کاوش نامه

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسین مشاور کاوشگران

شماره ۳ - بهار ۱۴۰۰

SCAN ME

خبرنامه تخصصی شرکت مهندسین مشاور کاوشگران

سهامی خاص- ۱۳۶۲

*صاحب امتیاز: شرکت مهندسین مشاور کاوشگران
*مدیر مسئول: محمدرضا اسفندیاری
*سردبیر: سامان نقی‌خانی
*طراح: الناز قلعه

نشانی: انتهای ستاری شمال- خیابان زیتون- نبش چمران- کوچه ارغوان یکم- پلاک ۴
تلفن: ۴۴۸۰۶۰۷۰
فکس: ۴۴۸۰۸۱۶۶
ایمیل: info@kce.ir
سایت: www.kce.ir

مطالب مهم این شماره

۰۱ عناصر نادر خاکی، منابع ارزشمند عصر صنعتی جدید
دکتر زهره یاقوتی

۰۲ رویکردی بر انرژی‌های پاک و صنایع معدنی
دکتر مهرداد عاشقی

۰۳ فرآیند پاسخی برای مشکلات موجود در لیچینگ سیانیدی کانسنگ طلا مس
دکترمحمدمهدی رویایی

۰۴ تهیه فلز به روش ذوب و احیا
مهندس ابوالقاسم امامی

۰۵ مطالعات زمین‌شناسی و پایداری شیب معدن
مهندس علی‌اکبر شانوازلو

۰۶ بررسی استراتژیک برخی از فلزات مهم
مهندس فرزانه اسفندیاری

۰۷ بهترین ویژگی‌های نرم‌افزارهای بهینه‌سازی که احتمالا استفاده
مهندس علی عقیاتی

۰۸ ارزیابی پتروفیزیکی و زون‌بندی مخزنی با استفاده از نمودارهای چاه‌پیمایی در سازند آسماری میدان نفتی شادگان
مهندس کامیار حیدرزاده

سخن سردبیر

عقربه زمان به روال همیشگی خود چرخید تا بهاری تو را تجربه کنیم، تا دوباره به یاد آوریم بهار پس از زمستان، و حیات پس از مرگ را؛ تا به یاد آوریم قدرت بی‌نظیر خداوند را. گذر زمان همواره با پیشرفت چشم‌گیر علم و صنعت، ارتقا تکنولوژی و به تبع آن، افزایش سطح کیفی زندگی همراه بوده است. در این بین، بهره‌برداری‌های روزافزون از منابع ارزشمند زمین و مصارف گسترده انرژی، محدودیت‌های مختلفی را در عرصه صنعت و تولید جهانی ایجاد می‌کند. در این میان، علوم مهندسی اهمیت و نقش غیرقابل‌انکار خود را بیش از پیش به جامعه‌ی بشری نشان داده و پیوسته راه‌کارهای ارزشمندی را برای مقابله با گلوگاه‌های پیش‌روی عصر صنعتی ارائه داده‌اند. نقش چشمگیر این راه‌کارها را در زندگی بشر می‌توان در تعبیر جالب دکتر دایکس از مقوله‌ی مهندسی دریافت: "علم مهندسی، هنر مدلسازی مواد و مصالح که ما به خودی خود قادر به درک آن‌ها نیستیم به اشکالی است که به تنهایی قادر به تحلیل‌شان نیستیم و با استفاده از آن‌ها درمقابل نیروهایی مقاومت می‌کنیم که نمی‌توانیم آن‌ها را به درستی ارزیابی کنیم." شرکت مهندسین مشاور کاوشگران بر آن است تا با تکیه بر پیشینه‌ی پرافتخار خود، و با بهره‌گیری از دانش متخصصین و مهندسین مجرب، همچون گذشته خدمات مهندسی خود را به جامعه‌ی صنعتی ارائه داده و بتواند سهمی هرچند اندک، اما کارآمد و سازنده را در بهره‌روی بیش‌تر از منابع و پتانسیل‌های موجود در جهت رشد صنعتی و اقتصادی کشور داشته باشد، که در نهایت منجر به مهم‌ترین هدف همگی‌مان خواهد شد: آبادانی سرزمین عزیزمان ایران.

کاوشگران

شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، سعی نموده نقشه راه همیشگی خود را که تمرکز بر کیفیت، صداقت، اخذ اعتماد، مشتری‌مداری، تعهد به رعایت استانداردهای ایمنی و محیط زیست و نهایتاً حفظ و توسعه جایگاه شرکت در ارایه خدمات مهندسی و مشاوره در عرصه معادن و صنایع در کشور بوده را حفظ نماید ضمن آن که به موازات، فعالیت‌های خود را در عرصه‌های نوین و جدید نیز، توسعه دهد.

تاسیس

۱۳۶۲

متخصصین

۱۷۱ نفر (۲۸نیروی خانم و ۱۶۲ نیروی آقا)

پروژه‌ها

بیش از ۷۰۰ پروژه

همکاری

بیش از ۴۰ شرکت و موسسه همکار داخلی و خارجی

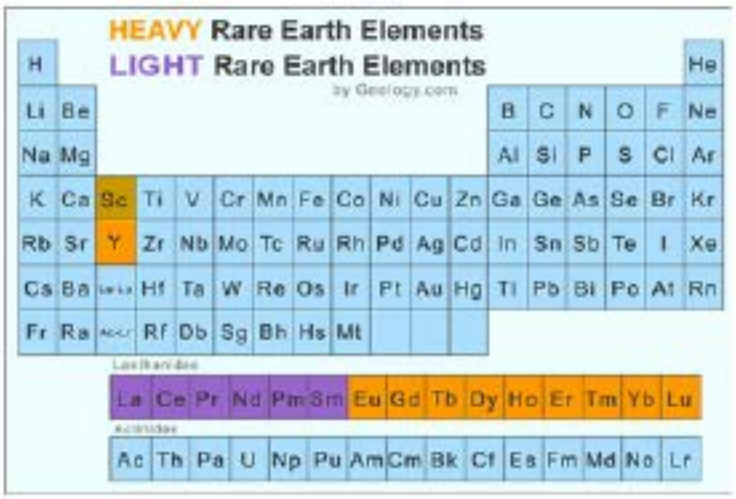
رفتار هوشمند در بخش صنایع و پرهیز از فعالیت های جزیره ای، حلقه مفقوده می باشد، ما بدنبال فرهنگ سازی و بستر سازی در صنایع مختلف برای بهره گیری و استفاده از تکنولوژی روز دنیا به همراه رفتاری هوشمند می باشیم.

عناصر نادر خاکی، منابع ارزشمند عصر صنعتی جدید

زهره یاقوتی
دکتری زمین‌شناسی

- مقدمه

عناصر نادر خاکی (REEs) شامل ۱۷ عنصر جدول تناوبی مندلیف (۱۵ عنصر خانواده لانتانیدها به‌اضافه دو عنصر ایتریم و اسکاندیم) می‌باشد. عناصر خانواده لانتانیدها، اعداد اتمی ۵۷ تا ۷۱ از جدول تناوبی را به‌خود اختصاص داده‌اند که به‌ترتیب افزایش عدد اتمی عبارتند از: La (57), Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu (71 با توجه به خصوصیات مشابه عناصر اسکاندیم (Sc) با عدد اتمی ۲۱ و ایتریم (Y) با عدد اتمی ۳۹ این عناصر به‌ویژه ایتریم را در زمره عناصر نادر خاکی طبقه‌بندی می‌کنند. پرومتیوم یکی از عناصر گروه لانتانیدها می باشد که رادیواکتیو است. به استثناء رخدادهای بسیار کم این عنصر در طبیعت، اکثر موارد موجود به صورت تجاری در آزمایشگاه تولید شده است.



عناصر کمیاب خاکی (REE) اولین بار در سال ۱۷۸۸ کشف شدند.

تولید عناصر نادر خاکی(REE) جهانی در حال حاضر عمدتاً در چین و استرالیا متمرکز است. این کشورها به‌ترتیب ۸۵ و ۱۰ درصد مشارکت در تولید را، در سال ۲۰۱۶ داشتند. تولید جهانی سالانه REE قبل از دهه ۱۹۵۰ کمتر از ۵ هزار تن اکسید عناصر خاکی کمیاب (REO) بود و تا دهه ۱۹۶۰ حتی در زندگی روزمره ما به‌ندرت مورد استفاده قرار می‌گرفت. از دهه ۶۰ میلادی به تدریج حضور عناصر نادر خاکی در زندگی روزمره نمود پیدا کرد، به عنوان مثال در تولید صفحات تلویزیون، صنعت نفت، سیستم‌های رایانه‌ای و ... . بنابراین در چند دهه‌ی آینده نیاز به این عناصر به شدت افزایش می‌یابد.

فراوانی عناصر

عناصر نادر خاکی (به جز پرومتیم و عنصرهای پرتوزا) برخلاف نامشان در زمین بسیار فراوان‌اند. برای نمونه سریم ۲۵امین عنصر فراوان است که غلظت آن ۶۸ ppm و برابر با مس است. این عنصرها به دلیل ویژگی‌های ژئوشیمیایی در زمین بسیار پراکنده‌اند و در یک ناحیه به اندازه کافی متمرکز نیستند. در نتیجه جستجو و بهره‌برداری از آن‌ها بسیار پرهزینه است، لذا تحت عنوان عناصر نادر خاکی نام‌گزاری گردیده‌اند. در شکل زیر فراوانی عناصر شیمیایی در پوسته زمین آورده شده است. در این شکل عناصر به صورت زیر تقسیم بندی شده‌اند:

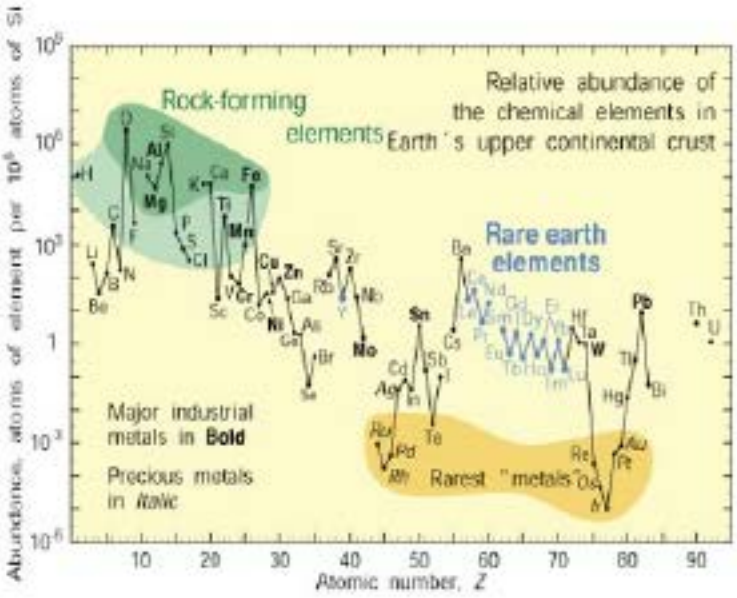
۱- عناصر سنگ ساز (عناصر اصلی در زمینه سبز پررنگ، عناصر فرعی در زمینه سبز کمرنگ قرار گرفته‌اند)

۲- عناصر نادر خاکی گروه لانتانیدها La- Lu و Y (با رنگ آبی توشته شده است)

۳- فلزات اصلی صنعتی(تولید جهانی بیش از ۱۰۷* ۳ کیلوگرم در سال) به‌صورت پررنگ توشته شده‌اند.

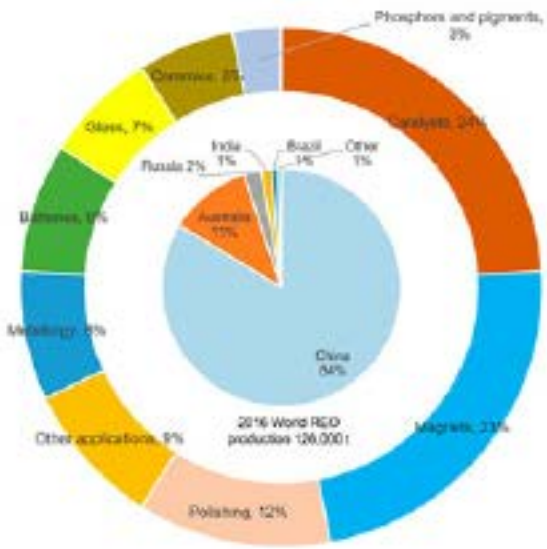
۴- فلزات گرانبها (به‌صورت مورب توشته شده‌اند).

۵- عناصر بسیار کمیاب گروه پلاتین به علاوه Au, Re, Te (در زمینه نارنجی)



موارد کاربرد

به دلیل همسانی زیادی که میان عناصر گوناگون REE وجود دارد، جدا کردن آن‌ها دشوار بوده و کاربرد آن‌ها نیز به طور عمده براساس خواص مخلوطی از چند عنصر است. به عنوان مثال توریوم با REE همراه خود، نخستین بار در سال ۱۸۰۰ در ساخت پوشش لامپ‌های گازی استفاده گردید. در ادامه خلاصه‌ای از کاربرد عناصر REE آورده شده است. تزدیک به ۲۴ درصد از عناصر نادر خاکی به عنوان کاتالیزور در پالایش نفت خام استفاده می‌شوند. افزودن ۱ تا ۵ درصد از کلرید عناصر نادرخاکی به کاتالیزورهای زئولیتی باعث افزایش قابلیت کاتالیزوری آن می‌شود. عناصر نادرخاکی در تبدیل‌کننده‌های کاتالیزوری در اتوموبیل نیز استفاده و باعث افزایش اکسیدشوندگی مواد آلوده‌کننده می‌شوند. تزدیک به ۱۲ درصد از عناصر نادرخاکی در صنایع شیشه و سرامیک به عنوان اجزا صیقل‌دهنده، عامل رنگ زدا، جذب کننده اشعه ماورا بنفش، عامل ضد سرخ شوندگی، عامل رنگ در سرامیک و شیشه، به عنوان مواد افزودنی به سرامیک‌های ساختمانی، و در عدسی‌ها و شیشه‌های توری استفاده می‌شوند. تزدیک به ۸ درصد آن‌ها در متالورژی کاربرد دارد به عنوان متال در صنعت فولاد به عنوان Mischmetal که از الکترولیز مخلوط کلرور بدون آب این عناصر بدست می‌آید کاربرد دارند. افزودن میکس متال‌ها به فولاد جهت استحکام و مقاومت بالا در جهات طولی و عرضی به صورت یکسان و همچنین گوگردزدایی و اکسیدزدایی می‌باشد. یکی دیگر از موارد کاربرد عناصر نادرخاکی که اخیراً گسترش یافته است تولید مغناطیس دائمی است. مغناطیس‌های دائمی ساماریوم- کبالت (SmC5- Sm2CO17) دارای کاربردهای صنعتی، نظامی و هوافضا هستند، در حالی که مغناطیس‌های ارزانتر نئودیمیوم- آهن- بر (Nd2Fe14b) در استارت اتومبیل، برف‌پاک‌کن اتومبیل و ماشین‌های دیگر، مغناطیس‌های پزشکی، موتورهای صنعتی، درایور دیسک کامپیوتر، و موتور دوربین‌ها استفاده می‌شوند. در شکل زیر میزان تولید و مصرف عناصر نادر خاکی در صنایع مختلف آورده شده است.



مطالعات اکتشافی عناصر نادر خاکی در ایران

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات انجام شده، در حال حاضر در ایران معدن شناخته شده‌ای با تولید عناصر نادر خاکی موجود نبوده و همچنین هیچگونه فعالیت اکتشافی سیستماتیک بر روی عناصر نادر خاکی در این زمینه صورت نپذیرفته است. بیشتر اطلاعات درباره این عناصر محدود به گزارش‌های پراکنده و موردی می‌باشد. عمده مطالعات در این زمینه به صورت موردی در زون ایران مرکزی، ذخایر آهن مگنتیتی معدن چغارت واقع در بافق، سنگ‌های آلکالن جزیره اسلامی، آهن و آپاتیت‌های جزیره هرمز، تیتانیوم کهنوج، توده‌های گرانیتوئیدی یزد، آذربایجان و مشهد و دایک‌های مرتبط با آن، سرخه دیزج، مروارید، ذاکر استان زنجان، معادن سرب، روی و فسفات اسفوردی و در نهایت پلاسرهای مرتبط با سازند شمشک در مروست یزد انجام گردیده است.

پروژه های انجام شده در شرکت مهندسین مشاور کاوشگران

در سال ۱۳۹۴ شرکت مهندسین مشاور کاوشگران با سازمان صنعت، معدن و تجارت مازندران، در محدوده‌ای به وسعت ۵۴۰۰ کیلومتر مربع در شمال ایران، اقدام به پتانسیل‌یابی اولیه، جهت شناسایی کانی‌های فلزی و عناصر نادر خاکی نمود. در طی این عملیات اکتشافی که مشتمل بر مراحل ایجاد سامانه اطلاعات جغرافیایی مکانی توصیفی (GIS)، مدلسازی اکتشافی و (عملیات کنترل زمینی) بود، اقدام به جمع‌آوری کلیه اطلاعات دربرگیرنده محدوده مورد بررسی مشتمل بر نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، ژئوفیزیک هوایی، گزارش‌ها و نقشه‌های ژئوشیمیایی و اکتشافی، پایان‌نامه، مقالات، موقعیت اندیس‌های معدنی و کالک‌های اکتشافی گردیده و پس از تدوین بانک اطلاعات اکتشافی، تلفیق و مدلسازی داده‌ها، تعداد ۱۵ محدوده مستعد با اولویت‌های اول و دوم اکتشافی جهت کنترل زمینی معرفی گردید. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعات تعداد ۵ محدوده از نظر حضور مقادیر آنومالی و نسبتاً با ارزشی از عناصر نادر خاکی و همچنین رخداد آثار کانی‌سازی عناصر فلزی مستعد شناسایی گردیده‌اند. شناسایی حضور مقادیر آنومالی عناصر نادر خاکی به‌خصوص در رخنمون توده‌های نفوذی بروزد یافته در این محدوده‌ها به اهمیت آن‌ها می‌افزاید. به‌طوریکه میزان محتوای عناصر سریم و لانتانیوم در نمونه‌های سنگی اخذ شده از توده‌های نفوذی به ترتیب در حدود ۱۵۰-۱۹۰ ppm و ۱۱۲-۱۳۷ ppm بوده که این مقادیر بیش از دو برابر حد زمینه جهانی این عناصر می‌باشند. یکی دیگر از پروژه‌هایی که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران در سال ۱۳۹۷، در تحقیقات آن فعالیت داشت، مرتبط با زغالسنگ‌های محدوده اکتشافی پروده طبس بود که در طی این مطالعه تعداد ۱۰ نمونه از زغالسنگ‌های طبس برداشت شدند و در آزمایشگاه کانساران بینالود، مورد بررسی و آنالیز قرار گرفتند. نمونه‌های زغال توسط دو نوع آنالیز مورد آزمایش قرار گرفتند که در زیر به نحوه آنالیزها اشاره می گرد:

* **آنالیز تقریبی (Proximate Analysis)**

انجام این آنالیز مطابق دستورالعمل ASTM D3172 انجام و مقدار رطوبت (Moisture Content)، محتوای خاکستر (Ash Content) مواد فرار (Volatile Matter) و میزان کربن (Fixed Carbon) گزارش گردید (جدول زیر).

در سنجش مقدار رطوبت از دستورالعملASTM D3173 ، در سنجش میزان خاکستر زغال از دستورالعمل ASTM D3174 و در سنجش میزان مواد فرار از دستورالعمل ASTM D3175 استفاده شد.

ردیف	شماره نمونه	Moisture	Volatile	Ash	Fixed Carbon
1	PBB-01	4.58	20.27	72.08	3.07
2	PBB-02	2.92	12.43	81.84	2.81
3	PBB-03	2.65	13.64	81.03	2.68
4	PBB-04	5.83	20.40	64.22	9.55
5	PBC-01	2.70	17.29	78.60	1.41
6	PBC-02	2.99	21.52	73.64	1.85
7	PBC-03	8.09	25.92	58.59	7.40
8	PBC-04	7.74	25.08	51.83	15.35
9	PBC-05	5.16	20.73	66.07	8.04
10	PBC-06	4.24	23.42	60.23	12.12

* **آنالیز خاکستر (Ash Analysis)**

برای انجام این آنالیز ابتدا مراحل لازم جهت آماده‌سازی خاکستر زغال (Preparation of Coal Ash) صورت پذیرفت و سپس خاکستر تهیه شده مطابق دستورالعمل ASTM D6357 جهت آنالیز عناصر نادر خاکی (Rare Earth Ele-ment)و Trace به روش ICP (MS) مورد آنالیز قرار گیرد.

مقایسه میانگین عناصر نادرخاکی در زغالسنگ های پروده طبس با سایر زغالسنگ های ایران و جهان

نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های زغالسنگ پروده طبس با میانگین عناصر نادرخاکی در پوسته زمین، زغالسنگ‌های آمریکا، و زغالسنگ‌های چین مقایسه گردید و مشخص شد که میزان عناصر نادر خاکی در زغال‌سنگ‌های مطالعه شده در طبس از مجموع عناصر نادر خاکی در زغال‌سنگ‌های آمریکا و چین کمتر می باشد. بدیهی است به منظور بررسی دقیق‌تر، احتیاج است که تعداد نمونه بیشتر از بخش‌های مختلف و همچنین خاکستر زغالسنگ‌های نقاط مختلف ایران برداشت گردد و با میزان آن در خاکستر زغالسنگ کشورهای مختلف مقایسه شود تا بتوان به نتیجه قابل استنادی دست یافت.

نمودار مقایسه ای از مقادیر میانگین عناصر نادرخاکی در خاکستر زغالسنگ های طبس با جهان

رویکردی بر انرژی‌های پاک و صنایع معدنی

مهرداد عاشقی
دکتری مکانیک

دو اصل فراموش شده ولی جدایی ناپذیر: صنایع، محیط زیست و وابستگی آن‌ها به یکدیگر، نقش به‌سزایی در تحقق توسعه پایدار و حفظ محیط زیست را دارا می‌باشند. با توجه به گستردگی چشم‌گیر صنایع، به‌خصوص صنایع معدنی پیشرفته انتظار می‌رود که شاهد سیاست‌گذاری‌های عمیق‌تری در جهت استفاده از انرژی‌های سبز که به سهولت در دسترس همگان قرار می‌گیرد باشیم. دست‌یابی هرچه بیشتر به این فن‌آوری و استفاده عمومی از آن در بیشتر صنایع، علاوه بر صرفه اقتصادی، نقش تعیین کننده در حفظ محیط زیست را نیز دارد .

جامعه‌ی جهانی، روز به روز در حال نزدیک‌کردن وابستگی صنایع به یکدیگر می‌باشد. در جهت این یکپارچه‌سازی، به طور حداکثری، از تمامی ظرفیت‌های موجود در ارتباط صنایع به یکدیگر استفاده می شود. با نظر به این‌که تنگ‌ترکردن حلقه صنایع و ارتباط آنها با یکدیگر، امروزه در سراسر جهان، منتقدین و موافقینی دارد، اما بشر امروزه ناگزیر از این ادغام و کوچک‌سازی صنایع از حیث گستردگی زمینه‌های فعالیت می‌باشد. بررسی روند اقدامات سردمداران ابر صنایع پیشرفته و پرقدمت در کشورهای توسعه‌یافته، خود گواه بر این موضوع می‌باشد، و البته از طرف دیگر، انحطاط صنعتی برخی کشورهای جهان سوم، که تولیدمحور نبوده و تکیه اصلی آنها بر منابع تجدیدناپذیر طبیعی می‌باشد، موید بزرگی بر تبدیل غول‌های بزرگ اقتصادی با تداوم یکپارچه‌سازی و ارتباط صنعتی در زمینه‌های گوناگون به یکدیگر می‌باشد. از عمده فعالیت‌های پر اهمیت و پر چالش در روند توسعه اقتصادی در جهان، صنایع معدنی، و بالاخص بهبود اقدامات علمی و عملی فرآیندهای فرآوری پس از استحصال مواد معدنی می‌باشد. در بررسی‌های علمی - آماری به‌عمل‌آمده و نیز با رجوع به مطالعات میدانی انجام شده در روند بازدهی عمده صنایع معدنی موفق و پیشرفته در جهان، به وضوح قابل رویت است که کلید واژه افزایش بهره‌وری

و نیز به تبع آن، دست‌یابی به موفقیتهای چشم‌گیر اقتصادی، نگاه وابسته‌محور صنایع به همدیگر، در طول فرآیندهای پیش، حین و پس از استحصال مواد معدنی می‌باشد .

