

## بازسازی زمین‌های استخراج شده با استفاده از پوشش گیاهی در معدن شماره یک سنگ آهن گل گهر سیرجان

بهنام بهنیا<sup>۱</sup>، سید مرتضی موسوی راد\*<sup>۲</sup>، هرمزد نقوی<sup>۳</sup>، علیجان آبکار<sup>۴</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه معدن، سیرجان، ایران، behnambenhnia1368@yahoo.com

۲- استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش معدن، s.m.moosavirad@gmail.com

۳- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، naghavii@yahoo.com

۴- کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، abkar804@yahoo.com

(دریافت ۲۸ مرداد ۱۳۹۲، پذیرش ۲۶ دی ۱۳۹۲)

### چکیده:

در این تحقیق به بررسی پتانسیل بازسازی و تبدیل کردن معدن شماره یک گل گهر سیرجان به محیطی تفریحی و توریستی پرداخته شده است. بدین منظور نمونه‌برداری از آب، خاک و هوای معدن انجام گردید و با طراحی‌های انجام شده توسط نرم افزار Gemcom و محاسبه حجم و محدوده نهایی معدن در پایان معدنکاری، و دبی ورودی آب و جهت حرکت آب به داخل پیت بعد از گذشت چندین سال پیت معدن به یک دریاچه تبدیل می‌شود و با کاشت درختان و گیاهان بر روی پله‌هایی که بالاتر از سطح ایستایی آب قرار می‌گیرند باعث تغییر چشم‌انداز منطقه و تبدیل پیت به یک محیط تفریحی و زیبا شد، که بر اساس نتایج نمونه‌برداری‌های انجام شده از آب که دارای هدایت الکتریکی یا شوری بالایی است و خاک معدن که از لحاظ مواد مغذی بسیار فقیر است و به علت کمبود آب و خاک مناسب در این منطقه، درختان گز و خرما مناسب جهت کاشت در معدن گل گهر سیرجان شناخته شده‌اند.

### کلمات کلیدی

بازسازی معدن، احیاء پوشش گیاهی، معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان، فلزات سمی و عناصر مغذی



## ۱- مقدمه

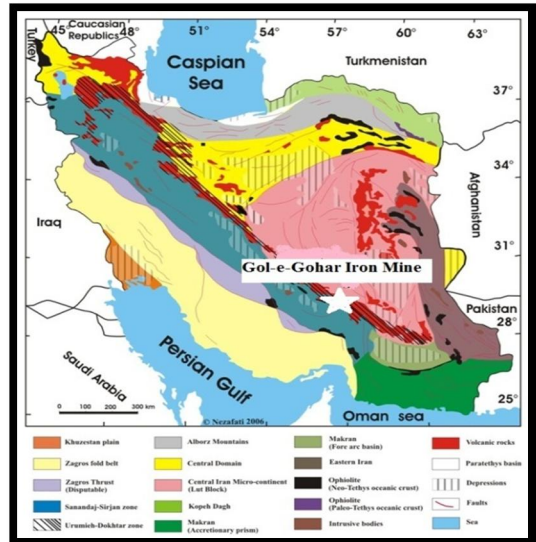
معدن باعث تخریب و آسیب خاک می‌شود در این فرآیند مواد مغذی خاک نابود شده و یا توسط باطله و مواد بی ارزش از بین می‌رود. اکنون در بسیاری از کشورها مجبور هستند که خاک سطح زمین یا پوشان سنگ را نگهداری و محافظت کنند ولی میراث معدنکاری تخریب بسیار وسیع و بزرگ است و برای بازسازی نیاز به پول و سرمایه بسیار فراوان است [۲]. به منظور جلوگیری از هر گونه گسترش آلاینده‌ها به مناطق دیگر سایت‌های معدنی باید تمامی عوامل را تحت کنترل و بررسی و نظارت قرار دهند. برای ارزیابی تخریب و راه‌های بهبود در آینده باید خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را مورد مطالعه قرار داد [۳]. یک بازسازی بلند مدت و ارزان قیمت می‌تواند از طریق پوشش گیاهی در پیت و باطله‌های معدن صورت گیرد و باعث جلوگیری از فرسایش و شسته شدن خاک و فلزات سمی و آلاینده‌ها توسط باد و آب شود و باید این واقعیت پیچیده را در نظر گرفت که خاکی که دارای فلزات سمی و سنگین و خاصیت باروری پایین و تخلخل کم و ساختار نامناسب و نامطلوب است می‌تواند مشکلاتی را برای گیاه به وجود آورد و برای مناسب شدن خاک باید اصلاحاتی چه از لحاظ شیمیایی و چه از لحاظ فیزیکی انجام داد [۴]. معدنکاری سنتی یکی از قدیمی‌ترین فعالیت‌های انسان-ها بر روی زمین در جهان در نظر گرفته شده است و مهمترین فعالیت بعد از کشاورزی است [۵]. فعالیت‌های استخراج معادن در سرتاسر تاریخ سهم قابل توجهی در ساخت تمدن جهان داشته است. با این حال تمام این مزایای قابل ملاحظه جبران شده است ولی اثرات منفی بر روی محیط زیست و سلامت و ایمنی کارگران معدن به عنوان یک چالش هنوز مد نظر است [۶]. فعالیت‌های معدنکاری باعث ایجاد آلودگی‌های فلزی در محیط زیست می‌شود اثرات مستقیم این فعالیت‌ها باعث تخریب زمین و پوشش گیاهی می‌شود و اثرات غیر مستقیم آن باعث آلودگی هوا و آب و خاک و آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها و غیره می‌شود و باعث از بین رفتن تنوع زیستی و آسیب‌های اقتصادی می‌گردد [۷]. در دو دهه گذشته بسیاری از مطالعات متمرکز بر اثرات استخراج از معادن سطحی و فلزی بوده است این مطالعات اغلب نشان داد

