

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

Bakalářská práce

KADAŇSKÁ ZELENÁ HLINKA

Anna Bláhová

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Marek Chvátal

Praha, 2002

Obsah:

1. Úvod	2
2.1 Makroskopický vzhled kadeřiská zelená hlinitky	2
2.2 Geografická pozice ložiska	2
2.3 Ložiskové poměry	3
2.3.1 Geologická stavba ztýmového území	3
2.3.2 Geneze ložiska zelená hlinitky	4
2.3.3 Popis lokalit	5
2.4 Další výskyt a ložiska zelených hlinitek	9
2.4.1 Výskyt zelených hlinitek v ČR	9
2.4.2 Výskyt v zahraničí	10
3. Historie kadeřiská zelená hlinitky	11
3.1 Dějiny těžby	11
3.2 Zpracování hlinitky	13
3.3 Obchod	14
3.4 Využití	15
4. Terénní část	16
4.1 Severovýchodní úhled	16
4.2 Západní úhled	16

Praha, 15. 6. 2002

Anna Bláhová

Předkládaná bakalářská práce byla vypracována pod odborným vedením Mgr. Marka Chvátala, chtěla bych mu tímto velmi poděkovat za cenné připomínky, rady a pomoc při měření a zpracovávání dat.

Dále bych chtěla poděkovat všem lidem, kteří mi věnovali svůj čas a přispěli k této práci ať už svými názory či informacemi. Zejména: Aleši Bufkovi, Daliboru Velebilovi za připomínky k části zabývající se historií, Mirkovi Sádovskému za vypracování plánu dolu Anna. Ondřeji Šebkovi za provedení silikátové analýzy a stanovení mikroprvků. M. Fayadové za rady v laboratoři při zpracování a přípravě vzorků. Doc. P. Kašparovi za jeho pomoc při zpracování dat barevnosti.

Studie vznikla v r. 2002 jako bakalářská práce autorky na Ústavu geochemie, mineralogie a nerostných zdrojů UK v Praze – PŘF. Výzkum byl podporován Grantovou agenturou Univerzity Karlovy (č. grantu 206/2000/B GEO /PřF).

Obsah:

1. Cíle práce	2
2. Rešeršní část	2
2.1 Makroskopický vzhled kadaňské zelené hlínky	2
2.2 Geografická pozice ložiska	2
2.3 Ložiskové poměry	3
2.3.1 Geologická stavba zájmového území	3
2.3.2 Geneze ložiska zelené hlínky	4
2.3.3 Popis lokalit	5
2.4 Další výskyty a ložiska zelených hlínek	9
2.4.1 Výskyty zelených hlínek v ČR	9
2.4.1 Ložiska obdobných hlínek ve světě	10
2.5 Historie kadaňské zelené hlínky	11
2.5.1 Dějiny těžby	11
2.5.2 Zpracování hlínky	13
2.5.3 Obchod	14
2.5.4 Využití	15
3. Terénní část	16
3.1 Severovýchod Úhoště	16
3.2 Jihozápad Úhoště	16
4. Vlastní výzkum	19
4.1 Metodika	19
4.2 Výsledky	21
5. Diskuse	28
6. Závěr	31
7. Literatura	32
8. Seznam příloh	34

2.2 Geografická pozice ložiska

Město Kadaň se nachází v severozápadních Čechách v okrese Chomutov. Ložisko hlínky je situováno (viz obr. 1) na jihovýchodním, jižním a jihozápadním úpatí zdejší významné krasinné depresivní, stolové hory Úhošť (Purberg) (591 m n. m.). V okolí této obce (Úhošťany (Aischau), Kadaňská Jezeň (Gäsen), Brodce (Tröllitz) a zaniklý Zvonítkov (Münzelsdorf)) hrní těžba zelené hlínky dlouhodobě významnou roli, zejména jako podpora zaměstnanosti.

1. Cíle práce

Cílem této práce je (1) shromáždit a uspořádat všechny dostupné informace o historii těžby, úpravy a využití kadaňské zelené hlínky, (2) prozkoumat a popsat stávající stav důlních děl a udělat fotodokumentaci, (3) prostudovat fázové a chemické složení hlínky a stanovit její chování, zejména změnu barevnosti, při tepelném zpracování (hlínka byla vypalována k výrobě červeného pigmentu).

2. Rešeršní část

Kadaňská zelená hlínka je přírodní minerální pigment, známý též pod názvem *Kaadner Grün* či *Echte Böhmische Grüne Erde*, nebo též *seladonit*. Pigment byl v severozápadním okolí Kadaně prokazatelně těžen od 16. století, těžba probíhala ještě po druhé světové válce a ukončena byla v 50. letech 20. století (podrobněji v kapitole 2.5.). Ložisko kadaňské zelené hlínky je historicky jediným významným ložiskem zelených hlinek na území ČR.

Rešeršní část práce je kompilací z velkého množství publikovaných i archivních materiálů (Okresní archiv v Kadani, Ústřední archiv katastrálních map v Praze, archiv ČGÚ, archiv Severočeských vodovodů a kanalizací a.s.). Důležitým zdrojem informací byly rovněž rozhovory s pamětníky poslední etapy těžby (2. světová válka až 50. léta 20. století).

2.1 Makroskopický vzhled kadaňské zelené hlínky

Kadaňská zeleň má zemitý vzhled, barva kolísá od hnědozelené až k zelenavožluté (viz příloha II). Hlínka je převážně tvořena jílovým minerálem, považovaným tradičně za seladonit, dále pak nepřeměněnými zbytky minerálů původní horniny (pyroxen augitového složení a biotit) a dalšími fázemi podrobněji popsány v kapitole 4.2 a 5 (viz). Kolísavé je množství kalcitu v mladších žilkách.

2.2 Geografická pozice ložiska

Město Kadaň se nachází v severozápadních Čechách v okrese Chomutov. Ložisko hlínky je situováno (viz obr. 1) na jihovýchodním, jižním a jihozápadním úpatí zdejší významné krajinné dominanty, stolové hory Úhošť (Purberg) (591 m n.m.). V okolních obcích (Úhošťany (Atschau), Kadaňská Jeseň (Gösen), Brodce (Trödlas) a zaniklý Zvoníčkov (Männelsdorf)) hrála těžba zelené hlínky dlouhodobě významnou roli, zejména jako podpora zaměstnanosti.

1. neovulkanická fáze: oligomiocén, 35 – 17 mil. let
2. neovulkanická fáze: pliocén, 6 mil. let
3. neovulkanická fáze: pliocén–pleistocén, 2,7 – 0,9 mil. let

V Doupovském komplexu se projevuje pouze vulkanismus první fáze. Stáří nejstarších tufů bylo určeno K-Ar metodou na 37,7 miliónu let, nejmladších vulkanitů v okolí Vojkovic na 22,3 miliónu let (Kopecký, 1987, in Hradecký, 2000). Podle převažujících názorů jsou Doupovské hory stratovulkánem, který zaujímá plochu přes 1200 km² (Chlupáč, 2002). Podle některých nových studií se vulkanická činnost Doupova započala silnou pyroklastickou erupcí, jejíž zdrojem byl zřejmě centrální vulkán, později však vzniklo více aktivních center (Hradecký, 2000). Hlavní vulkanická fáze spadá do období svrchní eocén – spodní miocén (Chlupáč, 2002). Předpokládá se, že bazální tufy vznikaly typem pliniovských erupcí. Výskyty hrubozrných explozivních tufů s velkými xenolity ortorul v Donínském potoce vypovídají o explozivním charakteru vulkanismu, který v území probíhal po iniciální pliniovské epizodě.

V bazálních částech Doupovského komplexu docházelo při erupcích k ukládání jemných i hrubších, vzduchem transportovaných tufů, ale i splachy přinášených sedimentů s různým podílem vulkanické složky. S počátkem zaklesávání se zformovaly vodní nádrže, ve kterých se koncem eocénu začaly usazovat pyroklastické produkty vulkanismu Doupova i samostatných vulkanických center – pyroklastické napadávky, epiklastické horniny a smíšené vulkanosedimentární horniny. S pokračováním vulkanické aktivity se tyto bazény zaplnily horninovým materiálem a další depozice se odehrávala na souši (Hradecký, 2000).

V těchto dočasných limnických pánvích vznikaly také karbonátové sedimenty. Mezi něž náleží i sladkovodní spodně miocénní (aquitán) vápence na Úhošti. Z tufitů a vápenců jsou známy zbytky fosilní flóry, a gastropodů (Kvaček et al., 1989). V hnízdech zelené hlínky mezi vápencovými polohami byl nalezen zub savce, později určeného do rodu *Entelodon* (Schlosser, 1901, in Hradecký, 2000). V oblasti Úhoště se vyskytují dva typy litologicky odlišných sladkovodních vápenců:

1. Tmavošedé až bělošedé celistvé, z části tufitické.
 2. Porézní, rezavé až bělavě nažloutlé, mající charakter travertínů.
- Rostlinné zbytky a schránky měkkýšů se vyskytují v obou typech.

2.3.2 Geneze ložiska zelené hlínky

Úvahy o vzniku zelené hlínky nalezneme již v pracích Hauera (1856) a Jokélyho (1858). Oba autoři se shodují, že zdrojem „seladonitu“ byla čedičová hornina bohatá augitem nebo amfibolem. Nejpodrobněji se genezí ložiska zabývají Albrecht et al. (1903), z nichž vycházím při následujícím popisu geneze hlínky. Hlínka podle Albrechta et al. (1903) vzniká v augitem bohatých tufech

a vulkanických sklech. V těchto horninách tvoří pseudomorfózy po augitu a vyplňuje dutiny v hornině. K přeměně na zelenou hlínku dochází za zcela specifických podmínek, které jsou výsledkem kombinace a spolupůsobení mnoha faktorů. Tvoření bylo podmíněno dlouhodobým působením sladké vody. Tufy byly původně tvořeny vulkanickým sklem s hojnými až 5 mm velkými augitovými krystaly. Jejich postupnou přeměnou (uvolňováním mobilních prvků) nastala změna barvy na zelenou, zejména působením slunečního světla ve vodním prostředí. Krystaly augitu zde byly tak hojné, že mezi nimi bylo pouze malé množství jiných minerálů a skla. Proto je zdejší zelená hlínka tak čistá. Ve vulkanických oblastech se tufy takto bohaté augitem vyskytují jen velmi vzácně. Autoři přirovnávají vulkanickou událost, která vedla ke vzniku ložiska, k výbuchu sopky Monte Rosii (Sicílie, Itálie) v roce 1669.

V novější literatuře není otázka geneze ložiska kadaňské zelené hlínky podrobněji diskutována. Konta (1957) uvádí názory Albrechta et al. (1903) a doplňuje, že zdrojem materiálu pro vznik zelené hlínky byla snadno zvětratelná součást sopečných vyvrženin, hlavně vulkanické sklo.

2.3.3 Popis lokalit

Známe dva významné zdroje informující o geologické stavbě sledovaného území. Prvním zdrojem jsou geologické profily z devatenáctého století, které byly sestaveny na základě průzkumu důlních děl (Becker, 1891, Katzer, 1892, Albrech et al., 1903). Druhým, novějším zdrojem, jsou dokumentace vrtů. Vrtná prozkoumanost území mezi Úhošťanami a Kadaňskou Jesení je k podrobným úvahám nedostačující. Byl zde proveden pouze jeden vrt, který měl sloužit k průzkumu těžené hlínky. K odebrání vzorku však nedošlo, protože byla navrtána výdřeva a 1,4 m vysoká šachta. V geofondu ČR je uložena dokumentace dalších vrtů z blízkosti Úhošťan, které byly provedeny v souvislosti s plánovanou těžbou bentonitu v okolí Blžeňského vrchu. Pro porovnání uvádím popis z obou zdrojů.

V okolí Brodců dosud nebylo popsáno žádné důlní dílo související s těžbou hlínky. Při popisu geologické stavby této lokality budu vycházet ze dvou vrtů umístěných v blízkosti námi zjištěných šachet.

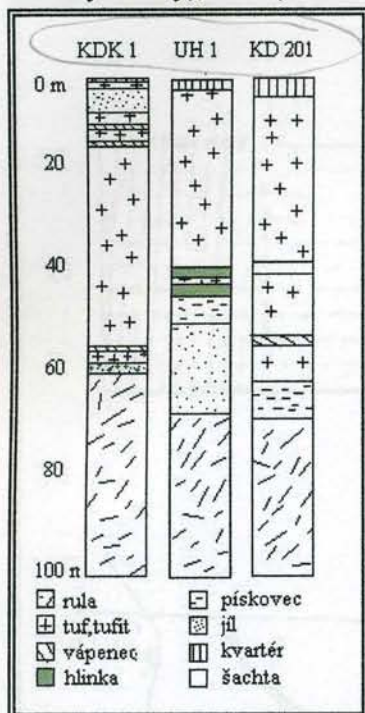
Lokalita Úhošťany

se nachází na jihovýchodním úpatí Úhoště. Těžba probíhala na plošině mezi úpatím Úhoště a obcí Úhošťany. Ve starší literatuře se tato plošina označuje *Bleu Laite*.

Popis profilů z vrtů KDK 1 (62,6 m, 1963), UH1 (92 m, 1963) a KD 201 (83,6 m, 1986), jejichž umístění je zobrazeno v příloze V:

Bázi tvoří rula v různém stádiu zvětrání (viz obr. 2). Nad ní se nachází vrstva jílu resp. písčitého jílu o mocnostech: 0,35 m (KDK 1, kde se na tuto vrstvu váží nepravidelné zelenavé

závalky hlínky), 4 m (KD 201) a 20 m (UH 1), další vrstvou je ve vrtu UH 1 1,4 m mocná vrstva



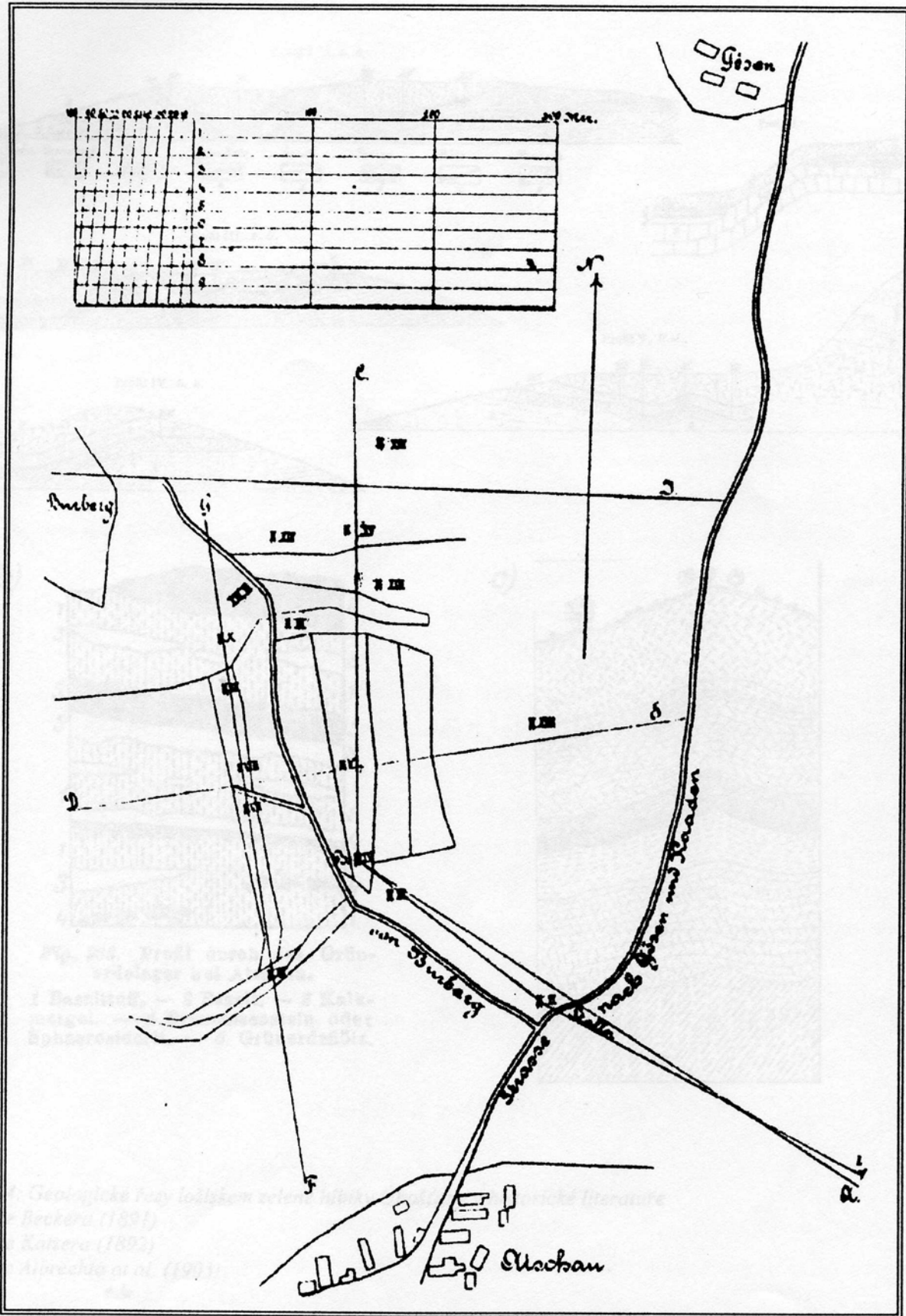
písku s hojnou vulkanogenní příměsí, na který zde přímo navazuje 30 cm mocná vrstva zelené hlínky. Ve vrtu KD 201 jsou do 43 m tufity, nad nimiž byla výše uvedená vyrubaná štola (1,4 m závalového materiálu). Obě polohy hlínky jsou patrné pouze ve vrtu UH 1. Jsou od sebe odděleny 40 cm mocnou polohou tmavohnědého tufu. Horní vrstva hlínky zde dosahuje mocnosti 1,2 m a nachází se v hloubce od 43,8 m pod povrchem. Nad polohou hlínky se vyskytují tufy a tufity s různými příměsemi. Jen ve vrtu KDK 1 byla nalezena v šestnácti metrech poloha sladkovodního vápence asi 1 m mocná, nad ní 30 cm mocná vrstva tufů, pak 12 m mocná poloha bentonitizovaného jílu, a konečně ještě 2,8 m mocná vrstva tufů a tufitů. Nejsvrchnější vrstvu tvoří 30 cm mocné jílovité hlíny.

