

Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE)

Gemeinsam genutzte Grundwasserressourcen im tschechisch-sächsischen Grenzgebiet (GRACE)

Stáří a míšení podzemních vod Oblast 1: Hřensko - Křinice/Kirnitzsch

Dodatek č.1 k závěrečné zprávě

Mgr. Pavel Šimek

Mgr. Pavel Eckhardt





Dodatek č.1 k Závěrečné zprávě

Stáří a míšení podzemních vod

Oblast 1: Hřensko - Křinice/Kirnitzsch

Mgr. Pavel Šimek
Mgr. Pavel Eckhardt

Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, v.v.i.
Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Ředitel:

Mgr. Mark Rieder

Zadavatel:

Saská rozvojová banka - dotační banka
Sächsisches Aufbaubank - Förderbank (SAB)

Zástupce zadavatele:

Centrum pro regionální rozvoj Chomutov

Zahájení a ukončení úkolu:

leden 2012 – leden 2015

Místo uložení zprávy:

SVTI VÚV TGM, v.v.i.

Náměstek pro výzkumnou a odbornou činnost:

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Hlavní koordinátorka úkolu GRACE:

Ing. Marie Kalinová

Zástupce projektového partnera:

Dr. Anna-Katarina Böhm

Řešitelé:

Mgr. Pavel Šimek a Mgr. Pavel Eckhardt

Spolupracovníci:

Ing. Eduard Hanslík, CSc., Ing. Eva Juranová, Mgr. Marta Martínková,
Ing. Kateřina Poláková, Mgr. Lenka Koubková, Ing. Adéla Trávníčková,
Jan Kašpárek, Michal Novák

Obsah:

1. Úvod	5
2. Obecná charakteristika zájmového území	5
2.1 Vymezení zájmové oblasti	5
2.2 Hydrogeologická charakteristika oblasti Hřensko – Křínice/ Kirnitzsch	5
3. Metodika a rozsah provedených prací	8
3.1 Odběr vzorků	8
3.2 Analýza vzorků	10
4. Odhad stáří podzemních vod	11
5. Identifikace vzorkovaných objektů	12
5.1 Jímací vrty a jímané prameny	12
5.1.1 Vrt K1A2	12
5.1.2 Pramen Pod Pravčickou bránou	12
5.1.3 Vrt LO-18/NT	13
5.2 Pozorovací vrty	13
5.2.1 Pozorovací vrt 13/65 (50516018)	13
5.3 Mapa stáří podzemních vod v oblasti Hřensko-Křínice/Kirnitzsch	13
6. Závěr dodatku č.1 studie	15
7. Použitá literatura a podklady	17
8. Příloha 1 – kopie zprávy PřfUK o stanovení ¹⁴ C	19



1. Úvod

Tento doplněk č.1 závěrečné zprávy studie Stáří a míšení vod byl zpracován v rámci projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE), podporovaného z Programu Cíl 3 (Evropského fondu pro regionální rozvoj) na podporu přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Svobodným státem Sasko.

Projekt GRACE je zaměřen na ochranu vodních zdrojů a objasnění příčin klesání hladin podzemních vod ve vymezené přeshraniční oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch. Výsledky projektu přispějí k udržitelnému využívání podzemních vodních zdrojů a zlepšení jejich ochrany, dále zlepší ekologické povědomí veřejnosti, doplní odborné znalosti a pomohou vytvořit společné strategie ochrany podzemních vod těchto oblastí.

Zpracovatelé zprávy tímto děkují společnosti SČVK, a.s. a projektovému partnerovi Saskému zemskému úřadu pro životní prostředí, zemědělství a geologii/Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) za zpřístupnění objektů a možnost odebrat z nich vzorky vod.

Doplněk č. 1 slouží k informaci o výsledcích odhadu stáří vod uhlíkovou metodou, které se váží k území oblasti 1 – Hřensko-Křinice/Kirnitzsch a které doplňují předchozí odhady stáří podzemních vod pomocí stanovení tritia (VÚV TGM, v.v.i.) v několika lokalitách, ve kterých již stanovení tritia signalizovalo stáří vod nad 50 let a nemohlo přinést přesnější výsledky.

2. Obecná charakteristika zájmového území

2.1 Vymezení zájmové oblasti

Zájmová oblast byla rámcově vymezena ve zprávě, která je přílohou 4 zápisu ze zasedání Stálého výboru Sasko v roce 2010 (SVS, 2010). Aktuální přehledná mapa vymezení zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch je uvedena na Obrázku 1.1 (VÚV TGM, 2013).

2.2 Hydrogeologická charakteristika oblasti Hřensko – Křinice/ Kirnitzsch

Z geologického hlediska je zájmová oblast Hřensko – Křinice/Kirnitzsch tvořena převážně sedimenty svrchní křída, zejména pískovci. Sedimenty jsou lokálně proráženy třetihorními vulkanity. Křídové sedimenty na české a německé straně jsou z litologického a hydrogeologického hlediska provázány. Vzhledem k tomuto faktu je oblast infiltrace plošně rozprostřena bez ohledu na státní hranici.

Z hydrologického hlediska leží přeshraniční oblast v povodí Labe a je odvodňována toky Křinice, Kamenice a samotnou řekou Labe.

Zájmové území podle českého členění odpovídá severní části hydrogeologického rajónu 4660 – Křída dolní Kamenice a Křinice (Olmer et al., 2006). Podle českého

členění lze v zájmovém území rozlišit celkem tři základní zvodnělé kolektory. Uvedený hydrogeologický rajon 4660 je charakterizován jako oblast významná pro tvorbu a oběh podzemních vod, což je mimo jiné podmíněno dobrou puklinovo-průlinovou propustností hornin a velkou mocností kolektorů.

Saská část patří do útvaru podzemních vod EL 1-6-2. V zájmovém území jsou z hydrogeologického hlediska nejvýznamnější zvodně v křídových horninách (Dittrich et al., 2002).