که درجه بالایی از فلزات سنگین و سمی در باطله‌های معدن است و خاک تحت تاثیر اکسیداسیون مواد آهن دار قرار دارد. فلزات سنگین ممکن است که توسط آب شسته شوند و یا توسط گیاه جذب گردند و یا در داخل خاک حفظ شوند و باعث از بین رفتن خاک و سمی شدن آن شوند [۸]. مشکلات زیادی می‌تواند در خاک‌های آلوده رخ دهد و باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شود و می‌تواند باعث آلوده شدن آب‌های سطحی و زیرزمینی شود و مناطق دیگر هم آلوده سازد. احیاء جنگل و پوشش گیاهی کمک می‌کند که چشم‌انداز منطقه دوباره مناسب گردد و اولین گام در کاهش آلودگی و ایجاد پوشش گیاهی مناسب حذف فلزات سنگین از خاک است و می‌توان از گیاهانی استفاده کرد که می‌توانند در خاک‌های آلوده و نامناسب سریعاً رشد کنند [۹]. برای برگرداندن خاک به شرایط مطلوب در مناطق باقی مانده از استخراج مواد معدنی نیاز به منابع قابل توجهی از خاک مناسب داریم، کاشت پوشش گیاهی یک روش مناسب برای بهبود خاک است. اگر چه در اکثر موارد این کافی نیست با توجه به شرایط و شدت تخریب خاک از قبیل اسیدی یا بازی بودن خاک و کمبود مواد غذایی و غیره، ولی اصلاح با مواد ارگانیک نشان داده است که یک روش موثر و ارزان است. بازسازی زمین‌های استخراج شده برای جلوگیری از فرسایش خاک مخصوصاً در سالهای اولیه استخراج بسیار مناسب است [۱۰]. در داخل کشور معدن مس سرچشمه و بعضی از معادن سنگ ساختمانی به روش‌های گوناگون به موضوع بازسازی معدن پرداخته‌اند ولی به علت فعال بودن این معادن به صورت عملیاتی بازسازی صورت نگرفته است، ولی در خارج از ایران کشورهای چین، آمریکا، انگلیس، آلمان و استرالیا در زمینه بازسازی بسیار فعال و پیشرو کشورهای دیگر هستند.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و اقلیم معدن شماره ۱ گل گهر

معدن سنگ آهن گل گهر در استان کرمان بین طول جغرافیایی  $15^{\circ} 55'$  تا  $24^{\circ} 55'$  شرقی و بین عرض جغرافیایی  $3^{\circ} 29'$  تا  $7^{\circ} 29'$  شمالی به طور تقریبی در مرکز مثلثی که رئوس آن را کرمان، شیراز و بندرعباس تشکیل می‌دهد واقع شده است. نزدیک‌ترین شهر به آن سیرجان است که در ۵۰ کیلومتری

شمال شرقی منطقه قرار دارد. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۱۷۵۰ متر می‌باشد که در دامنه شمالی با رشته‌کوه‌هایی به ارتفاع ۲۵۰۰ متر و امتداد شمال غربی و جنوب شرقی احاطه شده است. در تصویر (۱) موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان نشان داده شده است.



تصویر ۱: موقعیت جغرافیایی معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان

است. یکی از مشکل‌ترین جنبه‌های برنامه‌ریزی برای بازسازی چگونگی اجرا عملیات بازسازی است بدون آنکه در ماکزیمم تولید معدن و کیفیت محیط‌زیست تغییری اساسی به عمل آید [۱۱]. در معادن صرف‌نظر از نوع برنامه و گروه یا گروه‌های ارائه‌دهنده برنامه یک اصل که عامل اصلی نیز تلقی می‌شود دسترسی به ماکزیمم تولید ماده معدنی در نظر گرفته شده در طراحی است که بتواند درآمد مورد نظر را تأمین کند. به منظور دسترسی به ماکزیمم تولید ماده معدنی نیاز به برداشت باطله قابل ملاحظه است که می‌تواند بر روی محیط‌زیست و عملیات بازسازی تأثیر بگذارد بدین جهت و به منظور برنامه‌ریزی موفق برای بازسازی باید به نکات ذیل توجه شود:

(۱) شرایط مقابل معدن کاری منطقه (۲) ارزیابی از نیازهای بعد از معدن کاری منطقه (۳) تحلیل و مقایسه بین گزینه‌های مختلف جهت استخراج و بازسازی به منظور دسترسی به اهداف بعد از بازسازی (۴) انتخاب و اجرای بهترین روش استخراج و بازسازی با توجه به شرایط فنی، اقتصادی و اجتماعی [۲].

#### ۴- زمان‌بندی برای فعالیت‌های بازسازی

۱- به هنگام آماده سازی سایت معدن:

الف: ایجاد سیستم‌های کنترل‌کننده مثل مخزن آبگیر، رسوب‌گیر و کانال‌های انحرافی ب: صاف کردن سطح، تمیز کردن، بازاریابی برای چوب‌ها، انبار کردن چوب‌های بریده به منظور استفاده بعدی ج: پایدارسازی محدوده اطراف و تسهیلات موقت مثل تعمیرگاه، ایستگاه برق و غیره.

۲- به هنگام برداشت پوشان سنگ:

الف: منحرف کردن آب از اطراف مکان‌هایی که فعالیت‌های معدن کاری در حال انجام پذیرفتن است. ب: برداشت افق بالایی خاک و در صورت امکان یا نیاز نگهداری آن در مکان مشخص ج: برداشت انتخابی پوشان سنگ و نگهداری آن در مکان خاص.

۳- به هنگام استخراج ماده معدنی:

الف: در صورت استخراج همه ماده معدنی یا استخراج درصد عمده آن ب: به منظور کنترل کیفی آب مورد نیاز پس از بازسازی

پوشش گیاهی این ناحیه بسیار اندک و پراکنده و بیشتر به صورت بوته و گیاهان وحشی مقاوم در مقابل خشکی و گرما از قبیل آویشن، قیچ، درمنه، بادام کوهی، بنه، هوم و غیره است. تنها در قسمت‌هایی که آب از دره‌ها و دامنه کوه‌ها سرازیر می‌شود، درخت روئیده است. در این ناحیه رود دائمی جریان ندارد و آب مورد دسترس در بسیاری از اوقات سال متکی به مقدار آب چاه‌های اطراف معدن است. آب و هوای خشک و کویری سبب تغییرات شدید حرارت در فصول مختلف و در شبانه‌روز شده است.

