

# منابع آب زیرزمینی در بحرانی پنهان

شهره صدری خانلو

کارشناس ارشد آنالیز و ارزیابی محیط‌زیست

ما در سیاره‌ای خشک زندگی می‌کنیم. از کشاورزان در زمین‌های خشک تا سیاست‌گذاران در شهرهای تشنه، همگی با کمبود آب مواجه هستند؛ کمبود آبی که حاصل از دست رفتن منابع آب سطحی است. البته این تنها بخش کوچکی از مشکل جهانی آب است. منابع آب زیرزمینی منبع حیاتی مهمی در بسیاری از مناطق جهان هستند. سفره‌های آب زیرزمینی، به‌عنوان یکی از مخازن ذخیره آب جهان، در حال از دست دادن ظرفیت‌های خود و خشک شدن هستند و این خشک شدن ذخایر آب زیرزمینی می‌تواند عواقب جدی، به‌خصوص در قاره آسیای در حال رشد، ایجاد کند.

حدود ۳۰ درصد از آب‌های شیرین جهان را سفره‌های آب زیرزمینی تشکیل می‌دهند. پس از یخچال‌ها، منابع آب زیرزمینی دومین منبع آب شیرین موجود در جهان هستند. در مناطقی که آب‌های سطحی همانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها وجود نداشته و یا غیرقابل استفاده باشند، نیازهای آبی توسط منابع آب زیرزمینی برطرف می‌شود. پیش‌بینی می‌شود، شکاف بین عرضه و تقاضای آب تا سال ۲۰۳۰ به ۴۰ درصد برسد و مسلماً این شکاف با منابع آب سطحی پر نخواهد شد. حدود یک سوم جمعیت جهان به آب زیرزمینی وابسته‌اند و بیش از ۷۰ درصد منابع آب زیرزمینی به مصرف کشاورزی می‌رسد. بنابراین توسعه کشاورزی و صنعت باعث افزایش برداشت از منابع مذکور می‌شود. برداشت بی‌رویه از مخازن آب زیرزمینی موجب شده است که میزان تغذیه آبخوان جواب‌گوی برداشت نباشد و سطح آب زیرزمینی افت کند.

امروزه برآورد شده است که در سطح جهان، ۳۶ درصد از آب قابل شرب، ۴۲ درصد از آب مورد نیاز برای آبیاری و کشاورزی، و ۲۴ درصد از کل مصرف آب جهان از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. اهمیت آب‌های زیرزمینی صرفاً به خاطر حجم آبخوان‌ها و میزان دسترسی به آن‌ها نیست. آب‌های زیرزمینی مزایای عمده دیگری، از جمله در دسترس بودن در سطح محلی، قابلیت اطمینان بالا در طول خشک‌سالی، تنظیم اکوسیستم، و به‌طور کلی در دسترس قرار دادن آب با کیفیت بهتر را نیز به ارمغان می‌آورند [۱].

این در حالی است که براساس مطالعه دانشگاه کالیفرنیا، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳، حدود ۳۷ آبخوان بزرگ دنیا به شدت با کاهش سطح و کمبود حجم آب مواجه شده‌اند؛ آبخوان‌های بزرگی که نتوانسته‌اند با بارش و نفوذ دوباره آب‌های سطحی تجدید شوند.

