et al. (1983) popisují výskyt scheelitu v žilce spolu s molybdenitem bez příměsi Mo ve scheelitu;

#### 5. karbonátová minerální asociace:

pyrit, karbonát

Karbonáty tvoří málo hojné krátké žilky, mocné do 3 cm převážně oblasti v poruchových zón směru SZ-JV. Vzácně se vyskytují samostatné karbonátové žilky, příp. karbonát v žilách křemene. Jde vesměs o kalcit, vzácněji dolomit.

Litochleb (1984) naproti tomu uvádí sukcesi studované parageneze, ve které vyčlenil tři stádia:

1) scheelit I, K - živec, křemen I

2) křemen II, scheelit II, arzenopyrit, pyrhotin, pyrit I, chalkopyrit, molybdenit, ryzí Bi, bismutin, joseit, tetradymit, zlato

3) pyrit II, kalcit, chlorit a sericit.

Ve skupině Bi - Te minerálů usuzuje postupné snižování obsahu Bi v roztoku (kryst. posloupnost - ryzí Bi - bismutin - joseit - tetradymit).

Křemen vytváří dvě generace. Starší křemen I a mladší křemen II (křemen I kvantitativně převládá nad mladším křemenem II). Křemen I je bělavý až čirý, místy téměř sklovitého vzhledu, silně rozpraskaný, středně až hrubě zrnitý (s velikostí zrn od 2 - 4 mm) a výrazně undulózní se zubovitou strukturou agregátů. Uzavírá kataklasticky porušená zakalená zrna K-živce a agregáty hypidiomorfních zrn šedobílého scheelitu. V lokálních drúzovitých dutinkách se vyskytují drobné krystalky křemene a K-živce, místy i shluky chloritu a sericitu. Křemen I přechází v některých partiích křemenných žil do křemene pegmatitového typu s hojnějším K-živcem a molybdenitem. Mladší šedobílý až bílý křemen II po trhlinách zatlačuje křemen I a proniká spolu se sulfidy. Je drobnozrný, někde až jemnozrný (velikostí zrn do 0,1 mm), rozpraskaný a undulózní se zubovitou hranicí zrn. Obrůstá, proniká a koroduje hypidiomorfní zrna a drobné shluky zrn scheelitu a asociuje s Bi-Te minerály a molybdenitem. Rudní minerály jsou mladší než křemen II.

Trhliny a drobné dutiny v křemenné žilovině vyplňuje bílý až šedobílý kalcit, černozeleň chlorit a sericit.

Šedobílý až slabě nažloutlý masně lesklý scheelit je významnou minerální složkou většiny křemenných žil. Při okrajích žilné výplně místy tvoří hrubozrné agregáty o velikosti až 2x5 cm s

drúzovitými dutinkami v centrálních částech. Častější jsou hypidiomorfní zrna (do 1 cm) nebo drobná zrnka milimetrové velikosti vtoušená v křemeni. Srůstá s křemenem, K-živcem a jemně lístečkovitým molybdenitem. Scheelit je pronikán žilkami sericitu. Většina scheelitu je starší než křemen I a II, avšak část drobnozrnného scheelitu vznikala současně s křemenem II nebo i po jeho krystalizaci. Tomu nasvědčují agregáty křemene II, scheelitu, sericitu a sulfidů, vyplňující trhliny paralelní s průběhem žil nebo přímo oddělující žilnou výplň od okolní horniny. (Litochleb 1984)

Ze sulfidů je nejčastěji přítomen pyrhotin, arzenopyrit a molybdenit, méně pyrit a chalkopyrit. Pyrhotin vytváří v křemeni nepravidelné agregáty alotriomorfních zrn v doprovodu chalkopyritu a molybdenitu. Místy je zatlačován lištovitým markazitem a kolomorfním pyritem s výraznou zonální stavbou. K supergenní přeměně pyrhotinu dochází podél jemných trhlin. Arzenopyrit se vyskytuje ve formě zrnitých agregátů, drobných zrn a hypidiomorfních krystalků, rozptýlených v křemeni nebo tvoří v žilovině 1 - 2 cm velké drobnozrnné ploše čočkovité agregáty. Arzenopyrit je porušen sítí jemných trhlin a místy žilkovitě pronikán a obrůstán pyrhotinem. Molybdenit tvoří drobné lístečkovité agregáty nebo samostatné lístečky do 5 mm a jemné šedé impregnace v žilném křemeni. Spolu se sulfidy a teluridy je součástí výplně trhlin na kontaktu žil s granodioritem. Těsně srůstá se scheelitem, zlatem a teluridy. V nábrusech je nejčastěji hypidiomorfní s výraznou anizotropií a bireflexí (tmavě šedomodré barvy). Chalkopyrit je přítomen v podřadném množství. Často srůstá s pyrhotinem (zrnka kolem 1 mm). Pyrit I se vyskytuje ve formě hypidiomorfních zrn v křemeni spolu s teluridy, zlatem, scheelitem a molybdenitem. Mladší pyrit II narůstá na plochy příčných trhlin v žilovině i okolní hornině.

Minerály vizmutu a teluru - ryzí vizmut, bismutin, joseit a tetradymit provázejí spolu s molybdenitem zlato. Velikost Bi-Te minerálů se pohybuje kolem 1 mm, vzácně více.

Ryzí vizmut těsně srůstá s teluridy. Je obrůstán joseitem a výrazně zatlačován až do okrouhlých nebo laločnatých reliktnů. V nábrusech dosahuje velikosti 80-100  $\mu\text{m}$ , je silně odrazivý (narůžovělý až krémový), výrazně anizotropní s rýhovaným povrchem zrn.

Bismutin byl zatím zjištěn pouze mikroskopicky ve vzorku ze šachtice č. I. Vytváří málo hojné jehličkovité až stébelnaté agregáty v křemeni, těsně srůstající se zlatem a teluridy. V nábrusu je šedý až šedomodrý, výrazně anizotropní. (Litochleb 1984)

Joseit tvoří kovově lesklé, tmavě šedé jemně lístečkovité agregáty na trhlínách křemenné žiloviny. Uzavírá a zatlačuje zrna ryzího vizmutu, srůstá se zlatem a tetradymitem. V nábrusech je šedobílý a anizotropní (šedomodrý). Ve srůstech s tetradymitem má joseit vyšší odrazivost.

Tetradymit těsně srůstá s joseitem (tetradymit je mladší), zlatem a molybdenitem. V nábrusech bývá obvykle hypidiomorfní (krémově bílý) a anizotropní (šedý až nahnědlý) s rýhovaným povrchem, má tedy nižší brusnou tvrdost.

Zlato se vyskytuje ve formě alotriomorfních až hypidiomorfních zrn v křemeni (velikostně 10 - 40  $\mu\text{m}$ , místy až 125x170  $\mu\text{m}$ ) nebo okrouhlých inkluzí (velikostně několik  $\mu\text{m}$ ) v doprovodných rudních minerálech. Převládá jemně disperzní zlato. Makroskopické zlato světlé barvy se vyskytuje ve výplni žíly č. 39. Tvoří 0,1 mm velká izometrická zrna s náznaky krystalových ploch v křemeni s molybdenitem a scheelitem. Nejčastěji srůstá s bismutinem, ryzím vizmutem, teluridy, molybdenitem,

pyrhotinem a scheelitem. V nábrusech má světle, popř. sytě žlutou barvu, se slabě načervenalým odstínem. Větší zrna zlata bývají světlejší než drobné inkluze (rozdílný podíl stříbra). Vyskytují se i shluky (lokálně) několik  $\mu\text{m}$  velkých zrn v myrmekitových srůstech s tmavě šedým oxidovaným Bi-minerálem, připomínající myrmekitové rozpadové struktury zlata a vizmutu po maldonitu. (Litochleb 1984)

### 2.3. Oblast Na Skřipici

Od Velkého Kocelovického rybníka na Lnáře ve směru SV – JZ se nachází řada odvalů v nichž byly prováděny důlní práce. Délka prací byla cca 500 m. V této oblasti se projevuje časté porušení příčnými strukturami směru V - Z a SZ. V oblasti jsou tři staré šachtice.

Šachtice č. 1 byla zaražena do hloubky 12 m a nezastihla žílu.

Šachtice č. 2 byla hluboká 52,5 m a od 22,7 m sledovala žílu mocnou 12 - 63 cm. V hloubce 51,8 m byly vyraženy sledné k JZ (19,8 m) a k SV (36 m), kde v čelbě žíla dosáhla mocnosti 1,5 m. Šachtice je ražena v biotitickém granodioritu s amfibolem (blatenský typ tmavá varieta) a v jednom místě je dokumentována porfyrická varieta. Průměrný obsah Au je 24 g/t.

Asi 60 m sv. od šachtice byl proveden vrt ÚJ 3, který v hloubce 26,8 m zastihl křemennou žílu mocnou 60 cm s obsahem Au 86,3 g/t. V nadloží žíly je výrazná alterace a prokřemenění a byl zjištěn obsah Au 1,-30 g/t. V podloží žíly je hranice ostrá a obsahy zlata v podložním granodioritu jsou minimální.

Šachtice č. 3 byla ražena do hloubky 12,4 m a od 6 m sledovala žílu 30 cm mocnou. Obsahy zlata z této šachtice se nedochovaly. (Váňa a kol. 1988)

### 2.4. Důl Na Vitenči

Důl leží 1 km východně od jámy "Na Borku" a asi 500 m severně od vitenčského rybníka. Je situován při sv. okraji obvalového pole, zhruba na polovině vzdálenosti mezi dolem Borek a Kněžskou horou. V letech 1920 - 1922 byla hloubena jáma a budováno povrchové hospodářství (budována úpravna, administrativní a obytná budova atd.). Projekt předpokládal, že na této lokalitě bude centrum nového důlního revíru. Dle projektu měly být tímto centrálním polem podfárány pruhy obvalů a mělo se dosáhnout dolů na Kněžské hoře a "Na Borku". Do konce roku 1922 jáma dosáhla hloubky 100 m zahájena ražba 2 překopu; byly raženy překopy na východ (dosaženo délky 50 m) a na západ (dosaženo délky 45 m), když pro nedostatek finančních prostředků byly práce v r. 1923 zastaveny, aniž dosáhly projektované protnutí hlavních žil (Váňa a kol. 1988).

Překopové práce zastihly dvě drobné křemenné žíly, jednu zcela bez zrudnění, druhou se stopami zlata.

Do současné doby se na povrchu zachovaly ruiny budov, odvalový materiál byl zcela rozvezen. V nepatrných zbytcích při okraji stavebního areálu jsou bloky a úlomky biotitických granodioritů a ojediněle bílý nezrudněný křemen; Koutek (1946) uvádí z odvalu úlomek amfibolické minety.



## 2.5. Důl Na Borku

Staré práce se nacházejí v lesním oddíle "Na Borku" 1 km s. od šachty Hory. Odvalové pole je složeno z několika desítek pruhů jam, seřazených převážně do směru SV - JZ až SSV - JJZ. Pole je protažené ve směru Z - V jižně od Planinského rybníka k hájovně "Na Vítenči" v délce cca 1 km a šířce cca 400 m. V západní části byly počátkem 20. století zaraženy 3 šachtice. Šachtice č. I a II byly mělké, šachtice č. III je označována v starších pramenech jako kutací jáma "Na Borku" či "důl Borek" a dosáhla hloubky 61 m. Ve 30 m byl otevřen I. horizont, v 55 m II. horizont, kde byla provedena většina prací. Jáma sledovala téměř v celém průběhu bezejmennou žílu, kterou pak dále sledují sledné chodby z obou pater. Z druhého patra je z v. sledné chodby ražen překop na žílu "Babí jáma", která byla nalezena a sledována. Sledné a překopy celkově směřovaly k V směrem do prostoru Vítenče. Délka horizontálních prací činí okolo 660 m. Na povrchu jsou v současné době zachované zbytky odvalového materiálu.

Důl je založen v granodioritu s amfibolem (základní facie blatenského typu) a bylo v něm zastiženo několik aplitových žil směru SZ - JV až ZSZ - VJV, ojediněle SSV - JJZ. Dále pak poruchová pásma VSV - ZJZ se sklonem 130-140°/70 – 80° k JZ, jejichž šířka dosahuje až 12 m. Sledovány byly čtyři křemenné žíly s několika odžilkami směru SV - JZ a SZ - JV. Mocnost žil je 0,05-0,35 m, úklon strmý. Žíly byly sledovány v délce 40-180 m. Ve srovnání s dalšími důlními díly v revíru se sledované struktury drží jak vertikálně, tak laterálně směr při čočkovitém vývoji křemenné výplně. Bezejmenná žíla zastižená jámou "Na Borku" a sledovaná na I. i II. patře obsahuje průměrně 17,13 g Au/t a 4,92 g/t Ag. (Váňa a kol. 1988)

Porucha směru SZ - JV vyplněná mylonitem a lokálními čočkovitými křemennými žilkami byla zastižena na 1. patře 40 m sv. od jámy a je sledována v délce 185 m. Vykázala průměrný obsah 3,16 g Au/t a 4,48 g/t Ag při průměrné mocnosti křemenné výplně 0,22 m. Stálejší výplň mají žíly směru SV-JZ. Jako nejbohatší se jevila žíla "Babí jáma", která je cca 150 m východně od jámy, je dlouhá cca 40 m, mocná 0,3 m a vykazuje průměrnou kovnatost 6,18 g Au/t a 13,88 g/t Ag (Hofmann a Slavík, 1913; Jungbauer, 1922 in Vlašimský a Píša 1985).

Minerální asociace na žilách je obdobná Kněžské Hoře i šachtě Hory (křemen, pyrit, pyrhotin, arsenopyrit, vzácně teluridy (šedé rudy), molybdenit, scheelit a zlato). Navíc zde Vlašimský a Píša (1985) uvádí antimonit.

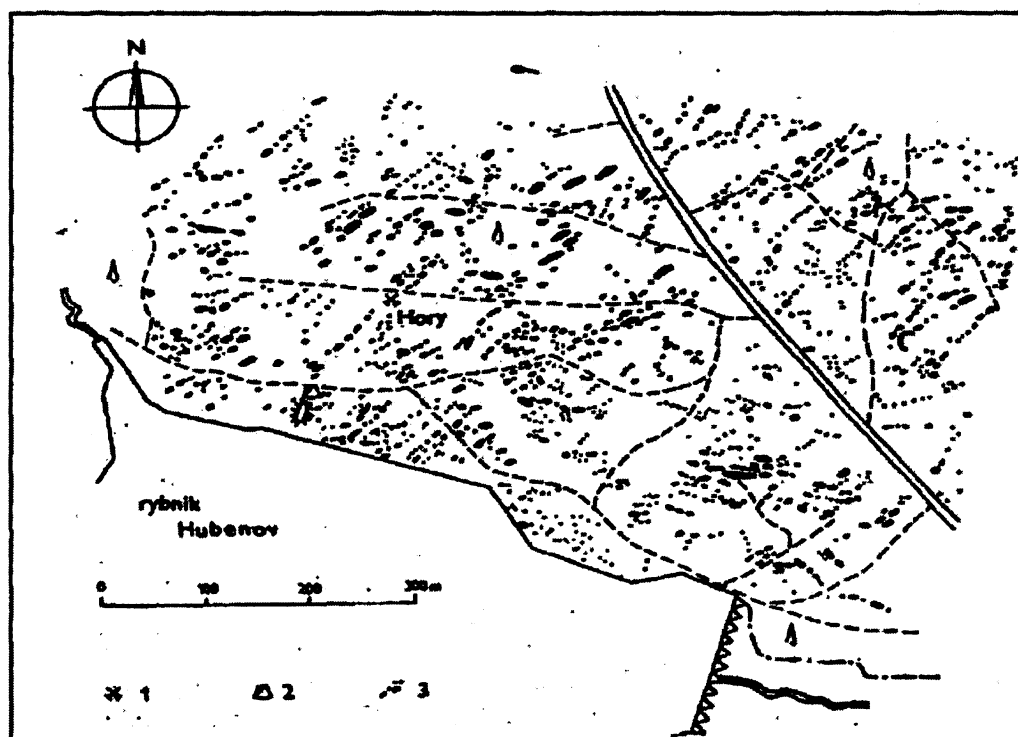
## 2.6. Oblast Hory u Kocelovic

Oblast starých prací se nachází s. a sv. od rybníka Hubenov jz. od Kocelovic. V lesním oddílu Zlaté Hory (též Hory) se nachází velké množství starých prací, jedná se o řady pinek směru SV - JZ až V - Z, místy i více metrů hlubokých, o délce 50 - 200 m. V západní části je založena šachta Hory, kde byl v období II. světové války proveden průzkum části zdejších žil.

Šachta Hory je založena ve středně zrnitém amfibolicko - biotitickém granodioritu (až křemenný diorit), s malým množstvím tmavých uzavřenin. Ojediněle se vyskytují slabě usměrněné partie.

Hornina vizuálně připomíná tmavou varietu granodioritu blatenského typu. Koutek (1946) uvádí z II. patra žílu růžového aplitu. Od povrchu sleduje křemennou žílu o mocnosti 0 - 53 cm, která však ve 30 m od stvolu jámy ubývá a vyklišňuje. Dole zastihla (do hloubky 75,5 m) ještě několik málo mocných žilek. Mělko pod povrchem (10 - 20 m) je ražena k šachtě odvodňovací štola, která ze své 133 metrové délky na 80 metrech sleduje křemennou žílu 3 -70 cm mocnou (prům. 10,8 cm). Na druhém patře (hloubka 70,2 m) byly vyraženy 2 překopy (k SZ a JV) a 3 sledné - 139,5 m dlouhý jihovýchodní překop a 137,5 m dlouhý severozápadní překop. Překopy zastihly celkem 20 žilek a žil (nejvýznamnější měly směr SV-JZ/84°-90° SZ-JV), z nichž byly tři sledovány na vzdálenosti 64,0, 14,6 a 30,0 m. Mocnost sledovaných žil je malá (řádově cm), žilky jsou čočkovité a lokální naduření (na sledné č. 1 mezi 20 – 30cm) rychle vyklišňují. Maximální mocnost byla zjištěna u žíly ve sledné 1 (II. patro); čočkovité naduření dlouhé 10 m má max. mocnost 1,15 m. Drobné žíly a žilky mají nejčastěji směr Z-V až SZ-JV; jejich směr se často mění. (Koutek, 1946)

Celkově bylo na dole Hory provedeno zhruba 0,5 km horizontálních prací. U jámy a u ústí štoly jsou zachovány odvaly (obr. 6.). Štola je cca 20 m od ústí propadlá; z tohoto místa je do štoly přístup, směrem k jámě je dobře průchodná.



Obr. 6.: Mapa starých prací v oblasti Hory (dle Koutek 1948 in Morávek et al 1992):  
1. šachtice, 2. ústí štoly, 3. pinky a odvaly

Mínérální obsah žil je obdobný jako v oblasti Kněžské Hory (mléčně bílý křemen, pyrit, pyrhotin, arsenopyrit, chlorit, tzv. šedé rudy, wolframit, biotit, epidot, scheelit, kalcit, zlato). Ze zdejších žil je častěji popisován pouze molybdenit.

Obsah zlata na žilách je poněkud pravidelnější než v oblasti Kasejovic. Žíla zastižena v úseku 11 - 22 m při mocnosti 10 - 50 cm má průměr 18,66 g/t. Žíla sledovaná štolou v délce 80 metrů má při průměrné mocnosti 10,8 cm průměrný obsah 14,18 g/t. Scheelit hojný v celé přístupné délce žíly.

V překopecch bylo naraženo 17 křemenných žilek a několik rozsedlin a karbonátových žilek, vesměs jalových (0,2 - 1,1 g/t). Pouze ve třech případech byly zjištěny obsahy 26,6 g/t a dvakrát 11,6 g/t. (Váňa a kol. 1988)

Sledné práce po žíle č. 2 k SV a JZ slednou č. 1. Na JZ byla žíla sledována na vzdálenost 16,5 m, kde se rozmrštila, obsahy byly 2 - 12 g Au/t, při mocnosti 3-21 cm. Průměr činí 6,81 g Au/t. Vedle křemene obsahuje hojný molybdenit a pyrit (scheelit chybí). Tato žíla je starší než hlavní žíla V severovýchodní větvi se obsah zlata pohyboval od 0,3 - 12,0 g Au/t s průměrem 6,67 g Au/t. V naduření byl hnán komín a hloubení. Dopravně 9,2 m při průměru 12,83 g Au/t a z hloubení 5,73 g Au/t, na vzdálenost 14,6 m k JZ.

Sledná č. 3 sleduje žílu jak k JZ, tak k SV na vzdálenost 30 m. Obsahy v jz. sledné se pohybují mezi 2-3 g/t (pouze v 6 m 13,0 g/t), při mocnostech 1-5 cm, v sv. sledné je žíla mocná 3 - 25 cm s obsahy 2-23 g/t (průměr je 10,86 g Au/t).

Hlavní žíla (ze štoly) měla průměrný obsah 14,18 g/t Au a 5,89 g/t, průměry u dalších žil jsou v rozmezí 6,67-12,83 g/t Au. Relativně nižší obsah Ag vůči zlatu je způsoben nedostatkem sulfosolů. (Vlašimský a Píša 1985)

Zlato z této lokality obsahuje 5,3 % Ag a 0,7 % Hg, což odpovídá cca ryzosti 940. (Váňa a kol. 1988)

## 2.7. Oblast v okolí Hornosína

V jihozápadním, západním až severním okolí Hornosína se nachází řada starých šachtic, u kterých však ve většině případů chybí podrobnější dokumentace a mnohdy i lokalizace.

Šachtice č. VI sz. od Hornosína sledovala žílu až 28 cm mocnou, směru SV - JZ. Údaje o kovnatostech chybí

Šachtice č. VII při jz. okraji obce Hornosína sledovala žílu 22 cm mocnou směru SV – JZ.

Šachtice č. VIII jižně od záleského rybníka sledovala žílu o mocnosti až 50 cm, směru VSV - ZJZ se sklonem 82° k JV.

