



سازمان حفاظت محیط زیست
Department of the Environment
I.R.IRAN

حوزه معاونت محیط زیست انسانی
دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی آب و خاک

تدوین دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی، ضوابط و پروتکل های پایش آلودگی سدهای باطله

خلاصه گزارش مدیریتی

این طرح با تصویب و حمایت مالی حوزه معاونت انسانی سازمان حفاظت محیط زیست اجرا گردیده است.

تیرماه ۱۴۰۰



شناسنامه طرح

عنوان قرارداد: تدوین دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی، ضوابط و پروتکل های پایش آلودگی سدهای باطله

شماره قرارداد: ۱۳۹۹/۴/۲۳ مورخ ۲-ط-۱۰۰۲-۲۵۳

کارفرما: سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت محیط زیست انسانی (دفتر حفاظت و مدیریت زیست محیطی

آب و خاک)

مشاور: پژوهشکده علوم زمین

مدت قرارداد: ۱۲ ماه

مجری طرح: دکتر سروش مدبری

دستیار مجری: دکتر مهسا تشکر

نظارت: دکتر علی مریدی، مهندس تورج فتحی

خلاصه گزارش مدیریتی طرح

معدن نقش مهمی در توسعه بسیاری از کشورها در سراسر جهان و نقشی کلیدی در اقتصاد ملی و منطقه‌ای داشته است. معدن و صنایع مربوط به آن، همچنان یک زیربنای اساسی برای جوامع مدرن هستند. در نتیجه بزرگ بودن صنعت معدنکاری و فراوری کانسنگ، نه تنها حجم زیاد مواد فراوری شده، بلکه حجم زیادی باطله نیز تولید می‌شود.

امروزه فعالیت‌های معدنی به دلیل رشد چشمگیر جمعیت و تقاضای جهانی برای منابع معدنی به میزان قابل توجهی افزایش یافته است. این افزایش فعالیت، با آگاهی جدیدی که شامل نگرانی‌های زیست‌محیطی است، همزمان شده و این نگرانی‌های زیست‌محیطی، به چالشی رو به رشد برای همه نمایندگان و فعالان این بخش تبدیل شده است. تقاضای اجتماعی برای توسعه پایدار در کلیه فعالیت‌های مربوط به معدنکاری در طی هر مرحله از فرایند معدنکاری از جمله اکتشاف، توسعه، استخراج، حمل و نقل و تصفیه محصول به دست آمده و ...، افزایش یافته است.

فرایند معدنکاری، به ناگزیر مقدار زیادی پسماند تولید می‌کند که باید پاکسازی و مدیریت شوند تا بتوان کارایی بازده اقتصادی را با نیاز برای پایداری زیست‌محیطی تلفیق کرد.

باطله‌های حاصل از استخراج کانسنگ ممکن است به صورت باطله سنگی جامد و یا باطله فراوری یا دوغاب باشد که رایج‌ترین آنها باطله فراوری، سنگ‌های باطله، سرباره‌های ذوب هستند. اگرچه در شرایط خاص، پوشش گیاهی و روباره نیز ممکن است باطله محسوب شوند. برای جلوگیری از اثرات منفی بر محیط زیست، باطله‌ها مطابق با مقررات محلی کنترل پسماند و یا بازیافت، در حوضچه‌های باطله یا سدهای باطله نگهداری می‌شوند. هر یک از این سازه‌ها ممکن است به نوبه خود بی‌اثر تلقی شوند زیرا به نظر می‌رسد هیچ خطری برای سلامتی انسان و محیط زیست نداشته باشند، یا اینکه اثرات منفی بر روی خاک، آب زیرزمینی و سطحی، پوشش گیاهی و حتی جانوران و جمعیت محلی داشته باشند. خطر به دلیل سمیت باطله‌ها (حاد، مزمن یا جزئی)، اشتعال‌پذیری، واکنش‌پذیری، خوردگی و ... اتفاق می‌افتد. در این موارد، انجام انواع فعالیت‌های مدیریت پسماند که خطرات را به حداقل می‌رساند یا از آنها جلوگیری می‌کند، الزامی است.

