

بررسی سد زیرزمینی، بعنوان روشی نوین در مدیریت منابع آب

فهیمة عربی علی آباد، دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد^۱

محمد زارع، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

چکیده

یکی از عوامل مهم و تعیین کننده که در سرلوحه نیازمندی های مادی جوامع بشری قرار گرفته است آب می باشد. که ماده اصلی زندگی موجودات و از جمله انسان را تشکیل می دهد. در سالهای اخیر تلاش هایی در استفاده از تکنولوژی های سازگار با طبیعت در کنترل، تغذیه و مدیریت منابع آب صورت گرفته است که نمونه آن ایجاد سدهای زیرزمینی در مناطق مختلف بوده؛ سدهای زیرزمینی سازه هایی هستند که در مسیر جریان آب زیرزمینی ساخته شده و باعث بالا آمدن و ذخیره آب در مخزن خود می شوند. لذا سدها و مخازن زیرزمینی می توانند گزینه مناسبی جهت کاهش بحران آب باشند. در این تحقیق انواع سد زیرزمینی، کاربرد، معایب و روش های اصلاح آنها، ضوابط مکان یابی سدها، زمان احداث و اثرات زیست محیطی آن مورد بررسی قرار گرفته است. سدهای زیرزمینی با توجه به هزینه های پایین، روش ساخت آسان، ذخیره آب بهداشتی و ... مزایای بسیاری نسبت به سدهای اصلاحی دارند. اجرای سدهای زیرزمینی در مناطق کویری تأثیر منفی بر محیط زیست ندارد زیرا از جریان آب شیرین به محیط های شور کویر جلوگیری می کند و با توجه به آب و هوای خشک و نیمه خشک ایران می تواند روشی مقرون به صرفه و ساده برای استفاده از آب های زیرزمینی باشد.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، بحران آب، سد زیرزمینی، منابع آب، مناطق خشک.

^۱ - نویسنده مسئول فهیمة عربی علی آباد، Fahimearabi@stu.yazd.ac.ir

مقدمه

در مناطق خشک همانند سطح عظیمی از کشور ما، انسان همواره با کمبود آب مواجه بوده و هست. در این مناطق امکان افزایش آب قابل استفاده بسیار محدود می باشد، از این رو برای مبارزه با کمبود آن، باید با مدیریتی صحیح، بیشتر به حفاظت و بهره برداری صحیح از آن توجه داشت. جمع آوری آب از جمله اقداماتی است که بویژه در بهره برداری صحیح از آب های موجود در مناطق خشک می تواند موثر واقع شود. (کردوانی، ۱۳۸۳)

ایران در منطقه ای از دنیا واقع شده است که متوسط بارندگی سالانه آن کمتر از $3/1$ متوسط باران سالانه جهان است. علاوه بر کمبود باران، توزیع زمانی و مکانی آن نیز بسیار نامناسب است. حتی پرباران ترین نقاط کشور ما، در فصل تابستان نیاز به آبیاری دارد. (کردوانی، ۱۳۷۹)

بسیاری از کشورهای در حال توسعه در مناطقی که بارندگی به صورت فصلی و غیر قابل پیش بینی است واقع شده اند. در این کشورها تهیه آب تا حد زیادی از طریق ذخیره کردن آب از فصل پرباران برای استفاده در فصول خشک و در سال های مرطوب برای سال های خشک انجام می شود.

یکی از راه های جمع آوری و تامین آب مورد نیاز در مناطق خشک و نیمه خشک احداث سد زیرزمینی است. سد زیرزمینی دیواری است غیر قابل نفوذ که پس از نفوذ آب در زمین پشت آن، از جریان سفره زیرزمینی که به این طریق تشکیل می شود، جلوگیری کرده و مخزنی در پشت دیوار سد ایجاد می کند. با احداث سد زیرزمینی به میزان قابل توجهی از هرز رفتن آب جلوگیری می شود و یک پشته مصنوعی آب زیرزمینی در زیر سطح زمین به وجود می آید که کمک زیادی به جبران کمبود آب و رفع مسائل ناشی از آن به ویژه در زمینه رفع محدودیت، بهره برداری از آب های شیرین منطقه و حفاظت از سفره های آبدار شیرین در مقابل شوری می کند. در سدهای زیرزمینی آب در زیر زمین ذخیره می شود. بنابراین استفاده از منابع قابل تجدید، میزان بسیار کم تبخیر، کاهش خطر آلودگی، نبود خسارت مخزن، پایداری بسیار بالای سازه ای، عدم وجود تهدید برای ساکنین و ابنیه پایین دست سد و هزینه پایین ساخت از عواید عمده این نوع تاسیسات می باشد. احداث سدهای زیرزمینی نیاز به ذخیره سطحی ندارد و سبب تغییر کاربری اراضی و اکوسیستم موجود نمی باشد. لذا می توان نتیجه گرفت که از نظر زیست محیطی بی خطر می باشند. (Telmer, 2004)

