

## بررسی تأثیر مشخصات فیزیکی و شیمیایی نهشته‌های تراورتن بر

### پارامترهای استخراج در معادن طرق

مجید اعلایی\*، رامب باقر پور<sup>۱</sup> و مهدی یزدی<sup>۳</sup>

(۱) کارشناس ارشد زمین‌شناسی، مدیر اکتشاف معادن شرکت احرار سپاهان، اصفهان، aalaeimajid@yahoo.com

(۲) استادیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان

(۳) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

(\* عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۱/۲/۲۷؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۱۰/۱؛ پذیرش: ۹۱/۱۲/۵؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۲/۴/۳۰

#### چکیده

ایجاد سیستم‌های برنامه‌ریزی و کنترل مواد و تولید بر پایه مطالعات واقعی علمی در معادن یک ضرورت و الزام تعیین‌کننده است. در این مقاله با تلفیق دو علم زمین‌شناسی و معدن ابتدا فرآیند تشکیل نهشته‌های تراورتن، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و تأثیر آن در استخراج بررسی شد، سپس با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده در مدت ۹ ماه، راهکارهایی جهت بهینه‌کردن روش و پارامترهای استخراجی در معدن سنگ تراورتن شرکت احرار سپاهان ارائه گردید.

**واژه‌های کلیدی:** زمین‌شناسی، پارامترهای استخراج، تراورتن، معادن طرق، سیم برش الماسه.

#### ۱- مقدمه

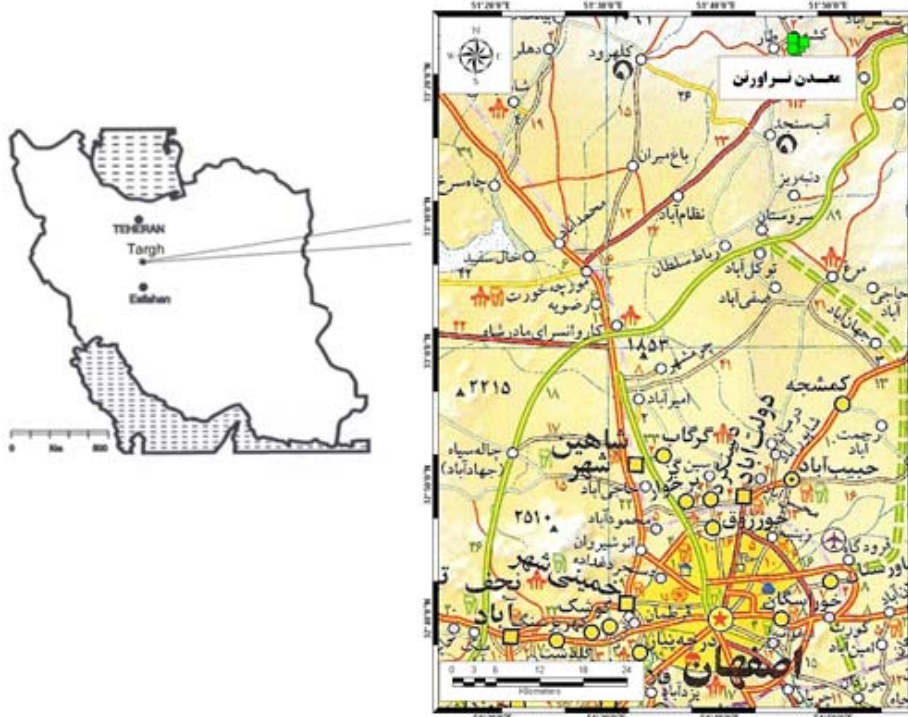
مراحل رشد، آزاد شدن بار، فوق اشباع بودن کربنات، سرعت خروج CO<sub>2</sub>، حضور عوامل بازدارنده رشد، مکانیسم حمل یون و درجه حرارت (Pentecost 1995). ماشین‌های برش سیمی از سال ۱۹۸۵ در صنعت سنگ به کار گرفته شدند. این ماشین‌ها بر روی سرعت و راندمان تولید تأثیر ویژه‌ای داشته‌اند. تا کنون مطالعه‌ی کافی درباره بهبود شرایط کاری، افزایش بازدهی، پارامترهای مؤثر در فرسایش مهره‌های الماسی و تخمین فرسایش سنگهای مختلف قبل از برش صورت نگرفته است. معادلات مدل آماری سنگ‌های مختلف، تأثیر نوع سنگ را به طور جداگانه نشان نمی‌دهند. در صورتی که تأثیر نوع سنگ در فرسایش مهره‌های

تراورتن یک سنگ رسوبی از نوع آهکی، متخلخل و کلسیم‌دار با منشأ شیمیایی است. این سنگ از ته نشست کربنات کلسیم نزدیک چشمه‌ها و به صورت لایه لایه تشکیل می‌گردد (Mitchel 1985). هنگامی که آب چشمه در سطح زمین جریان پیدا می‌کند، در اثر تغییر شرایط فیزیکی و شیمیایی مقدار زیادی از املاح آن رسوب کرده و رسوبات چشمه‌ای را به وجود می‌آورد. عوامل مؤثر در ترکیب این املاح، تبخیر، سرد شدن، کاهش فشار، از دست دادن دی‌اکسید کربن، عمل باکتری‌ها و جلبک‌ها می‌باشند. هفت عامل اصلی مؤثر در ساخت تراورتن عبارتند از: نیروی جنبشی

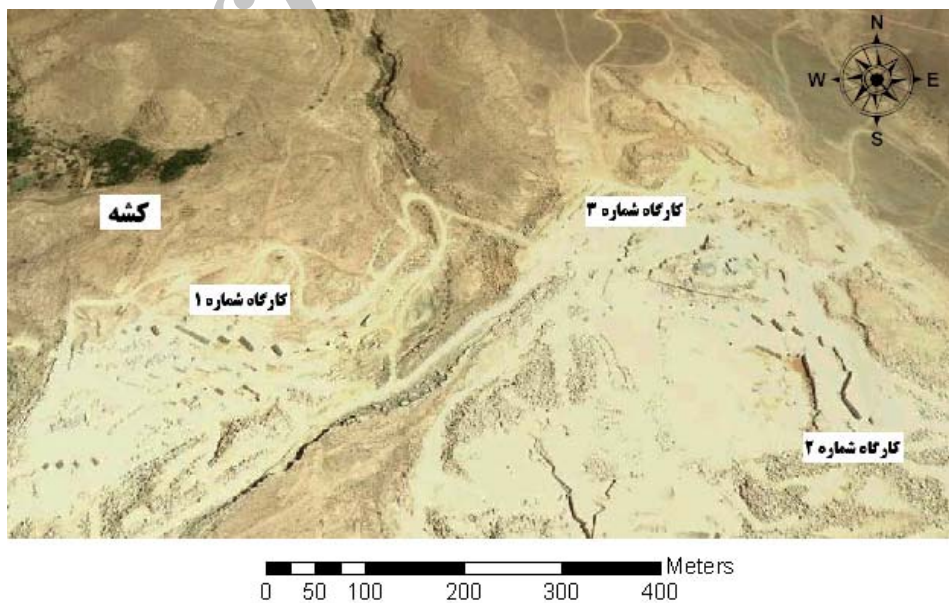
الماسی شناخته شده باشد یا وجود این تأثیر نوعی اخطار تلقی شود،  
N33 22 18 E51 47 04 ۱:۱۰۰۰۰۰ طرق با مختصات جغرافیایی  
(WGS 84) می باشد. راه دسترسی به این منطقه از طریق جاده نطنز،  
با عبور از روستاهای یحیی آباد و طرق در حدود سه کیلومتر پس از  
روستای طرق و نرسیده به روستای کشه می باشد (تصویر ۱). این  
مجتمع دارای سه کارگاه استخراجی است (تصویر ۲).