Zbytky odvalu při severním okraji Záleského rybníka svědčí o přítomnosti další šachtice. Úlomky křemenné žiloviny v haldovém materiálu dosahují mocnosti až 50 cm a sz. směrem od této šachtice se nalézá v korytě potoka velké množství křemenné žiloviny. V obou případech se však jedná o mléčně bílý křemen, místy se živci, bez doprovodu sulfidů.

V oblasti Zadní Hory (Bělčická hora) severně od Hornosína jsou uváděny dvě šachtice. Šachtice ležící východně od vrcholu sledovala křemennou žílu sv. směru o mocnosti až 60 cm s uváděným průměrným obsahem 6,0 g Au/t. O druhé šachtici údaje chybí. (Váňa a kol. 1988)

## 2.8. Podruhlí

V sv. části revíru, v území mezi Podruhlím, nádražím v Belčicích a obloukem železnice jv. od Bělčic, se na řadě míst na povrchu vyskytují úlomky křemenné žiloviny. Vesměs se nalézají na hromadách spolu s úlomky hornin, sesbírané z polí. Stopy po staré hornické činnosti v tomto území chybějí, popř. jsou problematické. Hofmann a Slavík (1913) se zmiňují o kutacím dole JV od Bělčic, ve kterém "bylo nalezeno mnoho molybdenitu". Poloha tohoto dolu není v žádné archívni ani publikované práci uvedena. Ve 20. století v této části revíru nebyly prováděny žádné bánské práce.

Nejhojnější výskyty křemenné žiloviny jsou na vrcholu plochého hřbetu směru Z-V (s k. 561), který se táhne od nádraží v Bělčicích směrem k Podruhlí, a na svahu j. od silnice Podruhlí-Bělčice, poblíž lomu v lese a poblíž nechráněného přejezdu polní cesty před železnicí Bělčice-Blatná.

V prvním úseku tvoří základní horninu biotitický granodiorit s amfibolem, ve v. části (hromady úlomků u okraje lesa) drobnozrný usměrněný granodiorit, hybridní, a granodioritové porfyryty, často hrubě porfyrické. Úlomky mléčně bílého a světle narůžovělého křemene většinou neobsahují zrudnění. Pouze na v. konci hřbetu, u okraje lesa, byly nalezeny úlomky žiloviny se zrudněním. Bělavý až našedlý křemen obsahuje agregáty živce, pyrit, molybdenit, scheelit, sfalerit, galenit, chalkopyrit, vizmut, bismutin, telurid Bi (telurobismutit?), arsenopyrit?, zlato (Kvaček et al., 1983). Nejhojnější je pyrit, molybdenit a scheelit. Ostatní rudní materiály byly zjištěny pouze mikroskopicky. Molybdenit tvoří šupinkovité agregáty v křemeni a živci; často srůstá s minerály Bi, vzácně s obecnými sulfidy (výskyty molybdenity u Podruhlí jsou nejbohatší v rámci celého bělčického revíru). Molybdenit obsahuje vysokou příměs W (1870 ppm) a Au (113 ppm), naopak minimální příměsi prvků skupiny železa, Ta, Th atd. Scheelit tvoří zrna a žilky. Podobně jako v scheelitu ze štolý Barbora (Újezdec) ani ve scheelitu z Podruhlí nebyla zjištěna příměs Mo. To svědčí o odlišných podmínkách ukládání molybdenitu a scheelitu, v rámci různých minerálních asociací. Sukcese minerálů je shodná jako v žilách ve štole Barbora (Újezdec). (Vlašimský a Píša 1985)

## 2.9. Rýžoviště na Závišínském potoce

V údolí Závišínského potoka mezi Blatnou a Bělčicemi se nachází rozsáhlé rýžovací práce, které v menší míře nalézáme i výše po toku u Újezdce a dále ke Hvozd'anům. Rýžoviště sledují jednak oblast dnešního koryta, kde předmětem těžby byly subrecentní fluviální sedimenty, jednak terasové sedimenty, uložené ve výšce 2 - 10 m nad dnešním tokem. Sedimenty o mocnosti 2 - 8 m mají charakter špatně vytříděných jílovitých štěrkopísků s polohami jílovitých písků a světlých jílu.

Obsahy mají plošný charakter, ale na přechodu do granitického deluvia a eluvia se často vyskytují řady pinek, které pravděpodobně sledovaly křemenné žilky. Vzhledem k rozsahu a stupni zachování starých prací lze předpokládat, že se jednalo o výnosné rýžoviště s poměrně dlouhou dobou exploatace. Zdroj zlata v sedimentech je z části místního původu (z oblasti bělčického revíru), z části bylo pravděpodobně sneseno z oblasti rožmitálské. (Váňa a kol. 1988)

### 3. ZÁKLADY STUDIA A INTERPRETACE FLUIDNÍCH INKLUZÍ

#### 3.1. Úvod

Studium fluidních inkluzí v minerálech a horninách je neoddelitelnou součástí moderního geologického výzkumu, hlavně v posledních letech, kdy dochází k prudkému rozvoji analytických technik, které umožňují sledovat chemické složení a fyzikální vlastnosti velmi malých objektů pouhým okem.

Inkluze (uzavřeniny) lze definovat v širším smyslu jako “části krystalu, z hlediska látkového složení neodpovídající jeho zákonné struktuře, které jsou během růstu krystalu hermeticky izolované a vytvářejí s ním fázovou hranici“ (Jermakov a Dolgov 1979 in Huraiová a kol. 2002).

Termín fluidní inkluze se vztahuje i na případy, kdy uzavřená látka při pokojové teplotě neodpovídá definici fluida z hlediska dynamické viskozity. Příkladem mohou být utužené silikátové nebo sulfidické taveniny, případně silně koncentrované roztoky solí. Rozhodujícím kritériem je skupenský vztah zachycené látky v momentě jejího zachycení a ne v momentě pozorování. (Roedder, 1984)

#### 3.2. Klasifikace fluidních inkluzí

Inkluze se člení popisně nebo geneticky.

Popisné klasifikace založené na určení chemického nebo fázového složení inkluzí (tedy dle obsahu) jsou uváděny především v ruské literatuře a jsou spojeny především se jménem Jermakov. Větší důraz se dnes klade na klasifikaci genetickou (časová posloupnost vzniku inkluzí).

Genetická klasifikace dělí inkluze podle doby jejich vzniku (souvislost s nerostotvornými procesy) a vztahu k hostitelskému minerálu na primární, sekundární a pseudosekundární inkluze.

##### *Primární fluidní inkluze*

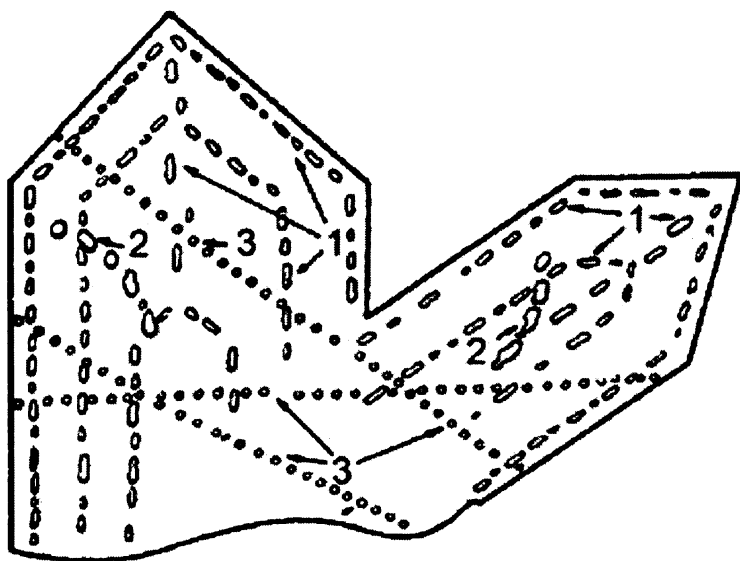
Fluidum, ze kterého roste krystal, může být při procesech, jež brání jeho ideálnímu růstu, zachyceno v nerovnostech nebo strukturních defektech růstových ploch. Při pokračujícím růstu krystalu je pak hermeticky uzavřeno. Inkluze, které vznikají tímto způsobem, se označují jako primární (Ďurišová a Hurai 1990). Roedder (1984) uvádí více než 20 empirických kritérií, která lze používat na identifikaci (podle pozice výskytu v krystalu, podle velikosti a tvaru inkluzí, podle prostředí výskytu, na základě růstu etc.).

##### *Sekundární fluidní inkluze*

Vznikají po ukončení růstu hostitelského minerálu při vyhojování puklin fluidy spojenými s pozdějšími nerostotvornými procesy. Pukliny se sekundárními inkluzemi protínají povrch krystalu a v krystalických agregátech procházejí několika krystalovými jedinci. (Ďurišová a Hurai, 1990)

### *Pseudosekundární fluidní inkluze*

K uzavření fluida může docházet nejen na povrchových nerovnostech, ale i v puklinách uvnitř hostitelského minerálu. Jestliže tyto pukliny vznikaly a byly vyhojeny fluidem ještě při růstu krystalu, pak budou obsahovat pseudosekundární inkluze. Vyhojené pukliny končí na následující růstové zóně krystalu. Pseudosekundární inkluze vznikají uvnitř krystalu během jeho růstu a souvisejí s podmínkami krystalizace určitých růstových zón. (Ďurišová a Hurai 1990)



Obr. 7.: Lokalizace různých genetických typů plynokapalných inkluzí uvnitř hostitelského krystalu (dle Benešová a Ďurišová 1980 in Zachariáš 2000): 1. primární typy, 2. pseudosekundární typy, 3. sekundární typy

### **3.3. Fázové vztahy a změny v fluidních inkluzích**

Když hovoříme o fázových změnách ve fluidních inkluzích máme na mysli především rozpad homogenního fluida na heterogenní systém skládající se z několika fází. S klesající teplotou se zvyšuje počet fází v inkluzi a naopak. V přírodě se však ve většině případů vyskytují pouze vícesložkové fluidní systémy s kombinovaným složením, tj. skládají se z kapalných, plynných fází a rozpuštěných solí.

#### *Systém $H_2O-NaCl$*

Tento systém je nejkompaktněji pokrytý experimentálními údaji a z tohoto důvodu se interpretace mikrotermometrických údajů z polykomponentních přírodních zdrojů systémů typu voda-elektrolyt opírají o termodynamické a objemové vlastnosti tohoto systému (Huraiová a kol. 2002).

Při postupném snižování teploty, se ve fluidu vymrazí v závislosti na jeho koncentraci pevná fáze buď ledu nebo hydrohalitu. Teplota výmrazu je nižší než teplota eutektika ( $T_e = -20,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ ). Při zpětném zahřívání po dosažení teploty eutektika ( $T_e$ ) začne tát pevná fáze. Ne vždy se eutektická teplota

shoduje s teplotou prvního tání ( $T_{FM}$ ; tedy teplotou kdy začíná tát pevná fáze). Z této teploty se později určuje typ rozpuštěných solí ve fluidu. Podle teploty, při které roztaje poslední krystal ledu ( $T_{m-ice}$ ) se určí salinita roztoku. Salinita je pak uváděna v tzv. NaCl ekvivalentu. Tento ekvivalent udává celkovou salinitu roztoku vyhodnocenou zjednodušeně podle fázového diagramu pro soustavu  $H_2O-NaCl$ , která je nejrozšířenějším typem solných roztoků v přírodních fluidech (Ďurišová a Hurai 1990). Přítomnost dalších typů solí může snižovat teplotu tání ledu.

Při intenzivnějším zahřívání dosáhneme bodu, kdy se inkluze stává homogenní, tedy teploty homogenizace ( $T_{h-tot}$ ). Fluida homogenizují třemi způsoby: na kapalinu, na plyn a kritickým způsobem. Teplota ( $T_t$ ) a tlak při vzniku inkluze z homogenní fluidní fáze je vždy vyšší než teplota její homogenizace. Pouze v případě vzniku inkluzí z heterogenního fluida, např. za podmínek varu roztoku se teplota homogenizace rovná teplotě vzniku inkluze.

#### *Systém $H_2O-CO_2-NaCl$*

Fázové rovnováhy v tomto systému jsou komplikovanější, protože složky se zásadně liší svými vlastnostmi.

Systém  $H_2O-CO_2$  zahrnuje celkem šest fází (led, pevný  $CO_2$ , klatrát- $CO_2$ , páru, kapalinu bohatou  $H_2O$  a kapalinu bohatou  $CO_2$ ). Klatrát je pevná hydratovaná fáze  $CO_2$  uzavírající velké množství vody a plynu. Lze pozorovat při pomalém a opětovném zahřívání hluboko zmrazených inkluzí. Teplota tání klatrátu ( $T_{m-Cl}$ ) je úměrná množství rozpuštěných solí a proto se používá k určování salinity.

Pevné  $CO_2$  se z kapalného vymrazuje za teplot mezi  $-95$  a  $-180$  °C. Při zpětném zahřívání taje nejprve pevné  $CO_2$  ( $T_{m-CO_2}$ ) a to při  $-56,6$  °C. Příměs jakéhokoliv dalšího plynu snižuje tuto teplotu. Po roztání posledního krystalu ledu je zdeformovaná bublinka držena klatrátem, který obvykle taje při teplotách do  $10$  až  $13$  °C. Při dalším zahřívání homogenizuje  $CO_2$  za teplot nižších než  $31,1$  °C.

Dále následuje už jen celková homogenizace. Homogenizuje buď vymizením  $H_2O$  nebo  $CO_2$  bohaté fáze. Posledním způsobem celkové homogenizace je kritickým způsobem – postupným vymizením menisku.

Může dojít i k tzv. dekripitaci inkluze, což je porušení způsobené uvolněním vysokého vnitřního tlaku. Teplota dekripitace bývá vyšší než teplota homogenizace, ale některé inkluze díky velmi vysokému vnitřnímu tlaku dekripitují dříve než mohou homogenizace vůbec dosáhnout.

### **3.4. Fluidní inkluze v minerálech zlatonosných ložisek**

Roztoky v inkluzích minerálů z ložisek zlata jsou většinou slabě koncentrované, jejich salinita nepřesahuje  $10$  hm. % NaCl ekv. Podstatnou složkou roztoků jsou chloridy alkálií, oxid uhličitý, metan a sirovodík (Roedder 1984). Kapalná fáze  $CO_2$  v inkluzích se často vyskytuje tam kde jsou dostatečně vysoké tlaky umožňují existenci fluid s vysokým podílem plynu ve vodném roztoku (např. mesotermální ložiska zlata). Při nízkém tlaku se  $CO_2$  vyskytuje jen ve velmi malých koncentracích (např. epitermální ložiska zlata).

Termodynamické podmínky vzniku ložisek zlata se mohou měnit v poměrně širokém rozmezí teplot

200-450 °C a tlacích 0,1-500 MPa. Homogenizační teploty inkluzí se mohou pohybovat v širokém intervalu, avšak rozptyl teplot homogenizace hlavního rudonosného stadia obvykle nepřesahuje 100 °C (Roedder 1984).

Při přenosu a ukládání zlata hraje důležitou roli vícero faktorů: přítomnost plynných složek, zejména H<sub>2</sub>S; změny tlaku; změny pH; kolísání teplot (nad 400 °C vznikají roztoky molekulárního typu schopné vyluhovat z hornin velké množství rudních složek, pod 400 °C vznikají jen roztoky iontového typu a dochází ke srážení rudních složek); oxidace roztoků či redukce rudonosných fluid.

Co se týče zlatonosných křemenných žil, ty se podle Roeddera (1984) vyznačují mnohofázovými inkluzemi, zvýšeným obsahem CO<sub>2</sub> v inkluzích, vyššími homogenizačními teplotami inkluzí, nižším molárním poměrem H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> v inkluzích, vyšším poměrem CH<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> v inkluzích a vyšší hustotou inkluzí na objemovou jednotku vzorku.

Výzkum fluidních inkluzí ve zlatonosném křemenu v Českém Masivu započal přibližně od 60-tých let 20. století. Zkoumána byla zlatonosná ložiska z jílovského pásma (Čelina, Mokrsko), jesenická kyzová a zlatonosná ložisek (Zlatý Chlum, Zlaté Hory, Suchá Rudná) a zlatonosné zrudnění v horninách moldanubika (Orlík u Humpolce, Kašperské Hory) etc.



## 4. POUŽITÁ METODIKA

### 4.1. Výběr a příprava vzorků

Studované vzorky pocházející z haldového materiálu (žilovina, rudnina) byly studovány mineralogicky a poté v nich byly studovány fluidní inkluze. Jsou zastoupeny dvě oblasti sběru vzorků, a to štola Barbora u Újezdce u Bělčic (vzorky KB-2, KB-3, KB-6, KB-10 a KB-12) a důl Na Skřipici (vzorky KB-15 a KB-18). Vzorky pocházejí z povrchového sběru Dr. Zachariáše. Celkově bylo sebráno 28 vzorků, z nichž bylo mikrotermometricky měřeno 11 vzorků, pro potřeby této práce jsou uvedena měření ze 7 z nich reprezentující všechny minerální fáze. Z vybraných vzorků byly zhotoveny leštěné výbrusy, které umožňují sledování zároveň rudních i nerudních minerálů v jediném preparátu.

### 4.2. Mikroskopické pozorování

Petrografické pozorování fluidních inkluzí bylo prováděno pomocí polarizačního mikroskopu Leica DMPL (zvětšení až 1000×) v procházejícím i odraženém světle. Fotografie byly pořízeny digitálním fotoaparátem Olympus C-2000 Zoom. Byla pozorována velikost, tvar, stupeň zaplnění a fázové složení fluidních inkluzí (vše při pokojové teplotě). Inkluze byly nejčastěji distribuovány buď ve shlucích nebo na trailech.

#### *Fázové složení*

Byly pozorovány jednofázové (homogenní), dvoufázové (kapalná a plynná fáze) i třífázové (kapalná, plynná a pevná fáze) inkluze. Inkluze s převahou kapalně fáze jsou označovány jako kapalinou bohaté, s převahou plynné fáze jako plynem bohaté. Nejčastěji se vyskytují dvoufázové inkluze, které obsahují plynnou fázi a vodný roztok.

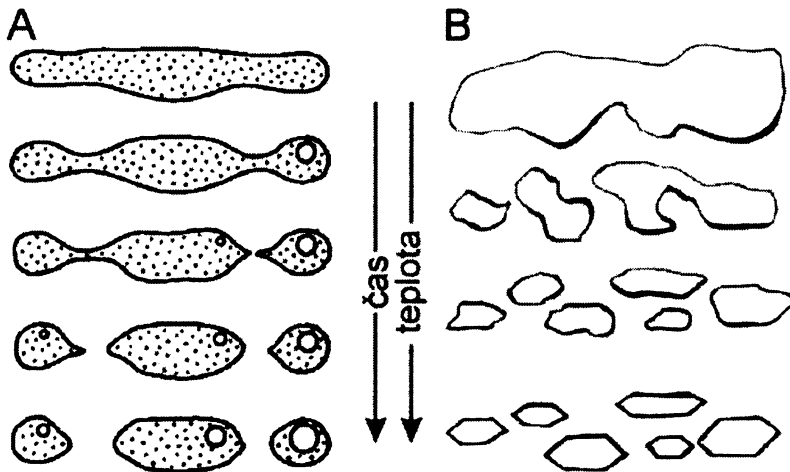
#### *Velikost*

Velikost inkluzí se pohybovala v rozmezí od 1 do 50  $\mu\text{m}$ , nejčastěji však okolo 5 až 10  $\mu\text{m}$ . V malých inkluzích jsou špatně pozorovatelné fázové změny, proto byly na mikrotermometrická měření vybírány inkluze větší.

#### *Tvar*

Tvar inkluzí je velmi proměnlivý. Často bývají inkluze ve tvaru negativního krystalu či sféroidálního. Mohou být také zcela nepravidelných rozeklaných tvarů, vznikajících při nízkých teplotách nebo při porušení inkluze.

Nejspíše byl pozorován i proces necking down (obr. 8), který představuje změnu tvaru inkluze spojenou se vznikem více inkluzí z inkluze původní.

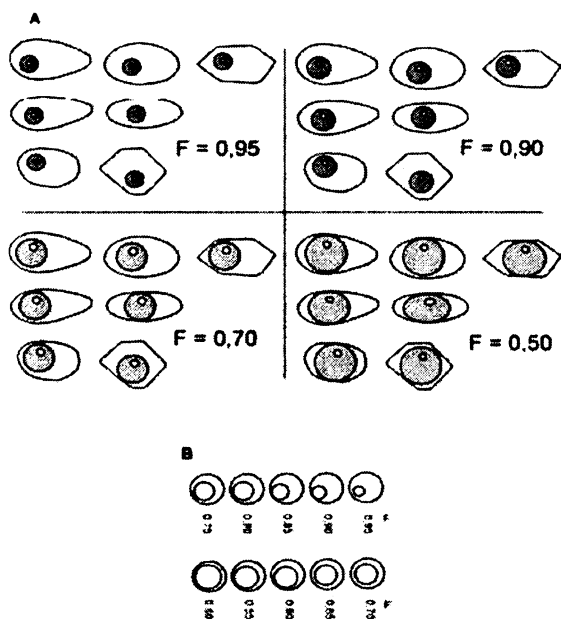


Obr. 8.: Rekrytalizace inkluzí procesem necking down (dle Roedder 1984 a Shepherd et al. 1985 in Zachariáš 2000): A) s heterogenizací fluida (oddělením plynné fáze) během procesu rekrytalizace, B) se zachováním homogenního stavu fluida.

*Stupeň zaplnění*

Stupeň zaplnění (F) je definován jako poměr objemu jedné fáze v inkluzi (nejčastěji kapaliny) vůči objemu celé inkluze. Nabývá hodnot od 0 do 1. Přesné stanovení bývá obtížné, lze jej odhadnout na základě porovnání s normovanými řezy (obr. 9) nebo pomocí výpočtu. Je tu možnost špatného odhadu či výpočtu díky zkreslení poměru fází v inkluzi vzhledem k odlišnosti její prostorové orientace a orientace roviny pozorování (Zachariáš 2000).

