

ZŘÍDELNÍ SEDIMENTACE KARLOVARSKÉ TERMÁLNÍ STRUKTURY  
A JEJÍ VZTAH K OCHRANĚ ZDEJŠÍCH TEREM

Disertační práce

doktorského studia

oboru Aplikovaná geologie

Přírodovědecká fakulta University Karlovy v Praze

RNDr. Tomáš Vylita

Karlovy Vary, duben 2008

Tato práce byla vypracována jako disertační práce v rámci doktorského studia autora (kombinované studium). Prohlašuji, že jsem nepředložil tuto práci ani její podstatnou část k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Děkuji všem, kteří se jakýmkoliv způsobem zúčastnili prací v rámci zkoumání zřidelních sedimentů v Karlových Varech nebo tyto práce podpořili. Děkuji rovněž všem, kteří mi zpřístupnili své archivní či sbírkové materiály.

Zvláště jsem vděčen svému školiteli Doc. RNDr. Jiřímu Krásnému, CSc. za podporu a podnětné směřování mé práce a konzultantovi Doc. RNDr. Tomášovi Pačesovi, DrSc. za poskytnuté informace a rady.

<b>Obsah disertační práce</b>	strana
1. Úvod a přehled dané problematiky	5
1.1. Úvod	5
1.2. Přehled problematiky	8
1.3. Dosavadní prozkoumanost území	11
2. Vymezení cíle práce	14
3. Popis použitých metod	15
3.1. Kamerální práce	15
3.2. Geofyzikální práce	16
3.3. Atmogeochemické práce	17
3.4. Geochronologické metody	18
3.5. Paleomagnetické a magnetostratigrafické výzkumy	18
3.6. Ostatní metody geologického průzkumu	18
4. Přehled vlastních výsledků	20
4.1. Geologické, hydrogeologické a tektonické poměry	20
4.2. Výsledky atmogeochemických metod	54
4.3. Výsledky geofyzikálních metod	57
4.4. Výsledky ostatních geofyzikálních metod	57
4.5. Vytvoření databáze dokumentačních bodů	59
4.6. Stručná interpretace izotopických analýz O a C	59
4.7. Mikrobiologického prostředí a recentní analogon	61
4.8. Výsledky geochronologických analýz	62
4.9. Paleomagnetismus a magnetostratigrafie	65
4.10. Paleohydrogeologický vývoj území	66
4.11. Antropogenní vstupy do konfigurace sedimentů	68
4.12. Tělesa zřídelních sedimentů ve vývěrové zóně	71
5. Diskuse metodických postupů a výsledků	159
5.1. Návrh změny ochranného pásma PLZ stupně IA	163
5.2. Návrh změny ochranného pásma PLZ stupně IB	167
6. Závěr a zhodnocení cílů práce	168
6.1. Závěry a zhodnocení cílů práce	168
6.2. Doporučení pro další směřování prací	169
7. Souhrn práce	171

## 8. Seznam použité literatury 174

35 obrázků a 29 tabulek v textu

**Seznam příloh práce**

1. Orientační mapa 1 : 10 000 a situační mapa zájmového území 1 : 2 000
2. Svodná mapa dokumentačních bodů 1 : 1 000
- 3.a Účelová mapa historických a recentních vývěřů termy 1 : 1 000
- 3.b Účelová mapa historických a recentních vývěřů termy 1 : 1 000
- 3.c Účelová mapa historických a recentních výronů CO<sub>2</sub> 1 : 1 000
- 3.d Účelová mapa historických a recentních výronů CO<sub>2</sub> 1 : 1 000
4. Mapa rozsahu zřidelních sedimentů 1 : 1 000
5. Účelová mapa zlomových poruch 1 : 2 000
6. Návrh aktualizace ochranného pásma PLZ stupně IA – mapa 1 : 2 000
7. Texty prací publikovaných (přijatých) v recenzovaných vědeckých časopisech (3 příspěvky)
8. Souhrn práce v jazyce českém a anglickém

# 1. Úvod a přehled problematiky

## 1.1. Úvod

Těžiště práce spočívá ve zkoumání charakteru a rozsahu zřidelní sedimentace karlovarské termální struktury, její hydrogeologické funkce a jejího vztahu k současné distribuci termy a zřidelního plynu, včetně zkoumání její aktuální funkce v systému preventivní ochrany přírodních léčivých zdrojů Karlových Varů.

Disertační práce je zaměřena na vyhodnocení detailních geologických a hydrogeologických poznatků o vzniku, vývoji a stavu zřidelní sedimentace vázané na vývěrovou zónu karlovarské zřidelní struktury. Především nové poznatky o okrajových faciích sedimentace a podmínkách jejich vzniku a vývoje umožnily definovat význam této sedimentace pro potřeby preventivní ochrany přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary v současných podmínkách balneotechnických i sociálně-ekonomických.

Výsledky práce by měly sloužit jako podklad pro minimalizaci rizik pro ustálený režim vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury, generovaných především velmi razantními stavebními pracemi spjatými s překotným rozvojem vnitřního území lázeňského místa v l. 1990 – 2008. Centrum lázeňského místa je téměř totožné s centrem vývěrové zóny zřidelní struktury a též se zájmovým územím této práce.

Bezprostředním podnětem pro detailní zkoumání zřidelní sedimentace byly občasné a ne zcela zřídka nálezy typických i méně typických zřidelních sedimentů v rámci zemních prací ve vnitřním území lázeňského místa Karlovy Vary na počátku uvedeného časového intervalu, neboť tyto nálezy vyžadovaly geologickou dokumentaci prováděnou v naprosté většině v rámci hydrogeologických dozorů staveb či v rámci kompetencí operativního správce přírodních léčivých zdrojů.

Značný počet zásahů do zemské kůry v rámci zemních a stavebních prací v posledním období byl determinován zcela anomální zanedbaností lázeňské i občanské infrastruktury v letech 1938 – 1990, tedy od záboru Sudet, období III. republiky až po zhroucení socialistického režimu. Zanedbanost lázeňského místa a infrastruktury přírodních léčebných lázní nutně vyvolala a stále vyvolává potřebu rekonstrukce starších objektů a nové výstavby a to jak v historicky urbanizovaném prostoru, tak na místech původně nezastavěných. V obou jmenovaných případech jsou stavební práce významným zdrojem rizika negativního ovlivnění ustáleného režimu termální tlakové zvodně. Dalším přístupujícím zdrojem rizika z hlediska hydrogeologického je definitivní zástavba lokalit, jejichž podloží tvoří zřidelní sedimenty, zvláště pak zástavba lokalit charakteristických výskytem vzácných okrajových facií zřidelní sedimentace a částečná či úplná destrukce těchto facií.

V rámci mého doktorského studia vznikla na základě nově získaných dat a poznatků řada publikací a odborných článků. Za nejvýznamnější považuji příspěvky uveřejněné v *Environmental Geology* (Unfilterable „geoaerosols“, their use in the search for thermal, mineral and mineralised waters, and their possible influence on the origin of certain types of mineral waters; Krčmář, Vylita; 2001) a *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* (Evolution of hot-spring travertine accumulation in Karlovy Vary/Carlsbad (Czech Republic) and its significance for the evolution of Teplá valley and Ohře/Eger rift; Vylita, Žák; 2007) a připraven a přijat k publikování je i další příspěvek do *Environmental Geology* (Travertine Deposits of the Karlovy Vary Thermal Water System; Vylita T., Žák K.; Manuscript ID EG-08-309, Special Issue). Texty prací vážících se ke studovanému tématu, které byly publikovány (resp. v jednom případě přijaty k publikování) v recenzovaných vědeckých časopisech jsou uvedeny v Příloze 7 této práce.

Disertační práce vychází z vlastních průzkumných a kamerálních prací autora z l. 2000 – 2008, z vyhodnocení dat z novějších průzkumných prací z let 1990 – 2008 a dále z výsledků účelově zaměřených průzkumných prací, realizovaných díky finančním prostředkům uděleným:

- Ministerstvem životního prostředí ČR v r. 2003 na výzkumný úkol „Variační měření složek minerální vody a týchž složek v neodfiltrovatelné formě v atmosférickém vzduchu na Mlýnském prameni v Karlových Varech (Krčmář, Vylita et al., 2003),
- Ministerstvem životního prostředí ČR v l. 2003 – 2005 na projekt „Zřidelní sedimentace karlovarské termální struktury a její vztah k preventivní ochraně přírodních léčivých zdrojů.“ (Vylita T. et al., 2005),
- Grantovou agenturou ČR v l. 2006 – 2008 na projekt reg. č. 409/06/1759 „Lázně a lázeňství v České republice v kontextu světového vývoje lázeňství“ (Zeman et al.; spoluřešitel Vylita T.),
- Grantovou agenturou ČR v l. 2007 – 2009 na projekt reg. č. 205/07/0522 „Balneologický účinek radioaktivity minerálních vod a dlouhodobé sledování aktivity Vřídla“ (2007-2009) (Goliáš et al.; odpovědný spoluřešitel Vylita T.).

Řada analýz zřidelních sedimentů byla dále umožněna díky spolupráci pracovníků Geologického ústavu AV ČR v rámci Výzkumného záměru tohoto ústavu „Základní výzkum karlovarské zřidelní sedimentace – vřidelní deska“ (AVOZ 30130516).

Část kamerálních prací byla finančně umožněna díky účasti v projektu MŽP ČR - VaV-1D/8/17/II/04 „Stupeň postižení a obnova základních funkcí horninového prostředí sokolovsko-karlovarské sídelní aglomerace narušených těžbou a úpravou palivoenergetických a nerudných surovin“ (Hrazdára et al., 2006; dílčí studie „Objasnění geneze, vztahů a zákonitostí minerálních vod v zájmovém území sokolovsko - karlovarské sídelní aglomerace“ – autor Vylita T.).

Další podporu v rovině provedení řady analýz a laboratorních výkonů poskytl Technická universita v Mnichově, SRN (Dr. G. Lehrberger) a v rámci příprav rozsáhlé výstavy též Egerland-Museum v Marktredwitz, SRN v r. 2004-5 (V. Dietmar ad.).

## 1.2. Přehled problematiky

Ve vývěrové zóně zřídelní struktury vnitřním území lázeňského místa ve smyslu platného Statutu lázeňského místa Karlovy Vary z ledna r. 1956 i dle nově navrhovaného textu Statutu, bylo k 31.12. 2007 dokumentováno celkem 80 v současnosti aktivních větších i menších soustředěných výronů termální minerální vody. V tomto počtu nejsou zahrnuty divoké výrony v řečišti Teplé a ve sklepeních domů v ul. Tržiště, Lázeňská, Vřídelní, Mlýnské nábřeží aj.

Všechny zmíněné výrony jsou prostorově vázány na zhruba 1600 dlouhou a cca 150 m širokou vývěrovou zónu, geograficky omezenou zhruba na S (SZ) Hochbergerovou lávkou přes Teplou ve Dvořákových sadech a na J (JV) výronem CO<sub>2</sub> za Lázněmi VI (nové Sluneční lázně). Zóna vývěrů termy a plynu je na povrchu (až do úrovně minimálně cca 15 m pod terénem) přerušena v prostoru Heleniny výšiny (LS Imperiál a jeho okolí), což je dáno výškovými poměry této části zájmového území.

Mimo tuto vývěrovou zónu se na zemském povrchu termální aktivita oblasti přímo neprojevuje; vrtem BJŠ-5 v parku na levém břehu Teplé naproti sanatoriu Richmond však byla v hloubce několika desítek metrů pod povrchem stále ještě zastížena cirkulace velmi teplé vody (až 60,2°C). Indicie postvulkanické a neotektonické aktivity lze však nalézt i na jiných místech mimo výše definovanou zónu, např. v relativně vysoko položených místech Zámeckého vrchu a v Sadové ulici. Sumarizace dat shromážděných o jímaných i divokých zdrojích termy je znázorněna v mapách tvořících Přílohy 3.a, 3.b; údaje o výronech plynného CO<sub>2</sub> pak na mapě v Přílohách 3.c a 3.d.



Kromě léčebného a socioekonomického aspektu existence karlovarské zřidelní struktury je podstatná i ta skutečnost, že tato struktura v celosvětovém měřítku představuje mimořádně hodnotný přírodní fenomén. Zdejší termální prameny, jejichž teplota dosahuje až 73,4° C, náleží západočeské oblasti kyselek, která je součástí evropské provincie uhličitých minerálních vod. Vlivem vysoké teploty termy vystupuje v Karlových Varech mechanická směs vody a plynného CO<sub>2</sub>, což způsobuje specifické vlastnosti zdejších pramenů, mj. intermitentní charakter výstřiku Vřídla. Základní chemické složení všech výronů termy je téměř shodné, s výjimkou okrajových zdrojů, jednotlivé prameny se však navzájem odlišují svou vydatností, teplotou, vlivem rozdílů teploty též obsahem volného rozpuštěného oxidu uhličitého (hlavní organoleptický rozlišovací znak mezi jednotlivými vývěry termy), radioaktivitou a koncentrací vedlejších a stopových látek. Z hlediska hydrochemického, genetického, geochronologického i mechanického je chemismus karlovarských pramenů mimořádně komplikovaný a ze všech těchto hledisek jde o vodu směsnou.

Pro potřeby lázeňství, tedy k pitným kúrám, praktikovaným jako základní léčebná kúra karlovarské lázeňské péče v pěti kolonádních objektech a čtyřech pramenních pavilonech či gloriotech, a k dalším vnitřním či zevním balneacím je dnes využíváno 14 pramenů vyhlášených za přírodní léčivé zdroje, vytékajících v 21 pramenních vázách: Vřídlo (4 zdroje od r. 1982), pramen Karla IV., Dolní Zámecký pramen, Horní Zámecký pramen, Tržní pramen, Mlýnský pramen, pramen Rusalka, pramen knížete Václava, pramen Libuše, Skalní pramen, pramen Svobody, Sadový pramen nový a Sadový pramen starý a Hadí pramen. Zvláštní roli hraje v pramen Dorotka, který je vlastně výronem plynného CO<sub>2</sub>, doprovázeného malým množstvím vlažné a slabě mineralizované podzemní vody.

Dále jsou veřejnosti sezónně přístupné prameny Štěpánka a Železnatý, nevyhlášené zatím jako přírodní léčivé zdroje ve smyslu zákona č. 164/2001 Sb. Pro potřeby režimního měření a hydrogeologických sledování jsou využívány další, veřejnosti nepřístupné zdroje minerální vody či plynného

CO<sub>2</sub>. V této souvislosti připomínám alespoň ty nejznámější z této skupiny pramenů: prameny Palatin, stará jímání Mlýnského pramene, Orchestřištní prameny, Tereziiny prameny, pramen Ruská koruna, pramen Fresser/Žrout, Hochbergerův pramen aj. Ze zaniklých či nevalně sanovaných pramenů nutno zvláště s ohledem na jejich vliv na stavební objekty ve vývěrové zóně připomenout např. prameny Špitální, Stará Hygieia, Tillingovo zřídlo, OZ, UZ aj.

Nejteplejším pramenem je Vřídlo (nejvyšší zaznamenaná teplota z AMS činila 73,4°C, běžná teplota u čtyř jímacích vrtů se však pohybuje v intervalu 71,6 – 72,8°C), tzv. malé prameny se vyznačují chladnější vodou (pramen Knížete Václava 65°C, pramen Svobody 65°C, pramen Karla IV. 64°C, Tržní 62°C, na druhém konci teplotní škály stojí pak Sadový pramen (39 - 40°C), resp. Hadí pramen (29 - 30°C), který je však již pouze ředěnou termou. Terma pramene Štěpánka vychládá během výstupu k povrchu až na 13°C na přelivu.

V Karlových Varech vyvěrají i chladné minerální prameny, jakým je např. Železnatý pramen a prameny prosté vody na okrajovém zlomu třetihorní sokolovské pánve (tzv. oherský zlom indikovaný mj. vývěry Červené kyselky, Napajedla a mnoha dalšími chladnými a prostými prameny).

Celková vydatnost zřidelní struktury je dlouhodobě (minimálně > 200 let) velice stabilní a činí cca 33 l.s<sup>-1</sup>. Podíl velkých terem (tedy tzv. Vřidelních pramenů) představuje > 95% této hodnoty, zbytek připadá na řádně jímané malé prameny a divoké výrony.

Jevem charakteristickým pro karlovarské prameny je tvorba zřidelní sedimentace, reprezentované mnoha formami či faciemi. Tato zřidelní sedimentace, která je hlavním předmětem práce, je rozšířena dle dnešního stavu poznání, který nově umožňuje přesnou definici rozsahu jednotlivých segmentů zřidelní akumulace, celkem na 660 délkových metrech a cca 60 000 m<sup>2</sup> ve vývěrové zóně zřidelní struktury. Srv. účelovou mapu v Příloze 4. práce.

### 1.3. Dosavadní prozkoumanost zájmového území

V zájmovém území byla vzhledem k jeho vysoké mnohačetné expozici provedena celá řada průzkumných geologických, hydrogeologických, inženýrsko-geologických a geofyzikálních prací. Karlovy Vary a především jejich lázeňské území jsou totiž jednou z nejčastěji zkoumaných lokalit na světě, první geologické výzkumy a průzkumy zde byly zahájeny již v 18. století (např. Braunbock v r. 1727 pro stavbu kostela K.I. Dientzenhofera).

Zkoumání zřidelních sedimentů poskytuje zásadní informace o genezi a vývoji karlovarské zřidelní struktury. Toto zkoumání je však znesnadňováno historickou urbanizací zájmového prostoru a vůbec antropickými aktivitami s.l., nejen zástavbou ale i zásahy typu úprav terénu, těžby nerostných surovin, zásahy v řečišti vodoteče atd.

Přímé pozorování zřidelních sedimentů bylo vždy poměrně řídké a vlivem zvodnění termální vodou a vývěřů CO<sub>2</sub> i obtížné. I v současnosti je možné zřidelní sedimenty spatřit bez sondážních prací in situ pouze na třech místech vývěrové zóny zřidelní struktury, a to jednak na úpatí Zámeckého vrchu v podobě plošně značně rozsáhlých reliktnů tzv. Hochstetterovy lavice, uchráněných shodou okolností již více než 500 let i vůči velice zásadním stavebním zásahům v těchto místech, jednak v řečišti Teplé, na opevňovací desce v místech starých průvalů a dnešních divokých vývěřů termy, resp. zaústění přepadů vřidelních vrtů těsně pod Vřidelní kolonádou (tzv. recentní analog) a konečně v starém větracím otvoru v kryptě kostela sv. Máří Magdaleny.

Podobně tomu bylo již od konce 19. století a s výjimkou mohutných zásahů před výstavbou Zámecké kolonády v r. 1909/10, demolice domů s. od kostela sv. Máří Magdaleny a rozsáhlých vrtných prací v 80. a 90. letech 20. století, nebylo možné ve větším měřítku pozorovat a dokumentovat zřidelní

sedimenty. Rozsah těles zřidelní sedimentace tak byl v posledních více než 100 letech více či méně odvozován z údajů Tellera (in Rosiwal, 1895).

Účelově organizované umělé zásahy typu odkryvných prací, jež bez vyššího potenciálního rizika pro ustálený režim přírodních léčivých zdrojů zastihly zřidelní sedimenty, přicházely v posledních desítkách let a i v současné době stále přicházejí v úvahu výhradně na lokalitě s. od kostela sv. Máří Magdaleny (tzv. lokalita „Fontána“) na pravém břehu Teplé, ostatní odkryvy využitě pro potřeby této práce byly vázány vždy na zemní práce v prostoru známých historicky známých výskytů zřidelních sedimentů. Hydrogeologické dozory organizované buď rozhodnutím ČILZ MZd ČR nebo samostatně v rámci působnosti operativního správce přírodních léčivých zdrojů Karlových Varů tak přinesly krom preventivní ochrany zdrojů nesmírně cennou dokumentaci o rozsahu, charakteru a současném stavu zřidelní sedimentace. Typickými akcemi byly např. rekonstrukce a dostavba Zámecké kolonády (2000 – 2001), pokládání distribučního potrubí vřidelní vody na Divadelním náměstí a průzkumné práce pro rekonstrukci několika zdejších objektů (Central, Olympia, Terminus – Rýnský dvůr, dům č.p. 3 aj.), postupná rekonstrukce Mlýnské kolonády (2000 – dosud), rekonstrukce objektů na Tržišti (Zawojski, Purkyně, nově uvažovaná rekonstrukce objektu bývalé Eskomptní banky), v Lázeňské ulici (Palatin, Tři zlaté hvězdy aj.), rekonstrukce domů ve Vřidelní ulici (objekty Rita, Petr, Rubín, Otava-Patria, Astoria, Salvator) aj.

Velmi přínosná přímá data o zřidelní sedimentaci poskytovaly starší vrtné práce v bližším okolí Vřídla, Tržní kolonády, Zámecké kolonády a Mlýnské kolonády, resp. vrty v celé vývěrové zóně zřidelní struktury. Nejpřesnější údaje přinesly průzkumné a jímací vrty hydrogeologické, účelově hloubené v intervalu let 1977 – 1993 (Vylita B., Pěček J. et al., Vylita T.). Podobně přínosné pak byly účelové HIG vrty z 90. let minulého století, tedy z doby stavebního boomu (lokality Nová Louka, Divadlo, Divadelní ulice, Terminus, Central, Olympia, Fontána, Vřidelní ulice, Ondřejská ulice, ul. I.P. Pavlova

aj. na pravém břehu Teplé a Stará Louka, Tržiště, Zámecký vrch, Jelení skok, Mlýnské nábřeží, Sadová ulice aj. na břehu levém).

Velice překvapivým faktem zvláště s ohledem na staletí trvajících zákaz hlubších zásahů a vrtných prací v centru lázeňského místa byl celkový počet vrtných a sondážních prací realizovaných za posledních několik set let ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury. Po exploataci veřejných i privátních archiválií, písemné, mapové, fotografické aj. dokumentace sondážních a vrtných prací jsem dospěl až k téměř 1 000 objektům, u nichž však mnohdy není znám geologický profil, eventuelně ani jejich souřadnice, které jsou pro potřeby mé práce pouze více či méně přesně odhadnuty. Z celkového počtu je u 531 objektů geologický profil znám nebo mohl být sestaven dle dostupné nehmotné dokumentace. Zřidelní sedimenty byly zastíženy cca 400 objekty, ať již vrty, kopanými sondami, rýhami, šachticemi či jinými průzkumnými díly.

Těžiště novějších geologických prací (po r. 1959) spočívalo vždy jinde než ve zřidelních sedimentech, starší práce pak často nekriticky přejímaly údaje bez jakéhokoliv ověření, protože až do počátku 80. let minulého století platilo, jak uvádí Myslík s Tyráčkem (1962), že „od dob Suessových neměl nikdo možnost sledovat travertiny v Karlových Varech přímo na odkryvech“.

Množství literárních děl, odborných i beletristických, je pro Karlovy Vary typické. Geologické práce shrnul v rámci řešení ochranných pásem karlovarských přírodních léčivých zdrojů Urban a Tikal (1964), další sumář odborné literatury vypracoval Vylita B. (Vylita B. et al., 1979, 1985 ad.), resp. autor této práce (Vylita T. et al., 2005).

## 2. Vymezení cíle práce

Cílem práce bylo kromě zkoumání prostorového rozšíření sedimentace a jejích vlastností též nově definovat roli akumulací zřidelních uloženin v geohydrodynamickém systému karlovarské zřidelní struktury a jejich roli v systému ochrany jejích zdrojů. Přehodnocení funkce této sedimentace je dle mého názoru dosti potřebným počinem v době, kdy jsou přírodní léčivé zdroje již více než 25 let jímány hlubšími vrty, tedy v době kdy již zcela evidentně došlo ke dlouhodobé stabilizaci hydrologických a hydrogeologických poměrů v centru vývěrové zóny. Znalost funkce zřidelních sedimentů v naprosto změněných krenotechnických podmínkách oproti situaci před r. 1982 by měla mj. přispět k racionální ochraně přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary před antropogenními vlivy.

V rámci práce byla provedena analýza základních rysů zřidelní sedimentace a to zejména z hlediska vzniku, vývoje a prostorového rozsahu všech center této sedimentace, charakteru jejich podloží, mechanických a hydraulických parametrů vlastních sedimentů i kontaktního horninového prostředí, charakteru nehomogenit a diskontinuit zřidelní sedimentace. Ze získaných dat byla mj. sestavena též mapa tektonických poruch vývěrové zóny zřidelní struktury v měřítku 1 : 2 000 (Příloha 5 práce) a mapa prostorového rozšíření zřidelních sedimentů v měřítku 1 : 1 000 (Příloha 4 práce).

V rámci práce bylo dále provedeno syntetické posouzení získaných dat především z hlediska celistvosti a rezistence jednotlivých nově vyčleněných těles zřidelních sedimentů a v nich či v jejich bezprostředním okolí cirkulujících termálních minerálních vod vůči potenciálním stavebním, dopravním a jiným aktivitám v rozsahu jejich prostorového rozšíření a v jejich blízkém okolí tak, aby bylo možné stanovit nechráněná riziková místa ve vývěrové zóně a revidovat rozsah ochranného pásma stupně IA přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary (Příloha 6 práce). Rovněž jsem se v rámci práce pokusil redefinovat detailní podmínky preventivní ochrany těchto zdrojů. Tyto podmínky by měly krom výsledků

úkolu respektovat i výrazné změny v krenotechnickém uspořádání vývěrových míst zřidelní struktury po r. 1982 a rovněž zcela nové socioekonomické poměry ve vnitřním území lázeňského místa po r. 1989.

### **3. Popis použitých metod**

#### **3.1. Kamerální práce**

V rámci doktorského studia jsem provedl komplexní rešerši dostupných archivních materiálů spojenou s přehodnocením dokumentačních dat, sestavením databáze vrtů, sond a zářezů ve vývěrové zóně zřidelní struktury. Využity byly jak místní – tedy karlovarské – zdroje archivních dat, tak zdroje v rámci ČR (ČGS Geofond, archiv býv. Stavební geologie, soukromé archivy fyzických osob aj.) a rovněž zdroje mimo ČR (Rakousko, Německo, Francie). Celkem byla shromážděna dokumentace téměř z 1 000 bodů ve vývěrové zóně či v místech důležitých z hlediska hydrogeologického a krenotechnického.

Summa dokumentačních bodů je znázorněna na mapě v měřítku 1 : 2 000 v Příloze 2 této práce. Data o zřidelních sedimentech byla využita při tvorbě účelové geologické mapy prostorového rozšíření zřidelních sedimentů v měřítku 1 : 1 000 v Příloze 4 této disertační práce.

Dále jsem shromáždil všechna dostupná data z režimních měření prováděných v Karlových Varech od 18. století. Tato data slouží mj. k porovnání režimu zdrojů termy před rokem 1982, tedy před rokem hlubšího zachycení termy na její výstupní cestě.

### **3.2. Geofyzikální metody**

K detekci a poznání nehomogenit a hydrotermálních dutin v tělesech zřidelních sedimentů byly v rámci práce a spjatých průzkumných úkolů využity možnosti georadarového profilování; tyto metody v kombinaci s metodami mělké reflexní seismiky, mikrogravimetrickými a magnetoelektrickými (DEMP) byly dále využity k mapování rozsahu zřidelní sedimentace a k poznání rozsahu fluviálních štěrků kvartérních teras. Geofyzikální práce byly plně hrazeny ze zdrojů poskytnutých z rozpočtu MŽP (Vylita et al., 2005).

Měření pulsním geologickým radarem vychází z principu vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického vlnění do země a registraci odraženého signálu od těles a rozhraní v zemním prostředí při posouvání měřicího systému po profilových liniích. Výsledné profily poskytují obraz o rozložení těles odlišných elektromagnetických vlastností, výskytu rozhraní a lokálních diskontinuit v hloubkovém řezu a o jejich vzájemných vztazích (vzájemné hloubkové polohy vrstev a objektů). Celkem bylo proměřeno třemi systémy cca 4200 m georadarových profilů.

Dále byla v rámci zkoumání zřidelní sedimentace provedena gravimetrická měření v celkové délce 410 m s krokem měření 2 m. Průzkum metodou mělké reflexní seismiky byl proveden v celkovém rozsahu 540 m. Průzkum byl zaměřen na posouzení hloubkového intervalu přibližně 5 – 70 m od povrchu. Měření vodivosti elektromagnetickou metodou DEMF (dipólové elektromagnetické profilování) bylo provedeno pro doplnění informace o typu prostředí v řečišti Teplé v jednom podélném profilu.



### **3.3. *Atmogeochemické metody***

Jako základní metody průzkumu zlomového porušení zájmového území bylo použito tzv. metody molekulární formy prvků (Krčmář, Vylita; 2001). Terénní práce prováděné metodou MFP spočívaly v expozici sorbentů atmosférickým vzduchem po předem zvolených profilech. Exponované sorbenty pak byly v laboratoři analyzovány především pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS), případně ICP/MS na požadované prvky.

Atmogeochemické měření metodou MFP bylo provedeno celkem na deseti profilech o celkové délce 2 710 m. Sorbenty byly na těchto profilech exponovány krokem 5 metrů. Celkem bylo odebráno 542 sorbentů. Vlastní analýzy pak byly realizovány pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS) na draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg) a zinek (Zn). Celkem bylo spolu se slepými vzorky provedeno 2184 analýz AAS. Analytické stanovení provedla stopová laboratoř G.B. Marshalla na Přírodovědecké fakultě UK v Praze

Při lokalizaci profilů bylo přihlédnuto k dosud realizovaným atmogeochemickým průzkumům ve vnitřním lázeňském území (Krčmář in Vylita B., 1985, Krčmář 1999 – 2004, Krčmář, Vylita T., 2001). S ohledem na skutečnost, že jsme spolu se zesnulým dr. Krčmářem jako první publikovali dílčí závěry plynoucí z mnohaletých četných měření v řadě zřidelních lokalit (Krčmář, Vylita T., *Environmental Geology*, Vol. 40, No. 6 - March 2001), uvádím tuto publikaci v Příloze 7 práce.

### **3.4. Geochronologické metody**

Datovací metody byly založeny na metodě U - Series. Celkem bylo odebráno 14 vzorků, jejich lokalizace viz Obr. 8, mapu v Příloze 2, resp. mapu (Fig. 2) v publikovaném článku (viz Přílohu 7 této práce). Díky konstantnímu rozpadu radioaktivních izotopů lze stanovit absolutní stáří hornin (poměrem mateřského a dceřinného prvku příslušného radioaktivního rozpadu U – Th).

### **3.5. Paleomagnetické a magnetostratigrafické výzkumy**

Byly odebrány celkem tři vzorky, z toho v první etapě v roce 2003 z řečiště Teplé (KVT) a z divokého výronu ve starém suterénu ve Vřidelní kolonádě (KVP) a v druhé etapě v roce 2004 ze sondy v Kostelní terase (KVS). Výsledky magnetických a paleomagnetických studií byly podloženy detailním rozбором všech zkoumaných hornin včetně měření základních petromagnetických parametrů a jednotlivé složky remanentní magnetizace byly analyzovány s použitím multikomponentní analýzy (Kirschvinkovou metodou). Vlastní závěrečné zpracování paleomagnetického a magnetostratigrafického výzkumu provedl J. Kadlec (Kadlec in Vylita T. et al., 2005).

### **3.6. Ostatní metody geologického průzkumu použité v rámci práce**

V rámci zkoumání zřidelní sedimentace byly dále realizovány průzkumné práce využívající metod rentgenové difraktometrie (16 analýz GÚ AV ČR, 5 analýz TU Mnichov, SRN a 20 analýz Přírodovědecká fakulta UK, Ústav geochemie, mineralogie s nerostných zdrojů).

V TU Mnichov (SRN) a v Geologickém ústavu AV ČR bylo zhotoveno pomocí standardní rentgenové difraktometrie celkem 20 difraktogramů. Kvantitativní fázová analýza byla provedena na Přírodovědecké fakultě UK.

Dále bylo využito metod chemických analýz vybraných vzorků zřidelních sedimentů. Tyto analýzy byly zpracovány v laboratořích ACME ve Vancouveru v Kanadě. Vzorky byly analyzovány metodou ICP.

Ve spolupráci s Technickou univerzitou v Mnichově, SRN, bylo provedeno celkem 100 snímků povrchu vzorků elektronovým scanovacím mikroskopem ZWL v Laufu, SRN. Vzorky byly odebrány z prostoru vývěrové zóny včetně vzorků z recentních sedimentů. Další snímky byly provedeny v Geologickém ústavu AV ČR. Pro studium povrchové morfologie zřidelních sedimentů bylo vybráno celkem 10 výrazně makroskopicky odlišných vzorků. Dále byly provedeny analýzy katodové luminiscence u 3 vzorků. Prostřednictvím TU Mnichov (SRN) bylo v rámci spolupráce v r. 2003 odebráno 80 vzorků vybraných k izotopické analýze (55 z Hochstetterovy lavice, 8 z vřidelní desky z facie Kostelní terasy, 9 recentních sintrů a 8 jednotlivých kuliček a hrachovců). V červnu 2004 bylo odebráno dalších 23 vzorků karbonátů. V nich bylo běžnou metodikou v červnu 2004 v laboratořích České geologické služby stanoveno izotopové složení uhlíku a složení uhlíku a kyslíku karbonátů.

## **4. Výsledky práce**

V dalším textu jsou interpretovány výsledky všech v rámci disertační práce nově provedených průzkumných a výzkumných prací v l. 2000 – 2008. Petrografické práce byly realizovány především v rámci projektu hrazeného MŽP (Vylita T. et al., 2005).

### **4.1. Geologické, hydrogeologické a tektonické poměry zájmového území**

#### **4.1.1. Fyzikálně-geografické poměry lokality**

Zájmové území leží při severozápadní hranici geomorfologického celku Slavkovský les, v úzkém údolí Teplé a v přilehlých spodních partiích svahů s poměrně prudkým sklonem k vodoteči (Výšina přátelství 556 m n.m., koryto Teplé u přepadů Vřídla 377,30 m n.m.). Reliéf terénu je velmi členitý. Nadmořská výška se v zájmovém území pohybuje v intervalu 372,55 (zhlaví jímání pramene No. 63 (Hochbergerův) v severním uzávěru vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury) až 425,00 m n.m. (ul. Vyšehradská, na konci 19. století dokumentované výrony CO<sub>2</sub>, DB 127 v mapě v Příloze 2, resp. v Příloze 3c). Stávající konfigurace terénu zájmového území je do značné míry umělá, mikrorelief je výrazně pozměněn antropogenními zásahy v tomto historicky urbanizovaném území.

Nesmírně důležitou roli při vývoji zřidelní sedimentace hrají povrchové toky, reprezentované dnes především řekou Teplou a jejími pravostrannými přítoky, dříve pak tzv. „Karlovarským“ potokem, předchůdcem dnešního dolního toku Teplé.

Hydrograficky náleží území do povodí Ohře, dílčímu povodí jejího pravostranného přítoku Teplé 1-13-02-33. Hydrogeologický rajón 212, vodohospodářská mapa 11-21 Karlovy Vary a 11-23 Sokolov.

Podle charakteru klimatu náleží zájmové území k přechodné zóně středoevropského klimatu se značnou proměnlivostí počasí. Klimatická oblast MT 4 (Quitt). Dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek (období 1901-1950) činí 659 mm, přičemž průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více je 112-120. Střední průměrná roční teplota vzduchu činí 7,3° C. Počet mrazových dnů s minimální teplotou pod -0,1°C je 150-160, z toho počet ledových dnů s celodenním mrazem je 45-50, a počet letních dnů s maximální teplotou přesahující 25°C je 25-30 za rok.

Obr. 1 Letecký pohled na zájmové území



#### **4.1.2. Geologické poměry**

Území vývěrové zóny karlovarské termální struktury a nachází se v hraniční oblasti saxothuringika a tepelsko-barrandienské zóny, v krušnohorské regionálně-geologické jednotce Českého masivu.

Zkoumané území blíže soutoku řek Teplé a Ohře, charakteristické vývěry termy a plynného oxidu uhličitého, je součástí intraplatformní riftové struktury – oherského riftu. Riftová struktura, která je zónou s výraznými emanacemi CO<sub>2</sub>, s několikafázovým tercierním a kvarterním (až 0,3 Ma) vulkanismem a dále zónou seismických rojů s frekvencí cca 3 let, je dále doprovázena ztenčením mocnosti zemské kůry (27 – 38 km) a elevací zemského pláště, resp. anomálním tepelným tokem. Omezení riftové zóny na severu je dáno krušnohorským zlomem na úpatí Krušných hor, na jihu pak morfologicky méně nápadným zlomem litoměřickým, na povrchu indikovaným např. metabazitovým komplexem mariánskolázeňským apod.

Základním faktorem podmiňujícím vznik karlovarské zřidelní struktury je tedy geologická stavba území a to včetně stavby hlubinné. Zřidelní struktura je jak geneticky, tak prostorově spjata s prostředím budovaném granitickými horninami karlovarského plutonu, jednoho z plošně rozsáhlých intruzivních těles západních Čech pozdně variského stáří.

Z dalších faktorů podmiňujících vznik zřidelní struktury hraje roli geomorfologická pozice, která determinuje několik set km<sup>2</sup> rozsáhlé infiltrační území a rovněž tektonická expozice území. Přítomnost hlubinných zlomů a mělčích poruch zemské kůry je jedním z podstatných charakterizačních rysů zkoumané oblasti. Právě na zóny s vyšší hydraulickou permeabilitou, tedy na tektonické zóny, je vázán výše v souvislosti s vývojem riftové struktury zmíněný intenzivní alkalický bazaltický vulkanismus (oligocén-miocén) a výstupní proud magmatických plynů s dominantním podílem CO<sub>2</sub>.

V okolí zkoumaného území tak při distribuci mineralizovaných a proplyněných vod v tzv. západočeské kyselkové oblasti vystupují do popředí role jáchymovského hlubinného zlomu směru SZ – JV (rozšíření kyselk v prostoru doupovského stratovulkánu - Kyselka, Dolní Lomnice, Korunní, Velichov, Radošov, Víska aj.), hornoslavkovského zlomu SSZ – JJV (uprostřed sokolovské pánve směru SSZ- Šabina, Královské Poříčí s doly Bernard, Marie aj.), litoměřický hlubinný zlom směru VSV-ZJZ (predisponující distribuci plyných spoust v oblasti mariánskolázeňské a v jv. části Doupovského stratovulkánu - Vroutek, Očihov, Žebletín a zřejmě i Čachovice - a v okolí Loun - Tvršice, Liběšice, Břvany, Louny a zřejmě i Bílina).

Na základě zkoumání vystupujících plyných spoust (korelace výstupu CO<sub>2</sub> a plášťového <sup>3</sup>He), chemických i izotopických analýz plynů (<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He, δ<sup>13</sup>C aj.), lze soudit na to, že jejich původ je vázán na subkrustální rezervoáry magmatických fluid (Weinlich, 1999 a 2003; Geissler, Kämpf et al., 2005 aj.). Analýzou seismických dat získaných měřením v západní části Českého masivu byla určena mocnost zemské kůry v oblasti oherského riftu na cca 27 – 38 km s tím, že v oblasti tohoto riftu dochází ke změnám mocnosti kůry. Uvolňování CO<sub>2</sub> bohatých fluid probíhá v hloubkách cca 30 – 60 km pod povrchem, separace CO<sub>2</sub> se odehrává v úrovních cca 21 – 29 km. Hypocentra zemětřesení se nacházejí v kůře v hloubkách kolem 6,5 km.

Vývěrová zóna karlovarské zřidelní struktury, tedy území, jemuž se věnuje tato práce, se nachází ve vnitřním území lázeňského místa Karlovy Vary. Centrum vývěrové zóny a rovněž její těžiště z hlediska distribuce termy a zřidelního plynu leží v blízkosti dnešních záchyťů Vřídla. Toto území jeví výrazné známky povrchové termální aktivity, projevující se mj. výrony plyného oxidu uhličitého a výrony termominerální vody na významnějších diskontinuitách karlovarského granitového plutonu. Staršími pracemi (Vylita B., 1981 – 1991 aj.) byla prokázána skutečnost, že terma v tomto prostoru tvoří souvislý puklinový obzor v silně tektonicky exponovaném granitickém prostředí.

#### 4.1.2.1. Skalní fundament

Skalní podloží je ve zkoumaném území, vymezeném na účelové mapě v příloze 1 zprávy, tvořeno granity náležejícími karlovarskému plutonu (stáří  $C_{n-w-s-P1}$ ). V granitech je tradičně vydělována dvojslídňá, zpravidla hrubozrnná žula „horská“ ( $332 \pm 5$  až  $323 \pm 4$  Ma; Štědrá, 1998) a mladší žula krušnohorská, která je autometamorfovaná (K/Ar metodou stanoveno stáří na 325 Ma a Rb/Sr metodou na 275 Ma). Vývěrová zóna je vázána na okrajovou část plutonu, která je budována žulou krušnohorskou, jejíž intruze byla predisponována submeridionálním poruchovým pásmem.

V okolí vývěrů karlovarských terem lze sledovat ostré kontakty těchto hornin, apofýzy i místa přechodů (Knett, 1902). Jedna ze starších teorií tvrdila, že hranice mezi těmito varietami mohou být jedním z faktorů ovlivňujících výstupy termy.

Fundament, na němž jsou místy naloženy relikty deluviálních, fluviálních (deluvio-fluviálních), fontinálních a antropogenních uloženin, je v zájmovém území reprezentován třemi svými lokálními varietami.

- První z variet je hrubě zrnitý, většinou porfyrický, biotiticko-muskovitický granit, náležejícím centrální intruzivní části zmíněného plutonu ( $^{40}K-^{40}Ca-P1$ ). Tato varieta, tzv. typ Jeleního skoku, je v centru zřidelní struktury (viz mapa v Příloze 5) protkána výraznými žilami silikátů.
- Druhou varietou autometamorfovaného granitu je pak drobně až středně zrnitá, místy porfyrická, muskoviticko-biotitická, tradičně v Karlových Varech nazývaná varietou Tří křížů dle stejnojmenného vrcholu na pravém břehu Teplé.
- Varietou třetí, jež nevychází na povrch, je silně hydrotermálně alterovaný autometamorfovaný granit, dokumentovaný ve vývěrové zóně zřidelní struktury mnoha vrtnými pracemi; nejnověji byla velmi silná chemická



alterace granitu popsána v prostoru 20 m v. od Městského divadla (Vylita B., 2007). V drobně zrnitých a ojediněle i v hrubozrnných granitech jsou v místech současné či starší cirkulace termy a v okolí významnějších zlomových struktur vyvinuty neostře vymezené zóny alterovaných granitů, jejichž mocnost je značně proměnlivá. Jsou tvořeny horninami světle šedých, zelenožlutých či hnědavých barev, vyznačují se masivní všesměrně zrnitou texturou, často jsou v nich dokumentovány porfyrické struktury. Minerální složení je v průměru z 48% křemenná hmota, 45% jílové minerály a sericit, z 6,2% muskovit a zbytek tvoří draselný živec resp. akcesorické minerály (např. rudní minerály Fe).

Přechodové „facie“ granitů a kontakty hrubozrnné a drobně zrnité variety jsou dobře dokumentovány na Lví skále cca 400 m jjv. od Vřídla (Knett, 1902 aj.)

#### **4.1.2.2. Granit a jeho alterace**

(Kadlčáková, Vylita T., in Vylita T. et al. 2005)

Drobnozrnnou krušnohorskou žulou v oblasti Tří křížů se zabývali Neumann (1884) a Neužil, Konta (1965). Této varietě náleží i méně intenzivní autometamorfóza či lokální greisenizace (muskovitizace biotitu a živců, turmalinizace a vznik topazu). V drobně zrnitých a ojediněle i v hrubozrnných granitech jsou totiž místy vyvinuty neostře vymezené zóny alterovaných granitů, jejichž mocnost je v průměru do 2 m, ojediněle až 8 m. Jsou tvořeny horninami světle šedavě zelenožluté barvy, masivní všesměrně zrnité textury, často porfyrické struktury. S touto varietou žuly je často spojena deformace a katakláza. Alterační produkty granitu v podobě povlaků stěn diskontinuit v masivu a živcových pseudomorfóz sestávají z pestře zbarvených minerálních asociací. Na výstupních cestách termy a zřidelního plynu byly zjištěny výplně aragonitové (kalcitové), silikátové (křemenné), jílové (kaolinitové v promývaných kavernách) a železité (goethit, hematit v nepromývaných kavernách).

Dle Babůrka (1989, 1991) reprezentuje greisenizace dvojslídového granitu nejstarší puklinovou alteraci, při níž došlo k nahrazování plagioklasů křemenem, muskovitem a akcesorickým topazem, jak bylo staršími autory dokumentováno např. v prostoru Mlýnské a Vřidelní kolonády. Bíle zbarvené alterační zóny obsahují křemen, kaolinit, sericit, smektit, jílové minerály a místy též aragonit. Žlutě zbarvené alterační zóny jsou tvořeny křemenem, sericitem a podřadně též kaolinitem. Drcené zóny převládajících červenohnědých barev (dokumentovány např. v prostoru Vřidelní kolonády) jsou tvořeny křemenem, hematitem, sericitem a montmorillonitem. Silicifikované a greisenizované granity až greiseny jsou zelenavě zbarveny v důsledku přítomnosti illitu, montmorillonitu a křemene. Babůrek (1991) popisuje přítomnost dickitu, cristoballitu, siderolitu a předpokládá též existenci K-beidellitu.

Ve výplni vertikálních hydrotermálních poruch převládá křemen nad slídovým minerálem (illitem), ortoklasem a kaolinitem. Hematit, který intenzivně rudočerveně zabarvuje část výplně je přítomen jen v podřízeném množství. Kromě tenkých žilek mladšího našedlého křemene (mocnost kolem 2-3 mm, místy v dutinách přítomnost velmi drobných krystalů křemene), nebyl žádný hydrotermální přínos zjištěn (Kadlčáková in Vylita et al., 2005).

V červených partiích hydrotermálních poruch byl zjištěn kromě výše uvedených minerálů pouze hematit. Na puklinách a v jejich těsné blízkosti byly nalezeny černé povlakové minerály a drobné, ploché tmavě šedé až černé žilky a čočky cca 2 x 14 mm, vzhledu Mn-oxidů a konsistence jílových minerálů. Černé šmouhy, pravděpodobně náležející Mn-oxidům, se lokálně vyskytují i v rámci zřidelních sedimentů. Převládajícím minerálem tmavých povlaků je však slídový minerál (illit) s výraznou křemennou komponentou, který dále obsahuje ortoklas, kaolinit a smektit. Mn-oxidy byly potvrzeny pomocí energeticky disperzního analyzátoru rentgenového záření (EDAX), ale vyskytují se jen v podřízeném až akcesorickém množství a zejména na povrchu zmíněných čoček. Fázová rentgenová analýza ukázala podobné složení jako u tmavých povlaků – převládající křemen, významný ortoklas,

kaolin převládající nad slídovým minerálem a smektit, který je pravděpodobně hlavním původcem černého zabarvení. Výskyt Mn-smektitu je v rámci ČR ojedinělý. Mn-smektit má rovněž anomálně vysoké obsahy kobaltu – až 2,14 % Co.

Nápadným rysem šedavých až narůžovělých, částečně rozložených karlovarských žul je přítomnost živců v různém stádiu zvětrání. Nejméně postižené jsou ortoklasy; plagioklasy vystupují v celé zvětrávací škále od téměř úplného rozložení až k téměř nedotčeným zrnům (viz též Babůrek, 1989). Dominantním jílovým minerálem je smektit, dále se vyskytuje kaolinit a v podřízeném množství se objevuje slídový minerál (illit).

Žulové podloží zřídelních sedimentů je postiženo nejméně dvojím typem zvětrávání. Převažuje vybělení žul, které přednostně vede ke vzniku slídového minerálu (illitu). Kromě toho bylo pozorováno zvětrávání plagioklasů, jehož produktem je smektit převládající nad kaolinitem. Tvorba smektitu přímo z plagioklasu je neobvyklá.