◀ Obr. 2: Profily vrtů u Úhošťan se zvýrazněnými polohami hlínky.

Nejpodrobnější informace o geologických profilech z důlních děl publikoval Becker v roce 1891, jednoduché profily se objevují také v pracích Katzera (1892) a Albrechta et. al. (1903). Z těchto publikací vycházím v následujícím popisu.

Nejspodnější vrstva, která byla odkryta při ražbě odvodňovacích štol, je rula načervenalé barvy. Její výchoz označuje bod I. (viz obr. 4). Na rule je uložen čedičový tuf ozn. 2, který vystupuje severně od Jeseně. Tyto vrstvy byly zřetelné v šachtách III a IV. Jedná se o modrošedý nevrstevnatý nepravidelně rozpukaný tuf o mocnosti 40 – 50 m (v tektonicky neporušených partiích i více), který se velice snadno rozpadá. Při ražbě jedné štoly byla v této vrstvě objevena nepravidelná, nejvýše 20 cm mocná uhelná slojka. Na tufu se vyskytuje vápenec, v šachtách IX – XI byl 3 – 4 m v jámě XVI až 10 m mocný. V dolních partiích se v důsledku činnosti podzemní vody tvoří až 30 cm velké sintrové krápníky. Místy je vápenec kontaktně metamorfovaný a má rozmanité barvy (tzv. „kadaňský mramor“, používal se po vybroušení k výrobě malých luxusních předmětů). Horní vrstvy vápence jsou slínovité a bývají obarvené hlínkou, která leží na nich.

Zelená hlínka tvoří dvě samostatné vrstvy. Přímé podloží spodní vrstvy tvoří většinou 1 m mocný tuf, méně často slínovitý vápenec. Tato spodní vrstva hlínky je mocná až 50 cm. Následuje opět vrstva vápence asi 50 cm mocná, nad ním leží cca 50 cm mocná střešní vrstva hlínky. Na svrchní poloze zelené hlínky je 1 – 3 m mocná vrstva zrnitých tmavomodrozelených nebo nazelenalých zvětralých augitických basaltových tufů. Kvartérní uloženiny nebyly popsány. Dnešní tvar ložiska byl ovlivněn mladší tektonikou, takže průběh vrstev hlínky je značně nepravidelný. Úhel sklonu se mění od 10 – 50 ° v profilu III, mezi šachticemi VIII a IX byl zastíženzlom.



↑ Obr. 3: Situační náčrt důlních děl v sev. okolí Úhošťan, podle Beckera (1891)

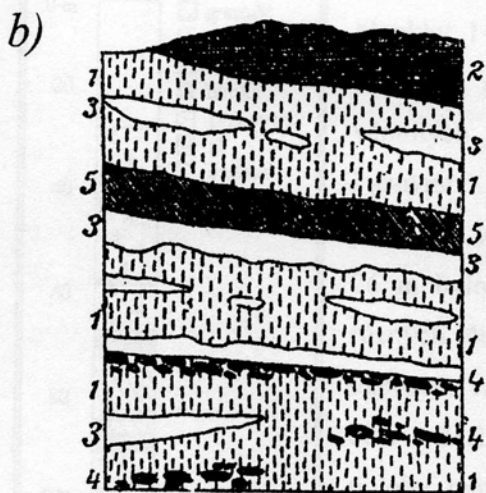
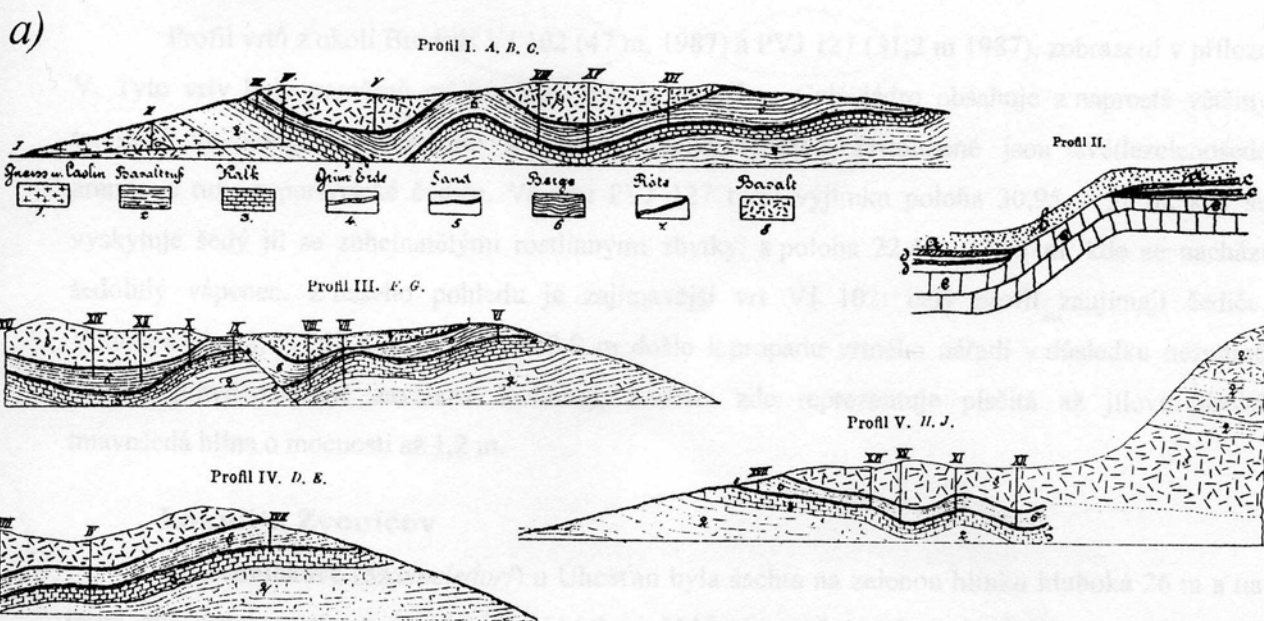
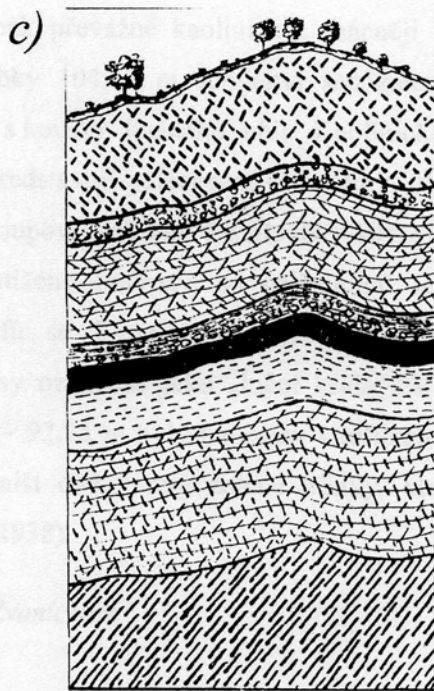


Fig. 986. Profil durch das Grün-
 erdelager bei Ašchau.

1 Basaltuff. — 2 Basalt. — 3 Kalk-
 mergel. — 4 Brauneisenstein oder
 Sphaerosiderit. — 5 Grünerdeflötz.



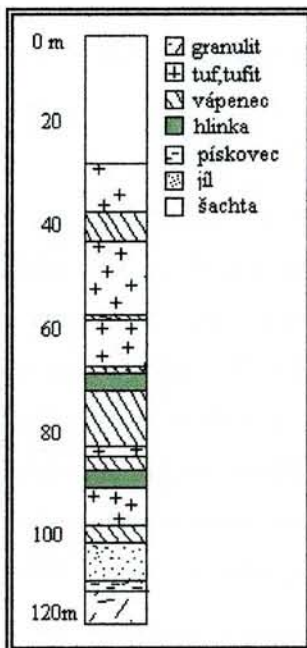
- ▲ Obr. 4: Geologické řezy ložiskem zelené hlínky Úhošťany v historické literatuře
 a) podle Beckera (1891)
 b) podle Katzera (1892)
 c) podle Albrechta at al. (1903)

Lokalita Brodce

Profil vrtů z okolí Brodců: VJ 102 (47 m, 1987) a PVJ 127 (31,2 m 1987), zobrazení v příloze V. Tyto vrty byly poměrně mělké, báze nebyla navrtána. Celé jádro obsahuje z naprosté většiny tercierní vulkanity Doupovského komplexu. Nejvýznamněji zastoupené jsou světlezelenošedé arenitové tufy a porfyrické čediče. Ve vrtu PVJ 127 tvoří výjimku poloha 30,95 – 31 m, kde se vyskytuje šedý jíl se zuhelnatělými rostlinnými zbytky, a poloha 22,4 – 22,55 m, kde se nachází šedobílý vápenec. Z našeho pohledu je zajímavější vrt VJ 102: celý profil zaujmají čediče. V hloubkách 12,4 – 12,8 m a 13,6 – 13,9 m došlo k propadu vrtného nářadí v důsledku neznámé dutiny (pravděpodobně zavalená šachtice). Kvartér zde reprezentuje písčité až jílovitopísčité tmavošedá hlína o mocnosti až 1,2 m.

Lokalita Zvoníčov

Ve Zvoníčkově (*Männelsdorf*) u Úhošťan byla šachta na zelenou hlínku hluboká 26 m a na jejím dně průzkumný vrt do hloubky 114,2 m. V hloubce od 114,2 m do 113,8 m byl zastižen



navětralý granolit a pod ním kompaktní jemnozrný granolit. Nad ním do hloubky 112,2 m byl pak převážně kaolinický, vzácněji kvarcitický pískovec, pak do hloubky 104,42 m souvrství šedozeleňých, slabě vápenných jílů, vzácně s kousky hnědého uhlí. Kaolinické pískovce i souvrství jílů zřejmě představují paleogenní sedimenty, uložené před počátkem vulkanismu Doupovských hor. Od hloubky 104,2 do hloubky 26 m bylo ve vrtu zastiženo souvrství se střídajícími se polohami různých čedičových tufů se 7 polohami bělavých sladkovodních vápenců, vzácně i polohy označené jako „luční křída“. V hloubkách 68,7 – 71,1 m a 89,65 – 92,25 m byly nalezeny v tufitech nebo jako polohy mezi vápenci další dvě vrstvy zelené hlínky, které nebyly šachtou těženy (Zartner, 1938).

← Obr 5: Profil vrtu ve Zvoníčkově

2.4 Další výskyty a ložiska zelených hlinek

2.4.1 Výskyty zelených hlinek v ČR

Na území ČR je ložisko „seladonitu“ u Kadaně jediným historicky významným ložiskem zelených hlinek. Zeleně zbarvené tufy se vyskytují na řadě jiných míst v Doupovských horách (p. Rapprich, ústní sdělení), lokality jsou však obtížně dostupné kvůli existenci vojenského prostoru. Zeleně zbarvené jílovité horniny se rovněž vyskytují v tercierních sedimentech sokolovské pánve (p. Rojík, ústní sdělení).

V minulosti je doložena drobná těžba glaukonitu v Praze–Vysočanech a Hloubětíně (Zahálka, 1921), bližší podrobnosti však nejsou známy.

K zeleným hlínkám lze zařadit i nontronit. Nontronit je na území ČR znám zejména z několika lokalit na Moravě. V okrese Moravské Budějovice je známo hned několik lokalit: Bohušovice, Jakubov, Kdousov a Lukov. Další známá lokalita je v okrese Velké Meziříčí: Dolní Bory. Zmíněné výskyty nontronitu se liší genezí. Vznik nontronitu v rulách u Bohušovic je vysvětlován rozkladem některých horninotvorných silikátů za nízkých teplot v hydrotermálních podmínkách. Jakubovský nontronit se vyskytuje v asociaci s typickými gossanovými minerály železných rud (limonit, psilomelan) a vznikl pravděpodobně účinkem rozkladných pochodů v oxidační zóně. Zdrojem kdousovského nontronitu byly živce a biotity ruly. Vysrážel se v prasklinách v rule působením nízce temperovaných vodných roztoků. Podobně je vysvětlován i vznik ložiska v Dolních Borech, kde však souvisí se vznikem okolních pegmatitů (Konta, 1957).

Seladonit v pravém slova smyslu se v České republice vyskytuje v pegmatitu ve Věžné (zsz. od Nedvědic), ve vápenci u Kojetína (okres Nový Jičín), tvoří část výplně mandlovcových dutin v melafyrech na Kozákově. Tyto výskyty mají pouze mineralogický význam.

2.4.1 Ložiska obdobných hlínek ve světě

Nejkvalitnější a nejproslulejší ložisko zelených hlínek („terra verde“) se nachází nedaleko italské Verony. Těžba zde probíhala do II. světové války. Pigment je tradičně označován jako seladonit (kvůli nedostupnosti materiálu se nám nepodařilo toto složení ověřit). Další doly, které produkovaly materiál různé kvality a různých odstínů, se nalézají v Tyrolsku, Sasku, Polsku, Maďarsku, ve Francii, na Kypru a v Anglii, z nichž pouze na Kypru se ještě těží. Těžený zelený pigment je obvykle charakterizován jako glaukonit nebo seladonit, případně není minerální složení udáno. Data o výskytu seladonitu, nontronitu a makroskopicky obdobných minerálů je třeba posuzovat značně kriticky, zejména pracujeme-li se starší literaturou.

Nontronit vzniká jako častý produkt zvětrávání železem bohatých silikátů, dále jako hydrotermálně alterační produkt bazických hornin, vulkanických skel a okoložilných hornin na rudních ložiskách. Ložiska a výskyty nontronitu jsou známa na řadě míst ve světě, např.: Nontron a Dordogne (Francie), St. Andressberg, Heppenheim (Německo), Geliivaare (Norsko), Laurion (Řecko), Concepción del Oro (Mexiko), dále pak v USA zejména v Arizoně, v Kalifornii a Západní Virginii, na Urale a v Nicaru a Pinares de Mayari (Kuba) (Kühn, 1984, www1).

Hlínky ze skupiny montmorilonitu (smektitu) se používají ve slévárství, v chemickém a keramickém průmyslu, farmacii, zemědělství, papírenství, dále na čištění vody, olejů, vína, medu. Prakticky je důležitá schopnost smektitů přijímat kationty a anionty a výměnou za ně uvolňovat jiné ze své struktury (Šalát et al., 1966).

2.5 Historie kadaňské zelené hlínky

2.5.1 Dějiny těžby

Zelená hlínka byla pravděpodobně objevena v době mýcení lesů v okolí Úhoště, za účelem rozšíření zemědělské půdy (ves Úhošťany je připomínána již v roce 1088). O využití hlínky v nejstarších dobách nejsou zmínky. První horník, který zde prováděl povrchovou těžbu, byl údajně v 15. století W. Hlabata. Povrchové dobývání však nebylo dostatečně výnosné, proto Jiří z Poděbrad poslal do Kadaně dva kutnohorské horníky, aby zde učili racionálnějšímu způsobu těžby zelené hlínky (Albrecht et al., 1903).

Těžbu písemně dokládá až kronikář M. Urban z Urbanstadtu ve svém díle *Geschichte der Stadt Kaaden*, kde se zmiňuje, že rada města Kadaně v roce 1558 nařídila poddaným z Jeseně, aby se dohodli s Bohuslavem Hasištejnským¹⁾ ohledně důlních nákladů na Úhošti. Ten zde prováděl průzkum na uhlí a zřejmě narušoval těžbu hlínky (Bitnerová, 1999). Zřejmě část pozemků patřila městu a část Bohuslavu Hasištejnskému.

Již v roce 1563 vyňali úředníci královské komory štajgry a havíře z Purbergu ze soudní pravomoci kadaňského magistrátu a podřídili soudní pravomoci horního úřadu v Jáchymově. Předpokládalo se (zřejmě na základě zelené barvy suroviny), že jde o měděnou rudu a podle zásad Jáchymovského horního práva si tak král zajistil pravomoc v novém domněle rudním revíru (Bílek et al., 1976). V 17. století těžba kadaňské hlínky utichla, zřejmě vlivem třicetileté války (Bitnerová, 1999).

V roce 1707 byla podle záznamu horní kroniky ze Slavkova propůjčena, zřejmě slavkovským horním úřadem, důlní míra u Zásady nedaleko Kadaně a v roce 1708 u Krásného Dvorečku a Úhošťan. Silnější zájem o zdejší výskyty se datuje do poloviny 18. stol., pravidelnější těžba na východní straně Úhoště byla započata kolem roku 1720 (Sommer, 1846).

František Erhard žádá v r. 1751 o propůjčku starých opuštěných dolů na barevnou hlínku u Úhošťan, když předtím v r. 1747 byla již udělena Františku Gössnerovi z Kadaně propůjčka na všechny kovy na Janově vršku u Úhošťan. Tři jiní kadaňští občané žádají v roce 1769 přísečnický horní úřad o povolení nové otvírky štoly Marie Pomocné blíže Úhošťan za účelem dobývání hlínky, které dostávají 25. října 1769. V roce 1790 zde byla jedna šachta a dvě štoly dolu Jana Nepomuckého (Bílek et al., 1976).

¹⁾ Zmíněnou kroniku se mi doposud nepodařilo sehnat, avšak Bohuslav Hasištejnský z Lobkovic žil v letech 1461 – 1510, což s uvedeným letopočtem nesouhlasí.

Spor o povahu hlinky rozhodl již v r. 1772 nejvyšší mincmistr, který určil, že hlinka není měděnou rudou a nálezy tak patří vlastníkům pozemků (Bílek et al., 1976). Protože však město Kadaň mělo mít od roku 1809 povolení na těžbu měděné rudy, byl tento výsledek znovu prověřován a teprve na počátku druhého desetiletí bylo rozhodnuto, že zeleň skutečně není měděnou rudou (Bitnerová, 1999). Od té doby těžilo několik vlastníků z části samostatně a z části ve společnosti. Těžba byla soustředěna severně od Úhošťan v pruhu o délce 450 m od jihu k severu a šířce 150 m, tak jak znázorňuje obr. 3 (Becker, 1891).

