

Poznámky k teplotno-tlakovým pomerom a geotermálnej energii východného Slovenska uverejneným v knihe R. Rudinca: Zdroje ropy, zemného plynu a geotermálnej energie na východnom Slovensku

MARIÁN FENDEK¹, MIROSLAV KRÁL²

Geofyzika, s. p., Brno, závod Bratislava, Geologická 18, 825 52 Bratislava
Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Recenziu celej monografickej práce urobil D. Vass (*Mineralia slovac*, 21, 1989, s. 480). V nadväznosti na túto prvú recenziu sa chceme vyjadriť k problematike teplotno-tlakových pomerov a geotermálnej energie, ktorej autor venoval kapitolu 7 a 8.

Prvé, čo čitateľa zarazí, sú názvy týchto kapitol (kap. 7 Teplotno-tlakové pomery . . . , kap. 8 Tlakové pomery), podľa ktorých by problematika tlakových pomerov mala byť hodnotená hneď v dvoch hierarchicky rovnocenných kapitolách. Po ich prečítaní však zistíme, že názov 7. kapitoly nezodpovedá jej obsahu, ktorý je venovaný iba hodnoteniu teplotných pomerov v rôznych geologických jednotkách východného Slovenska a tlakovým pomerom je skutočne venovaná iba 8. kapitola. V úvode kapitoly 7.1. uvedený prehľad literatúry, týkajúci sa problematiky „zemského tepla v Západných Karpatoch“, reprezentuje praktické práce realizované v tejto oblasti do r. 1980 okrem jedinej práce M. Krála et al. (1985). Z toho vyplýva, že autor nebral do úvahy práce, ktoré boli urobené v tejto oblasti za posledných minimálne 8 rokov. Prítom do r. 1980 bol výskum v oblasti geotermálnej energie ukončený iba v komárňanskej vysokej kryhe a viacerými vrtními bol rozpracovaný v centrálnej depresii podunajskej panvy. Za obdobie, z ktorého autor neuviedol ani jednu citáciu, bol výskum ukončený v centrálnej depresii podunajskej panvy a vo viedenskej panve, ďalej bol pomocou geotermálnych vrtov rozpracovaný v topoľčianskom zálive, Bánovskej kotline, Liptovskej kotline, Turčianskej kotline, Popradskej kotline a mnohé ďalšie regióny boli pre výskum geotermálnej energie zhodnotené (napr. piešťanský záliv, trnavský záliv, zlatomoravský záliv, Žilinská kotlina, Turčianska kotlina). Výsledky prác z vyššie menovaných regiónov sú dostupné v početných publikáciách a čiastkových záverečných správach. Keby bol autor bral do úvahy túto literatúru, neviem, či by potom napísal, že „ . . . skúmanie vrstvom tlakov má oveľa menšiu tradíciu a skromnejšie výsledky . . . “ (str. 78). Tento výrok možno platí pre ropné vrty, ale rozhodne nie pre geotermálne, pri ktorých hodnotenie tlakových pomerov je prvým krokom na určenie tepelno-energetického potenciálu skúmaného regiónu.

Formulácia uvedená na str. 78, že „Teplotné pole charakterizujú hodnoty tepelných tokov . . . “ je nesprávna, lebo teplotné pole je charakterizované teplotou, prípadne teplotným gradientom. Ako metódu výpočtu tepelných tokov ďalej autor uvádza násobenie geotermických gradientov tepelnou vodivosťou hornín. Ide o Fourierov vzťah, ktorý sa používa na výpočet tepelného toku vo vrtoch s neúplným teplotným meraním a pri nedostatočnom množstve vzoriek na meranie tepelnej vodivosti hornín. V praxi sa na tieto účely najčastejšie používa Bullardova metóda sumácie tepelných odporov.

