

روش های مقابله با مخاطرات تونل زاگرس (تمهیدات تهویه تونل بعد از برخورد با گاز H_2S)

قاسم جلیلیان خیاو



مهندسین مشاور لار

سرپرست طرح های مطالعاتی و نظارتی

مهندسین مشاور لار

mine.eng101@gmail.com



شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

سومین کنفرانس منطقه ای و دوازدهمین کنفرانس تونل ایران
کارگاه آموزشی و تخصصی
۶ آذر ماه ۱۳۹۶



مقالات منتشر شده در ارتباط با موضوع

TBM Tunnelling in Hydrogen Sulfide Gas Bearing Ground and its Solutions

Ghassem Jalilian Khave

Geotechnical and Geological Engineering
An International Journal

ISSN 0960-3182

Geotech Geol Eng
DOI 10.1007/s10706-013-9669-8



 Springer

TBM Tunnelling in Hydrogen Sulfide Gas Bearing Ground and its Solutions

Document Type	Conference Paper
Authors	Ghassem Jalilian Khave (LAR Consulting Engineers Co.)
Document ID	ISRM-ARMS7-2012-116
Source	ISRM Regional Symposium - 7th Asian Rock Mechanics Symposium, 15-19 October, Seoul, Korea
Publication Date	2012
Publisher	International Society for Rock Mechanics
Language	English
Copyright	2012. Korean Society for Rock Mechanics. Permission to distribute - International Society for Rock Mechanics

[Export citation](#)

ABSTRACT

In the late December of 2006 while Zagros tunnel project in western Iran was advancing according to the schedule, a sudden rush of groundwater accompanied by a nauseating odor similar to that of rotten egg intruded the tunnel. Some workers complained from eye and respiratory tract irritation. The presence of hydrogen sulfide (H_2S) gas as high as 200ppm was soon tested positive by gas detectors and subsequently the ventilation fans ($2 \times 110kw$) speed were boosted to 1450rpm in order to dilute the gas concentration to safe levels (10ppm). Nonetheless, the work continued at a rather moderate pace for another 11 days and 134 more meters excavated in the gas infested grounds before 4 men died during a damage assessment survey of the TBM after a power failure that had forced the tunnel ventilation system to temporarily shut down. This paper is to discuss hazards and geological sources of H_2S gas in of Zagros Water Conveyance Tunnel and to recommend practical solutions to prevent or mitigate the gas destructive effects on human and machinery, as well.

File Size 2 MB Number of Pages 18

Technical

☆☆☆☆☆

Readability

فهرست مطالب

- مشخصات عمومی پروژه قطعه ۲ تونل زاگرس
- مروری بر بحران حادث شده
- وضعیت حفاری دستگاه TBM بعد از بحران هجوم آبهای گازدار
- اثرات زیست محیطی
- مطالعات پایه سیستم تهویه تونل (قبل از بحران)
- طراحی تهویه بعد از بحران هجوم آب های گازدار
- نتایج اقدامات مقابله با مخاطرات گاز H_2S
- خرابی دستگاه TBM و سیستم ترابری ریلی تونل

مشخصات عمومی پروژه قطعه ۲ تونل زاگرس

- طول تونل
 - قطر حفاری تونل
 - قطر تمام شده تونل
 - ارتفاع ورودی تونل از سطح دریا
 - شیب عمومی تونل
 - سیستم ترابری
 - روش حفاری
- ۲۵۸۰۰ متر
- ۶/۷۳ متر
- ۶ متر
- ۵۹۶ متر
- ۰/۰۰۰۸۲ (متر/متر)
- ریلی
- D.S.T.B.M



تونل انتقال آب زاگرس رودخانه سیروان را که پنجمین رودخانه پر آب کشور است به همراه آب رودخانه‌های کردی قاسمان، زیمکان، ليله، هیروی و مرخیل به دشتهای وسیع و خشک غرب کشور منتقل می‌کند تا به جای هدر رفت این آب از آن در آبادانی و کشاورزی استفاده شود.

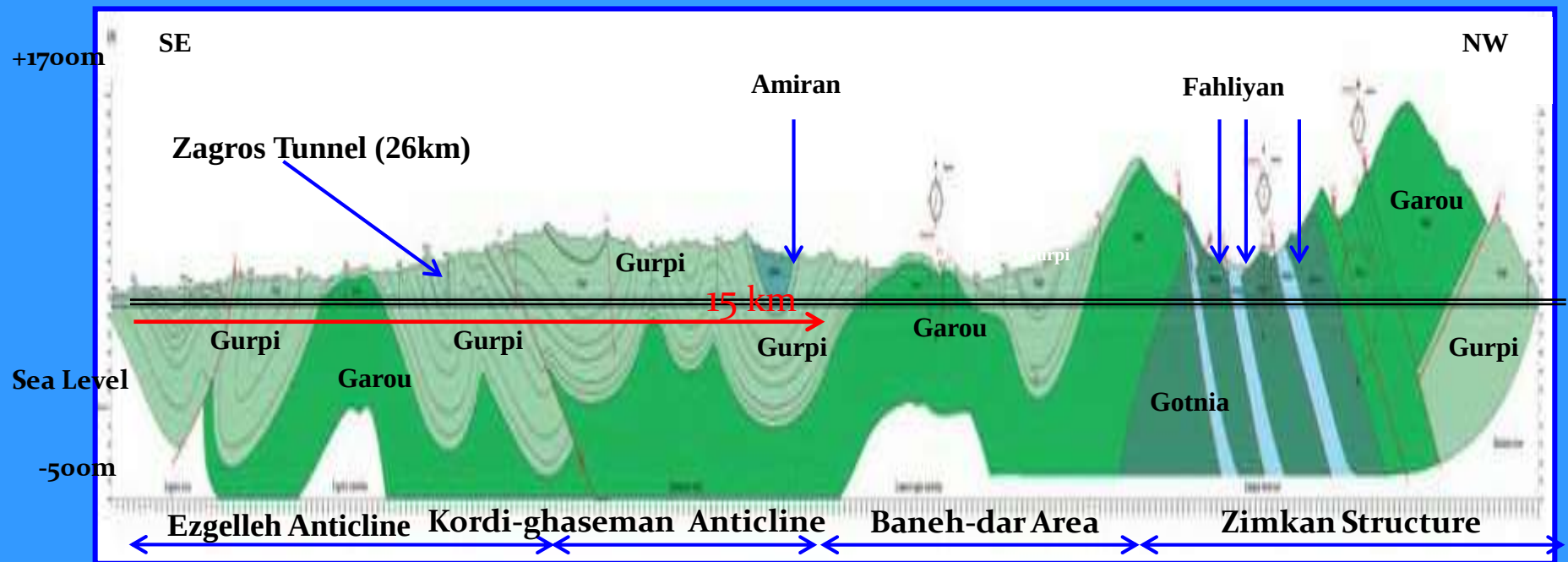
طرح سیروان دارای طول تقریبی ۴۶۰ کیلومتر است که بخش ابتدایی این خط انتقال از نقطه شروع (رودخانه سیروان) تا دشت ازگله (شروع کانال) به دلیل وجود کوه‌های مرتفع و ناهمواریهای زیاد، ضرورت گزینه تونل را اجتناب ناپذیر می‌کند. بدین ترتیب تونل انتقال آب زاگرس با طول تقریبی ۴۸ کیلومتر و قطر حفاری ۶/۷۳ متر و قطر تمام شده ۶ متر با شیبی برابر ۰/۰۰۰۸، آب را به طریق ثقلی از موقعیت ساختگاه هیروی دریافت و در موقعیت خروجی ازگله به تأسیسات پائین دست تحویل می‌نماید و از این رو در ردیف تونل‌های طویل انتقال آب در جهان قرار می‌گیرد.

مروری بر بحران حادث شده

در تاریخ ۸۵/۹/۲۷ با رسیدن تونل زاگرس به سازند ایلام در کیلومتراژ ۳۷۱۸ پروژه، هجوم آبهای گازدار به داخل تونل باعث شد ادامه پیشروی تونل با کندی و بعضاً توقفات طولانی مواجه شود.

آبهای جاری شده از لایه‌های آهکی به داخل تونل حاوی مقادیر بسیار زیادی گاز H_2S بود که در مواردی غلظت این گاز که پس از تصعید از آب در فضای تونل پخش می‌شد به ۴۰۰ PPM می‌رسید، دبی بالای آب خروجی که غیر از گاز خود یکی از مشکلات اساسی پیش رو بود بعضی روزها تا ۳۳۰ لیتر در ثانیه می‌رسید. آبهای ورودی با توجه به شیب تونل بصورت ثقلی به بیرون تونل هدایت می‌شد ولی در محل حفاری TBM و در محل Back up و همچنین شدت خروج آب در نصب سگمنت و تزریق پشت آن مشکلات اساسی را ایجاد می‌کرد.