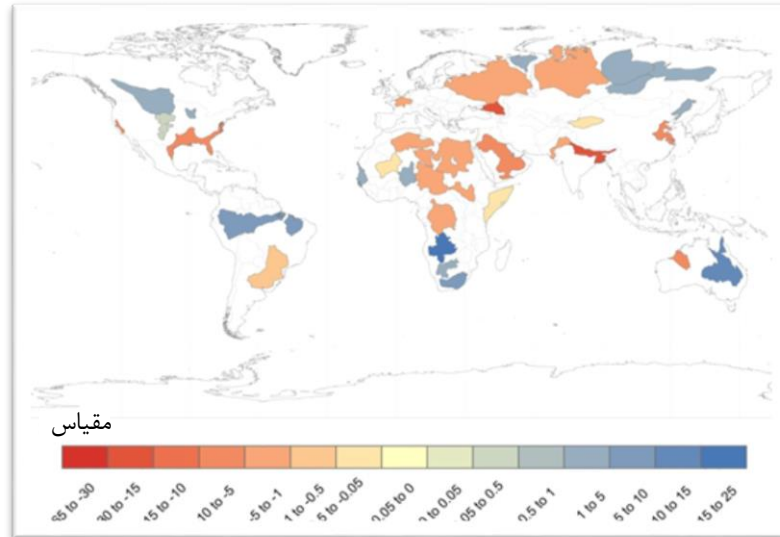
براساس گزارش‌های جهانی، برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در ۵۰ سال گذشته چهار برابر افزایش یافته است. بالاترین سطح افت آب‌های زیرزمینی و یا تخلیه آبخوان‌ها در چین، هند، پاکستان، ایران، بنگلادش، آمریکا، مکزیک و اروپا گزارش شده است. تخمین زده می‌شود، اضافه برداشت آب‌های زیرزمینی در جهان حدود ۲۰۰ کیلومتر مکعب معادل بیش از ۲۰۰ میلیارد مترمکعب در سال است. در نتیجه حدود یک پنجم از همه آب‌های زیرزمینی پمپاژ می‌شوند [۲].

علاوه بر این، برخی از آبخوان‌های بزرگ در خشک‌ترین مناطق جهان، از جمله در آسیا، قرار دارند که تا ۸۸ درصد تحت تنش آبی هستند. جنوب آسیا تقریباً نیمی از آب‌های زیرزمینی استفاده شده در جهان را به خود اختصاص داده است؛ اما آبخوان‌های این قاره که بسیاری از هزاران سال پیش تشکیل شده‌اند – مانند مناطق شمالی چین که آب و هوای مرطوب‌تری دارد – دیگر به‌طور منظم تغذیه نشده‌اند.

مطالعه اخیر «ناسا»، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ روی بزرگ‌ترین آبخوان‌های زمین، نشان می‌دهد که ۲۱ آبخوان از ۳۷ آبخوان بزرگ جهان به سرعت در حال تخلیه شدن هستند. در واقع

تعداد ۱۳ مورد از آبخوان‌های جهان در تعریف ناسا در وضعیت بسیار وخیم قرار دارند. در تصویر ۱، نقشه تهیه شده توسط ناسا نشان داده شده است. رنگ قرمز نشان‌دهنده آبخوان‌هایی است که به سرعت در حال از دست دادن حجم آبی خود هستند. رنگ کرم نشان‌دهنده آبخوان‌هایی است که در حالت نسبتاً ثابت باقی مانده‌اند. با توجه به اینکه یک سوم از جمعیت جهانی برای زندگی مستقیماً به آب‌های زیرزمینی وابسته هستند، این روند کاهش سرعت تجدید شدن سفره‌های آب زیرزمینی بسیار نگران‌کننده است. در حال حاضر کل قاره‌های جهان با مشکل خشک‌سالی دست به گریبان هستند، مضاف بر آنکه با کم شدن ذخایر آب‌های زیرزمینی هم مواجه‌اند [۳].

سفره‌های آب زیرزمینی،  
به‌عنوان یکی از مخازن  
ذخیره آب جهان، در  
حال از دست دادن  
ظرفیت‌های خود و  
خشک شدن هستند و  
این می‌تواند عواقب  
جدی، به خصوص در قاره  
آسیای در حال رشد،  
ایجاد کند



