

کاربرد نگار چگالی در برآورد میزان خاکستر زغال سنگ منطقه پروده ۱ طبس

نوشته: عادل وطن دوست*، دکتر مجید نبی بیدهندی* و دکتر غلامحسین نوروزی**

Application of Density Log in Coal Ash Estimation of Parvadeh-1 in Tabas

By: A.Vatandoost *, Dr.M. Nabi-Bidhendi * & Dr.Gh. Norouzi**

چکیده

روشهای چاه‌نگاری در اکتشاف زغال سنگ دارای کاربردهای مهمی است که از جمله می‌توان به تعیین ژرفا، ستبرا و کیفیت لایه‌های زغال اشاره کرد. استفاده از این روش در بررسی کیفی زغال، حائز اهمیت است. لذا در این مقاله، سعی شده است میزان خاکستر زغال سنگ منطقه پروده ۱ طبس به عنوان یکی از پارامترهای کیفی زغال مورد بررسی قرار گیرد. ۷ حلقه چاه اکتشافی در محدوده‌ای از منطقه پروده ۱ طبس انتخاب شده و پس از تفسیر نگارهای ثبت شده، به لحاظ کیفی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. منطقه دارای توپوگرافی آرام و لایه‌های زمین شناسی که عمدتاً تناوبی از شیل، ماسه سنگ، سیلت و زغال سنگ است، می‌باشد. چاه‌نگاری در چاه پر آب و بدون حفاظ انجام شده است. بررسی نگار چگالی نشان می‌دهد که با افزایش میزان پرتوزایی در محل لایه‌های زغالی، مقدار خاکستر زغال کاهش می‌یابد. بر همین اساس، با استفاده از محاسبات آماری، همبستگی معکوس با ضریب همبستگی معادل ۸۱ درصد میان خاکستر آزمایشگاهی و مقدار شمارش نگار چگالی به دست آمد.

کلید واژه‌ها: چاه‌نگاری، زغال سنگ، خاکستر، چگالی، پروده، طبس.

Abstract

Well logging Techniques have many important applications in coal exploration, including determination of coal depth, thickness and quality. This method is of great importance when coal quality investigation is carried out. In this paper, attempt has been made to investigate the coal ash content in Parvadeh-1 of Tabas region as one of the coal quality parameters. Seven boreholes from the study area have been selected and quality consideration of logs was examined after lithological interpretation. The region has a gentle topography and sequences of shale, sand, silt and coal layers were observed. Well logging was carried out in water filled and open boreholes. Density log shows that gamma emission in coal layers increases where the ash content of the coal is reduced. In this study statistical analysis indicates a correlation coefficient of 81 percent between chemical ash and density log count rate.

Key words: Coal, well logging, ash, density, Parvadeh, Tabas.

مقدمه

لایه‌های زغال با تغییر میزان خاکستر دارای نوساناتی است (Borsaru et al., 1991). شدت پرتو گامای بازتاب شده که توسط آشکارساز مشخص می‌شود، برای تمام انرژیهای فوتونهای بازتابی در لایه‌های چگالی پایین افزایش می‌یابد. بنابراین با استفاده از این نگار، می‌توان لایه‌های زغالی را به گونه‌ای کیفی تفسیر کرد. لایه‌های زغال سنگ به علت چگالی پایین با

روش چگالی یا گاما-گاما یکی از روشهای چاه‌نگاری است که در اکتشاف ذخایر زغال سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد و مبنای اصلی اندازه‌گیری میزان خاکستر در لایه‌های زغال سنگی است. شدت پرتوهای بازتاب شده از لایه‌های درون چاه، عموماً توسط چگالی و ترکیب شیمیایی تعیین می‌شود (Huppert et al., 1989). بنابراین شدت پرتوهای گامای بازتاب شده که توسط آشکارساز شناسایی می‌شود در

استفاده از سوند چگالی برداشت شده‌اند. چشمه سزیم ۱۳۷ و آشکارساز سدیم یدید توسط تالیم فعال شده، در این سوند استفاده شده است. عملیات نگاربرداری در شرایطی که چاهها پرآب و همچنین بدون حفاظ بوده‌اند، انجام شده است.