Autor na str. 80 uvádza strednú hodnotu tepelného toku Zeme $50,2 \text{ mW/m}^2$. Ide o údaj z r. 1972, ktorý už v súčasnosti neplatí. Z takmer 10 000 údajov vypočítal H. N. Pollack a D. S. Chapman (1987) priemerný tepelný tok cez povrch Zeme 80 mW/m^2 . Aj z oblasti Západných Karpát už existujú novšie

údaje, zhodnotené z podstatne väčšieho množstva vstupných údajov, ako uvádza autor podľa Čermáka z r. 1975.

Najzávažnejším praktickým nedostatkom kapitoly 7 sú chybné vypočítané teplotné gradienty vo všetkých vrtoch uvedených v tab. 2 na str. 85. Pri výpočte sa zrejme nebrala do úvahy teplota neutrálnej zóny. Hodnoty teplotných gradientov sú zrejme preto nadhodnotené o $7\text{--}12 \text{ }^\circ\text{C/km}$. Z uvedeného vyplýva, že aj obr. 24 na str. 84 nezobrazuje reálne hodnoty priemerného teplotného gradientu do hĺbky 3 000 m na východnom Slovensku. Ide o závažnú chybu, pretože posúdenie geotermickej aktivity východného Slovenska prostredníctvom teplotného gradientu je nadhodnotené.

Názov kapitoly 7.2. „Možnosti využívania zemského tepla ako geotermálnej energie na východnom Slovensku“ nie je správny, lebo termín „zemské teplo“ je synonymom termínu „geotermálna energia“ a okrem toho nezodpovedá obsahu tejto kapitoly. V celej kapitole 7.2. je totiž využitie geotermálnej energie na východnom Slovensku spomenuté iba dvakrát, a to na str. 89, „ . . . na turisticko-rekreačné účely . . . “ a na str. 90: „ . . . aj na rekreačno-turistické účely . . . “, takže autor neprezentoval „široké spektrum“ využitia geotermálnej energie na východnom Slovensku. Okrem týchto dvoch prípadov nie je v súvislosti s východným Slovenskom ani zmienka o využívaní geotermálnej energie, pričom celá kapitola je rozpisovaná na 4 stranách (87–91). Obsah kapitoly najlepšie vystihuje veta: „Ďalším spôsobom, ako získať geotermálnu energiu, je odber tepla zo suchých teplotných hornín (dry hot rocks)“ (str. 89), t. j. autor píše skôr o možnostiach získania, ako o možnostiach využívania geotermálnej energie. V kapitole 7.2.1. v zásade iba konštatuje, koľko vody, akej a z ktorého vrtu tieklo. Posledných 5 odstavcov kap. 7.2.2. s nezvyčajným názvom „suché horniny“ patrí obsahovo spolu s obr. 27 do kap. 7.2.1. „Termálne vody“, lebo sa v nich píše: „ . . . o možnom priestorovom rozložení perspektívnych oblastí pre výskyt termálnych vôd na východnom Slovensku . . . “ (str. 90), čo je problematika určite odlišná od „suchých hornín“. Okrem toho je problematika tepla suchých hornín (hot dry rock) na podstatne vyššej úrovni na území Slovenska (aj východného) rozpracovaná napr. v práci O. Franka, O. Fusána, M. Krála a D. Majcina (1986).

V úvode 8. kapitoly (str. 92) autor okrem iného uvádza nesprávnu definíciu hydrostatického tlaku, ako aj vzťah na jeho výpočet. Hydrostatický tlak vypočítaný podľa tohto vzťahu pre „hydrostatickú tlakovú výšku“ $H = 1\,000 \text{ m}$ a mernú hmotnosť vody $1\,000 \text{ kg/m}^3$ je údajne

$$P_{\text{hydrost}} = 1\,000 \cdot 1\,000 \cdot 9,81 = 9\,810\,000 \text{ kPa},$$

čo samozrejme nie je pravda, lebo ten je v skutočnosti $9\,810 \text{ kPa}$. Prevodový koeficient 9,81 nie je prevodovým koeficientom vo vzťahu k jednotkám, ktoré tu uvádza autor, ale je to normálne tiažové zrýchlenie (m/s^2), ktoré závisí od zemepisnej šírky a pre oblasť Slovenska sa pohybuje v intervale $9,80845\text{--}9,81069 \text{ m/s}^2$.