## ۲- موقعیت جغرافیایی

معدن مورد مطالعه متعلق به شرکت احرار سپاهان، واقع در ورقه



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه



تصویر ۲- تصویر ماهواره ای معدن تراورتن شرکت احرار سپاهان (Google Erth 2010).

### ۳- بمت

می‌رسد (طیبی و توفیق‌یان ۱۳۸۱). با افزایش دمای آب در دهانه چشمه، محیط دریاچه و جوی های اطراف سکو، توانایی آب برای حمل عناصر محلول نیز کاهش یافته و این عناصر به صورت نهشته های دیواری شکل و طولی در مسیر آب های جاری ته نشین می‌شوند.

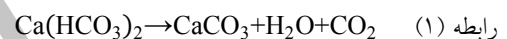
محدوده تراورتن شرکت احرار سپاهان دارای سه کارگاه استخراجی می‌باشد. کارگاه شماره یک دارای رنگ شکلاتی است. کارگاه شماره دو دارای رنگ های روشن سفید و کرم و کارگاه شماره سه به رنگ نقره‌ای می‌باشد. در این مقاله تأثیر وجود ناخالصی ها در راندمان تولیدی معادن تراورتن مورد توجه قرار گرفت.

### ۲-۵- کاهش فشار CO<sub>2</sub>

آبی که در قسمت های زیرین دریاچه جریان دارد، فشار جزئی و دی اکسید کربن بالایی دارد. در این حالت، آب توانایی زیادی برای انحلال و انتقال عناصر کربناته به سطح زمین دارد. در نتیجه، آب چشمه های کف دریاچه دارای املاح زیادی هستند. متناسب با کاهش عمق، فشار جزئی CO<sub>2</sub> به آهستگی کاهش می‌یابد. در سطح زمین و جوی های اطراف سکو که فشار جزئی دی اکسید کربن کاهش می‌یابد، نهشته های کلسیتی به صورت نواری شکل در مسیر آب های جاری ته نشین شده و کانال های خود ساخته آهکی را به وجود می‌آورند.

### ۴- فرآیند تشکیل کانال‌های فود سافته آهکی

بی کربنات کلسیم به صورت محلول در بین سنگ های آهکی زیرین زمین در جریان است، زمانی که به سطح زمین می‌رسد، CO<sub>2</sub> خود را از دست داده و کربنات کلسیم به صورت نامحلول ته نشین می‌شود. در محیط های خشکی در دهانه چشمه های آهک ساز، کربنات کلسیم به دو صورت تراورتن و توف تشکیل می‌شود. بر اساس رابطه (۱)، فاکتور اصلی تشکیل کربنات کلسیم خروج و مصرف CO<sub>2</sub> است. بنابراین هر عاملی که باعث خروج CO<sub>2</sub> شود، آهک یا کربنات کلسیم را به وجود می‌آورد.



آبی که از چشمه های کف دریاچه بالا می‌آید، از دو دریچه شمالی و جنوبی به بیرون جاری می‌شود. این آب به علت داشتن CO<sub>2</sub>، توانایی انحلال بالایی دارد و عناصر کربناته را به صورت محلول از قسمت های زیرین با خود بالا می‌آورد. وقتی آب چشمه های حاوی بی کربنات دریاچه به سطح زمین می‌رسند، CO<sub>2</sub> خود را از دست داده و توانایی حلالیت آن‌ها کاهش می‌یابد. در این مرحله، مواد محلول آب به صورت نهشته‌های توفایی و به شکل طولی در مسیر کانال‌ها ته‌نشین می‌شوند (Fouke et al. 2000).

### ۳-۵- جریان و آشفتهگی آب

آبهای جاری دی اکسید کربن زیادی از دست می‌دهند. جابه جایی مولکول های آب جوی ها که در تماس با هوای آزاد قرار دارند، در روند این کاهش مؤثر است. هر چه آب آشفته تر باشد، میزان CO<sub>2</sub> موجود در آن کاهش می‌یابد. به نسبت کاهش CO<sub>2</sub>، توانایی نگهداری مواد محلول در آب نیز کاهش یافته و این عناصر به شکل نهشته هایی در بستر و کناره های کانال ته نشین می‌شوند.

### ۴-۵- فتوستنز

در اطراف جوی های اصلی که در قسمت شمال غرب و جنوب شرق سکوی آهکی جاری هستند، گیاهان رشد زیادی دارند. رشد گیاهان در این بخش‌ها باعث افزایش سرعت نهشته شدن کربنات کلسیم در اطراف و بستر جوی ها شده است. گیاهان با عمل فتوستنز و مصرف دی اکسید کربن، توانایی حلالیت آب را کاهش داده، در نتیجه، آب نمی‌تواند مواد محلول در خود را حمل کند. بنابراین، کربنات کلسیمی که در آب وجود دارد، ته نشین می‌شود (رضایی‌مقدم و قدری ۱۳۸۹).

### ۵- عوامل مؤثر در پیدایش و تمول کانالهای فود سافته آهکی

تشکیل نهشته های کلسیتی و پیدایش کانال های خود ساخته آهکی در روی سکو و زمین های اطراف آن بر اثر عواملی از جمله دمای آب، کاهش فشار CO<sub>2</sub>، جریان آشفتهگی آب و فتوستنز صورت گرفته است.

### ۵-۱- نقش دمای آب

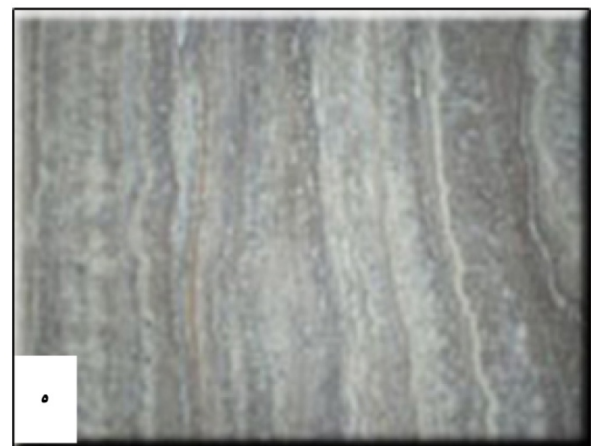
آب سرد بیشتر از آب گرم می‌تواند سنگ آهک را تخریب و در خود حل کند. آب چشمه ها در زیر زمین، دمای کمتر و توانایی بیشتری برای انحلال و بالا آوردن عناصر کربناته دارند. دمای آب دریاچه در سطح، حدود ۲۰ تا ۲۱ درجه سانتی گراد است. این دما، در عمق ۳۰ سانتی متری ۱۹ درجه (عارف ۱۳۷۲)، در ۳۵ متری ۱۸ درجه و در کف دریاچه که پایین تر از ۳۵ متر عمق دارد، به ۱۷ درجه سانتی گراد

### ۶- عوامل تشکیل تراورتن‌های رنگی

برای تشکیل تراورتن در هر نقطه، وجود سنگ های آهکی الزامی است. در ادامه، آب و گاز کربنیک در شرایطی خاص باعث حل شدن

یا فلزهای دیگر الزامی است تا در آب چشمه های تراورتن حل شده و کربنات پایه سنگ را رنگین کنند. تجزیه شیمیایی سنگ های مختلف نشان دهنده آن است که برای رنگین شدن تراورتن ها وجود مقدار کمی اکسید آهن کافی است (رهبر و نبوی ۱۳۶۷). فعالیت ماگمایی ائوسن (سنگ های آتشفشانی کرکس) مهم ترین عامل رنگ تراورتن های رنگی منطقه طرق است.

سنگ آهک شده و در نهایت کربنات به صورت تراورتن رسوب می کند. در بیشتر ذخایر تراورتن کشور، سنگ معدن استخراجی فاقد رنگ متنوع بوده و اغلب به رنگ سفید شیری و کرمی دیده می شود. مهم ترین ویژگی تراورتن های شرکت احرار سپاهان رنگ های منحصر به فرد و زیبای آنها می باشد که در ایران کم نظیر است (تصویر ۳). برای رنگین شدن تراورتن های یک ناحیه، وجود مقداری نمک آهن



تصویر ۳- تصاویر سنگ های فرآوری شده تراورتن از معدن طرق شرکت احرار سپاهان: الف و ب- کربنات کلسیم فاقد آهن و منگنز (کارگاه شماره ۲)، ج و د- کربنات کلسیم دارای آهن (کارگاه شماره ۱)، ن و ه- کربنات کلسیم و آهن و منگنز (کارگاه شماره ۳). کلیه نمونه ها حاصل فرآوری سنگ های معدن تراورتن طرق شرکت احرار سپاهان در کارخانجات سنگبری این شرکت واقع در منطقه صنعتی محمودآباد اصفهان می باشند.

## ۷- مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمی تراورتن های منطقه

سیمان تراورتن اغلب میکرایت، میکرواسپار و اشکال مختلف بلورهای کلسیت است. آنچه در مقاطع نازک میکروسکوپی دیده می شود ماتریکس و سیمان است و آلوکمی به شکل واقعی وجود ندارد. میکرایت در مقاطع همگن نبوده و دارای نواحی با بلورهای ریز و درشت و مرزهای بین بلوری مسطح، خم شده، نامنظم و مضرسی می باشد. این میکرایت تیره و به شکل نواحی اپاک با نوارهای مبهم و گاه به صورت کلوخه ای، ریسمان مانند و یا لایه های متناوب با دیگر بافت ها دیده می شود. میکرایت در اطراف و بین سیانوباکتری نهشته می شود (Pentecost & Viles 1994).

در بعضی مقاطع میکرایت از طریق ژئومورفیسیم افزایشی توسط میکرواسپار موزائیکی درشت تر (۵ تا ۱۵ میکرون) جانشین شده است. اسپارایت در مقاطع به صورت موزائیکی و بلورهای درهم قفل شده و در حاشیه حفرات (کلسیت دندان سگی) قابل مشاهده است. بلورها در مناطقی که به مدت طولانی در زون فراتیک قرار داشته و شرایط لازم از جمله حرکت محدود آب و رشد آهسته حاکم است، اندازه بزرگی پیدا می کنند (Pentecost 1995).

بلورهای فیبری و ستونی کلسیت با استرانسیم بالا به همراه لامیناسیون های درشت تا ریز مشاهده می شوند. در سرعت رسوبگذاری بالاتر کلسیت به صورت بلورهای دندریتیک (درخت مانند) ظاهر می شود که این ساختمان اغلب با تراورتن های ترموزن همراه است (Pentecost 1995). در تراورتن های کارگاه شماره ۳، زون بندی ظریفی حاصل از تغییرات کمی در مقادیر آهن و منگنز دیده می شود. در برخی از مقاطع، ماتریکس میکرایتی (کمتر از ۴ میکرون) به طور موضعی توسط میکرواسپار (۱۰-۴ میکرون) جانشین شده است.

بر اساس بررسی های میکروسکوپی، تنها آلوکم موجود در سنگ های کربناته غیردریایی این ناحیه ذرات کروی و بیضوی از کربنات های ریز بلور با قطر ۰/۵ - ۰/۱ میلی متر به نام پلوئید هستند. آلوکم های متداول در سنگ های کربناته دریایی و دریاچه ای در این سنگ ها مشاهده نشد، بنابراین می توان گفت که این سنگ ها به طور عمده از زمینه (ارتوکم) تشکیل شده اند.

تخلخل ثانویه قابل مشاهده در حفره ها و غارها در اثر انحلال دانه در سنگ و از طریق آبشویی توسط آب های زیرزمینی تشکیل می شود. حفرات اغلب به همراه رشد کلسیت دروزی (Calcite Drusy) مشاهده می شوند. کلسیت دروزی، سیمان تپیک دیباژنز متئوریک

نزدیک سطح است که به همراه حالت آهن دار نشان دهنده آن است که محل اصلی سیمانی شده در منطقه فراتیک متئوریک است (موسوی حرمی و محبوبی ۱۳۷۳). تخلخل روزنه ای، تخلخلی با فضاهای خالی کم و بیش طویل شده است که معمولاً جهت دار بوده و گاهی به یکدیگر متصل و به طور منظم قرار می گیرند. در بعضی مقاطع دانه های آواری غالباً از جنس کوارتز می باشند. آثار دیباژنز متئوریک در بعضی مقاطع به صورت رشد دوباره و میکرایتی شدن بلورهای اسپارایت به چشم می خورد. سیمان نوع فرینچ که از سوزن های ریز آراگونیت تشکیل شده نیز گاهی مشاهده می شود (نصر اصفهانی و رئیسی دهکردی ۱۳۸۷).

لامیناسیون در مقیاس میلی متری در تراورتن ها معمول است که اغلب از رشد متناوب فصلی/روزانه به وجود می آید (Marks et al. 2006).

نتایج تجزیه شیمیایی ۱۱ نمونه برداشتی از تراورتن های معدن شرکت احرار سپاهان در جدول ۱ آورده شده است.

همزمان با ته نشست آراگونیت، عناصر Sr و Ba به دلیل تشابه زیاد با کلسیم می توانند وارد ساختار آراگونیت شوند. میزان بالای آرسنیک و همراهی با مقادیر قابل توجه فلزات مس و روی تأییدی بر ترموزن بودن احتمالی رسوبات تراورتن است.

اکسید سیلیس با افزایش سرعت، میزان تشکیل تراورتن، فاصله گرفتن از سنگ بستر و افزایش اکسید کلسیم، کاهش می یابد. مقادیر اکسید تیتانیوم و آلومینیوم با اجزا تخریبی از جمله ذرات سیلیس و خانواده رس ها کنترل می شود.

آراگونیت در دمای بالاتر و در سرچشمه های آب گرم تشکیل می شود و با دور شدن از چشمه ها و پایین آمدن دما فقط کلسیت شکل می گیرد (Fouke et al. 2000).

دیباژنز سریع آراگونیت به کلسیت، تشخیص اینکه کانی اولیه آراگونیت یا کلسیت است را مشکل می کند. آب های گرمابی غالباً استرانسیم بالایی دارند، بنابراین آراگونیت نیز می تواند استرانسیم بالایی داشته باشد. اما منیزیم بالا فقط در کلسیت مشاهده می شود.

تغییر آراگونیت به کلسیت به واسطه چرخش آب های جوی، باعث ته نشینی کلسیت با درصد استرانسیم پایین می شود. در طول این تغییر، کلسیت با استرانسیم بالا در سرچشمه ها مشاهده می شود. درصد اکسید کلسیم در توالی ها تقریباً ثابت است. این مسأله نشان دهنده آن است که آب های آهک ساز در طی تشکیل این تراورتن ها ترکیب نسبتاً پایداری داشته اند. میزان متوسط منیزیم در کلسیت با تراورتن های ترموزن مطابقت نشان می دهد (Pentecost 1995).

بر اساس جدول ۱، اگر در زمان تشکیل نهشته های تراورتن، میزان ناخالصی کمتر باشد، رنگ کوپ های تولیدی سفید می باشد که موجب افزایش ارزش ریالی آنها می شود. چنانچه در زمان تشکیل نهشته های تراورتن، ناخالصی وجود داشته باشد با توجه به نوع و میزان ناخالصی کوپ های تولیدی به رنگ های متنوعی دیده می شوند.

#### ۹- بررسی موضوعی استخراج به روش سیم برش الماسه

در روش برش با سیم الماسه مواد ساییده روی سیم نصب شده و برش توسط خود سیم انجام می گیرد. سیم برش متشکل از سیم فولادی، فزر، بوش یا فاصله دهنده، نر و مادگی اتصال سیم و سگمنت الماسه می باشد. قطر کلی سیم برش الماسه ۱۰ تا ۱۱ میلی متر می باشد که در فاصله مشخصی روی سیم فولادی به قطر ۵ میلی متر و به تناوب مهره های الماس دار و فزر قرار می گیرد. تعداد سگمنت ها در هر متر طول سیم الماسه حدود ۳۲ تا ۴۰ عدد است که در فواصل ۲۵ تا ۳۲ میلی متر از یکدیگر قرار دارند. برای محکم کردن مهره ها و فزر به یکدیگر، بین آنها یک یا دو حلقه فاصله دهنده تعبیه می شود. در دو سر سیم به وسیله دستگاه مونتاژ، نر و مادگی مونتاژ می شود که برای وصل کردن قطعات مختلف سیم به یکدیگر و در نهایت به منظور اتصال ابتدا و انتهای سیم، مورد استفاده قرار می گیرد (تصویر ۴). دستگاه برش در نزدیکی سطح برش قرار داده می شود و طول سیم متناسب با سطح مورد نظر که باید بریده شود انتخاب می شود (عطایی ۱۳۸۷).

برای راحتی و ایمنی کار با دستگاه برش و کنترل آن (از قبیل نحوه چرخش، میزان کشش، سرعت و ...)، تابلویی طراحی کرده اند که در چند متری دستگاه قرار می گیرد. عملیات برش توسط تابلوی کنترل و به طور اتوماتیک انجام می شود. روی این تابلو دکمه ای قرار دارد که می توان با استفاده از آن سرعت برش و کشش سیم را در زمان برش تنظیم کرد.

نیروی محرکه ماشین برش یک موتور الکتریکی است که داخل یک محفظه است و باعث چرخش قرقره ای با قطر زیاد به نام پولی شده و در نهایت منجر به حرکت سیم الماسه می شود. کل سیستم روی ریل سوار بوده و می تواند به جلو و یا عقب حرکت کند. کشش سیم در حین کار توسط حرکت دستگاه روی ریل تنظیم می شود. بدین صورت که وقتی سیم الماسه روی سنگ قرار گرفت و شروع به کار کرد، دستگاه به آرامی به سمت عقب حرکت می کند و باعث می شود که سیم با کشش بیشتری با سنگ تماس حاصل کند (تصویر ۵). در حقیقت میزان کشش سیم از طریق میزان حرکت دستگاه روی ریل تعیین می شود (عطایی ۱۳۸۷).

در صورتی که باریم در حین تبدیل آراگونیت به کلسیت وارد بلور کلسیت شود، منشأ آن به آبهای زیرزمینی نسبت داده می شود. به طور کلی تجمع عناصر فرعی در آب های ترموژن به میزان قابل توجهی بیشتر از آب های دیگر است. علت آن شستشوی کافی، زمان مجاورت طولانی تر و فعالیت هیدروترمال می باشد که منجر به افزایش سرعت واکنش بین سنگ میزبان با آب های جوی گرم شده در اعماق و یا آب های هیدروترمال می شود. بیشتر آهن موجود در تراورتن در جازا می باشد که از آبهای زیرزمینی حاوی یون های آهن در مجاورت با اتمسفر ته نشست پیدا می کند. متوسط میزان آهن و منگنز تراورتن ها، ترموژن بودن آنها را نشان می دهد. اورانیوم بیشترین مقدار را در سرچشمه ها دارد (Glover & Robertson 2003). وجود نقره و مس، ترموژن بودن نهشته ها را نشان می دهد. میزان سولفور و فسفر به سمت پایین جریان افزایش می یابند. سیلیس در تراورتن می تواند در جازا یا دگرجازا باشد، اما عملاً تفکیک این نوع سیلیس مشکل است. وجود عناصر باریوم، تیتان و اکسید آلومینیوم ممکن است نشان دهنده دگرجازا بودن باشد زیرا در PH بین ۷-۸ (که تراورتن سازی صورت می گیرد) معمولاً این عناصر به شکل محلول وجود ندارند. وجود عناصری مانند وانادیوم و اسکاندیوم به رادیواکتیو بودن چشمه های آب گرم نسبت داده می شوند (Pentecost & Viles 1994).

از نظر شکل، تراورتن های منطقه مورد مطالعه از نوع شکاف - پشته و مربوط به زمان کواترن می باشند. تراورتن های تیپ شکاف پشته از یک شکاف مرکزی که تراورتن های نواری (bonded travertine) در آن رسوب کرده اند و تراورتن های شیب دار (bedded travertine) مجاور آن تشکیل شده اند (Bargar 1978, Chafetza & Folk 1984).

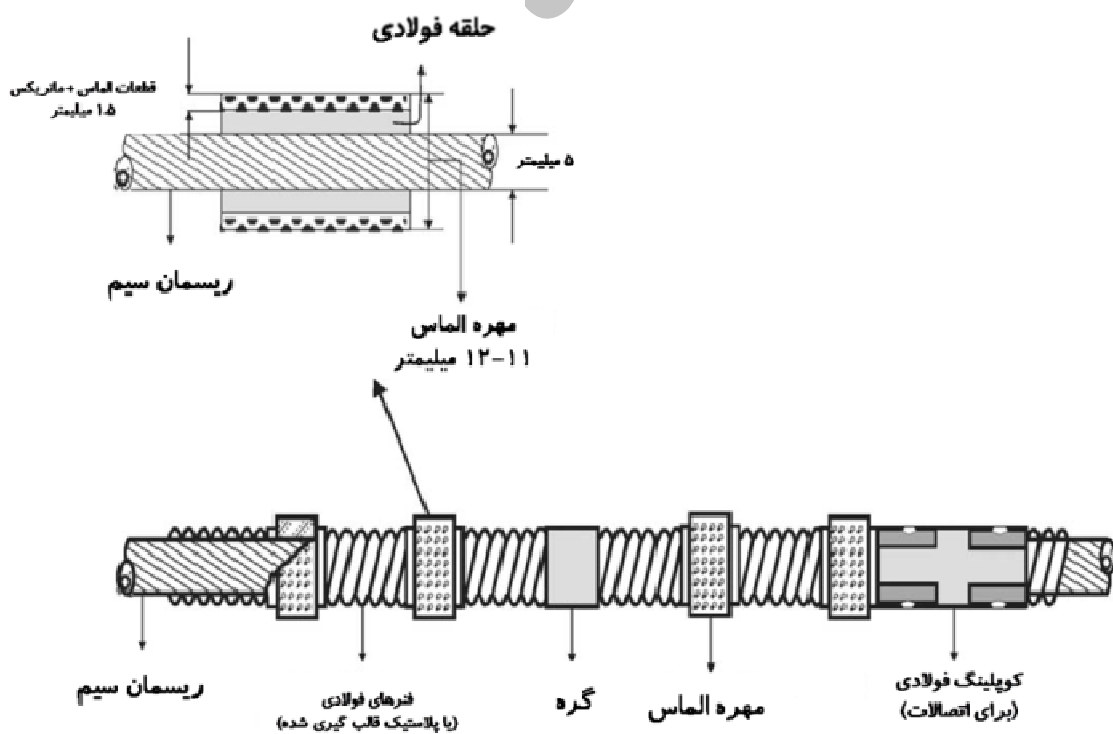
شکل گیری این مجموعه بدین صورت است که آب های اشباع از کربنات کلسیم از شکاف مرکزی بالا آمده و موجب رسوب تراورتن در دیواره شکاف و نیز طرفین آن می شوند که در بعضی موارد کمی انحنادار هستند. در جایی که نرخ جریان آب بالا آمده از شکاف مرکزی زیاد بوده، پشته ایجاد شده ارتفاع کم و عرض زیاد دارد. همچنین در محلی که نرخ جریان آب کم بوده، رسوبگذاری تراورتن در اطراف شکاف مرکزی بیشتر و در نتیجه ارتفاع پشته زیاد و عرض آن کم است (Altunel & Hancock 1996).

#### ۸- نتایج آنالیز شیمیایی تراورتن های معدن شرکت امراز سپاهان

تعداد ۱۱ نمونه از تراورتن های معدن شرکت احرار سپاهان مورد مطالعه ایکس آراف (X-ray Fluorescence, XRF) قرار گرفتند.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی سنگ های تراورتن معدن شرکت احرار سپاهان. نمونه ها به روش XRF و در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه اصفهان مطالعه شدند.

Sample	۴۴	۴۵	۴۶	۴۷	۴۸	۴۹	۵۰	۵۱	۵۲	۵۳	۵۴
<b>Element</b>											
CaO	۵۵/۲۹	۵۶/۳۷	۵۵/۶۲	۵۴/۵۳	۵۵/۷۶	۵۵/۷۰	۵۵/۷۰	۵۶/۳۳	۵۶/۶۶	۵۵/۳۹	۵۳/۳۷
MgO	۰/۳۴۳	۰/۱۹۱	۰/۲۲۱	۰/۴۱۶	۰/۲۲۴	۰/۳۰۱	۰/۲۹۴	۰/۱۴۱	۰/۱۶۵	۰/۳۱۶	۰/۵۵۷
SiO <sub>2</sub>	۰/۱۴۴	۰/۰۲۵	۰/۳۱۳	۱/۲۴	۰/۲۹۹	۰/۳۰۱	۰/۱۳۸	۰/۰۷۱	۰/۱۲۷	۰/۳۳۰	۲/۴۷
SO <sub>3</sub>	۰/۱۸۹	۰/۰۲۸	۰/۰۵۲	۰/۰۷۷	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۰۹۷			۰/۱۱۶	۰/۱۰۱
ZnO	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷	۰/۰۳۵	۰/۰۸۹	۰/۰۵۵	۰/۰۴۱	۰/۰۷۵	۰/۰۲۷	۰/۰۲۰	۰/۰۶۲	۰/۰۵۸
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			۰/۱۵۲	۰/۲۱۹	۰/۰۶۷	۰/۰۶۴	۰/۰۴۵	۰/۰۹۸	۰/۰۵۱	۰/۱۹۱	۰/۲۲۵
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۰/۰۵۵		۰/۱۲۰	۰/۴۳۸	۰/۱۰۰	۰/۱۰۰	۰/۰۴۷	۰/۰۲۶	۰/۰۴۰	۰/۱۱۰	۰/۷۸۷
Cuo	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵
SrO	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰
MnO			۰/۰۴۷	۰/۱۰۷							
K <sub>2</sub> O			۰/۰۱۶	۰/۰۷۰	۰/۰۱۸	۰/۰۱۶				۰/۰۱۲	۰/۱۳۰
TiO <sub>2</sub>											۰/۰۴۵
LOI	۴۳/۸۸	۴۳/۳۰	۴۳/۳۸	۴۲/۷۳	۴۳/۳۹	۴۳/۳۴	۴۳/۵۵	۴۳/۲۵	۴۲/۸۸	۴۳/۴۱	۴۲/۱۸
Total	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۹۹/۹۴	۹۹/۹۹	۹۹/۹۷	۹۹/۹۸	۹۹/۹۶	۹۹/۹۷	۹۹/۹۷	۹۹/۹۶
سورت رنگ	سفید	سفید	نقره‌ای	نقره‌ای	شکلاتی	شکلاتی	کرم	پوست ماری	مس	قرمز	قرمز



تصویر ۴- تصویر نمونه‌ای از سیم الماسه و سطح مقطع از مهره الماسه.

### ۱-۱۰ روش مناسبه مصرف ویژه سیم و بازدهی سیم برش در

#### ارزیابی استخراج

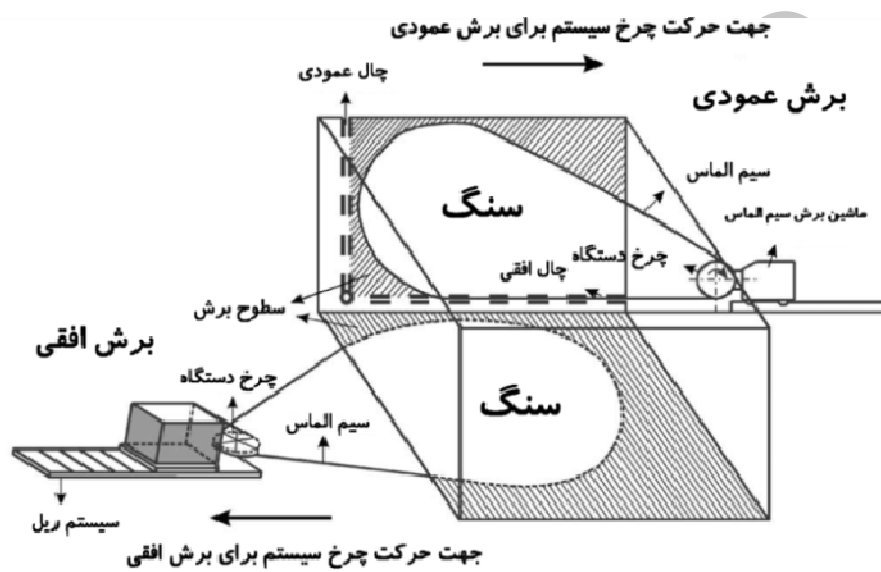
#### ۱-۱۰-۱ بازدهی سیم برش

بازدهی سیم برش؛ میزان سطحی از سنگ است که به واسطه سیم برش در یک ساعت بریده می شود. محاسبات آماری بازدهی سیم برش در جدول ۳ آورده شده است.

#### ۱-۱۰-۲ مصرف ویژه سیم

مقدار متوسط طولی از سیم می باشد که به ازای هر متر مربع از سنگ فرسوده می شود و بستگی به خصوصیات مهندسی سنگ تراورتن،

کیفیت سیم و مهارت اپراتور دارد. در جدول ۲ پارامترهای تأثیرگذار بر بازدهی سیم برش و مصرف ویژه سیم ارائه شده است. برای دستیابی به نتایج دقیق تر یکسری از پارامترها ثابت و دو خصوصیت ماشین برش (سرعت سیم و ابعاد بلوک) به عنوان متغیر در نظر گرفته شدند. در جداول پیوست (پیوست ۱ تا ۹) مشخصات برش شامل سرعت برش، طول سیم، ابعاد و مقدار برش به همراه سرعت برش ذکر شده و خلاصه ای از محاسبات آماری بر گرفته از آنها در رابطه با بازدهی سیم برش و مصرف ویژه سیم در جدول ۳ و تصاویر ۶ و ۷ ارائه شده است.



تصویر ۵- نمودار طرح سیم برش الماسه.

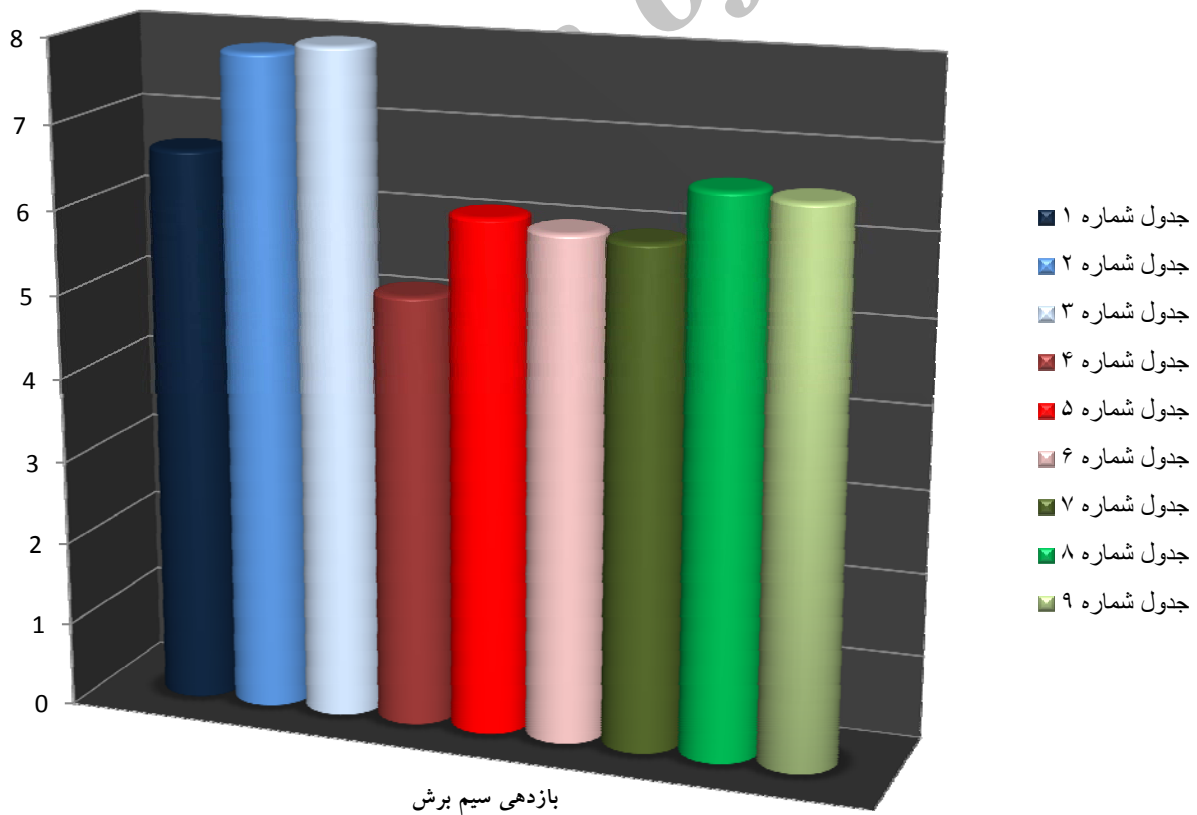
جدول ۲- پارامترهای تأثیر گذار بر بازدهی سیم برش و مصرف ویژه سیم.

