

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky



**Sources of Thermal Water  
in Czech republic**

**Zdroje termální vody  
v České republice**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Jan Hloušek**

2008

Vedoucí: RNDr. Josef Datel

HYDROGEOLOGIE  
TERMÁLNÍ VODY  
ZDROJE TERMÁLNÍ VODY  
ČESKÝ MASIV



## Obsah

Úvod	1
Termální voda	2
Co je termální voda	2
Typy termálních vod	3
Princip termálních zřídél	5
Zřídelní sedimenty	7
Ochrana termálních vod	8
Vody ČR	9
Poslední geologické události v Českém masivu	9
Podkrušnohorská oblast	10
Karlovy Vary	11
Jáchymov	16
Teplice	18
Louny	22
Oblast Českého středohoří	24
Sudetská oblast	26
Janské Lázně	27
Lázně Bohdaneč	29
Území Severní Moravy a Slezska	31
Bludov	31
Velké Losiny	33
Teplice nad Bečvou	35
Teplé prameny	39
České středohoří	39
Permokarbonské pánve	39
Předpolí Karpat	43
Seznam použité literatury	45



BP 740

## Úvod

Vzhledem k povaze dostupné literatury tematicky zaměřené na termální vody jsem se rozhodl tuto práci formulovat jako stručný přehled zákonitostí vzniku termálních vod a nejvýznamnějších lokalit s termálními prameny v oblasti České republiky. V práci jsou stručně uvedeny definice a vlastnosti termální vody, podmínky za jakých může dojít k vzniku termálního zřídla a popisy významných vývěrů včetně běžných chemických rozborů. S termálními zřídly se u nás pojí i dlouhá historie jejich jímání a využívání pro lázeňské účely. Práce je určena každému, kdo by chtěl získat základní informace o termálních vodách a pramenech v ČR.

Většina publikací komplexně popisujících tuto problematiku pochází ze 70. a 80. let a bohužel nepodává nejnovější informace a vědecké názory ohledně jednotlivých lokalit. Aktuální informace poskytované lázeňskými společnostmi spravujícími v současnosti monitorování, využívání a údržbu pramenů teplic jsou veskrze komerčního rázu a po odborné stránce jsou značně neúplné. Dostupné vědecké články se v současnosti bohužel nezabývají již vícekrát v minulosti popsány vlastnostmi a chováním našich zřidel, navzdory tomu, že opakovaný průzkum by spolu se souhrnem dosavadních dat přinesl jistě zajímavé výsledky. Má práce proto vychází hlavně z údajů ve starší literatuře a současné články o výzkumech v oblastech termálních zřidel jsem mohl využít pouze k aktualizaci údajů o lokalitách, nikoli o samotných termálních pramenech. Informace o jímacích objektech a hodnoty uvedených chemických rozborů je tudíž nutno brát určitou rezervou, neboť od doby zaznamenání se mohly podmínky na lokalitách změnit.

# Termální voda

## Co je termální voda

Jako termální by se mohla označovat každá přírodní voda, která má v místě vývěru teplotu výrazně vyšší, než je teplota půdy a hornin, jež pramen bezprostředně obklopují. Zdrojem tepla podzemní vody nesmí být umělý ohřev související s lidskou činností nebo horniny na povrchu terénu, prohřáté slunečním zářením. Termální voda, neboli teplice, by měla získat svou teplotu kontaktem s teplejším podložím v nižších partiích zemské kůry nebo v oblastech s probíhající vulkanickou či magmatickou činností. V obou případech je voda ohřata reliktním teplem uchovaným v plášti a jádru Země, jehož přenos je zprostředkovaný vedením tepla utuhlými horninami kůry, popřípadě prouděním magmatu k zemskému povrchu.

V současnosti existují dvě uznávané klasifikace termální vody. Dle geologické klasifikace má mít teplice v místě přirozeného vývěru teplotu minimálně 25 °C. Tato definice minimální teploty vychází z faktu, že v zemích mírného pásma nemůže teplota na úrovni hladiny podzemní vody prakticky dosáhnout 25°C pouze vlivem slunečního záření.

V balneologické klasifikaci je minimální teplotou termální vody 20 °C. Tato teplota je přijatelná pro léčebné koupele (jelikož při vedení mezi zřídlem a lázeňským zařízením ještě o něco vychladne) a není nutné vodu uměle přehřívát. Při vyšší teplotě vyvěrající teplice se naopak praktikuje její ředění chladnější minerální vodou. Teploty 20 °C však může voda přirozeně dosáhnout i za teplých slunečných dní, zejména pokud je nad pramenem nádrž, nebo pokud proudí voda k prameni velmi mělce pod povrchem. Těmto problémům s definicí termální vody se lze vyhnout, když se na zřídle provede série měření během roku a stanoví se průměrná teplota. Běžné termální prameny ale vykazují jen zanedbatelnou závislost na teplotních změnách povrchu. Tato práce se drží balneologické klasifikace a za termální jsou považovány všechny vody s teplotou vyšší než 20 °C.

K výraznějším změnám teploty teplic však dochází mnohem častěji v případech, kdy poslední úsek cesty k povrchu prochází voda horninou s průlinovou propustností (např. říčními náplavy písků), ve které dochází k míšení termální a prosté podzemní vody, jež prolíná do výstupní pukliny termy. Hladina podzemní vody je v tenké vrstvě horniny silně závislá na srážkách. Se změnami dotace povrchovou, čili vadózní vodou se mění i poměr mísení a spolu s ním může silně kolísat teplota i mineralizace vyvěrající vody. Obdobně dochází k míšení termální a vadózní vody tehdy, když svrchní část horninového prostředí pod zřídlem tvoří vápence, nebo jiné horniny s krasovou propustností. Vodní režim v krasových dutinách je zpravidla ještě citlivější a okamžitě reaguje na změny srážkových poměrů. Termální vývěry ze zkrasovělého podloží proto bývají velmi vzácné.

## Typy termálních vod

### *Radioaktivní teplice*

Teplice se dle obsahu rozpuštěných složek rozdělují do dvou základních skupin. První z nich jsou prosté teplice zvané akrotermy. Jejich voda se kromě své zvýšené teploty nijak zvlášť neodlišuje od vody podzemní. Obsahy minerálních látek a rozpuštěných plynů nepřekračují normy stanovené pro definici vody minerální. Druhá skupiny termálních vod obsahuje i vyšší množství rozpuštěných složek. Podle jejich charakteru se de facto již řadí mezi klasické minerální vody.

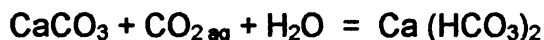
Termální voda s celkovou radioaktivitou vyšší než 1 350 Bq/l se označuje jako radioaktivní teplice. K radioaktivitě přispívá obsah izotopů  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  a radioaktivního draslíku  $^{40}\text{K}$ . Kromě  $^{238}\text{U}$  jsou velmi významné i produkty jeho rozpadové řady  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$  a  $^{222}\text{Rn}$ , který se jako plyn nejsnáze rozpouští ve vodě a díky krátkému poločas rozpadu 3,83 dny přispívá k celkové radioaktivitě největší měrou. Výskyt radioaktivní termy vyžaduje specifické geologické podmínky a není příliš častý.

### *Termální kyselka*

Voda s vyšším přirozeným obsahem oxidu uhličitého, než 0,5 g/l se nazývá kyselka, v případě zvýšené teploty pak termální kyselka.  $\text{CO}_2$  do vody přechází většinou z povrchové a půdní atmosféry, do které se dostává hlavně biologickými procesy. Dalším zdrojem může být chemická reakce s karbonáty. Kyselá voda rozpouští např. kalcit podle reakce :

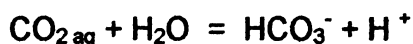


V karbonátovém prostředí se ale rozpuštěný  $\text{CO}_2$  při přesycení opět spotřebovává reakcí :



Množství  $\text{CO}_2$  se uvolňuje i při tlení organické hmoty pod hladinou podzemní vody. (Při tlení nad hladinou přechází plyn přímo do půdního vzduchu.) Všechny tyto procesy ale nedodají do vody takové množství oxidu uhličitého, aby mohla být považována za kyselku.

$\text{CO}_2$  sytící v dostatečné míře vody kyselek bývá tzv. juvenilního původu, což značí, že se jedná o plyn vzniklý při tvorbě a diferenciaci hornin, který se za nižších tlaků snadno uvolňuje z magmatu a proniká k zemskému povrchu. Oxid uhličitý převažuje především v pozdně postvulkanických výronech plynů, známých jako moffety. Při styku s podzemní vodou se v ní rozpouští a sytí ji v potřebné míře. Pokud má navíc voda vlivem rozpuštěných minerálů vysoké pH, část  $\text{CO}_2$  se okamžitě rozkládá čili disociuje dle rovnice :

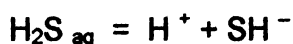


V disociované formě již nedochází k jeho uvolňování ani při změně fyzikálních podmínek na přepadu zřídla a styku s atmosférou. V magmaticky aktivních oblastech je dosti běžný současný výskyt kyselkových a termálních pramenů, protože zde dochází k potřebné produkci jak tepla, tak i oxidu uhličitého.

### ***Sírná teplotice***

Dalším důležitým plynem, který je z hlediska minerálních a léčivých vod významný, je sirovodík, neboli sulfan. Termální vody s obsahem sirovodíku v plynné i rozložené formě vyšším než 1 mg/l se označují jako sírné teplotice. Zdrojem H<sub>2</sub>S mohou být v první řadě anaerobní bakterie, které redukují sírany rozpuštěné ve vodě na sulfan. Tyto bakterie se jmenují desulfurikační a jsou většinou hlavní příčinou obsahu sulfanu ve vodě.

Sírany se však mohou redukovat na H<sub>2</sub>S i čistě chemickou cestou, totiž reakcí s přírodními kapalnými uhlovodíky v roponosných sedimentech. Spolu s oxidací ropných látek se sírany redukují na sirovodík. Jinou chemickou reakcí je oxidace a rozpouštění sulfidů v horninovém prostředí oxidem uhličitým obsaženým ve vodě. (Při přímé oxidaci rozpuštěným kyslíkem by místo sulfanu vznikaly sírany.) Tato reakce je však velmi pomalá a množství vzniklého sirovodíku je nezanedbatelné, jen když je voda přesycená CO<sub>2</sub>, nebo za zvýšené teploty podzemní vody. Posledním přirozeným zdrojem jsou sopečné plyny, které jsou produkovány ve vulkanicky aktivních oblastech. Vysoký obsah sulfanu je zejména v plynech postvulkanických výronů známých jako solfatar. Termální sírné prameny jsou na území solfatar velmi běžné, ale většinou mají podobu bahenních vývěrů a jejich jediným využitelným produktem obvykle bývá usazené bahno s vysokým obsahem síry. H<sub>2</sub>S je na rozdíl od CO<sub>2</sub> polární sloučenina, proto se ve vodě rozpouští podstatně lépe. Při vyšším pH se rozkládá dle rovnice :



Rozložená forma se pak nevolňuje při poklesu parciálního tlaku sirovodíku v podmínkách atmosféry a zůstává rozpuštěná.

Obsah ostatních plynů ve vodě, především dusíku, kyslíku a vodíku není z hlediska klasifikace ani účinků zdaleka tak významný. Termální vody nepojmou za stejného parciálního tlaku zdaleka tolik plynu jako vody chladné a rozpuštěný plyn se z nich rychleji uvolňuje. Proto nejsou termální kyselky a sírné teplotice tak obvyklé jako prosté akrotermy s nižším přirozeným obsahem plynů.

### ***Termální minerální vody***

Teplotice s vysokými obsahy minerálních látek již spadají mezi vody minerální. Dle základní definice musí celková mineralizace vody překročit 1 g/l. Voda může být uznána jako minerální i při nižší celkové mineralizaci, pokud obsahuje nezvykle vysoké koncentrace některého ze vzácných a biologicky účinných prvků (Li, B, As, F, Br, I). Na stanovení mezní hodnoty obsahu vzácných prvků byla vytvořena celá řada klasifikací. Klasifikace minerálních vod v ČR dosud nejsou zcela jednotné. Publikace

a články o našich minerálních vodách uvádějí různé mezní hodnoty podle toho, v jakém roce byly vydány. Některé drobné minerální prameny popsané ve starší literatuře tak podle novějších klasifikací nesplňují současná kritéria.

Minerální látky se mohou dostat do vody mnoha způsoby. Nejběžnější jsou rovnovážné reakce rozpouštění nebo hydrolyzy minerálů přímo v podzemní vodě. Mechanismy reakcí jsou složité a lze je nalézt v odborné literatuře uvedené na závěr (především O. Hynie – Hydrogeologie ČSSR). Obecně závisí rychlost a směr průběhu rovnovážných reakcí na obsahu již rozpuštěných minerálních látek a také na tlaku a na teplotě vody. S rostoucím množstvím iontů rozpouštěné látky ve vodě se reakce zpomaluje. Naopak narůstající obsah ostatních iontů, které nejsou v rozpouštěné látce obsaženy, zvyšuje iontovou sílu roztoku minerální vody a reakce urychluje. Hydrolyza minerálů probíhá na základě acidobazických reakcí se samotnou vodou a jejich rychlost závisí především na pH.

Některé minerály, např. sulfidy, se kromě pomalejšího rozpouštění také rozkládají ve vodě díky své oxidaci některými složkami, jež jsou ve vodě již rozpuštěné. Nejúčinnějšími oksidativními (oxidanty) jsou hlavně kyslík, dusičnany, sírany a uhličitany. Posledním důležitým faktorem při obohacování minerální vody je teplota. Zvýšená teplota obecně urychluje průběh všech endotermických chemických reakcí a samozřejmě zpomaluje reakce exotermické. V mělkých partiích oběhu podzemních vod se na oxidaci a redukci minerálů a jejich následném rozpouštění (nebo srážení) významně podílí bakterie, které katalyzují redoxní (oxidačně-redukční) reakce a využívají uvolněnou energii. Velká část bakterií, které žijí v termálních minerálních vodách, je aerobní. Tyto bakterie oxidují síru, dusík a vícemocné kovy, jež se po výstupu z hloubek nacházejí v redukované formě. Bakterie tak mohou výrazně ovlivnit výsledné složení vyvěrající minerální vody.

## **Princip termálních zřidel**

K výstupu podzemní vody k pramenům s větší vydatností je nezbytná volná výstupní cesta kladoucí proudící vodě pokud možno co nejmenší odpor. Takovou cestou bývají především volné zlomové zóny s puklinami nezanesenými a nezacelenými např. vykrytalizovanými minerály. Většinou se jedná o zlomy aktivní při poslední tektonické etapě vývoje sledované oblasti. Hybnou silou proudění termálních vod skrze pukliny bývá především dostatečný hydraulický spád, udaný především výškovým rozdílem mezi infiltrační a drenážní (pramenní) oblastí. Podzemní voda pak může při vysokém tlaku proudit puklinovým systémem až do hloubek několika kilometrů a opět vyvěrat na povrch. Vydatnost pramene tak závisí hlavně na hydraulickém spádu a průchodnosti puklin. Čím větší je šířka jednotlivých zlomů a dutin, tím rychleji jimi při stejném spádu může voda proudit.

Na vydatnost zřídla mají do značné míry vliv i změny hustoty podzemní vody. Je-li během průtoku trhlinami voda obohacena rozpuštěnými minerály, nepatrně vzroste její hustota a vydatnost klesá. Zvláštní roli hrají v tomto směru i plyny rozpuštěné ve vodě. S výjimkou vodíku a hélia ostatní rozpuštěné plyny zvyšují hustotu vody. Při výstupu vody ke zřídlu se ale díky poklesu tlaku začnou uvolňovat jako bublinky,

hustotu celé směsi tak výrazně sníží, a urychlí tak její vytlačování neproplyněnou vodou z infiltrační oblasti a její proudění k vývěru. Výstup vody k prameni také může ovlivnit rozdíl teplot infiltrované a vyvěrající vody. Je-li voda v nejhlubších partiích puklinového systému ohřáta o 10 stupňů a pomineme-li tepelné ztráty, pak každých 200 m sloupce infiltrující chladné vody je ekvivalentní hmotnosti 204,5 m vysokého sloupce drenující vody. Při ustáleném proudění by tedy úroveň hladiny přetoku pramene stoupla o 4,5 m na každých 200 m hloubky.