Podle českého hydrogeologického členění (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999) je členění kolektorů v zájmové oblasti následující:

Bazální kolektor A je tvořen sedimenty perucko-korycanského souvrství (cenoman). Kolektor tvoří převážně pískovce. Granodiority a granity pod bází kolektoru jsou považovány za izolátor. Stropní izolátor tvoří bazální část bělohorského souvrství tvořená slínovci. Mocnost kolektoru A se průměrně pohybuje v rozmezí 40 – 70 m. Směrem k lužickému zlomu dosahuje mocnosti až 110 m a směrem k JZ mocnost klesá pod 30 m. Hlavní infiltrační oblast je situována podél lužického zlomu na rozhraní křídových sedimentů a krystalinika. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová. Koeficient transmisivity T klesá od SV k JZ a jeho střední hodnota dosahuje 60 m²/d. Oběh podzemní vody v kolektoru A směřuje od lužického zlomu k západu a odvodňuje se v dolní části toku Kamenice. Vzhledem k velké hloubce a poměrně vysoké mineralizaci není kolektor A využíván pro vodárenské účely (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Kolektor BC tvoří pískovce bělohorského (B) a jizerského (C) souvrství (spodní a střední turon). Nadloží kolektoru představuje teplické a březenské souvrství ve facii vápnatých jílovců a slínovců a tvoří stropní izolátor kolektoru BC. Ve značné části zájmového území má kolektor volnou hladinu, jeho stropní izolátor byl denudován. V místech absence stropního izolátoru A (například podél lužického zlomu) nebo kde je tento tektonicky porušen, dochází ke spojení kolektor A a BC v jeden kolektor ABC. Mocnosti kolektoru se pohybují v rozmezích od 60 m na JZ do 510 m na SV. Vzhledem k volné hladině kolektoru BC je napájen převážně srážkami prakticky v celém úseku povodí dolní Kamenice a Křinice. Odvodnění kolektoru BC zajišťuje tok Kamenice a jeho přítoky s výjimkou severního okraje, kde je odvodněn na území Německa. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová a klesá od SV k JZ v závislosti na zvyšujícím se podílu prachovité a jílovité složky. Střední hodnota koeficientu transmisivity T je 232 m²/d. Kolektor BC je v oblasti prameniště Hřensko využíván k vodárenským účelům (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Kolektor D reprezentují pískovce březenského a merboltického souvrství. U lužické poruchy jsou jeho součástí i pískovce teplického souvrství. Souvisle se kolektor D vyskytuje především v Lužických horách a u východního okraje Českého Středohoří, kde je vázán na teplické a především březenské souvrství. Podloží kolektoru D tvoří vápnaté jílovce, slínovce a flyšové facie teplického a březenského souvrství. Hlavní infiltrační činitele představují atmosférické srážky a drenáž křídových kolektorů. Přirozené odvodnění kvarterního kolektoru zajišťují toky Křinice a Kamenice. Propustnost kolektoru je průlinově-puklinová a střední hodnota koeficientu transmisivity T je 65 m²/d. Podobně jako v předchozích kolektorech, koeficient transmisivity T klesá od SV k JZ. Kolektor D tu není využíván pro významnější vodárenské účely.

Sedimenty Křinice a Kamenice tvoří zejména fluviální a deluviofluviální uloženiny štěrků a písků. Tento kolektor charakterizuje mělká zvodně s volnou hladinou podzemní vody (Valečka, Herčík, Herrmann, 1999).

Podle saského členění se v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch nacházejí čtyři základní

významné kolektory podzemních vod: Pro zásobování vodou mají rozhodující význam kolektory 2 a 3, které komunikují s povrchovou vodou zájmové oblasti Křinice/Kirnitzsch a Kamenice. Podzemní vody těchto kolektorů slouží jako zdroje pitné vody pro vodárenské zásobování oblasti Pirna/Sebnitz a pro jímací území Hřensko (Rösner et al., 2007).

Cenomanská zvodeň 4 o mocnosti mezi cca 60 a 110 m je rozšířena v celém zájmovém území a tvoří vlastní zvodnělé patro. Zvodeň 4 leží přímo na zvětralé zóně granodioritu, který je považován za izolátor. Podzemní voda je ve zvodni 4 globálně silně napjatá, což je např. v oblasti Lachsbachu. Cenomanská zvodeň v zájmovém území je vzhledem k hloubkové poloze a relativně menší vydatnosti vodárensky méně zajímavá (Rösner et al., 2007).

Mibus, Szymczak (1997) a Dittrich et al. (2002) uvádí, že komunikace mezi oběma spodními zvodněmi v zájmovém území existuje pouze v oblasti poruchy a vyvýšení východně od Bad Schandau, kde je opuka labiatus posunuta s odskokem asi 90 m.

Zvodeň 3 tvoří pískovce spodního až středního turonu stupně labiatus t_7s a pískovcový stupeň a_7 . Mocnost zvodně dosahuje cca 80 až 140 m a rozkládá se v celé oblasti Labských pískovců. Reprezentuje nejvýznamnější kolektor podzemních vod. V zájmovém území je společně se zvodni 2 intenzivně vodohospodářsky využívána odběrem Sebnitz, a to čerpáním vodárenských vrtů na lokalitách Felsenmühle a Neumannmühle. V západní části zájmového území je pískovec labiatus překryt jílovito-prachovcovou zónou, která způsobuje napjaté poměry podzemní vody a umožňuje v oblasti Labe a v dolní části údolí Křinice artézské výrony vody. Dále východně se tato zóna mění v písky, takže spodnoturonské pískovce labiatus a středněturonské pískovce stupně a_7 se už nedají spolehlivě vyčlenit. Zvodeň 3 vystupuje v údolí Labe nad Schmilkou a v údolí Kamenice na povrch, kde komunikuje s povrchovými vodami. Toto platí stejně tak i pro střední a horní část údolí Křinice. Koeficienty filtrace K byly stanoveny v rámci průzkumů Vilémovského potoka/Sebnitz pro společnou zvodeň 3 a 2 v údolí Křinice. Podle těchto výsledků jsou zde koeficienty filtrace K přibližně $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Pro zvodeň 3 byl stanoven koeficient filtrace K $1,2 \cdot 10^{-5}$ m/s (Rösner et al., 2007).

Zvodeň 2, která se skládá ze středněturonského pískovce a_3 , b - díky převažující absenci stupně β zadržujícího podzemní vodu - ze stupně c_1 , má v zájmovém území vodohospodářsky pouze podřadný význam. Zvodeň 2 tvoří vlastní patro podzemní vody přibližně západně od Großer Zschand a směrem na západ získává na významu (Mibus, Szymczak, 1997). Koeficient filtrace K pro zvodeň 2 je $1 \cdot 10^{-5}$ m/s (Dittrich et al., 2002).