#### **4.1.2.3. Rohovce**

V podloží Hochstetterovy vřídlovcové lavice za Tržní kolonádou, v prostoru pod Zámeckou věží a dále v prostoru starého jímání Mlýnského pramene za Mlýnskou kolonádou a dále k SZ až ke Skalnímu prameni vystupují vertikální až subvertikální žíly našedlých, obvykle velmi jemnozrnných hornin. Žíly mají průměrnou mocnost kolem 50 - 100 mm, ale mohou přecházet do větších těles šedých brekcií či naopak do konkrecionálních útvarů v částečně rozložené žule. Hornina zde bývá označována jako Hoffova brekcie či „granitbreccie“ (Hoff, 1825). Původně rozevřené trhliny jsou vyplněné černými, šedými a béžovými rohovcovými žilami; rozevření a mocnost silikátových rohovců činí až 150 mm, dle starších údajů však i 300 - 600 mm (Zámecký vrch; Kampe 1909 aj.). V rámci starších (Warnsdorf in Mueller, 1860) i novějších mapování území (Vylita T. et al., 2005; Kadlčáková, 2006) byly žíly rohovců dokumentovány též v prostoru tzv.

jižního uzávěru vývěrové zóny (prameny Dorotka a Štěpánka), resp. severozápadně od vývěrové zóny na elevaci Rohanův kříž.

Morfologicky je možné silicity rozdělit do tří základních skupin – 1 žilné silicity, 2 – brekcie, 3 – nodulární (konkrecionální) silicity (Čilek, Mikšíková, Filipi, Melka in Vylita T. et al. 2005).

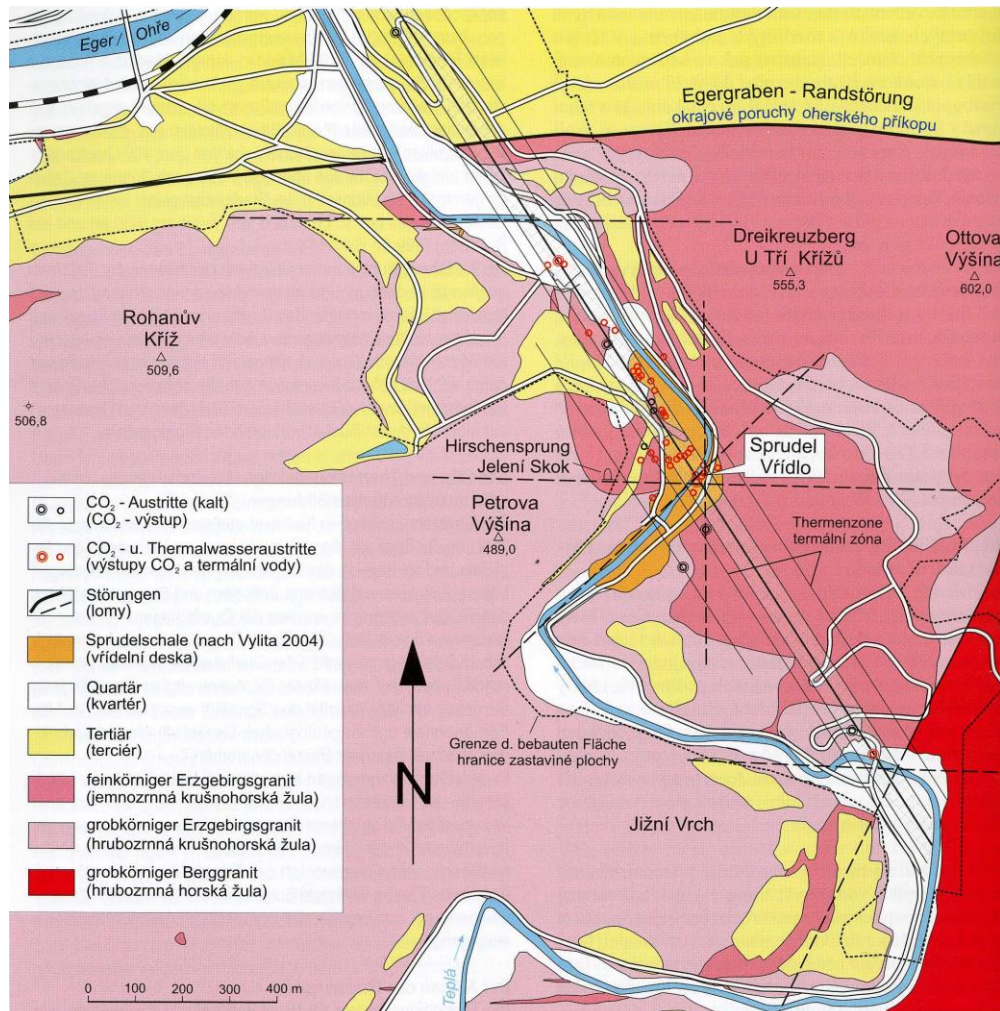
Lokalizace významnějších poloh rohovců je znázorněna na mapě v Příloze 4.

Všechny výše zmíněné variety granitu jsou v přípovrchových partiích (max. až do 32 m pod terén; Vylita B., 1991) v centru vývěrové zóny místy přeměněny až v granit-aragonitový žilník, vznikající při rozptylu termy ze soustředěné výstupní cesty do puklinového systému granitu při jejím ochlazování, snížení tlaku, uvolňování plynného oxidu uhličitého a oxidaci některých iontů.

V rámci své práce jsem rovněž věnoval pozornost rozšíření aplitů (Vítkův vrch, Goethova stezka) a pegmatitů (žíly na Lví skále, Vítkův vrch).

Jako významné z hlediska hydrogeologického hodnotím prostorové rozmístění granitového porfyru. Porfyr je tvořen jemnozrnnou granitickou hmotou, žlutošedých, zelenavých i nafialovělých barev. V současnosti je přístupné jeho defilé pod Šibeničním vrchem cca 400 m sz. od Vřídla, v rámci dokumentace stavební jámy pro hotel Růže cca 250 m sz. od Vřídla byl ověřen výskyt velmi mocné žíly porfyru (či spíše zóny směru SSZ-JJV) i v tomto prostoru (Vylita T. et al., 2005). Historické zmínky o porfyru v základové jámě Vojenského lázeňského ústavu a záchyty Hochbergerova pramene vázaného právě na porfyr, resp. zmínky o jeho výskytu v jižním uzávěru vývěrové zóny u pramene Štěpánka (Knett, 1902) dokládají prostorovou vazbu porfyru na okolí termální zóny.

Obr. 2 Schematizovaná geologická mapa vývěrové zóny a jejího okolí (Vylita T. dle Teller a Rosiwala; 2004)



#### 4.1.2.4. Pokryvné útvary

V zájmovém území průzkumu se nacházejí výlučně sedimenty kvarterního stáří typu deluviálních, fluviálních, deluviofluviálních a antropogenních uloženin. Tercierní sedimenty nasedají na granitové podloží až severně od okrajového zlomu sokolovské pánve (linie s. okraje tuhnického lesa, Hlavní pošta, Thermal, drahovický hřbitov ad.) a do vlastního zájmového prostoru tedy již nezasahují.

#### **4.1.2.5. Zřidelní sedimentace**

Zcela specifickým členem pokryvných útvarů jsou karbonátové zřidelní sedimenty, jejichž výskyt a prostorové rozšíření jsou zároveň velmi podstatným charakterizačním rysem zájmového území.

Tyto sedimenty, jejichž vznik je podmíněn porušením karbonátové rovnováhy ve vyvěrající proplyněné termální vodě, náleží mezi termogenní travertiny (Pentecost, 2005). Zřidelní sedimenty se ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury vyskytují v mnoha varietách a faciích, staršími autory (např. dle běžně užívané genetické klasifikace zřidelních sedimentů Vylity B. a Pěčka, 1981) byly popsány jednak v podobě tzv. sintrů, tedy nejmladších a nejměkčích sedimentů, dále v podobě klasických vřídlovců často v lavicovitém vývoji (např. zachovaná Hochstetterova lavice za Tržní kolonádou, dále odstraněná tzv. Stoehrova lavice na pravém břehu Teplé pod Hálkovým vrchem u Tillingova zřídla a tzv. Bernardova lavice pod dnešní Mlýnskou kolonádou, zachovaná v reliktních mocnostech), resp. ve formě chorismitů, tedy žilníků aragonitu a kalcitu v granitu. V několika částech vývěrové zóny byly na obou březích Teplé dokumentovány polohy oolitických a pisolitických forem aragonitu a kalcitu, tedy tzv. hrachovců.

Jako „sintry“ jsou poněkud odlišně od ostatních lokalit výskytu travertinů ve světě v karlovarské balneotechnické praxi označovány recentní formy zřidelních sedimentů, obsahující kromě aragonitu a kalcitu asi 20% až 40% vodnatého oxidu železnatého, usazující se z termy teplejší než cca 50°C.

Usazování zřidelních sedimentů při vyústění výstupních cest termy na povrch je způsobeno porušením hydrochemických rovnovážných stavů ve vyvěrající likvidní fázi (vlivem vysoké teploty vody v centru vývěrové zóny struktury zde vyvěrá mechanická směs vody a plynu). Vznik nerovnovážného stavu je determinován především faktory, jakými jsou:

- pokles teploty vody blíže povrchu,
- pokles jejího tlaku v pásmu přípovrchového rozvolnění diskontinuit,
- částečná či úplná ztráta volného rozpuštěného oxidu uhličitého,
- přísun kyslíku z atmosféry
- činnost mikroorganismů.

Následkem nerovnováhy jsou mj. reakce typu přeměny v termě rozpuštěných hydrogenkarbonátů na nerozpustné karbonáty, oxidace sulfidů na sulfáty, oxidace železnatých iontů na železité, oxidace manganu aj.

Faktory, ovlivňující formy a rychlost ukládání těchto převážně karbonátových hornin, jsou diskutovány níže v textu práce, zde jen zmiňuji, že jsou (dle dlouhodobých experimentů s usazováním úsad z termální vody v potrubích z nejrůznějších materiálů) jak fyzikální (např. specifický povrch podloží a jeho charakter či druh hydrodynamického proudění), tak chemické (rozpuštěnost plynů, chemické složení termy) i biogenní.

Dřívější pojetí prostorového rozšíření karbonátů v Karlových Varech bylo založeno na představě, že zřidelní sedimenty v okolí velkých vývěrů termy na povrch v až 16 m mocné vrstvě tmelí či nahrazují okolní horniny a vytváří tak těleso, které se v literatuře i v ústní tradici označovalo jako „vřidelní deska“. Již starší autoři naznačovali, že se však jedná o materiálově i prostorově nehomogenní a anizotropní vrstvu, obsahující jak čistě karbonátové partie, tak i zvětralou žulu, říční štěrky nebo různé směsné materiály.

Nejstarší písemné zmínky o karlovarské zřidelní sedimentaci pocházejí z konce středověku. V ódě na Vřídlo od Bohuslava z Hasištejna (Lobkowitz Bohuslaus, 1500) je mj. zachyceno jak „voda barví kámen“.

## Terminologie a klasifikace zřídelních sedimentů

Dle klasického názvosloví (např. Kovanda, 1971 aj.) náleží karlovarské zřídelní sedimenty většinou svých forem mezi vápence supraterestricko-subakvatické, přesněji mezi pramenné (fontinální) vápence, vznikající z minerálních vod (silně přesycených  $\text{HCO}_3^-$ ), též označované jako pramenity nebo pravé travertiny, částečně pak též mezi vápence supraterestricko-subaerické (subsapie bradavičnaté sintry).

Vzhledem ke skutečnosti, že travertin není významově jednotné označení sedimentu (Travertiny s.l. jsou ve smyslu některých starších autorů zpevněné sedimenty  $\text{CaCO}_3$ , vyloučené z pramenů a z toků bohatých na hydrogenuhličitany, z valné části působením různých rostlin (např. Kovanda, Kukal in Svoboda ed., 1983). Jako travertiny s.s. jsou pak běžně označovány kompaktnější horniny vytvořené minerálními zřídly.

Jiní autoři označují za travertin pevné, krystalické precipitáty z minerálních vod obvykle se zvýšenou teplotou, zpravidla řezatelné a leštitelné a často laminované, které zpravidla postrádají hojnost zbytků rostlin a živočichů.

Podle Myslila a Tyráčka (1962) jsou travertiny chemické a organogenní uloženiny minerálních pramenů, které jsou svým vznikem vázány na specifické podmínky a rozlišují litologické typy

1. Pevné travertiny (kráterová a kupová facie)
2. Měkké travertiny a sintrové písky.

Vylita B. (1967, 1979, 1991 aj.) ve svých mnoha pracích (spolu s J. Pěčkem) konstatuje, že na celkové geologické stavbě karlovarských sintrových akumulací se podílí tři základní typy chemogenních hornin:

1. aragonity – granit-vřídlovcový chorismit – vznikající za relativně nejvyšších tlaků a teplot v prostředí podpovrchového rozpojení



puklin v žule i v recentně vzniklých trhlinách vřídlovcových a sintrových akumulací

2. vřídlovce – vřídlovcová deska – vytváří se v prostředí relativně nižších tlaků, v mělké podpovrchové zóně. Jsou velkého plošného rozsahu a vznikají v časově velmi nejednotném sledu, v návaznosti na vývoji výstupních cest termy. Přitom se utváří subfacie texturně odlišné, závislé na lokálně diferencovaných podmínkách vzniku.
3. povrchové sintry – tvořící se evidentně na povrchu, za přístupu vzduchu. Jsou zbarveny oxidickými formami železa do žluta až tmavočervena.

Vzhledem k roztržitosti dosavadních názorů jsem z ryze praktických důvodů vytvořil klasifikaci novou, vycházející z nových poznatků a nálezů. Označuji ji jako typologickou, účelovou a negenetickou, neboť jednotlivé petrografické typy se mohou lišit svými mineralogickými, chemickými, strukturálními i genetickými parametry.

Rozlišuji čtyři základní třídy zřidelních sedimentů, jejich číselný kód (petrografický typ) byl vytvořen pro potřeby databázového programu a další zpracování získaných dat. Předpokládám, že v průběhu času dojde k dalším změnám klasifikace, při nové klasifikaci jsem však vycházel z databáze dostupných vzorků sedimentů a rovněž tak ze škály vzorků zřidelních sedimentů a nejrůznějších údajů starších autorů (mezi nejčtenější patří např. Uiberlaker, 1789 aj.).

## Zdroje dat pro klasifikaci

- Dokumentace hmotná:
  - přírodniny in situ
  - přírodniny ex situ: vzorky v původním stavu  
vzorky opracované (Knett, 1902 aj.)
- Dokumentace nehmotná:
  - historická vyobrazení zřidelních sedimentů
  - historické fotografie
  - současné fotografie a účelové snímky
- Artefakty:
  - dekorační kameny – surovina
  - dekorační kameny - zapracované do skříněk, střepek, předmětů denní potřeby, ráků, stolků, kuřáckých potřeb, těžitek, poznámkových bloků, peněženek etc.
  - nové šperkové kameny
- Mapové podklady:
  - historické mapy (18. století až 1945)
  - současné mapy (1945 – 2004).

### ***Vlastní klasifikace zřidelních sedimentů***

Třída 1000 Hlubinné typy

Třída 2000 Žilné typy

Třída 3000 Povrchové typy

Třída 4000 Přechodné a kombinované typy

Jednotlivé třídy se dále dělí na podtřídy a skupiny v tomto pořadí:

1000 Hlubinné typy**1100 vřídlovce s.s.**

1110 vřídlovec monotónní (masivní, bez markantní laminace)

podle porozity:

- vřídlovec kompaktní (bez patrných dutinek)
- vřídlovec porézní (s dutinami < 10 mm)
- vřídlovec kavernózní (s dutinami >10 mm)

1120 vřídlovec laminární (střídání lamin relativně tmavších a světlejších)

podle porozity:

- vřídlovec kompaktní (všesměrná a stébelnatá textura)
- vřídlovec porézní (s dutinami < 10 mm; textura stébelnatá i všesměrná)
- vřídlovec kavernózní (s dutinami >10 mm)

podle uspořádání lamin:

- horizontální
- zprohýbané
- sférické, nepravidelně koncentrické (radiálně paprscitá textura) „Riesenerbse“

1130 vřídlovec – „pstruhovec“

**1200 vřídlovce s uzavřeními**

1210 vřídlovec s uzavřeními vyvřelin a/nebo metamorfitů

- granitu (neopracované úlomky)
  - autochtonního
  - allochtonního
- granitu, amfibolitu a jiných allochtonních hornin (neopracované úlomky)

1220 vřídlovec s uzavřeními klastických sedimentů a/nebo vřídlovce

- vřídlovec s uzavřeními písku, šterku a/nebo staršího vřídlovce

- vřídlovec s dutinami druhotně vyplněnými pískem, štěrkem a/nebo mladším vřídlovcem

1230 vřídlovec s uzavřeným organickým materiálem (dřevo, hnilokaly aj.)

1240 vřídlovec s hlinitými až rudními výplněmi mezi laminami a/nebo v jiných prostorech

1250 vřídlovec s antropogenními uzavřeními

### **1300 vřídlovcové brekcie**

1310 vřídlovcová brekcie monomiktní (ostrohranné úlomky vřídlovce jsou tmeleny mladším vřídlovcem či sintrem či jsou dispergovány v sintru)

1320 vřídlovcová brekcie oligomiktní a polymiktní s hlinito-písčitou příměsí (disperzní soustava)

### 2000 Žilné variety

### **2100 granity s vřídlovci (a/nebo silicity):**

2110 vřídlovcový žilník (zastoupení > 50% vřídlovcové složky)

2120 granit-vřídlovcový žilník (zastoupení < 50% vřídlovcové složky)

2130 granit protkaný žilkami a žilami silicitu a vřídlovce (zastoupení <50% vřídlovcové složky)

2140 eluvium granitu s žilkami vřídlovce

2150 žilný vřídlovec (event. s relikty granitu)

2160 tektonicky postižený granit tmelený rohovci a vřídlovcem (Hoffova brekcie).

3000 Pourchové variety**3100 Sintry (směsi aragonitu a limonitu)**

3110 sintr aragonit-limonitický

- laminovaný typ (typ „opevňovací deska“) s dutinami, bez dutin, s relikty flóry (typ „Ananas“) či bez nich
- monotónní (typ „pokameňovací místnost“)
- plátkovitý („Blaettersinter“, typ „Mlýnský pramen“)

3120 sintr aragonit-limonitický s texturami výrazně ovlivněnými působením plynu

- trubičkovité variety
- sintry s dutinami jiných forem

3130 sintry inkrustační

- v trubních rozvodech (rychlé proudění – pilovité struktury, pomalé – pernaté struktury, laminární proudění – čeřiny, turbulentní proudění se stříkáním vody – bradavičnaté sintry)
- v separačních nádobách
- povlaky akumulčních nádrží, vyrovnávacích nádrží, směsných válců etc.)

3140 sintry kalcitové (porézni, křídové, tvořené kalcitem a ettringitem, typ „Central“)

3150 sintrové stalaktity a stalagmity

- bradavičnaté (vznik stříkající vodou, jako krápníky)
- ledvinité (typ akumulční nádrže)
- prstovité nárůsty (typ stará mísa Fontány)
- klasické stalagmity (typ „Mlýnský pramen“)
- klasické stalaktity (typ „pramen Svobody“)

3160 aragonitové pěny, aragonitové pěnovce

3170 pseudohrachovce (kuličky a hrachy typ „Starý suterén“)

3180 pramenní okry (železité sintry měkké, ze studených vod; typ „Dorotka“)

**3200 Sedimenty se sintry**

- 3210 písek a/nebo štěrk a/nebo hlína s příměsí aragonitu < 50%
- 3220 petromiktní štěrkovitý písek s příměsí aragonitu < 50% (s valouny allochtonních a/nebo autochtonních hornin tmelenými aragonitovým pojivem)
- 3230 petromiktní slepenec s vřídlovcem s příměsí karbonátu (valouny allochtonních a/nebo autochtonních hornin tmelené karbonátovým pojivem)
- 3240 petromiktní brekcie s vřídlovcem s příměsí karbonátu (úlomky allochtonních a/nebo autochtonních hornin tmelené karbonátovým pojivem)
- 3250 jíly a/nebo hlíny (štěrky, písky, navážky, zdivo, beton aj.) s úlomky vřídlovce (ZS v nepůvodních polohách)
- 3260 jíly a/nebo hlíny (štěrky, písky, navážky, zdivo aj., beton druhotně vyhojený sintrem) s příměsí sintru (ZS v nepůvodních polohách)  
(s >50% sintrové složky)  
(s <50% sintrové složky)

**4000 Přechodné a kombinované typy**

- 4100 hrachovce (agregátní uspořádání, koncentrické textury)
- 4110 oolitické (zrno < 2 mm)
- 4120 pisolitické (zrno >2 mm)
- 4200 silicifikované zřidelní sedimenty
- 4210 silicifikované vřídlovce (typ Kostelní terasa)
- 4220 silicifikované sintry
- 4300 teplotně metamorfované zřidelní sedimenty
- 4400 tlakově postižené zřidelní sedimenty
- 4500 chemicky alterované zřidelní sedimenty
- 4600 umělé produkty („typ pokameňování“ aj.)

4700 variety mimo klasifikační systém

Další klasifikace zřídelných sedimentů je možná podle zrnitosti, struktury a barevnosti. Pro potřeby zpracování dat bylo v rámci novějších průzkumných prací (Vylita et al., 2005) přijato následující klasifikační schémata:

podle zrnitosti sedimentu:

- hrubě krystalický
- středně krystalický
- jemně krystalický
- mikrokrystalický
- kryptokrystalický (afanokrystalický, celistvý)

podle uspořádání jehličkovitých krystalů aragonitu:

- paralelní kolmo k ploše desky
- radiálně paprscité
- meziprostorové intersticiární (aragonit vyplňuje např. dutiny mezi kuličkami hrachovce)
- determinované prouděním podzemní vody (pilovité, zubovité uspořádání proti směru proudění vody)

Dále byla sjednocena klasifikace barev a barevných odstínů zřídelných sedimentů (Grundmann, Seemann, 2004; Vylita T, 2004).

Pokud jde o mineralogické (látkové) složení zřidelních sedimentů, ve vývěrové zóně karlovarské struktury byly dosud dokumentovány tyto minerály:

- aragonit
- kalcit
- goethit
- hematit
- lepidokrokit
- limonit
- baryt
- sádrovec
- křemen
- ettringit
- pyrit
- draselný živec (orthoklas)
- illit
- kaolinit
- albit.

Při klasifikaci forem akumulací karlovarských zřidelních sedimentů v textu zprávy vycházím jak ze starší terminologie (např. Kovanda, 1964) a užívám názvy „kupy“ či „tělesa“, tak z terminologií novějších (Vylita B., 1991 aj.) a vyčleňuji jednotlivé akumulace sedimentů. Pojem kupa, těleso a akumulace je tedy v textu používán ve shodném významu, přičemž akumulace je pojmem širším, negenetickým.

K jednotlivým typům zřidelních sedimentů byly shromážděny a fotograficky dokumentovány příslušné vzorky (Vylita, Krčmářová; 2005) umožňující jak provedení výbrusů a nábrusů, tak další studium do budoucna. V rámci práce byla věnována pozornost především některým méně obvyklým typům pramenních sedimentů a jejich popis, resp. vysvětlení vzniku a významu jsou uvedeny dále v textech popisujících jednotlivé akumulace.



### **4.1.3. Hydrogeologické poměry zájmového území**

Vznik karlovarské zřidelní struktury je podmíněn složitou geologickou stavbou území a zejména již výše zdůrazňovanou tektonickou expozicí. Směrná tektonika oherského riftu umožňuje výstup proplyněné a silně mineralizované termy z hlubších částí zemské kůry.

Jižní okrajový zlom tercierní sokolovské pánve (zlom oherský) tvoří podle mých dosavadních poznatků vycházejících z mnoha účelových hydrogeologických a inženýrsko-geologických průzkumných prací v tomto prostoru (průzkumy pro rekonstrukci Národního domu, výstavbu na třídě TGM, pro výstavbu v tuhnickém, resp. drahovickém svahu údolí Ohře, sz., resp. sv. od centra struktury, účelové geologické mapování 2005 aj.), podepřeného výsledky starších geofyzikálních prací, hlavní přívodní dráhu proplyněné termy, která v posledním úseku (několik desítek až stovek metrů) vlivem zatěsnění jílovými minerály předává svou funkci příčnému zlomu, tzv. zřidelní linii směru SSZ – JJV. Primární i sekundární zatěsnění oherského zlomu v přípovrchových partiích bylo avizováno Hyniem již v r. 1958 (Hynie, 1958 a 1963) a značně mocné (> 10 m), převážně kaolinické výplně diskontinuit byly zastíženy při průzkumech v ulicích Krále Jiřího či Budovatelů v Tuhnicích (Vylita T., 1992, Vylita B., 2002 aj.).

Původně zakrytá vývěrová zóna zřidelní struktury se otevřela až v pleistocénu, kdy mladé tektonické pohyby v kombinaci s erozí vodního toku (staršího toku, tedy tzv. Karlovarského potoka, nikoliv tedy dnešní Teplé) umožnily vývěr termy na povrchu v úzkém karlovarském údolí. Významnou hnací silou výstupu termy k povrchu je oxid uhličitý, který je endogenního původu. V posledních partiích výstupní cesty dochází nad kritickým bodem rozpustnosti v důsledku poklesu tlaku vodního sloupce k evazi CO<sub>2</sub>, tedy k vytváření dvoufázové směsi voda-plyn, jejíž pohyb se řídí v důsledku poklesu specifické hmotnosti jinými zákonitostmi než pohyby jednofázových médií (Kampe, 1912). Hlavní hnací silou výstupu termy

k povrchu je ovšem hydrostatický tlak nově infiltrovaných vod a vliv zřidelního plynu je zásadní až v posledních fázích výstupu termy k povrchu.

Zdrojem plynného CO<sub>2</sub> je postvulkanická aktivita území, tedy degazace zbytkového magmatu ve spojitosti s tříštivou neotektonikou. Uvolňování CO<sub>2</sub> z magmatu je podmíněno poklesem teploty magmatu na úroveň, při níž se z něj již neuvolňují typické vulkanické plyny a vodní pára (na cca 400°C). Izotopické složení zřidelního plynu dokazuje jeho vazbu na hlubinné zlomy, v případě karlovarské struktury na riftovou strukturu podkrušnohorskou.

V rámci jednotné tlakové zvodně, která se zde vytváří (tedy hydraulické vazby všech pramenů), dochází u jednotlivých pramenních vývěrů k jisté diferenciaci chemického složení i fyzikálně-chemických parametrů, včetně obsahů CO<sub>2</sub>, ať již ve formě vázané či ve formě volného rozpuštěného plynu nebo ve formě mechanické směsi s termou, a to především v závislosti na teplotě individuálního vývěru. Vliv vzdálenosti vývěru od centra na proplynění termy je tedy až sekundární, determinovaný teplotou vývěru.

Tab. 1a Vybrané výsledky statistického zpracování fyzikálních dat ze zdrojů termy v roce 2007 (Vylita B., 2008)

Zdroj	Q <sub>prům</sub> (l.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>min</sub> (l.s <sup>-1</sup> )	Q <sub>max</sub> (l.s <sup>-1</sup> )	P <sub>prům</sub> (m n.m.)	P <sub>min</sub> (m n.m.)	P <sub>max</sub> (m n.m.)	T <sub>prům</sub> (°C)	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)
BJ-35	6.77	0.00	10.05	392.34	392.08	392.58	72.23	68.20	72.43
BJ-36	8.46	5.22	10.16	393.74	389.53	394.04	71.38	65.90	71.46
BJ-37	8.68	0.04	9.60	398.3	397.77	398.57	72.45	72.34	72.52
BJ-70	2.9	2.7	3.1	395.93	395.36	396.25	72.44	72.34	72.53
BPJ-67	0.001	0	2	399.14	397.19	399.59	neměř.	neměř.	neměř.
BJ-41	0.06	0.05	0.06	378.83	378.83	378.83	56.56	46.5	66.40
No. 64	0.18	0.11	0.22	372.54	372.54	372.54	45.27	43.00	46.40
BJ-88	0.03	0.02	0.04	376.41	376.41	376.41	41.63	37.5	42.5

Legenda: Q = vydatnost, P = tlak, T = teplota; min (max) = minimální (maximální zaznamenané hodnoty, prům = průměrná roční hodnota)

V Tab. 1a uvádím i zdroj termální vody BPJ-67, jeden z nejdůležitějších tzv. regulačních vrtů v centru vývěrové zóny. Vztah těchto vrtů, které kromě funkce regulace tlaku směsi termy a zřidelního plynu při pravidelných i při neočekávaných událostech v centru vývěrové zóny mají též monitorovací

funkci na rozhraní kvartér/granit, ke zřidelní sedimentaci je velmi podstatný. Již dříve provedené vrty v prostoru Vřidelní kolonády ověřily, že horní partie zřidelních sedimentů vytváří protitlak vystupující termě, redukce tlaku byla stanovena na hodnotu až 0,13 MPa.

U některých sond (např. PVIII/2a) však byly dokumentovány tlaky termy dosahující hodnot až 0,225 MPa. Tyto hodnoty z režimních měření platí pro tzv. klidový stav v centru vývěrové zóny. Regulační vrty jsou využívány ve formě odpouštění potřebného množství směsi termy a plynu, které vede ke snížení tlaku této směsi v době uzavření jímacích vrtů Vřídla, či jak bylo původně zamýšleno, v době tzv. průvalů Vřídla. Hlubší zachycení termy na počátku 80. let však minimalizovalo rizika nezvladatelných průvalů. Poslední průval Vřídla byly zaznamenán v r. 1974 a další očekávaný průval (Vylita T., 1986; 1992 – 1993) se již nekonal. Regulační vrty (celkem 6 vrtů v poli v okolí Vřidelní kolonády) jsou využívány spíše v krenotechnické praxi, zhruba 4 až 5 x ročně dochází k jejich otevření a k regulaci tlakových poměrů po dobu potřebných zásahů na jímacích vrtech Vřídla. Doba odpouštění z regulačních vrtů nepřesahuje v naprosté většině takovýchto zásahů 10 hodin a navíc je na základě empirického využíván především regulační vrt BPJ-67 ve starém suterénu Vřídla. Naprostou většinu roku nejsou tedy regulační vrty odpouštěny a tlaky na rozhraní kvarterních vrstev, zde ve svých spodních partiích reprezentovaných výhradně zřidelními sedimenty, dosahují běžně až 0,2 MPa (maximum v r. 2007 na zhlaví regulačního vrtu BPJ-61 činilo 0,191 MPa). Je tedy zřejmé, že zřidelní sedimentace, jakkoliv nehomogenní a anizotropní a lidskými zásahy porušená, dokáže stále saturovat i tlaky termy kolem 0,2 MPa a zřejmě i vyšší. Z analýz režimních měření dále plyne, že systém regulačních vrtů, fungujících v centru vývěrové zóny, není izolovaným a přežilým prvkem ochrany ustáleného režimu přírodních léčivých zdrojů v době, kdy stále nebyly dokončeny těsnící práce v úseku řečiště před domem Wolker u Vřidelní kolonády apod. Systém regulačních vrtů by dle mého názoru měl být doplněn na konečný (a původně i navrhovaný) počet cca 10 vrtů.

System regulacních vrtů je využíván v denní praxi při operativní správě karlovarských přírodních léčivých zdrojů (Vylita T., 1995 ad.). Regulační vrty jsou osazeny manometrickými čidly a sledují tlak na rozhraní kvartér/granit v intervalu 6 sekund.

Tab. 1b Vybrané výsledky statistického zpracování fyzikálních dat ze zdrojů termy v roce 2007 (Vylita B., 2008)

Zdroj	CO <sub>2</sub> (g) prům (l.min <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (g) min (l.min <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (g) max (l.min <sup>-1</sup> )	δ	FP <sub>prům</sub>	pH <sub>prům</sub>	pH <sub>mi n</sub>	pH <sub>max</sub>	δ
BJ-35	1187.90	1120.00	1870.00	2.3	2.92	7.08	6.87	7.46	0.16
BJ-36	1489.00	1060.00	1780.00	3.3	2.93	7.08	6.83	7.61	0.22
BJ-37	1485.00	1142.00	1932.00	1.2	2.85	7.13	6.84	7.58	0.27
BJ-70	502.50	429.00	590.00	0.9	2.80	7.07	6.86	7.69	0.24
BJ-41	nestanov.	-	-	-	-	6.97	6.74	7.61	0.26
No. 64	nestanov	-	-	-	-	6.69	6.55	7.10	0.16
BJ-88	nestanov.	-	-	-	-	6.82	6.57	7.51	0.21

Legenda: CO<sub>2</sub> (g) = vydatnost plynné fáze, δ = směrodatná odchylka, FP = fázový poměr plyn/voda

Z Tab. 1b je zřejmý interval fázových poměrů u jednotlivých zdrojů Vřídla (BJ-35, BJ-36 a BJ-37, resp. BJ-70 Fontána) 2,8 – 2,93 ve prospěch plynné fáze.

Chemismus termální vody je shrnut tabelárně na příkladu jednoho z jímacích vrtů Vřídla v následující Tab. 2.

Tab. 2a Fyzikální a fyzikálně-chemické složení termy (Vřídlo, zdroj BJ-37, analýza RL PLZ 07.03. 2007)

Parametr	Hodnota	Jednotka
Teplota zdroje	71,7	°C
Hustota	1.0032	kg.l <sup>-1</sup>
Konduktivita při 20 °C	6.27	mS.cm <sup>-1</sup>
pH při 51,2°C	6.81	
Absorbance při 436 nm	0.0005	
Absorbance při 254 nm	0.0037	
Oxidačně-redukční potenciál ORP <sub>H</sub>	395	mV
Osmotický tlak	379	kPa

Tab. 2b Chemické parametry termy - kationty  
(Vřídlo, zdroj BJ-37; analýza RL PLZ 07.03. 2007)

Kationt	Značka	mg.l <sup>-1</sup>	mmol.l <sup>-1</sup>	mval.l <sup>-1</sup>	ekv%
Amonný iont	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.486	0.027	0.027	0.03
Lithium	Li <sup>+</sup>	3.12	0.450	0.450	0.53
Sodík	Na <sup>+</sup>	1670	72.641	72.641	86.22
Draslík	K <sup>+</sup>	92.5	2.366	2.366	2.81
Vápník	Ca <sup>2+</sup>	106	2.645	5.290	6.28
Hořčík	Mg <sup>2+</sup>	41.1	1.691	3.382	4.01
Baryum	Ba <sup>2+</sup>	0.058	0.000	0.000	0.00
Stroncium	Sr <sup>2+</sup>	0.602	0.007	0.014	0.02
Železo	Fe <sup>2+</sup>	1.20	0.021	0.043	0.05
Mangan	Mn <sup>2+</sup>	0.106	0.002	0.004	0.00
Chrom	Cr <sup>III</sup>	<0.0005	0.000	0.000	0.00
Hliník	Al <sup>3+</sup>	0.059	0.002	0.007	0.01
Berylium	Be <sup>2+</sup>	0.0688	0.008	0.015	0.02
Vanad	V <sup>4+</sup>	0.00006	0.000	0.000	0.00
Měď	Cu <sup>2+</sup>	0.0055	0.000	0.000	0.00
Kobalt	Co <sup>2+</sup>	0.0001	0.000	0.000	0.00
Kadmium	Cd <sup>2+</sup>	0.00086	0.000	0.000	0.00
Olovo	Pb <sup>2+</sup>	0.0055	0.000	0.000	0.00
Nikl	Ni <sup>2+</sup>	0.0082	0.000	0.000	0.00
Zinek	Zn <sup>2+</sup>	0.1220	0.002	0.004	0.00
Stříbro	Ag <sup>+</sup>	<0.001	0.000	0.000	0.00
Molybden	Mo <sup>VI</sup>	0.0009	0.000	0.000	0.00
Rtuť	Hg <sup>II</sup>	<0.0001	0.000	0.000	0.00
Uranyl	UO <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	<0.0011	0.000	0.000	0.00
Cesium	Cs <sup>+</sup>	0.20	0.002	0.002	0.00
Rubidium	Rb <sup>+</sup>	0.77	0.009	0.009	0.01
Antimon	Sb <sup>III</sup>	<0.0005	0.000	0.000	0.00
Cín	Sn <sup>2+</sup>	<0.001	0.000	0.000	0.00
<b>Součet kationtů</b>		<b>1916</b>	<b>79.87</b>	<b>84.25</b>	<b>100.00</b>

Tab. 2c Chemické parametry termy - anionty

(Vřídlo, zdroj BJ-37; analýza RL PLZ 07.03. 2007)

<b>Kationt</b>	<b>Značka</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>mmol.l<sup>-1</sup></b>	<b>mval.l<sup>-1</sup></b>	<b>ekv%</b>
Hydrogenuhličitan	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2129	34.892	34.892	40.92
Fluorid	F <sup>-</sup>	5.38	0.283	0.283	0.33
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	588	16.585	16.585	19.45
Bromid	Br <sup>-</sup>	1.35	0.017	0.017	0.02
Jodid	I <sup>-</sup>	0.026	0.000	0.000	0.00
Síran	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1608	16.739	33.478	39.26
Dusitan	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.007	0.000	0.000	0.00
Dusičnan	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.411	0.007	0.007	0.01
Hydrogenfosforečnan	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.312	0.003	0.007	0.01
Hydrogenarseničnan	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.347	0.002	0.005	0.01
Seleničitan	SeO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.0026	0.000	0.000	0.00
Hydrogensulfid	HS <sup>-</sup>	0.00	0.000	0.000	0.00
Kyanid	CN <sup>-</sup>	<0.005	0.000	0.000	0.00
<b>Součet aniontů</b>		4332.8	68.53	85.27	100
<b>Nedisociované složky</b>		<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>mmol.l<sup>-1</sup></b>		
Kyselina boritá	HBO <sub>2</sub>	2.89	0.066		
Kyselina křemičitá	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	95.8	1.227		
<b>Nedisociované složky celkem:</b>		98.69	1.29		
<b>Celková mineralizace</b>		6348	149.7		
Odparek při 180°C :		5 248			

Tab. 2d Chemické parametry termy – radioaktivita a plyny  
(Vřídlo, zdroj BJ-37; analýza RL PLZ 07.03. 2007)

<b>Radioaktivní součásti</b>	<b>Značka</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>Bq.l<sup>-1</sup></b>
Uran	U <sup>VI</sup>	< 0.001	
Celková aktivita $\alpha$			3.72
Celková aktivita $\beta$			6.57
Radium 226	<sup>226</sup> Ra		2.69
Radon 222	<sup>222</sup> Rn		
Celková aktivita $\beta$ po korekci na K			3.98
<b>Rozpuštěné kyselé plyny</b>	<b>Značka</b>	<b>mg.l<sup>-1</sup></b>	<b>ml.l<sup>-1</sup></b>
Oxid uhličitý volný	CO <sub>2</sub>	471	238
Sulfan	H <sub>2</sub> S	< 0.01	< 0.005
<b>Rozpuštěné nekyselé plyny</b>	<b>Značka</b>	<b>ml.l<sup>-1</sup></b>	<b>objemová %</b>
Helium	He	< 0.001	0.008
Vodík	H <sub>2</sub>	0.0054	0.041
Kyslík	O <sub>2</sub>	4.04	30.606
Dusík	N <sub>2</sub>	8.97	67.955
Argon	Ar	0.198	1.500
Metan	CH <sub>4</sub>	0.000572	0.004
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.000148	0.001
Etylen	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	< 0.00002	0.000
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0.000081	0.001
n – butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	< 0.00005	0.000
i – butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	< 0.00005	0.000
Nekyselé plyny celkem:		13.20	

Z hlediska hydrogeochemického jde tedy o termální, hypotonickou, silně mineralizovanou minerální vodu typu Na-HCO<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>Cl, tedy vodu hydrogenuhlíčitano-sírano-sodného typu se zvýšeným obsahem fluoridů a kyseliny křemičité, horkou (složení těž lze vyjádřit názvem alkalická glauberová slaná, dle starší nomenklatury alkalicko-salinicko-muriatická).

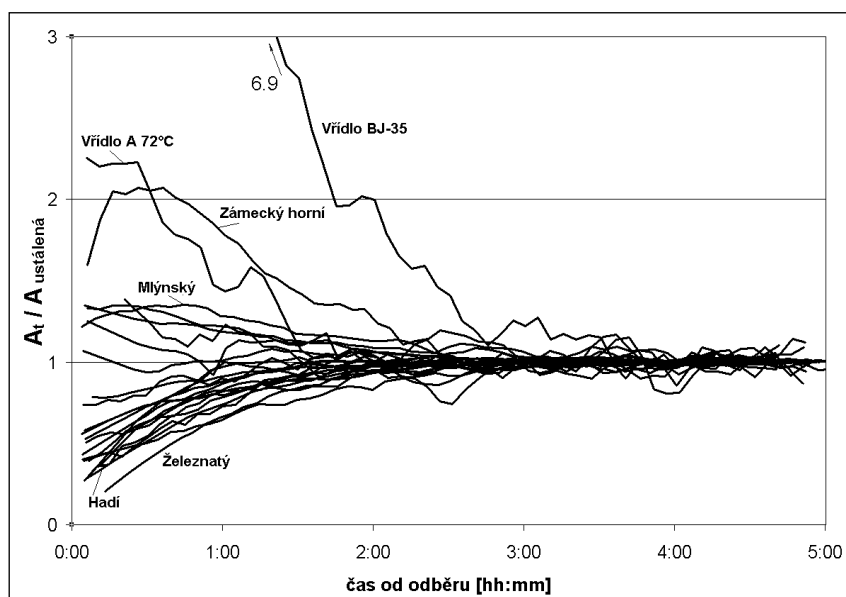
Velkou podíl v léčivém efektu užívání těchto vod má mj. obsah farmakodynamicky účinných látek a radioaktivita, která dle posledních měření dosahuje u malých pramenů až  $> 600 \text{ Bq.l}^{-1}$  (prameny Palatin aj.).

V rámci studia jsem se jako odpovědný spoluřešitel zúčastnil též projektu dlouhodobého sledování radioaktivity karlovarského Vřídla a jeho plynné fáze. Dosavadní dílčí výsledky práce byly publikovány formou přednášky na odborné konferenci II. Priessnitzovy dny v Lázních Jeseník v r. 2007 (Krátkodobá radioaktivita minerálních vod karlovarské termy: argument pro jejich balneologickou aplikaci in-situ; Goliáš, Vylita T., Třískala)

V listopadu roku 2007 bylo realizováno měření vývoje krátkodobé radioaktivity v karlovarských termálních vodách. Stanovována byla objemová aktivita  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  a celková gama aktivita. Naměřené ustálené aktivity (kontrolované aktivitou radonu) se pohybovaly v rozmezí 6,6–567  $\text{Bq.l}^{-1}$ . Vývoj aktivity bezprostředně po odběru je velmi zajímavý, část sledovaných vod má stoupající trendy, snadno vysvětlitelné nárůstem aktivity dceřinných produktů při ustavování rovnováhy s  $^{222}\text{Rn}$ . Byly však nalezeny i trendy opačné, kdy naopak aktivita vod strmě klesá (Vřídlo, Mlýnský pramen aj.). Tyto anomální trendy hovoří o značné převaze produktů (zvláště  $^{218}\text{Po}$  a  $^{214}\text{Pb}$ ) nad  $^{222}\text{Rn}$ . Jedním z možných vysvětlení je původ produktů jako reliktu po mateřském  $^{222}\text{Rn}$  uniklém při evazi plynné složky, či vymýváním z plynu při jejich společné cestě k povrchu.



Obr. 3 Normalizovaný vývoj celkové gama aktivity karlovarských termálních vod do 5 hodin po vývěru na povrch



Odchytky chemického složení jednotlivých pramenů od průměrného složení termy nejsou v Karlových Varech příliš významné, rovněž odchytky z hlediska dlouhodobých trendů nejsou minimálně od r. 1749, kdy byla provedena první z detailnějších analýz (Springsfeld, 1749) významné, směrodatná odchylka činí u jednotlivých prvků dle mých statistických analýz od 1,4 do 5,1%.

Tab. 3 Přehled starších výsledků izotopických analýz termálních vod

Zdroj	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)	$^3\text{T}$ (T.U.)	Stáří
Vřídlo BJ-35	$-3,77 \pm 0,06$	$10,2 \pm 0,15$	3	35 000
Mlýnský BJ-41			3	28 660
Západní Čechy	-1,9 až -5			

Hodnoty dle Šmejkal (1974 a 1979), Vylity B. (1991) a Žáka (2005).

Vlastní hydrogeologické poměry s.s. zkoumaného území charakteristického přítomností zřidelních sedimentů a jeho nejbližšího okolí jsou determinovány

zejména geomorfologickou a tektonickou situací, sklonem většiny území k místní erozivní bázi - Teplé, místy též faciálním vývojem kvartérních sedimentů naložených na granitovém podloží, lokálně též vlivem antropogenních zásahů a především charakterem samotného skalního fundamentu, tedy jeho sekundárními přeměnami typu hydrotermální alterace apod.

Prosté podzemní vody mělkého obzoru granitového masivu příp. kvarterního pokryvu vyvinutého v jeho nadloží, jejichž infiltrační území tvoří svahy údolí Teplé, putují ve své naprosté většině v sestupném proudění k místní erozivní bázi, do tektonicky založeného údolí, a mísí se v nejnižší položených částech prostoru průzkumu s podzemními vodami holocénní terasy, náležejícími již poříční zvodni Teplé a s vodami náležejícími jednotné termální tlakové zvodni.

Potenciální pokračování zřidelní linie SSZ-JJV dále k severu, do pánevního prostoru je dosud nejasné, na zlomech Apollo aj. (Bohatice, Otovice) byly v rámci těžby kaolinových ložisek dokumentovány jen studené či vlažné (max. 22°C), slabě mineralizované podzemní vody s doprovodem plynů, v nichž převažuje dusík. Rovněž iontové poměry vod ve východní části sokolovské pánve jsou odlišné od poměru typického pro termální vody, tedy vody karlovarského typu (pro kaolinové vody činí poměr Cl: SO<sub>4</sub> : HCO<sub>3</sub> cca 1 : 1,5 : 15), pro termální vodu je typický poměr 1 : 4 : 2).

Průzkumné práce v prostoru Dolních Drahovic (pro kanalizační přivaděč A2) a Bohatic (objekt Orloff) však svědčí o pokračování zlomu Apollo též na pravém břehu Ohře, ovšem s posunem k východu (Vylita T., 1992). Pokud by tento posun byl považován generelní i pro další tektonické poruchy, bylo by nutné hledat pokračování zřidelní linie západně od soutoku Ohře s Teplou.

Hydrogeologická problematika karlovarské zřidelní struktury je diskutována i dále v textu této práce.