Jak bylo řečeno v definici, hlavním zdrojem tepla termálních pramenů jsou prohřáté horniny v nejhlubších částech jejich oběhu. Modelovým příkladem je tzv. termální sifon. Srážková voda zasakuje do podloží s průlinovou i puklinovou propustností až k místu ohřevu. Po zahřátí a obohacení minerálními látkami pak rychle vystupuje jinou trhlinou zpět k povrchu a vyvěrá jako termální pramen. V místě ohřevu hraje velkou roli měrný povrch puklin, resp. plocha hornin, se kterou je voda v kontaktu. S rostoucí plochou a klesající rychlostí proudění, zejména v jemné členité síti drobných zlomů, se zvyšuje i množství tepla přijaté vodou. Nárůst teploty hornin s hloubkou popisuje tzv. geotermický stupeň, což je hloubka, se kterou vzroste teplota hornin v kůře o 1 stupeň. Geotermický stupeň činí průměrně 30 – 35 m od povrchu. Povrchová teplota hornin v našich zeměpisných šířkách je 7 – 10 °C. Z těchto údajů lze snadno vypočítat hloubku, ve které došlo k ohřátí teplice na výslednou teplotu. Jestliže odečteme běžné tepelné ztráty, minimální hloubka nejhlubšího místa ohřevu termy s teplotou 20 °C je asi tak 450 m. Naproti tomu nejhlubší partie oběhu pravé minerální vody musí být alespoň 2 000 m, aby množství rozpuštěných látek překročilo mezní hranici mineralizace 1 g/l. Minerální voda by také měla proudit horninou na rozdíl od teplice co nejmaleji, má-li být nasycena i produkty pomalejších chemických reakcí. Tyto skutečnosti jsou důvodem, proč chladnější termální vody s teplotami 20 - 35 °C mají menší celkovou mineralizaci. Chladnější teplice jsou proto většinou akrotermy.

Kromě hornin existuje řada dalších podružných zdrojů tepla, které přispívají k ohřevu termální vody. Ve vulkanicky aktivních oblastech nepatrně ohřívají vodu i horké plyny, které se uvolňují z magmatu. Největším množstvím tepla pak přispívá juvenilní voda, jež se jako pára dostává do podzemní vody spolu s ostatními plyny. Při poklesu teploty páry pod bod varu, který je v podmínkách velkého tlaku vyšší (teplota varu vzroste o 1 °C se zvýšením tlaku o 3,6 Kpa), pára zkondenzuje a uvolní skupenské teplo do termální vody. Na ohřevu teplic se podílí i malé množství tepla vzniklého při procesech exotermických reakcí, především při oxidaci prvků vynášených v redukované formě z hlubin k povrchu. Oxidační reakce byly kdysi považovány i za hlavní zdroj tepla Karlovarských teplic. Bylo tehdy dokonce vydáno několik publikací, podle nichž byla voda ohřívána od prohořívající uhelné slaje v Sokolovské pánvi. Zvláštní je skutečnost, že k ohřevu vody na podobném principu občas dojde na velkých ložiskách rašeliny ležících mělce pod povrchem (kupříkladu v oblastech na Sibiři). Při vysušení a zahřátí svrchní vrstvy slaje se rašelina vznítí a slaj doutná a zvolna prohořívá až po dobu několika desítek let. Posledním prakticky zanedbatelným podílem přispívá k teplotě některých radioaktivních teplic i jaderný rozpad některých radioaktivních izotopů.

Výstup vody se může ještě urychlit, pokud její teplota výrazně převyšuje bod varu vody. S poklesem tlaku při výstupu vzniknou bubliny páry a podobně jako bubliny plynů nadlehčí vodní sloupec ve výstupním kanálu. Velmi horké prameny, např. na Islandu, vytvářejí na povrchu gejzíry vřící vody promísené s uvolněnou párou. Gejzíry



mají velmi nevyrovnanou vydatnost, ale jednotlivé vývěry většinou přicházejí v pravidelných intervalech. Vodě přehříváné ve spodní části výronové pukliny brání ve varu tlak sloupce o něco chladnější vody při povrchu. Díky pozvolnému prohřívání odspoda nahoru nakonec teplota vzroste natolik, že nastane hromadné narušení slabých vazeb mezi molekulami kapalné vody. První bublinka řetězově vyvolá skupenskou přeměnu a dojde k okamžitému eruptivnímu vypaření velkého objemu vody jako při utajeném varu. Tlak páry prorazí cestu skrze vrstvu chladnější vody u zřídla a dojde k výronu. Čím delší jsou intervaly mezi vývěry, tím větší je objem vyvržené vody a výška výronu. Díky spotřebě velkého množství tepla potřebného k odpaření poklesne teplota přehřáté vody pod bod varu. Po jednorázovém vývěru proplyněné části vody v puklině steče ochlazená voda nazpět do ústí gejzíru a vytvoří znovu „izolační pokličku“ na horké vodě v nižší části vývěrové cesty.

Z oblasti ohřevu proudí termální voda vzhůru k povrchu ve směru hydraulického spádu. Je důležité, aby výstup teplice k prameni byl co nejpřímější a nejrychlejší. Horniny mají špatnou tepelnou vodivost a voda dlouhodobě proudící trhlinou prohřeje okolní horniny natolik, že je izolována, a ztráty tepla nejsou tak výrazné. Voda s vysokým podílem rozpuštěného plynu se při výstupu ochlazuje také díky rozpínání jeho bublin, případně i kvůli vzniku páry, jako u gejzíru. Voda má velmi vysokou tepelnou kapacitu a čím větší je objem vyvěrající teplice, tím méně tepla po cestě k povrchu ztratí. V pramenních oblastech termálních vod jsou proto vedlejší vývěry na bočních trhlínách výstupní zóny jak chladnější, tak i méně vydatné.

## Zřidelní sedimenty

Termální prameny jsou zdrojem nejen teplic, ale i zřidelních usazenin. V sedimentech naprosto převažují minerály, které se sráží z vody vlivem rychlé změny fyzikálních i chemických podmínek. V případě termálních vod s vyšším obsahem uhličitánu dochází zejména ke srážení pěnovce čili travertinu. Pórézní pěnovec je tvořen kalcitem, který se sráží, když z karbonáty nasycené vody unikne oxid uhličitý. Reakce vypadá takto:



Mezi kalcitem pěnovce však lze nalézt i kousky napadaného materiálu (zetlelé větvičky, spadané listy, písková zrna a pozůstatky řas, které po dobu svého života aktivně odstraňovaly z vody  $\text{CO}_2$  a urychlily tak růst travertinové masy). Při teplotě vody vyšší než asi  $45\text{ }^\circ\text{C}$  se z karbonáty bohaté vody místo pěnovce začínají srážet masivní povlaky vřídlovce. Vřídlovec se sráží čistě chemicky z chladnoucího horkého roztoku rozpuštěných karbonátů. Vřídlovec je tvořen vysokoteplotní formou uhličitánu vápenatého – aragonitu. Žlutý nebo hnědý pigment pěnovce i vřídlovce představují oxidy a hydroxidy trojmocného železa, které se taktéž oxiduje a sráží z roztoku. Samotné železité rezavě hnědé povlaky vznikají hlavně činností bakterií, jež kromě železa oxidují i jiné kovy rozpuštěné ve vodě, které se v malém množství rovněž vážou do železitého sedimentu. Podobně vznikají i různé sírany, usazující se hlavně díky

katalytickému působení sulfurikačních bakterií, které redukují sulfan. Část síranů se ovšem může srážet i spontánně z přesycené termální vody po jejím ochlazení.

Ve vysokoteplotních termálních pramenech se může vytvářet i křemičitý sintr, jenž se sráží z rozpuštěné kyseliny křemičité po ochlazení termální vody podobně jako vřidlovec. Křemen a křemičitany podléhají ve vodě hydrolyze. Vzniká pak rozpustná kyselina křemičitá a jemné šupinky jílových minerálů, jež jsou rovněž v malém množství obsaženy ve všech zřidelných usazeninách. Hydrolyza ale v běžných podmínkách probíhá velice pomalu. Výrazně ji může urychlit zvýšená teplota vody a vysoké pH. Horké termální vody obě podmínky splňují, a proto bývají většinou obohaceny rozpuštěnou kyselinou křemičitou. (Vyšší alkalita je vlastně také důsledkem urychlené hydrolyzy křemičitanů. Při hydrolyze živců v kyselých horninách se do vody uvolňuje značné množství sodných a draselných iontů, jež pH zvyšují.)

Zřidelní sedimenty se samozřejmě usazují nejen v přípovrchové části drenážní pukliny, ale v různé míře vznikají i po celé ploše hornin, které jsou v kontaktu s oběhem podzemní vody. Během výstupu teploty od místa ohřevu k povrchu klesá její teplota, hydrostatický tlak a do jisté míry se mění i chemické složení. Méně rozpustné minerály se proto sráží po celé délce drenážní větve termální vody. K jejich vylučování z roztoku dochází především na okrajových nerovných částech puklin a v bočních slepých nebo částečně zanesených trhlínách, protože je tam o něco nižší teplota a pomalejší proudění vody. Okraje a odbočky hlavní větve se tak zanášejí a zarůstají vysráženými minerály a nakonec zůstane jen jedna nebo několik hlavních větví vedoucích teploty, které jsou dobře izolovány od okolních hornin. Díky této izolaci mohou mít i velmi blízké povrchové prameny dosti odlišné složení vyvěrající vody, neboť jsou jejich drenážní pukliny do velké hloubky od sebe zcela izolovány.

## Ochrana termálních vod

Termální prameny vyžadují v současné době péči a ochranu zejména před lidskou činností v infiltrační (vsakové) oblasti a na území v okolí zřidel samotných. Infiltrační oblast je nutné chránit před znečištěním, a také před narušením pravidelné dotace vadózní vodou, např. před přílišným odběrem podpovrchové vody nebo přehnaným kácením lesů, které v oblasti zadržují vláhu a brání rychlému odvedení srážkové vody povrchovými toky. Na území přilehlém k termálnímu prameni je mimoto důležité vyvarovat se i změny místních hydrogeologických poměrů. Nebezpečné bývají hluboké výkopové práce a důlní díla, jež by drenovala přilehlou oblast a způsobila nové propojení mezi strukturou termálního sifonu a podzemní freatickou vodou. Porušení sifonu může vést ke ztrátě vydatnosti, zředění teploty prostou podzemní a srážkovou vodou nebo k úplnému zániku pramene kvůli poklesu tlaku v sifonu. Pramen může být poškozen i necitlivým vrtáním za účelem získání větší vydatnosti, vyšší teploty nebo mineralizace vody. Vrt musí být vhodně umístěn a nesmí docházet k průsaku podzemní nebo srážkové vody vně pažnice. Jakost vody může zhoršit i přehnané čerpání, které jednak urychluje proudění termy, takže je omezováno rozpouštění minerálů a zahřívání proudící vody, a potom vede ke stahování místní povrchové vody do pramene. Oba důsledky mohou vést k poklesu teploty a mineralizace teploty.

## Vody ČR

Termální prameny se v České republice objevují ve dvou hlavních oblastech. Každá z nich má odlišný charakter podloží, původ zřídél. a také složení teplot. V obou oblastech jsou ale infiltrační a drenážní cesty oběhu podzemní vody založené ve zlomovém systému vzniklém během saxonské tektogeneze.

### **Poslední geologické události v Českém masivu**

Jako saxonská tektogeneze se označuje období posledních výrazných deformací horninových celků v oblasti ČR. Je úzce spjatá s alpiským vrásněním, které následovalo. Vrásnění bylo nejintenzivnější ve starším terciéru, ale jeho procesy odeznívají dodnes. V období svrchní křídý před 100 – 65 miliony let se mezi Eurasií na severu a Indií, Afrikou a Arábií na jihu nacházel úzký pás původního praoceánu Thetys. Území Čech se tehdy nacházelo na jižním okraji Eurasie a jeho jihovýchodní okraj zhruba na pomezí Moravy a Slovenska byl pobřežím mělkého moře. Praoceán Thetys se již od počátku mezozoika zvolna uzavíral a deska jeho oceánské kůry se podsouvala pod uskupení jižních kontinentů pomalu postupujících k severu. Výsledkem bylo rostoucí napětí v masivech hornin zemské kůry, které mělo v evropské části kontinentu směr komprese SSZ – JJV. Český horninový masiv se pozvolna zvedal, dokud nedošlo k první rozsáhlé saxonské deformaci. Na staré tektonicky oslabené zóně mezi Lužickou a Středočeskou oblastí došlo k oživení původních posuvných zlomů. Podél nich poklesly oproti okolním zdvihajícím se částem masivu rozlehlé bloky hornin, a vytvořily tak protáhlou pánevní oblast známou jako Labský prolom. Ve svrchní křídě prolom zalilo při globálním vzestupu hladiny mělké moře, které dalo vznik usazeninám České křídové pánve.

Koncem křídý byla oceánská kůra pruhu oceánu Thetys složitě rozlámána na řadu bloků, mezi nimiž docházelo k silné sopečné činnosti. Tyto bloky byly posléze nasunuty před čelem africké kontinentální desky a jihovýchodní okraj Evropy a pod tlakem se vyvrásnily v pohoří Karpat a Alp. S narůstajícím tlakem se oblast Čech opět vyzdvihla nad úroveň mořské hladiny a její centrum se vyklenulo. V mladším terciéru zcela zanikl oceán Thetys a vyklenuté centrum Českého masivu se propadlo podél řady okrajových zlomů. Kraje masivu zůstaly vyzdviženy a tvoří dnešní hraniční pohoří Šumavy, Krušných a Jizerských hor, Krkonoš a Orlických hor. Pokles se nejvýrazněji projevil v severní části Čech. Došlo k opětovnému propadu SV části okraje Labského prolomu podle Lužického zlomu. V SZ Čechách poklesla v tektonicky oslabené zóně mezi Středočeskou a Sasko-Durynskou oblastí řada bloků hornin podle systému zlomů v linii Krušných hor a vznikl tzv. Ohárecký prolom. Pukliny zlomů zůstaly z velké části dodnes otevřené a propustné pro podzemní vodu až do velkých hloubek. V podkrušnohorské oblasti sledují pukliny směr Krušnohorského zlomu ZJZ – VSV

a rozhraní mezi Středočeským a Sasko-Durynským masivem hornin. V Sudetské oblasti vedou větší pukliny směrem SZ – JV rovnoběžně s Lužickým zlomem a Labským prolomem.

V období oligocénu až pliocénu vyvrcholila saxonská tektogeneze rozsáhlou vulkanickou činností. Do ztenčené kůry v pokleslých oblastech Českého masivu proniklo podél saxonských trhlin převážně alkalické magma a místy se dostalo až na povrch. Sopečná aktivita, která se zpočátku soustředila do Ohářeckého prolomu, měla charakter počátečního riftového vulkanismu. Tak vznikly horniny tzv. „Oherského riftu“, k nimž patří mohutný vulkán Doupovských hor a vulkanický komplex Českého středohoří. Brzy však došlo k výronům bazických láv i v území České křídové pánve (Říp, Ralsko, Kozákov) a Sudetské oblasti podél zlomů ve směru Labského prolomu. Sopečná činnost dosáhla až na severní Moravu, kde vznikla dvojice sopečných kuželů Malý a Velký Roudný. Vulkanická aktivita skončila až před 110 000 lety vyhasnutím poslední drobné sopky – Komorní Hůrky v západních Čechách.