#### ۳- برنامه‌ریزی جهت بازسازی<sup>۱</sup>

امروزه عملیات بازسازی جزئی از عملیات معدن کاری در روش‌های استخراج معادن سطحی محسوب می‌شود و بهترین طراحی و برنامه به طرح و برنامه‌ای اطلاق می‌شود که از همان ابتدا به عملیات بازسازی توجه خاص شود. چون از نظر فنی انجام بازسازی آسان‌تر و از نظر اقتصادی نیز از هزینه کمتری برخوردار

<sup>1</sup>-Reclamation planning

برداشت خاک، شناسایی افق‌های خاک، نگهداری خاک در مکان-های مناسب، چارچوب استخراج از معدن، تسهیلات و ماشین-آلات مناسب باشد. با توجه به تصویب قوانین از سوی بسیاری از کشورها در رابطه با حفظ کیفیت محیط‌زیست، امروزه پیش‌بینی مورد استفاده زمین‌ها، پس از استخراج و تصویب آن از سوی افراد تصمیم‌گیرنده معدن امری طبیعی گردیده است. موارد استفاده-ایی که تا کنون برای زمین‌های استخراج شده در نظر گرفته شده‌اند عبارتند از: (۱) برگرداندن زمین به حالت اولیه پس از کاشت گیاهان، بوته و سبزیجات بومی (۲) آماده کردن زمین برای فعالیت‌های کشاورزی (۳) جنگل‌کاری (۴) زیباسازی، آب‌انداختن (دریاچه مصنوعی) و ایجاد جاذبه‌های گردشگری (۵) پیست موتورسواری و غیره. در انتخاب هر یک از موارد یاد شده علاوه بر شرایط فنی و اقتصادی عواملی چون شرایط جوی، شرایط شیمیایی و فیزیکی در استفاده زمین‌های استخراج‌شده محدودیتی ایجاد خواهند کرد [۱۲].

#### ۶- مواد و روش کار

برای انجام بازسازی معدن گل‌گهر و کاشت گیاهان و درختان در پله‌های ۱۶۹۰ متر تا ۱۷۴۰ متر از سطح دریا نیاز به اطلاعات خاک و آب می‌باشد که توسط نمونه‌برداری و آنالیز آنها اطلاعات مربوطه بدست می‌آید.

#### ۶-۱- نمونه‌برداری خاک

برای انجام بازسازی در معدن گل‌گهر به دلیل این‌که معدن در اواسط معدن‌کاری و استخراج می‌باشد و ممکن است مکان-هایی که نمونه‌برداری صورت می‌پذیرد در آینده تحت انفجار و تخریب قرار گیرند، بهتر است نقشه حد نهایی معدن یا نقشه‌ای که نشان دهد که معدن تا کجا و به کدام سمت پیشروی دارد تهیه شود. معدن گل‌گهر در برنامه‌ی توسعه علاوه بر پایین رفتن، به سمت شرق نیز پیشروی می‌کند به همین دلیل از قسمت شرق محدوده نمونه‌برداری انجام نمی‌گردد و از طرفی سمت-های شمال و جنوب برای ایجاد پله‌های ایمنی عملیات حفاری و انفجار و بارگیری انجام می‌شود و امکان برداشت نمونه وجود ندارد. تنها مکانی که به حد نهایی خود رسیده و دیگر تغییر نمی‌کند سمت غرب و جنوب غربی معدن است که از این نقاط

از وارد کردن آسیب به دیوار پایینی ماده معدنی جلوگیری به عمل آید.

#### ۴- بلافاصله بعد از استخراج:

الف: پایداری دیواره بالایی ب: پایداری دیواره پایینی ج: پر کردن برش‌های قبلی به گونه‌ای که ابتدا باطله‌های حاوی مواد آلوده دفن شوند، سپس باطله‌های غیرقابل نفوذپذیر و بعد باطله-های ریزدانه و غیر آلاینده.

#### ۵- مدتی کوتاه بعد از استخراج:

در جهت تکمیل عملیات در مرحله چهارم، به طور نسبی افق-سازی و تراز کردن باطله انجام می‌گیرد. به منظور موفق بودن عملیات در این مرحله نکات ذیل باید مورد توجه قرار گیرد:

الف: زمان تراز کردن باید متناسب با پیشروی و فصل مناسب باشد. ب: شیب مناسب و پایدار انتخاب شود. ج: طول شیب پیوسته باشد. د: متراکم سازی خوب انجام گیرد. ح: آرایش مجدد زهکشی سطح و زیرزمین برقرار شود.

#### ۶- کمی قبل از آغاز فصل کاشت:

الف: توزیع خاک افق بالایی و تراز کامل آن، در این عملیات متغیر بودن شرایط فصل باید مورد توجه قرار گیرد. ب: در صورت نیاز آماده کردن زمین از طریق شخم‌زنی، ایجاد شیار و نهایتاً صاف کرد. ج: افزودن کاه و سایر مواد افزودنی که در چسبندگی خاک موثرند.

#### ۷- به هنگام آغاز فصل کاشت:

الف: بذر پاشیدن و گیاه کاری باید به زمان و روش بذر پاشیدن و نوع بذر توجه کرد.

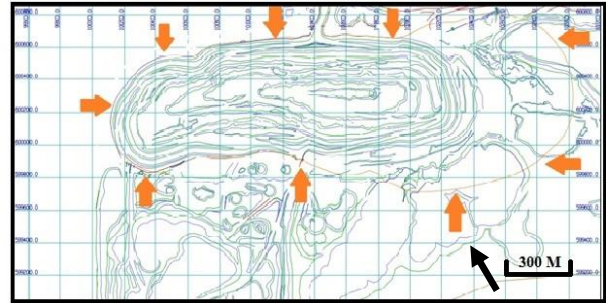
#### ۸- بعد از کاشت:

الف: نظارت، کنترل، دقت در پایداری زمین، کیفیت آب و رشد گیاهان شود [۳].

#### ۵- موارد استفاده زمین‌های استخراج شده

تعیین مناسب‌ترین مورد استفاده برای زمین‌هایی که استخراج خواهند شد و یا تحت تأثیر فعالیت‌های معدن کاری قرار می‌گیرند در سال‌های اولیه استخراج معدن می‌تواند حداقل در زمینه اقتصادی و بعضاً در مسائل فنی بازسازی مثل نحوه

نمونه‌برداری خاک انجام گرفت. در تصویر (۲) حد نهایی معدن نشان داده شده است (فلش‌های قرمز حد نهایی معدن را نشان می‌دهند).