Tab. 4 Přírodní léčivé zdroje lázeňského místa Karlovy Vary - sumarizace

<b>Pramen</b>	<b>Zdroj</b>	<b>Vydatnost (l.min<sup>-1</sup>)</b>	<b>Hloubka vrtu(m)</b>	<b>Geologická zpráva</b>
Vřídlo	BJ-35	650	55,30	Vylita B., 1982
Vřídlo	BJ-36	650	48,10	Vylita B., 1982
Vřídlo	BJ-37	650	88,60	Vylita B., 1982
Vřídelní fontána	BJ-70	200	71,50	Vylita B., 1984
Karla IV.	BJ-74	5	19,20	Vylita B., 1984
Karla IV.(R)	BJ-73	5	70,00	Vylita B., 1984
Dolní Zámecký	BJ-79	6	28,20	Vylita B., 1986
Horní Zámecký	BJ-81	20	31,50	Vylita B., 1986
Tržní (R)	BJ-76	5	30,00	Vylita B., 1984
Tržní (R)	BJ-77	5	38,00	Vylita B., 1984
Tržní (R)	BJ-78	5	25,00	Vylita B., 1984
Tržní	BJ-86	6	8,00	Vylita B., 1984
Mlýnský	BJ-41	5	24,00	Vylita B., 1984
Mlýnský (R)	BJ-43	5	12,50	Vylita B., 1984
Rusalčín	BJ-48	6	7,80	Vylita B., 1984
Rusalčín (R)	BJ-50	5	50,00	Vylita B., 1984
Knížete Václava	BJ-53	8	9,60	Vylita B., 1984
Libuše	BJ-56	5	17,60	Vylita B., 1985
Skalní (R)	BJ-44	2	11,00	Vylita B., 1985
Skalní (R)	BJ-45	2	20,00	Vylita B., 1985
Skalní (R)	BJ-46	2	14,60	Vylita B., 1985
Skalní	BJ-96	2	30,50	Vylita B., 1993
Skalní	BJ-97	2	29,50	Vylita B., 1993
Svobody (R)	BJ-58	5	38,60	Vylita B., 1986
Svobody (R)	BJ-59	5	35,00	Vylita B., 1986
Svobody	BJ-93	8	6,50	Vylita B., 1986
Svobody	BJ-94	5	50,00	Vylita B., 1986
Svobody (R)	BJ-95	5	40,00	Vylita B., 1986
Sadový	BJ-88	4	30,00	Vylita B., 1988
Starý Sadový(R)	No.64	5	3,97	Vylita B., 1988
Hadí	BJ-91	10	37,00	Vylita B., 1984
Dorotka	V-1 (No.83)	55 (plyn) 2 (voda)	22,00	Trojan Č., 1970

Legenda: R = rezervní zdroje

#### **4.1.4. Tektonické poměry zájmového území**

Z morfostrukturní analýzy zájmové území lze odvodit, že subsekventní tok Teplé sleduje v zájmovém výrazná zlomová pásma směru SV - JZ (kosý zlom ve smyslu Hynieho), SSZ-JJV (zřídelní linie), V-Z aj., s nimiž je v tomto území prostorově spojena zvýšená aktivita hydrotermálních alteračních procesů a silnější mechanické zvětrávání autometamorfovaného granitu a potažmo usnadněna eroze vodního toku. Výrazné ohyby koryta nastávají v okolí Jižního vrchu, dále v prostoru za hotelem Pupp, za Vřídelní kolonádou a u Thermalu. Tektonická situace území je dále komplikována přítomností zlomů směrů S-J a VSV-ZJZ a hydrogeologicky velmi významným křížením starších

a zmlazených diskontinuit zemské kůry v prostoru Vřídla. Viz níže v textu zprávy, především u deskripce jednotlivých segmentů zřidelní sedimentace v kapitole 4 disertační práce.

Vrtnými pracemi byla v granitech zastížena řada poruchových pásem o mocnosti 1 – 2 m, maximálně až 6 m, v nichž jsou granity postiženy silnou kataklázou až mylonitizací (Vylita B., 1991).

Granitový reliéf byl v celém území formován polyfázovou tektonikou, přičemž intenzivní saxonská tektonika pokračuje téměř kontinuálně až do recentu za současného působení říční eroze. V zájmovém území jsou povrchové partie granitu a okolí výraznějších diskontinuit silně hydrotermálně alterovány. Výjimku mezi diskontinuitami v granitu tvoří tzv. hlavní trhlina (v prostoru Zámecké kolonády, viz Obr 4), v původním přirozeném stavu zřejmě i širší než 1,1 m.

Pokud jde o stáří jednotlivých poruchových struktur, protogranitová tektonika je reprezentována moldanubickými směry SZ-JV a SV-JZ, později zmlazovanými assyntským a variským vrásněním a neoidními pohyby. I další směry byly aktivovány v souvislosti s neotektonickými pohyby. Směry S-J a V-Z mají vůči granitovému masivu charakter střížných systémů a jsou považovány za varisky založené. Je však možné, že i směry V-Z jsou generačně velmi staré, založené v hlubší, předvariské stavbě.

Z charakteru zlomů vyplývá existence dílčího příkopu, křížícího se se směry SZ-JV a submeridionálními. Někteří autoři (Vylita B., 1985, 1991 aj.) uvažují o vazbě termy na tuto příkopovou strukturu, v níž dochází ke vztlaku a maximální možné výtlačné výšce termy.

Obr. 4 Hlavní trhlina v prostoru Zámeckých pramenů.



Situaci dokumentují nově provedené geofyzikální průzkumné práce (v centru především atmogeochemické) a standardní metody geologického mapování dokumentovaných tektonických poruch, tedy zlomů a zlomových pásem viz účelová mapa v Příloze 5. Linie vyznačené v této mapě nejsou úzkými puklinami či trhlinami, ale spíše několik metrů mocnými poruchovými zónami. Tento fakt je nutné mít vždy na paměti při hodnocení jejich funkce.

Jako dominantní z hlediska hydrogeologického fungují ve vývěrové zóně především diskontinuity SSZ-JJV, tedy směrné se zřidelní linií, v centru struktury u Vřídla jsou pak dokumentovány zlomy subekvatorální a submeridionální. Viz mapa v Příloze 5.

Za poměrně dobře detekované tektonické zóny byly dosud považovány poruchy v centru struktury od Vřídla až k Mlýnské kolonádě (Krčmář, 2001) a na Zámeckém vrchu (Vylita T., 1999, 2000), dále na jižním uzávěru vývěrové zóny zřidelní struktury (mimo mapu a mimo uvažované zásahy) a konečně na severním okraji vývěrové zóny v okolí Sadového pramene (Škuthan a Hron, 1995).

Pro jednotlivé části zájmového území byly již dříve zpracovány tektonogramy, vyjadřující výsledky granit-tektonických měření.

Hlubinný původ velké části chemických složek karlovarské termální vody, zřidelního plynu a tepelného obsahu termy jsou podnětem pro zkoumání hlubinné stavby širšího území zřidelní struktury, nejen její vývěrové zóny ale rovněž území infiltrace, cirkulace, event. akumulace. Indicie hlubinné stavby řešil Vylita B. et al. (např. 1984, 1991 aj.). Problematika mocnosti zemské kůry, recentní seismické aktivity, gravimetrických a termických anomálií, recentních pohybů zemské kůry, detekce a funkce hlubinných zlomů byla řešena mnoha autory a stejné množství autorů a názorů lze vzhledem k obtížnosti interpretace dat předpokládat i v budoucnosti.

#### **4.2. Výsledky atmogeochemických prací**

Atmogeochemické měření metodou MFP bylo provedeno celkem na deseti profilech (jejich pozice viz Obr. 5) o celkové délce 2 710 m. Sorbenty byly na těchto profilech exponovány krokem 5 metrů. Celkem bylo odebráno 542 sorbentů. Vlastní analýzy pak byly realizovány pomocí atomové absorpční spektrometrie (AAS) na draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg) a zinek (Zn). Celkem bylo spolu se slepými vzorky provedeno 2184 analýz AAS. Analytické stanovení provedla stopová laboratoř G.B. Marshalla na Přírodovědecké fakultě UK v Praze (RNDr. Rudolf Přibil, CSc.).

Z interpretace naměřených koncentračních křivek především vyplývá neobvykle vysoká hustota vertikálních nehomogenit na měřené ploše. Tato skutečnost do jisté míry nepříznivě ovlivnila jednoznačnost interpretace průběhu mapovaných zlomových struktur.

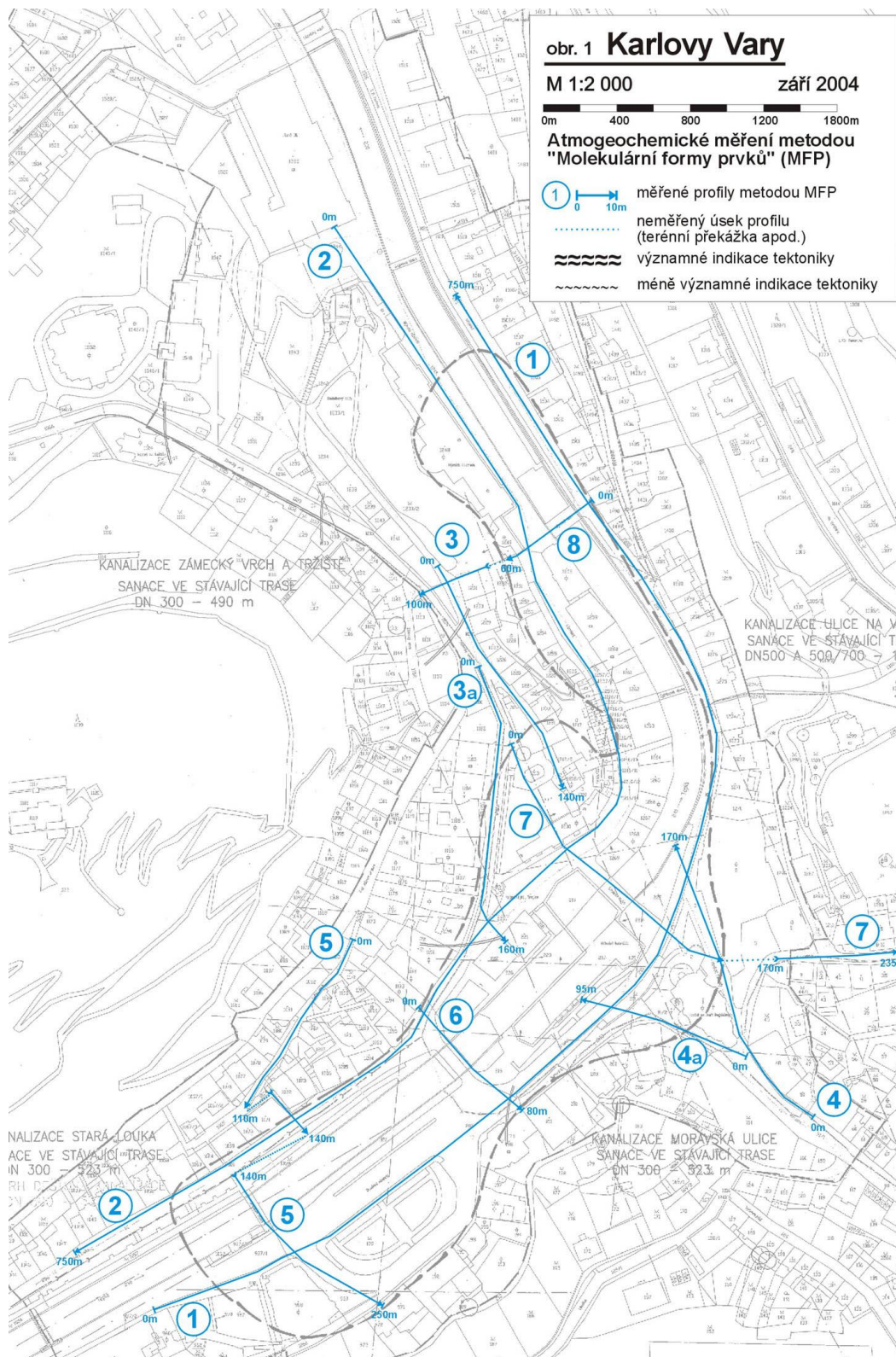
Na mapě na Obr. 5 jsou zakresleny průběhy a směry jednotlivých měřených profilů metodou Molekulární formy prvků.

Výsledky atmogeochemického profilování a jejich interpretaci jsem využil pro sestavení mapy zlomových poruch, viz Příloha 5 této práce. V této účelové mapě v měřítku 1 : 2 000 je provedena korelace výsledků atmogeochemických prací s výsledky (interpretací) ostatních geofyzikálních prací (georadar, mikroseismika aj.).

Z této interpretační mapy je patrná dominance zlomových struktur paralelních se zřidelní linií (SSZ – JJV, cca 330°), dále přítomnost zlomů směrů subekvatoreálních, které hrají roli především v samotném centru vývěrové zóny zřidelní struktury v prostoru Vřídla.



Obr. 5





### **4.3. Výsledky georadarových metod**

Georadarový průzkum byl proveden na podélných profilech po obou stranách Teplé, na příčných a kosých profilech k toku Teplé v místech komunikací i ve vlastním korytu Teplé. Georadarová data zaznamenaná v průběhu měření byla převedena do grafické formy profilových řezů, ve kterých byly zvýrazněny indikace průběhu korelačních horizontů na různých hloubkových úrovních. Radarové řezy jsou korelovány s údaji z odkryvných prací v zájmovém území a s daty získanými ostatními metodami využitými v rámci práce. Viz Obr. 6 a mapa v Příloze 5 disertační práce.

### **4.4. Výsledky ostatních geofyzikálních metod**

Další geofyzikální metody doplnily interpretaci atmogeochemické prospekce a georadarového průzkumu. Výsledky jsou zahrnuty do účelových map v Přílohách 4 a 5 této práce. V detailech odkazují na závěrečnou zprávu projektu MŽP (Vylita T. et al., 2005).

Obr. 6 Interpretační mapa georadarových měření s vyznačením profilů



#### **4.5. Vytvoření databáze dokumentačních bodů**

Vzhledem ke skutečnosti, že v rámci hydrogeologického průzkumu karlovarské zřidelní struktury v letech 70., 80 a 90. minulého století (Vylita B. et al., 1991; Vylita B., Vylita T. 1993 aj.) byla věnována pozornost především cirkulaci termy a zřidelní plyn spolu se zřidelní sedimentací stály mimo těžiště tehdejších prací, považoval jsem za přínosné a praktické, provést sumarizaci starších i zcela nových údajů o zřidelní sedimentaci. Celkem bylo pro vytvoření databáze využito 975 objektů, lokalizovaných ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury nebo v její těsné blízkosti a to ať již vrtaných nebo kopaných sond, výkopů, odkryvů, starších i nových jímání termy a plynu, vč. historických údajů. Jako zdroje dat pro databázi údajů o zřidelních sedimentech sloužily dále starší sběry vzorků těchto sedimentů, pokud byly přesně lokalizovány.

V rámci disertační práce byla vytvořena účelová mapa všech dokumentačních bodů, viz Příloha 2.

Databáze je vedena v programu Access.

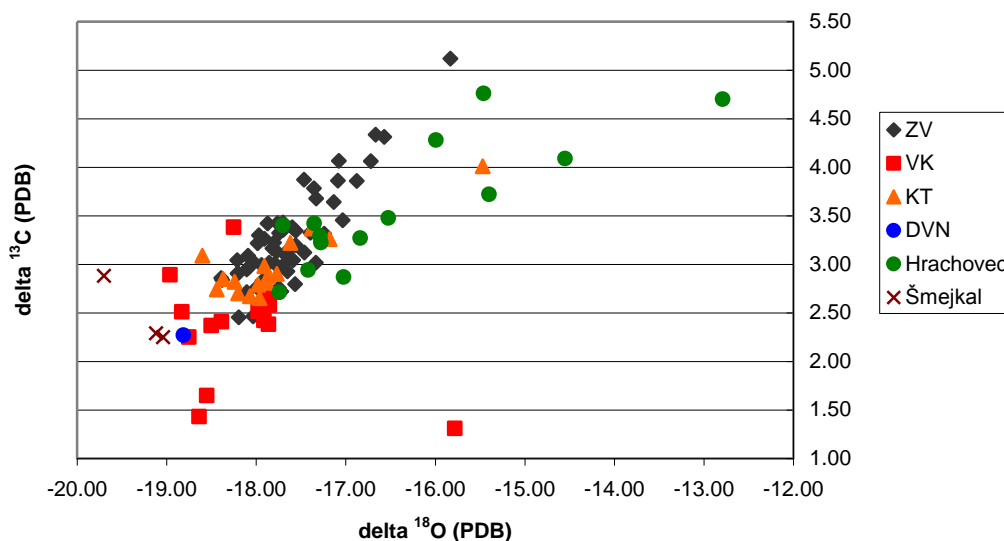
#### **4.6. Stručná interpretace izotopového složení uhlíku a kyslíku vřídlovců z Karlových Varů (K. Žák, J. Kadlčáková in Vylita T. et al., 2005)**

Výzkumu izotopového složení uhlíku a kyslíku karbonátů různých typů vřídlovce z Karlových Varů byla dosud věnována jen malá pozornost. To je značný rozdíl oproti studiu izotopové geochemie v samotné termě karlovarského Vřídla nebo v jejích rozpuštěných plynných či pevných složkách, kde jsou publikované a nepublikované práce, využívající geochemie stabilních izotopů běžné.

Analýzy izotopového složení uhlíku a kyslíku ve vřídlovcích se snažily postihnout celou petrografickou škálu různých typů vřídlovce a vzorky

vřídlovců různých stáří. Celkově bylo analýzami provedenými v TU Mnichov, SRN a v ČGS Praha získáno 103 hodnot ze zřídelních sedimentů akumulace Zámeckého vrchu (kód ZV, 58 hodnot), Kostelní akumulace (KT, 16 hodnot), 1 hodnota z akumulace vázané na Divadelní náměstí (DVN) a 14 hodnot z Vřídelní kolonády a jejího okolí (VK). Pro účely tohoto stanovení byly všechny vzorky považovány za aragonit.

Obr. 7 Sumarizace všech dostupných stanovení  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  karbonátů zřídelních sedimentů



Z grafu na Obr. 7 plyne, že všechny hodnoty získané pro karlovarské zřídelní sedimenty leží v poli hodnot  $\delta^{13}\text{C}$  +1,31 až +5,12 ‰ (vs. PDB) a hodnot  $\delta^{18}\text{O}$  -19 až -12,8 ‰ (vs. PDB).

V současné sadě vzorků není zachycen žádný vřídlovec s hodnotou  $\delta^{18}\text{O}$  pod -19 ‰ vs. PDB, což je ovšem oblast dat vřídlovců analyzovaných Šmejkalem et al. (1972a). Buď je to důsledek nějaké metodické odchylky ve zpracování vzorků, nebo se Šmejkalovi et al. (1972a) podařilo odebrat vřídlovec vznikající za mírně vyšší teploty, bližší teplotě Vřídla.

#### **4.7. Zkoumání mikrobiologického prostředí zřidelní sedimentace a recentní analogon**

Karlovy Vary lze považovat za klasickou lokalitu s dlouholetou tradicí výzkumu mikrobiocenóz (viz Agardh 1827, Corda 1836, 1839 aj.). Typická termální cyanobacterie *Mastigocladus laminosus* byla popsána právě odsud (Cohn 1863). Zásadními poznámkami k mikrobiologii prostředí tvorby zřidelních sedimentů přispěla v moderní době především Švorcová (1977).

Podíl mikroorganismů na tvorbě zřidelních sedimentů zůstává sice ne zcela prokázán, je ovšem řadou autorů včetně autora disertační práce uvažován a dokumentován. Nejvýznamnější roli při by biogenní tvorbě sintru měly sehrávat aerobní chemoautotrofní bakterie, využívající  $\text{CO}_2$  jako zdroje uhlíku pro stavbu svých těl a uvolňující jej z vody nebo z iontů  $\text{HCO}_3$ . Porušují tím karbonátovou rovnováhu a pomáhají srážení nerozpustných karbonátů. Vznik zárodečných krystalů byl prokázán při poklesu počtu autotrofních železitých bakterií. Autotrofní Fe bakterie jen obtížně přijímají  $\text{CO}_2$  přes inkrustovanou schránku a pokles jeho koncentrace ve vodě vede k jejich odumírání. Ostatní autotrofní bakterie používají  $\text{CO}_2$  jen z iontů  $\text{HCO}_3$ . Optimální podmínky pro vznik karbonátových krystalů nastávají v aerobním teplém prostředí.

Kaštovský, Komárek (2001) uvažují drastické změny karlovarské algologické lokality během 20. století vlivem proměn způsobu jímání. Jednou z mála lokalit je proto přetokový systém, resp. jeho vyústění do řečiště Teplé. Zde autoři dokumentovali celkem 45 druhů cyanobaktérií a řas (14 Cyanophyceae, 27 Bacillariophyceae, 4 Chlorophyceae).

Pozorování vzniku recentních forem zřidelní sedimentace na opevňovací desce v řečišti Teplé přineslo společně s možnostmi elektronového rastrovacího mikroskopu příspěvek k teorii o vlivu mikroorganismů při tvorbě pisolitických a destičkovitých forem sedimentace.

Pisolitické útvary se kromě povlakování iniciačních jader ve formě úlomků křemenných zrn, starších sedimentů apod. vytvářejí též povlakováním bublinek vzduchových. Stradiotová (ústní sdělení, 2006) uvažuje o bublinkách kyslíkových, produkovaných právě termofilními řasami. Snímky z elektronového mikroskopu jasně dokazují narůstání pisolitických forem od obalu vzduchové (či kyslíkové) bublinky k jejímu středu, tedy zcela opačně, než je tomu při tvorbě hrachovců na "klasickém" pevném iniciačním jádru.

Nově byl též zkoumán podíl mikroflóry na tvorbě silně proplyněných variet zřidelních sintrů (pěnovců) a tzv. raftů. V podrobnostech odkazují na publikovaný článek „Mikrosvět a makrosvět vřídlovce“ (Lisá, Hladil, Vylita; Vesmír, 2007/7).

#### **4.8. Výsledky geochronologických analýz**

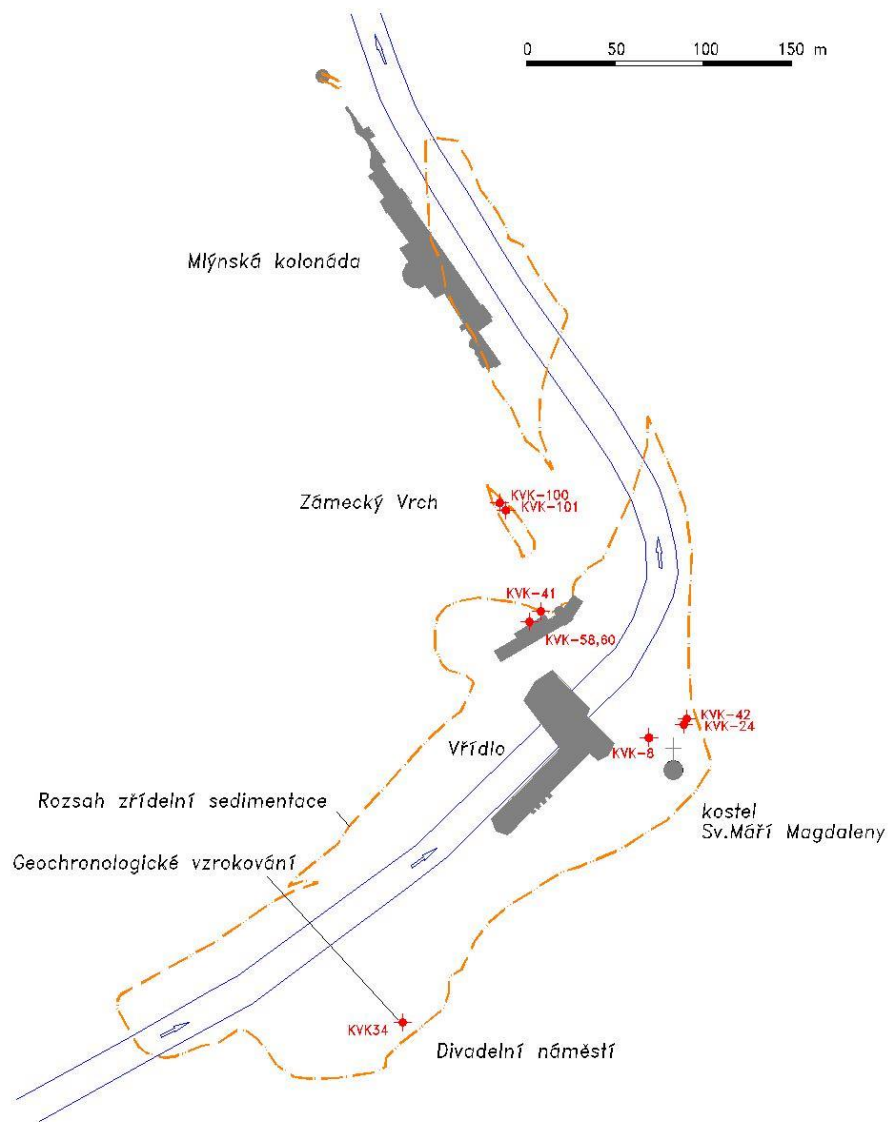
Ve dvou sadách bylo v rámci projektu hrazeného MŽP v r. 2004 analyzováno 14 vzorků (5 vzorků ze Zámeckého vrchu, 4 vzorky Kostelní akumulace, po 1 vzorku z Divadelního náměstí, Vřidelní a Mlýnské kolonádě. Výsledky z některých vzorků nebyly věrohodné kvůli kontaminaci neradiogenními izotopy.

Věrohodné hodnoty stáří zřidelní sedimentace z prostoru Zámeckého vrchu činí cca 102 ka (KVK-41) a 51,1 ka (KVK-24). Stáří vzorků odebraných z výkopů na Divadelním náměstí bylo stanoveno na 70,9 ka (KVK-34). Vzorky z prostoru mezi centrální vřidelní akumulací a Kostelní akumulací (KVK-8) jsou cca 11,33 ka staré.

Druhá sada vzorků a analýz byla provedena ke konci roku 2004. Dle zpracovatele (Žák in Vylita et al., 2005) je ze sedmi analyzovaných hodnotami pět solidních. Stáří vzorků odebraných z výkopů na plošině před Zámeckou věží bylo velmi překvapivě stanoveno až na 230 ka (KVK-62).

Místa odběru vzorků jsou lokalizována na mapě na Obr. 8

Obr. 8 Situační mapa geochronologického vzorkování



Tab. 6. Přehled výsledků geochronologického datování

Vzorek	U obsah [ppm]	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	Stáří [ka]	Komentář
KVK – 41	0.5395±0.0203	1.1406±0.0329	0.6189±0.0198	197	<sup>+4.8</sup> 102 <sub>-4.7</sub>	
<b>KVK – 34</b>	0.6516±0.0199	1.1981±0.0318	0.4871±0.0152	131	70.9 ± 2.9	
KVK – 24	1.4854±0.0695	1.0370±0.0260	0.3765±0.0127	226	51.1 ± 2.1	
<b>KVK – 22</b>	2.3327±0.0880	0.8567±0.0173	0.3183±0.0096	590	42.1 ± 1.5	Nizký obsah U
KVK – 19	<b>0.1663±0.0090</b>	1.2028±0.0631	<b>4.3803±0.1717</b>	<b>12</b>		Detritická kontaminace; <b>otevřený systém(?)</b>
KVK – 8	1.4893±0.0774	2.6911±0.0557	0.1001±0.0036	50	11.33 ± 0.42	
<b>KVK – 3</b>	1.6287±0.0488	2.4772±0.0348	0.1356±0.0030	<b>7</b>		Detritická kontaminace
KVK – 7	2.4549±0.0221	1.2317±0.0147	<b>2.4554±0.0233</b>	<b>4</b>		Detritická kontaminace Otevřený systém(?)
KVK – 42	1.2721±0.0422	1.1935±0.0257	0.3822±0.0089	210	51.5 ± 1.4	
KVK – 58	<b>0.2370±0.0109</b>	2.6149±0.1129	0.0034±0.0014	<b>5</b>		Detritická kontaminace Otevřený systém?
KVK – 59	1.6491±0.0398	2.5930±0.0330	0.0835±0.0020	139	9.4 ± 0.24	
KVK – 60	2.9619± 0.0696	2.5379±0.0219	0.1247±0.0017	32	14.3 ±0.2	
KVK – 61	0.2602±0.0086	2.4758±0.0798	0.8467±0.0216	327	<sup>+7.0</sup> 155 <sub>-6.7</sub>	
KVK – 62	0.2791±0.0111	2.2669±0.0716	1.0066±0.0248	401	<sup>+14</sup> 230 <sub>-13</sub>	

Získaná data umožnila vytvoření hypotézy paleohydrogeologického vývoje zájmového území. Viz kapitola 4.10. a Příloha 7 této práce.



#### 4.9. Paleomagnetismus a magnetostratigrafie

Laboratorní zpracování bylo provedeno pracovníky Paleomagnetické laboratoře GLÚ AV ČR v Praze-Průhonicích (Kadlec in Vylita et al., 2005).

Tabulka 7 Základní magnetické parametry vzorků zřidelných sedimentů

	KVS		KVP		KVT	
	přirozená remanentní magnetizace [A/m]	magnetická susceptibilita a [10 <sup>-6</sup> SI]	přirozená remanentní magnetizace [A/m]	magnetická susceptibilita [10 <sup>-6</sup> SI]	přirozená remanentní magnetizace [A/m]	magnetická susceptibilita a [10 <sup>-6</sup> SI]
Min.	1,21E-05	2,24	2,01E-05	-11,85	5,28E-05	4,95
Max.	7,85E-04	13,50	3,53E-04	-0,39	1,82E-03	28,66
Medián	3,68E-05	9,54	4,09E-05	-9,74	3,49E-04	7,85
Průměr	6,42E-05	2,38	6,48E-05	-9,28	4,04E-04	9,96
Sm.odchylka	6,10E-05	9,54	9,10E-05	2,31	4,05E-04	5,64

Tabulka 8. Hodnoty střední paleomagnetické deklinace a inklinace

	Polarita	Střední paleomagnetické směry				
		D [°]	I [°]	$\alpha_{95}$ [°]	k	n
KVS2 - KVS5	N	2.03	49.7	9.67	8.57	24
KVS2 - KVS5	N - R	35.09	-57.75	11.93	22.98	6
KVP1	N	304.22	78.31	4.58	233	4
KVP2	N	352.6	63.3	-	-	1
KVP3	N	308.81	77.46	10.64	34.6	5
KVT1,2,3 - vrstva 1	N	359.74	48.63	12.56	17.75	7
KVT3 - vrstva 2	N	7.27	59.89	32.29	3.74	5
KVT3 - vrstva 3	N	81.96	86.19	-	-	2
KVT3 - vrstva 4	N	103.42	59.5	-	-	2

Paleomagnetické údaje pro zkoumané sedimenty ze všech odběrových míst lze využít pro interpretaci a korelaci s magnetostratigrafickými daty. Výsledné parametry anizotropie magnetické susceptibility jednoznačně ukazují na horizontální usměrnění zrn magnetických minerálů bez výrazných anomálních hodnot. Na základě dat metodou U - series ze dvou vzorků KVK-22 a KVK-24 z Kostelní terasy (stáří  $42,1 \pm 1,5$  a  $51,1 \pm 2,1$  ka) lze část profilu u vzorku KVS s přechodnou polaritou korelovat s exkurzí Laschamp 46,8 až 37,4 ka v epoše Brunhes.

#### **4.10. Paleohydrogeologický vývoj zájmového území** (Vylita, Žák in Vylita et al., 2005 a Vylita, Žák, 2007)

Nová datace absolutního stáří zřidelních sedimentů Zámeckého vrchu, Kostelní akumulace, Divadelní akumulace a centrální akumulace umožňuje vyslovit hypotézu vývoje vývěrové zóny zřidelní struktury v průběhu kvartéru.

V průběhu pleistocénu (cca před 230 tisíci lety, risský glaciál) došlo k otevření zdejší původně zakryté cirkulace termálních vod erozivní činností vodoteče (tehdejšího Karlovarského potoka, předchůdce dnešní řeky Teplé). V prostoru plošiny před Zámeckou věží (v úrovni cca 399 – 400 m n.m.) docházelo na zmlazeném zlomu starého založení SSZ-JJV k ukládání prvních zřidelních sedimentů ještě před zahloubením údolí na dnešní úroveň. Tyto i původně málo mocné sedimenty byly následně překryty 2. pleistocénní terasou.

Kombinace říční eroze na konci risského glaciálu s tektonickými pohyby determinovala zásadní změny geohydrodynamického systému, neboť změnami spádu a výškové úrovně erozivní báze zákonitě mohlo docházet i ke změnám oběhových cest termy a zřidelního plynu. K otevření struktury zřejmě přispělo i starší zhroucení západní části zdejší granitové klenby s osou VSV-ZJZ. Příčinou zhroucení byly neotektonické pohyby či degazace hlubších zón.

Existenci razantních mladokvarterních pohybů dokládá i vývoj říčního toku Teplé, zejména v úseku Cihelny, přehrada Březová, obec Březová, jižní okraj lázeňské zóny Karlových Varů. Původní směr jejího toku, dokumentovaný mj. mladopleistocénními sedimenty (srv. kosterní zbytky mamuta Knett, 1902), S-J přes území sedla mezi elevacemi Vysoký hřeben a Doubská hora, tzv. „Aicher Gelenk“ starších autorů, byl změněn zřejmě účinky sesuvu svahových hmot v tomto prostoru. Teplá, původně ústící do Ohře v prostoru

Doubí, využila starších koryt Lomnického a Cínového potoka (původní toky směru Z-V!) a prorazila původní rozvodí těchto potoků a staršího Karlovarského potoka. Svědčí o tom rovněž nálezy fluviálních sedimentů v prostoru hráze přehrady Březová v r. 1932.

Poslední průzkumné práce (2006) v sedle „Aicher Gelenk“ projevy starších významnějších svahových pohybů nezastihly, starší vrty však dokumentovaly až přes 20 m mocné svahové sedimenty v místech, kde by na základě morfologie terénu bylo možné očekávat jejich mocnost max. 2 – 4 m.

Změněné odtokové poměry na konci risského glaciálu v době nástupu interglaciálu R/W (eem) determinovaly hlubší otevření termální struktury a výstup proplyněných terem k povrchu blíže dnešnímu dnu údolí, tudíž i tvorbu zdejších zřídelních sedimentů spočívajících v nižších polohách vůči plošině před Zámeckou věží. Vznikají tak tělesa zřídelních sedimentů na úpatí Zámeckého vrchu a později i na úpatí Tříkřížového vrchu (v prostoru dnešního Divadelního náměstí, Vřídla a u dnešního kostela sv. Máří Magdaleny). Přitom se výrazně uplatňuje výstup termy i prostřednictvím zlomového pásma směru SV – JZ (kosý zlom Hynieho).

Na konci posledního glaciálu (weichselian) zřejmě došlo k další razantní změně odtokových poměrů a zřejmě k rychlému odnosu zřídelních sedimentů především z prostoru řečiště a jeho blízkého okolí. Nově interpretované starší dokumentace z prostoru řečiště (Suess, 1908; Kampe, 1936 aj.) jasně vypovídají, že povrchový reliéf centrální akumulace značně ovlivnila eroze Teplé. Existence zřídelních sedimentů v prostoru nárazového břehu pod Vřídlem je možná jen proto, že je zde intenzita narůstání největší. I v současnosti je tento úsek nutno chránit betonovou opevňovací deskou. Recentní analog – tvorba nejmladších sintrů - na této desce velmi dobře dokumentuje skutečnost, že vřídlovec (potažmo sintry i hrachovce) je snadno odnášen erozí, vlivem pohybujícího se říčního štěrku apod.

Erodivané prostory řečiště byly v holocénu vyplněny novou generací zřídelních sedimentů, známou již z vrtných a jiných odkryvných prací z prostoru řečiště u Vřídla i u Mlýnské kolonády. Tomu nasvědčují i další nové poznatky o charakteru centrální akumulace zřídelních sedimentů.

Trvalý pokles západní kry granitového masivu determinuje menší rozptýlením v tomto prostoru, naopak vzestup kry východní přinesl tříštění oběhu termy (viz též Hynie, 1963 aj.). Snad tak spolu s uvažováním směru a sklonu zřídelního pásma zlomů lze vysvětlit i dnešní disproporční zastoupení terem na levém a pravém břehu Teplé.

Tato pracovní hypotéza je vystavěna na pouhých několika málo datovaných vzorcích vřídlovce a geomorfologických informacích o území, navíc s vědomím, že provedená datace U-Th Series nemusí být zcela korektní. Hypotéza dále pro zjednodušení úvah nebere v potaz různé formy zřídelních sedimentů z jednotlivých podobně starých těles. Autoři hypotézy si proto nekladou žádné nároky na neměnnost výše uvedeného textu.

Zajímavé je srovnání s domněnkami Knetta (1901), který tvrdil, že z každého stadia zahlubování údolí Teplé jsou zachovány odpovídající pramenní uloženiny. Zmiňuje sedimenty na plošině u Zámecké věže, ze středního stadia jmenuje sedimenty Kostelní akumulace a její analogii za Tržní kolonádou. Nejhlubší vrstvy vřídlovce označuje za dnešní „vřídelní desku“ s hlavou v úrovni cca 375 až 376 m n.m.

Přesná datace tolik diskutované změny směru koryta Teplé u přehrady v Březové není známa a představuje jeden z problémů, který bude Správou řešen v r. 2005 ve spolupráci s Technickou univerzitou v Mnichově, SRN. Velkou pozornost poutá v tomto ohledu především geomorfologická a geologická analýza prostoru sedla „Aicher Gelenk“, jemuž příkládám zásadní paleohydrologický význam. Srv. Peter (1924), Danzer (1922), Michler (1937) aj. Engelmann (1902) považuje naopak sedlo „Aicher Gelenk“ za opuštěný úsek toku Ohře.

#### **4.11. Antropogenní vstupy do konfigurace těles zřidelních sedimentů**

Každá zřidelní struktura, tedy i ta karlovarská, je jako geohydrodynamický systém vystavena působení vnějších a vnitřních rizikových faktorů, potenciálně zasahujících do jejího kvaziustáleného režimu. Vnější faktory jsou většinou generovány lidskou činností, v Karlových Varech k nim řadíme především těžební aktivity v okolí jejich zřidel a expozici vývěrové zóny zřidelní struktury (zhruba odpovídá vnitřním území lázeňského místa) vůči dopravě a manipulacím s látkami potenciálně škodlivými vodám, umělé seismicitě a vibracím vyvolávaným stavební činností, dále vůči vlivům provozu staveb, znečištění nesaturovaného i saturovaného pásma horninového prostředí, znečištění troposféry atd. Důležitým faktorem je i změna infiltračních poměrů povrchových vod.

Do kategorie rizik plynoucích ze znečištění horninového prostředí, ať již z hlediska hydrogeologického jeho nesaturované či saturované zóny, náleží rovněž riziko kontaminace zřidelních sedimentů. Podstatnou roli při preventivní ochraně zdrojů hrají i mechanické zásahy do zřidelní sedimentace, typu odtěžení nebo porušení celistvosti.

K vnějším rizikovým faktorům pak přistupují faktory vnitřní, rovněž jak antropogenního, tak přírodního původu. Z první skupiny jsou to např. vlivy umělých změn úrovně hladiny prostých podzemních vod, specifické aktivity krenotechnické (tedy zásahy na zdrojích termy či plynu) apod., ze skupiny druhé pak "do hry" vstupují především faktory latentní, převážně geologického charakteru, tedy přirozené snižování postvulkanické aktivity regionu, stárnutí jímacích zařízení a vliv nově se tvořící zřidelní sedimentace.

Jedna z nových hypotéz o prvotním osidlování úzkého údolí Teplé blíže jejího vyústění do Ohře je založena na úvahách o nerostných surovinách, jež toto území poskytovalo. Prakticky využitelnou surovinou s mělkým podpovrchovým a povrchovým uložením je zde totiž právě zřidelní

sedimentace, neboť je historicky doloženo, že až do 16. století byl vřídlovec lámán na pálení vápna. Znamé je použití při výstavbě loketského hradu, dalovické tvrze, kostela Sv. Mikuláše na Krudumí (Klsák, 2003, ústní sdělení), Zámecké věže na levém břehu Teplé, staré karlovarské radnice a z dalších míst. Vřídlovec byl těžen nejen u kostela Sv. Máří Magdaleny, ale i u bývalých Mlýnských lázní a Bernardovy skály. Ještě v l. 1732 a 1733 využíván vytěžený vřídlovec ze stavby kostela jako podložní štěrk pro stavbu sinice k starému mlýnu na papír. Od velkého požáru města v r. 1759 využíván k výrobě mozaikového zboží (Josef Müller), později fasetových prací a uměleckých mosaik (viz též Obr. 34).

V 16. století byla stále v provozu vápenka v Křížové ulici (dnešní Vřidelní), která páčila vápenec především z kupy u kostela, ale i z jiných míst směrem k dnešnímu Divadelnímu náměstí. Další vápenka byla v prostoru Louky, zřejmě dnešní Nové Louky. Je možné, že karbonáty vápničku byly pro naše předchůdce důležitější než termální voda a že jedinečná přítomnost vhodné suroviny a možnost obživy přehlušila pověrečný strach z podivných zamlžených vývěrových míst termy a plynu.

Je nutné konstatovat, že kromě naprostých výjimek je zřidelní sedimentace v Karlových Varech silně narušena lidskými aktivitami, především stavební a zmíněnou již těžební činností. Antropogenní zásahy většího rozsahu jsou znázorněny na mapě v měřítku 1 : 1 000 v Příloze 4 spolu s představou o původním rozsahu sedimentace před příchodem prvních osídlenců. V mapě jsou vyznačeny prostory nejvýznamnějších účelových a soustředěných zásahů člověka do konfigurace jednotlivých těles sedimentace. Srv. též Přílohu 7 s publikovanými příspěvky.

Mechanické zásahy do konfigurace jednotlivých těles zřidelní sedimentace jsou diskutovány v kapitolách příslušejícím k jednotlivým tělesům sedimentace.

## **4.12. Tělesa zřidelních sedimentů ve vývěrové zóně zřidelní struktury**

### **4.12.1. Vřidelní (centrální) akumulace zřidelních sedimentů**

Tato plošně i objemově nejrozsáhlejší akumulace zřidelních sedimentů v Karlových Varech, označovaná též jako vřidelní či centrální akumulace nebo kupa, zaujímá centrální polohu mezi ostatními tělesy těchto sedimentů. Spočívá v nejnižších polohách úzkého, tektonicky predisponovaného úseku údolí řeky Teplé v místech křižovatky starších i mladších poruchových struktur. Toto území jeví též nejvyšší termální aktivitu z celé vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury a je mj. charakteristické nejvyšší mocností zřidelních sedimentů (kompaktní vřídlovce až v úrovni 16,2 m pod terénem, srv. profil průzkumně-jímacího vrtu Vřídla BJ-36).

Rozsah zdejší akumulace sintrů, hrachovců, žilných i hlubinných typů vřídlovce je vyznačen v účelové mapě 1 : 1 000 v Příloze 4 této práce. Jde o rozsah zbytkový, neboť v tomto prostoru se nejsilněji uplatňovaly a stále uplatňují erozivní i akumulární síly kombinované s vlivy antropogenních aktivit v historicky urbanizovaném prostředí. Centrum zdejší akumulace se kryje s centrem vývěrové zóny a rovněž s centrem historické zástavby města.

Při definování rozsahu centrální akumulace jsem vycházel z celkových 508 dokumentačních bodů, z nichž u 275 objektů jsou k dispozici geologické profily, ať již původní (např. vrty řady BJ, resp. HJ a BPJ z 70. a 80. let 20. století, např. in Vylita B., 1991 aj.), či odvozené nebo nově interpretované na základě fotografií, náčrtků, map a starších popisů (např. Becher 1772, Rosiwal 1895, Knett, 1910, Vylita B., 1970, 2001 aj.), eventuelně nákresů starých jímání (OZ, UZ, Nová a Stará Hygieia, Vřídlo II aj.). Nejhlubším zdrojem informací o geologických poměrech centrálního tělesa zřidelní sedimentace je vrt HJ-108b (svislý; 171,5 m) na levém břehu Teplé, na břehu pravém pak šikmý vrt BJ-37 (88,6 m při úklonu 22°). Z dokumentace plyne, že akumulace zřidelních sedimentů Vřídla má bázi položenu níže než

akumulace okolní, tedy akumulace kolem kostela Sv. Máří Magdalena, akumulace Zámeckého vrchu a Tržiště či akumulace na Divadelním náměstí. Mapa dokumentačních bodů viz Příloha 2 práce.

Při definování hranic tělesa zřídelních sedimentů byly rovněž využity výsledky z georadarových měření (in Vylita T. et al., 2005).

Vzhledem k specifickým genetickým podmínkám centrální akumulace je ohraničení vůči jihovýchodně a východně položené akumulaci v okolí kostela sv. Máří Magdaleny v první přiblížení nepříliš zřetelné, neboť zde evidentně dochází k překryvu sedimentů obou těles (okrajové facie Kostelní akumulace ve formě povrchových facií překrývají starší hlubinné facie vřídlovců náležející již Centrální akumulaci). Detailní zkoumání charakteru sedimentů v blízkosti hranice však umožnilo její poměrně spolehlivé definování.

Analogické poměry panují i směrem k J a Z, na kontaktech s Divadelní a Zámeckou akumulací (viz další kapitoly textu a Příloha 4). Sondážní práce, provedené v rámci průzkumu staveniště Vřídelní kolonády v l. 1966 – 1967 prokázaly aktivní termální zónu i v prostoru Janského mostu, tedy ve směru kosého zlomu dle Hynieho. Myslíl (1962) popírá funkční charakter tohoto zlomu, nové poznatky o vývoji zřídelních sedimentů tzv. Divadelní akumulace (Knett, 1910; Lang 1943 a 1944, Vylita T., 2003) však jednoznačně svědčí o jeho jednoznačné aktivitě tohoto zlomu. Soudíme, že tento zlom VSV-ZJZ hraje svou roli i v prostorovém rozšíření centrální akumulace. Srv. dokumentaci kopané sondy v blízkosti Janského mostu či výkopy u domu Atlantic (Fořt, 1964 aj.). Tuto domněnku potvrzují i poznatky z těsnících prací z koryta Teplé u Vřídelní kolonády v l. 1901, 1905, 1935 – 1939, které ve shodě s novějšími poznatky ukazují na fakt, že povrch vřídelní akumulace probíhá od Vřídla až k Janskému mostu a nelze tedy tuto centrální akumulaci členit do odlišných kup (jak činí např. Myslíl a Tyráček, 1962 aj.). Pozice Divadelní akumulace - viz příslušná kapitola textu zprávy; zde jen zdůrazňuji analogii se sintry, zjištěnými při sondáži v r. 1939 ve Vřídelní ulici před kostelem.

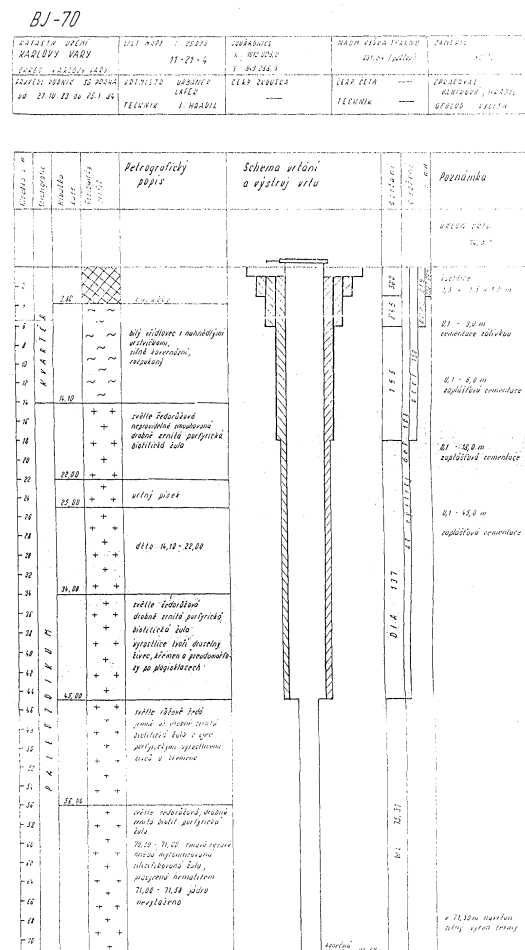


Situace kontaktů jsou lokálně destruovány antropogenními zásahy, markantně především v prostoru Staré Louky, Vřidelní ulice a v okolí kostela sv. Máří Magdaleny (srv. mapu v Příloze 4).

Hranice centrální akumulace generelně k S, v prostoru řečiště Teplé a přilehlých částí Tržiště, resp. Vřidelní ulice je zřejmě erozivně – tektonického charakteru, tj. zřejmě zde došlo k narušení a odnosu větší části původních sedimentů zpětnou erozí Teplé a přitom k uplatnění role především příčné nebo submeridionální tektoniky ve smyslu usnadnění eroze (ať již hydrotermální alterací skalního podloží či narušením samotných zřidelních sedimentů). Údaje z databáze vrtných aj. objektů a údaje z georadarových profilování jsou v tomto prostoru v plné shodě.

Nadmořská výška terénu, v němž se rozprostírá centrální akumulace zřidelních sedimentů, se pohybuje v intervalu 375 m n.m. (vrt SVP v v korytě Teplé na S kupy) a 383 m n.m. (kopaná sonda G-1 nad Vřidelní ulicí). Místní erozivní bází je koryto vodoteče Teplé v nadmořské výšce cca 377,3 m (pod přepady Vřídla). Vývěry proplyněné termy a zřidelního plynu, resp. průvaly termy v prostoru Vřídla a přilehlých částí historického centra města jsou tektonicky predisponovány (viz dále v textu).

Obr. 9 Profil vrtu BJ-70 (Vylita B., 1984)



### Charakteristika zřidelních sedimentů centrální akumulace

Zřidelní sedimenty jsou v lokalitě reprezentovány především páskovanými hlubinnými typy vřídlovců (typ 1120 dle klasifikačního systému uvedeného výše v textu práce) s hojnými dutinami  $i > 30$  mm, resp. masivními typy (typ 1110). Poměrně hojnější než v jiných lokalitách jsou zde typy vřídlovců s uzavřeninami cizorodých materiálů (ať již přírodních jako typy 1210 nebo 1220 nebo antropogenních jako je typ 1250). Až do hloubky 32 m byl místy dokumentován zde hojný granit – aragonitový žilník. Na Obr. 10 je snímek

typického vřídlovce, laminovaného, podpovrchového původu, tzv. typ „Riesenerbse“.

Obr. 10 Typický vřídlovec centrální akumulace



Na Obr. 10 je dobře patrný nerovný, ledvinitý povrch těchto vřídlovců, známý též z fotografické dokumentace z těsnících prací v řečišti (1901, 1937 aj.). Reliéf povrchu údolní akumulace např. u vrtu Oberes Zapfenloch (Obr. 12) je nerovný, mírně zvlněný, zjevně již antropogenně modifikovaný, laminovaný vřídlovec je zde proražen několika vrty a dřevěným pažením proti elevaci tzv. „Sprudelberglu“ (viz Obr. 12). Severně od této elevace jsou dobře patrné polokulovité (nepravidelně) tvarované vrstvy vřídlovce, právě takové, jako jsou znázorněny na Obr. 10.

Podobně i partie blíže levého břehu naproti „Sprudelberglu“ (Kampe, 1936) jeví zvlněný povrch laminovaného vřídlovce, pestrého (rychlé střídání světlých a tmavých vrstev). Z dokumentace jsou téměř vždy patrné úpravy reliéfu, starší i novější.

Na v řečišti uložených zřidelních sedimentech se obecně projevuje velký vliv říční eroze a zcela evidentní silný vliv koroze studených vod (místa na fotografiích patrna až téměř voštinovitá struktura, odolnější vrstvy vyčnívají jako žebra, srv. sedimenty z plošiny před Zámeckou věží), diskontinuity mezi segmenty vřídlovce (cca 0,5 m max.) jsou často druhotně vyplněny nebo druhotná výplň desintegrována do „valounů“ vřídlovce. Tato fakta nám umožňují hodnotit vývoj této akumulace spíše jako modifikovaný podpovrchovými jevy než hlubinný lavicovitý vývoj. Pozornost v této souvislosti však poutají lokálně zachované segmenty sedimentace, která je pravidelná, masivní, typická pro poměrně klidná vývojová prostředí.

Při hodnocení původního charakteru zřidelní sedimentace centrální kupy jsem kromě přímo získaných nových údajů vycházel z údajů starších autorů (Vylita B., 1979, 1991 aj.) a rovněž z archivních dokumentů (vč. fotografií, litografií a náčrtků) z prostoru Vřídla, především pak z průběhu těsnících prací v řečišti (1900 – 1983).

Navzdory faktu, že sedimenty centrální akumulace jsou charakteristické přítomností řady dutin, dutin po plynu je dokumentováno velmi málo (srv. s blízkou sedimentací na lokalitě Fontána). Hojně jsou tedy dutiny spíše korozivního charakteru. Stěny starších dutin jsou často pokryty mladšími generacemi jehličkovitého aragonitu.

Poměrně častý je v prostoru Vřídla bělavý masivní typ vřídlovce s.s. (pravá mocnost masivní bílé hmoty často překračuje 30 mm), střídaný páskovanými typy, páskování je daleko hrubší, mocnější než je tomu u vřídlovců ze Zámeckého vrchu. I v masivní hmotě je možné při bedlivějším zkoumání a zvláště na leštěných plochách pozorovat laminaci, byť nevýraznou a relativně hrubou. Korodované typy – zjevně starší, nikde nenesoucí otisky dřev – jejichž dutiny jsou vyhojovány nebo alespoň stěny dutin pokrývány novými generacemi aragonitů mají bílé polohy pečlivě krystalizované, délka jednotlivých jehliček aragonitu přesahuje často i 30 mm.

Nevyskytují se zde speciální, ostře vyhraněné typy zřídelních sedimentů jako jsou např. pstruhovce Zámeckého vrchu či silicifikované sedimenty z kostelní terasy, ale zato v tomto prostoru hojně vystupují již zmíněné typy „Riesenerbse, „obří hrachy“. Tyto často nedokonale koncentrické textury jsou pro řečiště Teplé typické. Místy se jejich náznaky objevují i v nižších partiích sedimentace Zámeckého vrchu, ale vždy v daleko menším velikostním měřítku.

Názorným a hezkým příkladem těchto typů z koryta u Vřídla jsou vždy velké vzorky masivního vřídlovce o rozměrech jednotlivých kusů přesahujících rozměry 400 x 400 x 300 mm (vyobrazení viz Katalog výstavy „Sprudelstein...“ a privátní sbírky Kurimský, Štulíř). Tyto „Riesenerbse“ vznikají kolem iniciálních jader, tvořených většinou komponenty desintegrovaného granitu (živce, křemen) nebo i staršími zřídelními sedimenty o velikosti < 5 mm. Zajímavé je, že „Riesenerbse“ poměrně častěji než ostatní facie zachovávají v bazálních částech otisky prken či opracovaných dřev, ať již původem z rozvodných žlabů či ze šalovacích ploch. Uvolňováno organických látek tmavých či šedých barev je pro okolí takových pohřbených prken charakteristické. Na několika vzorcích bylo dokonce patrné, že „Riesenerbse“ vznikají právě v okolí prken (privátní sbírka Vylita B. aj.)

Povrch těchto sedimentů, ať již ledvinitý či „boulovitý“, je většinou kryt několik mm (průměrně cca 2 mm) krustou, šedou i světlejší, často nesoucí na své horní straně reliktů otisků organického detritu, většinou v podobě listů. Zda na tuto krustu nasedaly další generace zřídelních sedimentů, není ze snímků a dostupných vzorků patrné.

Zvláštním jevem v poměrně masivních „Riesenerbse“ jsou ostře vymezené a jasně červeně zbarvené vrstvičky většinou uložené blíže původnímu „boulovitému“ povrchu. Zda odpovídají deštivému období či nikoliv, těžko soudit. Podobné polohy však lze nalézt i v zřídelních sedimentech na Zámeckém vrchu.

Trubičkovité útvary, v řezu kruhové až eliptické nebo nepravidelně tvarované (do průměru cca 10 mm) zde v řečišti místy vznikají nejen působením plynného CO<sub>2</sub>, ale též nárůstem zřidelních sedimentů na organickém detritu (trávy, třísky apod.), jak napovídá i šedočerné zbarvení těchto útvarů.

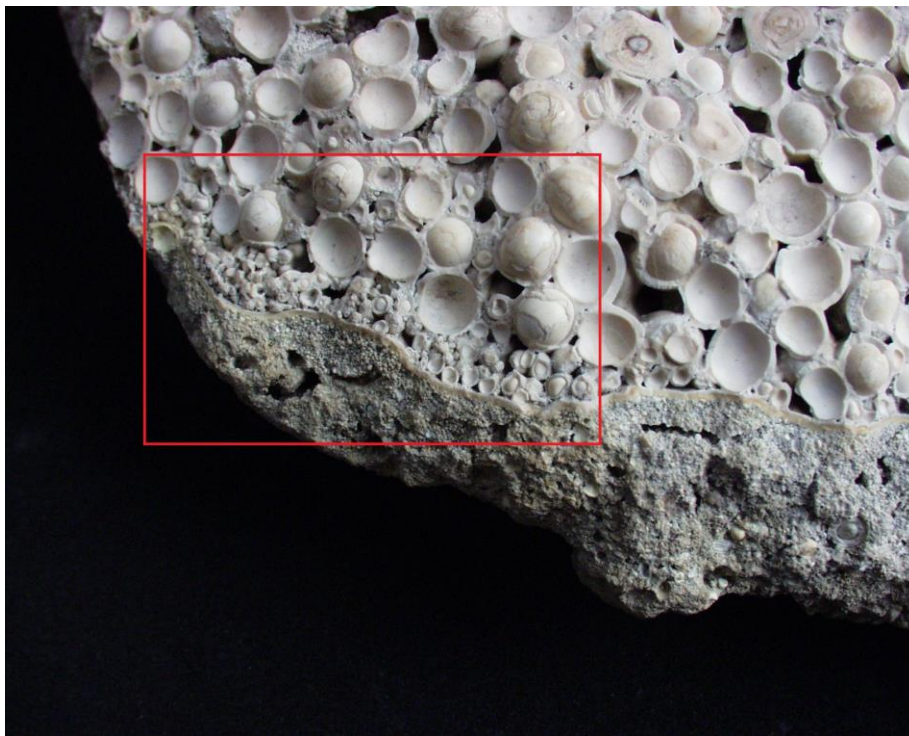
Rovněž některé další vzorky z prostoru řečiště u Vřídla nesou známky narůstání na opracovaných dřevěných prknech (vzorky Vylita B., 1982; Štulíř, 2004). Tyto vzorky jsou jasným důkazem proměnlivé rychlosti diagenetického procesu u zřidelních sedimentů, v tomto případě rychlosti až zarážejícím způsobem velké. Otisky prken mohou být způsobeny nejdříve až nárůstem na starých rozvodných žlabech vřidelní vody, později též na dřevěných prvcích roštových konstrukcí v rámci opevňování dna koryta řeky nebo na šalovacích prknech při betonáži opevňovací desky v korytě pod Vřídlem. S podobnými závěry byly analyzovány i pisolitické formy zřidelních sedimentů. Srv. Obr. 11, na němž je jasně patrné narůstání hrachovce na betonové vrstvě z r. 1933.

Dřevěné žlaby byly k zásobování městských domů používány již kolem r. 1571, k němuž jsou první zprávy o umělém jímání Vřídla na pravém břehu řeky. Sedimenty nad vrstvami se zachovalými otisky opracovaného dřeva (nápadně rovné plochy s řezem šikmo k letům) tedy nutně musí být mladší než cca 400 let, přitom jde o klasické vřídlovce s patrným páskováním, často i růžových barev, nikoliv o měkké povrchové sintry. Rychlost zpevnění sedimentů vynikne však o to více, předpokládáme-li, že zachované otisky pochází daleko pravděpodobněji až z 18. či 19. století (po ničivém požáru v r. 1759). Rovněž z jiných míst jsou zjevné vzorky s velmi rychlým nárůstem mocnosti a rychlou diagenezí vřídlovce.

Zcela zásadní přínos měly pro úvahy o dynamice růstu zřidelních sedimentů a jejich krystalizaci vzorky ze soukromých sbírek (např. Štulíř aj.), které v sobě nesly úlomky cihel. Úlomky cihel byly obrůstány několika generacemi

vřídlovce, ať již v klidném či neklidném vývoji jednotlivých vrstev. Rychlost zpevňování vřídlovců (nikoliv sintrů!) je tedy závažnější, cihly mohou pocházet velmi pravděpodobně nejdříve ze 17. století (masovější využití cihel je dokumentováno teprve po požáru města v r. 1604 a později v 17. století, Klsák J., 2004; ústní sdělení).

Obr. 11 Narůstání pisolitických forem vřídlovce na betonové podloží



Problematice dynamiky krystalizace aragonitu z původních vrstev přípovrchových zřidelních sedimentů, resp. dynamiky jeho rekrystalizace v kalcit je tedy přinejmenším v těchto případech nutno do budoucna věnovat velkou pozornost. Rychlost diagenese byla diskutována i nad profily sond a nad jednotlivými vzorky z odkryvů na staveništi Fontána, s. od kostela Sv. Máří Magdaleny, v nichž je dobře patrná velká role plyných exhalací v textuře sedimentů. Plynem vyplněné dutiny, přírodní a odpadní dráhy plynu či plynové kapsy probíhají často aragonitem tvořenými vrstvami několika růstových generací po dráze často dosahující až 80 mm, jakoby

hornina nebyla v době postsedimentárních exhalací CO<sub>2</sub> stále plně zpevněna diagenetickými pochody. Synsedimentární exhalace jsou samozřejmě rovněž přítomné, porušení vrstev v nadloží uvolněným plynem však svědčí o postsedimentární degazaci. Srv. vzorek v kryptě zmíněného kostela.

Zarážející jsou v této souvislosti i měkké bělavé zřidelní sedimenty z prostoru Divadelního náměstí před hotelem Central, které rovněž nesou stopy po jednoznačně uměle opracovaných dřevech v podobě šalování či prkenných obkladů starších staveb (Vylita T., 2003). Historická urbanizace tohoto prostoru sahá do 16. století, daleko pravděpodobněji však otisky pocházejí ze stavebních aktivit výrazně mladší datace.

Samostatným fenoménem vřidelní kupy je tzv. Sprudelbergl, „Vřidelní kopeček“, akumulace tvořící se po staletí pod přepady z vrtů umístěných ve starém prameništi před Vřidelní kolonádou (dnes tzv. Starý suterén). Jeho podoba, mnohokrát umělými (odtěžování, stavební úpravy koryta aj.) i přirozenými (záplavy, výbuchy Vřídla aj.) procesy značně pozměněná je zachycena např. na fotografiích z koryta řeky u Vřidelní kolonády u let 1908; 1935 apod.).



Obr. 12 Tzv. „Sprudelbergl“ a jímání OZ (foto ze dne 26.11. 1936)



Neklidnější vývoj v okolí Vřídla produkuje v některých místech této centrální akumulace zřidelní sedimenty tmavších, hnědavých barev, místy s pěkným, jemným páskováním, přerušovaným směrem k bázi „klky“ tmavší karbonátové hmoty s častými útržky vřidlovců starší generace.

Běžné jsou pro zřidelní sedimenty u Vřídla též uzavřeniny středně zrnitého biotitického granitu v bazálních vrstvách sedimentace, rovněž tak uzavřeniny (nebo se vzorkem sejmutá přípovrchová vrstva) aragonitem tmelených konglomerátů o velikosti zrna do 10 mm (průměrně cca 3 mm). Tyto

konglomeráty byly dokumentovány jak z poloh blíže Vřídla (privátní sbírka Štulíř V.), tak v např. v korytě Teplé u Mlýnské kolonády (Suess, 1909).

Obr. 13 Nově odkryté vrstvy zřidelní sedimentace centrální akumulace (starý suterén Vřídla, cca 90 m sz. od Staré Hygiei, sklon vrstev 15°k JZ)



Součástí centrální akumulace jsou i povrchové facie zřidelní sedimentace recentně ukládané na opevňovací betonové desce, vybudované v r. 1900 a několikrát ve 20. stol. rekonstruované, resp. injektované (Jiroušek, Vylita B., 1979). Na tuto desku jsou od r. 1999 přeměrovány přepady akumulčních nádrží vřidelních vrtů tak, aby mohlo být využito těsnícího efektu precipitátů vznikajících při prudkém ochlazení a okysličení termální vody. Zamezuje se tak drobným neregulovatelným únikům CO<sub>2</sub> a termy v prostoru bývalých průvalů Vřídla. Výsledkům studia těchto absolutně nejmladších sintrových forem sedimentace byla věnována samostatná část projektu hrazeného MŽP (Hladil J., Lisá L. in Vylita T. et al., 2005, a Lisá, Hladil, Vylita, 2007). Formy, jichž nabývají sintry – inkrustáty a povlaky – nebyly předmětem této

práce, ale zasluhovaly by si podrobného zkoumání, stejně tak dynamika růstu zřídelních sedimentů v recentním analogu betonové těsnicí desky. Dynamikou recentní tvorby zřídelních sedimentů se zabýval autor práce a dále Kadlčáková (diplomová práce, 2005).

Obr. 14 Opevňovací deska v řečišti Teplé se sintrovým pokryvem z přeпадů Vřídla (pod Vřídelní lávkou 8 m v. od starého jímání OZ))



### ***Geologické poměry prostoru centrální akumulace***

Těleso zřídelních sedimentů centrální akumulace je ve srovnání s ostatními jejich akumulacemi poměrně kompaktní; centrální akumulace spočívá většinou pod holocénními fluviálními uloženinami, někde však i v jejich úrovni (např. proniky aragonitu do štěrkopísků jak v jižní, tak v severní části území, srv. např. profil vrtu BJ-36) a přímo na skalním podloží, do kterého sedimentace překračuje ve formě chorismitu až do úrovně cca 32 m pod terénem (vrt BJ-35). V některých místech nadložní štěrkopísky již sekundárně chybí (srv. např. profily vrtů BJ-35, BJ-37 na jihu akumulace a HJ-18 aj. na jejím severním konci; v severním uzávěru tělesa však ještě vrty

PVIII/8a a PVIII/7a fluviální sedimenty zastihly). Nelze tedy plně generalizovat polohu vřídlovců vůči holocénním štěrkům, jak ovšem řada starších autorů na základě ojedinělých a izolovaných informací činila.

Idealizovaný profil ve střední části lokality je zhruba následující: pod navážkami < 4 m mocnými se nachází až do úrovně pod 10m vřídlovcová deska; ve svrchních partiích převládá bílý vřídlovec s nahnědlými vrstvičkami, silně kavernózní, rozpukaný. Níže se střídají bělavé a rezavě hnědé, často páskované typy vřídlovce. Deska naložena na granit, porfyrický, biotitický, do cca 15,50 žilky vřídlovce běžné, výjimečně až do zmíněných 32 m (Vylita B., 1984 aj.).

Skalní podloží je v zájmovém území tvořeno autometamorfovaným granitem, náležejícím karlovarskému plutonu ( $C_{n-w-s}$ -P1). Převažuje drobnozrnná varieta Tříkřížového vrchu, biotitická, místy porfyrická. Granit je protkaný hojnými žilkami vřídlovce o mocnosti až max. 0,40 m.

### ***Tektonické poměry***

Syntetickým hodnocením nových i starších atmogeochemických, geofyzikálních a dokumentačních prací byla získána racionální představa o velmi složité tektonické situaci v prostoru centrální akumulace. Srv. mapu v Příloze 5 zprávy.

V prostoru starého prameniště Vřídla a v jeho blízkém okolí dochází ke konjunkci významných poruchových pásem zemské kůry několika směrových systémů. Nové práce potvrdily dominantní roli poruchových pásem směrů SSZ - JJV, tedy tzv. zřídelní linie ( $330^\circ$ , h10; poruchová zóna o celkové šířce cca 150 m; srv. již Hoff, 1825), s níž jsou spjaty i poruchy sdružené, směru VSV - ZJZ až SV - JZ. Centrum zřídelní struktury je vázáno na snížení litostatického tlaku v oblasti křížení zřídelní linie s poruchami směrů V - Z a S - J. Zřetelně na tento fakt poukazují jak starší i novější atmogeochemická měření (Krčmář, 1979, 2005) i nově provedená

georadarová profilování.

Poruchy směru SSZ-JJV jsou velmi starého založení, souhlasí s moldanubickými směry poruch v jiných částech Českém masivu a byly aktivovány již assyntskými, variskými a konečně též neoidními pochody. Subekvatoreální poruchy (V - Z, místy až VSV - ZJZ) jsou zřejmě součástí systému variské stavby krušnohorské oblasti (souhlasí se směrem podkrušnohorského riftu) a jsou doplněny směry submeridionálními (cca S - J).

Vylita B. (1985) uvádí výskyt mohutné žíly rohovce (o mocnosti 0,7 - 1,0 m) směru SSZ/65°-70°k JZ, dokumentovaný při přetěsňování koryta v l. 1935-1939 bezprostředně v blízkosti starého výstupního místa termy. Přítoky termy v blízkosti této struktury zachytily vrty HJ-24 i HJ-25. Rohovcové žíly jsou spjaty s výstupními cestami termy, i když ne vždy jsou přímou komunikací. Z archivních dat plyne, že žíly rohovce byly naraženy téměř při všech jímacích pracích v granitu i na jiných lokalitách. Jiroušek (in Vylita B., 1979 a samostatně 1986) pojednává o ztrátách injekčních směsí v linii zřejmě zlomového původu v injekčním poli u VK. Srv. s průvalem z r. 1713 a 1809 u Obecních lázní. Průběh zlomového pásma mezi body největších ztrát směsí byl ověřen novými atmogeochemickými pracemi.

Tektonická expozice lokality ovlivňuje i úložné poměry tělesa centrální akumulace zřidelních sedimentů. Z podélných profilů řečištěm i pravobřežními partiemi lokality jasně plyne jak nepravidelný průběh reliéfu podložního granitu, tak reliéfu povrchu zřidelních sedimentů. Absence zřidelních sedimentů v prostoru mezi Špitální a Mlýnskou lávkou je diskutována výše v textu.



## Vzorky a analýzy

V Tab. 9 jsou shrnuty provedené vzorkovací a analytické práce v lokalitě Vřídlo a okolí

V Tab. 10 - 12 jsou pak shrnuty zásadní výsledky analytických prací v tomto prostoru. Další analýzy (např. silikátové a magnetostratigrafické jsou uvedeny výše v textu zprávy).

Tab. 9 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací

Metoda	Počet analýz
Rentgenová difraktometrie	4
Isotopické analýzy $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	14
Chronologie U-Th methods	1
silikátová analýza	3 (KVK-35, KVK-36 a KVK-39)
Výbrusy a mikrofotografie	5
Morfologie povrchu ESM	2 (KVK-8 a sintrem povlakovaná růže)
Katodová luminiscence	1 (KVK-10)
Paleomagnetické metody	1 lokalita (starý suterén Vřídla)

Tab. 10 Výsledky rentgenové difraktometrické analýzy

Vzorek	aragonit [%]	kalcit [%]	Popis
RTG-15a	X	X	vřídlovec, žlutá vrstva
RTG-15b	X	X	vřídlovec, oranžová vrstva
KVK-53	100		sintr vrstevnatý, šedý
KVK-44	30	70	sintr narezlý

Tab. 11 Výsledky izotopických analýz

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
Minimum	1.31	-18.96
Maximum	3.38	-15.78
Průměr	2.34	-18.15

V grafu  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$  je patrné rozdělení mladších vzorků z prostoru Vřídelní kolonády do dvou množin.

Tab. 12 Výsledky geochronologických analýz

Vzorek	Lokalita, popis	stáří
KVK-61	Vřídlo, suterén - inkrustace v potrubí	Nevěřitelný výsl.

Výsledky chemických analýz prokazují, že u vzorku KVK-35 (sintr ze separační věže Vřídla BJ-37) lze pozorovat mírně zvýšenou hodnotu obsahu  $\text{SiO}_2$  oproti průměru (průměr činí, 1,76% a analyzovaný obsah 1,99%), rovněž tak v případě  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (průměr 1,34%, obsah 12,96%). Vzorek KVK-35 vykazuje velmi vysokou koncentraci Be a to 1126 ppm, oproti průměru (2,13 ppm) je mírně zvýšený i obsah W (9,4 ppm), obsah Ba je vyšší než průměr u obou vzorků (KVK-35 160,3 ppm; KVK-36 – sintr z výstřikové vázy Vřídla BJ-70 - pak 123,8 ppm).

U vzorku KVK-35 byly dále prokázány vyšší koncentrace Pb (568,9 ppm, průměrně 53,5 ppm), As (5494 ppm., průměrně 492,76 ppm).

Vzorky KVK-35 a KVK-36 obsahují větší množství Zn (958 ppm a 321 ppm, průměrně 117,85 ppm) a Cd (3,4 ppm a 2,5 ppm, průměrně 0,65 ppm).

Morfologii povrchu vřídlovců vřidelní akumulace se zabývaly Mikšíková a Lisá (in Vylita T., 2005). Velmi zajímavé jsou též výsledky analýzy morfologie povrchu povlakovaných předmětů.

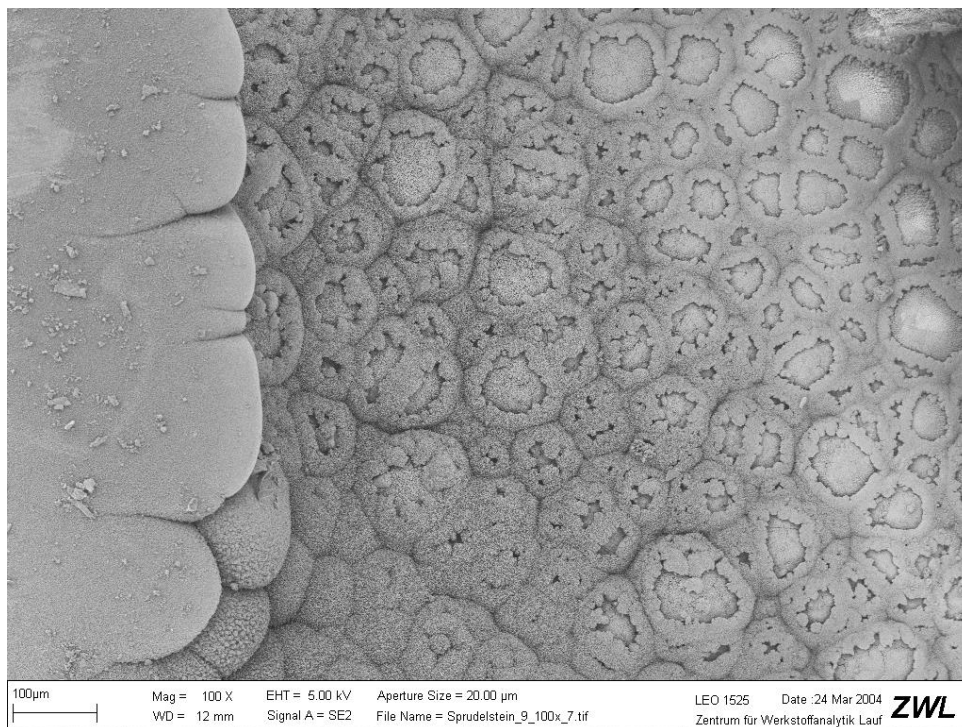
Ze 14 mikrosnímků z německého centra ZWL plyne závislost vzniku nejrůznějších struktur tvarů povrchu sintru (z termy vrtů BJ-35, BJ-36, BJ-37 a BJ-70) v závislosti na pozici sledovaného místa. Papírové růžičky jsou povlakovány odstříkující termou v průměru po dobu 120 hodin. Vznik zvláštní povrchových struktur byl do velké míry překvapivý, stejně tak velmi rychlá tvorba idiomorfne omezených krystalů aragonitu několika generací. Vznik více generací aragonitu je determinován nutnou manipulací s předmětem (růžičkou) během intervalu povlakování tak, aby vznikaly optimální produkty co do barevných odstínů a mocnosti sintrového povlaku.

#### Katodová luminiscence

Vzorek KVK-10 původem ze separační věže Vřídla BJ-36 vykazuje jen velice

slabou luminiscenci, která je soustředěna do zón v polarizačním světle označených jako tmavší s příměsí oxidů nebo hydroxidů Fe nebo Mn. Vzhledem k velmi slabé luminiscenci je zde poměr Fe/Mn nejspíše okolo 2. Zda se luminiscence projevuje či ne, závisí na velmi citlivé rovnováze mezi těmito dvěma prvky.

Obr. 15 Snímek povrchu povlakované růžičky z elektronového mikroskopu TUV



Absolutní stáří zřidelních sedimentů centrální akumulace bylo zatím zkoumáno na jediném bodě, neboť v době geochronologických prací nebyly hloubeny žádné vrty či sondy a teprve v prosinci r. 2007 jsem při výkopech ve starém suterénu Vřídla dokumentoval nově odkryté severozápadní partie toho sedimentárního tělesa. Byl jsem tedy nucen spolehnout se na existující hmotnou dokumentaci z prostoru mezi kostelem sv. Máří Magdaleny a Vřídlem (KVK-8, bílý masivní vřídlovec z vrtného jádra HJ-24). Stáří bylo geochronologickou metodou U-Th Series stanoveno na +/- 11 000 let.



Antropogenní zásahy do centrální akumulace jsou poměrně zásadní především v prostoru stavby vlastní Vřidelní kolonády (historicky urbanizováno již od r. 1774, od té doby zde bylo vystavěno celkem 5 kolonádních budov) a v prostoru řečiště pod Vřidelní kolonádou po proudu (těsnící a injektážní práce v místě starých průvalů termy a plynu).

Nové snímky (Štulíř, 2008) hrachovců starých sběrů (cca 50. léta 20. stol.) jasně vypovídají o recentní tvorbě pisolitických forem zřidelní sedimentace. Je dobře patrná bazální vrstva narůstající na betonový podklad (z r. 1933), iniciační fáze prezentovaná drobnými hrášky do 2 mm, následovaná hrachovci v klasickém vývoji o velikosti zrn až 6 mm. Drobné diskontinuity v betonové vrstvě jsou místy využity dalšími hrachovci s iniciačními jádry z CO<sub>2</sub> bublin (Obr. 11).

### ***Antropogenní zásahy do konfigurace centrálního tělesa zřidelních sedimentů***

Nejstarší zprávy o jímání Vřidla (Brudel) pocházejí z 16. stol. (Sommer, 1571). Původní vývěry termy v nejnižší části údolí, v řečišti Teplé, byly z několika důvodů (nutnost ohrazení výronů proti prosté vodě, nutnost ochrany výronů před velkými vodami a konečně nutnost vytvoření dostatečného spádu pro zásobování koupelen nábřežních měšťanských domů) nahrazeny uměle vytvořenými jímacími objekty na levém břehu řeky, které byly konstruovány z těsnící granitové desky a dřevěných pažnic.

V r. 1638 byl vyhlouben třetí jímací otvor na levém břehu řeky. Již před r. 1650 byly nad Vřidlem a v jeho okolí vybudovány obecní lázně. Po r. 1759 byly původní koupelny s vřidelní vodou obnoveny po požáru města pouze v šesti domech a vřidelní voda byla vyvedena do veřejných lázní. Od r. 1774 až do 20. let 19. stol. nad Vřidlem stávala barokní lázeňská stavba, nahrazená v r. 1826 empírovou kolonádou. V l. 1879 - 1939 zde stávala litinová kolonáda, v r. 1939 byla rozebrána a nahrazena tzv. prvním dřevěným provizoriem; v l. 1947 - 1969 v prostoru Vřidla stávala

„prozatímní“ dřevěná kolonáda. Dnešní kolonádní stavba byla vybudována v l. 1969 – 1975.

Velké zásahy do centrální akumulace znamenaly těsnící práce v korytě Teplé a práce injektážní v 70. a 80. letech minulého století (Jiroušek, 1986, Vylita B., 1991 aj.). Těsnění koryta úzce souviselo s problematikou průvalových míst Vřídla. Jako průvaly (výbuchy, havárie) Vřídla se běžně označuje mechanické porušení vrstev vřídlovce a následné divoké vývěry termy mimo umělé jímací objekty, tedy vytvoření nových nebo obnovení starších výstupních cest, v jejichž důsledku dochází ke změnám tlakových poměrů a tudíž i vydatnosti plynné i kapalné fáze. Příčiny průvalů jsou přírodní (eroze řeky, tlak ve struktuře) i uměle generované (stavební zásahy, krenotechnické zásahy). Zaznamenány byly průvaly např. v 1617, 1620, 1703, 1712/1713, 1727, 1766, 1774, 1788, 1799, 1809, 1876/1877, ve 20. století pak v l. 1905, 1935 a 1974 (Vylita T., 1986). Hlubší jímání termy riziko průvalů značně omezilo. Mnoho z průvalů přineslo i nutnost zásahů do zřidelních sedimentů.

Opevňování rizikových úseků dna řečiště zaznamenal již Becher (1789). Jeho mapka okolí Vřídla jasně dokumentuje staré opevnění dna řečiště, kamenné kvádry pospojované kramlemi, cihelné zdivo s roštovým systémem, kvádrové zdivo nábrežních zdí apod.

V r. 1900 bylo přistoupeno k definitivnímu řešení průvalového místa u Vřídla, tedy k výstavbě betonové opevňovací desky. V l. 1900-1901 byly provedeny těsnící práce v levé části koryta Teplé (trámový rošt a pěchovaný kvalitní beton, povrch žulová dlažba). Následovalo zvýšení vydatnosti velkých terem o 250 – 260 l.min<sup>-1</sup>. Těsnění řečiště bylo v časové koincidenci s průvalem proplyněných terem na dole Marii.

V l. 1907-1908 proběhly těsnící práce u Vřídla (a u Mlýnské kolonády, viz to). Další práce na utěsňování dna koryta proběhly v l. 1935 – 1939. V r. 1935 byly dokumentovány četné divoké výrony na těsnící lavici v řečišti,

jejich vydatnost ohrožovala lázeňský provoz, proto bylo urychleně přikročeno k těsnícím pracím. V první fázi na vyvýšené desce v řečišti (podélné a příčné hráze proti povrchové vodě, odkliz starého těsnění na ploše 3,5 x 3,5 m na vrstvu vřídlovce nebo na staré těsnění, pokud dobře přiléhalo k vřídlovcí. Staré těsnění položeno místy na štěrk a písku, bočně unikala terma. Zřízeny podélné příkopy do  $h = 1,5 - 3,0$  m na nepropustný podklad k zamezení bočních vývěřů termy, příhradami rozčleněn prostor, vyplňovány betonem. Při betonáži užity drenážní trubky, čerpáním odváděn plyn a terma až do zatuhnutí. V dubnu 1935 práce (po provedení cca jedné třetiny plochy) kvůli sezóně přerušeny, vydatnost vlastního Vřídla byla již zvýšena o  $127 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ , na podzim 1935 opět obnoveny. Následně prováděna injektáž drenážními trubkami, tlakem 2-6 atm, cementovým mlékem. Práce pokračovaly až do r. 1939, kdy byly přerušeny předválečným vývojem.

V r. 1974 byla dokončena konstrukce nové Vřidelní kolonády, založená na zřidelní sedimentaci. Izolovaná stavební jáma o ploše  $6\,500 \text{ m}^2$  byla zahloubena až na povrch vřídlovce, původní volná degazace horninového prostředí byla tímto zásahem silně omezena a centrum odplynění se přesunulo do řečiště Teplé, kde se vyskytují silně kavernózní vřídlovce. Došlo k mechanickému porušení vrstev vřídlovce a nadložních betonových vrstev těsnící desky, k divokým vývěřům termy a plynu a snížení vydatnosti velkých pramenů o  $400 - 600 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . SG Praha provedla sanační práce (rozvržení: 1. odlehčovací vrty SV A až F, 2. zkoušky směsí, 3. plošná injektáž a 4. navození nového stabilního hydraulického režimu). Viz Jiroušek, Trojan (1977).

V r. 1975 došlo k poškození zhlaví Staré a Nové Hygieie při stavebních pracích ve starém suterénu Vřidelní kolonády, následkem byly nekontrolovatelné výrony termy a plynu o vydatnosti cca  $1000 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  a snížení vydatnosti velkých pramenů až na  $400 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Jímání NH a SH bylo následně likvidováno v rámci sanačních prací v r. 1977.

Pro definitivní sanaci divokých vývěřů bylo navrženo proinjektování

zřidelních sedimentů v prostoru řečiště u Vřidelní kolonády. Injektáž řečiště byla provedena v celkové délce 145 m, z toho 50 m proti toku, 95 m po proudu. Plošná injektáž proběhla v čtvercové síti vrtů o vzdálenosti 1,5 m a hloubce 8,0 pod dno řečiště. Injektáž byla prováděna ve dvou etážích sestupně (po cca 1-2 bm). Práce na injekčním pokusu zahájeny v srpnu 1975. Dále vypracován vlastní projekt pro 145 bm. Koncem srpna 1978 byl navrtán velmi silný přetok termy, který nebylo možné injektáží uzavřít, protože komunikoval s jímacími vrty Vřídla. Práce přerušeny až do doby hlubšího jímání Vřídla. Další injekční práce zde byly proto zahájeny až 06.03. 1983. v týž polích. Šikmé vrty pod přemostění kolonády nahradily vrty v polích 32 – 33. Práce byly ukončeny dne 17.05. 1984. Uváděná data jsou významná z hlediska vyhodnocování antropogenních vstupů do režimu přírodních léčivých zdrojů.

#### **4.12.2. Akumulace na Divadelním náměstí a v blízkém okolí**

Zájmové území leží ve vzdálenosti cca 200 – 300 k J, resp. JZ i JV od dnešního centra vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury. Prostor vlastního náměstí náleží aluviální nivě řeky Teplé, vyplněné mladšími fluviálními sedimenty holocénní terasy. Reliéf okolního terénu je členitý, reliéf samotného prostoru náměstí pak plochý; nadmořská výška zájmového území se pohybuje v intervalu 380 – 381,5 m n.m. Místní erozivní bází je koryto vodoteče Teplé v nadmořské výšce cca 377,54 m (u Divadelní lávky).

Studované území leží na vnějším okraji vývěrové zóny zřidelní struktury, kde již v současnosti nebyly v úrovni terénu zaznamenány žádné vývěry termy či zřidelního plynu. Historicky je znám projev termální aktivity území v podobě výronu suchého plynu (CO<sub>2</sub>) za dnešním hotelem Central, dokumentovaný ve starší odborné literatuře, jeho přesná lokalizace není známa. Nejbližší aktivní oběhy termální vody byly detekovány ve stvolu vrtu HJ-20, umístěného před budovou bývalé Spořitelny za severní hranicí Divadelní akumulace. Terma s aktivním piezometrickým niveaem zde byla zastížena v hloubce 60 metrů

pod terénem (cca 321 m n.m.). Vrtné práce však prokázaly cirkulaci vlažných až mírně teplých vod ještě v prostoru blíže budově Divadla na JZ náměstí.

Existence rozsáhlého, byť relativně mělce položeného tělesa zřidelních sedimentů v prostoru Divadelního náměstí a přilehlých částech historického centra města, je tektonicky predisponována zlomy směru SSZ-JJV, resp. VSV-ZJZ. Určujícím faktorem pro geologické hodnocení území je skutečnost, že i v těchto místech je přítomnost vřídlovců a sintrů vázána na disjunkci tektonických zón několika směrových systémů. Projevy komplikované několikafázové tektoniky širšího území lze vysledovat i na lokalitě průzkumu, neboť společně s říční erozí a akumulací výrazně modelují zdejší reliéf. Rovněž vnější hraniční linie tzv. Rosiwalovy termální zóny probíhající s. částí zájmového území je tektonicky predisponována. S tektonickou expozicí je prostorově i geneticky spjata výrazná hydrotermální alterace podložních skalních hornin a poměrně hojný výskyt kataklasticky postižených partií skalního masivu zřetelných ve svahu v. nad zájmovým územím. Kombinované působení exogenních i endogenních sil o poměrně velké intenzitě je pro lokalitu charakteristické.

Zdejší těleso zřidelních sedimentů spočívá částečně na fluviálních sedimentech nejmladší terasy Teplé, částečně leží též na skalním podloží budovaném autometamorfovaným hrubě zrnitým granitem.

Rozsah zdejší akumulace je vyznačen v účelové mapě 1 : 1000 v Příloze 4.

Při definování rozsahu Divadelní akumulace jsem vycházel z celkových 58 dokumentačních bodů z prostoru náměstí a jeho nejbližšího okolí, resp. z prostoru Staré Louky, z nichž u 56 objektů byly k dispozici geologické profily, ať již původní (např. vrty HJ-22 nebo HJ-20, Vylita B., 1991; dále účelové hydrogeologické a inženýrsko-geologické vrty pro výstavbu a rekonstrukci objektů v okolí náměstí, Vylita T. (1993) a řada jiných), či odvozené nebo nově interpretované na základě fotografií, náčrtků, map a starších popisů (např. Knett, 1910, Lang 1943, 1944, Vylita T., 2003 aj.).

Nejhlubším vrtem v tomto prostoru je vrt HJ-22 o konečné hloubce 60,6 m. Seznam dokumentačních bodů viz Příloha 2 práce.

Dále jsem při stanovování hranic zřidelních sedimentů využil výsledků georadarových měření. Srv. mapu v Příloze 4.

Problematika kontaktu s centrální akumulací na S tohoto prostoru byla přehodnocena na základě nových nálezů celistvého vřídlovce v suterénních výkopech domu Divadelní náměstí č.p. 3 a je nově znázorněna v Příloze 4 práce; rozšíření zřidelních sedimentů směrem na JV a SV je poměrně dobře známo z účelových geologických průzkumů, rozsah sedimentace k JZ a J směrem proti proudu Teplé je však stále sporný a pro potřeby práce je odvozen jak z archivních dat, tak z georadarových měření. Naopak ohrazení tělesa na Z, na Staré Louce, je poměrně jasné.

### ***Geologické poměry Divadelního náměstí a jeho okolí***

Granitový masiv, budující v tomto území skalní podloží, náleží karlovarskému granitovému plutonu, resp. jeho mladším intruzivním fázím ( $C_{w-s}$ ). V lokalitě byla dokumentována naprostá převaha drobně zrnitého porfyrického granitu tzv. facie Tří křížů. Hrubě zrnitý granit „Jeleního skoku“ byl zastížen pouze staršími vrty na lokalitách Terminus, kontakty obou variet granitu byly doloženy v oblasti cca 50-70 m k JV. S kontakty variet je prostorově spjata vyšší sekundární porušení granitového masivu.

V přípovrchových partiích fundamentu byl staršími pracemi zastížen granit obecně s vysokým stupněm porušení, především v bezprostředním okolí tektonických poruch velmi silně postižený zvětrávacími procesy mechanickými i chemickými. Granit se vyznačuje nerovnoměrně distribuovaným vysokým sekundárním porušením a s ním spjatou velkou, místy až velmi velkou hustotou diskontinuit ( $i < 60$  mm). Odkryvnými pracemi byla v granitu prokázána značná prostorová nerovnoměrnost ve stupni zvětrání, především v hydrotermální alteraci horninového masivu.

### **Tektonické poměry**

Prostorem, v němž jsou rozmístěny zřidelní sedimenty, prochází významná poruchová pásma zemské kůry několika směrů, tak jak je pro všechny lokality s těmito sedimenty typické. Dominantním prvkem zde však není zlomové pásmo směru SSZ - JJV jako ve všech ostatních lokalitách, nýbrž zlomové pásmo směru VSV - ZJZ, tzv. kosý zlom (Hynie, 1963 aj.). Dle atmogeochemických a ostatních geofyzikálních profilování jsou zde vyvinuty i další poruchy směrů V - Z a S - J. Srv. mapu v Příloze 5.

Průběh zmíněných tektonických pásem v granitu predisponoval zdejší směr subsekventně založeného toku Teplé. Granitový reliéf byl formován intenzivní saxonskou tektonikou za současného působení říční eroze. Morfologický vývoj koryta Teplé (či dříve Karlovarského potoka) je mimo tektonickou predispozici ovlivněn i neotektonickými pohyby pokračujícími i v holocénu. Účinky erozivních a akumulčních procesů jsou doloženy několika terasovými stupni na obou březích Teplé (400, 425 a cca 442 m n.m.) a fluviální sedimentací přímo v prostoru náměstí. Staršími odkryvnými pracemi zde byla zastižena jak korytová facie údolní nivy (hrubší sedimenty v podobě zahliněných štěrků), tak povodňová facie (především měkkí písčité hlíny a jílovité písky ve vyšších polohách vrtů).

V Tab. 13 jsou shrnuty provedené vzorkovací a analytické práce v lokalitě Divadelního náměstí a okolí.

Tab. 13 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací

<b>Metoda</b>	<b>Počet analýz</b>
Rentgenová difraktometrie	5
Isotopické analýzy $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	1
Chronologie U-Th methods	1
silikátová analýza	2
Výbrusy a mikrofotografie	11
Morfologie povrchu ESM	5 ks
Katodová luminiscence	2 vzorky (12 snímků)
Paleomagnetické metody	0

V Tab. 14 až 16 jsou shrnuty zásadní výsledky analytických prací v tomto prostoru.

Tab. 14 Výsledky rentgenové difraktometrie:

Vzorek	aragonit[%]	kalcit[%]	Ettringit	Popis
<b>KVK-46</b>		96	4	křídově bílá měkká velmi lehká hmota
<b>KVK-52</b>	98	2		silně porézní měkká hmota, složená z kuličkovitých útvarů, narezlá
<b>KVK-51</b>	100			hnědé " stromečkovité " útvary, vrstva 15 mm mocná
<b>KVK-51</b>	98	2		bílá krusta do 3 mm mocná, s jehličkovitými xx na povrchu
<b>KVK-51</b>	98	2		porézní kuličkovité útvary v dutinkách

Tab. 15 Výsledky izotopické analýzy

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
<b>Jediná hodnota</b>	2.27	-18.81

Tab. 16 Výsledky geochronologické analýzy U-Th Series

	Lokalita	Stáří
<b>KVK-34</b>	Divadelní náměstí	70.9 ± 2.9

V rámci chemických (tzv. silikátových) analýz byly zkoumány vzorky KVK-34 a KVK-46. U vzorku KVK-46 lze konstatovat mírně z výšené obsahy  $\text{SiO}_2$  oproti průměru (2,53%), obsah  $\text{MgO}$  je oproti průměru (0,79%) výrazně vyšší (8,94%). Vzorek obsahuje dále zvýšené množství La (9,1 ppm; průměrný obsah La je 2,4 ppm). Oproti průměru (0,43 ppm) jsou vyšší i koncentrace Pr (1,38 ppm). Stejně tak je tomu i v případě Nd, jehož průměrná hodnota je 2 ppm, vzorek KVK-46 vykazuje 6 ppm. Naopak koncentrace Be činí pouze 1 ppm, podobně je KVK-46 ochuzen o Sr, jeho obsah ve vzorku je 64,9 ppm

Vzorek KVK-34b je ochuzen o Ni (0,1 ppm, průměrně 3 ppm). Obsahy ostatních analyzovaných prvků v odebraných vzorcích jsou přibližně vyrovnané a žádná hodnota se výrazněji neodlišuje od průměru.



Obr. 16 Vzorek KVK-34 – sintr z prostoru Divadelního náměstí



### ***Charakter zřídelní sedimentace „Divadelní náměstí“***

Zřídelní sedimenty jsou v lokalitě reprezentovány jak svými hlubinnými, tak povrchovými i žilnými typy. Svrchní polohy sedimentace jsou tvořeny sintrovým pískem a křehkým sintrem s nepravidelnými lavičkami pevného aragonitu a hnízdy hrachovců. Každopádně se jedná o zcela odlišný typ sedimentace než v případě centrální akumulace, odpovídající svým charakterem spíše akumulaci v okolí kostela sv. Máří Magdaleny. Jižní části tělesa byly zřejmě vytvořeny v okrajových polohách typu periodicky zaplavovaného mokřadu, soudě dle vlivu vegetace. Historicky jsou dokumentovány i oolitické formy sedimentace (hrachovce) a to na dvou poměrně vzdálených místech, na Staré Louce (DB 4 na mapě v Příloze 2) a v místě „Bolzaische Garten“ blíže Divadla. Posledně jmenovanou lokalitu popsal Becher (1772): pod povrchovou hlínou našel sintrové písky a též balvan tmavě hnědé bradavičnaté formy sintru. Tyto bradavičnaté formy se tvoří v místech aktivně proudící a odšťikující proplyněné termy.

Dobrym zdrojem informací se stala dokumentace Knett (1910), popisující kopané sondy (S-1dvn až S-7dvn na mapě v Příloze 2) pro výstavbu nového lázeňského domu. I Knett zjistil sintrem čerstvě vyplněné dutiny, tedy indicie živého oběh termy (též Vylita B., 1970 a 1978).

Zřídelní sedimenty byly zjištěny i za bývalou Spořitelnou na S území, radíme je však již ke kostelní akumulaci. Hloubení tunelu pro lanovku na Imperiál v r. 1907 se obešlo bez zastižení zřídelních sedimentů.