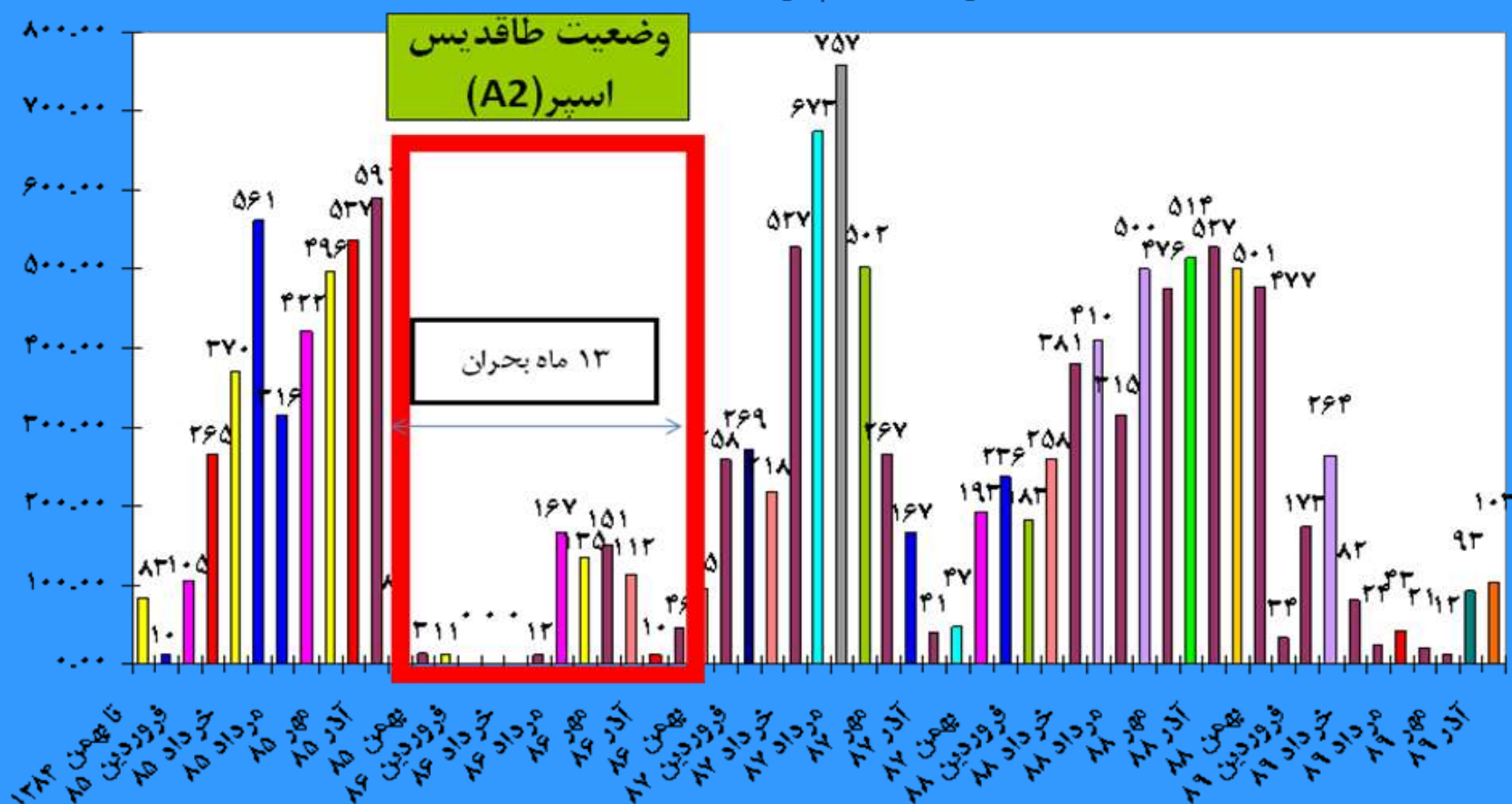
در ۱۵ کیلومتر ابتدای حفاری تونل از ازگله تا کردی قاسمان، پس از شروع حفاری در سه مقطع زمانی متفاوت، تونل به سه منطقه بحرانی با آب و گازهای سمی فراوان از جمله H_2S و متان برخورد نمود که موجب کاهش راندمان حفاری ماهانه و بعضاً زمین گیر شدن دستگاه و وارد شدن آسیب جدی به آن شد. در نمودارهای بعدی روند حفاری تونل قطعه دوم از ابتدا و کاهش راندمان های ماهانه در سه مقطع بحرانی به نام های طاق دیس اسپر (A2)، ناودیس (S5) و طاق دیس اسماعیل آقا (A6) ارائه گردیده است.



برخورد به منطقه بحرانی اسپر (A2)

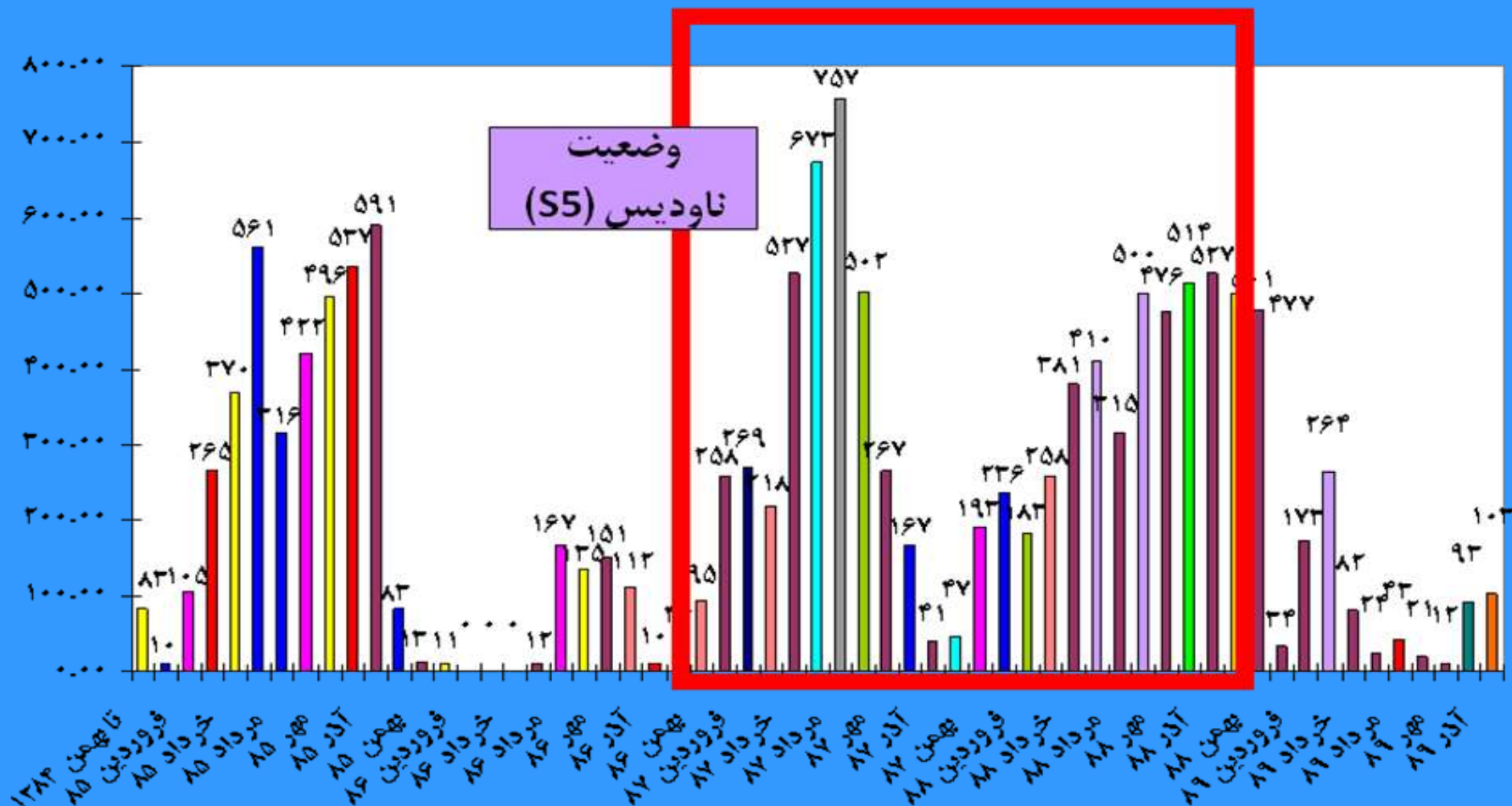
پس از حدود ۱۰ ماه از شروع حفاری (اگرچه در سه ماه ابتدایی بدلیل Learning curve راندمان های پایینی حاصل گردیده بود) اما حداکثر ۵۹۱ متر در ماه قبل از حادثه نشاندهنده پیشرفت قابل قبول در حفاری تونل قبل از وقوع حادثه بوده است.

نمودار میله ای پیشرفت ماهانه حفاری



برخورد به منطقه بحرانی ناودیس (S5)

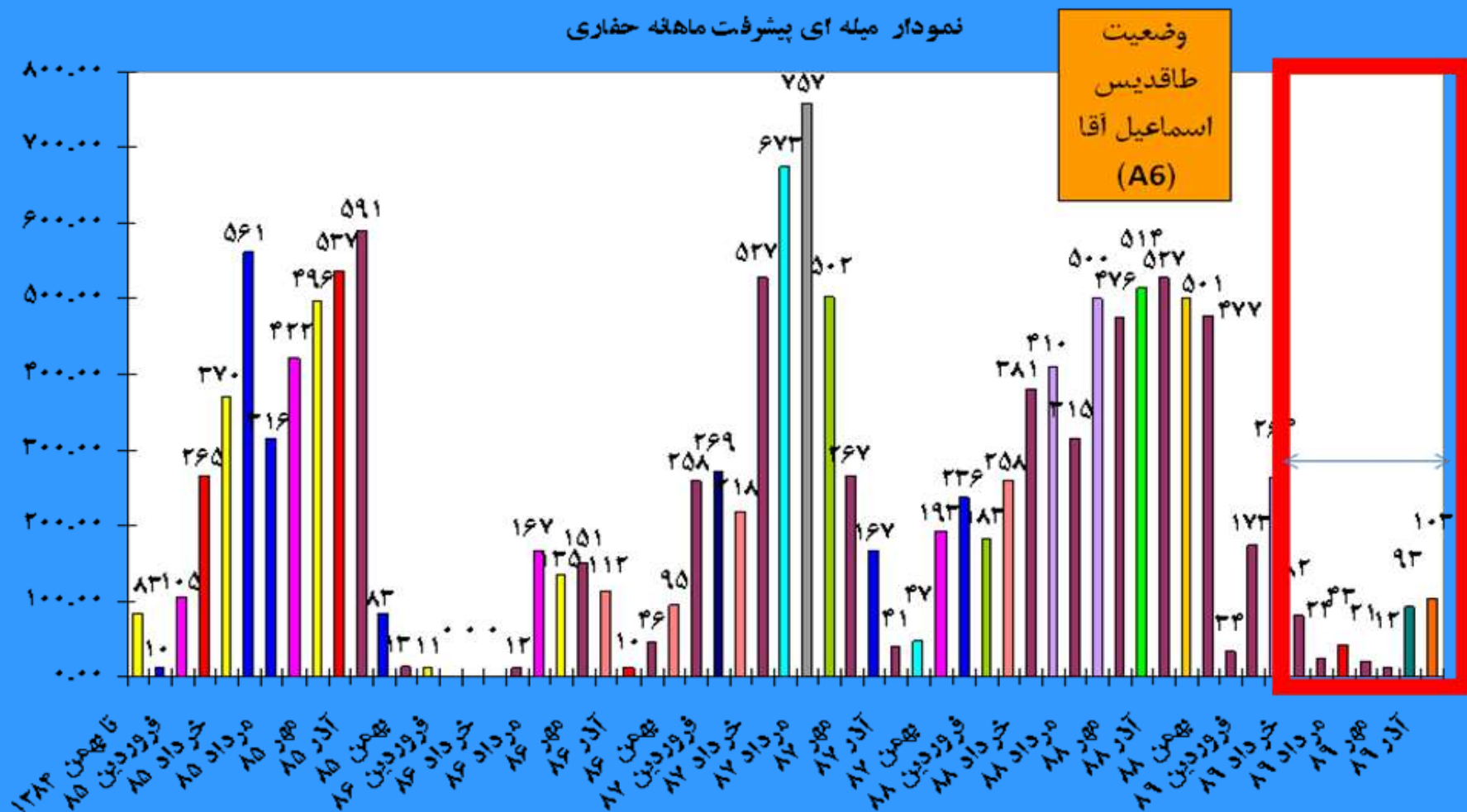
پس از گذر از طاق‌دیس اسپر (A2) با شروع مجدد حفاری و تنها پس از چند ماه به راندمان‌های بالاتری در حفاری رسیده شد که حداکثر آن ۷۵۷ متر در مرداد ۸۷ می‌باشد.



