

Matematický model proudění podzemní vody

v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch

Informační souhrn, červen 2014

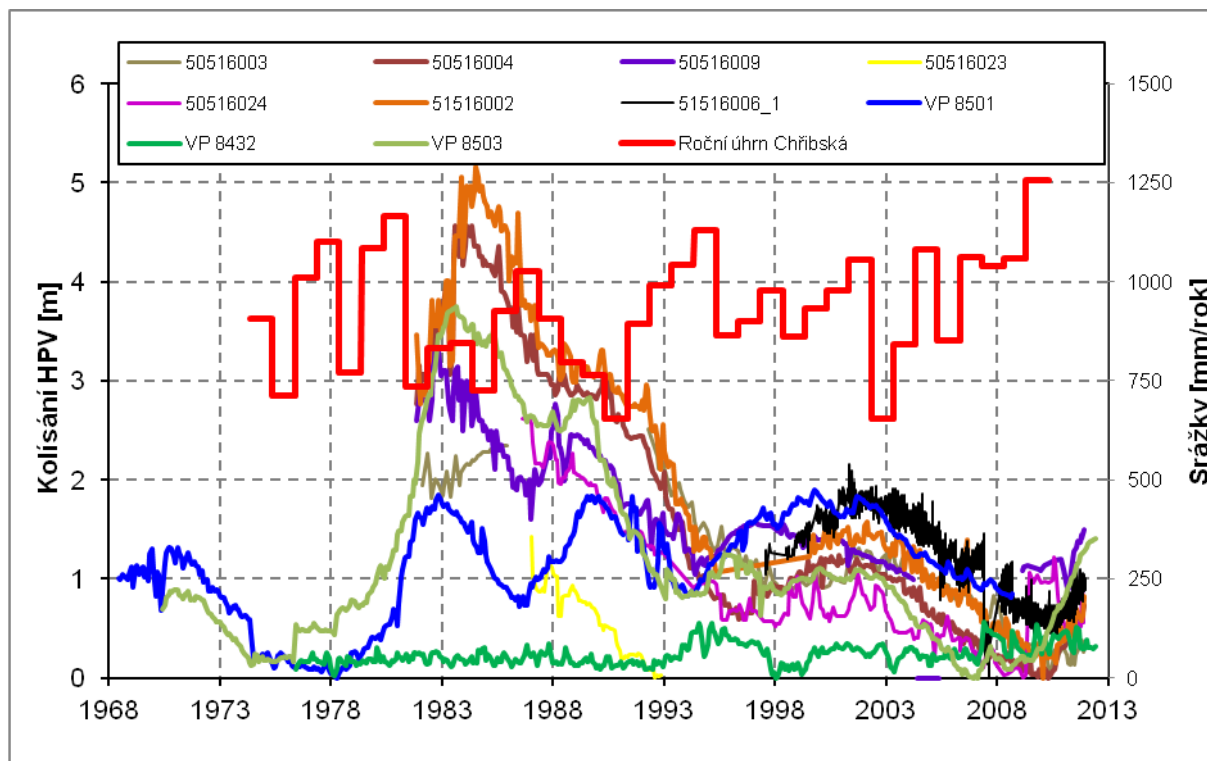
Mgr. Ondřej Nol, AQUATEST, a. s.

V rámci projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE) byl sestaven v první etapě národní, následně pak přeshraniční matematický model proudění podzemní vody v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Zpracovatelem modelu byl AQUATEST, a. s. Výsledný model včetně zprávy je uložen u objednatele, tedy VÚV TGM, v.v.i. Na přípravě celé řady podkladů ze saské části zájmové oblasti, zejména geologických, hydrogeologických, hydrologických a údajů o vodárenských odběrech, se podílel projektový partner LfULG, který rovněž aktivně spolupracoval při vývoji modelu.

Cílem transientního matematického modelu bylo vysvětlit původ poklesů, resp. silného kolísání hladin podzemní vody v minulých 30–40 letech a simulovat prognózu režimu podzemních vod v budoucnosti pomocí různých scénářů.