تصویر ۲: نقشه توپوگرافی و نمایش حد نهایی معدن

در حال حاضر در معدن سنگ آهن گل گهر بالاترین نقطه ۱۷۴۰ متر و پایین‌ترین نقطه ۱۵۹۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. به دلیل این‌که سطح ایستایی آب زیرزمینی در معدن در ارتفاع ۱۶۹۱ متری از سطح دریا می‌باشد و در نهایت بعد از اتمام معدن کاری و خاموش شدن پمپ‌ها آب به سطح ایستایی خود خواهد رسید به همین دلیل فقط می‌توان از ارتفاع ۱۶۹۰ تا ۱۷۴۰ متری از سطح دریا نمونه‌های خاک را برداشت کرد که تقریباً شامل ۳ پله به عرض ۱۵ متر و ارتفاع تقریبی ۲۰ الی ۳۰ متری است. برای انجام نمونه‌برداری ابتدا بایستی پیت معدن را قسمت بندی کرد مثلاً A و B و C و... این تقسیم بندی بر اساس تعداد پله‌ها و یا نوع خاک و تغییر رنگ دادن خاک صورت می‌گیرد. مرحله بعد باید تشخیص داد که این خاک مربوط به سطح همان پله است و یا این‌که از محل دیگری آورده شده و در سطح پله ریخته شده است. تعداد نمونه‌ها به حجم خاک و مساحت و فاصله بین محل برداشت نمونه‌ها بستگی دارد. اگر خصوصیات خاک در همه جا یکسان است و تغییر رنگ زیادی مشاهده نمی‌شود می‌توان فواصل بین نمونه‌ها را زیاد کرد و همین باعث می‌شود که تعداد نمونه‌ها کاهش پیدا کند.

فاکتور بعدی که بسیار مهم است عمق و روش نمونه‌برداری است. به علت این‌که در این مکان درخت و گیاه کشت می‌شود بهتر است که نمونه‌برداری در عمق‌های بین ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام گیرد و از روش‌های گوناگون نمونه‌برداری از قبیل الگوی شبکه‌بندی، الگوی تصادفی، الگوی خط راست و ..... استفاده کرد)

که الگوی شبکه‌بندی بسیار دقیق‌تر است). بهتر است از مکان‌هایی که به صورت سرایشی و گودال هستند نمونه‌برداری صورت نگیرد به این دلیل که در هنگام بارش باران و یا آبیاری، مواد مغذی که در عمق‌های سطحی خاک هستند در آب حل شده و از سرایشی‌ها به سمت گودال‌ها حرکت می‌کنند و در این ۲ مکان به دلیل کاهش و افزایش املاح و مواد مغذی آمار دقیقی حاصل نمی‌شود. بعد از مشخص شدن روش و مکان نمونه‌برداری با استفاده از بیل و یا بیلچه نمونه‌های خاک را در داخل پلاستیک‌های مخصوص نمونه‌برداری ریخته و برای اینکه مشخص شود که نمونه‌ها را از چه مکان‌هایی برداشت شده‌اند، توسط GPS مختصات آن نقطه را ثبت کرده و روی یک کاغذ نام نمونه و تاریخ برداشت و مختصات آن نقطه را یادداشت و داخل پلاستیک نمونه‌ها قرار می‌دهید. وزن نمونه‌ها بهتر است بین ۲ تا ۴ کیلوگرم باشد تا بتوانند در آزمایشگاه به راحتی تمامی آزمایشات از قبیل نیتروژن، فسفر، نیترات، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، فلزات سنگین، درصد سنگریزه، آمونیم، مواد آلی و ارگانیک، بافت و فیزیک خاک، pH و... را اندازه‌گیری نمایند [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶].

در تصویر (۳) نقاط برداشت خاک از سمت غرب و جنوب غربی معدن گل گهر نشان داده شده است.



تصویر ۳: نقاط برداشت خاک از معدن شماره یک گل گهر

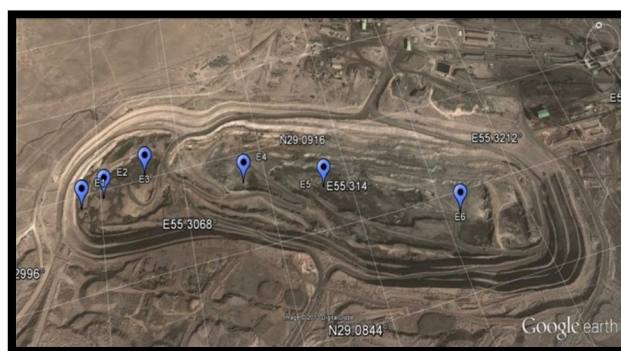
#### ۲-۶- نمونه‌برداری آب

برای انجام نمونه‌برداری آب برای آنالیز ابتدا بایستی محل‌های نمونه‌گیری را مشخص کرد به این علت که نمونه آبی که

جدول ۱: نتایج مربوط به آنالیزهای آب داخل کاواک بر حسب ppm

نام آزمایش	شماره نمونه			واحد سنجش
	E3	E2	E1	
میزان اسیدیته (pH)	۶,۵۹	۶,۵۸	۸,۱	
سختی کل (TH)	۳۷۰۵۰	۳۸۴۵۰	۴۰۵۰	ppm
سختی کلسیم (CaH)	۳۴۸۲۵	۳۶۱۰۰	۳۲۷۲	ppm
سختی منیزیم (MgH)	۲۲۲۵	۲۳۵۰	۷۷۵	ppm
یون کلر (Cl)	۵۷۷۶۷	۶۰۴۷۴	۵۴۰۴	ppm
یون سولفات (SO4)	۴۹۸	۸۲۴	۱۱۰۳	ppm
مجموع ذرات حل شده (TDS)	۱۱۷۳۳۹	۱۲۰۹۸۷	۱۱۷۰۸	ppm
هدایت پذیری (Ec)	۱۲۳۵۰۰	۱۲۵۶۰۰	۱۵۰۰۰	μmho/cm

جمع‌آوری می‌شود، باید معرف کامل آن منطقه نمونه‌برداری باشد. این نکته بسیار مهم است که در هنگام نمونه‌برداری بارش باران در منطقه وجود نداشته باشد. از مکان‌هایی که مطمئن هستید آب زیرزمینی است و از مکان‌های دیگر در این محل ریخته نشده، نمونه‌برداری انجام شود. بعد از مشخص کردن مکان‌های نمونه برداری که در معادن روباز عمدتاً حوضچه‌های جمع‌آوری و زهکشی آب هستند. با استفاده از ظروف ۱/۵ لیتری پلاستیکی و یا شیشه‌ای نمونه‌برداری انجام گیرد. برای جمع‌آوری آب حدوداً ۲۰ سانتی‌متر ظرف را در داخل آب فرو می‌برید و اقدام به جمع‌آوری آب می‌نمایید. در تصویر (۴) نقاط برداشت آب از معدن گل‌گهر نشان داده شده است. [۱۷]. در جدول (۶) موجود در پیوست نقاط برداشت نمونه‌های آب و خاک گرفته شده توسط GPS در معدن آورده شده است.