Pre vody viazané na hlboké štruktúry s napätou hladinou podzemnej vody tiež neplatí, že: „Merná hmotnosť vody vplyvom stupňa mineralizácie je obyčajne vyššia ako 1 000 kg · m⁻³“. Autor chcel zrejme povedať, že mineralizácia zvyšuje mernú hmotnosť vody, čo nie je ale to isté, lebo okrem toho na mernú hmotnosť týchto vôd vplývajú aj ďalšie činitele (teplota, tlak, obsah plynu), ktoré sa navzájom kompenzujú a výsledkom je často merná hmotnosť menšia ako 1 000 kg/m³. Napríklad v centrálnej depresii podunajskej panvy sú v hlbkovom intervale 1 000–3 000 m geotermálne vody, ktorých mineralizácia je 0,71–93,73 g/l, teplota 40–135 °C a priemerná merná hmotnosť zodpovedajúca statickým hodnotám hydrostatického tlaku je 987–1 040 kg/m³. Na lokalite Oravská Polhora bola mineralizácia vôd zachytených vrtom FPJ-1 okolo 49 g/l, teplota v hĺbke 1 820 m 54 °C, obsah plynu 5,56 m³/m³ a priemerná merná hmotnosť vody vo vrte zodpovedajúca statickej hodnote hydrostatického tlaku 1 029 kg/m³. Merné hmotnosti „mineralizovaných vôd“, uvedené autorom pre východoslovenský neogén v rozmedzí 1 005–1 058 kg/m³, sú vysoké. Ak vychádzame z toho, že mineralizácia vôd je 10–47 g/l (ako to uvádza autor na str. 88), priemerná teplota v hĺbke 1 000 m je 62 °C a v hĺbke 3 000 m je 152 °C (Kráľ et al., 1985), potom priemerné hodnoty mernej hmotnosti týchto vôd sa pohybujú v intervale 990–1 028 kg/m³. Táto skutočnosť má dopad aj na tlakový gradient, ktorého priemerné hodnoty v tom zmysle, ako to používa autor, sa potom pohybujú v intervale 9,71–10,08 kPa/m. To má dopad aj na ďalšie interpretácie, ktoré robí autor ďalej. Len na ilustráciu uvádzame, že zmena tlakového gradientu o 0,28 kPa/m v hĺbke napr. 2 000 m predstavuje zmenu tlaku 560 kPa, čo zodpovedá zmene piezometrickéj výšky o 55,5 m.

Autorovu predstavu o hydrostatickom tlaku znázorňujú obr. 28 a 29. Je to predstava veľmi zjednodušená a sama osebe vytvára tlakové anomálie, pričom je plná nezrovnalostí s textom. Autor v texte píše o mernej hmotnosti vôd v intervale 1 005–1 425 kg/m³ (str. 92 a 98 v tab. 3), ale na obrázkoch znázorňuje hydrostatický tlak zodpovedajúci mernej hmotnosti 1 000 kg/m³. Dôsledky tohto počínania objasníme na príklade výpočtu hydrostatického tlaku pre hĺbku 2 500 m a mernú hmotnosť vody 1 000 – 1 425 kg/m³:

$$p_0 = 1\,000 \cdot 2\,500 \cdot 9,81 = 24\,525\,000 \text{ Pa}$$

$$p_1 = 1\,005 \cdot 2\,500 \cdot 9,81 = 24\,647\,625 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 1\,425 \cdot 2\,500 \cdot 9,81 = 34\,948\,125 \text{ Pa}$$

Všetky tri tlaky sú vypočítané podľa rovnakého vzťahu. Tlak p_0 autor zobrazuje na obr. 28 a 29 ako hydrostatický. Vzhľadom na rovnaký postup výpočtu je logické, že aj tlaky p_1 a p_2 sú hydrostatické, len zodpovedajú iným merným hmotnostiam kvapaliny. Takéto tlaky sú však už na spomínaných obrázkoch znázorňované ako anomálne (nadhydrostatické), lebo sú väčšie ako tlak p_0 . Tlak p_2 je väčší ako tlak p_0 o 10,423 MPa, t. j. je vyšší ako hydrostatický (v zmysle autora) o 42,5 %, a falošná anomália je na svete.