Jednoznačné vymezení zvodně 1 (dále se dělí na 1a až 1d) neexistuje kvůli převažující absenci mezistupně β , kterým začíná svrchní střední turon, takže svrchní zvodně jsou ve velké části zájmového území vzájemně propojeny. Křídové sedimenty jsou v zájmovém území přerušovány terciárními vulkanity, zejména jejich žilami. Ty hydrogeologicky působí velkou měrou jako izolátory. Kvartérní nepevněné sedimenty reprezentují holocenní a pleistocenní sedimenty. Ve zkoumaném území jsou vázány na nivní oblasti vodotečí a na lokální sprašové a svahové hlinité pokryvy na vysoko položených plochách. Hydrogeologický význam získávají pouze pleistocenní sutě, a sice v těch oblastech, kde dosahují mocnosti od 5 do cca 10 metrů, jako uvnitř labské nivy nebo údolní nivy Křinice. Jedná se o převážně písčité pískovcové sutě s čedičovými a žulovými oblázky, které jsou překryty písčitou nivní hlínou o mocnosti v průměru 1 až 3 metry (Rösner et al., 2007).

Korelace jednotlivých kolektorů křídových sedimentů v české a saské části nejsou zatím zcela bez problémové. Spodní kolektor 4 se nachází v cenomanských vrstvách

Oberhäsclisch-Formation odpovídá kolektoru A. Tyto vrstvy odpovídají z větší části perucko-korycanskému souvrství. Hlavní kolektor 2 až 3 ve vrstvách Postelwitz-Formation a Schrammstein-Formation odpovídá českému kolektoru BC. Tyto vrstvy odpovídají jizerskému a případně i teplickému souvrství a kolektor je proložen pouze jednotlivými poloizolátory (např. vrstvy a, γ_3 , δ_2) (Voigt et al., 2013).

3. Metodika a rozsah provedených prací

Koncentrace tritia v ovzduší a ve vodách byla před atmosférickými testy jaderných zbraní nízká, a to v rozmezí 5 – 10 TU (tritiových jednotek). Následně v důsledku testů jaderných zbraní koncentrace tritia vzrostla až na cca 6000 TU. Po ukončení testů jaderných zbraní koncentrace tritia klesala až na současnou úroveň 10,9 TU. Tritium je tak stále vhodné pro sledování malého stáří vod (cca 5-50 let, obsah tritia 7 TU a více).

U některých vod z hlubokých vrtů se ukazuje, že stáří vod je značně vyšší, než lze metodou stanovení tritia určit. Ani od použití metody Tritium- Helium nelze očekávat u vod vysokého stáří dostatečné zpřesnění.

Vzhledem k předchozím zkušenostem a k dosavadním výsledkům monitoringu pro Studii - Stáří a míšení vod jsme považovali za nezbytné stanovení stáří vod doplnit pomocí stanovení ^{14}C u zástupců těch vrtů, kde ostatní metody poskytovaly výsledky, že voda je starší než mez dosahu těchto použitých metod.

Pro interpretaci střední doby zdržení je nezbytně nutná znalost aktivity 3H a to na všech vzorcích, kde se má stanovovat ^{14}C (pro zjištění, resp upřesnění počáteční aktivity ^{14}C). Je vhodné provést změření aktivity ^{14}C i na vzorcích, kde bude vyšší 3H právě pro upřesnění iniciální aktivity. Jako nejvhodnější se k tomuto účelu stanovení počáteční aktivity ^{14}C jeví pramen s přirozeným vývěrem, pro tento účel byl vybrán nejvydatnější pramen v jímacím území Hřensko – pramen Pod Pravčickou bránou.

Před odběry je nezbytně nutné znát základní chemismus vod určených k odběru a to zejména obsahy HCO_3^- , $(\text{CO}_3)_2^-$ a pH (pro určení TIC), SO_4 (sráží se s Ba), Fe (kvůli odstranění z roztoku). Odběry se provádí tak, že se vzorek o objemu 100-300 l vody (podle chemizmu) napustí do vzorkovacích barelů, převezve a zpracuje v Izotopové datovací laboratoři. Zpracování vzorku z jednoho místa odběru trvá 3-6 hodin.

3.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků na stanovení tritia proběhl v období 2012 až 2013. Celkem byly odebrány vzorky podzemních vod z 12 vodárenských vrtů, 9 pozorovacích vrtů a 12 pramenů. Následně ve dnech 7.11.2013 a 25.3.2014 proběhl odběr vzorků na stanovení ^{14}C . Odběr vzorků podzemní vody probíhal v souladu s normou ČSN ISO 5667-11.

Z vodárenských vrtů byly na české straně odebrány vzorky z funkčních vrtů K1A2 a LO-18NT.

Na saské straně bylo naplánováno odebrat vodu z hlubokého jímacího vrtu Br.1 Felsenmühle (50516005), jeho vlastník (vodárenský svaz ENSO) ale k odběru nedal souhlas.

Vzorky z pozorovacího vrtu byly na saské straně odebrány z 13/65 (50516018).

U pramenů byl na české straně odebrán vzorek z pramene jímaného v rámci provozu ÚV Hřensko. Jedná se o pramen Pod Pravčickou bránou a Pytlův pramen.

Reprezentativní vzorek podzemní vody pro stanovení na ^{14}C byl vždy odebírán do velkoobjemových plastových vzorkovnic o celkovém objemu vzorku 200 až 300 litrů. Vzorky byly vždy odebírány v dynamickém stavu. V případě vodárenských vrtů probíhal odběr ze vzorkovacího kohoutu při spuštěném čerpadle, kdy čerpaný vrt byl v provozu minimálně 24 hod. U každé lokality byla pořízena fotodokumentace a proběhlo zaměření pomocí GPS.

Obrázek 1 – Příklad fotodokumentace odběru pro stanovení ^{14}C v zájmové oblasti – čerpání z monitorovacího vrtu 13/65