Od listopadu 1823 zde podnikalo město Kadaň na výměře 50.176 čtverečních sáhů. V roce 1838 byla založena společnost zaměřená na exploataci hlinky „Atschauer Grünfarbgesellschaft“, která s konečnou platností na základě chemické analýzy dokázala nekovový charakter hlinky (Bitnerová, 1999). Od tohoto roku se těžba rozšiřuje razantnějším tempem. V roce 1858 byly v provozu již čtyři podzemní lomy majitelů Hefenrichtera, Herolda, Lindera a Emicha (Jokély, 1858). Hlinka se již zřejmě nedobývala pouze mezi Úhošťanami a Kadaňskou Jesení, nejpozději z počátku devatenáctého století pochází několikapatrový podzemní důl nacházející se u Brodců. (ing. A. Bufka, ústní sdělení na základě prohlídky důlního díla). Podél Doninského potoka směrem od Dubčan jsou znatelná další tři důlní díla (úpadní štola, úklonná jáma a krátká štola – viz příloha V) na hlinku směřující pod úpatí Úhoště. Je pravděpodobné, že v okolí bylo takových malých soukromých šachtíček více, ale jejich význam byl spíše lokální a nemohlo se zde jednat o velká množství vytěženého materiálu. Průzkumné šachty jsou známy i v zaniklé obci Zvoníckov, ale produktivní těžba zde není doložena.

V roce 1862 se zde na čtyřech dolech různých majitelů vytěžilo na 3 480 centýřů (asi 1 950 q) hlinky v ceně 12 357 zlatých a ještě v devadesátých letech 19. stol. se ročně získávalo 2 000 – 3 000 q surové hlinky, prodávané podle jakosti za 7 – 10 zlatých a v upravené podobě v ceně 10 – 12 zlatých za metrický cent. To se zde již pracovalo šachticemi 40 – 70 m hlubokými a největší obtíž provozu, důlní voda, se odváděla jak štolou úhošťanské podnikatelské společnosti, raženou v letech 1875 – 1878 na délku zhruba 613 m v hloubce 50 m, tak i druhou štolou raženou v režii jesenských soukromých podnikatelů v r. 1896 na délku 920 m v hloubce 63 m. K těmto dvěma štolám byla ražena síť odboček, odvodňujících uzavřené nádrže spodních vod (Bílek et al., 1976).

Všechny štoly byly hustě pažené, protože křehké vrstvy vápence snadno bobtnají a materiál se bortí. Šachty byly všechny paženy silným kulatým dřevem a dosahovaly do hloubek 40 – 75 m. V roce 1903 bylo v provozu šest šachet, které se nacházely na úpatí Úhoště a mezi Úhošťanami a Kadaňskou Jesení. Tři z nich patřily společnosti sídlící v Úhošťanech a byly vyraženy až na obě výše zmíněné odvodňovací štoly.

Horníci fárali po žebřících. Hlinka se těžila do nádob a pomocí kladky byla dopravována nahoru, kde se dále upravovala (kapitola 2..5.2). Z části se z ní vybíraly nečistoty v mělkých

straně silnice. Druhá a také poslední zdejší stoupa, která drtila a mělnila zelenou hlínku na jemný prášek, patřila Františku Fischerovi. Byla poháněna vodou a stála spolu s Fischerovou usedlostí na samotě Dubčany, pod vesnicí Brodce (Bitnerová, 1999). Po válce vlastnil úpravnu Vladimír Vaňek, který ji provozoval asi do r. 1949, to už byla poháněna elektromotorem, v důsledku postupného útlumu těžby byla od roku 1953 úpravna nevyužita. Dnes stojí pouze její budova.

Ze stoupy odvážely hlínku koňské povozy do malé budovy v Úhošťanech, stojící mezi domy č. p.35 a 37. Tam byl prášek plněn do pytlů, pro které si před zavedením železnice přijížděli povozníci z Plzně, Bavorska, Saska a dalších zemí. Po roce 1870 pak export probíhal již po železnici (Bitnerová, 1999). Další úpravna stála v blízkosti dolu ve starém měděném hamru a ve mlýně u starého mostu v Kadani, kde se hlínka taktéž drtila a pálila se v malých cihlářských pecích (Bílek et al., 1976). Po vypálení byla používána jako červený pigment (Reufs, 1801).

Hlínka se prodávala ve dvou zelených odstínech, hnědozelený a zelenožlutý. světlejší odstín se získával míšením s žlutou hlínkou (p. Tollar, ústní sdělení).

2.5.3 Obchod

Nejprve byla hlínka přepravována na vorech. Jako surovinu ji proslavily obchodníci ze Saska. Hlavním odbytištěm v druhé pol. 19. století byly Čechy, Jižní Německo (Bavorsko, Sasko, Württemberg, kde se upravovala) a Francie, tyto obchodníci vyměňovali za hlínku vzácné francouzské zboží. V první polovině 20. století překvapivě (oproti předpovědím, že hlínku vytlačí chemie) poptávka roste. Vývoz se rozšířil na Severní Německo, Holandsko, Maďarsko, Rumunsko, Balkánské země, dokonce probíhaly i jednání s Amerikou (Albrecht et al., 1903). Česká odbytiště 20. století: Vojkovice, Děčín (p. Vaňek, ústní sdělení).

Kadaňská zelená hlínka se rozesílala ve 100 kg pytlích a pro zámořský transport v sudech. Ovšem přibližně v této době se začaly zvyšovat výrobní náklady (stoupla cena dřeva, šachty se dále prohlubovaly a štoly musely být delší, proto začaly být větší nároky na dělníky). Zvyšující se náročnost těžby a stále narůstající počet nově vyrobených barviv byly příčinou stále horší konkurenceschopnosti hlínky (Albrecht et al., 1903).

Cena za 100 kg se na konci 19. století pohybovala od šesti do sedmi zlatníků, upravená (mletá) hlínka se prodávala za 9 – 10 zlatníků. Údajů o množství vytěženého materiálu se zachovalo velice málo. V roce 1862 bylo vytěženo 3480 centů suroviny. Dále je známo, že v letech 1888, 1889, 1890 se hlínky prodalo 49, 35 a 55 vagónů (Becker, 1891). Naproti tomu ke konci těžby (v padesátých letech 20. století) množství exportované hlínky kleslo na 2 vagóny za rok (p. Peciár, ústní sdělení). V roce 1947 se veškerá hlínka z kadaňských dolů dodávala firmě Pexider sídlící v Praze, která zajišťovala odbyt (p. Tolar, ústní sdělení).

2.5.4 Využití

Kadaňská hlínka, která byla nazývána matkou všech barev, byla využívána jako zelené barvivo k výrobě uměleckých, nástěnných a krycích barev, dále pak jako hnojivo. Využití hlínky vyplývá z jejích vlastností, které má díky obsahu hydroxidu železa. Pod mikroskopem lze pozorovat částičky silikátů, které jsou jím obarveny. Tato minerální barva má velkou odolnost proti vnějším vlivům. Homogenně se spojuje s hašeným vápnem a proto se nejvíce používala k nátěrům fasád (jako zajímavost mohu uvést Zemědělskou školu v Kadani, která se v roce 1903 přestěhovala do nové budovy natřené právě zelenou hlínkou, v této budově sídlí dodnes). Další výhodou je trvanlivost pigmentu a samozřejmě krása. Trvanlivost, kterou zaručovaly výrobci byla 40 let (Albrecht et al., 1903).

Zelené hlínky byly používány od antiky dodnes. Byly identifikovány např. na nástěnných malbách ve starém Egyptě, v Pompejích, v malbách amerických indiánů. Nejvýznamnější použití zelené hlínky bylo na podmalbu tělové barvy ve středověku. Pigment byl často používán jako substrát pro srážení organických laků, někdy se používal jako podklad pod zlacení (Turková, 2000). I renesanční malíři používali zelený pigment jako podkladní vrstvu (obvykle seladonit, nebo glaukonit). Tato uklidňující zelená vrstva vyvažovala svrchní syté růžové a červené tóny, které se tehdy používaly. Byla to vhodná barva zejména díky materiálu na který se malovalo (fresky na omítku, obrazy na dřevěné desky). Bílé podklady při použití růžových tónů byly nevyhovující, pro neutralizaci použili zelenou pod růžovou, aby nedocházelo k zářivému efektu (www2). Proto by dnes hlínka zcela jistě našla uplatnění v restaurátorství uměleckých děl.

Na počátku 20. století se v menší míře využívala také na výrobu malířských barev (po proprání a vysušení). V té době to byla jediná zelená barva na trhu, která nebyla jedovatá (nahradila tehdy nejpoužívanější jedovatou svinibrodskou zeleň, viz příloha I), proto našla uplatnění i při výrobě zelených tapet, umělých květin (Albrecht et al., 1903), luxusního papíru a drobného dřevěného zboží (hraček). Později ji z trhu uměleckých barev vytlačily nově vyráběná a stále častěji používaná chemická barviva a oblíbenější chromová zeleň (Bílek et al., 1976). Velmi široké uplatnění hlínka znovu našla v secesním stylu. Před zavedením železných součástí na lodě se používala, díky své odolnosti k natírání lodí v baltských a severních přístavech (Albrecht et al., 1903). Později se používal i k barevným nátěrům železných konstrukcí a kýlu lodí pod ponorem. Nezaručené informace z podniku Barvy a Laky hovoří o používání kadaňské hlínky jako nátěru pro vojenskou techniku, údajně za účelem znesnadnění radarové detekce. K výzkumu těchto vlastností mělo docházet v sedmdesátých letech (p. Koldínský, ústní sdělení). Ke konci těžby se hlínky používalo výhradně na barvení omítek (p. Vaňek, ústní sdělení).

3. Terénní část

3.1 Severovýchod Úhoště

Vchody do důlních štol byly zabezpečeny betonovými deskami (p. Peciár, ústní sdělení), dnes jsou tato místa zarostlá vegetací a nelze je určit bez svědectví pamětníků. Některé stopy po těžbě zelené hlínky jsou dnes stále patrné. V oblasti *Bleu laite* zřetelně rozeznáváme těžební navážku (haldy), které tvoří nepřírozené elevace terénu (viz příloha VII). Celé území bývalé těžby pod Úhoštěm patří městu Kadaň. V územním plánu je stanoveno poddolované v cca 300 m širokém pásu od severovýchodního úpatí hory směrem k vesnici Úhošťany.

V místech u Úhoště, kde probíhala těžba bylo zřízeno vojenské cvičiště a sklad munice, které bylo provozováno až do jara 1994. Je zde tedy velmi těžké rozpoznat které stopy vedou k bývalé těžbě hlínky a které zde vytvořili vojáci.

Není divu, že se zachovalo několik zpráv o propadech v poddolovaném území. Jeden z pamětníků byl svědkem, když se v šedesátých letech propadl na nejužívanější cestě vojenský stroj, následně, prý byla jáma zavezena materiálem z několika nákladních automobilů a cesta obnovena. Není ovšem zapotřebí těžké techniky, ztrouchnivění výdřevy a následný propad je patrný i na několika nedostupných místech. V minulém roce, se poblíž jedné z místních pěších cest vytvořila úzká prohlubeň, která stále klesá. Postupně v ní zůstal uvězněn celý strom, v současnosti je viditelná hloubka propadu asi 3,5 m (viz foto 14, příloha VII).

Pozůstatky po těžbě mají i svou pozitivní stránku. Jeseňskou odvodňovací štolu využívá od roku 1985 Severočeská vodárenská společnost a. s. jako zdroj pitné vody pro Kadaň a okolní vesnice. V Kadaňské jeseni je malá čerpací stanice, která je napojena na konec štoly, z té je voda přečerpávána do vyšší stanice, ze které teprve samospádem teče dále do rozvodné sítě. Je zde stanoveno ochranné pásmo vodního zdroje 50 m na každou stranu od spojnice těchto dvou stanic.

3.2 Jihozápad Úhoště

Jižně od vesnice Brodce začíná Doupovský vojenský prostor. Podél Donínského potoka se zachovaly obě budovy bývalých úpraven na hlínku. Za Dubčanami jsou patrné známky po několika štolách, které připomíná i ústní sdělení p. Vaňka (viz příloha V). V samotných Brodcích byla prý podzemní komora velká asi 4 na 5 m, kde těžil majitel pozemku. Další štolu, která byla zavalená od konce druhé světové války objevil ji statkář, který ji otevřel před rokem 1998 vybagrováním části svahu. Dnes její část využívá jako sklepní prostory.

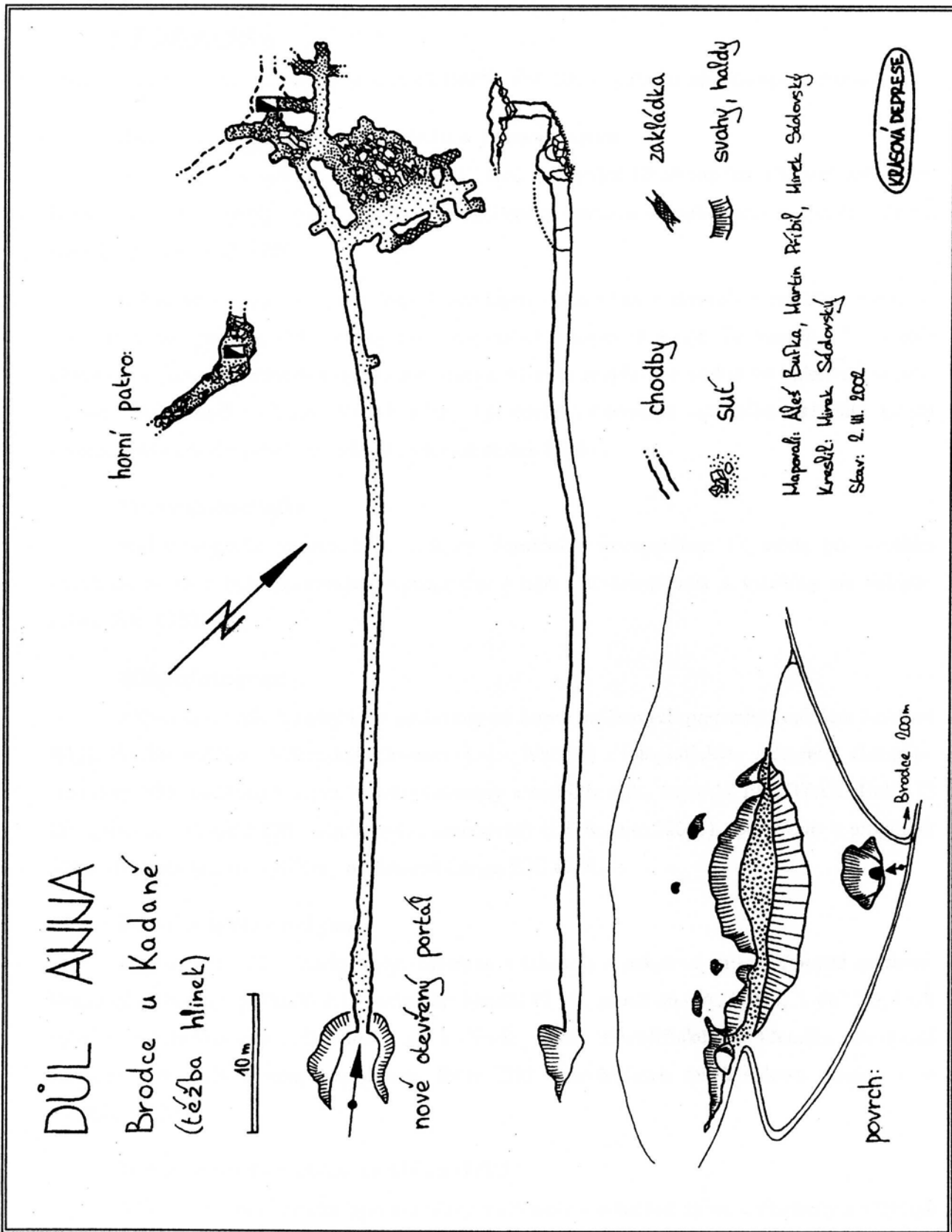
Průzkum tohoto dolu jsem se skupinou geologů z Krasové deprese (kteří ji navštívili již v roce 1998) provedla 2. 3. 2002. Důl je tvořen úvodní štolou, která asi po padesáti metrech ústí do komory a systému chodbic (viz příloha VIII a obr. 6). Nevysokým komínem komunikuje s vrchním

patrem. Všechny chodby jsou ručně sekány (viz příloha VIII, foto 23), a na stěnách jsou kapsy na kahany. Novější těžební práce byly prováděny patrně pouze v komoře, kde jsou odrubány pilíře a komora je provizorně vyztužena stojkami. Tuto práci lze přiřadit do poslední fáze dobývání, která proběhla za druhé světové války. Mocnost různě zvětralých poloh zelené hlínky se zde pohybuje od několika decimetrů až do 1 m. Podle obrázku 6 lze usuzovat, že hlínka byla nejprve těžena povrchově ve svahu a po vytěžená svrchní polohy byla vyrubána štola, která vedla přímo ke spodní poloze hlínky.

Terénní stopy těžby hlínky na lokalitě Zvoníčkov nelze dnes identifikovat. Ani od pamětníků se nepodařilo získat jakékoliv informace o dolování v těchto místech. Lze usuzovat, že těžba zelené hlínky zde zanikla dříve než na lokalitách Brodce a Úhošťany.

Chtěla bych poukázat na nedostatečnou pozornost, která je věnována průzkumu starých důlních děl a ložisek, která byla z části vytěžena. Když jsem pátrala po dokumentaci v případě ukončení těžby hlínky, tak mne nejprve na referátu životního prostředí v Kadani odkázali na archiv Rakovnických keramických závodů, tato firma však od roku 1945 změnila několikrát majitele i název a ředitel dnešního Keramostu mi sdělil, že se dokumentace z tak dávné doby nezachovaly.

▼ Obr. 6: Náčrt zkoumaného důlního díla v Brodcích



4. Vlastní výzkum

4.1 Metodika

(Není-li uvedeno jinak, probíhaly práce na ÚGMNZ PřF UK s využitím zde dostupné techniky)

Zdroj studovaného materiálu a jeho úprava

Studovaný materiál pochází z terénních sběrů na lokalitě Úhošťany (M. Chvátal, září 1999, haldový materiál, vzorky 11 a 84) a na lokalitě Brodce (autorka a spolupracovníci, štola Anička, únor 2002, vzorky 85 – 87).