هدف از طراحی سدهای زیرزمینی را به طور کلی می توان در چهار بخش ذکر کرد:

- تامین آب مصرفی
- مدیریت منابع آب، مانند مسدود کردن چند چشمه یا قنات و هدایت آب آنها به چشمه اصلی یا مادر چاه قنات
- جلوگیری از پیشروی آب شور به آب زیرزمینی مانند سواحل و دشت های نمک
- آثار زیست محیطی مانند جلوگیری از پخش آلودگی یا تشعشعات هسته ای و اثرات سوء آنها بر آب های زیرزمینی.

از جمله مزایایی که سد زیرزمینی نسبت به سد سطحی دارد به این شرح است:

- هزینه ساخت بسیار پایین
- نزدیک تر بودن سد به محل مصرف
- عدم کاهش آب به علت تبخیر سطحی
- بهداشتی تر بودن مصرف آب ان به علت گندزدایی از میکروب و ویروس هایی که اغلب در آب های پشت سدها وجود دارد.
- تکنولوژی ساخت بسیار ساده

انواع سد زیرزمینی

در یک تقسیم بندی کلی سدهای زیرزمینی را به دو نوع متفاوت تقسیم می کنند که شامل سد زیرسطحی و ذخیره شنی است (Nilsson, 1998).

• سدهای زیرسطحی

در این نوع از سدها دیواره سد در قسمت پایین به سنگ بستر نفوذناپذیر و در قسمت بالایی به سطح آبرفت محدود می شود و مخزن آب فقط در زیرزمین تشکیل می شود. استفاده از این نوع سدها در قسمت های شمال شرق برزیل جهت افزایش ذخیره منابع آب کشاورزی رایج می باشد (Telmer and best, 2004). برای تأمین مقدار آب مورد نیاز جهت مصرف ادامه جریان آبهای زیرزمینی به صورت طبیعی در فصل خشک و همچنین حفاظت از خشک شدن چاهها می توان از این نوع سدها استفاده نمود.

• سدهای ذخیره شنی

سدهای ذخیره شنی سدهایی هستند که دیواره نفوذناپذیر سد بر روی سنگ بستر نفوذناپذیر قرار گرفته و تا بالاتر از سطح آبرفت موجود در کف رودخانه ادامه می یابند. علت اصلی مرحله ای بودن یا پله پله بودن سدهای ماسه ای و محدود کردن ارتفاع رسوبات در هر لایه، حفظ سرعت جریان به اندازه ای است که باعث شسته شدن ذرات متوسط و ریزدانه از مخزن و ته نشین شدن ذرات درشت دانه گردد. به دلیل اینکه این نوع از سدها نسبت به نوع زیرسطحی پیچیده تر و پرهزینه تر هستند لذا بهتر است که قبل از ساختن این نوع سدها ابتدا یک سد زیرسطحی با هزینه کمتر در محل ساخته شود تا هم از نفوذناپذیر بودن بدنه و مخزن سد اطمینان حاصل گردد و هم اینکه ممکن است آب ذخیره شده توسط این سد اولیه برای نیازها جوابگو باشد. (طباطبایی - یزدی و همکاران، 1382، خشنود، 1392)

کاربرد سدهای زیرزمینی

باتوجه به موقعیت و اهداف بهره برداری، کاربردهای مختلفی را برای سدهای زیرزمین به کار می برند:

- جلوگیری از خروج تلفات آبهای زیرزمینی و ذخیره سازی آبهای زیرسطحی در بسترهای آبرفتی (سعادت، 1381)
- جلوگیری از نفوذ و پیشروی آبهای شور به طرف سفره های آب شیرین زیرزمینی (سعادت، 1381)
- ایجاد یک منبع ذخیره مطمئن و همیشگی در تأمین آب، تقویت آبخوان و تغذیه سفره های بالادست (سگوند و مدبر، 1385)
- جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش کیفیت آبهای زیرزمینی (سگوند و مدبر، 1385)