V zájmové oblasti došlo za posledních 35 let k výraznému poklesu, resp. k velkému kolísání hladin podzemní vody, přičemž nebylo jasné, zda měl tento vývoj přirozené příčiny, nebo byl způsoben intenzivním využíváním podzemních vod pro vodárenské odběry. Vrty německé pozorovací sítě vykazovaly od počátku osmdesátých let dvacátého století setrvalý pokles hladin podzemní vody. Na srovnatelných českých měřených vrtech sítě ČHMÚ (VP-8432 a VP-8501) se hladiny podzemní vody chovaly podobně. Do roku 1968 byl pozorován mírný nárůst hladin, po němž přibližně až do roku 1978 následoval pokles hladin. Rok 1978 znamenal počátek velmi strmého nárůstu hladin podzemní vody až o několik metrů, s vrcholem mezi lety 1983/84. To bylo spojeno s periodou vlhkého počasí, se srážkově obzvláště bohatým rokem 1981.

V období let 1982–1994 byl pozorován velký pokles hladin podzemních vod až o 5 m. Toto období bylo jednak charakterizováno nižšími srážkami, které byly (kromě let 1986–88) podprůměrné, a navíc významně stouply odběry podzemní vody, a to jak v české, tak i v německé části zájmové oblasti. Velký pokles hladin podzemních vod byl zapříčiněn jak vývojem meteorologických podmínek, tak i v důsledku odběrů vody. Od roku 1994/95 až do roku 2003/04 byl celkově pozorován opětovný vzrůst hladin podzemní vody, který je kromě snížených odběrů vody na české straně především i odrazem nástupu srážkově bohatšího období. Do roku 2010 pak následuje fáze poklesu hladin podzemní vody související s nižším přísunem srážkové vody, charakterizovaná především extrémními suchy v roce 2003 a velmi suchými jary let 2004 a 2005. Mezi lety 2010 a 2013 následuje období s nárůstem hladin podzemních vod, odrážející celkově vlhké roky 2009/2010 s povodněmi v roce 2010.



Obr. 1: Porovnání ročních srážkových úhrnů a vývoje hladin podzemních vod v turonském kolektoru zájmového území

Zájmové území matematického modelu zabírá plochu cca 150 km² v příhraničních oblastech států ČR a SRN a při severním okraji české křídové pánve. Na území každého státu se nachází zhruba 50 % zájmové oblasti. Modelová oblast se na českém území nachází v severní části hydrogeologického rajonu 4660 – Křída Dolní Kamenice a Křinice a v severní části útvaru podzemních vod 46600 – Křída Dolní Kamenice a Křinice. Na německém území modelová oblast zahrnuje celý saský útvar podzemních vod "EL 1-6 Kirnitzsch". Severní a severovýchodní hranici tvoří tzv. lužická porucha, která tím i kopíruje okraj křídové pánve. Jihovýchodní hranice modelované oblasti je reprezentována doubickým zlomovým polem (děčínské zlomové pásmo), jižní a západní hranici představuje tok Kamenice, Chřibské Kamenice a Labe.

Hlavním stavebním kamenem matematického modelu bylo vytvoření společného přeshraničního hydrogeologického modelu, ve kterém byla datově definována geometrie a rozsah všech významných kolektorů a poloizolátorů. Základem pro německou část společného hydrogeologického modelu je geologický strukturální model vypracovaný Voigtem et al. (2013), který kromě jiného obsahuje i velmi důležitou korelaci rozdílných českých a saských stratigrafických jednotek křídových pískovců. Na tomto základě zpracovala firma G.E.O.S. geologický 3D-model (GEOS, 2014). Tento model obsahuje 3D-geometrii 14 geologických vrstev HGK 800 až 910 (tab. 1) sestavenou na základě předchozích prací Voigt et al. (2013). Jižní hranice geologického 3D-modelu leží na českém území a probíhá podél Kamenice.