بررسی رابطه میان نگارهای چگالی و میزان خاکستر

پس از برداشت نگارهای چگالی در چاههای حفر شده در محدوده مورد مطالعه و وارد کردن آنها در برنامه winlogger، نگارهای برداشت شده، برای تفسیر به برنامه Viewlog منتقل شده‌اند. با استفاده از این برنامه، مرز میان لایه‌های مختلف با در نظر داشتن میزان پرتوزایی نگار چگالی شناسایی شده و ستبرای لایه‌های زغالی مشخص شده است. نگار چگالی با قدرت مرزی، به خوبی مرز میان لایه‌ها را مشخص می‌سازد. این نگار لایه‌های نازک زغالی را در مقایسه با دو نگار دیگر چگالی به خوبی مشخص می‌کند. همان‌گونه در شکل ۲ دیده می‌شود، لایه‌های زغالی در چاه شماره ۶۷۴ با استفاده از این نگارها (BRD, HRD, LSD) به خوبی معین شده‌اند. اما پس از شناسایی لایه‌های زغالی در این چاهها از نظر ژرفا و ستبرای، در گام بعدی کیفیت زغالها نیز مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور بررسی میزان خاکستر زغال‌سنگ، باید همبستگی بالایی میان چگالی و خاکستر زغال برقرار باشد (Borsaru, 1993). بدین منظور، ۱۶۰ نمونه زغال از چاههای منطقه پروده ۱ که میزان خاکستر و چگالی آنها در آزمایشگاه تعیین شده بود، برای بررسی همبستگی میان میزان خاکستر و چگالی، مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، ارتباط خوبی با ضریب همبستگی ۹۵ درصد میان چگالی و خاکستر زغال حاصل از اندازه‌گیری آزمایشگاهی برقرار است. بنابراین می‌توان با بررسی دقیق نگار چگالی، میزان خاکستر زغال‌سنگ را برآورد کرد (Borsaru et al., 2000). از این رو، مقدار خاکستر آزمایشگاهی و میزان پرتوزایی نگار چگالی با هم مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهند که در لایه‌های زغالی که میزان پرتوهای ثبت شده در نگار چگالی افزایش داشته، میزان چگالی کاهش و در نتیجه میزان خاکستر در آن لایه زغالی نیز کاهش یافته است. بنابراین میزان پرتو ثبت شده در محل لایه‌های زغالی با میزان خاکستری که در آزمایشگاه از نمونه‌های آن لایه‌ها اندازه‌گیری شده، قابل بررسی است. لازم به ذکر است که در این مطالعه، میزان پرتوها در نگار چگالی با فاصله سوند زیاد انتخاب شده است. پس از بررسی آماری داده‌ها، مدلی با ضریب همبستگی ۸۲ درصد به‌دست آمد. رابطه (۱)، به عنوان رابطه‌ای برای برآورد میزان خاکستر زغال‌سنگ که از مقایسه داده‌های خاکستر آزمایشگاهی و میزان شمارش گاما-گاما در چاههای واقع بر نیمرخ ۱، حاصل شده، به کار می‌رود. در این رابطه، پارامتر P میزان شمارش نگار چگالی در محل

افزایش میزان پرتوزایی نگار چگالی و همچنین به خاطر ناپرتوزا بودن، با کاهش میزان پرتوزایی گامای طبیعی قابل شناسی است.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