باطله‌های فراوری به مواد زایدی (کم ارزش و کم عیار معدنی) اطلاق می‌شود که در طی عملیات آسیا و کانه آرایه تولید می‌شوند و بعد از جدایش و استحصال مواد معدنی به صورت دوغاب از سیستم کارخانه فراوری خارج می‌شوند. دوغاب شامل بخش جامد یا کانی‌های کم ارزش خردشده و بخش مایع یا سیال مورد استفاده در فرآیند معدنی (عموماً آب) است که پس از استخراج ماده مدنظر از منابع معدنی به جا می‌ماند و باید برای انباشت و دورریزی آن برنامه ریزی شود. باطله‌های کانه آرایه از نظر ماهیت زمین شناسی و ژئوشیمیایی دارای تنوع بالایی می‌باشند. عواملی مانند ترکیب کانی شناسی کانسنگ اولیه، روش جداسازی به کار رفته و میزان کارآمدی روش‌های تغلیظ و جداسازی بر روی ماهیت باطله‌های کانه آرایه تاثیرگذار هستند. این باطله بسته به ترکیب اولیه ممکن است حاوی کانی‌های تولید کننده اسید و بسیاری از عناصر بالقوه سمی نیز باشند. ذرات جامد باطله، ریز و بسیار گوشه دار هستند که باعث افزایش زاویه اصطکاک داخلی در بین باطله‌های خشک می‌شود. از خصوصیات مواد باطله می‌توان به کانی شناسی، ژئوشیمی، وزن مخصوص، نحوه رسوبگذاری، نفوذپذیری، پلاستیسیته، تراکم پذیری، گرانروی و رئولوژی، مقاومت ذرات جامد، خواص شیمیایی بخش مایع و خاصیت لیچینگ اشاره کرد.

اصطلاح "باطله‌های معدنی" این معنی را القا می‌کند که این ماده هیچ ارزش اقتصادی فعلی ندارد و یک محصول جانبی ناخواسته از فرایند معدنکاری است

ارائه برآوردی از میزان باطله سنگی و فراوری تولید شده در معادن و صنایع معدنی که وارد سدهای باطله یا سنگرهای باطله می‌شود بسیار دشوار است. به گزارش کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ در سال ۱۹۹۶، هر ساله حدود ۵ میلیارد تن باطله تولید می‌شود که بخش عمده آنها راهی سدهای باطله می‌گردد.

قبل از هر گونه عملیات ذخیره سازی به هر روش، شناخت انواع موادی که به دنبال مدیریت آنها هستیم ضروری است. موادی که دارای موارد زیر می‌باشند باید به طور مناسب مدیریت شوند:

- دارای پتانسیل زهاب اسیدی سنگ (ARD)،
- شوری زیاد،
- هر نوع شیرابه آلوده کننده بالقوه دیگر یا
- بسیار قابل پراکنده شدن هستند.

بیشتر انبوه باطله‌های فراوری تولید شده در سراسر جهان، به تاسیسات ذخیره‌سازی باطله، یعنی مخازن سطحی بزرگ با عنوان "سدهای باطله" پمپ می‌شوند. در واقع این حوضچه‌ها تالاب‌های رسوبی هستند که با هدف خاصی ساخته شده‌اند و در آنها باطله‌های ریزدانه و آب فراوری شده به دام می‌افتند. حداقل ۳۵۰۰ سد باطله در سراسر جهان وجود دارد. اندازه این سدها ممکن است از چند هکتار تا هزاران هکتار متفاوت باشد. با توجه به اندازه، بزرگ‌ترین "ردپا" را درمیان همه انواع عملیات معدنکاری بر چشم‌انداز باقی می‌گذارند.

سدهای باطله، در عرض دره، در دامنه یک تپه (به عنوان مثال یک سد ساخته شده عمود بر دامنه یک تپه)، یا حوضچه‌هایی با چهار دیواره ساخته شده بر روی زمین مسطح هستند. در برخی موارد، از خود باطله‌ها (به ویژه ذره‌های به اندازه شن و ماسه) برای ساخت حوضچه‌ها استفاده می‌شود. اگر از مواد جامد باطله فراوری و سایر مواد زائد به عنوان ماده ساختمانی برای دیواره‌ها و حوضچه‌ها استفاده شود، قبل از استفاده از آنها باید به خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آنها توجه کرد تا اطمینان حاصل شود که باعث تخریب سد باطله یا انتشار آلاینده نمی‌شوند. مناطق ذخیره‌سازی نیز باید مهندسی شوند تا میزان باطله ذخیره شده بهینه‌سازی شود و اثرات احتمالی زیست‌محیطی حذف شود. سدهای باطله مدرن و سایر سازه‌های مهندسی شده برای ذخیره سازی باطله‌های فراوری طراحی شده‌اند.

