



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# اثر استخراج جبهه کار بلند روی آب زیرزمینی بالای صفحه جبهه کار بلند در لایه های

## کم عمق زغال سنگ

### چکیده

چون استخراج جبهه کار بلند باعث فرونشست هایی از طریق چینه های رویی در سطح زمین می گردد، آبهای سطحی و زیرزمینی بالای صفحه های جبهه کار بلند می تواند تحت تاثیر واقع شده و به سطوح پایین تری زهکشی گردد. از اینرو، از دست دادن یا اختلال جریانات و آبخوانهای روبار یک مسئله متداول در صنایع زغال سنگ می باشد. این مقاله به تحلیل اثرات احتمالی استخراج جبهه کار بلند روی سیستم آب نیمه سطحی در لایه کم عمق زغال سنگ می پردازد. برای نظارت بر نوسانات سطح آب مختلف در کل دوره استخراج، سه چاه آب در منطقه بدشکلی مطرح شده بالای صفحه جبهه کار بلند حفاری گردید. یک مدل GGU-SS-FLOW<sup>3D</sup> برای پیشگویی خطوط طبیعی سفره آب زیرزمینی برای دوره های قبل و بعد از شرایط استخراج استفاده گردیده است. داده های میدانی حاصل از این سه چاه برای کالیبراسیون این مدل استفاده شده اند. تست میدانی و مدل عددی می تواند به درک بهتر خشکسازي آبخوانهای کم عمق و ابهای سطحی مربوط به فرونشست زمین حاصله از استخراج جبهه کار بلند در لایه کم عمق زغال سنگ کمک نماید.

**کلیدواژه ها:** آب زیرزمینی، استخراج جبهه کار بلند، مدل FLOW<sup>3D</sup>، خشکسازي

### ۱-مقدمه

روش استخراج جبهه کار بلند یک روش استخراج زیرزمینی به شدت بهره ورانه است که در آن یک صفحه یا بلوک زغال سنگ کاملا با استخراج از زمین بیرون آورده می شود. وقتی یک صفحه جبهه بلند با طول و عرض کافی حفاری گردد، چینه سقف روبار به ترتیب شدت از سمت سقفی که بلافاصله رویش قرار دارد به سمت سطح، یا حتی آبخوانها، بهم می ریزد که می تواند منجر به حوادث جدی طغیان در معدن و صدمات افزوده ای به محیط زیست اکولوژیکی گردد. با اینحساب، تعیین درجه خشکسازي برای پیشگیری از هجوم آب به درون و حفاظت از منابع آب زیرزمینی مطلقا کاری ضروری می باشد. در این مقاله، سه چاه آب در محل حفاری شده و

یک مدل GGU-SS-FLOW<sup>3D</sup> برای نظارت بر نوسانات سطح آب مختلف در کل دوره استخراج معدن استفاده شده است. اثرات احتمالی استخراج جبهه کار بلند روی سیستم آب نیمه سطحی در لایه کم عمق زغال سنگ با کمک داده های میدانی استخراجی که از روی سه چاه آب و مدل عددی اندازه گیری گردیده است، تحلیل شده اند.

## ۲- زمین شناسی و شرایط استخراج در ناحیه مورد مطالعه

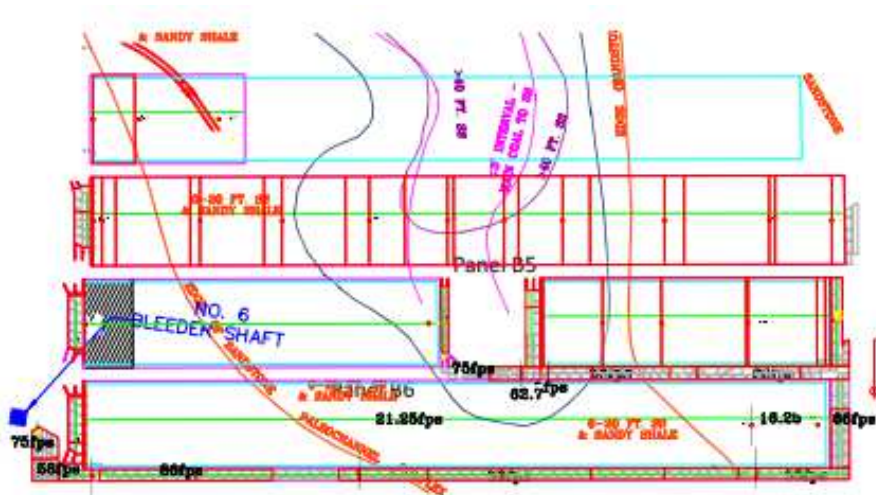
زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه شامل سنگهای رسوبی عصر پنسیلوانیایی و عصر پرمین (پالئوزوئیک) می باشد. رسوبات آبرفتی عصر کواترنری ته دره با توپوگرافی پرگسل را اشغال کرده است. مرز میان سیستم های پنسیلوانیایی و پرمین نامشخص می باشد، ولی عموماً از روی توالی سنگهایی که از پایه بستر زغال سنگ و اینزبرگ تا سطح توپوگرافیکی کنونی امتداد یافته است، تعریف می شود.

گروه Dunkard شامل شکل گیری Greene و شکل گیری Waynesberg می باشد. بخش پایینی گروه Dunkard شبیه به گروه Monogahela می باشد که شامل زغال سنگ پیتسبورگ با دوام جانبی می باشد. واحد بالایی سنگ بستر از گروه Dunkard می باشد که متعلق به عصر پرمین است.

