Příspěvek jádrových vrtů projektu Rebilance zásob podzemních vod ke stratigrafii, sedimentologii a tektonice svrchní křídy v severozápadní části české křídové pánve

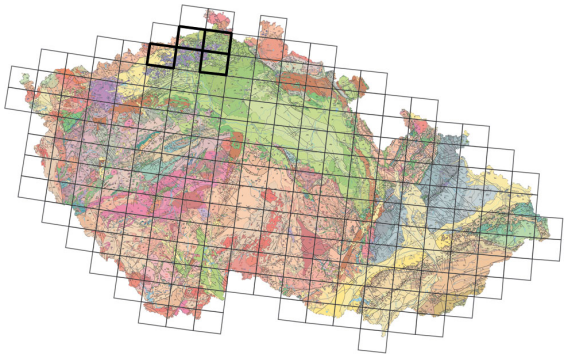
Contribution of hydrogeological core drilling to stratigraphy, sedimentology and tectonics of the Upper Cretaceous deposits in the NW-part of the Bohemian Cretaceous Basin

Roland Nádaskay – Jaroslav Valečka – Stanislav Čech

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1;
roland.nadaskay@geology.cz, jaroslav.valecka@geology.cz,
stanislav.cech@geology.cz

Please cite this article as: Nádaskay, R. – Valečka, J. – Čech, S. (2017): Contribution of hydrogeological core drilling to stratigraphy, sedimentology and tectonics of the Upper Cretaceous deposits in the NW-part of the Bohemian Cretaceous Basin. – Geoscience Research Reports, 50, 129–136. (in Czech)

Key words: *core drilling, groundwater exploration, Bohemian Cretaceous Basin, Upper Cretaceous, Coniacian, Turonian*

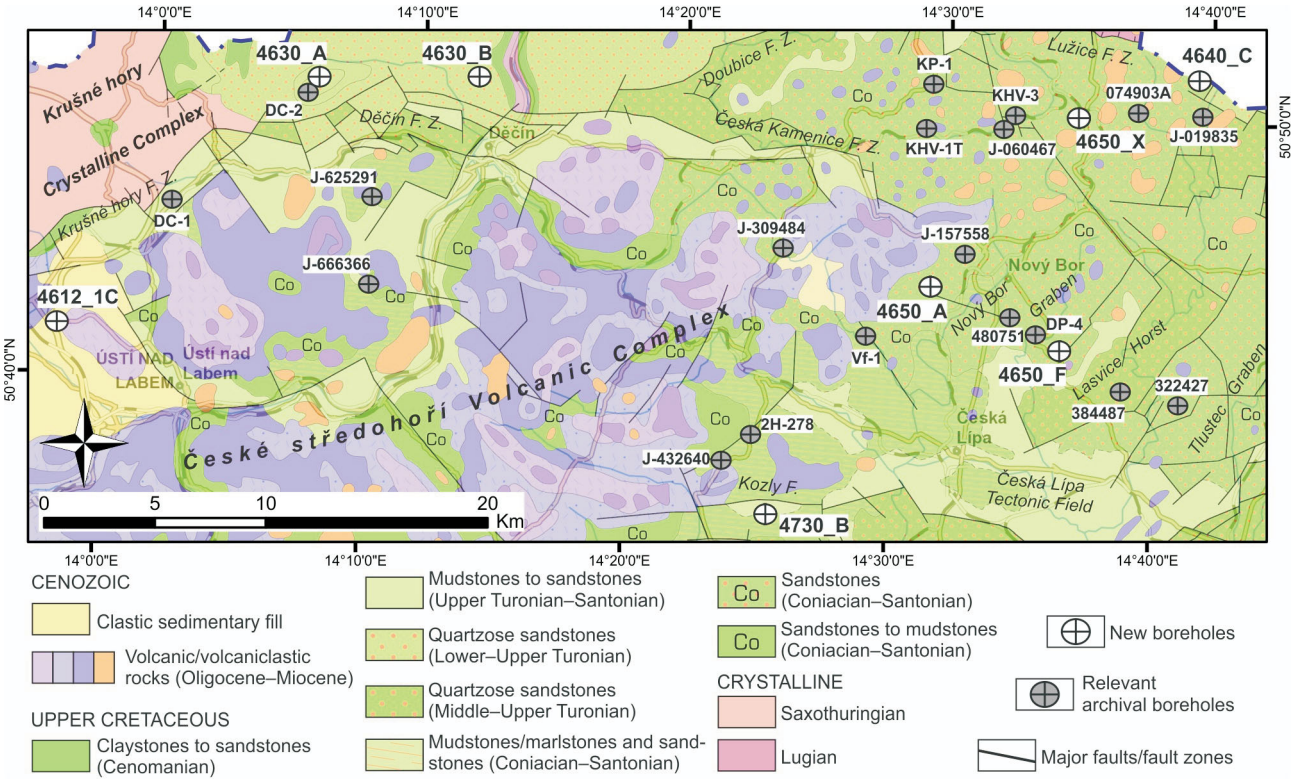


(02-23 Děčín, 02-24 Nový Bor, 02-32 Teplice, 02-42 Česká Lípa)

Summary: Extensive core drilling sponsored by hydrogeological project "Re-evaluation of groundwater resources" was carried out in the NW-part of the Bohemian Cretaceous Basin (BCB) between June 2014 and December 2015. In total, 13 boreholes (including wells) were drilled in the region extending from Ústí nad Labem to Varnsdorf (northern Bohemia). Their aim was to enhance dataset for creating a geological model of groundwater aquifers in areas with sparse borehole coverage. As a result, the new lithostratigraphic and biostratigraphic data enabled to resolve uncertainties in stratigraphic division and its implication for hydrogeology. In addition, geophysical well logs facilitated borehole correlation on local and regional scale to investigate the areal extent of a particular formation/aquifer, and to understand the structure and tectonics of the NW-part of the BCB. This report presents the most remarkable outputs from selected boreholes, categorized by their geographic position and geological setting. In particular, boreholes 4650_A and 4650_F contributed to understanding the tectonic setting of the area in the vicinity of Nový Bor, located in the NE flank of the Ohře Rift; both of them have shed light on depositional facies of Coniacian sandstones (Březno Fm.) and their spatial correlation as well. The so-called flyschoid facies that has only rare outcrop analogues was observed in boreholes 4650_A and 4650_X. Sedimentological analysis of drill cores provided by both boreholes will allow a revision of depositional processes during the Coniacian, as interpreted by Čech et al. (1987) and Nádaskay and Uličný (2014). Similar appears to be borehole 4640_C that penetrated an unusual development of the Upper Turonian in the proximal zone adjacent to the basin margin. It has also helped to determine the exact stratigraphic position of the adjacent Coniacian outcrops near Sonnenberg in Zittau Mts. (Germany). Lithofacies development and stratigraphy of the so-called Kozly Sandstone has been explored by borehole 4730_B. The Kozly Sandstone is separated from sandstones of the Jizera Fm. by ca 19 m thick sequence of mudstones, comprising *Didymotis* 0 event, occurence of the bivalve *Mytiloides scupini* (Heinz) as well as ammonite *Prionocyclus germari* (Reuss). As evidenced by the fossil finds, most of the Kozly Sandstone belongs to the middle part of the Teplice Fm. (Upper Turonian), except for the upper part that is likely to be Coniacian. Although hydrogeological boreholes (wells) did not yield any drill core, they provided valuable indirect data on stratigraphy, mainly due to geophysical well logs. For instance, well logs serving as lithological proxy controlled by mud log, revealed presence of silicified limestones (Rohatce Mb.), an important basin wide correlation horizon, in borehole 4612_1C. All the boreholes provided valuable data that will in the future serve as a dataset for either detailed sedimentological and high-resolution stratigraphic research or basin modeling.