پروده ۱ یکی از مناطق کانسار زغال سنگ پروده از حوضه زغالدار طبس و در خاور ایران مرکزی، جنوب باختری استان خراسان، حاشیه شمال باختری کویر لوت و در جنوب خاوری شهرستان طبس است. چاههای حفاری شده در منطقه پروده ۱ (شکل ۱) فواصل زیادی از هم دارند. ژرفای این چاهها ۱۱۲ تا ۶۲۰ متر و قطر آنها ۱۰۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر است. به منظور بررسی میزان خاکستر در منطقه مورد مطالعه، نیمرخ ۱ (شکل ۱) انتخاب شد. چاههای واقع بر این نیمرخ به عنوان چاههای مینا برای بررسی رابطه میان خاکستر و نگار چگالی انتخاب شدند. از آنجا که توزیع داده‌ها در امتداد نیمرخ ۱ عادی بوده و تغییرات سنگ‌شناسی در امتداد این نیمرخ دیده نشده، به همین جهت، این نیمرخ انتخاب گردیده و پس از آن، نتایج حاصل از بررسی این چاهها در دو چاه دیگر خارج از آن، آزموده شد.

زمین شناسی منطقه پروده ۱

پروده ۱ با وسعتی حدود ۵۰ کیلومتر مربع، غنی‌ترین ناحیه زغال کک شو در ایران به شمار می‌آید. حد خاوری و شمال خاوری ناحیه را گسل نایبند و کلمرد، حد باختری را گسل نامرعی و رسوبات زغالدار مزینو، مرز جنوبی را گسل قوری‌چای تشکیل می‌دهند. این منطقه از نظر ساختاری، تاقدیسی کشیده و نامتقارن با محوری خاوری-باختری است. رسوبهای زغالدار در بخش قدیر سازند نایبند و همچنین در سازند آب حاجی واقع شده‌اند. پنج لایه زغالی B1, B2, C1, C2, D در این منطقه وجود دارد که سه لایه B1, B2, C1 در بیشتر بخشهای منطقه، ستبرای قابل توجهی دارند (فضل و دیگران، ۱۳۶۷).

عملیات چاه نگاری

نگارهای چگالی در محدوده مورد مطالعه واقع در پروده ۱، با استفاده از سوند چگالی شرکت رابرتسون و نرم افزار winlogger که قابلیت ارتباط با سوند و همچنین توان کنترل کابل در چاه به لحاظ سرعت نگاربرداری را دارد، برداشت شده است. نگارهای چگالی با فواصل سوند مختلف، تفکیک پذیری لایه‌های متفاوتی دارند. نگار چگالی با فاصله سوند زیاد (Long space density)، نگار چگالی با قدرت تفکیک بالا (High resolution density) و نگار چگالی با قدرت مرزی بالا (Bed resolution density) به ترتیب دارای فواصل سوند ۴۸، ۲۴ و ۱۵ سانتی‌متر هستند. در چاههای محدوده مورد مطالعه نیز این نگارها با

لایه‌های زغالی است. شکل ۴، ارتباط میان مقدار خاکستر آزمایشگاهی و میزان شمارش نگار چگالی را نشان می‌دهد.

$$\% \text{Ash} = 0.009 P - 0.0572 \quad (1)$$

بررسی معنی دار بودن اختلاف میان داده‌های اندازه‌گیری شده

برای بررسی مدل به‌دست آمده، چاههای شماره ۶۷۷ و ۶۷۸ به عنوان چاههای آزمایشی انتخاب شدند. جدول ۱، نتایج مقدار خاکستر پیش بینی شده با استفاده از رابطه (۱) در این چاهها را نشان می‌دهد. در شکل ۵، مقدار خاکستر آزمایشگاهی با مقدار خاکستر پیش بینی شده در چاه‌های شماره ۶۷۷ و ۶۷۸ با هم مقایسه شده و ارتباط خوبی با ضریب همبستگی ۸۱ درصد میان خاکستر پیش بینی شده و خاکستر آزمایشگاهی دیده می‌شود.

