The 1 st International Conference of Iranian natural hazards and environmental crise strategies and challenges
اولین همایش بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران های زیست محیطی ایران، راهکارها و چالش ها

مدیریت مؤثر در مصرف آب صنعت معدن

بشیر شکوه سلجوقی[1*]، اردشیر هزارخانی[2]، هانیه نیکوگفتار صفا[3]

[1*] دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران، (b.shokouh@aut.ac.ir)
[2] استاد، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران، (ardehez@aut.ac.ir)
[3] دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران، (hanienikoo@aut.ac.ir)

چکیده

امروزه مسائل مرتبط با آب و میزان مصرف آن در بخش‌های مختلف از جمله صنعت معدن، یکی از مهم‌ترین مباحث در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشورها است. آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مهم تولید صنعت معدنی مطرح است و از نظر اقتصادی دارای اثرات قابل توجهی است. همچنین در مطالعاتی که در سال‌های اخیر توسط محققین انجام گردیده، به این نتیجه رسیده شده است که بهره‌برداری معادن و صنایع معدنی، اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجه و مهم‌تری نسبت به سایر صنایع مرتبط با آب دارند. بنابراین دو موضوع بسیار مهمی را که باید در خصوص امور آب در صنعت معدن در نظر گرفت یکی بحث مدیریت است و دیگری بحث نظارت. نظارت یک بحث اساسی در مدیریت منابع آب است و باید در صنعت معدن از فاز اکتشاف تا مصرف به‌طور جدی تعقیب شود. ضروری است که به‌طور مداوم تمام فازها تحت ارزیابی دقیق قرار گیرد تا هر فاز به‌صورت بهینه انجام شود. در این مقاله سعی گردیده است که در ابتدا به اهمیت آب در صنعت معدن و صنایع مرتبط با آن پرداخته شود، سپس مسائل مرتبط با مدیریت و نظارت آب در صنعت معدن به‌منظور استفاده بهینه و کاهش اثرات زیست‌محیطی بررسی گردد.

واژه‌های کلیدی: آب، معدن، مدیریت، نظارت

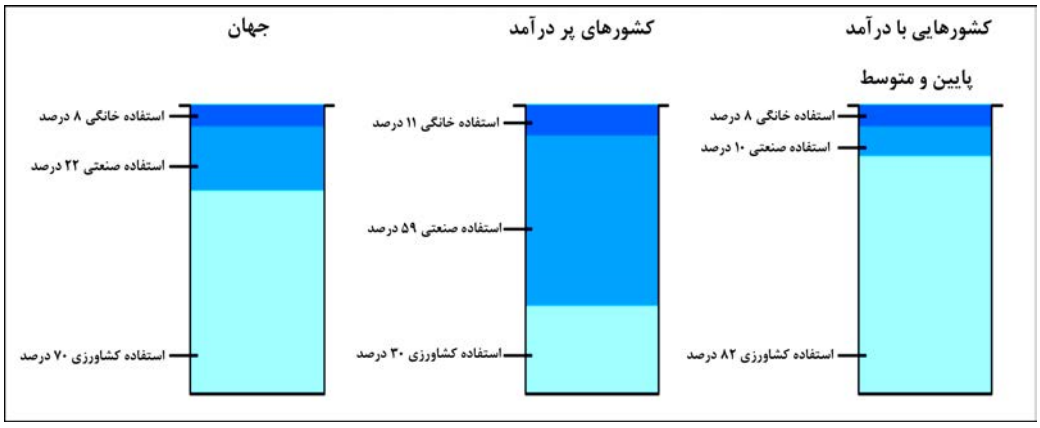
۱- مقدمه

امروزه موضوعات مرتبط با آب و میزان مصرف آن در بخش‌های مختلف از جمله صنعت، یکی از مهم‌ترین مباحث در سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کشورها است. آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مهم تولید صنعتی و کشاورزی و هم‌چنین به‌عنوان یکی از کالاهای مصرفی از نظر اقتصادی دارای اثرات قابل توجهی است. از آنجایی که بخش آب زیربنای اصلی توسعه به شمار می‌رود، مقدار مصرف آن نقش مهمی در فعالیت کارگاه‌های صنعتی و معدنی ایفا می‌کند. در شکل۱، توزیع مصرف آب در سه بخش کشاورزی، صنعتی و شرب برای کل جهان، کشورهای با درآمد بالا و درآمد پایین تا متوسط نشان داده شده است. چنان‌که ملاحظه می‌شود در هر سه مورد کشاورزی بیشترین مصرف را نسبت به سایر بخش‌ها دارد. دامنه آن بین حداقل ۳۰٪ برای کشورهای با درآمد بالا و حداکثر ۸۲٪ برای کشورهای با درآمد پایین تا متوسط تغییر می‌کند. از این دیدگاه، می‌توان گفت که به علت نبود تکنولوژی مناسب در کشورهای با درآمد پایین تا متوسط بخش اعظمی (حدود ۵۲ درصد) از منابع آبی خود را هدر می‌دهند. این واقعیت تلخ در کشور ما به‌خصوص بخش معدن نیز صادق است.

بعد از کشاورزی، آب مورد مصرف در صنعت مقام دوم را دارد. متوسط این مقدار در سطح جهانی ۲۲ درصد است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، مصرف آب صنعتی با درآمد کشور افزایش می‌یابد. تغییرات آب مصرفی در صنعت

بین ۵۹ درصد در کشورهای با درآمد بالا و ۱۰ درصد در کشورهای با درآمد پایین تا متوسط تغییر پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان گفت که کشورهای با درآمد بالا بخش عمده‌ای از آبی که در کشاورزی کشورهای با درآمد پایین تا متوسط به هدر می‌رود را در صنعت خود مصرف می‌کند. این امر دلالت بر اهمیت مدیریت بهینه منابع آبی دارد. بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان صنعتی آب بخش‌های نیروگاه حرارتی (معدن: آهن و فولاد)، تولید کاغذ، منسوجات و صنعت پتروشیمی می‌باشند. همان‌طور که گفته شد، یکی از مصارف عمده آب صنعتی، در خنک‌کننده‌ها صنعت تولید برق است. یک نیروگاه با سوخت زغال‌سنگ حدود ۱/۶ لیتر آب برای هر kWh را نیاز دارد، درحالی‌که یک نیروگاه با برق هسته‌ای ۲/۳ لیتر به ازای هر kWh را نیاز دارد.آب مورد مصرف در صنعت، اغلب نیاز به کیفیت بالایی دارد. در طیف وسیعی از صنایع از جمله نوشابه‌ها، مواد شیمیایی، انرژی، ساخت و ساز و فلزات آب به‌عنوان یک عامل کلیدی تلقی می‌شود. بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که ۴۰۰ شرکت از ۱۰۰۰ شرکت بزرگ در جهان در این‌که کمبود آب در آینده مسئله جدی صنعتی است، اتفاق‌نظر دارند. این در حالی است که تنها ۱۷۰ شرکت برای چنین بحرانی خود را آماده می‌کنند.

در مورد میزان مصرف آب شرب اختلاف بین کشورهای با درآمد بالا و با درآمد پایین تا متوسط با میانگین جهانی کم می‌باشد. میانگین این مقدار هشت درصد و دامنه تغییرپذیری آن در کشورهای با درآمد بالا و با درآمد پایین تا متوسط بین حداکثر ۱۱ درصد در کشورهای با درآمد بالا و حداقل هشت درصد در کشورهای با درآمد پایین تا متوسط می‌باشد. از آنجا که میانگین مصرف آب شرب در کشورهای با درآمد پایین تا متوسط نزدیک به میانگین جهانی است می‌توان استنباط نمود که وزن این کشورها در این میانگین‌گیری به‌مراتب بیش از کشورهای با درآمد بالا می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه میزان آب مصرفی در کل جهان با کشورهای با درآمد بالا و کشورهای با درآمد پایین تا متوسط

خوشبختانه، سال‌هاست که در جهت رفع این مشکل اقداماتی در این راستا صورت گرفته که بهتر است به آن شتاب بخشید. جالب آنکه به‌استثنای چند کشور در آسیای جنوب شرقی و غرب آمریکای جنوبی اکثر چنین کشورهایی در حوضه اقیانوس هند قرار گرفته‌اند. به علت نبود تکنولوژی مناسب که خود معلول عدم سرمایه‌گذاری در این زمینه است بخش عمده آب مصرفی به هدر می‌رود. (Lstiburek, 2006: 114-139)

۲- تولید و مصرف آب در صنعت معدن در مقیاس جهانی

قبل از پرداختن به آب مورد مصرف در معدن لازم است در خصوص مصرف آب در صنعت (که معدن هم بخشی از آن است) مطالبی ذکر شود. هزینه مصرف آب در صنعت در مقابل هزینه‌های کل، بخش کوچکی را تشکیل می‌دهد ولی در مقابل ارزش قابل توجهی را ایجاد می‌کند. ارزش افزوده ناخالص آب، در صنعت معدن با صنایع تولیدی دیگر قابل مقایسه می‌باشد.

اگر رقابت برای دسترسی به آب در یک بازار آزاد انجام شود، کاربردهای صنعتی آب به خاطر هزینه‌های ورودی کمتر و ارزش افزوده بالاتر، رقابتی خواهد بود. هزینه‌های اضافی که برای تأمین امنیت آب در صنعت انجام می‌گیرد موجب می‌شود تا یک حاشیه امن در قدرت تولید حاصل گردد. در این خصوص پرسشی که همیشه مطرح می‌شود و کلیدی است این است که آیا در یک بازار رقابتی آب مصرفی در صنعت با موانع روبه‌رو می‌شود یا خیر.

در برخی مناطق روستایی و یا حتی شهری مصرف صنعتی آب تحت فشار جامعه انسانی قرار می‌گیرد. در این مورد به‌خصوص فعالیت‌های کشاورزی فشار زیادی به مصرف آب صنعتی وارد می‌نماید که معمولاً با خرید پروانه بهره‌برداری از آن بخش، تا حدودی این فشار رفع می‌شود.

پروانه بهره‌برداری از منابع آب برای مصرف صنعتی بخش کوچکی از اجازه‌های کلی است که صنعت به آن نیاز دارد. خیلی از صنایع از آب شهری استفاده می‌کنند که به خاطر مصرف خانگی محدودیت‌هایی در مصرف آن اعمال می‌شود. انتظار می‌رود مصرف‌کنندگان صنعتی میزان مصرف را با تغییر تکنولوژی روزبه‌روز کاهش دهند.

لازم است آن‌ها با تکنولوژی جدید هماهنگ شده و آب کمتری با نرخ جریان کمتر مصرف کنند. انتظار می‌رود صنعت با سرمایه‌گذاری بتواند از منابع دیگری همچون آب باران، آب زیرزمینی و آب سیلاب‌ها استفاده کند. هم‌چنین ضروری است تا حد ممکن صنعت از آب بازیافتی استفاده کند و خروج پساب‌ها را به محیط‌زیست به حداقل رساند. افزایش کارایی آب در صنعت این امکان را به جامعه می‌دهد تا مسئولیت‌پذیری اجتماعی خود را نشان دهد.