V období od června 2014 do prosince 2015 bylo v rámci projektu „Rebilance zásob podzemních vod" v sz. části české křídové pánve (ČKP), na území mezi Ústím nad Labem, Českou Lípou a Varnsdorfem (obr. 1), odvrtáno celkem 13 vrtů. Vzhledem ke zvolené technice vrtání a povaze získaných dat byly vrty rozděleny do dvou kategorií – geologických (jádrových) a hydrogeologických (bezjádrových, vystrojených). Cílem jádrových vrtů bylo doplnění poznatků o litofaciálním vývoji v místech s nedostatečnou vrtnou prozkoumaností, umožňující přesné stratigrafické

DOI 10.3140/zpravy.geol.2017.40



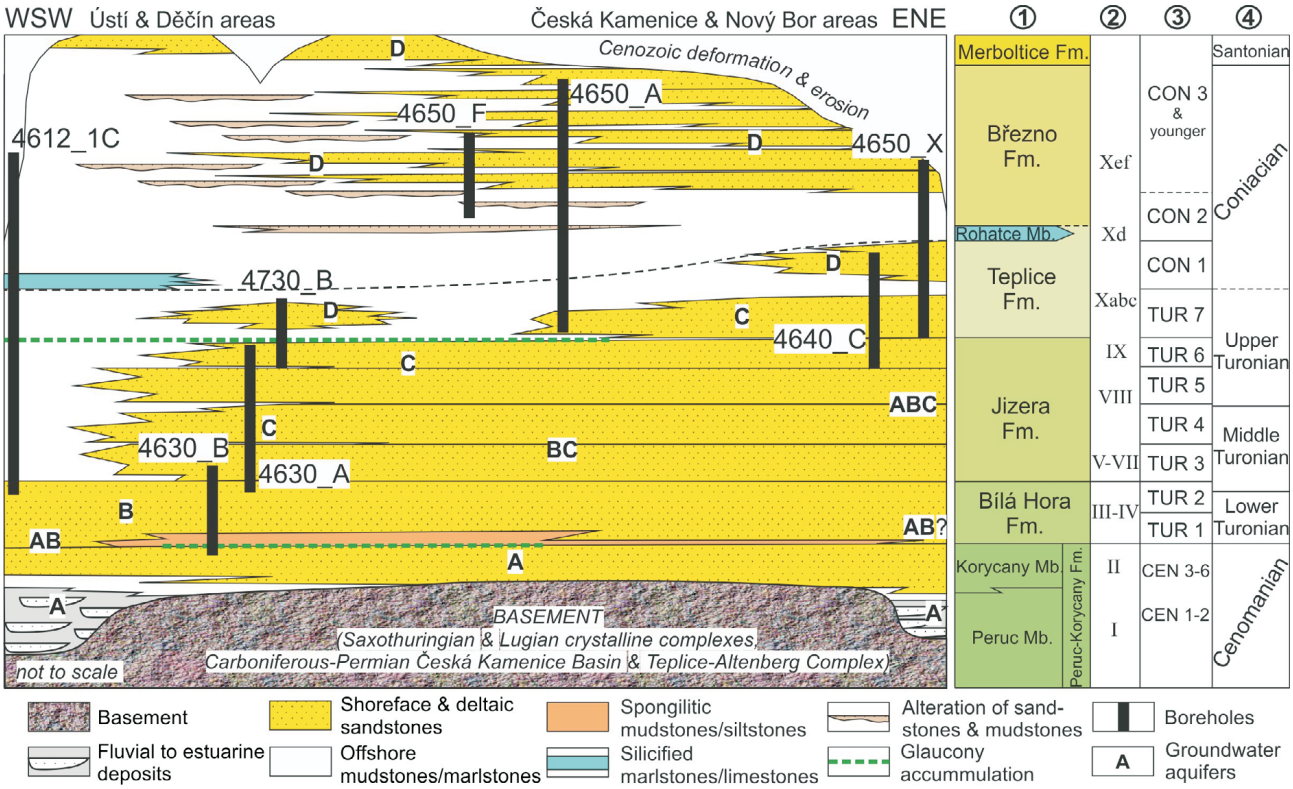
Obr. 1. Zjednodušená geologická mapa sz. části ČKP (podklad Cháb et al. 2007) s vyznačením vrtů diskutovaných v textu.
Fig. 1. Simplified geological map of the NE-part of the BCB (after Cháb et al. 2007). Boreholes discussed in the text are indicated.

zařazení (obr. 2) a korelace svrchněkřídových profilů v lužickém faciálním vývoji a blízkém okolí. Na jejich základě pak byl zpřesněn izoliniový model kolektorů podzemních vod a tektonické schéma sz. části ČKP. Hydrogeologické vrty, cílené na ověření proudění podzemních vod a kapacity kolektorů, poskytly karotážní data, která byla využita jako litologická proxy ve stratigrafických korelacích Uličného et al. (2015). Materiál z jádrových vrtů byl podroben petrografickému, sedimentologickému a stratigrafickému studiu. Cílem této zprávy je stručné shrnutí nejvýznamnějších zjištění vyplývajících z vrtných prací projektu „Rebilance zásob podzemních vod“ a jejich uplatnění v kontextu dalšího výzkumu uloženin svrchní křídy v lužickém faciálním vývoji.

Okolí Nového Boru

Komplikovaná strukturní situace v tektonicky značně porušené sv. části oherského riftu v okolí Nového Boru a také ne zcela jasná představa o litofaciálním vývoji coniaku byly důvodem realizace dvou vrtů. Pískovce březenského souvrství vystupují na povrch především ve sloupském skalním městě, kde byl situován vrt **4650_F** Sloup. Ten provrtal komplex pískovců označovaný jako „sloupský kvádr“ a přibližně 50 m mocný interval s tzv. flyšoidní facií v jeho podloží. Stratigrafickou korelací bylo potvrzeno výrazné zaklesnutí křídových sedimentů v novoborském příkopu vůči lasvické hrásti podél systému zhruba sv.-jz. zlomů v okolí Sloupu (obr. 3).