سدهای باطله مانند سدهای ذخیره‌سازی آب و با استانداردهای قابل اجرا در مورد آنها ساخته می‌شوند. به طور کلی، آنها در ابتدا تا مرحله تکمیل ساخته نمی‌شوند. با پر شدن حوضچه، به تدریج یا به طور متوالی ارتفاع آنها افزایش می‌یابد. بدین ترتیب افزایش ارتفاع در سدها در روش بالارو به سمت باطله فراوری، پایین‌رو به دور از باطله فراوری یا به صورت برج‌ها قرار می‌گیرند. هر روش ساخت از نظر ساخت، استفاده، اقتصاد و پایداری لرزه‌ای مزایا و معایب مختلفی دارد. بیش از ۵۰٪ سدهای باطله در سراسر جهان با استفاده از روش بالارو ساخته می‌شوند اگرچه، کاملاً شناخته شده است که این روش سازه‌ای را ایجاد می‌کند که بسیار مستعد فرسایش و شکست است. میزان شکست سدهای باطله بالارو بسیار زیاد است و به نظر می‌رسد که یک بیستم سدهای باطله از کار می‌افتند. نگرانی‌های عمده و جزئی زیست‌محیطی در مورد سدهای باطله عبارتند از:

- پایداری ساختاری سد و انتشار احتمالی باطله فراوری به محیط از طریق پارگی خطوط لوله، نشت و خرابی

سد،

- آلودگی هوا از طریق تولید گرد و غبار،
- انتشار تابش از باطله فراوری،
- نشت از باطله فراوری از طریق حوضچه و پایه به زمین و آبهای سطحی،
- تأثیر بصری ساختار بزرگ مهندسی شده، و
- بستن و پوشش مربوطه و پوشش گیاهی سد باطله.

نشت از یک سد باطله یکی از نگرانی‌های معمول زیست‌محیطی است. میزان نفوذ، توسط میزان نفوذ پذیری باطله و نفوذپذیری زمین زیر حوضچه کنترل می‌شود. سیستم‌های مختلف آستر رسی و مصنوعی بر سدهای باطله اعمال می‌شوند تا نشت به سفره‌های آب زیرزمینی را کاهش دهند. ژئوتکستایل‌های پلاستیکی و آسترهای رسی روش‌های موثری برای کاهش نشت از یک سد باطله هستند.

اخیراً نگرانی‌هایی در مورد پایداری و عملکرد زیست‌محیطی سدهای باطله فراوری و حوضچه‌ها به وجود آمده است. نگرانی‌های مربوط به پایداری سدهای ساخته شده از باطله‌های فراوری در سدهای باطله افزایش یافت. برای کاهش این نگرانی‌ها، این حوضچه‌ها اغلب برای افزایش پایداری، به مقدار معینی از نشت کنترل شده بررسی می‌شوند که به نوبه خود بر عملکرد زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارد.

مجموعه گزارش‌های حاضر با هدف ساماندهی وضعیت زیست‌محیطی سدهای باطله، تهیه دستورالعمل مربوط به مکانیابی، پایش و نیز شیوه انجام مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تاسیسات نگهداری مواد باطله و بخصوص سدهای باطله تهیه شده است. دستیابی به این اهداف، مستلزم شناخت همه‌جانبه پارامترهایی است که در طول چرخه عمر تاسیسات نگهداری مواد باطله، از فاز طراحی و برنامه‌ریزی، تا فاز پس از بستن، به‌نحوی بر محیط زیست تأثیر گذار هستند.