Okrem mernej hmotnosti na statickú hodnotu hydrostatického tlaku vplyva aj hodnota tlakovej výšky, čo opäť logicky vyplýva z definície hydrostatického tlaku. Myslíme si, že skôr výnimkou je prípad, v ktorom v hlbokých štruktúrach s napätou hladinou podzemnej vody sa tlaková výška zhoduje s terénom (t. j. s hĺbkou 0 m), ako je to znázornené na obr. 28 a 29. To, či sa hladina podzemnej vody z takejto štruktúry ustáli vo vrte pod terénom alebo nad terénom, závisí predovšetkým od typu hydrogeologickej štruktúry v zmysle O. Franka, S. Gazdu a M. Michalička (1975) a od ďalších vplyvov, ktoré sú opísané

v práci O. Franka a M. Fendeka (1985). Uvedieme príklady z niektorých štruktúr, v ktorých bol už realizovaný výskum geotermálnych zdrojov, ktorého neoddeliteľnou súčasťou je aj hodnotenie tlakových pomerov, čo autor vo svojej práci opomenul (pozri napr. str. 78, 94). V centrálnej depresii podunajskej panvy sú hladiny geotermálnych vôd od 124 m pod terénom po 46 m nad terénom, vo viedenskej panve 65–146 m nad terénom, v levicekej kryhe 3–50 m pod terénom, v Liptovskej kotline od 56 m pod terénom až po 136 m nad terénom. Z uvedených príkladov vidno, že rozdiel medzi terénom a hladinou podzemnej vody reprezentujúcej tlakovú výšku zodpovedajúcu statickej hodnote hydrostatického tlaku predstavuje rádovo desiatky metrov.

Okrem toho tlakové anomálie môžu byť namerané ako dôsledok zlého odskúšania perforovaného úseku. Ako príklad môžeme uviesť opis výsledku overovania jedného hlbkového intervalu na opornom vrte Smilno-1 (Leško et al., 1987, str. 68). Citujeme: „V konečnej hĺbke 5 700 m sa podarilo testerom s priemerom 152 mm úspešne overiť úsek 5 639–5 700 m. Počas prítokovej periódy vytekala z vrtných tyčí voda (600 l). Ďalšie vypúšťanie bolo z bezpečnostných dôvodov prerušené (veľká hĺbka a otvorený terén). Po vytiahnutí testeru sa zistil prítok 675 l kvapaliny, z toho 530 l preplyného hustého výplachu mernej hmotnosti 1 350–1 400 kg/m³ a 145 l filtrátu mernej hmotnosti 1 060 kg/m³. Extrapolovaný ložiskový tlak bol 82,75 MPa (843,6 atm.). Vzhľadom na hustotu ložiskovej vody, ktorú zistil vrt Zboj-1 v zbojskom súvrství (Ďurkovič et al., 1982), je ložiskový tlak vo vrte Smilno-1 o 41,9 % vyšší než hydrostatický tlak“. (Koniec citátu.) Autormi kapitoly „Ložiskovo-geologické hodnotenie“, z ktorej je uvedený citát, sú: R. Rudinec, J. Smetana, L. Losík a B. Leško. Výsledok opísanej skúšky je nehodnoverný, lebo v čase jej trvania nebol dosiahnutý ani len prítok ložiskovej kvapaliny. Z opisu je jasné, že v testeri bol iba preplyný hustý výplach a filtrát. Autori ďalej uviedli iba extrapolovaný, a nie nameraný ložiskový tlak. Myslím, že výsledky takýchto skúšok sú jednou z hlavných príčin „existencie“ anomálnych vrstvových tlakov. Potvrďuje to aj obr. 29, kde hodnota vrstvového tlaku získaná opísaným spôsobom z vrty Smilno-1 má skutočne anomálne postavenie. To, že v hodnotách anomálnych vrstvových tlakov, ako ich chápe a vyčleňuje autor, je chyba, signalizuje aj tabuľka 3 na str. 98. Vybranú časť z tejto tabuľky uvádzame v tab. 1.