صفحات جبهه کار بلند B<sub>5</sub> و B<sub>6</sub> در این مقاله در میدان زغال سنگ Appalachia در امریکا واقع است (شکل ۱). عمق روبار از ۶۰۰-۹۰۰ft متغیر می باشد (۱ فوت معادل ۰,۳۰۴۸m است). متوسط ارتفاع استخراج برابر ۷ فوت می باشد. طول صفحات B<sub>5</sub> و B<sub>6</sub> به ترتیب برابر ۱۲۰۰۰ ft و ۵۷۰۰ft می باشد. عرض هر دو صفحات برابر با ۱۴۳۳ft بوده است. عرض مدخلهای ابتدایی و انتهایی برابر ۱۶ فوت بود. سیستم ستونی زنجیره ای بین صفحات B<sub>5</sub> و B<sub>6</sub> عرضی برابر ۲۰۰ فوت داشتند. میزان پسروری متوسط جبهه کار بلند برابر با ۳۰-۵۰ ft/d طی استخراج جبهه کار بلند در ناحیه مورد مطالعه می باشد.

## ۳- نظارت بر آب زیرزمینی

برای تعیین توزیع سیستم آب در ناحیه مورد مطالعه، سه چاه آب W<sub>1</sub> و W<sub>2</sub> و W<sub>3</sub> بالای صفحه B<sub>6</sub> قبل از استخراج جبهه کار بلند در صفحات B<sub>5</sub> و B<sub>6</sub> حفاری شده اند.



شکل ۱- طرح کلی صفحات جبهه کار بلند B۵ و B۶

چاه آب W۱ حاوی سه چاه با عمق های متفاوت (شکل ۲) می باشد. چاه W۱S چاه بالایی بوده که واقع در سنگ آهک و سنگ رس می باشد. متوسط ستون آب در چاه آب برابر ۲۲ فوت بوده است. چاه عمیق W۱D واقع در بین سنگهای ماسه ای Waynesburg و Uniontown بوده است. ستون آب متوسط در چاه برابر ۷۰,۷۶ فوت می باشد. چاه کم عمق W۲S در سنگ رس واقع بوده است. متوسط ستون آب برابر ۳۲ فوت بوده است. چاه W۲I (چاه حدواسط) در سنگ ماسه ای بالای یک زغال سنگ اندک واشنگتن واقع بوده است. متوسط ستون آب در چاه برابر ۱۸ فوت بوده است. چاه عمیق W۲D در ته لایه سنگ ماسه ای Waynesburg واقع بوده است و ستون آب در چاه برابر ۱۹۰,۴ ft بوده است. چاه W۳S واقع در سنگ رس بوده است. متوسط ستون آب در چاه برابر ۱۵,۱۷ft بوده است (قبل از استخراج صفحه B۵). چاه W۳I واقع در سنگ رس بوده و متوسط ستون آب در چاه برابر ۴۹ft می باشد. چاه W۳D واقع در بین ته سنگ ماسه ای Waynesburg و زغال بالایی Waynesburg بوده است. ستون آب در چاه برابر ۲۱,۳۸ft بوده است. چاه آب W۴ بالای مرکز صفحه B۵ بوده است. قبل از استخراج این صفحه، سطوح آب در چاه کم عمق W۴S و چاه حدواسط W۴I واقع در سنگ رس برابر ۲۳,۴ft و ۲۱,۷ft به ترتیب بوده است. سطح آب در چاه W۴D در سنگ ماسه Waynesburg برابر ۲۲,۸ft بوده است.

سطح آب در چاه W2D بالاتر از W2I بوده است. این امر در مقایسه با آنهایی که در چاه های W1D و W3D بوده اند، منطقی نبوده است. از اینرو این فرضیه مطرح گردیده است که آب سطحی به سمت آبخوان Waynesburg به دلیل ساخت درزگیر نشت پیدا کرده است.

شکل ۳ نشان دهنده مقطع چاه های آب و سطوح آب قبل از اینکه صفحات B5 و B6 در جبهه کار بلند از ناحیه مطالعه عبور نمایند، می باشد.

آب وارد زیرسطح ناحیه Greene گردیده که اساسا به شکل جریان رود یا ریزش نزولی می باشد. وقتی ریزش نزولی با زمین برخورد می کند، اندکی از آن تبخیر می شود، و اندکی هم روی زمین جریان یافته و اندکی هم به داخل سطح زیرین نشست می کند. از آن بخشی که به داخل سطح زیرین تراوش می کند، اندکی با کاشت گیاهان به جو بازمی گردد و بقیه به داخل سطح زیرین آبخوانهای نامحدود تراوش می کند. آب در آبخوانهای نامحدود از قسمت ابتدایی هیدرولیکی بالاتر به نواحی پایین تر جریان می یابد. میزان جریان آب بسته به هدایت پذیری هیدرولیک و شیب راس هیدرولیک دارد.

هدایت پذیری هیدرولیک K مهمترین پارامتر کمی است که مشخصه جریان آب زیرزمینی می باشد. که به شکل نسبت سرعت Darcy به شیب هیدرولیک بکار رفته تعریف می شود. و تنها به خصوصیات فیزیکی محیط متخلخل، اندازه دانه، شکل دانه، ترتیب بندی اندازه منفذ، و ارتباط بیابینی در کل بستگی دارد. ابعاد K همانند سرعت می باشد یعنی طول در واحد زمان ( $LT^{-1}$ ).

خصوصیات هدایت پذیری هیدرولیک قبل از استخراج در ناحیه مورد مطالعه با آزمایش اسلاگ اندازه گیری گردید. آزمایش اسلاگ شامل اندازه گیری جبران فشار آب در یک چاه بعد از تغییر نزدیک به فوری در فشار آب در آن چاه می باشد.