Odebrané vzorky byly ponechány k vyschnutí a rozemlety v ethanolu v achátovém mlýnu. Na analytickou jemnost byly vzorky rozetřeny ručně v achátové misce. Ze vzorků 87 byl dále připraven separovaný vzorek 87sep. (část vzorku 87 byla rozplavena vodou ve válcovité nádobě a ponechána 10 hodin v klidu). Vzorek 87sep. byl odebrán z povrchu usazeného materiálu. Cílem separace bylo oddělit jílový minerál od ostatních složek hlínky.

Makrofotografie

Makrofotografie vzorků byly získány digitálním fotoaparátem Olympus při umělém osvětlení. Snímky byly zpracovány v programu Adobe Photoshop 6.0a a vytištěny na tiskárně Canon BJC 8200.

Mikrofotografie

Příprava vzorků: Vzorky byly studovány ve formě práškových preparátů (médium Paraloid B72). *Použité zařízení:* Mikroskop Ortomat (Leitz Wetzlar) s fotografickým zařízením Ortoplan, objektivy NPL 160/0.40 P Leitz Wetzlar Germany a objektiv NPL 160/0.17 FLUOTAR, 100/1.32 OEL, film Kodak Gold 100. Snímky byly nascanovány (HP Scanjet 2200c), zpracovány v programu Adobe Photoshop 6.0 a vytištěny na tiskárně Canon BJC 8200.

Fázová RTG analýza

Příprava vzorků: Vzorky byly rozetřeny v ethanolu v achátové misce. *Použité zařízení:* Práškový difraktograf DRON-2.1. *Podmínky:* Napětí 40 kV, proud 20 mA, $\text{CuK}\alpha$, 3–60° 2 Θ , krok 0,05°, doba měření v každém kroku 10 s. Nosič: terčík z bezdifrakčního křemíku. Difrakční záznamy byly vyhodnoceny programem Bede ZDS Search/Match for Windows version 1.99 s databází PDF-2.

Diferenční termická analýza (DTA)

Příprava vzorků: Vzorky byly rozetřeny v ethanolu v achátové misce a vysušeny při teplotě 105 °C po dobu 2 hod. *Použité zařízení:* Derivatograph Q-1500 D (výrobce MOM Budapest, Hungary). *Podmínky:* Inertní standard korund, interval 20 – 1000 °C, rychlost zahřívání 10 °C/min. Výstupem měření jsou křivky DT vzorků, TGA nebyla provedena kvůli poruše přístroje.

Silikátová analýza na mokré cestě

Příprava vzorků: Provedena klasickými chemickými metodami podle norem ČSN a vnitřních předpisů, analytici: Šebek, Vonásková, Rýdlová.

Stanovení stopových prvků atomovou absorpční spektrometrií

Příprava vzorků: Namleté vzorky byly rozloženy podle následujícího postupu:

- ⇒ sušit při 105 °C min. 2 hodiny
- ⇒ navážit přesně 1 g materiálu
- ⇒ vypálit organiku při 500 °C po 8 hodin
- ⇒ přidat 10 ml HF, 0,5 ml HClO₄, odpařit
- ⇒ přidat 5 ml HF, 0,5 ml HClO₄, odpařit
- ⇒ přidat 5 ml saturované H₃BO₃, 0,5 ml HClO₄, odpařit
- ⇒ přidat vodu 30 ml, mírně zahřát, přidat 2 ml HCl
- ⇒ doplnit na 100 ml

Použité zařízení: Plamenový absorpční atomový spektrofotometr (FAAS), přístroj firmy Varian, typ SpectrAA – 200 (Austrálie), podmínky měření byly standardní udávané výrobcem (Varian, 1989).

Přepalování vzorků

Příprava vzorků: Před výpalem byly vzorky rozetřeny v achátové misce a vsypány do porcelánového kelímku. *Použité zařízení:* Laboratorní muflová pec LM 312 s regulátorem TC 805, značky Linn high therm. *Postup:* Pec byla vyhřáta na požadovanou teplotu (200 °C, 300 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1000 °C), vzorek byl vložen do pece a ponechán v ní 1 hodinu. Vzorek 87sep. jsme vypalovali při teplotách, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C, 900 °C a 1000 °C. Testovali jsme rovněž vliv doby pálení na barvu produktu: vzorky jsme přepalovali po dobu 15 min., 30 min., 60 min., 120 min. a 240 min. při teplotě 400 °C.

Měření barevnosti

Příprava vzorků: rozpráškové vzorky byly vsypány do nádobek (obalů od léků) a povrch byl uhlazen podložním sklíčkem. *Použité zařízení:* Data byla změřena na spektrofotometru LabScan XE (výrobce HunterLab) ve Zkušebním ústavu lehkého průmyslu (Přemyslovská 6, Praha 3). *Podmínky:* Illuminant D65, geometrie 0/45, štěrbina 6 mm, standardní pozorovatel 10°. Měření bylo provedeno v rozsahu $\lambda = 400 - 700$ nm (po 10 nm) pro každý vzorek 4x. Automaticky byl proveden přepočet na hodnoty L*, a*, b* a byl vypočítán aritmetický průměr těchto hodnot. Hodnoty x, y, P_e a λ_d byly vypočítány pomocí programu Barvy (p. Nakládal, nepublikovaný PC program).

4.2 Výsledky

Makropopis vzorků

Vzorky kadaňské zelené hlínky jsou zemité, olivově zelené až zelenohnědé. Na materiálu jsou často dobře patrná původní zrna augitu (viz příloha II, foto 1), která byla zcela, nebo zčásti přeměněna na jílový minerál hnědozelené barvy (odstín podobný vojenské „hkaki“ zelené). Tmel mezi těmito zrny je zelenočerný. Na některých vzorcích jsou patrné lupeny biotitu až 2 cm. Vzorky, které mají vysokou příměs kalcitu jsou světlejší – zelenošedé. Tvrdost horniny je asi 2.

Chemické složení kadaňské zelené hlínky

Publikovaných chemických analýz kadaňské zelené hlínky je velice málo. První analýzu provedl Hauer v roce 1856, druhou publikoval Neužil v roce 1955, který se hlínkou zabýval podrobněji. Další analýzy se nepodařilo v literatuře nalézt.

Silikátová analýza vzorků byla provedena mokrou cestou, stopové prvky byly stanoveny metodou FAAS (viz kapitola 4.1).

Tabulka 1: Porovnání silikátových analýz studovaných vzorků a publikovaných analýz kadaňské zelené hlínky (uvedené hodnoty jsou hmotnostní procenta oxidů)

vz.	11 orig.	84 orig.	85 orig.	86 orig.	87 orig.	87 sep. orig.	Hauer (1856)	Neužil (1955)
SiO ₂	38.36	32.87	31.84	42.37	42.35	40.64	41.00	54.90
TiO ₂	2.28	1.68	4.96	4.24	4.36	6.55	0.02	0.64
Al ₂ O ₃	10.48	8.92	7.56	9.98	10.27	8.82	3.00	7.69
Fe ₂ O ₃	9.97	8.80	11.21	12.87	12.92	12.41	23.4	15.01
FeO	1.95	1.75	1.99	1.58	1.87	1.84		5.23
MnO	0.23	0.42	0.38	0.03	0.03	0.03	–	stopy
MgO	5.20	4.66	3.26	5.66	6.53	6.94	2.30	5.14
CaO	10.90	17.57	15.47	4.36	3.21	2.92	8.20	0.45
Na ₂ O	0.28	0.25	0.02	0.04	0.04	0.07	–	2.00
K ₂ O	1.83	1.30	1.76	2.02	1.99	1.65	3.00	3.94
P ₂ O ₅	0.36	0.38	0.35	0.34	0.25	0.45	–	–
H ₂ O+/-	2.99 6.68	4.56 5.06	3.78 5.66	5.29 8.18	5.78 8.64	9.94 7.26	19.30	5.35
CO ₂	8.23	11.29	11.53	2.54	1.32	<0.05	–	0.49
suma	99.74	99.77	99.51	99.56	99.50	99.53	100,22	100,84

Tabulka 2: Výsledek stanovení stopových prvků ve zkoumaných vzorcích (hodnoty jsou uvedeny v ppm)

Vzorek	Cu	Cr	Co	Ni	Pb	Zn	Ba	V
11	116	111	46	102	<2	98	466	224
84	97	87	35	92	<2	79	234	183
85	156	68	36	42	<2	78	166	276
86	288	134	44	45	<2	83	171	290
87	418	127	44	44	<2	80	131	347
87sep.	433	151	47	46	<2	89	124	294

Fázové složení kadaňské zelené hlínky

Publikované starší analýzy fázového složení kadaňské hlínky se nepodařilo nalézt. Konta (1957) uvádí debyegram kadaňského „seladonitu“, avšak označuje jej jako nereprodukovatelný. Fázové složení studovaných vzorků bylo stanoveno práškovou rtg difrakcí (difraktometrická metoda, viz kapitola 4.1).

Tabulka 3: Kvalitativní fázové složení kadaňské hlínky

vzorek	nontronit	anatas	kalcit	křemen	pyroxen	biotit	seladonit
11	++	+	++	++	+	(+)	-
84	++	(+)	++	+	+	(+)	-
85	++	+	++	(+)	(+)	(+)	-
86	++	++	+	+	-	(+)	-
87	++	+	+	+	-	-	-
87 sep.	++	+	-	-	-	-	-

Vysvětlivky: ++ fáze výrazně se projevující v difrakčním záznamu

+ fáze projevující se v difrakčním záznamu

(+) fáze jen nepatrně se projevující v difrakčním záznamu

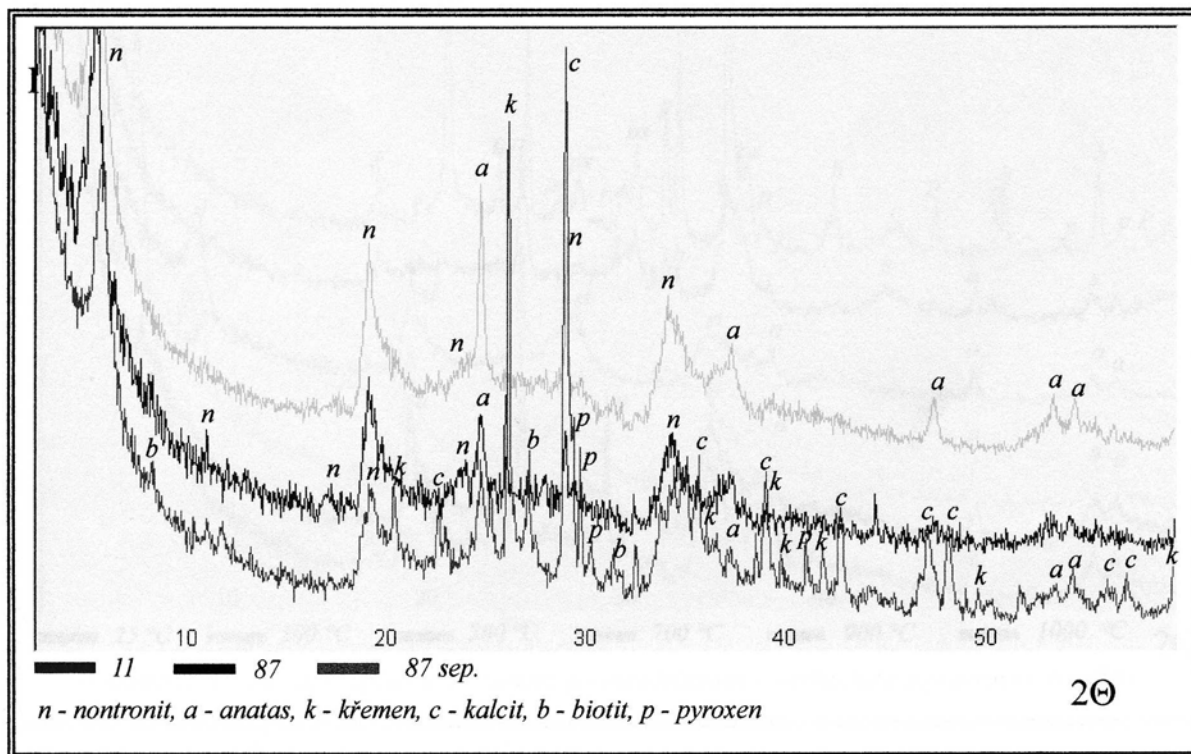
- fáze neprojevující se v difrakčním záznamu

Tabulka 4: Srovnání polohy a intenzity difrakčních linií nontronitu z kadaňské zelené hlínky (vzorek 87sep.), nontronitu ICDD 34-0842 a seladonitu ICDD 17-0521

87 sep.		nontronit ICDD 34-0842		
$d(\text{Å})$	I	$d(\text{Å})$	I	hkl
14,5	100	14,600	100	001
7,70	7	7,560	10	002
		4,980	10	003
4,50	47	4,530	100	100
3,67	34	3,670	20	004
3,01	58	3,010	30	005
2,587	41	2,600	50	111
2,262	24	2,270	10	200

seladonit ICDD 17-0521		
$d(\text{Å})$	I	hkl
9,97	45	001
4,53	85	020
4,35	40	-111
4,14	35	021
3,64	80	-112
3,35	60	022
3,32	70	003
3,09	80	112
2,90	10	-113
2,678	75	023
2,604	70	130
2,58	100	-131
2,402	75	-132
2,264	20	040

▼ Graf 1: Difraktometrické záznamy vzorků 11, 87 a 87 sep.



Tabulka 5: Vývoj fázového složení vzorku 87sep. s teplotou

fáze	20 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C
nontronit	++	+ * ¹	–	–	–	–	–	–	–
anatas	+	+	+	+	+	+	+	+	–
spinelid * ²	–	–	–	–	–	–	–	+	–
pseudobrookit	–	–	–	–	–	–	–	+	+
hematit	–	–	–	–	–	–	–	(+)	▲+
crystalalit	–	–	–	–	–	–	–	–	+
pyroxen * ³	–	–	–	–	–	–	–	+	▲+
slída * ⁴	–	–	+	+	+	+	+	–	–

Vysvětlivky: ++ fáze výrazně se projevující v difrakčním záznamu

+ fáze projevující se v difrakčním záznamu

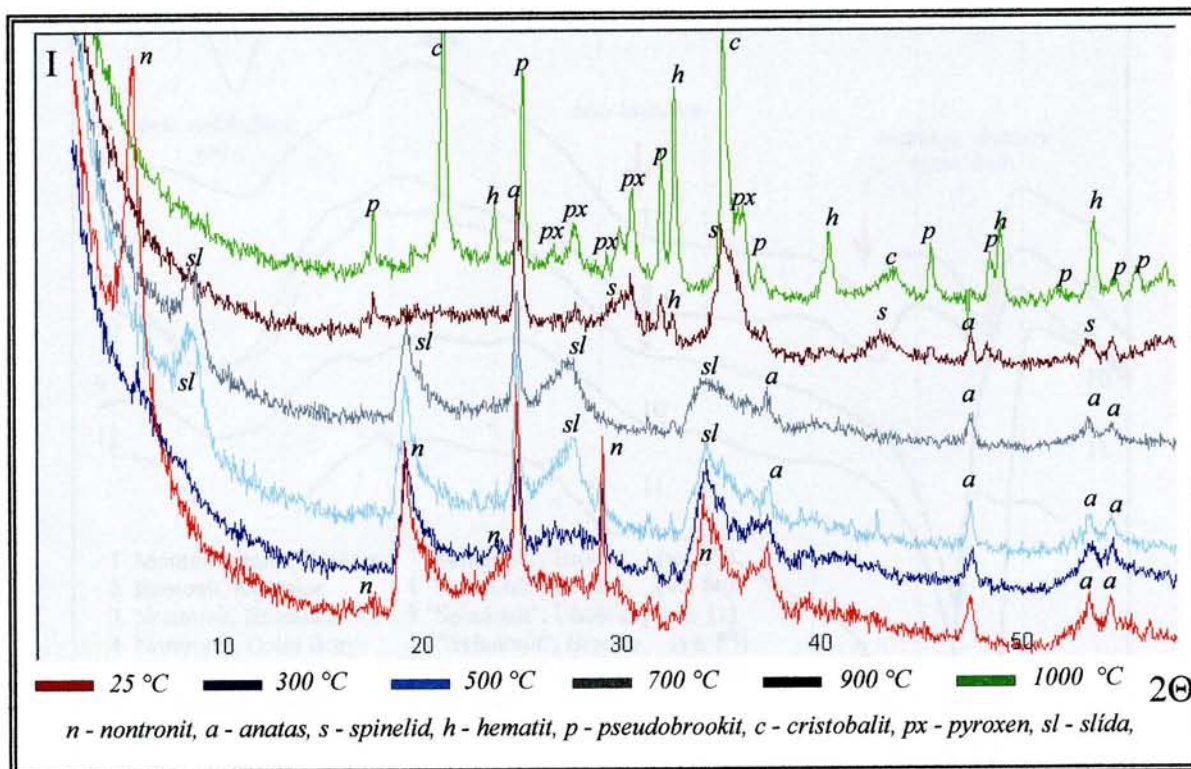
(+) fáze jen nepatrně se projevující v difrakčním záznamu (vznikající)

▲+ fáze, jejíž difrakční linie výrazně vzrostly

– fáze neprojevující se v difrakčním záznamu

*¹ mizí bazální difrakce 001, *² pravděpodobně magnesioferit, *³ pravděpodobně klinkoenstatit, *⁴ ze záznamu se nám nepodařilo slídu blíže identifikovat