Stupeň zaplnění je důležitý pro rozlišení inkluzí vzniklých z homogenního či heterogenního fluida, nebo druhotně porušených inkluzí. Je také důležitý pro pozdější výpočet izochor (výpočet celkové hustoty fluida v inkluzi).



Obr. 9: Srovnávací nákresy pro odhad stupně zaplnění plynokapalných inkluzí A) pro trojrozměrné inkluze (dle Shepherd et al. 1985 in Zachariáš 2000), B) pro inkluze sférického tvaru (dle Roedder 1984 in Zachariáš 2000)

### 4.3. Optická mikrotermometrie

Mikrotermometrie fluidních inkluzí byla měřena pomocí mikrotermometrického stolku značky Linkam THMSG 600 (zařízení umožňující ochlazování a zahřívání pozorovaného vzorku), který je zabudovaný na mikroskopu Olympus BX-50 objektivy 20× a 50× ULWD. Mikrotermometrický stolec byl zkalibrován užitím přírodních a syntetických standardů (fluidních inkluzí známého chemického složení, chemikálií položených/kápnutých mezi dvě krycí sklíčka, či vlivem povrchového napětí nasátých do skleněné kapiláry (Zachariáš 2000)) při -56,6 °C (CO<sub>2</sub>), 0 °C (H<sub>2</sub>O), +31 °C (CO<sub>2</sub>), +307 °C (NaNO<sub>3</sub>) a +398 °C (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Přesnost měření je ±0,1 °C od -0 °C do +50 °C a ±3 °C nad 300 °C (Zachariáš a Novák 2009).

Tab. 2.: Teploty tání různých chemických substancí využitelných při kalibraci mikrotermometrického stolku (dle Roeddera 1984 in Huraiová a kol. 2002)

Teplota (°C)	Látka	Vzorec
-112	Etylalkohol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
-95	Toluén	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>
-56,8	n-Oktán	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>
-56,6	Kysličník uhličitý	CO <sub>2</sub>
-63,4	Trichlórmetán (chloroform)	CHCl <sub>3</sub>
-38,9	Ortuť	Hg
0	Voda	H <sub>2</sub> O
80,6	Naftalén	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
112,8	Síra	S
228	Sacharín	-
232	Cín	Sn
263	Fenolftaleín	-
306,8	Dusičnan sodný	NaNO <sub>3</sub>
327,4	Olovo	Pb
333	Dusičnan draselný	KNO <sub>3</sub>
398	Dvojjchroman draselný	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
419,6	Zinok	Zn
449,5	Telúr	Te
630,5	Antimón	Sb
800,4	Kamenná soľ	NaCl

Mikrotermometrická data byla sbírána pouze pro homogenní populace fluidních inkluzí, jako jednotlivé růstové zóny, 3D klastry nebo dobře definovatelné trailly fluidních inkluzí. Měřené fázové změny zahrnovaly teplotu prvního tání (T<sub>FM</sub>; v našem případě námi určenou teplotu výmrazu T<sub>vymr</sub>), teplotu tání posledního krystalu ledu (T<sub>m-ice</sub>), teplotu tání pevného CO<sub>2</sub> (T<sub>m-CO<sub>2</sub></sub>), teplotu tání klatrátu (T<sub>m-CLA</sub>), teplotu homogenizace CO<sub>2</sub> (T<sub>h-CO<sub>2</sub></sub>), teplotu celkové homogenizace (T<sub>h-tot</sub>), případně teplotu dekripitace (T<sub>d</sub>). Homogenizace byla nejčastěji na kapalinu (L) nebo na plyn (V), kritický způsob (C) nebyl pozorován. Stupeň zaplnění (F) je odhadován jako L/(V + L) poměr k 30 °C. Salinity byly spočítány jako hm.% NaCl<sub>ekv.</sub> pomocí rovnic Bodnara (1993) pro vodné inkluze a Bakker (1997,1999) pro H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze. Salinity H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí zahrnovaly korekce pro příměs CH<sub>4</sub>. Data Thieryho et al. (1994) byla použita k odhadu složení a molárního objemu plyných fází směsí plynů CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>. Izochory byly spočítány užitím rovnic Zhanga a Frantze (1987) a Bakker (1999) pro systém H<sub>2</sub>O-solí, respektive systém H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-NaCl (Zachariáš a Novák 2009).

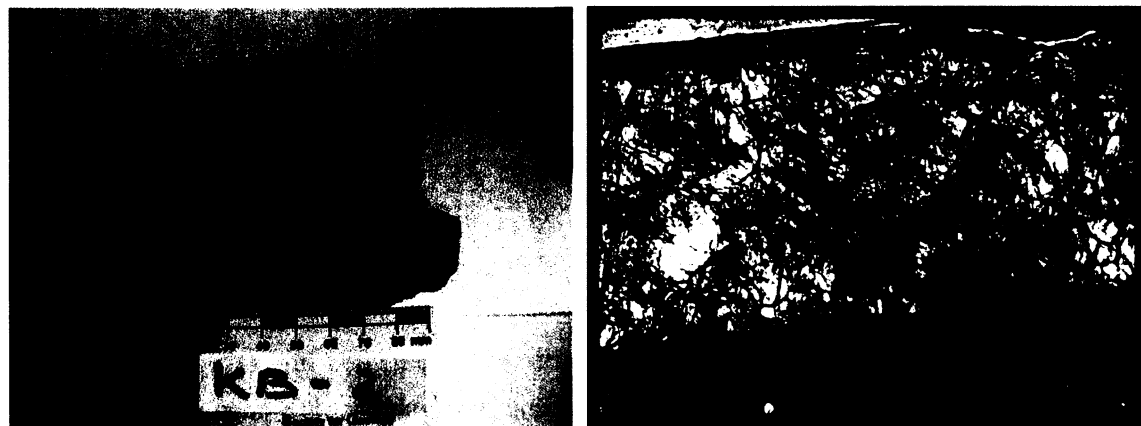
## 5. FLUIDNÍ INKLUZE – VÝSLEDKY MĚŘENÍ A POPIS VZORKŮ

### 5.1. Vzorek KB-2

#### Makrovzorek:

Částečně navětralý granodiorit (temně cihlové zabarvení od Fe oxihydroxidů) se zbytky masivní křemenné žiloviny při jednom okraji. Přibližně kolmo na plochu „hlavní“ křemenné žíly vybíhá několik paralelních trhlin, částečně otevřených a vyplněných křemennou hmotou („zpeřené žilky“). Křemen vyplňující tyto drobné trhliny je místy hrubě krystalický, místy je trhlina otevřená a její stěny jsou řídkce porostlé drobnými (do 5 mm) automorfně omezenými krystaly křemene či agregáty tmavě zelenavého chloritu. Drobné žilky jsou pravděpodobně mladší než zbytky „hlavní“ žíly.

Destička použitá ke studiu FI obsahovala pouze zpeřenou žilku.



Obr. 10a.: Makrovzorek KB-2, b.: Výbrus KB-2.

#### Destička:

Křemenná žilovina obsahující občasné volné dutiny s krystaly křemene vyskytující se na styku žiloviny s horninou a patrnými náznaky krystalového omezení tamtéž. Velikost zrn kolísá od cca 2 mm do 2,2 cm. Průměrná velikost zrn se pohybuje okolo 5 až 10 mm. Zrna jsou xenomorfní, slabě undulózně zháší. Významnější duktilní deformace vzorku je patrná pouze při okrajích na styku žiloviny s horninou. Ve vzorku jsou hojné trailly malých H<sub>2</sub>O a větších H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí. H<sub>2</sub>O trailly jsou delší, hustě naskládané paralelně vedle sebe, pokud se kříží jsou na sebe kolmé. Trailly H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí jsou krátké, na sebe nenavazující, nekřížící se, vyskytují se celkově méně častě. Většina inkluzí se vyskytuje ve shlucích.

#### Inkluze:

Inkluze jsou distribuovány na trailech, mimo ně se však vyskytují velice často v menších uspořádaných shlucích, nebo velkých shlucích navazujících na trail. Většina inkluzí má homogenní stupeň zaplnění (F: 0,90 – 0,95) a velikost od 5 do 20 mikronů. Tvarem jsou převážně slabě nepravidelné nebo méně často oválné. Výjimkou jsou plynem bohaté inkluze z anomálně zhášejšího

zrna, které mají stupeň zaplnění  $F = 0,1-0,2$ , a mají oválný tvar.

$H_2O-CO_2$  inkluze jsou roztroušené na krátkých většinou osamocených trailech, často jsou však porušené, malé či jinak neměřitelné. Výjimečně se najde trail velkých, dobře měřitelných inkluzí. Dobře měřitelné inkluze se vyskytují většinou jednotlivě nebo v malých uspořádaných shlucích.

$H_2O$  inkluze se vyskytují buď na dlouhých trailech nebo velkých shlucích. Dlouhé traily jsou paralelní, hustě naskládané u sebe, většinou se jedná o pár větších, měřitelných inkluzí a spoustu malých neměřitelných. Shluky jsou buď samostatně umístěné nebo navazují na traily

### **Úlomek 1:**

Několik křemenných zrn ze středu žíly, čiré, neobsahující skoro žádné inkluze kromě několika výrazných trailů  $H_2O-CO_2$  inkluzí a u nich přilehlých shluků  $H_2O-CO_2$  a  $H_2O$  inkluzí.

Traily  $H_2O-CO_2$  inkluzí jsou krátké, na sebe nenavazující, nekříží se, jsou osamocené. Osazeny inkluzemi jsou poměrně řídké, avšak tyto inkluze jsou většinou měřitelné. Inkluze mají stupeň zaplnění  $0,80 - 0,90$  (výjimečně i  $0,10$ ), jsou  $10 - 25$  mikronů velké, většinou jsou protáhlé, oválného tvaru. Teploty homogenizace  $H_2O-CO_2$  inkluzí jsou pravidelné, skoro až identické, pohybují se v intervalu  $295\text{ °C}$  až  $325\text{ °C}$  (na kapalinu i plyn), přičemž nejčastěji naměřená teplota byla cca  $315\text{ °C}$  (na kapalinu i plyn). Nižší teploty okolo  $295\text{ °C}$  (na kapalinu) byly naměřeny mimo trail.

$H_2O$  inkluze se vyskytují poměrně rovnoměrně rozmístěny jak na trailech tak mimo ně. Mají buď protáhlý, oválný nebo nepravidelný tvar, homogenní stupeň zaplnění  $F: 0,90$ . Teploty homogenizace (na kapalinu) se pohybují od  $200\text{ °C}$  do  $210\text{ °C}$ .

### **Úlomek 2:**

Anomálně zhasějící zrno z okraje žíly, čiré s minimem měřitelných  $H_2O-CO_2$  inkluzí,  $H_2O$  inkluze měřeny nebyly. Vyskytující se  $H_2O-CO_2$  inkluze jsou orientovány do shluků ve kterých je vždy kromě několika větších i mnoho malinkatých neměřitelných inkluzí, traily se v tomto zrně nevyskytují. Tvarově jsou inkluze většinou oválné až kulaté, méně často úzké a protáhlé. Stupeň zaplnění převažuje kolem  $0,90$ , vzácněji lze najít i inkluze se stupněm zaplnění kolem  $0,10$ . Teploty homogenizace se pohybují v intervalu od cca  $250\text{ °C}$  do  $265\text{ °C}$  (na kapalinu i plyn). Teplota tání klatrátu se pohybuje od  $7,5\text{ °C}$  do  $9,5\text{ °C}$ .

### **Úlomek 3:**

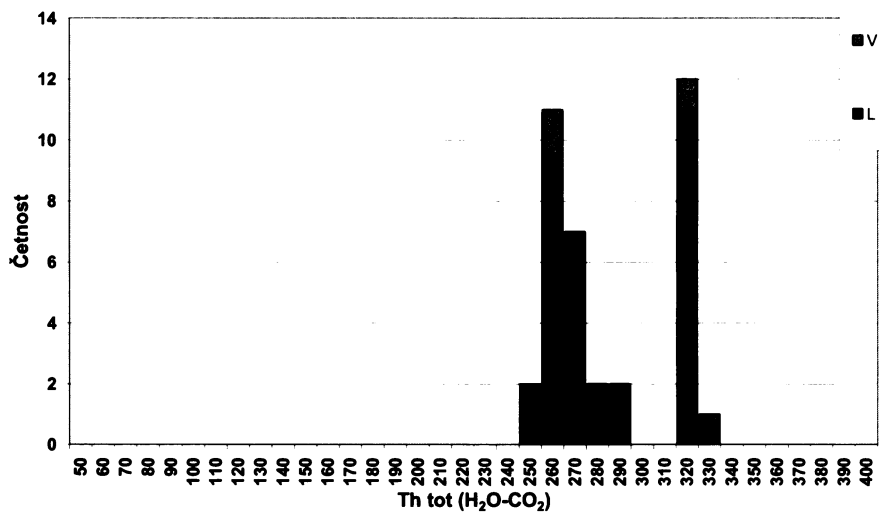
Nejčirější oblast ve vzorku (nejmladší fáze křemene) obsazující několik křemenných zrn nacházejících se na konci žíly. Hojně jsou drobné, poměrně krátké traily malých  $H_2O$  inkluzí, které jsou usazeny poměrně řídké. Tyto traily jsou často zakončené velkým shlukem malinkatých neměřitelných inkluzí. Traily samotné jsou na sebe při křížení skoro kolmé. Ve shlucích se ojediněle objeví  $H_2O-CO_2$  inkluze.

H<sub>2</sub>O inkluze jsou malé, oválného tvaru, mají homogenní stupeň zaplnění F: 0,9, homogenizují v intervalu cca 190 °C až 200 °C na kapalinu. Teploty homogenizace se neliší na trailu a mimo něj.

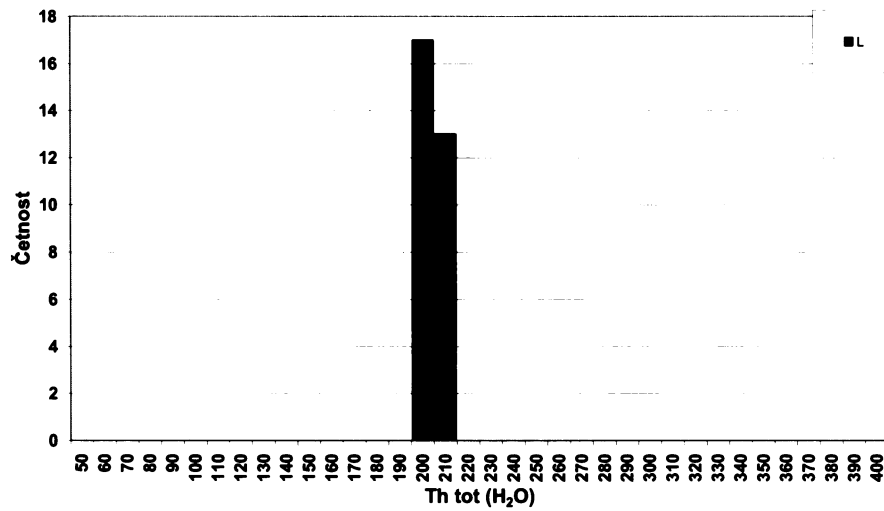
H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze se vyskytly v jednom měřeném shluku, jinde pozorovány nebyly. Mají oválný tvar, stupeň zaplnění F: 0,9, teploty homogenizace cca 270 °C na kapalinu.

Tab. 3.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-2.

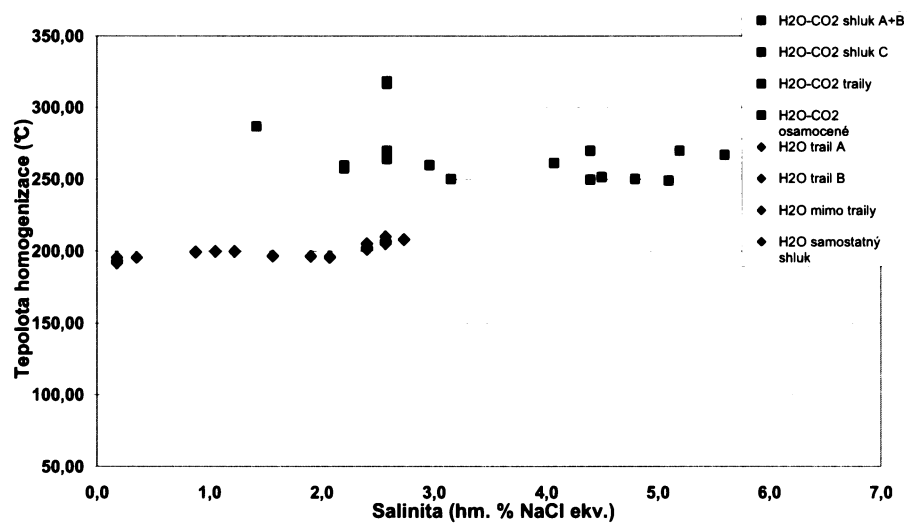
KB-2	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O	
	traily	shluky	traily	shluky
Tm-CO <sub>2</sub>	-56,5 až -58,7	-57,9 až -59,5		
Th-CO <sub>2</sub> (L)	13,4 až 14,5	10,4 až 14,5		
Th-CO <sub>2</sub> (V)	11,2 až 14,1	10,5 až 15,8		
Tm-CLA	8,7	7,5 až 9,3		
Tvymr			-38,3 až -39,7	-37,4 až -39,7
Tm-ice			-0,1 až -1,1	-0,5 až -1,6
Th-tot (L)	311,4 až 318,3	248,9 až 315,7	191,2 až 196,5	199,3 až 210,0
Th-tot (V)	315,2 až 326,4	257,4 až 265,4		
Salinita	2,6	1,4 až 4,8	0,2 až 2,1	0,9 až 2,7
F	0,8 až 0,9	0,1 až 0,9	0,9	0,9



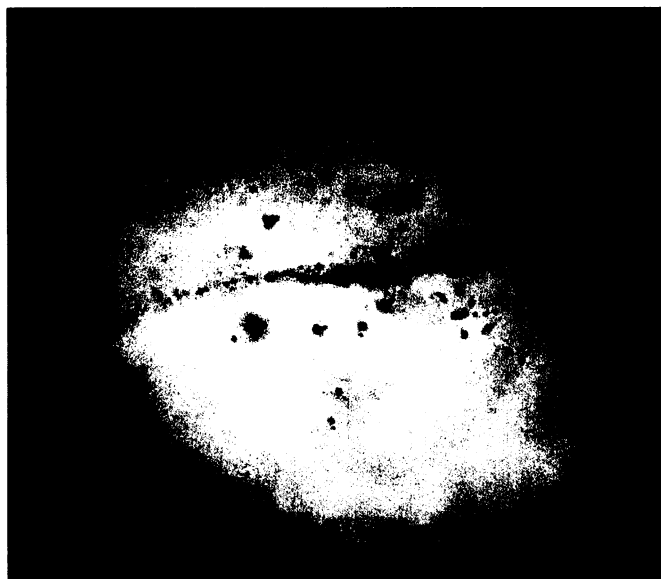
Obr. 11.: Histogram četnosti finálnych teplôt homogenizácie H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inklúzií ve vzorku KB-2.



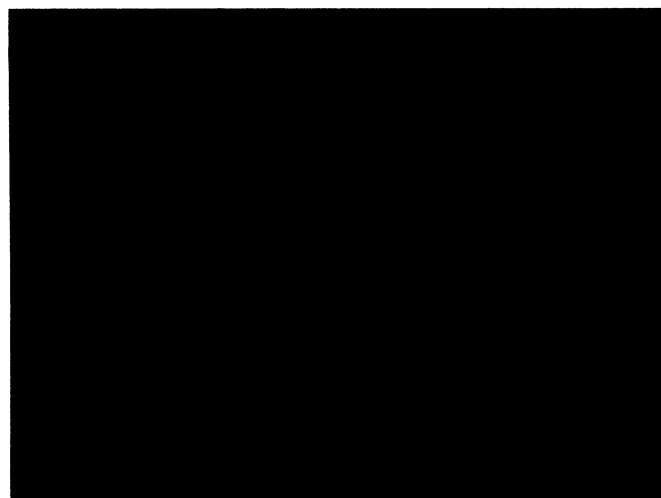
Obr. 12.: Histogram četnosti teplôt homogenizácie H<sub>2</sub>O inklúzií ve vzorku KB-2.



Obr. 13.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-2.



Obr. 14.: H<sub>2</sub>O traily křížící se v úhlu cca 45°.



Obr. 15.: Velká osamocená H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze poblíž vodného trailu.



Obr. 16.: Shluk H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí s různým stupněm zaplnění.



## 5.2. Vzorek KB-3

### Makrovzorek:

Vzorek granodioritu  $15 \times 15 \times 15$  cm. Jedna z jeho ploch reprezentuje stěnu otevřené trhliny. Na ploše jsou narostlé drobné i větší krystaly křemene. Největší krystaly (až 5 cm dlouhé) mají osu c paralelně s plochou trhliny, drobnější krystalky (X mm) jsou všesměrně orientované. Některé z krystalů jsou výrazně rýhované. Na ploše dále jsou nápadné drobné (do 5 mm) krystalky bílého živce (albit).



Obr. 17a.: Makrovzorek KB-3, b.: Výbrus KB-3.

### Destička:

Při okrajích žíly křemen obsahuje hojné všesměrně orientované lupínky muskovitu. Jednotlivé lupeny jsou poměrně velké a jsou zarostlé v žilném křemeni (nejedná se o horninový typ muskovitu). Křemenná žilovina je zcela masivní a neobsahuje volné dutiny s krystaly křemene a ani náznaky krystalového omezení nejsou patrné v samotné žilovině.

Ve vzorku jsou hojné traily  $H_2O$  inkluzí, jsou však krátké. Orientace krátkých trailů je všesměrná celkově, převažují traily 1 až 3 směrů. Občas se objevuje se jeden mohutný, dlouhý trail, na který jsou ostatní kratší traily kolmé.  $H_2O-CO_2$  inkluze se objevují velmi sporadicky.