#### ۴- تعیین هدایت پذیری هیدرولیک بعد از استخراج در صفحه B6

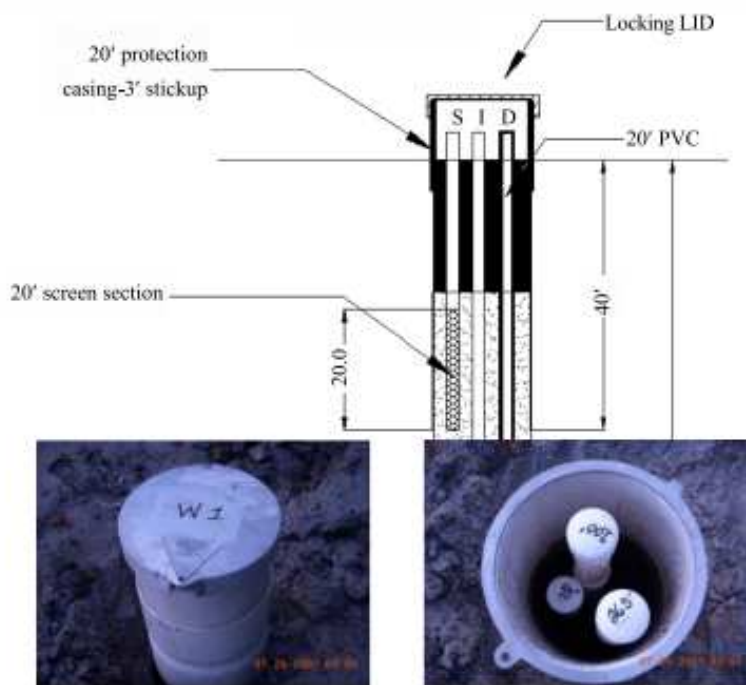
هدایت پذیری هیدرولیک بعد از استخراج صفحه B5 باید برای تحلیل سیستم جریان آب زیرزمینی بعد از استخراج صفحه B6 تعیین گردد. تست های اسلاگ برای چاه های W1-W3 ده ماه بعد از اینکه جبهه کار بلند صفحه B6 از زیر مکان سه چاه عبور کرده بود، اجرا گردید یعنی تست های اسلاگ در سپتامبر سال ۲۰۰۹ اجرا گردیده است. قبل از تست اسلاگ، کلیه چاه ها به دقت برای تعیین این امر بررسی گردید که آیا نیاز به تزریق یا

کشیدن حجم هایی از آب طی تست اسلاگ دارند یا خیر. چاه های W1S، W1D، W3S، W3I و W3D به شدت به دلیل فرونشست در هنگام استخراج صفحه B6 معیوب شده و چاه های W2S، W2I و W2D کاملا خشک شده اند. از اینرو، آزمایشات اسلاگ در چاه های آب W1-W3 با تزریق فوری یک حجم آب و اندازه گیری و ثبت عمق آب و زمان هر ثبت اجرا گردیدند. شکل ۴ نشان دهنده مقطعی است که تست اسلاگ را در یک چاه در حال نظارت نشان می دهد. جدول ۱ خلاصه سازی هدایت پذیری هیدرولیک در هر دو شرایط قبل و بعد از معدنکاری می باشد.

### ۵-مدل GGU-SS-FLOW3D

#### ۵-۱-هدف از مدلسازی آب زیرزمینی

یک مدل جریان آب زیرزمینی عددی همان نمایش ریاضی یک آبخوان در یک کامپیوتر می باشد. مدل های آب زیرزمینی جریان آب زیرزمینی و فرایندهای انتقال را با استفاده از معادلات ریاضی طبق برخی فرضیات توضیح می دهد. این فرضیات معمولا دربرگیرنده جهاتی از جریان، هندسه آبخوانها، ناهمگنی یا ناهمسانی رسوبات یا سنگ بسترهای درون آبخوانها می باشد.

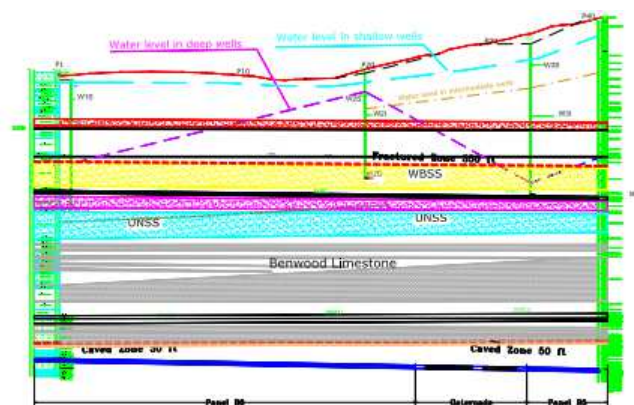


شکل ۲-جزئیات ساخت و ساز چاه آب W1

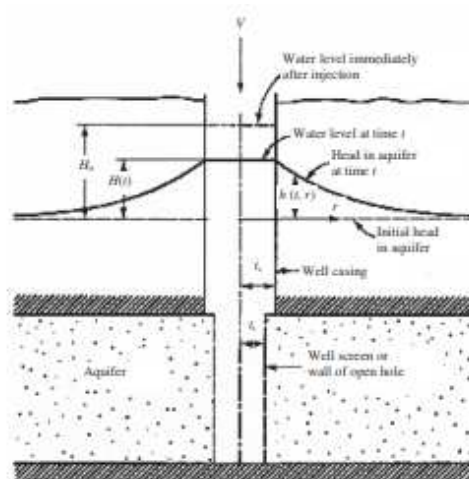
به دلیل فرضیاتی که در بطن معادلات ریاضی بوده اند و بسیاری تردیدهایی که در مقادیر داده هایی که توسط این مدل نیاز بوده است، این مدل را یک تقریب نگریسته و یک نسخه برداری دقیق از روی شرایط میدانی نمی باشد.

هدف مدلسازی همان شبیه سازی جهات و انتقالات جریان آب زیرزمینی روی صفحات استخراج شده B5 و B6 می باشد. این راه برای (۱) پیشگویی سیستم جریان آب زیرزمینی قبل از فرونشست و بعد از فرونشست صفحات B5 و B6 استفاده شده است و (۲) برای ارزیابی این امر بکار رفته است که آیا فرونشست جبهه کار بلند بر روش کار آب زیرزمینی اثری دارد یا خیر.