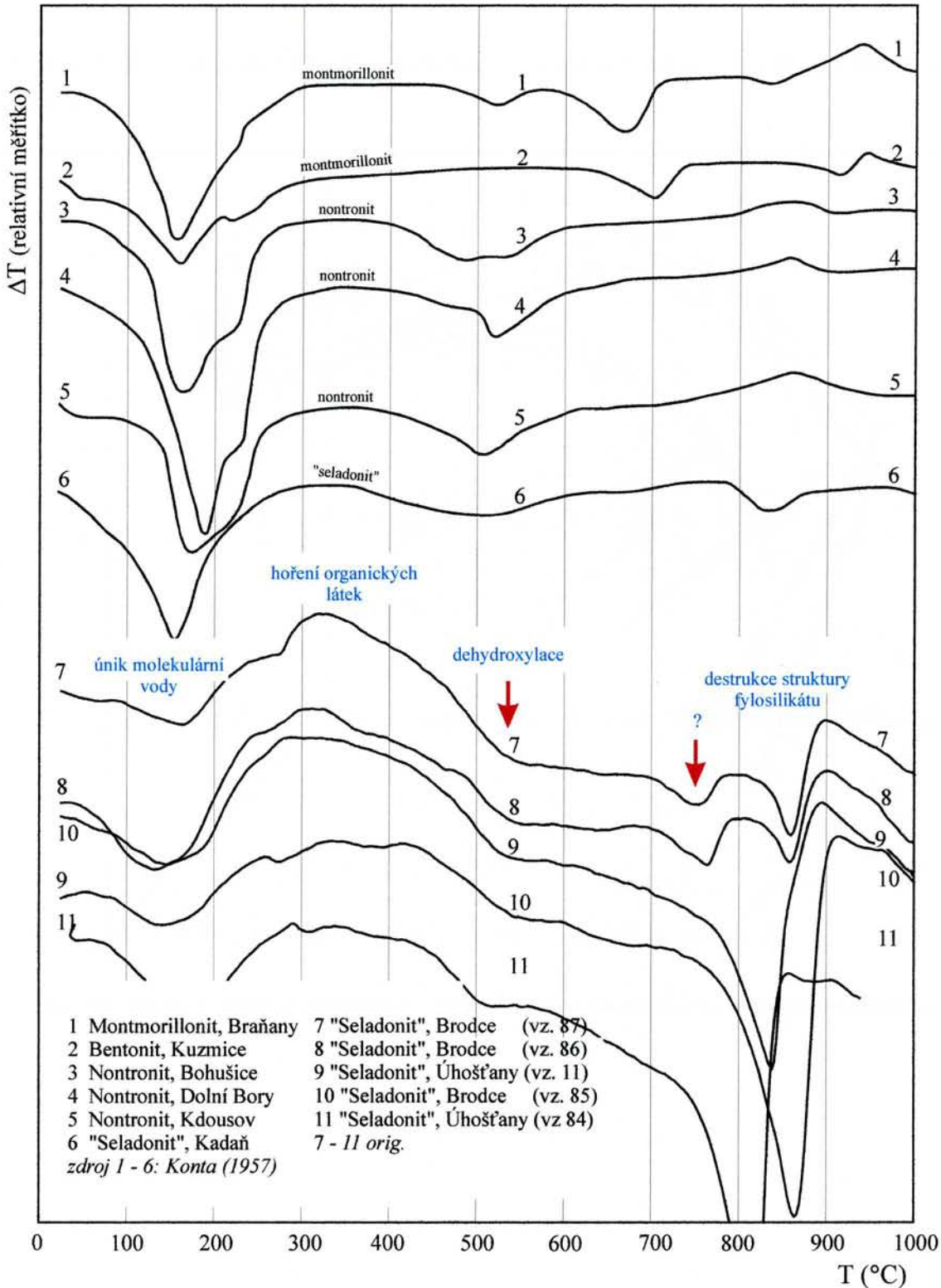
▼ Graf 2: Vývoj fází v rtg záznamu u vzorku 87 sep. s teplotou výpalů



Diferenční termická analýza

Křivky DTA studovaných vzorků jsou uvedeny v grafu 3. Pro srovnání jsou zakresleny DTA křivky vybraných montmorillonitů, nontronitů a kadaňského „seladonitu“ podle Konty (1957).

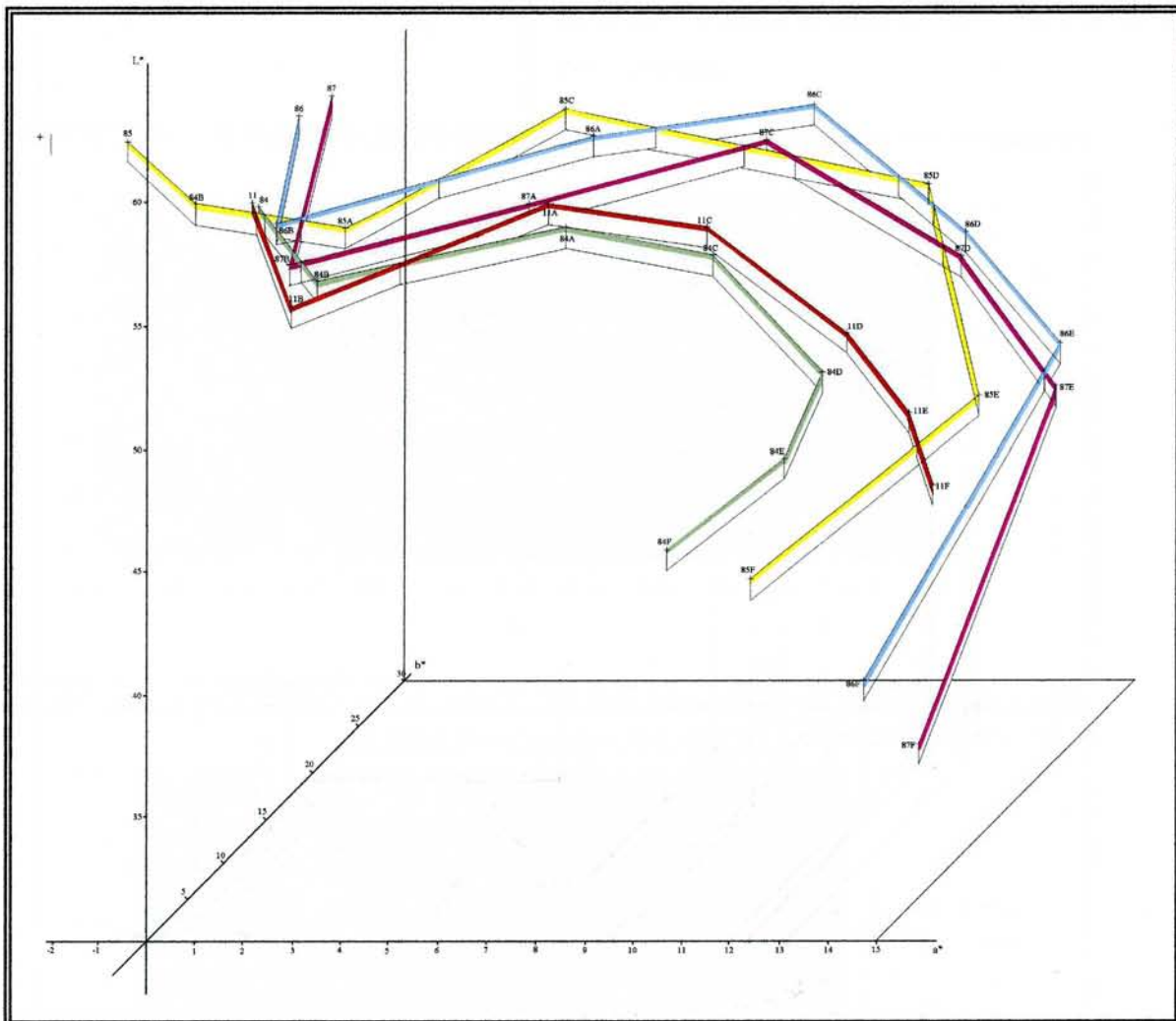
▼ Graf 3: Výstup diferenčně termické analýzy (námi studované vzorky jsou zobrazeny v dolní části).

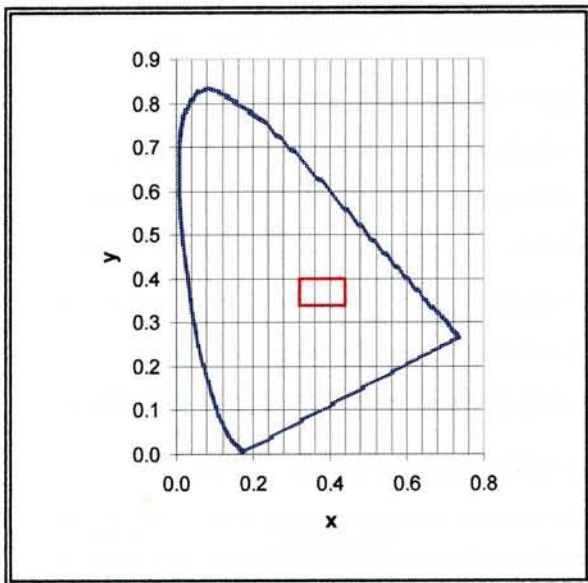


Studium barevnosti

Měřením barevnosti kadaňské zelené hlínky se podle dostupných zdrojů dosud nikdo nezabýval. Barevnost byla změřena u všech studovaných vzorků, mimo 87 sep. (pro nedostatek materiálu). Hodnoty odraznosti kadaňské zelené hlínky v intervalu 400 – 700 nm jsou uvedeny v příloze X. Výstupem měření je zobrazení posunu barevnosti kadaňské zelené hlínky s teplotou v diagramech $L^*a^*b^*$ a CIE xy (viz graf 4 a 6, 7).

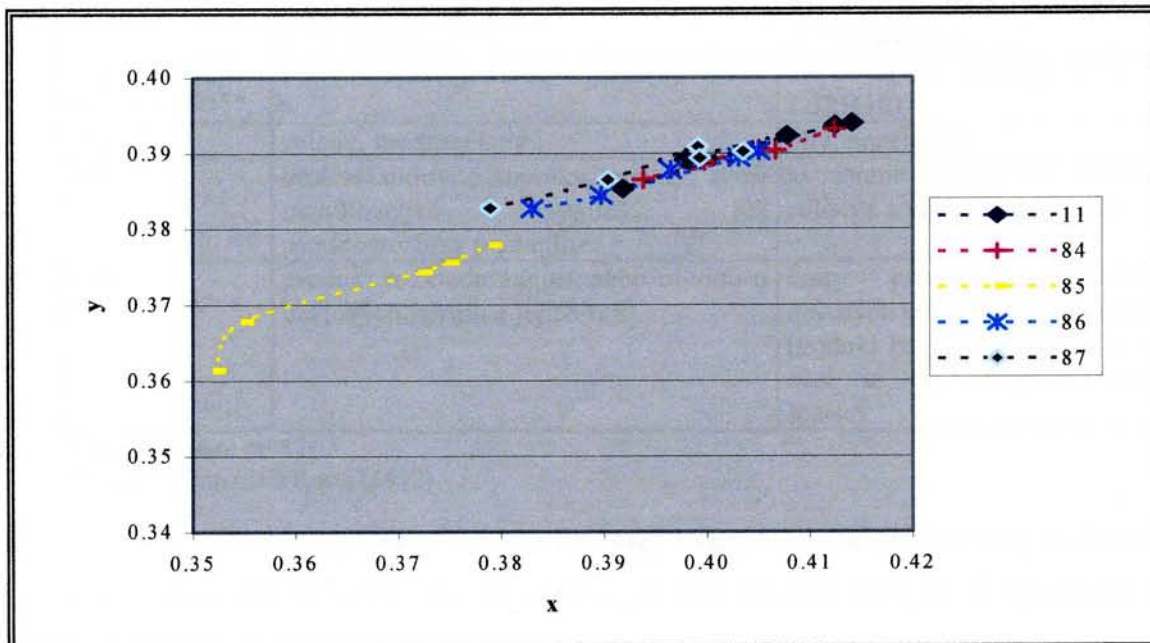
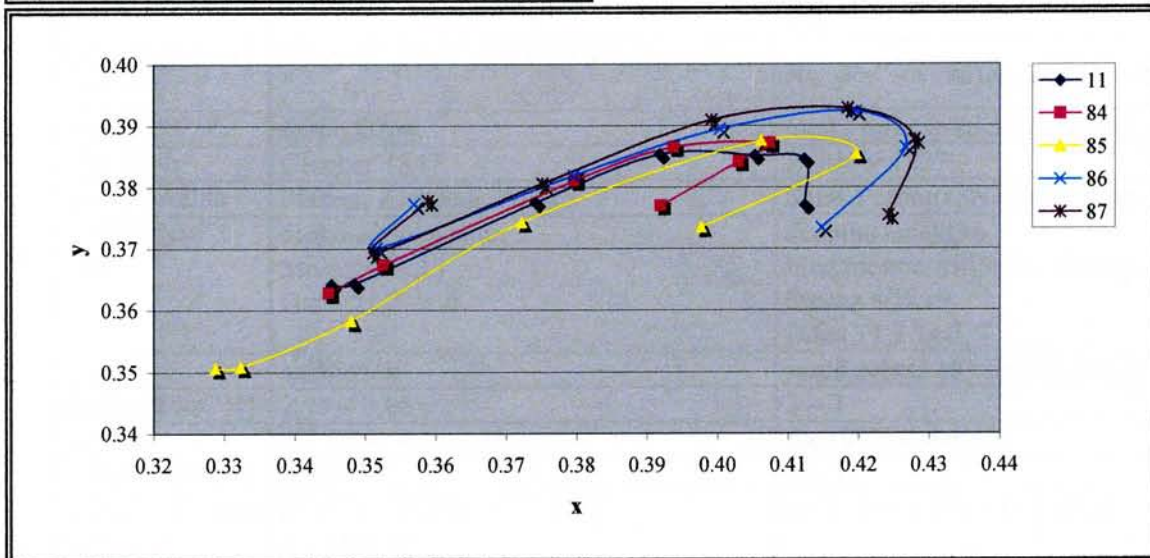
Graf 4: Prostorové zobrazení vývoje barevnosti studovaných vzorků s teplotou pálení v prostoru CIELAB.





← Graf 5: Znárodnění CIE diagramu xy, výseč označená červeně je zvětšena v grafech 6 a 7.

▼ Grafy 6 a 7: Graf 6 znázorňuje posun barevnosti všech vzorků, přičemž vlevo jsou vzorky nevypálené a po křivce směrem doprava roste teplota výpalu až na konečných 1000 °C, graf 7 zobrazuje posun barevnosti s dobou výpalu, ta roste zleva doprava (15 – 240 minut).



5. Diskuse

Fázové složení kadaňské zelené hlínky

Jílový minerál, který hlínka v podstatném množství obsahuje, byl doposud považován za seladonit. Výsledky našeho rtg difrakčního studia však přítomnost seladonitu vyvrátily a minerál byl určen jako **nontronit**. Záměna seladonitu a nontronitu není historicky ojedinělá, jako příklad lze uvést výskyt nontronitu v Jakubově (okres Moravské Budějovice), který byl považován za seladonit do roku 1899 (Konta, 1957). Kadaňská zelená hlínka byla nazývána seladonitem zřejmě podle analogie s materiálem těženým pod tímto názvem na lokalitě Monte Baldo v okolí italské Verony. Vzhledem k tomuto historickému omylu uvádím stručné srovnání seladonitu a nontronitu.

Tabulka 6: Srovnání vlastností seladonitu a nontronitu

minerál	Seladonit	Nontronit
synonymum		chloropal, unghvárit, ferimontmorillonit atd.
krystalochemický vzorec**	$KFe_3 + K_{<1}(Fe^{3+}, Al)(Mg, Fe^{2+})Si_4O_{10}(OH)_2$	$Na_{0,3}Fe^{3+}_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$
symetrie**	mon., C2/m	mon., turbostratická struktura
orig. popis	Glocker 1847	Berthier 1827
typová lokalita	Planitz, Zwickau, Polsko	Saint-Pardoux, Nontron, Francie
systematické řazení	dioktaedrická slída Strunz 8/H.13 Dana 71.2.2a.6	skupina smektitu řada montmorillonitu, dioktaedrický člen Strunz 8/H.19 Dana 71.3.1a.3
barva	nazelenalá	jasně zelená až olivově zelená
hustota(g.cm ⁻³)**	2,95 – 3,05	2 – 3
štěpnost	dle (001) dokonalá	dle (001) dokonalá
tvrdost (Mohs)**	cca 2	cca 1
krystalové osní elementy*	$a : b : c = 0.578 : 1 : 1.139,$ $\beta = 100^\circ 06'$	$a : b : c = 0.574 : 1 : 1.6739$
zákl. buňka*	$a = 5.21, b = 9.02, c = 10.27,$ $\beta = 100^\circ 06', Z = 2$	$a = 5.24, b = 9.08, c = 15.8$ $\beta \sim 90^\circ, Z = 2$
Nejintenzivnější difrakční linie**	9.97(5), 3.32(7), 1.507 – 1.510(6)	18 – 12(10), 4.6(10), 2.64 – 2.56 (10), 1.521(10)
vryp	zelený, modrozelený	bílý, nazelenalý
makro	drobné slídivité šupinky, zemitý, tvoří mandlovcové výplně, též pseudomorfózy po augitu	je jemně zrnitý až celistvý, zemitý, celistvý s voskovým leskem
vznik	produkt rozkladu augitu, nebo olivínu u bazických hornin a jejich tufů	častý produkt zvětrávání železem dohatých silikátů; hydrotermálně alterační produkt bazických hornin a vulkanických skel a okoložilných hornin rudních ložisek

* podle Strunze (1982)

** podle Bernarda a Rosta (1992)

Je zajímavé, že Konta (1957) uvádí název kadaňského „seladonitu“ vždy v uvozovkách, lze se tedy domnívat, že měl o správném určení jílového minerálu pochyby. Uvádí rovněž schopnost

kadaňské hlínky silně bobtnat ve vodě, což je charakteristické pro skupinu smektitu a skupina slíd tuto schopnost nemá. Tohoto faktu si všímá i Cílek (1965) a na jeho základě usuzuje, že odebral špatný vzorek. Naše vzorky však byly odebrány přímo v důlním díle a za kadaňskou zelenou hlínku je označili i pamětníci těžby. Přítomnost jílového minerálu smektitového typu potvrzuje i rtg záznam glykolovaného vzorku (není uveden).

Dalším zajímavým zjištěním je pravidelná přítomnost anatasu, který nikdo v námi studované literatuře neuvedl. Anatas je přítomen ve velmi jemnozrnné formě (byl nalezen i v separovaném materiálu, vz. 87sep, viz kapitola 4.1) a tvoří příměs až do 5 hmotnostních procent. Velice pravděpodobně pochází z matečné horniny. Tufy nabohacené anatasem nejsou v Doupovském komplexu ojedinělé (Adamová, 1996, p. Rojík, ústní sdělení).