اما به گونه‌ای که در جدول ۱ دیده می‌شود، اختلافی میان مقدار خاکستر آزمایشگاهی و خاکستر پیش بینی شده وجود دارد که لازم است معنی دار بودن این اختلاف مورد بررسی قرار گیرد. به‌طور کلی، بررسی درجه معنی دار بودن اختلاف میان دو سری داده با مقایسه مقدار میانگین و پراش دو توزیع، می‌تواند مشخص شود. برای مقایسه مقدار پراش دو سری از داده‌ها باید آزمون فیشر (Fisher test) را انجام داد، سپس مقدار به‌دست آمده از این آزمون را با آنچه که از جدول مربوط به ازای یک سطح اطمینان معین (در بیشتر موارد ۹۵٪) به دست می‌آید، مقایسه کرد. مقدار آماری از رابطه (۲) به‌دست می‌آید:

$$F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (2)$$

که در آن S_1 و S_2 به ترتیب پراش بزرگ‌تر و کوچک‌تر هستند. اگر مقدار F_c از آنچه که (به ازای یک سطح اطمینان معین) از جدول استخراج می‌شود، یعنی F_c کوچک‌تر باشد، آنگاه اختلاف مقدار پراش دو سری داده معنی دار نخواهد بود. اگر اختلاف بین دو پراش معنی دار نباشد، باید مقایسه‌ای بین دو مقدار میانگین (یا لگاریتم آنها) به عمل آید. این امر با آزمون «ستودنت» (Student-t) با استفاده از رابطه (۳) انجام می‌پذیرد.

$$t_c = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \quad (3)$$

در رابطه فوق، X_1 ، X_2 ، S_1 ، S_2 ، N_1 ، N_2 به ترتیب میانگین، پراش و تعداد داده‌های سری اول و دوم هستند. اگر مقدار t_c بیش از مقداری باشد که به ازای یک سطح اطمینان معین از جدول استخراج می‌شود، در این صورت اختلاف بین دو مقدار میانگین معنی دار خواهد بود. در غیر این صورت، اختلاف دو مقدار میانگین بی معنی تلقی می‌شود (حسینی پاک، ۱۳۷۷).

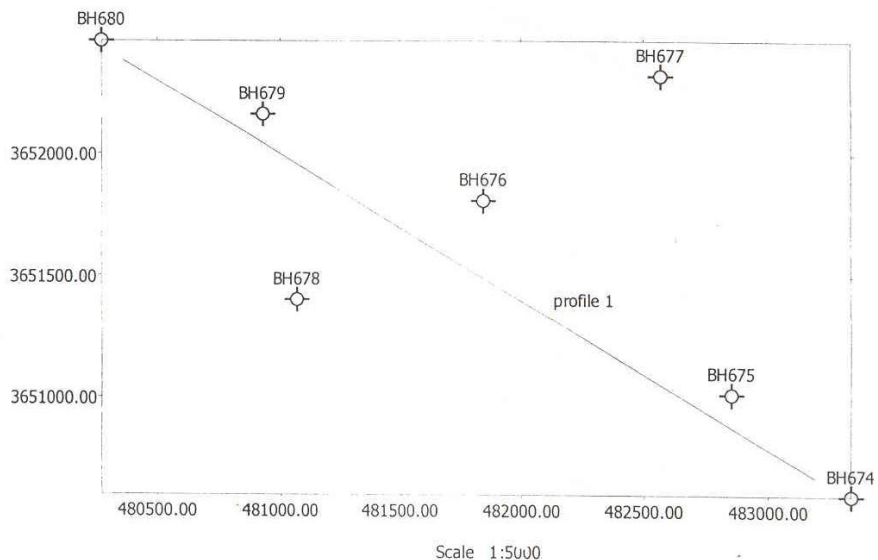
همان‌طور که گفته شد، برای بررسی اختلاف میان میزان خاکستر آزمایشگاهی و میزان خاکستر برآوردی، پراش داده‌های مربوط به میزان خاکستر آزمایشگاهی و همچنین میزان خاکستر برآوردی حاصل از نگار LSD به ترتیب برابر با ۱۵/۴۳ و ۶/۳۸ محاسبه شده و نسبت بین این دو مقدار برابر با ۲/۴۱ به‌دست آمد که همان F_c می‌باشد. با در نظر گرفتن درجه آزادی و سطح اطمینان ۹۵٪، مقدار F_c برابر با ۲/۶۹ به‌دست می‌آید. بنابراین همان‌گونه که دیده می‌شود، چون $F_c > F_c$ است، اختلاف میان داده‌ها بی معنی است. اما باید آزمون ستودنت t را نیز آزمون کرد. براساس رابطه ۳، مقدار t_c برابر ۲/۵۷ به‌دست می‌آید که با مقایسه آن با مقدار حاصل از جدول به ازای سطح اطمینان ۹۵٪ یعنی ۱/۷۸ که بزرگ‌تر می‌باشد، بنابراین اختلاف میان میانگین داده‌ها، معنی دار تلقی می‌شود. اما در یک سطح اطمینان ۹۹٪ اختلاف میان میانگین داده‌ها بی معنی خواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