در این مطالعه، مدل‌های جریان آب زیرزمینی برای محاسبه جریان و جهت حرکت آب زیرزمینی در سرتاسر آبخوان های کم عمق بکار رفته اند.



شکل ۳- سطح آب در چاهها



شکل ۴- تست اسلاگ که با تزریق یک حجم از آب انجام شده است

شبيه سازی جريان آب زیرزمینی نیاز به یک درک کامل از مشخصات آب شناسی ناحیه مورد مطالعه دارد. تحقیقات آب شناسی باید شامل یک تعیین مشخصات کامل از عوامل ذیل باشد:

(۱) حدود و ضخامت آبخوان ها و واحدهای محدودکننده در زیر سطح (چارچوب هیدرولوژیک)

(۲) مرزهای آب شناسی (که آنها شرایط مرزی هم می نامند)، که باعث کنترل میزان و جهت حرکت آب زیرزمینی می شود.

(۳) خواص آب شناسی آبخوان های کم عمق و واحدهای محدود کننده

(۴) شرح توزیع افقی و عمودی فشار آب هیدرولیک در کل ناحیه مورد مطالعه برای شرایط شروع (آغاز) و تعادل (حالت ایستایی)

(۵) توزیع و بزرگی میزان تخلیه آب زیرزمینی، تبخیر و تعرق، تراوش به حجم هایی از آب سطحی یا از آن. نتایج شبيه سازی های مدل همان فشارهای آب هیدرولیک و جهات جريان آب زیرزمینی بود که با شرایط هیدروژئولوژیکی در تعادل بود (چارچوب هیدروژئولوژیک، مرزهای هیدرولوژیک، خصوصیات آب شناسی، و منابع نشست) که برای ناحیه مدلسازی شده تعریف شده است.

مدل آب زیرزمینی استفاده شده در این مطالعه باید پیشگویی کند که چگونه سطوح آب در محلی که روی صفحه جبهه کار بلند b5 و B6 واقع است، قبل، طی و بعد از استخراج تغییر می کند.

جدول ۱- خلاصه هدایت پذیری هیدرولیک توسط آزمایشات اسلاگ

چاههای آب	هدایت پذیری هیدرولیک (ft/d)	
	قبل از استخراج	بعد از استخراج
W1S، چاه کم عمق W1	0.65625	0.4902
W1D، چاه عمیق W1	0.6825	1.69
W2S، چاه کم عمق W2	0.683	0.1023
W2I، چاه حدواسط W2	0.03421	0.0524
W2D، چاه عمیق W2	0.034175	8.088
W3S، چاه کم عمق W3	2.15	8.299
W3I، چاه حدواسط W3	4.95765	0.187
W3D، چاه عمیق W3	0.08396	0.9787



این مطالعه اختصاصاً با نوسانات سطح آب در آبخوان های استفاده شده برای مخازن آب محلی سروکار دارد (منابع آب لایه بالایی). این مدل نیز می تواند پیشگویی هایی درباره سطح آب طبق طرح اولیه آتی از صفحه با استفاده از روشهای مشابه در این تحقیق انجام بدهد.

#### ۵-۲- برنامه مدلسازی آب زیرزمینی

در این مطالعه، برنامه GGU-SS-FLOW<sup>3D</sup> برای مدلسازی سیستم آب زیرزمینی استفاده گردیده است. برنامه GGU-SS-FLOW<sup>3D</sup> به تحلیل جریان آب زیرزمینی در حالت ایستایی در سیستم های سه بعدی آب زیرزمینی (۳D) با استفاده از روشهای عنصر محدود یا FEM امکان می دهد. این برنامه شامل یک ژنراتور قوی شبکه ای و روشهای روزمره (نمودارهای تراز، گرافیک ۳ بعدی و غیره) برای ارزیابی راحت نتایج تحلیل می باشد. راه حل واقعی یک تخمین خطی برای هر عنصر می باشد. منشورهای سه وجهی به عنوان عناصر محدود استفاده شده اند. برای ساده سازی ورودی داده ها، شبکه ای در ابتدا روی صفحه ایجاد می شود. پیش آمدگی منشورهای سه وجهی روی سطح صفحه منجر به مثلثهایی می شود حین اینکه یک شبکه مثلثی باید ابتدا ایجاد شود. بسته به پیچیدگی سیستم، تعدادی از مختصات ارتفاع با هر گره از این شبکه پایه ارتباط یافته که سیستم را در بعد سوم توضیح می دهد. مختصات ارتفاع می تواند دارای مقادیر مختلفی در هر گره باشد. تنها شرط این است که هر گره همان تعداد مختصات ارتفاع را دارد. این کار باعث می شود سیستم های پیچیده ای ایجاد شود.

#### ۵-۳- تئوری مدلسازی آب زیرزمینی

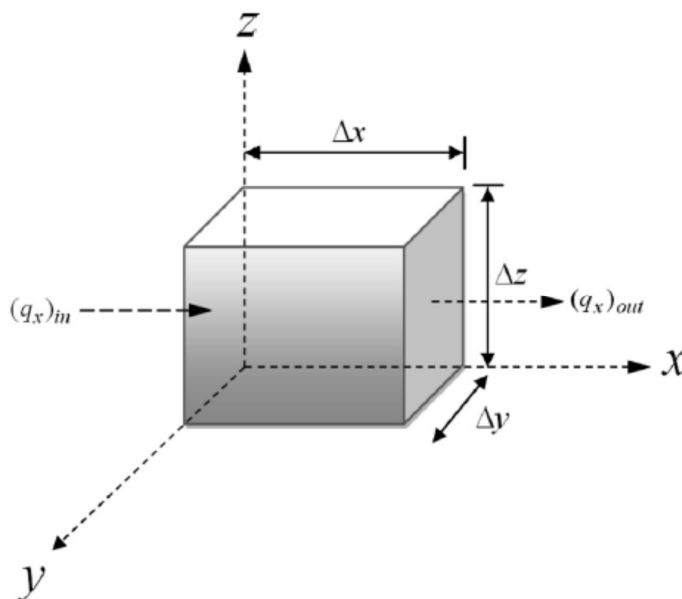
جریانات آب از ارتفاع بالا به ارتفاع پایین جریان می یابد. در سال ۱۸۵۶، مهندس هیدرولیک فرانسوی هنری داریسی یک معادله را برای جریانی که از محیط متخلخل می گذرد مطرح داشت:

$$Q = -KA \frac{h_2 - h_1}{l} \quad (1)$$

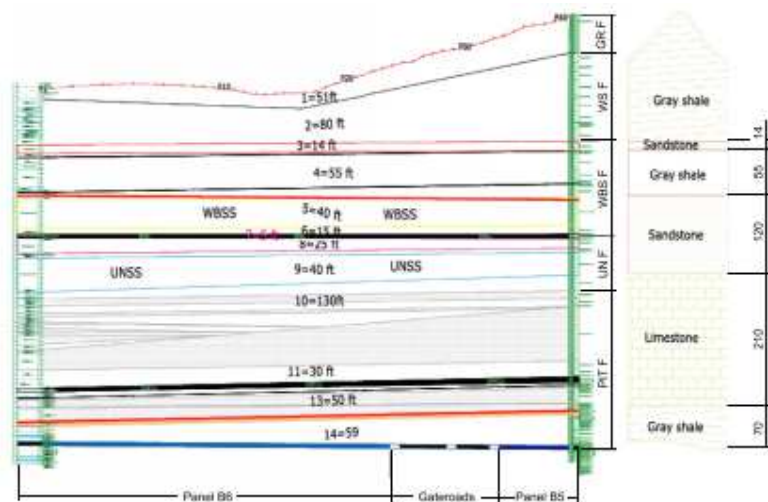
که در آن K همان هدایت پذیری هیدرولیک و A مساحت مقطع و  $h_1$  ارتفاع فشار آب ورودی و  $h_2$  ارتفاع فشار آب خروجی و l طول مسیر جریان می باشد.

معادله ۱ همان معادله قانون داریسی نامیده می شود. میزان جریان مایع از میان یک محیط مختلخل مستقیما متناسب با مساحت مقطع و از دست دادن فشار هیدرلیک بین دو نقطه اندازه گیری می باشد و به طور معکوس متناسب با طول مسافت طی شده است.

میزان حجم جریان در واحد سطح برابر است با:



شکل ۵- جریان خالص حجم ابتدایی نماینده یا REV



شکل ۶- برگردان اطلاعات زمین شناسی به یک مدل مفهومی مناسب برای مدل سازی عددی (واحد: فوت)

$$q = -K \frac{dh}{dl} \quad (2)$$

که در آن  $h$  فشار آب طبق فشارسنج می باشد.

هدایت پذیری هیدرولیک وابسته به خصوصیات هم محیط متخلخل و هم مایع می باشد:

$$K = k \frac{\rho g}{\mu} \quad (3)$$

که در آن  $k$  قابلیت نفوذپذیری،  $\rho$  چگالی مایع،  $g$  شتاب جاذبه، و  $\mu$  ویسکوزیته مطلق مایع می باشد.

شکل ۵ نشان دهنده جریان آب به داخل و بیرون یک مکعب عنصری است که طول وجوه آن برابر با  $\Delta x$ ،  $\Delta y$  و  $\Delta z$  می باشد. تعادل آب به این صورت بیان می شود:

$$(4) \quad \text{تغییر در ذخیره آب} = \text{جریان ورودی} - \text{جریان خروجی}$$

جریان خروجی در طول محور  $x$  برابر است با  $[(q_x)_{out} - (q_x)_{in}] \Delta y \Delta z$ . از اینرو، معادله حاکم کلی برای حالت ایستایی و شرایط همگن و ایزوتروپیک با یک عبارت منبع/فرونشست برابر است با:

$$K_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = -R \quad (5)$$

که در آن  $(x, y, z)$  سیستم مختصات عمودبرهم می باشد و  $R$  میزان پرسازی مجدد/تخلیه می باشد.

هدایت پذیری هیدرولیک در محیط مطالعه خیلی ناهمگن می باشد و هیچ گونه الگویی برای یافتن یک تابع هدایت پذیری های هیدرولیک وجود ندارد. غیرممکن است که تعداد زیادی چاه را حفاری کنیم تا هدایت پذیری هیدرولیک را در هر جایی تست نماییم. از اینرو، برای ساده سازی روشهای مطالعه، معادله حاکم عمومی برای شرایط حالت ایستایی، همگن و ایزوتروپیک برای حل سیستم جریان آب زیرزمینی در ناحیه مورد مطالعه استفاده می شود.

### ۶-مدل مفهومی و طراحی شبکه

هدف از ساخت یک مدل مفهومی ساده سازی مسئله میدانی و سازماندهی داده های میدانی مرتبط به نحوی می باشد که سیستم بتواند به طور سهل تری آنالیز گردد. مدل مفهومی نمایانگر بهترین ایده ما از نحوه کار آبخوان

می باشد. یک مدل مفهومی خوب نیاز به تکمیل اطلاعات مفصلی درباره زمین شناسی، کیفیت آب، پر سازی مجدد، رودخانه ها، سطوح آب، و پارامترهای هیدرولیک دارد.

### (۱) طراحی مدل مفهومی

برای ساده سازی محیط میدان مطالعه، تشکیلات زمین شناسی از سطح زمین به سطح لایه زغال پیتسبورگ به شش لایه آبخوان و واحدهای بستر محدود (شکل ۶) کاهش یافت. لایه بالایی از نقشه توپوگرافیکی واقعی ناحیه مورد مطالعه به سقف سنگ ماسه تشکیلات بالایی Waynesburg تعریف شده است.