V neseparovaných vzorcích byly dále difraktometrickou metodou nalezeny biotit, pyroxen (augit), kalcit, křemen) v kolísavém množství (viz tabulka 3).

Zajímavé je též vyhodnocení výsledků fázové změny s teplotou (viz tabulka 5). Již při teplotě 300 °C mizí bazální pík nontronitu ($d_{001} = 14,5 \text{ \AA}$) a je nahrazen bazálním pikem slídy ($d_{001} = 9,7 \text{ \AA}$). Domníváme se, že se struktura smektitu (nontronitu) mění na strukturu blíže neurčené slídy, která je přítomna ve vzorcích vypálených v intervalu 300 – 800 °C. Anatas je stabilní až do 900 °C. Z vysokoteplotních fází (vzniklých při teplotě 900 a 1000 °C) jsme identifikovali hematit, pseudobrookit, (novotvořený) pyroxen a cristobalit. Kvalitní červený pigment, který byl podle Reufse (1801) vyráběn vypalováním kadaňské zelené hlínky v cihlářských pecích, byl tedy směsí těchto vysokoteplotních fází.

Diferenční termická analýza

Diferenční termickou křivku „seladonitu“ (frakce pod 2 μm) z Kadaně uvádí Konta (1957). Křivka je podle něj charakteristická dvěma endotermními reakcemi (160 °C: únik molekulární vody a 300 – 700 °C: dehydroxylace). Mach (1978) uvádí DT a TG křivky a nalézá tři endotermní reakce: 100 °C: dehydratace, 530 °C: dehydroxylace, 905 °C: bez komentáře.

Naše křivka DTA (viz graf 3) ukazuje několik výrazných reakcí. První endotermní reakcí je únik molekulární vody (100 – 200 °C), nejdůležitější exotermní reakcí je hoření organických látek (300 – 500 °C). Další endotermní reakci zaznamenáváme při 540 °C; je pravděpodobně způsobena dehydroxylací. Původ endotermní reakce při 750 °C (vzorky 86 a 87) není jasný. Mohutné endotermní reakce mezi 800 – 900 °C jsou dány rozpadem struktury slídového fylosilikátu na oxidické fáze (hematit, pseudobrookit, cristobalit atd.).

Studium barevnosti

Je známo, že se kadaňská zelená hlínka vypalovala v cihlářských pecích (Reufs, 1801). V literatuře však není uvedena doba ani teplota výpalu. Provedli jsme kvantitativní měření barev vzorků přepálených při různých teplotách a po různou dobu (viz kapitola 4.2). Naměřené hodnoty odraznosti jsou uvedeny v příloze X, z nich vypočítané hodnoty L^* , a^* , b^* , x , y , P_e , λ_d a Y v příloze XI.

Změny barevnosti s teplotou pálení

Změny barevnosti studovaného materiálu s teplotou pálení vyplývají z grafů 4 – 6. Barva vzorků se mění od hnědozelené až po temně vínově červenou v závislosti na fázových změnách. V intervalu teplot 200 – 300 °C dochází k destrukci smektitové struktury a ke vzniku blíže neidentifikovaného slídového minerálu. Tato fázová změna je doprovázena makroskopicky dobře patrnou změnou barvy (z šedo-zelené na červenohnědou). V intervalu 300 – 800 °C dochází v prostoru CIELAB ke zvyšování hodnot a^* a b^* , L^* (jas) se téměř nemění. Další výrazná fázová změna probíhá v intervalu 800 – 900 °C, kdy dochází k rozkladu slídového minerálu na jednodušší sloučeniny, zejména oxidické. Při teplotě 1000 °C je pigment tvořen směsí hematitu, pseudobrookitu, cristobalitu, pyroxenu, případně dalších fází. Současně s fázovými změnami v intervalu 800 – 1000 °C klesá jas (L^*) a pigment se tak stává makroskopicky tmavším.

Změny barevnosti s dobou pálení

Testovali jsme rovněž vliv doby pálení na barvu produktu při teplotě 400 °C (viz kapitola 4.2). V intervalu 15 – 60 min. se barevné charakteristiky pigmentu dosti výrazně mění (v prostoru CIELAB roste a^* a b^*), při výpalu delším než 60 minut se již barva pigmentu podstatně nemění (viz graf 7).

Chemické složení kadaňské zelené hlínky

Silikátová analýza vzorků kadaňské zelené hlínky vykazuje výraznou převahu Fe^{3+} nad Fe^{2+} , což opět ukazuje na přítomnost nontronitu, nikoliv seladonitu. Krystalochemický vzorec nontronitu prozatím nelze ze získaných dat reprodukovat vzhledem k nečistotě analyzovaného materiálu (vzorky byly analyzovány jako „celá hornina“). Relat. vysoký obsah TiO_2 lze vysvětlit přítomností anatasu, zjištěného rtg difrakcí. Kolísavé zastoupení CaO v analýzách koreluje s proměnlivým podílem kalcitu zjištěném opět rentgenometricky.

Vzorky hlínky z lokality Brodce vykazují ve srovnání se vzorky z lokality Úhošťany zvýšený obsah TiO_2 a Fe_2O_3 , dále zvýšenou koncentraci Cu a sníženou koncentraci Ba a Ni. Koncentrace ostatních stopových prvků je srovnatelná.

6. Závěr

- ☺ Práce přináší přehled historických údajů o těžbě, zpracování a použití kadaňské zelené hlínky a o geologických poměrech ložiska, často z nepublikovaných a těžko dostupných zdrojů.
- ☺ Při návštěvě oblasti těžby (1998, ing. Bufka a spolupracovníci) byla v oblasti Brodců objevena otevřená, dosud v literatuře nezaznamenaná štolá na kadaňskou zelenou hlínku. Štolá umožňuje odběr materiálu *in situ* a představuje zajímavou technickou památku na zaniklý průmysl v oblasti.
- ☺ Fotodokumentace zaznamenává stav důlních děl na přelomu 20. a 21. století (většina fotografií je z března 2002).
- ☺ Práce přináší zhodnocení starších analytických dat o kadaňské zelené hlínce a přináší data nová (chemické a fázové složení hlínky, změny barevnosti s teplotou a dobou pálení).
- ☺ Nejvýznamnějším výsledkem práce je zjištění, že jílový minerál, který z podstatné části tvoří kadaňskou zelenou hlínku není seladonit, jak bylo dosud v literatuře udáváno, ale jde o nontronit (skup. smektitu). Přítomnost seladonitu ve studovaném materiálu nebyla potvrzena.
- ☺ Pozoruhodné jsou relativně vysoké obsahy anatasu (cca do 5 hm. %) v kadaňské zelené hlínce. Anatas je extrémně jemnozrný, protože je součástí i gravitačně separovaného materiálu.
- ☺ Při tepelném zpracování hlínky dochází k fázovým změnám, které se projevují zákonitou změnou barvy pigmentu. Byly vyrobeny přepalované vzorky a prostudována souvislost fázových a barevných změn pigmentu. Předpokládáme, že se nám při teplotě 900 – 1000 °C podařilo připravit ekvivalent červeného pigmentu, který byl vyráběn přepalováním zelené hlínky v cihlářských pecích. Lze předpokládat, že tento červený pigment na bázi hematitu – pseubrookitu – cristobalitu může být nalezen při restaurátorských průzkumech.

7. Literatura

Použitá literatura:

- Adamová, M. (1996): Mineralogická charakteristika tufů. – ČGÚ, Praha
- Albrecht, E., Ehmig, G., Barisany, J. (1903): Das Kaadner Grün. – Buchdruckerei Wenzel Hönl, Kaaden
- Becker, H. (1891): Das Grune Farb – Erde – Vorkomenn bei Atschau – Gosen in Bezirké Kaaden in Böhmen. – Jahrbuch der. k. k. Geol. Reichsanstalt, Wien
- Bernard, H., Rost, R. (1992): Encyklopedický přehled minerálů. – Academia, Praha
- Bílek, J., Jangl, L., Urban, J. (1976): Dějiny hornictví na Chomutovsku. – Vlastivědné muzeum v Chomutově
- Bitnerová, Z. (1999): Úhošťany. – Město Kadaň
- Cílek, V. (1965): Výzkum seladonitové polohy u Úhošťan, 1990. – ČGÚ archiv, Praha
- Cílek, V. (1964): Závěrečná zpráva – Ložisková studie Pětipesko – Žatecko. – Geofond ČR, Praha
- Hauer K. R. (1856): Analyse der Grünerde von Kaaden. – Sitzungen der k. k. Reichsanstalt, 7, 1856
- Hradecký a kol. (2000): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1: 25 000, list 11: 222 Kadaň. – ČGÚ, Praha
- Chlupáč a kol. (2002): Geologická minulost České republiky. – Academia, Praha.
- Katzer, F. (1982): Geologie von Böhmen. – Verlag von I. Taussig, Prag
- Konta, J. (1957): Jílové minerály Československa. – Nakladatelství Československé Akademie věd, Praha
- Kvaček, Z. et al. (1989): Paleogenní flóry západních Čech a weisselsterské pánve a jejich korelace. – Časopis Mineral. Geol., 34, 1989, č. 4
- Mach, Z. (1978): Jílové minerály Karlovarska a jejich petrologické asociace. – DP, UK PŘF
- Mísař, Z. a kol. (1983): Geologie ČSSR I – Český masív. – SPN, Praha.
- Neužil (1955): Výzkum seladonitu od Kadaně. – 1. Vědecká konference Geol. Geogr. Fak UK, 1955, str. 11 – 12, Praha
- Reufs, A. F. (1801): Mineralogische und Bergmännische Bermerkungen über Böhmen. – Berlin
- Strunz, H. (1982): Mineralogische Tabellen. – Akademische Verlagsgesellschaft Geest et Portig K.– G., Leipzig .
- Sušický (1987): Zpráva o výsledcích geologicko-průzkumných prací – Brodce, odkaliště. – Geofond ČR, Praha
- Šalát, J., Ončáková. N. (1966): Mineralógia II. – Slovenské vydavateľství technické literatury, Bratislava
- Šimůnková, E., Bayerová, T. (1999): Pigmenty. – Stop, Praha

Turková I. (2000): Anorganické a minerální fáze pigmentů historických omítek nástěnných maleb,
DP na UK PřF, Praha

Varian (1989): FAAS – Analytical Methods. – Varian Australia Pty Ltd. Mulgrave Victoria

Zahálka B. (1921): O užitkových hmotách nerostných surovin, Věda přírodní 1921, Praha

Zartner W. R. (1938): Geologie des duppauer Gebirges

Některé podstatné informace byly získány z internetu:

1. www.mindat.org/show.php,name--nontronite (str. 10)

2. www.missouri.edu (str.15)

Další historická literatura, ve které jsou zmínky o výskytu kadaňské zelené hlínky:

Breithaupt, A. (1849): Die Paragenesis der Mineralien. – Engelhart, Frieberg

Hummel, K. (1931): Chemie der Erde

Katzer, F. (1892): Geologie von Böhmen. – Verlag von I. Tausig, Prag

Leonhard, C., C. (1805): Handbuch einer allgemeinen grarhischen Mineralogie. – J. H. Hermann,
Frankfurt an Main

Leonhard, C., C. (1808): Handbuch einer allgemeinen grarhischen Mineralogie. – J. H. Hermann,
Frankfurt an Main

Peitners, J. T. E (1780): Versuch über die natürliche und politische Geschichte der Böhmischen und
Mährischen Bergwerke. – t. M. A. Schmidt, Wien

Schaller, J. (1787): Topografie des Konigreichs Bohmen. – Schanfeldechem handblung, Prag und
Wien

Sommer, J. G. (1846): Das Königreich Böhmen. – Buchhandlung von Friedrich Erlich, Prag

8. Seznam příloh

- I. Ostatní používané zelené pigmenty
- II. Makrofotografie vzorků kadaňské zelené hlínky
- III. Mikrofotografie
- IV. Geologická mapa (1 : 50 000), část listu Kadaň
- V. Topografická mapa
- VI. Katastrální mapa zájmového území, stav k roku 1850
- VII. Fotodokumentace lokality Bleu Leite, pozůstatky po těžbě hlínky
- VIII. Fotodokumentace lokality Brodce
- IX. Právní rozbor
- X. Odraznost (%) neupravených a přepálených vzorků
- XI. Barevné charakteristiky studovaných vzorků

Příloha I: Ostatní používané zelené pigmenty

Následující přehled pigmentů a jejich stručné charakteristiky uvádím pro porovnání konkurenceschopnosti hlíny na trhu uměleckých pigmentů (převzato od Šimůnková et al., 1999). Důležitost a tradice používání zelených hlinek vyplývá již z tabulky 7 (Turková, 2000).

Tabulka 7: Použití zelených pigmentů od pravěku do 20. století

Pigment/období	Pra.	Sta.	Stř.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
Ftalocyaninová zeleň											*
Chromová zeleň										*	*
Kobaltová zeleň										*	*
Malachit		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Měděnka			*	*	*	*	*	*	*	*	
Scheeliho zeleň									*	*	
Svinibrodská zeleň										*	*
Zelené hlínky	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Přírodní zelené pigmenty:

Měděnka (francouzská zeleň)

Používána již v antice, často zmiňována v literatuře o technice malby během středověku i v období renesance a baroka. V rané italské, holandské a německé barvě byla téměř jediným zeleným pigmentem, protože žádné směsi žlutí a modří ani jiné zelené pigmenty, v té době známé (malachit, země zelená), neposkytovaly tak sytý odstín. V 18. a 19. století byla již vytlačována svinibrodskou zelení, která ji sytostně překonala. Měděnka byla používána v lazurních i opakních barevných vrstvách, pro zvýšení krycí schopnosti byla kombinována s olovnatou bělobou, nebo olovnato – cíničitou žlutí. Název měděnka zahrnuje měďnaté octany různého složení a různých barevných odstínů.

Malachit

Patří mezi nejstarší známé zelené pigmenty. Byl používán již ve čtvrté dynastii v Egyptě. Hojně používán na nástěnných malbách v Číně a v Japonsku v 7 – 10. století a v evropském malířství všech období až do 18. století. Největšího významu dosáhlo jeho použití ve vaječné tempeře a olejových technikách v 15 – 16. století. V současnosti se jako pigment nepoužívá. Z přírodního minerálu se pigment připravoval mletím, promýváním a proséváním ve třech druzích jemnosti s různými odstíny. Jeho největší ložiska byla na Urale, v Zairu, Chile a v Evropě – Maďarsko a Francie.

Atakamit, paratakamit

Zásadité chloridy měďnaté $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$, lišící se jen strukturou (rombická resp. trigonální). Byl nalezen v peruánských nástěnných malbách v oblasti Moche z 1. století n. l.. Pigment se připravuje i uměle. Bylo pospáno několik případů, kdy v nástěnné malbě došlo k proměně azuritu na bazické chloridy mědi. Umělé bazické chloridy byly nalezeny ve středověkých polychromiích a nástěnných malbách na pobřeží Dánska (Kodaň) a Německa (Lübeck). Popisované pigmenty byly nalezeny v gotických nástěnných malbách i u nás – transfery maleb z kostela v Dolních Kralovicích a malba z kostela v Perálci. Barva na malbách má jasný modrozelený odstín.

Brochantit

Jedná se o zásaditý síran měďnatý podobný malachitu. Byl identifikován na malbách z dřevěného kostela v Al v Norsku kolem roku 1300, ve sbírce německých pigmentů z 19. století a na dánských tapetách 19. století. Jejich původ, zda se jedná o přírodní, či uměle připravené pigmenty nebylo možno určit.

Chryzokol

je kryptokrystalický hydratovaný křemičitan měďnatý. S názvem chryzocolla se setkáváme již v klasické literatuře (Plinius, Vitruvius, Theoprastus), označovali tak však přírodní malachit. Doposud byl pravý chryzokol identifikován na malbách v egyptských hrobkách, peruánských nástěnných malbách v oblastech Moche a La Mina z 1. století n. l., na starověkých asijských nástěnných malbách, v indických nástěnných malbách z 11. – 12. stol.

Posnjakit

Zásaditý síran měďnatý – $\text{CuSO}_4 \cdot 3 \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Jako přírodní minerál byl doposud nalezen v ruských freskách ze 16. století, v ruském iluminovaném manuskriptu z téže doby, v italských malbách. Síran posnjakitové struktury byly jako pigmenty identifikovány také na malovaných hracích kartách z Německa z roku 1430 a na nástěnných malbách v klášteře v Lübecku.

Pseudomalachit

Zásaditý fosforečnan měďnatý. Tento málo rozšířený minerál, vyskytující se např.: ve Schwarzwaldu v Německu. Byl identifikován na relikviáři z roku 1497 ve Schwarzenbergu a v ruských freskách z ranného 16. století.

Vyrobené zelené pigmenty:

Scheeliho zeleň (brunšvická, švédská)

Pigment byl poprvé připraven švédským chemikem Scheelem roku 1775, objev byl publikován 1778. Ačkoliv doposud pigment nebyl jednoznačně identifikován na konkrétním objektu, je možné přepokládat jeho výskyt na malbách z přelomu 18. a 19. století, byl používán

k malbě tapet. V Anglii se uplatňoval v dekorativním malířství. Scheeliho zeleň byla nahrazována svinibrodskou, která byla dostupná od roku 1814 a měla lepší vlastnosti. Pigment tvoří arsenitan mědi proměnlivého složení, přibližně $2 - 3 \text{ CuO} \cdot \text{As}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Příprava srážením arsenitanu sodného síranem měďnatým.

Chromová zeleň

Pigment byl k dispozici krátce po zavedení chromové žluti na trh roku 1815. Do roku 1940 to byl všeobecně používaný zelený pigment, v poslední době je nahrazována syntetickými barvivy. Má také rozsáhlé průmyslové využití. Chromové zeleni se nazývají směsi pruské modři $\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_4)_3$ a $\text{KFe}(\text{Fe}(\text{CN})_6)$ a chromové žluti PbCrO_4 v různých poměrech. Příprava – chromová žlut' s sráží na předem připravenou vodnou suspenzi pruské modře.