تصویر ۴: موقعیت برداشت نمونه‌های آب از حوضچه‌های داخل معدن گل‌گهر

### ۷: نتایج آزمایشگاهی

#### ۷-۱- نتایج آب

در جداول (۱) و (۲) نتایج مربوط به آنالیزهای آب داخل کاواک که توسط آزمایشگاه مرکزی مجتمع صنعتی معدنی سنگ آهن گل‌گهر انجام گردیده، نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج مربوط به آنالیز و تجزیه نمونه‌های خاک معدن

نقاط	pH	EC ms/cm	OC (مواد ارگانیک) %	پتاسیم ppm	فسفر ppm	ازت %
A1	۷,۲۱	۶۷,۹	۰,۴۸	۱۴۰	۴,۴	۰,۰۴
A2	۶,۴۲	۲۶,۹	۰,۲۲	۹۵	۴,۴	۰,۰۷
B1	۷,۱۶	۵,۹۹	۰,۳۶	۱۰۲	۳,۸	۰,۰۳
B2	۷,۲۱	۲,۶۵	۰,۳۲	۹۵	۳,۴	۰,۰۷
B3	۷,۲۹	۲,۸۲	۰,۳۴	۱۱۳	۴,۴	۰,۰۶
B4	۷,۲۹	۲,۱۸	۰,۳۴	۱۰۲	۴	۰,۰۸
B5	۷,۶۲	۲,۳۴	۰,۳۳	۹۵	۳,۶	۰,۰۳
B6	۷,۹۸	۱,۲۵	۰,۲۵	۱۰۲	۳,۲	۰,۰۶
B7	۷,۵۷	۳,۶۲	۰,۲۷	۲۸۰	۵,۴	۰,۰۳
B8	۷,۲۴	۲,۸۱	۰,۲۸	۱۶۵	۳,۴	۰,۰۶
B9	۷,۵۵	۱,۵	۰,۱۷	۲۲۰	۴,۱	۰,۰۷
C1	۷,۵۷	۲,۲۱	۰,۲۲	۳۰۵	۱۷	۰,۰۳
C2	۷	۲,۴۷	۰,۱۹	۱۶۵	۵,۸	۰,۰۶
C3	۷,۵۴	۱,۳۵	۰,۲۶	۱۹۳	۳	۰,۰۷
C4	۷,۶	۳,۱۶	۰,۲۱	۱۷۴	۴,۴	۰,۰۴
D1	۷,۲۹	۳,۴۳	۰,۳۲	۱۴۰	۴,۶	۰,۰۳
D2	۷,۵۶	۲,۶۳	۰,۲	۱۱۳	۲,۴	۰,۱۳
D3	۷,۳۵	۴,۲۲	۰,۲۶	۱۳۲	۳	۰,۰۷
D4	۷,۲۷	۳	۰,۱۹	۱۶۰	۳,۲	۰,۰۵
D5	۷,۲۹	۵,۳۱	۰,۳۹	۱۸۰	۴	۰,۰۴

جدول ۲: نتایج مربوط به آنالیزهای آب داخل کاواک بر حسب ppm

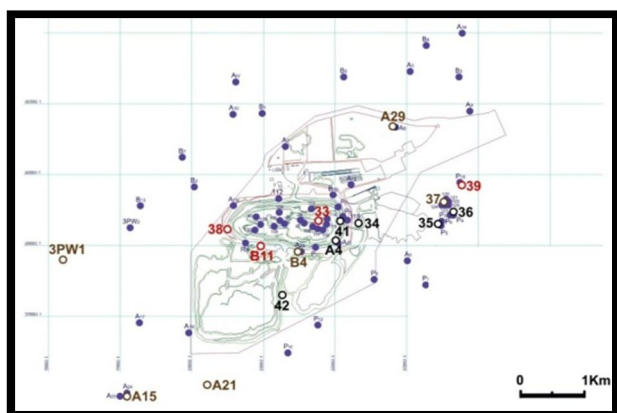
نام آزمایش	شماره نمونه			واحد سنجش
	E6	E5	E4	
میزان اسیدیته (pH)	۷,۹	۷,۵۷	۷,۵	
سختی کل (TH)	۶۲۵۰	۱۵۰۲۵	۱۴۶۵۰	ppm
سختی کلسیم CaH	۵۲۷۵	۱۳۳۷۵	۱۲۹۰۰	ppm
سختی منیزیم (MgH)	۹۷۵	۱۶۵۰	۱۷۵۰	Ppm
یون کلر (Cl)	۹۶۷۷	۲۳۶۱۲	۲۱۷۵۵	ppm
یون سولفات (SO4)	۹۰۵	۱۰۲۶	۸۰۴	ppm
مجموع ذرات حل شده (TDS)	۲۰۲۶۳	۴۷۹۵۹	۴۵۱۷۲	ppm
هدایت پذیری (Ec)	۲۶۴۰۰	۵۶۳۰۰	۵۵۳۰۰	µmho/cm

۲-۷: نتایج خاک

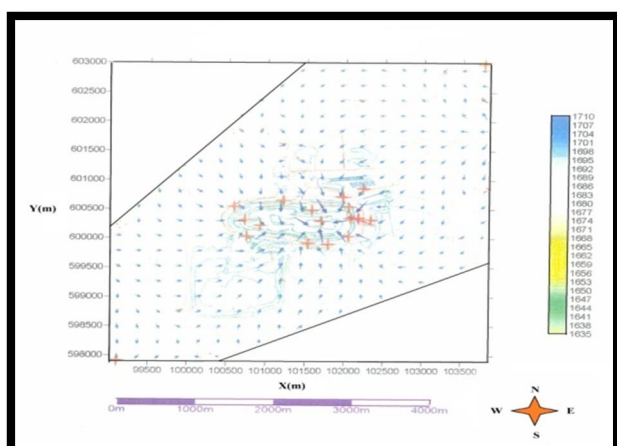
در جداول (۳) و (۴) نتایج مربوط به آنالیز و تجزیه نمونه‌های خاک معدن آورده شده است.



متر است را با توجه به نمونه‌های گرفته شده از آب و خاک و هوا، پوشش گیاهی مناسب پیشنهاد گردیده است.



تصویر ۵: موقعیت چاه‌های پمپاژ، پیزومتری و مشاهده‌ای در محدوده معدن شماره (۱) گل گهر



تصویر ۶: جهت حرکت جریان آب از اطراف به سمت پیت معدن شماره (۱) گل گهر

در تصویر (۷) که توسط نرم افزار Gemcom طراحی شده سطح ایستایی آب و حد نهایی معدن نشان داده شده است. که با به دست آوردن حجم نهایی معدن که به صورت تقریبی ۲۲۰ میلیون متر مکعب است و با دبی اکنون معدن که بین ۸۰ تا ۱۲۰ لیتر در ثانیه است، حدوداً ۷۰ سال بعد از اتمام معدنکاری آب به سطح ایستایی ۱۶۹۰ متری از سطح دریا می‌رسد. برای کاهش این زمان می‌توان آبی که از معادن دیگر گل گهر زهکشی می‌شود را درون این پیت ریخت و با افزایش دبی به ۳۰۰ لیتر بر ثانیه زمان پر شدن معدن را به ۲۳ سال کاهش داد.

جدول ۴: نتایج مربوط به آنالیز و تجزیه نمونه‌های خاک معدن

نقاط	zn ppm	Mg ppm	Na ppm	pb ppm	Cd ppm	cu ppm	fe ppm
A1	۳,۲	۵,۶۳	۴,۶۱	۰,۷۵	۰,۴۲	۲,۹	۴,۳۴
A2	۱,۶	۳,۹	۲,۰۸	۰,۸۲	۰,۲	۵,۰۲	۳,۵۸
B1	۱,۰۴	۱۷	۱۵,۴	۲,۵	۰,۰۸	۴,۹	۷,۵۸
B2	۰,۸۴	۱۵,۷	۴,۱	۲,۱	۰,۱۲	۰,۷۶	۴,۵۲
B3	۰,۲۴	۸,۷	۶,۶	۰,۸۲	۰,۱۲	۴,۹	۵,۹
B4	۰,۴	۸,۳	۲,۵	۰,۵۰	۰,۰۸	۰,۱۸	۲,۵۶
B5	۰,۵	۴,۱	۹,۷	۰,۲۳	۰,۰۲	۰,۷۲	۳,۹
B6	۰,۴۸	۴,۱	۱,۳	۱,۶۶	۰,۰۸	۰,۲	۳,۲۲
B7	۰,۵۴	۶,۷	۱۱,۶	۱,۰۵	۰,۱۶	۰,۷	۲,۷۴
B8	۰,۴۵	۷,۵	۷	۱,۶۶	۰,۰۸	۰,۴	۲,۵۲
B9	۰,۶۴	۶	۴,۷	۰,۲۳	۰,۰۶	۰,۲۴	۳,۴
C1	۰,۵۴	۲,۳	۴,۹	۰,۸۲	۰,۰۸	۰,۰۸	۲,۴
C2	۰,۴۴	۲,۳	۷,۳	۱,۰۲	۰,۰۴	۰,۰۴	۲,۶
C3	۰,۴۸	۱,۷	۶	۰,۵۵	۰,۰۴	۰,۲۲	۲,۲
C4	۰,۴۲	۰,۸	۱۳,۵	۱,۲۳	۰,۰۲	۰,۰۸	۱,۸
D1	۰,۵	۱۱,۵	۹,۷	۱,۶۶	۰,۲	۰,۹۶	۴,۴
D2	۰,۳۶	۰,۷	۱۲,۹	۲,۱	۰,۱	۰,۲۸	۵
D3	۰,۳۶	۴,۴	۱۳,۳	۲,۵	۰,۱۴	۰,۳۴	۲,۶
D4	۰,۳۴	۶,۴	۱۶,۳	۱,۰۶	۰,۱۲	۰,۶	۳,۶
D5	۰,۲۴	۲۱,۲	۲۰,۴	۰,۸۲	۰,۲	۵,۶	۷,۸

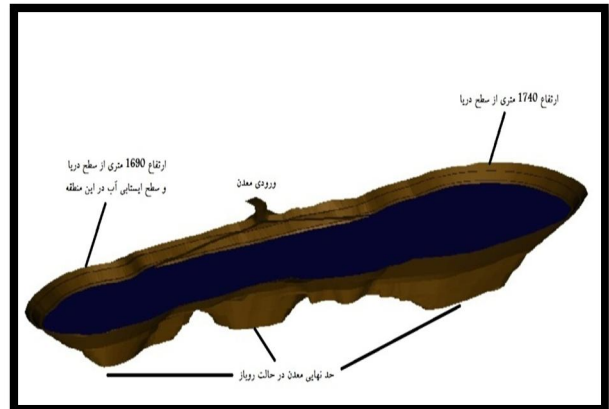
### ۸- بحث و بررسی

سطح ایستایی آب در معدن گل گهر، ۱۶۹۰ متری از سطح دریا ارتفاع دارد و بعد از خاموش شدن پمپ‌های آبکشی داخل و خارج معدن که در تصویر (۵) نشان داده شده است، آب به سطح اولیه خود باز می‌گردد و در تصویر (۶) که توسط نرم‌افزار Surfer طراحی شده جهت حرکت جریان آب از اطراف به سمت پیت معدن را نشان می‌دهد. به همین دلیل بین ارتفاع ۱۶۹۰ تا ۱۷۴۰ متری از سطح دریا که شامل سه پله به عرض تقریبی ۱۰ تا ۱۵