خصوصیات زمین شناسی		خصوصیات عملیات برش		خصوصیات ماشین برش	
ثابت	سختی	ثابت	مهارت اپراتور	ثابت	توان دینام
ثابت	میزان کانی های ناپایدار	ثابت	تکنیک های استفاده شده	متغیر	سرعت سیم
ثابت	بافت و ساخت سنگ			ثابت	نوسان برق
ثابت	ترکیب کانی شناسی			ثابت	ساختار سگمنت های الماسه
ثابت	دوام سنگ			ثابت	ارتعاش ماشین
ثابت	مقاومت فشاری			ثابت	جهت و سرعت تزریق آب
ثابت	درصد جذب آب			متغیر	ابعاد بلوک
ثابت	وزن مخصوص			ثابت	نوسان سیم در حین برش

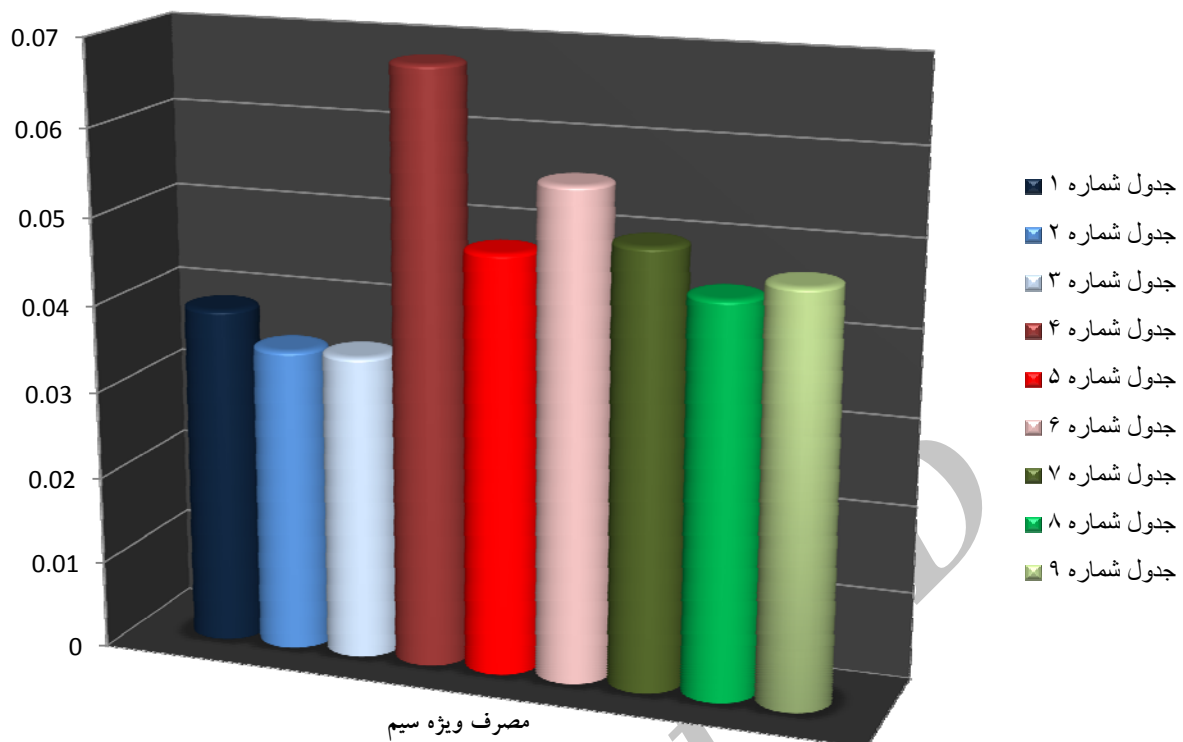


جدول ۳- محاسبات آماری مصرف ویژه سیم و بازدهی سیم برش جداول مذکور

بازدهی سیم برش (متر مربع بر ساعت)	مصرف ویژه سیم (متر بر مترمربع)	جدول شماره
912/137=6.66	36/912=0.039	جدول شماره ۱
1152/147=7.83	40/1152=0.035	جدول شماره ۲
1280/161=7.95	45/1280=0.035	جدول شماره ۳
528/102:30=4.15	36/528=0.068	جدول شماره ۴
832/136=6.12	40/832=0.048	جدول شماره ۵
800/133=6.01	45/800=0.056	جدول شماره ۶
720/120:30=6.61	36/720=0.05	جدول شماره ۷
896/135:30=6.61	40/896=0.045	جدول شماره ۸
960/146:30=6.55	45/960=0.047	جدول شماره ۹
		مجموع



تصویر ۶- نمودار بازدهی سیم برش



مصرف ویژه سیم

تصویر ۷- نمودار مصرف ویژه سیم

این مقاله بهترین ابعاد برش جهت بهینه سازی تولید در زمان عدم وجود ناخالصی را  $10 \times 8$  متر یعنی  $80$  متر مربع و در زمان وجود ناخالصی  $8 \times 8$  متر یعنی  $64$  متر مربع در معدن سنگ تراورتن شرکت احرار سپاهان توصیه می‌کند. در معادن سنگ تراورتن نمی‌توان سرعت برش را به صورت مطلق در نظر گرفت و بایستی با تلفیق علوم زمین شناسی و معدن، بهره برداری از معادن را به صورت بهینه انجام داد.

#### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از هیأت مدیره شرکت احرار سپاهان، آقای فضل‌اله نجفیان مدیرعامل شرکت، آقای رضا سلیمی معاون معادن و آقای عباس شیرانی معاون مالی اداری مترو اصفهان و کلیه عزیزانی که در این پژوهش همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

#### مراجع

رضایی مقدم، م. ح. و قدری، م. ر.، ۱۳۸۹، "نحوه تشکیل و تحول کانال‌های خود ساخته آهکی و نقش آن‌ها در مورفولوژی زمین‌های آهکی (سکوی تراورتنی تخت سلیمان)"، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۸ (۲): ۱-۱۶.

بر اساس نمودار تصویر ۷، در زمان عدم وجود ناخالصی با افزایش ابعاد برش و افزایش سرعت برش، نه تنها کاهش در بازدهی سیم برش و مصرف ویژه سیم ایجاد نمی‌شود، بلکه می‌توان موجبات افزایش راندمان تولید را نیز فراهم نمود و در زمان وجود ناخالصی با توجه به مقدار و نوع آن باید سرعت برش بهینه را بدست آورد.

#### ۱۱- نتیجه‌گیری

یکی از پارامترهای غیر قابل کنترل در سیستم استخراج معادن سنگ تراورتن وجود ترکیبات متفاوت و ناخالصی‌ها می‌باشد. این ترکیبات موجب تغییر در سرعت برش و در نهایت تفاوت در راندمان تولید معادن سنگ تراورتن می‌شوند. که با استفاده صحیح از دستگاه سیم برش می‌توان این پارامتر غیرقابل کنترل را کنترل کرده و با کاهش هزینه‌ها به جمع‌آوری داده‌های لازم جهت سازماندهی استخراج نهایی به شیوه صحیح پرداخت. به عبارت دیگر در زمانی که میزان ناخالصی در سنگ تراورتن کمتر باشد می‌توان با افزایش سرعت کسش سیم و افزایش ابعاد برش موجبات کاهش هزینه‌ها را فراهم نمود، اما این روند را باید تا جایی ادامه داد که شرایط ایمنی کار و توانایی تجهیزات مورد استفاده مد نظر قرار گیرد.