### (۲) تولید شبکه FEM و شرایط مرزی

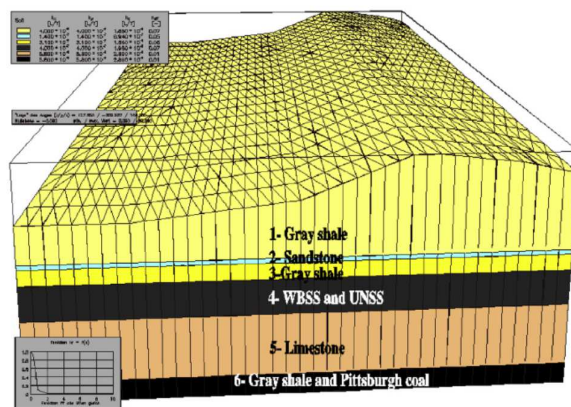
شکل ۷ نشان دهنده گروه مدل تشکیلات زمین شناختی برای مدلسازی عددی می باشد. این مدل عرض ۳۱ هزار فوت و طول ۴ هزار فوت دارد و ارتفاع آن بین ۶۰۰ و ۹۰۰ فوت متغیر بوده است. عرض شامل عرض های صفحات B۵ (۱۴۳۳ فوت)، صفحه B۶ (۱۴۳۳ فوت)، و سیستم ستونی (۲۰۰ فوت) می باشد. طول های صفحات B۵ و B۶ برابر ۱۲ هزار فوت و ۵۷ هزار فوت به ترتیب می باشد. برای یک مدل خیلی طولانی بوده از اینرو طول ۴ هزار فوت برای قسمتی از این دو صفحه استفاده شده است. ارتفاع نمایانگر عمق روبار بوده و بین ۶۰۰ و ۹۰۰ فوت متغیر است.

از پایین به بالا، ۶ لایه در این مدل وجود دارد: سنگ رس خاکستری و زغال سنگ پیستبورگ، سنگ اهک، WBSS و UNSS، سنگ رس خاکستری، سنگ ماسه ای، سنگ رس خاکستری.

شکل ۸ نشان دهنده جدول جریان برای مدلسازی آب زیرزمینی می باشد.

### ۷- سیستم جریان آب زیرزمینی بعد از فرونشست

هدایت پذیری های هیدرولیک افقی بعد از فرونشست در لایه های ۱ و ۴ بالای صفحه B۶ با تست های اسلاگ بعد از اینکه جبهه کار بلند از چاه ها ده ماه گذشت، تعیین گردید. هدایت پذیری های هیدرولیک افقی بعد از فرونشست تقریباً چندین رده بزرگی بیشتری نسبت به فرونشست قبلی در لبه های صفحه داشتند. هدایت پذیری هیدرولیک بعد از فرونشست ظاهراً روی مرکز صفحه B۶ کاهش یافته است. مقادیری خیلی محلی بوده اند مانند W۲D و W۳D که در لبه های صفحه بوده اند ولی ده برابر تفاوت بیشتری در هدایت پذیری هیدرولیک داشته اند.



شکل ۷- گروه تشکیلات زمین شناختی برای مدلسازی عددی

برای لایه های ۲ و ۳ و ۵ و ۶، هدایت پذیری های هیدرولیک بعد از فرونشست تخمین زده نشدند چرا که برخی لایه ها بویژه لایه های عمیق تر با تست اسلاگ در میدان به دلیل این حقیقت تست نشدند که قطر لوله PVC بعد از نشست خیلی کج و معوج شده بود. آن داده ها از نتایج تحقیقات منتشره در کشور یونان کسب گردید.

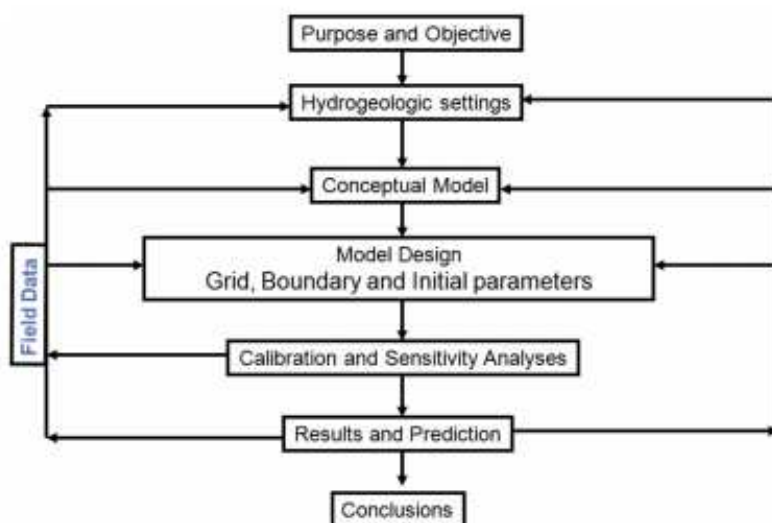
آب که از صفحات B۵ و B۶ پمپ شده بود، حدود  $10,000 \text{ gal/d}$  ( $133 \text{ ft}^3/\text{d}$ ) بعد از استخراج جبهه کار بلند برآورد گردید.

استخراج جبهه کار بلند باعث شکستگی ها و جدایی های چینه های روبار بویژه شکستگی های عمودی گردید. از اینرو، نوع عمودی معمولاً بر هدایت پذیری هیدرولیک از نوع افقی بزرگتر می باشد. به دلیل فقدان داده های میدانی، هدایت پذیری هیدرولیک عمودی ۵ بار بزرگتر از نوع عمودی فرض گردیده است. جدول ۲ نشان دهنده هدایت پذیری های هیدرولیک قبل و بعد از فرونشست در مدل جریان آب زیرزمینی می باشد.