تصویر ۱. وضعیت آبخوان‌هایی که حجم بالایی از ذخایر خود را از دست داده‌اند

نتایج مطالعه انجام شده توسط گروه هلندی - کانادایی که در «مجله طبیعت» در سال ۲۰۱۲ منتشر شده نشان می‌دهد که حدود ۱/۷ میلیارد نفر، یعنی نزدیک به یک چهارم جمعیت جهان، در مناطقی زندگی می‌کنند که به واسطه برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در معرض تهدید هستند. در سال‌های اخیر، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به‌طور فزاینده‌ای برای تأمین آب مورد نیاز، به‌خصوص در کشورهای کم‌درآمد و مناطقی که دسترسی کمتری به آب‌های سطحی دارند، افزایش یافته است. آب‌های زیرزمینی غالباً به‌عنوان منبعی نامرئی و پایان‌ناپذیر معرفی می‌شوند، در حالی که این منبع یکی از منابع شکننده و مستعد دریافت آلودگی است [۳]. افت سطح آب زیرزمینی مشکلاتی همچون خشک شدن چاه‌های آب، کاهش دبی رودخانه و آب دریاچه‌ها، کاهش کیفیت آب، افزایش هزینه پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را به دنبال دارد. کسری حجم مخزن آب زیرزمینی جهان سالانه بین ۷۵۰ تا ۸۰۰ میلیارد متر مکعب برآورد شده است. اما مشکل از تخلیه ذخایر آب‌های زیرزمینی فراتر رفته است. پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی باعث فرونشست خاک شده است. سفره‌های آب زیرزمینی تنها مشکل تخلیه شدن ندارند، بلکه آلودگی آن‌ها و در معرض شوری قرار گرفتن این منابع هم قابل توجه است. در برخی از نقاط، آب‌های زیرزمینی حتی به «آرسنیک» هم آلوده شده‌اند. کیفیت آب‌های زیرزمینی در ارتباط با شسته شدن مواد شیمیایی، نشت پساب‌های شهری و صنعتی، و دفع غیرمسئولانه زباله‌های خطرناک و سموم کشاورزی بسیار تهدید شده است.

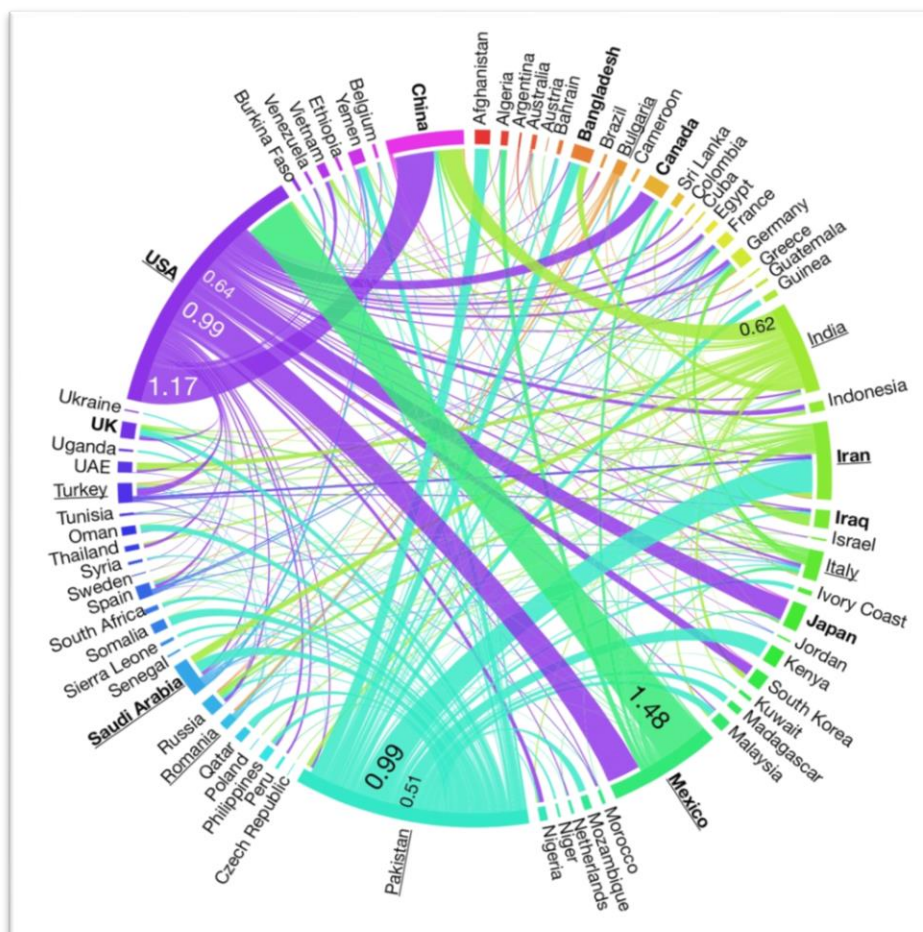
از سوی دیگر، استفاده بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی برای تولید محصولات کشاورزی، هم غذا و هم منبع آب را تهدید می‌کند. همان‌طور که اشاره شد، تخلیه آب‌های زیرزمینی در قاره آسیا در حال رشد است. این در حالی است که تخمین زده می‌شود، افزایش جمعیت این قاره تا سال ۲۰۵۰ به ۵ میلیارد نفر خواهد رسید. افزایش جمعیت و کاهش جدی منابع آب سطحی و زیرزمینی تنش بیشتری را بر مواد غذایی، انرژی و آب وارد خواهد آورد. در سطح جهانی، تقاضا برای مواد غذایی ممکن است تا ۶۰ درصد افزایش یابد و در پی آن، به دلیل استفاده از آب برای کشاورزی، منابع آبی کمیاب‌تر خواهند شد. تغییرات آب و هوایی نیز این شرایط را تشدید می‌کند.