رهبر، ی. و نبوی، م.، ۱۳۶۷، "ویژگی هایی از تراورتن های تزیننی آذرشهر"، اولین سمینار سنگ های نما و تزیننی ایران: ۶۴-۷۳.  
طیبی، ع. و توفیقیان، ح.، ۱۳۸۱، "بررسی و شناسایی باستان شناسی دریاچه تخت سلیمان"، پژوهشکده باستان شناسی سازمان میراث فرهنگی، ۷۴۷ ص.

عارف، س.، ۱۳۷۲، "مطالعات شناسایی منابع آبگرم منطقه تخت سلیمان"، گزارش سازمان آب منطقه ای آذربایجان غربی، ۴۵۴ ص.  
عطایی، م.، ۱۳۸۷، "استخراج سنگ های ساختمانی"، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۲۸۶ ص.

موسوی حرمی، ر. و محبوبی، ا.، ۱۳۷۳، "سنگ شناسی رسوبی"، جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۹۳ ص.

نصراصفهانی، ع. و رئیسی دهکردی، م.، ۱۳۸۷، "پترولوژی تراورتن های جنوب میلاجرد (شمال غرب اردستان، اصفهان)"، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ج ۳۴، ش ۵، ص ۱۶۱-۱۷۶.

**Altunel, E. & Hancock, P. L., 1996**, "Structural attributes of travertine-Filled extensional Fissures in the Pamukkale Plateau, Western Turkey", *International Geology Review* Vol. 38 (8): 763-777.

**Bargar, K. E., 1978**, "Geology and thermal history of Mammoth itot springs, Yellowstone National Park", *Bulletin of the United States Geological Survey, Ser. 1444*: 1-5.

**Chafetza, H. S. & Folk R. L., 1984**, "Travertines depositional morphology and bacterially constructed constituents", *Journal of Sedimentary Research, Vol. 54 (1)*: 289-316.

**Fouke, B.W., Farmaer, J.D., Des. Marais, D.J., Pratt, L., Sturkio, N.C., Burns, P. C. & Discipulo, M.k. 2000**, "Depositional facies and aqueous-solid geochemistry of travertine depositing hot springs", *Journal Sediment Res A Sediment Petrol Process, Vol. 70 (3)*: 189-213.

**Glover, C. & Robertson, A.F.H., 2003**, "Origin of tufacool water carbonate and related terraces in the Antalya area Sw Turkey", *Geological Journal, Vol. 38*: 329-353.

**Marks, J., Parnell, R Carter, C. Dinger, E. & Haden, G., 2006**, "Interaction between geomorphology and ecosystem Process in travertine streams, Implications for decommissioning a dam on Fossil Creek", *Arizona, Geothermics, Vol. 59*: 273-298.

**Mitchell, R. S., 1985**, "Dictionary of rocks", *New York*, 228 pp.

**Pentecost, A. & Viles, H.A., 1994**, "A review and assessment of travertine classification", *Geo. Physics. Quaternary, Vol. 48*: 305-314.

**Pentecost, A., 1995**, "Geochemistry of Carbon dioxide in six travertine depositing waters of Italy", *Journal Hydrology, Vol. 167*: 263-278

### پیوست ۱

جدول شماره ۱

ترکیبات: کربنات کلسیم فاقد آهن و منگنز

ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۲	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۳	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۱۵
۴	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۵	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۶:۴۵
۶	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۷	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۳۰
۸	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۹	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۰	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۳۰
۱۱	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۴۵
۱۲	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۴۵
۱۳	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۱۵
۱۴	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۵	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۶	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۷	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۸	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۱۹	۵۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۱۵
جمع		۳۶		۹۱۲ مترمربع	۱۳۷

### پیوست ۲

جدول شماره ۲

ترکیبات: کربنات کلسیم فاقد آهن و منگنز

ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۲	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۳	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۴	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۵	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸:۳۰
۶	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۷	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸:۱۵
۸	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸:۴۵
۹	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۰	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۹
۱۱	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۲	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۳	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۴	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸:۳۰
۱۵	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۶	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۷	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
۱۸	۵۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۸
جمع		۴۰		۱۱۵۲ مترمربع	۱۴۷

### پیوست ۳

جدول شماره ۳		ترکیبات: کربنات کلسیم فاقد آهن و منگنز				
ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش	
۱	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۹:۳۰	
۲	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۳	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰:۳۰	
۴	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۵	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۶	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰:۳۰	
۷	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۸	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۹	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۰	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۱	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۲	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰:۳۰	
۱۳	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۴	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۵	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
۱۶	۶۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۰	
جمع		۴۵		۱۲۸۰ مترمربع	۱۶۱ متر	

### پیوست ۴

جدول شماره ۴		ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن				
ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش	
۱	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹	
۲	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۱۰	
۳	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹	
۴	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹	
۵	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹	
۶	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹:۳۰	
۷	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹:۳۰	
۸	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹	
۹	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹:۳۰	
۱۰	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹:۱۵	
۱۱	۴۵	۳۶	۸×۶	۴۸	۹:۴۵	
جمع		۳۶		۵۲۸ مترمربع	۱۰۲:۳۰ ساعت	

### پیوست ۵

جدول شماره ۵		ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن			
ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۲	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۳	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۴	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۵	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۶	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۷	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۸	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۹	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۰	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۱	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۱
۱۲	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۳	۴۵	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
جمع	۴۰			۸۳۲ مترمربع	۱۳۶ ساعت

### پیوست ۶

جدول شماره ۶		ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن			
ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۲	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۳	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۴
۴	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳:۳۰
۵	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۶	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳:۳۰
۷	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۸	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۹	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۴
۱۰	۵۰	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
جمع	۴۵			۸۰۰ مترمربع	۱۳۳ ساعت

### پیوست ۷

جدول شماره ۷

ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن و منگنز

ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
۲	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
۳	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
۴	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۵	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
۶	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۷:۳۰
۷	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۳۰
۸	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۷
۹	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
۱۰	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۳۰
۱۱	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۳۰
۱۲	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۱۵
۱۳	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۴۵
۱۴	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸:۳۰
۱۵	۵۰	۳۶	۸×۶	۴۸	۸
جمع		۳۶		۷۲۰ مترمربع	۱۲۰:۳۰

### پیوست ۸

جدول شماره ۸

ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن و منگنز

ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹
۲	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۳	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹
۴	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۵	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۶	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹
۷	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۸	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹:۳۰
۹	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۰	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹:۳۰
۱۱	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۲	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۹:۳۰
۱۳	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
۱۴	۵۰	۴۰	۸×۸	۶۴	۱۰
جمع		۴۰		۸۹۶ مترمربع	۱۳۵:۳۰

## پیوست ۹

جدول شماره ۹

ترکیبات: کربنات کلسیم و ترکیبات آهن و منگنز

ردیف	سرعت برش (A)	طول سیم (متر)	ابعاد برش	مقدار برش (متر مربع)	ساعت برش
۱	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۲	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۳	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۱
۴	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۵	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۶	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۷	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۸	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۹	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۱۰	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۳
۱۱	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲
۱۲	۵۵	۴۵	۸×۱۰	۸۰	۱۲:۳۰
جمع	۴۵			۹۶۰ مترمربع	۱۴۶:۳۰