جدول ۳ نشان دهنده مقایسه ارتفاع آب میان مشاهده و پیشگویی مدل (بعد از استخراج) می باشد. لایه بالایی آب زیرزمینی در مدل، که در آن چاه های کم عمق و حدوسط واقع بودند، بعد از استخراج صفحه B۵ و B۶ خیلی کاهش نیافت. بویژه در چاه های W۱S و W۲S، مشاهده در مدل برابر ۴۲۷ و ۵۶۵ فوت بوده ولی پیشگویی مدل برابر ۵۷۰ فوت و ۶۰۰ فوت به ترتیب بوده است. درصدهای خطا به ترتیب برابر با ۹٫۸٪ و ۳٫۲٪ بوده است. برای چاه های W۳S و W۴S، آب کاملاً درست مثل مشاهده میدانی از دست رفته بود.

برای چاه های میانی در مدل، پیشگویی چاه W۱۱ برابر ۵۶۰ فوت بوده است. اما مقایسه ای با مشاهده انجام نشد چرا که چاه W۱۱ هنگامی که جبهه کار صفحه ای عبور نمود، تخریب نگردید. سطح آب در چاه های W۲۱ و

W۳۱ بالاتر از هنگام استخراج صفحه B۶ بوده است. این موقعیت غیرعادی به یک آبخوان یا یک لایه با نفوذپذیری کمتری که زیر ته چاه های W۲۱ و W۳۱ قرار داشت و به لایه های رویی تخلیه کننده چاه های حدواسط W۲ و W۳ مربوط بود. در مدل، سطح آب از موردی که در آن صفحه از قبل استخراج شده بود، تفاوت کمتری داشت. درصد خطاها برابر ۰,۶۴٪ و ۲,۷۹٪ برای چاه های W۲۱ و W۳۱ به ترتیب بوده است.



شکل ۸- چارت جریان مدل سازی آب زیرزمینی (از بالا به پایین: هدف و منظور، شرایط هیدرولوژیکی، مدل مفهومی، طراحی مدل (شبکه، مرز و پارامترهای اولیه)، کالیبراسیون و تحلیل حساسیت، نتایج و پیشگویی،

نتیجه گیری؛ سمت چپ: داده های میدانی)

جدول ۲- هدایت پذیری آب شناسی قبل و بعد از فرونشست

لایه ها	محل	علامت هدایت پذیری	هدایت پذیری یا به تست اسلاک (m/s)							هدایت پذیری در مدل (m/s)	
			W1S	W1D	W2S	W2I	W2D	W2S	W3I	افقی	عمودی
لایه ۱: لایه ریزار کم عمق (W1S, W2S, W3S, W3I)	قبل از فرونشست	K1	0.03241							0.03241	0.16205
	لیه صفحه (بعد از فرونشست)	K7			0.1023	0.0524	8.299	0.187	0.187	0.935	
	مرکز صفحه (بعد از فرونشست)	K8	0.4802						0.03421	0.17105	
لایه ۲: ماسه سنگ واشگتن	قبل از فرونشست	K2	0.012						0.012	0.06	
	لیه صفحه (بعد از فرونشست)	K9							0.1	0.5	
	مرکز صفحه (بعد از فرونشست)	K10							0.01	0.05	
لایه ۳: لایه سنگ رس خاکستری	قبل از فرونشست	K3	0.027						0.027	0.135	
	لیه صفحه (بعد از فرونشست)								0.27	1.35	
	مرکز صفحه (بعد از فرونشست)								0.027	0.135	

لایه ۴: لایه ماسه ستگ Waynesburg و لایه ماسه ستگ Uniontown	قبل از فرونشست	K4	0.034175		0.034175	0.170875
	لیه صفحه	K13		8.08	0.9787	8.08 40.4
	(بعد از فرونشست)					
لایه ۵: لایه ستگ آهک Benwood	قبل از فرونشست	K5	0.0005		0.0005	0.0025
	لیه صفحه	K15			0.00436	0.0218
	(بعد از فرونشست)					
لایه ۶: لایه تشکیلات Pittsburgh پایستی	قبل از فرونشست	K6	0.0005		0.0005	0.0025
	لیه صفحه	K17			10	50
	(بعد از فرونشست)					
	مرکز صفحه	K18			6	30
	(بعد از فرونشست)					

W۴I کاملاً در میدان خشکسازي گردید ولی در مدل منطقه شکست در لایه های بالایی که در آن W۴I واقع بود، بوجود نیامد. سطح آب پیشگویی شده برای چاه W۴I برابر ۶۳۰ فوت بوده است.

آب در چاه W۱D کاملاً در عرض سه روز از بین رفت. اساساً، سطح آب در W۱D شروع به بازیابی به سطح اولیه از ۸۶۳،۹۷ فوت تا ۳۴،۵۴ فوت نمود. سطح آب همچنان بالا آمد تا اینکه به ۹۸۵،۶۴ فوت رسید. چاه W۱D خیلی سریع بازیابی شده و سطح آب به بالاتر از سطحی که تحت شرایط قبل از استخراج بود، رسید. ولی در این مدل، سطح آب به اندازه ۱۰-۴۱۰ فوت کاهش یافت. سطح مشاهده شده آب در چاه W۲D خیلی متفاوت از مدل پیشگویی نبود. درصد خطا تنها ۰،۳۲- بود. چاه های W۳D و W۴D در صفحه B۵ واقع بود و اشکاراً تحت تاثیر فرونشست جبهه کار بلند در صفحات B۵ و B۶ بود. بعد از اینکه صفحه B۶ استخراج گردید، منطقه شکستگی بالای صفحه B۵ بالاتر از بالای صفحه B۶ ایجاد گردید. از اینرو آب در هر دوی این دو چاه عمیق کاملاً از دست رفت و هرگز بعد از آن مجدداً پرسیازی نگردید. شکل ۹ نشان دهنده تراز سفره آب زیرزمینی بعد از فرونشست می باشد که از روی مدل پیشگویی شده است. منطقه آب از دست رفته را می توان در این تصویر مشاهده نمود.