Na územích bývalé sopečné činnosti, hlavně v západních Čechách lze ještě pozorovat časté postvulkanické jevy: suché výrony moffet s oxidem uhličitým, drobné roje zemětřesení a zejména zvýšený tepelný tok. Tepelný tok stanoví množství tepelné energie, které uniká z 1 m<sup>2</sup> zemského povrchu. Celosvětově se hodnota tepelného toku pohybuje kolem 70 mW/m<sup>2</sup>, v oblastech se sopečnou činností ji ale může překročit až o několik řádů. Průměrný tepelný tok na území Českého masivu činí 53,4 mW/m<sup>2</sup>. V podkrušnohorské oblasti a na severu České křídové pánve je jeho průměrná hodnota 94,3 mW/m<sup>2</sup> a kolem pramenů termálních vod může dosáhnout až prvních stovek mW/m<sup>2</sup>. Zvýšený přísun tepla do oblasti s velkým množstvím propustných puklin umožňuje vznik četných termálních sifonů jak v Podkrušnohoří, tak v Sudetské oblasti.

## Podkrušnohorská oblast

V podkrušnohorské oblasti jsou vývěry teplic soustředěny na hlavní pukliny ve směru ZJZ – VSV rovnoběžné s Krušnohorským zlomem a příčné trhliny ve směru SZ – JV rovnoběžné se zlomy, podél kterých byl vyzdvižen masiv Šumavy. Výsledný zlomový systém je dobře propustný a dosahuje do dostatečné hloubky, aby zde mohlo dojít k ohřevu podzemní vody a vývěru teplic. Horninové podloží oblasti tvoří paleozoické (prvohorní) sedimenty metamorfované ve fylity, svory a slídnaté ruly. Mezi nimi vystupují na povrch tři rozsáhlé komplexy granitových hornin, které intrudovaly do paleozoických metasedimentů při Variském vrásnění v období karbonu. Masiv Smrčinský a Karlovarský mají jednodušší stavbu. Základem je biotitická horská žula s mladšími proniky alkaličtější, slabě metamorfované žuly, obohacené těžkými prvky. V povrchových partiích jsou žuly často navětrané až kaolinizované. Kolem části hlavních žulových plutonů bývá obal o něco starších ortorul. Krušnohorský masiv je složitěji zvrásněn. Tvoří jej především ortoruly, jež místy přecházejí v migmatity, a žuly v různém stupni metamorfózy. Jejich povrch je zejména v podloží Ohářeckého prolomu silně kaolinizován.

Na území podkrušnohorské oblasti z jihu místy zasahují sedimenty karbonských pánví. Jedná se zejména o arkózy s čočkami slepenců. Na SV konci Oháreckého prolomu je vrty prokázána drobná českokamenická pánev, úplně překrytá pozdějšími usazeninami. Z východu zasahují do Podkrušnohoří sedimenty České křídové pánve, hlavně pískovce, které směrem do centra pánve přecházejí v jemnější slínovce. Další usazeniny zde vznikaly až během poklesu Oherského riftu. V eocénu zde vznikla řada jezerních pánví, jež byly zvolna zaplňovány převážně jemnozrnnými sedimenty. Na bazálních slepencích leží vrstvy jílovitých prachovců, které u okrajů přecházely v pískovce říčních delt (na jihu) a hrubší usazeniny aluviálních kuželů (na severu). Počátkem oligocénu začalo být aktivní sopečné centrum Českého středohoří, s malým zpožděním pak i vulkán Doupovských hor. Jejich produkty byla pyroklastika, lávové proudy převážně bazaltového složení a jemné tufy, které se ukládaly v okolních jezerních pánvích. Ze spodního oligocénu pocházejí i první silnější hnědouhelné sloje v Chebské a Sokolovské pánvi, na něž teprve sedimentovaly prachovce a vulkanický materiál. V miocénu se na vulkanity uložily vrstvy usazenin s další uhelnou slojí, kterou lze tentokrát sledovat ve všech pánvích Oháreckého prolomu. V podloží sloje se nalézají o něco hrubší, lépe propustné prachovce s písčitou složkou, nadložní mocné souvrství jílovců je ale téměř nepropustné. Významné prameny termálních vod v podkrušnohorské oblasti lze najít v Karlových Varech, Jáchymově, Teplicích a v Ústí nad Labem a jeho okolí. Další související zdroj teplice lze najít v Lounech v České křídové pánvi.

## Karlovy Vary

### *Lokalita*

Karlovarská zřidelní oblast se nachází na jižním okraji Oháreckého prolomu, resp. na vnější straně jeho jižní hranice - Oherského zlomu. Severní hranici tvoří zlom Krušnohorský. Západně od zřidelní oblasti vyplňují prolom terciární sedimenty Sokolovské pánve, jejíž mělčí výběžek zasahuje až ke Karlovým Varům. Na východě se nachází vulkanické centrum Doupovských hor.

Karlovy Vary leží na soutoku Ohře s jejím pravým přítokem, říčkou Teplá, do níž kdysi přímo ústily všechny místní termální prameny. Poslední úsek koryta Teplé sleduje nejprve ve směru k SV šikmou puklinu, známou jako podružný zřidelní zlom, posléze se však stáčí vlevo a vede směrem k SSZ podél hlavního zřidelního zlomu. Obě pukliny vznikly ve slabě metamorfované žule Karlovarského masivu během saxonské tektogeneze a jsou propustné pro podzemní vodu. Dno říčky Teplé zde pokrývá aragonitová vřidelní deska, jejíž hmota se vysrážela při ochlazování vyvěrající teplice říční vodou. Před zmíněným záhybem říčky, kde se kříží hlavní a podružný zřidelní zlom, vniká podél propustné zóny na povrch nejvydatnější a nejteplejší pramen – známé Karlovarské Vřídlo. Vřidelní deska v obou směrech podél koryta sahá asi tak 250 m daleko od hlavního vřídla. Prameny, jež kdysi vytvořily část desky nacházející se proti proudu nad vřídlem a vyvěraly podél podružného zřidelního zlomu, zřejmě

zanikly již před velmi dlouhou dobou. Tato zřídla ležela výše než současné vývěry a kvůli nižšímu hydraulickému spádu a menší vydatnosti se zde rychleji vylučoval aragonitový sintr, který postupně zarostl vývěry i jejich přírodní dráhy.

### Vřídlo

Zdrojem teploty Vřídla je hlubinné teplo hornin. Při nízkém geotermickém stupni v těchto místech (cca 25 m) se hloubka ohřevu vody Vřídla pohybuje kolem 1 500 m. V současné době je jeho pramen zachycen několika mělkými vrty, které prorážejí vřidelní desku a napájejí se přímo z hlavní pramenní větve zlomové struktury. Voda má charakter natrium-karbonátové termální kyselky (bohaté ionty  $\text{Na}^+$  a  $\text{SO}_4$ ), silně přesycené oxidem uhličitým, a její teplota dosahuje v průměru 72 °C.

### Vrt Vřídlo II.

hloubka 8,1 m ; vydatnost 1,57 l/s

Odběr : 1966                      teplota : 72,2 °C                      pH : -                      mineralizace : 5,97 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
$\text{Na}^+$	1566,00	68,10	83,95	$\text{Cl}^-$	612,50	17,27	21,24
$\text{K}^+$	99,42	2,54	3,13	$\text{Br}^-$	-	-	-
$\text{Li}^+$	2,95	0,43	0,52	$\text{I}^-$	-	-	-
$\text{NH}_4^+$	0,36	0,02	0,00	$\text{SO}_4^{2-}$	1403,00	29,21	36,01
$\text{Ca}^{2+}$	127,00	6,34	7,82	$\text{NO}_3^-$	-	-	-
$\text{Mg}^{2+}$	44,11	3,63	4,47	$\text{HCO}_3^-$	2105,00	34,50	42,53
$\text{Fe}^{2+}$	1,45	0,05	0,00	$\text{F}^-$	2,14	0,11	0,14
$\text{Mn}^{2+}$	0,27	0,01	0,00	$\text{HPO}_4^{2-}$	0,20	0,00	0,00
$\text{Sr}^{2+}$	-	-	-	$\text{HS}^-$	-	-	-
$\text{Ba}^{2+}$	-	-	-	$\text{HAsO}_4^{2-}$	-	-	-
$\text{Al}(\text{OH})_2^+$	-	-	-				

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace	
$\text{SiO}_2$	69,02	mg/l	$\text{CO}_2$	375,00	mg/l
$\text{HBO}_2$	3,60	mg/l	$\text{H}_2\text{S}$	-	
$\text{Zn}^{2+}$	-		ostatní plyny	-	
$\text{Pb}^{2+}$	-		$\text{H}_2$	-	
$\text{Cu}^{2+}$	-		$\text{O}_2$	-	
$\text{Ni}^{2+}$	-		$\text{N}_2$	-	
$\text{Co}^{2+}$	-		Ar	-	
$\Sigma \text{Mo}$	-		He	-	
$\Sigma \text{As}$	170	$\mu\text{g/l}$			

### Malé prameny

Směrem po proudu Teplé pramení z puklin pásma hlavního zlomu tzv. malé prameny. Malé prameny vyvěrají na vedlejší pramenní větvi karlovarské teplice a jsou do jisté hloubky izolovány od pramene vřídla. Z trhlinové zóny většinou pronikají nejprve do dutin vřidelní desky, ve které jsou zachyceny mělkými pramenními jímkami. V důsledku menšího průtoku a nižší rychlosti proudění v užších trhlinách jsou oproti vřídlu chladnější a ochuzené o oxid uhličitý. Mají také povahu glauberové

vody, ale jejich mineralizace více kolísá a svými obsahy rozpuštěných látek se mírně liší jak od vřídla, tak i od sebe navzájem. Jejich voda však pochází ze zdroje společného s vřídlem a odchylky minerálního složení jsou důsledkem různých rychlostí především srážecích reakcí ve vedlejších větvích pramenního systému.

**Pramenní jímka Zámecký pramen**  
hloubka 64,0 m ; vydatnost 0,46 l/s

Odběr : 1966 teplota : 49,8 °C pH : - mineralizace : 6,05 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	1613,60	70,17	85,14	Cl <sup>-</sup>	573,44	16,17	19,63
K <sup>+</sup>	84,40	2,16	2,62	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	2,44	0,35	0,43	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,70	0,04	0,05	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1573,73	32,76	39,77
Ca <sup>2+</sup>	122,27	6,10	7,40	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,83	0,01	0,01
Mg <sup>2+</sup>	43,46	3,57	4,33	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2033,36	33,32	40,45
Fe <sup>2+</sup>	0,62	0,02	0,02	F <sup>-</sup>	2,00	0,11	0,13
Mn <sup>2+</sup>	0,14	0,01	0,01	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,22	0,005	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,20	0,003	0,00				

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace	
SiO <sub>2</sub>	70,83	mg/l	CO <sub>2</sub>	630,00	mg/l
HBO <sub>2</sub>	3,05	mg/l	H <sub>2</sub> S	-	
Zn <sup>2+</sup>	60	μg/l	ostatní plyny	-	
Pb <sup>2+</sup>	-		H <sub>2</sub>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-		O <sub>2</sub>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-		N <sub>2</sub>	-	
Co <sup>2+</sup>	-		Ar	-	
Σ Mo	-		He	-	
Σ As	150	μg/l			

**Pramenní jímka s jímacími zvony**  
hloubka 3,5 m ; vydatnost 0,19 l/s

**Tržní pramen**

Odběr : 1966 teplota : 49,6 °C pH : - mineralizace : 6,24 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	1649,12	71,71	83,71	Cl <sup>-</sup>	590,77	16,66	19,68
K <sup>+</sup>	93,29	2,39	2,79	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	2,30	0,33	0,39	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1607,01	33,46	39,52
Ca <sup>2+</sup>	152,70	7,62	8,90	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	43,66	3,59	4,19	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2001,27	34,42	40,66
Fe <sup>2+</sup>	0,25	0,01	0,01	F <sup>-</sup>	1,85	0,10	0,12
Mn <sup>2+</sup>	0,25	0,01	0,01	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,16	0,002	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,27	0,004	0,00				

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace
SiO <sub>2</sub>	71,53	mg/l	CO <sub>2</sub>	630,00 mg/l
HBO <sub>2</sub>	3,60	mg/l	H <sub>2</sub> S	-
Zn <sup>2+</sup>	60	μg/l	ostatní plyny	-
Pb <sup>2+</sup>	-		H <sub>2</sub>	-
Cu <sup>2+</sup>	-		O <sub>2</sub>	-
Ni <sup>2+</sup>	-		N <sub>2</sub>	-
Co <sup>2+</sup>	-		Ar	-
Σ Mo	-		He	-
Σ As	110	μg/l		

Vrt s jímacím zvonem pramen knížete Václava  
hloubka 3,0 m ; vydatnost 0,22 l/s

Odběr : 1966 teplota : 59,4 °C pH : - mineralizace : 6,03 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	1588,00	69,05	88,06	Cl <sup>-</sup>	591,60	16,68	20,35
K <sup>+</sup>	89,73	2,30	2,93	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	1,95	0,28	0,36	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,53	0,03	0,04	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1464,00	30,48	37,18
Ca <sup>2+</sup>	134,00	6,69	8,53	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	0,92	0,04	0,05	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2116,00	34,68	42,31
Fe <sup>2+</sup>	0,92	0,02	0,02	F <sup>-</sup>	2,24	0,12	0,15
Mn <sup>2+</sup>	0,70	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,32	0,007	0,01
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace
SiO <sub>2</sub>	69,51	mg/l	CO <sub>2</sub>	540,00 mg/l
HBO <sub>2</sub>	3,20	mg/l	H <sub>2</sub> S	-
Zn <sup>2+</sup>	-		ostatní plyny	-
Pb <sup>2+</sup>	-		H <sub>2</sub>	-
Cu <sup>2+</sup>	-		O <sub>2</sub>	-
Ni <sup>2+</sup>	-		N <sub>2</sub>	-
Co <sup>2+</sup>	-		Ar	-
Σ Mo	-		He	-
Σ As	0	μg/l		

Vyvěrající teplice má pod vřidelní deskou vysoký tlak, jenž působí proti okolní mělce podpovrchové vodě, takže nedochází k mísení s místní vadózní a freatickou vodou stagnující v říčních náplavech Teplé. Všechny karlovarské prameny jsou přetokové a nemusí se čerpat.



## ***Termální voda***

Termální voda vřídla i malých pramenů z velké části pochází z rozsáhlé infiltrační činnosti v Karlovarském plutonu, která se rozkládá po obou stranách Ohře. Největší část oblasti leží po levém břehu Ohře ve svazích a na temeni Krušných hor, nezanedbatelné množství vody ale patrně přitéká i puklinami Oháreckého prolomu.

Terma získává mineralizaci hydrolyzou slíd, živců a jiných křemičitanů a rozpouštěním ostatních minerálů, obsažených v malém množství v horských žulách i slabě metamorfovaných granitech. CO<sub>2</sub> sytící teplici je v naprosté většině juvenilní. Oxid uhličitý pochází z postvulkanických výronů moffet, které jsou jedním z pozůstatků tercierní sopečné činnosti Oherského riftu. Proniká do oblasti formování teplice především podél Oherského zlomu. Na rozdíl od Krušnohorského je totiž vrchní partie Oherského zlomu úplně zatěsněna sintrem srážené kyseliny křemičité, kaolínem ze zvětralé žuly na stěnách zlomu a v povrchové části i jemnými miocenními jílovcí, které do pukliny pronikly při poklesu dna Sokolovské pánve. CO<sub>2</sub> proto neuniká zlomem, ale je veden podél něj až k propustnějším příčným trhlinám, jako třeba k hlavnímu zřidelnímu zlomu.

## ***Vliv vnějších podmínek na vydatnost pramenů***

Změny vydatnosti zřidelního systému se nejvíce projevují na malých pramenech, které fungují svým způsobem jako přetok vřídla, protože jejich vydatnost není tolik omezována šířkou pramenních vývěrů. Výraznější změny jsou závislé na úhrnných srážkách v infiltrační oblasti a projevují se zpožděním zhruba 5 měsíců. Mnohem rychleji a mnohem slaběji reaguje vydatnost pramenů přímo na změny hladiny podzemní vody v Karlových Varech. S poklesem hladiny vody dochází k úniku rozptýlené termy v dutinách vřidelní desky, která vyrovnává pokles hladiny v okolí, což vede k nepatrnému snížení tlaku v desce a ve vývěrech.