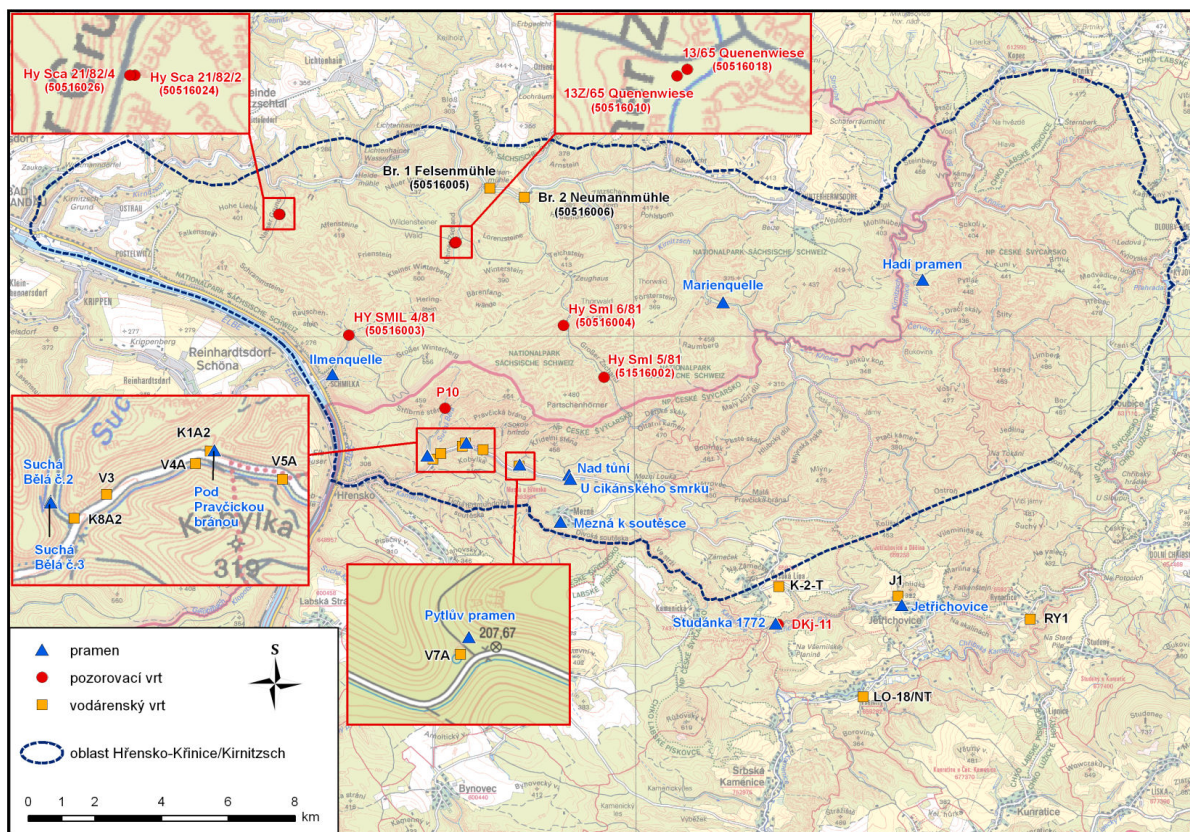


Po zhruba 1 minutě odtoku vody ze vzorkovacího kohoutu byl odebrán reprezentativní vzorek. U pramene probíhal odběr v těsné blízkosti prameniště z přirozeného vývěru, přepadového profilu nebo odtokové roury. Vzorky z pozorovacích vrtů byly odčerpány pomocí přenosné čerpací techniky. Vzorek z pozorovacího vrtu byl odebrán po odčerpání množství vody odpovídající minimálně třem objemům daného vrtu.

Schématické rozložení vodárenských vrtů, pozorovacích vrtů a pramenů v rámci zájmového území znázorňuje Obrázek 1.1.

Data k jednotlivým odběrovým lokalitám byla čerpána z archivů: Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK,a.s.), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), www.geofond.cz, www.chmi.cz, www.umwelt.sachsen.de, www.gracecz.cz, www.sciencedirect.cz, www.geology.cz.

Obrázek 1.1 - Schématické rozložení vrtů a pramenů v rámci zájmové oblasti Hřensko/Křinice-Kirnitzsch.



3.2 Analýza vzorků

Aktivita ^{14}C byla změřena v laboratořích Přírodovědecké fakulty University Karlovy v Praze na kapalinovém scintilačním spektrometru, měření provedla Mgr. Zdenka Churáčková.

Vzorky na stabilní izotopy uhlíku byly stabilizovány/vysráženy v terénu přidáním BaCl_2 a NaOH . V radiouhlíkové laboratoři PŘFUK byla sraženina zfiltrována, vysušena a připravena pro předání do ČGS.

Vzorky na ^{14}C byly pomocí BaCl_2 , NaOH a koagulačního činidla převedeny na sraženinu BaCO_3 ve velkoobjemovém sudu již v terénu. Sraženina byla poté zpracována v radiouhlíkové laboratoři PŘF UK.

Pomocí kyseliny fosforečné z ní byl uvolněn oxid uhličitý, který byl přes meziproducty karbid lithný a acetylen převeden na benzen. Následně byla změřena radiouhlíková aktivita získaného benzenu na kapalinovém scintilačním detektoru Tri Carb 3170. Příprava vzorku a stanovení ^{14}C bylo provedeno v laboratořích Přírodovědecké fakulty UK v Praze.

Analýzy $\delta^{13}\text{C}$ anorganického uhlíku byly provedeny v laboratořích České geologické služby v Praze na izotopovém hmotnostním spektrometru Delta V, analýzy provedl Ing. František Bůzek. Konvenční stáří je uvedeno po opravě na hodnotu $\delta^{13}\text{C}$ analyzované

hmoty.

4. Odhad stáří podzemních vod

V oblasti NP České a Saské Švýcarsko proběhlo v minulosti několik výzkumných studií, které se mimo jiné zabývaly také odhadem stáří podzemních vod. Výzkumné studie byly prováděny v jednotlivých částech území NP Saské Švýcarsko a NP České Švýcarsko. Z nejaktuálnějších můžeme na české straně považovat např. studii firmy Aquatest, a.s., která se mimo jiné zabývala odhadem stáří vybraných vrtů na ÚV Hřensko a v širším okolí NP České Švýcarsko (Skořepa, 2011). V rámci uvedené studie byla analyzována podzemní voda tří vrtů, a to K1A, VP8429 a VP 8430. Voda vrtu K1A měla konvenční stáří 1070 let (konvenční stáří je pouze standardizovaný výstup metody ^{14}C , nejedná se o stáří vody), předpokládané skutečné stáří podle všech stopovačů bylo vyšší než 100 let, bylo odborně odhadnuto na pravděpodobně první stovky let. Voda vrtu VP8429 měla konvenční stáří 1160 let, předpokládané skutečné stáří podle všech stopovačů bylo desítky let. Voda vrtu VP8430 měla konvenční stáří 660 let, předpokládané skutečné stáří podle všech stopovačů bylo odborně odhadnuto na 70 až 80 let.

Dále lze uvést dílčí studie VÚV TGM v rámci projektu GRACE, které zde byly provedeny v roce 2012 (Eckhardt, Bílý, Šimek, 2012), (Šimek, Novák, 2013). Na saské straně můžeme za nejaktuálnější považovat např. studii firmy G.E.O.S., která se poměrně komplexně zabývala odhadem stáří podzemních vod na vybraných vrtech v rámci celého území NP Saské Švýcarsko (Rösner et al., 2007). Zmíněné studie využívaly k odhadu stáří podzemních vod následující metody, a to tritium (^3H), stabilních izotopů ($\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$), freonů, SF_6 , ^{14}C a ^3H - ^3He . Z výše jmenovaných studií se však žádná nezabývala komplexně oběma částmi NP České a Saské Švýcarsko, jak je tomu v této studii Stáří a míšení podzemních vod v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

Vzorky podzemní vody byly odebrány v dynamickém stavu. Na základě analýzy tritia byly stanoveny předpokládané intervaly stáří. Odhad stáří proběhl k referenčnímu roku 2013.

Následně byly v dynamickém režimu odebrány vzorky na stanovení stáří pomocí ^{14}C (blíže viz příloha č.1). Aktivita tritia ukazuje, že zatímco v prameni výrazně převažuje, nebo celou vydatnost tvoří voda infiltrovaná po roce 1950, u vrtů naopak velkou většinu tvoří voda infiltrovaná před rokem 1950 a složky infiltrované po roce 1950 jsou zastoupeny méně než 20%.

Zdánlivé radiouhlíkové stáří vody v prameni se současnou infiltrací činí 500 let. Voda pramene má aktivitu 94% moderního uhlíku. Pokud by tato aktivita byla uvažována jako iniciační aktivita pro ostatní vrty pak by doba zdržení podle radiouhlíku byla:

K1A2 2100 let

LO-18N/T 1700 let

13/65 Q-Sasko 3700 let

Za předpokladu počáteční aktivity radiouhlíku = 85% procent moderního uhlíku vychází radiouhlíkové stáří vody:

Vrt K1A2 1300 let

Vrt LO-18N/T 900 let

Vrt 13/65 Sasko 2900 let

Takto vypočtené radiouhlíkové stáří by mělo odpovídat metodice Prof. Šilara používané i v minulosti. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ nenaznačují, že by aktivita ^{14}C byla ovlivněna CO_2 hlubinného původu.

Zatímco voda pramene má dobu zdržení v řádu několika málo desítek let, ve vrtech tvoří složky s krátkou dobou zdržení pod 20% a převládá zde voda s dobou zdržení v řádu stovek a případně i prvních tisíců let.

5. Identifikace vzorkovaných objektů

Metoda odhadu stáří podzemních vod pomocí ^{14}C byla v rámci úkolu použita na vodě dvou jímacích vrtů, jednoho jímaného pramene a jednoho pozorovacího vrtu.

5.1 Jímací vrty a jímané prameny

Oblast prameniště ÚV Hřensko reprezentuje nejvýznamnější zdroj pitné vody na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch. Stáří podzemních vod bylo odhadnuto na 6 vodárenských vrtech a 2 pramenech jímaných v rámci vodárny ÚV Hřensko. Metoda odhadu stáří pomocí ^{14}C tu byla použita na jednom jímacím vrtu (K1A2) a jednom prameni (pramen Pod Pravčickou bránou).

Oblast vodárenského provozu Česká Kamenice reprezentuje zdroj pitné vody na české části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch, a to především pro obce Jetřichovice, Krásná Lípa, Rynartice a Všemily. Stáří podzemních vod zde bylo odhadnuto na 4 vodárenských vrtech. Metoda odhadu stáří pomocí ^{14}C tu byla použita na jednom jímacím vrtu (LO-18/NT).

5.1.1 Vrt K1A2

Vrt K1A2 byl vybudován v roce 1987. Celková hloubka vrtu činí 117 metrů pod úroveň terénu. Perforované pažnice o průměru 219 mm se nachází v hloubce 41,17 až 58,05 metrů pod úroveň terénu a dále perforované pažnice o průměru 150 mm se nachází v hloubce 58,05 až 112,19 metrů pod úroveň terénu. Obsyp vrtu tvoří kačírek a nachází se v hloubce 13 až 117 m. Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3 (Nakládal, 1990). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.1.2 Pramen Pod Pravčickou bránou

Pramen Pod Pravčickou bránou se nachází ve střední části prameniště ÚV Hřensko v blízkosti vrtu K1A2. Pramen se nachází v oplocení jímacího území v lokalitě Tři prameny v blízkosti jímaného vrtu. Je upraven betonovým měrným přepadem a svrchu kryt šachticí a uzamykatelným poklopem. Jeho voda je svedena do potrubí k úpravě

vody Hřensko. Vydatnost pramene není pravidelně měřena. Tímto projektem změřená vydatnost dne 30. 4. 2013 byla 9,85 l/s, dne 30. 7. 2013 dosahovala 11,35 l/s (Eckhardt, 2013). Podzemní voda pochází z jiného kolektoru než voda, jež je jímána vrty v jímacím území Hřensko, tedy z kolektoru 2. Na základě datování podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na 0 - 23 let.

5.1.3 Vrt LO-18/NT

Vrt LO-18/NT se nachází u obce Všemily. Celková hloubka vrtu činí 91 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 324 mm se nachází v hloubce 38 až 88 metrů pod úrovní terénu (Žitný, 1973). Vrt čerpá podzemní vodu z kolektoru 3. Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.2 Pozorovací vrty

Pro doplňující informace byly do studie začleněny i pozorovací vrty na české a saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch. Tento typ vrtu slouží především k dlouhodobému sledování hladin podzemních vod.