در جلد اول مجموعه، مواد باطله و انواع آنها و ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و فنی-مهندسی معرفی شده‌اند. در اینجا، روش‌های مدیریت و دفع باطله‌های فراوری شامل انواع تاسیسات نگهداری مواد باطله بر اساس روش ساخت و نوع مصالح و دیگر رده‌بندی‌های موجود تشریح شده و کاربرد هر یک و معایب و مزایای آنها برای باطله‌های مختلف و در قیاس با یکدیگر مورد بحث قرار گرفته است. مخاطرات و اثرات زیست‌محیطی تاسیسات نگهداری مواد باطله بر کلیه پارامترهای

محیط زیست فیزیکی، بیولوژیکی و اجتماعی- اقتصادی به همراه مثال‌های تجربی در کشورهای مختلف در جلد دوم توضیح داده شده

با توجه به مخاطرات سدهای باطله و باطله‌های فراوری، کشورهای مختلف به تدوین قوانین سختگیرانه‌ای روی آورده‌اند که سعی شده است تمامی این قوانین بین‌المللی در جلد سوم طرح آورده شود و در بخشهای مختلف، با تطبیق آنها با شرایط کشور، از آنها استفاده شود.

طراحی سد باطله بستگی ویژه‌ای به محل هر سایت دارد. طراحی، بستگی به کمیت و خصوصیات مخصوص باطله فراوری تولید شده در عملیات معدنکاری و آسیاب و همچنین خصوصیات اقلیمی، توپوگرافی، زمین‌شناختی، هیدروژئولوژیکی و ژئوتکنیکی محل دفع و همچنین الزامات نظارتی مربوط به ایمنی سد و عملکرد زیست‌محیطی دارد. لذا یک بخش ویژه از این طرح به موضوع مکانیابی محل مدیریت این باطله‌های اختصاص یافته است تا دست اندرکاران بتوانند بر اساس این ضوابط، مکانی امن را برای مدیریت این مواد انتخاب نمایند. آلوگوریتم‌های مختلف مورد استفاده در جهان که عمدتاً بر اساس GIS است در این گزارش آورده شده است.

پس از مکانیابی، مرحله طراحی بر اساس سایت انتخاب شده، صورت می‌پذیرد و در این مرحله ملاحظات مختلفی همچون آبگذری از پی و تکنولوژی ساخت مهم‌ترین پارامترها هستند که مخاطرات زیست‌محیطی سدها و مخازن باطله می‌بایست بر اساس آنها طراحی شوند. این ملاحظات زیست‌محیطی در جلد پنجم گزارشها ارائه شده است تا مهندسان طراح، در طراحی سازه آنها را برای عملکرد بهینه زیست‌محیطی مد نظر قرار دهند.

معیارها و فناوری‌های برنامه بستن و بازسازی و پس از آن، با توجه ویژه به ملاحظات پایداری، هیدرولوژیکی و آلاینده‌گی، در فصل ششم تشریح شده است. طرح حاضر کلیه ابعاد برنامه‌های نظارت، پایش و کنترل بر تاسیسات نگهداری مواد باطله را در انواع فرم‌های کمی و کیفی، معمول و تخصصی، بصری و با استفاده از ابزار دقیق در تواترهای زمانی مختلف با بیان نقش فناوری و سامانه‌های مهندسی در پایش را در جلد هفتم ارائه می‌دهد.

در سراسر جهان ۱۸۰۰۰ سد باطله گزارش شده و میزان خرابی این تاسیسات در ۱۰۰ سال گذشته ۱.۲٪ برآورد شده است. در حالی که نرخ شکست سدهای آبی متعارف ۰.۰۱٪ است. به عبارت دیگر، احتمال شکست سدهای باطله و حوادث مربوط به آنها بیش از صد برابر سدهای متعارف است. اجرا و بهره‌برداری از سدهای باطله در بردارنده ریسک‌های مختلف