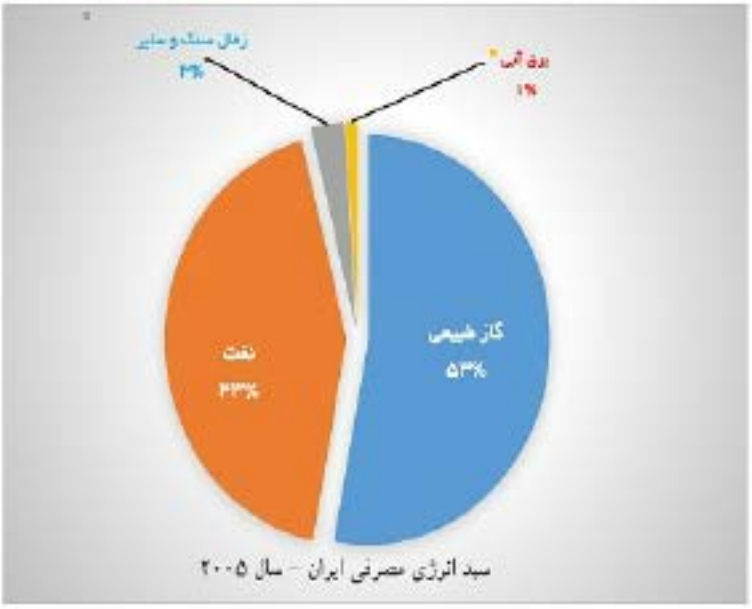
از طرف دیگر، روزبه‌روز شاهد حرکت روز افزون جامعه جهانی به سمت انرژی‌های نو، به عنوان بخش بزرگ دیگر اقتصاد پایدار می‌باشیم. بر همگان محرز است که انرژی‌های نو در تمامی زمینه‌های صنعتی، اقتصادی، محیط زیستی و نیز دیگر زمینه‌های پیشرفته، نه تنها زندگی بشر را تحت تاثیر خود قرار داده، بلکه درصد بالایی از فعالیت‌های پر رونق اقتصادی را نیز تحت اختیار و مرزبندی خود قرار داده است.

اهمیت انرژی‌های نو در صنایع، آن‌جا مشخص می‌گردد که بخش اعظم افکار عمومی که به‌صورت مستقیم در چرخه اقتصاد پایدار و تولیدات آن حضور چندان و چشمگیری نداشته و صرفا جنبه مصرف‌گرایی این جامعه به صورت مستقیم مطرح بوده، در زمینه انرژی‌های نو، چه در بحث تولید و چه در بخش مصرف آن به دلیل انتظار اکثریت جامعه، از پیشرفت انرژی‌های نو در جهت حفظ محیط زیست، استقبال بیشتری از کاربرد و گستردگی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در تمامی صنایع را به عنوان شیوه‌های نوین زندگی پیشرفته پذیرفته و به بهبود آن اهتمام می‌ورزند.

در راستای قوانین و معاهدات بین‌المللی در زمینه حفاظت از زمین و به تبع آن استفاده حداکثری از انرژی‌های سبز، صنایع بزرگ دنیا، روزبه‌روز بر نقش محیط زیست و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تاکید بیشتری داشته و اقدامات موثری نیز در این زمینه در حال انجام، و همچنین در دست بهینه‌سازی فعالیت‌ها به صورت چشمگیر می‌باشند.

فعالیت های موثر و تثبیت شده در زمینه انرژی‌های نو ، با توجه به وفور منابع موجود و بی‌پایان‌بودن آن‌ها ، زمینه‌های بسیار زیادی را در بر می‌گیرد ، که با توجه به نوع فعالیت صنعتی انجام شده، به ذکر پاره‌ای از آنها پرداخته می‌شود.

- استفاده از انرژی ژئوترمال
- استفاده از نیروی باد
- استفاده از انرژی خورشید
- استفاده از نیروی هیدرولیکی هدر رفته سیال در جریان‌های دریایی و رودخانه‌ای
- استفاده از بیو مس به عنوان منبع تجدیدپذیر انرژی



سبد انرژی مصرفی ایران – سال ۲۰۰۵

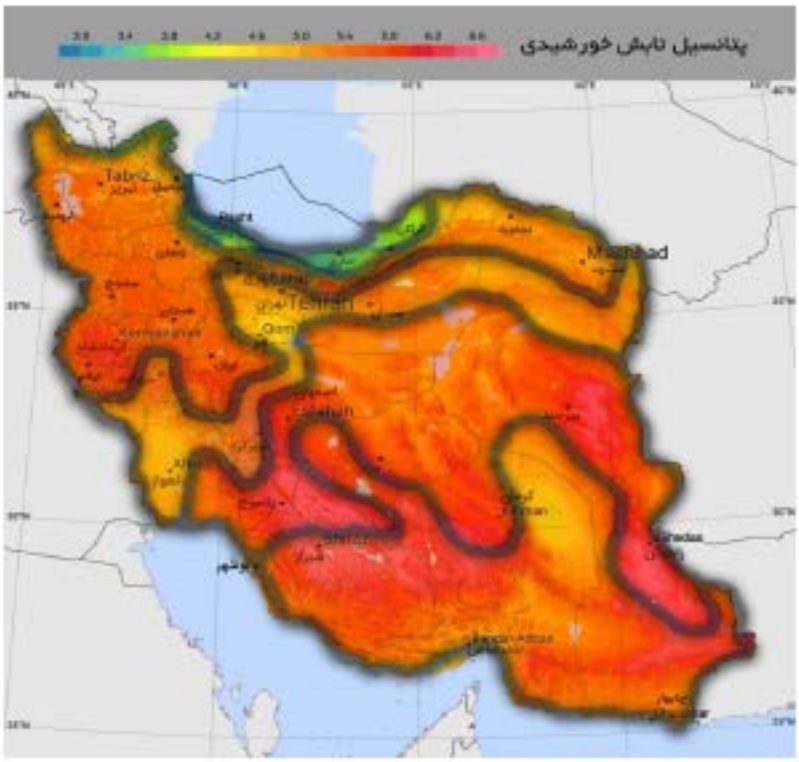
لازم به توضیح است که این انرژی‌ها ، به دلیل پاک‌بودن، دوست‌دار محیط زیست و بی پایان بودن، و همچنین به دلیل شرایط دسترسی زیاد و آسان، و صرفه دوگانه‌ی اقتصادی- محیط زیستی فراوان در زندگی بشر، آینده زمین، ثبات و پایداری اقتصادی صنایع بزرگ را دارا می‌باشند.

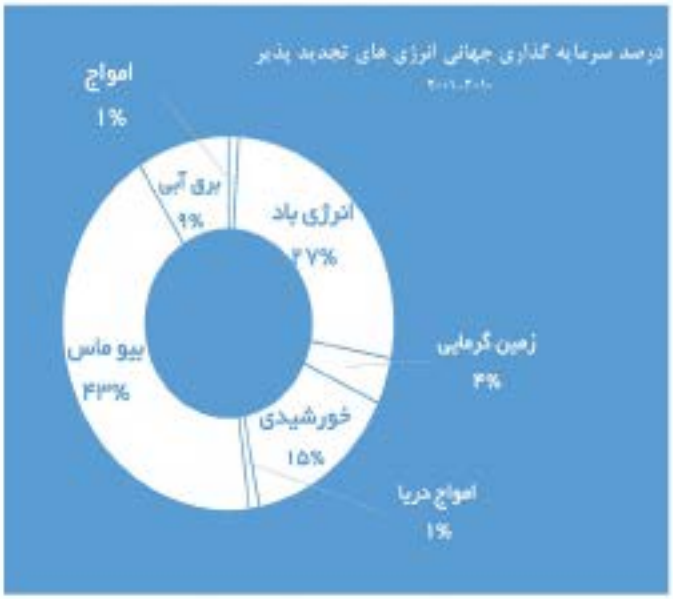
حسب نیاز و کارایی جذب و استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، برنامه‌های جامعی در صنایع بزرگ جهت به‌روزرسانی فرآیندهای انجام شده در آن‌ها صورت گرفته و کم و بیش، از برخی از این روش‌ها در کارخانجات پیشرفته و موفق استفاده می‌گردد.

در کشور ما نیز، رفته‌رفته شاهد افزایش چشمگیر اعتقاد به برداشت انرژی‌های تجدیدپذیر و به تبع آن، حفظ محیط زیست و داشتن جامعه و زمین پاک و سبز را شاهد هستیم و در میان این خیز عمومی، به مرور نقش صنایع بزرگ البته با سرعت بسیار کند و نگرانی‌آور در تامین منابع انرژی از منابع نامحدود انرژی‌های نوین را شاهد هستیم. دو اصل جدایی ناپذیر و اما فراموش گشته در صنعت رو به رشد کشورمان، صنایع معدنی و رویکرد جامع در تخصیص منابع پاک انرژی در این زمینه فعالیت پر رونق می‌باشد. متاسفانه در سالیان گذشته و از بدو پیدایش صنعت پر بازخورد معادن در ایران، امر به کارگیری منابع رایگان و بی‌پایان انرژی‌های نو در هاله‌ای از فراموشی قرار داشته است. با توجه به گستردگی روزافزون صنایع معدنی در کشورمان با وجود دارا بودن از منابع متعدد و حیاطی نهفته در دل طبیعت، این انتظار می‌رود که همت عمومی و سیاست‌گذاری کلان در تامین انرژی بخشی از این معادن و کارخانجات، به سمت و سوی جهانی‌شدن و استفاده پایدار از منابع بزرگ زیست انرژی سوق داشته و از طرفی جنبه زیست محیطی آن نیز در نظر گرفته شده و علاوه بر صرفه‌های اقتصادی در کاهش تامین هزینه‌های انرژی مورد نیاز، شاهد بهبود فعالیت‌های صنایع یاد شده در جهت حفظ و سلامت محیط زیست به معنای واقعی و اثر بخش باشیم. اقدامات و فن‌آوری‌های عمومی در صنایع بزرگ معدنی، جهت تامین انرژی مورد نیاز برای استحصال و فرآوری مواد معدنی، به طور گسترده شامل به‌کارگیری سوخت‌های فسیلی به عنوان بخشی از منابع تجدیدناپذیر و پرهزینه در صنایع اصلی کشور- می‌باشد و شوربختانه رد پای چنداتی از انرژی‌های سبز به چشم نمی‌خورد .

از طرف دیگر ، جامعه‌ی مصرفی امروزی، به وفور با تولید زباله‌ها و عدم بازیافت و استفاده از انرژی بیومس (زیست توده) آن، در تولید کربن‌دی‌اکسید و رهاسازی این گاز گلخانه‌ای در اتسمفر و گرمایش زمین، انباشت زباله‌ها بر روی سطح زمین، آلوده‌سازی هوا و آب‌های زیرزمینی، شرایط زندگی سالم بر روی زمین را هم برای خود به عنوان بخشی از زنجیره و چرخه طبیعی زندگی، و هم برای محیط زیست، جانوران و گونه‌های گیاهی با آسیب و خطرات جدی فراوانی روبه‌رو کرده است. صنایع معدنی نیز از این نگرانی مستثنا نبوده و همانگونه که در پروسه‌های فرآیندهای مداوم، کارکرد این صنایع مهم به چشم می‌خورد، علاوه بر عدم به‌کارگیری انرژی‌های سبز و استفاده از سوخت‌های فسیلی و به تبع آن آزادسازی گازهای آلاینده در محیط زیست و نیز گرمایش زمین، رهاسازی آلاینده‌های خطرزا و آسیب‌رسان به طبیعت در حین فعالیت‌های روزمره فرآوری و استخراج معادن و حتی پسماندهای تولیدی نیروهای کار فعال در این صنایع، خطرات بسیار طولانی و تاثیرگذاری را بر دل محیط زیست گذاشته است . در صورتی‌که با داشتن رویکرد اساسی در این صنایع نسبت به بازیافت پسماندهای حاصل از فعالیت‌های یادشده ، جنبه دوگانه برد - برد (تامین انرژی مورد نیاز حفظ محیط زیست) ایجاد خواهد گردید . با گستردگی اهتمام ویژه‌ی مدیران صنایع بزرگ، و نیز مطالبه‌گری جامعه به عنوان بخش بزرگی از هدف کارکرد صنایع یاد شده و نیز افزایش آگاهی عمومی در ارتباط با پتانسیل استفاده از انرژی‌های پاک، در تمامی زمینه‌های اقتصاد پایدار، انتظار این می‌رود که صنایع بزرگ، با تهیه و تدوین راهکارهای علمی و استفاده از تجربیات انجام شده در زمینه انرژی‌های سبز تجدید پذیر،

در داخل کشور، روزبه‌روز با افزایش سرعت حرکت به سمت جذب انرژی‌های نو و همچنین استفاده از پسماندهای تولید شده در حین فرآیندهای صنعتی خود، به عنوان بخش بزرگی از منبع تامین انرژی و همچنین تداوم فعالیت‌های تجات‌بخش محیط زیست و زمین پاک مواجه شده و در نتیجه آن، علاوه بر صرفه اقتصادی، شرایط زندگی بهتری برای زمین فرآهم گردد.





میزان تولید برق زمین گرمایی		
ردیف	کشور	ظرفیت (مگاوات)
۱	آمریکا	۳۰۲۰
۲	فیلیپین	۱۹۳۱
۳	ایتالیا	۷۹۰
۴	مکزیک	۹۵۳
۵	اندونزی	۸۰۷
۶	ژاپن	۵۶۱
۷	نیوزلند	۴۲۱
۸	ایسلند	۲۰۰
منبع : geothermal.gov		

مقایسه هزینه سرمایه گذاری ساخت و برق تولیدی نیروگاه های مختلف

نوع نیروگاه		ظرفیت	هزینه احداث (دلار بر کیلو وات)	هزینه برق تولیدی (سنت بر کیلو وات ساعت)
خورشیدی	مستقل جدا از شبکه	۱۰۰-۲۰۰ وات	۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰	۳۰ تا ۶۰
	پنل های خورشیدی	حداکثر ۲۵ کیلو وات		۲۰ تا ۸۰
	گرمای خورشیدی متمرکز	۵ تا ۱۰۰ مگاوات TROUGH ۱۰ تا ۲۰ مگاوات TOWER		۱۲ تا ۱۸
بادی	زمینی	۱ تا ۳ مگاوات برای هر توربین	۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰	۵ تا ۸
	دریایی	۱.۵ تا ۵ مگاوات برای هر توربین		۸ تا ۱۲
	کوچک جدا از شبکه	۱ تا ۱۰۰ کیلو وات		۱۵ تا ۲۵
آبی	کوچک خارج شبکه	۱ تا ۱۰ مگاوات	حداکثر ۱۲۰۰ با احتساب هزینه احداث سد	
	کوچک متصل به شبکه	۱۰۰ کیلو وات تا ۱ مگاوات		
	متوسط خارج شبکه	۱۰ تا ۱۸۰۰۰ مگاوات		
	بزرگ متصل به شبکه	۱ تا ۱۰۰ مگاوات		
زمین گرمایی		-	۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	۷ تا ۲۰
گازی		-	۴۰۰ تا ۲۰۰	بستگی به قیمت سوخت دارد
حرارتی زغال سنگ		-	کمتر از ۲۰۰۰	۴ تا ۵
سیکل ترکیبی		-	۷۰۰ تا ۹۰۰	بستگی به قیمت سوخت دارد
هسته ای		-	۱۲۰۰ تا ۱۰۰۰	۲ تا ۳

فرآیند SART پاسخی برای مشکلات موجود در لیچینگ سیانیدی کانسنگ طلا-مس

محمدمهدی روبایی
دکتری فرآوری موادمعدنی

مشکل از جایی آغاز گردید که برخی از کانسارهای طلا حاوی مقدار قابل توجهی مس با قابلیت انحلال‌پذیری بالا توسط محلول سیانیدی بودند. این محلول در اصل باید برای انحلال طلا مصرف می‌گردید اما حضور مس در کلیه مراحل فرآیند استحصال طلا رقیبی جدی برای آن می‌باشد. حضور مس در یک کانسنگ طلا می‌تواند به شکل کانی‌های مختلف آن باشد و بسته به نوع کانی و شرایط عملیاتی (دانه‌بندی ذرات، نوع عملیات، عیار مس، زمان لیچینگ و ...) ممکن است تا ۹۰ درصد از آن توسط سیانید حل گردد که این نشان از قدرت بالای انحلال مس در محلول سیانیدی دارد. حضور این فلز به‌دلیل بروز مشکلاتی نظیر مصرف بالاتر سیانید، افزایش غلظت سیانید در باطله لیچینگ، کاهش کارایی جذب به‌واسطه افزایش غلظت کمپلکس‌های سیانیدی مس در محلول، اختلال در شرایط فرآیند جذب و شستشو کربن فعال، تحت تاثیر قراردادن خلوص و قیمت محصول نهایی، و کاهش ذخایر قابل معدنکاری به‌واسطه افزایش هزینه‌های عملیاتی سبب محدود شدن میزان سوددهی پروژه به‌عنوان پروژه استحصال طلا می‌گردید. تنها تکنولوژی می‌توانست راه حل این مشکل باشد که ضمن ایجاد امکان بازیابی و بازچرخه سیانید، بتواند مس جدا شده را با قابلیت عرضه به بازار به‌عنوان محصول جانبی تولید نماید یا به عبارت دیگر ضمن کاهش هزینه‌های عملیاتی سبب افزایش درآمد نیز باشد. ظهور فرآیند SART (Sulfidization, Acidification, Recycling and Thick-ening) به قریب ۲۳ سال پیش از این باز می‌گردد، زمانی‌که نخستین بار درخصوص این فرآیند مقاله‌ای منتشر گردید و از زمان انتشار این مقاله به گذشت بیش از ۹ سال برای راه‌اندازی نخستین کارخانه استفاده‌کننده از این تکنولوژی در کشور استرالیا نیاز بود. از آن زمان تا به امروز پروژه‌های متعددی برای رفع مشکلات خود در فرآیندهای سیانیداسیون طلا این روش را به خدمت درآورده‌اند. همان‌گونه که از نام‌گذاری این فرآیند مشخص است هسته اصلی آن متشکل از سولفیدی کردن محتوی مس، اسیدی نمودن محلول، بازیابی رسوبات مس و تیکنراسیون رسوبات مس است. اساس کار فرآیند SART بر مبنای انحلال‌پذیری پایین مس

در فرم سولفید مس دوظرفیتی ($Cu2S$) و از هم پاشیده‌شدن کمپلکس‌های سیانیدی مس در pH های پایین است که این مهم می‌تواند منجر به تشکیل مس به شکل رسوب و ایجاد سیانید آزاد گردد. برای این منظور نیاز به ورود یون‌های سولفید (به‌عنوان عامل سولفید کننده) و محلول اسیدی (به‌عنوان عامل کنترل‌کننده pH) به محیط محلول می‌باشد که عموماً و با توجه به سطح دسترسی و قیمت مناسب از اسید سولفوریک برای تنظیم pH و از گزینه‌هایی نظیر $H2S$، $Na2S$، $NaHS$ و ... برای تامین یون‌های سولفیدکننده می‌توان استفاده نمود. واکنش شیمیایی انجام‌شده طی فرآیند SART به‌صورت زیر است:

$$2Cu(CN)_3^{-2} + 3H_2SO_4 + S^{-2} \leftrightarrow Cu_2S_{(s)} + 6HCN_{(aq)} + 3SO_4^{-2}$$

در فرآیند SART محلول لیچ سیانیدی حاصل از فرآیند انحلال که حاوی طلا و مس می‌باشد پس از افزودن عوامل سولفیدکننده و کنترل-کننده pH، برای ترسیب مس مورد عمل‌آوری قرار می‌گیرد. خروجی‌های تانک‌ترسیب شامل دو بخش بخارات و پالپ حاوی رسوبات است. گاز حاصل از فرآیند ترسیب (HCN) پس از جمع‌آوری توسط اسکرابر شسته شده و سیانید بازیابی شده به منظور بازچرخه به مدار لیچینگ ارسال می‌گردد. پالپ خروجی نیز می‌بایست برای جدایش رسوبات مورد عمل‌آوری قرار گیرد که فرآیند SART برای این منظور و با هدف کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری به‌واسطه کاهش ابعاد تجهیزات، از توالی تجهیزات تیکنر و فیلتر استفاده می‌نماید. در این مرحله رسوبات با افزایش درصد جامد به‌صورت ته‌ریز تیکنر جمع‌آوری شده و با هدف بازیابی کامل‌تر محلول حاوی طلا، به فیلترها منتقل می‌گردند. کیک حاصل از فرآیند فیلتراسیون به‌عنوان محصول جانبی نهایی یا همان کنسانتره مس انبار می‌گردد. محلول سیانیدی حاوی طلا که طی مراحل تیکنراسیون و فیلتراسیون از رسوبات جدا گردید می‌بایست برای بازیابی طلا مورد عمل‌آوری قرار گیرد. با توجه به تغییرات pH ایجاد شده در این محلول به منظور تکمیل فرآیند ترسیب، محلول سیانیدی حاصل از جدایش رسوبات پیش از ارسال به مرحله جذب توسط کربن فعال می‌بایست خنثی‌سازی گردد. برای انجام فرآیند خنثی‌سازی عموماً از شیرآهک استفاده می‌شود که پس از طی کردن مراحل تیکنراسیون و فیلتراسیون به صورت ژیپس قابل بازیابی است. سرریز تیکنر ژیپس به همراه محلول حاصل از انجام فیلتراسیون ته‌ریز این تیکنر به عنوان محلول لیچ سیانیدی خالص‌سازی شده، آمادگی ورود به پروسه بازیابی طلا (جذب، خیساندن، شستشو، الکتروونینگ، ذوب و شمش‌ریزی) را دارد.

اکنون با گذشت چندین سال از راه‌اندازی کارخانجات متعدد در نقاط مختلف دنیا و کشورهایی نظیر استرالیا، پرو، مکزیک، آذربایجان، ترکیه، شیلی و ... که از فرآیند SART استفاده می‌کنند، مزایای استفاده از این فرآیند در عمل ثابت گردیده است. علاوه بر این‌که بسیاری از کانسارهای طلای حاوی مس با استفاده از فرآیند SART قابلیت معدنکاری پیدا می‌کنند، این تکنولوژی دارای مزیت‌هایی چشمگیری نظیر کاهش مصرف جهانی سیانید و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن، کاهش مصرف سیانید در فرآیند و نتیجتاً کاهش هزینه‌های عملیاتی، ایجاد محصول جانبی مس و در نتیجه ایجاد ارزش افزوده، کاهش مشکلات مربوط به بازیابی طلا در اثر کاهش محتوی مس محلول، کاهش مشکلات مربوط به اندازه‌گیری و کنترل سیانید آزاد در محلول برای کنترل فرآیند، کاهش سیانید وارد شده به باطله فرآیند لیچینگ و ... می‌باشد.

بخشی از پروژه های در حال اجرا

انجام خدمات و عملیات پی جویی، شناسایی، اکتشاف عمومی و تفصیلی در سطح استان خراسان جنوبی–۱۱ محدوده اکتشافی

هدف از انجام این پروژه شناسایی و پی‌جویی ماده معدنی در محدوده‌های دارای پروانه اکتشاف و گواهی کشف و نظارت بر حفاری در محدوده‌های معدنی طلای هیرد و طلای خونیک به منظور شناخت کیفی و کمی کانسار به جهت ارزیابی ذخیره و معرفی برای طراحی معدن از مهمترین خدماتی می‌باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران در راستای این پروژه انجام می‌دهد.

کارفرما: شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶

پایان پروژه: ۱۴۰۱/۱۲/۲۶

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

هروفل‌وس ی‌زاس ی‌ن‌اک
هن‌ام‌گ رد
MS - 27

کانی سازی مس در محدوده جنوب شرقی قلعه زری

مطالعات پی جویی در محدوده های امید بخش بلوک ۱ حاصل از پهنه فردوس– قائن، استان خراسان جنوبی

هدف از انجام این پروژه شناسایی و پی‌جویی ماده معدنی در محدوده‌های دارای پروانه اکتشاف و گواهی کشف و نظارت بر حفاری در محدوده‌های معدنی طلای هیرد و طلای خونیک به منظور شناخت کیفی و کمی کانسار به جهت ارزیابی ذخیره و معرفی برای طراحی معدن از مهمترین خدماتی می‌باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران در راستای این پروژه انجام می‌دهد.

کارفرما: طرح توانمندی سازی اکتشاف ایمیدرو

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

آثار کانی سازی کربناته مس در محدوده تهیه نقشه ۱:۲۵۰۰۰

رگه سیلیسی حاوی کانی سازی

مطالعات پی جویی دربلوک ۲ محدوده های امید بخش حاصل از پهنه فردوس– قائن، استان خراسان جنوبی

هدف از اجرای این پروژه، شناسایی منطقه پرپتانسیل برای انجام مطالعات تفصیلی می باشد. انجام عملیات ژئوشیمی آبراهه ای، تهیه نقشه زمین شناسی، انجام مطالعات لیتوژئوشیمی و در صورت نیاز ژئوفیزیک (برعهده کارفرما با نظارت مشاور)، تعیین نواحی معدنی و ارائه گزارش جهت اخذ گواهی کشف و در نهایت ایجاد پایگاه داده با استاندارد کارفرما از مهمترین فعالیت‌هایی می‌باشد که شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انجام داده و خواهد داد.

کارفرما: طرح توانمندی سازی اکتشاف ایمیدرو

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۴/۰۴

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

آثار کانی سازی سرب و روی در واحد شیل ، ماسه سنگی ژوراسیک (معادل سازند شمشک) در محدوده کلاوگی

آثار حفریات شدادی بر روی سنگ میزبان سرب، روی و طلا در محدوده چوپان

انجام خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز

در این پروژه شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، خدمات نظارت کارگاهی بر عملیات بهره برداری از معادن سنگ آهن میشدوان و چاه گز را که متعلق به سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران می‌باشد، بر عهده دارد.