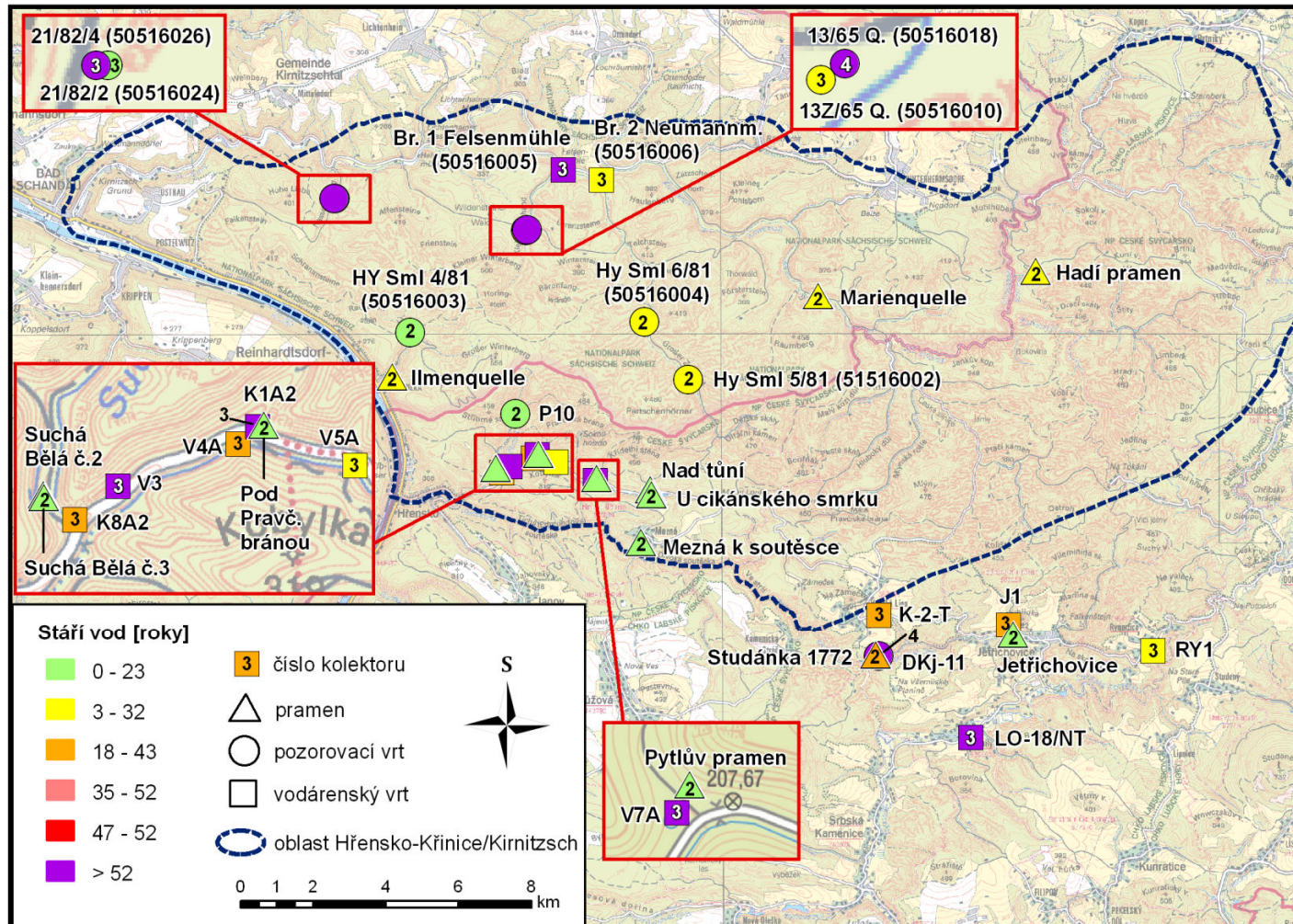
5.2.1 Pozorovací vrt 13/65 (50516018)

Vrt 13/65 (50516018) se nachází na saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch v lokalitě Kleiner Zschand, Quenenwiese a byl vybudován v roce 1981. Celková hloubka vrtu činí 366,9 metrů pod úrovní terénu. Perforované pažnice o průměru 130 mm se nachází v hloubce 271 až 355,9 metrů pod úrovní terénu. Vrt zastihuje podzemní vodu z kolektoru 4 (Mibus, Szymczak, 1997). Na základě datování čerpaných podzemních vod pomocí tritia bylo odhadnuto stáří na více než 52 let.

5.3 Mapa stáří podzemních vod v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch

Výsledky stáří podzemních vod byly pro lepší přehlednost rozčleněny na 6 časových intervalů a graficky vyneseny do mapy. Zatímco pramen Pod Pravčickou bránou reprezentuje kategorii objektů s nejmladší podzemní vodou (0 až 23 let), vzorky z ostatních tří objektů (dvou jímacích a jednoho pozorovacího vrtu) byly na základě analýz tritia zařazeny do kategorie s nejvyšším stářím podzemní vody (přes 52 let). Mapa stáří podzemních vod na obrázku 1.2 zobrazuje jednotlivé zkoumané objekty rozčleněné do časových intervalů.

Obrázek 1.2 – Mapa stáří podzemních vod s vyznačenými kolektory v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.



Europäische Union. Europäischer Fonds für regionale Entwicklung: Investition in Ihre Zukunft / Evropská unie, Evropský fond pro regionální rozvoj: Investice do Vaší budoucnosti

Ziel 3 | Cíl 3
Ahoj sousede, Hallo Nachbar.
2007-2013. www.ziel3-cil3.eu

6. Závěr dodatku č.1 studie

Studie Stáří a míšení podzemních vod shrnuje výsledky monitoringu za účelem odhadu stáří a míšení podzemních vod, který v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch probíhal v roce 2012 až 2013. Celkem byly odebrány vzorky podzemních vod z 12 vodárenských vrtů, 9 pozorovacích vrtů a 12 pramenů. Pro metodu datování uhlíkem ^{14}C byly následně odebrány 4 vzorky podzemních vod, z toho dva z vodárenských vrtů, jeden z pozorovacího vrtu a jeden z jímaného pramene.

Studie je založená na základě datování podzemních vod pomocí tritia, doplněk č.1 shrnuje doplňkové poznatky získané pomocí datování uhlíkem ^{14}C . Na základě měření tritia bylo možné rozpoznat značnou změnu věkové struktury od nadloží k podloží. Pro odhad stáří podzemních vod byl využit výpočet na základě modelu pístového toku (Piston-flow), do kterého vstupují zjištěné objemové aktivity tritia v podzemních vodách a objemové aktivity tritia ve srážkách. Koncentrace dusičnanů v závislosti na aktivitě tritia v podzemních vodách indikují míru míšení podzemních vod s povrchovými vodami.

V oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch byly identifikovány podzemní vody různého stáří, což pomáhá identifikovat jejich původ v kolektorech podzemní vody. Oblast Hřensko-Křinice/Kirnitzsch rozkládající se na území národních parků České a Saské Švýcarsko představuje významnou oblast zásob podzemních vod s vysokým stářím nad 30 let.

Infiltrační oblast významných prameništ' ÚV Hřensko a WW Endlerkupe v zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch není přesně vymezena. Rozvodnice mezi českou a saskou částí jetřichovické antiklinály není doposud definována. Kolísání hladin podzemní vody a odhad vzdálenosti infiltrační zóny pravděpodobně úzce koresponduje s poklesem hladin podzemní vody na německém území. V případě výskytu podílu mladší vody v křídových kolektorech lze předpokládat, že infiltrační zóna se nachází v blízkém okolí prameniště Hřensko. U starších vod bez krátké doby zdržení dochází k dotaci kolektoru BC (kolektor 3) ve větší vzdálenosti na německém území. Vzhledem k výskytu (polo)izolátoru mezi kolektory 2 a 3 je komunikace mezi kolektory omezená, což je patrné především v západní části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch.