TAB. 1
Porovnanie tlakových gradientov

Tlak. pásmo	Tlak. gradient (kPa/m)	Merná hmotnosť vody ρ (kg/m ³)	Tlak. gradient zodpoved. ρ (kPa/m)
Rudinec (1989)	Rudinec (1989)	Rudinec (1989)	Fendek (1990)
Východoslovenský neogén			
I.	10,4–19,1	1 005–1 425	9,859–13,979
II.	10,3–12,5	1 015–1 301	9,957–12,762
III.	do 10,3	1 054–1 096	10,339–10,751
Magurský príkrov			
II.	11,6–14,6	1 029–1 039	10,094–10,192
Duklianska jednotka			
IV.–III.	9,4–10,1	1 029–1 039	10,094–10,192

Zarážajúce na tejto tabuľke (str. 98 – tab. 3) je, že pri rovnakej mineralizácii, mernej hmotnosti vody a hlbkovom intervale pre

magurský príkrov a dukliansku jednotku, t. j. prakticky pri rovnakých vstupných parametroch, kde sa podľa autora predpokladá analogická voda (pozri vysvetlivky k tab. 3), v oblasti smilnianskeho tektonického okna a Zbojského chrbta sú také rozdielne tlakové gradienty (tab. 1), že magurský príkrov autor zaraďuje do II. a dukliansku jednotku do IV.–III. tlakového pásma. Ďalej je zarážajúce, že v tab. 3 (str. 98) sú všetky hodnoty II. tlakového pásma východoslovenského neogénu (napr. hĺbkový interval 1 000–2 000 m; mineralizácia 21,6–31,2 g/l; merná hmotnosť 1 015–1 018 kg/m³) vnútri intervalu hodnôt I. tlakového pásma (napr. hĺbkový interval 700–3 800 m; mineralizácia 6,6–471,4 g/l; merná hmotnosť 1 005–1 425 kg/m³) a aj napriek tomu sú zvlášť vyčlenené v rámci II. tlakového pásma. Na základe uvedených hodnôt si myslíme, že vyčlenenie II. tlakového pásma vo východoslovenskom neogéne nemá logické opodstatnenie. Ďalej autor na str. 92 pre mernú hmotnosť vody 1 005 kg/m³ uvádza tlakový gradient 9,86 kPa/m, ktorý podľa tab. 3 (str. 98) zodpovedá III. tlakovému pásmu, ale v tab. 3 (str. 98) už pri mernnej hmotnosti 1 005 kg/m³ uvádza tlakový gradient 10,4 kPa/m a zaraďuje ho do I. tlakového pásma. Navyše pre III. tlakové pásmo východoslovenského neogénu, hĺbkový interval 500–4 000 m a mineralizáciu 6,9–79,1 g/l uvádza mernú hmotnosť vody 1 054–1 055 kg/m³, ale už pre I. tlakové pásmo a približne rovnaký hĺbkový interval 700–3 800 m a mineralizáciu 6,6–80,3 g/l uvádza mernú hmotnosť v podstatne širšom intervale, a to 1 005–1 058 kg/m³ (pozri tab. 3 na str. 98). Na záver týchto nezrovnalostí treba ešte uviesť, že prakticky ani jeden tlakový gradient uvedený v tab. 3 (str. 98) nezodpovedá tým merným hmotnostiam vody, ktoré sú uvedené v tejto tabuľke. Tlakové gradienty zodpovedajúce týmto merným hmotnostiam uvádzame v tab. 1 (posledný stĺpec). Z tab. 1 vidieť, že autorom vyčlenené tlakové pásmo na základe tlakového gradientu nemajú praktické opodstatnenie, lebo pre všetky sa tlakový gradient nachádza v intervale hodnôt od 9,859 do 13,979 kPa/m. Posúdenie „dôsledkov zmien vrstvových tlakov