مزایای سد زیرزمینی

- انعطاف پذیری بالا در پیدا کردن محل های مناسب جهت ساخت سد زیرزمینی، به طوریکه می توان این سدها را در مجاورت مناطق کشاورزی، روستایی و صنعتی بنا نهاد (سلامی، 1385)
- خطر شکست سدهای زیرزمینی بسیار کمتر از سدهای سطحی به دلیل بنایی محکم تر و استوارتر از دیدگاه دینامیکی (خزایی و همکاران، 1387)
- ساخت آسان سازه با استفاده از منابع قرضه در دسترس و نیروی کار محلی (سلامی، 1385)
- نبود تغییرات دمایی در آب موجود در مخزن و وجود دمای ثابت (سلامی، 1385)

- طولانی ترین عمر مفید سدهای زیرزمینی از سدهای سطحی مخزنی رایج
- هزینه های احداث، بهره برداری، تعمیر و نگهداری آنها به مراتب کمتر از سدهای سطحی (طورانی و حقیقت خواه، 1388)
- عدم آلودگی آب مخزن و در نتیجه عدم احتیاج به ابزار و مهارت های لازم برای تصفیه آب (سلامی 1385)
- جلوگیری از تبخیر آب ذخیره شده به دلیل ذخیره آب در زیرزمینی برخلاف سدهای سطحی
- سدهای زیرزمینی دارای قابلیت ادغام شدن با طرح هایی نظیر حفاظت خاک، جلوگیری از فرسایش و ایجاد سیلاب، تغذیه مصنوعی و ... (طورانی و حقیقت خواه، 1388)

معایب و اصلاح آنها تا حد ممکن

- در این نوع سدها به علت غیر قابل رویت بودن کار، کنترل عملیات اجرایی، کنترل کیفیت ساخت دیواره آب بند و همچنین کنترل آبگذری از مرزها بسیار مشکل می باشد و نیاز به دقت و مطالعه زیادی دارد (سگوند و مدبر، 1385).
- این سدها در عمق های زیاد توجیه اقتصادی ندارند، زمانی که عمق بدنه سد از 71 متر بیشتر شود، پروژه از لحاظ اجرایی و تهیه دستگاه حفاری مناسب و مسائل اقتصادی با مشکل مواجه می گردد (سگوند و مدبر، 1385).
- به دلیل ذخیره شدن آب در زیرزمین و عدم دقت بالای روشهای ژئوفیزیکی (روش ژئوالکتریک) در برآورد هندسه احجام زیرسطحی، تخمین دقیق حجم مخزن دشوار است (سلامی، 1385)
- به دلیل اینکه مخزن سدهای زیرزمینی در داخل آبرفت های پشت دیواره سد تشکیل می شود، نسبت به مخزن سدهای سطحی دارای حجم آب کمتری است (Nilsson, 1388). به همین دلیل باید مکان این سدها در رودخانه های با آبرفت های دانه درشت انتخاب گردد.
- نمک زدایی در مخزن سد زیرزمینی: بالا آمدن آب زیرزمینی تا مجاورت سطح زمین به واسطه احداث زیرزمینی ممکن است با تبخیر آب از سطح مخزن و تجمع نمک ها در سطح همراه باشد. برای رفع این مشکل می توان تراز آب زیرزمینی را با کم کردن ارتفاع دیواره سد کاهش داد تا از تبخیر جلوگیری شود. همچنین در برخی کشورها مانند برزیل برای کاهش اثر این پدیده از کشت گیاهان جذب کننده نمک در سطح مخزن استفاده می شود (Best, Telmer, 2004).

ضوابط کلی در مکان یابی سدها

- برای اینکه یک سد زیرزمینی از بازدهی مناسب برخوردار باشد، تلفیقی از محل قرارگیری سد و سازه آن لازم می باشد. نقصان و اشتباه در تخمین هر یک از دو عامل فوق کارایی سد زیرزمینی را به شکل چشمگیری کاهش می دهد. در ذیل شرایطی که در حین مکان یابی نقاط مناسب برای احداث سد باید در نظر داشت ذکر می گردد:
- شیب کم بستر آبراهه: شیب آبراهه باید کمتر از 5% باشد تا بتوان انتظار تشکیل مخزن آب زیرزمینی با حجم مناسب را داشت (سلامی، 1385).
- وجود جریانات زیرسطحی کم عمق و دینامیک در بستر آبراهه: اگر آب زیرسطحی موجود در بستر آبراهه ساکن و بدون حرکت باشد، نمی توان انتظار افزایش حجم آب مخزن را داشت.
- وجود آبخوان با تخلخل مناسب در محل احداث سد زیرزمینی: به دلیل تشکیل مخزن در زیرسطح زمین و ذخیره شدن آب در سازند اطراف محور سد، برای ایجاد یک مخزن با آبدی مناسب وجود سازندهای زمین شناسی با تخلخل مؤثر

بالا ضروری است. آبراهه‌های با بافت دانه درشت دارای ماسه درشت و گراول با اندازه درات بیش از پنج میلیمتر به دلیل تخلخل مفید و آبدهی ویژه بیشتر، نسبت به بافت رسوبی دانه ریز از فیل سیلت و رس در اولویت قرار دارند (سلامی، ۱۳۸۵).