Lang (1943) popsal zřídelní sedimenty zastižené kopanými sondami na Divadelním náměstí (A-dvn až D-dvn na mapě v Příloze 2) a to i v pozicích nad i pod základy starších budov. Na tyto kopané sondy pak navazovaly vlastní výkopy pro protiletcké kryty obyvatelstva v lednu 1944, při nichž byly odkryty lavice vřídlovců v kombinaci se sintry. Zastižen byl např. světle okrový křehký sintr s hrachovcovými hnízdy, protkaný vřídlovcem s nezřetelným bílým páskováním. Hlava sintrových poloh leží velmi mělce pod povrchem (naproti hotelu Central i méně než cca 1,4 m pod terénem). Analýza dostupné dokumentace svědčí o tom, že na Divadelním náměstí je vyvinuta samostatná akumulace zřídelních sedimentů, vázaná především na zlomové pásmo VSV – ZJZ. Povrch sedimentů tvoří klenbovitý útvar, jehož postranní části upadají k JV, resp. SZ. Především fotografie podélných výkopů vypovídají o skutečnosti, že povrch zdejší akumulace upadá směrem pod hotel Central a pod Divadlo, a naopak stoupá směrem k S, ke Spořitelně. Zcela evidentně jde o původní polohy sintrů a vřídlovců, novější sběry vzorků (Vylita, 2003) vypovídají o přítomnosti sintrů náležejících bahnitějšímu prostředí tvorby s velkým vlivem zřídelního plynu a vegetace na jejich morfologii. Zajímavá je přítomnost ettringitu, který se tvoří ve zcela specifických podmínkách. Vlivem zřídelního plynu rozumím např. výskyt sintrů se zvláštními hnízdy a morfologicky významnými komíny zjevně od CO<sub>2</sub>, na dně výkopu blíže sz. konci náměstí proti objektu Divadelní náměstí 3 je evidentní velká dutina. Snad právě v tomto byl zastižen vrchol ploché klenby zdejší akumulace.

Zcela specifickým fenoménem zdejší akumulace jsou trubičkovité formy sintrů, známé např. i ze starších výkopů na Divadelním náměstí. Dle nové klasifikace jde o (3120) sintr aragonit-limonitický s texturami výrazně ovlivněnými působením plynu, trubičkovité variety. Velmi hojně se zde vyskytují sintry s dutinami jiných forem (srv. např. vzorky KVK-1, KVK-52, částečně pak vzorky KVK-34, KVK-30 aj.). Původ těchto trubičkovitých forem odvozoval od působení unikajícího plynného CO<sub>2</sub> již Hoffmann (1939). Zdůrazňoval jejich křehkost, zřidkavé zastoupení těchto typů ve sbírkách a tedy jejich i malou známost.

Zajímavým, nikoliv však zcela ojedinělým typem zřidelních sedimentů, zde jsou rovněž trubičkovité formy sintrů, které ovšem vznikly narůstáním aragonitu (či karbonátové hmoty s jeho převahou) na relikty stébel trav. Otisky stébel na stěnách těchto dutin a šedočerné zbarvení karbonátové hmoty v bezprostředním okolí těchto podélných dutin jasně svědčí o původu těchto sedimentů. Srv. např. vzorek KVK-29. Hornina se někdy vyznačuje skutečnou stébelnatou texturou, kdy jednotlivá stébla mohou být „obalena“ vysráženým sedimentem natolik, že vznikají válečky o průměru místy až > 8 mm a o délce i > 80 mm, v řezu většinou kruhovitěho či eliptického tvaru, místy jsou však i nepravidelné a to především v blízkosti nerovnosti původního povrchu. Tyto trubičkovité formy jsou poměrně velmi mladé, neboť vznikají i na podložkách tvořených např. šalovacími prkny, jejich diagenese tedy proběhla během posledních několika set let, nejspíše do 200 let. Historická urbanizace prostoru náměstí je totiž až novověkého původu (srv. mapy z r. 1733 aj.). Tato stébelnatá forma sintru je z hlediska četnosti poměrně vzácná, byla v klasické sintrové podobě nalezena v jádrech vrtů před bývalým domem „Hopfenstock“ (Vylita T., 1993). Zjevně i tyto typy sedimentů vznikaly v okrajové mokřadní nebo jen občas zamokřené poloze, bohaté na relikty trav.

Pokud jde o mocnost zřidelní sedimentace na Divadelním náměstí, není nijak velká a nepřesahuje nižší jednotky metrů. Jejich nejhlubší poloha byla

zastižena ve vrtu HJ-22 (6,9 m pod terénem). Sousední těleso centrální akumulace je oproti tomu zakotveno významně hlouběji, srv. profil vrtu HJ-21 nebo HJ-20.

Obr. 17 Sintry a karbonátové pěnovce z výkopů proti hotelu Central



Stavební aktivity do velké míry narušily původní konfiguraci této akumulace zřidelních sedimentů, byly to však zásahy poměrně mělké. Poněkud hlubší zásahy byly realizovány v souvislosti s již zmíněnou výstavbou veřejných protiletceckých krytů v r. 1944. Srv. fotografickou dokumentaci těchto výkopů (in Vylita T., 2005).

Stáří zdejších zřidelních sedimentů bylo určeno na jediném vzorku z výkopů naproti hotelu Central (KVK-34). U-Th Series určily absolutní věk na +/- 71 000 let. Z jednoho vzorku nelze vyvozovat definitivní závěry, přesto lze soudit, že vývoj tělesa byl vázán alespoň z větší a starší části na dobu, kdy údolím protékal předchůdce dnešní Teplé – Karlovarský potok. Více viz v textu o paleohydrogeologickém vývoji údolí.

Isotopickým složením leží zdejší sedimentace zcela na okraji pole hodnot  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$ , zjištěné hodnoty (na jediném vzorku) jsou velmi nízké.

Morfologie povrchu zdejších sintrů byla zkoumána na vzorcích KVK-1 a KVK-34. Přítomnost dutin po úniku plynů je markantní i na snímcích z elektronového mikroskopu.

### ***Antropogenní zásahy do konfigurace tělesa zřidelních sedimentů***

Toto území bylo osídleno již od začátku novověku, sedimentace byla až do 20. století narušována stavebními zásahy při výstavbě obytných domů, hotelů a divadla. Největší, plošně i hloubkově velmi rozsáhlý zásah představovalo hloubení výkopů pro potřeby protiletectké ochrany obyvatelstva na konci II. světové války (leden až březen 1944). Jejich rozsah je dokumentován a plocha zásahu je vyznačena na mapě v Příloze 5. Celkem zde bylo dle odhadu postaveného na dochovaných záznamech odtěženo přes 350 m<sup>3</sup> zřidelních sedimentů.

Okrajové polohy této akumulace byly v rámci stavebních zásahů odtěženy jak v prostoru vlastního Divadelního náměstí, tak v prostoru Staré a Nové Louky (stavba hotelu Central Loib, domů Olympia, Hopfenstock, zásahy před bývalou Spořitelnou aj.).

V r. 2007 byly nově odkryty v suterénních prostorách domu Divadelní náměstí č.p. 3 zřidelní sedimenty (Vylita B., 2007), svědčící o pokračování centrální akumulace směrem k J a jejím překrývání se žlutavými sintry



náležejícími již tělesu na Divadelním náměstí. Je zřejmé, že navzdory historické urbanizaci místa jsou zřidelní sedimenty lokálně zachovány v dobrém stavu a původním sledu. Viz Obr. 18 a mapu v Příloze 5.

Obr. 18 Výkopy v suterénu objektu Divadelní náměstí č.p. 3 - výběžky sedimentace centrální akumulace k jihu a překryvy s tělesem sintrů na Divadelním náměstí



#### **4.12.3. Kostelní terasa (okolí kostela sv. Máří Magdaleny)**

Území kolem kostela sv. Máří Magdaleny leží v úpatní části z. svahu vrchu Tří křížů. Reliéf terénu je členitý, převýšení plošiny před hlavním vstupem do kostela a povrchu Vřidelní ulice činí 8,50 m, rozdíl ve výškové úrovni terénu přední (sz.) a zadní (jv.) části kostelní stavby pak činí 5,62 m. Nadmořská výška terénu na obvodu vlastní stavby kostela se pohybuje v intervalu 387,58 (plošina před kostelem) a 393,20 m n.m. (v. část sakristie).

Území bylo historicky urbanizováno a jeho konfigurace je výrazně změněna antropogenními zásahy. Starší i novější zásahy ve formě odlámání masivu vřídlovce i granitu, odtěžování deluviálních (svahových) a deluviofluviálních sedimentů, budování zárubních prvků, schodišť a podzemních odvodňovacích a větracích štol způsobují značné narušení celistvosti tělesa zřídelních sedimentů.

Místní erozivní bází je blízké koryto řeky Teplé (30 m k SZ) v úrovni 377,30 m n.m.

Vývěry proplyněné termy a zřídelního plynu v prostoru kostela sv. Máří Magdaleny a v přilehlých částech území jsou tektonicky predisponovány křížením zlomových struktur směru SSZ-JJV, resp. V-Z a S-J, nově přikládáme větší roli zlomovému pásmu směru VSV-ZJZ. Srv. mapu v Příloze 5 disertační práce.

Zdejší těleso zřídelních sedimentů spočívá jak na skalním podloží (ve svých severních a jižních částech), tak na hlinitých kvarterních sedimentech (v části středové, v prostoru kostela a před ním směrem k Z).

Toto území jeví v současnosti povrchově markantní termální aktivitu pouze ve své severní části (lokalita Fontána, vývěr termy No. 10e. Historické výrony CO<sub>2</sub> a termy jsou však dobře známy z celého území, v němž zřídelní sedimentace leží. Mannlovo zřídlo, Tillingova kyselka aj. jsou pojmy, které by neměly při hodnocení lokality být vynechány. Lokalita je navíc charakteristická zcela specifickými typy zřídelních sedimentů, z nichž nejznámější jsou oolitické a pisolitické formy (hrachovce) a nově klasifikované silicifikované vřídlovce.

Rozsah zdejší akumulace sintrů, hrachovců, žilných i hlubinných typů vřídlovce je vyznačen v účelové mapě 1 : 1 000 v Příloze 4. Definice hranic a forem kontaktů s okolními akumulacemi zřídelních sedimentů jsou diskutovány dále v textu práce.

Při definování rozsahu akumulace Kostelní terasy jsem vycházel z celkových 42 dokumentačních bodů v bezprostřední blízkosti kostela sv. Máří Magdaleny, z nichž u 26 objektů jsou k dispozici geologické profily, ať již původní či odvozené a nově interpretované na základě fotografií, náčrtků, map a starších popisů. Nejhlubším vrtem v tomto prostoru je vrt HJ-24 (132 m). Další část dokumentace pochází z lokality na S Kostelní akumulace, z tzv. lokality Fontána (dle dříve projektovaného hotelu Fontána). Zde je k dispozici celkem 41 dokumentačních bodů (vrtů, sond, odkryvů a jímání), z nichž nejhlubší dosahuje 10 m (vrt J-37).

Podkladem pro stanovení rozsahu tělesa Kostelní akumulace byly krom nově realizovaných geofyzikálních prací též nepřímé údaje ze starších odkryvných prací (Becher, 1772; Hoff, 1825; Knett, 1907; Zuleger, 1927 aj.). Velmi zajímavé a podstatné byla lokalizace nálezů hrachovců u Vřídelní kolonády, poměrně daleko (25 m na SZ a 20 m z) od kostela sv. Máří Magdaleny. Považuji je za body, které s velkou pravděpodobností vyznačují rozsah akumulace kostelní terasy. Lokalizace a seznam dokumentačních bodů viz Příloha 2 zprávy.

V prostoru výskytu zřídelní sedimentace Kostelní terasy vyčleňuji dále tři dílčí lokality; jednak je to jižní část akumulace, zahrnující Náměstí Svobody a vlastní kostel sv. Máří Magdaleny, jednak část severní, zahrnující tzv. lokalitu Fontána (dosud nezastavěný prostor po demolicích v 60. letech 20. století) a konečně prostor západně od kostela - tzv. Vřídelní kyselku. Tato Vřídelní kyselka (dokumentační body No.10a, DB 966 v databázi) je zcela unikátním fenoménem vývěrové zóny.



***Geologické poměry lokality Kostelní terasa***

Skalní podloží je zde tvořeno granitem, středně zrnitým, variety Tříkřížového vrchu. Jihovýchodní část kostela, tedy jeho větší, cca 2/3 část, se spolu s nověji přistavěnou sakristií je založena plošně přímo na tomto granitovém masivu. Představu o charakteru granitu poskytují velmi dobře nejnovější odkryvy v rámci staveb hotelů v. a jv. od kostela.

V zájmovém území a jeho okolí jsou povrchové partie granitu a okolí výraznějších diskontinuit velmi silně hydrotermálně alterovány, hojně jsou přítomny jílové produkty této fyzikálně-chemické alterace dotýkající se především živcové hmoty horniny (illit, montmorillonit, dickit). Granit je místy porfyrický (místy tak působí jako hrubozrnný), biotitický, autometamorfovaný, slabě až silně sekundárně postižený, všesměrné struktury, porfyrický, světle šedorůžový. Hustota diskontinuit v průměru pro lokalitu a její blízké okolí velká až střední, cca 100 – 300 mm.

Výplně trhlin nejsou až na výjimky v okolí kostela nijak zvlášť mocné, což bylo lze spatřit v reliktech skalních sklípků na s. od objektu. Jak bylo dokumentováno rovněž v rámci stavby hotelu Ambiente, místy se vyskytují trhliny a pukliny vyplňované směsí oxidů a hydroxidů železa a manganu o mocnosti x mm až x cm.

Severozápadní průčelí kostela s oběma věžemi a přilehlými částmi lodě se prokazatelně nachází přímo ve zřídelních sedimentech, reprezentovaných zde sintry, sintrovými píský, dále relikty lavicovitého vřídlovce a specifickou pisolitickou a oolitickou sedimentací. Kvarterní sedimenty jsou zastoupeny deluviofluviálními sedimenty. Celistvé masivní vřídlovce se zde na rozdíl od centrální vřídelní kupy vyskytují již jen ojediněle, v prostoru s. od kostela je však výskyt takových vřídlovců dobře dokumentován (srv. Obr. 19).

Dutiny a kaverny v kostelní kupě jsou vyplněny převážně šedými prachovitými hlínami (srv. Hynie, 1963). Místy jsou kaverny sekundárně vyplněny antropogenními sedimenty.

Pozoruhodný je fakt, že zřídelní sedimentace je v místech stavby kostela naložena na kvarterních sedimentech, reprezentovaných hlinitými uloženinami. Svědčí o tom dokumentace starších sond (Fořt 1968, Herštus 1970), novějších hydrogeologických vrtů (např. HJ-24, Vylita B., 1984) a archivní materiály (Becher, Dientzenhofer aj.).

K vývoji zřídelní sedimentace v blízkosti kostela je ještě nutné dodat, že až do 16. století zde byl vřídlovec lámán na pálení vápna. Známe je jeho použití při výstavbě loketského hradu, staré karlovarské radnice, Zámecké věže, dalovické tvrze aj. Ještě v 16. století byla v provozu vápenka v Křížové ulici (dnes část Vřídelní ulice), která pálila vápenec především z kupy u kostela ale i z jiných míst, směrem k dnešnímu Divadelnímu náměstí. Stopy vápenky byly nalezeny při rekonstrukci domu v s. části Vřídelní ulice (Vylita T., 2004).

Na zřídelní sedimenty s.l. v prostoru sz. části kostela pak nasedají mladší svahové a deluviofluviální hlíny a v tomto urbanizovaném území též hojně různorodé, vysoce anizotropní navážky, včetně kosterních zbytků původem ze středověkého hřbitova (zrušen v r. 1732).

Obr.19 Výchozy aragonitu 25 m s. od vchodu do kostela Sv. Máří Magdaleny



V Tab. 17 jsou shrnuty provedené vzorkovací a analytické práce v lokalitě kostelní terasy a okolí

V Tab. 18 až 21 jsou pak shrnuty zásadní výsledky analytických prací v tomto prostoru.

Tab. 17 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací v akumulaci „Kostelní terasa“

Metoda	Počet analýz
Rentgenová difraktometrie	11
Isotopické analýzy $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	16
Chronologie U-Th methods	4
silikátová analýza	5
Výbrusy a mikrofotografie	15
Morfologie povrchu ESM	5 vzorků (30 snímků)
Katodová luminiscence	2(KVK-24, KVK-25)
Paleomagnetické metody	1

Tab. 18 Výsledky rentgenové difraktometrie

Vzorek	arago nit[%]	kalcit[% ]	Goeth ite	Popis
<b>RTG-8</b>	X	x		masivní vřídlovec, téměř bez patrné vrstevnatosti
<b>RTG-9</b>	X	x		hrubozrnější vřídlovec, krystalický až stěbelnatý
<b>RTG-10</b>	X	x		vřídlovec jemnozrný
<b>TUM 07</b>	X		X	čistý, bílý, masivní vřídlovec
<b>TUM 10</b>	X		X	kavernózní, béžový, laminovaný vřídlovec
<b>KVK-56</b>	98	2		hrachovec, téměř bílý pisolit
<b>KVK-55</b>	98	2		hnědý vřídlovec
<b>KVK-55</b>	100			béžový vřídlovec
<b>KVK-49</b>	97	3		světle oranžová hmota, lasturnatý lom, voskový lesk - opál ?
<b>KVK-50</b>	100			porézni materiál, narezlý, vrstvičky z jehliček
<b>KVK-50</b>	94	6		travertin fosilizující listy, bílý, na povrchu rezavě povlečený

Tab. 19 Výsledky izotopických analýz

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
<b>Minimum</b>	2.65	-18.7
<b>Maximum</b>	4.01	-17.81
<b>Průměr</b>	2.98	-17.81

Tab. 20 Výsledky geochronologických analýz U-Th Series

	Lokalita	stáří
<b>KVK-24</b>	Kostelní terasa	51.1 ±2.1
<b>KVK-22 = KVK-42</b>	Kostelní terasa	42.1 ±1.5
<b>KVK-19</b>	Kostelní terasa	Detrital contamination
<b>KVK-8</b>	HJ 24 (mezi Vřídlem a kostelem)	11.33 ±0.42

Tab. 21 Morfologie povrchu zřidelních sedimentů Kostelní akumulace  
(odkazy na práci Vylita T. et al., 2005)

Vzorek	Odkaz
<b>KVK-8</b>	<b>table 4 (obr. 5)</b>
<b>KVK-15</b>	<b>table 3 (obr.4 a,b)</b>
<b>KVK-18</b>	<b>table 2 (obr.3 a,b)</b>
<b>KVK-31</b>	<b>table 1 (obr.1 a,b; 2 a,b)</b>
<b>KVK-32</b>	<b>table 5 (obr.6 a,b;7 a,b)</b>

Dále byla na vzorcích z Kostelní akumulace provedena chemická analýza (silikátová analýza) 8 vzorků sedimentů. Vzhledem k významu analýz odkazuji zde na příslušnou kapitolu práce Vylita T. et al., 2005. Podobně pak u metod katodové luminiscence (KVK-24 a KVK-25) a paleomagnetických a magnetostratigrafických.

### ***Charakter zřidelních sedimentů Kostelní akumulace***

Na základě analýzy nalezených a dokumentovaných vrstev páskovaných vřídlovců s velmi výrazným proplyněním a hojnými projevy koroze se domnívám, že značná část prostoru vyplněného zdejší zřidelní sedimentací je významně ovlivněna antropogenními aktivitami, počínaje lomovou těžbou „vápence“ ve středověku a v počátcích novověku, vybudováním a provozováním hřbitova (od r. 1485 do r. 1732) a konče úpravami konfigurace terénu pro potřeby starší i novější urbanizace lokality, včetně konstrukcí dvou poměrně rozměrných sakrálních staveb. Nálezy zřidelních sedimentů v rámci úprav krypty v r. 2003 (průduchy starší gotické krypty) potvrzují tuto hypotézu, vřídlovce se zde vyskytují většinou pouze v reliktních mocnostech, dokumentovány byly jak jejich autochtonní, tak allochtonní typy.

Hypotézu kráterové facie proto na základě dostupných dat odmítám, původně šlo o běžnou akumulaci v úpatních partiích svahu na křižovatce

tektonicky založených poruch. Její konfigurace i složení však byly druhotně velmi silně pozměněny a to i navezením horninového materiálu z okolí. Přítomnost hrachovců je z velké části nepůvodní, vyjma partie blíže dnešní vodoteči.

S ohledem na hydraulickou funkci zřidelních sedimentů, koncentrujících vývěry termy do prostoru tzv. Starého suterénu Vřídla a do prostoru budoucího staveniště (tzv. lokalita „Fontána“) je zvláště v prostoru této Kostelní terasy zdůrazňovat důležitost eliminace zásahů do zdejších zřidelních sedimentů v rámci uvažované výstavby rozměrného hotelového objektu.

Jak bylo uvedeno výše v textu, Kostelní akumulaci účelově pro potřeby své práce dělím na tři dílčí lokality: jednak je to jižní část tělesa, zahrnující Náměstí Svobody a vlastní kostel sv. Máří Magdaleny, jednak část severní, zahrnující lokalitu Fontána a konečně prostor západně od kostela - tzv. Vřidelní kyselka a její okolí.

Okrajové polohy akumulace, tj. lokalita Fontána a Vřidelní kyselka, jeví kompaktní sedimentární vývoj, byť s kavernami a okrovými či hliněnými výplněmi. Pod samotným kostelem se dle starších zpráv a novějších průzkumných prací vyskytují zřidelní sedimenty v útržcích, nesouvislých polohách, hrachovce nebyly nikde nedoloženy v souvislejší poloze, navzdory mocnosti poloh z některých dochovaných vzorků přes 200 mm. Vypovídá to buď o vývoji kráterové facie ve smyslu Myslíla a Tyráčka (1962), nebo o umělém navržení kostelní terasy (Hoff, 1825 a mnoho dalších). Osobně se dle provedených měření a pozorování přikláním k hypotéze o kráterovém vývoji zdejší sedimentace, výrazně však narušenému antropogenními aktivitami typu lámání vřídlovce a sintru na pálení vápna, několika generací úprav terénu pro urbanizaci tohoto v podstatě centrálního prostoru města, zastavěného jistě již od r. 1485 pozdně gotickou stavbou staršího kostela sv. Máří Magdaleny. Fenomén utilitárního přístupu k zřidelním sedimentům,

z nichž byly právě hrachovce tou nejvhodnější surovinou pro pálení vápna a později i pro šperkařské účely (mozaiky, fasetové práce, dochované intarzie téměř bez výjimky vždy obsahovaly mj. i hrachovce) je nutné v těchto souvislostech vyzdvihnout. Toto praktické využívání zřidelních sedimentů byl proces dlouhodobý, jen pálení vápna probíhalo od 14. do 16. století (celkem ve 4 pecích; lokalizovaných po dvou ve Vřidelní ulici a na Louce, tedy pravděpodobně v dnešní ulici Stará Louka) a tvar původní akumulace nutně výrazně a možná zásadně pozměnilo.

Úpravy terénu v podobě sanace hřbitova v r. 1732 a souběžně probíhající zemních prací při složitém zakládání barokního kostela stejného zasvěcení původní reliéf i konfiguraci tělesa zřidelních sedimentů zastřely téměř dokonale.

Jedinečným jevem v kostelní terase je vývoj silicifikovaných zřidelních sedimentů, původně zjevně běžných laminovaných typů. Na Obr. 20 (hrachovec z kostela se silicifikovaným vřídlovcem, foto Krčmářová, 2004) je patrné ostré, nikoliv však diskordantní nasednutí těchto silicifikovaných vřídlovců na polohu hrachovců. Z fotografie a z příslušných mikroskopických výbrusů je patrné, že vývoj hrachovců byl jednoznačně ukončen a že nadložní vřídlovec nasedá na dokonale omezené oolity (až pisolithy cca 3 mm) a nikde jejich „oválky“ neporušují.



Obr. 20 Hrachovec z kostela se silicifikovaným vřídlovcem



Místy jsou patrné velmi tmavě hnědé vrstevní plochy, patrné mj. i na Obr. 20, ale také na horní části oltáře Božího hrobu v kryptě kostela, kde jsou zastoupeny též vřídlovce z Tržiště. Tyto lesklé, tmavé plochy nejsou tedy snad vázány jen na lokalitu Kostela.

Zajímavé jsou též dřevité formy sintrů a silicifikovaných vřídlovců, pocházející především ze s. části Kostelní akumulace.

#### ***a) Náměstí Svobody a kostel sv. Máří Magdaleny***

Sedimentace je zde reprezentována vřídlovcí v lavicovitém až žilném vývoji (např. Knett, 1907), sintry, sintrovými písky, silicifikovanými vřídlovcí a hrachovci. Dosahuje od vlastního kostela k domu Zlatý prsten (dnes novější stavba LS MV Tosca), přes domy Ostrava a Thermia až za budovu bývalé Spořitelny. Mimo dosud uváděnou hranici rozsahu zřidelních sedimentů v tomto prostoru leží lavice za Zlatým prstenem a děkanstvím (srv. profily vrtů J-12, J-11 a sondy K-1 aj. v prostoru objektu 2019/12). Knett zde tedy



zcela oprávněně naznačuje tzv. Stoehrovu lavici, dle novějších sond známe nyní její omezení směrem k V.

Větší výkopy v tomto prostoru byly prováděny v l. 1713, 1727 a v době stavby kostela (Becher, 1789), dále v r. 1841 (Hlawacek, 1842) a naposledy při stavbách hotelů v okolí kostela (2002 – 2007).

Jak z historických podkladů, tak z dokumentace průzkumných prací (Herštus, 1970) je zřejmá podstatná skutečnost, totiž že vstupní průčelí kostela s věžemi, rizalitem a ostatní části kostela v prostoru, v němž je granit překryt zřídelní sedimentací, jsou založeny hlubinným způsobem a to na pilířích o hloubce cca 7 m, zkonstruovaných z lomového zdiva spojovaného vápennou maltou, spočívajících na granitovém podloží. V úrovni 6,5 m pod terénem (tedy 381,08 m n.m.) zastížen starší kopanou sondou KV1 (Herštus, 1970) zvětralý granit, od 7,0 pak granit navětralý.

Vřídlovcové aglomeráty, ojedinělé vřídlovce (spíše úlomky), sintry a sintrové písky spočívají na podložních hlínách jílovitých, tuhých, hnědých a šedě šmouhovaných s ojedinělými balvany granitu.

Historické dokumenty vypovídají podobně. V r. 1732 byly pro výstavbu kostela prováděny výkopy stavební jámy. Bylo ověřeno, že ve směru od dnešní Moravské ulice až do poloviny kostela je žulové podloží snadno a mělce dosažitelné. Obě hlavní kostelních věže a hlavní vchod jsou rovněž založeny na skalním podloží, v hloubce přes 7 sáhů (in Becher, 1789): „Ve středu kostela, v hloubce sotva 4 loktů byly nalezeny úlomky vřídlovce všeho druhu. Největší výskyt páskovaného vřídlovce byl nalezen pod pilířem, na němž spočívá oltář sv. Josefa. Kusy vřídlovce byly nalezeny i na dalších místech, jinde zase žlutý nezpevněný „vřídlovcový“ písek. Pod všemi těmito kameny byla uložena černá blátivá zemina. Všechny vřídlovce ale nesahaly až ke skalnímu podloží, nýbrž se vytrácely již dlouho přede dnem výkopů. Kusy vřídlovce byly vzájemně zpevněné, avšak bez pravidelných souvislostí tak, jako by sem byly naplaveny povodní. Směrem ke Vřídlu byly v žlutém

vřídelním písku zjištěny menší i větší dutiny, z nichž největší měla dosah 3 lokte“.

(Pozn. k jednotkám užívaných D. Becherem: 1 český loket = 0,594 m, 1 český sáh = 1,7778 m, tedy 3 lokty).

Hoff (1825) interpretuje průběh skalního podloží pod fundamenty kostela a dochází k závěru, že kostelní terasa je umělým objektem.

Zuleger (1928) dokumentuje ve výkopu při novostavbě domu č.p.220/10 (Bílý kamzík, dnes Albatros) v hloubce cca 2,30 m pod úrovní chodníku (chodník 384 – 385 m n.m.) pod navážkami zahliněný hrachovec. Pod touto úrovní začínala poloha sintru. Hlinitý vřídlovec byl dále nalezen i při výkopech ve sklepě na J.

Myslil a Tyráček (1962) považují Kostelní akumulaci za zbytek staré typické travertinové kupy vysrážené na vývěru minerální vody vystupující pod dnešním kostelem. Výkop pod kostelem zastihl podle těchto autorů tzv. kráterovou facií, poněkud dále již výkopy zastihly pevné travertiny kupové facie s výtokovou jeskyní. Voda stékala směrem ke Vřídlu – viz sklon ve Vřídelní kyselce. Výchoz vřídlovce v kryptě s kráterovou facií již dnes není přístupný.

Herštus J. (1970) na základě sondáže soudí: „Na aragonitovou akumulaci vřídelní kupy se souvisle napojuje akumulace tzv. kostelní kupy. Zde se již kompaktní vřídlovec vyskytuje jen ojediněle. Velmi častý je zde výskyt sintrových písků (*tj. zemina složená výlučně z kulových zrněk aragonitu a aragonitu ve formě vzájemně spojených silně zvlněných destiček*). Dutiny mezi destičkami jsou vyplněny šedou prachovitou hlinou. Z celkového charakteru vyplývá, že jde nejspíše o kupu starého termálního výronu v prostoru kostela, kde tvorba zřídelních sedimentů probíhala současně se sedimentací řeky Teplé. Je dokonce zřejmé, že v části kostelní kupy jsou v podloží zřídelních sedimentů hlinité náplavové sedimenty Teplé“.

Vylita B. (1970) upozorňuje na změnu spádu reliéfu granitu v polovině kostela. Skalní podloží uloženo v 12,5 m pod úrovní hlavního vchodu a obou věží. Srv. též Hoff (1825) aj. Uprostřed kostela, cca 2,4 m p.t. nalezen páskovaný vřídlovec, dále odsud popisovány nálezy hrachovce, měkkého sintru a sintrového písku. V podloží sintrů nalezena černá zemina, což potvrzuje mj. Becher (1772) a jiní.

Vylita B. (1979) popisuje převládající horizontální průběh aragonitových žil, zjištěný jak při odkryvech ve stavebních jámách v přilehlé oblasti (dům Zlatý zvon aj.), tak i ve vrtných pracech. Dokumentuje též granit-vřídlovcový žilník (chorismit, typ 2120 dle nové klasifikace s převahou granitické složky, ale i typ 2110 – žilník s převahou aragonitu nad granitickou hmotou) na výchozu v základové jámě domu č.p. 220/10 (Albatros). Žíly vřídlovce zde dosahují mocnosti až 100 mm a mohou být klasifikovány již jako lavice.

### **b) Lokalita Fontána**

Fořt (1968) se domnívá, že toto staveniště leží v okrajové facii vřídlovcové kupy, která zde nasedá na granitové podloží. Zelený jíl (jemně písčité, zelenošedý, měkký, M až 0,50 m) ve svahu odděluje zřidelní sedimenty od granitu. Prorůstání granitu aragonitovými žilkami zde nebylo pozorováno.

Jiroušek (1986) na základě vyhodnocení na západní straně staveniště provedených vrtů J-37, J-40 a J-33 usuzuje na omezení termální zóny; akumulace zřidelních sedimentů označuje tento autor jako součást tzv. kostelní kupy (s výjimkou Vřidelní ulice). Kompaktní vřídlovec dokumentuje jen ojediněle, velmi hojně jsou dle něj naopak sintrové písky a vřídlovce ve formě propojených zvlněných destiček. Dutinky mezi destičkami jsou vyplněny hlinou.

Z měření a pozorování provedených v rámci práce a spjatých projektů vyplývá, že zdejší vřídlovce a sintry jsou součástí Kostelní akumulace, čemuž

mj. nasvědčuje i stanovené stáří zdejších sedimentů 41 000 – 51 000 let. Pozoruhodná shoda charakteru sedimentace z lokalit Fontána a Vřidelní kyselka (korodovaný, silně proplyněný vřídlovec ve velkých blocích s polohami železitých okrů) potvrzuje též vzájemnou souvislost těchto akumulací.

Pro lokalitu „Fontána“ jsou velmi typické korodované formy laminovaných, původně kompaktních vřídlovců. Dutiny vzniklé v těchto sedimentech jsou způsobovány jednak vyluhováním karbonátové hmoty agresivními podzemními vodami, jednak zřejmě druhotným porušením oslabených poloh vzniklých razantním odplyněním při diagenézi těchto sedimentů.

### **c) Vřidelní kyselka**

O fenoménu Vřidelní kyselky se poprvé zmiňuje Hlawaczek (1841): „Ve výkopech na levé straně kostela zastížena skutečná vřidelní deska s jeskyní jdoucí pod Pražskou ulicí.“

Schaerf (1900) uvádí pod kostelem vrstevní komplex vřidelní desky jako predeluviální erozní relikty. Jako jediný uvádí polohu starého lomu na vřídlovec pro potřeby pálení vápna (pod dnešními schody z Vřidelní ulice).

Zuleger (1923) poskytuje profil chodbou a grottou. Z jeho nákresu je patrný sklon vrstevních ploch směrem k chodbě, tedy k řece. Podobně dokumentuje i Lang (1930).

Z novějších i starších dokumentů je jasný výskyt páskovaných forem vřídlovcem s limonitickými proplásky a závalky a značná koroze sedimentů. Vřídlovec je přítomen v laminárním vývoji neklidném, charakteristické jsou bílé vrstvičky aragonitu v meziprostorech hlinité a železnaté zeminy, zprohýbané vrstvy, minimální mocnost lavice činí 2 m, vřídlovce jsou kavernózní a zkorodované. Rozlišují se běžně dvě kaverny (vlastní Vřidelní kyselka a tzv. rudní kaverna). Mezi oběma kavernami existoval spojovací

můstek z laminovaného vřídlovce. Přítomen byl i suťový kužel, který stejně jako spojovací lavice korodoval. (Foto in Michler, Danzer, Kutschera a Kampe, 1932).

Obr. 21 Východní stěna prostoru Vřidelní kyselky (1932)



Záporožec (1967) ve své zprávě o úpravě vývěřů Vřidelní kyselky považuje kostelní kupu za fosilní, je dle něj tvořena nakupenými kusy pevného

travertinu a hrachovce. Dutiny mezi kusy jsou vyplněny hlínou, od podložní žuly jsou odděleny vrstvou bahnitě zeminy.

### ***Antropogenní zásahy do konfigurace tělesa zřidelních sedimentů***

Tento prostor patří k nejvíce postiženým z hlediska změny konfigurace zřidelních sedimentů. Nacházel se zde starý lom na vřídlovec pro zmiňované pálení vápna. Jeho pravděpodobná pozice je znázorněna v mapě 1 : 1 000 v Příloze 5.

Dále zde byl v r. 1485 vystavěn pozdně gotický kostel sv. Máří Magdaleny, nahrazený v l. 1732 – 1736 barokním kostelem stejného zasvěcení. Zakládání kostelních budov se neobešlo bez masivního odtěžování vrstev zřidelních sedimentů. Zajímavý je v tomto smyslu tzv. třetí popis Becherův (1772 aj.) vztážený k letům stavby základů kostela 1732 – 1733, zachycující skutečnost, že vřídlovec byl ukloněn ke Vřídlu, jeho mocnost sahala 2 až 2,5 m pod úroveň Vřídla; uprostřed kostela vřídlovec zastížen ve 3 m p.t., s malými dutinami, k Vřídlu otevřenými. Becher považuje za kostelní terasu výtvar starších obyvatel, a dokládá, že dutiny nejsou analogické s těmi v řečišti, neboť jsou vytvořeny lámáním na pálení vápna.

Starší výkopy a sondáže v okolí kostela (např. Herštus, 1970 aj.) jasně prokázaly, že původní vrstvy zřidelních sedimentů zůstaly zachovány v původní konfiguraci snad jen v prostoru Vřidelní kyselky na V Kostelní akumulace a v lokalitě Fontán s. od kostela. Stavební zásahy v dnešní lokalitě Fontána však také do jisté míry poznamenaly původní mocnost zdejších zřidelních sedimentů.

#### 4.12.4. Zámecká kupa

Zájmové území leží ve svahu Zámeckého vrchu a v přilehlých úpatních částech tohoto svahu. Svah je charakteristický poměrně prudkým sklonem k vodoteči Teplé. Reliéf terénu je velmi členitý, stávající konfigurace terénu a přilehlého okolí je však do značné míry umělá, mikrorelief byl výrazně pozměněn antropogenními zásahy vyvolanými potřebou poměrně husté zástavby území. Zájmové území se nachází v lázeňském centru Karlových Varů, v nevelké vzdálenosti (15 - 150 m k Z, SZ) od vývěrového centra zřidelní struktury - Vřídla. Nadmořská výška zájmového území se pohybuje v intervalu cca 377,3 m n.m. (prostor sklepa objektu Komerční banky u řečiště Teplé) - 405 m n.m. (výrony plynu na Zámeckém vrchu). Místní erozivní bázi je koryto vodoteče Teplé v nadmořské výšce cca 377,3 m (pod přepady Vřídla).

Vývěry proplyněné termy a zřidelního plynu v prostoru Zámeckého vrchu a přilehlých částí historického Tržiště jsou tektonicky predisponovány zlomy směru SSZ-JJV, resp. ve spodních částech území též směru Z-V.

Zdejší tělesa zřidelních sedimentů spočívají na skalním podloží elevace Zámeckého vrchu. Jak podložní granit, tak zřidelní sedimenty na něm spočívající, představují základovou půdu nejstarší historické urbanizace městského prostoru Karlových Varů. Výkopy v r. 2001 zde byla prokázána existence překvapivě rozsáhlého gotického hradu, jehož zachovaným reliktem je Zámecká věž. Velká část prostoru akumulace zřidelních sedimentů je dnes zakryta rozsáhlým a členitým objektem Zámecké kolonády, vystavěným na místě starší zástavby v letech 1911-1913. Řada nových údajů pochází z dokumentace hydrogeologického dozoru při rekonstrukci této stavby v intervalu leden r. 2000 - květen 2001 (Vylita B., 2001). Toto území, nacházející se v poměrně nevelké vzdálenosti od centra zřidelní struktury u Vřídla, jeví velmi výrazné znaky termální aktivity a je charakteristické specifickými zřidelními sedimenty.

Rozsah zdejší akumulace sintrů, hrachovců, žilných i hlubinných typů vřídlovce je vyznačen v účelové mapě 1 : 1000 v příloze 9.7.1. Při definování rozsahu akumulací jsem vycházel z celkových 78 dokumentačních bodů na Zámeckém vrchu a z 54 dokumentačních bodů v prostoru Tržiště a Tržní kolonády, z nichž u 42, resp. 24, celkem tedy 66 objektů jsou k dispozici geologické profily, ať již původní (např. vrty řady BJ, resp. HJ z 80. let 20. století, Vylita B., 1991 aj.), či odvozené nebo nově interpretované na základě fotografií, videodokumentací (Vylita T., 2000 – 2001) a popisů (např. Knett, 1910, Vylita B., 2001 aj.), event. nákresů starých jímání (Zámecký No. 11a a No. 11b aj.). Seznam dokumentačních bodů viz Příloha 2 práce. Dále byly při definování hranic zřidelních sedimentů využity výsledky z georadarových měření. Srv. Přílohu 5 této práce.

Geologické poměry lokality Zámeckého vrchu jsou relativně složité. Skalní podloží je v zájmovém území tvořeno autometamorfovaným granitem, náležejícím karlovarskému plutonu (C<sub>n-w-s</sub>-P1). Fundament, na němž jsou krom zřidelních sedimentů místy naloženy těž reliktů deluviálních uloženin a od úrovně cca 398 m n.m. i reliktů starších fluviálních teras (tzv. 2. pleistocénní terasa), je zde budován dvěma varietami granitu, zastoupenými drobně až středně zrnitým a hrubě zrnitým, většinou porfyrickým biotiticko muskovitickým granitem, náležejícím centrální intruzivní části zmíněného plutonu (<sup>a</sup>γCs-P1). Granitový reliéf byl formován polyfázovou tektonikou, přičemž intenzivní saxonská tektonika pokračuje téměř kontinuálně až do recentu za současného působení říční eroze. V zájmovém území a jeho okolí jsou povrchové partie granitu a okolí výraznějších diskontinuit velmi silně hydrotermálně alterovány. Variety autometamorfovaného granitu, šedá, drobně až středně zrnitá, místy porfyrická a narůžovělá, hrubě zrnitá, porfyrická, jsou odděleny významnou trhlinou vyplněnou původně sekundárními minerály (sintry, jíly, písky - tzv. hlavní trhlina, srv. též níže v textu). Významné trhliny v okolí Zámecké kolonády, rovněž paralelní s průběhem zřidelní linie, jakou je např. trhlina pramenní skupiny Ruské koruny v domě Tržiště č.p. 387, byly v minulosti vyplněny zřidelními



sedimenty. V případě Ruské koruny to byl sediment typu pramenní okr (petrografický typ 3180 dle nové účelové klasifikace), jehož bylo v 19. stol. ze suterénu objektu vyvezeno několik tun.

Hrubozrnný, narůžovělý až načervenalý granit, nacházející se hlavně na východní straně od hlavní trhliny, je porfyrický (vyrostlice živců dosahují až 20-30 mm, jsou místy i zdvojitě dle karlovarského zákona), je dle starších zpráv poněkud snáze rozpojitelný než šedý, který vykazuje homogennější strukturu. Místy v načervenalém granitu lze nalézt pyrit, v šedém se nevyskytuje. Všude v zájmovém území jsou velmi výrazné stopy po termální aktivitě. Východní varieta, tedy narůžovělý až načervenalý granit na V od hlavní trhliny, je navíc protkána výraznými žilami silikátů. Původně rozevřené trhliny jsou vyplněné černými, šedými a béžovými rohovcovými žilami, rozevření a mocnost silikátových rohovců činí až 150 mm, výjimečně dle starších údajů i 300 - 600 mm.

Skalním masivem v tomto prostoru prochází významné poruchové pásmo zemské kůry směru SSZ-JJV, tedy tzv. zřidelní linie, s níž jsou spjaty i vysoce položené vývěry termy Zámeckých pramenů, pramenů Ruská koruna aj., divoké výrony CO<sub>2</sub> v nadmořské výšce až 405 m n.m.(!) a níže v úpatních partiích též vývěry pramenních skupin Karla IV., Tržních pramenů a rovněž historicky významný vývěr zvaný Žrout (Fresser). Zcela unikátním jevem je v tomto území vývoj zmíněné tzv. hlavní trhliny směru SSZ-JJV, původně vyplněné sintrem až o mocnosti 1,1 m a kvarterními sedimenty. V některých místech se projevují i příčné poruchy SSV-JJZ až SV-JZ (např. v okolí starého jímání Zámeckého pramene No. 11a a ve spodních partiích svahu tzv. vedlejší puklina).

Skalní podloží zde bylo na velké ploše obnaženo v r. 1906 a dále do velké míry odtěženo při přípravě místa pro výstavbu Zámecké kolonády v l. 1909 až 1910 (Knett, 1909; Kampe, 1911). Granit je na východ od hlavní trhliny protkáno výraznými žilami silikátů. Výjimku mezi diskontinuitami v granitu tvoří právě hlavní trhlina, v původním přirozeném stavu zřejmě i širší než 1,1

m. Obě variety granitu jsou minimálně do 15 m pod terénem místy protkány též aragonitovým žilníkem.

Typickým fenoménem lokality Zámeckého vrchu je tzv. Hoffova brekcie, tedy silicity tmelený kataklasticky postižený granit s místně hojnými žilkami vřídlovce, zasahující původně od hlavní trhliny až do prostoru za Mlýnskou kolonádou. Strmější pukliny v hrubozrnném granitu jsou vyplněny většinou rohovci, ploše uložené pukliny a trhliny pak v obou varietách granitu vřídlovcem. V puklinách se sklonem cca 45° jsou zastoupeny jak rohovce, tak vřídlovec. Vřídlovec dle starších autorů (např. Knett, 1902) většinou leží mezi podložní a nadložní rohovcovou brekcií. Již mocnější rohovcové žíly skály Zámecké věže mají slabé přiložené nebo v sousední hornině paralelně běžící aragonitové žilky, mocné lavice aragonitu v granitu pod domem Tržiště č.p. 385 (dnes Hotel Puškin) naproti tomu mají slabé rohovcové obložení.

Izolinie povrchu skalního fundamentu v celém zájmovém prostoru viz Vylita B., 1999, resp. 2003.

V Tab. 22 jsou shrnuty provedené vzorkovací a analytické práce v lokalitě Zámecký vrch a Tržiště.

V Tab. 23 až 26 jsou pak shrnuty zásadní výsledky analytických prací v tomto prostoru.

Tab. 22 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací

Vzorek	Lokalita	Rtg	Výbrus	Isotop	KL	Chrono	CH	REM	Morfologie povrchu
KVK-3	ZV			1		x			
KVK-4	ZV			1			x		
KVK-5	Věž							x	
KVK-41	Ho			1		x			
KVK-45	ZK	x	AS						
KVK-47	ZK	x	a,b,c,d						
KVK-48	ZK	x	a,b						
KVK-54	ZK		A,B						
KVK-58	Ho					x			
KVK-59	Ho					x			
KVK-60	Ho					x			
TUM-04	Ho		1						
TUM-05	Ho		2						
TUM-06	Ho	x							
TUM-08	ZV	x							
TUM-09	ZV	x							
TUM-11	Ho			1					
TUM-19	Ho			1					
TUM-24	Ho			46					

Vysvětlivky k tabulce: ZV = Zámecký vrch, ZK = Zámecká kolonáda, Ho = Hochstetterova lavice, Věž = plošina před Zámeckou věží

Na Zámeckém vrchu a Tržišti rozlišuji v rámci přehlednosti disertační práce dvě izolovaná a zřejmě i geneticky nesourodá tělesa zřídelní sedimentace.

Prvním a daleko mohutnějším tělesem je sedimentace v nižších polohách svahu, tedy pod dnešní Zámeckou a Tržní kolonádou, resp. pod komunikací a domy na Tržišti. Dominuje v něm tzv. Hochstetterova lavice, viz níže v textu kapitoly, jejíž součásti byly dokumentovány až 14,1 m pod povrchem (vrt HJ-32b, DB 13) a poměrně daleko od Zámecké kolonády (dům č.p. 385 aj.).

Druhým tělesem jsou pak nejvýše položené akumulace vřídlovce, rozprostřené v poměrně malé ploše na plošině před Zámeckou věží, znovu po téměř sto letech odkryté v jarních měsících r. 2001 (Vylita T., 2001, 2003).

Zřídelní sedimenty jsou v lokalitě Zámecký vrch reprezentovány jak sedimenty v podobě sintrů (nejměkčích sedimentů), tak klasických vřídlovců (Hochstetterova lavice za Tržní kolonádou či plošina před Zámeckou věží) a chorismitů (žilníků v granitu). V jv. části Zámecké kolonády byly nově nalezeny výskyty nedokonalých oolitických forem vřídlovce, tedy hrachovců.

Obecně lze konstatovat, že zřídelní sedimenty byly na Zámeckém vrchu a Tržišti z velké části odtěženy při starší i novější výstavbě v tomto území, původně se zde vyskytovaly ve větších mocnostech a na větší ploše (např. Scherrer, 1907).

Tab. 23 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací

<b>Metoda</b>	<b>Počet analýz</b>
Rentgenová difraktometrie	6 ks
Isotopické analýzy $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	5+46
Chronologie U-Th methods	5
silikátová analýza	2
Výbrusy a mikrofotografie	13 ks
Morfologie povrchu ESM	1 vzorek (LBR-06)(5 snímků)
Katodová luminiscence	0
Paleomagnetické metody	2 lokality (starý suterén Vřídla, řečiště)

Tab. 24 Výsledky rentgenové difraktometrické analýzy

Vzorek	aragonit[%]	kalcit[%]		Popis
TUM 06	ano	ne	ano	laminovaný masivní vřídlovec
TUM 08	ano	ano	ano	nejasně laminovaný béžově-hnědý vřídlovec
TUM 09	ano	ano	ne	bílý masivní vřídlovec
KVK-48	98	2	ne	vrstevnatý travertin masivní, světle béžový
KVK-45	98	2	ne	kystalický aragonit do dutinek v travertinu
KVK-47	4	96	ne	opálová bílá amorfni vrstvička na travertinu

Výsledky rentgenových analýz jsou detailně diskutovány v textu kapitoly 3.2. zprávy Vylita et al. (2005).