کارفرما: سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

شروع پروژه: ۱۳۹۶/۱۰/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

انجام خدمات مهندسی معدن فلات مرکزی

شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، با ارائه خدمات زیردر معادن اصلی چغارت و سه چاهون و معادن فرعی متعلق به شرکت سنگ آهن مرکزی ایران، آن شرکت را یاری می‌نماید: ادامه مطالعات پایداری معدن چغارت - ارزیابی ذخیره و تهیه مدل بلوکی معدن چغارت - طراحی تفصیلی و برنامه ریزی بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت - همکاری با گروه دفتر طراحی در تهیه نقشه زمین شناسی ماهانه - اصلاح مدل بلوکی معادن بر اساس نتایج چالهای آتشباری جهت برنامه ریزی کوتاه مدت - ادامه نظارت بر حفر گمانه های اکتشافی تکمیلی معدن چغارت - ارائه خدمات مهندسی بر حسب نیاز

کارفرما: شرکت سنگ آهن مرکزی ایران

شروع پروژه: ۱۳۸۹/۰۶/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

خدمات مهندسی، نظارت عالیه و کارگاهی بهره برداری معادن سنگ آهن آنومالی شمالی و میشدوان

از جمله خدمات مهندسی، نظارت عالیه و کارگاهی که مهندسین مشاور کاوشگران در راستای بهره برداری از معدن سنگ آهن آنومالی شمالی ارائه می‌دهد به شرح زیر می‌باشد: تهیه جداول ماهانه باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تهیه برنامه زمانبندی عملیات اجرائی باطله برداری و استخراج ماده معدنی، تشکیل جلسات توجیهی برای تعیین ابعاد مختلف پروژه، بررسی برنامه زمانی تفصیلی پیمانکار و تطبیق با برنامه ریزی استخراج در بازه های زمانی ۳ ماهه، پشتیبانی نظارت کارگاهی در جهت راهبری پیمانکاران در حل مسائل فنی و اجرایی، بررررسی گزارش کنترل پروژه ماهانه پیمانکار و ارائه گزارش کنترل پروژه نهایی و ...

کارفرما: شرکت صنایع معدنی نوظهور کویر بافق

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۶/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

انجام مطالعات مهندسی، اجرایی و نظارت بر کارهای اکتشافی، استخراج و فرآوری ماده معدنی در معادن روباز و زیرزمینی برای سنگ های معدنی کرومیت

در این پروژه شرکت مهندسین مشاور کاوشگران در انجام مطالعات مهندسی پایه و تفصیلی، شرکت معادن اسفندقه را یاری می‌نماید. علاوه بر این، نظارت و بررسی مسائل مربوط به اکتشاف، استخراج، و فرآوری مواد معدنی (کرومیت، منگنز، منیزیت، ورمیکولیت، و سایر مواد معدنی موجود در منطقه) از دیگر خدمات این مهندسین مشاور می‌باشد.

کارفرما: شرکت معادن اسفندقه

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۷/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۷/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی-فیزیکی

نظارت عالیه و کارگاهی در رابطه با نیازمندی های کارخانه استحصال آب از باطله کنسانتره سنگ آهن شرکت فولاد زرند ایرانیان

هدف از اجرای این پروژه را می‌توان در قالب موارد زیر بیان کرد: ۱) احداث واحد دیواترینگ به منظور استحصال آب از باطله کنسانتره و بازگشت مجدد آن به فرآیند تولید ۲) احداث واحد کاهش رطوبت (درایر) به منظور افزایش کمیت و کیفیت گندله از طریق کاهش کنسانتره ورودی به کارخانه. در راستای نیل به این هدف، نظارت عالیه و کارگاهی بر عهده‌ی شرکت مهندسین مشاور کاوشگران می‌باشد.

کارفرما: شرکت فولاد زرند ایرانیان

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

انجام خدمات فنی و مهندسی، مشاوره، نظارت عالیه، نظارت کارگاهی، بازرسی فنی پروژه های توسعه و بازسازی تغلیظ مجتمع مس سرچشمه

با توجه به گذشت بیش از ۴۰ سال از ساخت مجتمع مس سرچشمه، به منظور افزایش راندمان واحدهای تغلیظ فعال در مجتمع مس سرچشمه، نوسازی واحدهای قدیمی این مجموعه به منظور تامین کنسانتره مس با میزان و عیار مورد نیاز واحد ذوب، ضروری می باشد. از این رو شرکت مهندسین مشاور کاوشگران، به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دوسال بهره برداری در خدمت کارفرما می‌باشد. در حال حاضر این شرکت در ۵ پروژه فعال و در حدود ۲۰ پروژه تعریف شده جدید در این طرح به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد.

کارفرما: شرکت ملی صنایع مس ایران

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۰۳/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

ارائه خدمات مشاوره، کنترل مهندسی، نظارت عالیه و نظارت کارگاهی مربوط به پروژه های طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه

با توجه به راه اندازی پروژه تغییر تکنولوژی ذوب از کوره ریورب به کوره Flash در سال ۹۷، اضافه نمودن واحدی جدید، تامین پیش نیازهای آن و همچنین نوسازی واحدهای قدیمی این مجتمع ضروری می باشد. لذا این شرکت به عنوان مشاور کارفرما، در انجام طراحی پایه، تهیه شرح خدمات، ارزیابی فنی پیمانکاران و سپس انجام خدمات مشاوره در خصوص مدارک طراحی پایه و تفصیلی، مهندسی کارگاهی، نظارت بر تدارکات و تهیه مواد و تجهیزات داخلی و خارجی، و انجام خدمات نظارت کارگاهی در خصوص ساخت، نصب و راه اندازی تجهیزات، آزمایشات عملکردی، آموزش پرسنل کارفرما و تامین قطعات یدکی برای دوسال بهره برداری در خدمت کارفرمای محترم بوده و در حال حاضر در ۲۲ پروژه فعال در طرح توسعه مجتمع مس سرچشمه به عنوان مشاور مشغول به فعالیت می باشد. از پیمانکاران فعال این طرح نیز می توان به شرکت های آذرآب، نیپک، پتروتکسان، ایران تابلو، پارس جهد و ... اشاره نمود.

کارفرما: شرکت ملی صنایع مس ایران

شروع پروژه: ۱۳۹۰/۰۳/۳۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

خدمات مشاوره و نظارت بر عملیات احداث فاز دوم کارخانه استحصال طلای زرشوران و پروژه های زیر ساخت مرتبط

هدف از اجرای این پروژه پروژه، احداث فاز دوم کارخانه طلای زرشوران و زیرساخت های مرتبط با آن شامل گازرسانی، انبار ناریه، احداث سد باطله، محوطه سازی و احداث راه، مطالعات ژئوتکنیک و غیره می‌باشد. به منظور نیل به این هدف، مهندسین مشاور کاوشگران خدمات مشاوره و نظارت کارگاهی را ارائه می‌دهد.

کارفرما: شرکت گسترش معادن و صنایع معدنی طلای زرشوران

شروع پروژه: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

نظارت بر اکتشاف و استخراج معدن مس نارباغی

مجموعه معادن و کارخانه زاگرس مس سازان در استان مرکزی، ۲۰ کیلومتری شمال شرق شهرستان ساوه و در نزدیکی شهر صنعتی کاوه واقع شده است. معادن مس نارباغی شامل معدن شمالی با وسعت تقریبی ۱۰ کیلومترمربع، معدن مرکزی با وسعت تقریبی یک کیلومترمربع و معدن شرقی با وسعت تقریبی ۲۰ کیلومترمربع به عنوان ذخیره‌ای برای تامین خوراک کارخانه می‌باشد. در این کارخانه استحصال مس به روش هیپ لیچینگ - استخراج حلالی - الکتروویننگ انجام می‌شود. در این راستا، نظارت بر عملیات اکتشافی و استخراجی بر عهده‌ی مهندسین مشاور کاوشگران می‌باشد.

کارفرما: شرکت زاگرس مس سازان

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۱/۰۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

ارائه خدمات مشاوره ای، نظارت عالیه و کارگاهی و ستادی، کنترل پروژه و بازرسی کارخانه کنسانتره به ظرفیت ۵ میلیون تن سنگان

پروژه کنسانتره ۵ میلیون تنی شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان با سرمایه گذاری شرکت فولاد مبارکه از تاریخ ۲۸/۱۱/۹۲ پس از عقد قرارداد با مشارکت MMGN با هدف تولید ۵ میلیون تن کنسانتره با عیار ۶۸ درصد آغاز شده است. مشاور و دستگاه نظارت کارفرما در ابتدای پروژه شرکت کانی کاوان شرق بوده و در شهریور ماه ۹۵ با پیشرفت فیزیکی حدود ۳۴ درصد به شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انتقال داده شد. بخش‌های سنگ شکن، خط انتقال محصول خردایش، محل دپوی سنگ معدن خردایش یافته، پرعیارسازی، آبگیری کنسانتره و باطله و محل دپوی کنسانتره آبگیری شده از مهم ترین واحدهای این کارخانه می‌باشد. شایان ذکر است کنسانتره آبگیری شده به عنوان محصول نهایی به کارخانه گندله سازی انتقال داده می شود.

کارشناسان پروژه

کارفرما: شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان

شروع پروژه: ۱۳۹۵/۰۷/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱

پیشرفت زمانی- فیزیکی

ارائه خدمات مهندسی، نیازسنجی، طراحی، تهیه اسناد مناقصه، کنترل پروژه نظارت عالیه و نظارت کارگاهی بر پروژه های زیرساخت در مجتمع کنسانتره و گندله سازی سنگان

هدف اصلی از اجرای پروژه حاضر، احداث دو کارخانه‌ی تولید کنسانتره و گندله با ظرفیت ۵ میلیون تن در سال می‌باشد. در این راستا، شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان خراسان، تأمین زیرساخت های لازم: احداث ساختمان و تاسیسات مورد نیاز، در محدوده مورد پروژه را در دستور کار خود قرار داده است.

کارفرما: شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان

شروع پروژه: ۱۳۹۸/۰۱/۰۱

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

ارائه خدمات مشاوره و نظارت بر عملیات احداث یک واحد فولادسازی و نورد گرم یک میلیون تنی قروه و زیرساخت های مربوطه (استان کردستان)

شرح مختصری از پروژه: هدف اصلی از اجرای پروژه حاضر، احداث یک واحد فولادسازی و نورد گرم یک میلیون تنی قروه و زیرساخت های مربوطه می‌باشد. به منظور نیل به این هدف، مهندسین مشاور کاوشگران خدمات مشاوره و نظارت کارگاهی را به عهده دارد.

کارفرما: شرکت صنایع فولاد کردستان

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

پایان پروژه: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

مطالعات اکتشاف عمومی و تفصیلی سرب و روی در محدوده نگین استان اصفهان

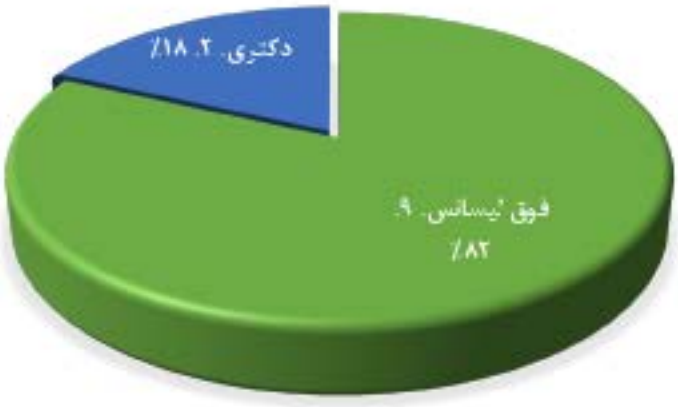
شرح مختصری از پروژه: هدف از این پروژه انجام مطالعات تفصیلی شامل تهیه نقشه زمین شناسی در مقیاس های ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰، حفاری های عمقی، تهیه گزارش مدلسازی، مطالعات فنی اقتصادی، انجام مطالعات قراروری و در نهایت ارائه طرح استخراج می باشد

کارفرما: طرح توانمندسازی بخش اکتشاف ایمیدرو

شروع پروژه: ۱۴۰۰/۰۱/۱۶

پایان پروژه: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶

کارشناسان پروژه



پیشرفت زمانی- فیزیکی

ارائه خدمات مشاوره، مهندسی، نظارت عالیه، کارگاهی و بازرسی اقلام و تجهیزات در رابطه با نیازمندی های طرح احداث کارخانه فرآوری طلای شادان

پروژه کنسانتره ۵ میلیون تنی شرکت صنایع معدنی فولاد سنگان با سرمایه گذاری شرکت فولاد مبارکه از تاریخ ۲۸/۱۱/۹۲ پس از عقد قرارداد با مشارکت MMGN با هدف تولید ۵ میلیون تن کنسانتره با عیار ۶۸ درصد آغاز شده است. مشاور و دستگاه نظارت کارفرما در ابتدای پروژه شرکت کانی کاوان شرق بوده و در شهریور ماه ۹۵ با پیشرفت فیزیکی حدود ۳۴ درصد به شرکت مهندسین مشاور کاوشگران انتقال داده شد. بخش‌های سنگ شکن، خط انتقال محصول خردایش، محل دپوی سنگ معدن خردایش یافته، پرعیارسازی، آبگیری کنسانتره و باطله و محل دپوی کنسانتره آبگیری شده از مهم ترین واحدهای این کارخانه می‌باشد. شایان ذکر است کنسانتره آبگیری شده به عنوان محصول نهایی به کارخانه گندله سازی انتقال داده می شود.

کارفرما: شرکت معادن و صنایع معدنی کارند صدر جهان

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۰۲

پایان پروژه: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

خدمات مهندسی، نظارت عالیه و کارگاهی بهره برداری معدن سنگ اهن گردهان

هدف از انجام این پروژه نظارت بر اکتشاف محدوده های معدن گردهان و استخراج و واحد فراوری می باشد.

کارفرما: اقیانوس سازه لیپار منطقه آزاد چابهار

شروع پروژه: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

پایان پروژه: ۱۴۰۰/۱۲/۱۲

کارشناسان پروژه

پیشرفت زمانی- فیزیکی

تهیه فلز به روش ذوب و احیا

مهندس ابوالقاسم امامی
کارشناسی شیمی

۱- تاریخچه مس

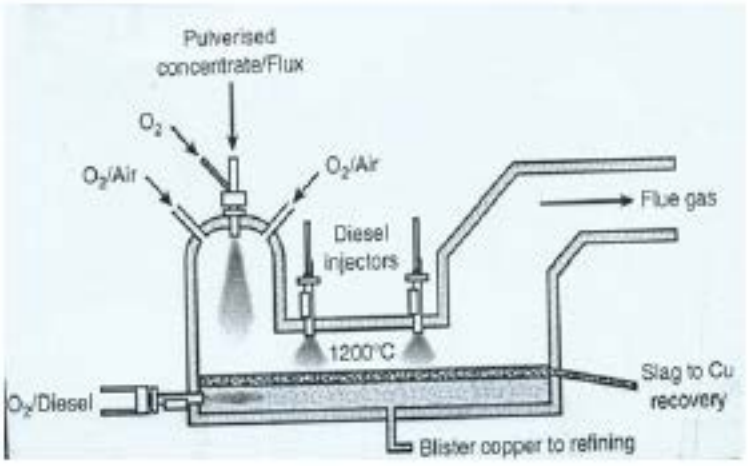
۱-۱- تاریخچه کشف و استفاده از مس و آلیاژهای آن

مس به خاطر زیبایی و جلای آن همنشین وتوس الهه زیبایی در تاریخ اساطیری و کیمیاگری بوده است و اولین آیینه‌ها در جزیره قبرس از مس ساخته شد. در زبان لاتین نام این فلز حیاتی برای بشر CUPRUM است. اعتقاد بر آن است که منشاء این فلز در جزیره قبرس بوده است و آن محلی بود که رومی‌ها فلز معدنی مس استخراج شده از معادن غنی (مس آزاد در کانسنگ) را مورد استفاده قرار دادند. مس در نواحی آتشفشانی که سرشار از محلول‌های داغ سولفوره است شکل می‌گیرد. در حالی که مس در تمام دنیا وجود دارد ولی ۹۰ درصد ذخایر آن در چهار منطقه دنیا مانند زامبیا، کانادای مرکزی، پرو، شیلی و حوزه وسیع غرب آمریکا متمرکز شده است انواع ترکیبات آشنای مس به صورت مس خالص، برنج (آلیاژ روی و مس) و برنز (آلیاژ مس و قلع) می‌باشد. هیچکس نمی‌داند که دقیقاً مس اولین بار در چه زمانی کشف شد ولی قدیمی‌ترین محلی که حدس زده می‌شود مس در آنجا کشف شد منطقه خاورمیانه و در ۹،۰۰۰ سال قبل از میلاد بوده است. مس در بیشتر تمدن‌های کهن عنصری شناخته شده بود وبیش از ۱۰،۰۰۰ سال قدمت تاریخی دارد. قدیمی‌ترین زیورآلات مسی به حدود ۸،۷۰۰ سال قبل از میلاد بر می‌گردد که در قلمروهای پیشرفته شمال عراق یافت شده است. مس اولین فلز ساخته شده دست بشر است که از معدن استخراج شده است و در تاریخ از اهمیت بالایی بر خوردار بوده است زیرا به مقدار زیادی در دسترس بوده و به صورت سطحی قابل استخراج بوده است. علاوه بر این، برای ساخت اسلحه و ابزار و اشیا و زیورآلات مناسب بوده است. این فلز پیشینه زیادی در تسهیل زندگی بشر داشته است و اولین بار در ده هزار سال پیش طبق کاوش‌های باستان شناسان در ویرانه‌های

مربوط به تمدن‌های قدیمی بشر پیدا شده که به عهد عتیق مربوط می‌شود. به علاوه مس اولین فلزی است که توسط بشر از معدن استخراج شده و از آن ابزار مفیدی ساخته شده است. در سراسر تاریخ تمام مردمان، مس نقش عمده‌ای در کاربردهای پزشکی، فرهنگی و تکنولوژی به صورت پول، وسیله ضدعفونی کننده و حتی ساخت سلاح ایفا نموده است.

۲- کوره (Flash Smelting Furnace)

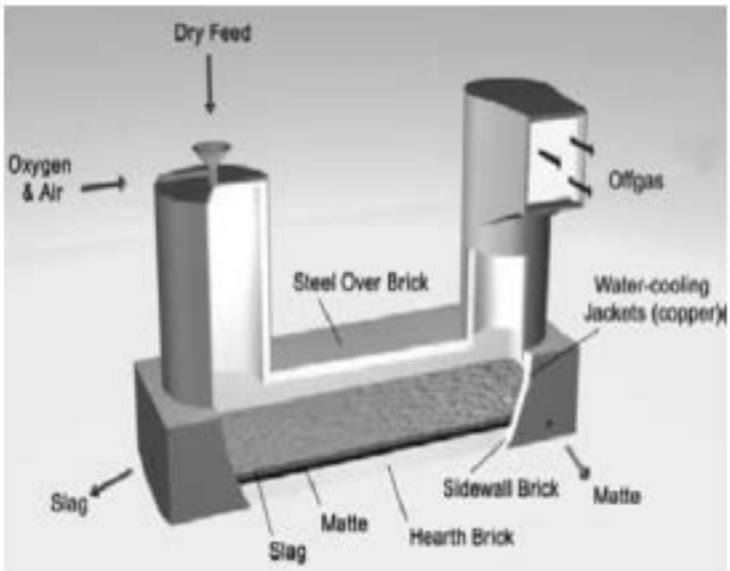
این نوع کوره به شکل شماتیک و ساده و در عین حال قدیمی به صورت زیر نشان داده شده است:



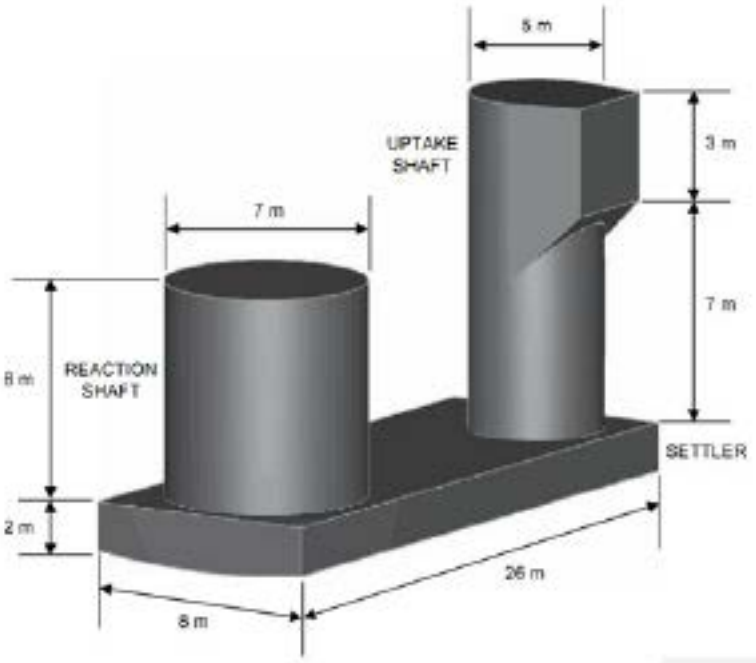
۲-۱- مقدمه و تاریخچه F.S.F

صنایع فلزی طیف وسیعی از کوره‌ها را برای کاربردهای مختلف نظیر فلزگذاری یا Smelting (استخراج فلزات از سنگ معدن)، پالایش، کارهای نهایی و بازیافت مورد استفاده قرار می‌دهند. روش فلزگذاری فلزات هنوز هم کاربرد وسیعی را در کوره‌های دما بالا دارد. Smelting نوعی عملیات در شاخه متالورژی استخراجی می‌باشد که کاربرد اصلی آن، تولید فلز از سنگ معدن می‌باشد. این عملیات شامل تولید محصولاتی از قبیل نقره، آهن، مس و سایر فلزات پایه از سنگ معدن‌های آنها می‌شود. Smelting از گرما و عامل شیمیایی احیاکننده برای تجزیه سنگ معدن بهره می‌گیرد، و عناصر دیگر آن را به صورت گاز یا سرباره از آن خارج کرده و فقط فلز مورد نظر را باقی می‌گذارد. عامل احیا کننده عموماً منبعی از کربن، مثل "کُک" می‌باشد و در زمان‌های قدیم، "ذغال" بود. کربن (یا کربن مونواکسید تولید شده از آن)، اکسیژن را از سنگ معدن خارج کرده و عنصر فلزی را باقی می‌گذارد.

از زمانی که فواید فلزات که بدون شک از دیرباز نزد مردمان مشخص شده بود در سطح وسیعی مطرح گردید روش استخراج فلزاتی که به صورت طبیعی وجود داشتند از سنگ معدن مربوطه مسئله مهم و مورد توجه بشر آن زمان بود. قدیمی‌ترین کوره‌های فلزگذاری مس مربوط به 3500 سال قبل از میلاد است که در صحرای سینا و اسرائیل کشف شده است. امروزه موفق ترین روش مربوط به فلزگذاری مس، فرایند اتو کمپو یا اتونک است. این سیستم یک کوره به نام Flash است که مرکب از یک وان مذاب با حرارت بالا است که در آن سرباره جدا شده و سولفور موجود در مذاب احیا می‌گردد. این کوره به صورت نمادین در شکل زیر نشان داده شده است:



این کوره به صورت تمادین دارای ۲۰ متر طول و ۷ متر عرض است و ظرفیت ۱,۰۰۰ تا ۳,۰۰۰ تن کنسانتره خوراک را در روز دارد. وقتی در این کوره از هوای غنی از اکسیژن استفاده می‌گردد نیاز زیادی به سوخت نیست زیرا عمل اکسیداسیون سولفور آهن موجود در سنگ معدن مس گرمازا است بنابراین فرآیند فالگذاری اتوترمال است (فرآیند احتراق اتوترمال فرآیندی است که مواد سوختنی بدون تاثیر شعله، فندک و نظایر آن و در اثر عواملی مانند اکسیداسیون و فشار محترق می‌گردند). تنها سوخت مورد نیاز برای پیش گرمایش کوره Flash و نگهداری دمای مذاب برای جدایش سرباره می‌باشد. این سیستم مثالی عالی است که چگونه می‌توان یک فرآیند قدیمی را هم زمان به یک فرآیند مدرن تبدیل نمود که نتیجه آن راندمان حرارتی بالا و کاهش هزینه سرمایه گذاری در مقایسه با روش‌های سنتی می‌باشد. در شکل شماره ۵ تصویر یک کوره Flash واقعی ساخت شرکت اوتوک (اتوکمپوی سابق) در سال ۲۰۱۰ است که با ابعاد نشان داده شده است این کوره دارای ظرفیت ذوب ۴,۵۰۰ تن کنسانتره در روز است.



۳- شرح سیستم

Flash-Smelting یک روش فالگذاری برای کانه‌های حاوی گوگرد تظیر کالکوپیریت است و کوره مربوطه به اسم Flash Smelting Furnace یا به اختصار F.S.F نامیده می‌شود. اولین بار این روش در سال ۱۹۴۹ توسط شرکت اوتوکمپو در کشور فنلاند مورد استفاده قرار گرفت و در یک واحد در شهر Harjavalta برای کانه مس احداث و راه‌اندازی گردید. این فرآیند برای تولید فلز تیکل و سرب نیز به کار می‌رود. در این روش از انرژی نهفته در گوگرد و آهن استفاده شده و یک واکنش گرمازا باعث ذوب کانه می‌گردد. اکسیژن مصرفی در این فرآیند در حقیقت به عنوان سوخت می‌باشد زیرا ترکیب با موادی تظیر گوگرد و آهن واکنشی گرمازا ایجاد کرده که حرارت کوره را بالا می‌برد. در این روش کانه خرد شده به صورت پودر به همراه اکسیژن از طریق یک تازل به داخل یک راکتور با بستر سیال پاشیده می‌شود. فلز ابتدا احیا و سپس ذوب شده و در داخل یک وان حاوی مواد مذاب به اسم Settling Chamber یا Settler ریخته می‌شود. در اثر عمل شناوری، سطح موثر نسبتاً بزرگی برای ذرات کنسانتره ریزدانه به جهت افزایش راندمان واکنش در راکتور بستر سیال (که اصطلاحاً به آن Reaction Shaft گفته می‌شود) ایجاد می‌گردد. گوگرد حاصل شده اگر به صورت جامد استحصال شود از آلودگی محیط زیست کم می‌کند. در حال حاضر در دنیا ۵۰ درصد مس تولیدی با این روش به دست می‌آید که البته کانه‌های سولفوره مس را می‌توان با این روش احیا نمود. ۵۰ درصد دیگر مس از کانه‌های اکسیدی است که با این روش نمی‌توان مس را از آن‌ها به دست آورد. روش‌های ذوب اصطلاحاً پیرومتالورژی و روش‌های لیچینگ را که برای استحصال

مس از کانه‌های اکسیدی به کار می‌رود هیدرومتالورژی می‌گویند. امروزه نام شرکت اتوکمپو به اتوتک (Outo-tec) تبدیل شده و دارنده دانش فنی در این زمینه می‌باشد.