Sestavování přeshraničního hydrogeologického modelu v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch tedy bylo v německé části založeno především na německém geologickém modelu (Voight et al., 2013; GEOS, 2014), ve kterém bylo vymezeno 14 geologických vrstev křídových sedimentů na německém území.

Všechny geologické vrstvy na německém území byly podle Rösnera et al. (2008) spojeny do hydrogeologických kolektorů a poloizolátorů (tab. 1).

Pro přehlednost je při sestavování přeshraničního hydrogeologického modelu používána německá terminologie – kolektory se označují 1, 2, 3 a 4, poloizolátory mezi kolektory se označují jako 1/2, 2/3 a 3/4. Kolektor spojený z kolektorů 2 a 3 na českém území se označuje jako spojený kolektor 2+3. Vymezení kolektorů 4 a 3 (na českém území se jedná o kolektory A a BC) bylo na českém území provedeno podle Herčíka et al. (2003), z dat ČGS-Geofondu a z dat z archivu zhotovitele. Jednotlivé báze kolektorů 4 a 3 a strop kolektoru 4 vymezené Herčíkem et al. (1987) byly zdigitalizovány, upraveny podle nových dat a propojeny s německým hydrogeologickým modelem. Při vzájemném přizpůsobování geometrií kolektorů byly mimoto použity i informace z českých měřených vrtů a výsledky dílčí studie pramenů a jejich vydatností (Eckhardt, 2013).

Strop kolektoru 3 a báze kolektoru 2 na českém území byly odvozeny podle nadmořské výšky pramenů, které byly zdokumentovány Eckhardtem (2013) a bodových dat z vrtů na českém území. Báze kolektoru 1 byla na českém území extrapolována podle sklonů kolektoru 1 na německém území a místně upravena podle nadmořské výšky pramenů, které náleží do kolektoru 1. Rozsah kolektoru 1 na českém území byl upraven podle digitálního modelu terénu.

Tab. 1: Přehled stratigrafických jednotek pískovců a korelace s českými jednotkami na úrovni geologických vrstev, vazby na hydrogeologii (kolektor, poloizolátor) a odvození hydrogeologických vrstev pro model proudění