Vodárenské vrty reprezentují významné zdroje vody pro využití v technologickém procesu, nebo jako zdroj pitné vody pro zásobování obyvatelstva. Vodárenské vrty se ukázaly jako vhodné odběrové lokality pro odběr reprezentativního vzorku podzemní vody pro odhad stáří, neboť jsou pravidelně monitorovány a udržovány v dobrém technickém stavu.

Vodárenské vrty na české i saské straně zastihují bázi spodního až středního turonu, resp. kolektor 3. Odhady stáří pomocí datování uhlíkem ^{14}C potvrdily, že čerpaná voda z vodárenských vrtů K1A2 a LO-18/NT pochází z hlubšího oběhu. Infiltrační oblast této vody je pravděpodobně situována na vzdálenějším území. K infiltraci vody do kolektoru dochází v místě, kde kolektor 3 není překryt (polo)izolátorem, který odděluje svrchní a spodní turonský kolektor na německém území.

Pozorovací vrty se ukázaly jako vhodné odběrové lokality pro odběr reprezentativního vzorku podzemní vody pro odhad stáří, avšak u těchto vrtů musíme dbát zvýšené opatrnosti. Pozorovací vrty na české i saské straně zastihují střední, spodní turonu až cenoman, resp. kolektor 2, 3 a 4.

Pozorovací vrt 13/65 (50516018) zastihuje nejhlubší cenoman, resp. kolektor 4. Jedná se o nejstarší podzemní vodu, která je dotována přetokem v místě lužické poruchy



z turonského kolektoru 2 a 3. Zjištěné aktivity tritia i koncentrace dusičnanů jsou pod mezí detekce. Voda z kolektoru 4 není využívána pro vodárenské účely.

Prameny na české i saské části zájmové oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch odvodňují svrchní až střední turon, resp. kolektor 2 až 1. Na základě odhadu stáří vykazují prameny (například pramen Pod Pravčickou bránou) nízké střední doby zdržení a vyšší obsah dusičnanů (ve srovnání s podzemní vodou z vrtů). Lze u hodnocených pramenů předpokládat, že dochází k míšení vody s vyšší dobou zdržení s vodou s velmi krátkou dobou zdržení. Tento stav může být způsoben výrazným přítokem vod mělkého oběhu ze svrchního kolektoru nebo povrchové vody. Na stáří vod se také významně podílí přítomnost poloizolátoru mezi kolektorem 2 a 3, který neumožňuje ve větší míře dotaci pramenů ze spodního kolektoru 3.

Provedené doplňující analýzy ^{14}C , které jsou technicky a organizačně náročné, považujeme pro Studii - Stáří a míšení vod v oblasti Hřensko - Křinice/Kirnitzsch za nezbytné. Upřesnění stáří vod je důležitým aspektem pro jejich ochranu. Vody vysokého stáří by měly být co nejvíce ochráněny, neboť neobsahují významnější koncentrace cizorodých látek a jejich obnova je dlouhodobá.

7. Použitá literatura a podklady

Archiv Severočeské vodovody a kanalizace, a.s. (SČVK,a.s.)

Archiv Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)

Bruthans, J., Svetlík, D., Soukup, J., Schweigstillova, J., Valek, J., Sedlackova, M., Mayo, L.,A. (2012): Fast evolving conduits in clay-bonded sandstone: Charakterization, erosion processes and significance for the origin of sandstone landforms, *Geomorphology* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.028>

Bruthans, J., Churáčková, Z. (2011): Využití stopovačů pro studium proudění, původu a vývoje chemického složení vody pramene (Sv. Vojtěch, česká křídlová pánev), *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010*, Česká geologická služba Praha, ISSN 0514-8057, ISBN 978-80-7075-769-7.

ČSN ISO 5667-11. Kvalita vod – Odběr vzorků – Část 11: Návod pro odběr vzorků podzemních vod. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 32 stran, Třídící znak 75 7051.

ČSN ISO 9698. Jakost vod: Stanovení objemové aktivity tritia – Kapalinová scintilační měřicí metoda. Praha: Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví, 2011, 26 stran, Třídící znak 75 7635.

Dittrich, J., Kunoth, K., Münch, A., Wahren, A. (2002): Vorbereitendes Gutachten Grenzgewässer Kirnitzsch/Krinice-Hrensko. – Dr. Dittrich & Partner, Januar 2002, unveröff.

Eckhardt, P., Bílý, M., Šimek, P. (2012): „Souhrn výsledků monitoringu projektu GRACE za rok 2012.“ – MS VÚV TGM, v.v.i. Praha, prosinec 2012, 47 stran.

Eckhardt, P. (2013): Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Hřensko-Křinice/Kirnitzsch, – MS VÚV TGM, v.v.i. Praha, prosinec 2013, 91stran.

Churáčková, Z., Bruthans, J., Lachman, V., Musil, V., Kadlecová, R. (2010): Proudění podzemní vody ve východní a severovýchodní částí české křídlové pánve (^3H , ^{14}C a SF_6 stopovače, obsahy dusičnanů): doba zdržení a otázky efektivního monitoringu kontaminace. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009*, Česká geologická služba Praha, ISSN 0514-8057.

Jiráková, H., Huneau, F., Hrkal, Z., Celle-Jeanton, H., Le Coustumer, P. (2010): Carbon isotopes to constrain the origin and circulation pattern of groundwater in the north-western part of the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic), *Applied Geochemistry* 25 (2010), 1265–1279.

Marešová, D., Hanslík, E. (2012): Tvorba tritia, jeho uvolňování do hydrosféry a bilance hlavních zdrojů v životním prostředí, In: XIX. Konzultační dny pro pracovníky vodohospodářských radiologických laboratoří, Marešová Diana (Edit.), str.: 44 – 49, VÚV TGM, Praha, 2012, ISBN: 978-80-87402-24-5.

Mibus, H.-P., Szymczak, P. (1997): Gutachten zur Entwicklung und Prognose der

Grundwasserdynamik im Gebiet Hinterhermsdorf (Landkreis Sächsische Schweiz) und Hrensko (Tschechische Republik). – G.E.O.S. Freiberg ImbH, Dresden.