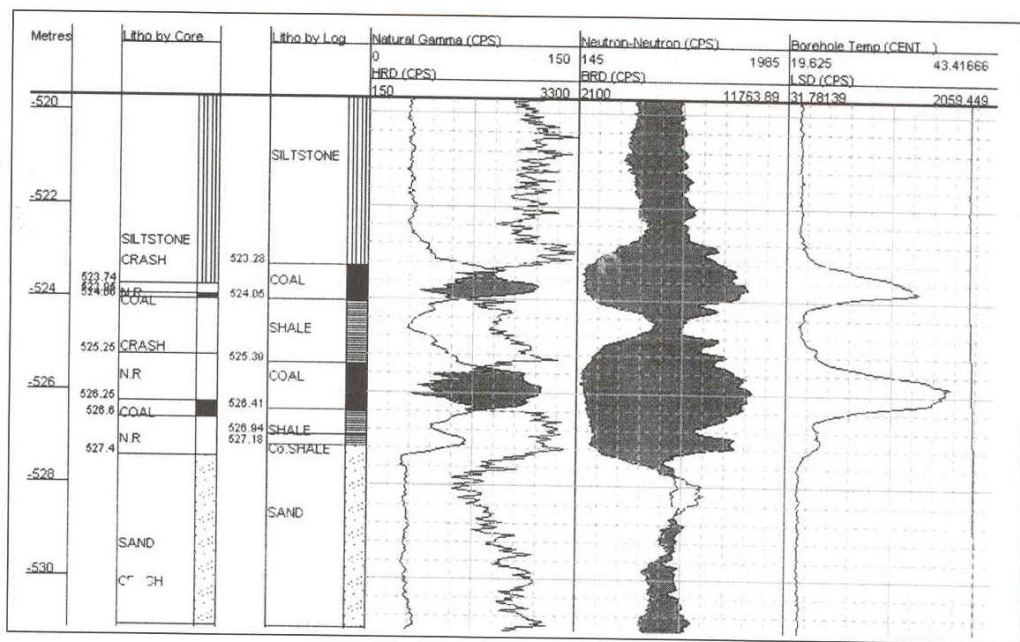
از آنجا که زغال‌سنگهای منطقه پروده ۱ بسیار نرم هستند، اغلب نمونه‌های زغالی، آلوده به گل حفاری است که در چنین مواردی، جدا کردن گل حفاری از سطح نمونه‌ها کافی نبوده و در نتیجه خاکستر اندازه‌گیری شده تا حدود ۵ درصد بیشتر از مقدار واقعی تعیین می‌شود. بنابراین رابطه (۱) به عنوان یک مدل کمکی برای برآورد مقدار خاکستر در ناحیه مورد مطالعه می‌تواند به کار گرفته شود. لازم به ذکر است که در بررسی میزان خاکستر در منطقه مورد مطالعه به روش چاه نگاری، نوع شیل و نحوه توزیع آن در اطراف لایه‌های زغالی، باعث خطاهایی می‌شود که باید در نظر قرار گیرد. همچنین تغییرات قطر چاه، چگالی آب موجود در چاه و جنس لایه‌های موجود در بالا و پایین لایه زغالی در ایجاد خطا مؤثر هستند. رابطه (۱) در فواصل دور از محل برداشت، کارآیی خود را از دست خواهد داد. برای تعمیم این رابطه به ناحیه با وسعت بیشتر، لازم است در ابتدا چاههای بیشتر و با فواصل منظم انتخاب شده تا بتوان نتیجه بهتری را به‌دست آورد.