### Inkluze:

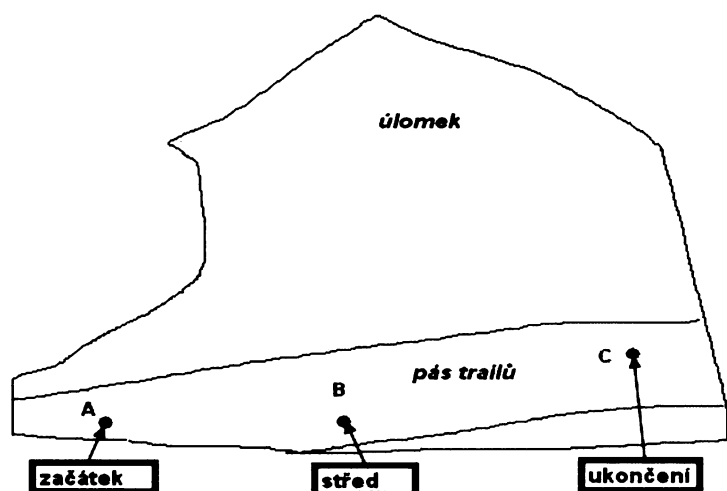
Inkluze jsou distribuovány většinou na trailech nebo v menších shlucích. Většina inkluzí má homogenní stupeň zaplnění ( $F: 0,90$ ), velikost od 5 do 50 mikronů, běžná velikost se pohybuje převážně v intervalu 15 – 20 mikronů. Tvarem jsou převážně slabě nepravidelné nebo méně často oválné. Vzácně je vidět přichycení inkluze k lupínku muskovitu.

### Úlomek:

Křemenné zrno ( $2 \times 5$  mm) z okraje žíly, čiré s výrazným mohutným trailem  $H_2O$  inkluzí, na něj kolmými kratšími  $H_2O$  traily a občasnými shluky  $H_2O$  inkluzí mimo jakýkoliv trail. Velmi vzácně se vyskytující  $H_2O-CO_2$  inkluze se objevují mimo traily a jsou špatně měřitelné.

Dominantním úkazem v tomto úlomku je mohutný trail táhnoucí se přes celou spodní část úlomku.

Vyskytují se na něm pouze H<sub>2</sub>O inkluze. Velké inkluze byly nejčastěji nepravidelné, menší měly občas tvar negativního krystalu nebo byly oválné. Tyto inkluze byly vtroušené mezi velké množství malých a neměřitelných inkluzí. Stupeň zaplnění byl homogenní (F: 0,90). Všechny inkluze homogenizují na kapalinu od cca 180 °C až do 210°C. Teploty homogenizace se mírně liší umístěním na pásu (obr. ) – nejvyšší jsou na jeho začátku (cca 200 až 210 °C), ve středu a na konci jsou teploty skoro stejné (cca 190 až 200°C) . Hodnoty teplot výmrazu (cca -39 až -41 °C) a tání ledu (-0,4 až -0,9 °C) jsou na celém pásu homogenní.

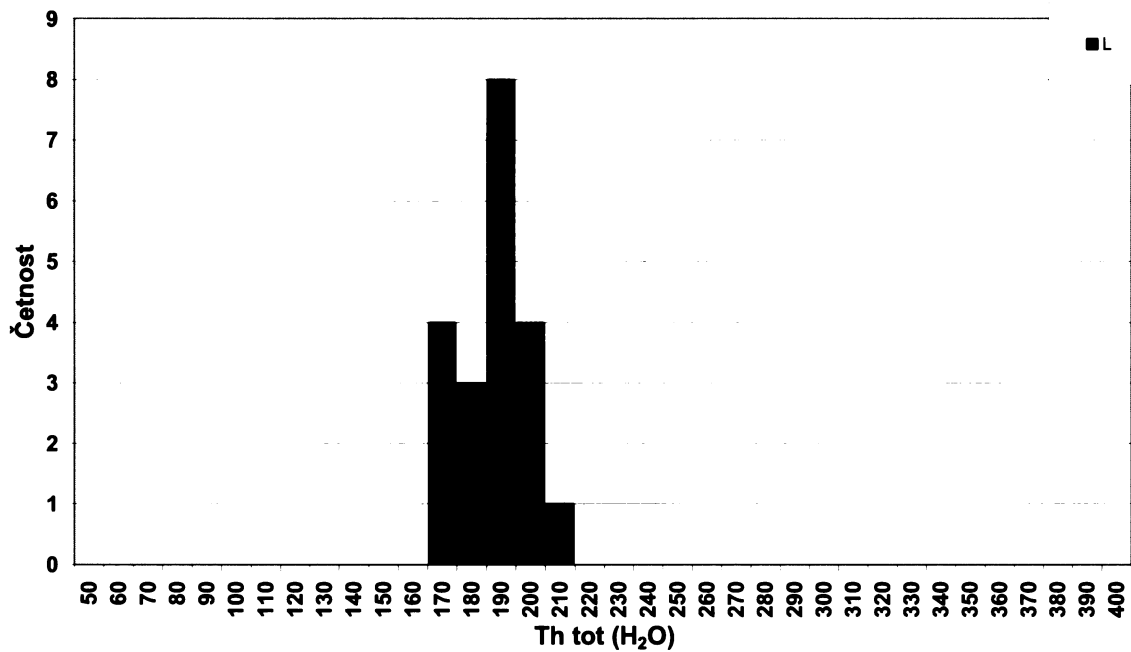


Obr. 18.: Umístění měřených oblastí v úloмку vzorku KB-3.

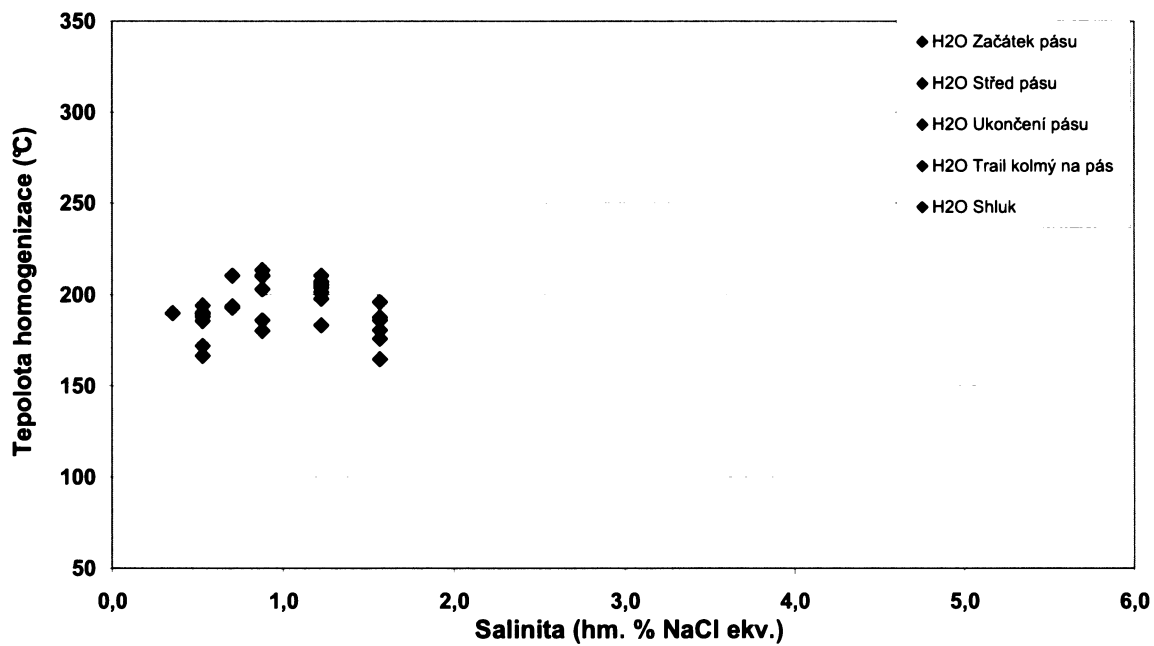
Měření bylo také krátký trail kolmý na hlavní pás. Stupeň zaplnění inkluzí byl opět homogenní (F: 0,90). Hodnoty teplot homogenizace ( $T_h = 170-190^\circ\text{C}$ ) a salinity jsou srovnatelné s hodnotami naměřenými na hlavním pásu. Liší se pouze teploty tání ledu (-0,2 až -0,3 °C), které jsou o něco málo nižší než na hlavním pásu.

Tab. 4.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-3.

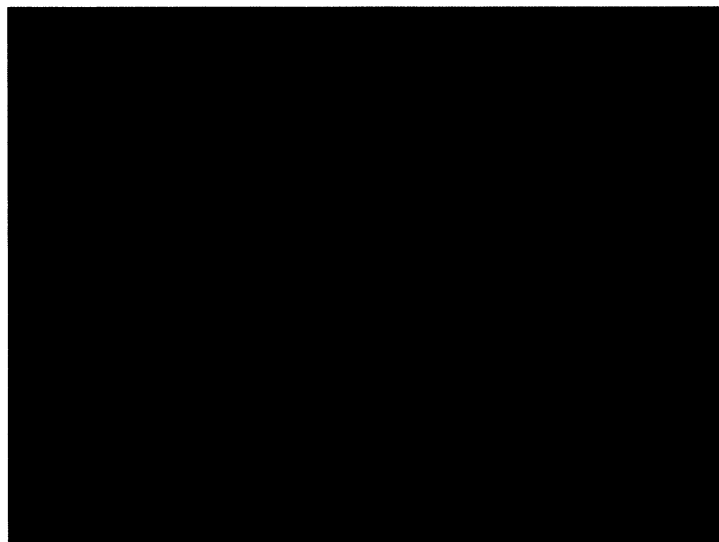
KB-3	H <sub>2</sub> O	
	shluky	traily
T <sub>m-ice</sub>	-0,3 až -0,9	-0,3 až -0,9
T <sub>vymr</sub>	-37,7 až -39,1	-38,2 až -41,7
T <sub>h-tot (L)</sub>	164,5 až 187,7	171,7 až 213,3
Salinita	0,5 až 1,6	0,5 až 1,6
F	0,9	0,9



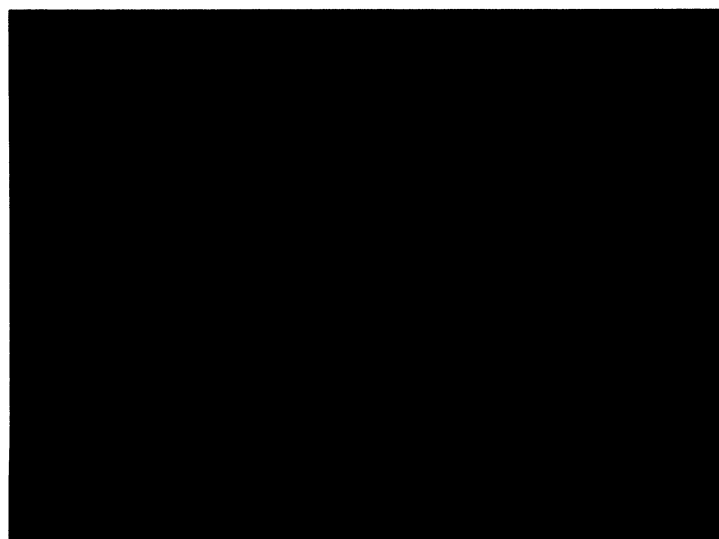
Obr. 19.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-3.



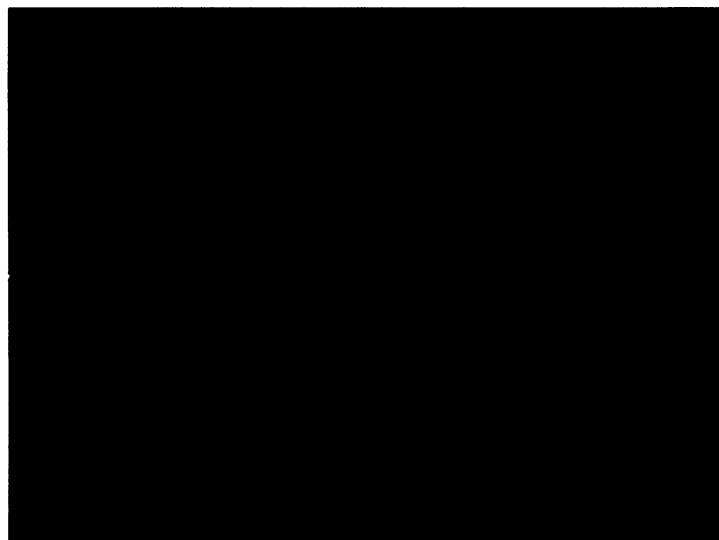
Obr. 20.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-3.



Obr. 21.: H<sub>2</sub>O inkluze přisedlá k lupínku muskovitu.



Obr. 22.: Část hlavního pásu H<sub>2</sub>O trailů.

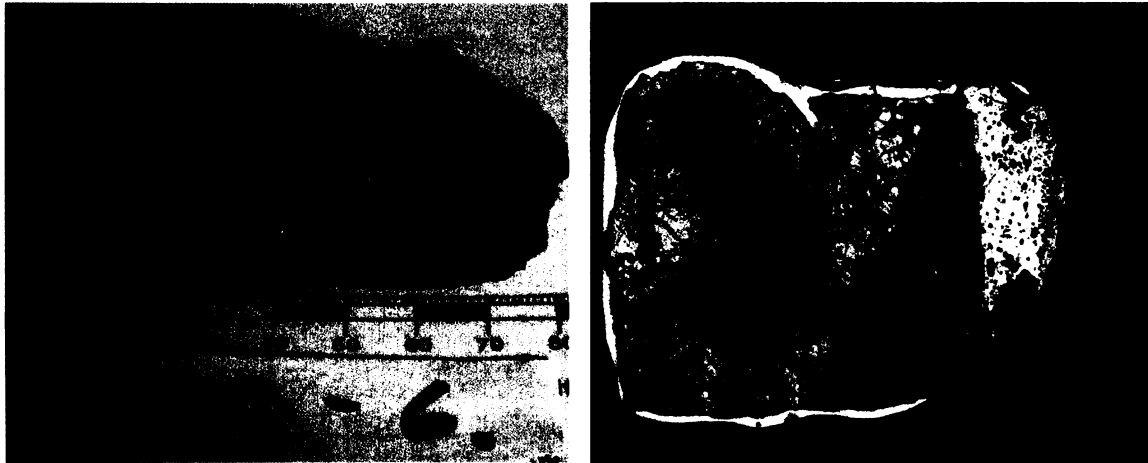


Obr. 23.: Trail H<sub>2</sub>O inkluzí kolmý na hlavní pás trailů ve vzorku.

### 5.3. Vzorek KB-6

#### Makrovzorek:

Vzorek nenavětralého granodioritu  $5 \times 4 \times 2$  cm s masivní křemenou žilovinou obklopující ho z několika stran. Křemenná žilovina zbarvená po Fe oxihydroxidech na několika místech přechází v malé dutinky s krystalickým křemenem. Vzorek na inkluze reprezentuje granodiorit a křemennou žilovinu bez dutinek.



Obr. 24a.: Makrovzorek KB-6, b.: Výbrus KB-6.

#### Destička:

Křemenná žilovina neobsahuje volné dutiny s krystaly křemene a ani jiné náznaky krystalového omezení nejsou patrné. Velikost zrn kolísá od cca 2 mm do 2 cm. Průměrná velikost zrn se pohybuje okolo 5 až 10 mm. Zrna jsou allotriomorfní, slabě undulózně zháší ale významnější duktilní deformace vzorku není patrná.

Ve vzorku jsou hojné trailly sekundárních inkluzí, jsou však krátké (většinou omezené na část jednoho zrna). Orientace trailů je všesměrná celkově, v jednotlivých zrnech převažují trailly 1 až 3 směrů.

#### Inkluze:

Inkluze jsou distribuovány nepravidelně, většina z nich je sekundárního charakteru a velikosti menší než 15 mikronů. Lze rozlišit  $H_2O-CO_2$  inkluze distribuované náhodně, nebo v menších shlucích a  $H_2O$  inkluze na trailech a v jejich okolí.

#### Úlomek 1:

křemenné zrnko ( $5 \times 5$  mm) ze středu žíly, čiré s několika výraznými trailly  $H_2O$  inkluzí a méně zřejmými shluky  $H_2O-CO_2$  inkluzí.

$H_2O-CO_2$  inkluze tvořily shluky o cca 5-20 inkluzích. Inkluze byly různých tvarů, u menších inkluzí převažoval tvar negativního krystalu křemene, větší inkluze byly spíše oválné, mírně nepravidelné. Stupeň zaplnění byl variabilní, od cca 0 do cca 0,8-0,9, hodnoty kolem 0,6 až 0,3 se však

nevyskytovaly. Důvod variability nelze posoudit, je možné, že inkluze bohaté CO<sub>2</sub> (F: 0 – 0,2) vznikly druhotným porušením H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí (F: 0,8).

H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (F: 0-0,2): Celková teplota homogenizace byla obtížně určitelná v plynech bohatých inkluzích, kdy meniskus kapaliny přestal být pozorovatelný již asi při +200 °C, kdy došlo k homogenizaci je otázkou.

H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (F: 0,8-0,9): teplota homogenizace CO<sub>2</sub> na plyn byla obtížně pozorovatelná, pravděpodobně k ní došlo při +10 °C (± 5°C). Inkluze homogenizovaly až při cca +300 °C na kapalinu.

Ve shluku H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí byly při mikrotermometrii zjištěny drobné H<sub>2</sub>O inkluze podobných tvarů (neg. krystal) s neurčenou salinitou a teplotou homogenizace 175-185 °C (L). Podobné teploty homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí jsou na vodných trailech. Tyto vodné inkluze proto pravděpodobně nepředstavují produkt rozpadu H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> fluid.

H<sub>2</sub>O inkluze: Byly měřeny 3 traily (A, B, C), traily A a B byly paralelní, trail C svíral s trailem B úhel cca 70°. Inkluze na trailech se nelišily ani tvarem (oválné, vzácně jiné), ani velikostí (5-15 mikronů). Teplota homogenizace i salinita inkluzí na trailech je homogenní v rámci příslušné populace. Výraznější variabilita je u inkluzí umístěných mimo traily.

### **Úlomek 2:**

Shluk H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí (3D uspořádání) ležící zřetelně stranou mimo výrazné H<sub>2</sub>O traily. Inkluze mají převážně konstantní stupeň zaplnění (F~ 0,8-0,7). Byly pozorovány 3 oblasti – oblast 1 (F: 0,7), oblast 2 (F: 0,8). V oblasti 2 byly pozorovány ojedinělé plynem bohaté (F: 0,2) inkluze, které celkově homogenizovaly na plyn. Všechny ostatní H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (F~ 0,8-0,7) inkluze homogenizují od 270 do 330 °C (na L). V jedné inkluzi (oblast 3) byla pozorována transparentní oválná pevná fáze a černá jehlice zarostlá částečně v křemenu, částečně zasahující do inkluze. Toto svědčí spíše pro primární charakter těchto inkluzí. Inkluze mají tvar negativního krystalu, oválný, či nepravidelný. V oblasti 2 i 3 byly pozorovány též vzácné

H<sub>2</sub>O inkluze homogenizující kolem 240-250 °C na kapalinu (jedna při T < 220). Tyto inkluze by mohly reprezentovat produkt rozpadu H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> fluida, texturní znaky však nejsou průkazné.

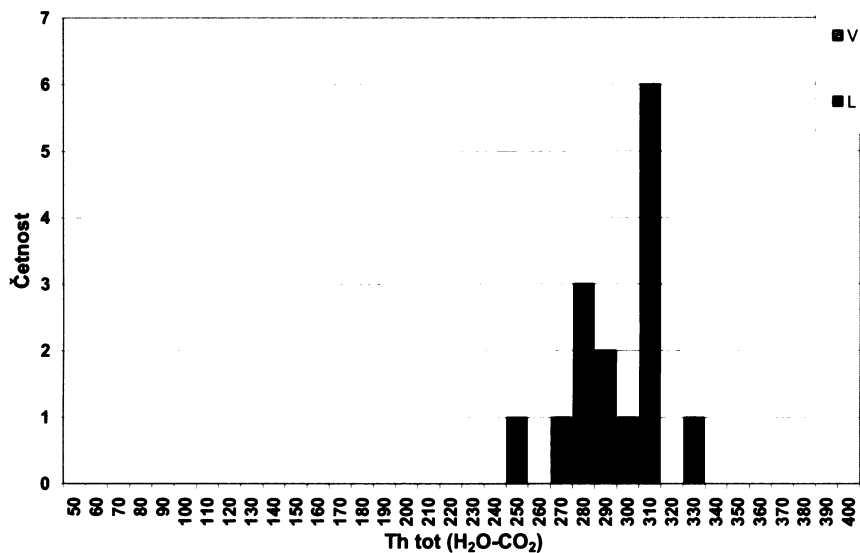
### **Úlomek 3:**

Výrazný trail H<sub>2</sub>O inkluzí v čirém křemenu, izolovaný od okolních inkluzí. Inkluze mají konstantní stupeň zaplnění (F~ 0,9), tvary negativních krystalů i oválné jsou běžné. Mikrotermometrické parametry jsou homogenní pro všechny inkluze z tohoto trailu (celkem změřeno 8 inkluzí). Teploty výmrazu byly o 1 – 2 °C vyšší než u předtím měřených inkluzí v jiných úlomcích. Pohybují se okolo -43 °C. To samé platí i o teplotách tání ledu. Zde se měřené teploty pohybují okolo -3 °C. Teploty

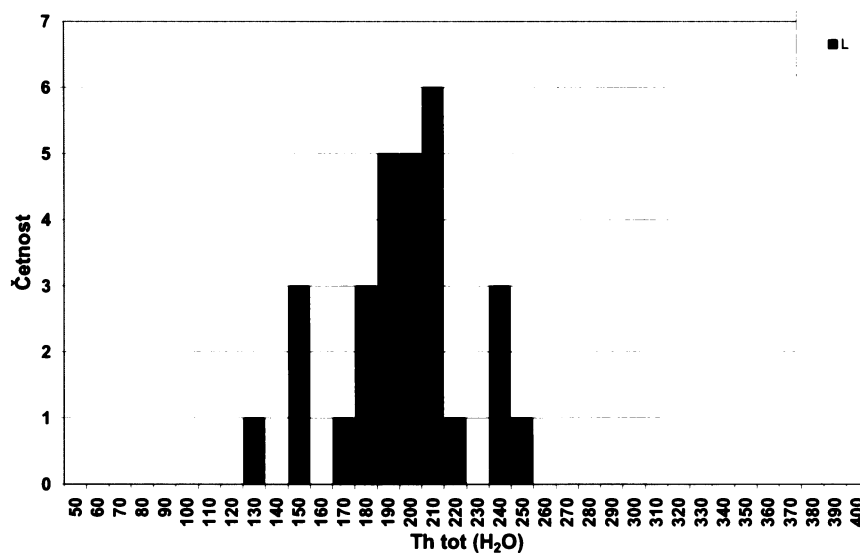
homogenizace se již neliší, pohybují se okolo 200 °C na kapalinu.