۴- طرح توسعه کوره Flash سرچشمه

تجهیزات و امکانات تولید مس در واحد مجتمع مس سرچشمه شامل معدن، واحد تغلیظ، واحد کوره ذوب و پالایشگاه می‌باشد که البته هر بخش تاسیسات مربوط به خود را دارد. این مجتمع در دهه ۱۹۷۰ ساخته شد. تکنولوژی اولیه برای ذوب روش معمول آن زمان یعنی کوره تشعشعی (Reverberatory) یا به اصطلاح ریورب بوده است که ابتدا کنسانتره در آن ذوب شده و سپس توسط کنورتور (Peirce Smith) PS به Matte تبدیل شده و Matte به سیستم ریخته‌گری آند و از آنجا به پالایشگاه منتقل شده و مس خالص (خلوص حدود ۹۹۹/۹۹) به دست می‌آید. موجود ظرفیت واحد ذوب و پالایشگاه سرچشمه سالانه ۴۱۴،۰۰۰ تن کنسانتره مخلوط حاوی ۴/۳۰ درصد Cu است که معادل ۱۱۵،۰۰۰ تن در سال New-Copper و کلاً ۲۰۰،۰۰۰ تن در سال مس در مجموعه آندها می‌باشد). درحال حاضر براساس میزان طراحی سیستم کوره Flash میزان کنسانتره ۱.۲۴۴.۴۴۲ ton/year – ۲۵٪ Cu میزان مس تولیدی ۲۸۱.۵۶۷ ton/year که در حال حاضر با توجه به محدودیت میزان کنسانتره موجود ـ سیستم کوره Flash با ٪۶۰ ظرفیت تامی در حال فعالیت می باشد.

۴-۱- مبانی اصلی طراحی

خط جدید Flash مبتنی بر تجهیزات زیر است:

- تجهیزات خشک‌کن بخار
- کوره Flash به همراه سیستم توزین یکنواخت خوراک (Loss in weight)
- بویلر (Waste Heat Boiler)
- فیلتر الکترواستاتیک (ESP)
- فن‌های گاز فرآیند

این کوره بافرض آن که از تجهیزات موجود به نحو احسن استفاده گردد طراحی می‌شود ولی تجهیزات زیر بایستی به شرح زیر بهینه شوند:

- کوره‌های آند ۱ تا ۳ بهینه‌سازی و بازسازی می‌شوند.
- سیستم‌های انتقال گاز فرآیند کنورتورهای P.S موجود توسازی و بهینه شوند.
- کوره آند شماره ۴ قبلاً نصب و راه‌اندازی شده است.
- هر دو واحد ریخته‌گری آند موجود بازسازی و بهینه سازی شوند.

۴-۱-۱- کنسانتره خوراک

آنالیز کنسانتره خوراک بر مبنای خشک مطابق زیر است:

نام جزء	درصد
Cu	25
Fe	28
S	34
SiO_2	6
Al_2O_3	3

میزان رطوبت کنسانتره برای انجام محاسبات طراحی خشک کن ۱۰ درصد

میزان رطوبت پس از خشک شدن ۱/۰ تا ۳/۰ درصد

آنالیز سرندی ۹۰ درصد زیر ۳۲۵) ۴۴ µm مش)

دانسیته ظاهری: ۳۱۸۰۰ kg/m

ترکیب مینرالی کنسانتره‌ای که به عنوان خوراک کوره Flash در نظر گرفته خواهد شد مطابق زیر پیش‌بینی می‌گردد:

کالکوپیریت به فرمول: $CuFeS_2$ با مس محتوای بالای ۹۰ درصد

کالکوسیت به فرمول Cu_2S با مس محتوای جزیی

پیریت به فرمول FeS_2 بیش از ۱۰ درصد حجم کنسانتره

۵- نواحی موجود در رابطه با کوره Flash

۵-۱- Area – 105 (محل تخلیه و انبار فلاکس)

۵-۲- Area-110 (انتقال مواد اولیه)

۵-۳ - Area-210 (خشک کردن و انتقال کنسانتره)

۵-۴- Area-220 (مجموعه کوره Flash)

۵-۵- Area-225 (گاز خروجی از کوره Flash و انتقال گرد و غبار)

۵-۶- Area-227 (رقیق‌سازی گاز خروجی از کوره Flash)

۵-۷- Area-250 (کنورتورهای PS)

۵-۸- Area-260 (مجموعه کوره های آندوچرخ ریخته گری)

۵-۹- Area-270 (ناحیه آب خنک کن)

بخش‌های مختلف یک کوره Flash مشابه طرح و توسعه سرچشمه مطابق شکل زیر می‌باشد:

۶- کارهای مهم انجام شده در پروژه Flash سر چشمه توسط مهندسین مشاور کاوشگران

لازم به ذکر است که درتمام این پروژه کارشناسان مقیم کاوشگران در سایت و نظارت عالیه در تهران در ساخت و راه اندازی نواحی فوق الذکر حضور دائم و نظارت داشته و پیشنهادات مهندسی مهمی در این زمینه ارایه نموده اند. ولی از مهمترین کارهایی که این مشاور در زمینه تامین تجهیزات، نصب و راه اندازی این کوره انجام داد به شرح زیر است:

- آجرهای تسوز مصرفی در بدنه داغ این کوره از نوع منیزیت ـ کروم و ایزوله است . آجرهای تسوز پایه منیزیت در تماس رطوبت و بخار آب هیدارته شده و در اثر تبدیل MgO به $Mg(OH)_2$ انبساط حجمی شدیدی که در آجر رخ میدهد که باعث ترک خوردگی و نهایتاً اقدام آجر تسوز می گردد. برای جلوگیری از این کار باید موارد زیر رعایت گردد:

(a): باتوجه به برنامه زمانبندی تسوز چینی و راه اندازی کوره باید سری آجرهای پایه منیزیتی طوری سفارش داده شود که در زمان تحویل به کارخانه حداکثر یک یا دو ماه بیشتر در انبار نماند. حال آنکه این آجرها توسط پیمانکار EPC در ابتدای کار سفارش داده شد به طوریکه بیش از یکسال در انبار مانده بودند.

(b) : انبار نگهداری این آجرها بایستی دارای هوای خشک بوده و مجهز به فن های تهویه هوا باشند.

(C): این آجرها بایستی در محل ساخت بازدید شود به طوریکه در بندر زیاد معطل نشوند حال آنکه براساس پیگیری‌ها و تماس‌هایی که با مسئولین سازنده آجر (شرکت رادکس اطریش)صورت گرفت و عکس‌های ارسالی مشخص گردید که مقادیر زیادی رطوبت ناشی از آب شدن برف روی تایلون‌های بسته بندی این آجر مدت زیادی وجود داشته است. در زمانیکه این آجرها خریداری شدند هنوز شرکت کاوشگران به عنوان مشاور با شرکت مس همکاری نداشته و می توان گفت که پیمانکار نیز اطلاعات بسیار کمی در مورد آجر تسوز داشته است.

- علیرغم آنکه کارشناس سازنده آجر تسوز به پیمانکار اعلام نموده بود که با وجود آب خوردن و هیدراته شدن می‌توان با حرارت دادن مجدد، از آنها استفاده نمود کارشناسان شرکت کاوشگران ضمن بازدید از آجرها اکیداً توصیه نمودند که بایستی تمام آجرهای هیدارته شده کنار گذاشته شده و آجرهای سالم مجدداً خریداری گردد.

- با توجه به اینکه آجرهای جدید قرار شد توسط کارفرما خریداری گردد شرکت کاوشگران با توجه به آشنایی که با نمایندگی شرکت مذکور در ایران داشت طی جلسه ای با شرکت میرکوه در ایران که نمایندگی شرکت RHI (شرکت رادکس اطریش زیر مجموعه RHI است) راداشت این شرکت را به پیمانکار معرفی نمود و پیمانکار به نیابت از طرف کارفرما مجدداً معادل آجرهای هیدراته شده را خریداری کرد که نمایندگی مربوطه در ایران به خاطر آشنائی با کاوشگران مقادیری تخفیف نیز برای خریدار نمود.

- با توجه به اینکه پیمانکار شرکت معتبر تسوز چینی را در ایران نمی شناخت از شرکت کاوشگران خواست که یک پیمانکار تسوز چینی معتبر معرفی کند که این کار انجام شد.

- در تمام مدت چیدمان تسوز کارشناسان شرکت کاوشگران نظارت مستقیم وفعال درامر تسوز چینی اعمال نمودند.

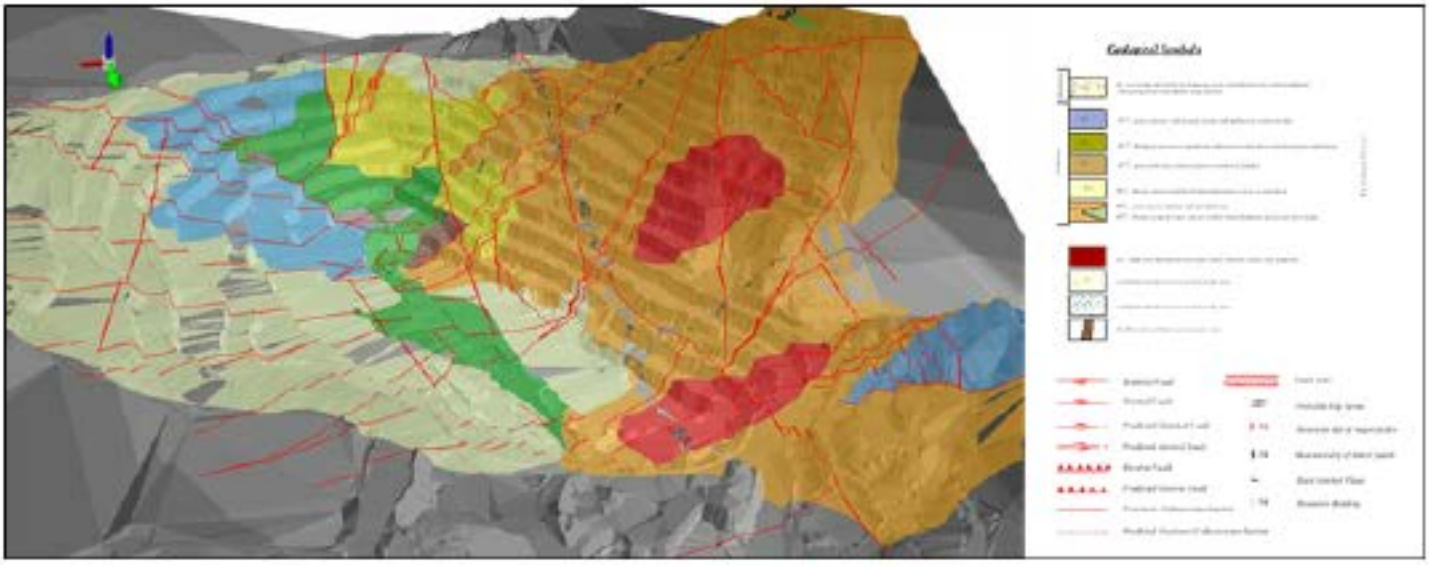
- بعد از اتمام تسوز چینی چون کوره از نظر برخی قسمت‌های جانبی آماده نبود پیمانکار مجبور شد این کوره را چندماه روشن نکند و باز در این مورد اطلاعات کاوشگران جهت نگهداری سالم آجرهای نصب شده باعث سالم ماندن آنها شد. برای این کار با ریختن مقادیری آهک زنده در کف Settler و در نزدیکی دیواره هایی که از تسوز منیزیت ـ کروم چیده شده بود احتمال هیدراته شدن آجرها در مدت زمان طولانی که کوره بحالت سرد باقی مانده بود تقریباً به صفر رسید چون اگر رطوبتی در فضا بود توسط آهک زنده سریعتر جذب می شد. در ضمن طبق توصیه کاوشگران با نصب چند فن مکنده هوای داخل کاملاً از رطوبت عاری شد.

مطالعات زمین‌شناسی و پایداری
شیب معدن سنگ آهن جلال‌آباد

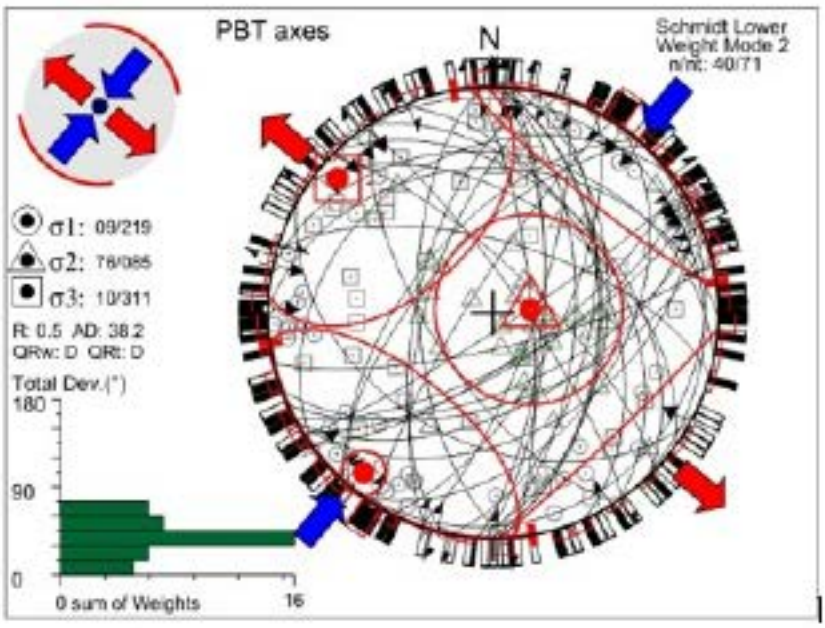
علی‌اکبر شانوازلو

کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی

یکی از مهم‌ترین چالش‌های معدنکاری روباز، تحلیل پایداری شیب بوده و رخداد ریزش در دیواره معادن می‌تواند باعث آسیب‌های جانی و خسارات مالی فراوانی به تاسیسات و تجهیزات معدنی شده، در فرآیند معدن‌کاری وقفه ایجاد کند، و همچنین به توبه خود باعث از دست رفتن منابع شود. عوامل مختلفی از جمله نوع سنگ، خصوصیات گسل‌ها و شکستگی‌ها، شیب و جهت پله‌های استخراجی، ویژگی‌های ژئومکانیکی و هیدروژئولوژی بر پایداری شیب در معادن روباز تاثیر می‌گذارند. در این نوشته به‌طور خلاصه به مطالعات زمین‌شناسی و پایداری شیب معدن سنگ‌آهن جلال‌آباد (زرند- کرمان) پرداخته می‌شود. تحلیل پایداری شیب معدن سنگ‌آهن جلال‌آباد با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Plaxis LE, 3D 2021 که در فوریه سال ۲۰۲۱ در دسترس قرار گرفته، انجام شده است. بر اساس برداشت‌های میدانی، نقشه زمین‌شناسی پیت فعلی معدن جلال‌آباد تهیه گردیده، که در شکل زیر نشان داده شده است. در محدوده پیت معدن جلال‌آباد، برای تجزیه و تحلیل الگوی تنش تکتونیکی منطقه، پارامترهای شیب، جهت شیب، پلانژ و ترند خش‌لغز و ساز وکار گسلش برداشت شد. سپس این داده‌ها با استفاده از نرم افزار Win Tensor مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. الگوی تنش تکتونیکی به‌دست آمده از تحلیل صفحات گسلی در این محدوده نشان می‌دهد که دست‌کم آخرین سامانه تنشی حاکم بر این محدوده یک سیستم برشی راست‌بر با مولفه شیب‌لغز معکوس بوده است. این رژیم کششی محلی موجب تشکیل گسل‌های راست‌لغز با روند SW-NE تا ENE-WSE شده‌اند که این سیستم باعث گسیختگی آبرفت‌های کواترنری شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که جهت بیشترین تنش افقی ($\sigma 1$) بصورت NE-SW و جهت کمترین تنش افقی ($\sigma 3$) بصورت NW-SE می‌باشد.

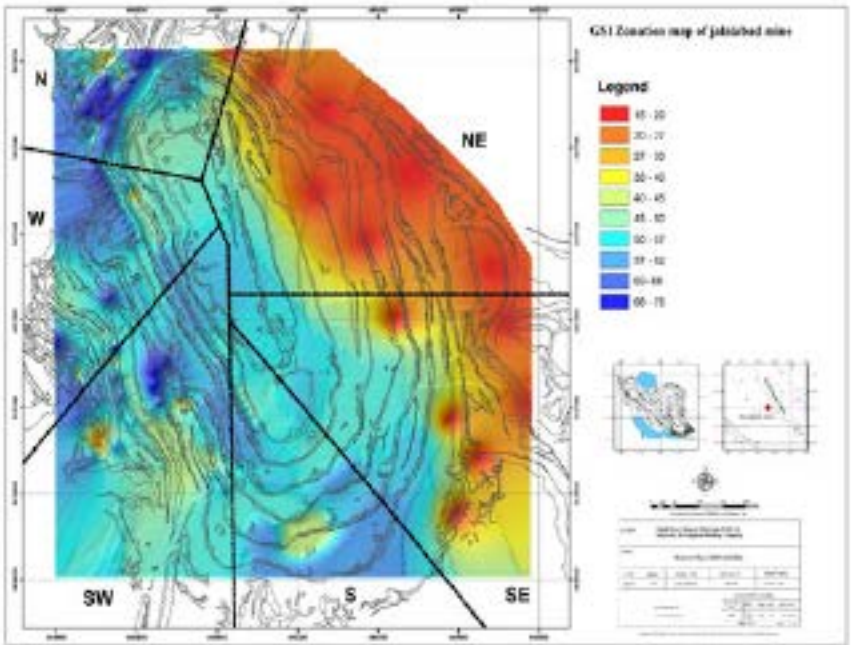


نقشه زمین شناسی معدن جلال آباد



نتایج تحلیل تنش صفحات گسلی در محدوده پیت معدن جلال آباد

یکی از پارامترهای مهم در مطالعات پایداری شیب معادن، شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) است که توسط هوک و همکاران (۱۹۹۷) معرفی شد. این سیستم برای رده‌بندی توده‌سنگ در شرایط زمین‌شناسی متفاوت بر پایه دو عامل شرایط سطوح ناپیوستگی (Joint Condition) و درجه درزه‌داری و اندازه بلوک (Interlocking of Rock Pieces) پایه‌ریزی گردید. بر این اساس نقشه پهنه‌بندی GSI معدن به‌منظور استفاده در تعیین پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ‌های معدن تهیه گردیده است.

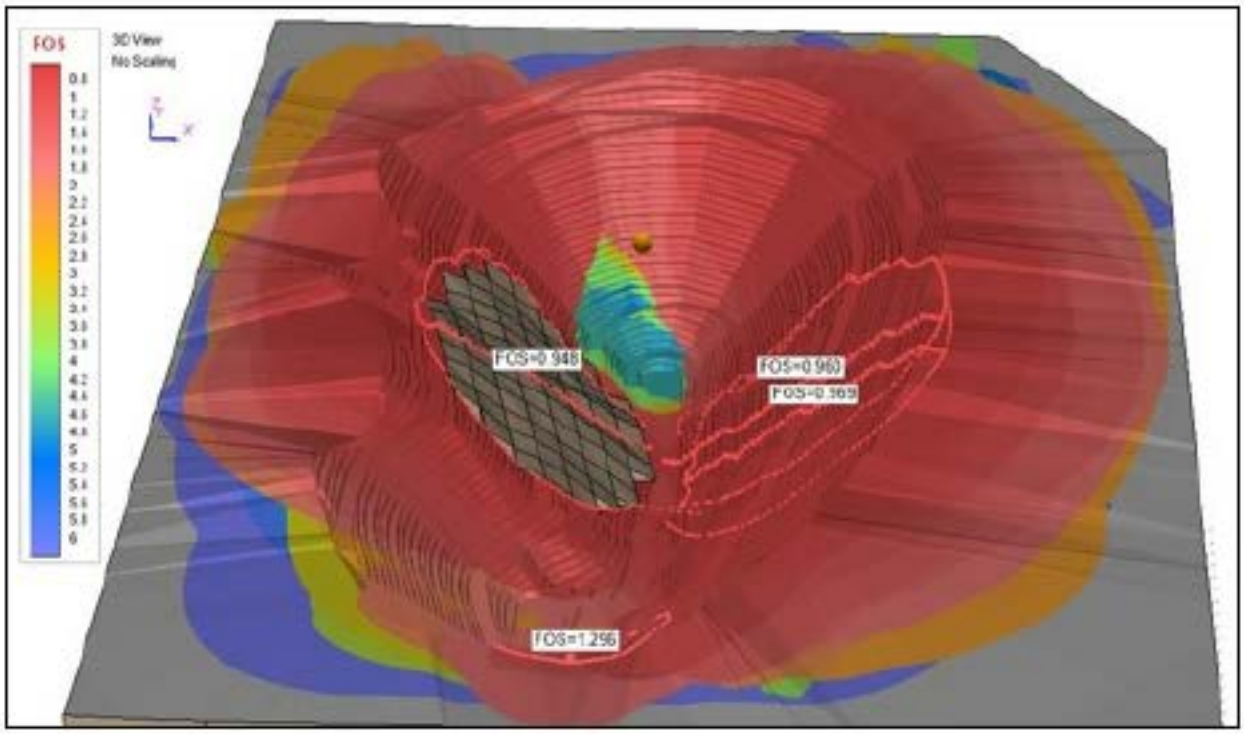


آنالیز پایداری شیب در مقیاس سرتاسری این معدن با استفاده از نرم‌افزار Plaxis LE به روش تعادل حدی انجام شد. روش آنالیز، مبتنی بر معیارهای تعیینی (Deterministic Stability Analysis) قرار دارد و از معیارهای احتمالی به‌دلیل تقابض و کمبودهای موجود در داده‌های ورودی، استفاده نشده است. معیار پذیرش، مفهومی است که به‌واسطه آن مهندسین طراحی و مدیران معدن می‌توانند نقطه نظرات و انتظاراتشان را در خصوص عملکرد لازم برای شیب دیواره‌های معدن با توجه به معیارهای ایمنی و اقتصادی بیان نمایند. به‌طور سنتی متداول‌ترین معیار پذیرش مورد استفاده بین مهندسین طراحی، ضریب ایمنی (Factor of Safety) است، به‌طوریکه چنانچه ضریب ایمنی برابر یک حاصل شود، شرایط تعادل حدی (Limit Equilibrium) در نظر گرفته می‌شود. انتخاب معیار مناسب برای پذیرش طراحی می‌بایست در برگیرنده شرایط و امکانات پذیرنده ریسک، مجهولات و عدم قطعیت مدل و داده‌های ورودی و مکانیسم ریزش باشد. جدول ۱ معیارهای پذیرش پیشنهادی طراحی شیب‌های سرتاسری بر حسب پیامد ریزش را ارائه می‌نماید.

معیارهای پذیرش طراحی شیب‌های معدنی بر حسب مقیاس و پیامد ریزش (Read & Stacey, 2009)

مقیاس دیواره	عواقب ریزش احتمالی	معیار پذیرش		
		حداقل ضریب ایمنی استاتیک (FoS)	حداقل ضریب ایمنی شبه استاتیک (FoS)	حداکثر احتمال ریزش (%PoF)
سرتاسری (Overall)	کم	1.2-1.3	1	15-20
	متوسط	1.3	1.05	10
	زیاد	1.3-1.5	1.1	5

در این مطالعه، آنالیز پایداری شیب محدوده معدن با در نظر گرفتن و به‌روزرسانی شرایط زمین‌شناسی، زمین‌شناسی ساختمانی، هیدروژئولوژی و خصوصیات ژئومکانیکی سنگ‌های در برگیرنده محدوده پیت، به روش Multi-Plane Analysis صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده از تحلیل پایداری شیب طرح نهایی معدن سنگ‌آهن جلال‌آباد بیانگر ضریب ایمنی FoS = 0.94 برای بخش میانی دیواره شرقی بوده که کمتر از معیار پذیرش طراحی می‌باشد. لذا لازم است طرح نهایی در این محدوده، اصلاح گردد. همچنین در طرح نهایی، بخش میانی دیواره غربی نیز در آستانه ناپایداری قرار خواهد گرفت که لازم است با تدقیق داده‌های ورودی، در خصوص اصلاح طرح موجود در این بخش از معدن تصمیم‌گیری نمود.