Výrazněji se na vydatnosti zřidel projevil průval teplé kyselky, jenž roku 1901 zatopil spodní část povrchového uhelného dolu Marie Majerová, který je asi 15 km od Karlových Var. Tři měsíce po průvalu začala vydatnost zřidel zvolna klesat. Mezi dolem a prameny zřejmě nebylo přímé hydraulické spojení, jelikož načerpaný průtok podzemní důlní vody v blízkých kaolinových dolech neměl průval patrný vliv. Nejpravděpodobnějším vysvětlením spojení mezi dolem a prameny je společný zdroj oxidu uhličitého, který ve Varech významně nadlehčuje sloupec drenující vody, zvyšuje hydraulický spád a tím i vydatnost zřidel. Při průvalu začal CO<sub>2</sub> unikat mimo karlovarskou oblast (zřejmě podél Oherského zlomu) a jeho tlak napomáhající vzestupu termální kyselky pozvolna klesal. Problém byl vyřešen zaplavením spodních etáží dolu v roce 1908, jenž zamezilo dalšímu úniku oxidu uhličitého. Během tří let se pak obnovila i vydatnost zřidel.

V lázních se praktikuje pitná i koupelová kúra. Voda pomáhá při poruchách trávicího ústrojí, nemocích jater a žlučníku. Léčí také při poruchy činnosti metabolismu a žláz s vnitřní sekrecí, například diabetes nebo chronická obezita.

## Jáchymov

### Lokalita

Lázně Jáchymov staví svou proslulost na pramenech silně radioaktivní prosté teplice. Prameny byly odkryty při důlních pracích v dole Svornost ve zvrásněném komplexu na západním okraji masivu Krušných hor. Termální zřídla byla objevena díky hloubení a odčerpávání vody z dolu. Mezi spodními patry dolu a hladinou podzemní vody u povrchu tak vznikl dostatečný hydraulický spád a bylo umožněno proudění vody termálním sifonem. V dole mají zřídla charakter puklinových pramenů na zlomovém systému podélných trhlin, jež se svým směrem Z-V přimykají ke zlomům Oherského riftu a příčných puklin sledujících směr S-J.

### Důlní prameny

Radioaktivitu objevili fyzikové J. Mache a S. Meyer už roku 1905 a v roce 1908 bylo započato první jímání pro lázeňské účely. Vydátost všech odkrytých pramenů ale klesala spolu s vyprazdňováním puklinové sítě, snížením hydraulického spádu v termálním sifonu a šířením deprese v hladině podzemní vody. Svůj podíl na tom měla i pokračující důlní činnost. Posledními přirozenými vývěry v dole byly prameny Curie a Becquerel.

#### Puklinový pramen vydatnost 0,47 l/s

#### pramen Curie

Odběr : 21.6.1973      teplota : 29,0 °C      pH : 8,7      mineralizace : 0,64 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	152,09	6,61	78,51	Cl <sup>-</sup>	6,70	0,19	2,49
K <sup>+</sup>	10,79	0,28	3,33	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,32	0,05	0,59	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10,70	0,22	2,89
Ca <sup>2+</sup>	20,64	1,63	12,23	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	5,43	0,45	5,34	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	430,80	7,06	92,65
Fe <sup>2+</sup>	-	-	-	F <sup>-</sup>	2,80	0,15	1,97
Mn <sup>2+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,12	0,002	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

#### kovy a ostatní      koncentrace

SiO <sub>2</sub>	37,20	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Σ V	-	

#### radioaktivní složky ve vodě

Σ U	16,0	μg/l	<sup>222</sup> Rn	5180	Bq/l
-----	------	------	-------------------	------	------

Jelikož i jejich průtok zvolna klesal a nestačil pro lázeňské účely, bylo r. 1961 přistoupeno k navrtání puklinové zóny průzkumnými vrty ze spodního 12. podlaží dolu Svornost. Vrty narazily na puklinovou zónu s radioaktivní teplecí a dva z nich, C 1 a HG 1, pojmenovaný po akademiku Běhounkovi, slouží k jímání pro lázně dodnes. Důl byl krátce po vyhloubení vrtů zcela uzavřen a zatopen, aby nedocházelo k dalším poklesům vydatnosti termální vody.

**Vrt HG-1 pramen akademika Běhounka**

vydatnost 9,09 l/s

Odběr : 21.6.1973 teplota : 34,2 °C pH : 8,1 mineralizace : 0,60 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	144,67	6,29	80,12	Cl <sup>-</sup>	7,20	0,21	2,95
K <sup>+</sup>	11,13	0,29	3,69	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,31	0,05	0,64	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	15,23	0,32	4,50
Ca <sup>2+</sup>	17,03	0,85	10,83	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	4,37	0,36	4,59	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	390,53	6,40	90,01
Fe <sup>2+</sup>	-	-	-	F <sup>-</sup>	3,20	0,17	2,39
Mn <sup>2+</sup>	0,13	0,01	0,13	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,17	0,01	0,14
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	62,80	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Σ V	-	

**radioaktivní složky ve vodě**

odběr : 16.10.1974

Σ U	25,0	μg/l	<sup>222</sup> Rn	8880	Bq/l
-----	------	------	-------------------	------	------

**Vrt C-1**

vydatnost 0,63 l/s

Odběr : 21.6.1973 teplota : 29,0 °C pH : 8,1 mineralizace : 0,61 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	144,67	6,81	78,51	Cl <sup>-</sup>	6,50	0,19	2,63
K <sup>+</sup>	11,04	0,28	3,50	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,31	0,05	5,24	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,88	0,21	2,91
Ca <sup>2+</sup>	19,44	0,97	12,11	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	5,05	0,42	5,24	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	407,00	6,67	92,38
Fe <sup>2+</sup>	-	-	-	F <sup>-</sup>	2,80	0,15	2,08
Mn <sup>2+</sup>	0,08	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,12	0,002	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní      koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	56,00	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Σ V	-	

**radioaktivní složky ve vodě**

Σ U	19,0	µg/l	<sup>222</sup> Rn	9990	Bq/l
-----	------	------	-------------------	------	------

***Termální voda***

Mineralizaci spadá terma mezi slabé natrium-karbonátové teplice. Rozpuštěné látky získává z podložní metaformované Krušnohorské žuly, především pak z rudních žil, které touto částí masivu pronikají. Alkálie pochází z hydrolyzovaných živců a sírany mají původ v sulfidech rudních žil. Zdrojem radioaktivity je rozpuštěný <sup>238</sup>U a <sup>222</sup>Ra, především pak plyn radon (<sup>226</sup>Rn), který se uvolňuje z uranového zrudnění v žilách. Bereme-li v potaz hloubku zachycení vývěru, při zdejším geotermickém stupni asi 30 m je hloubka místa ohřevu teplice cca 600 – 800 m. Infiltrační oblast se nachází na plochem území temene Krušných hor. Její centrum leží přibližně mezi Karlovarským a Krušnohorským masivem granitů v pásu rul a svorů metamorfovaných sedimentů. Vydatnost teplice jímané vrty v současnosti závisí především na množství srážek dopadlých na infiltrační oblast.

Voda je využívána hlavně k léčebným koupelím. Léčí se zde nervové choroby (třeba obrna) a nemoci pohybového ústrojí, jako osteoporóza a artritida. Kúra slouží i k rehabilitaci po složitých operacích.

**Teplice*****Lokalita***

Osud lázní Teplice je odstrašujícím příkladem vlivu neuvážené důlní činnosti na prameny minerálních vod. Lázně leží na jižním okraji Oháreckého prolomu na tělese křemenného porfyru, který v pozdní fázi Variské magmatické činnosti intrudoval napříč masivem Krušnohorských metamorfovaných granitů a ortorul. Těleso má více méně deskovitý tvar a jeho osa je protažena ve směru SSZ – JJV. Saxonské rozpukání porfyru podélnými i příčnými zlomy je mnohem intenzivnější, než v podložních rulách. Na porfyru jsou denudační pozůstatky vrstev křídových slínovců, jejichž promytá puklinová síť se svými vlastnostmi vedení podzemní vody spíše blíží krasovému

systému. Jižně od Teplic zasahují přes křidu vyvřeliny Českého středohoří. Severně od nich jsou na propustných zbytcích slínovců uloženy nepropustné miocenní sedimenty, jež navazují na terciární výplň výběžku Mostecké pánve. Výběžek pánve je východně od Teplic oddělen hlavním poklesovým zlomem, který jej odděluje od teplického bloku porfyru. Sled sedimentů zde začíná hnědouhelnou slojí, jež místy dosedá přímo na porfyr, na níž leží silná vrstva miocenních prachovců.

Výskyty teplických termálních pramenů jsou vázány na dvě hlavní zlomové zóny, jež jsou svým průběhem po J hranici prolomu ekvivalentní Oderskému zlomu u Karlových Var. Obě zóny jsou napájeny ze stejného zdroje, předpokládaného hlubokého příčného zlomu, který probíhá hlavně pod tělesem porfyru v Krušnohorských ortorulách a dotuje teplickou síť puklin v porfyru vodou z Krušných hor. Svrchní partie zlomu je pravděpodobně částečně utěsněna porfyrem, jenž intrudoval do rul právě podél puklinového pásma, jehož je příčný zlom součástí. Vstupní zlomové zóny jsou dobře propustné a od místa svého protnutí s příčným zlomem jsou od sebe dobře izolovány, protože mají poněkud odlišné složení i teplotu a nejsou na sobě přímo hydraulicky závislé. Kromě hlavních pramenů se proud teplice rozbíhal i do povrchové zóny rozpuštění porfyru a bránil průniku místní podpovrchové vody ke zřídům.

### ***Zřídelní linie***

První pramenní větev, která leží severněji, tzv. Teplická zřídelní linie, poskytovala teplejší termální vodu ve velkých vydatnostech. Největším a nejteplejším pramenem bylo Pravřídlo s teplotou 49,5 °C. Na jižnější Šanovské zřídelní linii byly nižší teploty i vydatnosti. Voda zato měla vyšší obsah rozpuštěných plynů (hlavně CO<sub>2</sub>) a místy nezanedbatelnou radioaktivitu, zejména v Horském prameni. Původní vydatnost v teplické linii udává Wrany (1865) na 15 l/s a v Šanovské linii na 6,7 l/s. Většina pramenů byla původně přetoková. Mineralizace je definována jako slabá natrium-karbonátová. Mineralizace termální vody pochází hlavně z hydrolyzovaných živců křemenného porfyru a patrně i z minerálů podložní ortoruly. Zvýšená radioaktivita Horského pramene byla způsobena vyšším obsahem radonu, který podél zlomu Šanovské linie patrně uniká z podložní ruly a v porfyrovém tělese se mísí s teplicí. Termální prameny v Teplicích byly hojně využívány pro lázeňské účely již od starověku, o čemž svědčí nálezy římských mincí v okolí Pravřídla.

### ***Destrukce Teplických pramenů***

V 80. letech 18. století vedla důlní činnost k postupnému narušení hydrogeologického režimu v teplické oblasti. Čerpání ve spodních etážích hnědouhelných dolů a drobné průvaly se projeví poklesem přelivu na pramenech Teplic. Termální voda unikala podél zlomů zřídelních linií k východu a mísila se s důlními vodami. Následkem snížení jejího tlaku začala zónou povrchového rozpuštění porfyru pronikat do vývěrových puklin místní podzemní voda, která ředila a ochlazovala termální vodu. Hlavním impulzem k destrukci teplic byl rozsáhlý průval teplých důlních vod, k němuž došlo roku 1879 v povrchovém dolu Döllinger. Již před průvalem poklesla výška přelivu vydatného Obřího pramene s teplotou kolem 20 °C, který ležel na Tepelské zřídelní linii jen asi 1,5 km od hlavního zlomu. Jeho hladina

nakonec zapadla pod zemský povrch. Současně s tím poklesla teplota Pravřídla téměř o 4 °C, jelikož začalo docházet k jejímu mísení s okolní chladnou vodou v rozpukané zóně.

Po průvalu do uhelné sloje se projevil do tří dnů pokles vydatnosti na všech pramenech Teplické linie a ztráta přelivů. Prameny Šanovské linie byly ovlivněny také, ale ztráta vydatnosti zdaleka nebyla tak velká. Pokus o nápravu vzniklého problému byl dalším ústupkem ve prospěch těžby uhlí. Pravřídlo a Horský a Pahorkový pramen z Šanovské linie byly zachyceny hlubšími jímacími šachtami a byly dále čerpány. V jímací jámě dolu Döllinger a v Pravřídle byl nastolen takový režim čerpání, aby úroveň hladiny v puklinové zóně poklesla a aby nemohlo dojít k dalším velkým průvalům při pokračujícím dobývání sloje. Voda z Pravřídla byla nadále využívána pro lázeňské účely, v důsledku přehnaného čerpání však úroveň hladiny klesla o 23 m oproti původnímu stavu a čerpaná teplice se mísila s velkým množstvím povrchové vody, což způsobilo další pokles mineralizace a snížení teploty na pouhých 36,5 °C. S tím se samozřejmě zmenšila i její účinnost při léčebných koupelích. V současnosti se stav díky zastavení čerpání poněkud zlepšil.

**Pramenní šachta                      pramen Pravřídlo**

hloubka 54,3 m ; cihlové ostění

jímací překopy od JZ ústí do šachty 7 m a 10 m nade dnem

Odběr : 17.11.1971      teplota : 39,0 °C      pH : 6,9      mineralizace : 1,13 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	231,80	10,700	75,32	Cl <sup>-</sup>	50,10	1,410	10,28
K <sup>+</sup>	11,98	0,306	2,29	Br <sup>-</sup>	0,18	0,002	0,02
Li <sup>+</sup>	0,28	0,040	0,30	I <sup>-</sup>	0,003	0,000	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,029	0,002	0,01	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	125,40	2,610	19,03
Ca <sup>2+</sup>	43,00	2,145	16,04	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,00	0,110	0,80
Mg <sup>2+</sup>	9,50	0,781	5,84	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	560,00	9,170	66,85
Fe <sup>2+</sup>	0,02	0,000	0,00	F <sup>-</sup>	7,50	0,394	2,87
Mn <sup>2+</sup>	0,023	0,021	0,16	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,000	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,19	0,004	0,03	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0,020	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,09	0,001	0,01	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní                      koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	69,70	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-	
Co <sup>2+</sup>	-	

**rozpuštěné plyny                      koncentrace**

CO <sub>2</sub>	-
H <sub>2</sub> S	-
ostatní plyny	14,5031 ml/l
H <sub>2</sub>	0,0037 ml %
O <sub>2</sub>	3,32 ml %
N <sub>2</sub>	94,72 ml %
Ar	2,01 ml %
He	0,0038 ml %

**Pramenní šachta****Horský pramen**

hloubka 35,3 m

jímací překop dlouhý 18 m ústí do šachty 3,2 m nade dnem ; druhý pro vyrovnávání hladiny je zazděn

Odběr : 17.11.1971 teplota : 36,0 °C pH : 6,9 mineralizace : 0,93 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	158,80	6,900	60,89	Cl <sup>-</sup>	32,28	0,910	7,97
K <sup>+</sup>	7,92	0,200	1,77	Br <sup>-</sup>	0,12	0,001	0,01
Li <sup>+</sup>	0,181	0,026	0,23	I <sup>-</sup>	0,002	0,000	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,016	0,0008	0,01	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	94,87	1,970	17,26
Ca <sup>2+</sup>	63,50	3,160	27,88	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,80	0,090	0,79
Mg <sup>2+</sup>	12,70	1,040	9,17	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	495,50	8,120	71,15
Fe <sup>2+</sup>	0,02	0,000	0,00	F <sup>-</sup>	6,11	0,321	2,82
Mn <sup>2+</sup>	0,038	0,001	0,01	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,000	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,16	0,003	0,02	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0,000	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,07	0,001	0,01	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní****koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	55,50	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-	
Co <sup>2+</sup>	-	

**rozpuštěné plyny****koncentrace**

CO <sub>2</sub>	-
H <sub>2</sub> S	-
ostatní plyny	18,4185 ml/l
H <sub>2</sub>	0,0036 ml %
O <sub>2</sub>	1,36 ml %
N <sub>2</sub>	96,37 ml %
Ar	2,24 ml %
He	0,0261 ml %

Kvůli opětovnému získání vysoce kvalitní teplice byla od průvalu vyhloubena celá řada vrtů, jejichž cílem bylo zastihnout novou termální pramenní puklinu. Vinou chabé znalosti místních podmínek ale vrty zpočátku selhávaly a jejich hloubení bývalo většinou záhy ukončeno. Po několika neúspěšných pokusech byl v roce 1973 dokončen hluboký vrt Tp 28, jehož cílem bylo prorazit hlavní větev termálního vývěru v Teplické zřidelní linii. Od roku 1978 je zachycená trhlina jedním z posledních zbývajících zdrojů termální vody. Pro účel léčebných koupelí musí být dokonce ředěna vlažnější vodou (20 °C) čerpanou z tělesa porfyru v jiném místě.