Tab. 5.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-6.

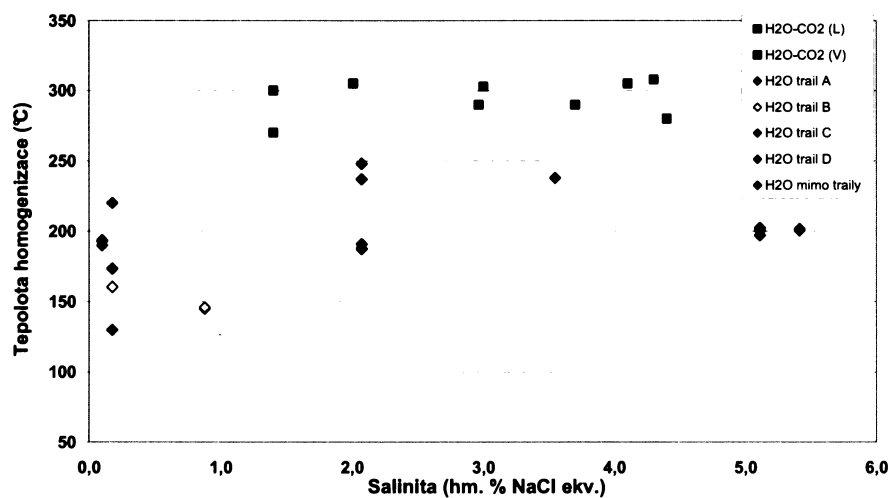
KB-6	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O	
	traily	shluky	traily	shluky
Tm-CO <sub>2</sub>	-57,7 až -59,6	-57,9 až -59,5		
Th-CO <sub>2</sub> (L)		3,7 až 19,7		
Th-CO <sub>2</sub> (V)	10,3 až 14,2	10,0 až 18,5		
Tm-CLA	8,5	8,4 až 18,4		
Tvymr			-36,0 až -43,1	-37,0 až -41,1
Tm-ice			0,1 až -3,3	0,1 až -2,1
Th-tot (L)	275,0 až 326,0	250,0 až 310,0	146,0 až 202,3	130,0 až 218,0
Th-tot (V)		270,0 až 300,0		
Salinita	3,0	1,0 až 3,2	0,2 až 5,4	0,2 až 3,5
F	0,8	0,0 až 0,9	0,8 až 0,9	0,8 až 0,9



Obr. 25.: Histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ve vzorku KB-6.

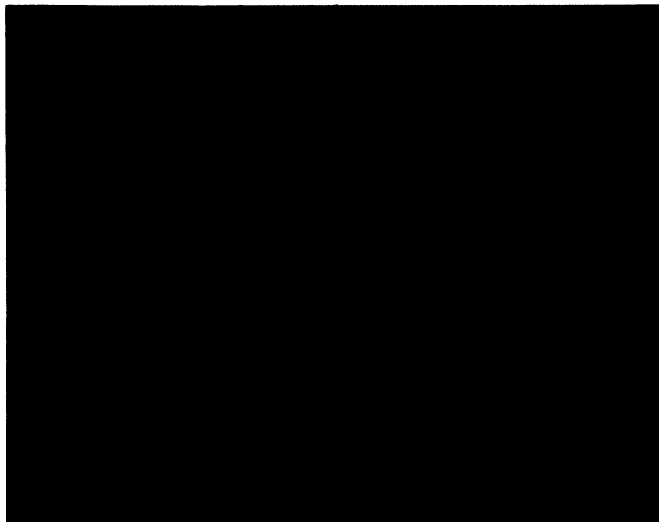


Obr. 26.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-6.



Obr. 27.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-6.

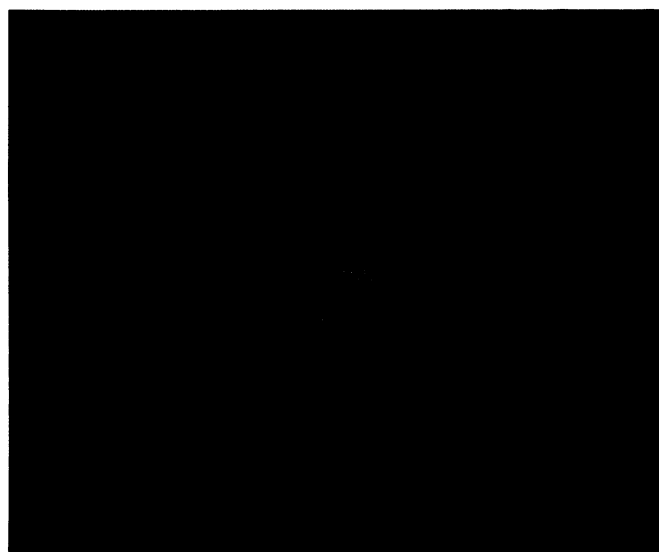




Obr. 28.: Několik křížících se H<sub>2</sub>O trailů, na sebe jsou kolmé.



Obr. 29.: H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze se stupněm zaplnění F: 0,0.

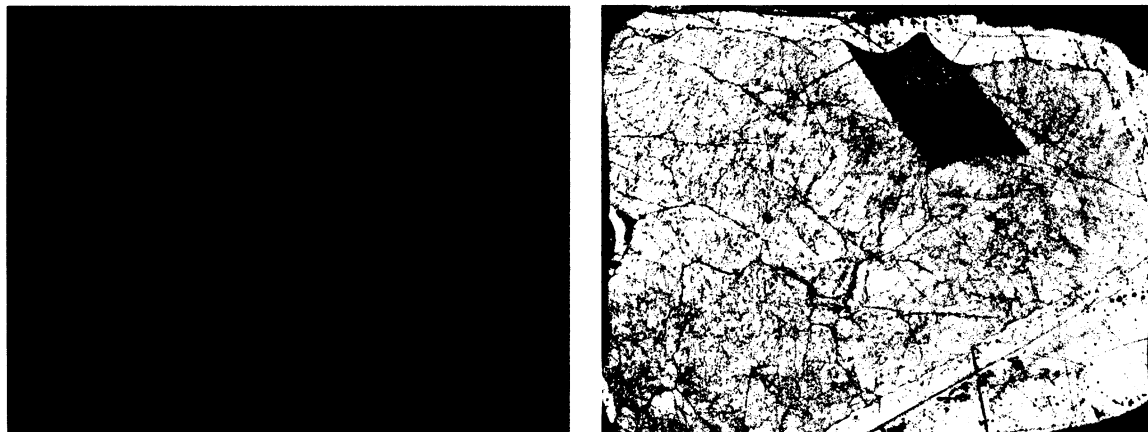


Obr. 30.: Velká H<sub>2</sub>O inkluze mimo dlouhý trail také H<sub>2</sub>O inkluzí.

## 5.4. Vzorek KB-10

### Makrovzorek:

Masivní hrubozrnná Fe oxihydroxidy zbarvená křemenná žilovina  $6 \times 4 \times 3$  cm. Výrazně hrubozrnný masivní křemen se vzácně přítomnými drůzovitými dutinami (vyplněnými masivními agregáty chloritu).



Obr. 31a.: Makrovzorek KB-10, b.: Výbrus KB-10

### Destička:

Při okraji křemenné žíly se nachází hojně, všesměrně orientované šupinky chloritu, které vytváří chloritový agregát. Křemenná žilovina je rozpukaná, bez jakéhokoliv krystalového omezení, bez výskytu krystalů či dutinek. Zrna jsou porušená, jejich hranice se občas kryjí s puklinami. Hojně přítomné jsou inkluze jak ve shlucích, tak na trailech. Traily jsou většinou tvořeny  $H_2O$  inkluzemi pravidelných tvarů, se stupněm zaplnění ( $F: 0,9$ ). Pokud jsou na trailu přítomné  $H_2O-CO_2$  inkluze jsou také pravidelného tvaru s homogenním stupněm zaplnění. Mimo traily jsou inkluze jak pravidelných oválných tvarů, tak tvarů všelijakých nepravidelných. Ve shlucích se vyskytují inkluze buď velmi nepravidelných tvarů ( $H_2O$  i  $H_2O-CO_2$ ), často porušené, s nehomogenním stupněm zaplnění ( $F: \sim 0,6 - 0,9$ ) nebo většinou neporušené oválných tvarů ( $H_2O$  inkluze). Osamocené inkluze (převážně  $H_2O-CO_2$ ) bývají neporušené, pravidelné nebo oválné, s různým stupněm zaplnění.

### Inkluze:

Inkluze se vyskytují jak na trailech tak ve shlucích. Traily jsou většinou dlouhé, všesměrné, časté jsou ovšem i traily paralelní. Shluky jsou menší, často na sebe navazující.  $H_2O$  inkluze mají homogenní stupeň zaplnění ( $F: 0,9$ ) jak na trailech tak mimo ně.  $H_2O-CO_2$  inkluze mají stupeň zaplnění buď  $F: 0,9$  nebo se vyskytují se i  $H_2O-CO_2$  inkluze s neobvyklým stupněm zaplnění ( $F: 0,6 - 0,7$ ). Na trailech jsou tyto neobvyklé inkluze přítomny minimálně. Tvarem jsou buď oválné nebo mají tvar negativního krystalu. Ve shlucích se vyskytují  $H_2O-CO_2$  inkluze s neobvyklým stupněm zaplnění ( $F: 0,6 - 0,7$ ) podstatně častěji. Jsou převážně nepravidelných tvarů, všelijak pokroucené, pouze pár těchto inkluzí mělo pravidelný tvar. Pouze inkluze pravidelného tvaru vydržely mikrotermometrické měření, ostatní

nepravidelného tvaru byly buď již porušené nebo nevydržely výmraz.

### **Úlomek 1:**

Několik H<sub>2</sub>O trailů z méně rozpukané části vzorku. Traily jsou poměrně krátké, jsou hustě osazeny inkluzemi, většinou pár větších a zbytek malé neměřitelné inkluze. Měřeny dva vzájemně paralelní traily menších inkluzí a jeden samostatný trail větších inkluzí. Stupeň zaplnění je homogenní u všech inkluzí na trailech (F: 0,9). Inkluze byly buď pravidelného tvaru nebo oválné. Mikrotermometrická měření byla v podstatě homogenní pro všechny měřené inkluze. U paralelních trailů byla teplota tání ledu o něco málo vyšší (-0,5 až -1,2 °C) než u samostatného trailu (-0,1 až -0,5 °C). Větší inkluze na samostatném trailu homogenizovaly okolo teplot cca 160 °C na kapalinu, což je zhruba o 10 °C vyšší teplota než u trailů paralelních (teploty okolo ~ 150 °C na kapalinu).

### **Úlomek 2:**

Shluky H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O inkluzí, často jsou shluky těsně vedle sebe (ale nemísí se), popřípadě jsou zakončením drobných trailů H<sub>2</sub>O inkluzí. Tyto dlouhé traily jsou osazeny dost řídkce, většinou malými neměřitelnými H<sub>2</sub>O inkluzemi, mezi nimiž je jedna či dvě větší.

Shluky H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí obsahují velké množství těchto inkluzí, které jsou velmi nepravidelných tvarů, často jsou již porušené. Mají různý stupeň zaplnění  $F \sim 0,6$  až  $0,9$ . Některé nevydrží vymrazování, jiné nedosáhnou teploty homogenizace a dekriptují (280-290°C). Pokud mají pravidelný tvar (negativní krystal) jsou většinou neporušené a dají se dobře měřit (to platí hlavně u  $F: 0,6-0,7$ ). U inkluzí s  $F: 0,9$  byla teplota tání CO<sub>2</sub> zhruba o stupeň nižší než u inkluzí s nižším  $F: 0,6$  až  $0,8$ . U teplot homogenizace CO<sub>2</sub> tomu bylo naopak – inkluze s  $F: 0,9$  měly teploty výrazně nižší (až o 10°C, homogenizují na kapalinu) než inkluze s  $F: 0,6-0,7$  (22–28 °C na kapalinu i na plyn). Teploty naměřených klatrátů se pohybovaly v rozmezí cca 10–11 °C. Na celkové teploty homogenizace stupeň zaplnění vliv neměl, pohybovaly se v intervalu 260–300 °C na kapalinu, přičemž při 300 °C některé inkluze homogenizovat teprve začaly.

H<sub>2</sub>O inkluze byly měřeny ve dvou smíšených shlucích. Mírně se lišily pouze stupněm zaplnění (jeden shluk měl  $F: 0,8$  a druhý  $F: 0,9$ ), jinak ostatní naměřené hodnoty byly ve stejných intervalech. Teploty výmrazu se pohybovaly v intervalu cca -29 až -31 °C, led tál při teplotách blízkých -1 °C, a teploty homogenizace se pohybovaly v rozmezí cca od 140 do 150 °C na kapalinu. Byla naměřena pouze jedna anomální teplota homogenizace, která přesáhla 170 °C (konkrétně 171,3 °C).

### **Úlomek 3:**

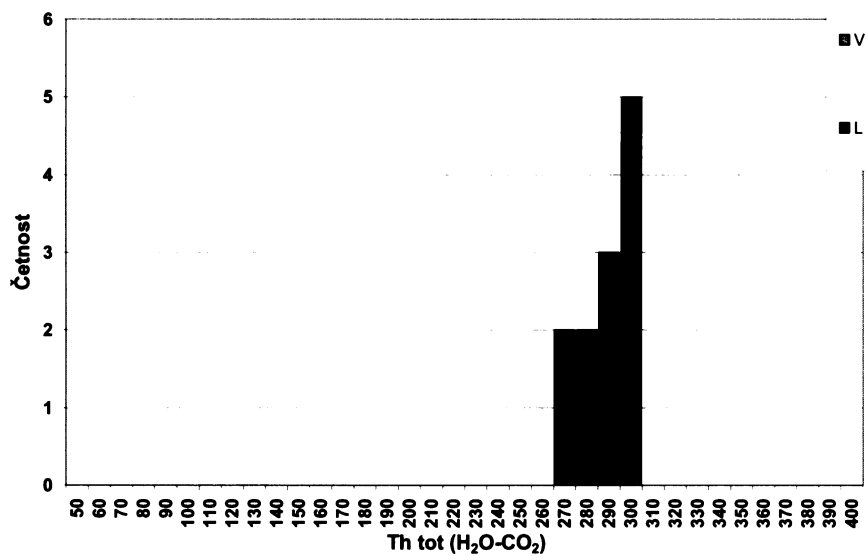
Jedná se o část vzorku blízko chloritového agregátu. Inkluze jsou zde zastoupeny jak traily tak hojnými shluky. Traily jsou dlouhé, obvykle se vzájemně nekříží, zasahují až mezi chloritové šupinky a k agregátu. Jsou osazeny jak H<sub>2</sub>O tak H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzemi se stejným stupněm zaplnění ( $F: 0,9$ ). Shluky jsou tvořeny také oběma typy inkluzí, opět se stejným stupněm zaplnění ( $F: 0,9$ ).

H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzím, jak na trailu tak ve shlucích, byly mikrotermometricky naměřeny skoro identické hodnoty. Teploty tání CO<sub>2</sub> se pohybují okolo cca -57,5 °C ± 0,5 °C. Teploty naměřeného klatrátu jsou v rozmezí 8 až 10 °C, přičemž hodnoty 9,8 °C a 10,1 °C byly naměřeny ve shluku několika inkluzí, z nichž pouze tyto dvě vydržely vymrazování. Homogenizační teploty CO<sub>2</sub> se pohybují v intervalu cca 14,5 až 16,5 °C a všechny inkluze homogenizují na kapalinu. Inkluze celkově homogenizují nejčastěji při teplotách 280 – 290°C na kapalinu, pouze jedna měřená inkluze při dosažení 300 °C ještě nezhomogenizovala.

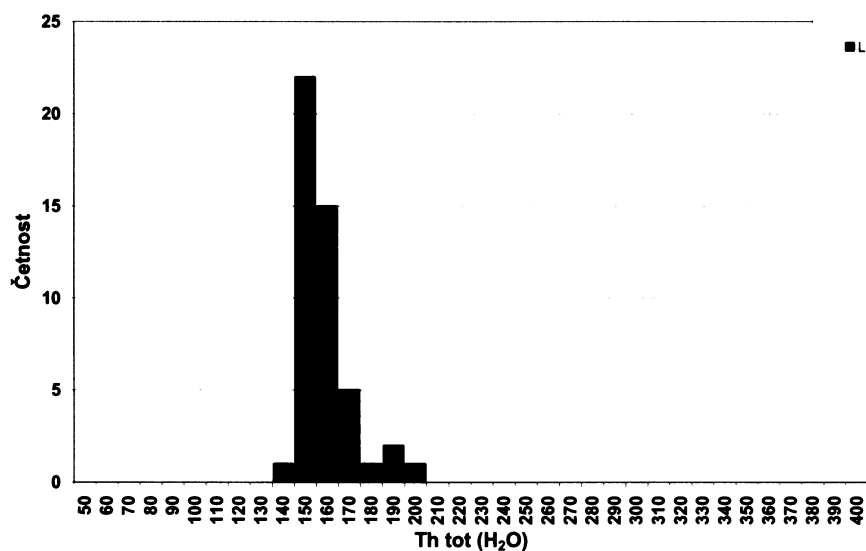
H<sub>2</sub>O inkluze byly měřeny ve 3 shlucích. Dva shluky ležely vedle sebe, třetí se nacházel vedle měřeného trailu H<sub>2</sub>O – CO<sub>2</sub> inkluzí. Tento shluk má odlišné hodnoty u výmrazu a u tání ledu. Teploty vymrazování se pohybují okolo -29,5 °C, narozdíl od teplot naměřených u ostatních shluků, kde dosahují -33 °C. U tání ledu se teploty liší o cca 1,5 °C (teploty okolo -1,5 °C) od teplot naměřených u zbylých dvou shluků (teploty okolo -3 °C). Hodnoty homogenizace jsou ve stejném intervalu. Pohybují se v rozmezí 155 až 190 °C na kapalinu, u jedné inkluze anomálně okolo 130 °C.

Tab. 6.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-10

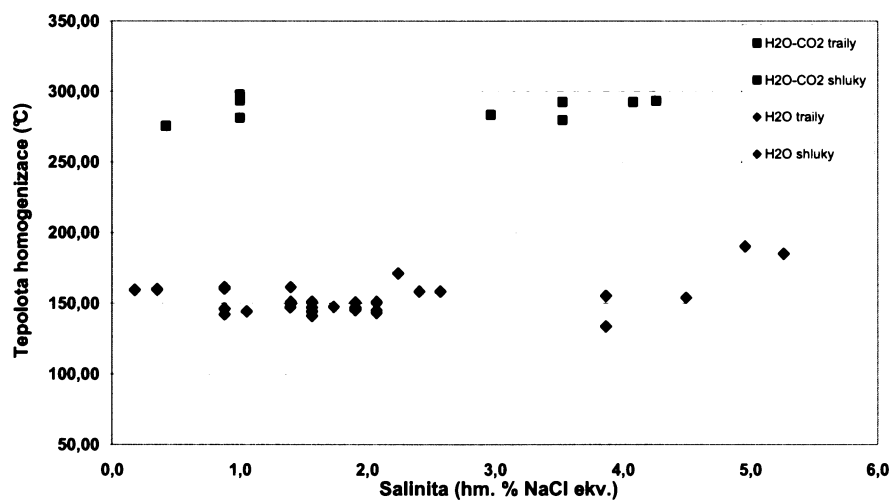
KB-10	H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> O	
	traily	shluky	traily	shluky
Tm-CO <sub>2</sub>	-57,2 až -57,9	-56,5 až -58,1		
Th-CO <sub>2</sub> (L)	14,5 až 16,3	14,3 až 28,0		
Th-CO <sub>2</sub> (V)		23,6 až 25,7		
Tm-CLA	7,8 až 8,5	8,4 až 11,2		
Tvymr			-29,3 až -30,3	-29,1 až -33,2
Tm-ice			-0,1 až -1,2	-0,5 až -3,2
Th-tot (L)	279,5 až 293,2	262,4 až 297,8	143,2 až 161,5	133,8 až 190,2
Salinita	3,0 až 4,3	0,4 až 4,1	0,2 až 2,1	0,9 až 5,3
F	0,9	0,6 až 0,9	0,9	0,6 až 0,9



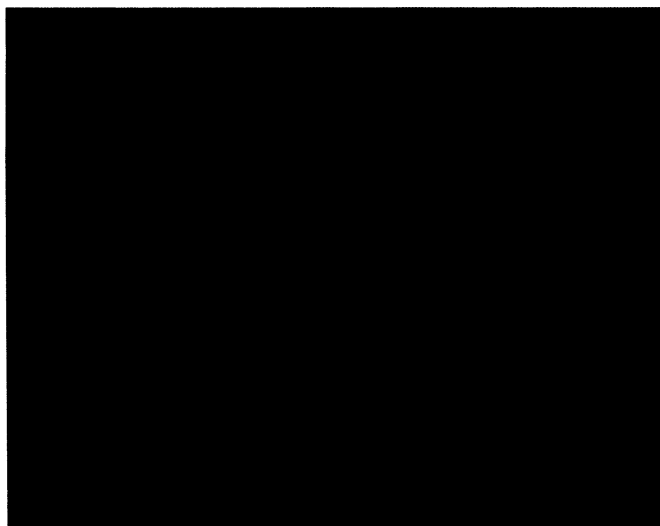
Obr. 32.: Histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ve vzorku KB-10.