تحلیل پایداری شیب سرتاسری معدن جلال آباد شرایط استاتیک

فرزانه اسفندیاری

بررسی استراتژیک برخی از فلزات مهم

صنعت معدنکاری پتانسیل بالایی در ایجاد رشد اقتصادی و توسعه جوامع دارد. به‌علاوه، این بخش در ایجاد اشتغال مستقیم در رشته‌های اکتشاف، استخراج و بهره-برداری منابع معدنی و همچنین ایجاد اشتغال غیر مستقیم در سایر صنایع از قبیل تولید سیمان، فولاد و آهن، تولید سنگ‌های تزئینی و تولید انواع آلیاژها اهمیت و تأثیر قابل توجهی دارد. به عبارت دیگر، بهره‌برداری از منابع معدنی و به‌کارگیری آن در صنایع مختلف جهت تولید طیف گسترده‌ای از محصولات، رشد اقتصادی را به همراه خواهد داشت. وجود معادن گسترده و تنوع بالای آن به همراه وجود منابع عظیم نفت و گاز در کشور، بستری مناسب برای رشد اقتصادی و موتور محرک توسعه اقتصادی محسوب می‌شود. منابع معدنی ایران عمدتاً شامل ذخایر آهن، مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، فولاد، زغال‌سنگ، آنتیموان و ... می‌شوند که بیشترین حجم ذخایر فلزی کشور در استان‌های کرمان، یزد، خراسان جنوبی و آذربایجان شرقی قرار گرفته‌اند. به دلیل اهمیت موضوعاتی که به آن‌ها اشاره گردید شرکت مهندسین مشاور کاوشگران هر ماه به بررسی روند تغییرات قیمت این عناصر ارزشمند و بررسی علل نوسانات قیمتی آن‌ها در بازارهای داخلی و جهانی می پردازد که در ذیل مختصری از گزارش مربوط به سه ماهه زمستان سال ۱۳۹۹ در رابطه با فولاد و آلومینیوم، و سرب و روی ارائه می‌گردد:

فولاد

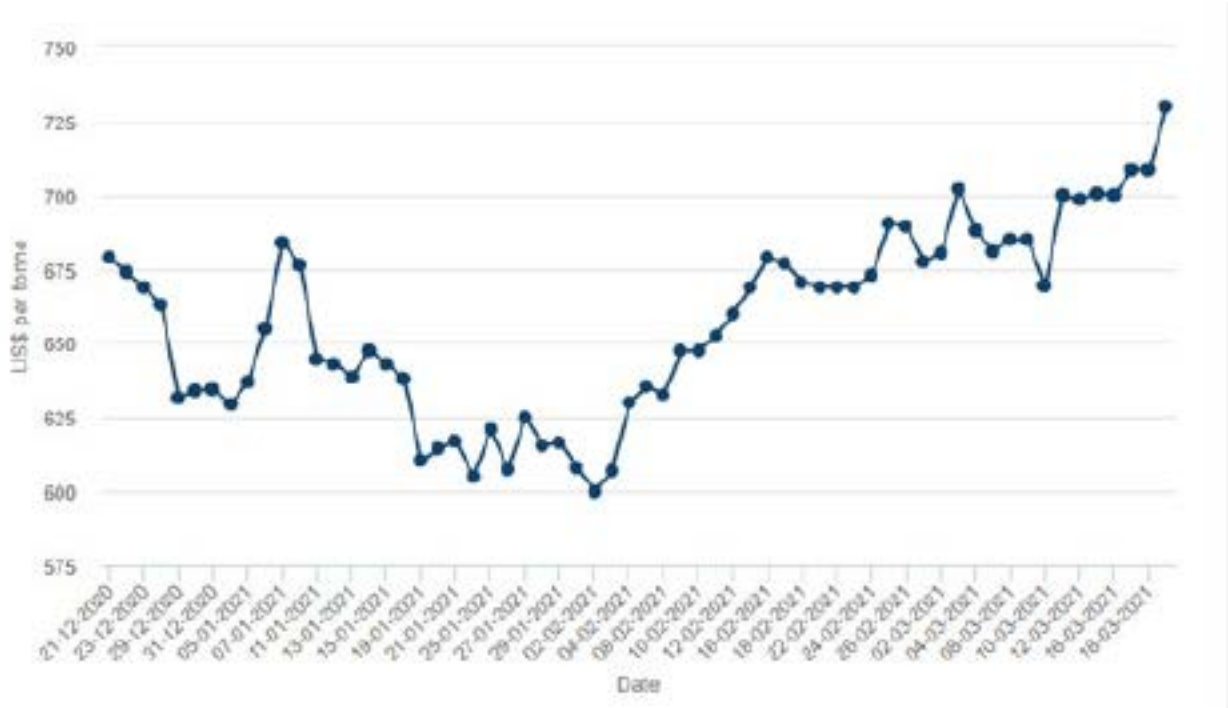
صنعت فولاد به عنوان یکی از صنایع مادر، در رشد تولید و رونق اقتصادی هر کشور نقشی مهم و کلیدی دارد، که در چارچوب اقتصاد ملی به عنوان ستون فقرات و پایه تمامی فعالیت‌های صنعتی به‌شمار می‌رود. استخراج و استحصال سنگ آهن از معادن تا تولید شمش و دیگر محصولات فولاد، باعث ایجاد مشاغل متعددی در بخش‌های مختلف صنعتی شده که این امر خود کمک شایانی به رونق اقتصادی کشور می‌کند. زندگی روزمره بشر با فولاد آمیخته شده و صنایع فولاد در سازندگی، بازسازی و توسعه هر کشور سهم بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. امروزه با نگاهی عمیق‌تر به اطراف خود متوجه نقش اجتناب‌ناپذیر این صنعت در بهبود کیفیت زندگی روزمره‌مان خواهیم شد، چرا که درصد زیادی از تجهیزات و مصالح کاربردی از فولاد و ورق سیاه ساخته شده‌اند.

تئوری و مفهوم عرضه و تقاضا از اساسی‌ترین ارکان علم اقتصاد است. عرضه و تقاضای شمش فولادی مانند هر کالای دیگر، در سطح ملی اصلی پایه برای تعیین قیمت دیگر محصولات و مقاطع فولادی محسوب می‌شود. قیمت روز آهن و فولاد به عنوان یک کالای مهم، تحت تاثیر عواملی مانند زنجیره تامین مواد اولیه، تولید در کارخانه‌ها و همچنین تامین کالا در کارخانه قرار گرفته و می‌تواند تاثیر زیادی بر بازار داشته باشد.

در قرن بیست ویکم، تولید و مصرف فولاد، یکی از شاخص‌های مهم توسعه‌یافتگی کشورها و جوامع مختلف به حساب می‌آید. به طورکلی رونق صنعت فولاد، به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین صنایع تولیدی، در هر کشور بر توسعه تمدن، دانش، اشتغال، و تجارت آن منطقه تاثیر به‌سزایی دارد.

به طورکلی، مراحل مختلفی برای تولید مقاطع فولادی وجود دارد که شامل استخراج سنگ آهن از معادن، تولید و ریخته‌گری فولاد خام، و مراحل نورد و عملیات ثانویه می‌باشد که در نهایت منجر به مصرف نهایی کالا می‌شود. در تمامی مراحل فوق‌الذکر، استفاده از نیروهای انسانی مجرب و متخصص ضروری است که این مهم منجر به اشتغال‌زایی در سطح گسترده جامعه و کشور می‌شود. اشتغال‌زایی و جذب نیرو تنها بخشی از منافع آشکار این صنعت حیاتی می‌باشد. اهمیت این صنعت در وضعیت اقتصادی بحرانی منطقه و جهان، بیش از پیش بوده به طوریکه، صادرات فولاد می‌تواند منبعی مهم برای تامین ارز خارجی، و رشد اقتصاد و تقدینگی کشور باشد.

قیمت‌گذاری محصولات فازی در تمام کشورها متاثر از قیمت‌های اعلام شده جهانی توسط سازمان‌های بین‌المللی مربوطه است. عرضه و تقاضای جهانی، موجودی‌های انبار و قیمت انرژی از مهم‌ترین عوامل موثر بر قیمت فازات هستند. توسانات قیمت در بازارهای جهانی تاثیر بسیاری بر صنعت و بازارهای بین‌المللی دیگر خواهد داشت. بنابراین قیمت‌های جهانی از مهم‌ترین عوامل برای پیش‌بینی قیمت آهن است. افزایش یا کاهش قیمت جهانی فازات اساسی مستقیما آثار مثبت یا منفی بر عملکرد شرکت‌های فعال در صنعت فازات و صنایع مرتبط با آن خواهد داشت. تعیین قیمت فولاد در کشور گرچه تابعی از قیمت‌گذاری کشورهای مستقل مشترک‌المنافع (Commonwealth Independent States) بوده اما به‌علت اینکه تولیدکنندگان فولاد عمدتا شرکت‌های دولتی هستند، تاثیر عوامل داخلی مانند سیاست‌گذاری‌های دولت در این زمینه بیشتر است.



همانطور که در نمودار فوق مشخص است قیمت فولاد در سه ماهه زمستان روندی صعودی داشته است. فولاد در این فصل با ۶۷۹ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرده و با ٪۷.۵۱ افزایش قیمت در پایان فصل به ۷۳۰ دلار به ازای هر تن رسید. فولاد به طور متوسط در سه ماه چهارم ۶۵۷.۱۷ دلار به ازای هر تن معامله شد و بیشینه آن در تاریخ ۲۹ اسفند با قیمت ۷۳۰ دلار به ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۱۴ بهمن با قیمت ۶۰۰ دلار به ازای هر تن معامله گردید. از جمله دلایل افزایش قیمت فولاد در زمستان ۹۹ می‌توان به افزایش هزینه‌های تامین مواد اولیه صنایع فولادسازی، رشد تقاضا در پی بهبود اوضاع اقتصادی چین، آغاز به کار بازارها پس از تعطیلات سال نو میلادی، امکان توافق تجاری و اقتصادی بریتانیا و اتحادیه اروپا در مسئله Brexit و کاهش ارزش دلار آمریکا در مقابل ارزهای بین‌المللی اشاره کرد. با بهبود اوضاع و خروج از رکود ناشی از کووید- ۱۹ صنایع فولاد به دلیل نیاز به ذخیره مجدد در انبارها سفارشات خود را افزایش داده‌اند که این نشان از احیای مجدد فعالیت‌ها در بخش‌های خودروسازی و دیگر صنایع مرتبط با صنعت فولاد دارد. اتحادیه فولادسازان اروپا Eurofer در گزارشی اعلام کرد که پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده افزایش تقاضا برای فولاد در سال ۲۰۲۱ است. بهبود عملکرد صنایع خودروسازی منطقه اروپا در سال ۲۰۲۱ پس از دوره رکود سال ۲۰۲۰ ناشی از کاهش و توقف تولید برخی واحدهای خودروسازی به دلیل همه‌گیری ویروس کرونا بوده است. گزارش عملکرد مالی بزرگترین فولادساز ترکیه Er-demir Group نشان از روند رو به بهبود تولید و فروش برای سال ۲۰۲۱ دارد. رشد تقاضا و بازگشت فعالان چینی به بازار میلگرد داخلی چین، افزایش هزینه‌های حمل و نقل، بازگشت یکی از بزرگترین تولیدکنندگان محصولات فولادی تورد سرد و ورق گالوانیزه داغ چین، و افزایش تقاضا و اوج گرفتن قیمت‌ها برای تیکال موجب تقویت قیمت فولاد ضد زنگ در چین شد. بالا بودن قیمت جهانی نفت خام و کمبود کشتی‌های حمل بار در بازارهای بزرگ جهانی هزینه‌های حمل و نقل را نیز افزایش داده است.

آلومینیوم

آلومینیوم سومین عنصر فراوان در پوسته زمین می‌باشد که بیشترین نرخ رشد مصرف را در میان فلزات در طی سه دهه اخیر دارا بوده است. این امر به دلیل ویژگی‌های برتر آلومینیوم همچون سبکی وزن، سازگاری با محیط زیست و قابلیت تبدیل به مواد متنوع می‌باشد. ویژگی‌های مذکور، آلومینیوم را به یک فلز استراتژیک برای کشورهای مختلف دنیا بدل کرده است.

بسیاری از کارشناسان معدنی در جهان، از آلومینیوم به عنوان فولاد قرن ۲۱ نام می‌برند؛ چراکه پس از فولاد، بیشترین تولید و مصرف را در جهان داشته و میزان مصرف آن به تنهایی از مجموع فلزات غیر آهنی بیشتر است. همچنین این فلز جزو عناصر دوست‌دار محیط زیست بوده و زباله‌های آلومینیومی نیز با صرف هزینه‌های کم مجددا قابل استفاده خواهند بود. آلومینیوم عمدتا به صورت سنگ معدن بوکسیت یافت می‌شود. این ماده بعد از اکسیژن و سیلیسیم، سومین عنصر فراوان در پوسته زمین محسوب می‌شود که به طور کامل قابل بازیافت بوده و ۴۵ درصد نیز قابلیت ذخیره انرژی را دارد. همه این عوامل سبب گردیده است تا این فلز در طی ۳۰ سال اخیر در بین تمامی فلزات، بیشترین رشد مصرف را به خود اختصاص دهد. در این راستا پیش‌بینی می‌گردد که در ۳۰ سال آینده نیز همین وضعیت ادامه یابد.

مهمترین کاربردهای آلومینیوم و مشتقات آن را می‌توان به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

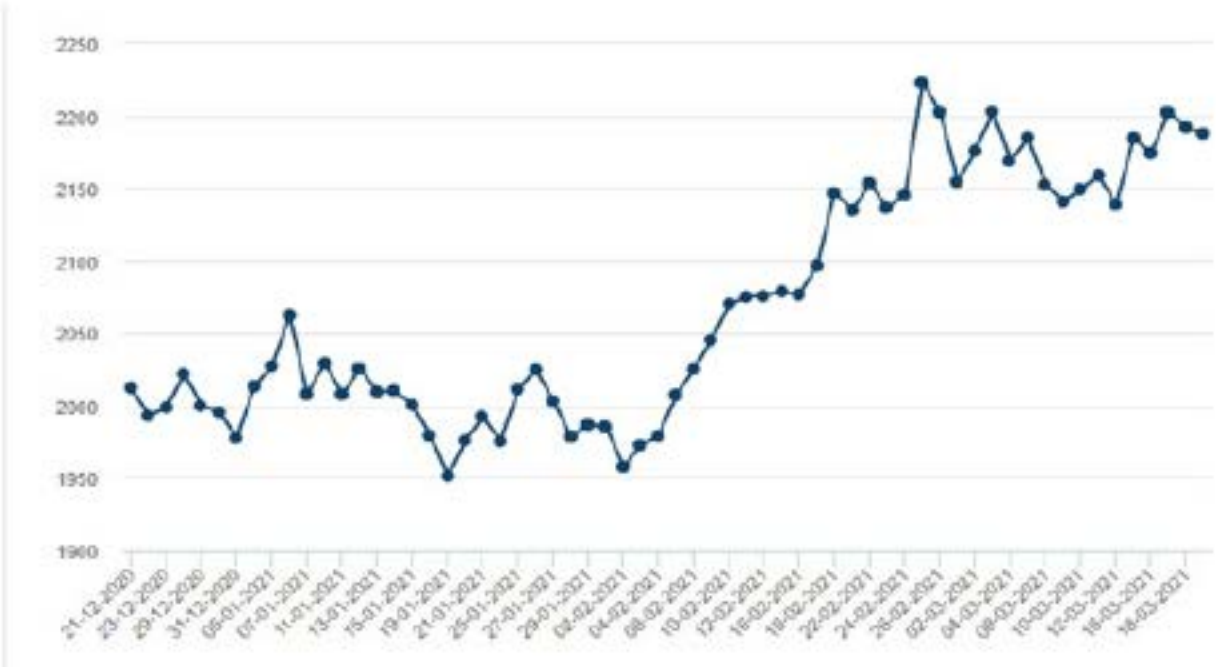
متالوژی، شیمیایی، بازیافت، صنعت حمل‌ونقل (استفاده از آلومینیوم در طراحی و تولید بدنه اتومبیل، صنایع هوافضا، صنایع دریایی، و صنایع حمل و نقل ریلی)، قوطی‌ها و بسته‌بندی‌ها، صنعت ساختمان، صنایع برق، ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، تصفیه و گالوانیزه‌کردن فولاد، باتری‌ها، تیمه‌رساناها و سایر مصارفی از این دست.

براساس گزارش سازمان زمین شناسی آمریکا (United States Geological Survey, USGS) پیش‌بینی می‌شود که ذخایر جهانی بوکسیت بالغ بر۵۵ تا ۷۵ میلیارد تن باشد. بیشترین ذخایر بوکسیت در کشورهای گینه، استرالیا، برزیل، ویتنام، جامایکا و اندونزی قرار گرفته‌است. همچنین براساس گزارش این سازمان، کشورهای استرالیا، چین و برزیل رده‌های اول تا سوم بزرگ‌ترین تولیدکنندگان بوکسیت جهان را به خود اختصاص داده‌اند.

کانسارهای بوکسیت ایران از نظر جغرافیایی در شمال خاوری، شمال، شمال باختری، مرکز و جنوب باختری کشور پراکنده‌اند. عمده‌ترین معادن فعال بوکسیت ایران، معادن بوکسیت قشلاق در استان مازندران، بوکسیت جاجرم و بوکسیت گوش‌کمر در استان خراسان، خاک نسوز شهید تیلچیان در استان چهارمحال و بختیاری، بوکسیت مندون و جمال‌الدین دراستان کهکیلویه و بویراحمد، خاک نسوز و بوکسیت رضا آباد دراستان سمنان، بوکسیت صدرآباد در استان یزد، بوکسیت لاتریتی زان و بوکسیت شاهبلاغی دراستان تهران و بوکسیت بیگلر دراستان قزوین هستند.

از چالش‌های صنعت آلومینیوم در ایران به تامین انرژی و تامین مواد اولیه می‌توان اشاره کرد. به گزارش متال بولتن، چشم‌انداز صنعت آلومینیوم به برنامه تولیدکنندگان آن بستگی خواهد داشت؛ اینکه آیا واحدهای ذوب به جای تعطیل‌شدن دائم همچنان به تولید خود ادامه خواهند داد و با افزایش قیمت‌های پایه در بورس فلزات لندن، مجددا تولید خود را آغاز خواهند کرد یا خیر.

کارشناسان به طور کلی روند تغییرات قیمت این فلز را تا سال ۲۰۲۵ به‌صورت صعودی پیش‌بینی کرده‌اند.



همانطور که در نمودار فوق مشخص است قیمت آلومینیوم در سه ماهه زمستان روندی صعودی داشته است. آلومینیوم در این فصل با ۵/۲۰۱۲ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرده و با ۷۲/۸ درصد افزایش قیمت در پایان فصل به ۲۱۸۸ دلار به ازای هر تن رسید. آلومینیوم به طور متوسط در سه ماه چهارم ۳۵/۲۰۶۸ دلار به ازای هر تن معامله شد و بیشینه آن در تاریخ ۷ اسفند با قیمت ۲۲۲۳ دلاربه ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۳۰ دی با قیمت ۵/۱۹۵۱ دلار به ازای هر تن معامله گردید. از جمله دلایل افزایش قیمت آلومینیوم در زمستان ۹۹ می‌توان به افزایش قیمت، افزایش تقاضا و کمبود عرضه در بازار، افزایش هزینه‌های حمل به ویژه در بنادر ژاپن ، و کاهش موجودی فلز آلومینیوم در انبار بورس فلزات اشاره کرد. افزایش خوشبینی‌ها نسبت به کنترل بیماری کرونا با توجه به آغاز تزریق واکسن و به دنبال آن از سرگرفتن تولیدات کارخانه‌ها، نگرانی‌ها در بازار جهانی نسبت به کاهش تولید در چین به علت سیاستگذاری‌ها در امر کربن‌زدایی و کم شدن اثرات گلخانه‌ای و آغاز به کار معادن و افزایش ۵۰ درصدی ظرفیت تولید آلومینیوم در برزیل، از دیگر دلایل متعدد افزایش قیمت این فلز است.

سرب و روی

مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهند که ایران ساختار زمین‌ساختی پیچیده‌ای دارد که حاوی بیش از ۶۸نوع ماده معدنی مختلف است. سرب و روی از ارزشمندترین و بزرگترین منابع معدنی هستند که میزان ذخایر قطعی آن‌ها در کشور بیش از ۲۱۰ میلیون تن می‌باشند. سرب و روی از جمله فلزات با ارزش در دنیا هستند که کاربردهای مختلفی دارند. بیشترین کاربرد روی در صنایع فولادسازی جهت افزایش مقاومت به خوردگی ورق‌ها و قطعات فولادی است و همچنین برای تولید آلیاژهای مس-روی (برنج) استفاده می‌شود. سرب نیز مصارف متعددی دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به استفاده در باتری‌های سرب اسیدی اشاره کرد. برخلاف فلز روی، از آنجایی که انحلال ترکیبات سرب در حلال‌ها کم است، این فلز عمدتاً به روش پیرومتالورژی تولید می‌شود. درحال حاضر بیش از ۷۵ درصد از سرب جهان از طریق این روش تولید می‌شود، البته بخش عمده‌ای از سرب مورد استفاده در جهان نیز از روش بازیافت (سرب ثانویه) تولید می‌گردد. لازم به ذکر است که روی کاربرد فراوانی در ساخت آلیاژها و صنعت گالوانیزه دارد.

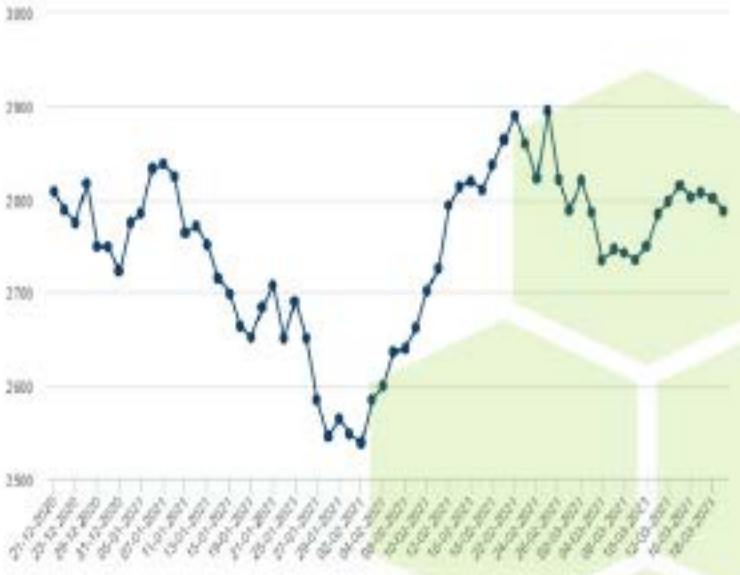
مهمترین ذخایر معدنی سرب و روی دنیا در هند، آمریکای شمالی، استرالیا و پرو قرار دارند. میزان تولید سالانه شمش روی در دنیا در سال‌های اخیر به طور متوسط ۱۳ میلیون تن بوده است که کشورهای چین، پرو، هند و استرالیا ازجمله مهم‌ترین تولیدکنندگان این فلز هستند. در میان کشورهای خاورمیانه و آفریقای شمالی، ایران بعد از ترکیه دومین کشور بزرگ تولیدکننده در زنجیره ارزش سرب و روی است. کشور ایران حدود ۵ درصد از ذخایر سرب و روی دنیا را به خود اختصاص داده است. از بزرگترین معادن و ذخایر ایران می‌توان به معادن سرب و روی انگوران، و سرب و روی مهدی‌آباد اشاره کرد. معدن سرب و روی انگوران دارای ذخیره‌ای به مقدار حدود ۱۲ میلیون تن بوده و خوراک کارخانه‌های فرآوری سرب و روی کشور را تأمین می‌کند. لازم به ذکر است که ذخایر اکسیدی معدن انگوران رو به اتمام بوده و تنها طی حدود ۱۰ تا ۱۵ سال آتی، پاسخگوی نیاز و تقاضای تولیدکنندگان سرب و روی خواهد بود. درحال حاضر تمام ظرفیت واحدهای تولیدکننده در ایران، ۴۸۰ هزار تن در سال شمش روی، ۴۲۰ هزار تن در سال شمش سرب و ۲ میلیون تن در سال کنسانتره سرب و روی است. چالش‌ها و موانع متعددی بر سر راه صنعتگران این حوزه وجود

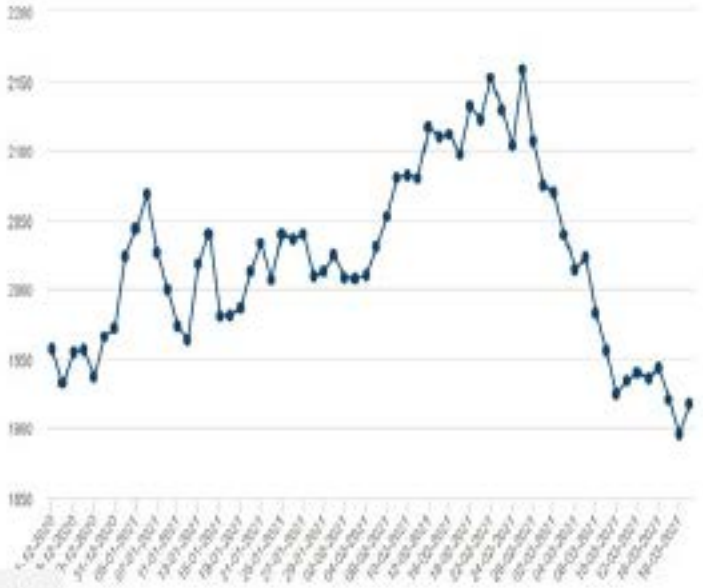
دارد که باعث کندی حرکت در مسیر توسعه این صنعت شده است.

الزام صنایع تولیدکننده سرب و روی به عرضه محصول در بورس کالا با قیمت‌های دستوری، عدم سامان‌دهی خریداران دارای مجوز از بورس کالا، بلاتکلیفی در مالکیت فیلترکیک‌ها، ممانعت از صادرات و در نتیجه از دست‌دادن بازارهای جهانی، چالش تأمین مواد اولیه باکیفیت، مشکلات ارتقای فنآوری و مواردی از این دست باعث ایجاد موانعی برای صنعت سرب و روی کشور شده است.

همانطور که در نمودار فوق مشخص است قیمت سرب در سه ماهه زمستان روندی کاهشی داشته است. سرب در این فصل با ۱۹۵۷ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرده و با ۲/۲٪ کاهش قیمت در پایان فصل به ۵/۱۹۱۷ دلار به ازای هر تن رسید. سرب به طور متوسط در سه ماه چهارم ۳۸/۲۰۲۰ دلار به ازای هر تن معامله شد و بیشینه آن در تاریخ ۷ اسفند با قیمت ۵/۲۱۵۸ دلار به ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۲۸ اسفند با قیمت ۱۸۹۶ دلار به ازای هر تن معامله گردید. از جمله دلایل کاهش قیمت سرب در زمستان ۹۹ می‌توان به نزدیکی به تعطیلات سال نوی میلادی، افزایش آمار مبتلایان به ویروس کرونا در جهان، تعطیلی بازارهای چینی به دلیل تعطیلات سال نو، اتمام دوره سرما و تقاضا برای خرید باطری، متشنج‌شدن بازارهای سهام، شروع روند تقویتی ارزش دلار و محدودیت‌های جدید فعالیتی در بریتانیا اشاره نمود.

با مطالعه نمودار فوق مشخص است که قیمت روی در سه ماهه زمستان روندی صعودی داشته است. روی در این فصل با ۲۸۰۸ دلار به ازای هر تن شروع به معامله کرده و با ۷۳/۰ ٪ کاهش قیمت در پایان فصل به ۵/۲۷۸۷ دلار به ازای هر تن رسید. روی به طور متوسط در سه ماه چهارم ۹۹/۲۷۴۳ دلار به ازای هر تن معامله شد و بیشینه آن در تاریخ ۷ اسفند با قیمت ۵/۲۸۹۴ دلار به ازای هر تن و کمینه آن در تاریخ ۱۴ بهمن با قیمت ۲۵۳۹ دلار به ازای هر تن معامله گردید. از جمله دلایل کاهش قیمت روی در زمستان ۹۹ می‌توان به کاهش تقاضا به دلیل تعطیلی‌های ناشی از شیوع ویروس کرونا، تعطیلی معدن Vedanta's Gamsberg در آفریقای جنوبی، شعارهای انتخاباتی جو بایدن در خصوص حرکت به سمت انرژی‌های سبز- که فاز روی جزو فلزات سبز به شمار نمی رود، کاهش شور و شوق مراسم تحلیف رییس جمهوری آمریکا، تعطیلی بازارهای چینی به‌دلیل تعطیلات سال نو، ادامه تعطیلی معادن روی به‌خاطر پاندمی ویروس کرونا، شروع روند تقویتی ارزش دلار، مازاد موجودی فلز روی در بازار و ترس سرمایه‌گذاران این بازار، شروع روند تقویتی ارزش دلار و کاهش تولیدات صنایع خودروسازی در پی شیوع ویروس کرونا اشاره نمود.





بهترین ویژگی‌های نرم‌افزارهای بهینه‌سازی که احتمالا استفاده نکرده‌اید!

علیرضا عقیانی

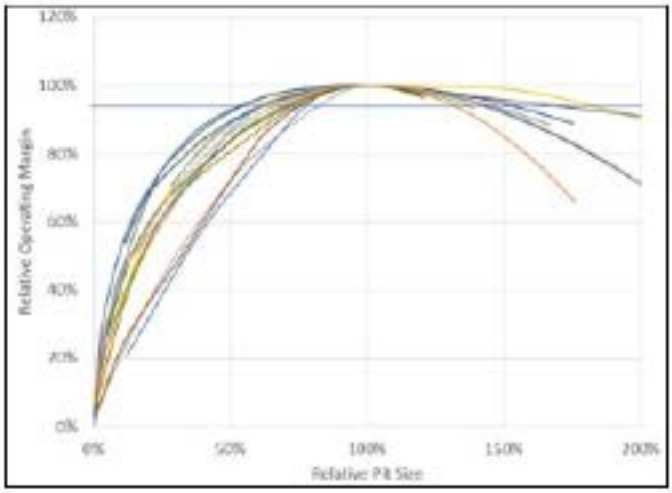
کارشناسی‌ارشد استخراج معدن

همیشه انتخاب پوسته پیت نهایی از بخش‌های کلیدی فرآیند برنامه‌ریزی معادن روباز می‌باشد. مهندسان بسیاری برای تصمیم‌گیری در این مورد با مشکل روبرو شده‌اند، برنامه‌ریزی‌ها و سناریوهای بیشماری به اتمام رسیده‌اند و تصمیم‌گیری در خصوص آن‌ها با وجود اطلاعات زیاد سخت و چالش‌برانگیز خواهد بود. واقعیت این است که این فاز از روند طراحی با تأثیر اندک در ارزش پروژه، زمان‌بر و حساس می‌باشد. زیرا این تصمیم معمولاً بر روی آخرین پوش‌بک تأثیر گذار خواهد بود و در روند زمان بهره‌برداری، ارزش کنونی جریان نقدینگی نرخ تنزیل از آنچه که هست فاصله خواهد گرفت. با توجه به توضیحات بهتر است پارامترهایی که تأثیر بیشتری در برنامه‌ریزی پروژه دارند، مورد توجه بیشتری قرار گیرند. معمولاً بزرگترین فایده انتخاب پوسته نهایی پیت در میزان تناژی (یا معادل آن) است که قرار است در گزارش ذخیره کانسنگ ارائه شود. شاید این موضوع کمی خنده‌دار باشد؛ اما واقعیت این است که معمولا دامنه گسترده‌ای از پوسته‌های پیت نهایی (و کل مواد معدنی آن) وجود دارند که مقدار کمی با هم تفاوت دارند؛ به این معنی که شما می‌توانید هر کدام را انتخاب کنید و خروجی یکسانی داشته باشید. به طور مثال در نرم افزار بهینه‌سازی Geovia Whittle 4X در روند انتخاب پوسته پیت، پوسته‌هایی بدون در نظرگرفتن نرخ تنزیل تولید خواهند شد و سپس بهترین و بدترین (Best Case و Worst Case) سناریوی NPV برای آن محاسبه خواهند شد. بهترین سناریو معمولا در حدود فاکتور درآمد ۱ (Revenue Factor) می‌باشد، اما بدترین سناریو می‌تواند با مقداری به مراتب کمتر در نظر گرفته شود (گاهی اوقات در حدود ۰/۵). این عوامل دامنه‌ای از پیت‌ها را تشکیل می‌دهند که می‌توانند انتخاب شوند. مهندسین می‌توانند با استفاده از آنالیزها و قضاوت مهندسی محدوده نهایی معدن را مشخص کنند. معمولا امکان اینکه میزان RF در پیت بهینه بتواند کمتر از ۱ باشد، اتفاقی نادر است. گاهی اوقات در چند مورد بخصوص با RF به مقدار ۰/۶، مقدار قابل توجهی از NPV تولید شده است. اگرچه برای بیشتر پیت‌های تولید شده، مقدار ۱ برای RF مقداری مناسب می‌باشد. در صورتی که به صورت عمیق به موضوع نگاه شود، مشخص می‌شود:

- پوسته بهینه پیت‌های کم‌عمق معمولا در محدوده RF ۱ = می‌باشند.
- پوسته بهینه پیت‌های عمیق معمولا در محدوده‌های کمتر RF<۱ می‌باشد.

طبق تعریف پوسته، پیت‌های توسعه‌ای (Incremental) زمانی که RF نزدیک به ۱ می‌باشد به صورت مرزی قرار دارند. بنابراین اگر کاهش جذابیت اقتصادی به آرامی انجام شود، پیت‌های توسعه‌ای ممکن است اقتصادی نباشند. به طور مثال در صورتی که به صورت موردی به ۱۵ مورد پیت بهینه‌شده و ترمال‌شده نگاهی انداخته شود، این موضوع کاملا تصدیق خواهد شد. به طور معمول، اما نه همیشه، می‌بایست قبل از دسترسی به ماده‌معدنی، باطله استخراج گردد. اگر امکان استخراج ماده معدنی و روباره به صورت هم‌زمان وجود نداشته باشد،

درتنزیل هزینه (باطله) و درآمد (ماده معدنی) اختلاف وجود خواهد داشت. همچنین درآمد ماده معدنی نسبت به



متحتی اندازه پیت در مقابل حاشیه سود عملیاتی (نرمالیزه شده) برای ۱۵ پروژه

در خصوص توضیحات، مثالی به شرح زیر ارائه شده است.

در صورتی که هزینه معدنکاری باطله ۱۰ میلیون دلار و ارزش ماده معدنی روباره ۱۰/۵ دلار باشد، در حدود ۰/۵ میلیون دلار بدون تنزیل سود حاصل شده‌است. اگر تصور شود که باطله در سال اول و ماده معدنی در سال دوم استخراج شود و نرخ تنزیل ۱۰٪ لحاظ گردد، ارزش خالص فعلی منفی خواهد بود.

$$-10/_{1.1} + 10.5/_{1.1^2} = -0.4$$

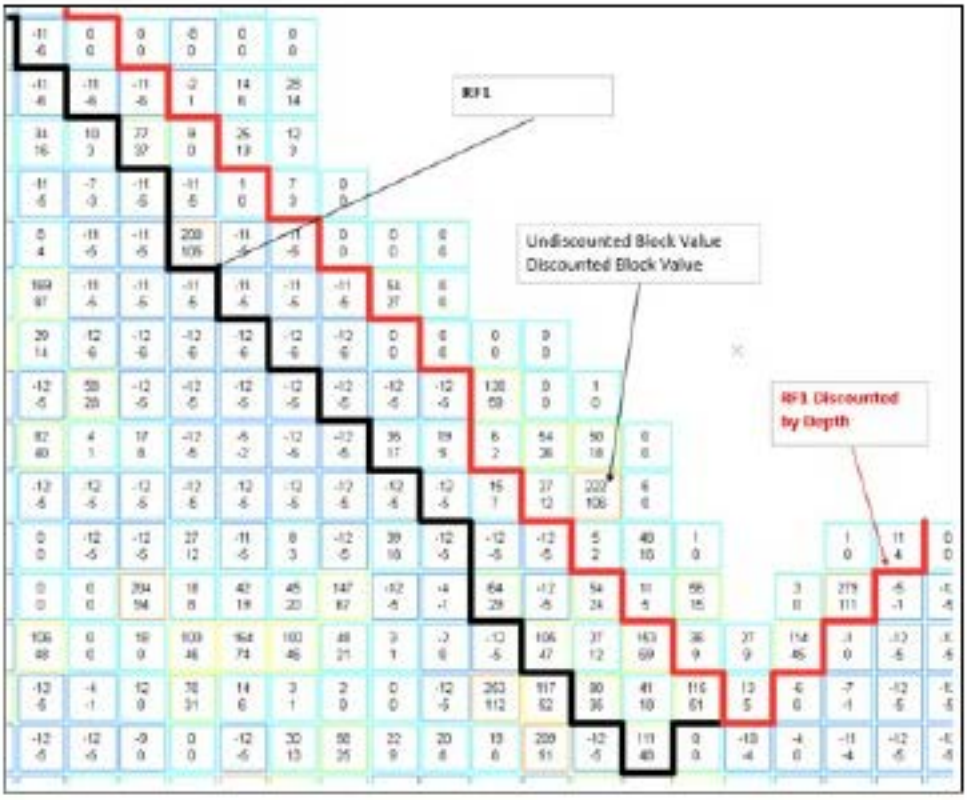
بنابراین در حالیکه این روند بدون تنزیل سود ایجاد می‌کند، سود تنزیل شده را کاهش داده و باید منتفی شود. در نهایت RF برای پوسته پیت بهینه‌سازی شده کمتر از یک خواهد بود. مثالی از یک پیت کم عمق را در نظر بگیرید؛ جایی که به باطله و ماده معدنی به طور هم‌زمان دسترسی وجود دارد (بدون روباره). تنزیل هزینه و درآمد یکسان است، بنابراین ممکن است فاکتور درآمد پیت ۱ انتخاب شود. درصورتی که هدف، یک پیت بسیار عمیق با پیش‌باطله‌برداری طولانی برای پوش‌بک (مثلا ۵ سال) باشد، درآمد ماده‌معدنی بسیار کاهش می‌یابد و به احتمال زیاد افزایش پیت که سود مثبت تنزیلی ایجاد می‌کند، تنزیل منفی خواهد داد. بنابراین، پوسته‌های پیت بهینه با RF کمتری برای پیت‌های عمیق‌تر انتخاب می‌شوند. حال که تئوری پشت این موضوع درک شده است، آیا نمی‌توان راهی را پیدا کرد که مستقیماً پیت بهینه شده انتخاب و این همه وقت برای تجزیه و تحلیل تلف نشود؟ جواب آری است! اگر بخواهیم می‌توانیم تنزیل بیشتری را به بلوک‌های عمیق‌تر اختصاص دهیم. اما چقدر؟ برای تعیین آن، ما به یک فرض اصلی، اما معمولاً معتبر نگاه می‌کنیم: وقتی پوش‌بکی استخراج شود، معمولاً به دنبال تاخیر ممکن (برای به تعویق‌انداختن هزینه) بدون تأثیر بر برنامه ماده‌معدنی خود خواهیم بود و با حداکثر پیشروی عمودی عمل خواهیم کرد. در این شرایط زمان نسبی بین بلوک‌ها بر اساس عمق هر بلوک تنظیم می‌شود. با استفاده از این مورد می‌توانیم نرخ تنزیل را برای هر بلوک قبل از بهینه‌سازی اعمال کنیم:

ضریب تنزیل = (عمق / حداکثر نرخ پیش‌روی عمودی)^ ۱/(۱+نرخ تنزیل)

در صورتی که پیت را (با استفاده از فرآیند استاندارد، اما ارزش افزوده اعمال شده) بهینه‌سازی کنیم، فاکتور درآمد ۱ پیت جدید، پیت تنزیل شده بهینه ما خواهد بود و نیازی به انجام تجزیه و تحلیل دیگر یا قضاوت قبل از حرکت در روند کار برنامه‌ریزی معدن نیست. اکنون می‌توان فهمید که کل مقدار اندازه‌گیری شده یک پیت با تنزیل اعمال شده نادرست خواهد بود، زیرا در یک سال تمام پله‌های معدن استخراج نمی‌شوند، و این مورد از نظر فنی درست است. با این حال، آنچه در این‌جا به دنبال آن هستیم، تفاوت نسبی مقادیر بین بلوک‌هایی است که برای هر گسترش پوسته پیت در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، اگرچه ممکن است یک بلوک در سطح یک پوش بک تا ۱۰ سال استخراج نشود (و مانند اینکه به دلیل عمق کم آن در سال ۱ استخراج شود)، تنزیل نسبی بین این بلوک و بلوکی که رسیدن به آن ۵ سال طول خواهد کشید، حفظ خواهد شد.

همچنین، ممکن است در مورد اینکه افزایش این مقادیر در بهینه‌سازی بر عیارهای حد تأثیر می‌گذارد، تعجب کنید. با این حال، ویژگی مهم در اینجا این است که درآمد و هزینه یک بلوک توسط همان عامل تنزیل می‌یابد و یکدیگر را در محاسبه عیار حد خنثی می‌کنند. به نظر می‌رسد این کار اجرایی نیست؟ خوشبختانه، حداقل در یکی از ابزارهای تجاری موجود (مانند نرم افزار Geo-via Whittle)، یک ویژگی وجود دارد که این کار را برای ما انجام می‌دهد. به اصطلاح تنزیل با عمق (DBD) نامگذاری شده و به سادگی تنها نیاز به واردکردن یک فایل متنی با رشته‌ای از مقادیر مربوط به ضریب تنزیل برای هر پله وجود خواهد داشت، پس از آن نرم افزار بقیه کارها را انجام می‌دهد.

در شکل زیر نمونه‌ای از توضیحات ارائه شده در یک شرایط واقعی نمایش داده شده است. تصویر مقطع عرضی از طریق مدل نشان داده شده که هم مقادیر بلوک تنزیل نیافته و هم مقادیری که پس از تنزیل عمق بدست می‌آیند مورد توجه قرار گرفته است (توجه داشته باشید که این مقطع تمام راه‌ها به سطح را نمایش داده است). خط سیاه پیت، RF برابر با ۱ بدون در نظر گرفتن تنزیل و خط قرمز با در نظرگرفتن تنزیل می‌باشد. بین کل طرح‌ها کاهش قابل توجه تناژ (۳۵٪) وجود دارد؛ به طور موثر ۳۰ متر با هم تفاوت دارند. تنزیل مربوط به هزینه‌های سال‌های پیش رو (بر مبنای نرخ تنزیل یافته) توسط درآمد حاصل از پوش‌بک بازپرداخت نمی‌شود.

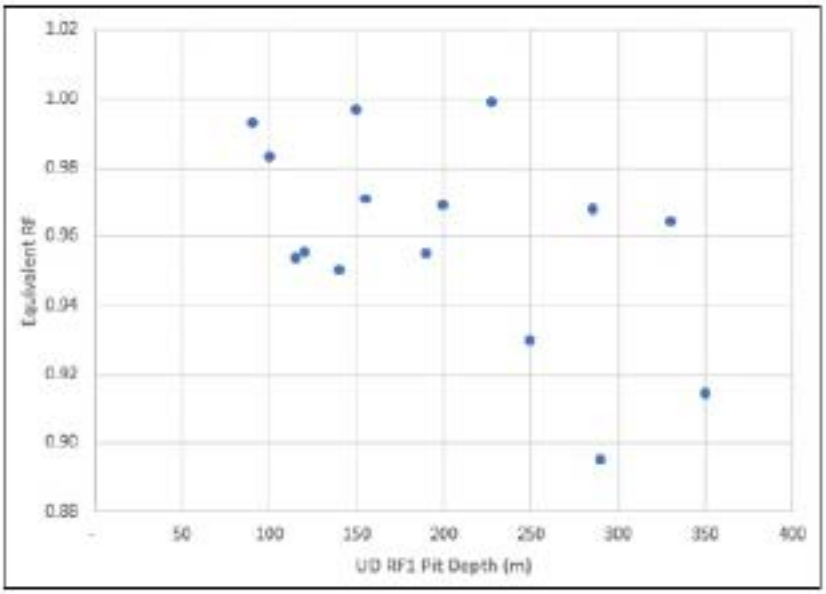


نمایش تنزیل توسط مکانیزم عمق

برای پیت‌های کم‌عمق تفاوت کمی بین باطله و ماده‌معدنی وجود دارد و از این رو پیت بهینه شده مشابه پیت بدون تنزیل خواهد بود. برای پیت‌های عمیق، ممکن است تفاوت زیادی در نتایج وجود داشته باشد.

برای آزمایش این فرضیه، از همان ۱۵ مورد استفاده شده است؛ هم با روش در نظر گرفتن تنزیل با عمق و هم بدون در نظر گرفتن آن. برای پارامترهای مشترک نرخ تنزیل ۱۰٪ و حداکثر نرخ پیشروی عمودی ۵۰ متر استفاده شده است. تغییرات در اندازه پیت در

RF = ۱ در بین موارد اندازه‌گیری شده و پوسته معادل (براساس اندازه پیت که ترخ تنزیل شده با عمق RF = ۱ پوسته پیت با مورد تنزیل داده نشده) مطابقت دارد. در همه موارد RF معادل کمتر از ۱ می‌باشد؛ یعنی RF = ۱ DBD کوچکتر از ترخ تنزیل داده نشده RF = ۱ خواهد بود. با رسم یک پراکندگی عمق (بر اساس RF = ۱ پیت تنزیل نشده) در برابر پوسته RF معادل، شاهد روند جزئی کاهش پوسته RF معادل با افزایش عمق خواهیم بود. نکته قابل ذکر در اینجا این است که حداقل پوسته RF معادل تقریباً ۰/۸۹ می‌باشد که خیلی با RF = ۱ پیت تنزیل نشده فاصله نداشته است. تغییر روش این واقعیت را تغییر نمی‌دهد که راه حل‌های زیادی با مقادیر مشابه وجود دارد همچنین تنزیل بر اساس عمق، ممکن است درجه‌بندی پوسته‌های تو در تو را تغییر دهد؛ زیرا بلوک‌های عمیق‌تر را بیش از یک بهینه‌سازی تنزیل داده شده جریمه می‌کند. این ممکن است پیامدهای مهمی در مرحله‌بندی پیت‌ها داشته باشد.



RF معادل پیت انتخاب شده برای طیف وسیعی از پروژه‌ها با استفاده از نرخ تنزیل شده عمق

ممکن است این سوال به وجود آید که چرا در این روش، فقط عمق (یا نرخ عمودی پیشروی) در نظر گرفته می‌شود و نه نرخ فرآوری یا استخراج ؟! در این خصوص باید گفت:

* اگر نرخ استخراج (و انتخاب اندازه پوش بک‌ها) محدود باشد، درواقع نرخ پیشروی پایین‌تر است. می‌توان تنزیل را بر اساس عمق تنظیم کرد. بعلاوه، ضمن صدق این مورد، شاید مراحل کوچکتر در نظر گرفته بشوند.
* اگر نرخ فرآوری پیشروی را کند کند (سرعت را در کف نگه‌دارد)، تفاوت زیادی ایجاد نخواهد شد، خصوصاً اگر عیار بالا پیت را برای بعد ذخیره می‌کنید.
* در حالی که حجم کار مشاوره مانع تکمیل برنامه‌ریزی سناریوی بیشتری در این موارد شده است، مطمئناً تنزیل عمق سبب تولید پیت بهینه کوچکتری می‌شود زیرا (الف) نرخ عمودی کاهش می‌یابد، یا (ب) نرخ تنزیل افزایش می‌یابد.

اکنون برای بهینه‌سازی پیت می توان از این ویژگی به‌طور معمول استفاده شود که باعث صرفه‌جویی در زمان برای انتخاب پوسته بهینه خواهدشد. این یک روش علمی است که با توجه به محرک‌های اصلی ارزش تنزیل شده، توانایی اعمال مداوم آن را داراست. شاید از همه مهم‌تر، با استفاده از این ویژگی، می توان زمان طولانی تحلیل حد نهایی را به کارهای با ارزش‌تری همچون مرحله‌بندی پیت اولیه، طراحی هوشمند و بهینه‌سازی برنامه‌ریزی تولید و غیره اختصاص داد. همه موارد ارزش بیشتری نسبت به انتخاب پوسته نهایی به پروژه شما اضافه می کنند. به طور معمول فقط ۵٪ از برنامه‌ریزان معدن این آزمایش را انجام داده اند و ۹۵٪ از آنها پس از یک بار راه‌اندازی آن را نادیده گرفته‌اند، زیرا مکانیسم اصلی و فواید آن را درک نکرده‌اند.

ارزیابی پتروفیزیکی و زون بندی مخزنی با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی در سازند آسماری میدان نفتی شادگان

کامیار حیدرزاده
کارشناسی‌ارشد اکتشاف

چکیده

ارزیابی‌های پتروفیزیکی در برنامه ریزی‌های اقتصادی مرتبط با ذخایر هیدروکربنی نقشی اساسی ایفا می‌کنند. از آنجایی که در مهندسی نفت، امروزه بیشتر تصمیم گیری‌ها بر مبنای اطلاعات بدست آمده از مدل سازی مخزن است، نقش پتروفیزیک در ساخت مدل استاتیک مخزن بسیار کلیدی و حائز اهمیت می‌باشد. پژوهش حاضر در راستای نیل به همین مقصود در سازند آسماری مرتبط با یکی از میادین نفتی جنوب غربی ایران بنا نهاده شده است. بدین منظور با استفاده از داده های چاه نگاری مربوط مربوط به ۳ چاه منتخب حفر شده در میدان نفتی شادگان و کراس پلات‌های مربوطه جهت بدست آوردن لیتولوژی مشخص شد که مخزن آسماری در این میدان دارای لیتولوژی غالب آهک و دولومیت با میان لایه‌هایی از ماسه سنگ و شیل می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که میانگین تخلخل کل در چاه‌های A و B و C به ترتیب ۱۶، ۱۵ و ۱۴ درصد و میانگین تخلخل مؤثر به ترتیب ۱۴، ۱۳ و ۱۰ درصد می‌باشند که نشان می‌دهد تمامی چاه های مورد بررسی از تخلخل خوبی برخوردار هستند. میانگین حجم شیل بدست آمده از ۳ چاه، به ترتیب ۵/۳، ۶ و ۱۴ درصد می‌باشند که در کل می‌توان گفت تمامی چاه های مورد بررسی حجم شیل نسبتاً پایینی دارند. میانگین اشباع آب با استفاده از روش اندوزی به ترتیب ۵۲، ۵۹ و ۷۵ درصد برای چاه‌های A، B و C و همچنین میانگین تراوایی این چاه‌ها به ترتیب ۱۴۶، ۱۲۵ و ۶۷ میلی دارسی حاصل گردید. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه می‌توان گفت که سازند آسماری در این میدان از کیفیت مخزنی نسبتاً خوبی برخوردار است که بر این اساس چاه A به دلیل دارا بودن مقادیر میانگین تخلخل کل و مؤثر بیشتر، تراوایی بیشتر، اشباع آب کمتر و حجم شیل پایین‌تر کیفیت مخزنی بالاتری نسبت به دو چاه دیگر میدان دارد. پس از آن چاه B رتبهٔ دوم و چاه C رتبهٔ سوم را به خود اختصاص می‌دهند.