- Olmer, M., Herrmann, Z., Kadlecová, R., Prchalová, H., Burda, J., Čurda, J., Krejčí, Z., Skořepa, J., Hartlová, L., Michlíček, E. (2006): „Hydrogeologická rajonizace České republiky.“ – Sborník geologických věd 23, vydala Česká geologická služba Praha, 32 stran, 1. Vydání.
- Rösner, S., Szymczak, P., Höhn, R. (2007): Gutachten Zustandsüberwachung Grenzgrundwasser / Operatives Messnetz. Regierungspräsidium Dresden, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, Seitenzahl/ Text 59, Zahl Anlagen 10, mit 101 Blatt, unveröff.
- Skořepa J., Pacl A. (2007): „Hydrogeologický monitoring hraničních vod povodí Kamenice a Křinice v Národním parku České Švýcarsko a CHKO Labské pískovce. Závěrečná zpráva za hydrologický rok 2006.“ Aquatest, a.s., Praha.
- Skořepa, J. (2011): Hydrogeologické práce v rajonu 4660-křída dolní kamenice a části rajonu 4661-krystalinikum šluknovské pahorkatiny. Závěrečná zpráva za rok 2010/11. Aquatest, a.s., Praha.
- SVS (2010): „Zápis o 12. Zasedání Stálého výboru Sasko Česko-německé komise pro hraniční vody.“ – Karlštejn, 8.-10.červen 2010, 38 stran.
- Šimek, P., Novák, M. (2013): Stáří a míšení podzemních vod na prameništi ÚV Hřensko v NP České Švýcarsko, monitoring za rok 2012, In: Radiologické metody v hydrosféře 13, 14.-15. května 2013, hotel Buchlovice, Buchlovice, Česká republika, Hanslík Eduard, Kánská Klára (Edit.), str.: 89 - 97, Vodní zdroje EKOMONITOR, s.r.o, ISBN: 978-80-86832-71-5.
- Valečka, J., Herčík, F., Herrmann, Z. (1999): Hydrogeologie české křídové pánve, Český geologický ústav, Praha, ISBN 80-7075-309-9.
- Voigt, T., Franke, J., Franke, S. (2013): „Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen im Sächsisch-Böhmischen Grenzgebiet im Rahmen des Ziel 3 – Projektes GRACE. Abschlussbericht.“ – Jena, 15.3.2013, 41 stran.
- www.geofond.cz (2013)
- www.chmi.cz (2013)
- www.umwelt.sachsen.de (2013)
- www.gracecz.cz (2013)
- www.sciencedirect.cz (2013)
- www.geology.cz (2013)
- www.iaea.org (2014)
- Žitný, L., et al. (1973): „Zhodnocení regionálního průzkumu Dolní Kamenice. I.etapa“ – Vodní zdroje, n.p., Praha, archiv VUV TGM, v.v.i. Praha.

8. Příloha 1 – kopie zprávy PřfUK o stanovení ^{14}C

Zadavatel: Mgr. Pavel Šimek Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
v.v.i. Podbabská 30/2582, 160 00 Praha 6

pavel_simek@vuv.cz

Byly analyzovány 4 vzorky vody odebrané 7.11.2013 a 25.3.2014 z oblasti Děčínska ze sedimentů české křídové pánve. Vzorky na změření aktivity ^{14}C datování byly ředěny pro malý obsah uhlíku. Aktivitu ^{14}C změřila Mgr. Zdenka Churáčková na kapalinovém scintilačním spektrometru Tri -Carb 3170. Analýzy $\delta^{13}\text{C}$ anorganického uhlíku provedl Ing. Buzek na České geologické službě. Konvenční stáří je uvedeno po opravě na hodnotu $\delta^{13}\text{C}$ analyzované hmoty.

Vzorek č. 1637 (K1A2), BaCO_3 z podzemní vody

Hodnota $\delta^{13}\text{C}$ $-18,1 \pm 0,15\%$ PDB Vzorek ředěn (podíl vzorku 11%)

Konvenční stáří po opravě na obsah ^{13}C :

$t = 2590 \pm 310$ let (1 sigma)

Aktivita tritia $0,95 \pm 0,2$ TU (vzorek č. 1637)

Vzorek č. 1638 (LO-18N/T), BaCO_3 z podzemní vody

Hodnota $\delta^{13}\text{C}$ $-17,0 \pm 0,15\%$ PDB Vzorek ředěn (podíl vzorku 11%)

Konvenční stáří po opravě na obsah ^{13}C :

$t = 2170 \pm 310$ let (1 sigma)

Aktivita tritia $1,0 \pm 0,2$ TU (vzorek č. 1638)

Vzorek č. 1639 (Pramen PPB), BaCO_3 z podzemní vody

Hodnota $\delta^{13}\text{C}$ $-18,4 \pm 0,15\%$ PDB Vzorek ředěn (podíl vzorku 15%)

Konvenční stáří po opravě na obsah ^{13}C :

$t = 510 \pm 210$ let (1 sigma)

Aktivita tritia $8,1 \pm 0,4$ TU (vzorek č. 1639)

Vzorek č. 1648 (13/65 Q-Sasko), BaCO_3 z podzemní vody

Hodnota $\delta^{13}\text{C}$ $-15,6 \pm 0,15\%$ PDB Vzorek ředěn (podíl vzorku 12%)

Konvenční stáří po opravě na obsah ^{13}C :

$t = 4280 \pm 340$ let (1 sigma)

Aktivita tritia $0,85 \pm 0,2$ TU (vzorek č. 1648) Aktivita tritia ukazuje, že zatímco v prameni výrazně převažuje, nebo celou vydatnost tvoří voda infiltrovaná po roce 1950, u vrtů naopak velkou většina tvoří voda infiltrovaná před rokem 1950 a složky infiltrované po roce 1950 jsou zastoupeny méně než 20%.

Zdánlivé radiouhlíkové stáří vody v prameni se současnou infiltrací činí 500 let. Voda pramene má aktivitu 94% moderního uhlíku. Pokud by tato aktivita byla uvažována jako iniciální aktivita pro ostatní vrty pak by doba zdržení podle radiouhlíku byla:

K1A2 2100 let

LO-18N/T 1700 let

13/65 Q-Sasko 3700 let

Za předpokladu počáteční aktivity radiouhlíku = 85% procent moderního uhlíku vychází radiouhlíkové stáří vody:

K1A2 1300 let

LO-18N/T 900 let

13/65 Q-Sasko 2900 let

Takto vypočtené radiouhlíkové stáří by mělo odpovídat metodice Prof. Šilara používané i v minulosti. Hodnoty $\delta^{13}\text{C}$ nenaznačují, že by aktivita ^{14}C byla ovlivněna CO_2 hlubinného původu.

Zatímco voda pramene má dobu zdržení v řádu několika málo desítek let, ve vrtech tvoří složky s krátkou dobou zdržení pod 20% a převládá zde voda s dobou zdržení v řádu stovek a případně i prvních tisíců let.

Jiří Bruthans PhD.

V Praze dne 18.12.2014