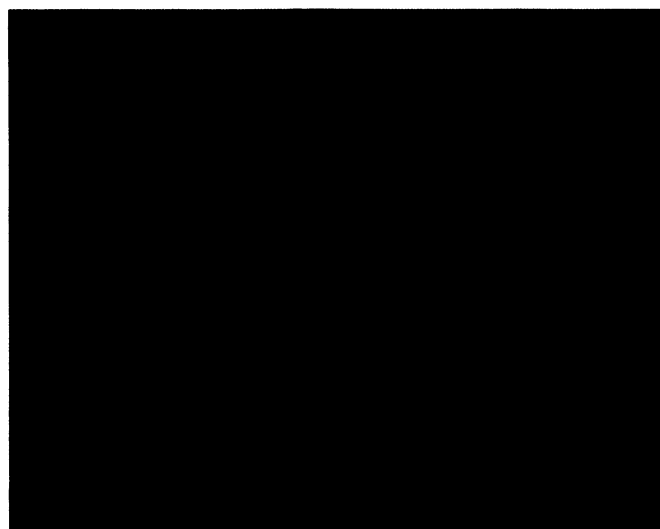
Obr. 33.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-10.



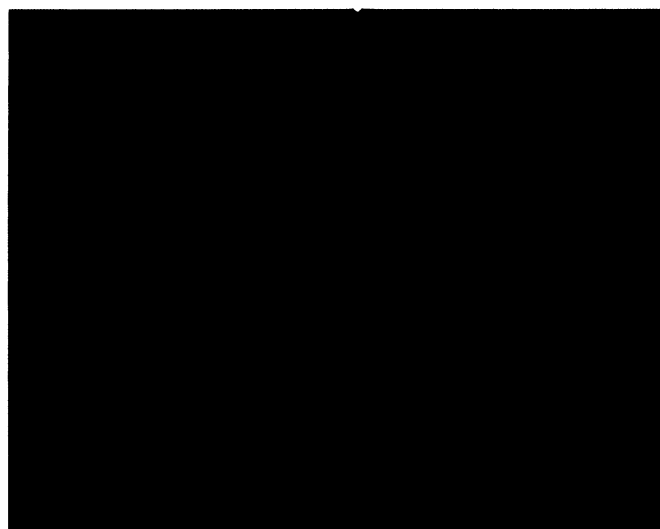
Obr. 34.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-10.



Obr. 35.: H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze nepravidelného tvaru; nevydržela výmraz.



Obr. 36.: Shluk H<sub>2</sub>O inkluzí s F~0,6.

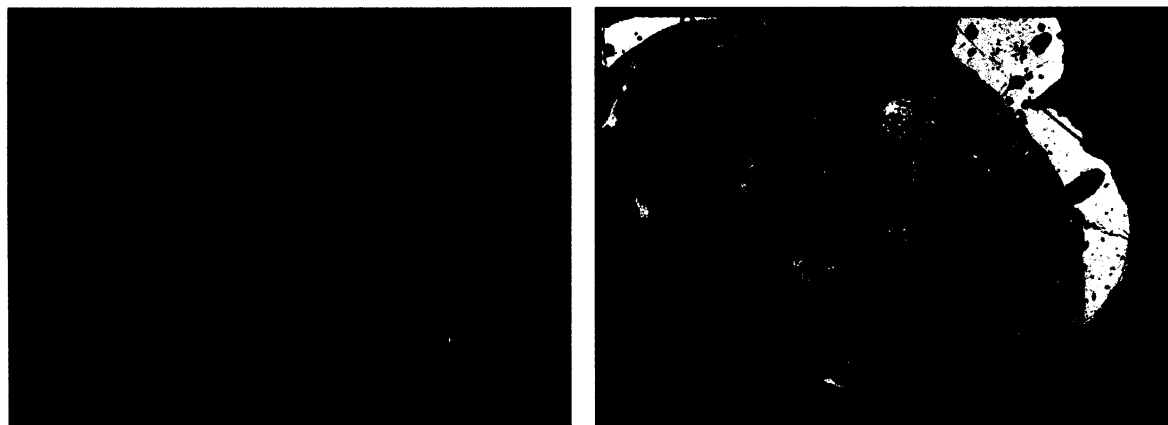


Obr. 37.: Trail malinkých neměřitelných H<sub>2</sub>O inkluzí s jednou větší měřitelnou.

## 5.5. Vzorek KB-12

### Makrovzorek:

Masivní hrubozrnná mléčně zbarvená křemenná žilovina  $4 \times 3 \times 3$  cm. Na jedné souvislé ploše se nachází zbytek kontaktu s horninou a její zbytek. Žilovina na jednom místě přechází v dutinku ne zcela vyplněnou malými krystalky křemene.



Obr. 38a.: Makrovzorek KB-12, b.: Výbrus KB-12.

### Destička:

Křemenná žilovina obsahující několik volných dutinek s krystaly křemene, bez náznaků krystalového omezení. Velikost zrn kolísá od cca 1 mm do 1,8 cm. Průměrná velikost zrn se pohybuje okolo 3 až 10 mm. Zrna jsou xenomorfní, slabě undulózně zháší. Hranice mezi zrny jsou mírně nepravidelné, ale vcelku přímé, rovné, bez znaků rekrystalizace (drobná zrna).

Ve vzorku jsou hojné trailly  $H_2O$  inkluzí, některé jsou dosti dlouhé (často překračují hranice jednotlivých zrn), většina je však poměrně krátká. Dlouhé trailly jsou zvlněné, vůči sobě paralelní, někdy shodně orientované v sousedních zrnech, jindy mírně disorientované. Orientace krátkých trailů je vůči sobě celkově všesměrná. Vyskytují se také krátké trailly  $H_2O-CO_2$  inkluzí, ty jsou převážně malé a neměřitelné.

### Inkluze:

Inkluze jsou distribuovány na trailech, mimo ně se skoro nevyskytují, a když tak v menších shlucích. Většina inkluzí má homogenní stupeň zaplnění ( $F: 0,90 - 0,95$ ), velikostně od 5 do 20 mikronů. Ojedinele se vyskytují osamocené inkluze se stupněm zaplnění  $F \sim 0,60$ . Tvarem jsou převážně slabě nepravidelné nebo méně často oválné.

$H_2O-CO_2$  inkluze jsou roztroušené na krátkých trailech, často paralelních s vodnými trailly. Jsou oválné, malé (1 – 5 mikronů), a většinou neměřitelné.

### Úlomek:

Úlomek představuje dutinku s částečně krystalovaným křemenem v čiré zóně (= nejmladší křemen).

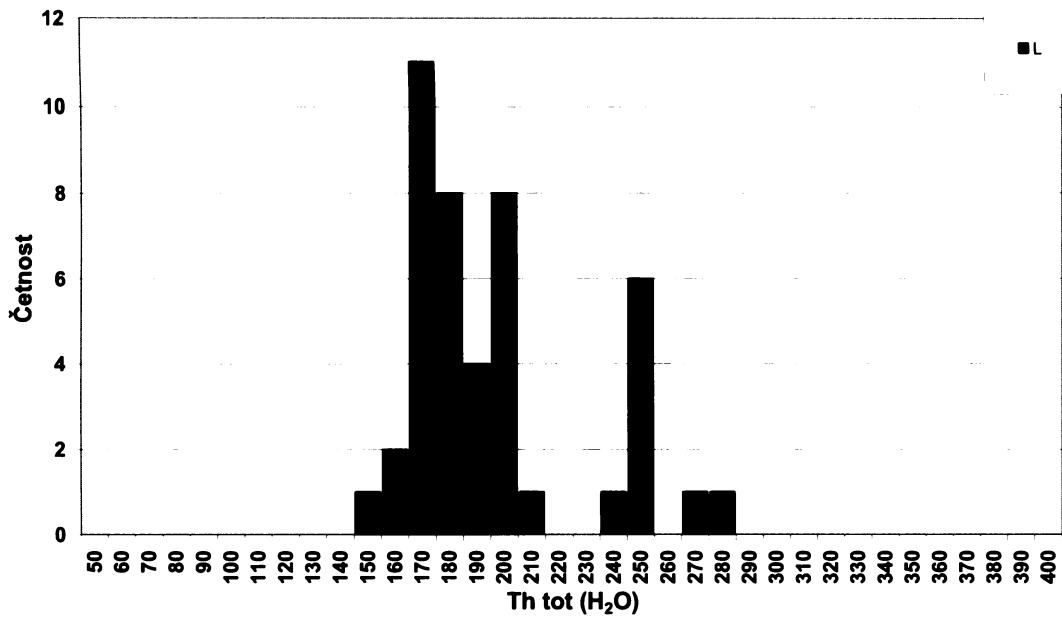
Převážně H<sub>2</sub>O inkluze mají charakter nejasného plochého trailu, se stupněm zaplnění 0,90 – 0,95 (ojediněle F~ 0,60), jsou 10 - 20 mikronů velké, většinou mají oválný tvar, někdy je nepravidelný či zaoblený. Teploty homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí jsou nepravidelné, pohybují se v intervalu od 160 °C na trailu až k 206 °C mimo trailu (homogenizace na kapalinu). Byly také naměřeny anomální teploty 247 °C - 272 °C (na kapalinu). U těchto inkluzí nebylo ovšem jisté zda-li neobsahují CO<sub>2</sub>. Na dlouhých trailech jsou teploty homogenizace vyšší než na trailech krátkých vlásečnicovitých.

H<sub>2</sub>O – CO<sub>2</sub> inkluze se vyskytují na krátkých trailech, mají variabilní stupeň zaplnění: buď jsou plynem bohaté (F: ~0,30), nebo naopak (F: ~0,90). Jelikož jsou většinou velmi malé jsou v podstatě neměřitelné. Jediná naměřená H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze byla plynem bohatá, měla stupeň zaplnění 0,30 a homogenizovat začala až při teplotě blízké 300 °C na plyn (v tabulce zahrnutá není).

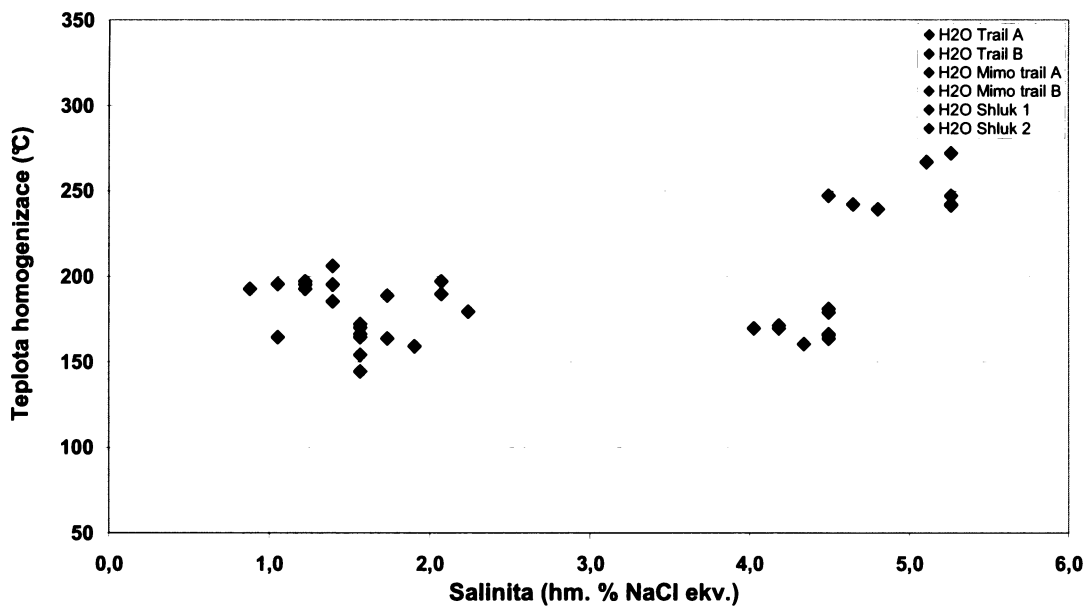
Tab. 7.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-12.

KB-12	H <sub>2</sub> O		
	shluky	traily	osamocené
Tm-ice	0,9 až -1,3	-2,4 až -2,7	-2,8 až -3,2
Tvymr	-28,8 až -40,4	-38,4 až -42,7	-39,5 až -42,7
Th-tot (L)	144,5 až 206,3	160,5 až 181,1	239,5 až 272,2
Salinita	0,9 až 2,2	4,0 až 4,5	4,5 až 5,3
F	0,9	0,9	0,6 až 0,9





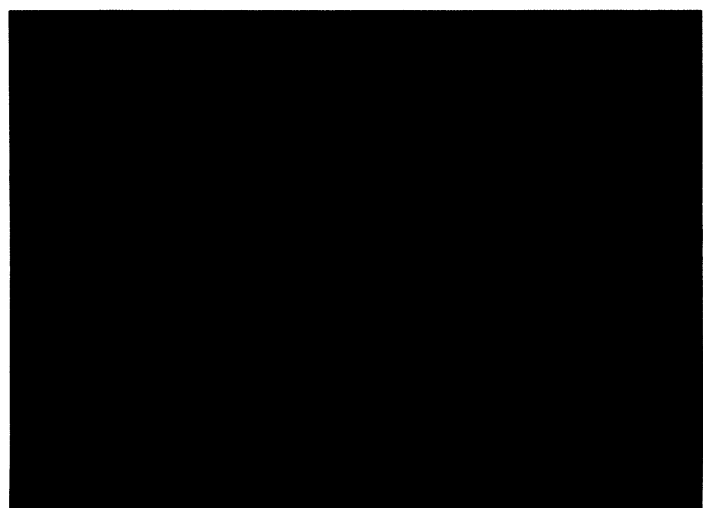
Obr. 39.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-12.



Obr. 40.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-12.



Obr. 41.: Dva na sebe kolmé traily H<sub>2</sub>O inkluzí.



Obr. 42.: Jediná naměřená H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze, F: ~ 0,30.



Obr. 43.: Osamocená H<sub>2</sub>O inkluze v čirém křemenu mimo traily i shluky; F:~ 0,60.

## 5.6. Vzorek KB-15

### Makrovzorek:

Zhruba 3 cm mocná žíla v granodioritu tvořená křemenem, kalcitem, chloritem a sulfidy (pyrit, arsenopyrit). V jedné části vzorku mezi žilovinou a horninou je několik cm mocná zóna pyritu s arsenopyritem (drcená). Na ní narůstá křemen, který přechází z masivního vývoje do krystalového vývoje. Na křemen nasedá mladší kalcit a tmavě zelený chlorit. Uvnitř karbonátu (rozhraní karbonát-křemen) je uzavřena si 5 mm krystal arsenopyritu (reliktní arsenopyrit v jádře krystalu a hydrotermální arsenopyrit v lemu).



Obr. 44a.: Makrovzorek KB-15, b.: Výbrus KB-15.

### Destička:

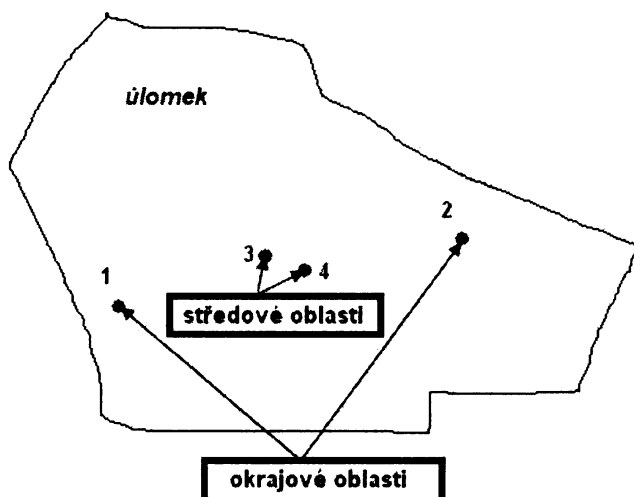
Dokonale omezený krystal křemene uprostřed kalcitové žíly. Velikost zrn kolísá od cca 5 mm do 15 mm. Zrna jsou allotriomorfní, slabě undulózně zháší, významnější duktilní deformace vzorku je patrná pouze při okraji krystalu na styku s kalcitem. Ve vzorku je hojné velké množství drobných H<sub>2</sub>O inkluzí, jsou uspořádané do shluků nebo jsou neuspořádané, roztažené na více zrn. Pokud se vyskytují trailly jsou pouze drobné, spolu paralelní a osazené identicky vypadajícími inkluzemi.

### Inkluze:

Inkluze se nachází hlavně ve shlucích, na trailech pouze mimořádně. Měřeny byly pouze H<sub>2</sub>O inkluze jak ve shlucích tak na trailech. H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze nebyly pozorovány. Inkluze jsou nepravidelných tvarů, občas tvar negativního krystalu, mají homogenní stupeň zaplnění F: 0,9, teploty homogenizace se pohybují v intervalu od cca 165 do 195 °C na kapalinu. Teplota 165 °C je anomální skoro o 20 °C (byla naměřena u samostatně se vyskytující inkluze), jelikož ostatní teploty inkluzí byly v intervalu od cca 185 do 195 °C. Hodnoty naměřené u inkluzí na trailu nevybočují.

### Úlomek:

Měřeny byly 4 oblasti H<sub>2</sub>O inkluzí (obr .): 2 z okraje krystalu; z opačných okrajů (oblasti 1 a 2), a 2 v blízkosti středu krystalu (oblasti 3 a 4).

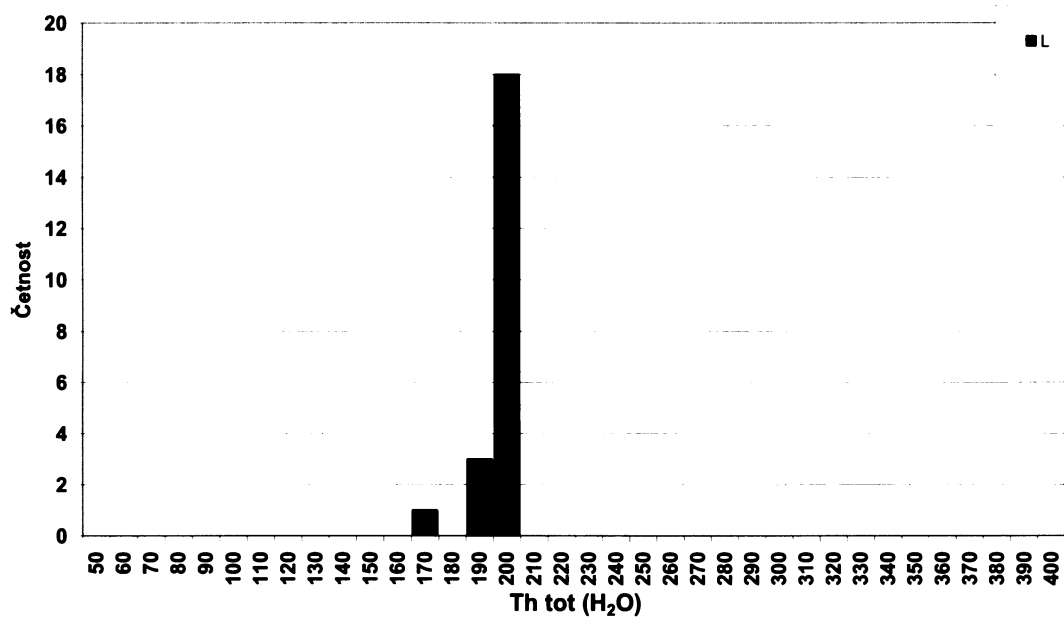


Obr. 45.: Umístění měřených oblastí v úloмку vzorku KB-15.

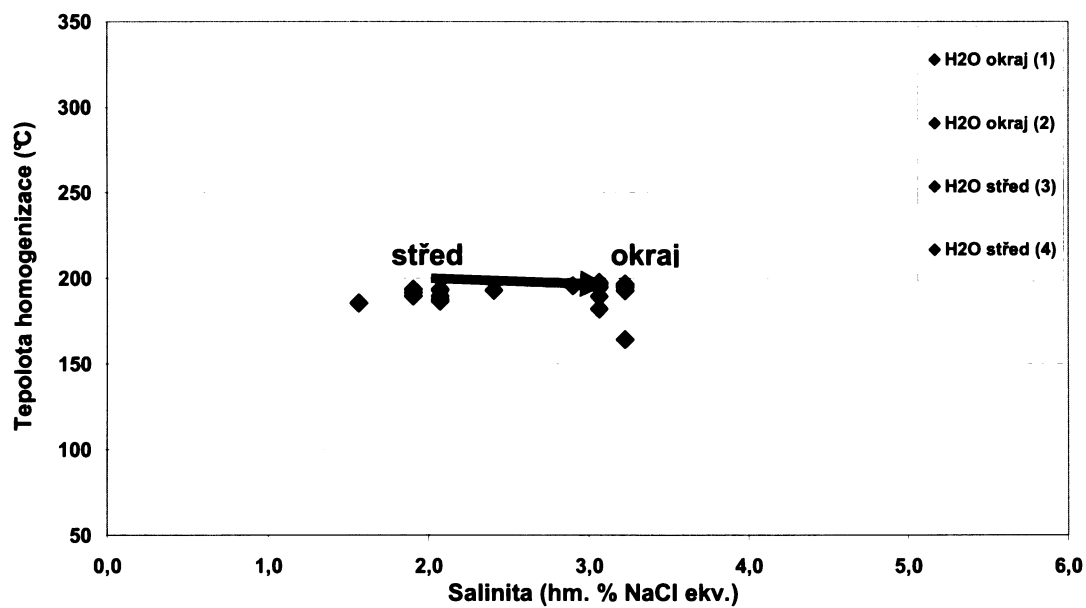
Stupeň zaplnění je homogenní (F: 0,9). Naměřené teploty se liší v oblastech na okraji (přestože měřené oblasti byly na protilehlých okrajích krystalu, teploty vycházely homogenně) a ve středu krystalu. Inkluze ze shluků ze středu vymrzávaly za průměrné teploty  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , naproti tomu inkluze z okrajů za teplot okolo  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teploty tání ledu inkluzí ze středu byly nejčastěji  $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , z okraje potom  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Teploty homogenizací se nelišily (cca  $185 - 195\text{ }^{\circ}\text{C}$  na kapalinu), anomálně homogenizovala pouze jedna inkluze za teploty  $164,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Následně vyšlé salinity se zvyšují směrem od středu k okraji krystalu – u naměřených inkluzí o cca 1 hm. % NaCl ekv.