صنعت معدن در زمره صنایع زیرساختی هر کشور است و پایه و اساس پیشرفت دیگر صنایع را تشکیل می‌دهد. در این صنعت از مرحله عملیات اکتشافی (حفاری)، استخراجی و فرآوری (خردایش و فلوتاسیون) آب نقش اساسی ایفا می‌کند. بنابراین مانند همه صنایع دیگر که کم‌وبیش به آب وابسته هستند صنعت معدن نیز به آن وابسته است ولی درجه این وابستگی طوری است که تقریباً بدون آب نمی‌توان معدنکاری کرد. از طرف دیگر، چون حجم فضای معدنکاری اغلب بزرگ می‌باشد لذا حجم آب مصرفی همیشه بالا بوده و مؤلفه قابل توجهی را در بیلان مصرف آب نشان می‌دهد. یک بررسی اجمالی از توزیع معادن در جهان و توزیع متوسط ریزش‌های جوی در جهان نشان می‌دهد که متأسفانه تعداد قابل توجهی از نواحی معدنی در کمربندهای کم‌آب و خشک کره زمین قرار می‌گیرند (شکل ۲).

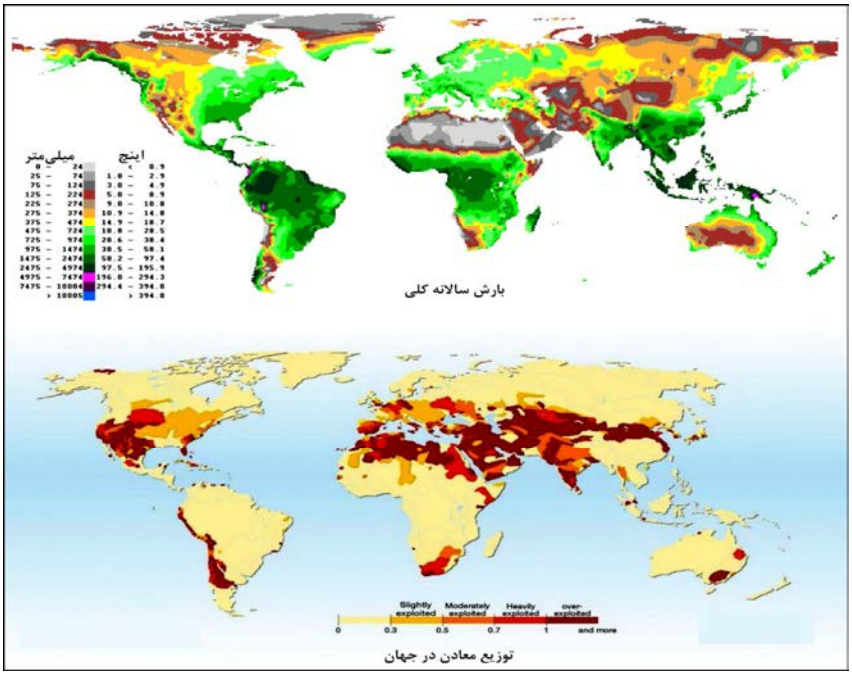
با توجه به این همبستگی بین توزیع جهانی کمربندهای معدنی با مناطق خشک کره زمین می‌توان گفت که بخش عمده‌ای از صنعت معدن جهان همواره در تنش کم‌آبی خواهد بود. در این زمینه شرکت‌ها و مؤسسات معدنی را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود:

گروه اول: گروهی که برای پایداری توسعه خود اندیشه کرده و قبل از آنکه این تنش کم‌آبی به آن‌ها صدمه زند راه حلی برای برطرف کردن آن می‌یابند. این گروه، در امکان‌سنجی کلیه پروژه‌های معدنی جدید خود، تمام موارد ممکن از وضعیت آب را مورد تحلیل قرار داده و آن را به‌عنوان یک پارامتر تعیین‌کننده در محاسبات اقتصادی و سودآوری معادن لحاظ می‌کنند.

گروه دوم: شرکت‌ها و مؤسسات معدنی می‌باشند که نسبت به اثرگذاری وضعیت آب در توسعه آن‌ها کمتر نگران بوده و به این دلیل به آن بی‌توجهی می‌نمایند. این امر می‌تواند ریسک سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی را به آن‌ها تحمیل نماید و آن‌ها را در مقابل عمل انجام شده قرار دهد. معمولاً در چنین مواردی، مشکل بتوان راه‌حل منطقی برای معضلی که پیدایش آن غیرمنطقی و ریشه در بی‌توجهی اولیه است، ارائه نمود.

فعالیت‌های معدنی، آب مورد نیاز خود را از حوضه‌های آبریز سطحی، مخازن سد یا منابع زیرزمینی تأمین می‌کنند. اثر استخراج مواد معدنی بر منابع آب از زمان شروع بهره‌برداری آغاز می‌شود. آبراهه‌های سطحی به علت تغییرات مورفولوژی حاصل از عملیات معدنکاری ممکن است تغییر کند. در استخراج مواد معدنی (به‌خصوص معادن روباز) از آب برای کاهش گردوغبار در مسیر جاده‌های معدنی و هم‌چنین شستشوی تجهیزات استفاده می‌شود. داده‌های موجود نشان می‌دهد که آب

مصرفی به‌منظور مرطوب نمودن جاده‌ها می‌تواند بین صفر تا ۱۵ درصد مصرف کل آب در یک سایت معدنی باشد. البته این مقدار نسبت به آبی که در فرآوری مصرف می‌شود، اندک است. (HILL, 2003: 79).



شکل ۲- توزیع متوسط ریزش جوی سالانه در کره زمین بر اساس کل ریزش جوی و توزیع معادن در جهان

به‌عنوان یک قانون کلی، در معدنکاری زیرزمینی، مصرف آب نسبت به معادن روباز کاهش می‌یابد. مسئله عمده در استخراج زیرزمینی وجود آب‌های جاری در محیط زیرزمینی است که در آن غلظت آلاینده‌ها محیطی (فلزات سنگین) به‌شدت افزایش می‌یابد و چون این آب‌ها بیشتر مضر هستند لازم است در مدیریت آن‌ها نهایت سعی به عمل آید؛ تا از انتقال آن‌ها به سفره‌های آب زیرزمینی و آلوده‌سازی محیط جلوگیری شود. علاوه بر آن، چنین آب‌هایی در مناطق سولفوری معادن به علت فعال بودن پدیده اکسیداسیون اکثراً اسیدی بوده و می‌تواند روی تأسیسات معدنی اثر خوردگی داشته باشد (Initiative, 2009: 41).

۲-۱ تولید و مصرف آب در صنعت معدن کشور (وضعیت موجود)

در سال‌های اخیر و هشدار در مورد خشکسالی‌های آتی، معادن بزرگ کشور که اکثراً در فلات ایران قرار دارند از جمله چادرملو، گل‌گهر و سرچشمه با تهدید جدی در زمینه تأمین آب مواجه شدند و برای ادامه فعالیت خود مجبور به پرداخت هزینه طرح انتقال آب خلیج فارس به فلات ایران شدند تا هم بتوانند ادامه فعالیت خود را تضمین و هم بخشی از مشکل آبی استان‌های بندرعباس و کرمان را حل کنند. سهم تولید ناخالص داخلی در بخش‌های صنعت و کشاورزی هر یک به تنهایی حدود ۱۶درصد است. بخش معدن و صنایع معدنی که به‌عنوان زیر مجموعه بخش صنعت محسوب می‌شود نیز خود دارای سهم تولید ناخالص داخلی حدود سه درصد است که با توجه به اینکه ایران در رتبه دهم ذخایر معدنی دنیا قرار گرفته است و پتانسیل خوبی در زمینه مواد معدنی دارد، این سهم جای رشد و ترقی بسیار دارد و باید از این پتانسیل در راستای بهبود اوضاع و افزایش هرچه بیشتر تولید ناخالص داخلی استفاده شود. بر اساس آمارهای اعلام شده و توجه به یکسان بودن سهم بخش صنعت و کشاورزی از تولید ناخالص داخلی باید دید تولید کدام محصول از این دو بخش ارزش افزوده بیشتری دارد و با توجه به شرایط کشور آیا تأکید بر ادامه روند قبلی بخش صنعت و کشاورزی به مصلحت عمومی است یا خیر.

۳- طبقه‌بندی توده‌های آبی با نگرش مصرف در صنعت معدن

الف) آب باران

برای تقویت اقتصاد، استفاده منطقی از منابع آبی طبیعی و استفاده مجدد از آن‌ها ضروری است. برای مثال، جمع‌آوری آب باران در مناطق شمالی و غربی کشور می‌تواند در صنعت مفید باشد. در این خصوص، آموزش کارشناسان نقش اساسی دارد. البته چنین کاربردی نیاز به سرمایه‌گذاری برای جمع‌آوری آب می‌باشد که لازم است در امکان‌سنجی پروژه مورد ارزیابی قرار گیرد. بدیهی است در مناطق خشک کشورمان چنین امکانی ضعیف‌تر از مناطق معتدل و پرباران‌تر است. در مجموع به نظر نمی‌رسد که این منبع در شرایط کلی آب‌وهوایی حاکم در کشورمان بتواند به‌عنوان یک منبع پایدار برای تأمین آب در فعالیت‌های معدنی به کار گرفته شود. بخشی از آب باران را می‌توان به سمت نفوذ در محیط‌های طبیعی و مصنوعی در دسترس سوق داد و آن‌ها را به نحوی ذخیره و سپس از آن‌ها استفاده کرد.

فعال‌سازی پدیده نفوذ و تراوش یک قدم مهم در مدیریت منابع آب سطحی است که به تبعیت از فرآیندهای طبیعی انجام می‌شود. اما اجرای آن نیاز به ملاحظات خاص داشته و در تمام شرایط عملی نیست بلکه بستگی به شرایط خاک و زمین دارد. به‌طورکلی این روش در مجاورت رواناب‌ها و قبل از اینکه جریان آب به حجم زیادی برسد عملی‌تر است. در زیر سه روش آن شرح داده می‌شود:

۱) چاه جذبی

این چاه‌ها می‌تواند به شکل ترانشه‌های پرشده با مواد جاذب یا محفظه‌های متخلخل باشد که برای زهکشی آب‌های سطحی نظیر آب پشت‌بام‌ها، رواناب‌ها حاصل از جاده‌ها و منابع آب سطحی دیگر، استفاده شود. لازم است دستورالعمل‌هایی برای اینکه این چاه‌ها را کجا و چگونه احداث کنند تا استفاده بهینه از آن‌ها شود، تهیه شود.

۲) سطوح متخلخل

این سطوح به‌صورت بلوک‌های بتونی، سنگ‌فرش (Tarmac) و یا سنگ‌ریزه تعبیه می‌شود که می‌تواند مقداری آب جاری را در خود نگهداری کنند.

۳) قابلیت ذخیره‌سازی و انتقال در محیط باز بدون پوشش

این‌ها شامل زمین‌های گود و حوضه‌های بسته هستند که با انتقال آب به آن‌ها می‌توان به ذخیره‌سازی پرداخت. بخشی از آب درون آن‌ها از طریق فعال شدن پدیده نفوذ وارد محیط اطراف آب‌های زیرزمینی می‌شود.