مقدار مجاز مجموع ذرات حل شده (TDS) ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر است که در نمونه E1، ۱۱۷۰۸ میلی گرم در لیتر و بسیار بالاتر از حد مجاز است. تنها گیاهان و درختانی که قادر به رشد در چنین آب شور و نامناسبی هستند در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵: تحمل گیاهان و درختان مهم زراعی نسبت به شوری آب

نام گونه	نام علمی گونه	هدایت پذیری (EC) بر حسب $\mu\text{mho/cm}$
جو	Barley	۱۲۰۰۰
پنبه	Cotton	۱۲۰۰۰
خرما	Phoenix Syria	۱۳۰۰۰
چغندر قند	Sugarbeet	۱۰۰۰۰
پسته	Pistachio	۱۲۰۰۰
گز	hispida Tamarix	۲۰۰۰۰
سالسولا	Salsola	۴۰۰۰-۹۰۰۰
علف شور	Salsola rigida	۵۰۰۰
سیاه شور	Suaeda	۶۰۰۰
تاغ	Haloxylon recurvum	۴۰۰۰
اشنان	Seidlitzia	۴۰۰۰
Wheatgrass tall	Agropyron elongatum	۱۳۰۰۰
Wheatgrass fairway crested	Agropyron cristatum	۱۰۰۰۰
Bermuda grass	Cynodon dactylon	۱۰۰۰۰
Wheatgrass standard crested	Agropyron sibiricum	۱۲۰۰۰



تصویر ۷: طراحی حد نهایی معدن و سطح ایستایی آب توسط

### نرم افزار Gemcom

با بررسی اطلاعات هواشناسی ۳۰ سال گذشته منطقه متوجه می‌شوید که میانگین بارش در این مدت ۹۸ میلی متر در سال بوده است. کمترین دمای مطلق ثبت شده ۸- و بیشترین دما مطلق ۴۴ درجه سانتی گراد است. کمترین رطوبت در طی این چند سال ۰.۴٪ و بیشترین رطوبت ۹۶٪ است. کمترین تبخیر ۲ میلی‌متر در روز و بیشترین تبخیر ۲۲ میلی‌متر در روز بوده است. میانگین روزهای آفتابی ۲۵۰ روز در سال و میانگین تعداد روزهای یخبندان ۶۰ روز در سال بوده است، ولی میانگین دمای روزانه در منطقه معدن زیر صفر نبوده است و میانگین سرعت باد ۱۲ متر بر ثانیه بوده است [۱۸].

با بررسی نتایج آب که در جداول (۱) و (۲) آورده شده است، نشان می‌دهد که آب دارای هدایت پذیری یا نمک بالایی است و به علت کمبود آب مناسب در منطقه مجبور هستیم که فقط از آب‌های جاری در داخل پیت استفاده کنیم. آب نمونه E1 نسبت به مکان‌های دیگر شرایط بهتری دارد ولی باز هم دارای نمک بسیار بالایی است و گیاهان و درختان اندکی تحمل رشد و پرورش در این آب را دارند. مقدار pH این ۶ نمونه در حد خنثی تا بازی قرار دارد که مناسب است. مقدار سختی در آب هر چه بالاتر باشد شرایط بهتری را برای گیاه ایجاد می‌کند و حد مجاز آن در آب بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای آبیاری گیاهان است ولی مقدار آن در آب نمونه E1 بسیار بالا است. مقدار مجاز یون کلر در آب برای گیاهان ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر است ولی همانطور که مشاهده شده مقدار آن ۵۴۰۴ میلی‌گرم در لیتر رسیده است که از حد مجاز بسیار بالاتر و سمی است.

بسیار محکم و متراکم است و نیاز به شخم زدن و زیرورو شدن خاک نیز دارند [۱].

#### ۹- نتیجه گیری

برای بازسازی و تبدیل پیت معدن به یک محیط تفریحی و توریستی و با توجه به آب و خاک و هوای معدن می‌توان از درختان گز و خرما در بازسازی و ایجاد پوشش گیاهی استفاده کرد ولی باید چند نمونه با آب و خاک پیت معدن در محیط تست شود و بعد از جواب دادن و خشک نشدن نمونه‌ها، به کاشت انبوه و تغییر دادن چشم‌انداز پیت معدن پرداخت. در قسمت شمال غربی معدن در ارتفاع ۱۷۰۰ متری از سطح دریا در نزدیکی محل نمونه‌برداری آب E1 در جاهایی که نشت آب از دیواره‌ها صورت گرفته تعدادی از درختان گز به صورت خودرو سبز شده‌اند و شرایط خوبی را دارند و این نشان می‌دهد که درختان گز مناسب برای کاشت در این محل هستند. برای آزمایش درختان خرما نیز به صورت نمونه ۵ نفر خریداری گردید و به مدت ۳ ماه به صورت ترکیبی با آب شیرین و آب حوضچه E1 آبیاری صورت پذیرفت. آبیاری به این صورت بود که ابتدا ۲۰٪ آب معدن و ۸۰٪ آب شیرین با هم مخلوط کرده و درختان را آبیاری کردیم و به همین گونه به صورت متوالی از درصد آب شیرین کم کرده و به آب شور اضافه کردیم تا گیاه ضربه نخورد و به محیط و آب منطقه عادت کند و تا کنون آثاری از خشک شدن و از بین رفتن گیاه مشاهده نشده است و می‌توان در بازسازی پوشش گیاهی معدن از درخت خرما استفاده کرد. در تصویر (۸) درختان گز موجود در معدن نشان داده شده است.