برخورد به منطقه بحرانی طاق‌دیس اسماعیل آقا (A6)

پس از برخورد به یال جنوبی طاق‌دیس کردی قاسمان دوباره روند حفاری ماهانه کند گردید

نمودار میله ای پیشرفت ماهانه حفاری



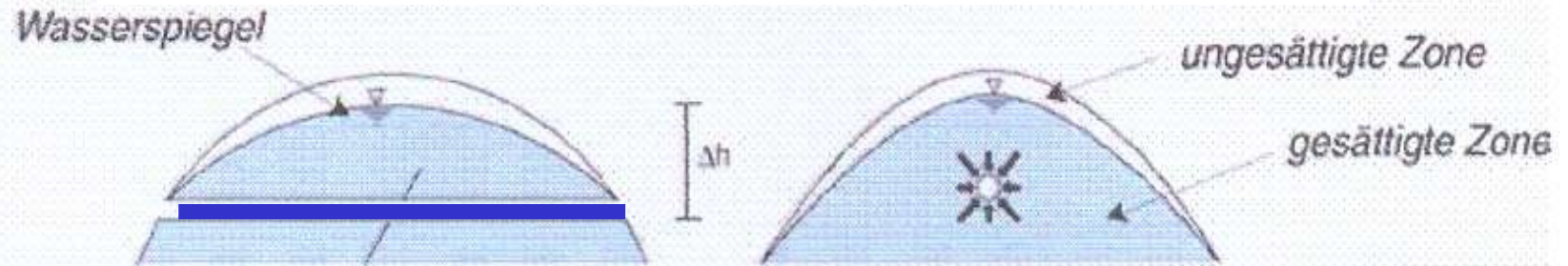
اهم پیامدها و عوارض ناشی از هجوم آب و گاز

- آسیب دیدگی روحی و روانی و همچنین جسمانی برخی از پرسنل کارگاه بخصوص حادثه تلخی که در تاریخ ۸۵/۱۰/۷ با خفگی و فوت ۴ تن از همکاران کارگاه در تونل بوقوع پیوست.
- آسیب دیدگی و خوردگی قطعات و ادوات برقی و مکانیکی حساس دستگاه در اثر گاز H_2S با قابلیت خوردگی بالا بخصوص بر روی قطعات مس که ساختار اصلی تجهیزات الکترونیکی را تشکیل می‌دهد باعث از کار افتادن تجهیزات الکترونیکی و مکانیکی موجود در تونل گردید که مهمترین خسارت ناشی از گاز مذکور در مورد قطعات PLC کنترل کننده الکترونیکی دستگاه TBM بود.

اثرات زیست محیطی

رژیم جریان آب زیرزمینی منطقه

Aquifer Morphology before Tunneling Affect



Aquifer Morphology After Tunneling Affect



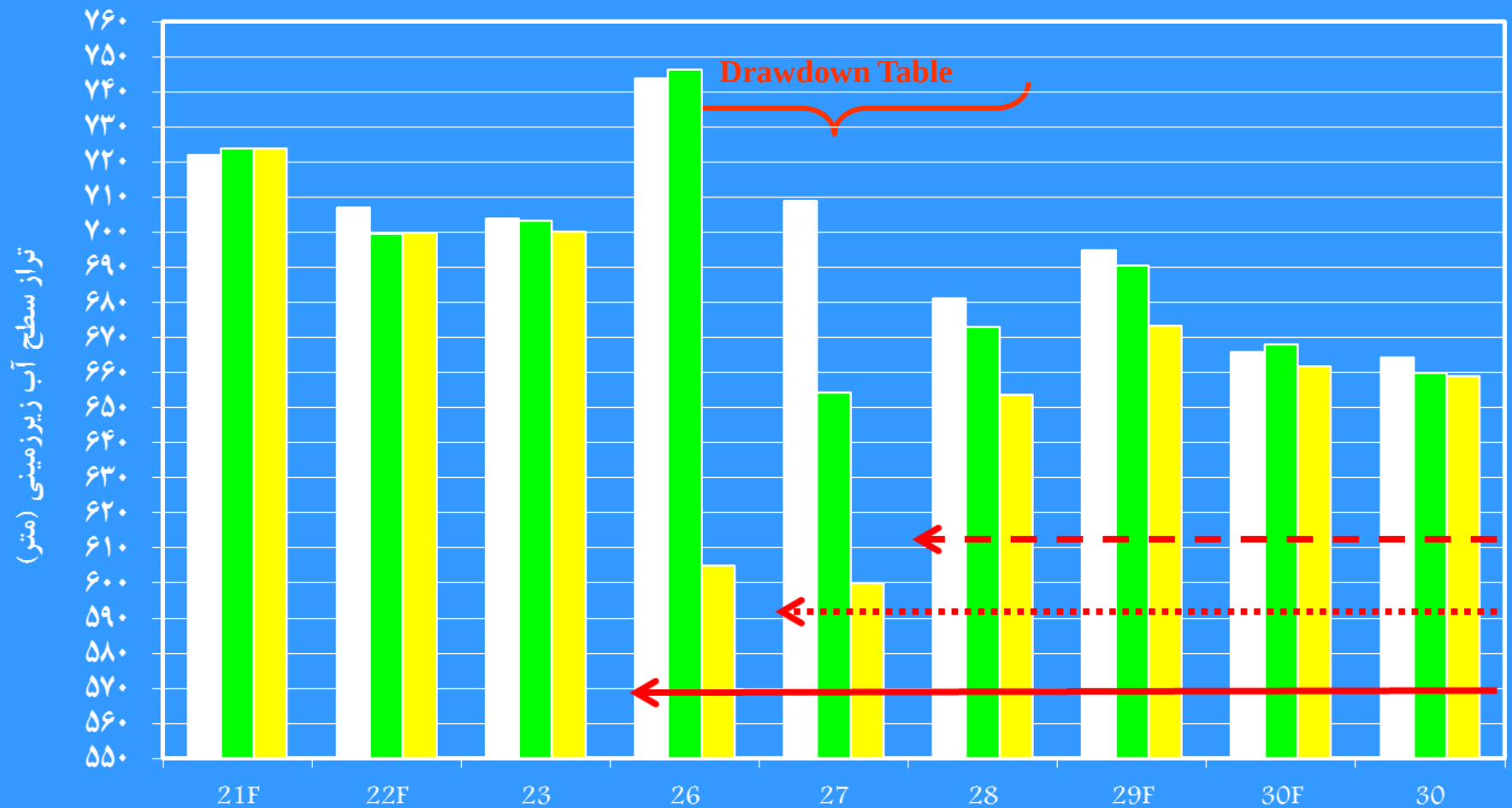
Longitudinal-section

Vertical-section

نمودار وضعیت سطح ایستابی چاه کیلومتراژ ۸۵۰+۴ (طرح آبرسانی روستای ژاله کوسه)