ب) آب بازیافتی و راندمان بازیافت

دو نوع آب بازیافتی داریم یکی آب بازیافتی از فرآیندهای فرآوری بدون آنکه تصفیه‌ای روی آن انجام دهیم و دیگری آب بازیافتی که روی آن تصفیه صورت گرفته و مجدداً در معدن و یا واحد معدنی مصرف می‌شود. نوع اول را آب با مصرف مجدد (Reused) و نوع دوم را آب با چرخه مجدد (Recycling) می‌نامند.

بازده آب با مصرف مجدد چنین تعریف می‌شود، مجموع جریان‌های آب با مصرف مجدد در یک بخش از معدن و یا واحد معدنی تقسیم بر مجموع همه جریان‌های آبی در آن بخش.

آبی که در سد باطله، جمع می‌شود آبی است که یک‌بار مصرف شده و می‌تواند مورد مصرف دوباره واقع شود. جریان آب برگشتی از کارخانه فرآوری نیز در زمره آب مصرف شده است و هر مقدار از آن‌ها که مورد مصرف مجدد قرار گیرد گروه اول، یعنی آب با مصرف مجدد خواهد بود.

آب با چرخه مجدد، در واقع آبی است که یک‌بار مورد مصرف قرار گرفته و برای استفاده مجدد در بخش‌های دیگر لازم است مورد تصفیه قرار گیرد. بازده آب با چرخه مجدد برابر است با: آب مصرفی تصفیه شده، به مجموع همه جریان‌های آب در آن بخش.

در صنعت معدنی، آب بازیافتی همان آب بازگشت داده شده به خط تولید پس از تصفیه می‌باشد که بر حسب خواص آن تحت تصفیه فیزیکی و یا شیمیایی قرار گرفته تا برای مصرف در خط تولید معینی مناسب شود. در کارخانه‌های جدید که در آن‌ها جریان مواد بهینه‌سازی شده است آب بازیافتی شامل آب از تیکنرها، سیستم‌های بازیابی، استخرهای باطله و غیره است. برخی معادن، علاوه بر داشتن استخرهای باطله دارای باطله‌های سیکلون‌ها و سلول‌های فلوتاسیون می‌باشند. در برخی معادن علاوه بر سدهای باطله بزرگ، استخرهای باطله نیز پیش‌بینی می‌شود.

در تیکنرها، لازم است انعقادکننده‌ها و لخته‌سازها را برای افزایش نرخ رسوب‌گذاری جامدات، بهبود شفاف‌سازی آب و کاهش ابعاد تیکنرها به کار روند. باید توجه داشت که لازم است ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب حاصل از تیکنرها برای مصرف مجدد در فرآوری مورد شناسایی قرار گیرد. مقادیر pH و Eh برای این آب‌ها، ساده‌ترین و پایه‌ای‌ترین پارامترهای کنترلی است.

کنترل فاکتورهای زیر در این خصوص با اهمیت است:

۱) محدودیت در دسترسی به آب شیرین از منابع جدید به خاطر مکان کارخانه یا با توجه به محدودیت‌های زیست‌محیطی باید لحاظ گردد.
۲) هزینه‌های زیاد تصفیه آب برای بازگشت به محیط زیست
۳) کاهش هزینه‌های عملیاتی از طریق بازیابی مواد شیمیایی
۴) کاهش هزینه برای پمپاژ آب تازه از مسافت‌های دور
۵) حذف جامدات باقی‌مانده از آب
۶) انطباق با الزامات قانونی محیط زیستی

ج) آب زیرزمینی

در معدنکاری زیرزمینی، مصرف آب کاهش می‌یابد و مسئله عمدتاً به استخراج آب‌های طبیعی و خروج آن‌ها از کارگاه‌های استخراجی برمی‌گردد. این آب‌ها از منشاء بارش‌های جوی یا جریان‌های سطحی به زیرزمین حاصل می‌شوند. چنین جریان‌های آب زیرزمینی لازم است اثراتشان بر تأسیسات معدنی مورد ارزیابی قرار گیرد، زیرا چنین آب‌هایی دارای pH اسیدی و حاوی سطح بالایی از غلظت فلزات است که می‌تواند خوردندگی بالایی داشته باشند.

خروج آب‌های زیرزمینی مزاحم در معدنکاری روباز و یا زیرزمینی می‌تواند هزینه‌های گزافی را خصوصاً وقتی که حجم زهکشی و پمپاژ بالا است به استخراج کانسنگ تحمیل کند. مشکلات مرتبط با این آب‌ها در خلال عملیات معدنکاری چه در نوع روباز و چه در نوع زیرزمینی شامل موارد زیر است:

۱) وسایل حمل‌ونقل و استخراج
۲) افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل به خاطر افزایش استهلاک ناشی از خیس و مرطوب شدن مواد
۳) افزایش هزینه‌های انفجار به خاطر مواد ناریه خاص
۴) افزایش هزینه‌ها در ارتباط با نگهداری جاده و سایت استخراج
۵) عمر کمتر تایر تراک‌ها (به خاطر خارج از جاده حرکت کردن)
۶) تأخیر در تولید
۷) محیط کار ناسالم به خاطر رطوبت بالا
۸) شیب‌های ناپایدار، ایجاد پستی و بلندی‌ها و گالرهایی که سبب صدمه و خسارت می‌شوند.
۹) پتانسیل سیلاب که می‌تواند ورودی‌ها به گالری استخراج را مسدود کند.
۱۰) افزایش هزینه‌های سرمایه‌گذاری در تجهیزات خاص معدن

۴- آب مورد نیاز(مصرفی در معدن‌کاری و صنایع معدنی)

در زیر آب مورد مصرف در معدنکاری و صنایع معدنی بر حسب نوع ماده معدنی و محل مصرف آن تشریح می‌گردد.

الف) آب مورد نیاز برای فرآوری کانی‌ها (بر اساس فرآیند)

آب برای اکثر عملیات فرآوری کانی‌ها لازم می‌باشد، به خصوص در کارخانه‌های فرآوری که از فرآیند جدایش تر استفاده می‌کنند مانند کارخانه‌هایی که بر اساس روش‌های گرانی، مغناطیسی، فلوتاسیون، لیچینگ، لخته کردن و آگلومراسیون کار می‌کنند آب نقش حیاتی دارد. به علاوه کارخانه‌های فرآوری مدرن به‌طور افزاینده‌ای نیاز به آب با کیفیت بالا دارند در این کارخانجات نسبت کانسنگ به باطله بسیار متغیر بوده لذا آب مصرفی آن‌ها نیز بسیار متغیر می‌باشد. وجود آب یک نیاز همیشگی در فرآوری مواد معدنی است و یکی از عوامل بحرانی در تصمیم‌گیری برای احداث یا عدم احداث کارخانه فرآوری است. تأمین آب کافی، پایدار و قابل اعتماد همراه ذخیره‌سازی و حمل آن برای صنعت فرآوری کانی‌ها حیاتی است.

یکی دیگر از عوامل مرتبط با کارخانه‌های فرآوری امکان تخلیه باطله‌های فرآوری است که تا حدود زیادی برای منابع آب سطحی و زیرزمینی مسئله‌ساز است. درخواست برای قانون‌گذاری روش‌های درست استفاده از آب و کنترل پساب آن‌ها در جهان رو به افزایش است. این قوانین به‌طور بارز مفاهیم جدیدی برای سرمایه‌گذاری در زمینه‌های مواد معدنی و معدنکاری مطرح می‌کنند.

در بیشتر کارخانه‌های فرآوری آب در فیلترها، تیکنرها یا استخرهای باطله بازیابی شده و مجدداً استفاده می‌شود. این امر موجب می‌شود تا از یک سو پساب و مواد شیمیایی کمتری به محیط زیست وارد شود و از سوی دیگر، استفاده مجدد آب به طور بارزی نیاز به آب تازه را کاهش دهد.

استفاده آب در عملیات معدنکاری و فرآوری با ارقام مشخصی روبه‌رو است. برای مثال، در فلوتاسیون کانسنگ آهن حدود ۳/۸ متر مکعب آب به ازاء هر تن کانسنگ مصرف می‌شود. از این مقدار آب مصرفی تنها شش درصد آب تازه است و بقیه از گردش مجدد آب تأمین می‌شود. در موارد خاص کمبود آب تازه را می‌توان از آب دریا یا آب شور جبران نمود.

آب در فرآیند فلوتاسیون

فلوتاسیون یک فرآیند فیزیکوشیمیایی سطحی برای جدایش کانی‌ها است. در این روش اجتماعاتی از ذرات کانی و حباب‌های هوا شکل می‌گیرد که به شکل کف در یک محیط آبی در می‌آید. در این فرآیند معرف‌های شیمیایی دیگری نظیر کف‌سازها، بازداشت کننده‌ها، فعال کننده‌ها و اصلاح کننده‌های pH نیز مهم هستند. همه این معرف‌ها به نسبت‌های مختلف در آب محلول هستند. جامدات و معرف‌های فلوتاسیون هر دو روی مصرف و کیفیت آب اثرگذار است. بنابراین ترکیب آب یک پارامتر مهم برای کنترل عملیات فلوتاسیون است. برای مثال، آب ممکن است به دلیل انحلال جزیی یا کلی کانی‌های که پالپ را تشکیل داده‌اند حاوی مقدار بالای یون باشد. مواد پایدار شامل کانی‌های کربناتی، فسفات‌ها، سولفیدها و کلریدها است که نسبت به بقیه ترکیبات، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در تمرکز یونی ایجاد می‌کنند. این مسئله هم برای آب تازه و هم آب بازیافت شده از تیکنرها و استخرهای باطله صادق است.

اگر نتایج حاصل از آزمایش‌ها انجام شده با آب خالص در برابر آب‌های مصرفی در سایت پروژه یعنی آب بازیافتی، آب آلوده یا آب حاوی مواد جامد معلق مقایسه شود می‌توان به اختلاف پاسخ کانی‌های معین به فلوتاسیون خصوصاً در مراحل کلینر پی برد.

آب در فرآیند شستشو

فرآیندهای شستشو شامل مراحلی از فرآوری کانه است که نیاز به آب زیادی دارد. غالباً بسته به محصول نهایی حاصل از فرآوری، آب مصرفی به روندهای کنترلی شدید نیازی ندارد. در مورد برخی از کانی‌های صنعتی، پارامترهایی نظیر سفیدی

محصول به‌عنوان یک نیاز که باید کنترل شود مورد بازبینی قرار می‌گیرد و سبب می‌شود که نظارت بر کیفیت آب بحرانی گردد. در چنین مواردی نه‌تنها برای این مسئله از آب تمیز استفاده می‌شود بلکه از ترکیبات شیمیایی که مناسب فرآیند هستند نیز باید استفاده کرد. ترکیبات شیمیایی موجود در آب می‌تواند با سطح کانی‌ها واکنش داده و در نتیجه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را تغییر دهد.پارامترهایی مانند شفافیت و یا سفیدی برای محصولات خاک چینی در زمره این پارامترها می‌باشند که کنترل آب مورد مصرف در فرآیند را اجباری می‌کنند.