pre ropnú geológiu“ na základe tlakových gradientov tak, ako to robí autor na viacerých miestach svojej monografickej práce, resp. reinterpretačnú tlakových pomerov (tlakových pásiem) na základe skutočných tlakových gradientov aj s praktickým dopadom pre ropnú geológiu nechávame na čitateľa . . .

V celej práci je množstvo nedostatkov, ktoré často až dezorientujú čitateľa a vzbudzujú domnienku, že autor nemá zvládnuté základné pojmy, s ktorými narába. Príkladom môžu byť napr. autorom používané termíny – geozotermie priebehu geotermického stupňa, geozotermie gradientu, geotermálny gradient (porovnaj názov tab. 2 a obr. 24 s textom napr. na str. 80), zemský tlak, prevodový koeficient, suché teplotné horniny atď. Tiež napríklad nie je pravda, že: „Najvyšší tepelný tok 110 mWm⁻² sa v Československu nameral vo Východoslovenskej nížine“ (str. 80, porovnaj s textom na str. 78), alebo: „Rovnako pozoruhodné je zistenie výborných kolektorov v mezozoickom súvrství vo vrte Plavnica-1 v hĺbke 3 335–3 360 m (dosiahnutý prítok mineralizovanej vody (9,2 g . l⁻¹) s výdatnosťou 3,6 l . s⁻¹)“ (str. 60). Aký by mali potom prívlastok kolektory, u ktorých je vrtom overená výdatnosť 3–14-krát vyššia? Výrazným formálnym nedostatkom celej práce je aj uvádzanie jednotiek v rôznom tvare, napr. g/l, g . l⁻¹; mWm⁻²; °C . km⁻¹, °C/km; prípadne kombinácia dvoch spôsobov, napr. „hustota kg/m⁻³“ v tab. 3, ale nájdu sa aj zvláštne jednotky, napr. na str. 67: „Plyn možno charakterizovať ako suchý až slabo gazolinický (do 10 g . l⁻¹ Nm³ plynu)“. Zaujímavý je tiež výrok: „Pri ich prevrtávaní sa v intervale 5 000–5 700 m pozorovali intenzívne prejavy horľavého typu“, uvedený na str. 62.

Po prečítaní celej práce sme sa presvedčili, že nielen mnohé názvy kapitol nezodpovedajú svojmu obsahu, ale že to nie je inak ani s názvom monografie. Skutočnosť je taká, že autor sa pokúsil charakterizovať geotermickú aktivitu východného Slovenska, ale o geotermálnej energii na východnom Slovensku nie je v celej práci ani len zmienka. Z toho dôvodu si myslíme, že z názvu monografie je potrebné dodatočne geotermálnu energiu vypustiť.

Odpoveď na diskusiu M. Fendeka a M. Krála: Poznámky k teplotno-tlakovým pomerom a geotermálnej energii východného Slovenska uverejneným v knihe R. Rudinca : Zdroje ropy, zemného plynu a geotermálnej energie na východnom Slovensku.

Najskôr chcem poďakovať recenzentom za nevšedný záujem o moju monografiu. Nestáva sa u nás často, aby sa o publikovanej práci rozprúdila taká rozsiahla diskusia.

Ako som uviedol v úvode knihy, knižku som napísal v rokoch 1982–1984, vychádzajúc hlavne zo svojich publikovaných a nepublikovaných prác. Monografia obsahuje veľmi širokú škálu problémov, takže som v žiadnom prípade nemohol všetky perfektne zvládnuť. Preto možno na rôznej úrovni podrobiť kritike všetky kapitoly.

