

انتخاب روش بهینه خشک‌اندازی آب زیرزمینی در معدن

سه‌چاهون به کمک مدل‌سازی کامپیوتری

همایون کتیبهⁱ، محمد محمدخانیⁱⁱ، علی عالی انوریⁱⁱⁱ

چکیده

در این مقاله به مسئله خشک‌اندازی آب زیرزمینی در معدن سه‌چاهون و انتخاب روش بهینه خشک‌اندازی آن پرداخته شده است. به منظور انتخاب روش مناسب خشک‌اندازی در این معدن علاوه بر مطالعات هیدروژئولوژیک و حفاریهای اکتشافی، از نرم افزار MODFLOW نسخه PMWIN5.3 برای مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی در حالت طبیعی و نیز در شرایط مختلف معدنکاری استفاده شده است. در واسنجی مدل در حالت پایدار، پارامتر ضریب نفوذپذیری، با توجه به لزوم به حداقل رساندن اختلاف بین مقادیر ارتفاع سطح ایستابی دیده شده و محاسبه شده، واسنجی گردید. براین اساس ابتدا مدل‌سازی وضعیت آب زیرزمینی در افقهای مختلف استخراج معدن انجام شده و سپس چگونگی عملکرد دو سیستم خشک‌اندازی چاه پمپاژ و تونل زهکش، هر کدام بصورت جداگانه، برآورد گردید. مطالعات و مدل‌سازی نشان می‌دهند که روش بهینه خشک‌اندازی معدن از نظر فنی، استفاده از چاههای پمپاژ می‌باشد. بدین منظور پیشنهاد می‌شود در طی ۱۵ سال اول از ۵ حلقه چاه پمپاژ و در طی ۱۰ سال پس از آن، از ۶ حلقه چاه استفاده گردد تا از خشک بودن محیط معدنی در طی ۲۵ سال بهره‌برداری اطمینان حاصل شود.

کلمات کلیدی

معدن روباز، خشک‌اندازی معدن، مدل‌سازی آب زیرزمینی، معدن سه‌چاهون، ایران

Optimum System in Groundwater Dewatering in Sechahoun Open Pit Iron Mine

Homayoon Katibeh, Mohammad Mohammadkhani, Ali Aalianvari

ABSTRACT

This paper has paid to select the optimum dewatering system of Sechahoun open pit mine. In order to chose the optimum dewatering system for this mine, hydrogeologic studies along with exploration drilling have been carried out and the obtained data has been applied for modeling of groundwater(using MODFLOW software, version PMWIN 5.3), in different conditions of the pit depths. For the calibration of model, the hydraulic conductivity has been calibrated, in steady state condition, by adjusting the computed and observed groundwater level. In this study, , the model of groundwater flow has been obtained then according to this model, the usability of two alternative dewatering systems (pumping wells and drainage tunnel) has been investigated. According to this study, pumping well system has been suggested as the optimum dewatering system, in technical and economic point of view. In this order, during the first 15-year mining operation, 5 pumping wells, and during next 10 years, 6 pumping wells have been suggested to ensure the existence of dry mining operation environment.

KEYWORDS

Open pit mine, Mine Dewatering, Groundwater Modeling, Sechahoun mine, Iran

ⁱ استادیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر. katibeh@aut.ac.ir

ⁱⁱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی

امیرکبیر. m_mohammadkhani@yahoo.com

ⁱⁱⁱ دانشجوی دکتری مهندسی معدن، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر. ali_aalianvari@aut.ac.ir

$$Q = \frac{\pi K(H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r_p}\right)} \quad (2)$$

که در معادله ۲ شعاع تاثیر R تعریف شده است:

$$R = 5755(HK)^{0.5} \quad (3)$$

واندراسلوئیس (Vandersluis) در سال ۱۹۹۵ معادله تحلیلی ۴ را برای محاسبه میزان نشست به درون معادن روباز ارائه کرد.

$$Q = \frac{1.366 \times K(2H - \Delta h)\Delta h}{\text{Log}(R + r_0) - \text{log } r_0} \quad (4)$$

که در معادلات ۳ و ۴ میزان نفوذ آب K ، (m³/day) نفوذپذیری منطقه H ، (m/day) هد آب زیرزمینی R ، (m) شعاع تاثیر r_0 ، (m) شعاع کاهش یافته در معادن روباز در هر تراز (m) و h هد آب زیرزمینی در تراز مورد نظر r_p ، (m) شعاع گودال در تراز مورد نظر Δh (m) افت آب در تراز مورد نظر (m) است.

علاوه بر روش‌های تحلیلی که بیانگر تخمینی از میزان نشست است، با توجه به معادلات اساسی حاکم بر جریان نشست و مشخصات ساختگاه، با بهره‌گیری از روش‌های عددی نظیر المان محدود (FEM)، تفاضل محدود (DFM)، المان مجزاء (DEM) و یا حجم محدود (FVM) می‌توان وضعیت نشست به معادن را شبیه‌سازی نمود و مقادیر نشست به معادن روباز را در نواحی مختلف ساختگاه محاسبه نمود. روش‌های عددی برخلاف روش‌های تحلیلی از سادگی محاسباتی برخوردار نیستند؛ همچنین نیازمند اطلاعات جامعی از محیط ساختگاه بوده ولی نسبت به روش‌های تحلیلی از ساده‌سازی‌ها و فرضیات کمتری برخوردارند. در نتیجه روش‌های عددی بسیار پیچیده‌تر بوده و بکارگیری آن‌ها نیز بسیار زمان‌بر است، اما نتایج دقیق‌تری را نسبت به روش‌های تحلیلی ارائه می‌نمایند.

امروزه برای ساخت مدل جریان آب زیرزمینی نرم‌افزارهای گوناگونی تهیه شده است. از میان نرم‌افزارهای موجود MODFLOW نسخه ۳.۳ PMWIN برای مدل‌سازی جریان آب در محدوده‌ی معادن سه‌چاهون استفاده شده است. این نرم‌افزار معادله‌ی حاکم بر جریان نشست آب زیرزمینی را با کمک روش تفاضل محدود که یک روش عددی است، حل می‌کند. دلیل انتخاب این نرم‌افزار شهرت جهانی و اعتباری است که در میان کاربران خود بوجود آورده است.

هدف از این مطالعه علاوه بر بررسی چگونگی تاثیر عملیات استخراج ماده معدنی بر رژیم آب زیرزمینی، انتخاب روش بهینه خشک‌اندازی معادن سه‌چاهون از دیدگاه فنی نیز می‌باشد که در این راستا، با مقایسه فنی دو گزینه تونلهای زهکش و چاههای پمپاژ به کمک مدل‌سازی جریان نشست آب زیرزمینی در

معدن سنگ آهن سه‌چاهون در شرق استان یزد و در نزدیکی شهر بافق، یکی از معادن بزرگ روباز ایران به شمار می‌آید. سطح آب زیرزمینی در پیرامون این معدن در عمق ۳۰-۴۰ متری نسبت به سطح زمین قرار گرفته است. عمق پایانی پیت معدن ۲۷۰ متر می‌باشد. این معدن مانند بیشتر معادن روباز دنیا با مشکل هجوم آب زیرزمینی مواجه است. در واقع حضور آب از همان آغاز باطله برداری و عملیات معدنکاری اولیه دیده شده و باعث بروز مشکلاتی نظیر استفاده اجباری از مواد منفجره‌ی ضد آب به جای آنفو، ناپایداری شیب دیواره‌ها، سختی تردد ماشین‌آلات و سایر مشکلات شده است، که البته پیامد این مشکلات، افزایش هزینه‌های معدنکاری و کاهش راندمان می‌باشد. با توجه به مشکلات گفته شده و همچنین لزوم داشتن جبهه‌کاری خشک و ایمن، اجرای یک سیستم مناسب خشک‌اندازی در این معدن اجتناب ناپذیر می‌باشد. به منظور طراحی یک سیستم مناسب خشک‌اندازی نیاز به مدلسازی جریان آب زیرزمینی پیرامون معدن با توجه به اطلاعات بدست آمده از مطالعات هیدروژئولوژیک و حفاریهای اکتشافی می‌باشد.

در بحث کاربرد روش‌های مدل‌سازی آب زیرزمینی به منظور انتخاب طرح خشک‌اندازی، محققین مختلف از روش‌های تحلیلی و عددی بهره جسته‌اند که از آن جمله می‌توان از دولتی (۲۰۰۳) نام برد که از روش المان محدود استفاده نمود.

معادلات تحلیلی حاکم بر جریان نشست آب زیرزمینی به درون معادن روباز از معادلات اساسی حاکم بر جریان آب زیرزمینی بدست می‌آیند. معادله زیر ترکیب معادلات داری و معادله پیوستگی را نشان می‌دهد:

$$\left(K_x \frac{\partial h}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y}\right) = C \frac{\partial}{\partial t} (h) + Q \quad (1)$$

که در آن K_x ، K_y : مقادیر نفوذپذیری در جهات x و y و Q دبی آب و H هد آب در زمان t را نشان می‌دهد.

کراسمن (Krusseman) و ریدر (De Ridder) در سال ۱۹۷۹ و سینگ (Singh) و همکاران در سال ۱۹۸۵ با استفاده از خصوصیات هیدرولیکی چاهها معادله تحلیلی (۲) را برای محاسبه جریان پایدار دراز مدت به درون معادن روباز ارائه کردند. این معادله بر مبنای معادلات تیم (Thiem) و فرضیات دوپویی (Dupuit) برای آبخوان‌های نامحصور بدست آمده است.

شرایط مربوطه، عملکرد هر دو سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مدل سازی جریان آب زیرزمینی در محدوده‌ی

معدن سه چاهون

به منظور مدل سازی جریان آب به کمک نرم افزار MODFLOW لازم است که ابتدا اطلاعات ورودی آن جمع آوری و پردازش شود. این اطلاعات عبارتند از وسعت محدوده‌ی مورد مطالعه، تعداد لایه‌های آبدار موجود، ضخامت لایه‌ها، شرایط مرزی، تقسیم بندی زمانی، توپوگرافی، ضرایب هیدرودینامیکی و تخلخل. یکی از گامهای اولیه در بکارگیری این نرم افزار، شبکه بندی محیط نشت به سلولهای (المانهای) مختلف می باشد که در ادامه به آن پرداخته می شود.

۳- شبکه بندی محدوده‌ی معدن سنگ آهن

سه چاهون

برای اینکه مدل مورد نظر از دقت بالایی برخوردار باشد محدوده‌ی مورد مطالعه با وسعتی نزدیک به ۲ کیلومتر مربع در نظر گرفته شده است. این محدوده شامل پیت معدن و شعاع مناسبی پیرامون آن می باشد. محیط تحت مطالعه به سلولهای موازی با محورهای مختصات یعنی X و Y تقسیم می شوند که اندازه‌ی سلولها براساس دقت و اهمیت ممکن است در مناطق مختلف، متفاوت انتخاب شود.

در اینجا ابعاد سلولها ۲۵×۲۵ متر در جهت X و Y در نظر گرفته شده که بنابراین تعداد ۸۰ سلول در جهت X و ۶۰ سلول در جهت Y حاصل شد (۸۰ ستون و ۶۰ سطر). [۲]

۴- مدل سازی جریان آب زیرزمینی برای افقهای

مختلف استخراجی و شرایط مرزی مربوطه

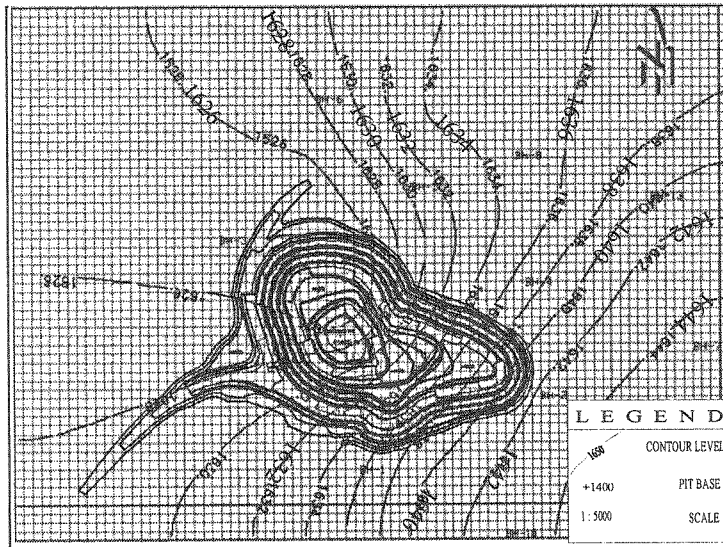
با توجه به نقشه خطوط تراز آب زیرزمینی (شکل ۱) که جهت کلی جریان آب زیرزمینی را در حالت طبیعی از شرق به غرب نشان می دهد، هر دو مرز جنوبی و شمالی محدوده مورد مطالعه به عنوان مرز ناتروا در نظر گرفته شد که این امر با مستندات زمین شناسی و هیدروژئولوژیک (برونزد لایه های

ناتروا) همسانی کامل دارد. همچنین با توجه به نقشه یادشده و دانسته های هیدروژئولوژیک، زون تغذیه آب زیرزمینی در ارتفاعات جنوب شرق معدن واقع می باشد که در این قسمت مرز هد ثابت در نظر گرفته شده است. آب زیرزمینی در مسیر حرکت خود، به یک زون گسله در شمال غرب پیت، نفوذ کرده و از آنجا با ادامه مسیر به سمت غرب شمال غرب، به رودخانه فصلی گودکپیرو نشت می نماید. به عبارتی، این رودخانه نقش منطقه تخلیه آب زیرزمینی محدوده مورد مطالعه را ایفاء می نماید. لذا در قسمت شمال غرب محدوده، مرز هد ثابت در نظر گرفته شده است. [۲] با توجه به لاگهای حفاری، ضخامت بخش آبرفتی حدود ۲۸ متر و ضخامت بخش سنگی حدود ۲۶۰ متر به دست آمده اند. [۲] ضرایب نفوذپذیری حاصل از آزمایش های لوفران و لوژن به ترتیب $1/32 \times 10^{-4}$ تا $2/22 \times 10^{-4}$ سانتی متر بر ثانیه برای بخش آبرفتی و $8/45 \times 10^{-6}$ تا $8/32 \times 10^{-6}$ سانتی متر بر ثانیه برای بخش سنگی محاسبه شده اند. این ضرایب پس از کالیبراسیون مدل در حالات ماندگار و غیر ماندگار به ترتیب برای بخش آبرفتی $5/8 \times 10^{-6}$ - $4/6 \times 10^{-6}$ و برای بخش سنگ $1/7 \times 10^{-6}$ - $1/16 \times 10^{-6}$ سانتی متر بر ثانیه بدست آمده اند. [۲]

اندازه گیری های انجام شده در گمانه های اکتشافی موجود در معدن بیانگر این مطلب است که تراز ایستابی در عمق ۳۰ تا ۴۰ متری نسبت به سطح زمین واقع است. [۲]

پس از وارد کردن کلیه ی اطلاعات مورد نیاز به نرم افزار، مدل جریان آب حاصل از MODFLOW در افق ۱۶۷۰، یعنی زمانی که هیچ گونه عملیات معدنکاری صورت نگرفته، بدست می آید. این مدل پس از انجام واسنجی در حالت پایدار موقعیت سطح ایستابی معدن و پیرامون آنرا در حالت طبیعی (پیش از انجام عملیات معدنکاری) ارائه می نماید. شیب هیدرولیک از سمت جنوب شرق به سمت شمال شرق دارای تغییرات یکنواختی است [۲].

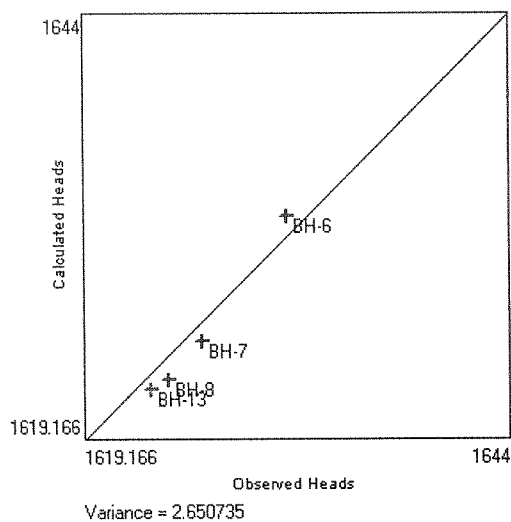
در واسنجی مدل در حالت پایدار، پارامتر ضریب نفوذپذیری، با توجه به لزوم به حداقل رساندن اختلاف بین مقادیر ارتفاع سطح ایستابی دیده شده و محاسبه شده، کالیبره گردید.



شکل ۱: خطوط تراز سطح ایستابی در محدوده معدن و موقعیت نهائی پیت معدن. [۲]

خشکاندازی در معدن و پیرامون آن صورت نپذیرد. در ادامه به بررسی تاثیر دو روش خشکاندازی یعنی چاههای آبکشی و تونل زهکش بر رژیم آب زیرزمینی و موقعیت سطح ایستابی معدن و پیرامون آن در ادوار مختلف بهره‌برداری، پرداخته می‌شود.

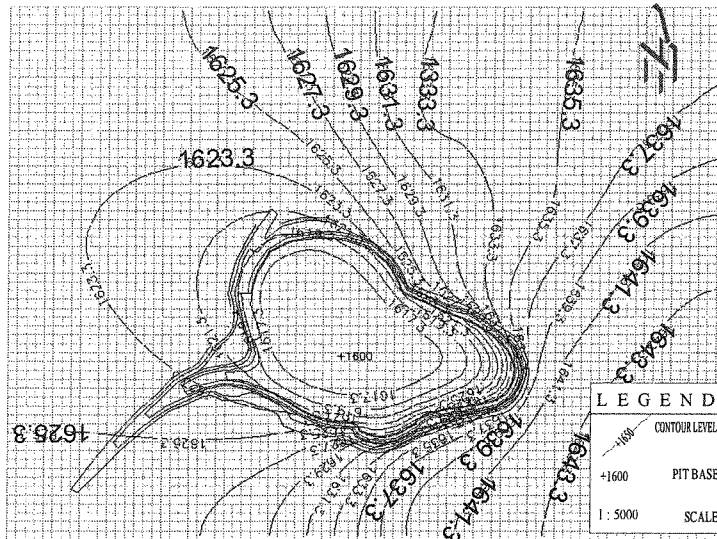
Comparison of Calculated and Observed Heads



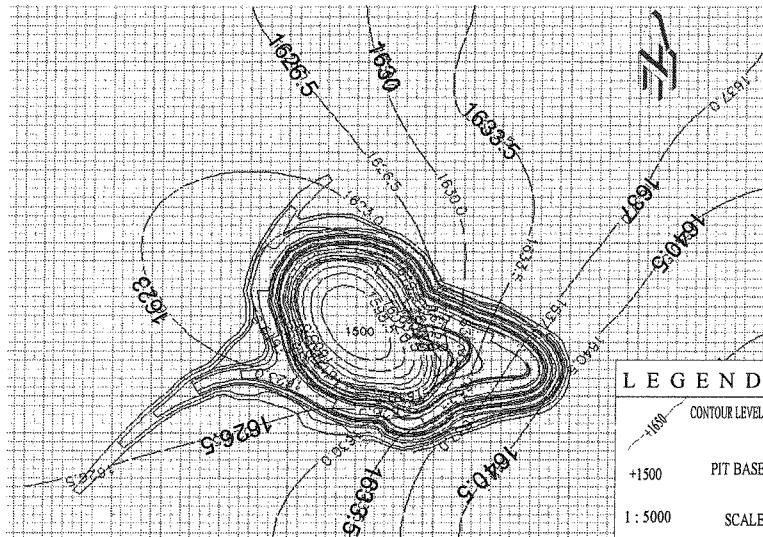
شکل ۲: نمودار واسنجی مدل در حالت پایدار. [۲]

در این واسنجی، ضریب همبستگی برابر $97/3$ درصد بدست آمد. شکل ۲ نمودار واسنجی مدل در حالت پایدار را نشان می‌دهد. هدف از مدل‌سازی در حالت ناپایدار شبیه‌سازی تغییرات سطح ایستابی در طی سالهای بهره‌برداری از معدن، تحت شرایط مختلف (از نظر ابعاد و عمق پیت معدن) و نیز انتخاب سیستم خشکاندازی بهینه می‌باشد. در مدل‌سازی در حالت ناپایدار بایستی دوره‌های تنش تعریف گردند که در اینجا با توجه به برنامه‌ی ۲۵ ساله‌ی استخراج معدن، ۲۶ دوره‌ی تنش یک ساله در نظر گرفته شد. هر چه دوره‌ی تنش بیشتر باشد دقت محاسبات و البته حجم محاسبات افزایش می‌یابد. هر دوره‌ی تنش به اجزای کوچکتر زمانی و یا به عبارتی گام زمانی تقسیم می‌شود. در این مدل‌سازی، هر دوره‌ی تنش به دو گام زمانی شش ماهه تقسیم شده است.

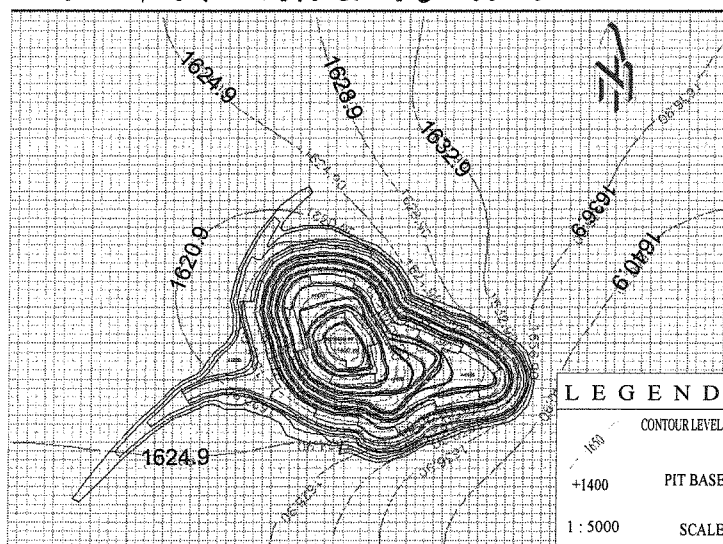
با توجه به دورنمای استخراج معدن و نیز با توجه به آنکه پس از ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ سال، کف پیت معدن به ترتیب در افقهای ۱۶۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ متر (از سطح دریا) قرار خواهد داشت نتایج حاصل از مدل‌سازی مربوط به دوره‌های زمانی یاد شده ارائه شده‌اند که به ترتیب در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ دیده می‌شوند. در شکل‌های یاد شده چگونگی تاثیر عملیات استخراجی بر خطوط تراز آب زیرزمینی پس از ۵، ۱۰ و ۲۵ سال دیده می‌شود. بدیهی است که نتایج بدست آمده از مدل تا این مرحله، با فرض آن است که هیچگونه عملیات



شکل ۳: نقشه خطوط تراز سطح ایستابی در پایان سال پنجم معدنکاری. [۲]



شکل ۴: نقشه خطوط تراز سطح ایستابی در پایان سال پانزدهم معدنکاری. [۲]



شکل ۵: نقشه خطوط تراز سطح ایستابی در پایان سال بیست و پنجم معدنکاری. [۲]

۴-۲- مدل سازی سیستم چاههای پمپاژ

پس از اجرای مدل‌های مختلف با استفاده از ترکیبات مختلف چاههای آبکشی، مناسبترین مدل پمپاژی که در هر دوره استخراجی جوابگوی طرح خشک‌اندازی معدن سه‌چاهون باشد انتخاب شد که به منظور رعایت اختصار، تنها ترکیب نهائی انتخاب شده، طرح و بحث می‌شود. این مدل پمپاژ شامل ۵ حلقه چاه در افقهای ۱۶۰۰ تا ۱۵۰۰ و ۶ حلقه چاه در افق ۱۴۰۰ پیرامون معدن است که دبی پمپاژ هر کدام در هر دوره زمانی استخراجی متفاوت می‌باشد. مشخصات این چاهها به همراه میزان پمپاژ از هر کدام، متناسب با دوره‌های زمانی استخراجی ۵، ۱۵ و ۲۵ ساله، در جدول ۱ ارائه شده است.

همانطور که از جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان دبی کل پمپاژ برای ترانزهای ۱۶۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ بترتیب برابر ۱۵۰۰، ۱۹۵۰ و ۳۰۰۰ مترمکعب در روز برآورد شده است. تعداد چاههای بکار رفته در دوره‌های زمانی ۵ و ۱۵ ساله، ۵ و برای آخرین مرحله یعنی دوره‌های زمانی ۲۵ ساله ۶ حلقه می‌باشد. موقعیت چاهها در افق ۱۴۰۰ یعنی زمانی که معدن به عمق پایانی خود می‌رسد و همچنین میزان افت سطح ایستابی در این افق به ازای پمپاژ نهایی ۳۰۰۰ متر مکعب بر روز در شکل ۶ ارائه شده است.

جدول ۱: مشخصات چاههای پمپاژ در محدوده معدن سه‌چاهون به ازای افقهای ۱۶۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ متری [۲]

شماره چاه	مختصات		فاصله از پیت (m)	عمق چاه (m)	حداکثر دبی پمپاژ (m ³ /day)			حداکثر میزان افت سطح ایستابی (m)		
	Y	X			۱۶۰۰	۱۵۰۰	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۱۵۰۰	۱۴۰۰
W1	۱۷۰۰	۴۶۰	۲۱۰	۲۵۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۱۷۰	۱۹۰	۲۴۰
W2	۱۵۲۵	۲۱۲	۱۱۰	۲۵۰	۳۰۰	۴۵۰	۶۰۰	۲۰۰	۲۶۰	۲۸۰
W3	۸۱۲	۲۱۲	۸۵	۲۵۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۲۱۰	۲۵۰	۲۷۰
W4	۶۴۱	۷۴۰	۱۲۵	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۵۰	۱۷۰	۲۱۰	۲۴۵
W5	۵۶۵	۹۱۵	۱۰۵	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۴۵۰	۱۸۰	۲۲۰	۲۶۰
W6	۱۲۸۵	۸۰۹	۱۴۰	۲۵۰	۳۰۰	---	۵۰۰	---	---	۲۵۰

۴-۳- مدل سازی سیستم تونل زهکش

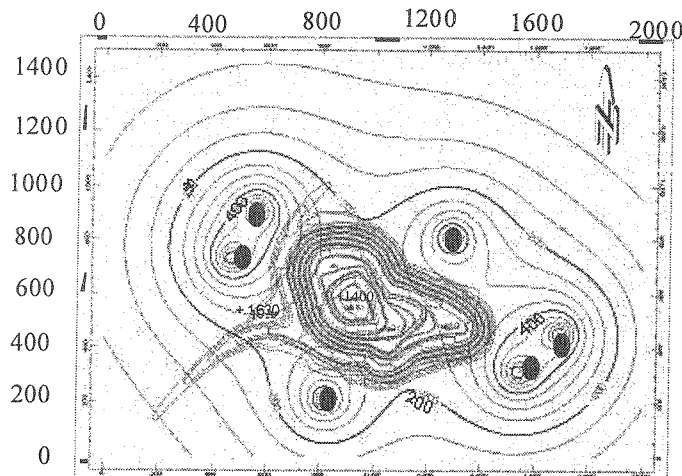
تونل صورت می‌گیرد. در مدل کامپیوتری کلیه طول تونل به عنوان مرز هد ثابت وارد شده است. [۲] به منظور بهبود و شتاب در عملیات زهکشی، حفر چاههای شعاعی از داخل تونل موثر خواهد بود. دبی این چاهها متناسب با آب زهکش شده به تونل خواهد بود. شکل ۷ نقشه تراز سطح ایستابی را نمایش می‌دهد. در چنین شرایطی میزان دبی کل خروجی از سه ایستگاه پمپاژ نزدیک به ۳۰۰۰ مترمکعب در روز می‌باشد.

چنانچه از شکلهای ۳، ۴، و ۵ دیده می‌شود که هجوم آب زیرزمینی به پیت معدنی با افزایش عمق معدنکاری افزایش یافته و آینده استخراج معدن را با مشکلات جدی روبرو می‌کند. شکلهای اشاره شده نشان می‌دهند که در حالتی که کف پیت معدن در عمق ۱۶۰۰ متر و کمتر قرار داشته باشد آب زیرزمینی از تمام جوانب به پیت وارد می‌شود. چنانچه از این شکلهای دیده می‌شود گرادیان هیدرولیک در سمت جنوب شرق پیت معدن (که به زون تغذیه طبیعی آب زیرزمینی نزدیکتر است) بیشتر بوده و انتظار می‌رود که از این ناحیه، آب بیشتری به داخل پیت هجوم آورد.

۴-۱- انتخاب سیستم خشک‌اندازی بهینه در معدن

در این مرحله با توجه به روشهای متداول خشک‌اندازی در معادن روباز، تغییرات ایجاد شده در رژیم آب زیرزمینی به کمک روشهای مختلف زهکشی مورد بررسی قرار داده شده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در این مرحله دو روش کلی خشک‌اندازی مد نظر قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه فنی شدند، یکی چاههای پمپاژ و دیگری تونل زهکش که در ادامه، هر دوی این روشها، از نظر چگونگی عملکرد، به کمک مدل با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

با انتخاب طرحهای مختلف زهکشی، طرح حفر یک تونل زهکش در تراز ۱۳۵۰ و استفاده از سه ایستگاه پمپاژ انتخاب گردید (شکل ۷). این تونل در پیرامون معدن به طول نزدیک به ۳۱۰۰ متر و میزان هدایت هیدرولیکی زهکشی ۱/۲ متر مربع در روز مناسب بوده که آب زهکش شده پسمت سه ایستگاه پمپاژ در سه نقطه در اطراف هدایت شده و از آنجا پمپاژ آب به خارج

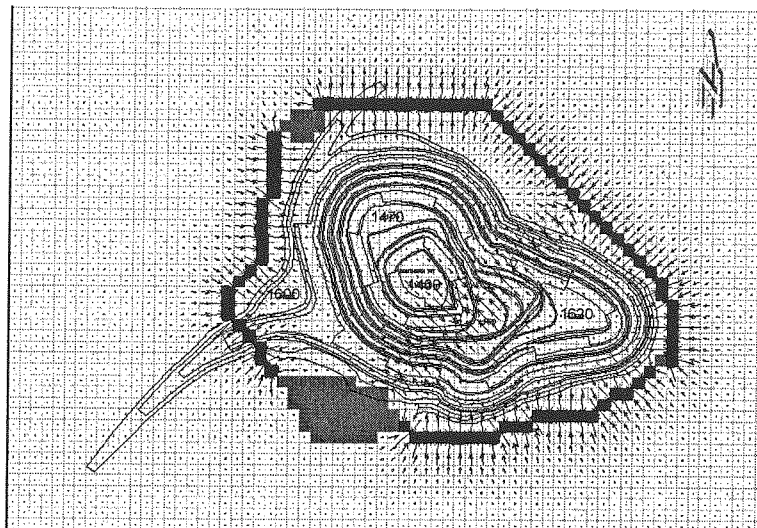


شکل ۶: نقشه خطوط هم افت سطح ایستابی در تراز ۱۴۰۰ با بکارگیری سیستم پمپاژ. موقعیت چاههای آبکشی در شکل با دایره نشان داده شده اند. [۲]

برتری سیستم پمپاژ نسبت به حفر تونل را می‌توان از دیدگاه فنی و اجرایی در سادگی و پیچیدگی کم آن دانست. حفر تونل در مقابل چاه آبکشی بسیار مشکل‌تر و زمان‌بر بوده و لذا بررسی آن در این مرحله تنها از آن دیدگاه بوده که ممکن است هدف از احداث تونل اهداف ثانویه‌ای، نظیر استخراج ماده معدنی از افقهای پایین‌تر، باشد، بدین معنی که می‌توان از سیستم تونل زهکش در آینده، علاوه بر کنترل آب‌زیرزمینی، جهت استخراج ماده معدنی از افقهای زیر ۱۴۰۰ متر نیز بهره برد.