سطح آب گمانه های مسیر قطعه 2 تونل زاگرس



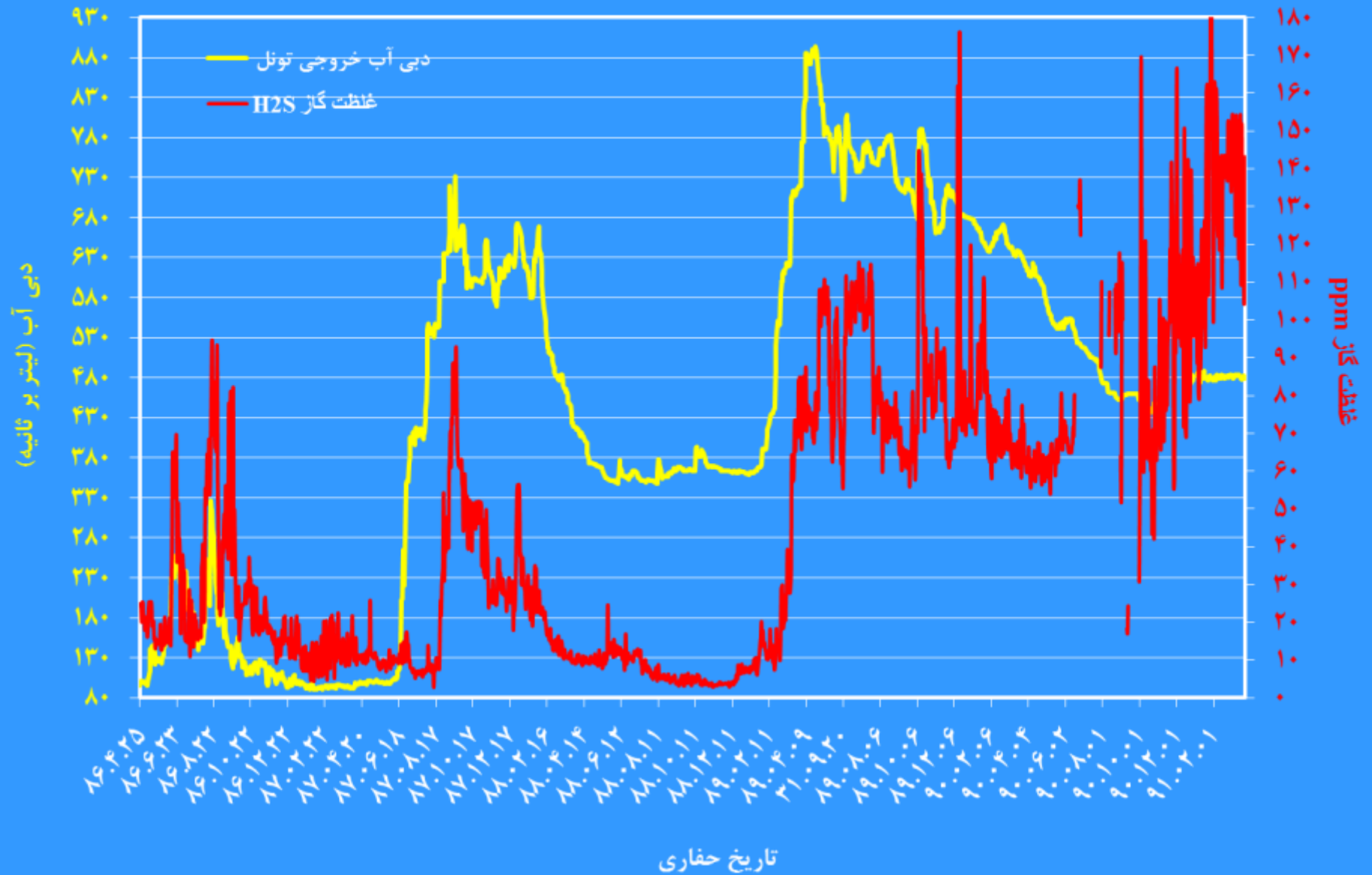
تراز آب زیرزمینی در آبان 82 (مهندسین مشاور لار)

نام گمانه

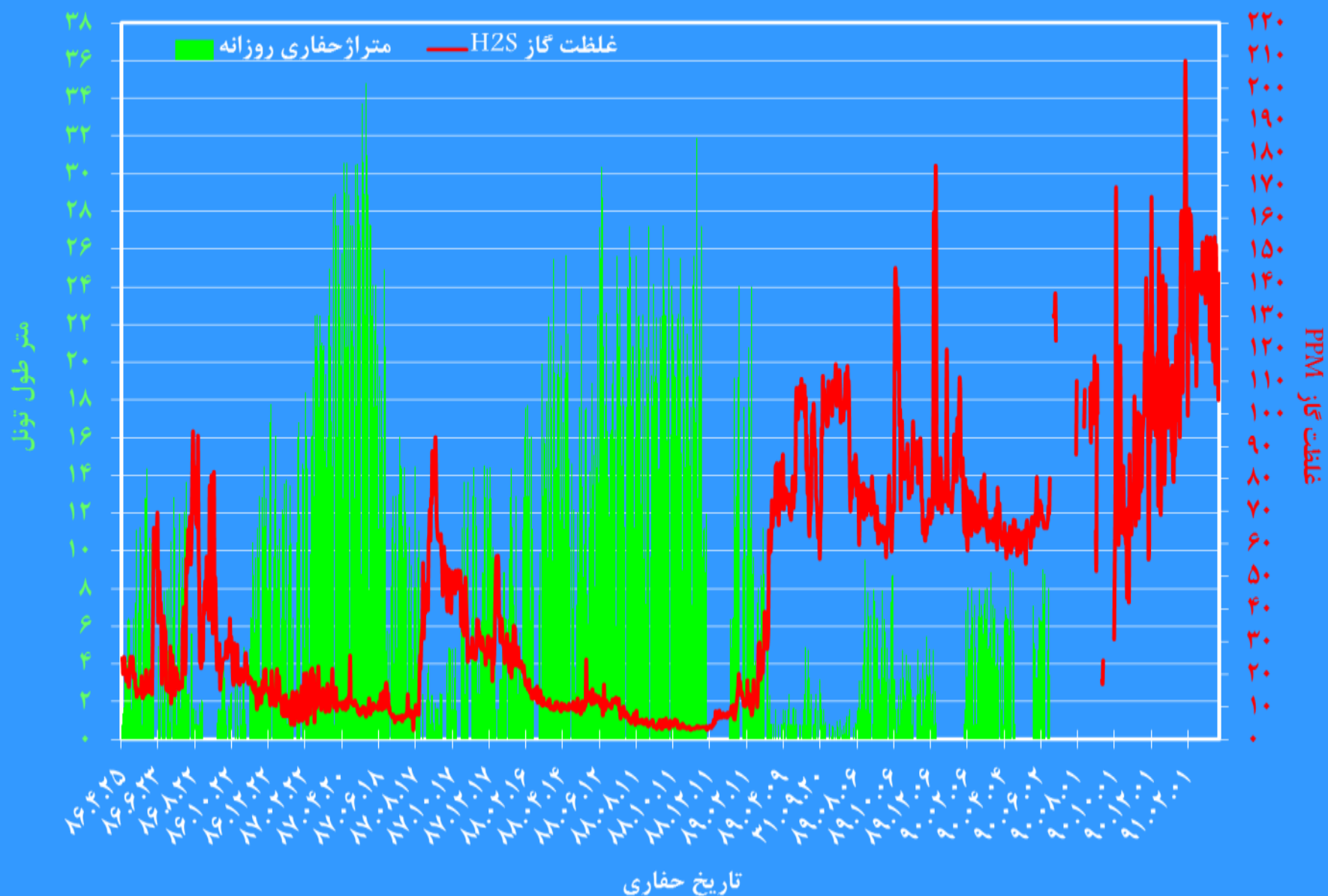
تراز آب زیرزمینی و موقعیت جبهه حفاری در تیر 86 (مهندسین مشاور ساحل)

تراز آب زیرزمینی و موقعیت جبهه حفاری در اردیبهشت 88 (مشاورین ایمن سازان)

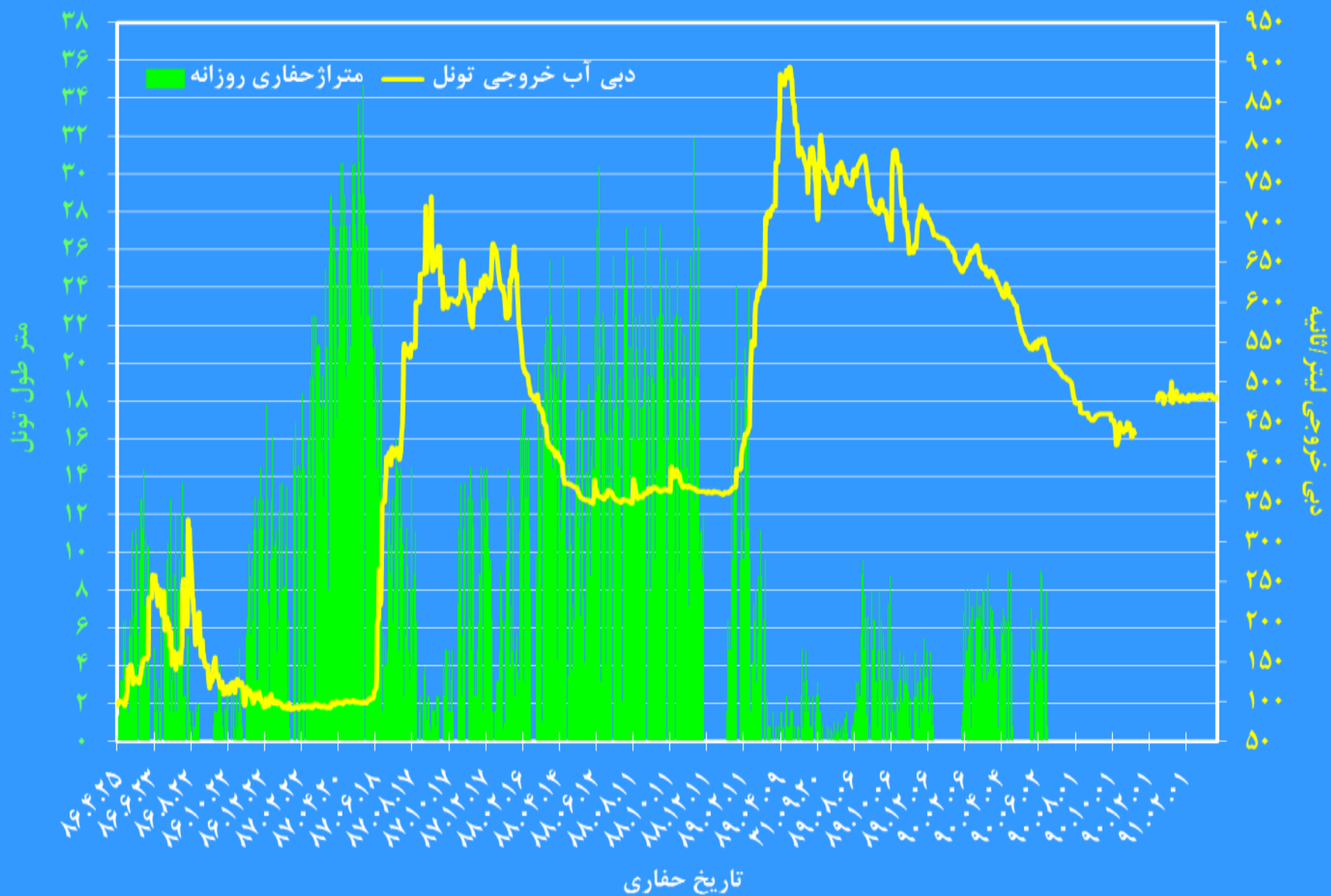
نمودار مقایسه ای دبی آب خروجی تونل و میانگین غلظت گاز زاگرس