**Vrt TP-28**hloubka 972,5 m ; výstroj Ø 156 mm (0-883,4 m) a Ø 133 mm (883,4-972,5 m)  
perforace v úseku 883,4-972,5 m

Odběr : 23.8.1978 teplota : 45,8 °C pH : 6,9 mineralizace : 1,50 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	388,00	16,90	87,30	Cl <sup>-</sup>	42,30	1,39	7,16
K <sup>+</sup>	10,6	0,27	1,39	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,46	0,07	0,36	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,02	0,00	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	208,30	4,34	22,36
Ca <sup>2+</sup>	34,000	1,70	8,78	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,10	0,00	0,00

kationty mg/l meq/l meq %				anionty mg/l meq/l meq %			
Mg <sup>2+</sup>	5,0	0,41	2,12	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	811,50	13,30	68,52
Fe <sup>2+</sup>	0,43	0,01	0,05	F <sup>-</sup>	7,20	0,38	1,96
Mn <sup>2+</sup>	0,014	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,005	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,42	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,05	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	62,0	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	7,0	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	5,0	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	14,0	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	5,0	µg/l
Co <sup>2+</sup>	10,0	µg/l
Σ As	14,0	µg/l

**radioaktivní složky ve vodě**

odběr : 3.6.1967

Σ U 1,0 µg/l

<sup>226</sup>Ra -

Lázně jsou zařízeny především na léčebné koupele, které pomáhají při nemocích oběhového ústrojí, pohybové ústrojí a léčí i nervové choroby, kupříkladu roztroušenou sklerózu.

## Louny

### Lokalita

Město Louny leží v západním cípu České křídové pánve dosti postiženém sérií poklesových saxonských zlomů, které na Z omezují rozšíření terciérních sedimentů Mostecké pánve a vznikly spolu s Oháreckým prolomem. Na S se křída noří pod usazeniny terciérních pánví a vulkanity Českého středohoří. Na J od Loun jsou sedimenty postupně oderodovány až na podklad pánví karbonu a permu.

V 70. letech byla v České křídové pánvi budována síť hlubokých monitorovacích vrtů, které by přinášely důležité informace o změnách úrovně hladiny podzemní vody a proudění v pánvi. V Lounech byl roku 1963 dokončen 1223 m hluboký průzkumný vrt LN-1. Pod slabým pokryvem křídových slínovců a pískovců prošel mocnými permuskými a karbonskými usazeninami prachovců, tufů a arkóz Kladensko-Rakovnické pánve. Ve spodní části zasáhl slabě metamorfovaný masiv tzv. Tiské žuly s polohami rohovců. V žule zachytil několik propustných trhlin, kterými vystoupila do vrtu silně mineralizovaná natrium-karbonátová termální kyselka. Oxid uhličitý je juvenilní, uvolňuje se z hlubokých zlomů v tělese žuly a jejím okolí a hromadí se pod neprostupnými prachovci permokarbonské pánve.



**Vrt Ln-1**

hloubka > 1223 m ; výstroj z nerez. oceli Ø 100 - 108 mm (0-960 m) a Ø 92 mm (960-1223)  
 perforace v úseku 1100-1216 m

Odběr : 5.5.1966 teplota : 42,0 °C pH : 6,9 mineralizace : 17,65 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	4555,00	198,18	91,47	Cl <sup>-</sup>	703,10	19,830	9,180
K <sup>+</sup>	168,00	4,30	1,98	Br <sup>-</sup>	7,40	0,093	0,043
Li <sup>+</sup>	24,10	3,47	1,60	I <sup>-</sup>	0,10	0,000	0,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,40	0,05	0,023
Ca <sup>2+</sup>	159,75	7,79	3,60	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	53,50	2,67	1,23	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	11962,00	196,057	90,754
Fe <sup>2+</sup>	0,70	0,025	0,012	F <sup>-</sup>	-	-	-
Mn <sup>2+</sup>	0,30	0,010	0,005	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Sr <sup>2+</sup>	3,70	0,084	0,039	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,01	0,003	0,001
Ba <sup>2+</sup>	8,50	0,120	0,055	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace	
SiO <sub>2</sub>	38,0	mg/l	CO <sub>2</sub>	1874,00	mg/l
HBO <sub>2</sub>	7,3	mg/l	H <sub>2</sub> S	-	
Zn <sup>2+</sup>	-		ostatní plyny	-	
Pb <sup>2+</sup>	-		H <sub>2</sub>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-		O <sub>2</sub>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-		N <sub>2</sub>	-	
Co <sup>2+</sup>	-		Ar	-	
Σ As	-		He	-	

**Termální voda**

Minerální látky pochází dílem z hydrolyzovaných křemičitanů a rozpouštěných druhotných minerálů v Tiské žule, dílem z rozpouštěných solí ve tmelech sedimentů z období svrchního permu. Zvýšená teplota vody není vzhledem k hloubce navrtání termy neobvyklá a odpovídá průměrnému geotermickému stupni 30 – 35 metrů. Hlavní hybnou silou přelivu vrtu je přetlak vody pod nepropustným karbonským podložím, jenž vytlačuje vodu do výšky blízké úrovni hladiny podzemní vody v hlubokém puklinovém systému, a přetlak CO<sub>2</sub> nashromážděného pod zatěsněným dnem Kladensko-Rakovnické pánve. Plyn se z vody uvolňuje asi 50 m pod zemským povrchem a nadlehčuje sloupec vyvěrající vody. Od navrtání žulového masivu ale přetlak oxidu uhličitého klesá a s ním klesá i vydatnost vývěru. Voda je natrium-karbonátovou termální kyselkou.

Infiltrační oblast vody vyvěrající z vrtu je nejistá a nejspíše zahrnuje protáhlé území kolem Loun rozlámané saxonskými poklesovými zlomy, které jsou dostatečně propustné, aby umožnily proniknout podzemní vodě skrze permokarbonské prachovce do větších hloubek.

Voda má léčivé účinky na trávicí trakt, ale není dobré ji užívat ve větším množství. Zatím není ve velkém lázeňsky využita.

## Oblast Českého středohoří

### Lokalita

České středohoří se nachází v bývalé vulkanicky aktivní zóně Oherského riftu. Podloží území je nejspíše tvořeno výše metamorfovanými rulami. Na ně nasedají bazální slepence a pískovce, které zde sedimentovaly ve svrchní křídě. Horní část křídových usazenin pak místy zakončují hůře propustné jemné slínovce, které udržují přetlak podzemní vody v podloží pískovců. Skrze křídové sedimenty pronikají četné žíly a sopouchy terciérních vulkanitů, které na velké rozloze pokrývají křidu bazickými i alkalickými pyroklastiky a kompaktními lávovými příkrovy. Saxonské zlomy procházející křídou i jejím podložím jsou zde zatěsněny jílem nebo produkty sopečné aktivity. V 70. letech byla vyvrtána řada vrtů v rámci průzkumu hloubky a hydrogeologických poměrů křídové pánve.

### Termální voda

V S části České křídové pánve na území středohoří byla hlubšími vrty zastižena termální voda nashromážděná v pískovcích při bázi křídových sedimentů pod nepropustným artézským stropem slínovců. V této oblasti je od ukončení sopečné aktivity ještě dodnes dosti nízký geotermický stupeň 15 – 20 metrů. Z toho důvodu se může voda proudící v hloubkách prvních stovek metrů ohřát natolik, že se stane teplejší. Vysoký obsah fluoru získává voda rozpouštěním halogeny bohatých tmelů křídových pískovců. (Pozoruhodná je z tohoto hlediska poloha pískovce s fluoritovým tmelem v blízkosti Děčína.) Zvýšená teplota rozpouštění tmelu ještě urychluje. Sirany ve vodě pocházejí nejspíše ze zoxidovaných sulfidických minerálů. Vodu je možno klasifikovat jako prostou nebo minerální natrium-karbonátovou teplejší.

### Vrt Textilana 2

hloubka 360,3 m

Odběr : -                      teplota : 29,7 °C      pH : 7,4      mineralizace : 0,92 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	200,00	8,70	72,58	Cl <sup>-</sup>	23,40	0,66	5,55
K <sup>+</sup>	18,30	0,47	3,92	Br <sup>-</sup>	0,20	0,00	0,00
Li <sup>+</sup>	0,40	0,06	0,50	I <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,50	0,03	0,25	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200,40	4,17	35,10
Ca <sup>2+</sup>	39,90	1,99	16,60	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	8,51	0,70	5,84	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	408,20	6,69	58,31
Fe <sup>2+</sup>	0,65	0,023	0,19	F <sup>-</sup>	6,78	0,36	3,03
Mn <sup>2+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Sr <sup>2+</sup>	0,59	0,013	0,11	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 0,01	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,10	0,00	0,00	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,246	0,00	0,00	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

kovy a ostatní	koncentrace	
SiO <sub>2</sub>	10,6	mg/l
HBO <sub>2</sub>	1,0	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	2,0	μg/l
Pb <sup>2+</sup>	1,0	μg/l
Cu <sup>2+</sup>	1,0	μg/l
Ni <sup>2+</sup>	1,0	μg/l
Co <sup>2+</sup>	1,0	μg/l
Σ Mo	1,0	μg/l

#### radioaktivní složky ve vodě

Σ U	< 0,1	μg/l	<sup>226</sup> Ra	-
-----	-------	------	-------------------	---

#### Vrt Střekov - Brná

hloubka 327,53 m ; vrt s přelivem ; vydatnost 7,0 l/s

Odběr : 6.8.1961      teplota : 29,9 °C      pH : 7,1      mineralizace : 2,20 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	600,00	26,10	95,59	Cl <sup>-</sup>	134,70	3,80	13,32
K <sup>+</sup>	25,00	0,64	2,27	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,80	0,12	0,43	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	218,50	4,55	15,95
Ca <sup>2+</sup>	21,20	1,06	3,76	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Mg <sup>2+</sup>	2,90	0,24	0,85	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1192,90	19,55	68,52
Fe <sup>2+</sup>	0,3	0,01	0,03	F <sup>-</sup>	12,00	0,63	2,21
Mn <sup>2+</sup>	-	-	-	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Sr <sup>2+</sup>	0,85	0,02	0,07	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,04	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

kovy a ostatní	koncentrace	
SiO <sub>2</sub>	15,0	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	5,0	μg/l
Pb <sup>2+</sup>	1,0	μg/l
Cu <sup>2+</sup>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-	
Co <sup>2+</sup>	-	
Be <sup>2+</sup>	6,0	μg/l

Území infiltrace se nalézá v celé širší oblasti tam, kde je porušena nebo oderodována svrchní vrstva hůře propustných turonských a coniacských slínovců. Užívané vrty v okolí Ústí nad Labem mají většinou výrazný přeliv díky výškovému rozdílu mezi ústím vrtu v údolí Labe a úrovní hladiny v infiltrační oblasti na okolní křídové plošině.

Voda slouží k napájení dvou veřejných koupališť.

## Sudetská oblast

Území Sudet představuje vyzdviženou část Lužické jednotky ležící SV od České křídové pánve. Sudety byly při saxonské tektogenezi relativně vyzdvihnuty oproti centru Českého masivu. Směr protažení Sudetské oblasti SZ – JV je rovnoběžný se zlomy Labského prolomu. Severozápadním okrajem je struktura Oháreckého prolomu z části vyplněna terciárními sedimenty Žitavské pánve vyvělinami Oherského riftu. Na JV je oblast ukončena zlomem Ramzovského nasunutí mezi Keprnickou klenbou a pásmem hornin Brané. Ze SZ Sudety sousedí s pahorkatinou Kaczawských a Sovích hor a plochou terciární pánví Malopolské jednotky. Z jihozápadu je oblast omezena Lužickým přesmykovým zlomem a navazujícím zlomem Jílovským, který je zakryt sedimenty České křídové pánve.

Na severu české části Sudet je výrazné těleso Jizerských a Krkonošských ortorul, do kterých intrudovaly při Variském vrásnění žuly Krkonoško-Jizerského plutonu. Kolem masivu zmíněných ortorul a žul se nachází přerušovaný pás paleozoických sedimentů, které jsou přeměněné ve fylity a svory. Místy se v nich vyskytují i polohy mramorů, erlánů, křemenců a amfibolitů. Pro všechny tyto horniny je typická puklinová propustnost a rozsáhlé zlomové systémy prostupující celými tělesy. Propustné bývají většinou jen trhliny vzniklé při saxonské tektogenezi.

V jižní partii českých Sudet se nachází dvojice permokarbonských pánví oddělených poruchou Hronovsko-Poříčského přesmyku, rovnoběžnou s linií Labského prolomu. V pánevní výplni je charakteristické střídání různě mocných pestrých poloh nepropustných prachovců a propustnějších pískovců. V karbonských vrstvách jsou i různě mocné černouhelné slojky. Komunikace mezi oddělenými propustnými horizonty skrze zlomy prakticky není možná, jelikož jsou zatěsněny jílovitým materiálem z pánve. Západní Podkrkonošská pánev se vyznačuje menší mocností a stratigrafickým rozsahem usazenin. Mezi sedimenty místy pronikají tělesa svrchnokarbonských bazaltů. Na jižním okraji pánve vyčnívá Zvičinský masiv fylitů, jenž pode dnem pánve navazuje na pás paleozoických metamorfitů. Východní Vnitrosudetská pánev je hlubší než Podkrkonošská a její sedimenty se usazovaly ve větším časovém rozpětí. Kromě rozptýlených bazaltů se v ní nachází i karbonské andezity a ryolity. Na permských sedimentech zde leží i erozní zbytky triasových pískovců, které jsou překryty S výběžkem pískovců a slínovců Opolské křídové pánve.

Moravskou část Sudet odděluje od české pruh drobných žulových Variských těles v pořadí od západu : Hrádecký - Kudovský – Zlatostocký masiv. Jižně pod Hrádeckým masivem je drobný blok metasedimentů Kladského krystalinika, na východě na něj pak navazuje úzký pruh slabě metamorfovaných andezitů a zelených břidlic Novoměstského krystalinika, které ale rovněž obsahuje polohy fylitů. Pruh metabazitů vede k JV a lemuje levé křídlo Orlicko-Sněžnické klenby, tvořené hlavně ortorulami v různém stupni metamorfózy. Jmenovaný celek vyvěřelých a metamorfovaných hornin je opět do značné míry rozpukán příčným zlomovým systémem SV – JZ a zlomovým systémem šikmým, jehož pukliny jsou převážně orientovány ve směru S-J. Tento celek zapadá z obou stran pod pískovce a slínovce České a Opolské křídové pánve.

Za jižním výběžkem Opolské pánve následuje pravé východní křídlo vrásy Orlicko-Sněžnické klenby, které se rovněž sestává hlavně z ortorul, jež v severní partii přecházejí do svorů. JV lem tvoří jako ekvivalent Novoměstského krystalinika krystalinikum Staroměstské. Základními horninami jsou ruly, svory a metabazika. Kromě amfibolitů oblast zahrnuje i pásy kyselejších tonalitů a metagaber. Silněji metamorfované fylity zde lze nalézt na V okraji krystalinika. Na jižním konci Orlicko-Sněžnické klenby se sbíhají pásy Novoměstského a Staroměstského krystalinika ke krystaliniku Zábřežskému, kde převažují hlavně svory, ruly a migmatity s pásy tonalitů. Posledním blokem hornin jsou ortoruly v různém stupni metamorfózy s polohami erlánu, které mezi Staroměstským krystalinikem a Ramzovským nasunutím tvoří Velkovrbenskou klenbu. Zlomový systém těchto hornin se odklání od puklinové sítě Labského prolomu podle východního ramene Orlicko-Sněžnické klenby. Všechny jednotky s výjimkou Zábřežského krystalinika jsou protaženy ve směru hlavních násunových zlomů SSV – JJZ. Kose k nim probíhají příčné pukliny Labského směru SZ – JV. Propustnost systému saxonských trhlin je různá podle stupně zanesení jílem a vysráženými minerály. Obecně lépe propustné jsou příčné zlomy Labského směru.