#### ۸- نتیجه گیری ها

مدلهای جریان آب زیرزمینی با استفاده از برنامه GGU-SS-FLOW۳D ایجاد گردید تا سفره های آب قبل و بعد از فرونشست در صفحات B۵ و B۶ براساس پارامترهای هیدرولیک قبل و بعد از استخراج پیشگویی گردید. در ابتدا، این پارامترهای ورودی مانند هدایت پذیری هیدرولیک، تعریق و تبخیر و دوباره پرسیازی با نتایج نظارتی

چاه های آب کالیبراسیون گردید وقتی فشارهای آب هیدرولیک پیشگویی گردید. نمودار ترازهای فشارهای آب هیدرولیک که با مدل جریان آب زیرزمینی پیشگویی شده بود، بازتاب تغییراتی در سیستم جریان آب زیرزمینی قبل و بعد از استخراج جبهه کار بلند بوده است.

مدل آب زیرزمینی فرونشست قبل از استخراج یک فشار هیدرولیک صحیحی را در مقایسه با مشاهده چاه های آب طی دوره های قبل از استخراج پیشگویی کرده است. ولی، مدل های آب زیرزمینی بعد از فرونشست، سفره های آب خیلی متفاوتی را از روی مشاهدات در چاه های W1S و W2S و W1D پیشگویی نمودند.

جبهه کار بلند در صفحه B6 از میان چاه های آب در ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۸ عبور نمود. آب در چاه های W2S، W2I و W2D کاملاً بعد از اینکه جبهه کار بلند عبور نمود، از بین رفت. سفره آب در ۱۰ فوریه ۲۰۰۹ به مقدار ۱۰۹۰ فوت بازیابی گردید. سفره آب در چاه W2I تا اندازه ای کاهش یافت و اساساً به مقدار ۱۱۱۰ فوت احیا گردید.

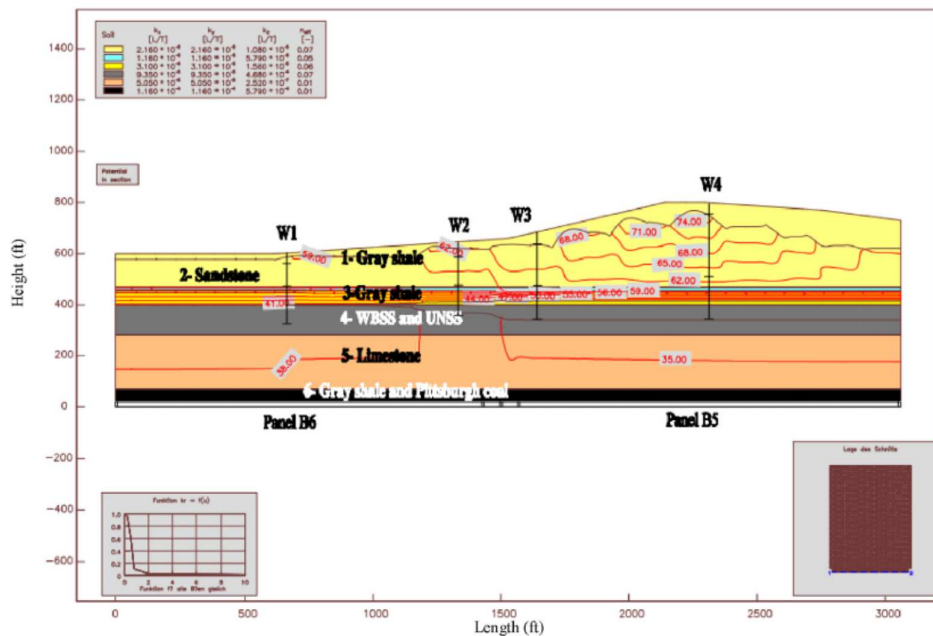
یک لایه آبخوان یا یک لایه با قابلیت نفوذپذیری پایین برای جلوگیری از کاهش سطح آب در چاه میانی کمتر از آبخوانهای زیرین وجود داشت. سطح آب بعد از استخراج در چاه W2I بالاتر از سطح آب قبل از استخراج بوده است. این پدیده نشان داده است که تخلخل موثر و ذخیره سازی افزایش یافته و ارتباط عمودی میان آبخوان های سطحی و چاه حدواسط را بزرگ کرده است. آب سطحی آبخوانهای زیرین را مجدداً پرسازی نمود.

چاه های W3D و W4D در صفحه B5 واقع بوده و اشکاراً تحت تاثیر فرونشست جبهه کار بلند در صفحات B5 و B6 بوده است. بعد از اینکه صفحه B6 استخراج گردید، منطقه شکست بالای صفحه B5 بالاتر از بالای صفحه B6 ایجاد گردید. از اینرو آب در هر دو چاه های عمیق کاملاً از دست رفت و هرگز بعد از آن مجدداً پرسازی نگردید. بهتر است که یک راهی برای کنترل ایجاد منطقه شکست و حفاظت از منبع آب زیرزمینی صرفاً مانند افزایش سرعت پیشروی جبهه کار پیدا نماییم.



جدول ۳-مقایسه ارزیابی آب بین مشاهده و پیشگویی مدل (بعد از استخراج)

مکان	ارتفاعات آب			تفاوت بین مشاهده و پیشگویی مدل (فوت)	درصد (%)	
	چاه	مشاهده	سطح آب مشاهده شده در مدل			
چاه کم عمق	W1S	1002	472	570	-98	-9.8
	W2S	1100	565	600	-35	-3.2
	W3S	N/A	N/A	N/A		
	W4S	N/A	N/A	N/A		
چاه حدوسط	W1I	N/A	N/A	560		
	W2I	1080	575	570	5	0.46
	W3I	1110	589	600	-30	-2.79
	W4I	N/A	N/A	630		
چاه عمیق	W1D	985	455	410	45	4.6
	W2D	932	397	400	-3	-0.32
	W3D	N/A	N/A	N/A		
	W4D	N/A	N/A	N/A		



شکل ۹-مقطع سفره آب زیرزمینی بعد از فرونشست در مدل

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی