

# تونل TUNNEL

شماره ۱۹ / تابستان ۱۳۹۱

[www.irta.ir](http://www.irta.ir)

نشریه انجمن تونل ایران  
IRANIAN TUNNELING ASSOCIATION MAGAZINE





# تونل TUNNEL

شماره ۱۹ / تابستان ۱۳۹۱

نشریه انجمن تونل ایران IRANIAN TUNNELLING ASSOCIATION MAGAZINE

## فهرست



۲	..... سرمقاله
۴	..... اخبار
۱۰	..... انتخاب تجهیزات مربوط به تهویه معدن زیرزمینی کلمدر و برناکی
۲۰	..... طرح و اجرای تهویه حین ساخت تونل های بلند در شرایط خاص و پیچیده
۳۰	..... چکیده مقالات منتخب نشریات
۳۱	..... معرفی کتاب
۳۳	..... رویدادهای تونلی



### شرح روی جلد: تونل نیایش در حین ساخت

**همکاران این شماره**  
مهندس محمد خسرو تاش  
**امور اجرایی**  
نشرین  
**تالیفات**  
معصومه قره داغی  
**گرافیک و صفحه آرایی**  
شرکت آذرشن گرافیک آریا  
www.azarshangraphic.com

**صاحب امتیاز**  
انجمن تونل ایران  
**مدیر مسئول**  
دکتر مرتضی قارونی نیک  
**سر دبیر**  
دکتر سیامک هاشمی  
**زیر نظر**  
هیئت مدیره انجمن تونل ایران  
**هیئت تحریریه**

دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریف زاده، دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی فر، دکتر مرتضی قارونی نیک، دکتر حسین کنعانی مقدم، مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک هاشمی، دکتر علی یساقی

ضمن استقبال و تشکر از علاقمندان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای این نشریه می باشند، خواهشمند است به نکات زیر توجه شود:

- موضوع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطالب و مقاله های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- مقاله تالیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.
- مسئولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسندگان یا مترجمان است.
- نظرات نویسندگان به منزله دیدگاه و نظریه های نشریه نیست.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه با ذکر مأخذ بلامانع است.
- نشانی: خیابان کارگر شمالی - بالاتر از بیمارستان قلب - بعد از خیابان دوم - ساختمان - ۴۶۷ طبقه - ۵ واحد - ۴۱ انجمن تونل ایران
- تلفن: ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ - ۸۸۰۰۸۷۵۴
- Website: www.irta.ir
- Email: info@irta.ir

# سرمقاله

## دهمین کنفرانس تونل ایران

اعضای سازمان ملل هشت هدف مشترک را تحت عنوان اهداف توسعه هزاره پذیرفتند که باید تا سال ۲۰۱۵ به آنها دست یابند و از این طریق به چالش‌های اصلی توسعه جهان پاسخ دهند. فضاهای زیرزمینی می‌توانند نقش مهمی در راستای رسیدن به این اهداف ایفا نمایند. منافع وجود و توسعه این فضاها به عنوان زیرساخت‌های اساسی، شامل همه اقشار جامعه می‌شود. انحراف آب، آبرسانی، و تخلیه آب و فاضلاب از جمله کاربردهای تونل‌ها می‌باشند که در تضمین سلامت و پایداری جوامع نقشی حیاتی دارد. ایجاد راه‌های دسترسی در مناطق کوهستانی و کاهش فاصله در مناطق شهری از طریق تونل باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود. در کشورهای دارای آب و هوای سرد یا گرم و خشک، فضاهای زیرزمینی می‌توانند نقش مهمی در ذخیره آب، مواد غذایی و سایر ملزومات داشته باشند. این سازه‌ها در مقایسه با سازه‌های سطحی در معرض آسیب‌های کمتری بوده و در مقابل زلزله، سیل و طوفان مقاومت بیشتری داشته و صدمه کمتری می‌بینند. با توجه به دمای نسبتاً ثابت زیر زمین، این فضاها می‌توانند در صرفه جویی در مصرف انرژی و مبارزه با افزایش گرمای زمین موثر می‌باشند. استخراج منابع طبیعی و دسترسی به مواد و مصالح از طریق معدنکاری و حفاریات زیرزمینی امکان‌پذیر می‌باشد. علاوه بر موارد فوق استفاده از سازه‌های زیرزمینی امکان حفظ شرایط طبیعی و محیط زیست، و سازه‌ها و ابنیه سطحی را نیز از طریق برنامه‌ریزی مناسب، انتقال علوم و فنون، و آموزش را فراهم می‌آورد.

بهره‌گیری از آخرین پیشرفت‌های علمی و فناوری‌های ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی نیاز امروز کشورها در راستای رسیدن به اهداف مذکور می‌باشد. انجمن تونل ایران با تجربه برگزاری چندین کنفرانس علمی ملی و بین‌المللی، و ارتباط با مجامع صنعت تونل، در آبان ماه ۱۳۹۲ دهمین کنفرانس تونل ایران را با عنوان "فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم" در تهران برگزار خواهد نمود. این همایش با محورهای طراحی، ساخت و بهره‌برداری و تأکید بر نقش کلیدی فضاهای زیرزمینی در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست، فرصت مناسبی به منظور تبادل اطلاعات و دانش روز و نیز آشنایی با فن‌آوری‌های جدید صنعت تونل را فراهم می‌سازد. برنامه این همایش شامل کارگاه‌های آموزشی، ارائه مقالات، برگزاری نمایشگاه تخصصی و بازدید می‌باشد. حضور فعال دست‌اندرکاران صنعت تونل در این کنفرانس موجب شکوفایی، ارتقاء و توسعه فناوری فضاهای زیرزمینی می‌شود. انجمن تونل ایران بدینوسیله از تمامی دانشمندان، متخصصان و نخبگان علمی، اساتید، دانشجویان و پژوهشگران و دست‌اندرکاران صنعت تونل برای شرکت در این کنفرانس دعوت به عمل می‌آورد.



# اخبار

## آغاز مطالعات احداث متروی ورامین - گرمسار / بهره برداری از فاز نخست خط ۳

به گزارش خبرنگار مهر، هایبیل درویش در مراسم افتتاح رسمی ایستگاه‌های ارم سبز و شهرک اکباتان از خط ۴ مترو تهران با بیان اینکه در پنجمین ماه از سال هنوز ریالی از اعتبارات عمرانی مترو پرداخت نشده است اظهار کرد: با بهره برداری از این دو ایستگاه آخرین قطعه از خط ۴ با به طول ۴،۵ کیلومتر تکمیل شد. وی با بیان اینکه در خط ۳ و خط ۶ مترو تهران نیز عملیات اجرایی احداث تونلها در حال پیگیری است گفت: خط ۶ مترو تهران از دولت آباد به سمت میدان سپاه به طول ۱۲ کیلومتر و با ۱۰ ایستگاه در دست احداث است که تاکنون حدود ۳/۵ کیلومتر تونل در این خط ساخته شده است. درویش خاطرنشان کرد: در خط ۷ مترو تهران نیز عملیات احداث تونلها با دو دستگاه حفار اتوماتیک در حال پیگیری است. این خط حدود ۱۲ کیلومتر طول دارد و با ۱۰ ایستگاه از نواب آغاز و تا میدان صنعت ادامه می یابد. وی افزود: تاکنون حدود ۸/۵ کیلومتر تونل از این خط احداث شده و در سال ۹۲ می توانیم بخش هایی از این خط را هم در صورت تامین به موقع اعتبارات به بهره برداری برسانیم. مدیرعامل شرکت مترو تهران و حومه گفت: احداث مترو ورامین و گرمسار نیز در دست طراحی و مطالعات قرار دارد و همچنین عملیات اجرایی احداث مترو فرودگاه امام خمینی (ره) و امتداد آن تا شهر پزند در دست اجرا است. درویشی خاطرنشان کرد: اولویت اصلی سال جاری در توسعه و بهره برداری از خطوط مترو، خط ۳ است که عملیات عمرانی این خط در ۱۰۲ جبهه کاری در حال پیگیری است و در تلاشیم تا پایان امسال ۱۹ کیلومتر از این خط را آماده بهره برداری کنیم. وی تاکید کرد: فاز نخست این پروژه حداقل سه چهارم و لیعصر (عج) تا محدوده مصلی تهران تا پایان نیمه نخست امسال تکمیل و آماده بهره برداری خواهد شد.

پرتال خبری تحلیلی ممتاز نیوز

۹۱/۴/۱



### سرعت عملیات لاینینگ نهایی تونل امیرکبیر افزایش می یابد.

جانشین مجری طرح‌های تونلی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران، از افزایش قالب‌های لاینینگ نهایی پروژه تونل امیرکبیر خبر داد. به گزارش پایگاه خبری معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران، مهندس سیدمهدی پورهاشمی با بیان اینکه کار لاینینگ نهایی بخش‌های مختلف این پروژه باید با استفاده از ۸ دستگاه قالب انجام شود، افزود: هم‌اکنون ۲ دستگاه از این قالب‌ها فعال بوده و ۲ دستگاه قالب جدید نیز در حال گذراندن مراحل نهایی مونتاژ و آماده‌سازی است تا طی ۱۰ روز آینده زیر بتن برود. وی همچنین در تشریح پیشرفت عملیات اجرایی در بخش‌های مختلف پروژه تونل امیرکبیر، از اتمام عملیات لاینینگ نهایی در تونل جنوبی بخش حد فاصل شرق و غرب خیابان ۱۷ شهریور خبر داد و گفت: در تونل شمالی این بخش نیز متعاقب اتمام عملیات آب‌بندی، تلاش برای اجرای عملیات لاینینگ نهایی ادامه دارد و تا کنون ۲۲ متر از طول ۷۰ متری این تونل زیر بتن نهایی رفته است. مهندس پورهاشمی با بیان اینکه عملیات بتن‌ریزی کف در هردو تونل شمالی و جنوبی بخش حد فاصل خیابان شکوفه تا میدان کلانتری به اتمام رسیده، از انجام اقدامات پیش‌نیاز برای اجرای بتن‌ریزی نهایی در سقف و دیواره‌های این بخش خبر داد. به گفته وی در بخش حدفاصل میدان کلانتری تا بزرگراه امام‌علی (ع) ضمن اجرای عملیات بتن‌ریزی کف، آب‌بندی سقف و دیواره‌ها ادامه دارد و ۱۸ متر از طول این بخش نیز زیر بتن نهایی رفته است. گفتنی است پروژه احداث تونل امیرکبیر در شرق بازار تهران و در بخش حد فاصل سهراب امین‌حضور تا بزرگراه امام‌علی (ع) در حال اجرا است و بهره‌برداری از آن، نقش به سزایی در انتقال و توزیع متناسب بار ترافیکی در این منطقه پرتراфик خواهد داشت.

پایگاه خبری معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران

۹۱/۴/۳

## افتتاح تونل امامزاده هاشم تا زمستان / اتمام کل پروژه تا پایان دولت دهم

معاون وزیر راه و شهرسازی از افتتاح تونل امامزاده هاشم قبل از فصل زمستان خبر داد. احمد صادقی ضمن بازدید از تونل امامزاده هاشم در گفتگو با مهر، اظهار داشت: این تونل بخشی از واریانت گردنه تونل امامزاده هاشم است که با انجام این واریانت بطول ۵ کیلومتر و ۴۰۰ متر، گردنه صعب العبور و پرحادثه امامزاده هاشم حذف خواهد شد. معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه از این ۵۴۰۰ متر، ۳۲۰۰ متر مربوط به تونل است، گفت: این تونل به دلیل شرایط بسیار سخت و صعب العبور بودن با دشواری در حفاری و ساخت روبرو بوده است ضمن اینکه بافت تونل ریزشی بود و در زمان حفاری ۶۰۰ لیتر در ثانیه آب در تونل وجود داشت. وی علت کندی اجرای پروژه را شرایط دشوار تونل عنوان کرد و افزود: خوشبختانه امسال تونل و راه های دسترسی آن در آستانه بهره برداری قرار گرفته است و تا قبل از آغاز فصل سرما افتتاح خواهد شد. مدیرعامل شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل تصریح کرد: تاکنون حدود ۶۰۰ میلیارد ریال برای ساخت این واریانت هزینه شده است و به ۳۰۰ میلیارد ریال دیگر هم برای پایان پروژه نیاز است که از محل اعتبارات مهربانان تامین می شود. صادقی با بیان اینکه با بهره برداری از این تونل و راه های دسترسی آن، سوانح جاده‌ای بطور قابل توجهی کاسته می شود، اظهار داشت: از نکات برجسته تونل این است که ما تراز عبور را ۴۵۰ متر کاهش دادیم بنابراین خطر برف و کولاک در این منطقه وجود ندارد. معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه این تونل به صورت رفت و برگشت است، افزود: در داخل تونل برای حوادث احتمالی پارکینگ اضطراری پیش بینی شده است. معاون وزیر راه و شهرسازی با اشاره به ساخت قطعه دوم این پروژه، بیان کرد: قطعه دوم بطول بیش از ۶ کیلومتر در دستور کار سال آینده قرار دارد، بنابراین پیش بینی می شود که این واریانت بطول ۱۱ کیلومتر و ۸۰۰ متر تا پایان دولت دهم به پایان برسد. وی برآورد هزینه کل این پروژه را ۱۵۰ میلیارد تومان عنوان کرد و افزود: برای قطعه یک ۹۰ میلیارد تومان هزینه نیاز است که قرارگاه خاتم الانبیا ساخت این قطعه را هم برعهده دارد.

خبرگزاری مهر  
۱۳۹۱/۴/۶

## پروژه شهید همت از مسیر یک تونل به میدان امام حسین کرج می رسد

معاون فنی عمرانی استاندار البرز روند پروژه شهید همت به سمت کرج را تشریح کرد و گفت: ادامه این پروژه به طول بیش از هشت کیلومتر تا میدان امام حسین و هفت تیرکرج امتداد می یابد. به گزارش خبرنگار مهر، احمد افضلی در جلسه شورای مسکن استان که در سالن شهدای دولت استانداری برگزار شد درخصوص روند پروژه شهید همت و امتداد آن به سمت اتوبان تهران - کرج گفت: در این پروژه برخی معارضات در مسیر راه وجود داشت که رفع شده است. وی افزود: ادامه پروژه همت و طرح تعریض اتوبان تهران - کرج از باند شمالی در محدوده استان هیچ معارضی ندارد و دیواری به طول ۵/۵ کیلومتر در کنار آسفالت و خط کشی در قسمت استان تهران انجام شده است. افضلی گفت: در قسمت تهران به سمت کرج نیز مسیری ۸/۵ کیلومتری امتداد خواهد یافت و تا میدان امام حسین (ع) به صورت خط مستقیم علاوه بر کمر بند شمالی و جنوبی طی خواهد شد. معاون فنی عمرانی استاندار افزود: علاوه بر آن دو کمر بند شمالی و جنوبی نیز در مسیر یک تونل به طول یک کیلومتر در حال اجرا است و طی یک هفته آتی عملیات آن انجام خواهد شد. وی عنوان کرد: این مسیر توسط تونلی از خلیج آباد، رودخانه کرج به سمت میدان امام حسین و هفت تیر طی خواهد شد و در نزدیکی چهار راه مصباح بیرون می آید. افضلی زمان پیش بینی شده این پروژه را تا پایان سال جاری و نهایتاً شش ماه سال بعد ذکر کرد.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۴/۱۲



## حفاری تونل شرقی مترو اصفهان پس از ۷ سال به پایان رسید

عضو شورای اسلامی شهر اصفهان گفت: حفاری تونل شرقی مترو اصفهان پس از هفت سال به پایان رسید و تی بی ام از دل تونل های این بخش مترو خارج شد. به گزارش خبرنگار مهر، سردار کریم نصر اصفهانی در جلسه علنی شورای اسلامی شهر اصفهان با بیان اینکه حفاری تونل شرقی مترو اصفهان پس از هفت سال به پایان رسید، اظهار داشت: تونل شرقی اکنون آماده ریل گذاری است و دستگاه تی بی ام از داخل آن خارج و برای قسمت دیگری از خطوط مترو استفاده می شود. وی افزود: بخشی از خط یک مترو اصفهان با ساخت ایستگاه ها و خرید واگن هر چه سریع تر طرح مترو به بهره برداری می رسد. عضو شورای اسلامی شهر اصفهان همچنین در مورد اجرای طرح شهید همت و رینگ شوم ترافیکی شهر اصفهان گفت: پروژه شهید همت که تکمیل کننده رینگ سوم ترافیکی شهر است و مشکلات زیادی را مرتفع می کند، وی یادآور شد: تقاطع غیر همسطح نهم دی در منطقه ۱۳ اصفهان در حوالی خیابان قائمیه نیز تحولی اساسی در شهر ایجاد می کند.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۴/۱۷

## اتصال آزادراه پردیس به تونل امامزاده هاشم

معاون وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه با ساخت ۹ کیلومتر از کنارگذر رودهن، آزادراه پردیس به تونل گردنه امامزاده هاشم متصل می شود، گفت: ساخت قطعه ۲ واریانت گردنه امامزاده هاشم با هزینه ۶۰ میلیارد تومان از سوی قرارگاه خاتم الانبیا ساخته می شود. احمد صادقی در گفتگو با مهر به اتصال گردنه امامزاده هاشم به آزادراه پردیس، اشاره کرد و گفت: با ساخت واریانت ۱۱ کیلومتر و ۸۰۰ متری تا گردنه امامزاده هاشم و ساخت ۹ کیلومتر از کنارگذر رودهن، آزادراه پردیس به تونل امامزاده هاشم متصل می شود. معاون وزیر راه و شهرسازی افزود: پس از تکمیل آزادراه تهران پردیس شاخه شمالی را بطول ۹ کیلومتر می سازیم و در واقع این ۹ کیلومتر کنارگذر رودهن خواهد بود که در نهایت به گردنه امامزاده هاشم متصل می شود. وی با بیان اینکه قطعه یک این واریانت تا زمستان تکمیل می شود، بیان کرد: قطعه دو این بخش هم به قرارگاه خاتم الانبیا واگذار می شود که اگر به نتیجه برسیم تا پایان دولت دهم کل واریانت که طول آن ۱۱ کیلومتر و ۸۰۰ متر است به پایان می رسد. صادقی به تکمیل مراحل مطالعاتی پروژه اشاره کرد و افزود: برآورد هزینه کل پروژه ۱۵۰ میلیارد تومان است که قطعه یک آن حدود ۹۰ میلیارد تومان هزینه دارد و مابقی هزینه برای قطعه دو است. مدیرعامل شرکت ساخت و توسعه زیربناهای حمل و نقل کشور تصریح کرد: با ساخت این واریانت زمان سفر بسیار کاهش می یابد زیرا هم اکنون مسافران از گردنه امامزاده هاشم به سمت شمال کشور می روند که گردنه علاوه بر اینکه مسافت را زیاد می کند مصرف سوخت را بالا می برد و موجب تصادف می شود علاوه بر این در فصل زمستان تردد در این مسیر کند می شود. صادقی افزود: حذف گردنه امامزاده هاشم از اولویت های وزارت راه و شهرسازی است و پیش بینی اعتبار برای ساخت قطعات ۱ و ۲ شده است؛ به همین جهت قصد داریم که قطعه یک را تا زمستان راه اندازی کنیم.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۴/۲۰



## بزرگترین تونل ریلی کشور در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران راه اندازی می شود

وزیر راه و شهرسازی از راه اندازی بزرگترین تونل ریلی کشور در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران خبر داد و افزود: این تونل که در سال جاری افتتاح می شود ۱۰ کیلومتر طول و ۲۲ متر عرض دارد. به گزارش خبرنگار مهر، علی نیکزاد در مراسم افتتاحیه اولین کارخانه تخصصی ساخت لوکوموتیو واقع در کرج اظهار داشت: هدف دولت و وزارت راه و شهرسازی این است که بتوانیم ۱۸ درصد جابجایی مسافران کشور را از طریق خطوط ریلی انجام دهیم. وی ادامه داد: این افتتاحیه نشان از بالندگی، خودباوری، اراده و توانمندی ایران است و امروزه خارج از مرزهای نظام شاهد توانمندی متخصصان کشورمان هستیم. نیکزاد با بیان اینکه در سال ۸۴ شبکه ریلی کشور ۱۱ هزار و ۴۲ کیلومتر بوده است اضافه کرد: هم اکنون ۱۲ هزار و ۴۸۲ کیلومتر خطوط ریلی در کشور توسط راه آهن و وزارت راه و شهرسازی در دست احداث است. وی از راه اندازی بزرگترین تونل ریلی کشور در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران خبر داد و افزود: این طرح در جهت رفاه مردم تهران است که ۱۰ کیلومتر طول این تونل با عرض ۲۲ متر است که ۴ ریل همزمان می تواند در آن رفت و آمد کند که در سال جاری افتتاح می شود. وزیر راه و شهرسازی با بیان اینکه برقی کردن قطار تهران به مشهد در دست اقدام است افزود: اما یک کار بزرگتر در دست اقدام است و آن این که در تمام نقاط کشور امکان ارتباط با کشورهای همسایه را میسر سازیم و هم اکنون برقراری ارتباط با کشورهای ترکمنستان، قرقیزستان، عراق، سوریه، افغانستان، هندوستان، آذربایجان، سوریه و آسیای جنوب شرقی در دست اقدام است. وی با بیان اینکه ۲ هزار و ۵۸۸ کیلومتر راه آهن در دست ساخت است که مسیر ترانزیتی شمال به جنوب و همچنین اتصال ایران به چین را فراهم می کند، اضافه کرد: در حال حاضر ۴ استان فارس، سیستان و بلوچستان، آذربایجان غربی و همدان به شبکه ریلی کشور وصل شده اند. وی همچنین گفت: ۴۸۰ میلیون یورو با شرکت مینا قرارداد داریم که قرار است ۱۵۰ لوکوموتیو مسافری ساخته شود و در فاز نخست این طرح ۳۰۰ نفر به طور مستقیم و همچنین در فاز دوم ۷۵۰ نفر جذب خواهند شد.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۴/۲۷



## آغاز عملیات احداث خط دو مترو مشهد

مدیر عامل قطار شهری مشهد از آغاز عملیات ساخت خط دو قطار شهری تا پایان امسال خبر داد. به گزارش خبرنگار مهر، مسعود بیژنی در نشست خبری مدیر عامل قطار شهری مشهد گفت: خط دو قطار شهری به طول ۱۴ و نیم کیلومتر با ۱۳ ایستگاه از طبرسی شمالی تا انتهای رضا شهر و میدان شهید جوان ادامه خواهد داشت. وی افزود: با توجه به اینکه مشکلات تملک این خط بر طرف شده است امسال شکوفایی خط دو را داریم، برای ناوگان خط دو، بیست قطار شامل ۱۰۰ واگن در نظر گرفته شده که تا آخر مردادماه قطعی شده و شروع کارهای اجرایی خط دو را خواهیم داشت. وی گفت: با توجه به فعالیت حفار در سطح شمالی ۲۱ کیلومتر رکورد داشته ایم و در "سطح جنوبی" رکورد ۱۰ و نیم کیلومتر را داشته ایم و تا اوایل بهمن ماه به کوهسنگی می رسیم. وی با بیان اینکه تا یکسال دیگر حفاری تونل ها صد در صد تمام می شود افزود: تا مردادماه سال آینده شاهد خروج دستگاه حفار از خط دو قطار شهری خواهیم بود. وی با بی نظیر خواندن عملیات خاکبرداری در سطح جنوبی در دنیا گفت: ۵۳۰ متر مربع عملیات خاکبرداری در سطح جنوبی و ۱۳۵۰ متر مربع عملیات کف سازی خط دو نیز انجام شده است.