Na SZ od Sloupu vykliňují pískovce březenského souvrství od vrtu J-157558 Okrouhlá k JJZ do komplexu aleuropelitů s flyšoidní facií ve vrtu Vf-1 Volfartice. Pro bližší charakteristiku faciálního přechodu byl mezi tyto dva vrty situován vrt **4650_A** Skalice. Březenské souvrství v něm bylo zastoupeno pískovci, uspořádanými do několika nahoru hrubnoucích cyklů od bioturbovaných jílovito-prachovitých pískovců po křemenné, resp. štěrčíkovité pískovce, přičemž tento trend byl zaznamenán i v karotážních křivkách. Mocnost tohoto sledu se snižuje k JZ k vrtu J-157558 (obr. 4A). Jeho podloží tvoří od cca 134 m bioturbované jílovito-prachovité pískovce s polohami kalcifikovaných pískovců. Níže, od zhruba 160 m, převažují polohy křemenných pískovců mocnosti od prvních centimetrů až do dvou metrů, oddělené tenkými polohami jílovito-prachovitých pískovců, popř. amalgamované (obr. 4B). Valečka a Rejchrt (1973) obdobný sled řadí k tzv. flyšoidní facii s dominancí pískovcových poloh. Vložky provápnělých pískovců oddělených prachovci označují jako tzv. typickou flyšoidní facii, ve vrtu reprezentovanou intervalem 192–204 m (obr. 4C). Čech et al. (1987) a Nádaskay a Uličný (2014) obě facie interpretují jako turbidity. Jelikož ve výchozu se vyskytují sporadicky, představuje jádro z vrtu 4650_A cenný materiál pro studium dynamiky sedimentárního prostředí v coniaku. Významnou část profilu – 163 m (hl. 204–367 m) – zabírá komplex teplického a březenského souvrství, tvořený jílovci až prachovci s proměnlivým obsahem karbonátu a místy zvýšenou příměsí jemně písčité frakce. V hloubce 295,4–296,9 m je přítomna také nahoru zjemňující poloha pískovce, inter-



Obr. 2. Stratigrafie a litofaciální vývoj v sz. části ČKP s vyznačením stratigrafického intervalu zachyceného vrty popsanými v textu. Vysvětlivky ke stratigrafii: 1 – regionální litostratigrafie podle Čecha et al. (1980); 2– neformální litostratigrafie podle Soukupa (1955); 3 – genetická stratigrafie (Uličný et al. 2009, 2015); 4 – chronostratigrafie.

Fig. 2. Stratigraphy and lithofacies development of the NW-part of the BCB with indication of stratigraphic interval recorded by boreholes commented in the text. Explanations to stratigraphy: 1 – regional lithostratigraphy after Čech et al. (1980); 2 – informal litostratigraphy after Soukup (1955); 3 – genetic stratigraphy (Uličný et al. 2009, 2015); 4 – chronostratigraphy.

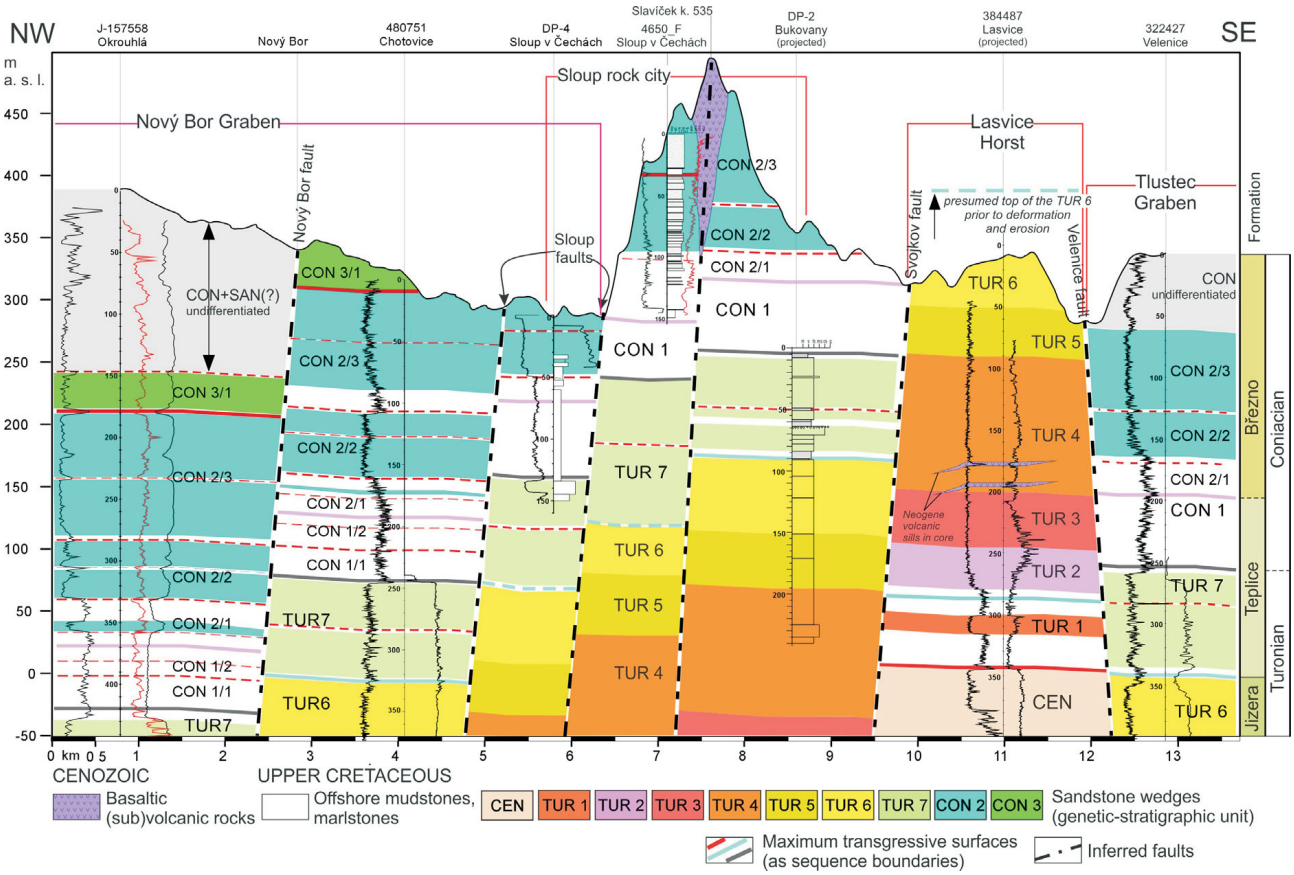
pretovaného jako turbidit. Stratigraficky tato poloha odpovídá tzv. žandovskému pískovcovému tělesu Uličného et al. (2015). Členění komplexu je obtížné kvůli absenci litologických markerů jako horizonty pelosideritových konkrecí (vyšší část coniaku), resp. karbonáty teplického souvrství a silicifikované slínovce (rohatecké vrstvy) ve spodním coniaku. Jejich ekvivalenty byly v okolních vrtech určeny biostratigraficky v mocnosti max. 17,2 m (Vf-1, Čech et al. 1987). Právě biostratigrafická data v kombinaci s geochemickými proxy umožní detailní stratigrafické členění tohoto intervalu a jeho korelaci na pískovcová tělesa proximální části coniackého sedimentárního systému.