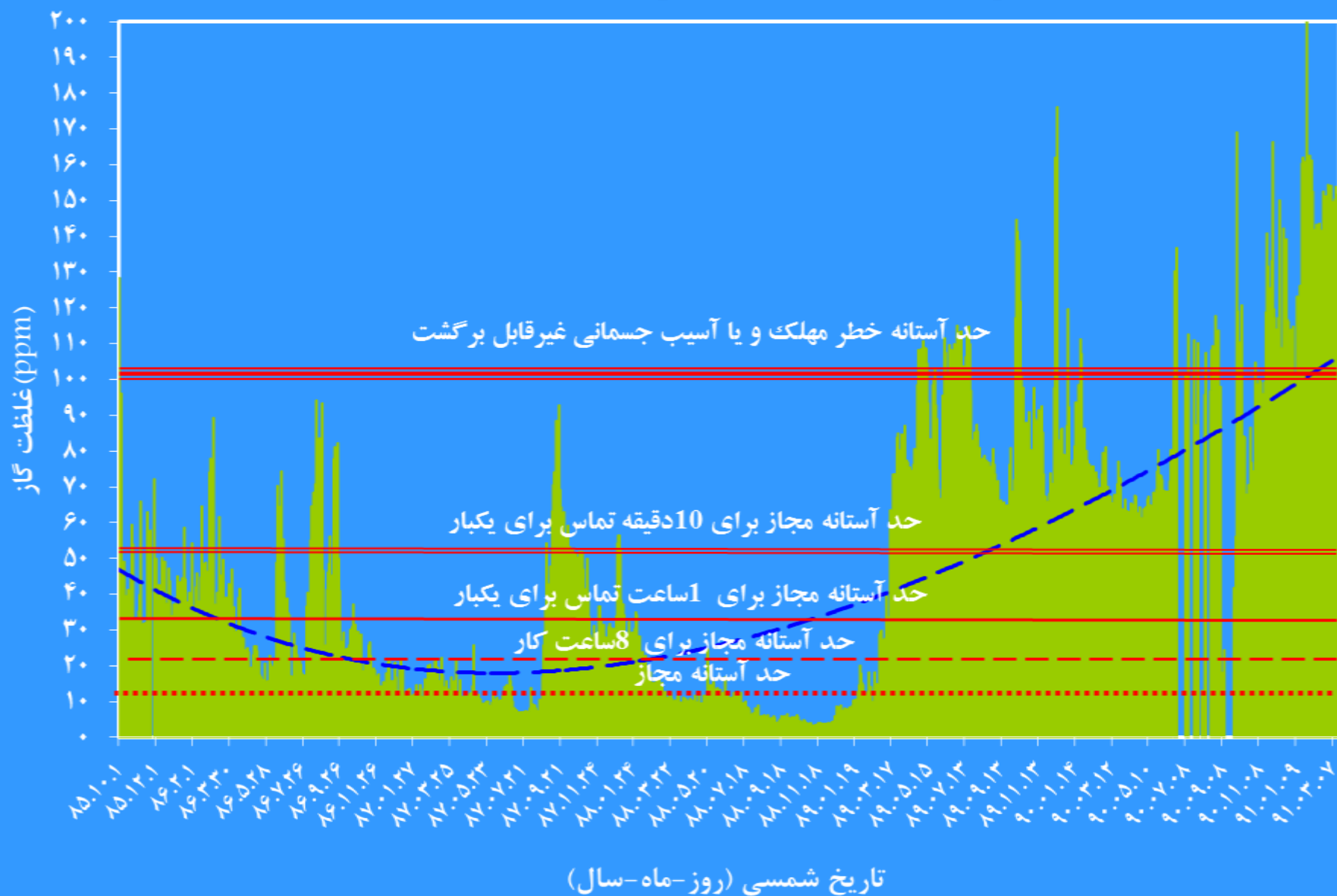
نمودار مقایسه ای حفاری روزانه و میانگین غلظت گاز هیدروژن سولفور تونل زاگرس



نمودار مقایسه ای حفاری روزانه و دبی آب خروجی تونل زاگرس



نمودار میانگین غلظت گاز هیدروژن سولفور و استاندارد OSHA



مطالعات تهویه انجام شده قبل از بحران

به منظور هوادهی کل ۲۶ کیلومتر قطعه ۲ تونل زاگرس در گزارشات طراحی تکمیلی پروژه مقرر شد تا از ۳ دستگاه فن ۲۰۰ کیلووات در پرتال و ۳ دستگاه فن ۱۶۰ کیلووات در متراژ ۴۵۰۰ و دو دستگاه فن ۹۰ کیلووات در کیلومتر ۱۲۰۰۰ استفاده شود. لازم به ذکر است که علاوه بر سیستم تهویه مذکور دو دستگاه فن ۳۵ کیلووات معروف به فنهای D-DUSTING بر روی دستگاه TBM نصب گردیده بود که وظیفه آنها تصفیه گرد و خاک هوای ناشی از حفاری دستگاه در سینه کار میبود. این سیستم تا زمان بحران هجوم آبهای گازدار در دی ماه سال ۱۳۸۵ عملکرد مناسبی داشته و عملیات تهویه هوای تونل را با کیفیت مناسبی انجام میداد.

ردیف	نوع تجهیزات	مشخصات فنی	تعداد
۱		IP55 , 1500 RPM 400 V , 50 Hz , 200 KW	۳
۲		IP55 , 1500 RPM 400 V , 50 Hz , 160 KW	۳
۳		IP55 , 1500 RPM 400 V , 50 Hz , 90 KW	۲
۴		90-200 KW 250 RPM up to full speed 400 V , 50 Hz	۱
۵		Consisting of: The both conection heads and proof steel sheet with silencing elements	۶
۶		Duct adapter	۳
۷		Inlet bell with 3mm casing thickeness	۳
۸		Base fabric polyester Coating PVC Working pressure 7000 Pa	۲۵۸۰۰
۹		Coupling, Clamp	۱۷۲



نمایی از سیستم تهویه در پرتال

نمایی از سیستم تهویه بر
روی Backup در حال
ورود به تونل زاگرس

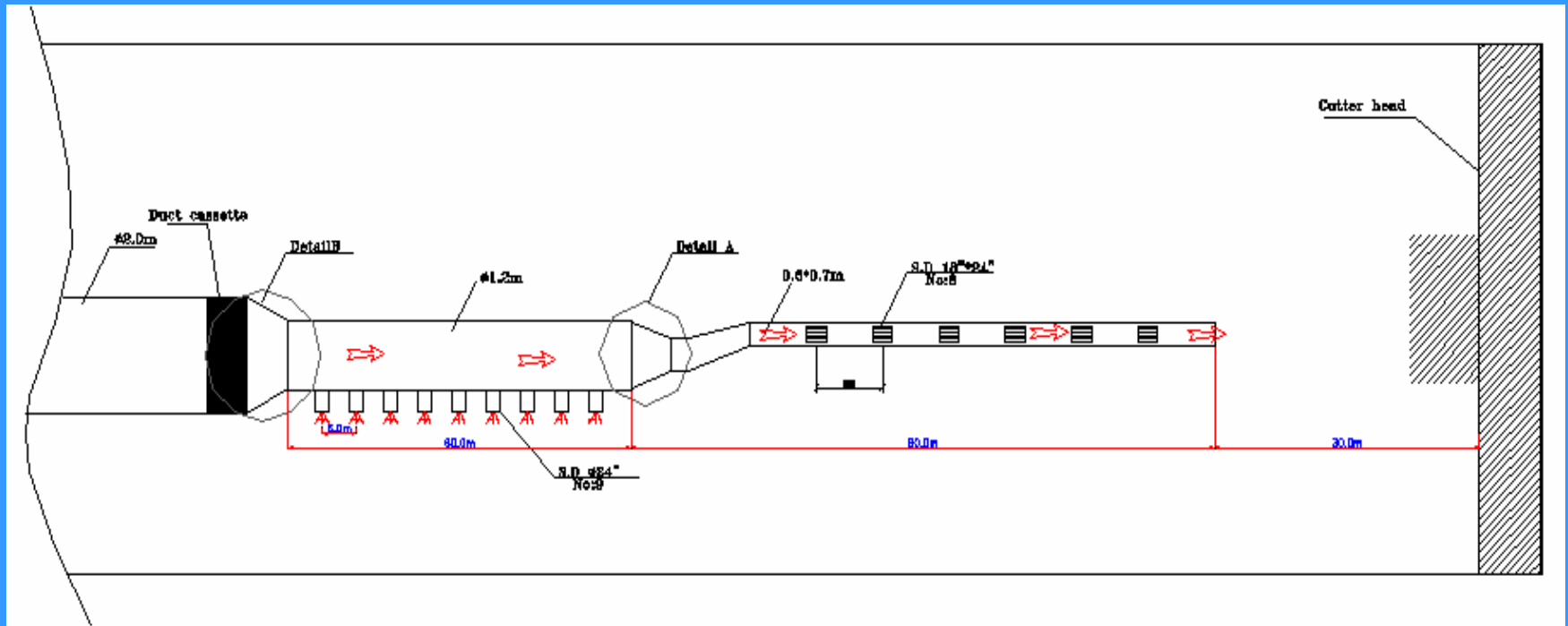
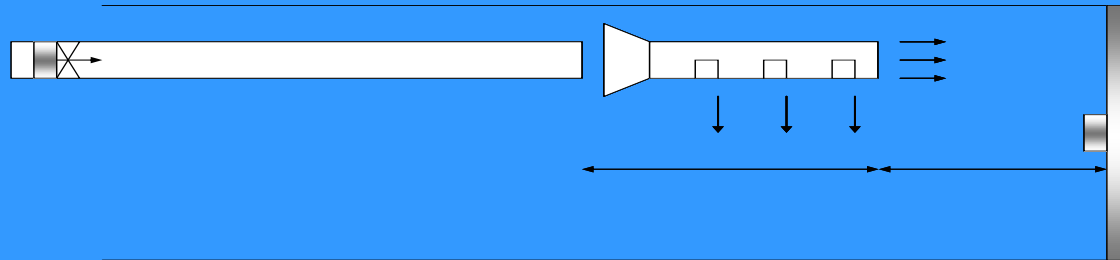