۴-۴- مقایسه روش تونل زهکش و روش چاه پمپاژ

با توجه به مزایا و معایب روشهای پمپاژ و زهکشی، روش حفر تونل به همراه سه ایستگاه پمپاژ می‌تواند سطح آب را به عمقی پائین‌تر از تراز کف پیت کاهش دهد. همچنین به ازای بکارگیری سیستم پمپاژ با حفر تعداد ۵ و ۶ چاه در اطراف معدن نیز می‌توان سطح آب را در تراز پایین‌تر از تراز معدنکاری ثابت نگه داشت.



شکل ۷: موقعیت تونلهای زهکش در بخش سنگی و نحوه عملکرد آن. فلشها در شکل جهت جریان آب‌زیرزمینی را نشان می‌دهند. المانهای سیاه رنگ نشانگر مسیر تونل و سلولهای خاکستری رنگ نشانگر محیط خشک شده از آب‌زیرزمینی می‌باشند. [۲]

۵- نتیجه گیری

با توجه به مطالعات صورت گرفته و برابری نتایج عددی محاسبه شده با شرایط موجود، سیستم چاه و پمپاژ شامل ۵ و ۶ حلقه چاه در افقهای ۱۶۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۴۰۰ و نرخ کلی پمپاژ ۱۹۵۰، ۱۵۰۰ و ۳۰۰۰ متر مکعب در روز گزینه مناسب جهت خشکاندازی در این معدن شناخته شد.

بطور کلی حفر چاههای پمپاژ به مراتب راحت تر از حفر تونل بوده و مشکلات خاص احداث تونل در اعماق را ندارد. شایان گفتن است که موقعیت احداث چاههای پمپاژ با توجه به نفوذپذیری طبقات انتخاب شده است، بدین معنی که حفر چاهها در طبقاتی با نفوذپذیری بالاتر پیشنهاد شده اند به گونه ای که بیشترین راندمان آبکشی ممکن را داشته باشند.

۶- منابع و مراجع

- [۱] محمدخانی، م. طراحی سیستم زهکشی آب در معدن روباز سنگ آهن سه چاهون، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۳.
- [۲] مهندسین مشاور کاوشگران پروژه مطالعات زهکشی معدن سه چاهون، ۱۳۸۳.
- [۳] Ahmad Aryafar, et al(2007), "REDICTION OF GROUNDWATER INFLOW AND HEIGHT OF THE SEEPAGE FACE IN A DEEP OPEN PIT MINE USING NUMERICAL FINITE ELEMENT MODEL AND ANALYTICAL SOLUTIONS", IMWA Symposium 2007: Water in Mining Environments, R. Cidu & F. Frau (Eds), 27th - 31st May 2007, Cagliari, Italy.
- [۴] Doulati Ardejani F., Singh R.N., Baafi E.Y., Porter I. (2003b). A finite element model to: Predict groundwater inflow to surface mining excavations. Mine Water and the Environment 22 (1), 31-38.
- [۵] Freeze R.A., Cherry J.A. (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, NJ, 604 p..
- [۶] Kruseman G P and DeRidder, (1979), "Analysis and evaluation of pumping test data", Bulletin 11, International Institute for land reclamation and improvement, ILRI, PO Box 45, 6700A Wageningen, The Netherlands, 1979 pp 193-194.
- [۷] Singh R.N., Atkins A.S. (1985b). Analytical techniques for the estimation of mine water inflow. International Journal of Mining Engineering 3, 65-77.
- [۸] Singh R.N., Ngah S.A., Atkins A.S. (1985). Applicability of current groundwater theories for the prediction of water inflows to surface mining excavations. Proceedings of the Second International Congress of the International Mine Water Association, Granada, Spain, 553-571.
- [۹] Vandersluis G.D., Straskraba V., Effner S.A. (1995). Hydrogeological and geochemical aspects of lakes forming in abandoned open pit mines. Proceedings on Water Resources at Risk, W.R. Hotchkiss, J.S. Downey, E.D. Gutentag and J.E. Moore (Eds.), American Institute of Hydrology, 162-177.