V podloží komplexu teplického a březenského souvrství se v oblasti mezi linií Česká Kamenice–Česká Lípa a lužickým zlomem vyskytuje sekvence masivních, převážně jemnozrnných pískovců tzv. svrchního oddílu jizerského souvrství *sensu* Valečka (2000). Vrtem 4650_A byl ověřen v neúplné mocnosti 37 m. Ve vrtech Vf-1 a J-309484 dále k JZ již chybí. Vrtem 4650_A je tedy doloženo jeho pozvolné vyklínění směrem k J/JZ. Svrchní oddíl jizerského souvrství *sensu* Valečka (2000) je součástí genetické jednotky TUR 7 Uličného et al. (2009, 2015), která však na základě nových dat z vrtu 4730_B Stvolínky (viz dále) patří do svrchního turonu až spodního coniaku. V této práci je genetická jednotka TUR 7 řazena k teplickému souvrství.

Lužické hory

Jak ukazují stratigrafické korelace Nádaskayho a Uličného (2014) i dřívější studie Valečky (1979a, b), březenské souvrství v oblasti Lužických hor se vyznačuje pestrým litofaciálním vývojem s řadou generelně k JZ vykliňujících pískovcových těles, oddělených první desítky metrů mocnými intervaly jílovců a prachovců, z nichž část nejspodnějšího intervalu (17,2 m ve vrtu Vf-1, Čech et al. 1987) náleží již teplickému souvrství. Právě ověření profilu teplického a březenského souvrství (coniac), které zde dosahuje celkové mocnosti kolem 300 m, bylo cílem vrtu **4650_X** Svor.

Pískovce březenského souvrství analogické těm, které se podílejí na stavbě větší části Lužických hor a v okolí se vyskytují ve výchozech, byly zachyceny ve svrchní části vrtu, přičemž do podloží, zhruba v intervalu 47–65 m, postupně přecházely do bioturbovaných jemnozrnných pískovců. Mezi 65–78 m se nacházely jílovito-prachovité jemnozrnné pískovce s polohami provápnělých pískovců, velmi podobné těm, které byly v nejsvrchnější části komplexu aleuropelitů teplického a březenského souvrství interpretovány jako flyšoidní facie. Její podloží v intervalu 78–98 m tvoří vápnité a písčité prachovce se dvěma polohami jemnozrnných, špatně vytříděných jílovitých pískovců. Ve vrtu 4650_X je tento interval přítomen v hloubce



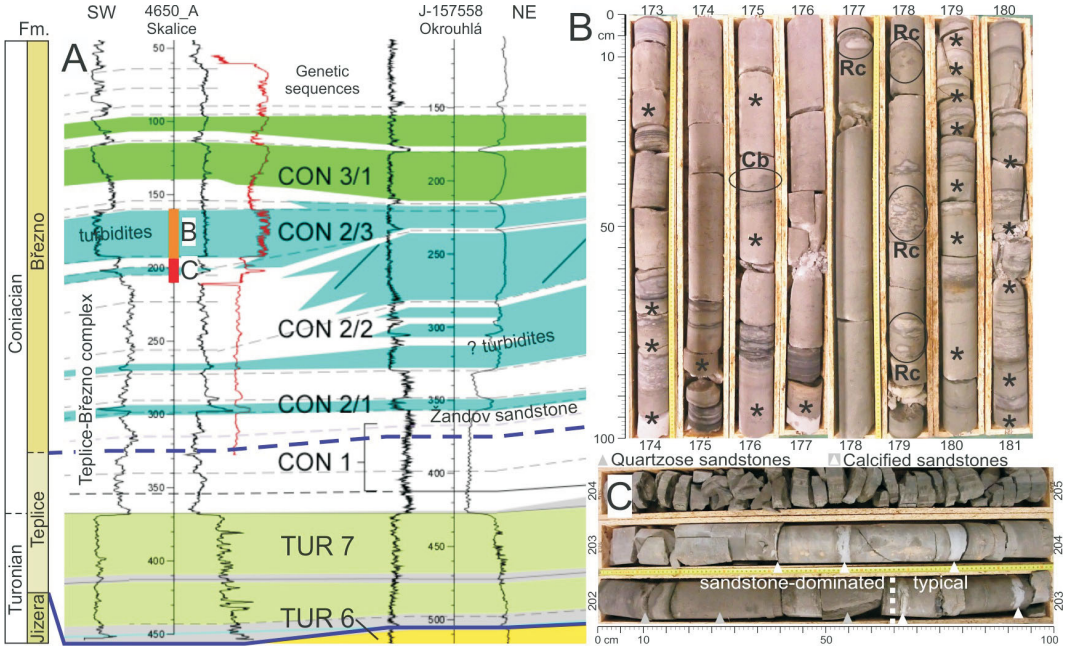
Obr. 3. Řez ilustrující tektonické porušení oblasti v okolí Nového Boru. Struktury vyplněné mladými sedimenty coniaku, novoborský a tlustecký příkop, jsou odděleny sv.-jz. orientovanou lasvickou hrástí. Vrt 4650_F potvrdil existenci systému poklesových zlomů protínajících okolí Sloupu na sz. okraji sloupského skalního města. Upraveno podle Nádaskayho a Uličného (2014) a Uličného et al. (2015).
Fig. 3. Cross-section illustrating tectonic deformation of area in the vicinity of Nový Bor. Nový Bor and Tlustec Graben comprising young, Coniacian fill, are divided by NE-SW-oriented Lasvice Horst. Presence of an array of normal faults crossing the area of Sloup (NW margin of Sloup rock city) has been verified by borehole 4650_F. Modified after Nádaskay – Uličný (2014) and Uličný et al. (2015).

119,70–175,50 m; v důsledku vmístění neogenního fonolitového tělesa jsou však destruovány i části pískovců v obou tělesech. Interval pískovců se směrem na V od vrtu J-060467, kde působí nejvíce kompaktně, výrazněji štěpí, přičemž ve vrtu KHV-3 je již rozdělen přibližně 6 m mocnou polohou prachovců. Jeden z možných scénářů laterálních přechodů této jednotky dále na V a Z ilustrují Rapprich a Nádaskay (2017).

Vrt **4640_C** Horní Světlá byl cílen na ověření strukturní situace a litofaciálního vývoje svrchní části jizerského a teplického souvrství v proximální zóně poblíž okrajového lužického zlomu. Problémem této oblasti bylo přesné stratigrafické zařazení coniackých pískovců, vystupujících kolem Luže a Sonnenbergu, jelikož jak na české, tak na německé straně nebyl dosud k dispozici hlubší jádrový vrt. Nový vrt zjistil v podloží coniackých pískovců (v hloubce 10,75–121,95 m) málo známý litologický vývoj teplického souvrství: mnohonásobnou cyklickou stavbu (cykly řádově v metrech) řady vápnitý prachovec–jílovito-prachovitý pískovec–křemenný pískovec, místy s vložkami uhelných jílovců až slojek uhlí, polohou rudofialového prachovce, ve spodní části pak s polohami vápnitých pískovců až hlízovitých vápenců. Podloží teplického souvrství tvoří typicky polycyklicky zvrstvené křemenné hrubozrnné až štěrčíkovité pískovce jizerského souvrství, zachycené v neúplné mocnosti 52,55 m. Vrt byl ukončen v tělese fonolitu v hloubce 178 m. O fonolitových tělesech, která se vyznačují alkalickým charakterem, blíže pojednává práce Rapprich a Nádaskayho (2017).