تهویه بعد از بحران هجوم آبهای گازدار

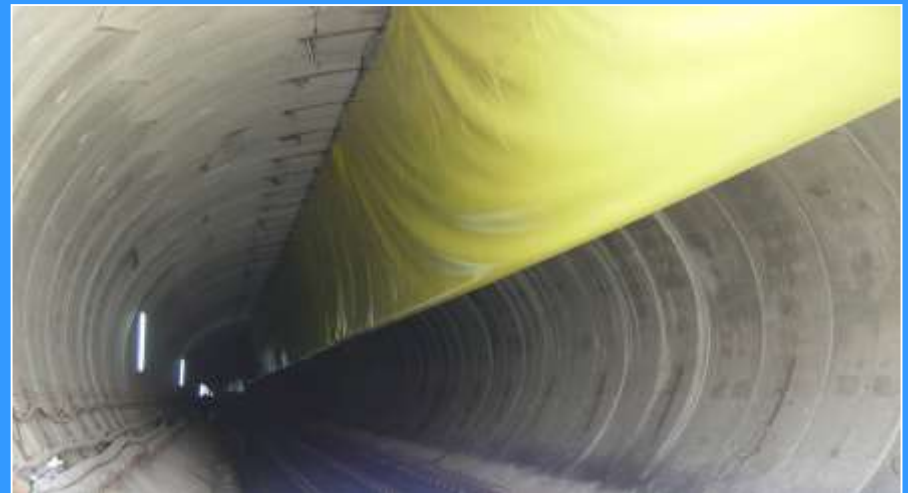
در راستای فراهم نمودن فضای کاری ایمن برای ادامه عملیات حفاری تونل اقدامات اصلاحی زیر جهت ارتقاء سیستم تهویه بشرح زیر صورت پذیرفت:

- اصلاح سیستم تهویه روی دستگاه TBM جهت توزیع بهینه هوا روی دستگاه
- اصلاح سیستم نصب داکتها (تعویض و تقویت مهاري داکت های تهویه) جهت کاهش افت جریان و افزایش ظرفیت تهویه روی TBM
- اصلاح سیستم توزیع هوا بر روی داکت تهویه بکاپ
- نصب و راه اندازی ۲ دمنده ۷.۵ کیلووات و ۶ دستگاه فن ۲.۵ کیلووات در محدوده شیلد جهت اغتشاش و رقیق کردن غلظت گاز داخل شیلد
- نصب و راه اندازی جت فن دهشی ۹۰ کیلوواتی روی سیستم پشتیبان و در مقابل کاست خروجی داکت تهویه دهشی جهت افزایش دبی جریان هوا
- تأمین هوای فشرده تازه برای کابین فرمان، تابلوهای برق، سیستم PLC و سایر ادوات الکترونیکی و حساس دستگاه
- تأمین هوای تازه از ایستگاه فن کمکی شفت کیلومتر ۳۰۰+۱۳ مجهز به ۲ دستگاه جت فن ۱۶۰ کیلووات دهشی

اصلاح داکت تهویه روی دستگاه TBM جهت توزیع بهینه هوا روی بکاپ دستگاه



اصلاح سیستم نصب داکتها جهت کاهش افت فشار در مسیر و افزایش ظرفیت تهویه روی TBM



تأمین هوای فشرده تازه برای کابین فرمان، تابلوهای برق و سیستم PLC دستگاه



استقرار سه دستگاه کمپرسور در پرتال (۲ کمپرسور برقی MA270B و یک دستگاه کمپرسور دیزلی مدل (اطلس کپکو) هوای مورد نیاز از طریق لوله ۴" اینچ نصب شده در مسیر تونل به سمت دستگاه TBM و جایگاههای مهم دستگاه از جمله کاترهد، کابین کنترل و تابلوهای برق ۶۹۰kw و تابلو برق ۴۰۰kw و تابلوهای seli و دیگر جایگاههای مهم که در معرض گاز H₂S قرار دارند انتقال داده شده.

انتقال هوای تازه به محدوده شیلد و ریل گذاری

نصب یک دستگاه جت فن ۹۰ کیلووات بر
روی بک آپ جهت انتقال هوای تازه به
محل سگمنت گذاری