Tab. 25 Výsledky izotopických analýz

	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
Minimum	2.45	-18.39
Maximum	5.12	-15.83
Průměr	3.248914	-17.64

Interpretace výsledků izotopických analýz a komparativní analýza s výsledky z ostatních akumulací viz kpt. 3.4. zprávy (Kadlčáková J.). V grafu  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$  je patrné rozdělení mladších vzorků z prostoru Vřidelní kolonády do dvou množin.

Tab. 26 Výsledky geochronologických analýz

Vzorek	Lokalita, popis	Stáří
KVK-3	vřídlovec	Nevěrohodný výsledek
KVK-41	Hochstetterova lavice	Nevěrohodný výsledek
KVK-58	Hochstetterova lavice	Nevěrohodný výsledek
KVK-59	Hochstetterova lavice	Nevěrohodný výsledek
KVK-60	Hochstetterova lavice	Nevěrohodný výsledek

Další text je věnován popisu jednotlivých těles zřidelních sedimentů na Zámeckém vrchu a jejich dílčích segmentů.

## ***Akumulace zřidelních sedimentů v prostoru Zámecké kolonády a Tržiště***

### ***A. Prostor Zámecké kolonády***

Při hodnocení původního charakteru zřidelní sedimentace jsem vycházel z Scherrerových náčrtků z r. 1907, na nichž jsou dobře dokumentovány též průběhy hlavních trhlin a hranice mezi varietami granitu.

Před anomálně velkým antropogenním zásahem ve formě odtěžení tisíců kubickým metrů granitů, aragonitu, rohovců a výplně hlavní i vedlejší pukliny, v l. 1909 – 1910 (Knett, 1909, dokumentace realizace Kampe, 1911), tedy právě např. v roce 1907, byl výskyt zřidelních sintrů dokumentován až 3 m s. od předního jímání Zámeckého pramene, údajně zde byla dokumentována až 1,5 m mocná vrstva sintrů na západní straně hlavní trhliny, tedy pozičně cca 3 m na SSZ od starého jímání No. 11b. Sintry byly též původní výplní jižní části zmiňované hlavní trhliny.

Hlavní trhlina (též jímací trhlina, „Fassungkluft“), vyvádějící na povrch termu a plyn, byla kvůli starším jímáním termy několikrát vyčištěna od písečných a jílových (dle barvy zřejmě kaolinit, dickit) nánosů a rozšířena, původně se rozšiřovala od J k S přirozeně (max. šířka cca 1,10 m). Na místě předního jímání No. 11b byla v minulosti odstraněna granitická „brekcie“ (zjevně mylonit či kataklasticky postižený granit, tmelený do podoby soudržné horniny rohovcovou a místy i aragonitovou hmotou), údajně tvrdá a kompaktní (Scherrer 1907), která se vyskytovala klínovitě mezi dvěma puklinami a vyklíňovala asi 12 m před předním jímáním No. 11b. Zhruba v tomto úseku směrem k J začínala souvislejší poloha zřidelní sedimentace. Již v r. 1907 zde byly granity a vřídlovcové vrstvy očištěny a překryty cementem kvůli těsnění, na jiných místech přizděny klinkry, hlavně tam, kde byly též sekundární pukliny. Ostatní deprese byly těsněny jílem dusaným, ten byl užit též na těsnící práce v hlavní trhlině. Kromě hlavní trhliny směru 330° se v základové půdě Zámecké kolonády vyskytuje další, téměř paralelně probíhající puklina, upadající příkře k V až SV, směru SZ-JV, s historickými výskyty plynu a minerální vody. Snad se jednalo o ředěnou termu karlovarského typu (dle přepočtu autora zprávy činila TDS těchto vod cca 28% TDS z typické vřidelní vody, mineralizace byla tedy na úrovni zhruba 2 g.l<sup>-1</sup>), vyvěrající při zásazích zřejmě z průniku pukliny s výše již zmíněnou příčnou puklinou (tzv. vedlejší puklinou dle Knetta, 1907).

Ve skalním masivu Zámeckého vrchu jsou dále velmi dobře patrné vertikální a horizontální pukliny a trhliny, místy (např. prostor staršího jímání

Zámeckého pramene No. 11a) vyplněné jílovou hmotou o mocnosti až 50 mm. Velmi mocná rohovcová žíla tvořila atektonickou hranici mezi načervenalým, hrubozrnným granitem na SV a V od hlavní trhliny a drobně až středně zrnitým, do šeda zbarveným granitem na JZ a Z. Dnes vlivem stavu odtěžení masivu nelze tuto mocnou polohu již dokumentovat, vykličuje totiž na V stěně a dále pokračuje jako puklina v granitu, vyplněná okrem a kaolinickými jíly.

Z ostatních diskontinuit je významná puklina směřující příčně k ostatním, na jejímž křížení s hlavní trhlinou směru 330° bylo vybudováno staré jímání č. 11a (Zadní pramen). Zajímavým jevem jsou zde “ledovcové díry” v zadní části hlavní trhliny, v místě styku s příčnou puklinou (u č. 11a), pocházejí z činnosti prosté či málo mineralizované podzemní vody vytékající z příčné pukliny.

Hlavní pukliny a trhliny byly až do r. 2001 částečně zaneseny degradovaným stavebním materiálem ze starších úprav jímání 1907, 1911 aj., částečně se vyskytovaly i relikty sintru odtokového charakteru. Původní rozsah výplně je patrný např. na Scherrerových profilech stavenišť; často se na trhlínách vyskytovala též pisečná výplň a jíl či hlína.

#### A.1. Hochstetterova lavice

Jevem zcela výjimečným z hlediska zachování mocných a přístupných poloh zřidelní sedimentace je tzv. Hochstetterova lavice, velmi dobře geologicky dokumentovaná již v r. 1878 Ferdinandem von Hochstetterem při demolici staré radnice na Tržišti.

Obr. 22 Hochstetterův náčrt odkryvů ZS na úpatí Zámeckého vrchu v r. 1878



Z rytiny na Obr. 22 je patrné, že při demolici domu „Bílý orel“ bylo odkryto anizotropní těleso zřídelných sedimentů tvaru ploché klenby o maximální mocnosti 1,3 až 1,4 m, omezená jak v nadloží, tak v podloží granitem. Klenba je tvořena poměrně mohutnými lavicemi, na jejichž povrchu jsou dle starších i novějších dokumentací často nápadné čeriny (mikrokaskády, např. Myslíl, Tyráček, 1962; Vylita B., 2001 aj.). Lavice vyklíňují ve směru proti skále Zámecké věže a naduřují směrem k Tržišti. Lavice v celé mocnosti sestávaly z koncentrických vrstev a proužků jemnozrnného aragonitu. Při bázi i stropu aragonitových poloh byly zaznamenány četné úlomky „vrostlého“ granitu. Na této pevné vrstvě je uložena další, cca 0,50 m mocná, tvořená nepevnou žlutou, okrovitou masou s četnými bílými aragonitovými drůzami.



Načervenalý granit (a brekcie) v jejím nadloží je prostoupen vrstvami vřídlovce o maximální mocnosti 0,30 m (nejspodnější vrstva). Tato vrstva vyklíňuje směrem k Zámeckému vrchu, zatímco směrem k Tržišti probíhá paralelně s podložní mocnější lavicí aragonitu, vrstvičky nad ní jsou uloženy subhorizontálně. Terma tedy zřejmě vystupovala po horizontálních puklinách v granitu.

Dle v. Hochstettera (1878) vznikla tato akumulace nepřetržitým odtokem vody přes skalní útesy úpatních partií Zámeckého vrchu do Teplé. Dle něj je celá zřidelní sedimentace Karlových Varů tvořena „více klenbami, rostoucími různě přes sebe“. S tím lze souhlasit např. u sedimentů odkrytých v r. 2001 při rekonstrukci Zámecké kolonády, které jsou charakteristické též přítomností železitých okrů v dutinách a trhlinách; na druhou stranu je však nutné geneticky vyčlenit více než 1 m mocné lavice vřídlovce v nižších částech svahu za Tržní kolonádou, které jsou jednoznačně žilného původu; jejich abnormální mocnost je způsobena krystalizačním tlakem nově se tvořících krystalů aragonitu.

Prací zásadního významu pro poznání zřidelní sedimentace Zámeckého vrchu je práce A. Scherrera z r. 1907 o novém jímání Zámeckého pramene. Potvrzuje, že zřidelní sedimenty byly zastíženy za Tržní kolonádou již 1,5 m pod terénem pod navážkami, výskyt vyšších poloh vřídlovců spolu s rohovci a brekciemi a skutečnost, že zřidelní sedimenty sintrovitého charakteru vyplňovaly hlavní trhlinu.

Rozsah lavicovitých vřídlovců Hochstetterovy lavice je překvapivě velký, z prostoru za dnešní Tržní kolonádou sahají přes Zámeckou kolonádu k Z až pod domy č.p. 1184, 1185, 1186 a 1187 v ulici Tržiště. Srv. mapu 1 : 1 000 v Příloze 5 a Obr. 23.

Pokud jde o formy zřidelních sedimentů, kromě klasických hlubinných a žilných typů vřídlovců (petrografické typy 1120, resp. 2100) a povrchových sintrových facií (3110) byla již zmíněna facie pramenních okrů (3180). K

těmto formám zde však přistupuje forma tzv. pstruhovce (1130), tedy forma se zvláštní genezí (srv. Katalog výstavy Vřídlo dělá kámen, Markredwitz, 2004). Pstruhovce považují za alterované a překrystalizované starší sintry s výraznějším podílem Fe minerálů.

Obr. 23 Sedimentace Hochstetterovy lavice se základy Zámecké kolonády



### ***B. Prostor Tržní kolonády***

Při hodnocení rozsahu a charakteru zřidelní sedimentace vycházím z údajů z 21 vrtných nebo mělkých jímacích objektů a z detailní kresby v rámci v. Hochstetterových pozorování; dále jsem využil ilustrativní náčrtky v měřítku 1 : 20 z listopadu 1911 od Kampeho (1911). Lokalizace dokumentačních bodů je uvedena v mapě v Příloze 2 práce.

Je zřejmé, že pod Tržní kolonádou pokračuje směrem k V sedimentace spodní partie Hochstetterovy lavice, spočívající na podložním granitu. Zvláště dobře je sklon vrstevních ploch průměrně cca 25° (23°- 34°) generelně k JV

(7h5° - 8h5°) a charakter sedimentace (lavice laminárních typů vřídlovců) patrný z příčného profilu jižní stěnou suterénu kolonády. Profily základovou půdou kolonády dobře dokumentují geologické profily vrtů BJ-74, BJ-75 BJ-86, BJ-77 (maximální hloubka 70 m pod stávající terén).

Prostor za kolonádou byl dokonale popsán v. Hochstetterem při demolici domu Bílý orel. Viz výše v textu práce, v kapitole o zřidelních sedimentech v prostoru Zámecké kolonády.

Z dostupné dokumentace a z provozního hodnocení současného stavu po rekonstrukci v l. 1991 – 1992 je však patrný značný destrukční vliv starších lidských zásahů v tomto prostoru.

### **C. Prostor Tržiště**

S ohledem na historickou urbanizaci této lokality je značně obtížné definovat rozsah zdejšího tělesa zřidelních sedimentů, rovněž vrtné práce se odehrávaly většinou až na samotném úpatí prostoru Tržiště a Zámeckého vrchu, tedy v místech vždy zastavěných (bývalá radnice, od r. 1883 Tržní kolonáda a jiné objekty). K hodnocení zdejších poměrů tedy využívám historických dokumentů (rytiny, fotografie a mapy).

Velmi ilustrativní dokumentací poměrů v této části území je účelová dokumentační fotografie s výškovým zaměřením z práce Schaerfa (1884) „Canalschlitz in der Sprudelschale am Marktplatz 1883/4“, která v prostoru ulice cca 8 m z. od dnešní příčné haly Vřidelní kolonády v úrovni 0,40 - 2,88 m p.t. (tedy 379,20 – 376,70 m n.m.) zřetelně dokumentuje pozici zřidelních sedimentů v lavicovém vývoji se sklonem jejich reliéfu k V, k řečišti Teplé (spád lze dohadovat na cca 0,35 m výškového na 1 m délky výkopu k V). Srv. Obr. 24. Zřidelní sedimentace je zde překryta antropogenními uloženinami (staré kvádrové zdivo, podsyp uliční komunikace, zásypy starších kanálů aj.).

Obr. 24 Starší dokumentace výkopů na Tržišti (1884)



Rosiwal (1899) popisuje základové poměry staveb nově budovaných na pozemcích bývalých domů Tempel, Merkur a Neapel. Profil v místech suterénu dnešního objektu Tržiště 11 (DB KB-1 a KB-2; terén 379,6 m n.m.) jasně vypovídá o superpozici sintrů a sintrových konglomerátů náležejících k akumulaci Zámeckého vrchu a Tržiště ve vztahu k aragonitům centrální

akumulace. Zajímavý je postřeh o vyklenutí této podložní vrstvy, ověřený později na mnoha místech v řečišti Teplé aj.

Tyto starší údaje jsou velmi cenné zvláště s ohledem na v současnosti připravovanou rekonstrukci objektu Tržiště 11, uvažující mj. s rozšířením suterénních prostor a vyhloubení výtahové šachty. Operativní správce přírodních léčivých zdrojů na jejich základě vydal zamítavé stanovisko k zamýšleným zemním pracím v rámci rekonstrukce.

Schaerf (1900) dokumentuje v dobré shodě s v. Hochstetterem (1878) zřidelní sedimenty při rekonstrukci jámek pramene Karla IV. realizované v r. 1896 (lavice v granitu o mocnosti až 1,20 m). Dále uvádí, že v l. 1883-1884, při průzkumu trasy kanalizace na Tržišti (viz též výše v textu) mezi domy č.p. 36 Bílý lev a č.p. 29 (tehdy „Tempel“) byla zastižena vrstva vřídlovce o velké mocnosti, od hloubky 0,40 m pod úrovní chodníku až do hloubky 2,53 – 2,57 m, aniž by mělké vrty (0,40 m) ve dně jámy dosáhly jejího podloží. Výjimku tvoří poměry před domem č.p. 35 (dnes „Wolker“), kde ani v hloubce 3,75 m p.t. nebyl vřídlovec zastižen. Srv. též poznámky ze zdejších výkopů z r. 1929 (sine, 14.11. 1929).

Zajímavé je též tvrzení tohoto autora, že zřidelní sedimenty nejsou vyvinuty pod Jánským mostem. V rámci zemních prací na shybce kanalizace v r. 1967 a při ověřování mostních základů v předpolí mostu v r. 1968 skutečně nebyly vřídlovce zastiženy; zřejmě je zde takto doložen vliv říční eroze a/nebo starších antropogenních zásahů při zakládání mostu. Již v nevelkých vzdálenostech od mostu, po jeho obou stranách (viz dokumentační body K-2 na pravém břehu, resp. V-1 na Tržišti na břehu levém) byly totiž zřidelní sedimenty dokumentovány.

Kromě již zmíněných dokumentů jsou pro hodnocení prostoru Tržiště k dispozici další popisy výkopů v prostoru Tržiště (např. Oertl, Gruber, 1902; Knett, 1907 aj.) dokumentující v základech budov č.p. 11, 9 a 7 měkké travertiny, recentními sintry tmelené „aragonitové brekcie“ a směrem k S (k

dnešnímu objektu Purkyně a jeho okolí) pak sintrem tmelené štěrký a aragonitové „broky“.

Místy zde byly zaznamenány přechody do pevných lavic se sklonem a vykliňováním směrem k Teplé s tím, že lavice jevíly poměrně malou mocnost.

Kampe (1931) a Lang (1939) popisují výskyty vřídlovců na z. straně ulice Tržiště (dům U Tří mouřenínů ve formě vyklenutých lavic, sahajících až cca 7,5 m od uliční čáry. Podobně pak dokumentuje zdejší výskyt zřidelní sedimentace Vylita B. (1970) a to v podobě lavice vřídlovce o mocnosti minimálně 1,20 m. Srv. Přílohu 4.

V dobré shodě s předešlými pracemi je dokumentace kopaných a vrtných sond realizovaných v prostoru Tržiště pro potřeby výstavby nové Vřidelní kolonády (v l. 1966 – 1974, in Vylita B., 1978). Vřídlovec byl zastížen v hloubkách 3,50 – 4,00 m p.t. a jeho podloží nebylo nikde věrohodně dokumentováno. Rozdíl úrovní hlavy zřidelních sedimentů proti Schaerfovi (1900) je způsoben zřejmě postupující erozí řeky a staršími stavebními zásahy.

Vylita B. (1970) vysvětluje nepravidelnosti průběhu povrchu zřidelních sedimentů v prostoru Tržiště vyústěním bočního údolí od Zámeckého vrchu do údolí Teplé a spojenými geologickými procesy. Jeho profil napříč údolím zohledňuje tuto skutečnost. Svrchní vrstva sedimentace je narušena účinky mělkých podzemních vod a je značně kavernózní.

Úpravy suterénu objektu Purkyně na počátku 90. let spojené se zemními pracemi (výkopy pro šachty výtahů) umožnily dokumentovat charakter a minimální mocnost zřidelních sedimentů v této části Tržiště. Byly zastíženy laminární typy klasických vřídlovců, charakteristické nepravidelným střídáním bělavých a červeně zbarvených vrstviček, vyvinuté do podoby masivní lavice. Celková mocnost zřidelní sedimentace zde činí minimálně 1,2 m s tím, že báze sedimentů nebylo s ohledem na potenciální indukci



významnějších vývěřů mineralizované termy dosaženo. Hustota diskontinuit v zřidelních sedimentech dosahovala cca 200 mm. (Vylita B., Vylita T., 1997).

Vylita B., Vylita T. (1992) ověřili validitu starších tvrzení, totiž že v uliční komunikaci Tržiště proti domu Purkyně lze měkký sintr zastihnout již 0,30 m pod terénem. Dokumentace liniových zásahů v komunikaci přinesla identické informace (Vylita T., 2002). Srv. též fotografii na Obr. 25.

Obr. 25 Dokumentace mělkých výkopů v prostoru s. části ulice Tržiště



Dle excerptovaných prací lze usuzovat, že na úpatí Zámeckého vrchu v prostoru mezi starým jímáním pramene Karla IV. (No. 17, No. 18) a prvními domy na S ulice Tržiště byla (a stále fragmentárně je) vyvinuta

samostatná kupa povrchových forem zřidelních sedimentů, která je dokladem existence soustředěných výtoků minerálních vod v těchto místech (srv. též Myslík, Tyráček, 1962). Tato kupa je naložena na lavicovitém vřídlovcí Hochstetterovy lavice a ve východní části Tržiště též na laminovaných vřídlovcích centrální kupy Vřídla.

### ***Antropogenní ovlivnění akumulací zřidelních sedimentů***

Skalní podloží bylo v prostoru dnešní Zámecké kolonády a Tržní kolonády obnaženo již ve středověku v rámci nejstarší výstavby. Nejstarší památkou na území historických Karlových Varů je právě Zámecká věž, založena kolem r. 1358, budování gotického hradu (tedy nikoliv jen loveckého dřevěného hrádku, jak bylo dosud popisováno) znamenalo první výraznější zásahy do konfigurace tělesa zřidelních sedimentů na plošině před Věží.

Výstavba ve spodních i horních částech ulice Tržiště přinesla sebou odtěžování značných kubatur skalního masivu i vřídlovců, masivnější zásah byl proveden ve formě demolice domu Bílý orel v r. 1878 a dále v r. 1883 při výstavbě provizorní Tržní kolonády. Skutečně zásadní z hlediska celkové konfigurace úpatní části svahu Zámeckého vrchu však bylo obnažení masivu v r. 1906 a velkoplošné odtěžování granitu a vřídlovců při přípravě výstavby nové Zámecké kolonády v l. 1909 až 1910 (Knett, 1909; Kampe, 1911).

Rekonstrukce domu Purkyně (dříve Ritter) znamenala mělký zásah do zřidelních sedimentů ve formě laminovaných vřídlovců (Vylita T., 1993).

Rekonstrukce a přístavba Zámecké kolonády v l. 2000 – 2001 přinesla rovněž zásahy do skalního podloží, odtěžen však byl pouhý zlomek kubatury z l. 1909-1910. Dokumentace je pořízena ve formě videozáznamu (Vylita T., 2001).

Podobně jako v jiných lokalitách ve vývěrové zóně docházelo i na Zámeckém vrchu k úpravám průběhu reliéfu skalního podloží při jímacích pracích.



Zámecký pramen byl objeven v r. 1769, využit však byl až po roce 1784, kdy byla jeho voda přivedena do kamenné jímky. První jímání bylo provedeno v r. 1797, jímka byla vyžděna a překryta granitovou deskou. Nad pramenem vznikla polokruhovitá ochranná stavba. V roce 1819 byla jímka prohloubena a rozšířena a pramen znovu zachycen tak, aby byl od r. 1823 opět využíván (přeliv v úrovni 393,50 m n.m.). V l. 1823-1895 zde probíhaly běžné krenotechnické práce (zpráva Scharf, 1900). V r. 1846 byl pramen nově jímán na puklině SSZ-JJV směru se sklonem 60-70°k V a dále byl vystavěn nový pramenní pavilon s malou kolonádou; v r. 1851 následovalo nové jímání pramene asi o 1,5 m hlubší než jímání z r. 1846. V závěru r. 1878 proběhly úpravy na pramenním jímání, v r. 1895 bylo realizováno v pořadí již 5. zachycení pramene (Scharf, 1900). V r. 1900 bylo realizováno prohloubení jímání, v r. 1902 nové jímání (přeliv 389.157 m n.m) a v r. 1906 a 1907 nové Scherrerovo jímání I. a II, označované dnes jako No. 11b, a No.11a. V r. 1912 opět realizováno nové jímání, v r. 1914 byl zřízen odtokový kanál a od r. 1919 i vedení termy k hornímu výtoku. V r. 1938 provedena obnova těsnění pramenního zvonu horního výtoku Zámeckého pramene, v r. 1948 v době oprav zjištěno ředění termy No. 11a asi 40% podzemní vody a provedeno očištění skalního masivu a jímání a rovněž omytí skal. V r. 1965 zahájena rekonstrukce chybného systému zásobování Paradentozního ústavu. V r. 1985 vyhloubeny průzkumné vrty HJ-23, HJ-32a, HJ-32b a HJ-32c a posléze i jímací vrty BJ-79 a BJ-81.

Celkem lze pro ilustraci konstatovat, že Zámeckých pramenů bylo v historii dokumentováno celkem 8, nových průzkumných vrtů v tomto prostoru pak bylo realizováno celkem 7.

V r. 1991 – 1992 byla vyhotovena kopie Tržní kolonády, v rámci stavebních prací byla upravena plocha se starými divokými vývěry na Z. od schodiště mezi Tržní a Zámeckou kolonádou.

#### **4.12.5. Akumulace zřidelních sedimentů na plošině před Zámeckou věží**

Tato lokalita s výskytem zřidelních sedimentů v reliktních mocnostech se nachází na úzkém ostrohu skalního masivu nad Tržní kolonádou, který je na svém v. konci uzavřen objektem Zámeckou věží. Prostor před touto stavbou je uměle zarovnan do podoby plošiny využitě místní komunikací a přiléhajícími parkovišti.

Lokalita byla historicky urbanizována v několika stavebních etapách již od vrcholného středověku. První zmínky o zdejších vřídlovcích se objevují ve starších mapách z 19. století; jejich pozice byla ověřena průzkumným vrtem HJ-23 (Vylita B., 1985; Vylita T., 1986) a archeologické výkopy na začátku 21. století (Klsák, 2001) umožnily přímý odběr vzorků sedimentace (Vylita T., 2001).

Antropogenní zásahy do této akumulace jsou velmi výrazné, první zásahy sebou přineslo zakládání gotického hradu, další pak, především ve východní části území před Zámeckou věží, budování poměrně rozsáhlých sklepů s mírně klenutými stropy cca 2,90 – 3,00 m vysokými.

Přes poměrně plochou vrcholovou část ostrohu prochází středová porucha zlomového pásma tzv. karlovarské zřidelní linie směru SSZ-JJV. Je zřejmé, že právě přítomnost významné poruchy spojené s výstupem termální vody je příčinou vzniku tělesa zřidelní sedimentace, byť vlivem morfologie terénu plošně nevelkého (nejmenší akumulace zřidelních sedimentů ve vývěrové zóně).

Již Knett (1907) vykresluje přibližný rozsah zdejší zřidelní sedimentace, její přítomnost je potvrzena dokumentací výkopů z r. 1929 (sine), kdy při pracích na pokládání potrubí užitkové vody byl na plošině před Věží proti domu č.p. 429 v cca 1 m hloubce (tj. cca 398,40 m n.m.) dokumentován bílý vřídlovec.

Vylita B. (1979) uvádí, že při starším průzkumu ověřil výskyt vřídlovce u Zámecké věže a v žulovém podloží zjistil aragonitový žilník. Zhruba na úrovni výskytu vřídlovce dokumentuje relikty pleistocenní terasy. Další průzkumné práce tohoto autora (Vylita B., 1991) opřené již o hlubší vrtné práce (vrt HJ-23) dokumentují skutečnost, že pod šterky cca 1,4 m pod povrchem je vyvinut vláknitý vřídlovec páskovaný, cca 0,20 m mocný a dále silicifikovaný granit. Srv. např. profil vrtu HJ-23 (DB 9 v databázi).

Vylita T. (2001) geologicky dokumentoval archeologické výkopy v těchto místech. Srv. Obr. 26. Zatím poslední průzkumy zde provedl Vylita B. (2002), výsledky jsou v dobré shodě s předešlými dokumentacemi.

Z hlediska absolutního stáří je podstatná skutečnost, že tyto vřídlovce spočívají pod nadložními šterky druhé pleistocenní terasy a jsou naloženy přímo na podložní granit. Na základě datování stáří geochronologickou analýzou U-Th Series (H. Hercman, 2005) považujeme tuto akumulaci za nejstarší v celé vývěrové zóně.

Tab. 27 Seznam provedených vzorkovacích a laboratorních prací

<b>Vzorek</b>	<b>Lokalita</b>	<b>Rtg</b>	<b>Výbrus</b>	<b>Isotop</b>	<b>KL</b>	<b>Chrono</b>	<b>CH</b>	<b>REM</b>	<b>Morfologie povrchu</b>
KVK-5	Věž							X	

Vzorky zřídelních sedimentů byly podrobeny makroskopickému i mikroskopickému zkoumání. Potvrzení této hypotézy o stáří zdejších vřídlovců spatřujeme i v jejich zvláštním petrografickém charakteru. Laminární typy vřídlovce z prostoru Zámecké kolonády se zde již nevyskytují, zdejší vřídlovce jsou masivní (petrografického typu 1110), méně zkorodované typy pak jeví zřetelně krystalickou strukturu. Typické projevy pokročilé koroze, nezaměnitelné s korodovanými zřídelními sedimenty z řečiště,

kostelní akumulace či z Divadelního náměstí, jsou dobře patrný nejen makroskopicky ale především na snímcích z elektronového scanovacího mikroskopu TUM REM.

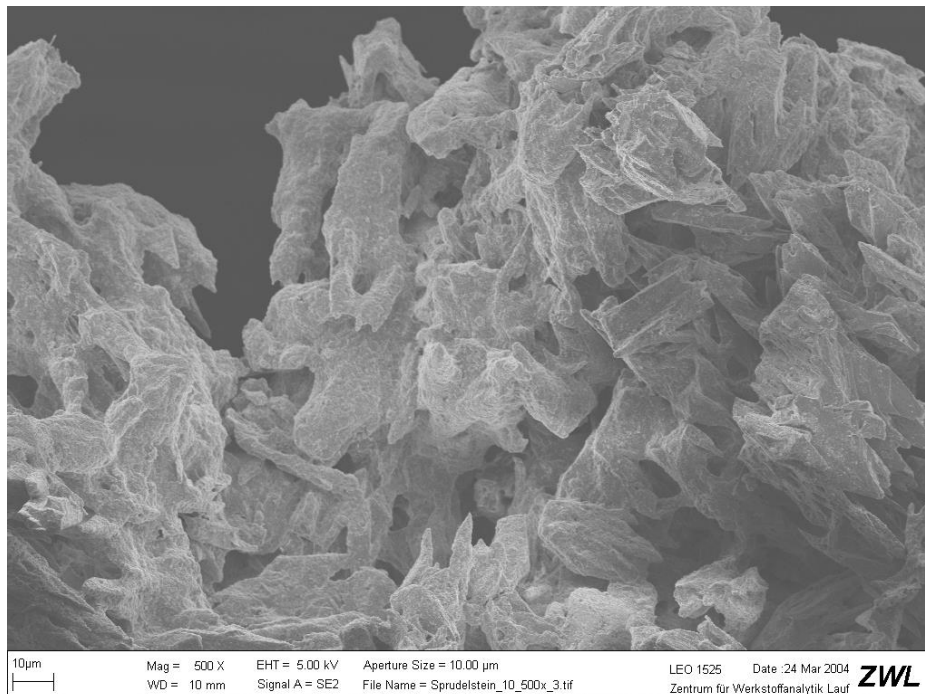
Kromě zřidelních sedimentů, nabývajících vlivem svého stáří zvláštních forem, jsou pro plošinu před Věží typické i křemenné žíly světlejších barev s rudohnědými polohami, pronikající podložní granit. Srv. např. vzorek KVK-5.

Geneze této akumulace není zcela jasná. Vzhledem k nově zjištěným údajům o stáří sedimentů níže ve svahu Zámeckého vrchu pod Zámeckou kolonádou lze soudit, že v úvahu přichází kromě standartního uložení těchto zřidelních sedimentů na významném zlomu SSZ – JJV vystupujících proplyněných terem v době pleistocénu ještě málo zařízlého koryta Teplé i hypotéza o „vytlačení“ terem na zlomu do vyšších poloh staršími zřidelními sedimenty, zatěsňujícími dno údolí.

Obr. 26 Dno sondy KS-A3 na plošině před Zámeckou věží



Obr. 27 Snímek z elektronového mikroskopu vzorku (KV-10) vřídlovce ze dna sondy KS-A3 na plošině před Zámeckou věží (zvětšeno 500 x)



Na snímku na Obr. 27 je patrný vysoký stupeň povrchové koroze vřídlovce z plošiny před Věží. Patrné jsou rovněž projevy mikrokrasovění (zaoblené tvary na okrajích snímku), pravděpodobně způsobeného rozpouštěním povrchu aragonitu povrchovými či srážkovými vodami.

#### 4.12.6. Kupa Mlýnské kolonády

Tato akumulace zřidelních sedimentů se nachází v úpatní části dílčího svahu Zámeckého vrchu na levém břehu řeky Teplé cca 250 - 320 m od centra vývěrové zóny. Úzké údolí, resp. směr koryta řeky na jeho dně, je zde tektonicky predisponováno zlomy směru SSZ-JJV a Z-V, dobře obnaženými v prostoru starých jímacích objektů Mlýnského pramene. Dnešní konfigurace svahu není ve velké míře původní, ke stanovení jejich původního sklonu jsem využil analogonu ve formě skalního masivu za objekty v Lázeňské ulici 10, resp. 12, jehož reliéf je nyní velmi dobře patrný díky novému očištění.

Svahy údolí Teplé jsou v prostoru Mlýnské kolonády a jejího okolí poměrně strmé. Nadmořská výška zájmového území se pohybuje v intervalu cca 373 m n.m. (prostor řečiště proti obchodnímu domu Baťa) - 405 m n.m. (nižší části svahu nad Mlýnskou kolonádou, resp. nad pramenem Svobody u Špitálních pramenů). Místní erozivní bázi je koryto vodoteče Teplé v nadmořské výšce cca 372 m. Lokalita je od středověku částečně urbanizována, jednak na pravém břehu zástavbou Vřidelní ulice, jednak na levém břehu objektem dnešní Mlýnské kolonády a jejími předchůdci (Giesel aj.).

V prostoru probíhá dle syntetického hodnocení nových poznatků geologických i geofyzikálních středová porucha vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury, spjatá s výrazným tektonickým napětím, výrony plynu a termální vody, výskyty silicitů (Mlýnský pramen, Skalní pramen aj.), resp. zvýšeným termálním gradientem území. Vysoká tektonická expozice lokality je dále determinována stykem dvou variet granitu. Kontakty greisenizovaného, středně zrnitého granitu a jemnozrnného granitu facie Tří křížů byly zdokumentovány v rámci starších průzkumů (Vylita B., 1985-2004, Knett 1898-1914). Detailní rozsah greisenové facie však není dosud znám (Babůrek, 1989). Úložné poměry jednotlivých těles zřidelních sedimentů viz dále v textu kapitoly.

Zásahy od doby Skalníkovy až po masivní odtěžování skalního masivu pro výstavbu „nové“ kolonádní stavby J. Zítka (1879) determinovaly přítomnost původních zřidelních pouze v reliktních mocnostech. Více než v jiných lokalitách se při deskripci zdejšího tělesa vřídlovců a sintrů opírám o historické podklady ve formě starých popisů řečiště, Bernardovy skály, popisu rozšiřování prostoru za Tereziinými prameny, dokumentaci zásahů u starých jímání Mlýnského pramene apod. V současnosti nejsou v celém prostoru Zítkovy kolonády polohy zřidelních sedimentů přístupné, vyjma nejmladší sedimentaci spojenou s vývěry termy (přelivné vázy využívaných zdrojů, okolí divokých vývěrů v suterénu kolonády, staré odpadní kanály, recentní sedimenty v místnosti Orchestřištních pramenů a sedimenty v šachtici Tereziiných pramenů.

Rozsah zdejší samostatně vyčleňované akumulace sintrů, žilných typů vřídlovce a sintrem tmelených fluviálních, méně často i deluviálních sedimentů je vyznačen v účelové mapě 1 : 1 000 v Příloze 4.

Při definování dnešního rozsahu akumulace jsem vycházel z celkových 157 dokumentačních bodů, z nichž u 90 objektů jsou k dispozici geologické profily, ať již původní (např. vrty řady BJ, resp. HJ z 80. a 90. let 20. Století, Vylita B., 1991 aj.), nebo nově interpretovanými na základě starých fotografií a popisů (např. Suess, 1908, 1909) či nákresů starých jímání (Rusalka - No. 36, Orchestřištní prameny - No. 45a, No. 45b, Mlýnské prameny No. 30, No. 33, No. 34 a No. 35, údaje z hloubení stvolů vodočetných pažnic No. 72 aj.). Seznam a lokalizace dokumentačních bodů viz Příloha 2 práce. Dále jsem při definování hranic zdejších zřidelních sedimentů využil výsledky z georadarových měření a to především na samotném s. uzávěru akumulace (v řečišti naproti obchodnímu domu Baťa) a ve Vřidelní ulici mezi Baťou a Mlýnskou lávkou. Srv. Přílohu 4 práce.



Obr. 28 Zlomové porušení granitového masivu s rohovci v jihozápadní části Mlýnské kolonády



Tab. 28 Vzorkovací a analytické práce v prostoru Mlýnské kolonády

<b>Metoda</b>	<b>Počet analýz</b>
Rentgenová difraktometrie	1
Isotopické analýzy $\delta^{13}\text{C}/\delta^{18}\text{O}$	0
Chronologie U-Th methods	0
silikátová analýza	1
Výbrusy a mikrofotografie	1
Morfologie povrchu ESM	0
Katodová luminiscence	0
Paleomagnetické metody	0

Tab. 29 Výsledky geochronologických analýz

<b>Vzorek</b>	<b>Lokalita, popis</b>	<b>Stáří</b>
KVK-7	Hoffova brekcie	Nevěřohodný výsl.



***Vlastnosti zřidelní sedimentace lokality Mlýnská***

Na základě studia dostupných dat soudím, že v tomto prostoru existují minimálně dvě tělesa zřidelních sedimentů, z nichž jedno je vázáno na úpatní části svahu Zámeckého vrchu (Skalníkových sadů) a přilehlý prostor aluviální nivy a druhé na samotné řečiště Teplé včetně přilehlých pravobřežních částí Vřidelní ulice. V prostoru západní části řečiště dochází místy k překryvu obou těles. Srv. např. profil II/1 dle Suesse (1908).

Za zcela zásadní v tomto směru považuji reinterpetaci Suessových pozorování Scherrerových těsnících prací v řečišti Teplé z r. 1907-1908 (Scherrer, 1909; Suess 1908 a 1909). Z dokumentace a nově nalezených fotografických materiálů tohoto prostoru na pravé polovině koryta řeky, o délce 74 m, šířce 8,5 m a hloubce výkopu 4 m pod dnem koryta, je zřejmé, že zemními pracemi zde bylo zastiženo nečekaně mohutné, ale značně nehomogenní a anizotropní těleso žilných vřídlovců v lavicovitém vývoji a dále nadložní fluviální sedimenty s vřídlovcovým či sintrovým tmelem (tzv. tvrdé konglomeráty Suessovy).

Scherrerova zpráva ze dne 22.03. 1909 (archiv Zřidelního inspektorátu Sgn. 4-39) zmiňuje mj. skutečnost, že „práce na odkryvech prokázaly propustnost celého pramenního systému a to, že vřidelní deska je roztržštěná a nesouvislá“. Z analýzy dokumentace zemních prací lze dobře odvodit, že bylo zastiženo těleso převážně hlubinných typů vřídlovce s přípovrchově vyvinutou mělkou „klenbou“ s vrcholem v řečišti a s úklonem vrstev od tohoto elevačního vrcholu jak k ZJZ, tak k VSV. Generelně lze však dle starších novějších dokumentací kalkulovat se sklonem povrchu této akumulace směrem k východu a to pod úhlem 10 – 20°.

Vrchol klenby tělesa v podélném směru leží v okolí dokumentačního bodu 532, resp. 545 (srv. databázi dokumentačních bodů v Příloze 2 a též obrázek na Taf. V původní dokumentaci Suessově z r. 1908 a Taf. I v jeho separátu z roku 1909). Pokusil jsem se z dostupné dokumentace odvodit geologický

profil v tomto místě: v intervalu 0 - 1 m pod dnem řeky stará vyzdívka; 1,0 - 1,4 m tvrdý konglomerát – „prosintrovaný“; 1,4 - 1,9 m vřídlovec bílý, nevýrazně páskovaný, s cibulovitým zvrstvením lamin, místy až projevy koncentrické textury, neklidný vývoj, místy útržky až 150 mm granitových balvanů, směrem k SSZ i JJV dokumentován opět pokles těchto vrstev. Dále v intervalu 1,9 - 2,2 m konglomerát tvrdý; 2,2 - 2,4 m vřídlovec; 2,4 - 2,6 m granit; 2,6 - 2,8 m vřídlovec – žilník; 2,6 - 2,8 granit.

Rozsah tohoto tělesa není velký, dle Suesse (1909) zjevně rychle vyklíňuje v obou zmíněných směrech a dosahuje ve Vřídelní ulici maximálně pod frontální zdi zdejších objektů a druhým směrem zasahuje pod jv. část Mlýnské kolonády. Toto tvrzení podporuje dokumentace staré sondy No.73 z r. 1907 (Vylita B., 1970). V prostoru starého Bernardova pramene (dnes pramene Knížete Václava, BJ-53) spočívá aragonitová sedimentace přímo na podložním granitu, k V, směrem do předkolonádního prostoru pak částečně i na fluviálních sedimentech.

Hranice akumulace směrem k SSZ je stanovena dle georadarových měření a výsledků dokumentace vrtů BJ-56 (Libušin pramen), resp. BJ-44, BJ-45, BJ-46, BJ-96, BJ-97 a starého jímání No. 57 (Skalní pramen).

Pokud jde o jižní omezení akumulace v řečišti v okolí Mlýnské kolonády, není zcela jasné, byť např. Schaerf (1900) dokumentoval, že při stavebních pracích na domech č.p. 128-138 ve Vřídelní ulici byla zastižena strmě upadající skála, bez vřídlovce a bez vývěrů termy. Tento autor však dle prací v korytě Teplé soudí, že lavice vřídlovce pokračují v neztenčené mocnosti pod ulici s tím, že maximální hranice rozšíření zřídelních sedimentů leží zhruba pod frontálním okrajem dnešní zástavby.

Vzhledem k faktu, že hlubší vrt v řečišti v tomto úseku nezastihl zřídelní sedimenty a dále vzhledem k absenci jakýchkoliv informací o zastižení vřídlovce při zakládání domů v Lázeňské ulici 1, 3 a 5 soudím, že původní akumulace, která v tomto prostoru jistě existovala, byla až na málo rozsáhlé

rudimenty erodována. Tuto hypotézu podporuje i fakt, že v úpatních částech svahu Zámeckého vrchu ani v domech ve Vřídelní ulici, přiléhajících k tomuto „prázdnému úseku“ (srv. mapu dokumentačních bodů v Příloze 2 práce) nejsou ani nebyly dokumentovány výrony plynu či termy. Právě výrony plynu v úpatních částech okolních vrchů jsou téměř vždy dobrou indikací přítomnosti souvislejšího tělesa zřídelních sedimentů, které vytlačuje tyto výrony za svůj okraj, tedy většinou na kontakt se skalním masivem, budujícím ten který svah. Tyto případy jsou dobře dokumentovány v prostoru Zámecké kolonády nebo severnějších partií Vřídelní ulice naproti Mlýnské kolonádě (domy Rubín, Vulcan = bývalý dům Rother Stern).

Nov provedené a geologicky dokumentované zemní práce v suterénu objektu Salvator (Vřídelní ul. č. 37; Vylita B., 2007) potvrdily výše uvedenou hypotézu, projevy proplynění podzemních vod, jejichž přítoky do výkopů byly odlehčením litostatického tlaku indukovány, nebyly pozorovány, rovněž teplota těchto vod vázaných na puklinovou zvedeň v granitu s velkou hustotou diskontinuit nepřesahovala průměrnou hodnotu teploty vzduchu (7°C).

Na starších mapách území je v místech mezi Špitální a Mlýnskou lávkou patrný objekt jezu, lze tedy uvažovat i o jistém antropogenním vlivu na destrukci původně uložených zřídelních sedimentů v tomto prostoru (zvýšené účinky vodní eroze pod jezem). Eliminace zřídelních uloženin na obou březích Teplé i mimo prostor řečiště však svědčí o dominantní roli přirozených faktorů destrukce.

Otázkou tak stále zůstává případné propojení této akumulace s centrální (Vřídelní) akumulací, jejíž sedimenty jsou směrem k J od Mlýnské kolonády ověřeny již v prostoru Špitální lávky. Geneticky jsou obě tělesa příbuzná, petrograficky se však značně liší, nepočítáme-li sintrové formy, v případě Mlýnské akumulace převažují nad lavicemi spíše žilné typy, v případě Vřídelní akumulace pak o typy hlubinné vyvinuté v několika lavicích či vrstvách.

Je zřejmé, že geneticky je těleso žilných vřídlovců Mlýnské akumulace vázáno na existenci starých výronů termy v prostoru řečiště. Skutečnost, že řečiště v tomto úseku bylo a stále je termálně aktivní potvrzují zprávy o tom, že zde ještě v r. 1947 byl dokumentován průval termální vody (naproti starým vývěrům No. 51 v domě Vřidelní č.p. 92/21. Rovněž historické zmínky o Bernardově Vřídlu, tedy o vývěru termy s relativně vysokým tlakem, vypovídají o anomální termální aktivitě tohoto prostoru.

Úložné poměry tělesa vázaného převážně na řečiště Teplé a jeho blízké okolí jsou poměrně jednoduché, pod navážkami a vrstvou říčních štěrků se nacházejí tvrdé, sintrem a vřídlovcem tmelené a pronikané fluviální sedimenty (tzv. konglomeráty - štěrk s granitovými, rohovcovými aj. valouny a balvany, naložené již na granitovém fundamentu (jemně zrnitý granit variety Tří křížů, místy též středně zrnitý greisenizovaný granit). Poměrně mocné lavice vřídlovce pronikají rozloženým granitem, jejich mocnost se rychle mění. Celá hmota je provázena hustou sítí aragonitových žilek, prostupujících jak konglomerát, tak granit. Vřídlovcové lavice probíhají v neztenčené mocnosti i na přechodu mezi konglomerátem a granitem. Rozčleňují granit do podlouhlých nebo čočkovitě vyklínujících těles. V aragonitu byly dokumentovány četné pukliny a dutiny, z nichž vystupuje terma. Srv. fotografickou dokumentaci na Obr. 29.

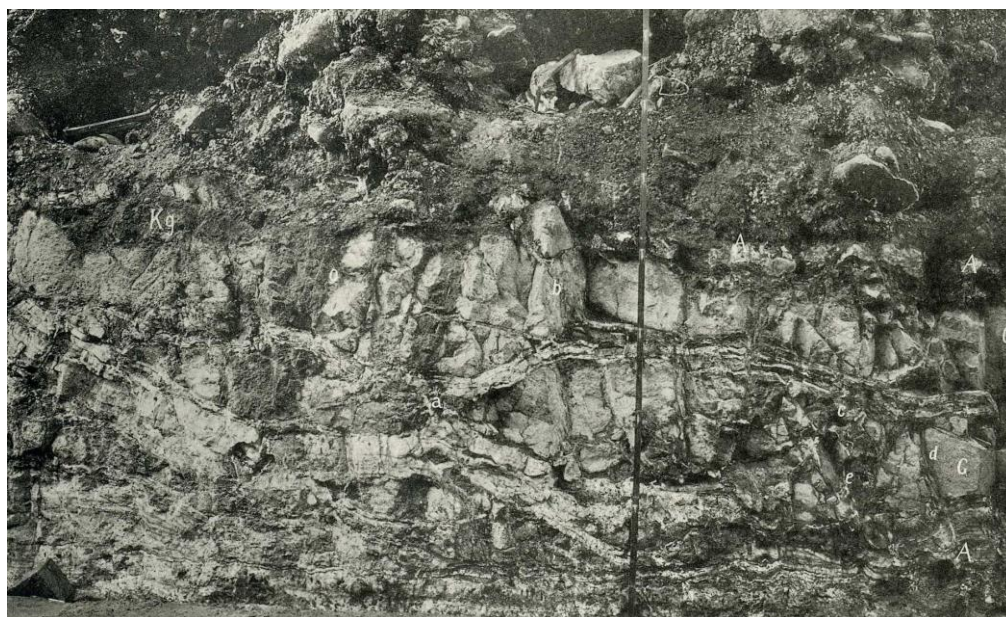
V již zmíněném profilu II/1 (dokumentační bod 554) je dokumentován výše avizovaný styk či překryv obou nově vyčleňovaných těles zřidelních sedimentů, tedy žilných vřídlovců a povrchových variet (sintrů): v hloubce 1,8 - 2,1 m pod dnem řečiště byl zastížen sintr s okrovými polohami a v intervalu 2,1 - 2,5 m pak již vřídlovec páskovaný v lavicovitém vývoji, s úklonem vrstev 20-30° k SV.

Údaje z hloubení starých jámek No. 72 a No. 73 v blízkosti levobřežní nábřežní zdi (Scherrer, 1907) potvrzují výše definované poměry, tj. vyklínování poloh vřídlovce směrem pod Mlýnskou kolonádu. Pravý břeh

Teplé bohužel zůstává v těchto místech bez přímé dokumentace, k dispozici jsou pouze fragmentární údaje o sedimentech v okolí starých jámek (v domech Rubín, Roter Stern ve Vřidelní ulici č.p. 89 a 92), hloubených v říčním štěrku, nasedajícím na strmě upadající granitový reliéf.

Je nesporně zajímavé, že Suessovy nálezy zřidelních sedimentů v kombinaci s rohovcovými žilami v prostoru řečiště před Mlýnskou kolonádou předznamenaly jeho teorii o žilném původu zřidelních sedimentů v celé vývěrové zóně zřidelní struktury (Suess, 1909). Vylita B. (1979) podtrhuje především nález situace, v níž aragonit vyplnil druhotně rozevřenou trhlinu rohovce a to podélně a symetricky“. V soukromé sbírce (Vylita B.) je k dispozici starý částečně broušený a leštěný vzorek zřidelní sedimentace z těchto výkopů, na němž lze velmi dobře dokumentovat přítomnost modrošedých silicitů a několika generací vřídlovce a celkově velmi neklidný vývoj v tomto prostoru.