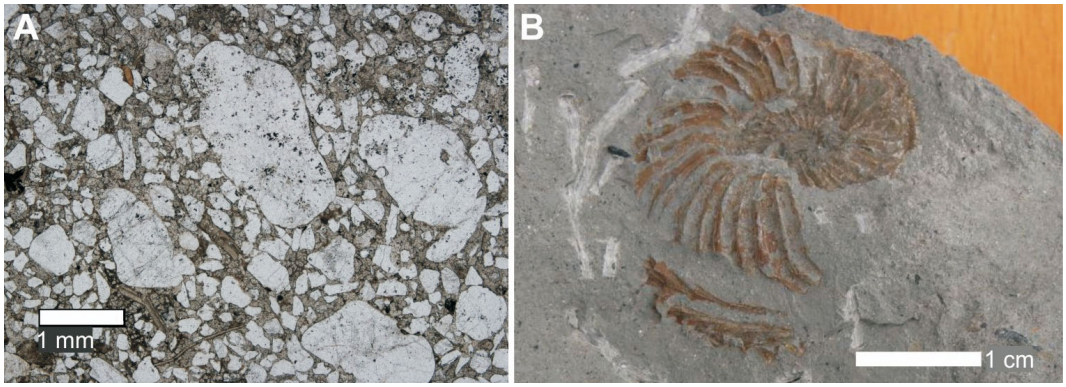
Kozelské pískovcové těleso

Za účelem ověření mocnosti, litologie a stratigrafické pozice tzv. kozelského pískovcového tělesa, částečně odkrytého j. od obcí Kolné a Kozly (zjz. od České Lípy), byl v jejich sousedství situován vrt 4730_B Stvolínky. Pískovcové těleso bylo považováno za součást jizerského souvrství a teprve Klein jej zařadil do teplického souvrství (Klein – Růžička 1990) a zobrazil tak i na geologické mapě 02-42 Česká Lípa v měřítku 1 : 50 000 (Klein et al. 1993). Uličný et al. (2009, 2015) však těleso řadí ke genetické jednotce TUR 7 a současně jej kladou do nejvyšší části jizerského souvrství. Vrt ověřil kozelské těleso ve facii převážně křemenných pískovců v mocnosti 59,20 m (v hloubce 3,80–63,00 m). V podloží tělesa se nachází 18,6 m mocný sled vápnitých, prachovito-písčitých jílovců až jílovitých prachovců, ostře uložených na nerovný povrch pískovců



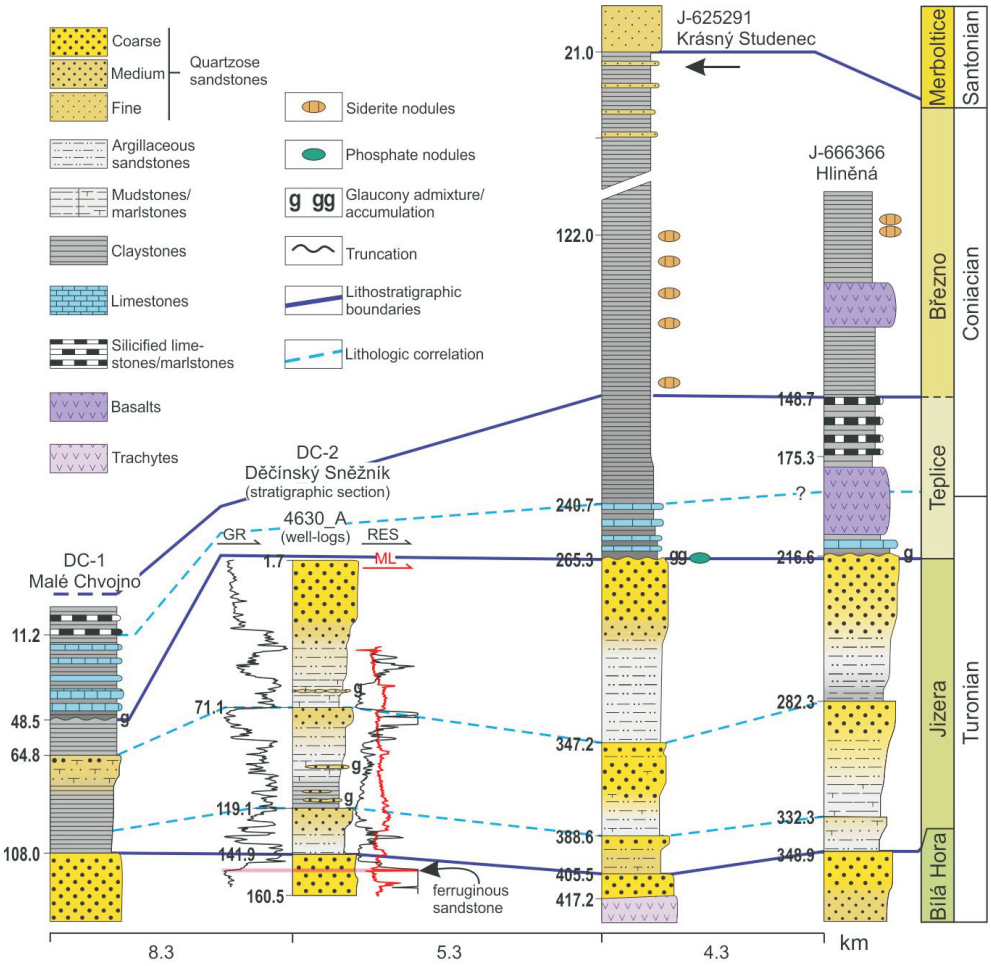
Obr. 4. A. Geneticko-stratigrafická korelace vrtů 4650_A Skalice a J-157558 Okrouhlá z. od Nového Boru. Barevné plochy označují tělesa kolektorských pískovců vykliňující do izolátorských aleuropelitů (bílá) komplexu teplicko-březenského souvrství. Upraveno podle Uličného et al. (2015). B. Jádro z vrtu 4650_A Skalice, interval 173–181 m: střídání křemenných pískovců s tenkými vrstvami tmavě šedých bioturbovaných jílovito-prachovitých jemnozrnných pískovců. V některých případech jsou polohy křemenných pískovců amalgamovány. Sled je označován jako tzv. flyšoidní (heterolitická) facie s dominancí pískovcových poloh. Hvězdičkou (*) jsou označeny jednotlivé polohy křemenných pískovců, které vzhledem k zastoupenému spektru sedimentárních textur a jejich vzájemným vztahům představují pravděpodobně uloženiny gravitačních (turbiditních) proudů. Cb – báze pískovcové polohy s konvolutním zvrstvením (zátěžové struktury); Rc– akumulace litoklastů (jílovitých prachovců) v rámci jedné, 214 cm mocné pískovcové polohy (176,89–179,03 m). C – jádro z vrtu 4650_A Skalice, interval 202–205 m. V hl. 202,65 m se nachází báze flyšoidní facie s dominancí poloh křemenných pískovců (přerušovaně). Pod ní leží jílovité prachovce s jemně písčitou a vápnitou příměsí s vložkami provápnělých pískovců mocnosti první centimetrů až cca 25 cm, patřící k tzv. typické flyšoidní facii. Polohy vápnitých pískovců jsou silně bioturbovány. Foto R. Nádaskay.