آب در فرآیندهای تغلیظ ثقلی

طراحی یک مدار تغلیظ ثقلی نیازمند یک تحلیل تفصیلی از وجود تعادل بین آب و چگالی بهینه پالپ برای این منظور است. بنابراین جهت اطمینان از انجام عملیات موفق، پارامترهای حاکم بر این تعادل باید به‌طور تفصیلی در کارخانه پایلوت مطالعه شود. بعضی از دستگاه‌های فرآوری به تغییرات کم نسبت جامد به آب در پالپ خیلی حساس هستند و حتی تا حدود کمی به کیفیت آب حساس می‌باشند. در خلال فرآیند تغلیظ ثقلی، درست مانند فرآیند شستشو، بازیافت آب به دلیل اهمیت کمتر کیفیت آن در سطح وسیعی امکان‌پذیر است.

در اغلب موارد، آب تمیز حاوی مقدار کمی مواد جامد معلق نیازهای فرآیند ثقلی را برآورده می‌سازد. به جز مواردی که در آن پارامترهایی نظیر سفیدی محصول نهایی مورد توجه است در سایر موارد بیشتر می‌توان از آب بازیافتی برای فرآیندهای درگیر در فرآوری بهره برد.

آب در فرآیندهای هیدرومتالورژی

فرآیند هیدرومتالورژی تیپیک شامل واکنش‌های انحلال فلزات در یک اسید است. مثلاً مس و نیکل از طریق انحلال در یک محلول اسید سولفوریک تولید می‌شوند. هم‌چنین می‌تواند انحلال در یک قلیایی متوسط مثل تولید آلومینا از هضم یک محلول کنسانتره در سود سوزآور باشد. این فرآیند می‌تواند تحت دما و فشار معمولی یا درون اتوکلاو در دما و فشار بالا انجام شود. معمولاً فاز مایع حاوی فلز حل شده، از باطله جامد جدا می‌شود. در این مرحله از تیکنرها و فیلترها استفاده می‌شود. مواد جامد در استخرهای باطله جدا می‌شود و باید مراقب بود تا کمترین اثرات نامطلوب روی محیط‌زیست داشته باشد. مایع به دست آمده که حاوی فلزات است طی چند مرحله فرآوری قرار گرفته تا فلزات استخراج شود. در استخراج بر پایه انحلال که در کارخانه‌های مس و نیکل رایج است لازم است به حذف فلزات دیگری که در لیچینگ حل شده‌اند، اقدام نمود. فلز نهایی از طریق فرآیند الکترونینگ با رسوب دادن فلز به‌صورت فازهای اکسیدی، هیدرواکسیدی، سولفیدی یا نمک جدا می‌شود. آب مصرفی در مراحل بالا به مقدار زیادی بازیابی می‌شود تا مصرف آب تازه و مواد شیمیایی کاهش یابد. غالباً یک مرحله پیش‌تصفیه به خاطر وجود یون‌های فلزی و حاکم کردن pH خنثی لازم است روی آب بازیافتی انجام شود. در مورد پساب‌های اسیدی حاوی یون‌های فلزی می‌توان از آهک یا سنگ‌آهک به‌منظور رسیدن به pH مناسب و رسوب دادن فلزات سنگینی به‌صورت اکسید و هیدرو اکسید استفاده کرد. دفع پساب‌ها به علت وجود فلزات سنگین خطرناک برای محیط‌زیست باید مطابق استانداردهای تخلیه قانونی باشد.

آب در فرآیندهای پیرو متالورژی

در فرآیندهای پیرومتالورژی آب را به‌طور غیرمستقیم برای سرد کردن وسایل نظیر کوره‌ها، برج‌ها، شستشوی گاز و غیره مصرف می‌کنند. کاربرد مستقیم آب در این فرآیند در خلال مراحلی نظیر نورد فولاد و جوش‌کاری است. در مورد آخر، کاربرد آب به‌صورت محلول اسیدی برای تمیز کردن سطوح آهن و فلزات سنگین است. در تولید هر تن فولاد ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر مکعب آب مصرف می‌شود. تقریباً ۳-۵ درصد از میزان کل آب مصرفی باید با آب تازه جایگزین شود و بقیه بازیافت می‌گردد. با توجه

به این که در کشور ما سالیانه ۱۲ میلیون تن فولاد خام تولید می‌شود، مقدار قابل ملاحظه‌ای آب در این فرآیند تولیدی مصرف می‌شود.

ب) آب مورد نیاز برای فرآوری کانی‌ها (بر اساس محصول)

صنعت معدنکاری مس

در معدنکاری مس، آب اساساً در فرآیند فلوتاسیون، در ذوب و پالایش الکترو یا در فرآیند هیدرومتالورژی استفاده می‌شود که شامل لیچینگ، استخراج حلال و الکتروویننگ (LX-SX-EW) است.

در معدنکاری هر فرآیندی یک حجم معینی از آب را برای کمک به راندمان فرآیند مصرف می‌نماید. موارد اصلی مصرف و از دست دادن آب مرتبط با هر فرآیند لازم است، شناسایی شود.

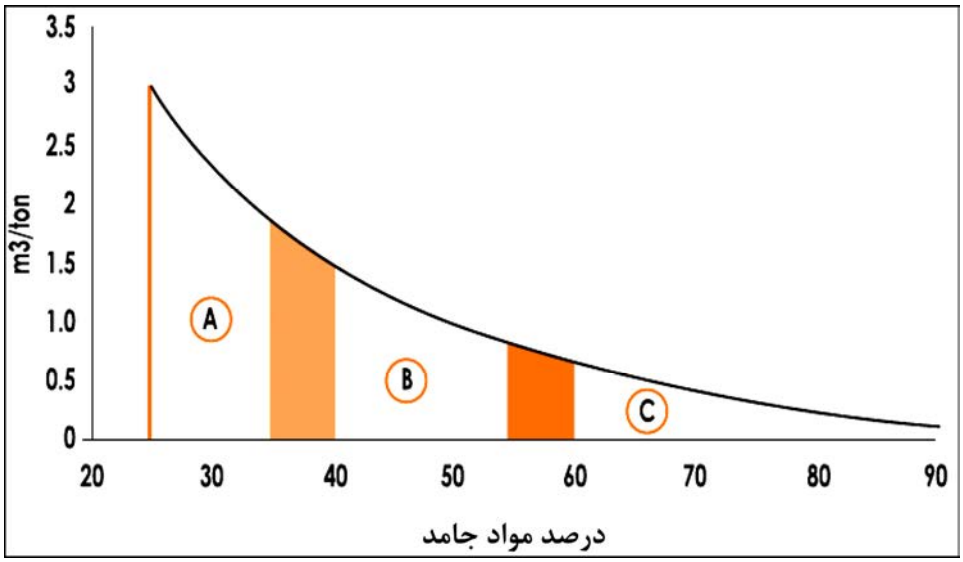
در زنجیره تولید مس، آب استفاده شده در فرآوری بیشترین مقدار را به خود نسبت می‌دهد. در کارخانه‌های فرآوری مس، عملیات بر کانی سولفوره شامل خردایش، آسیاب و فلوتاسیون، دانه‌بندی و تغلیظ متمرکز می‌باشد. در این بین بیشترین مصرف آب در فرآیند فلوتاسیون، انتقال کنسانتره و باطله‌ها و تبخیر و نفوذ در سد باطله می‌باشد.

ماده معدنی غالباً قبل از خردایش آماده می‌شود. فلوتاسیون کانی مس با استفاده از فرآیندهای فیزیکی –شیمیایی انجام می‌شود اما نه خود مس، بلکه ذرات مواد معدنی حاوی سولفور جدا می‌شوند. این بدان معنی است که میزان آب و برخی عامل‌های واکنش‌پذیری که به سیستم اضافه می‌شوند در فلوتاسیون مهم هستند.

در فلوتاسیون، نسبت مصرف آب به ماده معدنی زیاد است، زیرا این فرآیند در یک pH قلیایی (۱۰ تا۱۱) صورت می‌گیرد. بنابراین، لازم است تا برخی مواد واکنش‌پذیر (معمولاً آهک) را برای افزایش pH از ۷ به ۱۰ و ۱۱ به آن اضافه کنیم.

محصول حاصله این کارخانه‌های فلوتاسیون یک کنسانتره مس است که حاوی بین ۲۰ و ۴۰ درصد مس می‌باشد و بسته به نوع کانی اصلی (کالکوپیریت، کالکوزین، کالکوپیریت و یا دیگر سولفورهای مس) ترکیب کانی‌شناسی آن تغییر می‌کند.

همان‌طور که در شکل ۳، دیده می‌شود در فلوتاسیون به‌طورمعمول غلظت جامدات در سیال بین ۲۵ تا ۴۰ درصد تغییر می‌کند تا بالاترین بازیابی فلز را به دست دهد. در این شرایط از درصد جامدات در طول فرآیند فلوتاسیون، میزان مصرف آب می‌تواند بین ۱/۵ تا ۳ متر مکعب بر تن ماده معدنی تغییر نماید.



شکل ۳- نسبت معمول در میزان آب مصرفی در فرآیندهای کارخانه فرآوری مس

زون A متناظر با بازه عملیات معمول در فرآیند فلوتاسیون است. زمانی‌که این فرآیند صورت می‌گیرد، غلظت پالپ بالا می‌رود. در زون B افزایش درصد جامد به بین ۴۰ تا ۶۰ درصد می‌رسد، که معنی فیزیکی آن بازیافت مقداری از آب از سیستم است. در نهایت به زون C می‌رسیم که در آن درصد جامدات بیش از ۶۰ درصد و کمتر از ۹۰ درصد است؛ و در پایان به کنسانتره با آب حدود ۱۰ درصد می‌رسیم.

آب خارج شده از فرآیند فلوتاسیون هم‌چنین برای انتقال کنسانتره و نهایتاً ته‌نشینی در سد باطله به‌کار برده می‌شود. بسته به نزدیکی و دوری فاصله بین کارخانه فرآوری و تأسیسات و فیلتراسیون، آب باقی‌مانده را ممکن است بتوان برای فرآیند دوباره به گردش در آورد. هنگامی که چنین گردشی ممکن نیست، بخشی از این آب برای استفاده صنعتی فرستاده می‌شود و مابقی تحت شرایط کنترل شده به محیط بازگردانده می‌شوند (WaterSense, 2009: 48-87).

با این حال، بخش قابل توجهی از آب استفاده شده در فلوتاسیون همراه باطله به مرحله بعد رفته و نهایتاً همراه آن‌ها به سدها تخلیه می‌شوند. در این روش، حداکثر مقدار آب صاف بازیابی می‌شود. اگر به لحاظ اقتصادی امکان‌پذیر باشد بهتر است این آب به فرآیند فلوتاسیون بازگردانده شود تا سپس مصرف آب را کاهش دهد.

مصرف واقعی آب در کارخانه‌های تغلیظ می‌تواند بین ۰/۷۵ تا ۰/۸ متر مکعب بر تن ماده معدنی در نظر گرفته شود. با به حداکثر رساندن گردش از تیکنرها و سدها، از نشت آب جلوگیری می‌شود و تبخیر به حداقل مقدار خود می‌رسد. در چنین شرایطی امکان دست‌یابی به مقادیر کمتر (در حدود نصف مقدار فوق) نیز وجود دارد. به‌طور خلاصه، کاهش آب در طول فرآوری مواد معدنی با توجه به پیچیدگی کارخانه‌های تغلیظ تغییر می‌کند. عوامل اصلی مؤثر در این کاهش به شرح زیر می‌باشند:

۱) تبخیر خصوصاً در سدهای باطله، تیکنرها و انبار کنسانتره، رطوبت کانی یا کنسانتره متغیر است. عموماً فروش کنسانتره با رطوبت بین ۸ تا ۱۲ درصد انجام می‌شود. تبخیر حاصل از این کنسانتره در صحرا شدید و در نواحی نزدیک به دریا درصد رطوبت پایدار می‌ماند. بنابراین تبخیر سد باطله بسته به موقعیت جغرافیایی آن متغیر است.