- وجود سنگ بستر با نفوذپری کم: دیواره‌های محور و سنگ بستر مخزن سد زیرزمینی باید دارای نفوذپذیری پایینی مثل سنگ‌های آذرین با تخلخل و شکستگی کم باشند تا از نشت آب و هدر رفتن آن جلوگیری نماید (سلامی، ۱۳۸۵).
- وجود قسمت‌های باریک در آبراهه: تنگه‌های موجود در بستر آبراهه‌ها که دارای حجم قابل ملاحظه‌ای از آبرفت در قسمت‌های بالادست می‌باشند از نقاط مناسب احداث سدهای زیرزمینی محسوب می‌شوند. در این حالت هزینه‌های اجرای پروژه کاهش می‌یابد و در زمان نیز صرفه جویی می‌شود.
- در دسترس بودن منابع قرضه: باید نقاطی را انتخاب کرد که تا حد امکان منابع قرضه مورد نیاز برای ساخت سد زیرزمینی در فاصله‌های نزدیک ساختگاه وجود داشته باشد
- نزدیکی به مناطق مصرف آب: باید حتی الامکان سعی شود که فاصله سد زیرزمینی از مکان‌هایی که در آینده از آب سد زیرزمینی استفاده می‌کنند، زیاد نباشد
- کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی: میزان املاح موجود در رواناب و جریانات زیرسطحی در آبراهه‌ها مهم می‌باشد آبراهه‌هایی که میزان شوری آب در آنها بالاست و همچنین حجم رواناب زیادی دارند جهت احداث سد زیرزمینی مناسب نیستند.

زمان احداث سدهای زیرزمینی:

- به دلایل زیر بهترین زمان برای احداث سدهای زیرزمینی زمان اوج خشکی در فصل خشکی سال می‌باشد؛
- 1- چون حداقل سطح آب ممکن در منطقه در این زمان است، لذا کمترین تلفات آبی را خواهیم داشت.
 - 2- سطح آب زیرزمینی در این زمان کمترین مشکلات را برای احداث سد ایجاد می‌کند، لذا عملیات احداث سریع‌تر انجام شده و در زمان مقرر به پایان خواهد رسید و با تلفات کمتر بودجه همراه خواهد بود.
 - 3- زمان اوج خشکی در فصل خشکی، زمانی است که نیاز آبی توسط دامداران و مردم در بیشترین حالت خود می‌باشد و این سبب می‌شود که جامعه راحت‌تر در احداث سد زیرزمینی شرکت کنند (3)

اثرات زیست محیطی

طرح لازم برای سد سازی در مسیر حرکت آبهای زیر زمینی در صورتی که به درستی برنامه ریزی و اجرا شود هیچ اثر منفی مستقیمی بر محیط زیست نخواهد داشت. اما باید به خاطر داشت که این تکنیک در یک محیط بسیار شکننده به کار گرفته می‌شود، جایی که حتی تغییر کوچکی ممکن است نتایج دراز مدت فیزیکی و اجتماعی در بر داشته باشد. وجود این مسئله رعایت احتیاط را الزامی می‌نماید. جنبه‌های که باید در نظر گرفت عبارتند از، امکان باتلاقی شدن بالادست سد، تاثیراتی که سد بر میزان آبهای زیر زمینی پائین دست می‌گذارد، جمع شدن نمک و مشکلات مربوط به آلودگی که ناشی از بالا آمدن سفره آب زیر زمینی در بالادست می‌باشد. (شمسای، ۱۳۸۶)

نتیجه‌گیری

سفره‌های آب زیرزمینی یکی از مهمترین منابع آبی هر کشور می‌باشد، هدف ایده‌آل در مدیریت منابع آب زیرزمینی در یک حوضه، توسعه حداکثر ممکن آب زیرزمینی به صورتی است که همه احتیاجات مصرف کنندگان در حوضه را تامین و