تصویر ۸: درختان گز سبز شده در سمت شمال غربی معدن

#### ۱۰- تشکر و قدردانی

با بررسی جداول (۳) و (۴) pH، این ۲۰ نمونه در شرایط خنثی می‌باشد که بسیار مناسب است. هدایت الکتریکی (EC) و یا شوری خاک نمونه‌های A1 و A2 مقداری بالا است که با آبیاری فراوان می‌توان نمک‌های موجود در خاک را به افق‌های پایین‌تر خاک فرستاد و این مشکل را حل کرد. هدایت الکتریکی بقیه نمونه‌ها در حد مجاز می‌باشد. درصد شن و خاک رس و ماسه و بافت خاک برای کاشت درختان پیشنهادی بر اساس شرایط آب و نمونه‌های تعیین شده مناسب می‌باشد. مقدار OC یا مواد ارگانیک در خاک بسیار پائین است که برای افزایش این مقدار می‌توان از شاخه و برگ‌های پوسیده گیاهان و یا کودهای ارگانیکی مخصوص خاک استفاده کرد. مقدار مجاز پتاسیم در خاک بیش از ۱۵۰ ppm است و حد مجاز فسفر در خاک بیش از ۱۵ ppm است. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود مقدار فسفر در بعضی از نمونه‌ها بسیار کم است و با استفاده از کودهایی که حاوی فسفر و پتاسیم بالایی هستند، از قبیل کودهای پتاسیمی و یا نمک‌های دارای پتاسیم، کلرور پتاسیم، نترات و سنگ‌های فسفاته، فسفات‌های آمونیوم و غیره می‌توان این کمبود را برطرف کرد. مقدار مجاز ازت در خاک بین ۱ تا ۵٪ است که هر ۲۰ نمونه زیر ۱٪ هستند که نیاز به کودهایی که حاوی ازت گیاهی، حیوانی، کودهای آلی و کود سبز هستند، دارند. مقدار مجاز آهن برای گیاهان در خاک بیش از ۷ الی ۸ ppm، روی بیش از ۲ ppm، منگنز بیش از ۶ ppm و مس بیش از ۵/۰ ppm است و مقدار این ۴ عنصر در این ۲۰ نمونه تقریباً زیر حد مجاز هستند و نیاز به کوددهی دارند. مقدار کادمیم و سرب در حد مناسب است و باعث سمی شدن خاک نمی‌شود ولی برای کاهش اثرات فلزات سنگین بر روی گیاهان می‌توان از فسفات‌ها و یا کودهای فسفاتی نیز استفاده کرد. مقدار کلسیم و منیزیم و سدیم برای کاشت درختان خرما و گز مناسب است. ساین سنگریزه و درصد سنگریزه در حد مطلوبی می‌باشد ولی این خاک نیاز به کودهای جامد و یا مایع دارد تا کمبودهای عناصر مغذی که مورد نیاز یک گیاه برای رشد و پرورش هستند را بتواند جبران کند. در معادن از ماشین‌آلات بزرگ و بسیار سنگین استفاده می‌شود به همین دلیل خاک سطح زمین در این معادن

*extractability from acid mine spoils*" J Environ Qual 1992;21:176–180. Page 2 to 4.

[11] Xinchao, Wei, Honghong Wei b, Roger C, Viadero Jr. c Post, 2011 "*reclamation water quality trend in a Mid-Appalachian watershed of abandoned mine lands*" Science of the Total Environment 409 941–948, Page 1 to 5.

[12] Miao, Z. and Marrs, R, 2000 "*Ecological restoration and land reclamation in open-cast mines in Shanxi Province*" China, Journal of Environmental Management 59 205–215 doi:10.1006/jema.2000.0353, available online at <http://www.idealibrary.comon>, Page 3 to 5.

[13] Arnold, Klute, 1986 "*Methods of Soil Analysis. Part I*" American Society of Agronomy Inc. Madison Wisconsin USA, Page 33 to 50.

[14] Allmaras R.R and Gardner, C.O, 1956 "*Soil Sampling for moisture determination in irrigation experiments*" Agron.j.48.15.17, Page 10 to 15.

[15] Madow, W.G, 1944 "*On the theory of systematic sampling*": I. Ann. Math. Statist" 15.1.24, Page 10 to 25.

[16] Madow Madow, W.G, 1953 "*On the theory of systematic sampling*": III. Ann. Math. Statist" 24:1013-106. Page 5 to 9.

[17] Mark D, Myers, 2005 "*Collection of Water Samples*" U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, Page 20 to 50.

[18] General Directorate of Province Meteorological "*kerman & sirjan*", 1360-1390.

از شرکت تحقیقاتی طراحان پویا محور صبا و ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات سیرجان و همچنین مسئولین بخش محیط زیست معدن گل گهر سیرجان بخصوص آقایان مهندس عرب پاریزی و مهندس احمدی و ریاست محترم مرکز تحقیقات آقای دکتر سام که در اجرای این طرح نهایت همکاری و مساعدت را انجام دادند قدردانی و تشکر می‌نمایم.

## ۱۱- منابع

[۱] جعفر ملکوتی، محمد، همایی، مهدی، ۱۳۸۳ "*حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک*" انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، فصل ۳ و ۴ و ۵.

[2] Williamson, n.a, Johnson.m.s. and Bradshaw, a.d, 1982 "*mine waste reclamation mining*" journal books, london england, Page 1 to 80.

[3] Copping, n.j and Bradshaw, a.d, 1982 "*quarry reclamation mining*" journal books, london england, Page 1 to 60.

[4] Anthony Bradshaw. 1996. "*Restoration of mined lands using natural processes*". Ecological Engineering 8 (1997) 255 – 269. Page 1 to 3.

[5] G. Fellet, L. Marchiol, G. Delle Vedove, A. Peressotti. 2011. "*Application of biochar on mine tailings: Effects and perspectives for land reclamation*" Chemosphere 83 (2011) 1262-1267. Page 1 to 4.

[6] Xia Cao. 2006. "*Regulating mine land reclamation in developing countries: The case of China*" Land Use Policy 24 (2007) 472–483. Page 2 to 3.

[7] J. Pratas. M.N.V. Prasad, H. Freitas, L. Conde. 2004. "*Plants growing in abandoned mines of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine reclamation*" Journal of Geochemical Exploration 85 (2005) 99 – 107. Page 2 to 5.

[8] Evangelou VP, Karathanasis AD "*Reactions and mechanisms controlling water quality in surface-mined spoils. In: Symposium on The Reclamation of Lands Disturbed by Surface Mining*" Am Soc Surf, Min Recl, Owensboro, KY; 1984. p. 213–247. Page 3 to 7.

[9] Taylor EM, Shuman GE. "*Fly ash and lime amendment of acidic coal spoil to aid revegetation*" Environ Qual 1988;17:120–124. Page 1 to 5.

[10] Taylor RN, Ibeabuchi IO, Sistani KR, Shuford JW. "*Accumulation of some metals by legumes and their*