وی با اشاره به اینکه در کمیسیون اقتصاد ۶۲۸ میلیون یورو مصوب شد که به قطار شهری مشهد تخصیص یابد افزود: بودجه سنوات دولت برای قطار شهری ۱۳۰ میلیارد تومان بوده که پرداخت نشده است و امیدواریم با پیگیریهای انجام شده تا ماه رمضان این بودجه به ما تخصیص یابد. وی با بیان اینکه در بحث تملک شهرداری به ما کمک کرده گفت: ۸۰ میلیارد تومان کمک شهرداری به ماست که از این رقم ۴۰ درصد را شهرداری مشهد پرداخت کرده است. وی افزود: در سال گذشته شهرداری ۱۰۰ میلیارد و دولت ۱۱۰ میلیارد تومان به قطار شهری تخصیص داده اند که در مجموع در سال گذشته ۲۲۰ میلیارد تومان جذب اعتبار داشته ایم که ۸۰ میلیارد تومان را دولت و مابقی را شهرداری به ما پرداخت کرده است. وی گفت: برای توسعه خط یک قطار شهری تا انتهای فرودگاه دو ایستگاه پرواز و فرودگاه در نظر گرفته شده و اعتبار پیش بینی شده برای توسعه خط یک ۱۰۰ میلیارد تومان است. وی افزود: قرار بر این بوده این طرح به طرح مهر ماندگار افزوده شود ولی تا کنون ابلاغی به ما نشده است و امیدواریم با تعلق این بودجه تا سال ۹۲ قطار یک به بهره برداری کامل برسد. وی با اشاره به اینکه در عملیات ساخت و بهره برداری مشهد تا کنون هیچ حادثه ای اتفاق نیفتاده است گفت: در روز ۱۵ ساعت بهره برداری از قطار شهری را داریم که بالغ بر ۹۰ هزار نفر روزانه از قطار شهری استفاده می کنند. وی با توجه به رضایت ۹۸ درصد از مردم مشهد از قیمت، سرعت، ایمنی و آسایش قطار شهری افزود: ظرفیت کامل قطار شهری روزانه ۱۸۰ هزار نفر است که در مهر ماه با توجه به تردد دانش آموزان ۱۲۰ هزار نفر توسط قطار شهری جا به جا می شوند.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۴/۲۸





## پیشرفت ۷۵ درصدی بزرگترین تونل خاورمیانه

قائم مقام وزیر و مدیر کل راه و شهرسازی استان فارس از پیشرفت ۷۵ درصدی بزرگترین تونل خاورمیانه در این استان خبر داد. به گزارش خبرگزاری مهر، هوشنگ عشایری به همراه تعدادی از مدیران این اداره کل از بزرگراه شیراز - اصفهان، پل رودخانه تیره باغ، بهسازی محور مرودشت درودزن - اقلید و تونل ابصالح المهدی (عج)، بازدید به عمل آورد. عشایری در حاشیه این بازدید گفت: تونل ابصالح المهدی (عج) تاکنون ۷۵ درصد پیشرفت فیزیکی داشته است. قائم مقام وزیر راه و شهرسازی و مدیر کل راه و شهرسازی استان فارس افزود: از آنجایی که این تونل بزرگترین تونل خاورمیانه است، برای تسریع در انجام و به پایان رسیدن آن به صورت مرتب بازدید به عمل می‌آوریم تا از نزدیک در جریان پیشرفت فیزیکی پروژه قرار بگیریم. قائم مقام وزیر راه و شهرسازی در ادامه همچنین به ارائه برخی از مشخصات فنی این پروژه پرداخت و گفت: طول این تونل دو هزار و ۶۱۰ متر، عرض راه‌های طرفین تونل ۱۱ متر، عرض تونل هشت متر، دهانه‌های شمالی و جنوبی جاده ارتباطی طرفین تونل به ترتیب ۹۷۷ متر و ۶۲۰ متر است.

عشایری اظهار داشت: همانگونه که قبلاً حفاری این تونل با تمام سختی و ریزشی بودن و ساختار بد زمین شناسی، بدون هیچگونه خطایی و براساس برنامه‌های صورت پذیرفته به اتمام رسید و بدون خطا دو طرف تونل به یکدیگر متصل شد و هم‌اکنون نیز مابقی عملیات احداث تونل در دست اجرا است. وی با اشاره به برف‌گیر بودن اکثر محورهای ارتباطی شهرستان اقلید و توجه به افزایش رفاه اجتماعی ساکنان منطقه اضافه کرد: با توجه به مرکزیت شهر اقلید و به تبع آن تمرکز نسبی امکانات و خدمات در این شهر نسبت به شهرهای مجاور آن، وجود گردنه تیمارگون به ویژه در ماه‌های برف‌گیر سال مشکلات عدیده‌ای را از لحاظ دسترسی به امکانات خدماتی، بهداشتی، درمانی و آموزشی برای ساکنان منطقه ایجاد کرده که با حذف گردنه تیمارگون علاوه بر کمک شایانی که به اهالی منطقه می‌شود افزایش رفاه اجتماعی ساکنان منطقه را نیز به همراه دارد. پروژه اصلاح راه و احداث تونل ابصالح المهدی (عج) در شهرستان اقلید با هدف حذف گردنه تیمارگون اجرا شده که علاوه بر حذف نقاط حادثه‌خیز این گردنه، موجب کوتاه شدن مسیر فعلی نیز می‌شود.

خبرگزاری مهر

۹۱/۶/۵

تونل قلاجه گیلان غرب دومین تونل بلند کشور خواهد شد

فرماندار شهرستان گیلانغرب گفت: تونل قلاجه با طول دو هزار و ۵۰۰ متر، دومین تونل بزرگ کشور بعد از تونل کندوان خواهد شد. اردشیر رستمی در گفتگو با خبرنگار مهر، اظهار داشت: تونل گردنه قلاجه بین استان های کرمانشاه و ایلام مشترک است اما کار احداث و تامین اعتبارات لازم برای آن به عهده اداره راه و ترابری استان ایلام گذاشته شده است. وی افزود: با احداث این پروژه که امسال به عنوان پروژه مهر ماندگار ثبت شد، ۱۱ کیلومتر از مسیر جاده اسلام آباد غرب گیلان غرب کاسته می شود. این تونل با طول دو هزار و ۵۰۰ متر پس از تونل کندوان طولانی ترین تونل کشور خواهد شد. رستمی گفت: ۱۱ کیلومتری که از طول مسیر کم می شود، شامل پیچ و خم های گردنه قلاجه است که در زمستان برف گیر بوده و مشکلاتی را برای رفت و آمد بوجود می آورد. رستمی ادامه داد: از نظر زمانی نیز ۳۰ دقیقه، طول زمان سفر از اسلام آبادغرب به گیلان غرب و ایلام کمتر خواهد شد و وضعیت حمل و نقل تجاری این مسیر را بهتر خواهد ساخت. وی اظهار داشت: هم اکنون پروژه گردنه قلاجه با یک هزار و ۲۰۰ متر حفاری حدود ۲۵ درصد پیشرفت فیزیکی داشته است و قرار است تا آخر امسال کار حفاری آن به اتمام برسد. وی گفت: این پروژه در تاریخ اول تیر ماه سال گذشته کلید خورد و تا پایان کار دولت دهم به بهره برداری خواهد رسید. رستمی تصریح کرد: طول کل مسیر پروژه سه هزار و ۷۳۰ متر است که شامل دو هزار و ۵۰۰ متر تونل و یک هزار و ۲۳۰ متر راه های طرفین با روشنایی، آسفالت و خط کشی خواهد بود. فرماندار شهرستان گیلانغرب در پایان گفت: پیمانکار پروژه کار حفاری را از دو طرف گردنه انجام می دهد و قرار داد تحویل ۲۴ ماهه را امضا کرده است.

خبرگزاری مهر  
۹۱/۶/۶

اتمام عملیات حفاری تونل انتقال آب دز به قمرود

حفاری تونل بزرگترین طرح انتقال آب خاورمیانه، از سرشاخه های دز به قمرود با حضور مجید نامجو وزیر نیرو، مسوولان و نمایندگان استان های قم و لرستان به پایان رسید. به گزارش پایگاه اطلاع رسانی معاونت اجرایی ریاست جمهوری، به نقل از ایرنا، طرح انتقال آب از سرشاخه های دز به قمرود به لحاظ گستردگی طرح که بالغ بر ۲۷۰ کیلومتر است، از دو حوزه آبریز سرشاخه های دز در استان لرستان و حوزه آبریز قمرود در استانهای اصفهان، مرکزی و قم تشکیل شده است. انتقال ۱۸۱ میلیون متر مکعب آب شرب در سال به شهرهای خوانسار، خمین، گلپایگان، محلات، نیمور، دلپجان، سلفچگان، ساوه و قم از اهداف این طرح عنوان شده است. این طرح که تونل حفاری شده آن ۵۴ کیلومتر است، از چهار بخش جمع آوری آب سرشاخه های دز، انتقال آب از حوزه دز، انتقال آب حوزه دز به قمرود، ذخیره و تنظیم انتقال آب و آبرسانی به شهرهای هدف تشکیل شده است. جمع آوری آب سرشاخه های دز از سدهای انحرافی چشمه سرداب، تونل چشمه سرداب به دره لکو، سد انحرافی دره لکو، تونل دره لکو به دره دزدان، سد انحرافی دره دزدان، تونل دره دزدان، دره دایی و سد انحرافی دره دایی تشکیل شده است. خط لوله ۱۵۰ کیلومتری، قطر لوله انتقال ۱۴۰۰ تا دو هزار میلی متر، مخازن مسیر شامل چهار مخزن ۱۵ هزار متر مکعبی و سه مخزن ۱۰ هزار متر مکعبی و تصفیه خانه به ظرفیت (۶/۶) متر مکعب در ثانیه از مشخصات فنی این طرح است. هماهنگی و انسجام در طراحی و کیفیت عالی عملیات حفاری مکانیزه تونل بلند انوج به قمرود که امروز به دست متخصصان کشورمان به پایان رسید، یکی از طرح های بزرگ آبرسانی حوزه به حوزه در خاورمیانه به حساب می آید.

پایگاه اطلاع رسانی معاونت اجرایی ریاست جمهوری  
۹۱/۶/۱۸





## چکیده

در معادن زیرزمینی بر اثر فرآیندهایی همچون تنفس کارکنان معدن، انفجار مواد منفجره، نفوذ گازهای مضر و گاز خیزی ماده معدنی، ترکیب هوای معدن پیوسته در حال تغییر است. عیار ترکیبات فرآیندهای فوق براساس استانداردهای مربوطه باید در حد عیار مجاز قرار گیرند. در صورتی که عیار ترکیبات فرآیندهای فوق بیش از عیار مجاز استاندارد باشد، لازم است با استفاده از تهویه مصنوعی عملیات رقیق کردن عیار گازهای مضر تا حد عیار مجاز استاندارد انجام شود. بر این اساس هدف از ارائه این مقاله کاهش عیار گازهای مضر تا حد استاندارد بر اساس انتخاب تجهیزات مربوط به تهویه برای معدن زیرزمینی کلمدر و برناکی و بالاخص انتخاب بادبزن‌های فرعی و اصلی می باشد.

# انتخاب تجهیزات مربوط به تهویه معدن زیرزمینی کلمدر و برناکی

براهیم الهی زینی

عضو هیات علمی؛ گروه معدن، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه

سیستان و بلوچستان

درس پست الکترونیک: [Ellahi\\_Ebrahim@yahoo.com](mailto:Ellahi_Ebrahim@yahoo.com)



۱ - مقدمه

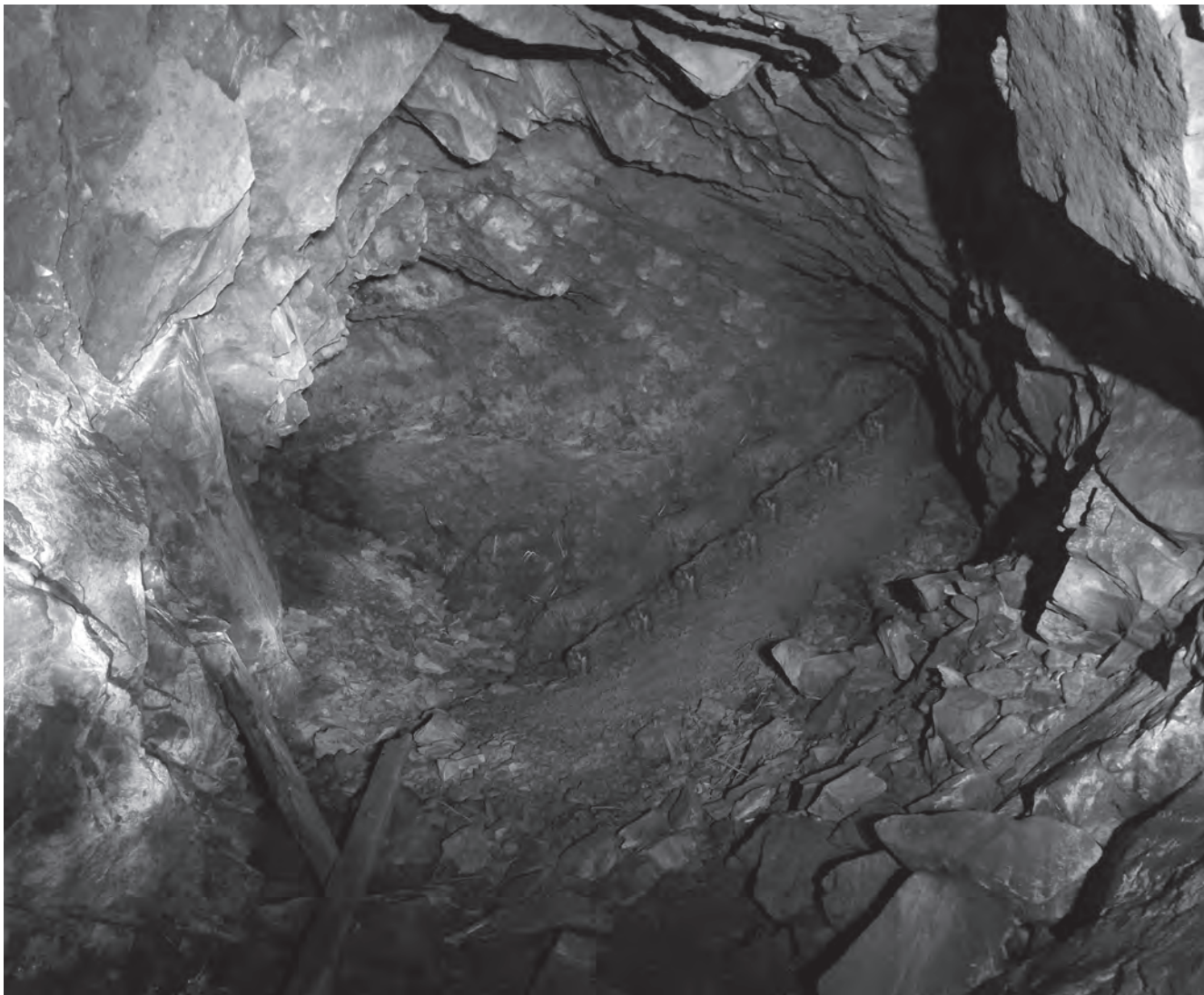
۲ - روش طراحی تهویه در معادن زیرزمینی

روش طراحی تهویه در معادن زیرزمینی بر پایه اصولی همچون تهیه نقشه معدن، شناسایی شاخه‌های معدنی و گره‌های تهویه، محاسبه مقاومت معدنی هر یک از شاخه‌ها، محاسبه شدت جریان هوا برای هر یک از شاخه‌ها، محاسبه افت فشار برای هر یک از شاخه‌ها، محاسبه تهویه طبیعی در شبکه، تعدیل شبکه و انتخاب دریچه یا بادبزن مناسب، انتخاب بادبزن اصلی شبکه استوار است [۲]. بر این اساس روابط و قوانین محاسباتی مورد استفاده در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی به شرح ذیل بیان می‌شود.

۲-۱ - محاسبه مقاومت معدنی هر یک از شاخه‌ها

برای محاسبه مقاومت معدنی هر یک از شاخه‌ها لازم است ابتدا مشخصات هر یک از آنها که عبارتند از طول شاخه بر حسب متر (l)، ضریب اصطکاک بر حسب (α)، سطح مقطع بر حسب متر مربع (S) و محیط مقطع بر حسب متر (P) برآورد شده و سپس طبق رابطه  $(R = a lp/s^3)$  مقاومت شاخه‌ها بر حسب  $(kg s^2/m^8)$  یا کیلو مورگ محاسبه می‌شود [۲] و [۵].

هوا مخلوطی از چند گاز و بخار آب است و ترکیب حجمی هوای خشک آن معادل ۷۸.۰۹ درصد ازت، ۲۰.۹۵ درصد اکسیژن، ۰.۰۳ درصد دی اکسید کربن و ۰.۹۳ درصد آرگن و سایر گازهای کمیاب است [۱]. وجود بخار آب، درصد گازهای آن را چندان تغییری نمی‌دهد. همیشه مقداری ذرات جامد نیز در هوا وجود دارد که بخش غیر گازی آن را تشکیل می‌دهد ولی مقدار آن بسیار جزئی و قابل چشم پوشی است. در محیط‌های بسته مثل معادن زیرزمینی ترکیب هوا با آنچه ذکر شد متفاوت است. گرچه محیط معدن به وسیله تونل، دوپل و چاه به سطح زمین، یعنی هوای آزاد ارتباط دارد، اما این ارتباط برای جریان کامل هوا غالباً کافی نیست و لازم است هوای تمیز را با استفاده از وسایل مختلف و به صورت مصنوعی به داخل معدن وارد کرد. در اثر فرآیندهایی همچون تنفس کارکنان معدن، انفجار مواد منفجره، نفوذ گازهای مضر از شکاف سنگ‌ها به داخل معدن و گاز خیزی ماده معدنی ترکیب هوای معدن پیوسته در حال تغییر است [۲]. لذا براساس ماده ۳۱۸ آیین نامه ایمنی معادن در معادن گازدار و گرد ذغال دار تهویه به طریق طبیعی مجاز نیست [۳]. بر این اساس جهت رقیق کردن گازهای مضر نیاز به تهویه مصنوعی می‌باشد. به این دلیل هدف از تهویه مصنوعی رساندن هوای تمیز به اندازه کافی به همه نقاط معدن و همچنین کاهش عیار گازهای مضر به عیار حد مجاز استاندارد می‌باشد [۲].



جدول ۳- لیست جبهه کارهای آماده سازی و استخراج

ردیف	جبهه کار	شرح	جبهه کار	شرح
۱	آماده سازی	اشترک k5-ok1 افق (+۲۳۰۲)	استخراج	K12-B1-Ok2 پیشرو ۲ افق (+۲۳۰۵)
۲		اشترک k25-ok1 افق (+۲۳۰۲)		K12-B1-Ok2 پیشرو ۲ افق (+۲۳۰۵)
۳		اشترک k24-ok1 افق (+۲۳۰۲)		K19-Ok2 پیشرو ۳ افق (+۲۳۰۵)
۴		اشترک K19-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		K25-Ok1 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۲)
۵		اشترک K26-TB افق (+۲۳۷۰)		K26-TB پیشرو ۱ افق (+۲۳۷۰)
۶		اشترک K25-TB افق (+۲۳۷۰)		K25-B2-Ok2 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۵)
۷		اشترک K26-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		-
۸		اشترک K25-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		-
۹		اشترک K25E-Ok2 افق (+۲۲۳۵)		-
۱۰		اکلن نوار		-

ادامه جدول ۳- لیست جبهه کارهای آماده سازی و استخراج

ردیف	جبهه کار	شرح	جبهه کار	شرح
۱	آماده سازی	اشترک k5-ok1 افق (+۲۳۰۲)	استخراج	k3-T41 افق (+۲۲۲۰)
۲		اشترک k25-ok1 افق (+۲۳۰۲)		K5-T21 افق (+۲۲۲۰)
۳		اشترک k24-ok1 افق (+۲۳۰۲)		K5-T11 افق (+۲۱۵۳)
۴		اشترک K19-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		K8-T11 افق (+۲۰۹۰)
۵		اشترک K26-TB افق (+۲۳۷۰)		k19E-T2 افق (+۲۲۰۰)
۶		اشترک K25-TB افق (+۲۳۷۰)		k19W-T2 افق (+۲۲۰۰)
۷		اشترک K26-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		-
۸		اشترک K25-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)		-
۹		اشترک K25E-Ok2 افق (+۲۲۳۵)		-
۱۰		اکلن نوار		-

۲-۲ - محاسبه شدت جریان هوا برای هر یک از شاخه ها

با توجه به آلیوم عملیات معدنی شرکت که محور برنامه ریزی تولید معدن است، وضعیت هر یک از شاخه ها شناسایی شده و برای هر یک از آنها شدت جریان هوا مطابق روابط ذیل محاسبه و سپس ماکزیمم آن به عنوان شدت جریان هر شاخه منظور می گردد.

۲-۲-۱ - محاسبه شدت جریان هوا بر اساس نیروی انسانی

جهت محاسبه این شدت جریان از رابطه  $QI = 6N$  استفاده می شود [۲] و [۵].  
 ۲-۲-۲ - محاسبه شدت جریان هوا بر اساس رقیق کردن گاز زغال  
 جهت محاسبه شدت جریان هوای لازم برای جبهه کار آماده سازی براساس رقیق کردن گاز زغال (متر مکعب بر دقیقه) از رابطه ذیل استفاده می شود [۴].

$$Q_2 = 100 \frac{q}{c - c_0}$$

همچنین جهت محاسبه شدت جریان هوای لازم برای کارگاه استخراج براساس رقیق کردن گاز زغال (متر مکعب بر دقیقه) از رابطه ذیل استفاده می شود [۴].

$$\left( q = T \frac{v}{t} \right) \left( \frac{m^3}{min} \right), \left( Q_3 = 100 \frac{q}{c - c_0} \cdot \frac{a}{b} \right)$$

$N$ : تعداد نفرات

$q$ : آهنگ تولید و پراکنده شدن گاز در معدن

$v$ : آهنگ پراکنده شدن گاز بازای مترمکعب بر تن

$t$ : مدت زمان استخراج در شبانه روز برحسب دقیقه

$T$ : میزان تناژ تولید در شبانه روز

$c$ : درصد مجاز گاز در راهروی خروجی (معادل ۱)

$c_0$ : درصد مجاز گاز در راهروی ورودی (معادل ۰.۵)

$a$ : ضریب عدم یکنواختی گاز خیزی مطابق جدول ۱

$b$ : ضریب مربوط به روش کنترل کمر بالای کارگاه مطابق جدول ۲

جدول ۱- ضریب عدم یکنواختی گاز خیزی [۴]

ضریب $a$	میزان تصاعد گاز (متر مکعب بر دقیقه)
۲/۱۴	۰/۲
۲/۰۲	۰/۴
۱/۸۴	۰/۸
۱/۷۲	۱/۲
۱/۶۵	۱/۶
۱/۶	۲
۱/۴۷	۴
۱/۴۵	۶
۱/۴۴	۸
۱/۴۳	$\geq 10$

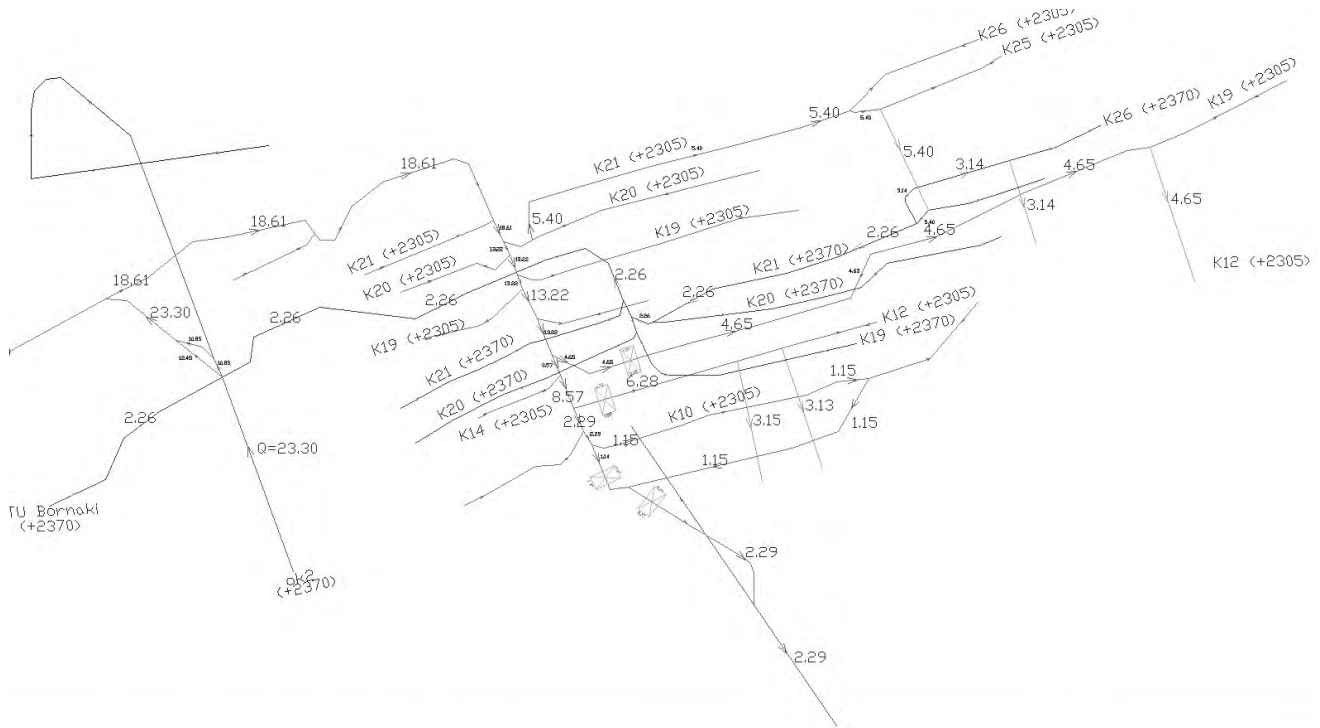
جدول ۲- ضریب مربوط به روش کنترل کمر بالای کارگاه [۴]

ضریب $b$	سنگ کمر بالا	روش نگهداری کمر بالا
۱/۳	ماسه سنگ	تخریب کامل
۱/۲۵	شیست های ماسه سنگی	تخریب کامل
۱/۲۵	شیست های رسی	تخریب کامل
۱/۱۵	شیست های رسی	نشست و تخریب تدریجی
۱/۱	شیست های رسی	خاکریزی ناقص
۱/۰۵	شیست های رسی	خاکریزی کامل

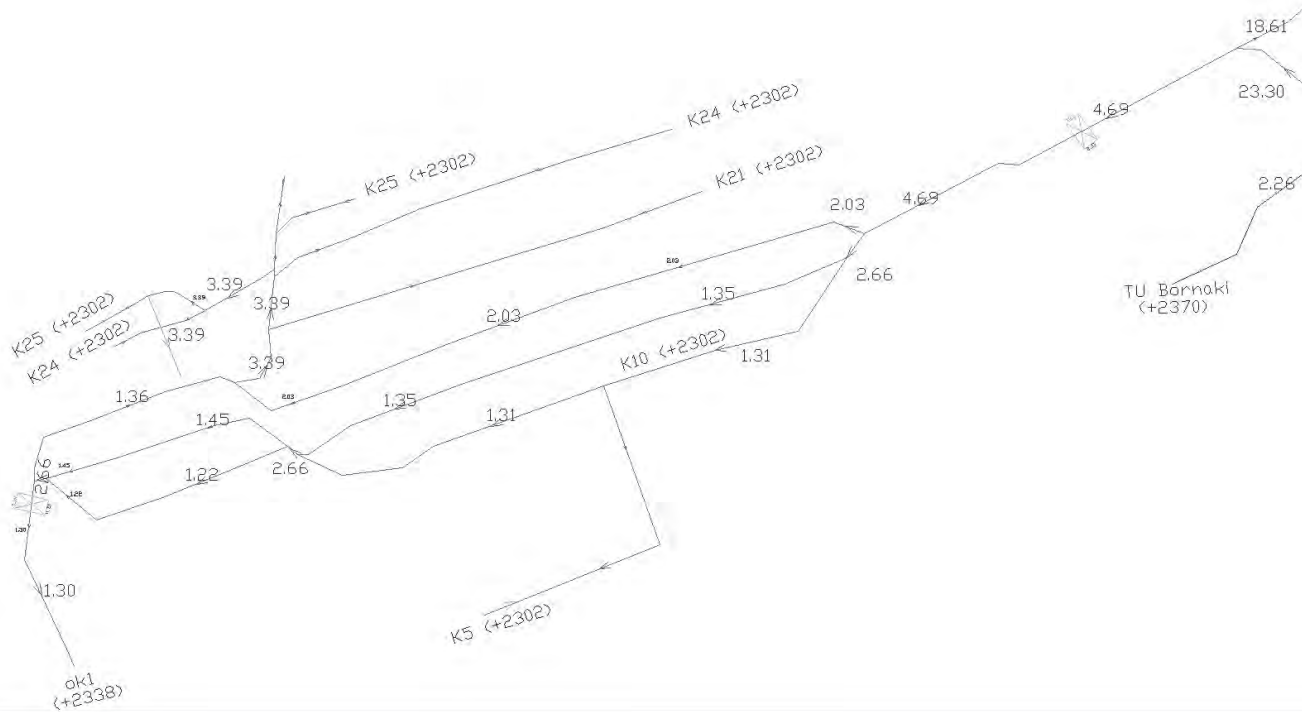
۲-۲-۳ - محاسبه شدت جریان هوا بر اساس رقیق کردن گازهای حاصل از آتشیاری

جهت محاسبه شدت جریان هوای لازم برای رقیق کردن گازهای حاصل از آتشیاری (متر مکعب بر دقیقه) از رابطه ذیل استفاده می شود [۲] و [۵].

$$Q_4 = 500 \frac{A}{t}$$



شکل ۲- نقشه تهویه معدن برناکی



ادامه شکل ۲- نقشه تهویه معدن کلندر

جدول ۴- مشخصات جبهه کارهای آماده سازی

شرح	وزن ماده منفجره (kg)	تناژ زغال در شیفت	زمان مفید کندن زغال (min)	سطح مقطع برش (m2)	سطح مقطع مفید (m2)	زمان تهویه (min)	نفرات در شیفت	گاز خیزی (m3/ton)
اشترک k5-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۶/۶۴	۲/۰۲	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۵/۵۴
اشترک k25-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۶/۶۴	۲/۲۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اشترک k24-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۶/۶۴	۳/۵۲	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۳/۳۴
اشترک K19-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۶/۶۴	۳/۸۳	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۷
اشترک K26-TB افق (+۲۳۷۰)	۶/۶۴	۱/۸۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اشترک K25-TB افق (+۲۳۷۰)	۶/۶۴	۲/۲۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اشترک K26-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۶/۶۴	۱/۸۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اشترک K25-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۶/۶۴	۲/۲۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اشترک K25E-Ok2 افق (+۲۲۳۵)	۶/۶۴	۲/۲۴	۱۲۰	۸/۲	۶	۲۵	۶	۴/۹۶
اکلن نوار	۱۵/۲۱	۰	۰	۱۳	۸	۳۰	۱۲	۰

جدول ۵- شدت جریان مورد نیاز در جبهه کارهای آماده سازی (m3/min)

شرح	نفرات	گاز خیزی	آتشباری	حداقل سرعت هوا	ماکزیمم	ضریب اطمینان	نهایی
اشترک k5-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۳۶	۱۸/۶۱	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک k25-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۳۶	۱۸/۵۴	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک k24-ok1 افق (+۲۳۰۲)	۳۶	۱۹/۶۱	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K19-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۳۶	۳۱/۷۲	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K26-TB افق (+۲۳۷۰)	۳۶	۱۵/۱۸	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K25-TB افق (+۲۳۷۰)	۳۶	۱۸/۵۴	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K26-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۳۶	۱۵/۱۸	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K25-B2-Ok2 افق (+۲۳۰۵)	۳۶	۱۸/۵۴	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اشترک K25E-Ok2 افق (+۲۲۳۵)	۳۶	۱۸/۵۴	۱۳۲/۸۴	۹۰	۱۳۲/۸۴	۱/۱۵	۱۵۲/۷۷
اکلن نوار	۳۶	۰	۲۵۳/۵	۱۴۷	۲۵۳/۵	۱/۱۵	۲۹۱/۵۳

جدول ۶- مشخصات جبهه کارهای استخراج

شرح	گاز خیزی (m3/ton)	تناژ در شیفت	زمان مفید شیفت (min)	ضریب عدم یکنواختی گاز	ضریب کنترل کمر بالا	ضخامت (m)	گام تخریب (m)	نفرات در شیفت
K12-B1-Ok2 پیشرو ۲ افق (+۲۳۰۵)	۵/۰۱	۲۰/۴	۳۰۰	۲/۰۶	۱/۱۵	۰/۶	۴	۲۶
K12-B1-Ok2 پسرو ۲ افق (+۲۳۰۵)	۵/۰۱	۲۰/۴	۳۰۰	۲/۰۶	۱/۱۵	۰/۶	۴	۲۶
K19-Ok2 پیشرو ۳ افق (+۲۳۰۵)	۴/۹۷	۴۲/۵۴	۳۰۰	۱/۸۹	۱/۱۵	۱/۱۵	۴	۳۲
K25-Ok1 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۲)	۴/۹۶	۲۴/۹۲	۳۰۰	۲/۰۲	۱/۱۵	۰/۷	۴	۲۸
K26-TB پیشرو ۱ افق (+۲۳۷۰)	۴/۹۶	۲۰/۴	۳۰۰	۲/۰۶	۱/۱۵	۰/۶	۴	۲۶
K25-B2-Ok2 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۵)	۴/۹۶	۲۴/۹۲	۳۰۰	۲/۰۲	۱/۱۵	۰/۷	۴	۲۸

جدول ۷- شدت جریان مورد نیاز در جبهه کارهای استخراج (m3/min)

شرح	نفرات	گاز خیزی	حداقل سرعت هوا	ماکزیمم	ضریب اطمینان	نهایی
K12-B1-Ok2 پیشرو ۲ افق (+۲۳۰۵)	۱۵۶	۱۲۱/۸۲	۳۲/۴	۱۲۱/۸۲	۱/۱۵	۱۸۸/۳۷
K12-B1-Ok2 پسرو ۲ افق (+۲۳۰۵)	۱۵۶	۱۲۱/۸۲	۳۲/۴	۱۲۱/۸۲	۱/۱۵	۱۸۸/۳۷
K19-Ok2 پیشرو ۳ افق (+۲۳۰۵)	۱۹۲	۲۳۱/۰۳	۶۲/۱	۲۳۱/۰۳	۱/۱۵	۲۷۸/۹۷
K25-Ok1 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۲)	۱۶۸	۱۴۴/۴۵	۳۷/۸	۱۴۴/۴۵	۱/۱۵	۲۰۲/۸۶
K26-TB پیشرو ۱ افق (+۲۳۷۰)	۱۵۶	۱۲۰/۶۰	۳۲/۴	۱۲۰/۶۰	۱/۱۵	۱۸۸/۳۷
K25-B2-Ok2 پیشرو ۱ افق (+۲۳۰۵)	۱۶۸	۱۴۴/۴۵	۳۷/۸	۱۴۴/۴۵	۱/۱۵	۲۰۲/۸۶



### ۳ - محاسبه افت فشار برای هر یک از شاخه ها

جهت محاسبه افت فشار هر یک از شاخه ها از رابطه  $(\Delta P = RQ^2)$  (mmH<sub>2</sub>O) استفاده می‌شود که در آن  $R$  مقاومت کار معدنی بر اساس کیلو مورگ و  $Q$  شدت جریان هوا بر حسب مترمکعب بر ثانیه می‌باشد [۲] و [۵].

### ۴ - محاسبه تهویه طبیعی

فرمول‌های محاسبه فشار ناشی از تهویه طبیعی بر مبنای چگونگی فرآیند ترمودینامیکی حاکم بر حرکت هوا بنا شده است. از آنجا که نزدیک‌ترین فرآیند حاکم بر حرکت هوا در معدن، فرآیند آدیاباتیک است لذا توصیه می‌شود از فرمول ذیل که بر مبنای این فرآیند بنا شده استفاده شود. این رابطه با این فرض ارائه شده که عمق چاه‌های ورودی و خروجی یکسان می‌باشد [۶].

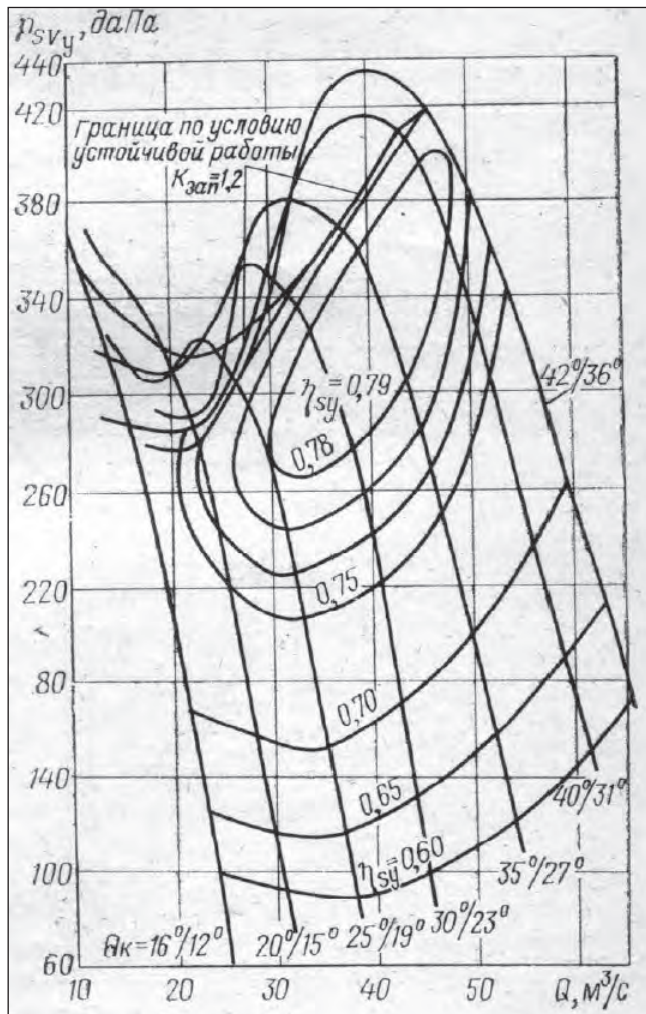
$$P_n = 13.6P_0 \left( e^{\frac{H}{RT'}} - e^{\frac{H}{RT''}} \right) (\text{mmH}_2\text{O})$$

$P_0$ : فشار هوای محل در بالای چاه معدن بر حسب میلیمتر جیوه

$H$ : ارتفاع مشترک چاه‌ها بر حسب متر

$T'$ : دمای متوسط هوا در چاه خروجی بر حسب کلوین

$R$ : ضریب ثابت هوا معادل ۲۹.۲۷



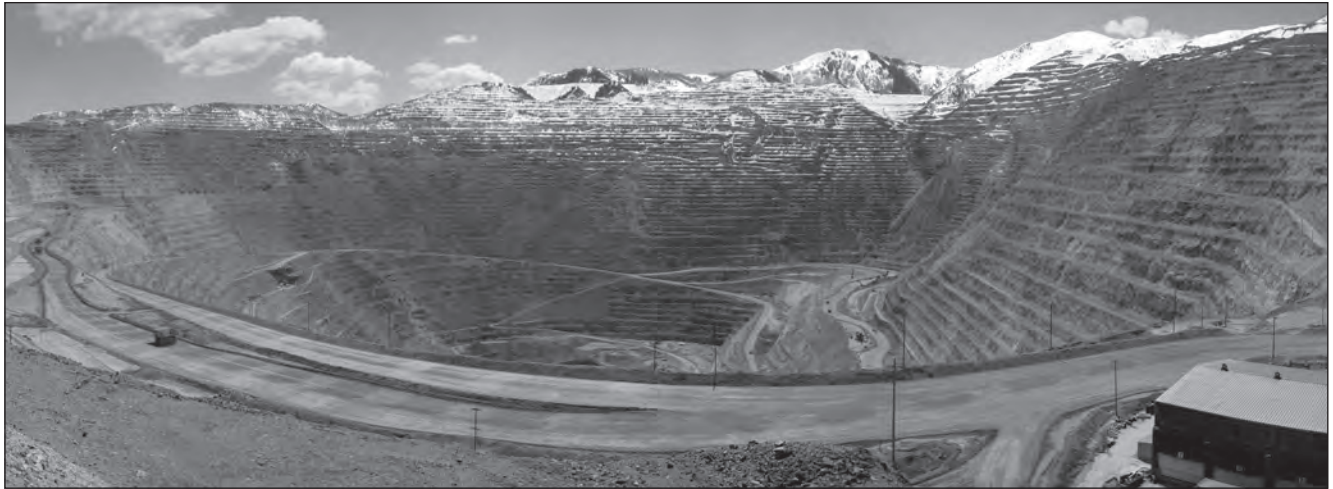
شکل ۳- کاتالوگ بادبزن وود ۱۶ [۴]

A: وزن ماده منفجره در هر نوبت آتشیاری بر حسب کیلوگرم  
t: مدت زمان مورد نیاز تهویه بر حسب دقیقه

### ۲-۲-۴ - شدت جریان هوای اصلاح شده

در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی، برای شدت جریان هوای عبوری از راهرو منتهی به کارگاه استخراج ضریب اطمینان معادل ۱.۱۵ و همچنین برای جبهه کار آماده‌سازی معادل ۱.۱۵ در نظر گرفته شده و با توجه به شدت جریان محاسبه شده، شدت جریان هوای هر یک از شاخه‌ها مجدداً تصحیح شده و نهایتاً شدت جریان هوای مورد نیاز کل شبکه معدن برآورد می‌گردد.





"T: دمای متوسط هوا در چاه خروجی برحسب کلویین

گردد. پنجره این نرم افزار مطابق شکل ۱ می باشد. رابطه هاردی کروس معادل  $x = -(\sum_{i=1}^n \Delta P_i / 2 \sum_{i=1}^n R_i |Q_i|)$  می باشد [۲].



شکل ۱- پنجره نرم افزار Ventsim

## ۶- انتخاب بادبزن اصلی شبکه

بادبزن اصلی شبکه براساس نقطه نظر ایمنی و مساله اقتصادی انتخاب می گردد. بر این اساس موارد ذیل باید در انتخاب بادبزن اصلی شبکه منظور شود [۵].

### ۶-۱- محاسبه قطر تقریبی بادبزن

برای محاسبه قطر تقریبی بادبزن از رابطه ذیل استفاده می شود.

$$D = \sqrt{\frac{A_t}{0.44}} \text{ و } A_t = 0.38 \frac{Q_t}{\sqrt{\Delta P_t}}$$

### ۶-۲- محاسبه مقاومت تاسیسات داخلی بادبزن

برای محاسبه مقاومت تاسیسات داخلی بادبزن از رابطه ذیل استفاده می شود.

$$R_f = a \frac{\pi}{D^2}$$

### ۶-۳- محاسبه افت فشار کلی شبکه تهویه

برای محاسبه افت فشار کلی شبکه تهویه از رابطه ذیل استفاده می شود.

$$\Delta P_T = (kR_t + R_f) Q_t^2 \text{ (mmH2o)}$$

D: قطر تقریبی بادبزن (متر)

K: ضریب نشت هوا

a: ضریبی است که برای بادبزن محوری با منحنی مشخصه زینی شکل معادل ۰.۰۵ و برای بادبزن با منحنی مشخصه صاف معادل ۰.۰۲ تا ۰.۰۳ می باشد.

### ۶-۴- نحوه انتخاب بادبزن

کارخانه های سازنده بادبزن، جدول ها و منحنی های مربوط به آن ها را تهیه کرده و در آن عملکرد مناسب هر یک از بادبزن های خود را مشخص کرده اند، با در دست داشتن این جدول ها و منحنی ها، با آسانی می توان بادبزن های مناسب را از شرکت های مختلف انتخاب و آنها را با هم مقایسه کرد و مناسب ترین را برگزید [۶].

## ۵- تعدیل شبکه و انتخاب دریچه یا بادبزن مناسب

جهت تعدیل شبکه از دو روش دستی و رایانه ای به شرح ذیل استفاده می شود.

### ۵-۱- روش دستی

در این روش با استفاده از قانون افت فشار حلقه و براساس رابطه  $\sum_{i=1}^n \Delta P_i = \sum_{i=1}^n R_i Q_i^2$  مقدار آن در هر حلقه باید صفر باشد، بر این اساس جهت انتخاب دریچه یا بادبزن مناسب مقدار محاسبه شده با مقدار صفر مقایسه می شود که نتایج آن به شرح ذیل می باشد [۲].

الف- اگر افت فشار محاسبه شده مثبت باشد، در این صورت در شاخه منفی دریچه و یا در شاخه مثبت بادبزن انتخاب می شود.

ب- اگر افت فشار محاسبه شده صفر باشد، در این صورت در همه شاخه های حلقه نیازی به دریچه یا بادبزن نیست.

ج- اگر افت فشار محاسبه شده منفی باشد، در این صورت در شاخه مثبت دریچه و یا در شاخه منفی بادبزن انتخاب می شود.

شاخه مثبت، شاخه ای است که جهت جریان هوا در شاخه با جهت حلقه یکی باشد. در غیر این صورت شاخه منفی نامیده می شود. در انتخاب دریچه نیاز به محاسبه ابعاد دریچه است که به شرح ذیل بیان می گردد [۲].

$$s = (S/0.65 + 2.63S\sqrt{r})$$

الف- اگر نسبت  $s/S \leq 0.5$  باشد:

$$s = S/(1 + 2.38S\sqrt{r})$$

ب- اگر نسبت  $s/S > 0.5$  باشد:

S: سطح مقطع دریچه (متر مربع)

s: سطح مقطع شاخه (متر مربع)

r: مقاومت دریچه (کیلو مورگ)

### ۵-۲- روش رایانه ای

تحلیل امر تهویه برای فضاهای زیرزمینی بزرگ و پیچیده به دلیل حجم و زمان بر بودن محاسبات مربوطه، استفاده از رایانه و نرم افزار مربوطه امری ضروری است. نمونه ای از این نرم افزار Ventsim می باشد. این نرم افزار بر پایه مشخص بودن شدت جریان کلی شبکه یا بادبزن اصلی شبکه استوار است. در این روش شدت جریان کلی شبکه به عنوان اطلاعات ورودی اصلی به نرم افزار وارد شده و سپس براساس حدس فرضی اولیه شدت جریان هوا برای سایر شاخه ها توزیع و با کمک رابطه هاردی کروس میزان خطای محاسبات برآورد شده و سپس به دنبال آن تصحیح شدت جریان انجام می شود و عملیات فوق تکرار می گردد. تکرار عملیات فوق تا مرحله ای انجام می شود که میزان خطای محاسبات همواره کوچکتر یا مساوی دقت محاسبات

## ۷ - انتخاب بادبزن های معدن کلمدر و برناکی

معدن کلمدر و برناکی در سلسله جبال البرز واقع در حوزه جغرافیایی شهرستان دامغان ولی تحت حوزه فعالیت شرکت ذغالسنگ البرز شرقی شاهرود می باشد. این معدن در فاصله ۶۰ کیلومتری از شهرستان دامغان و همچنین نسبت به شهرستان شاهرود در فاصله ۸۰ کیلومتری واقع شده است. ماده معدنی این معدن زغالسنگ بوده و به صورت لایه ای است. همچنین این ماده معدنی مربوط به دوره تریاس فوقانی و ژئوراسیک تحتانی می باشد. این معدن توسط تعدادی تونل یک دهانه و اکلن نوار و وینچ بازگشایی شده و سپس توسط تونل های دنبال لایه و عمود بر لایه و همچنین دویل های تهویه، عملیات آماده سازی انجام شده است. همچنین روش استخراج ماده معدنی جبهه کار بلند بوده و جهت کنترل سقف کمر بالا عملیات تخریب انجام می گردد. لایه های قابل استخراج این معدن در حال حاضر، k۱۲، k۵، k۲۴، k۲۵، k۱۹ می باشد. براساس گزارشات اکتشافی، لایه های استخراجی این معدن از نظر گاز خیزی در کاتاکوری یک و دو قرار داشته [۷] لذا براساس ماده ۳۱۸ آیین نامه ایمنی معادن در معادن گازدار و گرد ذغال دار تهویه به طریق طبیعی مجاز نیست [۳]. لذا جهت رقیق کردن گازهای مضر نیاز به تهویه مصنوعی می باشد.

به این دلیل هدف از تهویه مصنوعی رساندن هوای تمیز به اندازه کافی به همه نقاط معدن و همچنین کاهش عیار گازهای مضر به عیار حد مجاز استاندارد می باشد [۲]. براساس الیوم عملیات معدنی، معدن کلمدر و برناکی کلیه جبهه کارهای آماده سازی و استخراجی تحت عنوان اشترک، کورشلاک، دویل و کارگاه نامگذاری شده است. اشترک همان تونل دنبال لایه و کورشلاک همان تونل عمود بر لایه است. براساس اسناد و قوانین موجود در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی جهت محاسبه شدت جریان هوا برای جبهه کارهای آماده سازی براساس چهار پارامتر از قبیل نفرات، گاز خیزی لایه، آتشیباری ماده منفجره و حداقل سرعت هوا و برای جبهه کارهای کارگاه استخراج براساس سه پارامتر از قبیل نفرات، گاز خیزی لایه و حداقل سرعت هوا برنامه ریزی شده است. نقشه کروکی معدن مطابق شکل ۲ و لیست جبهه کارهای آماده سازی و استخراج معدن مطابق جدول ۳ می باشد.

### ۷-۱ - محاسبه شدت جریان شاخه های آماده سازی

مشخصات جبهه کارهای آماده سازی این معدن مطابق جدول ۴ و شدت جریان مورد نیاز آن براساس قوانین مربوطه مطابق جدول ۵ می باشد.



۱-۵، مطابق جدول ۸ می‌باشد و محل قرارگیری آن‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.

### نتیجه‌گیری

با توجه به محاسبات انجام شده برای معدن کلمدر و برناکی، شدت جریان نهایی مورد نیاز آن معدن معادل ۲۳.۳ متر مکعب بر ثانیه و همچنین افت فشار کلی شبکه معادل ۳۸.۹۲ میلی‌متر آب برآورد شده است. بر این اساس مشخصات دریچه‌های موجود برای بعضی از شاخه‌های معدن جهت تعدیل افت فشار شبکه مطابق جدول ۸ می‌شود. با توجه به شدت جریان و افت فشار نهایی شبکه، نقطه عملکرد بادبزن اصلی شبکه مشخص می‌شود. با توجه به بادبزن‌های موجود در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی که از نوع محوری و ساخت کشور شوروی سابق‌اند و براساس کاتالوگ بادبزن‌های مربوطه که نمونه‌ای از آن در شکل ۳ ارائه شده، بادبزن اصلی معدن کلمدر و برناکی وود ۱۶ (VOD16) برآورد می‌شود. براساس منحنی مشخصه این بادبزن و نقطه عملکرد شبکه معدن، اجرای زاویه پره بادبزن در حالت ۱۶ درجه و ۱۲ دقیقه امری ضروری می‌باشد. همچنین با توجه به جدول ۵، این معدن دارای ۱۰ جبهه کار آماده‌سازی فضای زیرزمینی بن‌بست می‌باشد و برای هر کدام از آنها نیاز ضروری به نصب بادبزن‌های فرعی می‌باشد. لذا بر اساس شدت جریان‌های ارائه شده در جدول ۵، مقدار هوای مورد نیاز اکثر شاخه‌ها ۱۵۲.۷۷ و تنها شاخه اکلن ۲۹۱.۵۳ متر مکعب بر دقیقه می‌باشد. با توجه به مشخصات بادبزن‌های فرعی در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی مطابق جدول ۹، به تعداد ۹ عدد نیاز به نصب بادبزن فرعی برای شاخه‌های آماده‌سازی که همان تونل‌های زیرزمینی در حال پیشروی است، می‌باشد.

جدول ۸- مشخصات دریچه‌های مورد نیاز تهویه

شرح	افق	سطح مقطع نهایی (m2)	افت فشار (mmH2o)
اشترک K25W	+۲۳۰۵	۰/۳۳	۲۹/۷۰
کورشلک OKI	+۲۳۰۵	۰/۲۸	۲/۹۹
اشترک K14	+۲۳۰۲	۰/۶۵	۶/۹۹
اشترک K12	+۲۳۰۲	۰/۹۵	۵/۱۵
کورشلک K8 به K10	+۲۳۰۲	۱/۳۲	۰/۰۷
رابط K8 به اکلن نوار	+۲۳۰۵	۰/۲۷	۹/۳۴

جدول ۹- مشخصات بادبزن‌های فرعی روسی از نوع برقی مخصوص معادن زیرزمینی ذغالسنگ [۴]

شرح	قطر (mm)	دبی (m3/min)	فشار (mmH2o)
CBM-5	۵۰۰	۱۱۰-۲۳۰	۷۰-۱۶۸
CBM-6	۶۰۰	۱۹۰-۴۲۰	۱۲۰-۲۴۵

### منابع

Hartman, Howard L. (1997). Mine Ventilation and Air Conditioning. John Weily & Sons, Inc.

مدنی حسن، (۱۳۷۲)، تهویه در معادن، مرکز نشر دانشگاهی.  
 موسسه کار و امور اجتماعی، (۱۳۸۵)، آیین‌نامه حفاظت بهداشت کار، وزارت کار و امور اجتماعی.  
 شرکت ذغالسنگ البرز شرقی، (۱۳۵۵)، اسناد کارشناسان معدن از کشور اتحاد جماهیر شوروی سابق، دفتر فنی شرکت ذغالسنگ البرز شرقی شاهرود.  
 Skochinsky, A. Komarov, V. (1969). Mine Ventilation. Mir publishers – Moscow.

سازمان نظام مهندسی معدن ایران، (۱۳۸۸)، مقررات تهویه در معدن، سایت نظام مهندسی معدن ایران.  
 شرکت ذغالسنگ البرز شرقی شاهرود، (۱۳۵۴)، گزارش اکتشافی منطقه کلمدر و برناکی، دفتر فنی شرکت ذغالسنگ البرز شرقی شاهرود.

### ۲-۲- محاسبه شدت جریان شاخه‌های استخراجی

همچنین مشخصات جبهه کارهای استخراج مطابق جدول ۶ و شدت جریان مورد نیاز آن براساس قوانین مربوطه مطابق جدول ۷ می‌باشد.

### ۲-۳- محاسبه شدت جریان نهایی معدن

با توجه به نقشه شبکه تهویه معدن، نوع بازکننده‌ها و شرایط محیطی معدن و اسناد موجود در دفتر فنی شرکت نوع تهویه آن را دهشی در نظر گرفته و هوای تمیز از اکلن ۲ تزریق شده و هوای آلوده توسط اکلن نوار، اکلن ۱، تونل برناکی و دوپل‌های تهویه به عنوان مسیر خروجی هوا منظور شده است.  
 با توجه به نقشه شبکه تهویه معدن، اطلاعات شدت جریان‌های هر یک از جبهه کارهای آماده‌سازی و استخراجی و قانون تصحیح شدت جریان‌ها، شدت جریان شبکه معدن کلمدر و برناکی ۳۳.۳ (m3/s) برآورد می‌شود. همچنین بر اساس نقشه شبکه تهویه معدن، شدت جریان نهایی معدن، مشخصات شاخه‌های معدنی در معدن کلمدر و برناکی، رابطه هاردی کروس و با استفاده از نرم افزار Ventsim، شبیه‌سازی جهت امر تهویه معدن کلمدر و برناکی بعد از ۵۰۰۰ تکرار عملیات مربوطه، نحوه توزیع شدت جریان‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.

### ۲-۴- محاسبه افت فشار شبکه معدن

با استفاده از نرم افزار Ventsim، مقاومت نهایی شبکه معدن را معادل ۰.۰۷۱۷ کیلومورگ و افت فشار شبکه را برابر ۳۸۱.۶۶ پاسکال که معادل ۳۸.۹۲ میلی‌متر آب است، برآورد نموده است.

لازم به ذکر است هر چه تعداد مسیر خروجی هوای کثیف در معدن بیشتر باشد به همان نسبت افت فشار شبکه کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۲ تعداد ۸ مسیر برای خروجی هوای کثیف در نظر گرفته شده است که باعث می‌شود افت فشار شبکه به شدت کاهش یابد.

### ۲-۵- محاسبه دهانه معادل و قطر تقریبی بادبزن اصلی شبکه

با توجه به اطلاعات فوق دهانه معادل و قطر تقریبی بادبزن اصلی این معدن به شرح ذیل محاسبه می‌شود.

$$A_t = 0.38 \frac{Q_t}{\sqrt{\Delta P_t}} = 0.38 \times \frac{23.3}{\sqrt{38.92}} = 1.4192 m^2 \rightarrow D = \sqrt{\frac{4A_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1.4192}{\pi}} = 1.796 m$$

### ۲-۶- محاسبه افت فشار نهایی معدن

با توجه به بادبزن‌های محوری و منحنی مشخصه زینی شکل آن‌ها، مقاومت تاسیسات داخلی این بادبزن‌ها به شرح ذیل محاسبه می‌شود.

$$R_f = a \frac{\pi}{D^2} = 0.05 \times \frac{\pi}{1.796^2} = 0.0487 \text{ Kmorg}$$

اگر میزان نشست هوا ۱۵ درصد باشد در این صورت افت فشار کلی شبکه تهویه معدن کلمدر و برناکی به شرح ذیل برآورد می‌شود.

$$K = \frac{1}{1+q} = \frac{1}{1+0.15} = 0.8696 \rightarrow$$

$$\Delta P_T = (kR_f + R_f) Q_t^2 = (0.8696 \times 0.0717 + 0.0487) \times (23.3)^2 = 60.29 \text{ (mmH2o)}$$

### ۲-۷- محاسبه مشخصات دریچه‌های تنظیم کننده افت فشار شبکه معدن

جهت برقراری قانون تعادل افت فشار ( $\sum \Delta p_i = 0$ ) در هر حلقه، نصب دریچه یا بادبزن فرعی امری لازم و ضروری است. با توجه به تجربیات موجود در شرکت ذغالسنگ البرز شرقی، نصب دریچه از اولویت اول برخوردار است. بر این اساس و با استفاده از نرم افزار Ventsim نصب چندین دریچه در شبکه معدن کلمدر و برناکی از ضروریات امر تهویه می‌باشد. مشخصات این دریچه‌ها طبق روابط ارائه شده در بخش

# طرح و اجرای تهویه حین ساخت تونل‌های بلند در شرایط خاص و پیچیده

محمد خسرو تاش ۱، مهران خسرو تاش ۲، مجتبی ترابی ۳، علی بنکدار ۳

۱ مدیر پروژه های قمرود و چمشیر - شرکت سایبر/ مسئول کمیته

تهویه و تأسیسات تونل - انجمن تونل ایران

۲ معاونت فنی پروژه قمرود - شرکت سایبر/ عضو کمیته تهویه و

تأسیسات تونل - انجمن تونل ایران

۳ کارشناسان فنی پروژه های قمرود و چمشیر - شرکت سایبر/ اعضای

کمیته تهویه و تأسیسات تونل - انجمن تونل ایران

این مقاله خلاصه ای است از سخنرانی ماهیانه انجمن تونل ایران که در تاریخ

۱۳۹۱/۴/۲۱ توسط نگارندگان ارائه گردیده است.

## چکیده

کاربردهای روزافزون حفريات زیرزمینی، به ویژه حفر تونلهای بلند، گاهی حفاری در شرایط دشوار زمین‌شناختی و حتی سازندهای دربرگیرنده گازهای آتش‌زا یا سمی را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. مهم‌ترین مسائلی که در تهویه پروژه‌های زیرزمینی باید از ابتدا برنامه‌ریزی گردند عبارتند از توانایی افزایش شدت جریان و فشار هوای تازه در هر شرایط کاری، تغییر سیستم تهویه مکشی دستگاه حفار به سیستم دهشی یا ترکیبی، پیش‌بینی و تعبیه دستگاههای ردیاب و آشکارساز گازهای خطرناک، تعبیه سیستم‌های اطفاء حریق، استفاده از تجهیزات الکتریکی ضد جرقه و داکت‌های آنتی استاتیک و فیلتراسیون یا تجزیه گازهای سمی به گازهای بی‌خطر. آنچه که در طراحی و اجرای سیستم تهویه در شرایط گاز خیز باید در نظر گرفته شود، کاهش مقدار گاز در هوای تونل و فراهم نمودن شرایط کاری ایمن می‌باشد. بدین منظور باید به موازات پیشگیری از تولید، انتشار و نیز نشت آلاینده‌ها، از سیستم تهویه‌ای با قابلیت تأمین مقادیر کافی از هوای تازه در جبهه کار تونل بهره‌جست تا هوای تازه به محل فعالیت و تمرکز جمعیت کارکنان برسد. این مقاله به بررسی معایب و مزایای روشهای مختلف تهویه می‌پردازد و در نهایت، ضمن برشمردن دلایل ارجحیت سیستم تهویه دهشی بر سیستم تهویه مکشی، سیستم دهشی به عنوان گزینه مناسب برای حفاری تونل‌های بلند به ویژه به شکل مکانیزه معرفی می‌گردد. همچنین، نگارندگان بر پایه تجارب عملی خود در پروژه‌های تونل‌سازی، به نقد و بررسی روشهای گوناگون طراحی و اجرای سیستمهای تهویه و نحوه تبدیل سیستم مکشی به سیستم دهشی خواهند پرداخت.

### کلمات کلیدی

سیستم تهویه، دستگاه حفار مکانیزه تمام مقطع، پروژه‌های زیرزمینی، آلاینده‌ها، گازهای مضر.

## ۱ - مقدمه

و سرویس مداوم سیستم های اطفاء حریق، تشکیل و آموزش گروههای امداد و نجات، انجام سرویسهای دوره ای بر روی سیستم تهویه و نیز دستگاه های اندازه گیری غلظت گاز، استفاده از مواد منفجره خاص و مطمئن در موارد ویژه، استفاده از سیستمهای الکتریکی ضد جرقه و داکت های آنتی استاتیک در شرایطی که احتراق یا انفجار محتمل است، فیلتراسیون یا تجزیه گازهای سمی به انواع بی خطر آنها.

## ۲ - کار در شرایط نامناسب

در صورت مواجهه با سازندهای حاوی گازهای خطرناک، نیازمند سیستم های تهویه انعطاف پذیر و قدرتمند می باشیم. زیرا متناسب با افزایش نرخ پیشروی، سرعت نفوذ و انتشار گازها در فضای تونل به دلیل گسترش سریع سطح تماس، فزونی خواهد یافت. از طرفی با افزایش توان ماشین آلات، میزان گازهای آلاینده خروجی از اگزوز و حرارت تولیدی آنها نیز افزایش می یابد.

### ۲-۱- تعریف شرایط خاص از نظر تهویه

وضعیت خاص و اضطراری از لحاظ تهویه به ویژه در شرایط گازخیز بودن زمین، شامل موارد زیر می باشد:

نشت مقادیر قابل توجه گاز به فضای داخل تونل

بالا رفتن غلظت آلاینده ها یا بخارهای سمی در فضای زیرزمینی در اثر کار ماشین آلات

افزایش احتمال آتش سوزی در داخل تونل

افزایش دما و رطوبت تا حدی که غیر قابل تحمل باشد

در این مقاله پس از تحلیل موارد بالا، راه حل های اجرایی بیان خواهند شد.

### ۲-۲- شناسایی آلاینده ها

آلاینده ها در فضای زیرزمینی عبارتند از [۱] [۲]:

گازهای ناشی از عملیات آتشکاری، تنفس،

گازهای خروجی یا به اصطلاح اگزوز

تجهیزات، گازهای متصاعد شده از

سازندهای سنگی که بعضی

از آنها سمی، منفجره و یا

استفاده روزافزون از دستگاههای حفاری مکانیزه جهت حفاری تونلها به ویژه تونلهای بلند، گاهی دست اندرکاران حفاری تونل ها را مجبور به حفاری در وضعیت های گوناگون زمین شناختی، حتی سازندهای دربردارنده گازهای آتشزا و سمی نموده است.

نفوذ گازهایی چون متان و سولفید هیدروژن به داخل تونلها علاوه بر خطر انفجار یا آتش سوزی موجب آلودگی و کاهش اکسیژن در هوای محیط می گردد. به واسطه تجاوز میزان گاز از حد مجاز، حضور و فعالیت انسان بدون ماسک در داخل تونل غیرمجاز می باشد و چنانچه میزان غلظت گاز از حد معینی فراتر رود، ورود به تونل حتی با ماسک، ماسک فیلتردار یا فیلتر ذغال فعال شده یا هوا سرخود نیز، غیر مجاز خواهد بود. اقدامات لازم پیش از آغاز به کار و نیز همزمان با انجام کار در شرایط گازخیز شامل موارد زیر می باشد:

پیش بینی روشهایی جهت پیشگیری از نفوذ گاز به فضای زیرزمینی و تخلیه گاز در حین عملیات اجرایی، پیش بینی قابلیت ایجاد تغییراتی در سیستم تهویه، پیش بینی تأخیرات و کندی فعالیتهای اجرایی، آموزش تمامی نفرات و تجهیز آنها به لوازم ایمنی به تناسب وظیفه و مسئولیت آنها، تجهیز واحدهای مختلف کارگاه به ویژه واحد ایمنی و بهداشت به تجهیزات و لوازم فردی، درمانی و امداد رسانی، نصب علائم هشدار دهنده، آماده به کار بودن آمبولانس و لوکوموتیو، حضور تمام وقت پزشک، کاهش تعداد کارکنان هر شیفت، اعمال مقررات سخت گیرانه در خصوص ورود به فضای زیرزمینی، اندازه گیری مداوم گاز در فضای زیرزمینی پیش از آغاز کار و نیز همزمان با آن، ممنوعیت هر عملی که منجر به تولید جرقه و شعله می گردد اعم از کشیدن سیگار و کارهای اجرایی، اعمال مقررات

سخت گیرانه در خصوص فعالیتهایی

چون جوشکاری و استفاده از

ابزارها و ماشین آتئی

که تولید حرارت

و یا جرقه

می کنند،

نصب



ماشین های بنزینی، گازهایی چون منو اکسید کربن، دی اکسید کربن، اکسید ازت، دی اکسید گوگرد، آلدئیدها و فرمالدئیدها متعاضد می کنند. ماشین های دیزلی، آلایندگیهایی مانند منو اکسید کربن، دی اکسید کربن، اکسید ازت، دی اکسید گوگرد و آلدئیدها را تولید می کنند. دستگاههای الکتریکی حرارت تولید می کنند. ابزارهای هوای فشرده، رطوبت، بخار روغن و ذرات معلق تولید می کنند. شایان ذکر است که بخار برخی روغن های هیدرولیک، به شدت سمی هستند.

ذرات معلق به ویژه غبار سیمان تولید می کند. به منظور کاهش تولید و انتشار آلایندگی ها، می توان تمهیدات زیر را اتخاذ کرد: در خصوص ماشین های احتراق داخلی، استفاده از موتورهای دارای استاندارد آلایندگی دقیق تر، استفاده از موتورهای دیزلی به جای بنزینی، استفاده از کاتالیست مناسب بر روی اگزوز و خاموش کردن وسیله در هنگام توقف وسیله در داخل تونل، حتی به هنگام توقف کوتاه مدت، استفاده از ماشین های دارای بهره وری بالاتر (مصرف سوخت کمتر) و در نهایت، دقت در به کارگیری صحیح و کاهش زمان فعالیت آنها در تونل، اقدامات مفیدی در راستای کاهش آلایندگی ماشین آلات می باشند. شایان ذکر است که منو اکسید کربن گازی بسیار سمی می باشد و مقدار تولید آن توسط موتورهای بنزینی به مراتب بیشتر از مقداری است که موتورهای گازوئیلی تولید می کنند.

در صورت نصب کاتالیست بر روی اگزوز ماشین آلات و لکوموتیوها، گازهای خطرناک و پر حرارت خروجی از موتور هنگام عبور از روی صفحات آلیاژی کاتالیزور، طی واکنشهای شیمیایی تبدیل به گازهای بی خطر می شوند. نتایج مثبت حاصل از نصب کاتالیست بر روی لکوموتیوها مورد استفاده در زمان حفاری تونل های متروی شیراز در اندازه گیری های به عمل آمده به وضوح دیده شده است [۴]. شکل (۲) کاتالیست نصب شده بر روی اگزوز لکوموتیوهای آلمانی Schoma را نشان می دهد.



شکل ۲- کاتالیست نصب شده بر روی لکوموتیو

استفاده از تجهیزاتی با بهره وری بالاتر و به کارگیری روش مناسب انتقال انرژی با تلفات کمتر در شبکه توزیع، راهکارهایی مناسب به منظور کاهش تولید حرارت توسط دستگاههای الکتریکی می باشند.

به منظور کاهش آلایندگی تجهیزات هوای فشرده می توان از کمپرسورهای بدون تبخیر روغن یا فاقد روغن و همچنین از کمپرسورهایی با استاندارد ایمنی بالاتر و فیلتراسیون بخارهای موجود در هوای فشرده استفاده نمود [۵].

در شکل (۳) مشاهده می گردد که به منظور کاهش مشکلات ناشی از آلایندگیهای موجود در هوای فشرده در یک کارگاه تونل سازی، هوای فشرده پیش از انتقال به داخل تونل فیلتر می گردد.

رادیواکتیو هستند. بخار و مه ناشی از تنفس و یا اگزوز تجهیزاتی مانند تجهیزات هوای فشرده که روغن و آب زیادی را به صورت مه آزاد می کنند. مواد جامد ناشی از انفجار، ذرات خروجی از اگزوز ماشین آلات، غبار ناشی از حفاری، انفجار، بارگیری، حمل و نقل و سایر فعالیت ها دود و گازهای حاصل از آتش سوزی در فضای زیرزمینی کنترل سه آلایندگی مونیو اکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، و دوده همواره الزامی است. همچنین، در صورت مشکوک بودن سازندهای زمین شناسی باید پیش از آغاز به کار وجود گازهای سولفید هیدروژن و متان را مورد بررسی قرار داد و در صورت وجود، میزان آن را پیش از حفاری و نیز در حین اجرا و حفاری به طور مستمر اندازه گیری نمود. با توجه به اینکه هزینه اندازه گیری گاز NO<sub>2</sub> زیاد و قابلیت اطمینان سنجش آن اندک است، می توان به جای آن غلظت گاز NO و یا گاز NO<sub>x</sub>، غلظت مجموعه گازهای NO و NO<sub>2</sub>، را اندازه گیری کرده و سپس ۱۰ تا ۲۰ درصد مقدار اندازه گیری شده را به عنوان غلظت گاز NO<sub>2</sub> در نظر گرفت. برای سنجش اکسید کربن و اکسید نیتروژن روش اندازه گیری مقدار جذب طیف نور و برای سنجش دوده اندازه گیری درصد انتقال و یا ضریب میرایی نور توصیه می گردد.

#### مقابله با آلایندگی ها

گازها بر حسب خواصشان تاثیرات متفاوتی بر انسان و تجهیزات می گذارند [۱]. مثلاً سولفید هیدروژن در ترکیب با آب، خوردندگی شدید ایجاد کرده، قطعات الکتریکی و الکترونیکی را به سرعت فرسوده می کند. بنابراین تمهیدات لازم در خصوص این گونه موارد باید اتخاذ گردد. به عنوان مثال از تجهیزات مقاوم در برابر اثر خوردندگی گازها استفاده گردد. در صورت مواجهه با گازهای قابل اشتعال مانند متان، ضد جرقه و ضد حریق نمودن تمامی تجهیزات به کار رفته به ویژه تجهیزات الکتریکی، شکل (۱)، و استفاده از داکتهای آنتی استاتیک در صورتی که احتمال رسیدن غلظت گاز به محدوده قابل انفجار وجود داشته باشد، الزامی است. ممنوعیت تولید شعله و استعمال دخانیات و از سوی استفاده از چراغ های ولتاژ پایین، تشکیل تیم های امداد و نجات، آموزش کارکنان و تجهیز نقاط حساس به سیستم اطفاء حریق خودکار و نیز در دسترس بودن سیستم اطفاء حریق دستی در نقاط مختلف تونل از دیگر الزامات می باشد.

برای ایمنی بیشتر نیروی انسانی، اقدامات احتیاطی همچون نصب نازل های آب پاش و سیستم های اطفاء حریق جهت پیشگیری از گسترش حریق و ساخت اتاقک های ضد حریق و تجهیز آنها به کمک های اولیه، اکسیژن، آب و خوراک را نیز می توان در نظر گرفت [۳].



شکل ۱- جعبه برق ضد جرقه

#### ۳-۱- تولید و انتشار آلایندگی های کمتر

تمامی ماشین آلات به نحوی هوا را آلوده می کنند. به ویژه، ذرات معلق و بخارات متفاوتی از اگزوز ماشین آلات احتراق داخلی خارج می شود. در سطرهای زیرین به تفکیک نوع دستگاه، آلایندگی های تولیدی معرفی می گردند:



همچنین، جهت تخلیه یا کاهش فشار گازهای محبوس، پیش از حفاری یا همزمان با آن می‌توان از داخل تونل، دوپل و یا گمانه‌هایی در زمین پیش روی جبهه کار حفر نمود و به وسیله کانال یا لوله انعطاف‌پذیر (خرطومی) گازها را از محل نشت، جمع‌آوری و به خارج از فضای زیرزمینی هدایت و تخلیه نمود [۲] [۳] [۷]. شناسایی زمین پیش رو، فرصت فراهم نمودن تجهیزات مورد نیاز و نیز تغییر مسیر را ایجاد می‌کند. لذا پیش از رسیدن به چنین لایه‌هایی با حفر گمانه یا گالری و تخلیه آب زیرزمینی و گازهای محبوس می‌توان مشکلات آینده را کاهش داد. یکی از روش‌های مناسب جهت تخلیه آبهای زیرزمینی و یا حداقل کاهش آب موجود در ابخوان، حفر چاه از روی سطح زمین و پمپاژ آب می‌باشد. در صورت باز کردن گالری، دستک یا فضاهاى زیرزمینی دیگر به تونل، جبهه کار به طور موقت تعطیل می‌گردد تا گازهای محبوس تخلیه گردند. در این وضعیت، سیستم تهویه به کار خود ادامه می‌دهد.

### ۳-۳- رقیق کردن و کاهش غلظت آلاینده‌ها

افزایش شدت جریان هوا منجر به کاهش غلظت آلاینده‌های موجود می‌گردد. به همین دلیل، در نقاطی که آلاینده‌ها در فضای زیرزمینی تولید شده، یا به آن راه می‌یابند، باید جریانی از هوای پاک با شدت مناسب برقرار و تأمین نمود. شایان ذکر است که سیستم دهشی دارای مزایایی نسبت به سیستم مکشی می‌باشد [۳] [۷].

### ۳-۴- استفاده از ماسک تنفسی

در موقعیت‌هایی که احتمال افزایش و تجاوز از حد مجاز غلظت گازها وجود دارد، علاوه بر کار مداوم سیستم تهویه، استفاده از ماسک‌های تنفسی هوا سرخود یا حداقل ماسک‌های دارای فیلتر ذغال کربنی فعال، الزامی است. تصریح می‌گردد که استفاده از ماسک فیلتردار تنها مانع ورود گازهای سمی به سیستم تنفسی می‌گردد و بنابراین فقط در صورتی اثربخش خواهد بود که سیستم تهویه دهشی در حال کار باشد و اکسیژن کافی برای پرسنل تونل تأمین نماید. به عبارتی، هنگامی که سیستم تهویه خاموش باشد، به همین دلیل، ماسک فیلتردار کارایی لازم را نخواهد داشت و خطر جانی در کمین پرسنل خواهد بود. لذا به هنگام خاموش بودن سیستم تهویه، ورود نیروی انسانی به داخل تونل ممنوع می‌باشد.

در صورتی که غلظت گاز بیش از حد بالا رود، فیلترها بسیار سریع اشباع شده، ساعت کارکرد آنها به اتمام می‌رسد و با پایان یافتن ساعت کارکرد فیلتر، زمان تعویض آن فرا می‌رسد. اشباع فیلتر در غلظت‌های بالا، بسته به غلظت گاز ممکن است حتی چند دقیقه بیشتر طول نکشد.

### ۳-۵- حرکت و گردش مناسب هوای پاک

تنها انتقال مقدار هوای کافی به داخل فضای زیرزمینی و جبهه کار در شرایط دشوار، کافی نبوده و گردش مناسب هوای پاک توسط سیستم تهویه دهشی به موقعیت حضور نفرات، موجب تأمین هوای سالم با حداقل آلودگی برای کارکنان خواهد شد. سیستم تهویه دهشی علاوه بر انتقال هوای پاک به محل فعالیت نیروی انسانی، باعث می‌گردد که آلودگی‌ها به همراه جریان هوای بازگشتی از جبهه کار به سوی دهانه تونل حرکت کرده و در نهایت از آن خارج شوند. به منظور حفظ سلامتی نیروی انسانی، هوای پاک باید به گونه‌ای توزیع گردد که پیش از اختلاط با آلاینده‌ها در دسترس نیروی انسانی قرار گیرد. بدین منظور ممکن است بر روی داکت، درچه‌هایی با دمپرهای دستی یا اتوماتیک در نقاط گوناگون مورد نیاز باشد. سیستم تهویه مکشی نیز امتیازات ویژه خود را دارد. به عنوان مثال، در حالتی که محل تولید آلاینده ثابت باشد و موقعیت آن جابجا نگردد، می‌توان توسط داکت‌های ویژه و سیستم مکند، آلاینده‌ها را پیش از انتشار در فضای زیرزمینی جذب و از محل خارج نمود. در حالتی که یک کمپرسور گازوئیلی در محلی ثابت قرار گرفته، بهترین اقدام این است که خروجی آگزوز کمپرسور به طور مستقیم به یک لوله یا



شکل ۳- فیلتراسیون هوای فشرده جهت کاهش آلاینده‌ها

جهت کاهش آلاینده‌گی ناشی از اجرای شاتکریت می‌توان از دستگاه‌های شاتکریت مرطوب یا حداقل دستگاه‌های شاتکریت خشک با کیفیت مناسب و قابلیت تعویض سریع واشرها به ویژه واشرهای بین سیلندرهاى چرخنده استفاده نمود. همچنین می‌توان از دستگاه‌های غبارگیر، با هدف کاهش ذرات معلق استفاده نمود. این دستگاه‌ها در دو حالت خشک (دارای فیلتر) و تر (شستشوی هوا با آب) موجود می‌باشند [۱] [۲]. و دارای مکندهای هستند که هوا را از تونل مکیده و پس از عبور دادن از محفظه فیلتر یا شستشو و جذب ذرات معلق به فضای زیرزمینی باز می‌گرداند. در قسمت انتهایی سیستم پشتیبان<sup>۱</sup> اغلب دستگاه‌های حفر تمام مقطع ویژه حفاری سنگهای سخت، دستگاه غبارگیر در کنار مخزن داکت نصب می‌گردد. به منظور کاهش آلودگی‌های ناشی از عملیات چالزنی می‌توان از چالزن آبی به جای چالزن‌های خشک استفاده نمود. همچنین، می‌توان در محل‌های تولید گرد و غبار آب‌پاشی نمود. بدین منظور باید قطرات آب تا حد ممکن ریزتر باشند. چنانچه ذرات غبار پیش از جذب توسط قطرات ریز آب باردار گردند، جاذبه بین این ذرات و قطرات آب افزایش می‌یابد.

با رعایت راهکارهای مذکور، تولید و انتشار آلاینده‌ها کاهش خواهد یافت. همچنین، راهکار کلی دیگر، به کار بستن روشهای مکانیزه می‌باشد. بدین صورت که سعی گردد پاره‌ای از عملیات اجرایی تونلسازی در خارج از تونل انجام شود. سپس قطعات یا تجهیزات پیش ساخته در داخل تونل نصب گردند.

### ۳-۲- پیشگیری از انتشار آلاینده‌ها

بهترین حالت ممکن، جمع‌آوری آلاینده‌ها در محل تولید یا ورود آنها به فضای زیرزمینی و اتخاذ تمهیداتی در خصوص پیشگیری از انتشار آلاینده‌ها می‌باشد. هر چه مطالعات زمین‌شناختی در مسیر حفاری تونل جامع‌تر باشد، پیش‌بینی مشکلات حفاری و از جمله نفوذ گازهای خطرناک به داخل تونل دقیق‌تر و به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. بی تردید پیشگیری از نفوذ گاز پیش از اجرای تونل، آسان‌تر، ایمن‌تر و کم هزینه‌تر از زمان حفر تونل و مواجهه با آن خواهد بود.

راه‌های گوناگون نفوذ گاز به فضای زیرزمینی، قطعاً روش‌های مقابله متفاوتی را ایجاد می‌کند. به عنوان مثال، در حالتی که گاز از طریق آب زیرزمینی وارد تونل می‌گردد، مانند نفوذ سولفید هیدروژن و اکسیدهای ازت، احداث چاه‌های زهکشی در اطراف تونل و ایجاد یخبندان در خاک و سنگ‌های اطراف تونل و همچنین تزریق در سازند جهت پیشگیری یا کاهش نفوذ آب، برخی راهکارهایی هستند که پیش از رسیدن جبهه کار تونل به محل نفوذ آب و گاز می‌توان به کار بست.

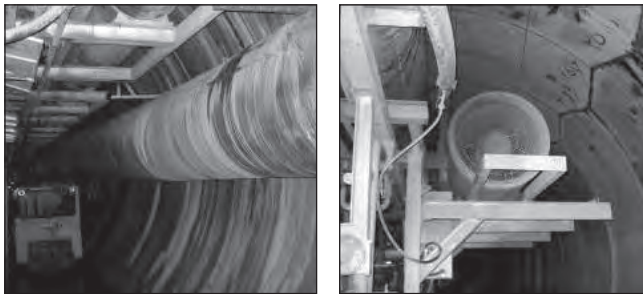
در صورت نفوذ آب به داخل تونل، تزریق در سازند جهت کاهش نفوذ آب، جمع‌آوری و پمپاژ سریع آب و نیز تجزیه شیمیایی گاز محلول در آب راهکارهایی در خصوص پیشگیری از انتشار گاز خواهند بود [۶]. در حالتی که گاز از طریق سازند و از راه درزه‌ها و منافذ آن وارد فضای زیرزمینی می‌گردد، مانند گاز متان، یکی از روش‌ها تخلیه گاز محبوس در سازند به وسیله حفر دوپل، گمانه و ... پیش از حفر تونل می‌باشد. راهکار دیگر در این مورد، پوشاندن سطح سازند بلافاصله پس از حفاری با شاتکریت و یا سگمنت‌های پیش ساخته به صورت هواپند می‌باشد.

شدت جریان را به سپر و محدوده های حضور نیروی انسانی منتقل نماید. بدین ترتیب شدت جریان هوای کل Qt در محدوده دستگاه چرخش کرده و آلاینده ها را با حداکثر سرعت رقیق و از فضای زیرزمینی خارج خواهد نمود.

#### ۴-۳- استفاده از گردش مناسب هوا در موقعیت های مهم

گردش مناسبی از هوای پاک به روش تهویه دهشی در موقعیت هایی که نفرات حضور دارند، هوای خنک و پاک را در اختیار نیروی انسانی قرار می دهد، در حالی که در روش مکشی هوای آلوده به بخار ها، گازها و ذرات معلق به موقعیت کارکنان منتقل می گردد، به همین دلیل استفاده از سیستم تهویه دهشی به سیستم مکشی دارای برتری می باشد. انجام دقیق این کار می تواند با توزیع هوا توسط دریچه هایی در موقعیت های مهم صورت گیرد که هر یک شدت جریان / Qt را جهت رقیق سازی آلاینده ها آزاد می نماید، یا اینکه در ساده ترین حالت کل جریان هوای پاک در داخلی ترین بخش دستگاه حفاری (سپر) آزاد شده، در مسیر بازگشت از جبهه کار تونل به سمت دهانه آن آلاینده ها را با خود منتقل می نماید.

در یک دستگاه حفار که سیستم تهویه مکشی توسط سازنده بر روی آن نصب شده است (شکل ۵)، پس از برخورد با سازندهای گازخیز به دلیل نیاز به شدت جریان بالا جهت کاهش غلظت گازهای سمی، توسط یک دمنده و خط داکت مجزا به قطر ۸۰ سانتیمتر، هوای پاک به داخل سپر منتقل شده است.



شکل ۵- دمنده نصب شده و داکت اضافه شده برای ترقیق گاز

اما سیستم فوق به دلایلی که به اختصار بیان خواهد شد، کارایی لازم را نداشت و به اجبار اصلاحاتی روی آن صورت گرفت که در بند ۵-۱ تشریح خواهد شد. معایب روش فوق عبارتند از:

- به کارگیری قطر کم داکت و شدت جریان کم
- استفاده از دمنده با شدت جریان هوای کم ولی فشار بیش از حد بالا (در صورتیکه دمنده با شدت جریان هوای بالاتر و فشاری متناسب با افت فشار درون داکت تهویه مورد نیاز بوده است).
- پیچ و خم و افت و خیز بسیار در مسیر داکت هوا و همینطور کاهش مقطع در زمان عبور از تجهیزات دستگاه (شکل ۶)



شکل ۶- پیچ و خم بیش از حد در مسیر داکت تهویه

- نزدیک بودن محل خروج هوا از سیستم تهویه دهشی نصب شده به دریچه

کانال مکشی متصل گردد تا از ورود آلاینده ها به فضای زیرزمینی پیشگیری شود.

## بررسی روشهای تهویه در دستگاههای حفار

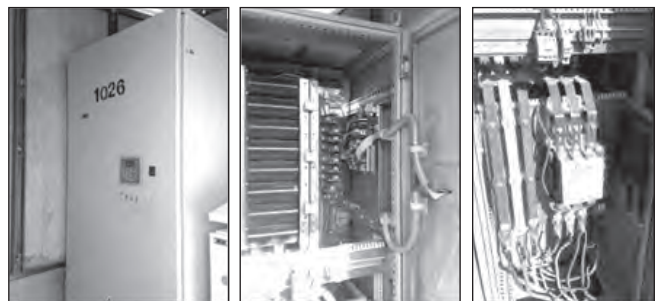
نظر به اینکه تونل های بلند عمدتاً به شکل مکانیزه حفاری می شوند و در حفاری مکانیزه بیشتر نفرات بر روی دستگاه مشغول کار بوده، تجمع نیروی انسانی بیشتر در بخشهای نصب ریل و سگمنت، فیدرهای نوار نقاله، اتاق کنترل و کیف تخلیه مصالح می باشد، دقت در نحوه توزیع هوای پاک در محل های یاد شده از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در صورت نفوذ گازهایی چون سولفید هیدروژن یا دی اکسید گوگرد، ترکیب آنها با رطوبت تونل خواص اسیدی تولید کرده، می تواند به سادگی به قطعات الکتریکی و الکترونیکی آسیب برساند. در این حالت بهتر است تمامی تابلوهای برق و قطعات حساس، به صورت ایزوله باشند. در حفاری مکانیزه، ایجاد فشار نسبی مثبت از هوای پاک در تمام تابلوهای برق و اتاق کنترل و تغییراتی در سیستم تهویه ماشین حفار مورد نیاز می باشد. با توجه به گوناگونی شرایط، در بندهای زیرین موضوعات اصلی و نکات کلیدی را بررسی خواهیم نمود.

#### ۴-۱- توانایی افزایش شدت جریان هوا

امروزه تجهیزات الکترونیکی نوین همراه با توسعه سیستم های PLC، امکانات گسترده ای در اختیار طراحان تهویه قرار داده است. استفاده از دستگاه کنترل دور موتور آسنکرون (A.C Drive)، قابلیت مانور بسیار خوبی برای کنترل شرایط تهویه فراهم می نماید. این روش مزایای متعددی از جمله پیشگیری از باد شدن ناگهانی داکت تهویه و خطر ترکیدگی آن، بهینه سازی مصرف انرژی و حفاظت از فن (دمنده) یا مکنده) دارد.

این روش اجازه می دهد مسئولین تونل در هر لحظه قادر به افزایش یا کاهش شدت جریان هوا در جبهه کار حفاری باشند. بنابراین در صورت افزایش مقدار آلاینده ها، به ویژه گازهای سمی، بلافاصله و به تناسب، مقدار هوای ارسالی را بالاتر خواهیم برد. در نتیجه، غلظت آلاینده ها کاهش یافته، سریعتر تخلیه خواهند شد. در صورتی که در روشهای سنتی سری، موازی یا سری- موازی کردن دمنده ها امکان ایجاد تغییرات سریع در شرایط تهویه وجود ندارد و تنها از طریق سری یا موازی کردن دمنده های متعدد می توان پارامترهای تهویه را تغییر داد [۸]. چنین عملی حتی در حالتی که تجهیزات آماده باشد نیز حداقل یک شیفت کاری زمان می گیرد. بنابراین در روشهای سنتی، امکان تغییرات به صورت آنی وجود ندارد و این وضعیت برای شرایط اضطراری، مناسب نمی باشد. شکل (۴) دستگاه کنترل دور موتور سیستم تهویه حین اجرای تونل های پروژه قطار شهری شیراز را نشان می دهد که استفاده از آن مزایای متعددی به دنبال داشته است [۴].



شکل ۴- استفاده از Drive به منظور کنترل دمنده

#### ۴-۲- بکارگیری جریان حد اکثری هوا در موقعیت دستگاه حفار

برای تحقق این ایده نیازمند سیستم تهویه ای هستیم که قادر به انتقال تمامی شدت جریان هوای تحویل شده به مخزن داکت Qt در انتهای دستگاه باشد، و این

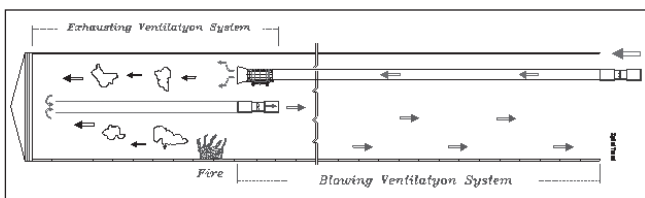
- دمنده، کانالها، دمپرها و ... با هوای پاک در تماس بوده و بنابراین در صورت وجود گازهای خورنده، مشکلاتی چون فرسودگی شدید تجهیزات تهویه و تعویض زود هنگام آنها وجود نخواهد داشت.

**معایب:**

- صدا و وزش باد کاملاً محسوس.

**مقایسه عملکرد روش های دهشی و مکشی در آتش سوزی**

یکی از معایب عمده روش تهویه مکشی این است که در هنگام آتش سوزی در تونل به واسطه مکش سیستم تهویه دستگاه، دود و حرارت ناشی از آتش در تونل به سمت جبهه کار حرکت می کند تا از انتهای داکت به درون آن مکیده شود (شکل ۹). با توجه به اینکه بیشتر کارکنان در محدوده جلوی دستگاه حضور دارند و امکان فرار به عقب نیز نخواهند داشت، با حرکت دود به سمت آنها، در میان دود و حرارت آتش گرفتار خواهند شد.



شکل ۹- حرکت دود در طول تونل هم جهت با مکش هوا

اما برخلاف روش مکشی در روش دهشی با توجه به جریان هوا از سمت جبهه کار و جلوی دستگاه به پشت آن و در نهایت به سمت دهانه تونل، دود و حرارت به سمت خارج تونل حرکت کرده و بنابراین کارکنان نزدیک به جبهه کار در امان بوده و افرادی که در حد فاصل آتش و دهانه تونل قرار دارند باید به سرعت از تونل خارج شوند. اجرای روش تهویه ترکیبی (ترکیبی از سیستم های دهشی و مکشی همزمان) بر روی دستگاه های حفار مزایا و معایب زیر را خواهد داشت:

**مزایا:**

- در صورتی که موقعیت داکتهای مکش هوشمندانه انتخاب شده باشد، می توان بخشی از آلاینده ها را قبل از انتشار در فضای زیرزمینی به داخل کانالها منتقل نمود.  
- در صورتی که موقعیت داکتهای دهش مناسب انتخاب شده باشد، توزیع و چرخش هوای خنک و پاک در مواضع استقرار نیروی انسانی باعث کاهش غلظت گازها در این موقعیت ها می گردد.

**معایب:**

- ممکن است بخشی از هوای پاک به درون کانالهای سیستم مکشی مکیده شود، خصوصاً اگر دریچه های دو سیستم تهویه نزدیک به هم واقع شده باشند.  
- کاهش سرعت جریان هوا در مقطع تونل یا اطراف دستگاه به دلیل انتقال بخشی از جریان هوا به درون کانالهای مکشی.

**۵-۱- نمونه واقعی سیستم تهویه اصلاح شده دستگاه حفار**

زمانی که اصلاح سیستم تهویه تونل و دستگاه حفار به نگارندگان واگذار گردید، دستگاه در سازند گازخیز مشغول حفاری بوده و کارکنان فقط با کمک ماسک می توانستند در تونل، برای زمان محدود و با مشکلات بسیار، حضور داشته باشند. دو سیستم مکشی هریک با ظرفیت ۷ و ۱۰ متر مکعب بر ثانیه هوای آلوده را از بخش های اتاق کنترل و نوار نقاله تخلیه می نمودند. مکنده های فوق در انتهای دستگاه قرار داشته و توسط داکتهای فلزی هوا را از بخشهای باد شده مکش می کردند. طول کانال یاد شده در بلندترین قسمت حدود ۱۵۰ متر بود. دریچه های طول مسیر و انتهایی جهت تخلیه بهتر حرارت بر روی شاسی قسمت پشتیبان دستگاه (در زیر سقف تونل) قرار داشت [۳].

قطر داکت تهویه تونل ۲ متر بوده و شدت جریان هوای تحویل شده در انتهای مسیر هوا رسانی، به طول ۵۴۰۰ متر، و به دستگاه حفار ۳۵ متر مکعب در ثانیه اندازه

مکش هوا در سیستم تهویه مکشی (شکل ۷)

- قرار داشتن دریچه مکش در زیر سقف تونل (شکل ۷)



شکل ۷- سمت راست: نصب داکت تهویه در وضعیت نامناسب، با شدت جریان کم و نزدیک به دریچه مکش در سیستم تهویه مکشی - سمت چپ: نصب داکت سیستم تهویه مکشی در زیر سقف

**مزایا و معایب روشهای تهویه دستگاه حفار**

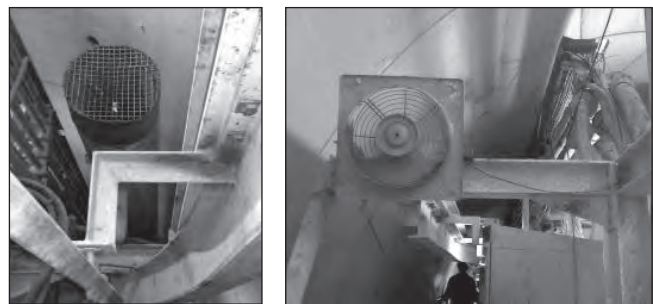
سیستم تهویه مکشی که بطور سنتی بر روی اغلب دستگاه های حفار از ابتدا متداول بوده است، مزایا و معایب زیر را دارد:

**مزایا:**

- صدا و وزش باد کمتر  
- تخلیه مناسب حرارت

**معایب:**

- افزایش آلودگی هوا در موقعیت کارکنان  
- کاهش فشار هوا در محدوده دستگاه حفار  
- توقف اجتناب ناپذیر مکنده (در صورتیکه ضد جرقه نباشد) در هنگام افزایش غلظت گازهای قابل انفجار یا آتش زا و در نتیجه افزایش غلظت گازها  
- عدم کارایی در تخلیه مناسب رطوبت  
- عدم کارایی در جابجایی ذرات معلق سنگین و گازهای دارای چگالی بیش از هوا همان طور که در شکل (۸) دیده می شود، سیستم تهویه مکشی دستگاه حفار مترو شیراز (E.P.B.M) کارایی لازم در تخلیه رطوبت را نداشته و کارکنان را وادار به استفاده از دمنده های موضعی در بخش های مختلف دستگاه نموده است.

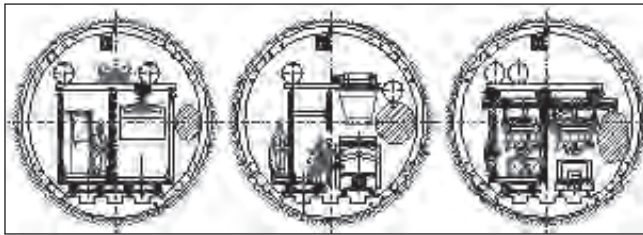


شکل ۸- سمت راست: دمنده اضافه شده جهت افزایش باد در محدوده سیر انتهایی - سمت چپ: داکت تهویه مکشی دستگاه حفار

اجرای روش تهویه دهشی روی دستگاه های حفار مزایا و معایب زیر را خواهد داشت:

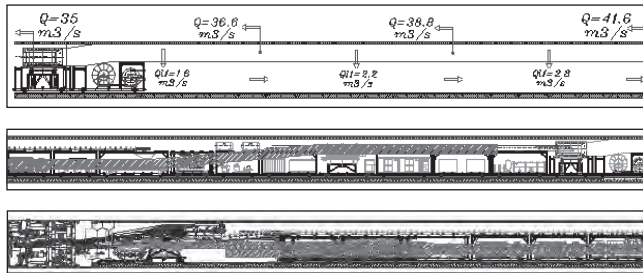
**مزایا:**

- تحویل هوای پاک به موقعیت حضور کارکنان  
- توزیع و چرخش هوای خنک در مواضع استقرار نیروی انسانی  
- کاهش غلظت گازها در موقعیت حضور نیروی انسانی  
- نشت هوای پاک از داکت به تهویه طول مسیر کمک می کند.  
- در صورت افزایش بیش از حد غلظت گازهای آتش زا یا قابل انفجار، به دلیل آنکه دمنده با هوای پاک در تماس است، می تواند بدون خطر انفجار یا احتراق به کار خود ادامه دهد.



شکل ۱۱- بیضی شکل نمودن کانال در برخی مقاطع

شایان ذکر است که تمامی تابلوهای برق، با روش فوق یا به کمک یک لوله هوای فشرده (هوای فشرده تولید و فیلتر شده در پورتال تونل) دارای فشار مثبتی از هوای پاک می گردند، زیرا در اثر ترکیب سولفید هیدروژن با آب، اسید سولفوریک تولید شده، مدارات و قطعات الکتریکی را بسیار سریع از بین خواهد برد.



شکل ۱۲- بالا: سیستم تهویه تونل؛ وسط: سیستم تهویه دهشی اضافه شده به دستگاه حفار به ترتیب از انتها (خشاب داکت تهویه) به سمت میانه دستگاه؛ پایین: داکت فلزی به قطر 1.4m در محل اتاق کنترل به دو کانال با قطر 1m تبدیل شده و تا محل ریل گذاری و سگمنت گذاری امتداد یافته است. سیستم تهویه اضافه شده به ماشین حفار 50 m³/s در هوای پاک را به بخش های یاد شده که محل حضور نیروی انسانی است می رساند.

## ۵-۲- نکات قابل توجه

الف- برای آشکارسازی گازهای خطرناک (سمی یا آتش زا) باید حسگرهایی (Gas Detector) در نقاط مختلف روی T.B.M نصب و در فواصل زمانی معین و مناسب کالیبره گردند.

ب- معمولاً دستگاههای T.B.M به نحوی طراحی و ساخته می شوند که در صورت تجاوز غلظت گازهای خطرناک (مانند متان) از حد معینی، به صورت اتوماتیک خاموش می شوند. با توجه به حساسیت موضوع و احتمال انفجار، در صورت وجود سیستم تهویه مکشی در بخش پشتیبان دستگاه، باید مکندهها ضد جرقه باشند، به عبارت دیگر موتور مکنده نباید جرقه ایجاد کند.

به منظور شروع مجدد کار TBM (پس از خاموش شدن اتوماتیک در هنگام افزایش غلظت گاز) باید محدوده سپر، پشتیبان و حتی تا فاصله ای در حدود ۵۰ متر پشت دستگاه تهویه شود.

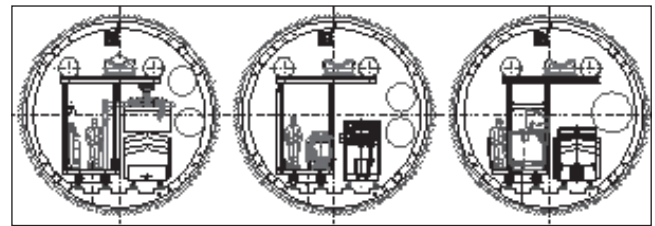
پ- چنانچه به منظور بهبود تهویه در جبهه کار، در طول TBM و سیستم پشتیبان، داکت هوای پاک در نظر گرفته شود این مشکل وجود خواهد داشت که با توجه به اینکه همزمان با انتقال هوای تازه به جبهه کار مکندهها هم در حال کار هستند، قسمت اعظم هوای تازه بدون هیچ فایده ای مستقیماً وارد داکتهای مکنده شود. بدین ترتیب مقدار کمتری از هوای تازه از محدوده سیستم پشتیبان عبور خواهد کرد و بنابراین حرکت هوا در این مقطع کندتر خواهد بود. بنابراین توصیه می گردد که به شدت جریان هوا در کل مقطع تونل توجه گردد نه صرفاً در نقاطی خاص. در عمل، مکندهها با توجه به فاصله از انتهای داکتهای هوای تازه باید خاموش بوده یا با دور کمتر (تنظیم توسط کنترل دور موتور) کار کنند.

ج- در مورد گاز سولفید هیدروژن (H2S) باید گفت که به کمک تهویه دهشی

گیری شد (شدت جریان هوای تولید شده توسط دمنده ۴۱/۶ و مقدار نشت هوا در این طول از داکت ۶/۶ متر مکعب بر ثانیه بوده است). جهت کاهش مشکلات ناشی از گازهای سمی در حین عبور از سازندهای حاوی گاز H2S سیستم تهویه ناکارآمد مکشی دستگاه حفار، با کمک یک سیستم تهویه دهشی تقویت گردید، و تغییرات کوچکی بر روی سیستم تهویه دستگاه و تونل به شرح زیر طرح گردید.

همانگونه که بیان شد داکتهای مکشی در زیر سقف بود، در صورتی که به دلیل چگالی بالاتر H2S نسبت به هوا، این گاز مهلک در کف تونل تجمع می کرد، بنابراین کانالهای مکش به تراز پایین تر منتقل شدند. جهت مقابله با آتش سوزی تعدادی نازل اسپری کننده، برای تولید پرده آب در بخشهای اتاق کنترل، اتاق کمکهای اولیه و کابین استراحت در نظر گرفته شد. توصیه شد همیشه یک لوکوموتیو با نفربر در پشت T.B.M علاوه بر سایر تجهیزات امداد رسانی آماده باشد.

با تغییراتی در سیستم تهویه تونل، شامل اضافه کردن یک خط داکت دیگر یا افزایش قطر داکت به ۲/۵ متر، شدت جریان هوا در بخش جلویی دستگاه حفار به بیش از ۵۰ متر مکعب بر ثانیه افزایش یافت. در بخش پشتیبان دستگاه حفار دمندهای با توان ۹۰ کیلووات، فشار تولیدی ۱۱۳۰ پاسکال، هوای پاک را از پشت خشاب داکت دستگاه گرفته و آن را با کمک داکت فلزی به جلو هدایت می نمود (طول مسیر هوا رسانی روی دستگاه ۱۴۵ متر بود). این داکت ابتدا قطر ۱/۴ متر داشته و در میانه مسیر بعد از یک سه راهی دو شاخه شده و سپس دو داکت با قطر ۱ متر هوا را به جلو هدایت کرده، یکی از آنها هوای پاک را در محدوده اتاق کنترل و دیگری در محدوده سگمنت گذاری آزاد می کرد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- جانمایی کانال اضافه شده روی دستگاه حفار

با توجه به شدت جریان بالای ذکر شده، سرعت خروج هوا از انتهای داکتهای ۳۱/۸ متر بر ثانیه خواهد بود و باعث چرخش مناسب هوا در محدوده های حساس می گردد و تا حدود ۱۰ متر جلوتر از دهانه داکت گردش مناسب هوا وجود خواهد داشت. به این ترتیب با آزاد شدن ۵۰ متر مکعب بر ثانیه هوا (V=2.5 m/s) در محدوده حضور نیروی انسانی، و مکش ۱۷ متر مکعب بر ثانیه توسط سیستم تهویه مکشی دستگاه، ۳۳ متر مکعب هوا در هر ثانیه در مقطع تونل در محدوده حضور دستگاه به جریان افتاده (V=1.6 m/s) و با حرکت به سمت پشت دستگاه آلاینده ها را با خود حمل می کرد.

با تغییر محدوده مکش کانالهای سیستم قبلی دستگاه به تراز پایین، بیشتر گازهای سمی توسط سیستم مکشی تخلیه شده و مقدار هوای جریان یافته در محدوده دستگاه (۳۳ متر مکعب بر ثانیه) برای رقیق سازی گازها تا حد استاندارد کفایت می کرد (شکل ۱۱).

در این روش توسط لوله های فلزی ۱۲ اینچ و به کمک یک دمنده سانتریفیوژ (به توان ۲۵۰ وات و فشار تولیدی ۲۴۵ پاسکال) هوای پاک به مقدار ۰/۵ متر مکعب بر ثانیه، برای هر یک از اتاقهای امن و اتاق کنترل ارسال خواهد شد. مکش این هوا از پشت خشاب داکت بوده و بنابراین هوای پاک را به داخل اتاقها منتقل می کند و به این ترتیب آلاینده ها وارد اتاقها نخواهند شد [۳].

یکی از مزایای داکت فلزی این است که با اعمال فشار بر روی آن در یک جهت و تغییر شکل آن از دایره به بیضی، آن را از موقعیت هایی که عرض کمی وجود دارد عبور می دهیم (شکل ۱۱).

## ۶ - نتیجه گیری و جمع بندی

تجربه مؤید این نکته می باشد که قبل از عملیات اجرایی، مطالعات زمین شناختی در مسیر تونل حائز اهمیت بوده و از این رهگذر می توان قبل از آغاز عملیات اجرایی، بسیاری از مسائل آینده را پیش بینی و جهت مقابله با آنها تمهیداتی اتخاذ نمود. چنانچه طراحی ها با در نظر گرفتن تمامی احتمالات و مشکلات پیش رو صورت گیرند، در زمان اجرا مشکلات کمتری خواهیم داشت و هزینه های کمتری خواهیم پرداخت.

در شرایطی که احتمال مواجهه با شرایط اضطراری همچون گاز خیزی، آلاینده های زیاد، رطوبت و دمای بالا وجود دارد، که از دیدگاه تهویه این موارد مستلزم تأمل و بررسی است، نیاز به برنامه ریزی و لحاظ نمودن تمهیداتی از ابتدای پروژه می باشد. بنابراین توصیه می گردد با توجه به مطالب ذکر شده از روش تهویه ای با قابلیت انعطاف بالا و حداکثر شدت جریان ممکن با امکان تنظیم در هر لحظه، استفاده گردد (سیستم تهویه متمرکز [۸]). همه قابلیت های ذکر شده، با استفاده از روش تهویه متمرکز تونلها قابل دستیابی می باشد، در حالیکه شیوه های سنتی چنین قابلیتی ندارند.

با توجه به مزایا و معایب روشهای دهشی و مکشی یا ترکیبی [۲][۴]، شیوه مکشی در زمان برخورد با شرایط گاز خیزی یا رطوبت بالا، کارایی مناسبی نخواهد داشت (این روش در شرایط عادی جهت تخلیه حرارت و آلاینده های کم، مناسب است).

بنابراین، چنانچه در تونلی حجم آلاینده ها بالا بوده، با گازهای سمی و آتش زا سروکار داشته باشیم، بهتر است از روش دهشی یا ترکیبی استفاده نمود (در روش ترکیبی نیز توصیه می گردد بین ۶۰ تا ۷۰ درصد از شدت جریان کل هوا، به شیوه دهشی منتقل و در بخشهای لازم و حساس توزیع شده و مابقی آن به شکل مکش از بخش های آلوده، قبل از اختلاط آلاینده ها با هوای تونل، آنها را به خارج تونل منتقل نماید). ذکر این نکته ضروری است که در روش ترکیبی، کنترل مداوم شدت جریان هوا و در نتیجه سرعت خطی هوا، در تمامی مقاطع الزامی است، زیرا احتمال کاهش شدت جریان عبوری از مقطع تونل در اطراف دستگاه وجود دارد.

در حالت کلی باید تولید آلاینده ها را به حداقل رساند یا آنها را توسط کاتالیست به گازهای بی خطر تبدیل نمود، راه های نشت آلاینده ها را به تونل مسدود کرد یا به حداقل رساند و گازهای سمی را توسط حجم مناسبی از هوای پاک، تا کمتر از حد مجاز رقیق نمود. در صورت احتمال بروز خطر برای نیروی انسانی (با امکان افزایش غلظت گازهای سمی به بیش از حد مجاز که در استانداردهای ایمنی ذکر شده)، استفاده از ماسک مناسب با فیلتر زغال فعال یا ماسک هوا سرخود الزامی می باشد (ماسک های کاغذی یا پارچه ای در مواجهه با گازهای سمی هیچ گونه کارایی ندارند). متذکر می گردد که استفاده از ماسک در کنار تهویه کارآمد نتیجه بخش خواهد بود و در غیر این صورت می تواند منجر به مرگ انسان شود.

گازها ممکن است از سطح تماس بین سازند و تونلها یا از طریق نفوذ آب زیرزمینی وارد فضای تونل شده باشند. از طرف دیگر آلاینده ها ممکن است توسط ماشین آلات تولید شده باشند، بنابراین روشهای متفاوتی در طراحی، محاسبه و مقابله با گاز مورد نیاز خواهد بود که در بخشهای مختلف این مقاله به اختصار به آنها اشاره شد. مهم ترین نکته در طراحی و اجرا، قابلیت انعطاف بالا در سیستم تهویه می باشد تا با تغییرات مقدار نفوذ گاز، هماهنگ شود. انجام این مهم به کمک دستگاه های کنترل دور موتور آسنکرون در سیستم تهویه متمرکز [۸] میسر می گردد. در این حالت دمنده و سیستم انتقال هوا، حداکثر ظرفیت محتمل مورد نیاز را دارد، اما شدت جریان و فشار هوا در شرایط مختلف، با دستگاه کنترل دور موتور تنظیم خواهد شد. بنابراین می توان به سادگی متناسب با نیاز فعالیتهای اجرایی تونل و حجم آلاینده ها، شدت جریان هوای پاک را تنظیم نمود.

مراجع

[۱] مدنی، حسن؛ تهویه در معادن، مرکز نشر دانشگاهی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۱.

و رساندن هوای تازه به محدوده دستگاه حفاری تا حدود زیادی می توان از غلظت این گاز کاست، ولی ممکن است رساندن غلظت این گاز به میزان قابل قبول در هوا (حداکثر میزان قابل قبول H<sub>2</sub>S برای طولانی مدت یا یک شیفت ۱۰ ppm می باشد) تنها از طریق تهویه، عملی نباشد. زیرا اولاً ممکن است که شدت جریان هوای مورد نیاز تا چند برابر افزایش یابد و تأمین آن با سیستم تهویه امکان پذیر نباشد و ثانیاً، به واسطه رقیق شدن، فشار جزئی گاز H<sub>2</sub>S در هوا کاهش یافته و میزان انتشار آن افزایش می یابد. لذا تمهیدات دیگری جهت پیشگیری از ورود و نفوذ آب حاوی H<sub>2</sub>S به داخل تونل و نیز راهکارهایی در صورت ورود آب و گاز به داخل تونل باید اتخاذ گردد که به اختصار به آنها اشاره شد.

چ- بهبود شرایط کار در TBM و سیستم پشتیبان مستلزم افزایش جریان هوای تازه در این مقاطع است. در صورتی که داکت انتقال هوای تازه در قسمتهایی از تونل پیش بینی نشده باشد، می توان با افزایش شدت جریان هوا به تهویه بهتر و رساندن هوای بیشتر به این محدوده ها کمک نمود. (به عنوان مثال امکان افزایش مکش توسط مکنده با افزایش سرعت دوران مکنده و دستکاری پره ها باید بررسی گردد. چنانچه هوای بیشتری در نزدیکی سپر مکنده شود هوای تازه بیشتری به طرف جلو جریان می یابد).

در خط غبارروبی (Dedusting line) می توان با خارج نمودن فیلترها سرعت جریان هوا را افزایش داد. سرعت جریان هوا و میزان غلظت H<sub>2</sub>S قبل و بعد از اعمال تغییرات مذکور (با فیلتر، بدون فیلتر، تغییر سرعت دوران و تغییر زاویه پره ها) باید اندازه گیری و ثبت شود. بدین صورت میزان کارایی هر حالت مشخص شده، بهترین حالت قابل تشخیص خواهد بود. ولی بهتر است که داکت هوای تازه تا مقطع TBM و B.U امتداد یابد و هوای تازه توسط سیستم تهویه دهشی و بصورت فعال در این مقاطع تأمین گردد. به عبارتی انتقال هوای تازه به صورت غیر فعال و تنها از طریق مکش هوای آلوده توصیه نمی گردد، زیرا در این حالت هوای تازه، آلودگی را نیز با خود در مسیر حرکتش به همراه می آورد.

ح- شدت جریان هوای تازه و سرعت دمنده باید قابل تنظیم باشند تا سیستم تهویه دهشی بر حسب نیاز مورد استفاده قرار گیرد.

خ- نقاطی از تونل و دستگاه حفاری که در معرض آلودگی شدید هستند باید شناسایی شده و هوای آلوده این محلها باید توسط تهویه مکشی از محل کار خارج شود. جریان هوا در سیستم تهویه مکشی هم باید قابل تنظیم باشد.

د- به منظور کنترل گاز H<sub>2</sub>S، دستگاههای TBM باید مجهز به سیستم پیش این گاز بوده و حسگرهایی در محل های مختلف داشته باشند. اطلاعات مربوطه باید در اتاق کنترل نمایش داده شود و همچنین در صورت انتقال اطلاعات به دفاتر کارگاه، اطلاعات مربوطه به گازهای سمی یا آتش زا نیز باید ارسال گردد، حتی وقتی که دستگاه حفاری خاموش است.

ذ- مطابق استاندارد سوئیس برای طراحی تهویه در تونل، حداقل سرعت جریان هوای پاک در وضعیتی که تونل فاقد گاز است ۰٫۳ m/s و در حالتی که هوای تونل آلوده به گاز است ۰٫۵ m/s یا بیشتر منظور می گردد.

ر- به منظور جلوگیری از نفوذ آبهای زیرزمینی به داخل تونل به ویژه در مناطق گازدار، بهتر است سگمنت های نگهداری تونل از نوع یونیورسال انتخاب شوند. این نوع از سگمنت ها از لحاظ آب بندی مناسب تر هستند. بر خلاف آن، سگمنت های هگزگونال از لحاظ آب بندی مناسب نیستند. با استفاده از سگمنت های یونیورسال، خطای نصب سگمنت می تواند کمتر از سگمنت های هگزگونال باشد. چنانچه این مورد در فاز مطالعات منظور گردد، مشکلات و هزینه های کمتری پیش رو خواهیم داشت و در زمان حفر تونل مجبور به تعویض نوع سگمنت که مستلزم صرف هزینه ای گزاف می باشد، نخواهیم بود.

ز- استفاده از دمپرهای موتوری یا دستی و همین طور حرکت دهنده های هوا و تنظیم آنها متناسب با شرایط، امکان چرخش مناسبی از هوا را در مواضع مختلف فراهم می کند.

موتور در صرفه جویی انرژی، شرکت پرتو صنعت، ۱۳۸۰.  
 [15] Hartman Howard L., Mine Ventilation and Air Conditioning,  
 Mutmanky Jan M., Wang Y.J, John Wiley & Sons. Inc., New York, 1982.  
 [۱۶] جعفری، محمد جواد، عتابی، فرید، خرم، محمد؛ بررسی نقش خروجی سیستم تهویه  
 بین ایستگاهی نیمه شمالی خط یک مترو تهران در کیفیت هوا، ۱۳۸۵. [www.sid.ir](http://www.sid.ir).

[۲] مدنی، حسن؛ تونلسازی، مرکز نشر دانشگاهی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر،  
 تهران، ۱۳۸۱.  
 [۳] خسروتاش، مهران؛ گزارشهای طراحی تهویه تونلهای گاز خیز کشور، مهندسین مشاور  
 تونل راد، تهران، ۱۳۸۶.  
 [۴] خسروتاش، مهران، خسروتاش، محمد، طراحی و اجرای سیستم تهویه تونلهای قطار  
 شهری شیراز، هفتمین کنفرانس تونل ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۵.  
 [۵] مدنی، حسن؛ خدمات فنی در معادن، مرکز نشر دانشگاهی، انتشارات دانشگاه صنعتی  
 امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۱.  
 [۶] خسروتاش، مهران؛ گزارشهای طراحی آبکشی تونلهای گاز خیز کشور، مهندسین  
 مشاور تونل راد، تهران، ۱۳۸۶.  
 [7] Amberg Engineering Ltd., H2S Gas Consultancy for Tunneling, Report  
 number; G021-002, United Kingdome, [www.amberg.ch](http://www.amberg.ch), 06 July 2007  
 [۸] خسروتاش، مهران، خسروتاش، محمد؛ آشنایی با سیستم تهویه متمرکز، نگرش، نشریه  
 کاردانههای استان فارس، استان فارس، شماره ۴ و ۵، ۱۳۸۴.  
 [۹] خسروتاش، مهران، خسروتاش، محمد؛ روش نوین محاسبه نشت هوا در طراحی تهویه  
 فضای زیرزمینی، مجله تونل ایران، شماره ۳، تهران، ۱۳۸۸.  
 [۱۰] اوراعی، هاشم؛ بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی، مرکز تحقیقات  
 نیرو، تهران، ۱۳۷۳.  
 [۱۱] فصیح فر، احمد، پمپ و فن، انتشارات دانشکده صنعت آب و برق (شهید عباسپور)،  
 سال ۱۳۸۲.  
 [۱۲] حسینی پاک، علی صفر، شریفالدین، محمد؛ تحلیل داده های اکتشافی، موسسه  
 انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۰.  
 [۱۳] نتاج جلودار، عباس حسن، حسینی، مرتضی، مهرداد، ناصر، قنبری، نعمت‌الله؛  
 تعیین غلظتهای آلودگی هوا در تونل و ارائه راهکارهای مناسب، کنفرانس هفتم تونل ایران.  
 ۱۳۸۵.  
 [۱۴] دولت آبادی، کاظم، بهینه سازی مصرف انرژی در الکتروموتورهای صنعتی،  
 کاربرد کنترل کننده‌های دور



## چکیده مقالات بین المللی

از اوایل دهه ۱۹۵۰ تا کنون روش های مختلفی برای تخمین نرخ نفوذ ماشین حفار تمام مقطع در سنگ های سخت توسط محققین متعددی ارائه شده اند. نتیجه این تحقیقات منجر به ارائه روابط و مدل های گوناگونی برای تخمین نرخ نفوذ TBM شده است. برای ارزیابی و تعیین اعتبار یک مدل لازم است قابلیت تخمین آن در یک پروژه جدید مورد بررسی قرار گیرد. یک مدل مناسب باید ویژگی های دستگاه و وضعیت زمین را در نظر بگیرد. مقاله حاضر مرور کوتاهی بر چند مدل که امروزه بیشتر برای تخمین و پیشبینی عملکرد TBM به کار می روند را ارائه می نماید. برای تعیین دقت و ارزیابی این مدل ها نتایج به دست آمده از این روش ها، مقادیر نرخ نفوذ واقعی چند پروژه تونلسازی جدید موجود در یک پایگاه داده ای مشتمل بر اطلاعات به دست آمده از این پروژه ها مقایسه شده است. مقایسه نتایج مدل ها و داده های واقعی نشان می دهد که مدل های موجود اغلب نرخ نفوذ خوشبینانه و بیش از مقادیر واقعی را نتیجه می دهند. این مقایسه مشکلات روز صنعت تونل در پیشبینی نرخ نفوذ را نشان می دهد. این مقاله مدل های جدیدی در راستای بالا بردن دقت پیشبینی و تخمین نرخ نفوذ را تشریح می نماید. این مدل ها بر اساس تحلیل نتایج بیش از ۳۰۰ پروژه تونلسازی با TBM به دست آمده اند. داده های موجود در پایگاه داده مذکور امکان ارائه مدل های ساده تری را فراهم نموده و بر ارائه عوامل موثر بر نرخ نفوذ همچون قطر تونل، سرعت چرخش کله حفار، جنس سنگ، مقاومت تک محوری به صورت کمی تمرکز می نماید. این مدل ها جایگزین مناسبی برای تخمین نرخ نفوذ می باشند و در ضمن روشی برای بازبینی و کنترل سایر روش های تحلیل عملکرد TBM ارائه می نمایند و امکان تخمین و محاسبه بهره وری دستگاه را نیز فراهم می نمایند.

استفاده از رفتارنگاری ژئوتکنیکی و سازه ای در تونلسازی سنتی در مناطق شهری با مطالعه موردی تونل نیایش

M. Ghorbani, M. Sharifzadeh, S. Yasrobi, M. Daiyan, 2012, " Geotechnical, structural and geodetic measurements for conventional tunnelling hazards in urban areas – The case of Niayesh road tunnel project", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 31, (September 2012), Pages 1-8

تونلسازی روزه به روز به عنوان گزینه ارجحی در راستای حفظ محیط زیست و فراهم نمودن امکان حمل و نقل و خدمات را در نواحی پر جمعیت شهری انتخاب می شود. تونل ها در صورت در نظر گرفتن ریسک ها و هزینه های اختلالات زمان ساخت، در بسیاری موارد در مقایسه با سایر گزینه های سطحی از لحاظ اقتصادی به صرفه تر می باشند. در زمان ساخت فضاهای زیرزمین و حفر تونل ها و گالری ها، سطح زمین دچار نشست می شود که سازه های سطحی همچون ساختمان ها، پل ها، خیابان ها و نیز تجهیزات خدماتی همچون لوله کشی و غیره را تحت تاثیر قرار می دهد. به همین دلیل استفاده از سیستم های رفتارنگاری به منظور کنترل تاثیر تونلسازی بر نواحی مذکور دارای اهمیت می باشد. در این تحقیق مخاطرات تونلسازی در نواحی شهری مورد بررسی قرار می گیرند و اهمیت رفتارنگاری در حین تونلسازی تشریح می شود. مشخصات، محدودیت ها و راه حل های به کار گرفته شده در پروژه تونل نیایش معرفی و مرور می شوند. در این مقاله اهمیت استفاده از ابزار رفتارسنجی ژئوتکنیکی/سازه ای و ژئودتیکی به عنوان وسیله ای برای ارزیابی رفتار تونل و سازه های اطراف این طرح و نیز برنامه رفتارسنجی متناسب با طرح تونل نیایش معرفی و تشریح می شود. راه کارها به کار بسته شده متناسب با نتایج رفتارنگاری های انجام شده نیز توضیح داده می شوند.



حرکت زمین در اثر حفر تونل با EPB در پروژه متروی بانکوک و تاثیر آن بر سازه های مجاور

A. Sirivachiraporn, N. Phienweij, 2012, " Ground movements in EPB shield tunneling of Bangkok subway project and impacts on adjacent buildings", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 30, (July 2012), Pages 10-24

در این مقاله داده های رفتارنگاری پروژه متروی بانکوک که به وسیله ۸ دستگاه EPB حفر شده است به منظور بررسی وضعیت حرکت زمین و اثرات آن بر سازه های مجاور مورد تحلیل قرار گرفته اند. اغلب نشست های سطحی زمین بین ۲۰ تا ۴۰ میلیمتر بوده اند که متناسب با ۰/۵ تا ۲ درصد کاهش حجم تونل (Volume Loss) بوده است، هر چند در بعضی نقاط میزان نشست به ۱۰۰ میلیمتر نیز می رسد. کاهش حجم تونل زیادت در حین حفاری تونل در نواحی ماسه ای یا دارای لایه های خاک مخلوط (Mixed Soil Layer) و نیز در زمان توقف طولانی تر در یک محل رخ داد. عامل اصلی کنترل کننده حرکت زمین مربوط به اپراتور سپر بود که قابل پیشبینی نبود. برخورد به پی های عمیق و شمع، و موانعی همچون تجهیزات و لوله های خدمات شهری از پیش مشخص شده یا ناشناخته باعث شدند که نشست های پیشبینی شده در برخی نقاط از تابع گاوسی (Gaussian Function) تبعیت نکنند و رفتاری متفاوت از وضعیت پیشبینی شده مشاهده شود. فشار سپر در جبهه کار در بسیاری موارد منجر به روراندگی زمین شده و باعث پیچیده شدن وضعیت نهایی حرکت زمین شد. به طور ویژه جابجایی های جانبی با روش های تحلیلی موجود قابل پیشبینی نبودند. نشست های بلند مدت ناشی از تحکیم بیشتر در لایه های رسی نرم بروز کردند ولی مقدار و نرخ آنها جزئی بود. تحلیل ها همچنین نشان دادند که سازه هایی که بر پی های عمیق و شمع های بلند بنا شده بودند کمترین میزان نشست را داشته اند و در مقابل سازه هایی که روی شمع های کوتاه بنا شده بودند میزان نشست بیشتری داشته اند. این نشست ها بسته به فاصله سازه ها از خط مرکز تونل و عمق انتهای شمع ها کمتر یا بیشتر از میزان نشست سطح زمین بوده است.

بررسی مدل های مختلف تخمین نرخ نفوذ TBM در سنگ سخت

Ebrahim Farrokh, Jamal Rostami, Chris Laughton, 2012, " Study of various models for estimation of penetration rate of hard rock TBMs", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 30, (July 2012), Pages 110-123

# معرفی کتاب



عنوان کتاب:

## Underground Infrastructures: Planning, Design, and Construction

نویسندگان: R K Goel, Bhawani Singh, Jian Zhao

تاریخ انتشار: ۲۰۱۲

سازه های زیرزمینی همچون تونل ها و شبکه های آب، فاضلاب، و گاز از جمله زیرساخت های اصلی شهرهای مدرن می باشند. در مناطق پرجمعیت و پر رفت و آمد که ارائه خدمات حمل و نقلی نیاز به توسعه و گسترش دارد گاه امکان ساخت راه یا مسیرهای ریلی امکان پذیر نمی باشد و تونل ها در چنین مواقعی تنها گزینه می باشند.

کتاب حاضر تجربیات جمع آوری شده موجود در زمینه اصول عملی طراحی و برنامه ریزی ایجاد زیرساخت های زیرزمینی را ارائه می نماید. کتاب در ابتدا به دسته بندی سازه های مختلف زیرزمینی می پردازد و در ادامه موارد مهمی که باید در طراحی و ساخت در نظر گرفته شوند همچون شرایط زمین شناسی منطقه، برنامه ریزی و مباحث فنی و مهندسی و مدیریت ریسک را تشریح می نماید. این کتاب در ۱۵ فصل نمونه هایی از کاربرد فضاهای زیرزمینی همچون آب انبارهای زیرزمینی، مخازن نفت، تونل های راه و مترو را در قالب ۲۰ مطالعه موردی تشریح می نماید.

### چکیده پایان نامه تونل

### بررسی تاثیرات مدیریت ریسک در پروژه های تونل سازی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

نویسنده: محسن حکم آبادی

اساتید راهنما: دکتر سعید خرقانی و دکتر امیر علی طباطبایی

زمستان ۱۳۸۹

### چکیده:

با اینکه تا کنون مباحث متعدد و متنوعی در خصوص مدیریت پروژه و همینطور مدیریت ریسک مطرح گردیده است لیکن بندرت به بررسی مدیریت ریسک در پروژه های تونل سازی پرداخته شده است و بیشتر بر روی جنبه های مفهومی و سازمانی ریسک تاکید نموده اند و بطور کلی تاملی در خصوص ارتباط ریسک با پروژه های تونل سازی صورت نپذیرفته است. از این رو بر آن شدیم تا با تعریف ریسک های دخیل در پروژه و همچنین نحوه شناسایی، ارتباط و میزان ریسک ها در پروژه، به ارائه پاسخی جهت کنترل و مدیریت ریسک در پروژه های تونل سازی بپردازیم تا از این رهگذر با تدوین و اجرای برنامه مدیریت ریسک پروژه، با اطمینان به نتایج مطلوب و مورد نظر پروژه دست یابیم.

تونل سازی و پروژه های بزرگ زیرزمینی اغلب شامل موارد پیچیده ای از حوادث و سیستم های تکنیکی پیچیده بوده و در همه قسمت های پروژه تحت تاثیر ریسک هستند. طبیعت بسیاری از پروژه های تونل سازی دلالت بر این دارد که دست اندرکاران این پروژه ها هنگامی که آنها را توسعه می دهند با ریسک های قابل توجهی مواجه خواهند شد. با توجه به نو بودن موضوع مدیریت ریسک در ایران، در این پژوهش ابتدا مفاهیم و تعاریف پایه در مدیریت ریسک و همچنین جایگاه ریسک و مدیریت آن به عنوان یکی از وظایف اصلی مدیران و مسئولین مرتبط پروژه توصیف گردیده و کلیت معیارهای پذیرش و راه های کاهش ریسک ذکر می شوند. همچنین جهت شناسایی ریسک ها، پرسش نامه ای تهیه و در بین شرکت های تونل سازی توزیع گردیده است.

در انتهای این پایان نامه نیز پاسخ هایی برای مهار ریسک در پروژه های تونل سازی ارائه شده است. قابل ذکر است که در این پژوهش پروژه های تونل سازی متروی تهران مورد بررسی قرار گرفته اند.



# دهمین کنفرانس تونل ایران

## "فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم"

۱۳ تا ۱۶ آبان ماه ۱۳۹۲

زمانهای کلیدی:

مهلت ارسال خلاصه مقاله:	۱۳۹۱/۱۱/۲۸
اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات:	۱۳۹۱/۱۲/۲۳
مهلت ارسال مقاله کامل:	۱۳۹۲/۰۳/۲۲
اعلام نتایج نهایی مقالات:	۱۳۹۲/۰۵/۲۳
مهلت ارسال مقاله تکمیل شده:	۱۳۹۲/۰۶/۲۷

از علاقمندان دعوت می شود تا مقالات خود را از طریق تارنمای کنفرانس به دبیرخانه ارسال نمایند.

## محورهای مباحث و مقالات کنفرانس:

### تحقیق و توسعه

- آموزش تونلسازی
- فناوریهای جدید در تونلسازی
- مهندسی ارزش در فضاهای زیرزمینی
- مبانی شناسائی و طراحی
- مبانی مطالعات و بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک و ژئوتکنیک
- مبانی و روش های تحلیل و طراحی
- سیستمهای نگهدارنده
- رفتارسنجی و ابزار دقیق
- اثرات زیست محیطی
- تحلیل ریسک

### فضاهای زیرزمینی و فن آوری ساخت آنها

- روش های اجراء (مکانیزه، انفجار و کند و پوش)
- فضاهای زیرزمینی خاص (پدافند غیرعامل، صنعت نفت و گاز و معادن)
- فضاهای زیرزمینی شهری
- حفاری بدون تراشه (ریز تونل ها، لوله رانی و ...)

### مباحث مالی، قراردادی و مدیریتی در پروژه های زیرزمینی

- مسایل قراردادی و مدیریت ریسک
- مدیریت طراحی، اجرا و بهره برداری
- تأمین منابع مالی و سرمایه گذاری

### سایر موارد

- آیین نامه ها و استانداردهای مرتبط با فضاهای زیرزمینی
- ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی
- ایمنی در تونلسازی
- معماری در فضاهای زیرزمینی
- تأسیسات در فضاهای زیرزمینی
- تعمیر و نگهداری فضاهای زیرزمینی

انجمن تونل ایران با همکاری انجمن بین المللی تونل برگزار می نماید.

**دهمین کنفرانس تونل ایران**  
"فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم"

۱۳ تا ۱۶ آبان ماه ۱۳۹۲

تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷ (پلاک جدید ۱۸۳۹)، طبقه پنجم، واحد ۴۱  
تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵ | تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴  
پست الکترونیک: itc2013@irta.ir

www.itc2013.irta.ir

10th Iranian Tunneling Conference

4-7 NOV 2013 TEHRAN

دبیرخانه همایش:  
تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷ (پلاک جدید ۱۸۳۹)، طبقه پنجم، واحد ۴۱  
تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵ | تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴  
پست الکترونیک: itc2013@irta.ir

از علاقمندان دعوت می شود تا مقالات خود را از طریق تارنمای کنفرانس به دبیرخانه ارسال نمایند.

زمان های کلیدی:  
مهلت ارسال خلاصه مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸  
اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳  
مهلت ارسال مقاله کامل: ۱۳۹۲/۰۳/۲۲  
اعلام نتایج نهایی مقالات: ۱۳۹۲/۰۵/۲۳  
مهلت ارسال مقاله تکمیل شده: ۱۳۹۲/۰۶/۲۷

## روش تنظیم و ارسال خلاصه مقالات:

تمامی خلاصه مقالات بایستی حاوی مشخصات زیر باشند:

- عنوان مقاله پیشنهادی (حداکثر ۶۰ حرف).

- مروری بر اهداف و محتوای مقاله پیشنهادی همراه با برخی نتایج اولیه (حداکثر در ۴۵۰ کلمه) در قالب فایل Word و در اندازه A4 به زبان فارسی یا انگلیسی
- مقالات باید در برگزیده نتایج کارهای جدید محققین در زمینه های مختلف آزمایشگاهی، صحرایی یا تحلیلی و عددی، و در چارچوب محورهای کنفرانس باشند.

- نام، سمت سازمانی و اطلاعات تماس (شامل پست الکترونیک، تلفن همراه و ثابت) نویسنده (یا نویسندگان).

- کلمات کلیدی در انتهای چکیده مقاله ذکر شوند.
- گروهی از محورهای کنفرانس را که خلاصه مقاله می تواند در آن قرار گیرد ذکر شود.

دبیرخانه همایش:

تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷ (پلاک جدید ۱۸۳۹)، طبقه ۵، واحد ۴۱.

تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵

تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴

پست الکترونیک: info@irta.ir

سایت اینترنتی: http://www.itc2013.ir

# رویدادهای تونلی

## **The British Tunnelling Society Conference and Exhibition**

23-24 October 2013, London

Conference themes include among others:

Tunnel procurement strategies; TBM procurement; Logistics and Spoil management – the opportunity and risk; Procuring insurance; The future of primary linings as permanent structures; Pushing the boundaries of SCL; Waterproofing - Exactly where are we now with the sprayed systems?; Steel v Plastic Fibres; Materials - Changing the face of SCL with modern materials technology; Recent advances in TBM technology; Performance specifications for TBMs; Grouting systems explained; Face loss and keeping a check on spoil removal; Segmental lining roundup; Muck removal systems...

For conference information contact:

Tunnelling Journal

Tel.: +44 (0)1622 720631

Email: gary@tunnellingjournal.com

Web: www.bts2013.com/

## **Latin American Congress on Tunnels & Underground Space**

18th - 19th November 2013, Santiago, Chile

Contact:

M. Alexandre Gomes

GEOCONSULT Latinoamerica Chile Ltda

Tel : + 56 2 651-2100 #112

Fax: + 56 2 651-2110

Email: agomes@geoconsult.cl

Email: tuneles@cdt.cl

Web: www.geoconsult.cl

Web: www.ctes.cl

## **17th IRF World Meeting & Exhibition**

9th - 13th November 2013 Riyadh (Saudi Arabia)

The themes of the 17th International Road Federation (IRF) World Meeting includes:

Transport Policy & Economics; Road Safety; Pavements & Materials; Sustainable Transport; Integrated Mobility and ITS; Transport Security / Disaster Mitigation & Recovery; Asset Management; Road Construction & Operations; Tunnel Construction & Operations; Public Private Partnerships & Road Financing; Urban and Public Transport

Contact:

Esteban Salinas (Coordinator)

International Road Federation

Office Tel: +1 703 535 1001

Fax: +1 703 535 1007

Email: esalinas(at)IRFnews.org

Web: www.IRFnews.org

Web: http://irf2013.org/

# تونل TUNNEL

IN THE NAME OF GOD  
SUMMER 2012, No. 19

IRANIAN TUNNELLING ASSOCIATION MAGAZINE نشریه انجمن تونل ایران

## CONTENTS



Editorial .....	2
News .....	4
Selecting Suitable Ventilation Systems for Kalamdar and Bornaky Mines .....	10
The Design and Installation of Ventilation Systems in Long Tunnels and Complex Conditions .....	20
Selected International Paper Abstracts .....	30
Book Review .....	31
Tunnelling Events .....	33



### Cover Photo: Niayesh Tunnel during construction

#### Proprietor

Iranian Tunnelling Association

#### President

Dr. M. Gharouni Nik

#### Chief Editor

Dr. S. Hashemi

#### Supervised By

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

#### Editorial Board

Dr. A. Fahimifar, Dr. O. Farzaneh, Dr. M. Gharouni Nik,  
Dr. S. Hashemi, Dr. M. Jafari, Dr. H. Kanani Moghaddam,  
Mr. A. Mozaffari Shams, Dr. M. Sadaghiani,  
Dr. H. Salari Rad, Dr. M. Sharifzadeh, Dr. A. Yasaghi

#### Other Contributors

Mr. M. Khosrotash

#### Executive Producer

Nashr-e-Fan

#### Graphics and Layout Design

Azarshan Graphic Aria ([www.azarshangraphic.com](http://www.azarshangraphic.com))



# فهرست کتابهای کتابخانه انجمن تونل ایران (بخش ۳ از ۳)

## Rock Mechanics

- Nick Barton, 2007, Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy
- William G. Pariseau, 2006, Design Analysis in Rock Mechanics
- Z. T. Bieniawski, 1989, Engineering Rock Mass Classifications
- John A. Hudson, John P. Harrison, 1997, Engineering Rock Mechanics Part 1: An Introduction to the Principles
- John A. Hudson, John P. Harrison, 2000, Engineering Rock Mechanics Part 2: Illustrative Worked Examples
- Evert Hoek, 2006, Practical Rock Engineering
- R. Pusch, 1995, Rock Mechanics on a Geological Base
- B. H. G. Brady, E. T. Brown, 2004, Rock Mechanics for underground mining, (Third Edition)
- Proceedings of the International Young Scholar's Symposium on Rock Mechanics, 2008, Boundaries of Rock Mechanics -Recent Advances and Challenges for the 21st Century
- Malmgren, Lars, 2005, Interaction between shotcrete and rock – Experimental and numerical study, Ph.D. Thesis, Lulea University of Technology
- Duncan C. Wyllie, 2005, Foundations on Rock (Second Edition)
- J.C. Jaeger , N.G.W. Cook, R.W. Zimmerman, 2007, Fundamentals of Rock Mechanics (Fourth Edition)



## Drilling

- David A. Willoughby, 2005, Horizontal Directional Drilling - Utility and Pipeline Applications
- J. A. Short, 1993, Introduction to Directional and Horizontal Drilling
- Ken Fraser, 1991, Managing Drilling Operations



## Mining Engineering

- E. Villaescusa , Y. Potvin, 2004, Ground Support in Mining and Underground Construction
- D. Jean Hutchinson, Mark S. Diederichs, 1996, Cablebolting in Underground Mines
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 1998, Manual for Abandoned Underground Mine Inventory and Risk Assessment



## Tunnelling

- Pietro Lunardi, 2008, Design and Construction of Tunnels Analysis of controlled deformation in rocks and soils, (ADECO-RS)
- Campos e Matos, L. Ribeiro e Sousa J. Kleberger, P. Lopes Pinto, 2006, Geotechnical Risk in Rock Tunnels
- Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Herrenknecht, 2008, Hardrock Tunnel Boring Machines
- V. Guglielmetti, P. Grasso, A. Mahtab, S. Xu, 2003, Mechanized Tunnelling in Urban Areas
- W. Wittke, B. Pierau, C. Erichsen, 2002, New Austrian Tunneling Method (NATM) Stability Analysis and Design
- Jaw-Nan Wang, 1993, Seismic Design of Tunnels
- Proceedings of Shaft Engineering conference, 1989, Shaft Engineering, Harrogate, England
- E. Hoek, P.K. Kaiser, W.F. Bawden, 2000, Support of Underground , Excavations in Hard Rock
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2004, Highway and Rail Transit , Tunnel Maintenance and Rehabilitation Manual
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2009, Technical Manual for Design and Construction Of Road Tunnels – Civil Elements
- Kolymbas, 2005, Tunnelling and Tunnel Mechanics , A Rational Approach to Tunnelling
- Alan Muir Wood, 2000, Tunnelling: Management by design
- P.B. Attewell, 1995, Tunnelling Contracts and Site Investigation
- U.S. Army Corps of Engineers, 1997, Engineering and Design of Tunnels and Shafts in Rock
- Madryas, B. Przybyla, A. Szot, 2008, Underground Infrastructure of Urban Areas
- Lianyang Zhang, 2004, Drilled Shafts in Rock, Analysis and Design
- Chapman , N. Metje, A. Staerk, 2010, Introduction to Tunnel Construction
- French Society for Trenchless Technology, 2004, Microtunneling and Horizontal Drilling
- Alun Thomas, 2009, Sprayed Concrete Lined Tunnels
- R. S. Sinha (ed.), 1989, Underground Structures Design and Instrumentation
- Graham Anderson, Ben Roskrow, 1994, The Channel Tunnel Story
- Sven Möller, 2006, Tunnel induced settlements and structural forces in linings, Ph.D. Thesis, Stuttgart University
- Yoshinao Muraki, 1997, The Umbrella Method in Tunnelling, M.Sc. Dissertation Massachusetts Institute of Technology
- Timo Seidenfuss, 2006, Collapses in Tunnelling, M.Sc. Dissertation, Stuttgart University
- Nguyen Duc Toan, 2006, TBM and Lining – Essential Interfaces
- Bhawani Singh, Rajnish K. Goel, 2006, Tunnelling in Weak Rocks
- Proceedings of World Tunnel Congress, 2011, 21-26 May 2011, Helsinki Finland
- C.W.W. Ng, H.W. Huang, G.B. Liu, 2008, Proceedings of the 6th International Symposium on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground
- Tunnelling and Underground Space Technology (TUST) Journal, Vol. 19-2004, Vol. 20-2005, Vol. 21-2006, Vol. 22-2007, (complete papers).



**Soil Mechanics and Geotechnical Engineering**

- Karl Terzaghi, 1943, Theoretical Soil Mechanics
- David Muir Wood, 2004, Geotechnical Modelling
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 1999, Ground Anchors and Anchored Systems
- Braja M. Das, 2006, Principles of Geotechnical Engineering (Fifth Edition)
- U.S. Army Corps of Engineers, 2001, Geotechnical Investigations
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2000, An Introduction to the Deep Soil Mixing Methods as Used in Geotechnical Applications
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2002, Evaluation of Soil and Rock Properties
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 1996, Geosynthetic Design and Construction Guidelines
- S. K. Shukla, J.H. Yin, 2006, Fundamentals of Geosynthetic Engineering
- M.P. Moseley, K. Kirsch, 2004, Ground Improvement (Second Edition)
- Manuel Pastor, Claudio Tamagnini, 2002, Numerical Modelling in Geomechanics
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 1994, Soil Nailing - Field Inspectors Manual
- Manjriker Gunaratne, 2006, The Foundation Engineering Handbook
- Don Harrison, 2000, The Grouting Handbook, A Step-by-Step Guide to Heavy Equipment Grouting
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2006, Soils and Foundations Reference Manual - Volumes I and II

**Geology**

- S. Peng, J. Zhang, 2007, Engineering Geology for Underground Rocks
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (FHWA), 2001, Manual on Subsurface Investigations
- Toby Darling, 2005, Well Logging and Formation Evaluation

**Earthquake Engineering**

- Y. Kanaori, 1997, Earthquake Proof Design and Active Faults

**Civil Engineering**

- Ross D. Buchan, F.W. Eric, 2003, Builders & Surveyors

محل الصاق  
عکس

بسمه تعالی  
انجمن تونل ایران  
فرم تقاضای عضویت  
(اعضای حقیقی)



۱- نام خانوادگی:		کد عضویت:
۲- نام:		شماره عضویت:
۳- تاریخ و محل تولد:		۴- شماره شناسنامه و محل صدور:
۵- نشانی:	محل کار:	کد پستی:
	منزل:	کد پستی:
	پست الکترونیکی (Email):	
۶- تلفن	محل کار:	دور نگار:
	منزل:	همراه:

۷- سوابق تحصیلی دانشگاهی:

مدرک	تاریخ اخذ	نام موسسه عالی و محل آموزش	رشته تحصیلی:	درجه علمی

۸- سوابق تجربی و کاری در زمینه تونل و سازه‌های زیر زمینی:

مسئولیت	نام طرح	سازمان یا شرکت	تاریخ	
			از	تا

۹- سوابق علمی (تدریس و تحقیق در دانشگاه‌ها و سایر موسسات آموزش عالی):

سال:	محل انجام	عنوان درس یا تحقیق

۱۰- آثار علمی، تحقیق، تالیف، ترجمه کتاب‌ها و مقالات (در صورت نیاز برگ اضافه ضمیمه نمایید):

عنوان	تاریخ و محل نشر

۱۲- عضویت در سازمانها و کمیته های ملی و جهانی		۱۱- آشنایی و میزان تسلط به زبانهای خارجی			
تاریخ		میزان تسلط			زبان
تا	از	متوسط	خوب	عالی	
		<input type="checkbox"/> دانشجویی	<input type="checkbox"/> وابسته	<input type="checkbox"/> پیوسته	۱۳- داوطلب عضویت:
حقوقی ۱/۵۰۰/۰۰۰ ریال	حق عضویت	۱- تصویر شناسنامه			۱۴- مدرک لازم
پیوسته ۲۰۰/۰۰۰ ریال		۲- دو قطعه عکس ۳×۴			
وابسته ۱۰۰/۰۰۰ ریال		۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی با گواهی اشتغال به تحصیل			
دانشجویی ۴/۰۰۰ ریال		۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل			
نام و نام خانوادگی / امضاء					تاریخ تکمیل فرم:

## آیین نامه عضویت در انجمن

انواع و شرایط عضویت در انجمن عبارتند از:

### عضویت پیوسته

اعضای پیوسته انجمن بایستی حداقل یکی از شرایط زیر باشند.

۱- موسسان انجمن

۲- اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته‌های مرتبط با حداقل دو سال سابقه کار مفید در صنعت تونل‌سازی

۳- اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته‌های مرتبط و پایان‌نامه در زمینه تونل با حداقل یک سال سابقه کار مفید در صنعت تونل‌سازی

۴- اشخاص با درجه کارشناسی در رشته مرتبط با حداقل ۴ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل‌سازی

۵- اشخاص با درجه کارشناسی در رشته مرتبط با حداقل ۵ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل‌سازی

**تبصره ۱:** رشته‌های مرتبط به صنعت تونل‌سازی شامل: مهندسی عمران- مهندسی معدن- زمین‌شناسی مهندسی زمین‌شناسی- مهندسی برق- مهندسی مکانیک- مهندسی نقشه‌برداری و شاخه‌های وابسته می باشد.

### عضویت وابسته

اشخاصی که دارای سابقه کاری حداقل دو سال در زمینه علم و صنعت تونل‌سازی بوده ولی شرایط عضویت پیوسته را نداشته باشند می‌توانند به عضویت وابسته در آیند.

### عضویت دانشجویی

کلیه اشخاصی که در رشته‌های مرتبط در دوره کارشناسی یا بالاتر در رشته‌های مرتبط به صنعت تونل‌سازی به تحصیل مشغول هستند می‌توانند به عضویت دانشجویی انجمن در آیند.

### عضویت افتخاری

شخصیت‌های ایرانی و خارجی که مقام علمی آنان در زمینه‌های مرتبط با صنعت تونل‌سازی حایز اهمیت خاص باشد و یا در پیش برد اهداف انجمن کمک‌های موثر و ارزنده‌ای نموده باشند می‌توانند به عضویت افتخاری انجمن انتخاب شوند.

**تبصره ۲:** اعضای افتخاری کلیه مزایای اعضای پیوسته انجمن به جز حق انتخاب شدن به عنوان عضو هیئت مدیره را دارا هستند.

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه ۵، واحد ۴۱.

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵ دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.





بسمه تعالی  
انجمن تونل ایران  
فرم تقاضای عضویت  
(اعضای حقوقی)

کد عضویت:  
شماره عضویت:

الف: مشخصات:				
نام:		شماره ثبت:	تاریخ ثبت:	
نوع موسسه: ۱- سهامی عام <input type="checkbox"/> ۲- سهامی خاص <input type="checkbox"/> ۳- مسئولیت محدود <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/>				
رتبه بندی سازمان برنامه و بودجه: ۱- دارد <input type="checkbox"/> رتبه ..... رشته ..... ۲- ندارد <input type="checkbox"/>				
زمینه فعالیت:				
نوع فعالیت: ۱- مهندسین مشاور <input type="checkbox"/> ۲- پیمانکاری <input type="checkbox"/> ۳- تولید کننده <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/>				
سوابق پروژه ها و فعالیتهای موسسه:				
ردیف	عنوان پروژه	زمان اجراء		محل
		از	تا	

نشانی دفتر مرکزی:

تلفن: ..... دور نگار: ..... آدرس الکترونیکی (Email): .....

ب- هیئت مدیره (نام مدیر عامل، رئیس و اعضای هیئت مدیره):			
ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سمت در موسسه
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
مدارک مورد نیاز		۱- مدرک ثبت شرکت یا سازمان ۲- سوابق فعالیت	
نام و امضاء مدیر عامل: ..... مهر شرکت: ..... تاریخ: .....			
لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید. درخواست عضویت موسسه ..... در جلسه هیئت مدیره مورخ ..... مطرح و با عضویت آن موافقت/ مخالفت به عمل آمد.			

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه ۵، واحد ۴۱  
تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۰۰۸۷۵۴، دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.  
Email: info@irta.ir