Kobaltová zeleň (Rinmannova, zinková)

Kobaltová zeleň – $\text{CoO} \cdot \text{ZnO}$ byla objevena Švédem Rinmanem roku 1780, ale začala se používat až v polovině 19. století, protože do té doby nebyl dostupný oxid zinečnatý v dostatečném množství. První zmínka o kobaltové zeleni jako o pigmentu je z roku 1835. Pigment se připravuje buď žiháním směsi zinkové běloby a uhličitanu kobaltnatého s chloridem draselným při teplotě $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, nebo srážením kobaltnatých a zinečnatých solí sodou a žiháním sraženiny při $500 \text{ }^\circ\text{C}$. Nebyl příliš používán pro svou vysokou cenu.

Ftocyánová zeleň (versálová, monastrálová z.)

Byla uvedena na trh krátce po rozšíření ftalocyanové modře roku 1938 v Německu (1940 v USA). Pigment tvoří cyklický komplex s minimálním obsahem anorganické složky. Připravuje se chlorováním ftocyánové modře. Ftocyánová zeleň má zelenomodrý odstín. Je to vysoce stabilní netoxický pigment, mísitelný se všemi pigmenty a pojivy.

Svinibrodská zeleň (smaragdová, Veronesova, pařížská)

Komplex octanu a arsenitanu měďnatého. Byla objevena nezávisle na dvou místech. Roku 1808 v německém Schweinfurtu (Svinibrod) a v rozmezí let 1798 – 1812 ve Vídni (Mitis). Od roku 1814 byla dostupná na trhu a byla populární pro svůj brilantní zelený odstín. Syntetický pigment se vyrábí srážením a následnou krystalizací. Jsou známy dva způsoby výroby – sulfátový a octanový. Pigment byl často míchán s barytem, sádrkou, hlinkou, MgCO_3 a Al_2O_3 aj., příměs tvořila až 40%.

Chromoxid opaktní (oxid chromity tupý, bezvodý)

Podle Vauquelina, objevitele chromu, byl použit již roku 1809 v továrně na porcelán v Sevres. První zmínka p použití v malbě je obraz Turnera z roku 1812. Byl používán méně než chromoxid transparentní pro svůj tupý odstín.

Chromoxid transparentní (oxid chormitý ohnivý, viridián, Guignetova zeleň)

Poprvé byl připraven v Paříži Pannetierem roku 1838, který však výrobní postup tajil, pigment byl drahý a poměrně málo používán. Identifikován byl v malbách Turnera z roku 1840 (samotný, nebo ve směsi se svinibrodskou zeleň). K jeho rozšíření došlo až po roce 1859, kdy byl patentován Guignetův způsob výroby. Okamžitě nahradil svinibrodskou zeleň a stal se mnohem oblíbenější než méně spolehlivé měďnaté pigmenty.

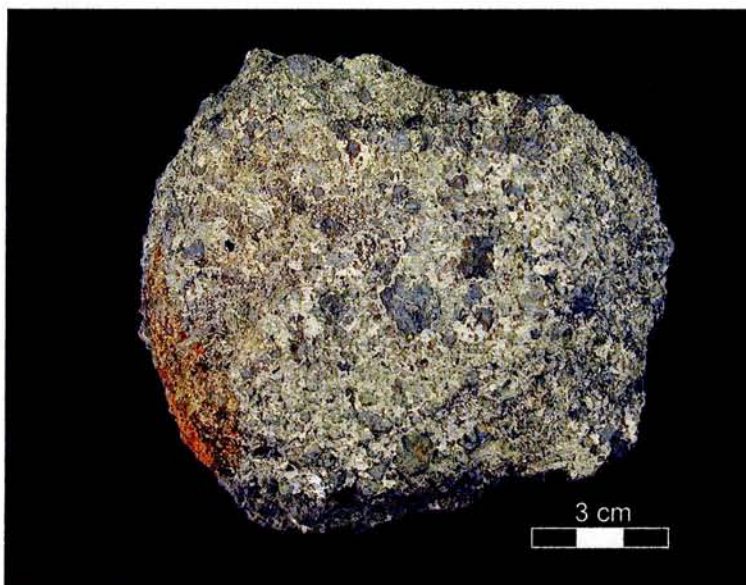
Malachit umělý (horská zeleň)

Příprava srážením měďnatých solí roztokem sody. Rtg difrakce pro přírodní a umělý malachit jsou shodné, k jejich rozlišení na malbě je třeba optického, či elektronového mikroskopu. Záměna je tedy snadná. Identifikován byl doposud na čínských polychromovaných plastikách ze 13. století, italských závěsných obrazech z 15. století a na dalších objektech z pozdější doby (dřevěné polychromované plastiky, nástěnné malby).

Měďnatý rezinát (vandyckova zeleň)

Nejstarší známý recept na přípravu měďnatého rezinátu je ze 17. století. V jakém rozsahu byl tento pigment používán v jednotlivých malířských obdobích není dosud zcela objasněno, protože jeho identifikace spočívá v důkazu mědi a mikroskopickém pozorování vzhledu a podobné výsledky může poskytovat např.: měďnatý proteinát. Transparentní zelené měďnaté pigmenty byly identifikovány na ranných holandských a italských obrazech a předpokládá se, že se jedná o rezinát, ale přítomnost pryskyřičných kyselin nebyla stanovena. Je tak možné, že se jedná o měďenku, která tvoří v průběhu doby transparentní filmy v důsledcích reakce s olejem, bílkovinou nebo pryskyřicí za tvorby měďnatých solí mastných kyselin, bílkovin a pryskyřičných kyselin. Měďnatý rezinát byl identifikován na četných malbách z 15. – 19. století pomocí IČ spektrometrie ve spojení s mikroskopií a spektrální analýzou.

Příloha II: Makrofotografie vzorků kadaňské zelené hlínky



←Foto 1

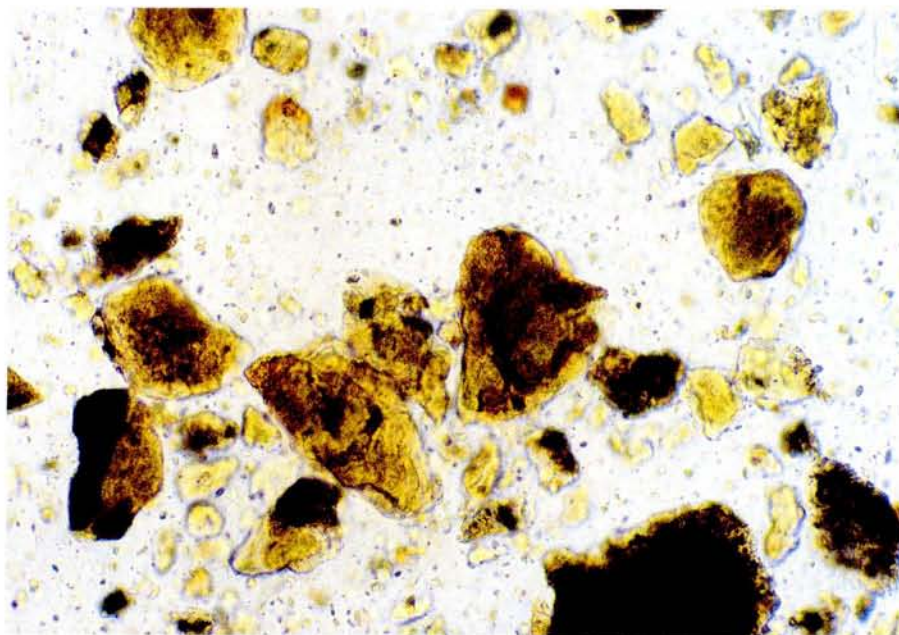


←Foto 2

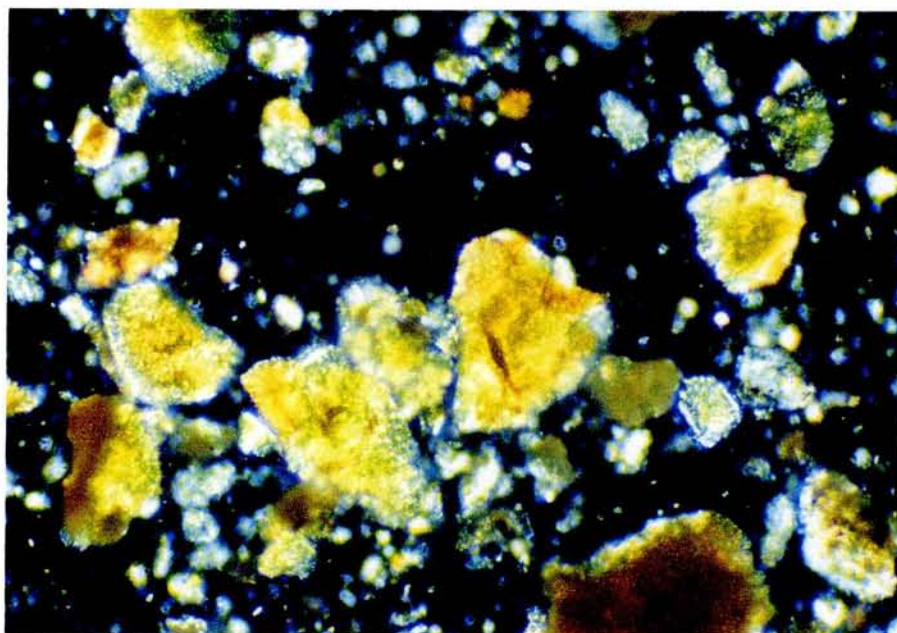


←Foto 3

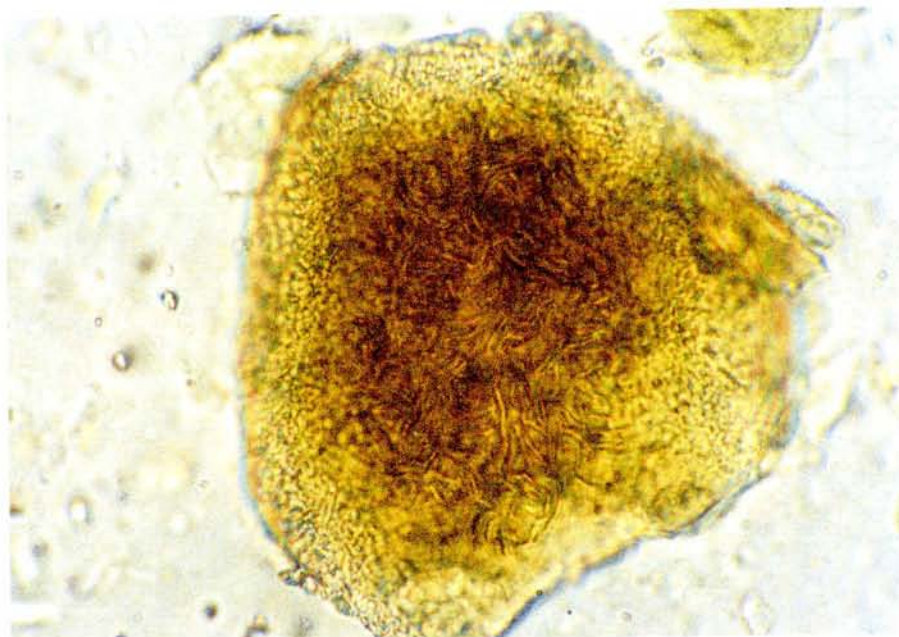
Příloha III: Mikrofotografie



♣Foto 4: Vzorek 84 (12,5 x 16, rovnoběžné nikoly)



♣Foto 5: Vzorek 84 (12,5 x 16, stejná oblast, zkřížené nikoly)

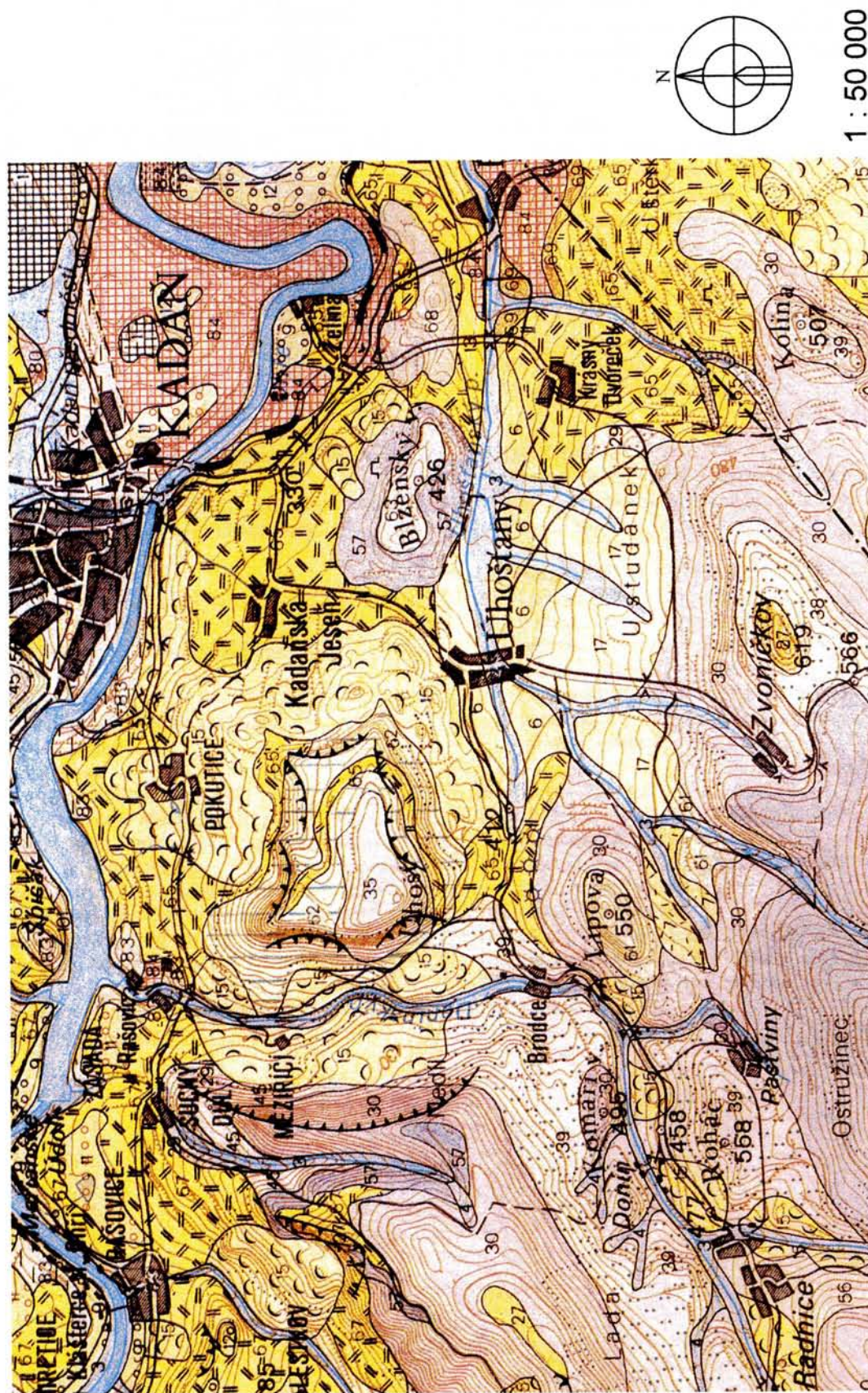


▲Foto 6: Vzorek 84 (12,5 x 100, rovnoběžné nikoly). Velmi dobře lze pozorovat jemnozrnost jílového minerálu.

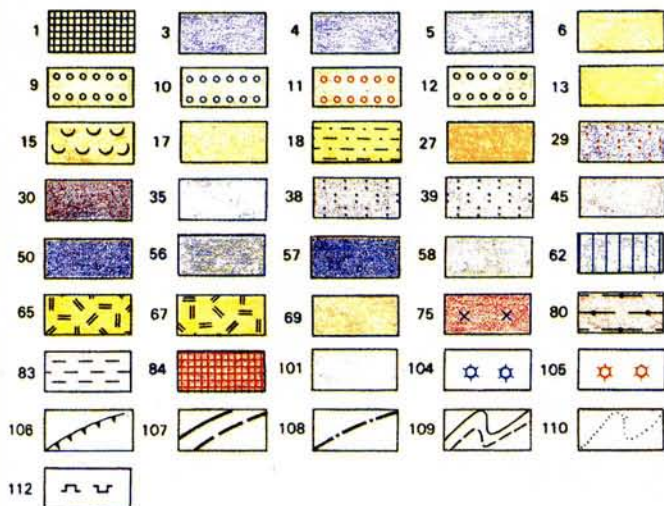


▲Foto 7: Vzorek 86 (12,5 x 100, rovnoběžné nikoly).