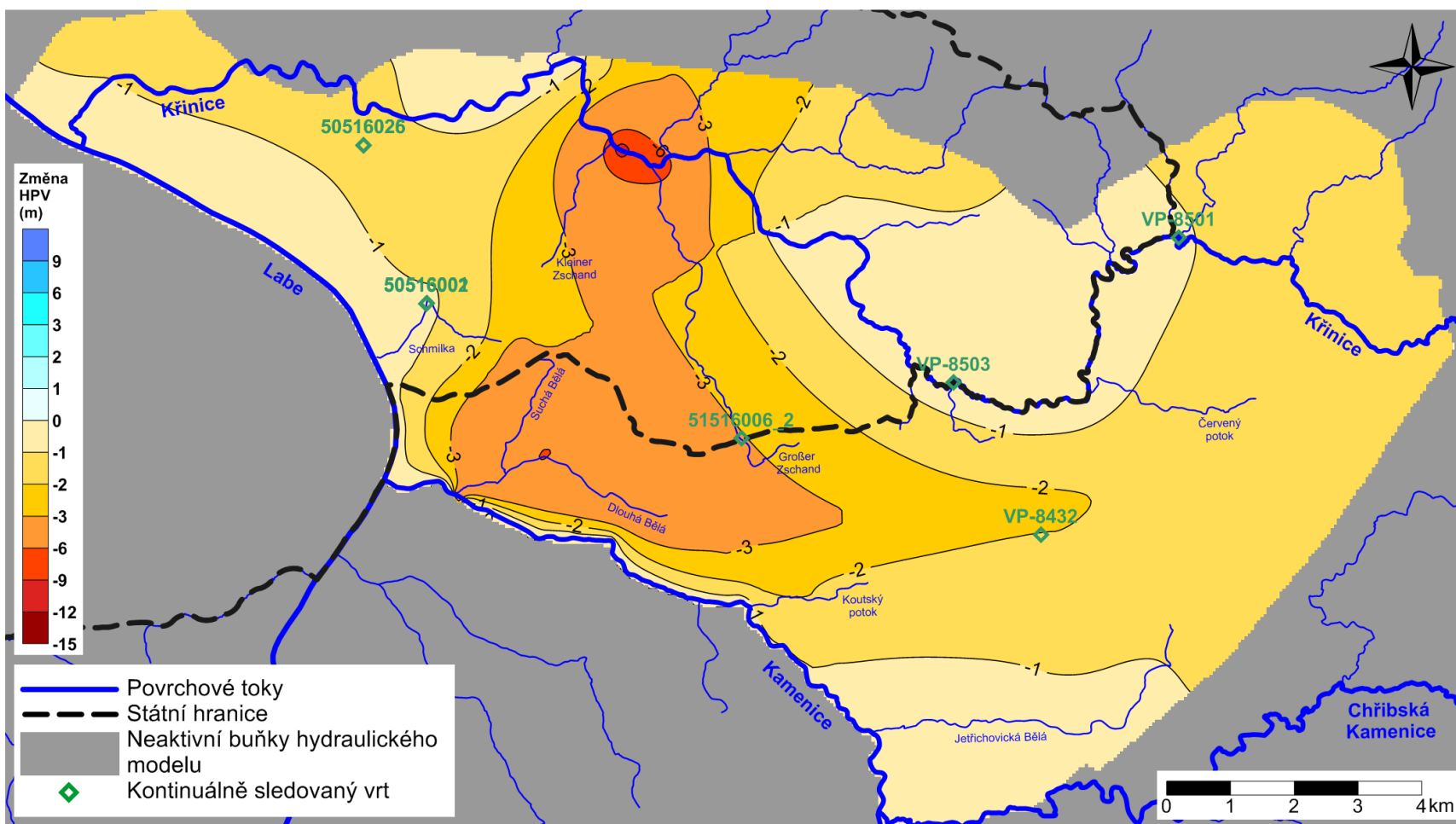
HGK	Německé označení geologických vrstev Voigt et al. (2013)	Hydrogeologické zařazení podle Rösnera et al. (2008)	České názvosloví	Odvozená definice hydrogeologických vrstev v hydrogeologickém modelu	
				Západní část	Východní část
800	Sandstein e	Kolektor 1c	–	Kolektor 1	
810	Zwischenzone δ 2		–		
820	Sandstein d	Kolektor 1b	–		
830	Zwischenzone γ 3		–		
840	Sandstein c	Kolektor 1a	–		
850	Zwischenzone β		–	Poloizolátor 1/2	
860	Sandstein b	Kolektor 2	Kolektor BC	Kolektor 2	Kolektor 2+3
870	Sandstein a_3			Poloizolátor 2/3	Kolektor 2+3
872	Sandstein a_2				
875	Lamarcki-Pläner				
880	Sandstein a_1	Kolektor 3		Kolektor 3	Kolektor 2+3
890	Labiatus-Sandstein				
900	Labiatus-Pläner		Poloizolátor A/BC	Poloizolátor 3/4	
910	Cenoman	Kolektor 4	Kolektor A	Kolektor 4	

Model proudění podzemní vody obsahuje sedm modelových vrstev, s parametry v souladu s jejich hydraulickými vlastnostmi. Jelikož v rámci projektu nebyly prováděny vlastní průzkumy směřující

k určení hydraulických veličin pískovců, muselo se stanovení parametrů jednotlivých modelových vrstev opírat o existující data pocházející ze starších expertiz, zpráv z geologických průzkumů a z habilitačních vědeckých prací. Dále pak byl model proudění u naměřených hladin podzemních vod nakalibrován tak, aby se dosáhlo co nejlepší shody mezi naměřenými a pomocí modelu vypočtenými hladinami podzemní vody. Pomocí tranzientního modelu bylo nyní možné nejenom modelovat vývoj hladin podzemní vody, nýbrž i kvantifikovat vliv přirozených a antropogenních příčin na výši hladin podzemní vody a simulovat budoucí vývoj hladin podle nadefinovaných scénářů odrážejících různá množství budoucích srážek a odběrů vody (příklad viz obr. 2).

