

# مدل‌سازی ژئوفیزیکی اثرات زیست‌محیطی معدن‌کاری کرومیت بر آب‌های زیرزمینی منطقه اولنگ سیر - سبزوار

حمید سرخیل\*، عضو هیات علمی دانشگاه محیط زیست، کرج، ایران.

E.mail: Sarkheil\_h@yahoo.co.uk

دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۱ - پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۰۹

## چکیده

زون افیولیتی سبزوار قسمتی از افیولیت‌های ایران مرکزی محسوب می‌شود. وجود لندهای کرومیتی فراوان بر اهمیت زمین‌شناسی و محیط زیستی این منطقه افزوده است. امروزه تأثیرات انسان بر محیط زیست و محیط زیست بر بشر بر کسی پوشیده نمی‌باشد. یکی از مسائل مورد بحث در جوامع علمی اثرات عناصر و کانی‌ها بر ارگانسیم موجودات زنده و آلودگی‌های ناشی از برخی عناصر بر آب و خاک می‌باشد، به طوریکه در این تحقیق به بررسی آثار معدنکاری کرومیت و نحوه نشر و گسترش کروم بر آب‌های زیرزمینی و آثار مخرب زیست‌محیطی آن بر مناطق پایین دست معدن اولنگ سیر - سبزوار که در ۵۰ کیلومتری شمال منطقه داورزن سبزوار قرار دارد، پرداخته شده است. به گونه‌ای که می‌توان با توجه به مساحی‌های ژئوفیزیکی انجام شده در منطقه و نمونه‌های گرفته شده از چاه‌های پیرومتریک، غلظت بالایی از کروم ۶ ظرفیتی را در آب‌های زیرزمینی منطقه مشاهده نمود که اغلب ناشی از انتقال تراوش‌های معدنی است و می‌تواند برای مناطق مسکونی پایین دست منطقه خطرناک باشد.

کلیدواژه‌ها: محیط زیست، کرومیت، آب‌های زیرزمینی، ژئوفیزیک

## ۱- مقدمه

لیچینگ انجام شده می‌تواند آب‌های زیرزمینی مجاور خود را تحت تأثیر قرار دهد. کروم عنصری فلزی سخت، براق به رنگ خاکستری تا نقره‌ای و با قابلیت جلاپذیری خوب می‌باشد. این عنصر در سال ۱۷۹۷ توسط لوئیس واکلین<sup>۱</sup> دانشمند فرانسوی کشف گردید. منشأ اصلی آن سنگ کرومیت می‌باشد که ترکیبی از آهن، کروم و اکسیژن بوده و هرگز به صورت آزاد در طبیعت یافت نمی‌شود. به منظور افزایش سختی فولاد از

یکی از مسائل مورد بحث در جوامع علمی اثرات عناصر و کانی‌ها بر ارگانسیم موجودات زنده و آلودگی‌های ناشی از برخی عناصر بر آب و خاک می‌باشد، به طوریکه در این تحقیق به بررسی آثار معدن‌کاری کرومیت و نحوه نشر و گسترش کروم در آب‌های زیرزمینی و تأثیرات آن بر بدن انسان و موجودات زنده پرداخته می‌شود. استخراج ماده معدنی از طریق روش استخراج روباز و سپس لیچینگ ماده معدنی و دامپ‌های معدن حائز اهمیت می‌باشد. فرآیند

## سرخیل

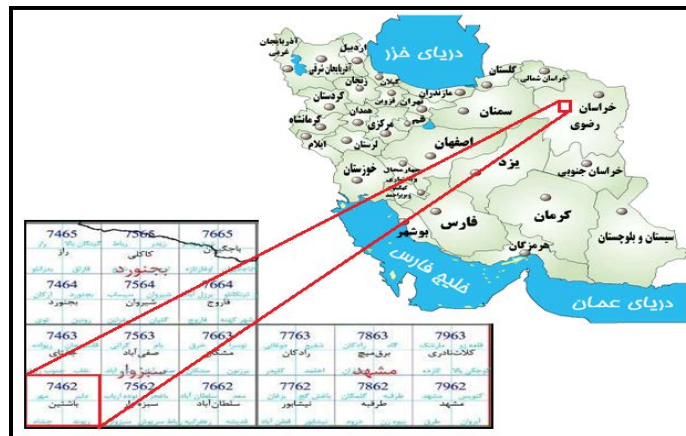
کاربردهای صنعتی کروم می توان به صنایع منسوجات، هواپیمایی، چرم سازی و آندنیزه کردن آلومینیوم اشاره نمود (نریاگو، ۱۹۸۸).

در این تحقیق به بررسی آثار مخرب زیست محیطی معدنکاری کرومیت بر روی آب های زیر زمینی مناطق پایین دست معدن اولنگ سیر- سبزوار که در ۵۰ کیلومتری شمال منطقه داورزن سبزوار قرار دارد شکل (او ۲)، پرداخته شده است.

کروم استفاده می شود و همچنین با استفاده از آن می توان فولاد های ضد زنگ و روکش های سطوح سخت تهیه نمود، که هر کدام از این ترکیبات کاربردهای فراوانی را در صنعت دارا می باشد. علاوه بر آن کرومیت دارای نقطه ذوب بالا، انبساط حرارتی متوسط و ساختار بلوری پایدار می باشد که به همین دلیل در صنایع نسوز مورد استفاده قرار می گیرد. مهمترین کرومات ها شامل کرومات سدیم و پتاسیم و دی کرومات ها، شامل دی کرومات پتاسیم و آلومینیوم بوده و تمامی ترکیبات کروم بی رنگ می باشند.



شکل ۱. نمایی از سایت معدن و ترانشه های حفر شده در معدن کرومیت، منطقه اولنگ سیر- سبزوار



شکل ۲. موقعیت تقریبی قرارگیری محدوده مطالعاتی اولنگ سیر- سبزوار

## ۲- زمین شناسی منطقه

زون افیولیتی سبزوار در بخش شمال غربی ایران و در طول جغرافیایی ۶۰-۵۷ درجه شرقی و ۳۷-۳۵ درجه شمالی واقع شده است. این زون دارای ۱۵۰ کیلومتر طول و ۳۰-۱۰ کیلومتر عرض است که در حاشیه بلوک کوچک قاره ایران مرکزی قرار گرفته و در واقع مرز این بلوک با صفحه کپه داغ در نظر گرفته می شود (علوی، ۱۹۹۱ و ۱۹۹۶، علوی و وزیری، ۱۹۹۷)، (لنج و علوی تهرانی، ۱۹۷۷) و (سنجور، ۱۹۹۰). محل قرار گیری این زون در شکل (۳) نشان داده شده است. همان گونه که در شکل دیده می شود، منطقه شش زون افیولیتی دارد که در بین این شش زون، افیولیت سبزوار کامل ترین مقطع از یک افیولیت را ارائه می کند. افیولیت ها به دلیل ماهیت جایگیری شان اغلب در ارتفاعات دیده می شوند که افیولیت سبزوار نیز این گونه می باشد؛ به گونه ایی در ارتفاعات اولنگ سیر نیز دیده می شود (علوی تهرانی، ۱۹۷۵)، (شجاعت و همکاران، ۲۰۰۳). بررسی ها حاکی از آن است که این افیولیت ها قسمتی از پوسته شمالی نئوتیس بوده که در زمان کرتاسه پایینی بسته شده است (لنج و علوی تهرانی، ۱۹۷۷)، (سنجور، ۱۹۹۶). سنگ های گوشته در آنها عبارتند از هارزبورژیت و دونیت که اصلی ترین سنگ های تشکیل دهنده منطقه هستند و بیشتر در قسمت شمالی و مرکزی این مجموعه رخنمون دارند (علوی تهرانی، ۱۹۷۵). سنگ های گابرویی فراوانی اندکی دارند که بیشتر به صورت رخنمون های جداگانه ایی دیده می شوند. سنگ های بازالتی منطقه، محدوده تغییرات ترکیبی وسیعتری دارد به طوری که ترکیب آنها از بازالت به آندزیت-بازالت، آندزیت-داسیت، ریوداسیت تا ریولیت در تغییر است. سنگ های رسوبی منطقه شامل آهک های رسوبی پلاژیک فسیل دار و چرت های رادیولاریتی می باشند. سنگ های این منطقه را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد (علوی تهرانی، ۱۹۷۵)،

(شجاعت و همکاران، ۲۰۰۳)؛ سکانس افیولیتی و سکانس غیر افیولیتی. هر کدام از این بخش ها را می توان به صورت واحد های جداگانه بررسی کرد.

آمفیبولیت و گارنت آمفیبولیت: این واحد که مشخصه رخساره آمفیبولیت حاصل از دگرگونی ناحیه ای را نشان می دهد، قدیمی ترین واحد سنگ شناسی منطقه محسوب می شود. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، این سنگ ها دارای بافت گرانوبلاستیک و بعضاً واجد شیستوزیته بوده که رگه های پرهینیت این شیستوزیته ها را قطع می کنند. وجود این واحد های سنگی در افیولیت های ایران مرکزی کمتر گزارش شده و تنها مورد مشاهده شده در منطقه ناین است (داودزاده، ۱۹۷۲).

مجموعه اولترابازیکی: سنگ های اولترابازیکی بیشترین قسمت منطقه مورد مطالعه را تحت پوشش قرار داده اند. این مجموعه خود شامل سنگ های هارزبورژیت، لرزولیت، دونیت، سرپانتینیت و پیروکسنیت است. هارزبورژیت اصلی ترین سنگ از این گروه تقریباً در همه جای منطقه قابل رویت است. بعد از هارزبورژیت، دونیت اصلی ترین سنگ تشکیل دهنده مجموعه است. دونیت همچنین از لحاظ زمین شناسی اقتصادی، سنگ اصلی در بر گیرنده لزه های کرومیت است و مگنزیت نیز در آن ها به فراوانی دیده می شود (علوی تهرانی، ۱۹۷۵)، (شجاعت، ۱۹۹۹). سرپانتینیت ها عضو دیگری از این گروه سنگ ها محسوب می شوند که خود در اثر سرپانتینیت شدن شدیدی که در منطقه رخ داده بوجود آمده اند. از دیگر آثار این فرایند وجود کریزوتیل است که از اولیوین های غنی از Mg به دست می آید. پیروکسنیت نیز که به صورت دایک های نازک یا عدسی شکل دیده می شود در منطقه بر دو نوع ویستریت و برونزیت قابل تقسیم بندی هستند. در مجموعه اخیر بیشترین بخش تشکیل دهنده سنگ ها، ارتوپروکسن (برونزیت) است (شجاعت، ۱۹۹۹). سنگ های رسوبی و گدازه های زیر دریایی: بعد از مجموعه

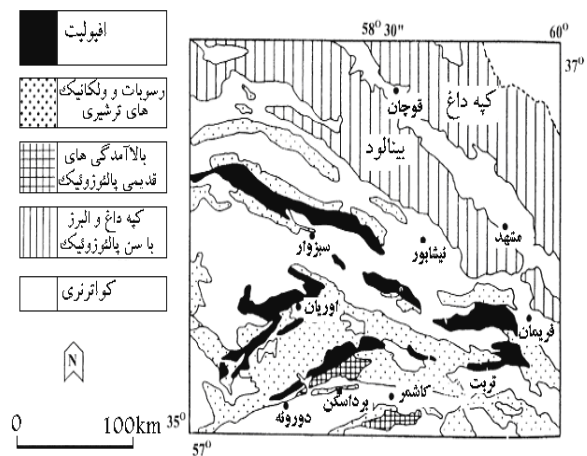
همچنین باعث ایجاد اختلال در سیستم دفاعی بدن می شود. کروم سه ظرفیتی یکی از عناصری است که کمترین خاصیت مسمومیت زایی را داشته و در صورت استفاده به عنوان مکمل غذایی، هیچگونه اثرات منفی را به همراه ندارد. اگرچه اثرات مسمومیت کروم درصد کمی از افرادی که در محدوده شغلی خود در معرض کروم قرار گرفته اند، شامل می شود. اما اثرات حاشیه ای آن می تواند به گونه ای فراگیر افراد جامعه را تحت تاثیر قرار دهد. کروم شش ظرفیتی به راحتی می تواند در بدن انسان به نوع سه ظرفیتی خود تبدیل شود ولی هیچ نوع تبدیل کروم سه ظرفیتی به کروم شش ظرفیتی در داخل ارگانسیم های زنده وجود ندارد. جذب کروم به مصرف این عنصر در رژیم غذایی مربوط می شود. در مصرف روزانه ۱۰ میکروگرم، جذب کروم در حدود ۲ درصد و در مصرف روزانه ۵۰ میکروگرم در روز میزان جذب، ۴ درصد خواهد بود.

نوع کروم نیز بر جذب این عنصر تاثیر گذار خواهد بود. به عنوان مثال جذب کروم از کلرید کروم معمولاً حدود ۴ درصد می باشد. بالاترین تمرکز کروم در کلیه ها، جگر، طحال، قلب و شش ها دیده می شود. مطالعات انجام پذیرفته نشان می دهد که بر خلاف کروم سه ظرفیتی که از ابتدا وارد جگر می شود کروم شش ظرفیتی به تمام اعضاء به ویژه کلیه ها سرایت می کند.

تاثیرات کروم بر بدن انسان و موجودات زنده را می توان از دو منظر مورد توجه قرار داد:

**آثار کوتاه مدت و آثار بلندمدت:** در برخورد کوتاه مدت با مواد حاوی کروم سه ظرفیتی محلول، می توانند برای چشم و پوست سوزش آور باشند اما این اثر معمولاً به ماهیت اسیدی آن بر می گردد. بعضی افراد به کروم حساس هستند که در این مورد ترکیبات کرومی باعث ایجاد جوش های پوستی می شود. در عوض استنشاق کروم شش ظرفیتی می تواند باعث مسمومیت شدید، سوزش و ایجاد

سنگ های اولترابازیکی، سری سنگ های گدازه ایی بیشترین بخش تشکیل دهنده افیولیت بوده و بیشترین حجم آنها شامل گدازه های بالشی و سنگ های هیالوکلاستیک است (شکل ۳).



شکل ۳. محل قرار گیری زون افیولیتی سبزواری و سایر زون های افیولیتی مجاور آن (شجاع و همکاران، ۲۰۰۳)

این سنگ ها همچنین با آهک های پلاژیک، شیل و رادیولاریت همراهی می شوند (لنج و علوی تهرانی، ۱۹۷۷)، (شجاع و همکاران، ۲۰۰۳).

### ۳- اثرات کروم بر سلامتی انسان و موجودات زنده

کروم از عناصر اساسی است که برای سوخت و ساز کربوهیدرات ها و چربی ها مورد نیاز بوده و از طریق افزایش اتصال انسولین به سلول ها باعث افزایش حساسیت انسولین می شود. مصرف ناکافی کروم باعث افزایش عوامل خطرزا در ارتباط با انواع دیابت و بیماری های قلبی و عروقی از قبیل بالا رفتن انسولین در گردش، گلوکز، تری گلیسریدها، کلسترول کل و کاهش کلسترول تنزیلی ۲ شده و

شدن خاک بر میزان مصرف گیاهان زراعی از کروم تاثیر می گذارد. اکثر گیاهان کروم سه ظرفیتی دریافت می کنند. عنصر شیمیایی کروم توانایی تجمع در بدن ماهی ها را ندارد، اما اگر غلظت کروم، به دلیل تاثیر تولیدات فلزی بر آب های سطحی افزایش یابد، می تواند بر آبشش ماهی هایی که در نزدیکی این مناطق زندگی می کنند، اثر گذارد. کروم در جانوران باعث مشکلات تنفسی، پایین آمدن مقاومت بدن در برابر بیماری ها، کاهش تولد، عقیمی و تشکیل تومور می شود (اندرسون، ۱۹۹۹).

#### ۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی کروم بر خاک

خاک غیر آلوده به خاکی گفته می شود که غلظت عناصر مختلف به ویژه عناصر سنگین در آن کمتر یا حداکثر برابر با غلظت این عناصر در استانداردهای جهانی معرفی شده باشد، که بدان غلظت زمینه گفته می شود. جهت تعیین میزان آلاینده‌گی عناصر سنگین در یک منطقه، بایستی میزان غلظت عناصر در منطقه با یک استاندارد مقایسه شود. بهترین نوع مقایسه، مقایسه با استانداردهای موجود برای همان منطقه می باشد زیرا شرایط زمین شناسی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا، غلظت های متفاوتی را ایجاد می کند. به عنوان مثال میزان غلظت زمینه برای Pb در شرق آمریکا ۱۴، کانادا ۵۰ و هلند ۵۳۰ قسمت در میلیون قسمت از نمونه (PPM) گزارش شده است. از آنجائیکه در کشور ما نیز مانند سایر کشور ها استاندارد خاصی برای درجه آلودگی خاک وجود ندارد، بنابراین از استاندارد های جهانی استفاده می شود. جدول (۱) میزان غلظت زمینه را برای سه استاندارد معتبر جهانی نشان می دهد (لیندسی، ۱۹۷۹).

زخم هایی در مجرای بینی و نیز حساسیت تنفسی شود و همچنین در تماس پوستی با آسیب دیدگی ها یا زخم های در حال بهبود، باعث تبدیل آنها به زخم های شدید و بیماریهای پوستی حساس و مزمن می شود و اما تماس با کروم شش ظرفیتی در یک دوره طولانی یا مکرر، ممکن است باعث ایجاد سوراخ یا حفراتی در بینی شود و همچنین ممکن است منجر به سرطان مجاری تنفسی گردد (اندرسون، ۱۹۹۹). موجودات زنده از طریق خوردن، آشامیدن و تماس های پوستی، کروم و ترکیبات آن را دریافت می کنند. میزان کروم در هوا و آب بسیار اندک است ولی ممکن است آب های آلوده حاوی مقداری کروم چهار ظرفیتی و کروم شش ظرفیتی باشند که بسیار خطرناک می باشند. کروم شش ظرفیتی محصول صنایع فولاد و نساجی می باشد که بسیار خطرناک است. آسیب هایی که کروم شش ظرفیتی و ترکیبات آن بر بدن انسان و موجود زنده وارد می سازد، شامل زخم معده، آماس پوست، حساسیت های پوستی و غیره می باشد. اگر به اندازه ۱/۲ قاشق چای خوری کروم شش ظرفیتی مصرف شود، مسمومیت های کشنده ای ایجاد می کند و در موارد مصرف کمتر ایجاد سرطان می کند. کمبود کروم در حیوانات و انسان، ناهنجاری هایی را در دستگاه عصبی به وجود می آورد. در مطالعات نشان داده است، کمبود کروم در بدن باعث افزایش خطرات بیماری های قلب و عروق می شود و میزان مورد نیاز کروم در بدن در روز به ۵۰ تا ۲۰۰ میکروگرم می رسد، کروم و مس هر دو عناصری هستند که کمبود آن ها به بیماری های قلب و عروق منجر می شود (نریاگو، ۱۹۸۸).

محصولات زراعی دارای مقداری کروم هستند تا میزان کروم مورد نیاز بدن انسان از این طریق تامین شود. اگر میزان کروم موجود در خاک افزایش پیدا کند، به تبع آن غلظت کروم در محصولات زراعی نیز افزایش می یابد. اسیدی

جدول ۱. میزان غلظت زمینه عنصر کروم برای سه استاندارد جهانی (لیندسی، ۱۹۷۹)

استاندارد	کروم (Cr)
Lindsay	۱۰
USEPA	۱۰
G.L.C	۱۰

### ۵- رفتار کروم در خاک های مناطق افیولیتی

به طور کلی فرایند تشکیل خاک در سنگ های افیولیتی با آنچه در سنگ های اسیدی رخ می دهد، اغلب به دلیل غلظت های بالای Fe و Mg متفاوت است. به طور کلی گسترش پروفیل خاک، آهسته و ضعیف می باشد و میانگین pH آن از ۶ تا ۷/۵ متغیر است. ظرفیت نگهداشت آب در خاک بسیار پایین و ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل غلظت های بالای Mg و Ca، عموماً بالا می باشد. به دلیل تشکیل و گسترش پائین پروفیل خاک و نیز شیب های اغلب تند مناطق فوق الذکر، خاک های اولترامافیکی از پایداری چندانی برخوردار نیستند. این مساله، رشد گیاهان مقاوم و نگهدارنده خاک را کاهش داده که به نوبه خود در گسترش ضعف خاک در این مناطق موثر می باشد. هوازگی سنگ های افیولیتی به ویژه آن هایی که غنی از سرپانتین هستند، خاک ها و رسوباتی با غلظت های بالایی از Cr و دیگر عناصر سنگین سمی از قبیل Ni و Mn تولید می کنند. همانگونه که اشته گردید، کروم آلاینده ای غیر آلی و سرطان زا است که در محیط به دو حالت اکسیداسیونی سه ظرفیتی و شش ظرفیتی دیده می شود. کروم سه ظرفیتی ماده ای با خاصیت سمی بسیار کم می باشد، در حالیکه کروم شش ظرفیتی یکی از مواد سرطان زا برای بدن می باشد. کرومی که از خاک های سرپانتینی نشأت می گیرد در ابتدا به شکل سه ظرفیتی بوده و از نظر شیمیایی غیر متحرک تلقی

می شود. با این حال در حضور اکسیدهای منگنز به نوع شش ظرفیتی تبدیل می شود (فانتونی و همکاران، ۲۰۰۲). مناطق افیولیتی حاوی سنگ ها و کانی هایی با جنس متفاوت می باشند که هر کدام نقش به سزایی در آلودگی این مناطق ایفا می کنند. بر طبق آزمایش شیرابه اسیدی ۳ انجام گرفته بر روی نمونه های سرپانتینی، مقدار کروم در سنگ های مختلف، به دست آمد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود درجه آزادسازی کروم از سرپانتین ها منحصر به فرد می باشد، که این خود گواه آن است که کسر پانتین ها مهمترین آلاینده طبیعی در طبیعت می باشند (روبلز و آرمیتا، ۲۰۰۰).

جدول ۲. مقدار کروم در نمونه های مختلف (گرم بر تن) (روبلز و آرمیتا، ۲۰۰۰)

ردیف	نوع نمونه مورد آزمایش	مقدار کروم (گرم بر تن)
۱	سرپانتین	۲۷۴
۲	تونالیت	۱/۵
۳	پیروکسنیت	۳/۳
۴	دیوریت	۰/۹
۵	دیاباز	۹
۶	شیست	۰/۲
۷	گرانیت	۲/۵
۸	کوارتز مونزونیت	۱/۸

مقدار معمول کروم در سرپانتین ها در حدود ۱۰۰ ppm می باشد. هوازگی و آلتراسیون سنگ های اولترامافیکی حاوی کروم، عامل اصلی آلودگی این عنصر در مناطق اولترامافیکی می باشد. در مناطق افیولیتی غالباً فعالیت های شدید تکتونیکی وجود دارد. این فعالیت ها به همراه رگه های سولفیدی و یا دیگر فعالیت های هیدرو ترمالی، هوازگی توده های اولترامافیکی و آزاد شدن کروم را تسریع و تقویت می کنند (روبلز و آرمیتا، ۲۰۰۰).

آب های تیپ بی کربناته منیزیک معمولاً از طریق واکنش آب های جوی با سرپانتیم ها و سنگ های اولترامافیکی تولید می شوند، در حالیکه آب های تیپ بی کربناته کلسیک از طریق واکنش آب های جوی با سنگ هایی از قبیل گابرو و بازالت به وجود می آیند. آب های تیپ بی کربناته منیزیک به مراتب نسبت به تیپ بی کربناته کلسیک از کروم غنی ترند (فانتونی و همکاران، ۲۰۰۲).

بررسی رابطه غلظت کروم با سایر عناصر اصلی و سنگین نشان می دهد که این عنصر با عناصر Fe, Mg, Co, Ni و Mn رابطه مستقیم و با عناصر Ca, Al, Zn, Pb رابطه معکوس نشان می دهد. رابطه نسبتاً قوی کروم با pH نشان دهنده اینست که به احتمال قوی کروم از نوع شش ظرفیتی است. چشمه هایی که مستقیماً از سنگ های اولترامافیکی خارج می شوند بیشترین غلظت کروم را دارا می باشند. تیپ اینگونه آب ها از نوع بی کربناته منیزیک می باشد که بیشترین پتانسیل داشتن کروم شش ظرفیتی را دارا می باشند.

#### ۷- مواد و روش ها

آلودگی های معادن کرومیت غالباً ناشی از موارد ذیل می باشند:

نشت از سدهای باطله، نشت مواد تخلیه شده به خارج از کارخانجات غربالگری و تغلیظ و خاک های الترامافیکی در اکسیداسیون کرومیت که درجه بالایی از آلودگی های فلزات سنگین به همراه دارند. به منظور دستیابی به تاثیرات معدنکاری کرومیت بر رژیم آب زیر زمینی منطقه از روش های ژئوفیزیکی و هیدرولوژیکی استفاده شده است.

#### ۷-۱- مساحی های ژئوفیزیکی

یکی از مهمترین و پرکاربردترین روش های ژئوفیزیکی

آنالیز SEM در کانی های مختلف نشان می دهد که کرومیت بیشترین مقدار کروم را دارد. دیگر کانی ها مانند پیروکسن، اولیوین، سرپانتین ها و سولفید ها کمتر از یک درصد کروم دارند. اگرچه کرومیت در برابر هوازدگی شیمیایی و فیزیکی مقاوم و در آب های نزدیک به خنثی به شدت انحلال ناپذیر است اما با این وجود مقادیر اندکی از کروم به صورت سه ظرفیتی و یا شش ظرفیتی در آب های سطحی و زیر زمینی وجود دارد (هم، ۱۹۸۵).

دو احتمال برای اکسیداسیون کروم سه ظرفیتی به کروم شش ظرفیتی وجود دارد. احتمال اول اکسیداسیون کروم سه ظرفیتی نزدیک سطح و سپس انتقال به سطوح پایین تر است و احتمال دیگر می تواند اکسیداسیون کروم سه ظرفیتی در اعماق به دلیل حضور  $MnO_2$  در آبخوان یا واکنش با اکسیژن در گسل های فعال منطقه باشد (روبلز و آرمیتا، ۲۰۰۰).

#### ۶- اثرات زیست محیطی کروم در آب های

##### مناطق افیولیتی

به طور کلی در مناطق حاوی سنگ های اولترامافیکی، دو نوع آب سطحی تولید می شود. معمول ترین آن، نوع قلیایی با pH هایی در حدود ۸/۳ تا ۸/۶ و غنی از بی کربنات منیزیم می باشد. نوع دوم که کمتر دیده می شود، نوع قلیایی است که حاوی هیدرواکسید کلسیم بالا با مقدار pH بین ۱۱/۲ تا ۱۱/۸ می باشد (گری و سن زولون، ۱۹۹۶). آب هایی که معمولاً در تماس با سنگ های اولترامافیکی هستند عمدتاً از نوع بی کربنات کلسیک منیزیک می باشند که حاصل از هوازدگی سنگ های اولترامافیکی سرپانتینی شده و یا در کل سنگ های دارای ترکیبات Ca و Mg از سه ظرفیتی و یا کروم شش ظرفیتی باشند.

قبیل گابرو و یا بازالت می باشد که می توانند حاوی کروم

مدل سازی معکوس هموار در قالب نرم افزار RES2DINV V.7.0.1 اصلاح شده توسط پروفیسور لوک استفاده شده است (لوک، ۲۰۰۸). برای انجام هر چه بهتر مدل سازی با نرم افزار مزبور، بعضی از گزینه های پیش فرض آن، با توجه به شرایط خاص منطقه، فواصل بین الکترودها، نوع آرایه مورد استفاده و میزان دقت مورد نیاز، به شیوه مناسب تغییر داده شد. به طوریکه به عنوان نمونه می توان در اشکال (۵) و (۶) نتایج حاصل از مدل سازی دو بعدی را برای پروفیل P1 در محدوده مطالعاتی اولنگ سیر-سبزوار مشاهده نمود.

جدول ۳. مشخصات پروفیل های ژئوفیزیکی چهارگانه برداشتی در منطقه اولنگ سیر-سبزوار

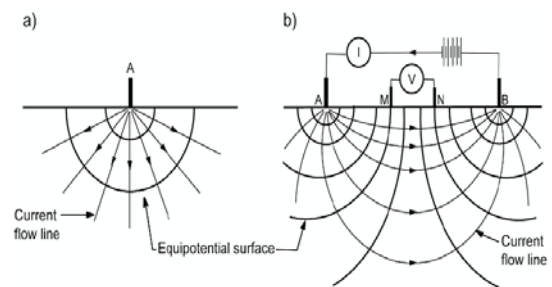
نام پروفیل	آزیموت	طول پروفیل (m)	مختصات نقطه ابتدایی پروفیل GPS
P1	(NE_SW)	۱۱۰	X= 40 S 507243 Y= 4035642
P2	(NE_SW)	۱۱۰	X= 40 S 507253 Y= 4035654
P3	(NE_SW)	۱۱۰	X= 40 S 507275 Y= 4035668
P4	(NE_SW)	۱۱۰	X= 40 S 507283 Y= 4035692

برای بررسی وضعیت آب های زیرزمینی روش ژئوالکتریک می باشد که در این روش همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می شود با استفاده از الکترودهای فلزی رسانا جریان را به درون زمین هدایت نموده و با اندازه گیری خطوط پتانسیل زمین و تجزیه و تحلیل آنها به شناسایی وضعیت لایه های زمین، ناپیوستگی ها و آب های زیرزمینی پرداخته می شود (سرخیل و حسنی، ۲۰۰۹).

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} K$$

$$K = 2\pi \left[ \frac{1}{|r_A - r_M|} - \frac{1}{|r_A - r_N|} - \frac{1}{|r_B - r_M|} + \frac{1}{|r_B - r_N|} \right]$$

که در آن:  $\Delta V$ ، اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده بین دو الکترودهای پتانسیل،  $I$ ، میزان جریان ارسالی از طریق الکترودهای جریان به درون زمین،  $K$ ، ضریب هندسی می باشد که مطابق رابطه (۲) به آرایش الکترودها وابسته می باشد و  $\rho^a$ ، مقاومت ویژه ظاهری خواهد بود.

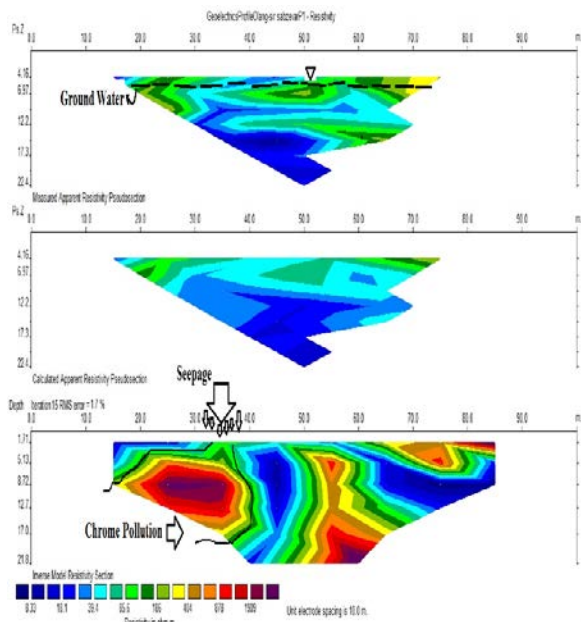


شکل ۴. روابط و نمای شماتیک از هدایت جریان به درون زمین

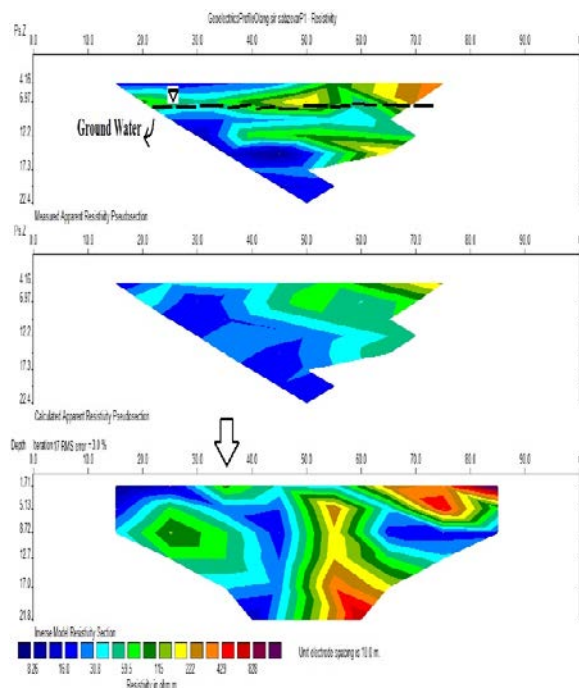
برای انجام بررسی میزان نشست کرومیت از دامپ باطله و همچنین کارگاه پرعیار سازی کرومیت تعداد ۴ پروفیل دوقطبی - دوقطبی ژئوفیزیکی به صورت دو بعدی در دو بازه زمانی فصل کم بارش (تابستان ۱۳۹۰) و فصل پر بارش (پاییز ۱۳۹۰) برداشت گردید (جدول ۳). برای بررسی وضعیت انتشار آلودگی کرومیت در آب های زیر سطحی از



۴- نتایج



شکل ۶. مدل دوبعدی مقاومت مخصوص داده ها (به ترتیب از بالا به پایین، مدل داده های اندازه گیری شده، مدل محاسبه شده و مدل معکوس) برای پروفیل شماره P01 منطقه اولنگ سیر-سبزوار بعد از فصل بارش (زمستان ۱۳۹۰)



شکل ۵. مدل دوبعدی مقاومت مخصوص داده ها (به ترتیب از بالا به پایین، مدل داده های اندازه گیری شده، مدل محاسبه شده و مدل معکوس) برای پروفیل شماره P01 منطقه اولنگ سیر-سبزوار قبل از فصل بارش (تابستان ۱۳۹۰)

۷-۲- مساحی های هیدروژئولوژیکی

علاوه بر بررسی های ژئوفیزیکی در منطقه به منظور تحلیل های هیدروژئولوژیکی تعداد ۱۱ چاه در اطراف سایت دپو و بخش پایین دست سایت فرآوری کرومیت حفر گردید. به گونه ای که سطوح استاتیک آب در چاه های مربوطه ثبت و همچنین جهت جریان آب زیر زمینی در منطقه مشخص گردید. از درون ۱۱ حلقه چاه حفر شده در اطراف محدوده معدنکاری کرومیت در دو مرحله، یکی قبل از فصل بارندگی (تابستان) و یکی پس از فصل بارندگی (زمستان) نمونه هایی برای بررسی آلودگی کرومیت برداشت گردید (شکل ۷).

با توجه به شکل (۵) و (۶) می توان به روشنی تراوش آلودگی های کرومیتی را به درون لایه های زیر سطحی زمین و آبهای زیر زمینی در پروفیل شماره P1 مشاهده نمود به طوریکه با گذشت زمان ۶ ماه و همچنین بارش های فصلی ورود پساب های معدنی به درون آب های زیر زمینی صورت پذیرفته است. مطالعه سایر پروفیل های برداشتی ژئوفیزیکی (پروفیل های P2، P3 و P4) نیز که فاصله ۵۰ متری را از یکدیگر دارند، نشت آلودگی کرومیتی را به مناطق زیر سطحی پایین دست نشان می دهد.

و مخرب نمایان سازد.

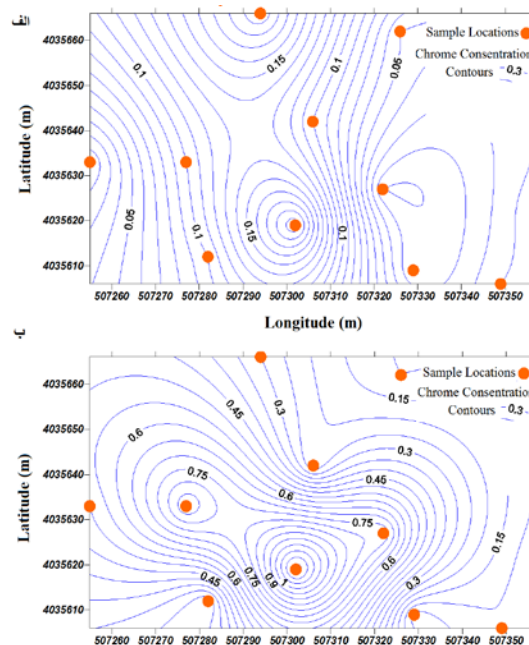
شناخت خاک ها و آب هایی که پتانسیل آلوده شونده شونده طبیعی با عناصر سنگین را دارند و اتخاذ تصمیماتی در خصوص عدم انجام کارهای مهندسی تاثیر گذار بر روی زندگی انسان در اینگونه خاک ها، نقش به سزایی در سلامتی انسان و محیط زیست ایفاء خواهد نمود. استفاده از مساحی های ژئوفیزیکی مقاومت مخصوص برای مشخص ساختن هندسه سفره آب در مناطق پایین دست سایت معدن کرومیت اولنگ سیر- سبزوار نشان می دهد که پساب های آغشته به کروم به مناطق زیر سطحی به راحتی نفوذ نموده به گونه ای که میزان این پلوم به آب های زیر زمینی کاملاً مشخص می باشد. همچنین با بررسی نمونه های گرفته شده از چاه های ۱۱ گانه حفر شده در منطقه غلظت بالای از کروم ۶ ظرفیتی را که حاصل نشت های معدنی می باشد، نشان می دهد، به طوریکه این نشت معدنی با غلظت کروم بالا، با حرکت به مناطق پایین دست و آلوده سازی آب و خاک آن مناطق برای زندگی مردم منطقه خطر آفرین می باشد.

## ۹- مراجع

-Alavi, M. (1991) "Tectonic Map of the Middle East", Geological Survey of Iran, Scale 1:5,000,000, 1Sheet.

-Alavi, M. (1996) "Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain system in northern Iran", Journal of Geodynamics, vol. 21, p.p. 1-33.

-Alavi, M., Vaziri, H., Seyed-Emami, K., Lasemi, Y. (1997) "Triassic and associated rocks of the Nakhlak Aghdarband areas in central and northeastern Iran: As remnants of the southern Turanian active continental margin", Geological Society of America Bulletin, vol. 109, p.p. 1563-1575.



شکل ۷. الگوهای کنتری برای تمرکز غلظت کروم برای فصل قبل از بارندگی (الف) و فصل بارندگی (ب) در منطقه اولنگ سیر- سبزوار

همانگونه که در بخش الف شکل شماره ۷ مشاهده می شود غلظت کروم در نواحی مرکزی محدوده مورد بررسی مقادیر پایینی را نشان می دهد ولی با گذشت زمان و افزایش فعالیت های معدنکاری، پر عیار سازی کروم و همچنین افزایش نزولات جوی فصلی و در نتیجه آن تراوش پساب هاب آغشته به کروم به آب های زیر زمینی می توان غلظت بالای کروم را در بخش های مرکزی سایت معدن مشاهده نمود (شکل ۷ قسمت ب).

## ۸- بحث

همانگونه که اشاره گردید عواملی همچون لیتولوژی، فاصله از توده های اولترامافیک، بافت خاک، فعالیت های شدید تکتونیکی و هوازدگی در پراکنش عناصر سنگین به خصوص کروم موثر می باشد. به گونه ای که می تواند کروم را از نظر نوع و میزان به صورت یک ماده آلوده کننده

- and geology of the ophiolite belt of Sabzevar/Khorasan (Iran), Neues", Jahrbuch Fur Geologie un Palantologie Monatshefte, vol. 131,p.p. 156-178.
- Lock, M.H.:User manual for Res2dinv ver.7.0.1 Geomoto software, 144p Pearce, J. A., Peate, D. W.(2008) "Tectonic implication of composition of volcanic arc magmas",Annual Review of Earth planetary Science, vol. 23, p.p. 251-285.
- Nriagu, J.o (1988) "Production and uses of chromium. In: Nriagu, J.O, Nieboer, E. (Eds), Chromium in the natural and human environments" , vol. 20, pp.81-103.
- Sarkheil, H. and Hassani, H. (2009) "A new design for geoelectric surveying and inverse 1D and 2D modeling: the case of Karongah lead-zinc mine, Kerman"; 9th International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM), Bulgaria, 637-641.
- Sengor, A.M.C. (1996) "Natali in Turkey-type progeny and its role in the making of the continental crust", Annual Review of Earth planetary Science, vol. 25, p.p. 263-337.
- Shojaat, B., Hssanipak, A. A., Ghazi, A. M. , Mobasher, K. (2003) "Petrology, Geochemistry and tectonics of the Sabzevar ophiolite, North Central Iran" , Journal of Asian Earth Science,vol. 19, p.p. 1-15.
- Winchester, J. A., Floyd, P. A. (1977) "Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements", Chemical Geology, vol. 20, p.p. 325-342.
- Alavi-Tehrani, N. (1975) "On the metamorphism in the ophiolite rocks in the Sabzevar Region (NE of Iran)", Tehran symposium on the geodynamics, Southwest Asia.
- Davoudzadeh, M. (1972) "Geology and petrography of the area North of Nain, central Iran" , Geological Survey of Iran. Report No. 39, p. 89.
- Davoudzadeh, M. (1972) "Geology and petrography of the area North of Nain, central Iran", Geological Survey of Iran. Report No. 14.
- Engalenc, M.: (1968) "Contribution a La Geologie, Geomorphologie, Hydrogeologie De La Region De Teheran (Iran)", C.E.R.H., Montpellier, France, 365p.
- Fantoni D, Bronzzo G, Canepa M, Cipolli F, Marini L, Ottonello G, Zuccolini N.V. (2002) "Natural hexavalent chromium in ground waters interacting with ophiolitic rocks" .Env.Geol.871-882.
- Fendorf, SE (1995) " Surface reactions of chromium in soils and waters", Geoderma.Vol 67.55-71.
- Gray J.E; Sanzolone R.F. (2001) "Environmental studies of mineral deposits in Alaska" . US. Geological Survey Bulletin 2156.
- Gasemi, H., Juteau, T., Bellon, H., sabzehei, M., Whitechurch, H., Ricou, E. (2002) "The mafic-ultramafic complex of Sikhoran (central Iran): a polygenetic ophiolite complex ", Geodynamics, vol. 334, p.p. 431-438.
- Lench, G., Alavi-tehrani, N. (1977) "petrography