شرایط مشخص از پیش تعیین شده‌ای نظیر سطح و کیفیت آب زیرزمینی را برآورد کند و واضح است که در تحقق این امر اجرای یک برنامه جامع مدیریت آب زیرزمینی پیچیده و گران است، اما با توجه به اهمیت فزاینده این منابع آبی به خصوص برای کشورهایی چون ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارند نمی‌توان از مدیریت این منابع چشم‌پوشی کرد. بنابراین لازم است برای جلوگیری از خطر شورش‌دگی و تقلیل کیفیت سفره‌های آب شیرین بویژه در مناطق کویری و کم‌آب، استحصال آب‌هایی که از دسترس خارج می‌شود و تسریع در رفع مشکل بحران آب از سدهای زیرزمینی استفاده نمود. سدهای زیرزمینی با توجه به هزینه پایین، روش ساخت آسان، ذخیره آب بهداشتی و امکان کنترل کیفیت آب از لحاظ شوری قبل از پمپاژ و مزایای بسیاری که نسبت به سدهای سطحی دارد برای مناطقی چون ایران می‌تواند یک روش مقرون به صرفه و ساده برای مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی باشند.

فهرست منابع:

- خزایی، م. عابدی کوهپایه‌ای، ج. امیری، م.ج. 1387. سدهای زیرزمینی راهی مناسب برای مقابله با خشکسالی، همایش خشکسالی و راههای مقابله با آن در استان چهار محال بختیاری، شهرکرد.
- خشنود، س. 1392. تعیین معیارها، تهیه یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) مکانیابی و اولویت‌بندی نواحی مستعد احداث سد زیرزمینی جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: دشت بروجن) پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب‌خیزداری، دانشگاه شهرکرد، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، ص 94
- سعادت، م. 1381. تعیین شاخص‌های مکان‌یابی جهت ایجاد سد زیرزمینی و شبیه سازی مدل ریاضی جریان در سد زیرزمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- سگوند حسن آبادی، ل، مدبر، ل. 1385. ذخیره‌سازی و جمع‌آوری آبهای سطحی با احداث سدهای زیرزمینی، اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده‌رود، شهرکرد.
- سلامی، ه. 1385. تعیین مناطق مناسب جهت احداث سدهای زیرزمینی در دشت نطنز با استفاده از دورسنجی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علو زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- شمسایی، ابولفضل، طراحی سد های انحرافی. چاپ دوم، دانشگاه صنعتی شریف، انتشارات علمی دانشگاه صنعت شریف تهران، 1386
- طورانی، ر. حقیقت‌خواه، س. 1388. بهره‌گیری از سدهای زیرزمینی جهت نیل به مدیریت پایداری منابع آب مقابله با خشکسالی، دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، مرکز تحقیقات اصفهان.
- طباطبایی یزدی، ج. نبی‌پیشکریان، س. 1382. سدهای آب زیرزمینی جهت تأمین آب در مقیاس کوچک، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، ص 63.
- کردوانی، پ. 1383. منابع و مسائل آب در ایران، جلد اول آب‌های سطحی و زیرزمینی و مسایل بهره‌برداری از آنها، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هفتم، ص 414.

Telmer, K, and Best, M. 2004. Underground Dams: A Practical Solution for the Water Needs of Small Communities in Semi-Arid Regions. School of Earth and Oceans Sciences, University of Victoria. 6 pp.

Nilsson, A. 1988, Groundwater Dams for Small- scale Water Supply, Intermediate Technology Publication, London. 78pp.

Subsurface dams : a simple, safe and affordable technology for pastoralists, A manual on subsurface Dams construction based on an experience of vétérinaires Sans frontières in Turkana District (Kenya), 2006

Abstract

Water is one of the most important and determining factors which is in priority of material needs of human communities, and it forms the main material of lives of creatures, including human kind. In recent years, there have been attempts made at using technology compatible with nature in control, feed and water sources management. Underground dams that have been made in various areas, as an example. Underground dams are structures made in the direction of groundwater flow and cause water rise and save it in their tank. Therefore, subsurface dams and tanks can be an option to reduce water crisis. Variety of subsurface dams, their use, flaws and renovation, location criteria of the dams, the construction time and environmental effects of the dams is studied in this article. Considering low cost, easy fabrication method, saving clean water and ... subsurface dams have an advantage over other dams. Constructing underground dams in deserts has no negative effect on the environment because it prevents the flow of fresh water into the salty environment of the desert, and considering Iran's semi-arid and dry climate it can be a cost-effective and simple way to use subsurface water.

Key words: subsurface water, water crisis, underground dams, water supplies, arid.