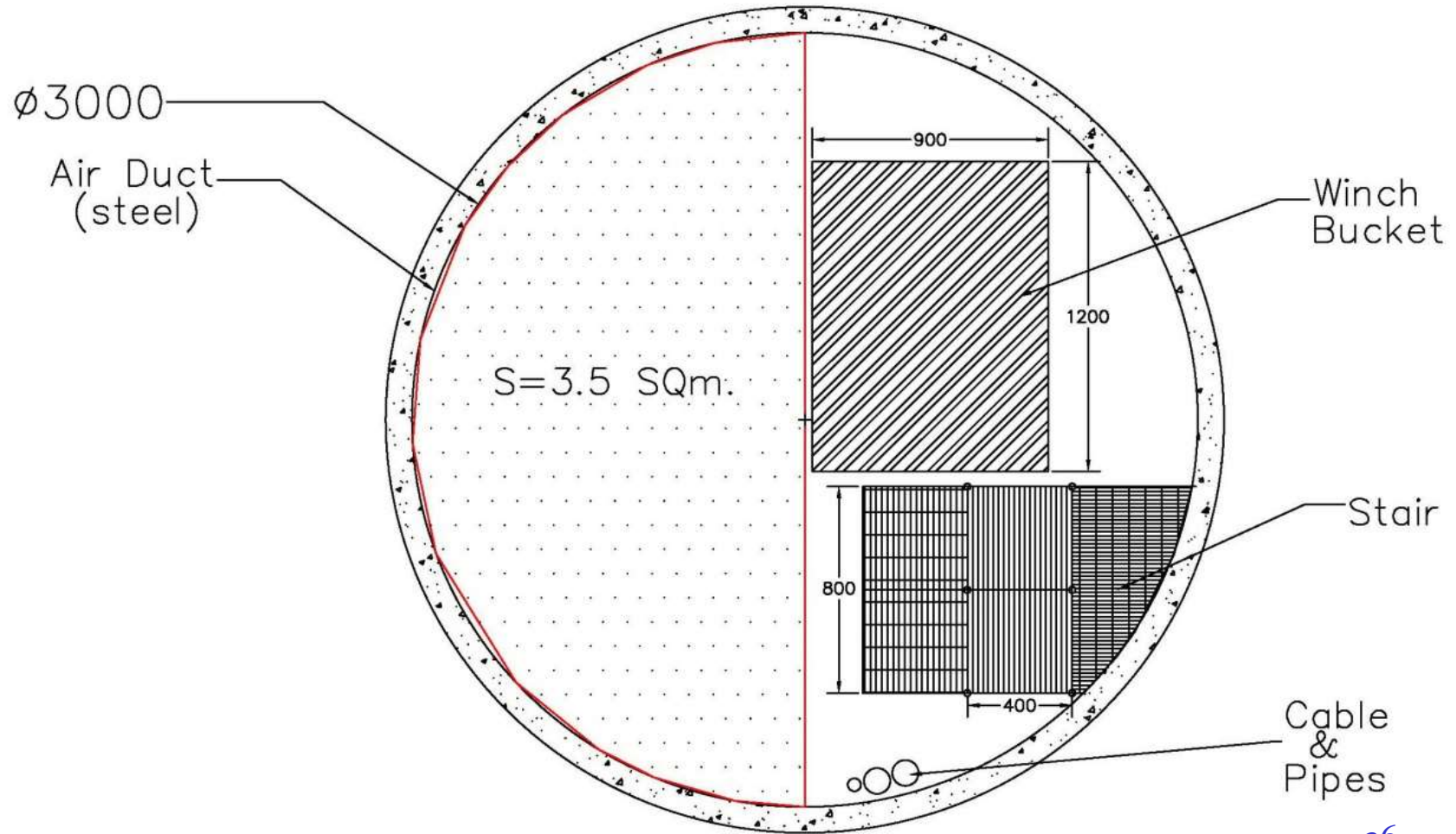


نمایی از نصب داکت هوا جهت انتقال
هوای تازه به محل سگمنت گذاری



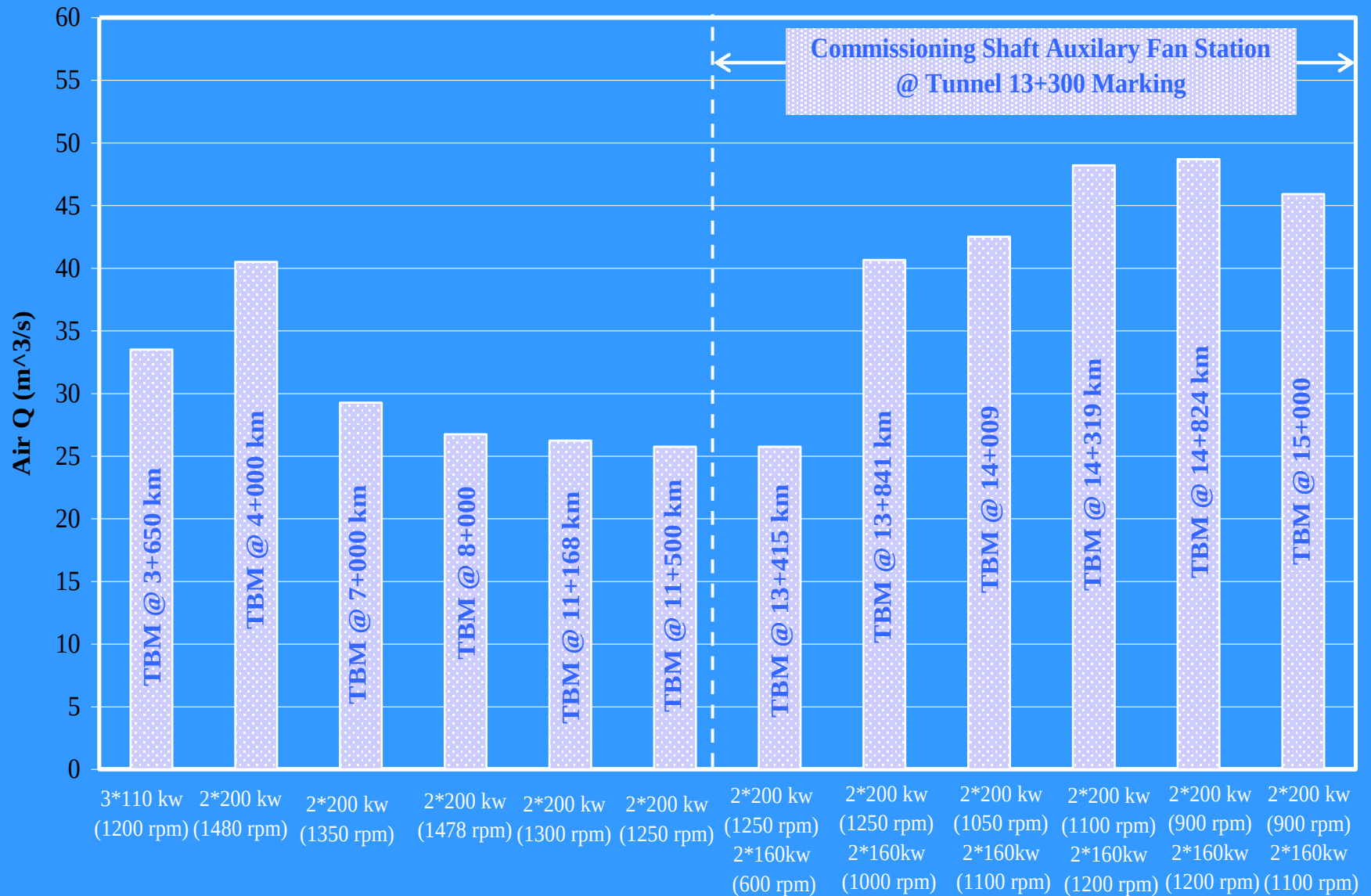
نصب ۲ دستگاه مکند ۷,۵ کیلو وات و ۶ دستگاه
فن های اغتشاگر ۲,۵ کیلووات در محدوده شیلد
TBM برای رقیق سازی گار متان

پلان ایستگاه فن کمکی از شفت کیلومتر ۳۰۰+۱۳ مجهز
به ۲ دستگاه جت فن ۱۶۰ کیلووات دمنده کوپله شده



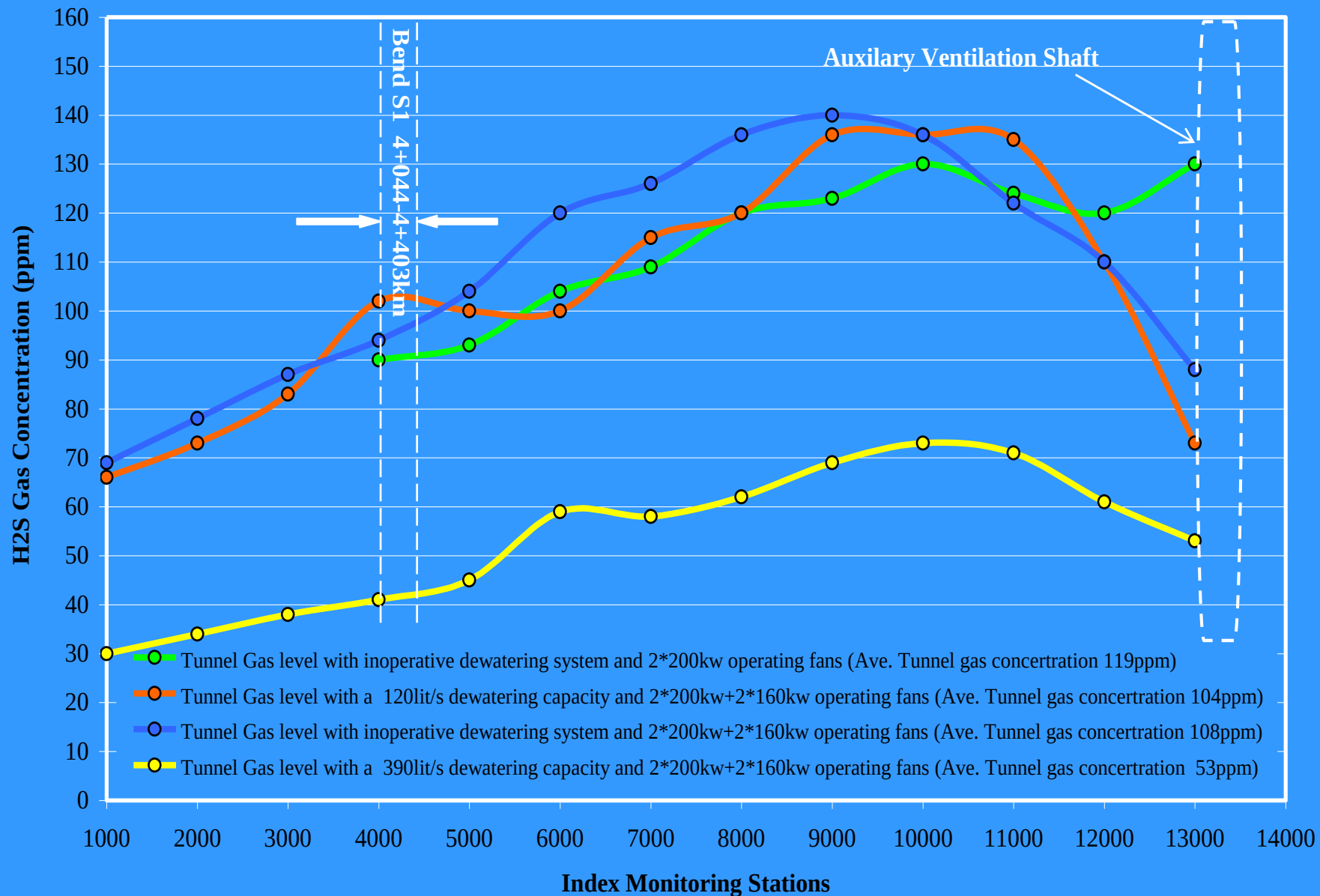
نتایج اقدامات مقابله با مخاطرات گاز H_2S

Tunnel Mean Ventilation Flow Rate At Different Fan Utilization Capacity and length