## **Janské Lázně**

### ***Lokalita***

Janské Lázně leží na úbočí Rýchorských hor v plošším údolí otvírajícím se k řece Úpě. Podloží jsou zde svory a fylity Rýchorského krystalinika, které jsou v této oblasti výrazně zvrásněny a prokládány čočkami mramorů a metabazitů. Na západě se zpod fylitů vynořuje masiv odolnější Krkonošské ortoruly, jež se zdvihá nad lázněmi a tvoří vysoký vrch Černá Hora. Silný přetokový termální pramen vyvěrá ze suťového pole na S svahu údolí. Již po dlouhou dobu je využíván k léčebným koupelím. V důsledku otevřeného vývěru do sutě ale často docházelo ke ztrátě teploty únikem do podzemní vody nebo naopak k průniku vadózní vody do sutě a kolísání teploty akrotermy.

Aby se zamezilo těmto nepříznivým jevům, byly do sutě vyhloubeny dva vrty, které měly zasáhnout hlavní žídelní větev. Hlubší vrt, zvaný Janův pramen, byl hlouben přímo ze dna lázeňského bazénu postaveného nad vrtem. Vrt zasáhl krasovou dutinu v čočce mramoru, která přiváděla vodu do suťového pole. Druhý mělčí vrt, pojmenovaný Černý pramen, sahá pouze do rozpukané zóny pod suťovým polem. Odběr teploty vrty přímo z přívodní dráhy výrazně zvýšil využitelnou vydatnost zřídla a ustálil teplotu pramenící termy. Teplota navrtné teploty ale na rozdíl od vydatnosti vzrostla jen nepatrně. Pramenící prostá teplota má nízkou mineralizaci, kterou získává při rychlém proudění skrze část ortorulového masivu Černé Hory a jejího okolí.

**Vrt Janův pramen**

hloubka 70,0 m ; výstroj Ø 400 mm

Odběr : 10.5.1973      teplota : 27,5 °C      pH : -      mineralizace : 0,34 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	21,5	0,94	22,40	Cl <sup>-</sup>	3,50	0,10	2,40
K <sup>+</sup>	4,08	0,10	2,40	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,05	0,00	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,40	0,15	3,70
Ca <sup>2+</sup>	43,9	2,19	52,20	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,60	0,07	1,70
Mg <sup>2+</sup>	11,6	0,95	22,60	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	228,80	3,75	91,30
Fe <sup>2+</sup>	0,08	0,003	0,10	F <sup>-</sup>	0,70	0,04	0,90
Mn <sup>2+</sup>	< 0,05	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	< 0,20	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,10	0,002	0,06	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 0,02	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,023	0,003	0,10	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,16	0,003	0,10	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní      koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	15,6	mg/l
HBO <sub>2</sub>	0,05	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	14,0	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	< 1,0	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	3,7	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	< 1,0	µg/l
Co <sup>2+</sup>	3,5	µg/l
Σ Mo	-	
Rb <sup>2+</sup>	< 50,0	µg/l

**radioaktivní složky ve vodě**

Σ U	< 1,0	µg/l	<sup>226</sup> Ra	-
-----	-------	------	-------------------	---

**Termální voda**

Výstupní tlak termy je dán prudkým hydraulickým spádem. Infiltrační oblast pramene leží ve vysoko položených partiích ortorulového tělesa na Černé Hoře a jejích svazích. Ze zóny povrchového rozpukání voda rychle zasakuje propustnými saxonskými trhlinami do velké hloubky, kde se ohřívá od hornin. Odtud putuje drenážní větví termálního sifonu, již představuje šikmý zřidelní zlom vedoucí k lázním ze ZSZ od Černé Hory. Výstupní cestou je otevřená dutina sledující průsečík zřidelního zlomu s místní příčnou puklinou, která je ve svrchní části ještě rozšířena zkrasověním polohy mramoru v místě křížení zlomu. Vydátnost termy ztelně kolísá v závislosti na srážkách na infiltračním území.

Koupelová kúra pomáhá především při nemocech nervové soustavy (obrna nebo záněty nervů) a léčí záněty dýchacích cest. Dále zpomaluje průběh rakovinných onemocnění a pomáhá při regeneraci pokožky po spáleninách.

## Lázně Bohdaneč

### Lokalita

Lázně Bohdaneč se nacházejí v České křídové pánvi a původně zde bylo využíváno léčivé bahno a zemina z místních slatin. Roku 1914 zde byl vyhlouben vrt Panenka, který prorazil artézský strop málo propustných slínovců a pronikl skrze cenomanské pískovce až na podloží ordovických sedimentů. Počáteční vydatnost přetoku pramene dosahovala 5 l/s a vytékající slabá kyselka měla teplotu 21 °C. Navzdory opakovanému čištění vrtu a výměně zkorodovaných pažnic nakonec došlo ke ztrátě přelivu a vodu bylo nutné čerpat. S postupem času mineralizace stoupala a vydatnost vody klesala, jak se uvolňoval tlak vody v pískovcích. Proto byl vyhlouben druhý hlubší vrt HV-1, který dosáhl pouze do cenomanských pískovců. Vydatnost se pohybovala asi kolem 1 l/s, ale vzrostl obsah rozpuštěného oxidu uhličitého.

### Vrt Panenka

hloubka 347,0 m

Odběr : 20.11.1964 teplota : 20,6 °C pH : 6,4 mineralizace : 0,001g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	295,00	12,83	87,60	Cl <sup>-</sup>	30,80	0,86	5,80
K <sup>+</sup>	22,20	0,56	3,80	Br <sup>-</sup>	< 0,01	0,00	0,00
Li <sup>+</sup>	0,20	0,028	0,20	I <sup>-</sup>	0,11	0,001	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	19,28	0,40	2,70
Ca <sup>2+</sup>	14,02	0,69	4,70	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	< 0,01	0,00	0,00
Mg <sup>2+</sup>	6,08	0,50	3,40	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	801,00	13,12	89,00
Fe <sup>2+</sup>	0,57	0,02	0,10	F <sup>-</sup>	6,80	0,36	2,40
Mn <sup>2+</sup>	0,09	0,03	0,20	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	< 0,01	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0,0006	0,00
Ba <sup>2+</sup>	< 0,01	0,00	0,00	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

kovy a ostatní	konzentrace
SiO <sub>2</sub>	12,2 mg/l
HBO <sub>2</sub>	-
Zn <sup>2+</sup>	-
Pb <sup>2+</sup>	-
Cu <sup>2+</sup>	-
Ni <sup>2+</sup>	-
Co <sup>2+</sup>	-
Σ As	-

rozpuštěné plyny	konzentrace
CO <sub>2</sub>	39,60 mg/l
H <sub>2</sub> S	-
ostatní plyny	-
H <sub>2</sub>	-
O <sub>2</sub>	-
N <sub>2</sub>	-
Ar	-
He	-

**Vrt HV-1**

hloubka 365,9 m ; výstroj několikanásobná, ocelová, Ø vnitřní pažnice 108 mm  
 perforace v úseku 325,4 – 360,0 m

Odběr : 7.7.1969      teplota : 20,6 °C      pH : -      mineralizace : 0,001g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	272,00	11,83	88,00	Cl <sup>-</sup>	33,70	0,95	7,10
K <sup>+</sup>	16,00	0,41	3,00	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,30	0,004	0,30	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,00	0,055	0,40	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	13,40	0,28	2,10
Ca <sup>2+</sup>	13,60	0,68	5,10	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Mg <sup>2+</sup>	3,90	0,32	2,40	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	740,80	12,14	90,80
Fe <sup>2+</sup>	3,00	0,11	0,80	F <sup>-</sup>	-	-	-
Mn <sup>2+</sup>	0,15	0,005	0,04	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,05	0,001	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-
<b>kovy a ostatní</b>	<b>koncentrace</b>			<b>rozpuštěné plyny</b>	<b>koncentrace</b>		
SiO <sub>2</sub>	8,0	mg/l		CO <sub>2</sub>	56,30	mg/l	
HBO <sub>2</sub>	-			H <sub>2</sub> S	-		
Zn <sup>2+</sup>	-			ostatní plyny	-		
Pb <sup>2+</sup>	-			H <sub>2</sub>	-		
Cu <sup>2+</sup>	-			O <sub>2</sub>	-		
Ni <sup>2+</sup>	-			N <sub>2</sub>	-		
Co <sup>2+</sup>	-			Ar	-		
Σ As	-			He	-		

**Termální voda**

Mineralizace akrototermie pochází z pomalu rozpouštěného tmelu cenomanských pískovců. CO<sub>2</sub> sytící kyselku je juvenilního původu. Uniká ze saxonských puklin podloží České křídové pánve jako pozůstatek po terciérní vulkanické činnosti rozptýlené v oblasti pánve. Plyn se hromadí pod nepropustnými vrstvami tuonských a coniacských slínovců. Teplota vody je zvýšená pouze následkem hloubky, ze které je odebírána. Infiltrační oblastí artézských vod v centru pánve jsou odkryté zóny pískovců na okrajích pánve a drobné poruchy v souvislém pokryvu slínovců, jimiž zasakuje srážková voda z povrchu pánve do hloubky. Je pravděpodobné, že vydatnost vrtu HV-1 bude i v budoucnu zvolna klesat.

Koupele urychlují léčbu nemocí pohybového ústrojí, zejména při zánětech kloubů.



## Území Severní Moravy a Slezska

Slezská jednotka je oddělena od Sudetské na západě Ramzovským nasunutím. Na severu sousedí s terciérní pánví Malopolského bloku. K jihu a k východu se noří pod karbonské sedimenty uhelného prachovce, zvaného kulm. Na S okraji se nachází žulové těleso Žulovského masivu a Vidnavská klenba, která s ním sousedí na východě. Klenba je tvořena devonskými amfibolity a sedimenty v různém stupni metamorfózy od břidlic a křemenců po svory a ruly. Hlavní část komplexu Slezské jednotky tvoří jižněji položený složitě zvrásněný a silně tektonicky deformovaný systém Desenské a Kepnické klenby, oddělených horninami Červenohorského sedla. Z hornin zde převažují ortoruly a svorové ruly střídané fylity s polohami zelených břidlic, čočkami křemenců a erlánů. Na Z okraji se nachází pásmo Brané, které představuje soustava amfibolitových těles. Na JZ okraji území je drobná, tektonicky porušená intruze žuly Šumperského masivu. Protahování klenb a jejich okrajových zón sleduje násuny ve směru SSV – JJZ. Propustné zóny v rozpukaných metamorfovaných horninách jsou vázány zejména na husté příčné zlomy vedoucí v Labském směru.

Nejvýchodnější podložní jednotka před čelem Karpatských příkrovů se nazývá Brunovistulikum. Její severní část je pohřbena pod devonskými a karbonskými usazeninami tvořícími hornatinu Nizkého Jeseníku. Během sedimentace byl JV okraj pánve plynule vyzdvihován při Variských horotvorných procesech, takže zejména spodní devonské vápence mají vrstvy ukloněné k SZ. Na vápencích leží mocné sedimenty karbonského kulmu, jenž je velmi málo propustný a jeho materiál zatěsňuje veškeré zlomy, které skrze jeho těleso procházejí. Jsou to zejména příčné poklesové pukliny rovnoběžné se směrem Labského prolomu. Napříč masivem kulmů probíhá Šternbersko-Hornobenešovský násunový zlom, který nejprve zhruba sleduje směr S-J a v jižní polovině kulmské pánve se stáčí k JZ. Na území karbonských usazenin vymezených mezi násunovým zlomem na východě a Slezskou jednotkou na západě pronikají prachovci intruze karbonských bazaltů a terciérní tělesa sopečných kuželů Malý a Velký Roudný. Jediné propustné zóny se nacházejí v lavicích podložních devonských vápenců, které jsou místy silně zkrasovělé.

### **Bludov**

#### ***Lokalita***

Bludovské lázně jsou založeny na prameni prosté teplice (akratotermie) s vyšším obsahem sirovodíku. Místo pramene bylo na povrchu vytypováno podle plochy odumírající nebo zakrslé vegetace. Vrt Therma vyhloubený r. 1933 pronikl terciérními sedimenty a v podložní žule Šumperského masivu zachytil zónu trhlin sledující Labský směr. Žula je v místech vývěru zkaolinizována termální vodou. Pramen akratotermie

postrádal přeliv a musel být čerpán. Následkem koroze pažnice začala během několika let pronikat do vrtu povrchová voda, která ochlazovala teplici a ředila její beztak nízkou mineralizaci. Nový Bazénový pramen byl navrtán 80 m hlubokou studnou roku 1937. Výstroj studny však záhy opět podlehla korozi a teplota vody začala klesat. V roce 1963 byl proto vyhlouben poslední jímací vrt HG-1. Teplice je alkalická sirná užívá se k léčebným koupelím. Mineralizace má původ v živcích hydrolyzovaných vodou na kaolin.

#### Vrt Hg-1

hloubka 130 m ; dřevěná výstroj Ø 250 mm (0-47,9 m) a Ø 150 mm (47,2-122,5 m)  
 perforace v úseku 81-120,5 m ; těsnění mezi pažnicí a vrtem v hloubce 74 m obturátorem

Odběr : 18.6.1974 teplota : 24,0 °C pH : 9,0 mineralizace : 0,35 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	50,50	2,20	38,80	Cl <sup>-</sup>	89,00	2,50	40,06
K <sup>+</sup>	5,40	0,14	2,47	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,23	0,03	0,53	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00	0,00	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	131,71	2,74	43,91
Ca <sup>2+</sup>	35,80	1,78	31,39	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,70	0,01	0,16
Mg <sup>2+</sup>	18,2	1,50	24,46	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,30	0,02	0,35	F <sup>-</sup>	7,50	0,39	6,25
Mn <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	6,00	0,2	3,21
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	OH <sup>-</sup>	6,8	0,4	6,41

#### kovy a ostatní

#### koncentrace

SiO <sub>2</sub>	31,5	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	102,0	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	3,3	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	12,3	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Co <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Σ As	-	

#### rozpuštěné plyny

#### koncentrace

CO <sub>2</sub>	-	
H <sub>2</sub> S	0,45	mg/l
ostatní plyny	< 1	ml/l
H <sub>2</sub>	0,0095	ml %
O <sub>2</sub>	0,00	ml %
N <sub>2</sub>	97,60	ml %
Ar	1,70	ml %
He	0,67	ml %
CH <sub>4</sub>	0,09	ml %
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

#### radioaktivní složky ve vodě

odběr : 18.6.1974

Σ U 0,2 µg/l

<sup>226</sup>Ra 0,403 Bq/l

Sulfan ve vodě je pak produkován desulfurikačními bakteriemi, jež redukují část síranů obsažených ve vodě. Sírany vznikly jako produkt oxidace sulfidů vyplňujících místy pukliny v žule. Obsah sirovodíku kolísá kolem uvedené průměrné hodnoty. Teplota vody je úměrná hloubce oblasti jejího ohřevu, jež se pohybuje kolem 500 m. Infiltrační oblastí je rozpukáný povrch Šumperského masivu a sedimenty v jeho nejbližším okolí. Čerpání z vrtu HG-1 je udržováno na 4 l/s, aby se do pramenní jímky nestahovala chladná srážková voda.

Voda v koupelích se užívá na léčbu pohybového ústrojí a při poruchách metabolismu a žláz s vnitřní sekrecí.