Bylo zjištěno, že u stanovených modelových hypotéz je vliv velikosti infiltrace a odběrů podzemní vody na kolísání hladin podzemních vod velmi pravděpodobně zhruba rovnocenný. V 17 prognózních scénářích byly uvažovány různé klimatické vývoje (např. postupné snižování infiltrace o 1 mm za rok vlivem působení klimatických změn). V případě, že u odběrů vody nedojde v budoucnu k žádným podstatným změnám, budou rozhodujícím faktorem pro budoucí vývoj zásob podzemních vod v zájmovém území změněné klimatické podmínky a s tím spojené změny ve tvorbě nové podzemní vody. Za předpokladu průměrného poklesu infiltrace o 1 mm ročně v důsledku klimatické změny dojde při konstantním odběru podzemních vod k poklesu hladiny podzemní vody až o 3,5 m v kolektoru 2, resp. 6–9 m v kolektoru 3 (v závislosti na lokalitě – drenážní/infiltrační oblast).

Výsledky modelu jsou využívány pro další výstupy projektu Společně využívané podzemní vody na česko-saském pomezí (GRACE) – pro informaci veřejnosti a pro návrh společné strategie ochrany zdrojů podzemních vod pro státní a veřejnou správu.



Obr. 2: Rozdíl hladin podzemní vody scénářů V2S1-1 a V2S2-2 – kolektor 3, rok 2043 (modelový rozdíl hladin podzemní vody mezi scénářem se současnými odběry a s průměrnou infiltrací 253 mm/rok a scénářem se současně povolenými odběry a s lineárním poklesem infiltrace z 253 na 224 mm/rok během následujících 30 let)

Pozn.: Záporné hodnoty rozdílů hladin podzemní vody znamenají snížení hladiny podzemní vody oproti scénáři V2S1-1. Kladné hodnoty rozdílů hladin podzemní vody popisují nárůst hladiny podzemní vody oproti scénáři V2S1-1.

Literatura

Eckhardt, P. (2013) Vývoj vydatnosti pramenů a pramenných oblastí v oblasti Hřensko–Křinice/Kirnitzsch. Studie zpracovaná v rámci projektu Společně využívané vody na česko-saském pomezí (GRACE), závěrečná zpráva MS VÚV TGM, v.v.i., Praha, 96 stran.

G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH (2014) Entwicklung zweier 3D-Modelle hydrogeologischer Körper im sächsisch-böhmischen Grenzgebiet im Rahmen des Ziel 3-Projektes GRACE. Abschlussbericht, im Auftrag des LfULG, Bearbeiter R. Kahnt, R. Löser, A. D. Gabriel, D. Hermann, S. Renker, M. Helbig, A. Kutzke; 115 S. + Anl.

Herčík, F. & V. Nakládal (1987) Hydrogeologická syntéza české křídové pánve – BILANČNÍ CELEK 3. Stavební geologie, n.p., Praha.

Herčík, F., Z. Herrmann & J. Valečka (2003) Hydrogeology of the Bohemian Cretaceous Basin. Czech Geological Survey, Prague, 91 p.

Rösner, S., P. Szymczak & R. Höhn (2008) Zustandsüberwachung Grenzgrundwasser / Operatives Messnetz. G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH. Freiberg.

Voigt, T., J. Franke & S. Franke (2013) Grundlagen für ein geologisch-tektonisches Modell der Kreideablagerungen im Sächsisch-Böhmischen Grenzbereich im Rahmen des Ziel 3 – Projektes GRACE. Abschlussbericht, unveröffentlicht, im Auftrag des LfULG, 42 S. + Anl.