۲) پدیده نفوذ و تراوش طبیعی که عامل تشکیل منابع آب زیرزمینی است می‌تواند در خاک‌ها فعال باشد و پس از جذب آب در خاک چنین فرآیندی موجب تبخیر آب از خاک شده و آب را از محیط عمل خارج سازد. بخشی از آن آب می‌تواند از منابع آبی بازیابی شود.

۳) فرآیند خشک کردن کنسانتره قبل از ذوب لازم است. کانی‌ها با حداقل میزان رطوبت وارد کوره‌های ذوب شوند تا حداکثر بهره‌وری از سوخت و واکنش‌های حرارت‌زا در خلال فرآیند ذوب حاصل گردد.

۴) در مواردی که سد و یا تیکنرها نسبت به کارخانه کنسانتره در تراز پایین‌تری قرار دارند، پمپ نمودن و برگشت آب به مدار خیلی گران تمام می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، وقتی سد باطله یا تیکنر در تراز ارتفاعی یکسانی با کارخانه فلوتاسیون قرار داشته باشند آب بازیابی می‌تواند در فرآیند، مجدداً استفاده شود. در خصوص دفع آب در سد باطله لازم است بدانیم که مقدار فلزات یا نمک‌ها در این آب‌ها همواره به‌گونه‌ای است که مناسب استفاده در کشاورزی نمی‌باشد. بهتر است از این آب‌ها در کارخانه فلوتاسیون مجدداً استفاده شود و یا اگر چنین امری اقتصادی نیست از آن برای فرونشاندن گرد و غبار در جاده‌های معدنی استفاده شود. در برخی نقاط از این آب برای آبیاری جنگل‌های کاشته شده در اطراف معدن استفاده می‌شود.

مصرف آب در معادن زغال‌سنگ

یکی از جنبه‌های مهم آب مرتبط با معدنکاری زغال‌سنگ در ارتباط با استخراج گاز وابسته به این ذخایر است. اصولاً توسعه هر نوع از معدنکاری به انضمام معدنکاری زغال‌سنگ موجب بروز نگرانی‌های عمومی در خصوص تقابل توسعه معدنکاری

با زمین‌های کشاورزی و زندگی انسان می‌شود. در معادن زغال‌سنگ مؤلفه‌ای مؤثر در برنامه‌ریزی مصرف آب شامل موارد زیر است(Tiwary, 2001: 125):

۱) مؤلفه مصرف آب در آماده‌سازی زغال و کارخانه

۲) مؤلفه آب مصرف‌شده برای فرونشاندن گردوخاک نقاله زیرزمینی و سرد کردن وسایل

۳) مصرف آب در بخش ذخیره باطله‌های فرآوری. این مؤلفه معرف آبی است که همراه باطله‌های فرآوری از محیط عمل خارج می‌شود.

۴) مؤلفه آب مصرفی در جاده‌های حمل‌ونقل زغال. این مؤلفه معرف آبی است که برای فرونشاندن گردوخاک در جاده‌های حمل‌ونقل به کار می‌رود.

۵) مؤلفه آب مصرفی در تهیه و تولید کک: این یکی از مؤلفه‌های اصلی مصرف آب است و بر حسب درجه خلوص زغال و نوع آن بین حداقل ۰/۵ تا حداکثر ۳/۵ متر مکعب بر تن محصول تغییر می‌کند.

علاوه بر موارد فوق ، لازم به ذکر است که در سطح جهانی، تکنولوژی جدیدی که گاز متان را از لایه‌های عمیق زغال استخراج می‌کند در حال توسعه بوده که در مناطقی که قبلاً برای استخراج پتانسیل اقتصادی نداشته‌اند در حال گسترش است. گاز استخراج شده سرد و فشرده شده و گاز طبیعی مایع به دست می‌آید. به دلیل فشار آب زیرزمینی در اطراف چنین مناطقی، گاز به لایه زغال چسبیده است. برای آزادسازی گاز حجم زیادی از آب استخراج شده تا فشار آب کاهش یابد. این مسئله دو چالش مدیریتی را ایجاد می‌کند.

۱-کاهش فشار، استفاده‌کنندگان آب را در آبخوان‌های مجاور تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۲-لازم است تا آب استخراج شده به‌طور مناسبی تخلیه گردد.

آب واقع در آبخوان‌های حاوی لایه‌های زغال به خاطر حضور نمک‌ها و مواد هیدروکربنی همراه زغال و گاز از کیفیت پایینی برخوردار بوده و قابل استفاده نمی‌باشد. برداشت آب از این آبخوان‌ها روی آبخوان‌های مجاور که مورد استفاده برای کشاورزی و شرب خانگی است، اثر می‌گذارد. برداشت آب از لایه‌های زغالی سبب نشت آب از آبخوان‌های مجاور می‌شود. میزان این نشت بستگی دارد به مقدار آب برداشتی، فاصله بین آبخوان‌ها و اینکه آیا بین آن‌ها لایه‌های ناتراوا وجود دارد یا خیر.

به‌منظور افزایش گاز خروجی از لایه‌های زغال به‌صورت هیدرولیکی اقدام به ایجاد شکستگی‌های در این لایه‌ها می‌شود. بدین منظور حجم زیادی از سیال تحت‌فشار وارد چاه می‌شود و سبب ایجاد درزه و ترک در لایه‌های زغال و در نتیجه افزایش هدایت هیدرولیکی و تولید گاز بیشتر می‌شود. سیالات مورد استفاده برای این منظور شامل آب، ماسه و مقدار کمی (۲ ٪ >) افزودنی است. افزودنی‌ها شامل اسیدها، مواد ژلی، کنترل‌کننده‌های آهن و pH است که برخی از آن‌ها سمی بوده و سبب نگرانی‌هایی در خصوص آلودگی آبخوان‌ها شده است. در ایالات متحده، از سال ۱۹۴۰ به بعد در میلیون‌ها چاه عمل ایجاد شکستگی لایه‌های زغال انجام شده که سبب آلودگی آب‌های آشامیدنی مثل افزایش مقدار گاز متان در آن‌ها شده است. ریسک‌های محیط زیستی حاصل از افزودنی‌ها را با بازیابی سیالات می‌توان کاهش داد.

بنابراین یک دانش جامع از ویژگی‌های هیدرولیکی برای ارزیابی ریسک‌های وابسته به این عملیات ضروری است. برای حل این مسائل لازم است زمین‌شناسی حوضه و اینکه چگونه فشار آب زیرزمینی، جریان و کیفیت آب را کنترل می‌کند مشخص گردیده و بر اساس اطلاعات موجود مدل آب زیرزمینی منطقه تهیه گردد (Tiwary, 2001: 125).

یک سؤال مهم در این زمینه وجود دارد و آن اینکه مقدار نشت بین لایه‌های زغال و آبخوان‌های اطراف آن به چه میزان است. برای پاسخ به این سؤال دانستن شرایط در محیط زمین‌شناسی اطراف این آبخوان‌ها بسیار حائز اهمیت است. بر این اساس لازم است یک مدل برای آب‌های زیرزمینی موجود در منطقه زغالی تهیه گردد. این مدل بر مبنا داده‌های حاصل از برداشت لاگ‌های حفاری و تراز آب زیرزمینی و توزیع آن و هم‌چنین ویژگی‌های هیدرولیکی آبخوان در منطقه حاصل می‌گردد.

مصرف آب در صنایع فولاد

بنا به گزارش مؤسسات معتبر تولید آهن و فولاد در جهان، در کنار ذخایر آهن و انرژی، آب مهم‌ترین عامل در این صنعت است. امروزه استفاده از آب در صنعت فولاد به‌مراتب کمتر از مقدار آن درگذشته است. بیش از ۹۵ درصد آب مصرفی در فولادسازی درون کارخانه بازیافت می‌شود و اغلب آب بازیافت شده به منبع بازگردانده می‌شود. جالب اینکه کیفیت این آب بازیافتی حتی مناسب‌تر از آب مصرفی اولیه است. مؤلفه‌های مصرف آب در این صنعت عبارتند از:

۱) سرد کردن تجهیزات و کوره‌ها
۲) شستشوی مواد برای حذف پوسته‌ها و فلس‌ها از تولیدات فولادی
۳) تولید بخار
۴) واسطه‌ای برای روغن‌های روان‌کننده و محصول‌های تمیزکننده
۵) برای کنترل آلودگی هوا

نوع فولاد تولید شده، شکل آن و کارایی تجهیزات استفاده شده برای تولید آن از جمله فاکتورهایی است که در مقدار آب مورد نیاز برای تولید آن اثرگذار است. بسته به متغیرهای فوق تقاضای آب برای تولید فولاد ممکن است حدود ۱۰ تا ۱۵ متر مکعب در هر تن تغییر نماید.

در حال حاضر تقریباً ۷۵۰۰۰ گالن آب برای تولید یک تن فولاد لازم است. این عدد شامل آب بازیافتی، آب استفاده مجدد و آب سردکننده است. مقدار آب ورودی تازه (بدون احتساب آب بازیافتی) بین ۵۰ تا ۸۰ متر مکعب در هر تن محصول در تمامی مراحل تولید است.

مصرف آب در صنایع سنگ ساختمانی

در معادن سنگ‌های ساختمانی مصرف آب زیاد است، زیرا که در تمام مراحل شامل استخراج، برش، ساب و صیقلی کردن سنگ از آب استفاده می‌شود. بر اساس یافته‌های یک پژوهش در این زمینه مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر تن سنگ ساختمانی معادل ۷۵ مترمکعب است.

هدف این مطالعه موردی، البته به یک شیوه غیرجامع، مشکلات زیست‌محیطی در بخش سنگ تزئینی و کارهایی برای به حداقل رساندن و حل این مشکلات صورت گرفته است. تأکید ویژه برای تولید زباله (لجن ساینده) در طول برش بلوک‌های گرانیت و مرمر داده شده است. صنعت تولید مرمر و گرانیت یکی از زیر شاخه‌های اقتصادی در صنعت سنگ ساختمانی است.

باطله‌های حاصل از تولید اسلب گرانیت در مراحل فرآوری شامل مواد نیمه جامد به شکل لجن، مایع حاوی ذرات ریزسنگ که به تدریج ته‌نشین می‌شوند و باطله‌های جامد خصوصاً مواد ساینده، رزین و مواد پلاستیکی است.

همه شرکت‌های که در خصوص برش و صیقل سنگ فعالیت می‌کنند شکلی از چرخش دوباره آب را دارند. این شرکت‌ها عموماً از تانک‌های بتن آرمه مجهز به سپر غیرقابل نفوذ استفاده می‌کنند. این تانک‌ها در زیرزمین ساخته شده و ابعاد آن‌ها از ملاک فنی خاص پیروی نمی‌کند. مواد رسوب‌شده به‌وسیله پمپ‌های هیدرولیکی به دامپ‌های متصل به زمین منتقل می‌شوند.