## Velké Losiny

### Lokalita

Lázně leží v tenké linii hornin Červenohorského sedla mezi Desenskou klenbou na V a Keprnickou klenbou na Z, která se na ni podél linie nasouvá. Pod kvartérními náplavy říčky Desné se nalézají ruly a svory. Zřídelní linie leží na jednom z násunových zlomů mezi Desenskou a Keprnickou klenbou a termální voda vychází na povrch podél zóny křížení násunu s příčnými saxonskými puklinami Labského směru. Teplice má přeliv a vyvěrá do kvartérních štěrků, kde ovšem dochází k jejímu mísení s vodou povrchovou. Pramenní jímky Eliška a Marie jsou vyhloubeny až na podložní rulu a zachycují teplici jen málo zředěnou vadózní vodou. Mělčí jímky Karel a Marie Terezie jímají již více zředěnou ochlazenou vodu. V okolí jímá chladnější vodu ještě řada méně vydatných pramenních jímek a studní, z nichž většina postrádá přetok. Pro kontrolu kvality vody v hlavní pramenní větvi byl vyhlouben průzkumný vrt BJ-15, který zachycuje nezředěnou termu.

**2 kopané studny**                      **pramen Eliška**  
hloubka 2,5 m  
voda je přihřívána na 32,5 °C a odváděna do bazénu

Odběr : 18.6.1974      teplota : 27,0 °C      pH : 9,0      mineralizace : 0,19 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	30,70	1,34	39,42	Cl <sup>-</sup>	18,00	0,51	14,37
K <sup>+</sup>	1,50	0,04	1,18	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,04	0,01	0,29	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00	0,00	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	54,33	1,13	31,83
Ca <sup>2+</sup>	20,05	1,00	29,41	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,20	0,00	0,00
Mg <sup>2+</sup>	12,15	1,00	29,41	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,10	0,01	0,29	F <sup>-</sup>	4,00	0,21	5,92
Mn <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,02	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	36,00	1,20	33,80
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	OH <sup>-</sup>	8,50	0,50	14,08

kovy a ostatní	koncentrace	rozpuštěné plyny	koncentrace
SiO <sub>2</sub>	30,00 mg/l	CO <sub>2</sub>	0,00 mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	H <sub>2</sub> S	2,80 mg/l
Zn <sup>2+</sup>	< 10 µg/l	ostatní plyny	19,30 ml/l
Pb <sup>2+</sup>	1,00 µg/l	H <sub>2</sub>	0,31 ml%
Cu <sup>2+</sup>	2,80 µg/l	O <sub>2</sub>	1,40 ml %

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace	
Ni <sup>2+</sup>	< 1	µg/l	N <sub>2</sub>	94,70	ml %
Co <sup>2+</sup>	< 1	µg/l	Ar	2,10	ml %
Sr <sup>2+</sup>	0,026	µg/l	He	0,038	ml %
Σ As	-		CH <sub>4</sub>	0,17	ml %
			C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
			C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

**Bazénová jímka pramen Marie**  
hloubka 1,9 m ; Ø jímky 7,5 m

Odběr : 27.8.1963 teplota : 27,8 °C pH : 9,8 mineralizace : 0,2 g/l

kationty meq % Na<sup>+</sup> 97,57  
anionty meq % CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 51,66 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 22,47 Cl<sup>-</sup> 11,89 F<sup>-</sup> 7,56 OH<sup>-</sup> 2,83

**Studna za lázeňskou kaplí**  
hloubka 6 m ; Ø studny 1 m

Odběr : 27.8.1963 teplota : 23,5 °C pH : 9,7 mineralizace : 0,2 g/l

kationty meq % Na<sup>+</sup> 94,54 Ca<sup>2+</sup> 3,17 K<sup>+</sup> 1,08  
anionty meq % CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 57,76 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 21,57 Cl<sup>-</sup> 11,03 F<sup>-</sup> 7,53 OH<sup>-</sup> 2,50  
HS<sup>-</sup> 2,42

**Vrt BJ-15**

hloubka 153 m ; výstroj zárubnicemi Ø 229 mm  
perforace v úseku 17,7 – 40,75 m

Odběr : 18.6.1974 teplota : 31,0 °C pH : 9,0 mineralizace : 0,17 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	29,50	1,28	41,03	Cl <sup>-</sup>	19,00	0,54	16,02
K <sup>+</sup>	1,50	0,04	1,28	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	0,04	0,01	0,32	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,50	0,03	0,96	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	33,09	0,69	20,48
Ca <sup>2+</sup>	18,62	0,93	29,81	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,80	0,01	0,30
Mg <sup>2+</sup>	9,98	0,82	26,28	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Fe <sup>2+</sup>	0,10	0,01	0,32	F <sup>-</sup>	4,40	0,23	6,82
Mn <sup>2+</sup>	0,00	0,00	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,04	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	42,00	1,40	41,54
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	OH <sup>-</sup>	8,50	0,50	14,84

kovy a ostatní	koncentrace		rozpuštěné plyny	koncentrace	
SiO <sub>2</sub>	-		CO <sub>2</sub>	-	
HBO <sub>2</sub>	-		H <sub>2</sub> S	5,30	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	-		ostatní plyny	14,00	ml/l
Pb <sup>2+</sup>	-		H <sub>2</sub>	0,10	ml %
Cu <sup>2+</sup>	-		O <sub>2</sub>	0,68	ml %
Ni <sup>2+</sup>	-		N <sub>2</sub>	97,60	ml %
Co <sup>2+</sup>	-		Ar	1,60	ml %
Σ As	-		He	0,037	ml %

		rozpuštěné plyny	koncentrace
		CH <sub>4</sub>	0,05 ml %
		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-
		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-
<b>radioaktivní složky ve vodě</b>		odběr :	
Σ U	0,4 μg/l	<sup>222</sup> Rn	1,017 Bq/l
<sup>226</sup> Ra	0,045 Bq/l	<sup>210</sup> Po	0,007 Bq/l
aktivita β	0,229 Bq/l		
<sup>40</sup> K	0,129 Bq/l		

### ***Termální voda***

Slabou mineralizaci získává alkalická prostá sirá teplice z ortorul Keprnické klenby. Alkálie pochází z křemičitanů v ortorulách a sírany ze sulfidů zpracovaných bakteriemi. Velká část síranů je pak zredukována desulfurikačními bakteriemi na rozpuštěný sulfan. Infiltrační oblastí je nejspíše masiv Keprnické ortoruly, jímž voda proniká až do hloubky kolem 1 000 m. Odtud potom vystupuje podél zmíněné násunové linie.

Teplice z termálních pramenů se využívá pro léčebné koupele, voda z chladných pro pitnou kúru. Pomáhá při nervových chorobách a léčí chronické nemoci dýchacích cest.

## **Teplice nad Bečvou**

### ***Lokalita***

Teplice leží na východním okraji severomoravské oblasti, kde zpod karbonských kelmů vychází k povrchu vrstvy devonských vápenců ukloněné k JV. Zde vystupují vápence na povrch v tektonickém okně mezi terciárními sedimenty vnějšího Karpatského příkrovu. Termální voda zde pramení z podložních vápenců, proniká do kvartérních náplavů a odtud vyvěrá po smísení s říční vodou. Vápence jsou dosti zkrasovělé a teplice proudí dutinou sledující směr SSV – JJZ podélných puklin a násunových zlomů. Vývěry leží v linii této dutiny v místech, kde se dutina protíná s příčnými trhlinami směru ZSZ – VJV. Vývěry do náplavů a dna koryta Bečvy lze najít podle unikajících bublinek CO<sub>2</sub>. V minulosti lázní bylo vybudováno množství mělkých jímacích objektů. Nebyly ale dostatečně zatěsněny, takže pramenící terma byla ředěna povrchovou vodou.

## Termální voda

Po podrobném průzkumu ve 30. letech byl vybudován na Z břehu Bečvy lázeňský objekt se dvěma hlubokými vrtnými studnami R I. a R II. na dvou souběžných příčných zřídelních liniích. Studny poskytovaly velké vydatnosti termální vody bez rizika jejího ředění. Oxid uhličitý ve vodě je juvenilního původu a proniká do oblastí z podloží devonských vápenců. Po nasycení plynem se termální voda v hloubkách stává agresivní a rychle vytváří krasové dutiny potřebné pro rychlý výstup drenující teplice. Při průměrném termálním stupni v této oblasti musí docházet k ohřevu vody v hloubkách cca 1 000 m. Minerální látky ve vodě pocházejí z rozpuštěného vápence.

### Vrt R1 Kropáčův pramen

hloubka 60,4 m

těsnění mezi pažnicí a vrtem v hloubce 0-25 m cementovou směsí

Odběr : 16.7.1975 teplota : 22,5 °C pH : 6,2 mineralizace : 2,85 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	72,50	3,15	8,85	Cl <sup>-</sup>	40,00	1,13	3,16
K <sup>+</sup>	12,00	0,31	0,87	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	1,50	0,22	0,62	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,40	0,02	0,05	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25,35	0,53	1,48
Ca <sup>2+</sup>	569,94	28,44	79,89	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,40	0,04	0,12
Mg <sup>2+</sup>	39,93	3,28	9,21	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2080,10	34,10	95,04
kationty mg/l meq/l meq %				anionty mg/l meq/l meq %			
Fe <sup>2+</sup>	2,90	0,16	0,45	F <sup>-</sup>	1,30	0,07	0,20
Mn <sup>2+</sup>	0,20	0,01	0,03	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,0017	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,05	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

### kovy a ostatní koncentrace

SiO <sub>2</sub>	16,5	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	26,0	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	< 5	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	10,0	µg/l
Σ Se	< 10	µg/l
Cd <sup>2+</sup>	5,0	µg/l
Hg <sup>2+</sup>	0,02	µg/l
Ag <sup>+</sup>	< 20	µg/l
Σ Cr	< 20	µg/l

### rozpuštěné plyny koncentrace

CO <sub>2</sub>	1613,00	mg/l
H <sub>2</sub> S	0,00	mg/l
ostatní plyny	4,00	ml/l
H <sub>2</sub>	0,41	ml %
O <sub>2</sub>	12,70	ml %
N <sub>2</sub>	84,30	ml %
Ar	-	
He	0,022	ml %
CH <sub>4</sub>	0,46	ml %
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

**Vrt R2 Gallašův pramen**

hloubka 143 m

těsnění mezi pažnicí a vrtem v hloubce 0-65 m cementovou směsí

Odběr : 13.9.1968 teplota : 22,0 °C pH : 6,2 mineralizace : 2,57 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	71,20	3,096	9,58	Cl <sup>-</sup>	39,39	1,111	3,44
K <sup>+</sup>	11,50	0,294	0,91	Br <sup>-</sup>	0,20	0,002	0,00
Li <sup>+</sup>	1,30	0,187	0,58	I <sup>-</sup>	0,11	0,001	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,80	0,044	0,14	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9,46	0,197	0,60
Ca <sup>2+</sup>	490,58	24,480	75,81	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,50	0,024	0,08
Mg <sup>2+</sup>	48,64	4,000	12,39	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1878,80	30,800	95,14
Fe <sup>2+</sup>	2,66	0,143	0,44	F <sup>-</sup>	2,50	0,131	0,40
Mn <sup>2+</sup>	< 0,30	0,000	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Sr <sup>2+</sup>	1,6	0,036	0,11	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	5,27	0,110	0,34
Ba <sup>2+</sup>	-	-	-	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,75	0,012	0,04	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	31,04	mg/l
HBO <sub>2</sub>	0,61	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	15,40	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	3,20	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	7,00	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	< 5	µg/l
Co <sup>2+</sup>	0,00	µg/l
Σ Mo	15,00	µg/l
Σ Ti	< 20	µg/l
Σ Cr	0,00	µg/l

**rozpuštěné plyny koncentrace**

CO <sub>2</sub>	1395,00	mg/l
H <sub>2</sub> S	-	
ostatní plyny	4,50	ml/l
H <sub>2</sub>	-	
O <sub>2</sub>	121,60	ml %
N <sub>2</sub>	87,00	ml %
Ar	1,90	ml %
He	0,001	ml %
CH <sub>4</sub>	0,00	ml %
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

**radioaktivní složky ve vodě**

Σ U	1,0	µg/l
<sup>226</sup> Ra	1,017	Bq/l
aktivita β	1,140	Bq/l
<sup>40</sup> K	0,240	Bq/l

odběr : 15.12.1974

<sup>222</sup> Rn	0,104	Bq/l
<sup>210</sup> Po	0,015	Bq/l

Hydraulický spád vyvěrající vody je dán především výškovým rozdílem mezi úrovní ploché infiltrační oblasti a prameny ústícími na dně hluboce zaříznutého údolí Bečvy. K výstupu vody však přispívá i zvýšená teplota, obsah plynu a prostorná drenážní větve termálního sifonu ve zkrasovělém vápenci. Infiltrační území leží v oblasti okolních devonských vápenců s běžnou puklinovou propustností. Území zasahuje i pod terciární sedimenty, které zčásti umožňují vsak srážkové vody a její infiltraci do podložních vápenců.

V důsledku neregulovaného nárazového čerpání podle potřeb lázeňského provozu byla postupně narušena izolace jímacích studní a začalo docházet k únikům termální vody a jejímu ředění. Ve snaze po obnovení byl vyhlouben vrt R III. výše ve svahu, aby doplňoval vodu do lázeňského zařízení. Teplota vody čerpané tímto vrtem zpočátku dosahovala pouze 16 °C a teprve po odčerpání povrchové chladnější vody v navrtané trhlíně vzrostla.

**Vrt R3 pramen Zápotockého**

hloubka 101,84 m

perforace v úseku 83-101 m ; těsnění mezi pažnicí a vrtem v hloubce 0-65 m cementovou směsí

Odběr : 16.7.1975 teplota : 22,0 °C pH : 6,0 mineralizace : 2,67 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	57,50	2,50	7,54	Cl <sup>-</sup>	46,00	1,30	3,84
K <sup>+</sup>	10,00	0,26	0,78	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	1,50	0,22	0,66	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,30	0,02	0,06	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25,68	0,53	1,56
Ca <sup>2+</sup>	535,57	26,73	80,60	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,00	0,03	0,08
Mg <sup>2+</sup>	40,80	3,36	10,14	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1945,90	31,9	94,26
Fe <sup>2+</sup>	1,10	0,06	0,18	F <sup>-</sup>	1,70	0,09	0,26
Mn <sup>2+</sup>	0,2	0,01	0,04	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	0,0017	0,00	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,03	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,40	0,00	0,00	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

**kovy a ostatní koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	17,5	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	34,0	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	9,0	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	16,0	µg/l
Σ Se	< 10	µg/l
Cd <sup>2+</sup>	5,0	µg/l
Hg <sup>2+</sup>	0,1	µg/l

**kovy a ostatní koncentrace**

Ag <sup>+</sup>	< 20	µg/l
Σ Cr	< 20	µg/l
Σ V	< 5	µg/l

**radioaktivní složky ve vodě**

Σ U	1,0	µg/l
aktivita β	1,184	Bq/l
<sup>40</sup> K	0,222	Bq/l

**rozpuštěné plyny koncentrace**

CO <sub>2</sub>	1613,00	mg/l
H <sub>2</sub> S	0,00	mg/l
ostatní plyny	5,70	ml/l
H <sub>2</sub>	0,41	ml %
O <sub>2</sub>	12,70	ml %
N <sub>2</sub>	84,30	ml %
Ar	-	
He	0,022	ml %

**rozpuštěné plyny koncentrace**

CH <sub>4</sub>	0,46	ml %
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

odběr : 16.10.1974

<sup>222</sup> Rn	0,166	Bq/l
-------------------	-------	------

Koupele i pitná kúra pomáhají při cévních chorobách, léčí pohybové ústrojí (revmatismus) a kožní choroby, například lupénku nebo trvalé ekzémy.



## Teplé prameny

Na našem území je větší množství zdrojů podzemních vod, jež svou teplotou splňují definici termální vody. Jejich prameny však nejsou přirozené, ale uměle vytvořené člověkem (jedná se především o hluboké vrty). Systém zřídla tak většinou není od začátku v rovnováze s podzemní vodou v okolních horninách a jeho vydatnost, obsah plynů, mineralizace a teplota se s časem podstatně mění. S několika výjimkami popsány výše v textu (Louny, Bohdaneč, vypsané vrty na Ústecku) voda postrádá chemické složení, jež by mělo na lidský organizmus žádoucí účinky. Teplota vody, která ji spolu s vyšší mineralizací činí výjimečnou, je pouze důsledkem přiměřené hloubky, v níž byl vývěr vody zachycen. Takováto voda bez léčebného využití nemá dle balneologické klasifikace nárok na pojmenování termální voda nebo teplice a označuje se jen jako teplá. Zde je uvedeno několik lokalit s hlubšími vrty, jež jsou zdroji teplé vody.