Obr. 29 Polohy žilných variet vřídlovce u Mlýnské kolonády z prosince 1907 (patrné dno výkopu v úrovni 6,50 m pod dnem řečiště)



Existenci druhého tělesa zřidelních sedimentů, morfologicky málo nápadného, zjevně rovněž nepříliš souvislého a geneticky zcela jednotného vyvozují z reinterpretační dat ze starých jímání terem v prostoru Mlýnské kolonády (Mlýnský, Rusalka, Bernardovy prameny, Orchestřištní a Podestní prameny, Tereziiny prameny), získaných z archivu Správy a soukromých sbírek. Toto druhé těleso je charakteristické vývojem povrchových forem zřidelní sedimentace, buničitými a plátkovitými sintry, v mnoha případech vyvinutými ve dvou nepříliš mocných lavicích s úklonem k VSV, k řečišti Teplé (případy Mlýnského, Rusalčina a Bernardova pramene). Maximální mocnost těchto sintrů přesahovala jistě 1,8 m (např. staré jímání No. 34).

Skalní podloží tohoto druhého tělesa zřidelních sedimentů je tvořeno jednak greisenizovaným středně zrnitým granitem a jednak jemně zrnitým biotitickým granitem variety Tří křížů. Ke kontaktu těchto variet dochází v prostoru Orchestřištních pramenů.

Posledně zmíněné zřidelní sedimenty vznikly klasickým vysrážením z recentních a subrecentních divokých výronů termy, jejichž voda stékala před prvním jímáním (počátek 18. století) volně po skalním masivu úpatní části svahu Zámeckého vrchu k řečišti Teplé.

Omezení akumulací zřidelních sedimentů je minimálně v prostoru Mlýnského pramene a Orchestřištních pramenů tektonické, Vylita B. (1979) soudí, že „zvláště vhodný pro poznání strukturně-tektonických, geologických a hydrogeologických poměrů tohoto prostoru je umělý skalní odkryv nad jímku Mlýnského pramene“.

Zde je, zvláště po sanačním zásahu a očištění skalního masivu v r. 2003, dobře patrné poškození středně až drobně zrnitého granitu diskontinuitami několika směrových systémů. Výrazně se zde uplatňuje poruchové rozevřené pásmo vyplněné celistvou žilou tmavého rohovce nepravidelné mocnosti (max. mocnost až 0,7 m) generelního směru 260/65°, rozpukané ve směrech 108/50° a 310/40°. Charakteristické vertikální rýhování na tektonickém

zrcadle zlomu nad starým jímání Mlýnského pramene naznačuje výrazný (nejméně několika metrový) pohyb podél této plochy k JZ. Granit je rozpučen především podíl směrů 60/40°, 0/60°, 10/55°, 120/20-60°, 10/40-70°, 260-280/65-90°, 310/40-90° (Vylita B., 1979 aj.). Při úpatí svahu je v granitu patrné podrcené pásmo, tvořené ostrohrannými úlomky silně prokřemenělé jemnozrné žuly různých rozměrů, prostoupených a stmelených černošedým rohovcem s hnízdy sulfidů Fe a ojediněle i barytu. Srv. velmi ilustrativní fotografii této brekcie na Obr. 30.

Odlámání úpatních partií svahu pro potřeby staveb kolonád je dodnes dobře zřetelné (již r. 1711 je připomínáno novější jímání Mlýnského pramene, ostatní zásahy viz dále v textu).

Těleso zřidelních sedimentů z prostoru Mlýnské kolonády a jejího okolí pokračuje směrem k J do Lázeňské ulice. Před domem Palatin (Gromes, 1939/1940) byla při zakládání objektu v r. 1759 nalezena vřidelní deska, po proražení svrchních vrstev nebylo tyčemi ani ve 13 m naraženo dno dutiny, přičemž výrony termální vody z ní byly velmi silné.

Výkopy v Lázeňské ulici z 18.01. 1939 (archiv Quellenamt Karlsbad) v prostoru uliční komunikace mezi domy č.p. 25 a 26 (proti domu Tržiště 1/25, Piccadilly, resp. proti č.p. 26 Ritter, dnes Purkyně) a proti domu Tržiště č.p. 26, zastihly zřidelní sedimenty, které již však řadím k akumulaci Zámeckého vrchu, resp. prostoru Tržiště.

Jak již bylo diskutováno výše v textu při úvahách o rozsahu tělesa Mlýnské kupy, prostor mezi posledně zmíněnými výkopy a prostorem před domem Palatin je bohužel zcela bez informací o výskytu zřidelních sedimentů; zdá se však, že byly do velké míry erodovány činností řeky a antropogenními zásahy. Důvody, které mne vedly k tomuto tvrzení viz výše v textu.

Obr. 30 Rohovcová brekcie (Hoffova brekcie) z prostoru Mlýnské kolonády



### ***Antropogenní ovlivnění konfigurace tělesa zřidelních sedimentů***

Jímání Mlýnského pramene je známo již od 16. století, jméno je odvozeno od tehdejšího mlýna u řeky Teplé, který zde stával až do konce 18. století. Mlýnský pramen byl jeden z prvních malých pramenů, které F. Hofmann v r. 1705 navrhl k pitným kúram, takže stará jímání vyžadující úpravu konfigurace úpatních částí svahu, tedy i odtěžení zřidelních sedimentů, byla realizována v okolí dnešního Mlýnského pramene jistě již před r. 1711; v prostoru dnešního Rusalčina pramene pak od r. 1746, v prostoru pramene knížete Václava pak v r. 1787. V kolonádním prostoru proběhly dále jímací práce na jednotlivých pramenech v druhé polovině 19. století (např. Spaltenquelle u Mlýnského pramene, No. 33 v l. 1864 a 1897, Mlýnský No.34 v r. 1897 aj.) a na počátku 20. století (např. nové jímání No. 36, 1902; nové jímání Mlýnského pramene No. 32a; Scherrer, 1908). Novější jímání již byla prováděna bez úprav konfigurace skalního podloží nebo zřidelních sedimentů (Vylita B., 1991).



K odtěžení zřidelních sedimentů i podložního granitu z důvodů starších stavebních zásahů došlo v prostoru Mlýnského pramene, Tereziiných pramenů, Orchestřištních pramenů i Skalního pramene (1891). V polovině 18. století zde byly vybudovány Mlýnské lázně. V prostoru dnešní kolonády stával lázeňský dům z r. 1762, kolem r. 1800 zde byl vystavěn pavilon Tereziina pramene, v r. 1811 pak kolonádní objekt vybavený ochozem s dřevěnou podlahou. V r. 1830 byla za kolonádou Nového pramene realizována parková úprava promenády Tereziina pramene. V l. 1871 – 1882 byla vystavěna dnešní Zítkova kolonáda, v r. 1892 po odlámání Bernardovy skály došlo k dostavbě části u Skalního pramene.

Odlámání úpatních partií svahu za dnešní kolonádním objektem pro potřeby staveb kolonád, především pak té dnešní, největší, je dodnes velmi dobře zřetelné.

Cílem Scherrerových prací ve zdejším úseku řečiště Teplé bylo obnažit dno řeky pod šterky („bázi aluvia Teplé“), utěsnit eventuelní cesty termy betonem a zvýšit přelivnou úroveň okolních pramenů. Nejprve byly provedeny těsnící práce v pravé polovině řeky pod Křížovou, dnes Vřidelní ulicí. Poté provedeny zásahy blíže Mlýnské kolonádě.

Celkově lze antropogenní zásahy zhodnotit jako velmi zásadní, omezení rozsahu zřidelních sedimentů však není s výjimkou prostoru kolem Mlýnského pramene příliš významné. Dnešní rozsah jejich akumulace odpovídá přírodním poměrům a lze konstatovat, že byl modelován především procesy říční eroze a akumulace, resp. neotektonicky (viz omezení těles sintrů u Orchestřištních pramenů apod.).

#### 4.12.7. Zřídelní sedimenty v prostoru pramene Svobody

Směrem na S od tělesa zřídelních sedimentů v prostoru Mlýnské kolonády vyčleňují nově malé těleso zřídelních sedimentů v prostoru pramene Svobody. Jedná se o sedimenty reprezentované odtokovým plátkovitým sintrem, resp. hlouběji pod povrchem též sintrem prorostlými sutěmi a granitickým detritem. Maximální mocnost vrstev s projevy zřídelní sedimentace (údaje z jímání No. 59, DB 351 a 352) zde činí 2,25 m.

Ve skalním přilehlém svahu a v blízkém okolí (za Lázněmi III) byl dokumentován středně zrnitý, místy porfyrický granit, náležející mladšímu intruzivnímu komplexu karlovarského plutonu (tzv. krušnohorský typ, facie Jeleního skoku,  ${}^{\alpha}\text{Cs-P1}$ ), hydrotermálně alterovaný, místy s vyšším stupněm sekundárního porušení. Středně zrnitá varieta zde představuje jakýsi výběžek do v okolí běžnějšího jemnozrného granitu. Kontakty spjaté s vyšším tektonickým porušením horniny jsou dokumentovány SZ a JV od zájmové lokality. Hloubka uložení skalního podloží v prostoru starých jímání pramene Svobody činí cca 6, 1 m pod povrchem (No. 59a).

V granitu je vyvinuto několik systémů diskontinuit, z nichž dominantní jsou dva systémy o směrech spádnic  $180^{\circ}$  -  $187^{\circ}$  se strmými sklony  $75^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  k S a  $230^{\circ}$  -  $245^{\circ}$  se strmými sklony  $70^{\circ}$  -  $80^{\circ}$  k V i Z. Druhý ze systémů tak reprezentuje směry paralelní s karlovarskou zřídelní linií (směru SSZ-JJV), významným tektonickým prvkem zdejší cirkulace proplyněných termálních vod.

Ve fragmentárních dokumentech o Špitálních pramenech či Cambridgeské kyselce se zmínky o zřídelních sedimentech nevyskytují, předpokládáme zde však běžnou tvorbu povrchových forem sedimentů typu odtokových forem sintrů, doprovázejících vývěry proplyněné termy.

Změny v konfiguraci skalního podloží a kvarterních sedimentů provedeny již v rámci nejstarších jímacích prací v r. 1865, dále v r. 1898 a 1906. Výstavba štoly s jímacími objekty No. 59, No. 59a na konci 19. století rovněž přinesla výrazné změny v proudění mělkých podzemních vod, sestupujících ze svahu Zámeckého vrchu.

Špitální prameny byly jímány již před r. 1571 (Sommer, 1571) ve spodních partiích svahu Zámeckého vrchu. Odtěžení kvarterního pokryvu a odlámání skalního podloží pro potřeby výstavby nemocnice pro cizince je zjevné.

Důležitým faktem pro hodnocení situace v tomto prostoru v blízkosti dnešních Lázní III je ten, že Špitální prameny nebyly při demolici starého špitálu řádně likvidovány a pravděpodobně dlouhodobě a v jisté závislosti na výšce a intenzitě atmosférických srážek prosakují do zasucených sklepů bývalého špitálu dodnes (Obr. 31 a Obr. 32). Vývěry teplých vod s mineralizací cca 2,5 – 3,0 g.l<sup>-1</sup>, objevující se aktuálně na rohu zárubní zdi v úpatí svahu, lze zřejmě připsat právě „přepadům“ termy z druhotných akumulací těchto sklepů, v nichž kromě zchlazení termy dochází též k jejímu ředění s výše zmiňovanými freatickými vodami ze svahu. Výsledná teplota těchto výronů činí cca 20 – 25°C dle sezónní teploty vzduchu. Zajímavé jsou zdejší termofilní mikroorganismy, identifikující vývěry termy v předstihu před jejich negativním ovlivněním stavu suterénu blízkých Lázní III.

Obr. 31 Vývěry termy do sklepních a dvorních prostor bývalého špitálu u pramene Svobody detekované jako výdechy par v chladných obdobích



V říjnu r. 2003 byla v zájmovém prostoru provedena atmogeochemická měření, jejichž cílem bylo ověření průběhu tektonických zón, tedy zlomových linií v granitu, které jsou zřejmě přívodními drahami výronů v suterénu budovy Lázní III (Vylita T., 2003). Ze získaných dat je patrné, že v území jsou přítomny poruchy či poruchové zóny průběhu JJV – SSZ, tedy paralelní se zřidelní linií. Je pravděpodobné, že tyto poruchy jsou součástí širšího zlomového pásma vlastní zřidelní linie, které je výstupní drahou všech karlovarských termálních pramenů. Novější data o topice výronů oxidu uhličitého ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury (Vylita T., 2003 a 2005) rovněž potvrzují průběh hlavní linie v těchto místech.

Obr. 32 Vývěry termy na úpatí svahu sz. od pramene Svobody



#### **4.12.8. Akumulace zřidelních sedimentů pramene Dorotka (No. 83)**

V r. 1995 byla po cca patnácti letech odkryta skalní rozrážka pod pramenním pavilonem za tehdejšími Lázněmi VI a dokumentována akumulace zřidelních sedimentů ve formě železitých pramenních okrů o mocnosti cca 1,10 m. (Vylita T., 1995).

Petrografický typ sedimentů dle nové klasifikace 3180.



Obr. 33 Pramenní okry v jímací šachtě pramene Dorotka



Zdejší jímání plynné fáze na úpatí svahu Heleniny výšiny, na křížení zřidelní linie směru SSZ-JJV a starších zlomových poruch V-Z a S-J je důkazem pokračování termální aktivity i do tohoto prostoru cca 620 m vzdušnou čarou jjv. od Vřídla. Na počátku 90. let byly vyhloubeny průzkumné vrty řady BJŠ (Vylita B., Vylita T., 1993), které dokumentovaly cirkulaci termy o teplotě až 60,2 °C na trhlinách v granitovém masivu v hloubkách 150 – 100 m pod terénem.

Tektonickou situaci lokality lze spatřit na obrázku příslušejícím k publikovanému příspěvku Krčmář, Vylita T. (2001) v kapitole 6 této práce.

Pro přehled distribuce termy a plynu na povrchu viz účelové mapy v Přílohách 3.b a 3.d práce.

## 5. Diskuse metodických postupů a výsledků

Cílem práce bylo kromě zkoumání prostorového rozšíření sedimentace a jejích vlastností též nově definovat roli akumulací zřidelních uloženin v geohydrodynamickém systému karlovarské zřidelní struktury a přispět tak k optimalizaci ochrany přírodních léčivých zdrojů v Karlových Varech.

V rámci doktorského studia a disertační práce jsem proto provedl rozsáhlou excerpci veškerých relevantních údajů vztahujících se k problematice karlovarské zřidelní sedimentace. Získaná data byla doplněna moji původní provozní balneotechnickou databází z let 1990 – 2004 a byla tak vytvořena nová databáze vrtů, sond a zářezů ve vývěrové zóně zřidelní struktury. Data byla následně vyhodnocena a použita pro potřeby sestavení účelových map v měřítcích 1 : 1 000 a 1 : 2 000. Sumarizaci dat z více než 1 000 bodů ve vývěrové zóně a v místech jejího ohraničení vůči okolí považuji za jistý přínos i pro další výzkumné a průzkumné práce v zájmovém území. Databáze byla předána k užívání operativnímu správci karlovarských přírodních léčivých zdrojů.

Dále jsem analogickým způsobem shromáždil dostupná data z režimních měření prováděných v Karlových Varech od 18. století. Tato data slouží mj. k porovnání režimu zdrojů termy před rokem 1982, tedy před rokem hlubšího zachycení termy na její výstupní cestě. Data jsou zpracována po jednotlivých letech a jsou t.č. předmětem dalšího zkoumání. Rovněž tuto databázi režimních měření považuji za východisko pro další práce typu hmotové bilance karlovarských term a term v sokolovské pánvi apod.

Tyto kamerální práce byly nejrozsáhlejšími sběry dat od r. 1964, kdy byla zpracována báňsko-historická studie zájmového území (Urban, Tikal; 1964).

K detekci nehomogenit zemské kůry byly v zájmovém území využity geofyzikální metody (pulsní georadar, mělká reflexní seismika,

mikrogravimetrie, DEMP). Získané údaje umožnily rozlišení těles různých elektromagnetických vlastností, výskytů rozhraní a lokálních diskontinuit. Geofyzikální metody typu georadarového profilování nepovažují na základě získaných výsledků za nijak výrazně přínosné, nehomogenity přírodního původu jsou v historicky urbanizovaném území lázeňského místa zastřeny nehomogenitami antropogenními. Tektonická situace byla sestavena především na základě kombinace dat získaných ostatními metodami průzkumu.

Jako základní metody pro získání informací o zlomových strukturách a jejich látkových výnosech bylo použito metody atmogeochemické - MFP. Výsledky prvních měření byly publikovány (Krčmář, Vylita T. in *Environmental geology*, 2001).

Za průlom v nazírání na vývoj vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury považují použití metod datujících stáří jednotlivých těles zřidelních sedimentů (metoda U – Series). Celkem bylo v rámci práce odebráno 14 vzorků, z jejichž datací byla vytvořena hypotéza paleohydrogeologického vývoje zájmového území. Získaná data svědčí o téměř řádově větším stáří zřidelní sedimentace, než bylo dosud předpokládáno. I tato část práce byla publikována (Vylita T., Žák in *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 2007). Považují tuto část práce za velice inspirativní pro další bádání v tomto směru.

Stanovení absolutního stáří sedimentačních těles metodami založenými na konstatnímu rozpadu radioaktivních izotopů U bylo doplněno paleomagnetickým a magnetostratigrafickým výzkumem sedimentů v místech, v nichž vycházejí na den (Kadlec in Vylita T. et al., 2005).

Informace o zřidelních sedimentech byly díky pracovníkům Geologického ústavu AV ČR a Přírodovědecké fakulty UK (Ústav geochemie, mineralogie s nerostných zdrojů) doplněny výsledky metod rentgenové difraktometrie. Poprvé byly v ČR identifikovány minerály trona,  $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; burkeit,



$\text{Na}_6(\text{SO}_4)_2(\text{CO}_3)$  a nahcolit,  $\text{NaHCO}_3$ ). Dále byla provedena řada chemických analýz zřidelních sedimentů a díky výstavnímu počínu bylo provedeno též 100 snímků povrchu vzorků elektronovým scanovacím mikroskopem ZWL v Laufu, SRN a v Geologickém ústavu AV ČR.

Prostřednictvím Technické university v Mnichově (SRN) bylo v shromažďování dat o zřidelních sedimentech odebráno celkem 80 vzorků pro potřeby izotopických analýz ( $\delta^{18}\text{O}$  a  $\delta^{13}\text{C}$ ). Další vzorky byly zkoumány v laboratořích České geologické služby.

Mapování vývěrů termy a výronů plynného  $\text{CO}_2$  přineslo možnost definice hydraulické a distribuční funkce akumulací zřidelních sedimentů.

Všechna získaná data byla využita nejen pro definici prostorového rozšíření zřidelní sedimentace a stanovení jejího charakteru či stáří, resp. k stanovení charakteristik jejího podloží. Vyhodnocení získaných údajů posloužilo též k prvotnímu definování současné hydraulické funkce této sedimentace a k stanovení principů její racionální ochrany v rámci systému preventivní ochrany přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary před antropogenními vlivy.

Účelové mapy sestavené na základě evaluace získaných dat považují za příspěvek k syntetickému poznávání rozsahu, charakteru a funkcím akumulací zřidelních sedimentů.

Texty publikovaných a přijatých příspěvků k studované problematice, vycházející z výsledků práce jsou uvedeny v Příloze 7.

V rámci mého studia byla kromě vědeckých článků publikována řada dalších prací ve formě spoluautorství knih, článků a výstav. Za nejpodstatnější považují články ve velmi obsáhlém a vyčerpávajícím katalogu k výstavě „Sprudelstein – Der Sprudel macht den Stein“ (2004 – 2005, Egerland-

Museum, Markredwitz, SRN) a přírodovědnou část skript Balneologie pro posluchače lékařských fakult (Lékařská Fakulta UK Plzeň).

Dále je v literatuře v kapitole 8 práce uvedena řada dalších článků a příspěvků populárně-naučného charakteru (článek „Mikrosvět a makrosvět vřídlovce ...“, Vesmír 2007/7; kniha „Přírodní klenoty ČR“, kniha „Voda v ČR“, článek „Mineralogie karlovarských zřidelních sedimentů a jejich podloží“ v časopisu Minerál atd.).

Průběžné výsledky mé práce byly prezentovány na výročních zasedáních Komise pro minerální a termální vody (CMTW) při AIH (Egypt 2004, Rumunsko 2007) a každoročně při prezentaci průběžných výsledků doktorského studia v rámci Oborových dnů

Obr. 34 Obálka katalogu výstavy „Sprudelstein...“, 2004, SRN.



Níže v textu uvádím pro úplnost řešení problematiky jako příklad aplikace získaných výsledků v rámci studia a disertační práce návrh nového znění ochranných opatření v ochranných pásmech IA, resp. IB tak, jak jsou dle názoru autora disertační práce potřebná s ohledem na nově získané údaje o vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury. Grafická část návrhu je na Obr. 35 a dále je zpracována ve formě účelové mapy 1 : 2 000 v Příloze 6 práce.

### **5.1. Návrh změny ochranného pásma PLZ stupně IA**

Nové poznatky o zřidelních sedimentech, o historicky, resp. geologicky dokumentovaných vývěrech zřidelního plynu a o tektonických poměrech vývěrové zóny zřidelní struktury umožňují navrhnout změny v rozsahu ochranného pásma stupně IA. Dále jsme v textu návrhu nahradili aktuálně používaný termín „kontaminace ropnými uhlovodíky“ pojmem „kontaminace zvláště nebezpečnými látkami“ ve smyslu vodního zákona č. 254/2001 Sb. a zaměnili rovněž starší názvy ulic a objektů za názvy aktuální. Na dvou místech navrhuje nevelké zvětšení stávajícího rozsahu nejúžšího a nejprísnejšího ochranného pásma, na jednom místě pak jeho plošné omezení. Na jihu vývěrové zóny navrhuje rozšířit ochranné pásmo stupně IA o izolovaný prostor historických i recentně činných výronů plynu i termy.

Modrým textem jsou dále vyznačeny navrhované změny stávajícího vlastního textu ochranných opatření vyhlášených pro OP IA° příslušným vládním usnesením. Úvodní ustanovení vynecháváme.

**Zóna nejvyšší ochrany proti kontaminaci horninového prostředí zvláště nebezpečnými látkami** je definována jako ochranné pásmo stupně IA ve smyslu zákona č. 164/2001 Sb. Tato zóna se nachází v ochranném pásmu IB stupně přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary stanoveném vládním usnesením č. 257/1966 Sb. a chrání oblast výstupních cest a vývěrů termálních vod před kontaminací **těmito látkami**.

Hranice zóny začíná u [lávky Jeana de Carro](#) přes Teplou, pokračuje na Husovo nám., ul. Divadelní za objekty hotelu Centrál, na Hálkův vrch, kříží Moravskou ul., přechází do ul. [Kolmé](#), dále pokračuje souběžně s ul. Vřidelní (za objekty) do Ondřejské, k [Otavě](#), do ul. I.P. Pavlova k Hochbergerově lávce, kde překračuje tok Teplé. Na levé straně toku Teplé pokračuje přes [Dvořákovy sady](#) do ul. [Zahradní](#), za objekt Kriváň, kolem [LD Tereza](#) a [LD Královská vila](#), do ulice [Zámecký vrch](#), [za zdejšími objekty přechází](#) do ul. Pod jelením skokem, ul. Luční vrch ke skalnímu masivu Keglevičova kříže, po jeho z. hranici k ulici Stará Louka a k [lávce Jeana de Carro](#).

Dále je tato zóna nově rozšířena o prostor v jižním uzávěru vývěrové zóny zřidelní struktury takto: Od parkingu LS Švýcarský dvůr pokračuje k JZ ulicí Pod Imperiálem, po místní cestě ke Karlovu mostu, po jeho návodní lici a dále Slovenskou ulicí pokračuje k JV, pod Beethovenovým pomníkem mění směr k S a pokračuje po levém břehu Teplé k lávce u LS Richmond, dále za vilou Margarita opět k ulici Pod Imperiálem a po jejím s. okraji až k jmenovanému parkingu.

Hranice zóny jsou znázorněny v příložené mapě 1 : 2 000.

V takto vymezené zóně se zakazuje:

- zřizování skladišť [zvlášť nebezpečných látek](#)
- umístování kotelen na tekutá paliva
- zřizování lokálních topenišť [na bázi ropných látek](#)
- zřizování provozů manipulujících [se zvlášť nebezpečnými látkami](#)
- umístování čerpacích stanic pohonných hmot
- vjezd dopravních prostředků [a umístování cisteren dopravujících nebo provizorně skladujících zvlášť nebezpečné látky](#)
- používání stavebních a jiných strojů s pohonem na tekutá paliva, které nejsou chráněny proti odkapům nebo případným únikům do terénu. Při nutném použití těchto mechanismů je třeba stroje včetně zásobních pohonných hmot umístit do plechových ochranných van o

obsahu, který zaručí zachycení nejen odkapů, ale i případně uniklého paliva při **poškození nebo** havárii zásobní nebo provozní nádrže

- **používání vrtných souprav se spalovacími motory na ropné látky**
- umístování a manipulace se všemi ostatními druhy látek, které by mohly způsobit kontaminaci **horninového prostředí včetně přírodních léčivých zdrojů.**
- **práce s technologiemi využívajícími zvlášť nebezpečných látek**

~~V oblasti tzv. Malých terem v severní části vymezené zóny je navíc nezbytné konat sledování a opatření z hlediska bakteriologické a biologické nezávadnosti přírodních léčivých zdrojů.~~

V oblasti s vývojem zřidelních sedimentů je nutno podřídit veškeré zemní a stavební práce zájmům ochrany a rozvoje přírodních léčivých zdrojů.

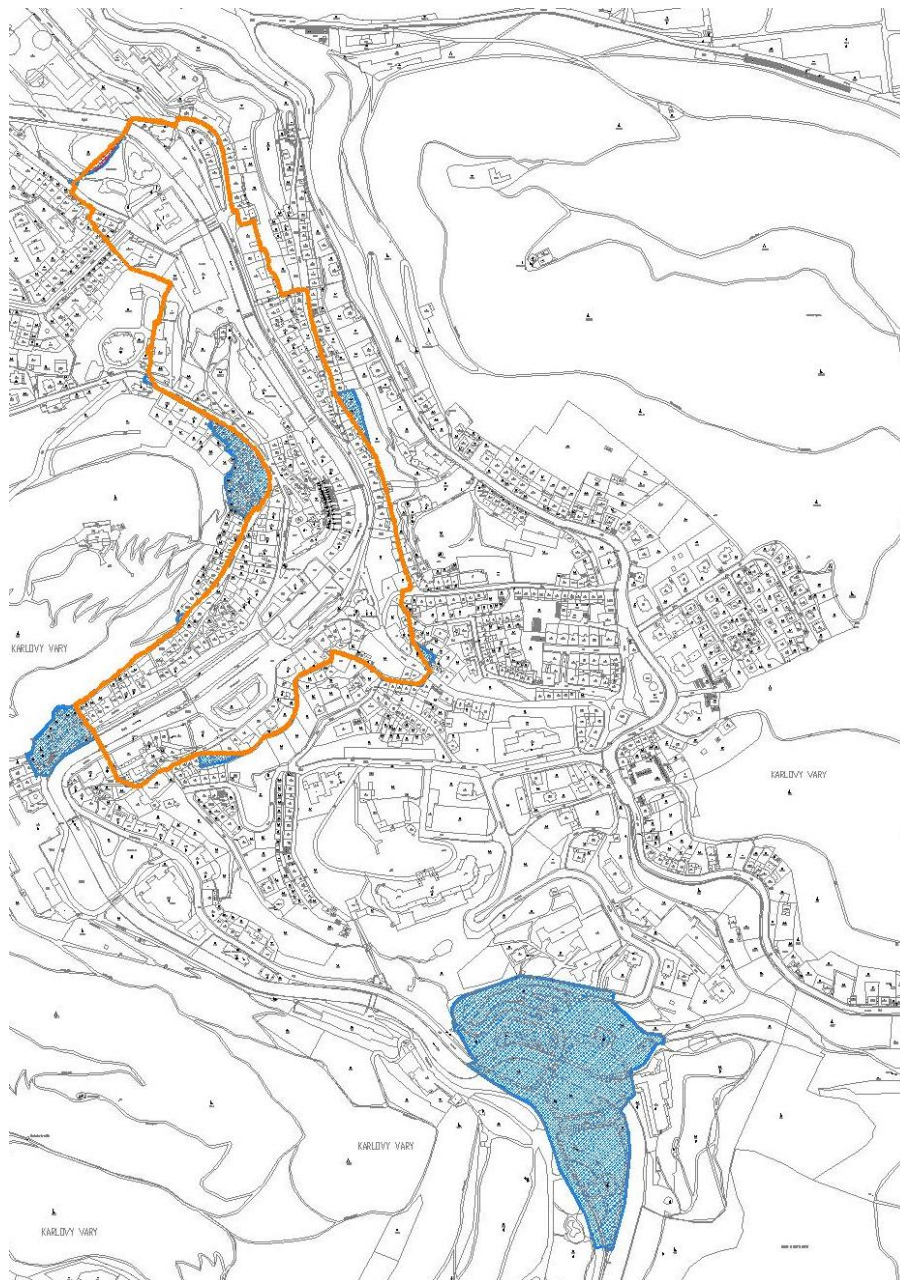
#### Odůvodnění:

Vymezená zóna nejvyšší ochrany proti kontaminaci **zvlášť nebezpečnými** látkami ve smyslu zákona č. 164/2001 („lázeňský zákon“) a zákona č. 254/2001 Sb. („vodní zákon“) je zónou chránící vývěry a výstupní cesty termálních vod. Nezahrnuje pouze oblast vlastní **vývěrové zóny zřidelní struktury**, nýbrž i přilehlé oblasti **s vývojem zřidelních sedimentů** či oblasti **s historicky doloženou termální aktivitou**, v nichž by případný únik **zvlášť nebezpečných látek do horninového prostředí s výraznou puklinovou propustností** či **kombinovanou propustností zřidelních sedimentů** mohl mít za následek nesanovatelné ovlivnění přírodních léčivých zdrojů termálních vod lázeňského místa Karlovy Vary.

Rozšíření ochranného pásma o několik set metrů čtverečných u Keglevičova kříže je determinováno přehodnocením hydraulické funkce kosého zlomu směru SV – JZ a údaji o vývěrech plynu pod tímto skalním defilé.



Obr. 35 Návrh změn rozsahu ochranného pásma stupně IA PLZ



Rozšíření pásma na Zámeckém vrchu, rovněž o několik set metrů čtverečných, navrhuji s ohledem na výrony CO<sub>2</sub> v tomto prostoru (na st.p. 1143 v listopadu a prosinci r. 2002, resp. na st.p. 1144 v březnu r. 2005, Vylita T., 2005) které jsou jednoznačně vázány na průběh tektonické zóny směru SSZ – JJV v tomto prostoru. Snížení rozsahu pásma IA ve Dvořákových sadech je dáno pouze novým průběhem fyzicko-geografické hranice, tedy pěšiny v tomto parku.

Změny rozsahu ochranného pásma karlovarských PLZ stupně IA viz též účelovou mapu 1 : 2 000 v Příloze 6 této práce.

## 5.2. Návrh změn textu ochranného pásma PLZ stupně IB

Na základě nových poznatků o hydraulické funkci zřidelní sedimentace (např. zamezování rozptylu divokých výronů zřidelního plynu a pod.) doporučuji částečnou změnu textu ochranných opatření platných pro ochranné pásmo stupně IB ve smyslu zákona č. 164/2001 Sb. („lázeňský zákon“). Plošný rozsah pásma navrhuje neměnit.

V dalším textu je modře označena navrhovaná změna příslušného vládního usnesení.

Ochranné pásmo **PLZ stupně IB** vymezuje užší zřidelní strukturu přírodních léčivých zdrojů, jejich **vývěry a vývěry ostatních volně se vyskytujících zdrojů termy a zřidelního plynu**. Jsou zde zakázány všechny činnosti rušící, nebo jinak nepříznivě ovlivňující vydatnost, fyzikální vlastnosti, chemické složení nebo hygienickou nezávadnost přírodních léčivých zdrojů. Zvláště je nutné dodržovat tyto zákazy a omezení:

1. Změny hladiny vody v řece Teplé a v okolním náplavu větší  $\pm 0,5$  m od kóty 373,5 jsou zakázány.
- ~~2. Zásahy do nejvyšší travertinové kupy východně od Vřídla jsou zakázány. Dnešní i případně zjištěné kaverny je nutno sanačními pracemi podchytit a registrovat divoké úniky plynu, případně termální vody.~~  
**Jakékoliv zásahy do zřidelních sedimentů jsou zakázány. Je nutné registrovat divoké úniky zřidelního plynu a termální vody.**
3. Divoké úniky termální vody a plynu v úseku řečiště Teplé od km 0,560 do km 1,700 musí být soustavně utěšňovány.

## **6. Závěry a zhodnocení cílů práce, doporučení dalšího postupu prací**

### **6.1. Závěry a zhodnocení cílů práce**

Disertační práce je vycházela jak z prací kamerálních, tak z geologických metod průzkumného a výzkumného charakteru. Na základě vyhodnocení získaných dat jsou předkládány účelové mapy aktuálního rozsahu jednotlivých těles zřidelních sedimentů ve vývěrové zóně, dále znázorňující místa nejvýznamnějšího antropogenního vlivu na konfiguraci jednotlivých těles. Geofyzikálními a atmogeochemickými metodami byl ověřen průběh poruchových zón ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury. Dále byly získány nové poznatky o vzniku, vývoji a stáří zřidelní sedimentace. V rámci doktorského studia a disertační práce byly vypracovány mapy historicky doložených i aktuálně činných vývěrů termální vody a výronů plynného CO<sub>2</sub>.

Nové poznatky umožnily definovat význam zřidelní sedimentace pro potřeby preventivní ochrany přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary v současných podmínkách rozvoje vnitřního území lázeňského místa.

Cílů práce bylo tedy dle mého názoru dosaženo.



## 6.2. Doporučení pro další směřování výzkumných a průzkumných prací

s ohledem na nové poznatky a především s ohledem na dosavadní mezery v poznání fenoménu zřidelní sedimentace, doporučuji spolu s autory, kteří se zúčastnili různých částí mé dlouhodobé práce, pro další období soustředit pozornost na následující směry dalšího průzkumu:

- vytvoření hydrogeochemického modelu vývoje zřidelní sedimentace,
- získání dalších geochronologických analýz sedimentů,
- zkoumání terasových stupňů Teplé a „Karlovarského potoka“; jejich návaznost na oherský systém teras,
- další zkoumání území sedla tzv. „Aicher Gelenk“ u Doubí
- pečlivá dokumentace nových potenciálních odkryvů zřidelních sedimentů v rámci zemních a stavebních prací.

Dále v širším rámci zvýšení úrovně poznání zřidelní struktury doporučuji již od r. 1996 přípravu víceúčelového hlubokého vrtu HJ-3 v Karlových Varech. Na základě současných stále nedokonalých představ o genezi termálních silně mineralizovaných vod sokolovské pánve a přilehlého okolí, o vztahu jejich hydrodynamických systémů na strukturní jednotky oblasti, dosavadních znalostí o projevech degazace zemského pláště a výstupu plášťových fluid v rámci postvulkanické činnosti v oháreckém riftu a nových výsledků seismického výzkumu zemětřesných rojů doporučuji realizaci hlubokého víceúčelového strukturního vrtu v jihovýchodní části sokolovské pánve. Základní problémy neoidní aktivity v zájmové oblasti na rozhraní saxothuringika a tepelsko-barrandienského bloku a otázky spojené s genezí a budoucí stabilitou zdejších minerálních vod nelze řešit pouze zkoumáním povrchových jevů, ale je nutné získat informace o procesech probíhajících ve výstupních cestách fluid. Vrt by mj. přispěl k řešení otázek hlubinné geologické struktury západočeského zřidelního regionu a výnosu hmot z pláště do zemské kůry, ověřil by funkce příčných i směrných zlomů sokolovské pánve, tvorbu chemického složení hlubinných fluid minerálních a termálních vod, ověřil existenci termofilních mikroorganismů jejich

metabolické funkce a vlivu na geochemické procesy v hlubinných podmínkách krystalických hornin a interakce hlubinných fluid s horninami. Rovněž předpoklad vzájemné spojitosti karlovarské zřidelní struktury, geohydrodynamického systému termy, jejíž cirkulace byla ověřena na počátku 90. let minulého století hlubokým strukturním vrtem HJ2 v Horách u Karlových Varů a odvodňovacími (a degazačními) centry v prostoru Jehličná – Královské Poříčí po subekvatoriální rozevřené tektonice v granitech v hloubkách cca 400 – 700 m pod terénem, nebyl sice dosud zcela vysvětlen, především však nebyl odbornými argumenty vyloučen a z hlediska principu předběžné bezpečnosti musí být respektován při koncipování ochrany přírodních léčivých zdrojů v Karlových Varech. Hypotéza o bariérové funkci řeky Ohře je zcela nedoložena už pro hloubky cca 200 m pod úrovní dna řeky.

Doporučuji rovněž soustředit se na kvantifikaci antropogenně determinovaného rizika degenerace či destrukce zřidelních struktur v západočeské zřidelní oblasti.

## 7. Souhrn práce

Disertační práce je založena na vyhodnocení starších i novějších geologicko-průzkumných pracích, dokumentacích zemních a stavebních prací apod. Za dobu mého studia byl především ověřen aktuální rozsah jednotlivých těles zřidelních sedimentů ve vývěrové zóně karlovarské zřidelní struktury, srv. účelové mapy v Příloze 4. Dále byl ověřen průběh tektonicky založených poruchových zón v granitovém plutonu, tvořícím skalní podloží zřidelní sedimentace, srv. účelovou mapu v Příloze 5 této práce. V rámci práce byly získány nové poznatky o vzniku, vývoji a současném stavu zřidelní sedimentace a reinterpretovány poznatky starší. Za zásadní z hlediska vymezení rozsahu vývěrové zóny v nedávné minulosti považuji data o vývěrech CO<sub>2</sub>, jejichž situace je zachycena na účelových mapách v Příloze 3c, resp. 3d této disertační práce.

Nově byla na základě geochronologických dat vytvořena a publikována hypotéza paleohydrogeologického vývoje vývěrové zóny zřidelní struktury.

Nové poznatky o okrajových faciích sedimentace a jejich hraničních podmínkách umožnily definovat nejen rozsah, ale i význam této sedimentace pro potřeby preventivní ochrany přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary v současných podmínkách vývoje urbanizovaného prostoru vnitřního území lázeňského místa. I tato část práce byla přijata k publikování.

Na základě nových poznatků lze konstatovat, že původní představy o hydraulické funkci jednotného tělesa zřidelních sedimentů jsou nyní, po definování rozsahu a charakteru jednotlivých segmentů této sedimentace, již překonány. Rozčlenění zřidelních sedimentů do více či méně samostatných těles s vzájemnými překryvy či přechody a hlubší zachycení přírodních léčivých zdrojů, již méně závislé na těsnící funkci „vřidelní desky“, jsou jistě faktory, které by mohly vést k snižování hydrogeologického významu této sedimentace. Upozorňuji však, že takový mechanistický přístup v tomto

ohledu by mohl přispět k ohrožení ustáleného režimu zdejších zdrojů termy a plynu. Jednotlivá tělesa si totiž do velké míry ponechávají svůj vliv na distribuci přirozených vývěrů termy i zřidelního plynu (srv. např. prostor Mlýnské kolonády s výrony termy na úpatí svahu či naopak prostor Tržiště mezi Špitální a Mlýnskou lávkou zcela bez recentních soustředěných projevů termy či plynu).

Dle hodnocení výsledků starších průzkumných vrtů v centru vývěrové zóny lze soudit, že zřidelní sedimenty vytváří protitlak mechanické směsi termy a zřidelního plynu vystupující k povrchu na křížení zlomových poruch. V kombinaci s výsledky režimních měření na regulačních vrtech monitorujících mj. tlakové poměry na rozhraní masivní zřidelní sedimentace/podložní granitový masiv lze usuzovat na poměrně významnou redukci tlaku způsobovanou tělesy vřídlovce. Je zřejmé, že zřidelní sedimentace, jakkoliv nehomogenní a anizotropní a lidskými zásahy porušená dokáže saturovat i tlaky přesahující 0,2 MPa. Dalším zjištěním plynoucím z hodnocení výsledků práce je, že systém regulačních vrtů, fungující v centru vývěrové zóny není ani v současnosti zbytným prvkem ochrany stabilního režimu přírodních léčivých zdrojů.

Na základě studia rozšíření zřidelních sedimentů a rozmístění vývěrových míst termy a zřidelního plynu soudím, že další porušování konfigurace jednotlivých těles vřídlovců a sintrů by s velkou pravděpodobností způsobovalo latentní rozptylování dnešních relativně soustředěných divokých vývěrů termy a plynu do podoby skrytých přítoků do povrchových vod s těžištěm v řečišti Teplé. Nedokončený systém těsnění koryta řeky, které jako místní erozivní báze představuje i místo se sníženým litostatickým tlakem potenciálně přispívá k takovému rozptylování. Příkladem může stát výše zmíněný úsek vývěrové zóny mezi Špitální a Divadelní lávkou, v němž se již zřidelní sedimenty nevyskytují ani v reliktních mocnostech a v němž již jako důsledek jejich absence nejsou na úpatích přilehlých svahů dokumentovány vývěry termy či plynného CO<sub>2</sub>. Nově prováděné zemní práce v tomto prostoru potvrzují platnost této hypotézy.

Dále z interpretace dosavadních údajů o geologických poměrech v jednotlivých tělesech zřidelní sedimentace vyplývá těsná vazba zřidelních sedimentů a přípovrchových úseků cirkulace termy či plynu, které jsou v celém rozsahu vývěrové zóny součástí jednotné tlakové zvodně, vyvinuté v granitu i v samotných těchto sedimentech. Nejen mechanické zásahy do konfigurace jednotlivých těles tedy mohou být nebezpečné z hlediska ustáleného režimu struktury, ale navíc přistupuje i riziko velmi snadného a predisponovaného šíření polutantů při případné kontaminaci zřidelních sedimentů chemickými látkami. Zřidelní sedimenty jsou vesměs vázány na prostředí zlomových poruch a zvláště jejich porézní facie či typy s dutinami tvoří prostředí, v němž sanace takové kontaminace je téměř nemožná. V případě, že případné polutanty budou persistentního charakteru, tvoří tyto sedimenty téměř ideální prostředí pro opakovanou kontaminaci přírodních léčivých zdrojů, jakkoliv jsou tyto zdroje zachyceny vrty s filtrační zónou pod zřidelní sedimentací.

Získané poznatky umožnily redefinovat rozsah a ochranná opatření nejužšího ochranného pásma zdejších přírodních léčivých zdrojů. Poznání, že zřidelní sedimenty dosahují v některých částech vnitřního území lázeňského místa většího než původně předpokládaného rozsahu, bude sloužit jako podklad pro minimalizaci rizik plynoucích z mechanických i chemických zásahů do zřidelní sedimentace pro ustálený režim zřidelní struktury.

Dalším efektem prací realizovaných v rámci mého doktorského studia je vytvoření geologického podkladu pro přehodnocení možností výstavby některých kontroverzních objektů ve vnitřním území lázeňského místa a to i mimo dnešní rozsah vývěrové zóny karlovarské zřidelní struktury.

Zkrácený souhrn práce v jazyce českém i anglickém je uveden v Příloze 8.

## 8. Použitá odborná literatura

- Babůrek J. (1991): Cementační karbonátové horniny karlovarských termálních pramenů, *Horniny ve vědách o zemi*, Univerzita Karlova Praha, s. 195 - 222
- Babůrek J. (1989): Alteration products of granite on the contact with the Karlovy Vary thermal springs, *Acta Univ. Carol., Geol.*, čís. 1, s. 29-52.
- Behrend F., a Berg G., *Chemische Geologie*. – Stuttgart 1927.
- Becher B. (1772): *Neue Abhandlungen von Karlsbade*. W. Gerle Praha.
- Becher B. (1789): *Neue Abhandlungen über das Karlsbad*. 538 S., Leipzig (Siegfried Lebrecht Crusius).
- Bernau B. (1896): *Čechy, díl X. Krušné hory a Poohří*. Vydav. J. Otto, Praha.
- Berger, J.G. (1709): *De thermis Carolinis commentatio, qua omnium origo fontium calidorum itemq. acidorum ex pyrite ostenditur*. Wolfenbüttel, G. Freitag, 1709. 4to. 4 Bl., 158 S.
- Berzelius J. (1823): *Undersökning af Mineralwatten in Carlsbad*.- Kongl. Vetenskaps Akadem. Handl., Stockholm.
- Bodlák P., Domečka K., Vylita B. (1983): Karlovarská vřídelní deska. *Geol. průzkum*, 25, 5, 132 – 135, Praha.
- Bodlák P., Domečka K. (1985): Petrografické poměry. *In: Vylita B. et al., Závěrečná zpráva úkolu Karlovy Vary*. MS Staveb. geologie. Praha.
- Bohatý M. (2004): Aragonit..., *Minerál XII.*, 2004/3. 163 – 176.
- Böhm F., Joachimski M.M., Dullo W.C., Eisenhauer A., Lehnert H., Reitner J., Wörheide G. (2000): Oxygen isotope fractionation in marine aragonite of coralline sponges. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 1695–1703.
- Bottinga Y. (1968): Calculation of fractionation factors for carbon and oxygen exchange in the system calcite-carbon dioxide-water. *J. Phys. Chemistry*, 72, 800–808.

- Brož, M., 1992, Zkoumání souvislosti mezi výskytem zemětřesení a anomáliemi léčivých pramenů v Západních Čechách. Sborník přednášek „Česko-slovenské Balneotechnické dny“ Karlovy Vary, str. 35-39.
- Brož, M., Buben, J. 1995, Identifikace zlomových struktur v Západních Čechách na základě seismických pozorování a hydrogeologických parametrů minerálních pramenů. Sborník přednášek na konferenci Zlomové struktury v Českém masivu, Dům techniky Praha 1995, str. 69-73.
- Brož, M., 1995, Monitoring of earthquakes and hydro-parameters of healing springs in the West Bohemian spa region, *Acta Montana*, A6 (95), str. 59-73.
- Brož, M., 1996, Zhodnocení režimu přírodních léčivých zdrojů a přírodních minerálních vod ve vztahu na seismické jevy v západočeském regionu. Expertní zpráva pro Min. zdravotnictví ČR, ČIL Praha.
- Brož, M., 1997, Hydrogeologický průzkum aktualizace ochrany přírodních minerálních vod v západočeské oblasti – III. Etapa. Expertní zpráva USMH AVČR pro AQUATEST s.r.o. Karlovy Vary.
- Brož, M., Bělař, F. 2002, Water table fluctuations in the West Bohemian earthquake region. *Acta Montana*, IRSM AS CR (2002) Series A, A20 (124) str. 133-139.
- Bruckschen P., Neuser, R. D., Richter, D.K. (1992): Cement stratigraphy in Triassic and Jurassic limestones of the Weserbergland (northwestern Germany). *Sedimentary Geol.*, 81, 195 - 214.
- Burda J., Babůrek J. (1998): Hydrogeologie des westböhmisches Bäderdreieckes (Františkovy Lázně/Franzensbad - Karlovy Vary/Karlsbad - Mariánské Lázně/Marienbad)(Excursion D am 16. April 1998 Geologische Exkursionen in der weiteren Umgebung von Marktredwitz, *Über. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F.*, sv. 80, s.91-110.
- Buch L.C.v. (1772): Ein Beytrag zu einer mineralogischen Bechreibung der Karlsbader gegend. *Bergmaenn.Journal*, Jahrg.5, (1792) Bd.2, S.383.