کلید واژه‌ها: سازند آسماری، ارزیابی پتروفیزیکی، تخلخل، تراوایی، حجم شیل، اشباع آب، نمودارهای چاه پیمایی، میدان نفتی شادگان

مقدمه

بیش از نیم قرن است که علم چاه پیمایی به صنعت نفت معرفی شده است و از آن زمان تا کنون وسایل پیشرفتهٔ نمودارگیری اختراع شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه لاگ‌ها یکی از منابع اصلی تهیه اطلاعات زیرسطحی در کارهای نفتی می‌باشند. نمودارگیری از نقطه نظر تصمیم گیری، بخش مهمی از مراحل تکمیل چاه و حفاری توسعه‌ای میدان محسوب می‌شود. در واقع می‌توان گفت نمودارگیری تحت الارضی، همان نقش چشم و وسیلهٔ اندازه‌گیری در سطح و روی رخنمون سنگ‌ها را ایفا می‌کند. افزایش دقت در محاسبه پارامترهای مخزنی موجب ساخت مدلی کامل‌تر می‌شود. میدان نفتی شادگان پس از بررسی‌های مختلف زمین شناسی مورد آنالیز قرار گرفت. در این خصوص سازند آسماری به دلیل اینکه در این میدان یکی از زون های تولیدی اصلی به شمار می‌رود موضوع اصلی این مقاله است.

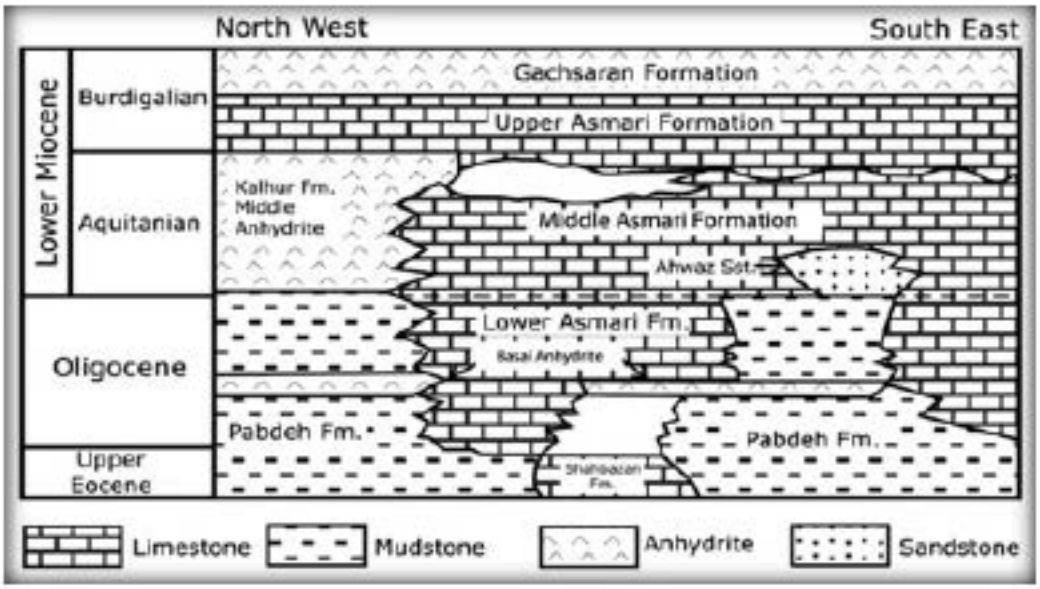
در پژوهش حاضر با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی و استفاده از نرم افزار ژئولاگ که یکی از نرم افزارهای تجاری قدرتمند شرکت پارادایم در تفسیر داده‌های پتروفیزیکی به شمار می‌رود، خصوصیات مخزنی از جمله تخلخل، درجه اشباع آب، تراوایی، میزان حجم شیل و نیز لیتولوژی مخزن مورد ارزیابی قرار گرفت. به طور معمول، برای تعیین خواص پتروفیزیکی در یک مخزن دو روش وجود دارد: روش اول اندازه‌گیری مستقیم با انجام آزمایشها بر روی مغزه‌ها است. روش آنالیز مغزه که در آزمایشگاه و از طریق آزمایش بر روی مغزه صورت می‌گیرد اطلاعات بسیار مفیدی راجع به سنگ مخزن ارائه می‌کند. استفاده از روش آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری این پارامترها روشی مشکل، دارای هزینه زیاد و زمان بر است و با مسائل و محدودیت‌هایی همراه می‌باشد. بنابر این استفاده از این روش تنها در تعداد محدودی از چاه‌های یک میدان امکانپذیر است. علاوه بر این در بسیاری از چاه‌ها به دلایل گوناگون، عملیات مغزه گیری امکانپذیر نبوده یا برای فواصل خاصی از درون چاه صورت می‌گیرد. روش دوم که روش غیرمستقیم است، استفاده از نمودارهای چاه پیمایی می‌باشد. این روش نسبت به روش اول آسان‌تر بوده و اطلاعات را به صورت پیوسته از چاه ثبت می‌کند و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر است. همچنین به طور استاندارد و متداول در تمام چاه‌های میادین هیدروکربنی برداشت می‌شوند. لذا در مطالعات پتروفیزیکی مخزن عمدتاً از روش دوم که استفاده از نمودارهای چاه پیمایی است استفاده می‌شود.

زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه:

میدان نفتی شادگان یکی از میادین نفتی ایران است که در محدوده شهرستان شادگان، در استان خوزستان و در فاصله ۶۰ کیلومتری از جنوب غربی اهواز قرار دارد. این میدان طاقدیسی به طول تقریبی ۵/۲۲ کیلومتر و عرض تقریبی ۵/۴ کیلومتر بوده که در حد فاصل مابین میادین اهواز و مارون و فرو افتادگی دزفول واقع شده است. این میدان از شمال با میدان نفتی مارون، از شرق با میدان نفتی رامشیر، از جنوب با میدان نفتی منصوری و از غرب با میدان نفتی اهواز همجوار است. میدان مذکور شامل مخازن نفتی آسماری و بنگستان است که هدف اصلی این پروژه ارزیابی پتروفیزیکی مخزن آسماری در این میدان می‌باشد. در حال حاضر ظرفیت تولید نفت خام این میدان به طور میانگین معادل ۶۶ هزار بشکه در روز می‌باشد، که روزانه حدود ۶۱۰۰۰ بشکه نفت از مخزن آسماری و ۵۰۰۰ بشکه نفت از مخزن بنگستان استخراج می‌گردد. وجود نفت در مخزن آسماری این میدان، با حفر اولین چاه در سال ۱۳۴۷ به اثبات رسید و بهره برداری از آن در سال ۱۳۶۷ آغاز شد. این مخزن از دو لایه تحت عنوان آسماری فوقانی و آسماری تحتانی تشکیل شده است که توسط لایه‌های متعدد شیلی از یکدیگر جدا گردیده‌اند. نفت از بخشهای ماسه سنگی سازند آسماری تولید می‌شود که ضخامت سازند آسماری در این میدان بین ۳۷۰ تا ۴۰۰ متر متغیر است. کانیهای تشکیل دهنده سازند آسماری در محدوده میدان مورد بررسی شامل کوارتز، کلسیت ، دولومیت و کانیهای رسی می‌باشد.

موقعیت میدان نفتی مورد بحث

در محدوده میدان نفتی شادگان، سازند پابده با لیتولوژی شیل‌های خاکستری، مارن و آهک تازک لایه تقش سنگ منشاء و منبع اصلی تامین کننده هیدروکربن برای مخزن آسماری محسوب می‌شود. همچنین سازند آسماری با لیتولوژی ماسه سنگ، آهک و دولومیت و در برخی نقاط سنگهای تخریبی تقش سنگ مخزن و نیز سازند گچساران با لیتولوژی آنیدریت، گچ، نمک ، شیل، مارن و میان لایه‌های آهکی تقش پوش سنگ مخزن را ایفا می‌کنند.



برش نمونه سازند آسماری به همراه سنگ منشاء پابده و پوش سنگ گچساران، اقتباس از آقانباتی(۱۳۸۵)

برای ارائه یک آنالیز موفق با استفاده از نرم افزار ژئولاگ بایستی مراحل بخصوصی اجرا گردند که به شرح زیر می‌باشند.

۱- بارگذاری داده‌ها

۲- کنترل کیفیت داده‌ها

۳- پیش محاسبات اولیه

۴- تصحیحات مربوط به شرایط محیطی

۵- آنالیز داده‌ها توسط نرم افزار

۶- رسم نمودارها و پلات‌ها و خروجی گرفتن از نرم افزار

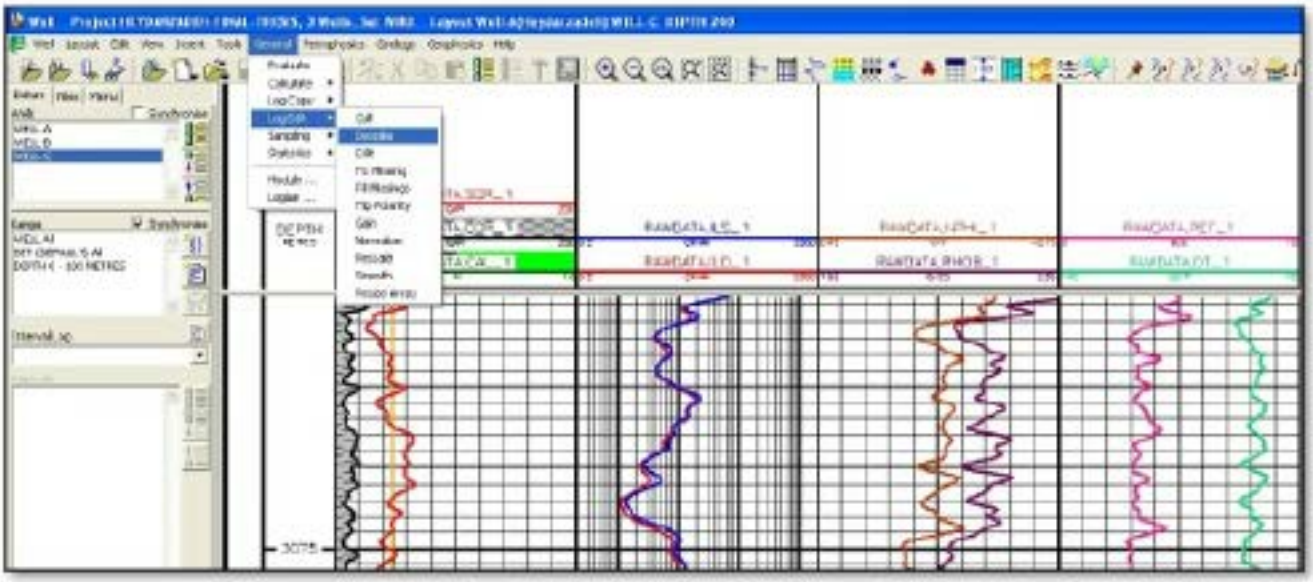
۷- تحلیل و تفسیر داده‌ها و تهیه گزارش نهایی

به دلیل مرحله به مرحله بودن انجام محاسبات و با هدف کاهش خطا در نتایج هر مرحله و تجزیه و تحلیل داده‌ها، در این مقاله از روش پتروفیزیک قطعی نرم افزار استفاده شده است. نخستین قدم در ارزیابی پتروفیزیکی با استفاده از نرم افزار، جمع‌آوری (داده‌های رقومی) مربوط به نمودارهای چاه‌پیمایی و اطلاعات مربوط به سربرگ چاه مورد بررسی می‌باشد. اطلاعات موجود در سربرگ نمودارهای چاه شامل خصوصیات سیال حفاری، درجه حرارت کف چاه، متراژ شروع و پایان عملیات نمودارگیری، مقاومت و وزن مخصوص گل حفاری، درجه حرارت انتهای چاه، اندازه قطر سرمته حفاری و برخی اطلاعات کاربردی دیگر می‌باشد. علاوه بر اطلاعات فوق الذکر می‌توان از گزارشات تهیه شده از مخزن مورد مطالعه اطلاعاتی نظیر چگالی هیدروکربن موجود در مخزن، شوری سیال سازندی و همچنین شوری گل حفاری را نیز بدست آورد. لازم به ذکر است که چاههای انتخابی نباید فاصله زیادی از هم داشته باشند به این دلیل که با زیاد شدن فاصله چاه‌ها از یکدیگر ویژگی‌های زمین شناسی منطقه دچار تغییر شده و سایر پارامترهای وابسته نیز تغییر می‌کنند. در این مطالعه چاه‌های مورد نظر طوری انتخاب شده‌اند که فاصله آن‌ها از یکدیگر کمتر از ۳ کیلومتر باشد که فاصله انتخابی مناسبی است. همچنین چاه C به دلیل داشتن نمودارهای کامل‌تر، به عنوان چاه کنترلی میدان در نظر گرفته شده است.

نام چاه	نمودارهای موجود در چاه
Well A	Depth-ILS-ILD-NPHI-CALI-GR-DRHO-RHOB-DT
Well B	Depth-ILM-ILD-NPHI-PEF-CALI-GR-RHOB-DT
Well C	Depth-ILM-ILD-NPHI-PEF-CALI-CGR-SGR-DRHO-RHOB-DT

نمودارهای موجود در چاه‌های مورد مطالعه میدان

پس از جمع آوری داده ها، در مرحله بعد کلیه اطلاعات نمودارگیری موجود در چاه‌های مورد نظر، به فرمت LAS که یکی از فرمت‌های قابل قبول نرم افزار برای داده‌های حاصل از نمودارهای چاه پیمایی است تبدیل شده‌اند. تمام اطلاعات مورد نیاز و داده‌های خام در نرم افزار در پایگاه داده‌ها بارگذاری و ذخیره گردیدند. این داده‌ها شامل داده‌های رقومی حاصل از نمودارهای رانده شده در چاه‌ها می‌باشند که خود نرم افزار با قابلیت‌های موجود آن‌ها را به صورت نمودار در می‌آورد. در چاههای مورد مطالعه، فواصلی که دچار ریزش دیواره چاه شده‌اند با استفاده از ماژول Badhole در نرم افزار شناسایی شده تا محاسبات انجام شده دارای دقت و صحت بالایی باشند. تمامی نمودارهای رانده شده در هر چاه پس از وارد شدن به نرم افزار براساس یک لاگ شاخص نظیر لاگ گاما تطابق عمقی داده شده‌اند. جهت بالا بردن دقت کار تصحیحات دیگری نیز روی داده ها اعمال گردید. به عنوان مثال با استفاده از ماژول Despiking نرم افزار اثرات حاصل از پراش بر روی نمودارهای صوتی و برخی پیک های ناخواسته و تغییرات ناگهانی حاصل از اثر این پراش ها حذف گردید. این پیک‌های ناخواسته ممکن است به دلیل وجود گاز در سازند، ریز شکستگی‌ها و یا هنگامی که سازند خیلی متراکم باشد به وجود آمده باشند که این عوامل موج صوتی را تضعیف کرده و باعث ایجاد پیک‌های ناخواسته ناگهانی می‌شوند.



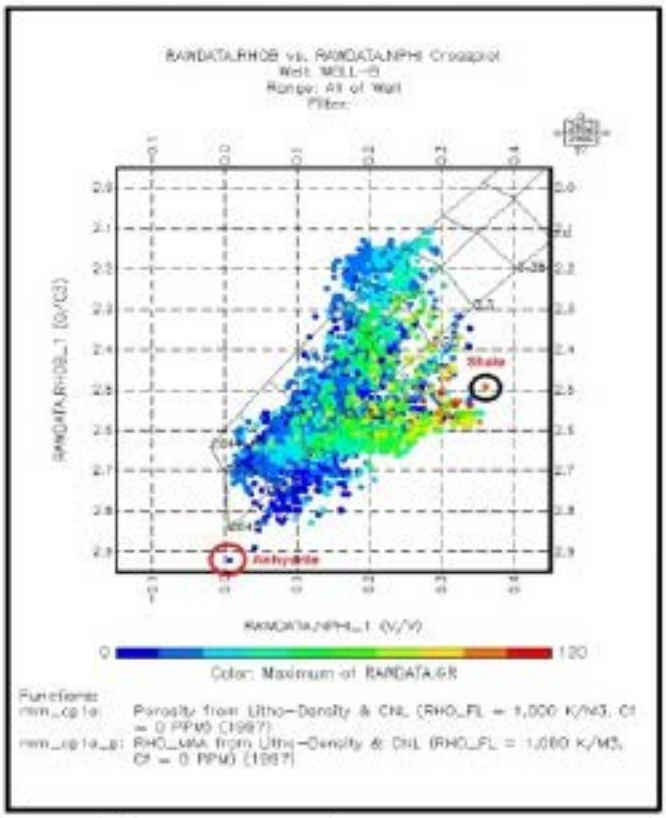
نمایی از پنجره **Despiking** نرم افزار برای اصلاح اثر پراش نمودار صوتی

پس از اعمال تصحیحات و انجام محاسبات اولیه (Pre-calc) از داده‌های خروجی بدست آمده در این مرحله برای انجام مرحلهٔ تصحیحات محیطی استفاده شده است. محیط در چاه پیمایی به تمام عوامل موجود در اطراف سوند اطلاق می‌گردد که بر روی قرائت ابزار تأثیر داشته باشد. هنگامی که ابزار نمودارگیری به درون چاه فرستاده می‌شود و اطلاعات را ثبت می‌کند، تحت تأثیر عوامل درون چاه از قبیل گل حفاری، وجود کیک گل بر روی دیوارهٔ چاه، فیلترهٔ سیال

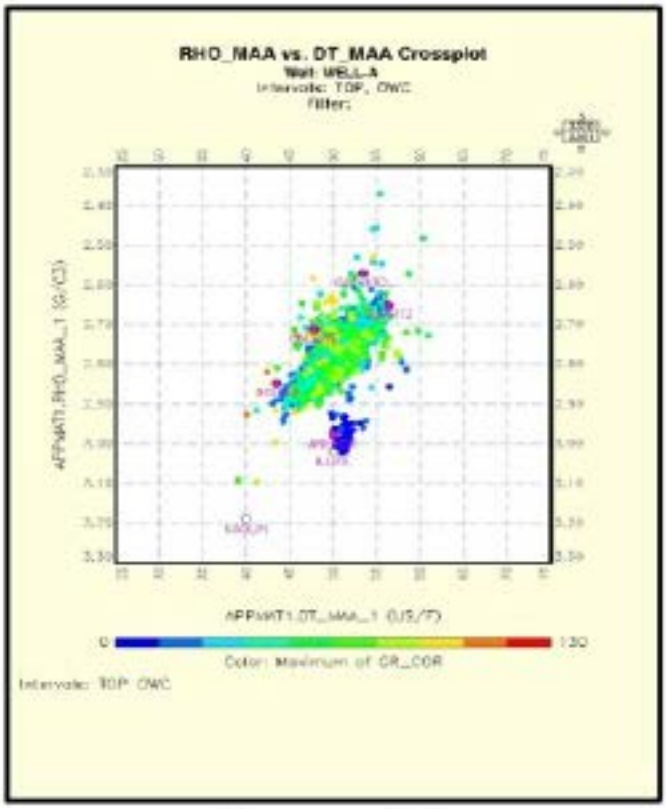
گل حفاری به درون سازند، دما، فشار و همچنین شرایط ریزشی دیوارهٔ چاه که تا اندازه‌ای روی قرائت‌های نمودارها تأثیر می‌گذارد، با تصحیحاتی که روی داده‌های نمودارها انجام داده ایم این اثرات از بین رفته تا داده‌هایی شبیه به سازند دست نخورده بدست آید. از آنجایی که ابزار استفاده شده در صنعت نفت ایران معمولاً مربوط به شرکت‌های شلومبرژه وهالیبرتون می‌باشند و در چاه‌های منتخب این مقاله از ابزار آلات شرکت شلومبرژه استفاده شده است، برای انجام تصحیحات محیطی نیز از چارت‌های استاندارد شرکت شلومبرژه استفاده کرده ایم. بدین منظور تمامی نمودارهای گاما، نوترون، چگالی و مقاومت الکتریکی مورد بازبینی مجدد و تصحیحات مربوطه محیطی قرار گرفتند.

تعیین لیتولوژی و کانی شناسی چاه های میدان با استفاده از کراس پلات نوترون-چگالی و MID

نمودارهای نوترون و چگالی علاوه بر تخلخل، تابع جنس سنگ نیز می‌باشند. نمودار متقاطع نوترون-چگالی بهترین حد تفکیک کانی‌های مختلف سازند را در بین چارت‌های دوتایی دارد. این کراس پلات همچنین بهترین تشخیص تخلخل را در بین سایر کراس پلات‌ها داراست. در واقع یکی از دقیق‌ترین ابزارها برای تعیین لیتولوژی و تخلخل به صورت غیر مستقیم، پلات کردن دو لاگ چگالی و نوترون در یک چاه می‌باشد. خطوط مورب بالایی، وسطی و پایینی به ترتیب مربوط به ماسه سنگ، آهک و دولومیت به خوبی این سه لیتولوژی را از هم تفکیک کرده است که مطابق با چارت‌های استاندارد Cpl-e و Cpl-e-p کمپانی شلومبرژه می‌باشند. همچنین شایع‌ترین تبخیری‌ها نظیر سنگ نمک و آنیدریت را می‌توان با استفاده از این کراس پلات شناسایی نمود. در مورد لیتولوژی هر سه چاه مورد بررسی بر اساس پراکندگی نقاط درون کراس های پلات نوترون-چگالی مربوط به هر یک از آنها می توان گفت که لیتولوژی هر سه چاه عمدتاً از آهک و دولومیت با میان لایه‌های ماسه‌ای به همراه شیل‌های پراکنده می‌باشد که در برخی نواحی آهک جای خود را به ماسه سنگ داده است شکل (الف).



شکل الف-کراس پلات نوترون-چگالی جهت تعیین سنگ شناسی و تخلخل سازندها برای چاه **B** میدان

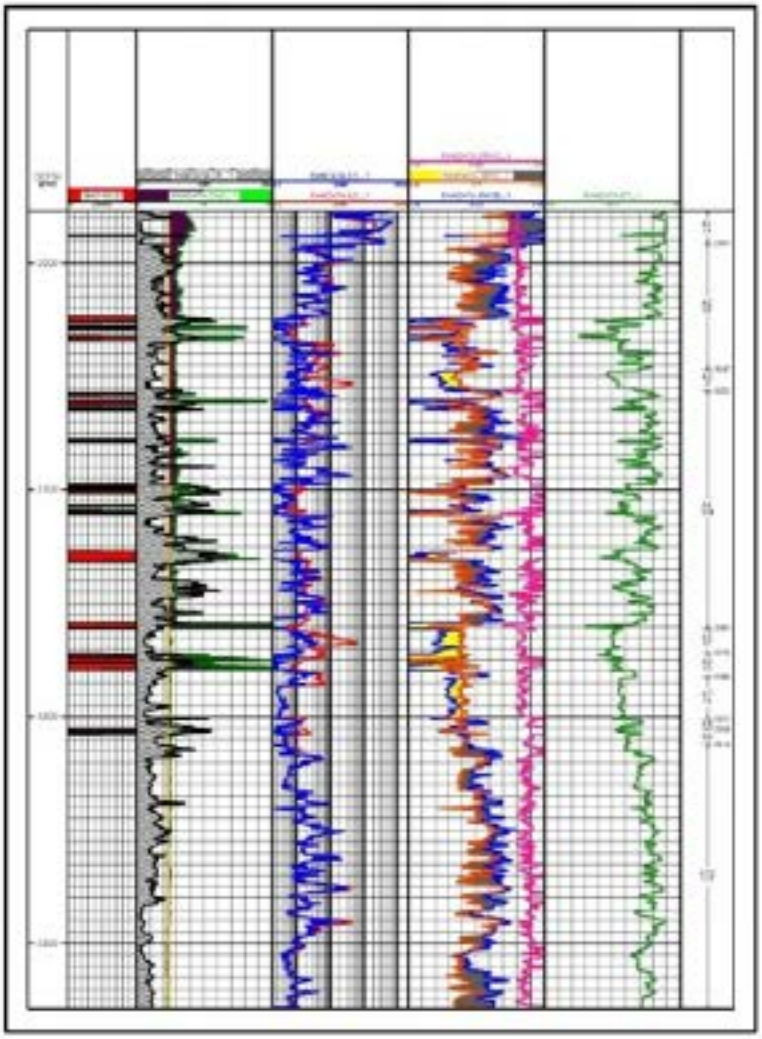


شکل ب-کراس پلات **MID** جهت بدست آوردن لیتولوژی و کانی شناسی در چاه **A** میدان

همچنین برای استفاده از این کراس پلات MID مقادیر ظاهری ماتریکس یعنی جرم مخصوص ظاهری(RHO-MAA) در مقابل زمان عبور موج صوتی ظاهری(DT-MAA) مستقل از تخلخل، پلات می‌شوند. از موقعیت قرارگیری نقاط به دست آمده از داده‌های نمودارگیری بر روی این کراس پلات می‌توان لیتولوژی هر چاه را برای اینتروال مورد نظر با توجه به پراکندگی داده‌ها در اطراف نقاط مشخص کننده هر کانی تخمین زد. در شکل(ب) با توجه به پراکندگی نقاط که با استفاده از نمودار گاما اصلاح شده رنگ آمیزی شده‌اند می‌توان دریافت که قسمت اعظم چاه های این میدان متشکل از توالی آهک، دولومیت، ماسه سنگ و شیل با کانی‌های تشکیل دهنده کوارتز و کلسیت و کانی‌های رسی نظیر ایلیت می باشند. همچنین در این نمودارها مقادیر نسبتاً کمی از آنیدریت مشاهده می‌شود که نشان از پوش سنگ تبخیری مخزن دارد که در اینجا معادل سازند گچساران می‌باشد.