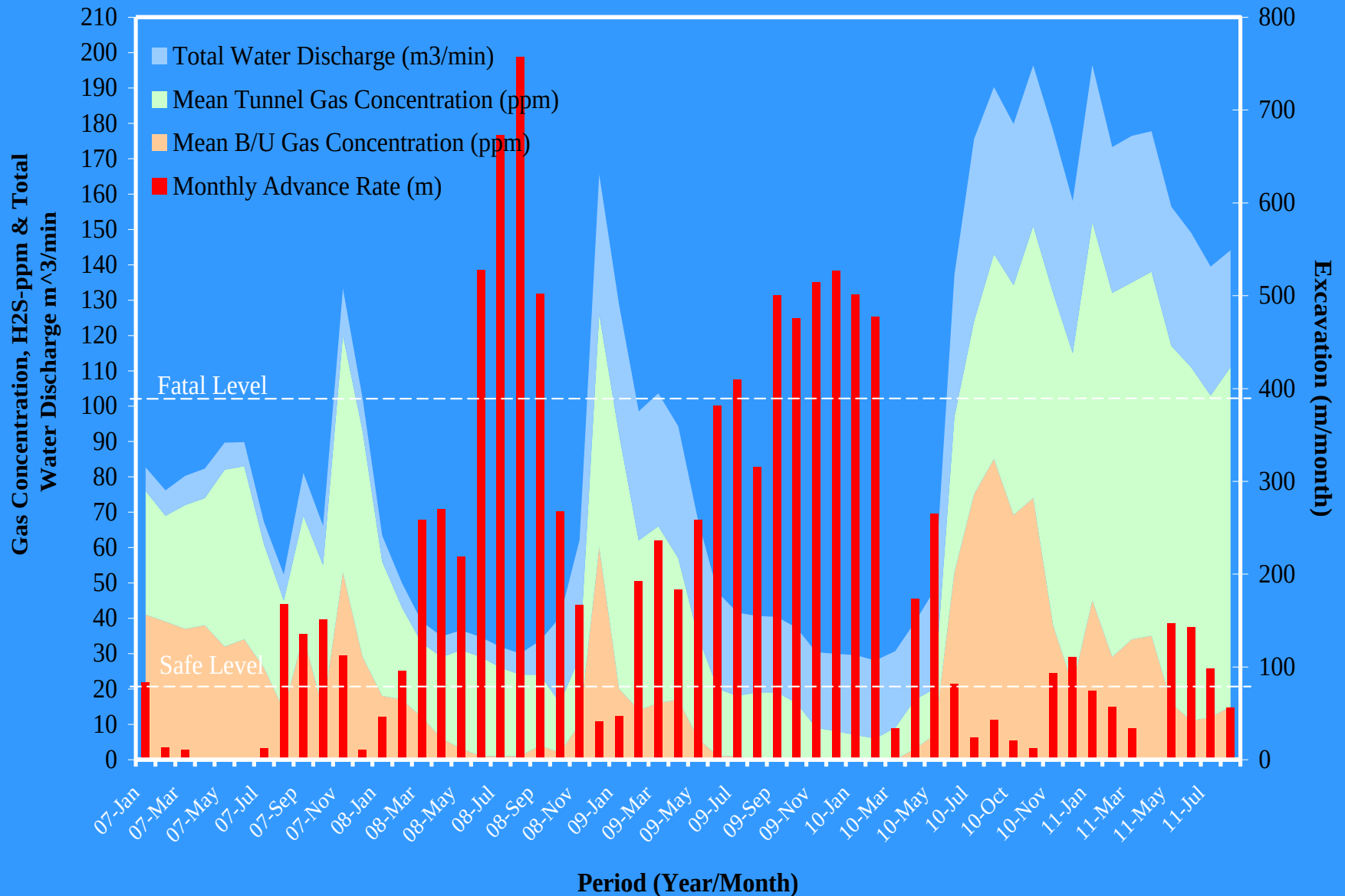


Fan Station Capacity Array

Tunnel H₂S Gas Concentration in Different Dewatering and Ventilation Modes



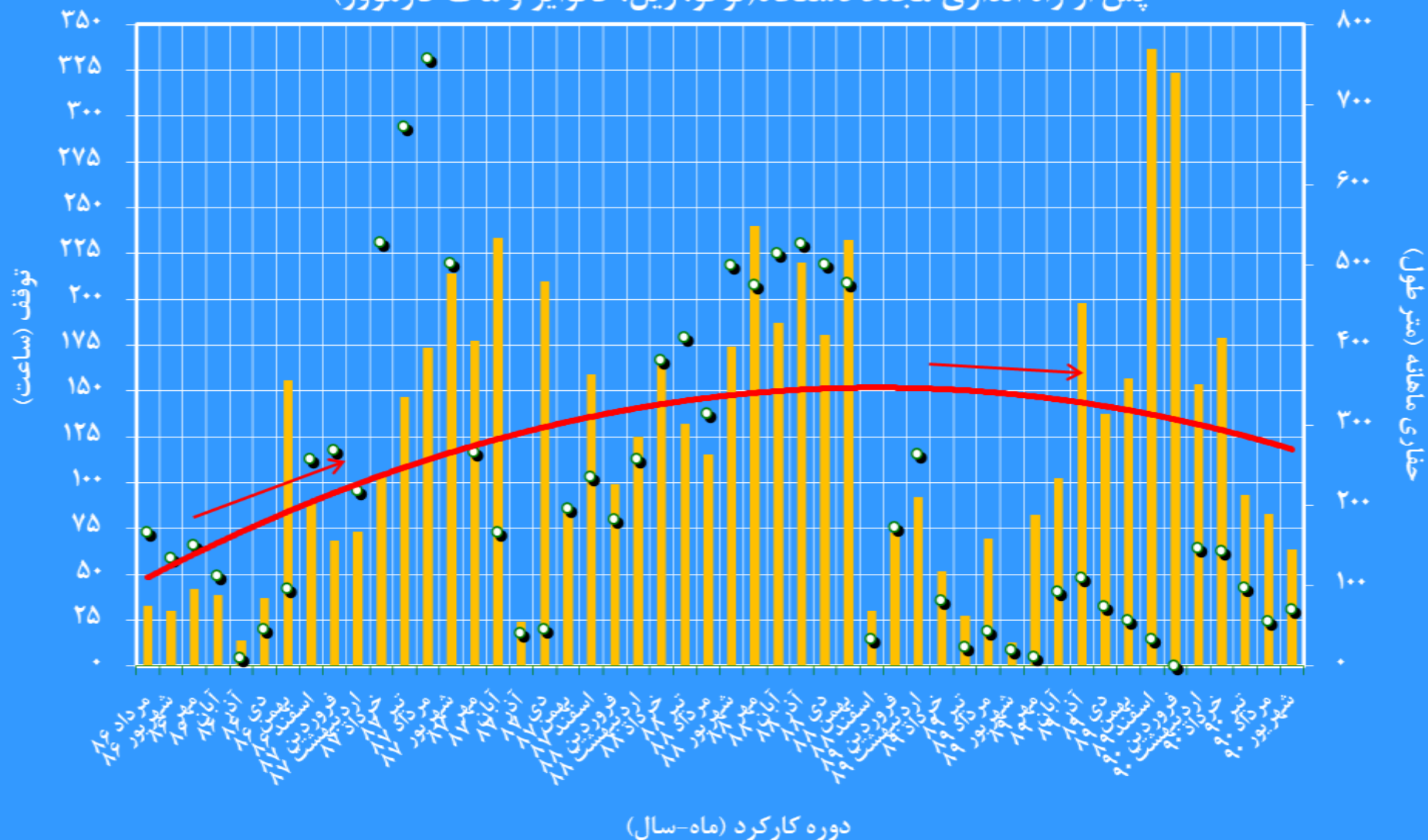
Average Monthly Gas Concentration At the TBM & Tunnel Area and Accumulative Water Discharge Rate Showing Monthly Excavation



خرابی دستگاه TBM و سیستم ترابری ریلی تونل

توقف حفاری
متر از حفاری ماهانه

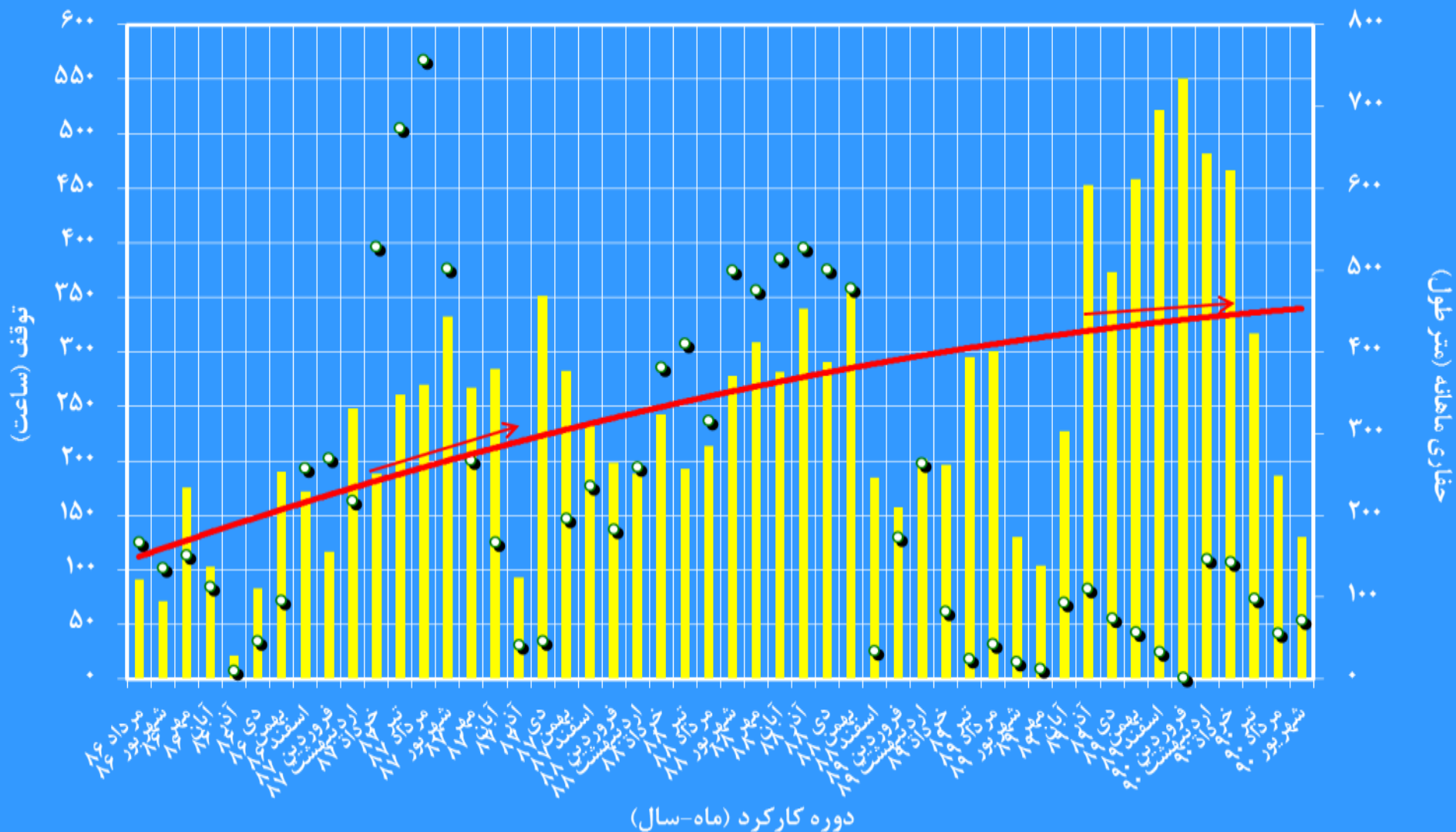
توقف حفاری ناشی از نقص تجهیزات بارگیری و حمل مصالح پس از راه اندازی مجدد دستگاه (لوکو، ریل، کانوایر و ماک کارموور)



توقف حفاری ناشی از نقص فنی و تعمیرات و تعویض قطعات بکاپ و TBM

■ توقف حفاری

● متراژ حفاری ماهانه



توقفات ناشی از تأثیر مخرب گاز H_2S بر روی تجهیزات دستگاه TBM و بکاپ شامل ۳۴٪ خرابی تجهیزات برقی، ۱۷٪ تجهیزات هیدرولیکی، ۱۲٪ تجهیزات پنوماتیک، ۲۰٪ تجهیزات مکانیکال و ۱۷٪ ناشی از صرف زمان جهت مقاوم سازی قطعات در مقابل گاز

سایر تمهیدات و اقدامات به مرحله اجرا گذاشته شده در مقابله با بحران آب و گاز

۱. سیستم مانیتورینگ رادیویی و تصویری داخل تونل و انتقال اطلاعات راهبری و سنجش گازها به بیرون تونل از طریق سیستم مانیتورینگ (MRS)
۲. * راه اندازی سیستم خاموش خودکار دستگاه (Automatic Shutdown) در زمان افزایش غلظت گاز متان به بیش از ۴۴٪
lel
۳. * کپسولهای هوای خود نجات و ماسکهای حفاظت فردی چند منظوره
۴. نصب تجهیزات و کپسول های اطفاء حریق
۵. * طرح آبکشی جهت محصور نمودن آب های نشتی سینه کار و انتقال به بیرون تونل
۶. طرح تامین آب سالم برای دستگاه TBM (تصفیه خانه)
۷. * سیستم هوای فشرده برای تجهیزات حساس به گاز
۸. تزریق ثانوی تماسی لاینینگ با فومهای پلی اورتال
۹. استفاده از مواد شیمیایی اکسید کننده جهت ختنی نمودن گاز H_2S چون پراکسید هیدروژن (H_2O_2) یا هیپر کلرید سدیم ($NaCl_2$)

از توجه شما متشکریم