تشکر و قدردانی

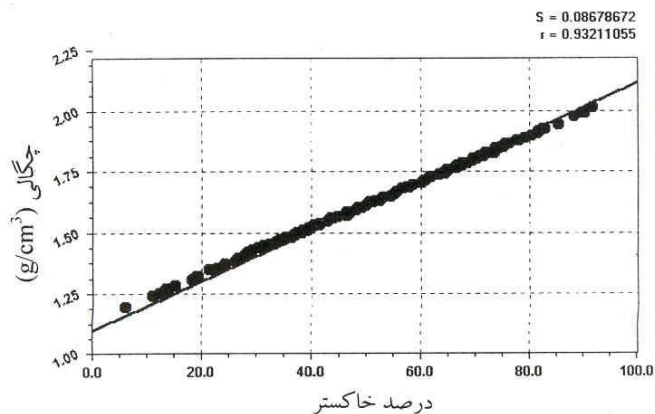
بدین وسیله از همکاری صمیمانه مجری محترم طرح تجهیز معادن زغالسنگ طبس، شرکت ملی فولاد ایران تشکر می‌شود. همچنین از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران به خاطر حمایت مالی از این تحقیق که در قالب طرح پژوهشی مصوب شماره ۶۵۲/۲/۷۸۵ انجام شده، تشکر و قدردانی می‌شود.



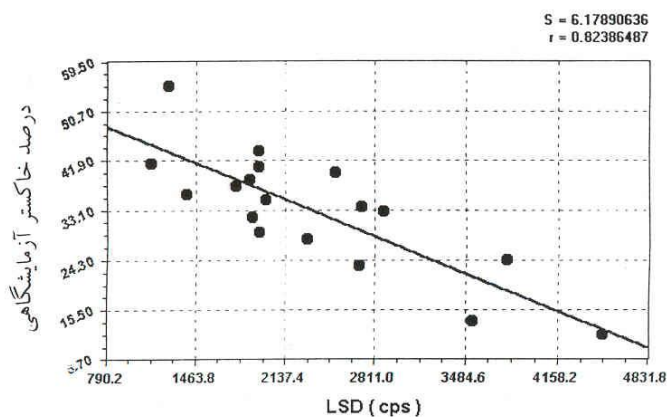
شکل ۱- موقعیت چاههای محدوده مورد مطالعه در پروده ۱



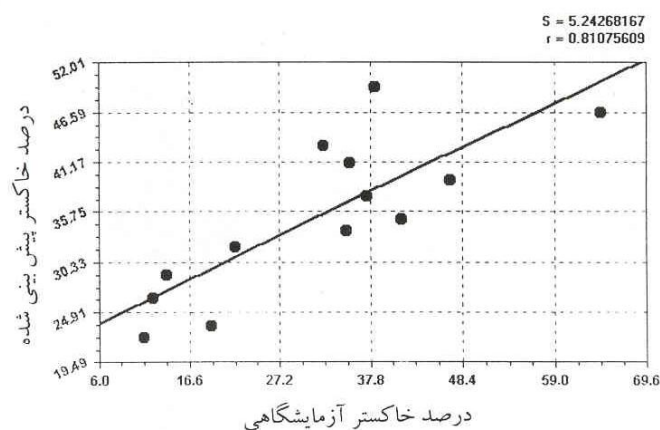
شکل ۲- نگارهای چگالی، گامای طبیعی و نوترون در چاه شماره ۶۷۴، مقیاس ۱:۱۴۰