- Buxbaum S. (1932): Karlsbad und seine Quellen. – Karlsbad.
- Bůžek Č., Holý F. (1981): Fruits of halophilous water plants (*Limnocarpus* C. Reid, Potamogetonaceae Dumotier) from the Cypris formation of the Cheb and Sokolov Basins. Sbor. Geol. Věd, Paleontol., 24, 163–177, Praha.
- Carlé W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Geneze. 643 s., Stuttgart (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft).
- Cílek V. (2002): Kostel sv. Máří Magdaleny v K. Varech. Základní geologická charakteristika. MS Praha.
- Cílek V., Vylita T., Filippi M. (2004): Mineralogie karlovarských zřidelních sedimentů a jejich podloží. Minerál XII., 2004/3, Praha.
- Cohns F. (1863): Ueber die Algen des Karlsbader Sprudels mit Ruecksicht auf die Bildung des Sprudelsinters. Abhandl. d. Schles. Gesellsch. f. Vaterlaendische Kultur, Bd. 1862, Breslau.
- Criss R.E., 1999. Principles of stable isotope distribution. Oxford University Press, New York - Oxford, 254 pp.
- Čechová E. (1971): Karlovy Vary – Fontána, závěrečná zpráva, MS Stavební geologie, in archiv ČIL Praha.
- Čermák V. (1981): Heat flow map of Czechoslovakia. ČSAV Praha.
- Danzer M. (1922): Zur Morphologie des Teppllaufes ober Karlsbad. MS Karlsbad.
- Deines P., Langmuir D., Harmon R.S. (1974): Stable carbon isotope ratios and the existence of a gas phase in the evolution of carbonate ground waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 38, 1147–1164.
- Dudek A., Malkovský M., Suk M. (1984): Atlas hornin, Academia Praha, 312 s.
- Dvořák J. (1998): Hydrogeology and the genesis of mineral waters of the Karlsbad type in western Bohemia. Münchner Geol. Hefte B8: 63-69.



- Engelmann R. (1922): Die Entstehung des Egertales. Abhandlungen der Geographischen Gesellschaft in Wien, XII. Bd.
- Erdmann K. (1863): Diskusní příspěvek k původu vřidelní desky. In: Amtlicher bericht über die 37. Versammlung d. Naturf. u. Ärzte die Stadt Karlsbad. Karlovy Vary.
- Flügel, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken.—Berlin Heidelberg New York, Springer-Verlag, 1978, S. 248-249.
- Fořt K. (1968): Karlovy Vary – Fontána, závěrečná zpráva, MS Stavební geologie. In archiv ČIL Praha.
- Francek J. (1970): Karlovy Vary, Vřidelní kolonáda, zpráva o laboratorních zkouškách zemin
- Frank J., R., Carpenter A.,B., Oglesby T.W. (1982): Cathodo-luminescence and composition of calcite cement in the Taum Sauk Limestone (Upper Cambrian), southeast Missouri. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, 631-638.
- Gatter Arnold (1912): Der Sprudel. Karlsbad.
- Goethe J.W. v. (1786): Reise-Tagebuch von Karlsbad nach Rom 1786 - herausgeg. und erläutert von Eberh. Haufe. 1. Weimar, Verl. Kiepenheuer 1972.
- Goethe, J.W. v. (1807): Sammlung zur Kenntnis der Gebirge von und um Karlsbad angezeigt und erläutert von Goethe. Karlsbad, Vlg. Franieck.
- Goethe J.W. (1807). In: Sborník „Goethe und Karlsbad“ (1932). Verlag der Stadtgemeinde Karlsbad. Karlovy Vary.
- Grigorjan S.V. et al (1987): Technics for investigation of ore resources. Patent 19 SU 11 1341606A1. International classification 51B4 G 01 V 9/00. Moscow 30.0987.
- Gnirs A. (1925): Karlsbad und seine älteste Vergangenheit. R. Mießner. Karlsbad, Leipzig.
- Gromes I. (1939/40): Der Karlsbader Sprudelstein. – Firgenwald, Bd. 12, H. 3, Liberec, 133-153.

- Gruntorád J., Vylita T. (2001): Orientační bioklimatologická studie lázeňského prostředí v Karlových Varech. Uhlí, rudy, geologický průzkum, 9/2001.
- Haberland H. (1938): Über die sog. Radiobaryt von Teplitz und Karlsbad. – Mitteil. Inst. Radiumforschung Nr. 245, Sitzber. Ak. Wiss. Wien, Abt. IIa, 9, 10. Wien.
- Habermann D., Neuser R.D., Richter D.K. (1996): REE-activated cathodoluminescence of calcite and dolomite: high-resolution spectrometric analysis of CL-emission. *Sedimentary Geology*, 101, 1 - 7.
- Herštus J. (1970): Karlovy Vary, Vřídlení kolonáda, závěrečná zpráva. MS Praha.
- Herštus J. (1970): Závěrečná zpráva IG průzkumu pro posouzení možnosti snížení nivelety komunikace ve Vřídlení ul. v K.Varech. MS Stavební geologie Praha.
- Hladíková J., Michalíček M., Procházková V., Šmejkal V. (1979): Zur Geochemie gelöster Gase in Tiefen- und Mineralwässern des tschechischen Massif und der tschechoslovak Karpaten. *Petrolgeochem '79*, IX. Int. wiss. Konf. über geochem. und phys. chem. Probl. bei der Erkundung und Förderung von Erdöl und Erdgas, 1979. Lipsko.
- Hladíková J., Šmejkal V. (1984): Stabilní izotopy uhlíku, kyslíku a síry jako indikátory teploty podzemních vod. In: Sborník referátů VIII. celostátní hydrogeologické konference "Puklinové a puklinovo-krasové vody a problémy ich ochrany". GÚDŠ. Bratislava. p. 203-208.
- Hladíková J., Pačes T., Šmejkal V. (1987): The stable isotope study of dissolved components in some mineral and thermal waters in Czechoslovakia. Extended synopses of the International Symposium on the use of isotope techniques in water resources development. IAEA, Vienna.
- Hlawaczek E. (1835): Die Wasserheilkunde oder pharmakologisch-therapeutische Darstellung ... .Wien.

- Hlawaczek E. (1838): Geschichte von Karlsbad in mediz., pittoresker und geselliger Beziehung. Praha.
- Hoff K. (1825): Geognostische Bemerkungen über Karlsbad. Gotha.
- Hoff K. (1825): Die Quellen von Karlsbad. Zeitschr.f. Mineral. Wien.
- Hoffmann J. (1939): Ueber Aragonitrohrchen, schwarzen und blauen Sprudelstein. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Band XIX.
- Hochberger G.v. (1850): Welche Verbesserungen benoetigt Karlsbad in medizinische Beziehung? Karlsbad.
- Hochstetter F.(1854): Ueber die Versuche des Herrn Apotheker Goettl, die Sinterniederschläge der Karlsbader Quellen zur Darstellung sogenannten Sinterbilder zu benützen.
- Hochstetter F. (1856): Über die Karlsbader Thermen in zwei parallelen Quellenzügen auf zwei parallelen Gebirgsspalten. Sitzungsber. Ak. Wiss., Bd. XX. Wien.
- Hochstetter F. (1856): Karlsbad, seine geognostischen Verhältnisse und seine Quellen. Karlsbad.
- Hochstetter F. (1878): Neuen geologischen Aufschluss im Gebiete der karlsbader Thermen. Wien.
- Hochstetter F. (1878): Über einen neuen geologisechen Aufschluss im Gebiete der Karlsbader Therman. Sitzungsber. Ak. Wiss., Bd. XXXIX. Wien.
- Hochstetter F. (?): Sinterniederschläge der karlsbader Quellen zur Darstellung sogenannten Sinterbilder zu benützen. Karlsbad.
- Holub R.F., Reimer G.M., Hopke P.K., Hovorka J., Krcmar B., Smrz P.K. (1999): „Geo-aerosols“, their origin, transport and paradoxical behavior, a challenge to aerosol science. J. Aerosol. Sci. Suppl.1., S 111-112.
- Holub, R.F., Reimer, G.M., Honeyman, B.D., Smrz, P.K. (2001): Measurement and preliminary behavioral model of radioactive „geo-aerosols“ J. of Radianalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 249, No 1, 239-244, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

- Holub R.F., Smrz P.K. (2002): Localisation of bound particles outside potentials wells. *Can. Journ.of Physics*. No 80. Montreal.
- Horyna M., Kučera J. (1998): Dientzenhoferové. Akropolis Praha.
- Hron J. (2003): Závěrečná zpráva úkolu MŽP č. 8599001 1 2 9000 0000 1 „Průzkum tlakového pole oxidu uhličitého v regionu západočeských lázní, RNDr. J. Hron et al., MS Gekon- GF, s.r.o. Praha.
- Hupschmann G. (1639): Pohled na karlovarské Vřídlo, kolem 1630.
- Hutter T. (1937): Zur Geschichte der Karlsbader Heimatkunde. Heimatkunde des Bez. Karlsbad. – Karlsb. Heimatkundeausschuss. Karlovy Vary.
- Hynie O. (1947): Problémy karlovarských terem. Elaborát vypracovaný v Ústř. úst. geol. Praha.
- Hynie O. (1949): Hydrogeologický posudek o spojitostech karlovarského zřídla s dobývání kaolinu Sedleckých kaolinitových závodů. Archiv Ústř. úst. geol. Praha.
- Hynie O. (1950): Nové směrnice ochrany karlovarských zřidel. *Voda* 30: 182-189. Praha.
- Hynie O. (1956): Pramenní režim v Karlových Varech s ohledem na výstavbu projektované zřídlení kolonády a balneologického traktu. – MS Čs. inspektorát lázní. Praha.
- Hynie O. (1958): Hydrogeologie minerálních zřidel západočeských lázní. *Čas. Čs. spol. pro min. a geol.* 3. Praha.
- Hynie O., Myslík V., Šilar J. & Dovolil M. (1954): Hydrogeologické směrnice pro vypracování lázeňských statutů (Karlovy Vary, Mariánské Lázně, Františkovy Lázně, Teplice, Poděbrady, Luhačovice, Piešťany). Archiv katedry hydrogeologie PF UK. Praha.
- Hynie O., Zoubek V. (1949): Geologické poměry našich lázeňských míst. *Almanach lázní ČSR*. Praha.
- Hynie O. (1958): Hydrogeologie minerálních zřidel západočeských lázní. Sborník ke sjezdu Čs. společnosti pro mineralogii a geologii při ČSAV v Praze. *Časopis pro mineralogii a geologii*, ročnk 1958, č. 2, sv. III.

- Hynie O. (1963): Hydrogeologie ČSSR, II. díl. – Academia: 800 pp. Praha.
- Hynie O. (1964): Nové úkoly naší hydrologie minerálních zřidel. Sborník geologických věd, řada HiG, sv. 1, NČSAV, Praha 1964.
- Jetel J., Pačes T. (1969): O původu mineralizace termálních vod v Karlových Varech. Sbor. II. Mezinár. balneotechn. symp. Piešťany.
- Jiroušek Z. (1986): K.Vary – Lázeňský dům ROH, dílčí zpráva, MS Stavební geologie Praha in Geofond Praha.
- Just,G., Lauterbach R., Loos,G. (1981): Radiometrische Untersuchung an marinen und terrestrischen Sedimenten zur Darstellung rezent ablaufender Elementanreicherungen in ihren Beziehung zur Bruchtektonik und zu lagerstattenbildenden Prozessen. Z. geol. Wiss. Berlin 9 (4, S 375-386)
- Kampe R. (1911): Schlossbrunnenanlagen. Felsberaumung 1910/11. Profily 1 : 200. MS.
- Kampe R. (1922): Die Karlsbader Thermen. Karlsbader ärztliche Vorträge 3. Jena 1927.
- Kampe R. (1924): Heilquellen und Bergbau. Verlag von Gustav Fischer. Jena.
- Kampe R. (1934): Handbuch der Hydrologie. Karlsbader Heimatkundeausschuß 1937: Heimatkunde des Bezirkes Karlsbad, Verlag: Karlsbader Bezirkslehrerverein, Karlsbad.
- Kaštovský J., Komárek J. (2001): Phototrophic microvegetation of thermal springs in Karlovy Vary, Czech Republic. Nova Hedwigia B 123. 107-120.
- Klír S. (1972): Brown coal opencast mining near Sokolov and protection at the Spa Karlovy Vary. MS Geindustria. Praha.
- Klír S. (1982): Ochrana zřidelní oblasti Západních Čech. Avicenum. Praha.
- Knett J. (1901): Die geologischen Verhältnisse von Karlsbad. Wien.

- Knett J. (1902): Der Boden der Stadt Karlsbad und seine Thermen. Festschrift z. 74. Versammlung d. Naturforscher und Ärzte. Karlovy Vary.
- Knett J. (1909): Felsberaumung Schlossbrunn. MS
- Knett J. (1902): Generalquellenplan 1:500.
- Koch A.G. (1906): Die Vermehrung der Ergiebigkeit bei einzelnen Karlsbader Thermalquellen durch Bohrungen. Hochschule fuer Bodenkultur in Wien. MS Wien, 10.12. 1906.
- Kolářová M., Myslík V. (1979): Minerální vody Západočeského kraje. Ústřední ústav geologický Praha.
- Konopáč J. (1977): Lze utěsnit vřídlovcovou desku vřídlení vodou?, in Sborník III. Balneotechnické kolokvium, Karlovy Vary, 1977
- Kopecký L. (1971): Krušnohorská-ohárecká zóna, rýnský prolom a jejich význam pro hlubinnou stavbu. In: Výzkum hlubinné geologické stavby Československa, 157-185 Brno.
- Kopecký J. (1978): Neogenic taphrogenic evolution and young alkaline volcanism of the Bohemian Massif, Czechoslovakia. Sbor. Geol. Věd, Geol., 31, 91-107.
- Kratochvíl J. (1957, 1958): Topografická mineralogie Čech (I, II), Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Kouřimský J., Šípek V., Tuček K. (1960 -1964, 1966): Topografická mineralogie Čech (III - VIII), Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Kovanda J., Kukul Z., in Svoboda ed. (1983): Encyklopedický slovník geologických věd)
- Krčmář B., Adam J., Jirovec J., Příbil R. (1983): New atmogeochemical methods in ore and fluorite exploration, Sbor. Geol. Věd. Užitá geofyzika, 18, 131-140, Praha.
- Krčmář, B. et al. (1987): Sposob poiska mestorožděnij rudnych poleznykh isskopaemykh. Autorské osvědčení č. 1322846, Moskva 08.03.87.

- Krčmář B. (1990): The form of capture of molecular form of elements in atmospheric air emitted by geological structures. Autorské osvědčení č.268 641. Praha 31.08.90. Int. Clas G 01 v 9/00.
- Krčmář B. (1990): Molecular form of elements. Evaluation of a new atmogeochemical method. Vuoremiesyhdistys-Bergsmannaforeningen y. 1990, Sarja A A 0 93 1990; ISBN 951-95365-4-X.
- Krčmář B., Vylita T. (2001): Unfilterable „geoaerosols“, their use in the search for thermal, mineral and mineralised waters, and their possible influence on the origin of certain types of mineral waters. Environmental Geology, Vol. 40, No. 6, 2001
- Krčmář B. (2001): Krátkodobá variační měření aniontů a kationtů v minerální vodě a stejných složek v atmosférickém vzduchu v neodfiltrovatelné formě nad strukturou vývěru Mlýnského pramene. MS Agex Praha.
- Krčmář B. (2002): Krátkodobá variační měření složek v neodfiltrovatelné formě nad strukturou vývěru Mlýnského pramene. MS Agex Praha.
- Krčmář B., Vylita T. (2003): Variační měření složek minerální vody a týchž složek v neodfiltrovatelné formě v atmosférickém vzduchu na Mlýnském prameni v Karlových Varech. Zpráva výzkumného projektu hrazeného Ministerstvem životního prostředí.
- Kristianson K., Malmquist L. (1987): Trace elements in the geogas and their relation to bedrock composition. Geoexploration 24, 517-534. Amsterdam.
- Kukal Z. (1985): Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů, ÚÚG Praha, 80 s.
- Laboutka M., Pačes T. (1966): Hydrogeologie a geochemie vod jáchymovské oblasti. Sbor. geol. věd, hydrogeol. inž. geol. 4, 59-112. Praha.
- Laube G.C. (1884): Geologische Exkursionen Thermalgebiete des nordwestlichen Böhmens, Teplitz, Carlsbad, Eger-Franzenbad, Marienbad. Veit u. Co. Leipzig.

- Lauterbach R. (1968): Radium- Metalometrie zum Nachweis verdeckter tektonischer Brüche. Geoph. u. Geol. Folge 13. S. 80-83. Leipzig.
- Lauterbach R. (1981): personální komunikace.
- Lehrberger G., Dittmar V. eds. (2004): Der Sprudel macht den Stein. Katalog k výstavě. Egerland-Museum Maktredwitz.
- Lenoch F. (1949): Rozdělení léčivých vod. Krátký nástin biologického účinku léčivých vod. Almanach lázní Čsl. rep. Praha.
- Lenoch F. (1950): Léčivé prameny, jejich rozdělení, složení a účinky. Geologie minerálních pramenů. Čsl. st. lázně a zřídla, 2. Praha.
- Lisá L., Hladil J., Vylita T. (2007): Mikrosvět a makrosvět Vřídlovce – karlovarská přírodní laboratoř. Vesmír 86(137), 2007/7, str. 420 – 425.
- Lobkowitz Bohuslaus (1500): In Thermas Caroli IV.
- Loew, A.C. (1874): Chronik von Karlsbad. Karlsbad.
- Lu G., Zheng C., Donahoe R.J., Lyons W.B. (2000): Controlling processes in CaCO<sub>3</sub> precipitating stream in Huanglong Natural Scenic District, Sichuan, China. Journal of Hydrology, 230, 34-54.
- Ludwig K. (1921): Alt-Karlsbad. Verlag von Moritz Perles, Wien.
- Ludwig K. (1924): Bade- und Trinkkur in Alt-Karlsbad. – Balneologie und Balneotherapie 1923, G. Fischer. Jena.
- Lukašev V.K. (1984): Mode of occurrence of elements in secondary environment. J. Geochem. Expl. 21, 73-87.
- Mache H., Mayer S. (1905): Über die Radioaktivität der Quellen der böhmischen Bädergruppe. Sitz.-Ber. K. Akad. Wiss., 114, Abt. Ila. Wien.
- Meyer, M. Wilhelm (1903): Von St. Pierre bis Karlsbad. Studien über die Entwicklungsgeschichte der Vulkane. Mit 92 Illustrationen und 1 farbigen Titelbilde. Berlin (Allg. Verein für Deutsche Litteratur). XI, 346 S
- Micoletzky J. (1834?): Plan von Carlsbad und dessen Umgebung. Karlsbad und Prag.



- Michler O. et al. (1927): Der heimatliche Boden und seine Heilquellen, Karlsbad.
- Michler O. (1932): Woher kommt der Karlsbader Sprudel? – Mitt. D. Naturforscher in Reichenberg. Vlastním nákladem 1931 a Mineralquellenztg. Berlin-Wien (without reference in: Pačes T., 1962).
- Michler O. (1933): Wo ist das Niederschlagsgebiet der Karlsbader Heilquellen zu suchen? Karlsbader Tageszeitung. Karlovy Vary.
- Michler O. (1937): Die heimatliche Boden und seine Quellen. Heimatskunde der Bezirkes Karlsbad, Karlsbader Heimatskundeaufschluss. Karlovy Vary.
- Michler O. (1937): Wie alt ist der Karlsbader Sprudel? Schlägel u. Eisen, Jahrg. 35. Teplice - Šanov.
- Michler O. (1938): Geologické a hydrologické podmínky karlovarských léčivých pramenů. Stavivo 19. Praha.
- Michler O., Kampe R., Danzer M. (1928): Der heimatliche Boden und seine Heilquellen mit würdigung der klimatischen Verhältnisse. Karlsbader Heimatsbücher., 5, Jahrg. 20. Wien.
- Minařík L., Houdková Z. et al. (1984): Geochemie biotitů karlovarského žulového masivu. Acta Montana 68, 33-44. Praha.
- Minařík L. et al. (1990): Crystal Chemistry of Biotites from Granitoides, Karlovy Vary Massif, Czechoslovakia. Acta Univ. Carol., Geol. 2, 117-130. Praha.
- Minissale A., Kerrick D.M., Magro G., Murrell M.T., Paladini M., Rihs S., Sturchio N.C., Tassi F., Vaselli O. (2002): Geochemistry of Quaternary travertines in the region north of Rome (Italy): structural, hydrologic and paleoclimatic implications. Earth and Planetary Science Letters, 203, 709-728.
- Mook W.G., Bommerson J.C., Staverman W.H. (1974): Carbon isotope fractionation between dissolved bicarbonate and gaseous carbon dioxide. Earth and Planetary Science Letters, 22, 169–176.

- Mueller J. (1776): Soupis rukopisů strahovské knihovny Památníku národního písemnictví v Praze, IV. Složka 2405, DK IV 23, ss. 570 – 571, písm. D: Carlsbaader Sammlung 1776.
- Mueller H. (1860): Mineralquellen und Erzgaengen im noerdlichen Boehmen und in Sachsen. Freiberg.
- Myslil V. (1960): Zpráva o detailním sledování některých karlovarských pramenů v údobí od 20.6.1959 do 31.1.1960. MS Geofond. Praha
- Myslil V. et al. (1964): Závěrečná zpráva úkolu Karlovy Vary - ochranná pásma. MS Ústř. úst. geol. Praha.
- Myslil V., Václ J. (1966): Západočeská lázeňská oblast - geologický průvodce. Academia. Praha.
- Myslil V. – Tyráček J. (1962): Geologické posouzení travertinových akumulací v užší zřidelní oblasti Karlových Var. – MS Geofond. Praha
- Neumann C.F. (1884): Über den Granit des Kreuzberges bei Carlsbad. Neu. Jhb. Mineral.Geol., 145-192.
- Neužil J., Konta J. (1965): Petrology nad Geochemistry of the Karlovy Vary Granite, the Parent Rocks of the Sedlec Kaolin. Acta Univ. Carol., Geol.-Suppl 2, 41-56. Praha.
- Noeggerath I. (1862): Die Sprudelschale in Karlbad. Vers. D. Natf. U. Aerzte. Wien.
- Oertl E., Gruber R. (1901): Verbau von Sprudel - Ausbrüchen im Teplbett, Bauämtlicher Bericht. Karlsbad.
- Ohmoto H., Rye R.O. (1979): Isotopes of sulfur and carbon. In: Barnes H.L. (ed.), Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd edition, pp. 509–567. J. Wiley & Sons, New York.
- O'Nions R.K., Oxburgh E.R. (1988): Helium, volatile fluxes and the development of continental crust. Earth Planet. Sci. Lett., 90, 331–347.
- Ovčinnikov A.M., Mineralnije vody. – Moskva 1947.

- Pačes T. (1962): Příspěvek ke geochemickému studiu karlovarských vod. Čas. pro mineral. a geol. 7: 418-427 Praha.
- Pačes T. (1987): Hydrochemical evolution of saline waters from crystalline rocks of the Bohemian Massif. In: P. Fritz & S.K. Frapé (eds.), Saline Waters and Gases in Crystalline Rocks, 145–156. GAC Special Paper 33. Geol. Assoc. of Canada.
- Pačes T., Šmejkal V., Pazdera A., Kobrová M., Barnes I. (1981): An unique type of brine in the basement of the Cheb basin (in Czech). Geologický Průzkum 1981, 196–198.
- Pačes T., Šmejkal V. (2004): Magmatic and fossil components of thermal and mineral waters in the Eger River continental rift (Bohemian massif, central Europe). In: Water-Rock Interaction, Wanty R.B., Seasl R.R.II (eds):167-172. A.A. Balkema Publishers, Leiden, © Taylor & Francis Group. London. ISBN 90 5809 641 6.
- Payer W. (1522): Tractatus de Thermis Caroli Quarti. – Printed in Lipsiae, ex aedibus Valentini Schumani. In: Doktor Václav Payer z Lokte. Pojednání o Karlových Varech z r. 1522, translator: B. Ryba. Publishing House Avicenum: Praha, 1984.
- Pazdera A. (1979): Příspěvek ke genezi mineralizovaných vod krušnohorského plutonu. Sbor. 7. hydrogeol. konf. ČSMG. Ústí N. Labem.
- Pazdera A. (1984): Teplé a termální vody západních Čech. Zbor. ref. VIII. celošt. hydrogeol. konf. Bratislava.
- Pěčková M. (1991): Properties of a hyperthermophilic Bacterium (*Thermus* sp) isolated from a Carlsbad spring. Folia Microbiologica 36, 6: 515–521.
- Pěček J. (1983): Výskyt stopových prvků v karlovarských pramenech. MS Staveb. geol. Praha.
- Pěček J. (1986): Projekt komplexního hydrogeologického průzkumu – rozšíření zřidelní základny v Kyselce. MS Staveb. geol. Praha.

- Pěček J., Zeman J. (1985): Geologie a tektonika. *In:* Vylita B. et al. (1985): Závěrečná zpráva úkolu Karlovy Vary. – MS Staveb. geol. Praha.
- Peter J. (1924): Geologische und morphologische Studien ueber das Falkenauer Tertiaer-Becken. Geograph. Institut der Deutschen Universitaet in Prag.
- Platzer Gebr.(1838?): Situations-Plan von Carlsbad. Vydav. Bři Franieck. M : 40 W.K. = 34 mm.
- Prinz E., Kampe R. (1934): Handbuch der Hydrologie, Zweiter Band: Quellen; Berlin, Verlag von Julius Springer.
- Pröckl F. (1886): Geschichte der königlichen Stadt Karlsbad. – Vlg. Hans Feller. Karlsbad.
- Pošepný F. (1895): Über die Genesis der Erzlagerstätten. Berg. u. Hüttenmänn. Jb. monat. Hochsch. 431–524.
- Polyak B.G., Prasolov E.M., Čermák V., Verkhovskiy A.B. (1985): Isotopic composition of noble gases in geothermal fluids of the Krušné Hory Mts., Czechoslovakia, and the nature of the local geothermal anomaly. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 695–699.
- Puchmayer A. (1797): Almanach. Praha.
- Racknitz v. (1788): Briefe ueber das Karlsbad und die Naturproducte der dortigen Gegend. Dresden – Leipzig.
- Rauscher R., Vylita B. (1959): Projekt čerpacího pokusu na dole Marie Majerová v Královském Poříčí. MS Hnědouhelné doly a briketárny Sokolov.
- Rosiwal A. (1894): Über neue Massnahmen zum Schutze de Karlsbader Thermen. – Jb. Geol. Reichsanst.
- Rosiwal A. (1895): Über die neuen Maßnahmen zum Schutze der Karlsbader Thermen (s geologickou mapou karlovarské městské části od F. Tellera z r. 1888). *Jb. K.-Kön. geol. Reichsanst.* 44, 4. Wien.
- Rosiwal A. (1895): Ueber die Thermen von Karlsbad und den Schutz derselben.

- Rosiwal A. (1903): Franzenbad, Marienbad, Karlsbad. Geologische Exkursionen.
- Ryba, J.E. (1828): Karlsbad und seine Heilquellen. Ein Handbuch für Kurgäste, enthaltend eine ausführliche Anweisung zum Gebrauche der Mineralwässer von Karlsbad, nebst einer genauen Beschreibung dieses Brunnenortes in physikalischer, historischer, topographischer und pittoresker Hinsicht. Prag: Kronberger und Weber.
- Ryss J.C., Goldberg I.S. (1973): Sposob častičnovo izvlečenija metallov (ČIM) dlja poiskov rudnych mestorožděnij. Metodika i tehnika razvedki 84, VITR. Leningrad.
- Řehák V. (1995): Sanace kostela sv. M. Magdaleny v K.Varech etc. MS J. Řehák, Praha.
- Sedláčková E. (1955): Komplexní průzkum lázeňského místa Karlovy Vary. – Výzk. úst. lázeňský, řed. K. Přerovský, Rotaprint. Praha.
- Schaerf W. (1900): Fortsetzung des Berichtes über dem Bestand der Thermalquellen in Karlsbad (1875 – 1900). Archiv Čs.stát.lázní Karlovy Vary
- Skoček V. (1993): Petrologie sedimentů, PřF UK Praha, 130 s.
- Sine: Soupis rukopisů strahovské knihovny Památníku národního písemnictví v Praze, IV. Složka 2405, DK IV 23, ss. 570 – 571, písm. D : Carlsbaader Sammlung 1776.
- Sipöcz L. (1891): Karlsbad und seine Quellen und Quellenprodukte, . Karlsbad, Stadtgemeinde, OBrosch, 56 S.
- Sommer F. (1571): De Inuentione, descriptione, temperie, viribus et imprimis usu thermarum D. Caroli IV Imperatoris : Libellus breius quidem... Lipsko.
- Springsfeld G.C. (1749): Abhandlungen vom Carls-Bade, nebst einem Versuch einer Carlsbader Krankengeschichte. Gledisch. Leipzig.
- Stočas B. (1921): Tektonická geologie, Hornicko - hutnické nakladatelství SP. S R. O., Moravská Ostrava, str. 51.

- Strobelberger S. (?): *Politiae Thermae Carolinae, das ist: Politischer Karlsbader Bortrab*", Karlsbad-Leipzig, Anton Rudolf Küffner Verlag, 1930, 1. Auflage.
- Struve v. (1807): *Mineralogische Bemerkungen ueber die Umgebungen Karlsbads. Leonhards Taschenbuch fuer d. gesammte Mineralogie, Jahrg.1 (1807), S.162 u Jahrg.2, S.131.*
- Suess E. (1902): *Ueber heissen Quellen. 74 Vers. Deutsch Natur u. Aertzte zu Karlsbad. In: Library of the Czech Geological Survey Prague.*
- Suess F.E. (1903): *Über heisse Quellen. – Vers. d. Ges. deutscher Naturforscher und Aertzte in Karlsbad 1902. Leipzig.*
- Suess F.E. (1909): *Das Anblitz de Erde. Wien.*
- Suess F.E. (1908): *Über Kristallisationsvorgänge bei der Bildung der Karlsbader Aragonitabsätze. Akad. Wiss. Wien., Jahrg. 1908, Nr. XVI: 313-316.*
- Suess F.E. (1909): *Die Bildung der Karlsbader Sprudelschale unter Wachstumsdruck der Aragonitkristalle, Verlag der Geologischen Gesellschaft in Wien, II. Band: 392-444.*
- Suchý K. (1953): *Polarografické stanovení stop Zn v karlovarské thermě. Fysiatr. věst. 36, STNL Praha.*
- Summer F. (1571): *De inventione descriptione temperie oiribus et imprimus usu Thermarum D. Caroli IV Imperatoris libellus etc. Leipzig. Překlad O. Bořík, 2008 (v tisku).*
- Škvor V. (1975): *Geologie české části Krušných hor a Smrčín. Knih. Ústř. úst. geol. 48 Praha.*
- Šmejkal V., Hladíková J., Haur A. (1972a): *Studium stabilních neradiogenních izotopů ve vodách a plynných vývěrech v oblasti Českého masívu. Nepublikovaná zpráva, součást úkolu Izotopický a geochronologický výzkum v oblasti Českého masívu - úkol 1/014. Archiv České geologické služby. Praha 31 s.*

- Šmejkal V., Hladíková J., Haur A. (1972b): Zametki o proischoždeniji mineralnykh vod tipa Karlovy Vary na osnovaniji analizov sery i ugleroda. – Proceedings of the 4th. Symp. on geochemistry of stable isotopes. Acad. Sci. USSR, Moskva: 70–71.
- Šmejkal V. (1978): Isotopic geochemistry of the Cypris formation in the Cheb Basin, West Bohemia. Věst. Ústř. Úst. Geol., 53, 3–18 Praha.
- Šmejkal V. (1979): Oxygen isotopic composition of sulphates from some mineral and mine waters in Western Bohemia. Isotope Hydrology 1978, Vol. I, 83–98. Int. Atom. Energ. Agency Vienna.
- Šmejkal V. (1984): Isotopic composition of carbonates and differences in deposition environment during the Miocene lacustrine sedimentation in the Krusne Hory graben. In: Arbeitstagung "Isotope in der Natur", Berichte des Zentralinstitut für isotope- und Strahlungsforschung. ZFI-Mitteilungen, 84, 372–379. Leipzig.
- Šmejkal V., Pačes T. (1992): Origin of mineral waters of the Karlovy Vary type (in Czech). Geologický průzkum 34: 33–37.
- Špičák A., Horálek J. (2001): Possible role of fluids in the process of earthquake swarm generation in the West Bohemia/Vogtland seismoactive region. Tectonophysics, 36, 151–161.
- Štovičková N. (1973): Hlubinná zlomová tektonika a její vztah k endogenním geologickým procesům. Academia Praha.
- Švorcová L. (1977): Sukzessionen der Biozenosen und die Kristallbildung in der Karlsbader Mineralwaessern. Balneologica Bohemica, 6, ss. 24–26.
- Thode H.G., Shima M., Rees C.E., Krisnamurty K.V. (1965): Carbon-13 isotope effects in systems containing carbon dioxide, bicarbonate, carbonate, and metal ions. Can. J. Chem., 43, 582–595.
- Tolde O. (1948): Nástin geologie Karlovarska a Chebska a vztah karlovarských vřidel k hornictví. – II. pracovní sjezd hor. a hut. inženýrů 1947 v Karlových Varech. Praha.

- Tong Chun-Han, Li Ju-Chu (1999): Geogas prospecting for deep or concealed gold deposits and its mechanism. Chinese Jour. of Geophysics, Vol 42, No 1.
- Trčková J., Vylita T., Pěček J., Hanzlík J. (2000): Impacts of brown coal mining on the water-bearing system of the Sokolov coal basin with aspects of Karlovy Vary thermal springs protectio. Acta montana (Praha), Ser. AB.,čís. 8(115), s.77-97.
- Trojan Č. (1973): Karlovy Vary - Kolonáda - dokumentace. Archiv St. geologie Praha
- Trojan Č. (1974): Závěrečná zpráva Karlovy Vary - malé termy. MS Staveb. geol. Praha.
- Trojan Č. (1975): Karlovy Vary - malé termy. Závěrečná zpráva. MS Archiv SG, Praha.
- Trojan Č. (1976): Karlovy Vary - Vřídlo - I.etapa. MS Archiv Stavební geologie Praha.
- Trojan Č. (1977): Závěrečná zpráva Karlovy Vary - sanace. Vřídlo - I. etapa. MS Staveb. geol. Praha.
- Trojan Č., Jiroušek Z., Bodlák P. (1977): Karlovy Vary - Vřídlo - etapa III/1. MS Archiv SG Praha.
- Ueberlaker P.F. (1781): System des Karlsbader intres unter vorstellung schöner und seltener Stücke
- Urban J., Tikal D. (1964): Báňsko-historická studie termálního území Karlovy Vary. MS Geofond. Kutná Hora.
- Václ J. (1962): Závěrečná zpráva úkolu: Geologické podklady pro řešení ochranných pásem lázní Karlovy Vary. (P. Šantrůček, J. Zikmund, J. Václ, V. Macháček, V. Jehlička, J. Matějková). Geofond Praha.
- Vala J. - Zelinka M. (1977): Otázka vývoje zřidelní základny K.Var. Sborník III. Baln. kolokvia, Karlovy Vary.
- Vogel J.C., Grootes P.M., Mook W.G. (1970): Isotopic fractionation between gaseous and dissolved carbon dioxide. Zeitschr. Physik, 230, 225–238.



- Vogel J.C., Grootes P.M., Mook W.G. (1970): Isotopic fractionation between gaseous and dissolved carbon dioxide. *Zeitschr. Physik*, 230, 225–238.
- Vondráčková Z., Vylita B. (1970): Výsledky režimního měření karlovarských term. MS Čs. st. lázně Karlovy Vary. Karlovy Vary.
- Vorhees K.J. et al. (1986): Apparatus and method for geochemical prospecting. Patent USA No: 4,573, 354. Mar 4.1986.
- Vrba J. (1996): Thermal mineral water springs in Karlovy Vary Springs and bottled waters, *Environmental Geology (Berlin)* 27, 2: 120–125.
- Vylita B. (1962): O vývoji balneotechniky v Karlových Varech. *Geol. průzk.* 4, 1: 17-20. Praha.
- Vylita B. (1964): Aplikace statistických metod v balneotechnice. *Geologický průzkum č.6, r. 1964*
- Vylita B. (1966): Variabilita karlovarských term. MS Přírodověd. fak. Univ. Karl. Praha.
- Vylita B. (1967): Zpráva k otázce stabilizace karlovarských terem při plánované výstavbě, Karlovy Vary 1967. MS Archiv Čs.stát.lázní Karlovy Vary.
- Vylita B. (1967): Oponentní posudek projektu geologických prací úkolu „Hydrogeologie Sokolovska - kóta 310“, 1967
- Vylita B. (1967): Zákonitosti režimu karlovarských terem, MS PrFUK Praha, 1967
- Vylita B. (1970): Zpráva o režimu plynného CO<sub>2</sub> v prostoru Vřídlení kolonády v Karlových Varech. MS Archiv SG.
- Vylita B. (1971): Zpráva o výsledcích čerpací zkoušky u sond S 9 - S 11 - K.Vary - Vřídlení kolonáda. MS Archiv Čs.stát.lázní Karlovy Vary.
- Vylita B. (1972): Termální zóna v Karlových Varech. – *Sbor. geol. věd., hydrogeol. inž. geol.*, sv. 10: 139-161. Praha.
- Vylita B. (1974): Návrh opatření na řešení havarijní situace karlovarského Vřídla. MS Archiv Čs.stát.lázní Karlovy Vary.

- Vylita B. (1976): Zpráva o stavu režimního měření v K.Varech a návrh opatření. MS Archiv Čs.stát.lázní Karlovy Vary.
- Vylita B., Pěček J. (1977): K problematice karlovarského Vřídla. Sborník III. balneotechnického kolokvia, Karlovy Vary.
- Vylita B., Pěček J. (1977): Znalecký posudek ve věci stability skalního svahu za kolonádou ČSSP v Karlových Varech. MS Archiv Čs.st.lázní Karlovy Vary.
- Vylita B., Pěček J. (1978): Znalecký posudek k zakládání láz.ústavu Zvon v K.Varech. MS Archiv Zdravoprojektu Praha.
- Vylita B. (1979): Závěrečná zpráva Karlovy Vary - sanace - Vřídlo (k 31. 12. 1978). MS Staveb. geol. Praha.
- Vylita B., Pěček J. (1981): Průzkum karlovarské zřídelní struktury. Geol. průzk. 23, 6: 161-164. Praha.
- Vylita B. (1984): Karlovarské prameny včera a dnes. Západočeské nakl. Plzeň.
- Vylita B. (1984): Common hydrogeological principles for mineral and thermal water protection, AIH - CMTW, Oran Alžírsko, 1984
- Vylita B. (1985): Nové jímání karlovarských pramenů. Geol. průzk. 27, 3: 74-77. Praha.
- Vylita B. (1988): Neue Erkenntnisse über die Karlsbader Heilquellens-Struktur. Folia, Geologica 28, 1-30. Plzeň.
- Vylita B. (1988): K. Vary - Dům ROH - vývěry, závěrečná zpráva, MS Stavební geologie in archiv ČIL Praha.
- Vylita B. (1990): S geologem po Karlových Varech. Ústř. úst. geol.: 176 pp. Praha.
- Vylita B., Bodlák P., Domecká K., Pěček J., Zeman J. (1991): Nové poznatky o karlovarské zřídelní struktuře. ÚÚG: 107 pp. Praha. ISBN 80-7075-021-9.

- Vylita B. (1997): Závěrečná zpráva z doplňkového hydrogeologického průzkumu na parcele MEP „Fontána“, MS archiv Terra-test® K.Vary.
- Vylita B. (2000): Hydrogeologická kapitola geologického průzkumu pro výstavbu na parc.č.45 a 48 v Moravské ul. MS fy Terra-test®, Karlovy Vary.
- Vylita B. (2001): Zpráva o geologicko-průzkumných pracích pro výstavbu LK Esprit (dříve LS Fontána). MS Terra-test® Karlovy Vary.
- Vylita T. (1986): Slapové síly a jejich projevy v režimu minerálních vod. Diplomová práce, PřFUK Praha.
- Vylita T., Hepnar P. (1992): Grouting the Josef seam-bed works in Mary Shaft, Královské Poříčí, Proceedings of the Conference of IMWA, 1992, Ljubljana, Slovinsko.
- Vylita T. (1992): Závěrečná zpráva IG průzkumu pro hlubinné založení přístavby LD Ostende , Karlovy Vary. MS Terra-test Karlovy Vary.
- Vylita T. (1993): Závěrečná zpráva geologického průzkumu pro podzemní garáže u GH Pupp, Karlovy Vary. MS Terra-test Karlovy Vary.
- Vylita T., Dufek R. (1993): Závěrečná zpráva HG a IG průzkumu pro hotel Terminus , Karlovy Vary. MS Terra-test Karlovy Vary..
- Vylita T. (1994): Exploration of spring structure of Dolní Lomnice, Pstruží potok, Doupovské hory. Proceedings of AIH - CMTW, 1994 Bojnice, Slovensko.
- Vylita T. (1995): Závěrečná zpráva geologicko-průzkumných prací pro podzemní parkoviště u LS Švýcarský dvůr, Karlovy Vary. MS Terra-test Karlovy Vary.
- Vylita T. (1995): Zpráva o geologických poměrech staveniště v prostoru mezi domy ul. Vítězná 295/52 a 66/48 Karlovy Vary. MS Terra-test Karlovy Vary.
- Vylita T. (1995-2008): Výroční zprávy o stavu pramenů a kolonád v Karlových Varech. MS Správa PLZaK, Karlovy Vary.
- Vylita T. (1996): Contemporary problems of Karlovy Vary springs protection, Proceedings of AIH - CMTW, 1996 Espoo, Finsko a Saaremaa, Estonsko.

- Vylita T. (1997): Summary of regimen measurements 1970-1990, Karlovy Vary Spring Structure, Proceedings of AIH - CMTW, 1997, Bath, Velká Británie.
- Vylita T. (1998): Molecular Form of Elements Method in hydrogeology of mineral waters, Proceedings of AIH - CMTW, 1998, Ballarat, Victoria, Austrálie.
- Vylita T. (2001): Karlovarská zřidelní struktura, Sborník VÚHU, Most.
- Vylita T. in Burachovič S., Wieser S. (2001): Studie o minerálních vodách Českého masivu a Karpat v rámci Encyklopedie lázní a léčivých pramenů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Nakladatelství Libri, Praha.
- Vylita T. (kolektiv autorů, 2002): Studie o lázeňství a historie jímání minerálních vod v ČR v rámci encyklopedie Technických památek v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Nakladatelství Libri, Praha.
- Vylita T. (2002): Vřídlovec, texty k výstavě v Karlovarském muzeu, MS. Karlovy Vary.
- Vylita T. (2002): Zpráva o klimatických poměrech lázeňského místa Karlovy Vary. MS Správa PLZaK Karlovy Vary.
- Vylita, T. (2002): Závěrečná zpráva geologicko-průzkumných prací pro výstavbu exkursní trasy a objektu pavilonu před Zámeckou věží, Karlovy Vary. MS Terra-test, Karlovy Vary.
- Vylita T. (2004): Karlovy Vary Travertine Accumulation, Karlovy Vary Spring Structure, Proceedings of AIH - CMTW, 2004, Farafra, Egypt.
- Vylita T., Lehrberger G. (2004): Katalog výstavy „Sprudel macht den Stein“. Vlg. Egerland-Museum, Marktredwitz, SRN.
- Vylita T. in Rubín J., ed. (2005): Přírodní klenoty ČR. Praha.
- Vylita T., Cílek V. & Krčmář B. et al. (2005): Zřidelní sedimentace karlovarské termální struktury a její vztah k preventivní ochraně přírodních léčivých zdrojů. MS, archiv Ministerstva životního prostředí ČR. ČGS Geofond č. 2857/2004, Praha.
- Vylita T. in Němec J., ed (2006): Voda v ČR. Praha (anglická verze 2007).

- Vylita T. (2006): Zřidelní sedimentace karlovarské zřidelní struktury. *Minerál* 2006/1, s. 10-19.
- Vylita T. (2007): Hot Spring Travertines and Mineral Waters Protection of Karlovy Vary. *Proceedings of AIH – CMTW, 2007*, Stina de Vale, Rumunsko.
- Vylita T., Žák K., Cílek V., Hercman H., Mikšíková L. (2007): Evolution of hot-spring travertine accumulation in Karlovy Vary/Carlsbad (Czech Republic) and its significance for the evolution of Teplá valley and Ohře/Eger rift. *Z. Geomorph. N. F.* 51 4 427–442 Berlin, Stuttgart December 2007.
- Wagner G.A., Goegen K., Jonckheere R., Kämpf H., Wagner I., Woda C. et al. (1998): The age of Quaternary volcanoes Železná Hůrka a Komorní Hůrka (Western Eger Rift), Czech Republic: alpha-recoil track, TL, ESR and fission track chronometry. In: *Magma and Rift Basin Evolution – Excursion Guide. Abstracts. Czech Republic. Liblice, Sept. 7–11, 1998.* Czech Geological Survey, 95–96 Prague.
- Wang X., Cheng Z., Lu Y, Xie X. (1997): Nanoscale metals in Earthgas and mobile forms of metals in overburden in wide-spaced regional exploration for giant deposits in overburden terrains. *Journ. of Geochem. Expl.* 58, 63-72.
- Warnsdorff F. (1855): *Bemerkungen über die geognostische Verhältnisse von Carlsbad.* Jb. K.-Kön. Geol. Reichsanst., 88 Wien.
- Weigert, L.J. (1996): *Der Karlsbader Sprudelstein.* Schriftenreihe Egerland-Museum Marktredwitz Band 11, Nürnberg, Preußler Verlag, 1996, S. 39-56.
- Weigert, L.J. (2000): *Der Karlsbader Sprudelstein und seine Verarbeitung.* In: *Karlsbader Historische Schriften Band 1*, hgg. v. Milan Augustin und Ludwig J.
- Weinlich K.H., Bräuer K., Kämpf H., Strauch G., Tesař J., Weise S.M. (1999): An active subcontinental mantle volatile system in the western Eger rift,

- Central Europe: Gas flux, isotopic He, C and N and compositional fingerprints. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 63, 3653–3671.
- Weiss, F. v. (1819): Grundriss der k.k. Stadt Karlsbad mit ihren Umgebungen. M : 100 W.K. = 17,5 mm.
- Zadrazil V. (1957): Rozbor karlovarských minerálních vod. Karlovarský lázeňský časopis. Karlovy Vary.
- Zelinka J. (1953): Jímání minerálních a termálních pramenů. Voda 33. Praha.
- Zelinka M. (1976): Připomínky k ideovému projektu III. etapy úkolu Karlovy Vary - Vřídlo. MS Archiv SG Praha.
- Zheng Y.F. (1990): Carbon-oxygen isotopic covariation in hydrothermal calcite during degassing of CO<sub>2</sub>. *Mineralium Deposita*, 25, 246–250.
- Zhou G.T., Zheng Y.F. (2003): An experimental study of oxygen isotope fractionation between inorganically precipitated aragonite and water at low temperatures. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67, 387-399.
- Zikmund J. (1962): Závěrečná zpráva úkolu: Geologické podklady pro řešení ochranných pásem Lázní Karlovy Vary (J. Zikmund, J. Václ, V. Macháček, V. Jehlička, J. Matějková). MS Geofond Praha.
- Zoubek V. et al. (1963): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000, M-33-XIII Karlovy Vary. – ÚÚG v Nakl. ČSAV, 290 p. Praha.
- Zýka V. (1957): Vznik našich minerálních vod. Věda a život. Praha.
- Zýka V. (1958): Geochemické typy minerálních vod v Čechách a jejich geneze. Čas. pro miner. a geol. 3. Praha.
- Zýka V. (1961): O původu karlovarských zřídél. Geol. Průzk., 10. Praha
- Žák K. (2004): Brief interpretation of carbon and oxygen isotope composition of travertine from Karlovy Vary a possible future research. MS Archiv SPLZaK, Karlovy Vary.