## České středohoří

Velké množství takových vrtů je v oblasti Českého středohoří a přilehlého Děčínska, kde jsou vody díky nízkému geotermálnímu stupni ohřáty už v malé hloubce. Dva z nich využívané pro napájení koupališť jsem uvedl v předešlém textu. Řada ostatních vrtů již buď není v provozu, nebo jsou uzavřeny a osazeny manometrem, který měří hydrostatickou výšku úrovně hladiny nad artézským stropem.

## Permokarbonské pánve

Hluboké vrty, které procházejí sedimenty permokarbonských pánví, pravidelně narážejí v hloubkách kolem 600 m na zónu minerální natrium-chloridové vody, jež je většinou vzhledem k hloubce teplejší než 20 °C. Vody obsahují také vyšší podíl všech nekovových minerálních složek, zejména  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Ba}^{2+}$ . Mineralizace má z velké části svůj zdroj ve svrchnopermských sedimentech, v jejichž vrstvách lze nalézt polohy vysrážených rozpustných solí a karbonátů. Jsou to chemogenní sedimenty po vysychajících bezodtokých slaných jezerech. U dna permokarbonských depresí je proudění vody příliš pomalé, než aby vyplavilo těžší slanou vodu. Kolem zmíněné hranice 600 m se ustálilo rozhraní mezi proudící lehčí a stagnující těžší vodou, tzv. haloklina. Pod ní přibývá koncentrace solí zhruba o 65 – 85 mg/l na 1 m hloubky. Rozpuštěné soli a karbonáty samozřejmě mohou pocházet

i z usazenin permu a triasu, které již během mezozoika oderodovaly, čímž by se vysvětlilo jejich velké množství. Tři příklady hlubokých vrtů uvádím v této práci.

### **Bechlín**

Lokalita Bechlín leží blízko Roudnice nad Labem SV od vulkanického vrchu Říp. Průzkumný vrt Be-1 proniká sedimenty České křídové pánve do permokarbonských usazenin pánve Mšensko-Roudnické. Vodu odebírá pod místní úrovní halokliny. Zdroj je pozoruhodný zejména nezvykle vysokým obsahem rozpuštěného bromu.

#### **Vrt Be-1**

hloubka > 1250 m  
perforace v úseku 1204-1250 m

Odběr : 3.6.1967      teplota : 21,0 °C      pH : -      mineralizace : 64,20 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	19908,0	865,92	78,98	Cl <sup>-</sup>	36797,0	1037,78	94,65
K <sup>+</sup>	386,0	9,87	0,90	Br <sup>-</sup>	436,0	5,46	0,50
Li <sup>+</sup>	9,4	1,35	0,12	I <sup>-</sup>	5,3	0,042	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	40,0	2,22	0,20	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	115,2	2,40	0,22
Ca <sup>2+</sup>	1586,0	79,14	7,22	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,0	0,13	0,01
Mg <sup>2+</sup>	1599,0	131,50	12,00	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3089,0	50,62	4,62
Fe <sup>2+</sup>	163,9	5,87	0,54	F <sup>-</sup>	1,5	0,033	0,00
Mn <sup>2+</sup>	-	-	-	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	-	-
Sr <sup>2+</sup>	3,0	0,068	0,00	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,00	0,00	0,00
Ba <sup>2+</sup>	33,5	0,49	0,04	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

#### **kovy a ostatní      koncentrace**

SiO <sub>2</sub>	29,60	mg/l
HBO <sub>2</sub>	9,70	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	-	
Cu <sup>2+</sup>	-	
Ni <sup>2+</sup>	-	
Co <sup>2+</sup>	-	

#### **radioaktivní složky ve vodě**

odběr : 3.6.1967

Σ U      1,1      µg/l

<sup>226</sup>Ra      -

## Žižkovec

Druhým případem je vrt NB-26 u obce Žižkovec JZ od Hradce Králové. Vrt prochází nejprve silným sledem křídových slínovců a pískovců a spodní částí zasahuje do malého výskytu permských u Hradce Králové. Oproti ostatním popsáným vrtům má voda vzhledem k menší hloubce vrtu nižší teplotu a mineralizaci. Svým obsahem rozpuštěného CO<sub>2</sub>, který je juvenilní a uniká patrně z nějaké blízké saxonské pukliny v podloží, splňuje voda normy pro kyselku. Bohužel ale není nijak využívána.

### Vrt NB-26

hloubka 592,0 m

perforace v úseku 467,7-478,9 m

Odběr : 9.9.1975 teplota : 22,0 °C pH : - mineralizace : 4,66 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	1150,00	50,02	86,90	Cl <sup>-</sup>	262,40	7,40	12,80
K <sup>+</sup>	69,00	1,78	3,10	Br <sup>-</sup>	-	-	-
Li <sup>+</sup>	-	-	-	I <sup>-</sup>	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,76	0,042	0,10	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 2,00	0,00	0,00
Ca <sup>2+</sup>	55,30	2,76	4,80	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,20	0,084	0,10
Mg <sup>2+</sup>	35,30	2,90	5,00	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3061,00	50,16	86,80
Fe <sup>2+</sup>	2,40	0,08	0,10	F <sup>-</sup>	2,80	0,15	0,30
Mn <sup>2+</sup>	0,058	0,002	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,00	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	-	-	-	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,25	0,005	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,41	0,006	0,00	HS <sup>-</sup>	-	-	-
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-	-	-	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

### kovy a ostatní

### koncentrace

SiO <sub>2</sub>	11,6	mg/l
HBO <sub>2</sub>	-	
Zn <sup>2+</sup>	-	
Pb <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	3,8	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Co <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Σ Mo	-	

### rozpuštěné plyny

### koncentrace

CO <sub>2</sub>	1700,0	mg/l
H <sub>2</sub> S	-	
ostatní plyny	924	ml/l
H <sub>2</sub>	1,069	ml %
O <sub>2</sub>	0,00	ml %
N <sub>2</sub>	79,86	ml %
Ar	-	
He	-	
CH <sub>4</sub>	18,89	ml %
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-	

## Batňovice

Další podobný vrt je u vsi Batňovice mezi Trutnovem a Hronovem. Cílem tohoto průzkumného vrtu označeného Ba-1 bylo ověřit geologické poměry v bezprostřední blízkosti Hronovsko-Poříčského přesmyku a ověření rozsahu místní černouhelné sloje ve Vnitrosudetské pánvi. Pod tenkou vrstvou kvartérních sedimentů prošel vrt pískovci Opolské křídové pánve. Pod permskými prachovci a pískovci narazil přímo na proterozoické metamorfované břidlice. Ve spodní části permských vrstev vrt zachytil silný vývěr teplé artézské vody, jejíž přítok však ještě během vrtání poklesl z 6 l/s na 1 l/s. Navzdory vystrojení vrtu a zatěsnění přítoku do křídových vrstev vydatnost dále pomalu klesala. Pozdější ochlazení vytékající vody bylo zřejmě způsobeno korozi výstroje a zasakováním chladnější vody z křídových pískovců do vrtu.

### Vrt Ba-1

hloubka 1324,4 m ; výstroj několikanásobná, Ø vnitřní pažnice 108 mm  
perforace v úseku 1279-1324 m ; cementace mezi vrtem a pažnicí v úsecích 0-18,8 m  
a 270,0-509,7 m

Odběr : 11.3.1967      teplota : 24,4 °C      pH : -      mineralizace : 11,49 g/l

kationty	mg/l	meq/l	meq %	anionty	mg/l	meq/l	meq %
Na <sup>+</sup>	3331,40	144,90	87,20	Cl <sup>-</sup>	1561,10	44,03	26,50
K <sup>+</sup>	86,00	2,20	1,30	Br <sup>-</sup>	13,57	0,17	0,10
Li <sup>+</sup>	2,70	0,39	0,20	I <sup>-</sup>	< 0,01	0,00	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,13	0,06	0,00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4961,80	103,30	62,20
Ca <sup>2+</sup>	271,70	13,56	8,20	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,40	0,006	0,00
Mg <sup>2+</sup>	51,60	4,24	2,60	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1130,70	18,53	11,10
Fe <sup>2+</sup>	18,80	0,67	0,40	F <sup>-</sup>	3,02	0,16	0,10
Mn <sup>2+</sup>	0,48	0,017	0,00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	< 0,2	0,00	0,00
Sr <sup>2+</sup>	6,50	0,15	0,10	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,09	0,002	0,00
Ba <sup>2+</sup>	0,026	0,00	0,00	HS <sup>-</sup>	0,33	0,01	0,00
Al(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	0,17	0,003	0,00	HAsO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-

### kovy a ostatní      koncentrace

SiO <sub>2</sub>	39,0	mg/l
HBO <sub>2</sub>	4,8	mg/l
Zn <sup>2+</sup>	< 10	µg/l
Pb <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Cu <sup>2+</sup>	2,8	µg/l
Ni <sup>2+</sup>	< 1	µg/l
Co <sup>2+</sup>	2,0	µg/l
Rb <sup>+</sup>	120	µg/l
Be <sup>2+</sup>	0,29	µg/l
Σ Mo	2,56	µg/l

### radioaktivní složky ve vodě

Σ U      11,0      µg/l

odběr :

<sup>226</sup>Ra      -

## Předpolí Karpat

Množství nevyužívaných hlubších vrtů s teplou vodou lze najít i v Karpatské předhlubni na Moravě, jejíž výplň tvoří miocénní vápnité jíly s polohami propustných písků a štěrků. Oblast předpolní pánve je postižena jen několika výraznými podélnými zlomy ve směru SV-JZ, jež jsou rovnoběžné s čelem vnějších karpatských příkrovů. Tyto zlomy jsou zatěsněny jílovým materiálem a jsou nepropustné. Příčnou tektoniku předhlubeň prakticky postrádá. Pod mocnými vrstvami terciálních jílovců se většinou nachází devonské vápence a prachovce, méně pak karbonské kulmy. Na JV sedimenty upadají pod Karpatské příkrovy. Hluboké vrty postrádají přetok, mají vysokou teplotu a mineralizaci různých typů, která většinou pochází z rozpuštěných solí a karbonátů miocénních sedimentů.

### *Ostrava - Zábřeh*

#### **Vrt NP-643**

hloubka > 588 m

perforace v úseku 578,99-587,19 m

Odběr: 19.8.1963      teplota: 27,0 °C      pH: 7,0      mineralizace: 7,2 g/l

kationty meq %	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	66,80	Mg <sup>2+</sup>	28,60	Ca <sup>2+</sup>	4,60
anionty meq %	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	86,80	Cl <sup>-</sup>	13,20		

### *Havířov*

#### **Vrt NP-753**

hloubka 1083,3 m

Odběr: -      teplota: 32,0 °C      pH: 7,1      mineralizace: 48,1 g/l

kationty meq %	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	78,60	Ca <sup>2+</sup>	13,60	Mg <sup>2+</sup>	7,80
anionty meq %	Cl <sup>-</sup>	99,80	Br <sup>-</sup>	0,20		

### *Jistebník*

#### **Vrt NP-611**

u trati, asi 1 km V od vsi

Hloubka 813 m ; vrt s přelivem ; vydatnost 1,5 l/s

Odběr: 18.10.1963      teplota: 26,0 °C      pH: 7,0      mineralizace: 7,1 g/l

kationty meq %	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	51,08	Mg <sup>2+</sup>	41,24	Ca <sup>2+</sup>	7,86
anionty meq %	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	91,54	Cl <sup>-</sup>	9,46		
koncentrace plynů CO <sub>2</sub>	< 1	g/l				

## **Tučín**

**Vrt k odčerpávání vody z travertinového lomu**  
hloubka 18,5 m ; výstroj Ø 300mm

Odběr : 15.7.1975      teplota : 24,4 °C      pH : 6,4      mineralizace : 1,7 g/l

kationty meq %	Ca <sup>2+</sup>	59,66	Na <sup>+</sup>	28,64	Mg <sup>2+</sup>	6,28	K <sup>+</sup>	4,48
anionty meq %	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	95,18	Cl <sup>-</sup>	2,26	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,30		
konzentrace plynů	CO <sub>2</sub>	903		mg/l				

## Seznam použité literatury

### **Knihy**

- Ota Hynie : *Hydrogeologie ČSSR II. - Minerální vody (1963)*  
Margarita Kolářová, Vlastimil Myslíl : *Minerální vody Západočeského kraje (1979)*  
Georgij Kačura : *Minerální vody Severočeského kraje (1980)*  
Ján Jetel, Lýdia Rybářová : *Minerální vody Východočeského kraje (1979)*  
Radan Květ, Georgij Kačura : *Minerální vody Severomoravského kraje (1978)*  
Břetislav Vylita : *Karlovarské prameny včera a dnes (1984)*  
František Nováček a kol. : *Teplice léčí a uzdravují (1962)*  
Vladimír Kajlík a kol. : *České lázně a lázeňství (2007)*  
Zdeněk Mísař a kol. : *Geologie ČSSR I. - Český masiv*  
Ivo Chlupáč a kol. : *Geologická minulost České republiky*

### **Články**

- Vlastimil Myslíl a kol. : *Geotermální energie (Planeta, 2007)*  
J. Horálek, T. Fischer, J. Mrlna, A. Boušková :  
*Západní Čechy – Přírodní geotermická laboratoř*  
Falk H. Weinlich : *Isotopically light carbon dioxide in Nitrogen rich gases :  
The gas distribution pattern in the French Massif Central, the Eifel  
and the western Eger Rift (Annals of Geophysics, 2005)*  
Aleš Špičák, Josef Horálek : *Possible role of fluids in the process of earthquake  
Swarm generation in the West Bohemia/Vogtlandseismoactive  
Region (Tectonophysics, 2001)*  
Falk H. Weinlich, Karin Bräuer, Horst Kämpf, Gerhard Strauch, Jiří Tesař, Stephan Weisse :  
*Gas flux and Tectonic Structure in the Western EgerRift,  
Karlovy Vary–Oberpfalz and Oberfranken, Bavaria (Geolines 2003)*  
A. Špičák, J. Mrlna, D. Jindra, L. Mervart :  
*Monitoring of geodynamic activity in the West Bohemia  
seismoactive region between 1993 – 1996 (Journal of  
Geodynamics, 1999)*  
P. Bankwitz, G. Schneider, H. Kämpf, E. Bankwitz :  
*Structural characteristics of epicentral areas in Central  
Europe : study case Cheb Basin (Czech Republic) (Journal of  
Geodynamics, 2003)*  
Z. Krejbichová : *Radioactivity of minerals in Bohemia*  
P. Möller, P. Dulski, H. Gestenberger : *Rare earth elements, yttrium and H, O, C, Sr, Nd and Pb  
Isotope studies in mineral waters and corresponding rocks from  
NW-Bohemia (Applied Geochemistry, 1998)*  
Falk H. Weinlich, Eckhard Faber, Alena Boušková, Josef Horálek, Manfred Teschner, Jürgen  
Pottenburg : *Seismically induced variations in Mariánské Lázně fault  
gas composition in the NW Bohemian swarm quake region, Czech  
Republic – A continuous gas monitoring (Tectonophysics, 2006)*  
Petr Štulc : *Combined effect of topography and hydrogeology on  
Subsurface temperature – implications for aquifer permeability  
And heat flow. A study from the Bohemian Cretaceous basin  
(Tectonophysics, 1998)*

**Stephan M. Weise, Karin Bräuer, Horst Kämpf, Gerhard Strauch, Ulrich Koch :**

***Transport of mantle volatiles through the crust traced by  
Seismically released fluids : a natural experiment in the earthquake  
Swarm area Vogtland/NW Bohemia, Central Europe  
(Tectonophysics, 2001)***

**J. Vrba :**

***Thermal mineral water springs in Karlovy Vary  
(Environmental Geology, 1996)***