زون بندی چاه های میدان:

پس از بدست آوردن لیتولوژی و تعیین نواحی ریزشی دیواره چاه‌های میدان برای بدست آوردن سایر پارامترهای پتروفیزیکی از قبیل تخلخل، تراوایی و میزان حجم شیل، چاه‌های میدان را بر اساس لیتولوژی زون بندی کرده ایم. برای تفکیک لیتولوژی و زون بندی مخزن تغییرات دو نمودار نوترون و چگالی در نظر گرفته شد. در این خصوص می‌توان گفت در اوایل هر سه چاه مورد بررسی نمودار چگالی دارای مقادیر ماکزیمم و مقادیر نمودار نوترون نیز اعدادی نزدیک به صفر را نشان می‌دهد. این اختلاف نشان از وجود آنیدریت در چاه‌های میدان بوده که در مخزن آسماری این میدان نقش پوش سنگ را ایفا می‌کند. پس از قسمت پوش سنگ مخزن هرچه به سمت پایین چاه نزدیک می‌شویم با توجه به تخلخل کم و چگالی زیاد آهک و دولومیت همچنین تخلخل زیاد و چگالی کم ماسه سنگ‌ها می‌توان با استفاده از تغییرات نمودارها این دو لیتولوژی را از یکدیگر تفکیک نمود. برای تفسیر هر چه دقیق‌تر نمودار نوترون و چگالی لازم است که تغییرات سایر نمودارها و نواحی ریزشی چاه نیز به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند. در نواحی ریزشی چاه که مقدار شیل بالا رفته است تفسیر فوق کارایی نداشته و لازم است از سایر نمودارها و خصوصیات آنها بهره گرفت. بر این اساس چاه A به ۱۰ زون (A۱ تا A۱۰)، چاه B به ۸ زون (B۱ تا B۸) و چاه C به ۱۲ زون (C۱ تا C۱۲) تقسیم بندی گردیدند.



زون بندی چاه A بر اساس تفکیک لیتولوژی

محاسبه میزان حجم شیل:

پس از زون بندی مخزن وتفکیک لیتولوژی، حجم شیل با استفاده از شدت برخورد گاما بازگشتی از لیتولوژی‌های متفاوت محاسبه گردید. حجم شیل یکی از اساسی‌ترین و مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در کلیه مطالعات پتروفیزیکی و کیفیت مخزنی است. حجم شیل به معنای حجم کانی‌های رسی موجود در مخزن است و در واقع پارامترهای دیگر مخزنی مانند تخلخل، نوع و توزیع سیال مخزنی، لیتولوژی و تراوایی عمدتاً بر مبنای ارزیابی و تعیین این پارامتر است. علاوه بر اثر حضور شیل به عنوان یکی از اجزای مهم سنگی در آنالیز نمودارهای چاه پیمایی بر روی تخلخل و تراوایی، خواص الکتریکی آن‌ها نیز تأثیر زیادی روی مقاومت محاسبه شده می‌گذارد. بنابراین محاسبهٔ حجم شیل به منظور برآورد سایر پارامترهای پتروفیزیکی از نمودارهای چاه پیمایی ضرورت دارد. میزان حجم شیل با استفاده از فرمول زیر بدست می آید که نرم افزار به طور خودکار با استفاده از ویژگی هایی که برای هر یک از چاه ها در آن تعریف می گردد این پارامتر را محاسبه می کند.

$$V_{sh} = \frac{CGR - CGR_{min}}{CGR_{max} - CGR_{min}}$$

در رابطهٔ بالا CGRmin مربوط به قرائت نمودار در بخش تمیز سازند، CGRmax مقدار قرائت پرتو گامای تصحیح شده در بخش ۱۰۰ درصد شیلی سازند، همچنین CGR مقدار قرائت پرتو گامای تصحیح شده توسط ابزار در عمق مورد نظر است. باتوجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که بیشترین مقدار حجم شیل متعلق به چاه C و کمترین مقدار آن متعلق به چاه A میدان می‌باشد.

نام چاه	مینیمم حجم شیل	ماکزیمم حجم شیل	میانگین حجم شیل
A	۰/۰۰ ٪	۰/۷۲۹ ٪	۳/۵ ٪
B	۰/۰۰ ٪	۰/۷۷۷ ٪	۶ ٪
C	۰/۰۰ ٪	۰/۹۸۹ ٪	۱۴ ٪

مقادیر عددی بدست آمده از حجم شیل محاسبه شده در چاه‌های میدان

محاسبه تخلخل:

برای محاسبهٔ تخلخل عمدتاً از نمودارهای نوترون، چگالی، صوتی و در برخی مواقع نمودارهای مقاومت ویژه استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از یک یا ترکیبی از چند نمودار جهت انجام محاسبات استفاده نمود. روش‌های مختلفی برای محاسبهٔ تخلخل با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی وجود دارند که در این میان محاسبهٔ تخلخل اولیهٔ مخزن با استفاده از نمودار صوتی و محاسبهٔ تخلخل کل با استفاده از ترکیب دو نمودار نوترون-چگالی از دقت بسیار بالایی برخوردارند. همچنین می‌توان تخلخل ثانویه را نیز با استفاده از تفاضل تخلخل بدست آمده از نمودارهای نوترون-چگالی و صوتی بدست آورد. فرمول محاسبه تخلخل به صورت زیر می باشد که با توجه به پارامترهای تعریف شده به نرم افزار به طور خودکار برای هریک از چاه ها به طور مجزا محاسبه گردید.

$$\varphi = \frac{\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_f - \Delta t_{ma}}$$

در معادلهٔ بالا Δt_ma زمان عبور موج صوتی در ماتریکس سنگ، Δt_f زمان عبور موج صوتی در سیال درون خلل و فرج سنگ، ΔT_log زمان طی شده توسط موج صوتی در سازند و φ تخلخل اندازه‌گیری شده توسط نمودار صوتی می‌باشند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که چاه A میدان دارای بیشترین تخلخل کل و تخلخل مؤثر، پس از آن چاه B و در آخر چاه C دارای تخلخل مؤثر و کل کمتری نسبت به دو چاه دیگر میدان می‌باشند.

محاسبه اشباع آب:

اشباع شدگی در یک محیط شامل اشباع شدگی آب (Sw)، اشباع شدگی نفت (So) و اشباع شدگی گاز (Sg) می‌باشد که مجموع همگی این مقادیر در یک سنگ برابر با یک است. بنابراین در حوضه‌های نفتی با تعیین مقدار اشباع

نام چاه	تخلخل مؤثر	تخلخل ثانویه	تخلخل کل
A	۱٤٪	٥٪	۱٦٪
B	۱۳٪	۸٪	۱٥٪
C	۱۰٪	٦٪	۱٤٪

میانگین مقادیر تخلخل بدست آمده در چاه‌های A،B،C

آب می‌توان درصد هیدروکربن موجود در خلل و فرج سنگ‌ها را به دست آورد. در این پروژه اشباع آب با به کارگیری فرمول اندوتزی برای هر چاه به طور مجزا محاسبه گردید. فرمول اندوتزی برای محاسبه میزان اشباع شدگی آب به صورت زیر است که نرم افزار امکان محاسبات را سریعتر و راحت تر می کند. در این معادله Rt مقاومت سازند، Ø تخلخل، Rw مقاومت آب سازندی، Sw اشباع آب سازندی، n توان اشباع شدگی و m فاکتور سیمان شدگی می باشند.

$$\frac{1}{R_t}=\left[\left(\frac{\phi^m}{a\times R_w}\right)^{0.5}+\frac{(V_{sh})^{(1-0.5V_{sh})}}{(R_{sh})^{0.5}}\right]\times S_w^{n/2}$$

جدول زیر میانگین اشباع آب محاسبه شده برای هر یک از چاه های میدان را نشان می دهد:

نام چاه	میانگین اشباع آب
A	٥۲٪
B	٥۹٪
C	۷٥٪

میانگین اشباع آب در چاه‌های A،B،C

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که چاه A دارای کمترین میزان اشباع آب، و چاه C دارای بیشترین میزان اشباع آب می‌باشند.

محاسبه تراوایی:

برای محاسبهٔ تراوایی با استفاده از نرم افزار پارامترهایی نظیر تخلخل مؤثر و اشباع آب و ... که در مراحل قبل بدست آمده‌اند به عنوان ورودی به نرم افزار داده شده پس از انجام محاسبات از طریق نرم افزار خروجی تراوایی بر حسب میلی دارسی حاصل می‌گردد.

فرمول محاسبه تراوایی که به معادلهٔ دارسی معروف است، برای یک سیال که از یک محیط متخلخل عبور می‌کند به صورت زیر است:

$$Q=K\frac{A\times P_2-P_1}{\mu\times L}$$

که در آن Q دبی جریان بر حسب(cm^3/s) ، μ ویسکوزیتهٔ سیال بر حسب (پواز)، A سطح مقطع بر حسب (متر مربع)، L طول بر حسب (متر)، P1 و P2 فشار در اتمسفر و K تراوایی بر حسب (دارسی) می‌باشند. مقدار تراوایی برای تمامی چاه‌های مورد بررسی محاسبه گردید که نتایج آن مطابق با جدول زیر می‌باشد.

نام چاه	میانگین تراوایی(میلی دارسی)
A	۱٤٦
B	۱۲٥
C	٦۷

تراوایی محاسبه شده برای چاه‌های میدان بر حسب میلی دارسی

نتایج به دست آمده نشان می دهد که چاه A دارای بیشترین تراوایی، پس از آن چاه B و در آخر چاه C کمترین مقدار تراوایی را دارند.

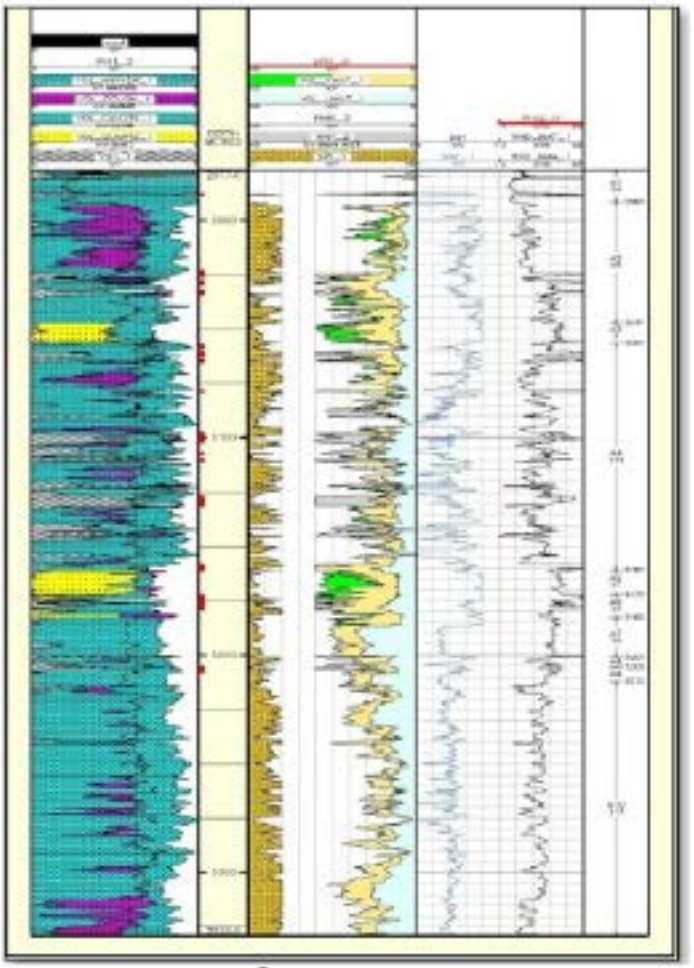
محاسبه حجم کانی های تشکیل دهنده سنگ های مخزن:

ستون چینه شناسی بدست آمده توسط محاسبات نرم افزار و نیز درصد کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ‌های موجود در مخزن، تطابق بسیار خوبی با زون بندی انجام شده دارد و به عنوان تأییدی بر صحیح بودن محاسبات صورت گرفته می‌باشد. با توجه به کانی‌های موجود در مخزن مورد مطالعه که عمده‌ترین آنها شامل کوارتز، کلسیت، دولومیت و آنیدریت می‌باشند از مدل چهار کانی در محاسبه درصد کانی‌های تشکیل دهنده و ستون چینه شناسی مخزن استفاده گردید. نتایج محاسبات این بخش مطابق با جدول زیر می‌باشد.

نام چاه	دولومیت	کلسیت	کوارتز	آنیدریت
A	۳۰٪	٤٦٪	۲۰٪	۳٪
B	۳۷٪	۳۲٪	۸٪	٤٪
C	٤۰٪	۲۸٪	۵٪	۲٪

درصد کانی‌های تشکیل دهندهٔ لیتولوژی موجود در چاه‌های میدان

با توجه به جدول فوق و نتایج بدست آمده چاه A از بیشترین میزان کوارتز و در نتیجه بیشترین مقدار ماسه سنگ نسبت به دو چاه دیگر میدان برخوردار است و پس از آن چاه B و C به ترتیب در ردهٔ دوم و سوم قرار می‌گیرند. شکل زیر مدل بدست آمده از ستون چینه شناسی به همراه کانی‌های تشکیل دهندهٔ هر زون که به تفکیک رنگ از یکدیگر جدا شده‌اند، مطابق با زون بندی انجام گرفته در چاه A میدان نشان می دهد. همچنین در ردیف دوم این شکل مدل بدست آمده از تخلخل که شامل تخلخل مؤثر، تخلخل ثانویه و تخلخل کل مخزن می‌باشند آورده شده است. ستون سوم نیز مدل بدست آمده از اشباع آب را برای عمق‌های مختلف چاه نشان می‌دهد. با توجه به مدل بدست آمده از چاه A، زون‌های A3 و A5 با لیتولوژی ماسه سنگی، تخلخل بالا، میزان شیل کم و اشباع آب کمتر نسبت به زون‌های دیگر به عنوان زون‌های مخزنی اصلی این چاه محسوب می‌گردند. همچنین در چاه B نیز زون های B5، B3 و B7 و در نهایت در چاه C زون C3 به عنوان مکان هایی با پتانسیل مخزنی شناسایی گردیدند.



مدل چینه شناسی، تخلخل واشباع آب برای چاه A میدان

نتیجه گیری:

بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های چاه پیمایی و محاسبه پارامترهای پتروفیزیکی مخزن آسماری در میدان نفتی شادگان با استفاده از نرم افزار ژئولاگ مهمترین نتایج بدست آمده به قرار ذیل می باشند:

۱- بر اساس کراس پلات‌های رسم شده لیتولوژی غالب سازند آسماری در این میدان تشکیل شده است از آهک، دولومیت، ماسه سنگ و به مقدار کم شیل و آنیدریت که بخش‌های ماسه سنگی آسماری نقش سنگ مخزن این میدان را ایفا می‌کنند.

۲- میانگین حجم شیل در این چاه‌ها پایین است، به طوری که ماکزیمم آن مربوط به چاه C و برابر ۱۴٪ می‌باشد. این مسأله بیانگر این مطلب است که سازند آسماری در میدان مورد بحث بیشتر از دولومیت و آهک تمیز بدون رس تشکیل شده و در برخی نقاط آهک و دولومیت جای خود را به ماسه سنگ داده‌اند که این مناطق محل مناسبی برای تجمع هیدروکربن‌ها می‌باشند. پایین بودن حجم شیل می‌تواند نشان از رسوبگذاری سازند در یک محیط پر انرژی باشد.

۳- نتایج بدست آمده نشان از وجود آنیدریت در تمامی چاه‌های میدان دارد که حاکی از پوش سنگ مقاوم گچساران برای مخزن آسماری می‌باشد.

۴- نوع کانی رسی بدست آمده در هر سه چاه مورد بررسی ایلیت می‌باشد که در لایه‌های شیلی پراکندگی گسترده‌ای دارد.

۵- نتایج نشان می‌دهد که سازند آسماری در این میدان از تخلخل خوبی برخوردار است و با توجه به پایین بودن حجم شیل در هر سه چاه مورد بررسی نشان از کیفیت مخزنی بالای سازند آسماری دارد.

۶- در مدل سنگ شناسی بدست آمده برای هر یک از چاه‌های میدان فواصل ماسه سنگی تراوایی بالایی را از خود نشان داده‌اند که بدین ترتیب می‌توان گفت این فواصل به لحاظ مخزنی از کیفیت مناسبی برخوردار هستند.

۷- با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیزهای پتروفیزیکی و پارامترهای مخزنی با استفاده از داده‌های حاصل از نمودارگیری چاه‌ها، می‌توان گفت چاه A به دلیل دارا بودن مقادیر میانگین تخلخل کل و مؤثر بیشتر، تراوایی بیشتر، اشباع آب کمتر و حجم شیل پایین‌تر از کیفیت مخزنی بالاتری نسبت به دو چاه دیگر میدان برخوردار است. پس از آن چاه B رتبهٔ دوم و چاه C رتبهٔ سوم را به خود اختصاص می‌دهند.

۸- در چاه A زون‌های A3 و A5 در فواصل ۵۰۲۴۰۵۶- ۰۴۱۴۰۴۷ و ۰۸۴۱۷۲-۸۹۶۴۱۶۰ متری مجموعاً به مقدار حدود ۲۱ متر با لیتولوژی ماسه سنگی، تخلخل بالا، میزان شیل پایین و اشباع آب کمتر نسبت به زون‌های دیگر به عنوان زون‌های مخزنی اصلی این چاه محسوب می‌گردند.

۹- در چاه B زون‌های B3، B5 و B7 در فواصل ۹۷۷۴۰۶۷- ۲۹۱۴۰۴۸ و ۴۸۴۴۱۹۱-۹۷۴۴۱۷۴ و ۲۹۱۴۰۴۸-۹۷۷۴۰۶۷ متری مجموعاً به مقدار حدود ۵۵ متر با لیتولوژی ماسه سنگی، تخلخل بالا، میزان شیل پایین و اشباع آب کمتر نسبت به زون‌های دیگر به عنوان زون‌های مخزنی اصلی این چاه محسوب می‌گردند.

۱۰- در چاه C زون C3 در فواصل ۵۷۷۴۰۹۶- ۴۸۵۴۱۲۲ متری در مجموع به مقدار حدود ۲۶ متر، با لیتولوژی ماسه سنگی، تخلخل بالا، میزان شیل پایین و اشباع آب کمتر نسبت به زون‌های دیگر به عنوان زون مخزنی اصلی این چاه محسوب می‌گردند.

۱۱- با توجه به نتایج حاصل از نمودارهای چاه پیمایی و ستون لیتولوژی بدست آمده از نرم افزار سطح تماس آب و نفت در چاه A را در عمق حدود ۳۲۰۰ متری و در چاه B در عمق حدود ۳۲۲۰ متری و در چاه C در عمق حدود ۳۱۲۵ متری تخمین زده شد.

پیشنهادات:

۱- پیشنهاد می‌شود در این میدان عملیات لرزه نگاری سه بعدی و مغزه گیری تکمیلی از چاه‌ها به منظور بهبود اطلاعات زیر سطحی میدان به ویژه به دست آوردن وضعیت گسل‌های منطقه و گسترش دقیق میدان و همچنین چگونگی مجاورت آن با میادین مجاور از جمله اهواز، مارون و منصوری انجام گیرد.

۲- انجام عملیات شبیه سازی مخزن در این میدان با استفاده از داده‌های جدید به دست آمده از زون بندی و خواص پتروفیزیکی چاه‌ها و همچنین گسترش زون‌های دارای خصوصیات فیزیکی مشابه و دنبال کردن آن‌ها در این میدان، جهت حفاری بهینهٔ چاه‌های بعدی کمک شایانی می‌نماید.

۳- انجام آزمایشات ساق مته برای تعیین دقیق سطح تماس آب و نفت و گرفتن نمونه سیال از مخزن آسماری این میدان، همچنین تعیین روابط فشار، حجم و دما بر روی آن و به دست آوردن مقاومت آب سازندی با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی در بهبود کیفیت نتایج تأثیر بسزایی دارند.

۴- جهت توسعه میدان مورد بررسی، بهتر است مخزن دیگر این میدان که مخزن بنگستان می‌باشد نیز مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد که تلفیق نتایج بدست آمده می‌تواند در توسعه و حفر چاه‌های جدید مؤثر واقع گردد.

۵- پیشنهاد می‌گردد در صورت مغزه گیری از چاههای میدان نمونه مقطع نازک نیز برای مترازهای مختلف هر چاه تهیه گردد تا با مطالعه دقیق این مقاطع نوع و وضعیت توزیع دقیق کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ‌های مخزن، نوع تخلخل، نوع و ترکیب

سیالات موجود درون حفره‌های سنگ‌های مخزن مشخص گردند.

۶- پیشنهاد می‌گردد با استفاده از داده‌های چاه پیمایی موجود در این مقاله، ارزیابی پتروفیزیکی چاه‌های A و B و C میدان با استفاده از نرم افزارهای مرتبط دیگر نیز انجام شود تا صحت نتایج بدست آمده از این پروژه تصدیق گردد.

منابع فارسی:

۱- احمدزاده کردآسیابی، م.(۱۳۹۰)."ارزیابی ژئوشیمیایی سنگ منشاءهای احتمالی میدان نفتی شادگان". پایان نامه کارشناسی ارشد رشتهٔ زمین شناسی نفت، دانشگاه چمران اهواز:۱۷۵ صفحه.

۲- رضایی، م. و چهرازی، ع.، ۱۳۸۹. اصول برداشت و تفسیر نگاره‌های چاه پیمایی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۳- علیزاده پیرزمان، س.،سلیمانی،ب.،و جعفری،ج. (۱۳۸۵)."ارزیابی اختصاصات مخزنی و لیتولوژی سازند آسماری با استفاده از نمودارهای چاه پیمایی و مطالعه مقاطع نازک در میدان نفتی شادگان "اولین کنگره مهندسی نفت ایران:۱۱ صفحه.

۴- آقانباتی، س.ع.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، ۵۸۶ صفحه.

۵- تدینی، م.، حمیدی، ح. و نبی بیدهندی، م.، ۱۳۸۷. تعیین تخلخل و آب اشباع شدگی توسط نرم افزار ژئولاگ وشبکه‌های عصبی مصنوعی در مخزن نفتی پارسی، نشریه فنی تخصصی شرکت ملی نفت ایران، شماره ۵۴، صفحات ۳۸-۴۱.

۶- مداحی،ا.، کشاورزین.، نادری،ا. بررسی عوامل کنترل کننده کیفیت مخزنی بااستفاده از داده‌های لرزه‌ای در میدان نفتی شادگان - مجله فیزیک زمین وفضا،دوره ۳۹،شماره ۱، ۱۳۹۲، صفحه ۲۹-۱۳.

منابع انگلیسی:

1-Schlumberger, 1989. Log interpretation principles and Aplication, Eight printing, Feb. 1999, Houston;

2- Adams, T.D. and Bourgeois, F., 1967; Asmari Biostratigraphy. Geological and Exploration Div. IOOC Report No. 1074 may, 1967

3- Anselmetti, F., Eberli, G., 1999, "The velocity deviation log; a tool to predict pore type and permeability trends in carbonate drill holes from sonic and porosity or density logs", AAPG Bulletin, Vol. 83, No. 3, pp.450-466

4- Petrophysical Evaluation of Shaly Sand Reservoirs in Palouge-Fal Oilfield, Melt Basin, South East of Sudan (Rashid A.M Hussein and Motaz Eltahir Bakri Ahmed)-Journal of Science and Technology Vol13,No2-December 2014

5- Poupon A, Loy ME, Tixier MP (1954). A Contribution to Electrical Log Interpretation in Shaly Sands. J. Pet. Technol. (6):27-34

6- Seteyeobot, I., Rotimi,O., Enaworu, E., and Sam-Marcus, J.(2018). A proposed solution to the determination of water saturation: using modelled equation. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. P.7

7- Shedid, A., and A.Saad, Mohamed. 2017."Analysis and field applications of water saturation models in shaly reservoirs", Journal of Petroleum and Gas Engineering, Vol. 8(10), pp.111-122

بازدید دوره‌ای از پروژه‌های کاوشگران

بازدید دوره‌ای تیم مدیریت نظارت عالیه از پروژه‌های معادن سنگ آهن ایران مرکزی، به‌منظور نظارت بر پیشرفت هرچه بیش‌تر امور؛

جلسه مدیران

برگزاری جلسات هفتگی مدیران شرکت جهت هماهنگی و تبادل نظر در خصوص پیشبرد اهداف و استراتژی سازمان و بهبود فرآیندهای اجرایی پروژه‌ها

تماس با ما

۴۴۸۰۶۰۷۰

INFO@KCE.IR

انتهای ستاری شمال- خیابان زیتون- نبش چمران-
کوچه ارغوان یکم- پلاک ۴