Nemal som možnosť vplyvať na vydavateľskú prácu a skrátiť zdĺhavé putovanie knihy, kým konečne v roku 1989 uzrela svetlo sveta. Pri jej sporadických „návratoch“ som doplnil niektoré novšie údaje tak, aby to čo najmenej sťažovalo prácu v redakcii a tlačiarom. Rozsiahlejšie zásahy do pripraveného textu neboli možné.

Tak sa stalo, že v prvej recenzii v Minerálii slova (1989/4) mi dr. Vass vyčítal, že som pre východoslovenský neogén nezohľadnil nové litostratigrafické jednotky neogénu (Vass a Čverčko, 1985). Iste by sa našli ďalší znalci flyša, ktorí by mohli kritizovať ďalšie okruhy.

Som rád, že recenzenti kapitoly 7 a 8 si ako špecialisti zobrali na mušku teplotné a tlakové pomery, ktoré podrobili podrobnej kritike, a práve k týmto okruhom by som mal uviesť niekoľko poznámok.

Aj keď sa danou problematikou v uvedenej oblasti zaoberám už 20 rokov, nečiním si nárok na „konečný súd“. Domnievam sa však, že mladší pracovníci veľmi často zabúdajú na pôvodné práce a predovšetkým východiskové podklady a ich pôvodné interpretácie, a to tak z teoretického, ako predovšetkým z praktického aspektu.

Najskôr sa dotknem okruhu zemského tepla, ktoré podľa recenzentov nie je hodnotené správne, aj keď som vychádzal zo skutočne nameraných podkladov. Čo sa týka výpočtu teplotného gradientu, nebral som zreteľ na neutrálnu zónu. To však nie je takou chybou, za akú to recenzenti vyhlásili. Hodnotím teplotné pole študovaného územia predovšetkým z aspektu skutočných teplôt a danej hĺbky z dvoch aspektov: 1. výskytu teplých vôd a celkovej geotermálnej energie (aj keď recenzentom to zrejme ušlo), 2. z pohľadu ropnej geológie.

Recenzenti zrejme nebrali ohľad na poznámku autora, že ak

zoberieme do úvahy požiadavky na ochranu životného prostredia, v súčasnosti sa nám javí využívanie teplých vôd najreálnejšie na rekreačno-turistické účely. Domnievam sa, že recenzenti nedocenili kapitolu o možnostiach získania zemského tepla zo suchých teplých hornín, kde autor na základe skutočných teplôt a poznatkov o geologickej stavbe túto problematiku rozvádza predovšetkým pre niektoré oblasti v podloží východoslovenského neogénu. Nikde v práci som sa nesnažil vypočítať hodnotu geotermálnej energie, čo recenzenti hľadali, alebo „nemohli nájsť“. Posudzovateľom zrejme ušlo, že v závere tejto kapitoly som vyčlenil štyri oblasti s možnosťou získať teplé vody, ako aj geotermálnu energiu zo suchých teplých hornín.

Druhým okruhom sú ložiskové tlaky, ktoré sú podľa recenzentov v práci prezentované nesprávne. V knihe uvádzané anomálne tlaky sú iba tlaky namerané, a nie, ako to chápú recenzenti, vypočítané. Naopak autor hneď v úvode kapitoly zdôraznil, že práve nameraný ložiskový tlak musíme vzťahovať na hydrostatický tlak, ktorý má v dôsledku mineralizácie vody rôznu hodnotu.

Na obr. 28 a 29 sú vynesené skutočne namerané ložiskové tlaky z jednotlivých štruktúr a z týchto hodnôt sú vypočítané tlakové gradienty, a nie, ako pochopili recenzenti, z hydrostatického tlaku vzhľadom na rôznu mineralizáciu vôd, čo by viedlo, ako sa to snažia dokumentovať recenzenti, k vzniku falošných anomálií.