Příloha IV: Geologická mapa 1 : 50 000, část listu Kadaň



Vysvětlivky:

**KVARTÉR****- holocén**

- 1 antropogenní uloženiny (navážky, haldy, výsypky)
 - 3 nivní fluvialní štěrkopísčité a písčité sedimenty
 - 4 deluviofluvialní písčitohlinité a hlinité sedimenty splachových depresí
 - 5 slatiny
- pleistocén**
- 6 deluviální hlinitopísčité sedimenty
 - 9 fluvialní štěrkopíský a písky (svrchní stupeň - wülm)
 - 10 fluvialní štěrkopíský a písky (střední stupeň - riss)
 - 11 fluvialní štěrkopíský a písky (spodní stupeň - mindel)
 - 12 fluvialní štěrkopíský a písky (nejvyšší terasy)
 - 13 spraše a sprašové hlíny
 - 15 sesuv rotační
 - 17 sesuvný svah (creeping)

TERCIÉR**- miocén**

18 Mostecké souvrství, svrchní část (svrchní písčitojilovitě vrstvy)

- miocén spodní - eocén svrchní (?), doupovský komplex, lávové proudy, příkrovy a jejich soubory:

- 27 amfibolický trachyt
- 29 basalt s. s.
- 30 analcimický (apoleucitický) tefrit
- 35 tefrit nespecifikovaný
- 38 analcimit (apoleucit) nespecifikovaný
- 39 nefelinický analcimit
- 45 augitit
- 50 analcimický (apoleucitický) basanit
- 56 olivinický nefelinit
- 57 olivinický basalt
- 58 olivinický analcimit (apoleucit)
- 62 autometamorfované olivinické foidity
- 65 převážně napadané tufy uložené na souš, méně do vodního prostředí, uloženiny pyroklastických proudů do vodního prostředí i na souš, smíšené vulkanoklasticko-sedimentární horniny (tufity při bázi komplexu)
- 67 převážně hrubozrnné až středně zrnité, zvrstvené napadané tufy lokálních center

- paleogén

69 písky, pískovce, křemence a uhelné jíly (ekvivalent starosedelského souvrství)

MESOZOIKUM**- karbon - perm: variské intruzivní horniny:**

75 porfyrický biotitický granit horského typu, s častými proniky žil aplitů

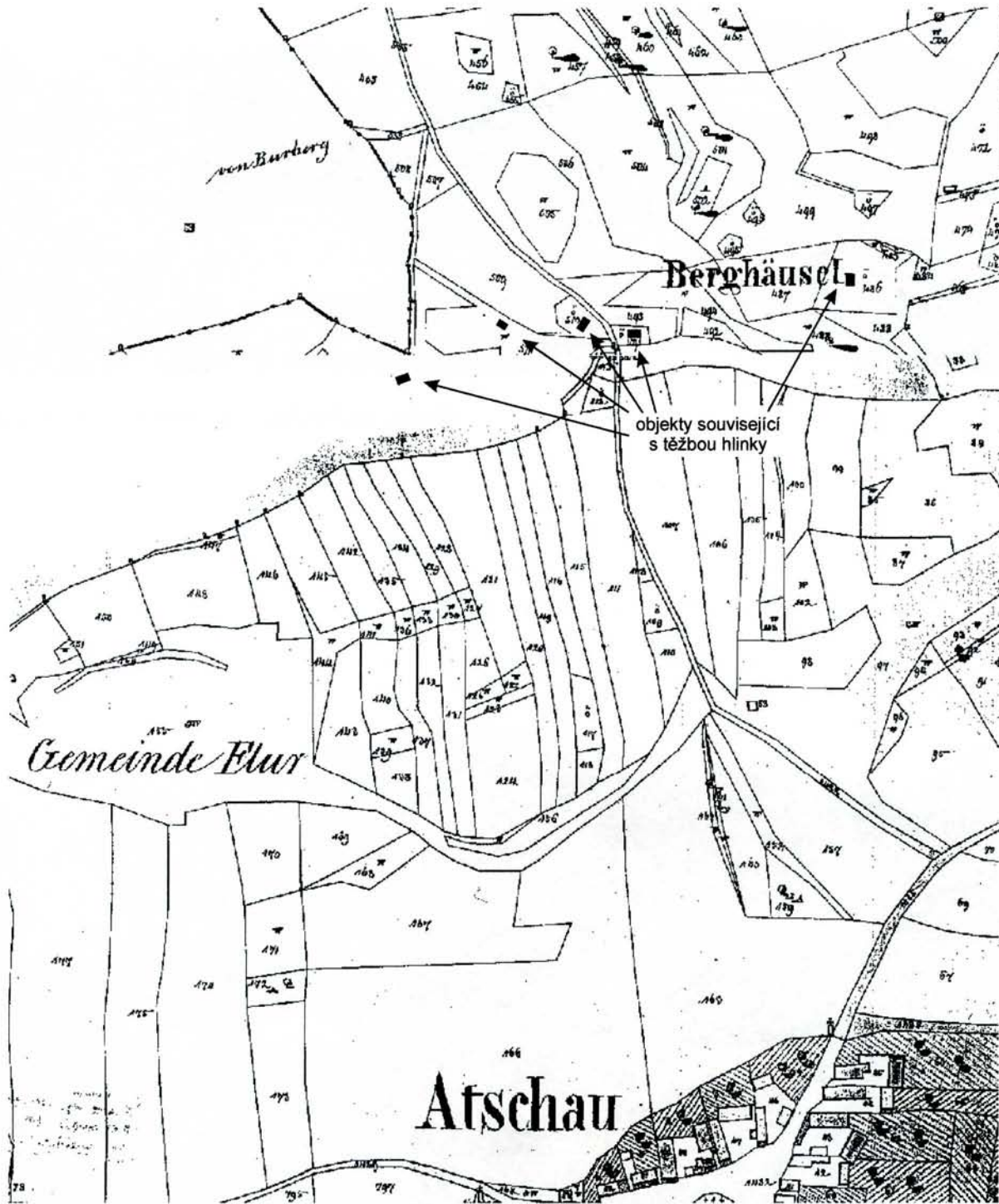
PROTEROZOIKUM - STARŠÍ PALEOZOIKUM

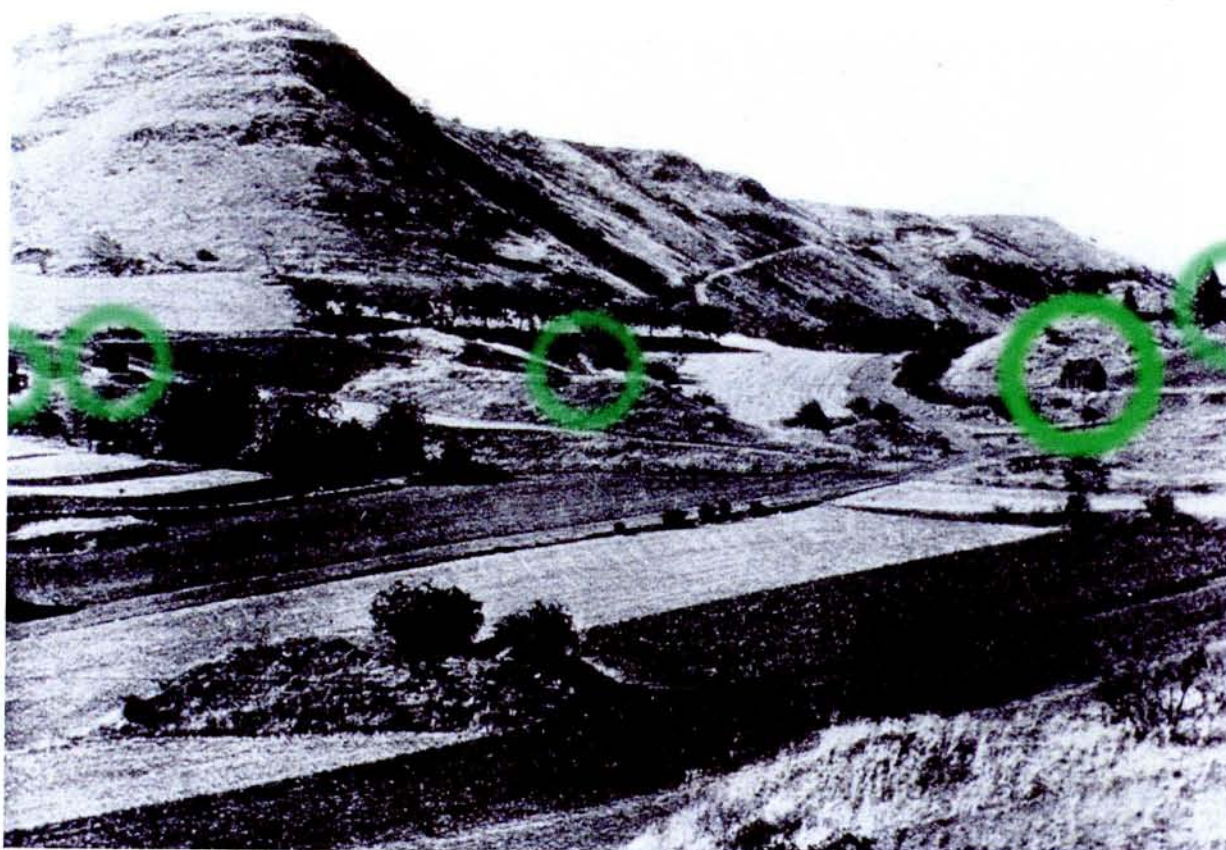
- 80 hrubozrnné okatá muskovitická ortorula
- 83 drobně až středně zrnitá muskovit-biotitická ortorula většinou silně migmatitická
- 84 granulit, granulitová rula
- 101 migmatizovaná drobnozrnná muskovit-biotitická pararula, místy s nepravidelnými proniky muskovitických ortorul

ostatní vysvětlivky:

- 104 chemické geomorfologické sedimenty (v úlomcích) - vápnitá krusta
- 105 chemické geomorfologické sedimenty (v úlomcích) - křemencová krusta
- 106 odlučná hrana sesuvů
- 107 zlomy předpokládané a otevřené
- 108 zlomy zakryté mladšími útvary
- 109 hranice hornin předpokládaná
- 110 faciální přechody
- 112 lomy v provozu

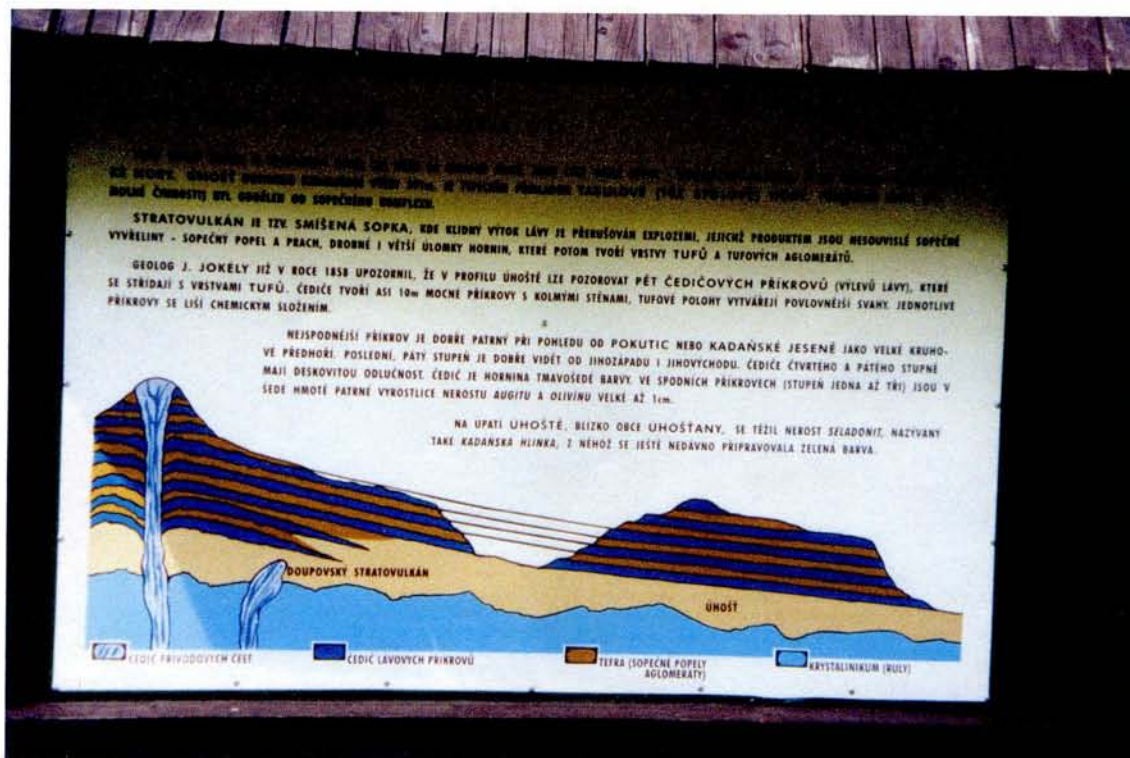
Příloha VI: Katastrální mapa zájmového území, stav k roku 1850





▲ Foto 11: Pohled na Bleu Laité, zakroužkovaná místa (zleva do prava): dva neidentifikované dřevěné domy, kladka z poslední důlní šachty, důlní domek ke skladování kulatiny a dvoupatrová dřevěná sušárna na hlínku (Zartner, 1938).

▼ Foto 12: Národní přírodní rezervací Úhošť prochází naučná stezka, zastávka č. 11 je věnována geologii Doupovských hor.





♣Foto 13: Propad po jedné ze starých šachet, nachází se severně od důlního domku.

♣Foto 14: Propad po další šachtě, nachází se u cestičky od Kadaňské Jeseně k Úhošťanům.

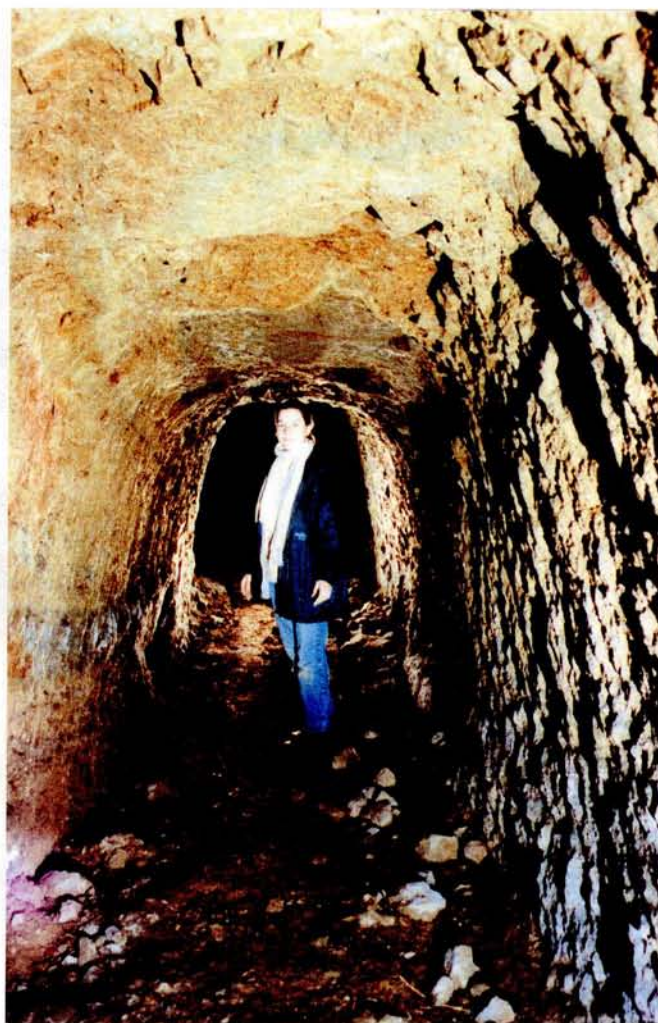


Příloha VIII: Fotodokumentace lokality Brodce

➔ Foto 15: Jáma
(vchod do štoly)
krátce po otevření.
Stav k roku 1998.



▼ Foto 16: Vchod do štoly při průzkumu 2002.



➔ Foto 17: Vítejte ve štolě
Anička ☺



♣Foto 18: Z části zapadaná komora.



♣Foto 19: Jednotlivé chodby, stav k roku 1998.

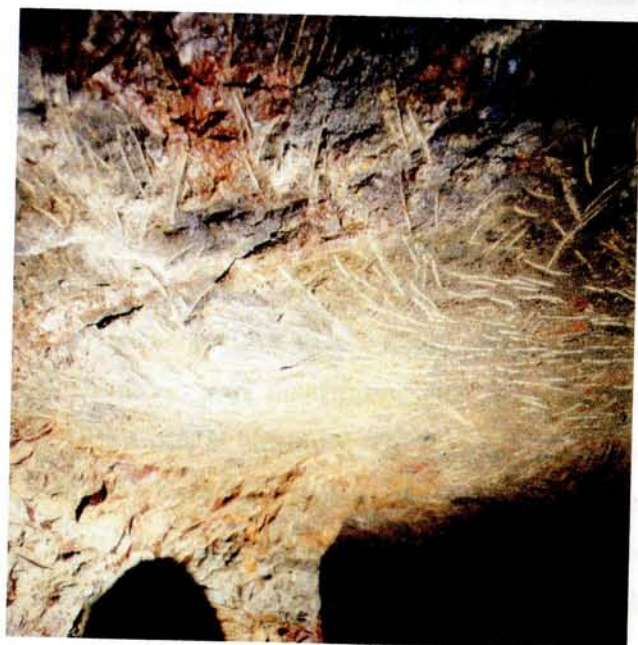
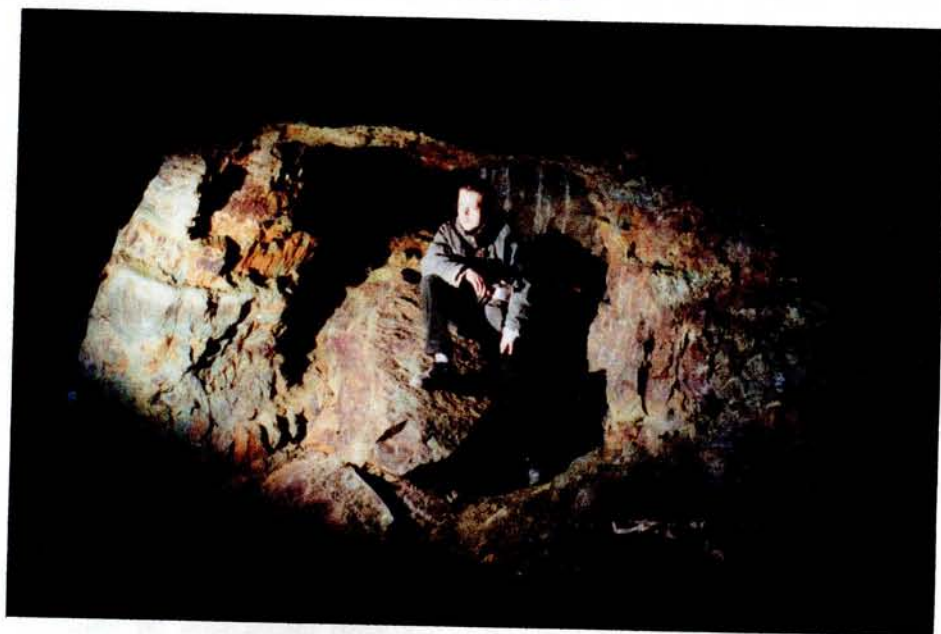


♣Foto 20: Detail na polohu hlínky.



◀Foto 21: Detail stěny komory, stav k roku 1998. Vzadu je vidět průchod do komína, který vede do horního patra.

➔Foto 22: Dalibor Velebil, velký filozof.



◀Foto 23: Detail stropu se stopami po ručním sekání materiálu.