ایمنی و محیط زیستی است. این خطرات می بایست شناخته شوند، میزان آنها برآورد شود و با انجام اقداماتی از شدت آنها کاسته شود. به طور متوسط هر سال در جهان از هر ۳۵۰۰ سد باطله، سه مورد خراب می شوند. آمارها نشان می دهند که به دلیل تغییر شرایط اقلیمی دنیا بویژه در معادن نزدیک به دریا یا در مناطق استوایی، خرابی و شکست های ناشی از باران های غیرمعمول و شدید از ۲۵٪ قبل از سال ۲۰۰۰ به ۴۰٪ تاکنون افزایش یافته است. شکست های ناشی از ضعف مدیریت در این دو دوره زمانی به ترتیب ۱۰ و ۳۰٪ ارزیابی شده است. همچنین مقایسه این دو دوره زمانی نشان می دهد که خرابی در سدهای با ارتفاع کمتر از ۱۵ متر، بین ۲۸ تا ۳۰ درصد افزایش یافته در حالی که این نرخ در سدهای با ارتفاع بین ۱۵ تا ۳۰ متر از ۲۱ تا ۶۰ درصد بیشتر شده است. افزایش خرابی و شکست در سدهای بلندتر نیز به نوعی به سیستم های مدیریتی و مهم تر از همه به ضعف در پایش و نظارت صحیح نسبت داده شده است. بنابراین نظارت بر ایمنی و پایش و بازرسی سدهای باطله و دیگر سازه های نگهداری مواد باطله (TSF) از مهمترین اقدامات ضروری در راستای سلامت و ایمنی نگه داشتن آنها و حفظ بهداشت محیط زیست و کاستن خطرات برای سلامتی انسانها و موجودات هستند. همه ضوابط و قوانین مربوط به سازه های نگهداری مواد باطله در همه کشورهای دنیا، بازرسی های دوره ای، بررسی های مستقل و جامع، پایش و نظارت و ممیزی ها را جز اصلی برنامه های مدیریت مواد باطله در نظر گرفته اند. اهداف اصلی این برنامه ها را می توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- پاسخگویی درباره میزان اجرای فعالیت ها براساس پیش بینی ها و برنامه های از قبل تعیین شده
 - بهبود روند اجرا و پیاده سازی برنامه ها
 - ارزیابی سریع وضعیت و پاسخ مناسب در راستای ایجاد تغییرات لازم
 - جمع آوری داده های لازم و ایجاد بانک اطلاعاتی معتبر برای ارزشیابی برنامه ها
 - کمک به مدیران در اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب
- در نتیجه تمام فعالیت هایی که در یک TSF انجام می گیرد و همچنین کلیه مواردی که TSF در طول عمر خود می تواند از آنها تاثیر بگیرد یا آنها را تحت تاثیر قرار دهد باید به طریقی مناسب و موثر کنترل گردند تا در صورت بروز مشکل بتوان اقدامات به موقع لازم را انجام داد و از بروز خرابی و شکست و تبعات زیست محیطی ناگوار جلوگیری کرد.

در نتیجه رخدادهای فاجعه بار ناشی از شکست سدها و سازه های نگهداری مواد باطله و با افزایش نرخ تولید مواد باطله و ساخت سدهای بزرگتر در جهان، آگاهی از ضرورت نظارت بر ایمنی و سلامت TSF روز به روز در حال افزایش است. خسارات سنگین وارده بر صنایع معدنی برای جبران آسیب ها و احیا محیط زیست بیش از پیش اهمیت نظارت و پایش را در محور توجه آورده است.

همان گونه که در فصول پیشین گفته شد، یکپارچگی و ایمنی سازه های نگهداری مواد باطله در گرو طراحی محافظه کارانه و بهره برداری صحیح از آنها است. اما باید آگاه بود که ادامه حیات سلامت و ایمنی یک سد یا سازه نگهداری مواد باطله در طول عمر بهره برداری و پس از بستن، بدون نظارت مستمر و دقیق بر عملکرد صحیح و نگهداری مناسب آن امکانپذیر نیست. تصور پایدار ماندن همیشگی یک سازه تنها به این دلیل که برای طولانی مدت طراحی و ساخته شده است، یک اشتباه بزرگ است. همواره یک برنامه نظارتی مطمئن برای جلوگیری از بروز نقص و کاستن از آسیب های احتمالی در صورت بروز رخدادهای پیش بینی نشده طبیعی ضرورت دارد. یک برنامه "نظارت، پایش و کنترل" صحیح و قابل اعتماد، به شناسایی مشکلات یا پارامترهایی که پتانسیل ایجاد خرابی یا شکست را دارند می پردازد و نسبت به رخداد آنها هشدار می دهد. در واقع هدف اصلی از این برنامه ها اطمینان از مطابقت عوامل موثر در عملکرد TSF با معیارهای در نظر گرفته شده در مرحله طراحی و همچنین اطلاع از بروز موارد پیش بینی نشده و رفع موانع برای حفظ یکپارچگی سازه و عملکرد مناسب زیست محیطی آن می باشد.

در این جلد از گزارش پس از تبیین ضرورت اجرای برنامه های نظارت، پایش و کنترل به بیان جنبه های مختلف این برنامه ها، پارامترهای مورد بررسی و نحوه انجام اقدامات مربوطه پرداخته شده است.

جلد هشتم گزارش های طرح به طور اختصاصی به دستورالعمل پایش پرداخته است و دستورالعملی اجرایی در اختیار مجریان و ناظران قرار می دهد تا با آن بتواند به پایش موثر سازه ها بپردازند. در این دستورالعمل سه مرحله ارزیابی، پایش و نظارت و بازرسی منظور شده است:

ارزیابی عبارت است از برآورد سلامت و ایمنی یک سد از نظر وضعیت و عملکرد فنی و اثرات زیست محیطی که بر اساس داده های به دست آمده از بازرسی و پایش صورت می گیرد. در ارزیابی باید اطمینان حاصل شود که تجهیزات و سیستمی

که برای جمع آوری و پردازش داده های پایش مورد استفاده قرار می گیرند، توانایی تشخیص دقیق داده های نامتعارف را دارند.

پایش عبارت است از جمع آوری، ارائه و ارزیابی اطلاعات حاصل از اندازه گیری، نمونه برداری، آنالیز، تحلیل مستمر داده های حاصله، برداشت شده توسط تجهیزات اندازه گیری نصب شده یا قابل حمل یا اندازه گیری های آزمایشگاهی در سد یا پیرامون آن. پایش اقدامات منظم جمع آوری و تحلیل مستمر داده ها از طریق بازرسی بصری و اندازه گیری دستگاهی را برای برآورد میزان پیشرفت در جهت دستیابی به اهداف عینی طرح دربرمی گیرد. بر اساس دستورالعمل های جهانی از جمله RIDAS (۱۹۹۷) همه تاسیسات نگهداری مواد باطله می بایست برای ثبت تغییرات، کنترل عملکرد سازه، کنترل پایداری و ارزیابی وضعیت سد مجهز به ابزار پایش باشند. پایش اصولی سدها و واکنش سریع به هر اشکال یا عدم کارکرد مطلوب یا علائم وجود خطر جنبه اساسی ایمنی سد است.

نظارت یا بازرسی بررسی مداوم وضعیت فیزیکی سازه و عملکرد آن در برنامه مدیریت ایمنی سدهای باطله و شامل بازرسی مکرر و منظم سازه و عملکرد آن برای کنترل شرایط نامتعارف و جلوگیری از تحلیل یا خرابی سد است. بازرسی در سه سطح مختلف صورت می گیرد:

- **بازرسی های معمول** که به صورت روزانه یا هفتگی توسط کارشناسان شرکت مجری به عنوان بخشی از وظایف آنها صورت می گیرد.
- **بازرسی های سالانه** که معمولاً توسط مهندسين با تجربه و متخصص سد انجام می شود.
- **بازرسی های جامع** که حداقل هر ۵ سال یکبار توسط مهندسين باتجربه سد و در صورت لزوم متخصصان کمکی فنی و محیط زیستی صورت می گیرد.
- در صورت مشاهده یک نقص احتمالی در سد یا زمانی که سد در شرایط خاص ذخیره سازی مواد باطله قرار گیرد (مانند اولین تخلیه) **بازرسی ویژه** ممکن است مورد نیاز باشد. بازرسی ویژه به صورت اضطراری صورت می گیرد و ممکن است تنها یک یا چند پارامتر اصلی را بررسی کند.

در جلد نهم طرح، شیوه انجام مطالعات ارزیابی به تفصیل و بر اساس دستورالعملهای اخیر سازمان حفاظت محیط زیست تهیه شده تا کارشناسان ارزیابی بتواند بر این اساس به مطالعه ارزیابی اثرها و پیامدهای آنها بپردازند.