Tab 8. Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-15.

KB-15	H <sub>2</sub> O	
	shluky střed	shluky okraj
Tm-ice	-0,9 až -1,4	-1,7 až -1,9
Tvymr	-36,6 až -39,7	-32,9 až -34,0
Th-tot (L)	185,5 až 193,5	164,4 až 197,8
Salinita	1,9 až 2,4	2,9 až 3,2
F	0,9	0,9



Obr. 46.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-15.

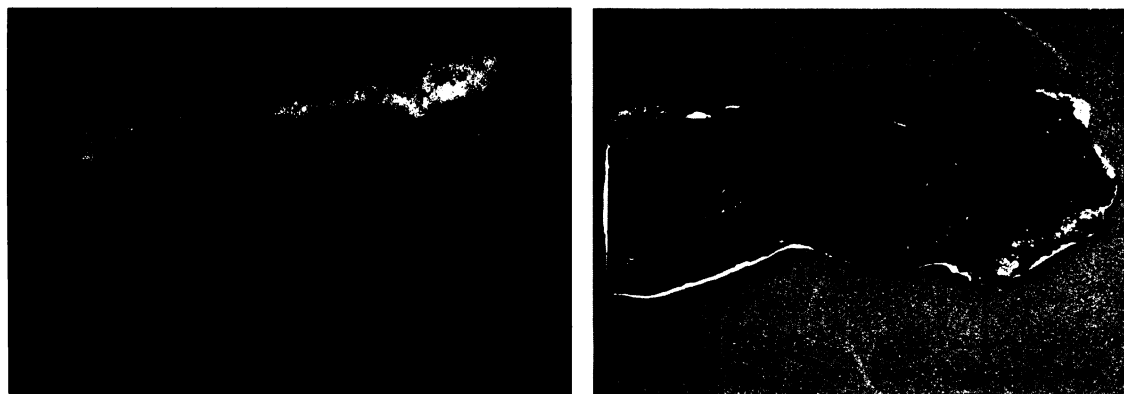


Obr. 47.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-15.

## 5.7. Vzorek KB-18

### Makrovzorek:

Vzorek  $15 \times 5 \times 5$  cm, křemenný žilník nepravidelně větvičích se žilek o mocnostech do 5 mm, uvnitř alterovaného (chloritizace) a patrně i částečně podrceného granodioritu. Na jedné straně je vzorek lemovaný asi 1 cm mocnou žilkou bílého kalcitu.



Obr. 48a.: Makrovzorek KB-18, b.: Výbrus KB-18.

### Destička:

Kalcitová žíla se zbytky zakalené křemenné výplně puklin okolo žíly. Křemen je automorfní s náznaky drůzovitého vývoje. Měřitelné inkluze byly nalezeny pouze v jedné části křemenné výplně – vždy je několik inkluzí (1-3) v jednom křemenném zrně (krystalu). Vyskytující se inkluze jsou uspořádány do shluků, traily se vyskytují výjimečně, pokud ano tak jsou osamocené, dlouhé, řídce osazené.

### Inkluze:

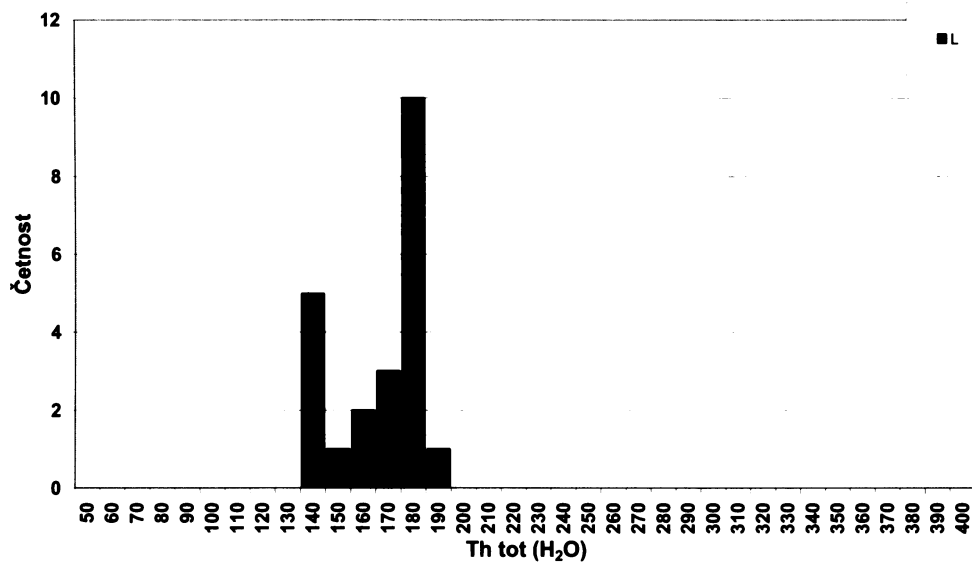
Inkluze se vyskytují v malých shlucích, traily se nevyskytují vůbec, nebo jen sporadicky. Jsou dlouhé, nepřekrývají se, nekříží se, jsou osamocené. Inkluze na nich jsou usazeny řídce a jsou daleko od sebe. Inkluze jsou malé, většinou neměřitelné. Měřeny byly  $H_2O$  inkluze, inkluze  $H_2O-CO_2$  pozorovány nebyly. Inkluze jsou malé, tvary nepravidelné s homogenním stupněm zaplnění  $F: 0,9$ .

### Úlomek:

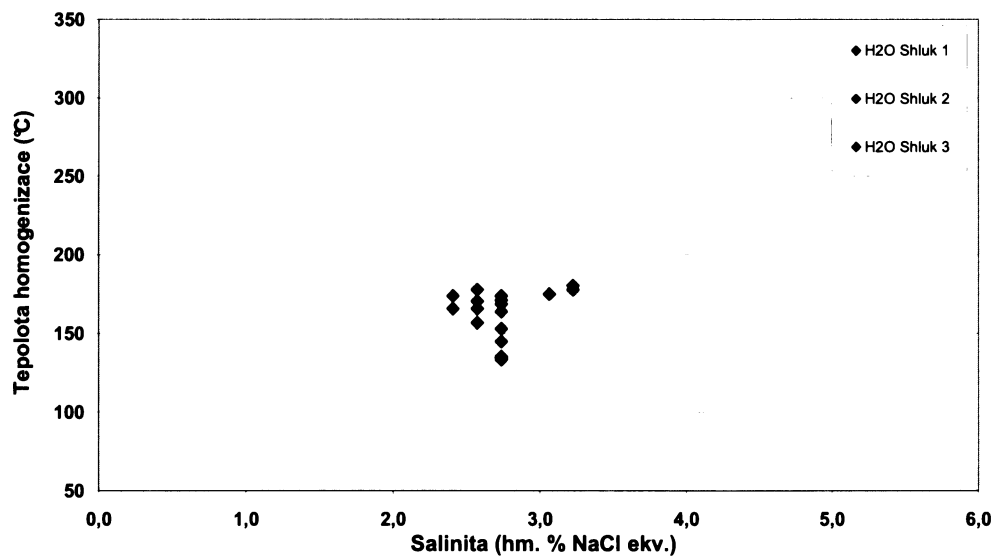
Malé shluky  $H_2O$  inkluzí, navzájem od sebe vzdálené. Inkluze mají buď homogenní stupeň zaplnění ( $F: 0,9$ ) nebo je bublinka větší, pak jsou většinou porušené (způsobeno nejspíše oddělováním). Naměřené teploty výmrazu jsou téměř homogenní u všech inkluzí (interval cca  $-34,5$  až  $-36,5$  °C). Led tál nejčastěji okolo teploty  $-1,6$  °C. Teploty homogenizace se pohybují v intervalu cca  $135$  °C do  $180$  °C (všechny homogenizují na kapalinu). Nejčastější teploty se pohybují v intervalu  $165$  °C –  $175$  °C.

Tab. 9.: Shrnutí mikrotermometrie vzorku KB-18

KB-18	H <sub>2</sub> O
	shluky
Tm-ice	-1,4 až -1,9
Tvymr	-34,3 až -36,9
Th-tot (L)	133,2 až 180,3
Salinita	2,4 až 3,2
F	0,9



Obr. 49.: Histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí ve vzorku KB-18.



Obr. 50.: Graf Th-tot × salinita ve vzorku KB-18.

## 6. FLUIDNÍ INKLUZE – SHRNU TÍ MIKROTERMOMETRICKÉHO MĚŘENÍ

Z celkem 18 vzorků bylo vybráno k podrobnějšímu mikrometrickému studiu 7 vzorků – 5 z štoly Barbora v Újezdci u Bělčic a 2 z dolu Na Skřipici (KB-15 a KB-18). Kromě křemene, ve kterém byly studovány fluidní inkluze, byl ve vzorcích také kalcit, chlorit, muskovit, arsenopyrit, molybdenit a pravděpodobně také scheelit.

Hlavně byly pozorovány a později i měřeny dva hlavní typy inkluzí: H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze s příměsí CH<sub>4</sub> a H<sub>2</sub>O inkluze. Oba typy inkluzí obsahují vedle NaCl pravděpodobně i další soli. Jejich přesný podíl a ani typ se nám však nepodařilo určit. Shrnutí výsledků mikrotermometrického měření ze všech fluidních inkluzí ukazuje Tab. 10.

Tab. 10.: Shrnutí mikrotermometrických dat ze všech měřených fluidních inkluzí

Typ		Tm-CO <sub>2</sub>	Th-CO <sub>2</sub>	Tm-CLA	Tvymr
H <sub>2</sub> O					-28,8 až -43,2
	max.četnost				-36,5 až -39,5
H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>		-56,5 až -59,6	3,7 až 28,3	7,5 až 18,4	
	max. četnost	-58,8	10 až 15	8,0 až 9,0	

		Tm-ice	Th-tot	Salinita	F
H <sub>2</sub> O		0,1 až -3,3	130 až 272	0,2 až 5,4	0,7 až 0,9
	max.četnost	-0,5 až -1,6	200 až 210	0,5 až 2,5	0,9
H <sub>2</sub> O-CO <sub>2</sub>			248,9 až 326,4	0,4 až 6,8	0,0 až 0,9
	max. četnost		260 až 320	3,0 až 4,5	0,9

### 6.1. Stupeň zaplnění (F)

Většina inkluzí měla stupeň zaplnění konstantní (F: 0,9). Některé inkluze však byly plynem bohatší (F: ~ 0,6 – 0,8; nalezeno u vzorků KB-6 a KB-10) a některé byly zcela plynné (F: ~ 0,0; nalezeno u vzorku KB-6).

Stupeň zaplnění se u H<sub>2</sub>O inkluzí pohyboval nejčastěji okolo hodnoty 0,9. Tyto inkluze homogenizovaly na kapalinu nejčastěji v rozmezí 200 až 210 °C.

U H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí byl nejčastěji pozorován stupeň zaplnění 0,9. Ve vzorku KB-6 pozorovány a měřeny inkluze se stupněm zaplnění v rozmezí 0,0 až 0,9 a ve vzorku KB-10 0,6 až 0,9.

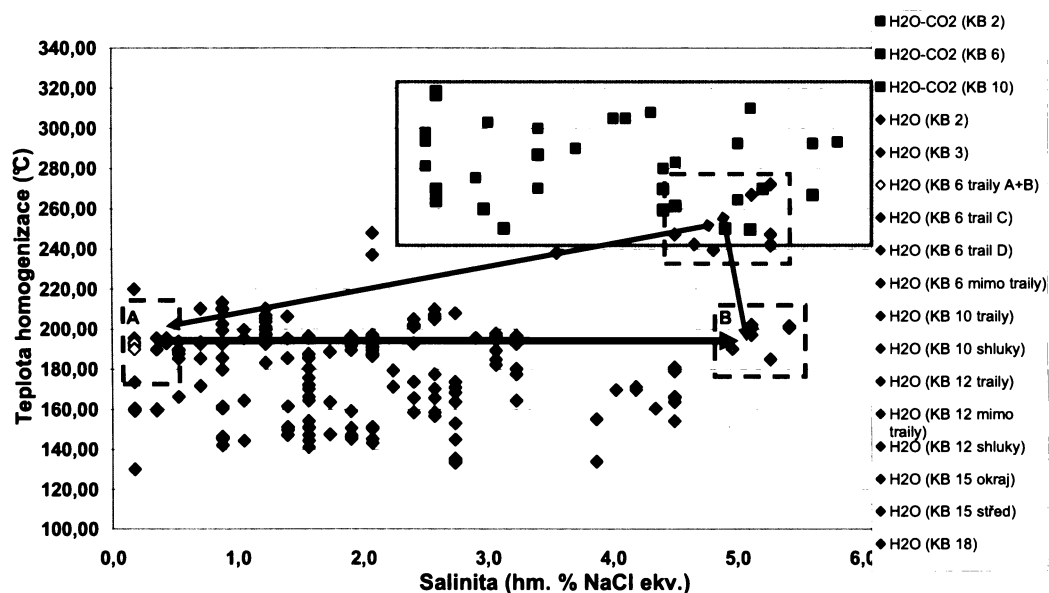
### 6.2. Salinita

Salinity byly určeny pomocí teploty tání klatrátů u H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí, zatímco u H<sub>2</sub>O inkluzí pomocí teploty tání ledu.

Salinity u inkluzí se pohybovaly v širokém rozmezí 0,2 až 6,8 hm.% NaCl<sub>ekv.</sub>. U vodných inkluzí se pohybuje v rozmezí 0,2 až 5,4 hm.% NaCl<sub>ekv.</sub>, u H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí 0,4 až 6,8 hm.% NaCl<sub>ekv.</sub>. Salinity u H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí jsou ovlivněny nepřesností korekce na CH<sub>4</sub>.



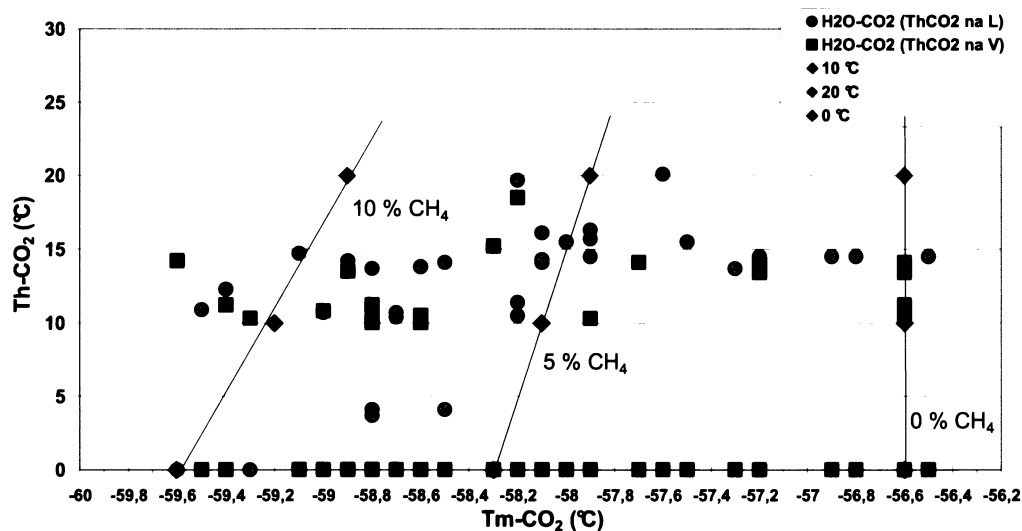
Variace v salinitě vodných fluid vznikly patrně v důsledku mísení mezi dvěma koncovými členy, z nichž jeden měl salinitu blízkou nule (Obr 51., pole A) a druhý kolem 5-6 hm % NaCl<sub>ekv</sub> (Obr 51., pole B). Druhý člen (B) vznikl pravděpodobně odmísením CO<sub>2</sub> fáze z H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> fluid (Obr 51, červený rámeček). Inkluze pod zónou mísení představují zřejmě pozdější fluida.



Obr. 51.: Souhrnný graf Th-tot x salinita pro všechny studované vzorky.

### 6.3. Obsah příměsi CH<sub>4</sub>

Některé inkluze jsou téměř prosté jakýchkoliv jiných plynů než CO<sub>2</sub> (T<sub>m</sub>-CO<sub>2</sub> = -56,6 °C). Kromě CO<sub>2</sub> je ve většině H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí přítomno také CH<sub>4</sub>, a to až do cca 15 mol.% (nejčastěji však 5 až 10 mol.%) a další plyny (N<sub>2</sub>).



Obr. 52.: Souhrnný graf obsahů příměsi CH<sub>4</sub> v inkluzích.

#### 6.4. Teplota prvního tání ( $T_{FM}$ ) a teplota „výmrazu“ ( $T_{vymr}$ )

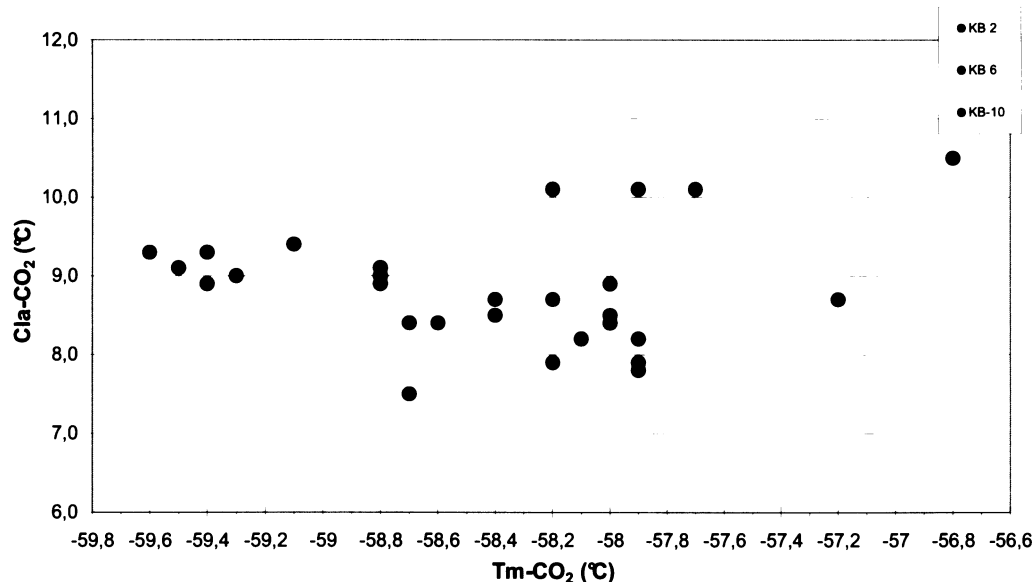
Teploty prvního tání ( $T_{FM}$ ) byly velmi obtížně měřitelné, proto jsme při měření zaznamenávali i teplotu výmrazu ( $T_{vymr}$ ) což je teplota kdy se zcela vymrazí kapalná fáze v inkluzi. Teplota výmrazu je vlivem metastability obvykle nižší než skutečná teplota eutektika.

Teploty výmrazu se měřili jen u  $H_2O$  inkluzí a pohybovaly se v rozmezí  $-28,8$  až  $-43,2$  °C. Nejnižší teploty byly naměřeny ve vzorku KB-6, kde se pohybovaly v rozmezí cca  $-36$  až  $-46$  °C, nejvyšší naopak ve vzorku KB-10 kde se pohybovaly v rozmezí cca  $-29$  až  $-33$  °C. Nejčastější naměřené teploty všech inkluzí byly v intervalu  $-36,5$  až  $-39,5$  °C; teploty ve vzorku KB-10 se dají považovat za anomální.

#### 6.5. Teplota tání klatrátů ( $T_{m-CLA}$ )

Teploty tání klatrátů ( $T_{m-CLA}$ ) (byly měřeny ve vzorcích KB-2, KB-6 a KB-10) se pohybovaly v rozmezí  $7,5$  až  $11,2$  °C (výjimečně  $18,4$  °C). Nejčastější naměřené hodnoty se pohybují v intervalu  $8$  až  $9$  °C.

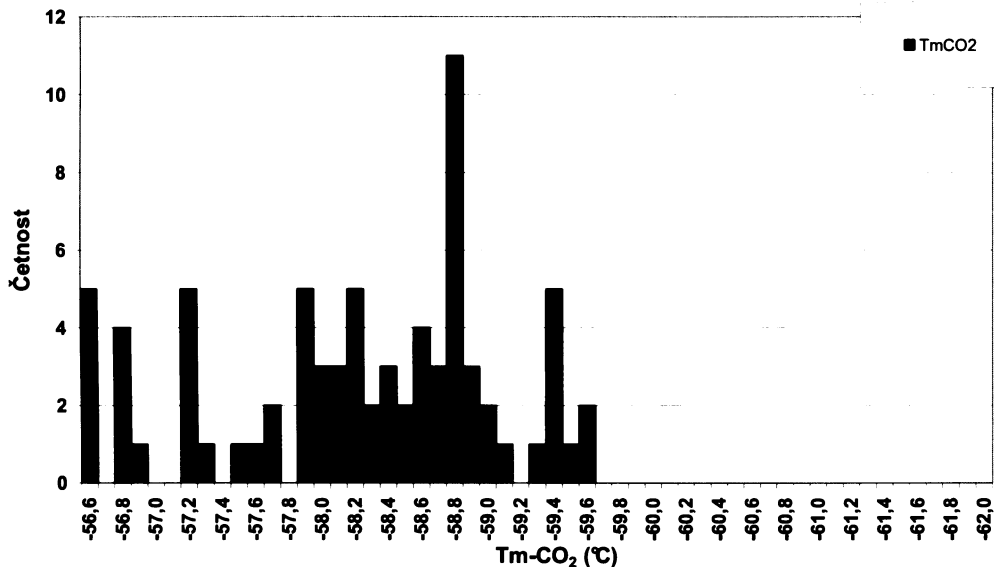
Anomální hodnota  $+18,4$  °C (vzorek KB-6) představuje situaci, kdy tání klatrátů bylo nejprve identifikováno při teplotě  $10,0 \pm 0,1$  °C, ale během dalšího zahřívání bylo pak při  $18,3 \pm 0,2$  °C (rychlost oteplování  $5^\circ\text{C}/\text{min}$ ) zaznamenáno zřetelné roztání pevné fáze, patrně klatrátů. V grafu (obr 53.) není tato anomální hodnota vynesena.