برخی از یافته‌ها دلالت بر آن دارد که فعالیت‌ها در این صنعت معدنی می‌تواند خسارات محیط زیستی به دنبال داشته باشد که در زیر تشریح می‌گردد:

۱) معدنکاری و فرآوری گرانیت و مرمر تغییرات قابل ملاحظه‌ای روی کیفیت منابع آب منطقه داشته است. در اثر این فعالیت‌ها کلیه پارامترها به جزء غلظت آهن و منیزیم که ثابت بوده افزایش یافته و به منابع آبی خسارت وارد شده و تغییرات زیان‌بخشی به گیاهان و جانوران آبی وارد شده است. این اثرات نشان می‌دهد که لازم است شرکت‌های معدنی به‌شدت مورد کنترل قرار گیرند.

۲) برخی محققین در خصوص پتانسیل کاربرد پساب کارخانه‌ها سنگ‌بری در ساختمان‌سازی مطالعه کرده‌اند. مطالعات آن‌ها نشان داد که اگر چه این آب در کلاس II قرار می‌گیرد (به خاطر آلومینیم بالاتر از حد مجاز در استاندارد NBR) 10004/87 با این وجود وقتی به آجر و ملاط اضافه شود، ریسک‌های محیط‌زیستی را به همراه ندارد.

مصرف آب در شن و ماسه

شن و ماسه به‌طور گسترده به‌عنوان مواد پایه در آماده‌سازی مخلوط‌های بتونی و در بسیاری کاربردهای ساخت و ساز دیگر بکار برده می‌شوند. حدود ۹۰ درصد شن و ماسه تجاری از مواد آبرفتی تولید می‌شود و تنها حدود ۱۰ درصد آن‌ها از خردایش سنگ سخت است. بحث زیر استفاده از آب را در طول تولید شن وماسه از محیط‌های آبرفتی توصیف می‌کند.

مرحله ۱: معمولا رسوبات کمتر از ۱۲ اینچ، از طریق الک‌های میله‌ای (گریزلی) غربال می‌شوند و مواد عبوری در یک خردکننده فکی تا اندازه متوسط خرد می‌شوند.

مرحله ۲: سنگ‌های خرد شده درست از طریق یک اسکرین سه ترازی عبور داده می‌شود و مواد دانه درشت به خرد کننده فلکی بازگردانده می‌شوند.

مرحله ۳: کوچک‌ترین بخش آن به عنوان ماسه‌ای برای استفاده در بتن، جدا می‌شود. در حالی‌که جزئی با اندازه ذرات حدود یک به عنوان شن برای مصالح یک اینچ یا کمتر به عنوان مصالح ساختمانی به کار می‌رود و یا انبار می‌شوند یا بیشتر در یک سنگ‌شکن مخروطی بیشتر خرد می‌شوند تا ابعاد ذرات آن در محدوده مناسبی قرار گیرد.

مرحله ۴: مواد خرد شده غربال می‌شوند و مواد دانه درشت به خردکننده مخروطی فرستاده می‌شوند یا بیشتر در یک آسیاب رفته و بیشتر خرد می‌شوند تا به حد لازم برسند.

مرحله ۵: ماسه‌ها و سیلت‌ها به یک استخر ته‌نشینی فرستاده می‌شوند که از آن آب سرریز شده و برای استفاده در فرآوری بازگردانده می‌شود.

در کل، کارخانه شن و ماسه معمول ممکن است ۷۰ تا ۸۰ درصد مواد را به عنوان شن و ۲۰ تا ۳۰ درصد را به عنوان ماسه فرآوری نمایند. رس‌ها و سیلت‌ها به‌طور طبیعی متشکل از کمتر از ۵ درصد مواد جامد و ۹۵ درصد رطوبت می‌باشند.

مواد معدنی غیر فلزی

یک تنوعی از مواد معدنی برای استفاده در کارخانه، در ساخت‌وساز و برای اهداف دیگر ارزش حرارتی (زغال) یا بازیابی فلز استخراج می‌شود. عملیات معدنکاری مواد صنعتی (سنگ نرم) به‌طور گسترده بر اساس مواد تولید شده و ماهیت نهشته تغییر می‌کند.

دو گروه از مواد صنعتی شامل خاک چینی (کائولن) و ماسه سیلیسی کاربرد زیادی دارند. علاوه بر آن، باریت نیز در زمره مواد غیرفلزی با مصرف زیاد است. کائولن استخراج شده و فرآوری شده به عنوان نمونه به کار برده شده است. کائولن در یک تنوعی از صنایع شامل تولید کاغذ، سرامیک و تشکیل رنگ بکار برده می‌شود. بازار کاغذ یک مقدار زیادی رس کائولنی را استفاده می‌نماید و کائولن خام به عنوان یک محصول استخراجی مفید نیست مگر با حذف ناخالصی‌ها فرآوری شود.

اگرچه روش‌های فرآوری بسته به کیفیت رس استخراجی و استفاده نهایی تغییر می‌کند آن‌ها معمولاً شامل معلق‌سازی یا پراکندگی (در فلوکولاسیون)، غربالگری، حذف شن (به عنوان مثال، جداسازی ثقلی، سانتریفیوژ) فلوتاسیون، فیلتراسیون، خشک کردن و بسته‌بندی هستند. مصارف آب با عملیات خاص مورد نیاز برای تصفیه رس برای استفاده نهایی تغییر می‌نماید؛ اما یک تخمین اسمی از مصرف آب در تولید خاک چینی دلالت بر مصرف حدود هشت متر مکعب آب به ازای هر تن از محصول نهایی را نشان می‌دهد (WaterSense, 2009: 48-87).

۵- استانداردهای مصرف آب در صنعت معدن

در جدول ۱، استاندارد مصرف آب درمعدن و واحدهای فرآوری به عنوان تابعی از نوع فعالیت شرح داده شده است (Koomey, 1995: 627-635).

۶- نیاز به بهینه‌سازی مصرف آب در صنعت معدن

بخش اعظمی از کشور به‌خصوص بخش ایران مرکزی و جنوب شرقی کشور که منابع آب محدود بوده و تقاضای آب در بین بخش‌های مختلف اقتصاد در رقابت شدید است، استفاده مؤثر و عاقلانه از منابع آب، کلید آینده تجارت معدنکاری است. بخش معدن در شرایط سخت از بی‌آبی معمولاً دست به یک‌سری اقدامات اساسی باید بزند که شامل موارد زیر است:

۱) بهینه کردن مصرف با مدیریت صحیح

۲) استفاده از تکنولوژی بهتر

۳) سرمایه‌گذاری روی گزینه‌هایی که تقاضا را کاهش و تأمین آب را افزایش می‌دهد که عمدتاً شامل مصرف مؤثر آب مانند افزایش آب بازیافتی و راندمان بازیافت

۴) بهبود مدیریت باطله‌های حاصل از فرآوری نظیر توسعه تجهیزات تیکنرینگ و انتخاب محل سایت برای کنترل فیلترینگ

۵) استفاده از منابع جدید آب نظیر شیرین کردن و استفاده مستقیم از آب دریا

جدول۱ - استاندارد مصرف آب در معدن و واحدهای فرآوری به عنوان تابعی از نوع فعالیت

نوع فعالیت معدنی	میزان مصرف آب	واحد	درصد آب بازیافتی
اکتشاف - حفاری	۲۰ - ۸	لیتر بر متر گمانه	ناچیز
استخراج - فرونشینی گردوغبار جاده	۵ - ۰	درصد از آب کل مصرفی	صفر
خردایش و آسیا	۲/۸ -۲	مترمکعب بر تن محصول	80 -100 %
سرند تر	۱-۰/۱	مترمکعب بر تن ورودی	98 - 100 %
خردایش سنگ سخت	۲-۱/۵	مترمکعب بر تن ورودی	80 -100 %
جداکننده مغناطیسی تر			
جدایش ثقلی تر			
تغلیظ مس	۱/۱	مترمکعب بر تن ورودی	80%
فلوتاسیون مس	۳-۱/۵	مترمکعب بر تن ورودی	80%
هیدرومتالورژی مس	۰/۳	مترمکعب بر تن ورودی	80%
زغال شویی	۱	مترمکعب بر تن محصول	80%
کنسانتره و کک سازی	۳/۵	مترمکعب بر تن محصول	80%
فلوتاسیون آهن	۳/۸	مترمکعب بر تن ورودی	80 - 95 %
سنگ ساختمانی	۰/۱	مترمکعب بر تن ورودی	90%
شن و ماسه	1	مترمکعب بر تن ورودی	90%

۷- روش‌های کاهش مصرف آب در صنعت معدن

لزوم کاهش مصرف آب در معدنکاری و واحدهای فرآوری مواد معدنی امری است آشکار، زیرا از یک طرف تناسب بین نیاز واقعی در برداشت آب از منابع محلی را تنظیم می‌کند، که این خود در دسترسی بیشتر برای مصرف در بخش‌های دیگر را

فراهم می‌سازد و از طرف دیگر، موجب کاهش حجم پساب‌های معدنی به محیط اطراف می‌شود. این امر هزینه حفاظت از آبخوان‌ها و آبریزها را کاهش می‌دهد. در زیر اثر کاهش مصرف آب در معدنکاری و واحدهای فرآوری مواد معدنی ذکر می‌شود:

- کاهش میزان برداشت آب از منابع محلی در دسترس
- افزایش امکان در دسترس بودن آب برای بخش‌های دیگر محلی و منطقه‌ای
- افزایش راندمان بهره‌وری آب به ازای هر تن محصول برداشت شده
- کاهش حجم پساب‌های معدنی و فرآوری و هم‌چنین کاهش درجه ریسک ورود آن‌ها به محیط‌زیست
- کاهش مصرف انرژی حرارتی لازم در خلال فرآیندهای فرآوری مواد و در نتیجه کاهش هزینه‌های فرآوری

هر یک از عوامل فوق به نحوی روی اقتصاد جامعه محلی یا منطقه‌ای و هم‌چنین روی قیمت تمام شده محصول معدنی اثرگذار است و ممکن است آن را در بازار آزاد از قدرت رقابتی دور سازد. متأسفانه، بخش عمده‌ای از مؤلفه اول که بالا بردن هزینه جامعه و زیان به اقتصاد جامعه محلی است پنهان بوده و اکثراً جوامع محلی قادر به ارزیابی آن نمی‌باشند. این امر موجب می‌گردد تا جوامع محلی (روستاها و بخش‌ها و حتی گاهی شهرستان‌ها) از ابتدا با هر گونه فعالیت معدنی و واحد فرآوری در محدوده فعالیت آن‌ها مخالفت کرده و عکس‌العمل‌های شدیدی نسبت به آن بروز دهند که گاهی موجب چالش‌های اجتماعی در سطح محلی می‌گردد. لازم به ذکر است که بخشی از این عکس‌العمل نامناسب جوامع محلی نسبت به معدنکاری به رفتار نامناسب معدن‌کاران در گذشته بر می‌گردد که به طور بارزی نسبت به مصرف منابع آبی محلی و خروج پساب‌ها کوتاهی بعمل آورده‌اند و بهینه‌سازی در مصرف آب انجام نداده‌اند. تغییر این رفتار نامعقول دو جانبه نیاز به سازماندهی و مدیریت دارد.