Na ilustráciu uvádzam niekoľko údajov ložiskových tlakov získaných hlbinným výskumom a zodpovedajúci tlakový gradient vypočítaný na vrch perforácie:

Vrt	Hĺbka obzoru v m	Nameraný tlak v MPa	Tlak. gradient v kPa/m
Lastomír-1	2 826 –2 853	51,48	18,20
Stretava-11	2 794 –2 802,5	50,11	17,20
Stretava-25	3 072,5–3 110	57,85	18,80
Stretava-7	3 048 –3 055	49,66	16,29
Stretava-25	1 565 –1 569,5	19,80	12,60
Smilno-1	5 639 –5 700	82,75	14,67

Vzhľadom na veľký rozptyl mineralizácie vrstevných vôd je na obrázku 28 a 29 vykreslený hydrostatický tlak pre kvapalinu s hustotou $1\,000\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

V práci som analyzoval tento fenomén iba v študovaných ob-

lastiach východného Slovenska. Hodnoty ložiskových tlakov boli namerané v rámci hlbinného výskumu pri naftovom prieskume. Z týchto hodnôt sa vypočítali tlakové gradienty pre jednotlivé hĺbky a tie sa porovnávajú s tlakovými gradientmi vypočítanými z hydrostatického tlaku pre rôzne mineralizované vody. Na tomto základe boli vyčlenené horizontálne (obr. 31) aj vertikálne (obr. 30) tlakové zóny.

Žiaľ, práve tento princíp recenzentom asi unikol, pretože ináč by sa nemohli pozastavovať nad tým, že pri rovnakej mineralizácii vôd (str. 98, tab. 3), teda pri rovnakých vstupných parametroch, je magurský príkrov (vrt Smilno-1) zaradený do 2. tlakového pásma a duklianska jednotka (vrt Zboj-1) do 3.–4. tlakového pásma. Z obr. 29 je to jasné. To ostatné preukázala aj skutočnosť, že pri hĺbení vrtu Zboj-1, kde sú približne hydrostatické tlaky, stačil na ich zvládnutie výplach s hustotou do $1,420\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, zatiaľ čo pri hĺbení vrtu Smilno-1, kde sa uvažuje o tlakoch až o 40 % vyšších na stabilizáciu vrstevných tlakov bolo treba použiť výplach s hustotou až $1,640\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Správnosť zaradenia magurského príkrovu do tohto pásma potvrdili aj výsledky v súčasnosti realizovaného vrtu Zborov-1 v smilnianskom tektonickom okne. Tu sa ukázalo, že ložiskové tlaky sú o 50 až 60 % vyššie ako hydrostatický tlak a musel sa použiť výplach s hustotou až $1\,900\text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, aby sa zvládli tlakové prejavy.

Keďže tento postup sa dotýkal všetkých ďalších vytypovaných tlakových pásiem a zón, neboli vyčlenené neoprávnene a nie je pravda, že pre praktickú ropnú geológiu nemajú význam. Ide o jeden zo základných dokumentov o tlakových pomeroch tohto územia, čo zrejme môžu bližšie posúdiť povolanejší odborníci. Údajov o tejto problematike v rámci ropnej geológie sú stovky.

V závere by som chcel ešte raz podotknúť, že som sa snažil podať problematiku výskytu ropy, zemného plynu a geotermálnej energie predovšetkým z oblasti východného Slovenska vrátane citácií (je možné, že niektoré som neúmyselne zabudol uviesť, za čo sa ospravedlňujem). Na druhej strane chcem ale zdôrazniť, že niektorí, často mladší autori, snažiaci sa robiť regionálne niektoré korelácie, neraz zabúdajú na pramene, odkiaľ čerpali podklady pre svoje závery.

Aj keď som recenzentom povďačný za enormný záujem, mrzí ma, že nepochopili celý kontext práce, kde je prirodzene ťažké vyhnúť sa nejakým chybám: intenzívne prejavy horľavého plynu, a nie typu (str. 62) . . . prevodný koeficient, zrýchlenie a pod.

Rudolf Rudinec