Obr. 53.: Souhrnný graf teplot tání klatrátů ( $T_{m-CLA}$ ).

## 6.6. Teplota tání pevného CO<sub>2</sub> (Tm-CO<sub>2</sub>)

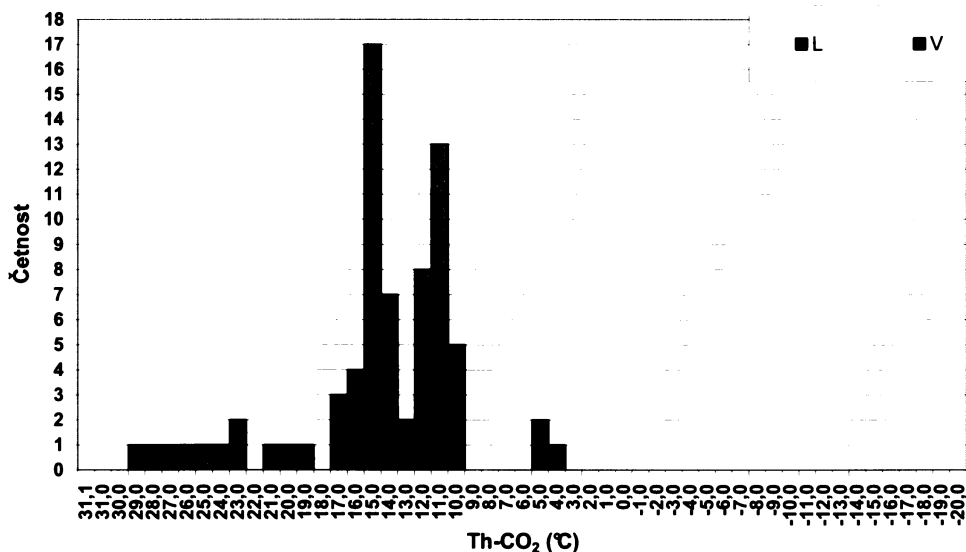
Teploty tání pevného CO<sub>2</sub> (Tm-CO<sub>2</sub>) se pohybují v intervalu -56,5 až -59,6 °C. Nejčastěji naměřené teploty se pohybovaly okolo hodnoty -58,8 ± 0,2 °C.



Obr. 54.: Souhrnný histogram teplot tání pevného CO<sub>2</sub> (Tm-CO<sub>2</sub>).

## 6.7. Teplota homogenizace CO<sub>2</sub> (Th-CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> homogenizovalo na kapalinu nebo na plyn, homogenizace kritickým způsobem pozorována nebyla. Homogenizace na kapalinu mírně převažuje. Teploty homogenizace CO<sub>2</sub> (Th-CO<sub>2</sub>) na kapalinu se pohybovaly v intervalu 3,7 až 28,3 °C, nejčastěji však 10 až 15 °C. Široký rozptyl naměřených hodnot je způsoben rozdílnými hustotami plynu. Teploty homogenizace na plyn se pohybují v intervalu 10 až 25,7 °C. Nejvyšší teploty homogenizace (22 až 28 °C; na plyn či kapalinu) byly naměřeny ve vzorku KB-10 u inkluzí s menším stupněm zaplnění (F: 0,6-0,8).

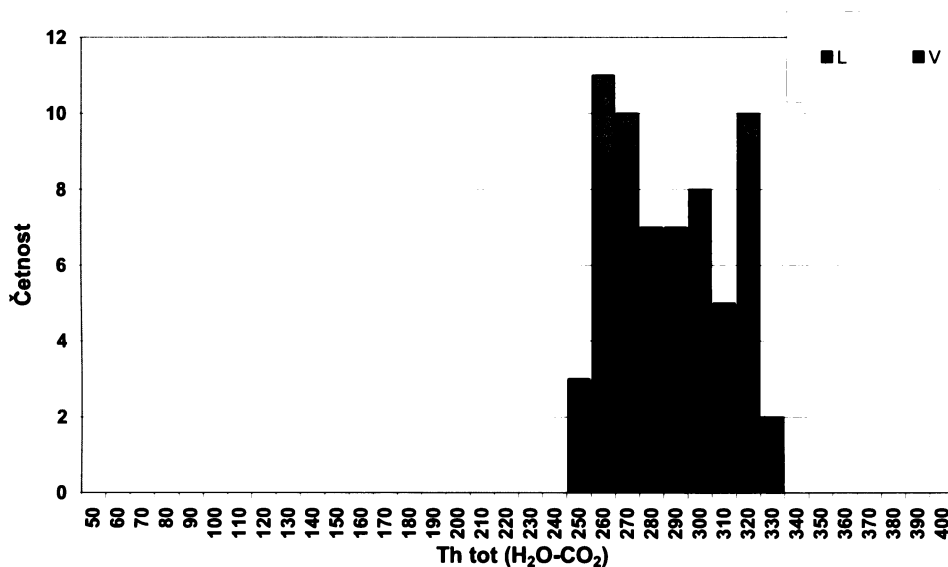


Obr. 55.: Souhrnný histogram teplot homogenizace CO<sub>2</sub> (Th-CO<sub>2</sub>).

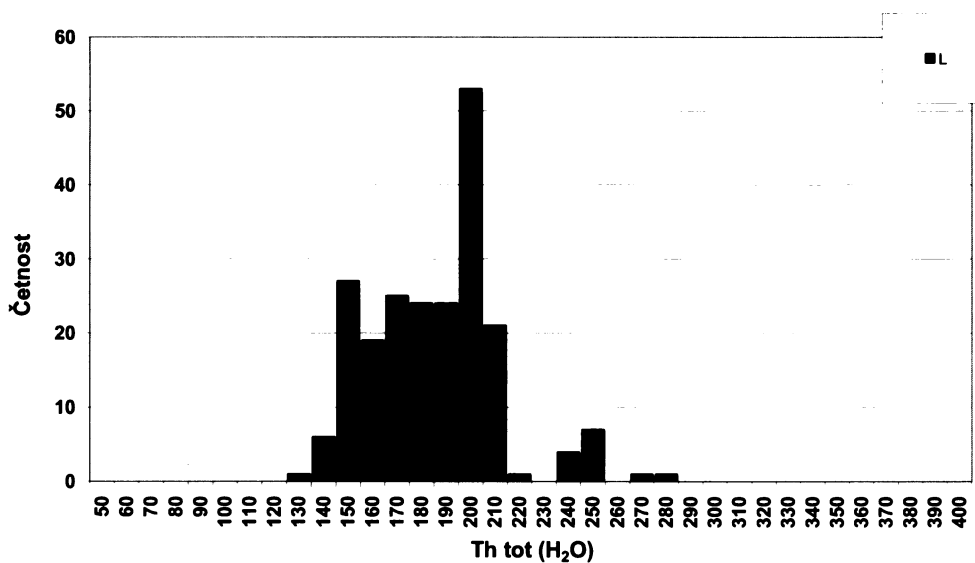
## 6.8. Teplota celkové homogenizace (Th-tot)

H<sub>2</sub>O inkluze homogenizovaly na kapalinu v intervalu 130 až 272 °C, nejčastěji pak okolo 200 až 210 °C. Teploty nad 240 °C byly naměřeny především ve vzorku KB-12.

H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluze homogenizovaly v intervalu cca 248 až 327 °C, nečastěji pak v rozmezí 260 až 320 °C. Homogenizace na kapalinu kvantitativně převládá nad homogenizací na plyn. Teploty homogenizací na plyn či kapalinu se vzájemně nijak výrazně neliší. Teploty homogenizací u zcela plyných inkluzí (F: ~ 0,0) byly velmi špatně pozorovatelné, naměřené teploty se pohybují okolo 250 °C na plyn.



Obr. 56.: Souhrnný histogram četnosti finálních teplot homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> (Th-tot).



Obr. 57.: Souhrnný histogram četnosti teplot homogenizace H<sub>2</sub>O inkluzí (Th-tot).

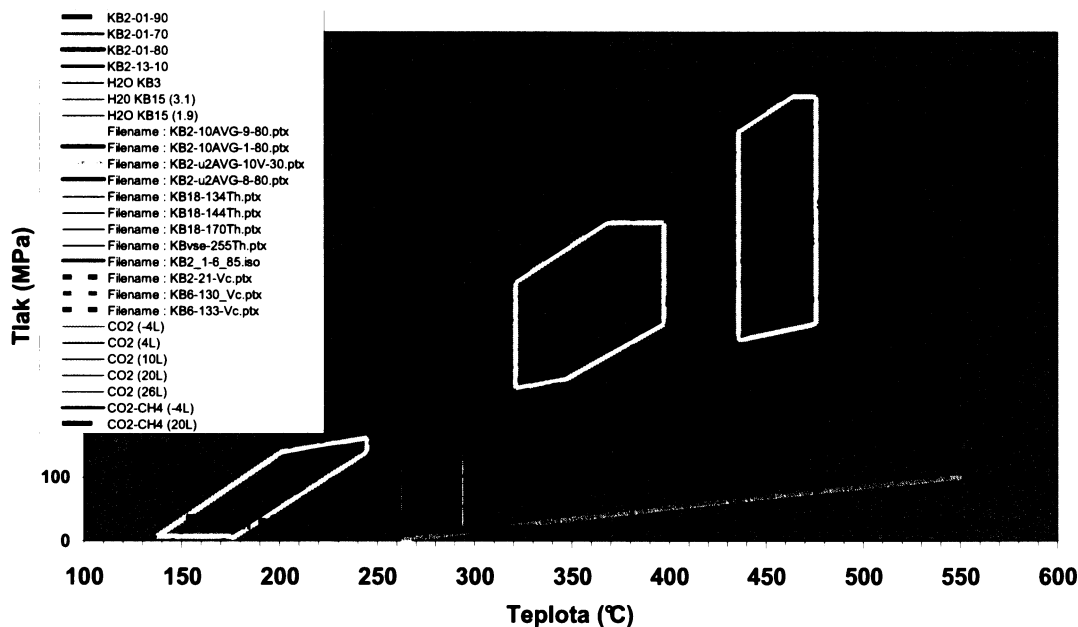
## 7. DISKUZE

### 7.1. Generace křemene

Většina vzorků byla reprezentována masivní, bílou až světle šedou křemennou žilovinou obvykle bez makroskopických agregátů rudních minerálů. Ve vzorcích nebyl jednoznačně identifikován scheelit ani K-živce. Tuto masivní žilovinu jsme označili jako křemen-I (Qtz-I). Jako křemen-II (Qtz-II) jsme označili křemenné krystaly, které vyrostly v otevřených prasklinách nebo širokých puklinách nebo na stěnách masivní křemenné žíly po její reakci na tektonické pohyby. Křemen-II může být přerůstán kalcitovou žilovinou se sulfidy (arsenopyrit, pyrit). Chlorit je většinou mladší než kalcit a vyplňuje dutiny v žilovině. Muskovit je starší než kalcit a byl pozorován jako kogenetické pevné inkluze v křemeni-II (vzorek KB-3) nebo v různých agregátech, které přerůstaly křemen-II (například srůstání arsenopyritu s muskovitem nebo arsenopyritu s muskovitem a chloritem). Kalcit může být přítomen ve více než jedné generaci. (Zachariáš a Novák, 2009)

### 7.2. P-T podmínky utváření žil

Teplotní a tlakový vývoj u zlatonosných křemenných žil v Bělčickém revíru je shrnut v obr. 58. Rozdělení minerálních stádií je podle Litochleba (1984).



Obr. 58.: Rekonstrukce pravděpodobných P-T podmínek vzniku jednotlivých generací fluid.

Minimální teploty vzniku křemene-I jsou odpovídající teplotám homogenizace H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> inkluzí ze vzorku KB-2 (v rozsahu 315 až 326 °C). Skutečné teploty srážení křemene-I jsou však vyšší, nejpravděpodobněji leží mezi 350 a 400 °C. Teploty mírně vyšší než 400 °C jsou stále ještě možné pro

ranné stádium vzniku křemene-I, ale i K-živce, scheelitu, arsenopyritu-I a turmalínu.

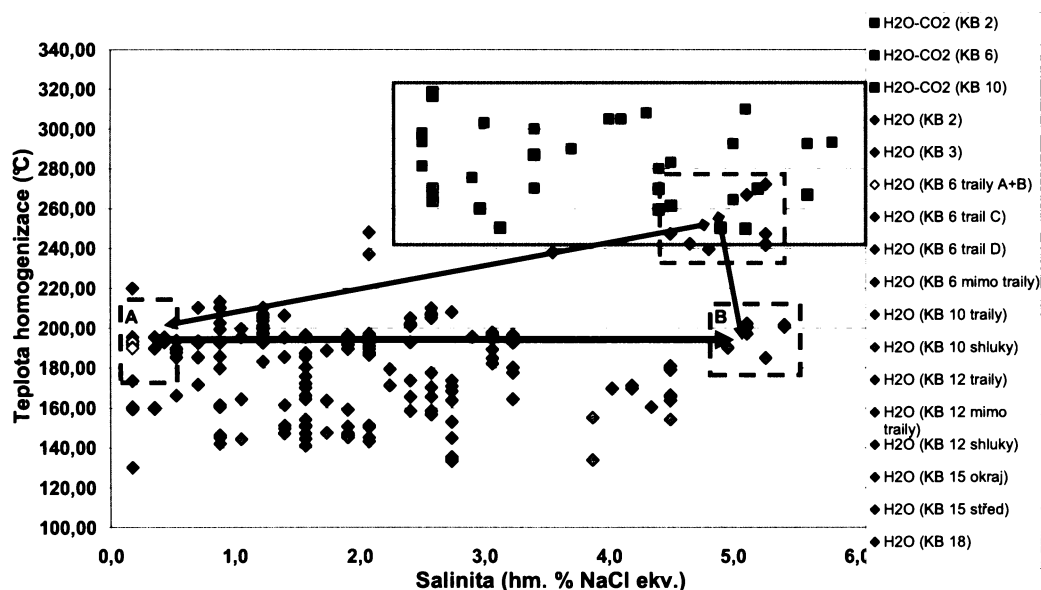
Hranice tlakových variací během vzniku a existence křemene-I jsou odvozeny z rozsahu variací izochor  $H_2O-CO_2$  a  $CO_2$  fluid (cca 200 až 400 MPa). Hodnota cca 400 MPa je při litostatickém tlaku ekvivalentem hloubky přibližně 14-15 km. Rozdíl mezi maximálními a minimálními tlaky v hlavní fázi odpovídá teoretickému rozdílu mezi čistě litostatickými a čistě hydrostatickými podmínkami.

Plynnem bohaté  $H_2O-CO_2$  a plynné  $CO_2$  inkluze, které se v malé míře vyskytují ve vzorcích, mohly vzniknout z kapalinou bohatých  $H_2O-CO_2$  inkluzí v důsledku porušení inkluzí během deformace křemenných žil. Plynnem bohaté  $H_2O-CO_2$  a  $CO_2$  inkluze s nejnižšími hustotami roztoků proto pravděpodobně odráží tlak během deformace křemene-I (cca 100 až 150 MPa; Zachariáš a Novák, 2009).

Křemen-II je většinou mladší než deformace u křemene-I, tudíž horním limitem jeho formování by mohly být výše uvedené tlakové podmínky deformace žil, tedy cca 100 až 150 MPa. Vzhledem k tomu, že Litochleb (1984) klade vznik zlata do stádia spolu se vznikem křemene-II, odpovídají uvedené podmínky i vzniku zlata. Za nižších teplot a tlaků se jako poslední ukládal kalcit s pozdním pyritem (při cca 130 až 150 °C).

### 7.3. Izotermální mísení fluid

Vodné inkluze v jednotlivých vzorcích vykazují zřetelné lineární trendy na grafu salinita versus teplota homogenizace. Tyto trendy jsou obvykle interpretovány jako mísení fluid, jejichž koncové členy mají rozdílnou salinitu. Salinity koncových členů jsou cca 0 hm.%  $NaCl_{ekv.}$  a 5,5 (zřejmě produkt postupného odplyňování z  $H_2O-CO_2$  fluid) hm.%  $NaCl_{ekv.}$ . Popisované mísení je schematicky vyjádřené v obr. 59. Člen s nižší salinitou se izotermálně mísí s členem s vyšší salinitou, který se ochladil na nižší teplotu. Mísení je velmi dobře pozorovatelné ve vzorcích KB-2 a KB-3. Během pozdního vývoje fluid převládá prosté ochlazování.



Obr. 59.: Souborný graf pro všechny studované vzorky: Th-tot (°C) × salinita (hm.% $NaCl_{ekv.}$ ).

Traily sekundárních fluidních inkluzí jsou často podobně orientovány. Mají však zřetelně rozdílné salinity (ale téměř konstantní teploty homogenizace; např. KB-2). Budeme-li uvažovat, že mísení fluid probíhalo relativně rychle, pak koncový člen s vyšší salinitou se rychleji ochlazuje na teploty okolního prostředí (člen s nižší salinitou je v teplotním rovnováze s tímto prostředím již od počátku).

## 8. ZÁVĚR

Bělčický revír představuje jeden z malých historických revírů těžby zlata ve středočeské oblasti. Mineralizace je vázána na křemenné žíly s nízkým obsahem sulfidů, s hojným scheelitem a molybdenitem. Žíly jsou uloženy v granodioritu blatenského typu, okolí žil je postiženo slabou hydrotermální alterací (chloritizace, sericitizace).

S použitím haldového materiálu byly pomocí studia fluidních inkluzí odhadnuty teplotně-tlakové podmínky vzniku žil: vlastní křemenná žilovina vznikala z  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$  fluid o nízké salinitě (3-7 hm. %  $\text{NaCl}_{\text{ekv.}}$ ) s variabilním podílem metanu (do 15 mol. %  $\text{CH}_4$ ) za teplot přibližně 350-400 °C a tlaků 200-400 MPa. Rudní stádium včetně formování zlata probíhalo za nižších teplot (250 až 300°C) a tlaků (100MPa) již z čistě vodných fluid. Vodná fluida vykazují mírné variace v salinitě, které lze interpretovat jako důsledek izotermálního mísení mezi dvěma typy vodných fluid vzájemně se lišících salinitou (0 a 5,5 hm. %  $\text{NaCl}_{\text{ekv.}}$ ).



## 9. SEZNAM LITERATURY

Bakker, R. J., 1997. Clathrates: computer programs to calculate fluid inclusion V-X properties using clathrate melting temperatures. *Comput and Geosci*, 23, str. 1-18

Bakker, R. J., 1999. Adaptation of the Bowers and Helgeson (1983) equation of state to the H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>-NaCl system. *Chem Geol*, 154, str. 225-236

Bodnar, R. J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochemica and Cosmochemica Acta*, 57, str. 683-684

Đurišová, J. a Hurai, V., 1991. *Fluidní inkluze v minerálech*. Rozpravy Československé Akademie Věd, Academia, 105 str.

Huraiová, M., Hurai, V. a Slobodník, M., 2002. *Základy štúdia fluidních inkluzii v mineráloch*. PŘF MU Brno, 120 str.

Koutek, J., 1946. Geologické poměry oblasti kasejovické se zřetelem k novým kutacím pracím na zlato. SGÚ ČSR, *Sborník SGÚ ČSR*, 13, str. 127-187.

Litochleb, J., 1984. *Zlatonosné žily v Újezdci u Bělčic*. Sborník Jihočeského muzea, str. 73-80.

Morávek, P. et al., 1992. *Zlato v Českém masívu*. ČGÚ, Praha.

Roedder, E., 1984. *Fluid inclusions*. Mineralogical Society of America, 646 str.

Thiery, R., Van Der Kerkhof, A. M., Dubessy J., 1994. vX properties of CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub> fluid inclusions: modeling for T < 31 °C and P < 400 bars. *Eur J Mineral*, 6, str. 753-771

Váňa, T., Hron, M., Látal, J., Janatka, J., Fatková, J., Neumannová, Š. a Koroš, I., 1988. *Český Masív - ověřování prognózy Au*, 01-81-2101, Kasejovice – Bělčice.

Vlašimský, P. a Piša, M., 1985. *Prognózy zrudnění W-Mo v bělčickém rudním revíru*. MS ČGÚ, Praha, 55 str.

Zachariáš, J., 2000. *Úvod do studia plynokapalných inkluzí*. ÚGMNZ, PŘF UK Praha

Zachariáš, J., Pertold, Z., Pudilová, M., Žák, K., Pertoldová, J., Stein, H., Markey, R., 2001. Geology and genesis of Variscan porphyry-style gold mineralization, Petráčkova hora deposit, Bohemian

Massif, Czech Republic, *Mineralium Deposita*, 36, str. 517-541.

Zachariáš, J. a Novák, T., 2009. Gold-bearing quartz veins of the Bělčice ore district, Bohemian Massif: evidence for incursion of metamorphic fluids into a granodiorite body and for isothermal mixing between two types of metamorphic fluids, *Journal of Geosciences*, 54, str. 57–72

Zhang, Y. G. Frantz, J.D., 1987. Determination of the homogenization temperatures and densities of supercritical fluids in the system NaCl-KCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O using synthetic fluid inclusions. *Chemical Geology*, 64, str. 335-350

Žežulková, V. et al., 1989. *Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000, Bělčice*. Ústřední ústav geologický, Praha, str. 22-142.