Fig. 4. A. Genetic-stratigraphic correlation of boreholes 4650_A Skalice and J-157558 Okrouhlá W of Nový Bor. Colored polygons indicate aquifer sandstones pinching out into aquitard mudstones (white) of Teplice-Březno Complex. B. Drill core 4650_A Skalice, depth 173–181 m: alternation of quartzose sandstones with relatively thin dark gray burrowed fine-grained argillaceous sandstones. Such alteration is termed sansdtone-dominated heterolithic ("flyschoid") facies. Asterisk (*) indicates individual beds of quartzose sandstones that are – according to the spectrum sedimentary structures and their relationships – interpreted as deposits of gravity (turbidity) currents. "Cb" – base of the sandstone bed with apparent convolute bedding (load structures). "Rc" – several accumulations of rip-up clasts (mudstones) within single, 214 cm thick sandstone bed (depth 176.89–179.03 m). C – drill core 4650_A Skalice, depth 173–181 m. Depth 202.65 m (dashed line) divides sandstone-dominated and typical heterolithic ("flyschoid") facies, represented by alteration of calcareous to sandy mudstones with up to 5 cm thick beds of calcified sandstones. Some of them are intensely burrowed. Photo by R. Nádaskay.



Obr. 5. Vrt 4630_B Stvolínky. A – bimodální vápnitý pískovec, hloubka 66,05 m. Hojné fragmenty schránek mlžů jsou patrné zejména kolem měřítka. Foto J. Valečka. B – vrtné jádro s otiskem amonita *Prionocyclus germari* (Reuss). Vápnité prachovce teplického souvrství, svrchní turon, *germari* zóna, hloubka 65,2 m. Foto S. Čech.

Fig. 5. Borehole 4630_B Stvolínky. A – bimodal calcareous sandstone, depth 66.05 m. Note numerous fragments of bivalve shells scattered next to the scale. Photo by J. Valečka. B – drill core with imprint of ammonite *Prionocyclus germari* (Reuss). Calcareous siltstone of the Teplice Fm., Upper Turonian, *germari* Zone, depth 65.2 m. Photo by S. Čech.



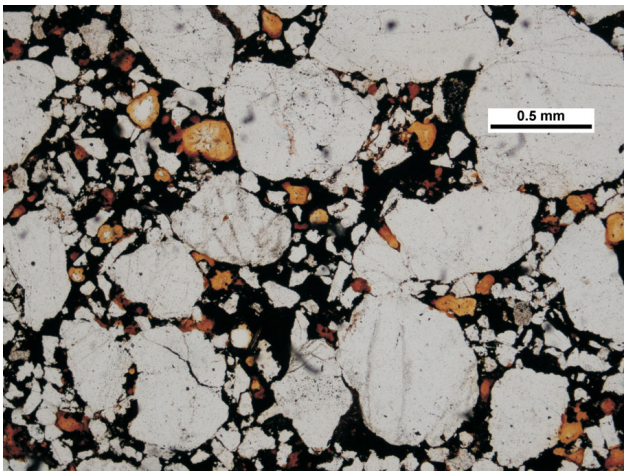
Obr. 6. Korelační panel ilustrující vykliňování pískovcových těles jizerského souvrství na levém břehu Labe (hydrogeologický rajon 4630). Cyklický charakter jizerského souvrství v této oblasti (Valečka 1989), dokládají karotážní data z vrtu 4630_A, ve kterých jsou patrné tři nahoru hrubnoucí cykly. Ty směrem k JZ vykliňují do komplexu převážně aleuropelitů, zachycených vrtem DC-1.
Fig. 6. Correlation cross-section illustrating pinch out of sandstone bodies of the Jizera Fm. in the area W of Labe River (hydrogeological region 4630). Cyclic arrangement of the Jizera Fm. typical for this area (Valečka 1989) is evidenced by well-logs from borehole 4630_A. Three coarsening-upward cycles pinch out to the SW into predominantly mudstone sequence as recorded by borehole DC-1.

jizerského souvrství. V rámci tohoto intervalu je v hloubce 66,00–66,40 m vložena poloha vápnitého bimodálního pískovce, jemně až středně zrnitého, s plovoucími velmi hrubými zrny až valounky křemene. Poloha má erozivní bázi a ostrou horní hranici. Kolem 3 % horniny tvoří až 4,7 mm velké bioklasty, hlavně mlži, zčásti tlustostěnní (ústřice?), červené řasy, mechovky, echinodermáta i foraminifery (obr. 5A). Polohu považujeme za tempestit, který vznikl redepozicí siliciklasticko-karbonátového písku z mělkovodní příbřežní zóny, na což poukazuje přítomnost schránek tlustostěnných mlžů a fragmentů řas.

Ve spodní části vápnitých prachovců byla zjištěna přítomnost *Didymotis* eventu 0 společně s mlžem *Mytiloides scupini* (Heinz) a výše i s amonity druhu *Prionocyclus germari* (Reuss) (obr. 5B). Výskyty těchto druhů jasně dokládají příslušnost těchto vrstev ke střední části teplického souvrství (svrchní turon). Coniackého stáří by pak mohla být svrchní část kozelského pískovcového tělesa, popř. by úsek coniaku byl součástí kondenzační polohy ve stropě těchto pískovců. Tato poloha je tvořena glaukonitickým jílovitým pískovcem s fosfatickými konkrecemi a fosfatizovanými zbytky fauny. V jejím nadloží byly ve vrtu zachovány 1,4 m mocné vápnité jílovce, sledovatelné také ve svahu nad vrtem v mocnosti 30–40 m. Obdobný vývoj, mocnost a pozici tělesa zjistily vrty J-432640 Heřmanice a 2H-278 Valteřice, vzdálené 3,3 km sz., resp. 3,8 km ssz. od vrtu 4730_B.

Levý břeh Labe

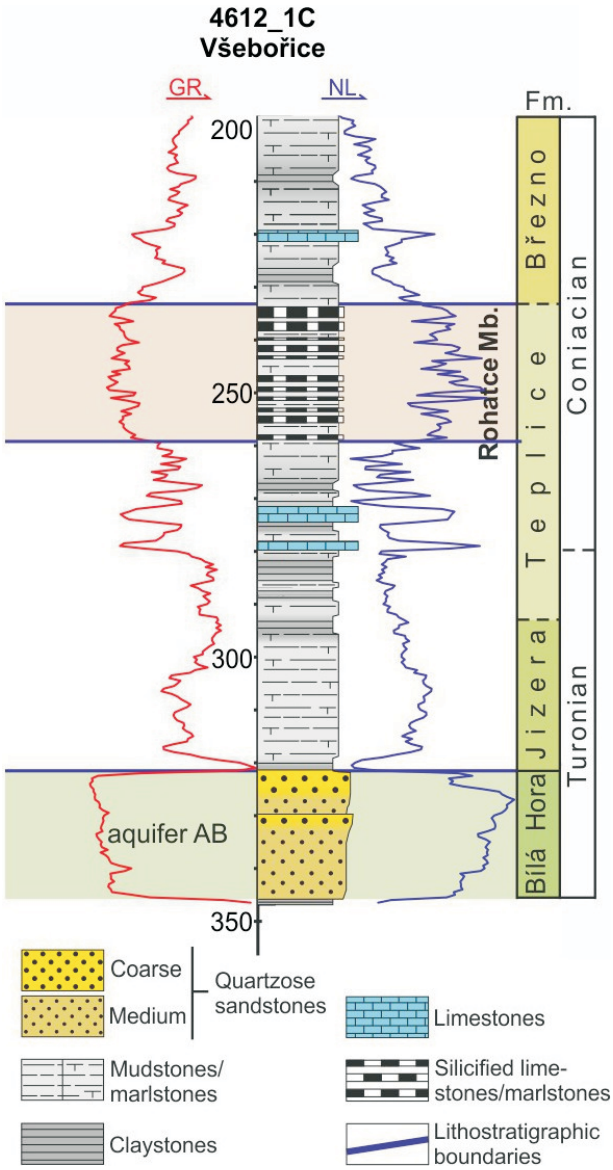
Pro zpřesnění stratigrafie rajonu 4630 Děčínský Sněžník byly realizovány dva vrty: 4630_B, provedený jádrově, a bezjádrový 4630_A, jehož cílem bylo získání karotážních dat vztažených k profilu 150 m vzdáleného mapovacího vrtu DC-2 Děčínský Sněžník. Vrt DC-2 byl proveden v roce 1968 jádrově bez karotáže, ale s podrobným litologickým zpracováním. Vrt DC-2 není v přístupných vrtných databázích, i proto je jeho profil prezentován na obr. 6. Vrt DC-2 ověřil v mocnosti 140,15 m téměř celé jizerské souvrství, jehož úplná mocnost v místě vrtu dosahuje 145–150 m (podle korelací Valečky 1989). Souvrství se člení na tři do nadloží hrubnoucí progradační cykly, oddělené ostrými rozhraními (obr. 6). Na bázi začínají jemnozrnnými prachovito-jílovitými pískovci nebo vápnitými jílovitými prachovci až prachovitými jílovci gradujícími do středně až hrubě zrnitých štěrčíkovitých křemenných pískovců u stropu cyklů. Spodní cyklus, nasedající na bělohorské souvrství, je v okolí Děčínského Sněžníku součástí kolektoru B. Pískovce ve středním a svrchním cyklu odpovídají dílčím kolektorům Ca a Cb, odděleným izolátory prachovců až jílovců. Karotážní křivky ve vrtu 4630_A zřetelně odlišily izolátorské a kolektorské litotypy. Vrty DC-2 a 4630_A představují díky litologickému profilu



Obr. 7. Bimodální železitý pískovec na bázi jizerského souvrství, vrt DC-2, hl. 141,40 m. Poloha je dobře patrná v křivce magnetické karotáže vrtu 4630_A (obr. 6). Foto J. Valečka.
Fig. 7. Bimodal ferruginous sandstone, basal layer of the Jizera Fm., borehole DC-2 Děčínský Sněžník, depth 141.40 m. In borehole 4630_A, the bed exhibits apparent maximum of the magnetic log (fig. 6). Photo by J. Valečka.

doplněnému karotáží typový profil pro 15–20 km širokou zónu mezi Děčínem a Ústím nad Labem, v níž se v jizerském souvrství cyklicky střídají slínovce až pískovce, které obvykle tvoří dva dílčí kolektory C1 a C2. Zóna směru SSZ-JJV pokračuje jak na JJV, mezi Litoměřice a Úštěk, v příkopu (riftu) Českého středohoří, tak na SSZ do okolí Pirny v Německu.

Vrty 4630_A a 4630_B přinesly karotážní data umožňující korelaci významných rozhraní, hlavně hranice mezi bělohorským a jizerským souvrstvím. Ta byla ve vrtu 4630_A určena v hl. 141,1 m, což téměř odpovídá její pozici ve vrtu DC-2, v němž se nachází v hl. 141,85 m. Bazální polohu jizerského souvrství tvoří v jádrových vrtech DC-2 a 4630_B jílovito-prachovitý, bimodální pískovec decimetrových mocností, ve vrtu DC-2 a 4630_A i s vyšším obsahem železitého tmelu (obr. 7). Železitý tmel v bazální poloze byl zjištěn i ve vrtu 4630_A, v němž byly v odpovídající úrovni karotáží identifikovány výrazné magnetické vlastnosti horniny. Kromě častých železitých poloh jsou přítomny i železité impregnace ve formě trubicovitých a konvolutních Liesegangových struktur. Pískovce bělohorského souvrství (kolektor B) se ve vrtu 4630_B i DC-2 vyznačují intenzivní silicifikací, projevující se nárůsty křemitého tmelu kolem klastických zrn křemene a výrazně sníženou pórozitou. Křehkost silicifikovaných pískovců usnadňuje vznik hojných puklinových zón bez minerálních výplní. Ve vrtu 4630 _B byla zjištěna v hl. 99,80–100,70 m poloha nesoudržného alterovaného pískovce, interpretovaná Nádaskaym a Valečkou (2017) jako explozivní brekcie ve výplni žíly freatického, resp. freatomagmatického původu. Kromě toho vrt ověřil v podloží bělohorského souvrství v neúplné mocnosti 12 m sekvenci jemnozrnných křemenných pískovců cenomanského stáří, jak doložily nálezy inoceramů ze skupiny *Inoceramus pictus* (Sow.), které jsou známy z povrchového výchozu na lokalitě Stěna u Telnice.



Obr. 8. Záznam karotážních měření v bezjádrovém hydrogeologickém vrtu 4612_1C Všebořice, v hl. 200–350 m. Minima gama-karotáže a zazubený vzor neutronové karotáže v úseku 232–259 m jsou v kombinaci se sítovými vzorky interpretovány jako silicifikované slínovce/vápence rohateckých vrstev. GR – gama-karotáž, NL – neutronová hustotní karotáž.
Fig. 8. Well-logs acquired from borehole 4612_1C Všebořice. Negative peaks of the gamma-ray log and serrated pattern of the neutron log within interval 232–259 m are interpreted as silicified marlstones/limestones of the Rohatce Mb., as evidenced by their fragments observed in the mudlog. GR – gamma-ray log, NL – neutron porosity log.

Význam bezjádrových hydrogeologických vrtů

Bezjádrové vrty, ačkoliv byly projektovány pro hydrogeologické účely, přinesly i využitelná geologická data. Jsou to především karotážní křivky (hlavně gama, odporová a hustotní karotáž), které byly využity jako náhrada za jádrový litologický profil a také jako základní data pro regionální geneticko-stratigrafické korelace (Uličný et al.