در گروه معدن‌کاران و فعالین معدنی به عنوان مصرف‌کنندگان آب تازه و آلوده‌سازه آب مصرفی به فلزات سنگین نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر به منظور مصرف بهینه بخصوص جلوگیری از تبخیر و هم‌چنین افزایش راندمان تیکنرها و فیلترها می‌باشد. این گروه لازم است با آموزش پرسنل تحت فرمان خود از یک طرف آنها را در جهت مصرف آب کمتر در سیستم ترغیب نمایند و از طرف دیگر با تغییر ابزارها در سیستم از اتلاف آب جلوگیری نمایند. شاید بتوان گفت که سرمایه‌گذاری در جهت افزایش درصد آب بازیافتی موثرترین کار این گروه است (Fry and Martin, 2005: 29-44).

در گروه دوم یعنی جوامع محلی که به‌طور عمده در کشور ما جوامع روستایی نزدیک به محل معدن یا واحد فرآوری می‌باشند، مناسب‌ترین سرمایه‌گذاری آموزش آن‌ها است. این آموزش باید شامل اصول حاکم بر اولویت‌بندی در تخصیص منابع محدود آبی به صنایع مختلف (از جمله کشاورزی و یا معدنی) بر اساس میزان ارزش افزوده ناشی از مصرف آب در آن صنایع باشد. به‌طور خلاصه روش‌های کاهش مصرف آب در معدنکاری و صنایع وابسته به قرار زیر است:

تغییر رفتارها:

تغییر رفتارها بر اساس دو اصل آموزش و استانداردسازی است که شامل عملیات و دستورالعمل‌های اجرایی که همه آن‌ها در جهت کاهش مصرف آب طراحی شده می‌باشد.

تغییر فرآیند عملیات:

این نوع تغییرات در خط تولید از استخراج گرفته تا فرآوری نیاز به انتخاب فرآیند مناسب با در نظر گرفتن منابع محدود آب می‌باشد. از این دیدگاه سرمایه‌گذار لازم است به طراح پروژه به عنوان یک قید از پیش تعیین شده گوشزد نماید که لازم است در انتخاب فرآیند و تکنولوژی وابسته به آن، محدود بودن منابع آب محلی و منطقه‌ای را در نظر گرفته و از بین آن‌ها تکنولوژی بهینه را انتخاب نماید. گاهی به علت عوامل اقتصادی استفاده از فرآیندها و تکنولوژی با مصرف آب کم امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این خصوص لازم است توجیهات لازم آورده شود تا دیگر اعضاء جامعه به‌خصوص کارشناسان آبی از آن مطلع گردند.

تغییر ابزار و دستگاه‌ها:

این نوع تغییر مستقیماً روی حجم سرمایه‌گذاری تأثیرگذار است و همیشه به‌راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد. جایگزینی دستگاه‌های جدید با مصرف آب کم به‌جای دستگاه‌های قدیمی‌تر با امکان به هدر دادن آب و بهره‌وری کمتر نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است که معمولاً معدنکاران به‌جز موارد خاص تمایلی به انجام آن ندارند و ترجیح می‌دهند مسئله کمبود آب و کاهش مصرف را به روش‌های دیگر حل کنند. شاید بتوان این روش را به عنوان آخرین روش پیشنهادی به آن‌ها ارائه کرد.

افزایش درصد آب بازیافتی:

این روش کاهش مصرف آب تازه به سیستم معدنی و فرآوری بسیار حائز اهمیت است زیرا دارای اثرات مطلوب دو جانبه است. از یک طرف آب تازه ورودی به سیستم را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر میزان پساب‌های معدنی و فرآوری خطرناک حاوی فلزات سنگین به محیط‌زیست را کاهش می‌دهد. به جرات می‌توان گفت که این روش کاهش مصرف آب تازه از همه روش‌های دیگر اقتصادی‌تر و مؤثرتر است. در مواردی که پساب حاصله بدون تصفیه می‌تواند دوباره مصرف شود این روش بسیار اجرایی است ولی در مواردی که نیاز به تصفیه باشد لازم است سرمایه‌گذاری مناسب انجام گیرد.

جایگزینی آب‌های شور و آب دریا به‌جای آب شیرین:

با توسعه تکنولوژی‌های جدید امکان استفاده هر چه بیشتر از آب دریا و آب‌های شور در فرآیندهای فرآوری مواد معدنی روزبه‌روز فراهم گردیده است. اگرچه در توسعه این امر چالش‌های زیادی بر سر راه است ولی کمبود آب در مناطق معدنی این کاربرد را ضروری می‌سازد و سرمایه‌گذاری روی آن را توجیه‌پذیر می‌نماید.

۸- بررسی ملاحظات مدیریتی

رقبای آب در معدن‌کاری (به خصوص کشاورزان) به این نکته اشاره دارند که عملیات معدن‌کاری باید بدون خسارت به آب‌های سطحی و زیرزمینی انجام شده تا توسعه پایدار را به همراه داشته باشد. از این رو تکنیک‌ها و روش‌های استخراج و فرآوری با تأکید بر حفظ منابع آبی باید طراحی و اجرا شوند. در این خصوص لازم است بین وزارت نیرو و صنعت، معدن و تجارت از یک‌سو و سازمان محیط‌زیست از سوی دیگر یک همکاری سه‌جانبه تنگاتنگی وجود داشته باشد. صنعت معدن و فرآوری مواد از یک سو و کنترل مصرف آب و اثر آلودگی‌ها در آبخوان‌ها از سوی دیگر تحت نظارت و کنترل قرار گیرد. چنین همکاری سه‌جانبه‌ای سبب می‌شود تا بحث گسترده‌ای در این خصوص قبل از تائید نهایی مجوزهای لازم برای معدنکاری صورت گرفته و جوانب امر در ابعاد مختلف بررسی شود. در زیر اهم فعالیت‌های لازم برای جلوگیری از توسعه آلودگی‌های معدنی تشریح می‌گردد (Schwarzenbach, 2010: 116).

الف) محیط معدن:

۱) به‌کارگیری روش اتاق و پایه با انفجار در سطح آزاد در معادن زیرزمینی به‌منظور به حداقل رساندن نشت و ترک‌خوردگی سنگ‌های پوشش و ممانعت از فعال شدن پدیده تراوش آب در سنگ‌های پوشش.

۲) برداشت‌های ژئوفیزیکی برای تعیین موقعیت فضایی گسل‌ها و شکستگی‌ها. این زون‌ها به‌خصوص وقتی خطرناک هستند که به عنوان مجرایی برای آب سطحی و زیرزمینی عمل کرده و آب وارد گالری‌های استخراج می‌شود که تراوش آب زیرزمینی را سهولت بخشیده و برحسب گسترش، زون‌های آلوده به آب‌های اسیدی می‌شوند.

۳) حفاری زیرزمینی افقی وقتی انجام می‌شود که جبهه کار معدنکاری ۵۰۰ متر دورتر از پهنه شکستگی‌های آشکار شده به روش ژئوفیزیکی است. با این نگرش که جریان آب سطحی و زیرزمینی به زیرزمین در حد امکان جلوگیری شود.

۴) پر کردن گمانه‌های حفر شده با سیمان در طول فاز اکتشاف و توسعه معدن. بنابراین از ورود آب به زیرزمین توسط آن‌ها جلوگیری می‌شود.

۵) عایق‌بندی ساختارهایی که در طول توسعه معدن در محیط شناسایی می‌شود مانند شکستگی‌ها، گسل‌ها و دایک‌ها که قبلاً با روش‌های ژئوفیزیکی آشکار نشده است.

۶) نظارت بر اثر انفجارات معدنی موج لرزه‌ای حاصل از آن‌ها در محیط زیرزمینی که موجب بازشدگی فضاهای درز و شکاف می‌گردد.

۷) محاسبه دبی جریان آب زیرزمینی از طریق نصب یک ساعت در پمپ‌هایی که در مکان‌های مختلف زیرزمین واقع شده‌اند.

۸) نصب هیدورمتر در لوله‌های انتقال آب؛ داده‌های حاصل برای تعیین وضعیت آب معدن مفید است.

۹) نصب گیج باران‌سنج برای ثبت ریزش‌های جوی در مکان‌های استراتژیک در محدوده معدن. از این داده‌ها نیز می‌توان برای وضعیت آب در معدن بهره برد.

۱۰)نصب یک خط‌کش تراز در همه مخازن آب به‌منظور ایجاد یک همبستگی بین تراز آب مخازن و جریانات فرعی پمپ شده از باران و زیرزمین.

۱۱)نصب یک شبکه هیدرومتر برای نظارت بر تراز سطح آب زیرزمینی به‌منظور ایجاد یک همبستگی بین سطح تراز آن و جریانات فرعی پمپ شده از آب باران و زیرزمین.

۱۲)نصب ناودانی در همه آبراهه‌های سطحی برای اندازه‌گیری جریانات به‌منظور ایجاد یک همبستگی بین سطح تراز آن و جریانات فرعی پمپ شده از آب باران و زیرزمین.

ب) واحدهای فرآوری:

۱) مصرف حداکثر آب در فرآوری مواد از بی‌کیفیت‌ترین منابع آب ممکن در منطقه (چه سطحی و چه زیرزمینی)

۲) تلاش حداکثری با سرمایه‌گذاری لازم برای بسته بودن سیستم آب مصرفی در فرآیند فرآوری مواد با کمترین مقدار ورودی و کمترین مقدار خروجی پساب و زهاب معدنی.

۳) تخلیه کنترل شده مواد باطله حاصل از فعالیت‌های فرآوری. گاهی چنین کنترلی لازم است تأسیسات عایق‌بندی در محیط اجرا شود که نیاز به سرمایه‌گذاری دارد. چنین ملاحظات اجرایی این امکان را فراهم می‌کند تا هر تغییر قابل ملاحظه‌ای در وضعیت آب در معدن و واحد فرآوری معدنی در زمان مناسب مشخص گردد.

۴) ساخت مخازن و فیلترهای لازم برای سهولت بخشی به فرآیند پالایش و تصفیه پساب‌ها و زهاب‌های معدنی

ج) سازوکار اجرایی

به عنوان یک اقدام مهم قبل از باز کردن معدن، لازم است متنی تحت عنوان "بیانیه تعهد معدنکار" به مجموعه دستگاه‌ها دولتی اعم از وزارت نیرو (جهت تعهد به حداقل مصرف آب مورد نیاز و بهینه بودن آن) و سازمان محیط‌زیست (جهت تعهد به انجام عملیات لازم برای ممانعت از گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی) به امضاء برسد (Schwarzenbach, 2010: 116).

ایجاد سازوکار تشکیلات برای پرداخت هزینه‌های نظارت: پرداخت همه هزینه‌های فرآیند نظارت سازمان‌های مختلف از محل دریافت حقوق دولتی

دست‌یابی سازمان‌های نظارتی به کلیه داده‌های لازم برای کنترل مصرف آب از یک‌سو و توسعه آلودگی‌ها از سوی دیگر.

۸-۱- ملاک‌های مدیریت مؤثر در مصرف آب صنعت معدن

چه آب، از منابع زیرزمینی باشد یا آب‌های سطحی یک منبع اساسی برای زندگی است. دسترسی به آب با کیفیت و کافی از نیازهای حیاتی بشر در سرتاسر جهان است و ما همگی نسبت به برآوردن این نیاز در حال و آینده مسئولیم.

در مطالعاتی که در سال ۲۰۱۴ با نظرسنجی از ۱۱۳ کشور و با تکمیل ۱۲۵۱ پرسشنامه توسط ذینفعان انجام گردید در پاسخ به این سؤال که "برای بهره‌برداری معادن و صنایع معدنی، رسیدگی و توجه به کدام یک از اثرات زیست‌محیطی مهم‌تر از دیگر مسائل زیست محیطی می‌باشد؟ حدود ۶۳ درصد مصرف و مدیریت آب را به‌عنوان مهم‌ترین عامل ذکر نموده‌اند. هم‌چنین ذینفعان راه حل پیشنهادی این چالش‌ها را در ارتباط با موارد زیر دانسته‌اند:

- پرداخت یک قیمت عادلانه برای آب
- نظارت آب مصرفی
- شفافیت در میزان آب مصرفی در تمامی مراحل عملیات از اکتشاف تا تولید محصول
- جلوگیری از آلودگی آب
- تعامل با ذینفعان محلی و رقبا (به‌خصوص کشاورزی)
- بازیافت و استفاده مجدد از آب
- نمک‌زدایی/ کاهش مصرف آب شیرین

دو موضوع بسیار مهمی را باید در خصوص امور آب در نظر گرفت یکی بحث مدیریت است و دیگری بحث نظارت. نظارت یک بحث اساسی در مدیریت منابع آب است و باید در صنعت معدن از فاز اکتشاف تا مصرف به‌طورجدی تعقیب شود. ضروری است که به‌طور مداوم تمام فازها تحت ارزیابی دقیق قرار گیرد تا هر فاز به‌صورت بهینه انجام شود.

برخی از فعالیت‌هایی که باید در نظارت منابع آب در نظر گرفته شوند عبارتند از:

۱) نظارت منابع آب، چاه‌ها، حوضه‌های آبریز
۲) عکس و ضبط ویدئو از حالت‌های مختلف آن‌ها، تخمین عمر مفید آن‌ها
۳) اقدامات و ثبت حجم‌ها و مقدار برداشت
۴) نظارت بر اقلیم‌های مرتبط با آن‌ها
۵) نظارت مداوم بر زیر حوضه‌ها، چرخه‌های آبی و کنترل قابلیت دسترسی.
۶) نظارت استخرهای ذخیره آب برای جلوگیری از نشت، نفوذ و تلفات آب.
۷) نظارت بر آبخوان‌ها: کنترل ترازهای آب زیرزمینی در چاه‌ها
۸) نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی و مدل‌سازی در حین برداشت آب
۹) نظارت ورودی‌ها و خروجی‌ها در کارخانه‌های تصفیه برای استفاده داخلی و هم‌چنین دفع پساب نهایی.
۱۰)تعیین ویژگی‌های پساب‌های معدنی به لحاظ ترکیب شیمیایی و فیزیکی در محل خروج آن‌ها از سیستم و ورود آن‌ها به طبیعت. بدیهی است رعایت استانداردهای محیط زیستی برای پساب خروجی به‌منظور اجتناب از اثرات نامطلوب در اکوسیستم بسیار با اهمیت است.
۱۱) نظارت بر پایداری لرزه‌ای در سدهای باطله، لایه گراول و غیره

در بعضی نواحی، صنعت معدن و معدنکاری توسعه بیشتری دارد مانند استان‌های یزد و کرمان. کمبود آب یک عامل محدود کننده برای توسعه منطقه‌ای این صنعت است. بنابراین مدیریت مناسب منابع تأمین آب (چه سطحی و چه زیرزمینی) برای کاهش مصرف آن در چنین نواحی حائز اهمیت بیشتری است زیرا به توسعه بیشتر این صنعت در چنین استان‌هایی کمک می‌شود.

این نواحی با توجه به آب‌وهوای خشک و شرایط هیدرولوژیکی حاکم به آن‌ها برداشت آب عمدتاً از منابع زیرزمینی صورت می‌گیرد. در بخش‌های شمالی و غربی کشور رواناب‌های سطحی نقش پیشرو را، در منابع تأمین کننده آب ایفا می‌نمایند.

در حال حاضر با توجه به نیازهای اقتصادی و کمبود آب، نیاز به مدیریت و اقدامات خاص به‌منظور مراقبت از این منبع مهم و شناسایی گزینه‌ها و استراتژی‌های مختلف برای سامان‌بخشی به فعالیت معدنی و ارائه ابتکارات لازم برای حفاظت از آب و مدیریت منابع آب به‌شدت احساس می‌گردد.

لازم است بخش معدن به راهکارهای خلاقانه‌ای برای رفع کمبود آب و تنش‌های حاصل از آن به جامعه دست یابد. بدیهی است با سرمایه‌گذاری در این زمینه می‌توان به چنین امر مهمی دست یافت. هم چنان که کشورهایی در شرایط مشابه توانسته‌اند چالش‌های مرتبط با کمبود آب در صنعت معدن را به فرصت تبدیل کنند. شیلی یکی از کشورهای معدنی است که با سرمایه‌گذاری کلان در این زمینه توانسته است بر چالش‌ها، فائق آید. در زیر مثال‌هایی از اقدامات این کشور در این خصوص آورده می‌شود. که در اغلب آن‌ها از روش‌های نوآورانه و راه‌حل‌های پایدار برای تأمین آب استفاده شده است (Lstiburek, 2006: 114-139).

۸-۲- ملاحظات اقتصادی

اگر یک شرکت یا مجتمع معدنی به‌عنوان یک مصرف‌کننده به‌طور نامتعارف و غیر بهینه آب مصرف نماید و یا اینکه بر روی کیفیت آب تأثیر منفی گذارد موجب بروز درگیری با سایر بخش‌های صنعتی به‌خصوص کشاورزی و نارضایتی و مشکلات اقتصادی می‌گردد. این مسئله بدان معنا است اگرچه دولت‌ها و یا مقامات محلی مسئول تنظیم مصرف و حفاظت از آب هستند ولی ضروری است شرکت‌های معدنی نیز فراتر از مقررات موجود نسبت به مصرف آب حساس باشند، به‌خصوص که در این بخش ظرفیت کنترل و نظارت دولتی محدود است. تصفیه زهاب‌ها و پساب‌های معدنی حاصل از عملیات فرآوری و استخراج معادن امر ضروری است زیرا روی آبخوان‌های محلی اثرگذار است و می‌تواند اثرات اقتصادی نامطلوبی را در سطح محلی بگذارد. نقشی که این شرکت‌ها می‌توانند در تأمین آب جوامع محلی، چه از طریق مشارکت با سازمان‌های غیردولتی و یا با استفاده از امکانات خود ایفا کنند، بسیار قابل‌توجه می‌باشند (Fry and Martin, 2005: 29-44)

شورای جهانی کسب‌وکار برای توسعه پایدار مجموعه‌ای از ۱۸۰ شرکت بین‌المللی است که در یک تعهد جامع شریک می‌باشند و آن تعهد به اصول توسعه پایدار از طریق رعایت همزیستی سه رکن رشد اقتصادی، تعادل زیست‌محیطی و پیشرفت اجتماعی است.

۹- نتیجه‌گیری

معدن و صنایع معدنی در جهان به عنوان صنایع پایه به شمار می‌آیند و نیازهای اساسی و بزرگ دیگر صنایع همچون، صنعت ساخت‌وساز را تأمین کرده و باعث رونق گرفتن و توسعه آن‌ها می‌شوند. هم‌چنین ایجاد اشتغال در بخش معدن از دیگر موارد قابل‌توجه می‌باشد. از موضوعات مهم در صنعت معدن، بحث آب هم از دیدگاه کاربری در معدن و هم از دیدگاه محیط‌زیست می‌باشد. با توجه به اینکه کشور ایران دارای اقلیم آب و هوایی خشک است. بنابراین مدیریت آب در بخش معدن و صنایع معدنی لازم و بسیار ضروری است. پس برای استفاده بهینه از آب در صنعت معدن، دو موضوع بسیار مهمی را که باید در نظر گرفت یکی بحث مدیریت است و دیگری بحث نظارت. نظارت یک بحث اساسی در مدیریت منابع آب است و باید در صنعت معدن از فاز اکتشاف تا مصرف به‌طور جدی تعقیب شود. ضروری است که به‌طور مداوم تمام فازها تحت ارزیابی دقیق قرار گیرد تا هر فاز به‌صورت بهینه انجام شود. موارد بحث شده بالا نشان می‌دهد که با مدیریت و نظارت بهینه می‌توان مصرف آب را تا حد زیادی کاهش داد و بر مشکل کم‌آبی غلبه نمود.

مراجع

1- W. E. F. W. Initiative, "Managing our future water needs for agriculture, industry, human health and the environment," in ***Draft for Discussion—Meeting of the World Economic Forum***, 2009.
2- R. Tiwary, "Environmental impact of coal mining on water regime and its management," ***Water, Air, and Soil Pollution,*** vol. 132, pp. 185-199, 2001.
3- R. P. Schwarzenbach, T. Egli, T. B. Hofstetter, U. Von Gunten, and B. Wehrli, "Global water pollution and human health," Annual Review of Environment and Resources, vol. 35, pp. 109-136, 2010.
4- C. M. HILL, "Water Use in Industries of the Future: Mining Industry1," 2003.
5- J. G. Koomey, C. Dunham, and J. D. Lutz, "The effect of efficiency standards on water use and water-heating energy use in the US: A detailed end-use treatment," ***Energy,*** vol. 20, pp. 627-635, 1995.
6- E. WaterSense, "Water efficiency in the commercial and institutional sector: Considerations for a WaterSense program," ed: White Paper. Washington, DC: US Environmental Protection Agency (USEPA), http://www. epa. gov/WaterSense/docs/ci_whitepaper. pdf, 2009.
7- A. Fry and R. Martin, "Water facts and trends," ***World Business Council for Sustainable Development,*** vol. 16, 2005.
8- J. W. Lstiburek, ***Water management guide***: buildingscience. com, 2006.

Effective management of water in the mining industry

Bashir Shokouh Saljoughi [1*], Ardeshir Hezarkhani [2], Hanie Nikoo Goftar Safa

[1] PhD candidate; Department of Mining Engineering, Amirkabir University, b.shokouh@aut.ac.ir
[2] professor; Department of Mining Engineering, Amirkabir University ardehez@aut.ac.ir
[3] PhD candidate; Department of Mining Engineering, Amirkabir University, hanienikoo@aut.ac.ir

Abstract

Today, issues related to water and its use in various sectors including the mining industry is one of the most important issues in policy making and planning of the country. The water concedered as one of the most important factors in the production of mining industry and economically has significant effects. Also, in the investigations conducted by researchers in recent years, it has been oncluded that exploitation of mines and mining industries have significant environmental effects and are more important than other industries related to water. Therefore, two very important issue that must be considered in the mining industry related to the water affairs are management and monitoring debates. Monitoring is a key issue in the management of water resources and should be followed. seriously in the mining industry from exploration to explotation stage. In this article we have tried in the beginning to be addressed to the importance of water in the mining industry and related industries, then issues related to The water management and monitoring in the mining industry for optimum use and reduce environmental impact have been investigated.

Keywords: Water, Mmining, Management, Monitoring