شکل ۳- رابطه میان میزان خاکستر زغال و چگالی زغال سنگ حاصل از داده‌های آزمایشگاهی منطقه پروده ۱



شکل ۴- همبستگی میان مقدار خاکستر و میزان شمارش نگار چگالی در امتداد نیمرخ ۱



شکل ۵- همبستگی میان مقدار خاکستر آزمایشگاهی و میزان خاکستر پیش بینی شده در چاه‌های ۶۷۷ و ۶۷۸

جدول ۱- نتایج مربوط به بررسی خاکستر زغال سنگ در چاههای ۶۷۷ و ۶۷۸

شماره چاه	از عمق (m)	تا عمق (m)	خاکستر آزمایشگاهی	خاکستر پیش بینی	اختلاف خاکستر
۶۷۷	۱۷/۹۰	۱۸/۱۰	۱۲/۳	۲۶/۴	۱۴/۱
۶۷۷	۴۶/۹۰	۴۷/۰۵	۳۵/۱	۳۳/۷	۱/۴
۶۷۷	۵۲/۹۰	۵۳/۱۰	۱۴	۲۸/۹	۱۴/۹
۶۷۷	۵۹/۴۰	۵۹/۶۰	۲۲	۳۱/۹	۹/۹
۶۷۷	۵۹/۷۵	۵۹/۹۰	۱۹/۲	۲۳/۴	۴/۲
۶۷۷	۶۰/۰۰	۶۰/۱۵	۴۱/۵	۳۴/۹	۶/۶
۶۷۷	۸۴/۹۰	۸۵/۰۰	۴۷/۱	۳۹/۲	۷/۹
۶۷۷	۸۶/۱۵	۸۶/۲۵	۳۷/۵	۳۷/۴	۰/۱
۶۷۷	۸۸/۲۰	۸۸/۴۰	۶۴/۳	۴۶/۶	۱۷/۷
۶۷۷	۹۷/۸۰	۹۷/۹۰	۱۱/۳	۲۲/۲	۱۰/۹
۶۷۸	۵۷/۶۰	۵۷/۱۰۵	۳۲/۴	۴۲/۹	۱۰/۵
۶۷۸	۵۷۵/۹۵	۵۷۶/۴۵	۳۵/۵	۴۱/۱	۵/۶
۶۷۸	۶۰۲/۹۰	۶۰۳/۰۵	۳۸/۴	۴۹/۳	۱۰/۹

کتابنگاری

حسینی پاک، ع.ا، ۱۳۷۷- اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران .
 فضل، م.، بیگ زاده، ن.، شفیعی، س.، شریعت نیا، ح.، و امامی، خ.، ۱۳۶۷- گزارش اکتشاف تفصیلی منطقه پروده ۱ طبس، شرکت ملی فولاد ایران، جلد اول.

References

- Borsaru, M., Biggs, M., Nichols, W., & Bos, F., 2000- The application of prompt-gamma neutron activation analysis to borehole logging for coal, Applied Radiation and Isotopes, Vol.54, pp.335-343.
 Borsaru M., 1993- Nuclear techniques for in situ evaluation of coal and mineral deposit, Nuclear Geophysics, Vol.7, No.4, pp.555-574.
 Borsaru. M, Charbucinski, J., Eisler. P., & Ceravolo. C., 1991- Neutron-Gamma Logging in Coal Seams of Variable Iron Content, Nucl.Geophysics.
 Huppert. P., Borsaru. M., Charbucinski, J., Eisler. P., & Ceravolo. C., 1989- Combined Natural Gamma/ Gamma-Gamma Borehole Lithology Logging, Nuclear Geophysics, Vol.3, No.4, pp.381-386
 Hearst, J.R., Nelson, P.H., & Paillet, F.I., 2000- Well Logging for Physical Properties, John Wiley, Ltd.

* موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

** گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

* Institute of Geophysics, Tehran University
 ** Mining Engineering Department, Tehran University