2015). Ty umožnily pochopení prostorových přechodů mezi kolektorskými pískovci a izolátorskými aleuropelity. Příkladem je vrt 4612_1C Všebořice, situovaný v rajonu 4612 poblíž Chabařovic, v území s řídkou sítí hlubokých vrtů dosahujících alespoň bazální části svrchní křídy. Pod 39 m mocným sledem bazálních terciérních sedimentů a alterovaných vulkanitů mostecké pánve prošel vrt nečekaně mocnou (cca 274 m), litologicky monotónní sekvencí jizerského až březenského souvrství, ve vývoji vápnitých pelitů, méně i jílovitých biomikritických vápenců. V tomto vývoji se jako jediný korelovatelný interval projevil úsek v hl. 253–265 m s vtroušenými střípky tvrdých bělavých silicifikovaných vápenců, které litologicky odpovídaly rohateckým vrstvám. Přítomnost vrstev a jejich přesnou pozici do hl. 232–259 m potvrdila karotáž, konkrétně série sblížených výrazných anomálií v křivce zdánlivého měrného odporu (obr. 8). Tato forma odporové křivky může být využita ke korelaci i ve starších vrtech, které v rajonu 4612 většinou skončily v monotónní sekvenci. Bázi křídové sekvence tvořily v hl. 322–350 m pískovce, dále nečlenitelné, odpovídající již spojenému kolektoru AB, typickému pro z. část rajonu.

Závěr

Vrtný průzkum v sz. části ČKP přispěl k doplnění geologického modelu kolektorů podzemních vod, zpřesnění stratigrafického členění a tektoniky a přinesl také nová data o litofaciálním vývoji svrchněkřídových uloženin. Vrty 4650_A a 4650_F pomohly objasnit tektonickou stavbu sv. části oherského riftu v okolí Nového Boru a také přinesly nová data o sedimentárních faciích coniaku (březenského souvrství). Významným je zejména zachycení tzv. flyšoidní facie, kterou ověřil i vrt 4650_X v Lužických horách. Díky datům z vrtu 4640_C se povedlo stratigraficky zařadit coniacké pískovce v okolí Luže a Sonnenbergu a také ověřit málo známý proximální vývoj teplického souvrství. Litofaciální vývoj a stratigrafickou pozici tzv. kozelského pískovcového tělesa pomohl objasnit vrt 4730_B. Na jeho základě bylo těleso zařazeno do střední části teplického souvrství (svrchní turon). Vrty 4630_A a 4630_B ověřily litofaciální vývoj bělohorského a jizerského souvrství (turon), čímž pomohly zpřesnit mocnost a rozsah kolektorů B a C v oblasti levého břehu Labe. Hydrogeologické bezjádrové vrty poskytly především karotážní data, díky nimž bylo možné korelovat stratigrafické jednotky v měřítku celé sz. části ČKP (Uličný et al. 2015). V případě vrtu 4612_1C umožnila karotážní data v kombinaci se sítovými vzorky i přes absenci jádra vyčlenit interval silicifikovaných vápenců rohateckých vrstev. Do budoucna se počítá s využitím získaných vrtných dat pro detailní sedimentologický a stratigrafický výzkum.

Poděkování. Vrtný materiál byl získán díky projektu Rebilance zásob podzemních vod, financovanému z Operačního programu Životní prostředí (EIS-SFŽP 10051606). Vrtný materiál byl zpracován v rámci návazných interních projektů České geologické služby č. 339200 a 322300. Poděkování patří zaměstnancům vrtných, karotážních a hydrogeologických firem, Geofyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., skladu hmotné dokumentace ČGS v Lužné u Rakovníka a rovněž všem odborným pracovníkům ČGS, podílejícím se na úspěšné realizaci vrtných prací v sz. části ČKP. Poděkování patří i recenzentům Tomáši Kočímu a Petru Mužákovi.

Literatura

ČECH, S. – HERCOGOVÁ, J. – KNOBLOCH, E. – PACLTOVÁ, B. – POKORNÝ, V. – SAJVEROVÁ, E. – SLAVÍK, J. – ŠVÁBENICKÁ, L. – VALEČKA, J. (1987): Svrchní křída ve vrtu Volfartice Vf-1. – Sbor. geol. Věd, Geol. 4, 113–159.

ČECH, S. – KLEIN, V. – KŘÍŽ, J. – VALEČKA, J. (1980): Revision of the Upper Cretaceous stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. – Věst. Ústř. Úst. geol. 55, 5, 277–296.

CHÁB, J. – STRÁNÍK, Z. – ELIÁŠ, M. (2007): Geologická mapa České republiky 1 : 500 000. – Čes. geol. služba. Praha.

KLEIN, V., ed. (1993): Geologická mapa ČR. List 02-42 Česká Lípa. Měřítko 1 : 50 000. Soubor geologických a účelových map. – Čes. geol. úst. Praha.

KLEIN, V. – RŮŽIČKA, M. (1990): Geologické mapování na Českolipsku (02-42 Česká Lípa). – Zpr. geol. Výzk. v Roce 1988, 49–52.

NÁDASKAY, R. – ULIČNÝ, D. (2014): Genetic stratigraphy of Coniacian deltaic deposits of the northwestern part of the Bohemian Cretaceous Basin. – Z. Dt. Ges. Geowiss. 165 (4), 547–575.

NÁDASKAY, R. – VALEČKA, J. (2017): Původ klastických žil ve vrtech v sz. části české křídové pánve. – Zpr. geol. Výzk. 50.

RAPPRICH, V. – NÁDASKAY, R. (2017): Vrtným průzkumem nově zjištěná alkalická diferencovaná tělesa v Lužických horách. – Zpr. geol. Výzk. 50, xx–xx.

SOUKUP, J. (1955): Úprava stratigrafického členění a otázka hranice mezi turonem a senonem v české křídě. – Sbor. Ústř. Úst. geol. 21, 633–673.

ULIČNÝ, D. – LAURIN, J. – ČECH, S. (2009): Controls on clastic sequence geometries in a shallow-marine, transtensional basin: the Bohemian Cretaceous Basin, Czech Republic. – Sedimentology 56 (4), 1077–1114.

ULIČNÝ, D. – ŠPIČÁKOVÁ, L. – CAJZ, V. – HRONEC, L. (2015): Podklady pro prostorový model hydrogeologicky významných stratigrafických rozhraní ve vybraných hydrogeologických rajonech. Geofyzikální ústav AV ČR. Závěrečná zpráva. – MS Čes. geol. služba. Praha.

VALEČKA, J. (1979a): Paleogeografie a litofaciální vývoj severozápadní části české křídové pánve. – Sbor. geol. Věd, Geol. 33, 47–81.

VALEČKA, J. (1979b): Barrier island in the Bohemian Upper Cretaceous Basin. – Čas. Mineral. Geol. 24, 175–184.

VALEČKA, J. (1989): Sedimentology, stratigraphy and cyclicity of the Jizera Formation (Middle – Upper Turonian) in the Děčín area (Northern Bohemia). – Věst. Ústř. Úst. geol. 64, 77–90.

VALEČKA, J., ed. (2000): Základní geologická mapa České republiky 1 : 25 000 s Vysvětlivkami, list 02-242 Dolní Podluží. – Čes. geol. služba. Praha.

VALEČKA, J. – REJCHRT, M. (1973): Litologie a geneze tzv. flyšoidní facie coniaku ve východní části Českého středohoří. – Čas. Mineral. Geol. 18, 379–391.