مطالعه اخیر انجام شده توسط چهار محقق بین‌المللی هشدار می‌دهد که ما بیشتر از آن دسته از مواد غذایی استفاده می‌کنیم که تخلیه آب‌های زیرزمینی تجدیدناپذیر را باعث می‌شوند. این مطالعه که ۳۰ مارس ۲۰۱۷ در «مجله نیچر» منتشر شد، برای اولین بار به شناسایی کشورها، محصولات کشاورزی و روابط تجاری آن‌ها، به امید بهبود پایدار تولید مواد غذایی و مدیریت منابع پرداخته است. مطالعه تخلیه کمی آب‌های زیرزمینی نهفته در تجارت مواد غذایی در جهان، برآوردی از محصولات تولید شده از برداشت آب‌های زیرزمینی تجدیدناپذیر و داده‌های تجارت بین‌المللی مواد غذایی به دست می‌دهد.

**کارول دانیل، محقق «مؤسسه منابع پایدار»** از دانشگاه کالج لندن و نویسنده اول این مطالعه، می‌گوید: «ما همه سفره‌های آب زیرزمینی را در جهان بررسی کرده‌ایم و مشخص شد، بخش‌هایی که مصرف می‌شوند، به‌طور

طبیعی با بارش‌های زمستانی تغذیه و جایگزین نمی‌شوند. داده‌ها اطلاعات ظریفی را در مورد پایداری مصرف مواد غذایی در جهان ارائه می‌دهند. ما اکنون آن‌گونه ارتباطات تجاری را که به آبخوان‌های تجدیدناپذیر، و کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده تکیه دارند، می‌شناسیم.» او ادامه می‌دهد: «در این مطالعه ما نشان دادیم که تقریباً ۱۱ درصد از مصرف آب‌های زیرزمینی تجدیدناپذیر برای آبیاری در تجارت بین‌المللی مواد غذایی استفاده شده که دو سوم از این مقدار به تنهایی توسط پاکستان، ایالات متحده و هند صادر شده است» [۳].

مطالعه اخیر «ناسا»، بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ روی بزرگ‌ترین آبخوان‌های زمین، نشان می‌دهد که ۲۱ آبخوان از ۳۷ آبخوان بزرگ جهان به سرعت در حال تخلیه شدن هستند



تصویر ۲. کاهش حجم منابع آب زیرزمینی در تجارت بین‌المللی محصولات در سال ۲۰۱۰. حجم در واحد کیلومتر مترمکعب در سال است. ده کشور مهم از بزرگترین صادرکنندگان با فونت پررنگ‌تر نشان داده شده‌اند [۴].

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که تخلیه آب‌های زیرزمینی در ۱۰ سال گذشته ۲۲ درصد افزایش داشته است. ۲۴۰ کیلومتر مکعب حجم مصرفی در سال ۲۰۰۰، یعنی زمانی که ۲۰ درصد از آبیاری جهان وابسته به این حجم بود، به ۲۹۲ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۱۰ رسید. در این مدت تخلیه آب‌های زیرزمینی بیشترین افزایش را در هند (۲۳٪)، چین (۱۰۲٪) و ایالات متحده (۳۱٪) داشته است. کالاهای مورد تجزیه و تحلیل در این مطالعه (به جز آن‌هایی که داد و ستد نشده‌اند) برای ۲۴۱ کیلومتر مکعب از حجم تخلیه آب‌های زیرزمینی (۸۳٪ از کل) در سال ۲۰۱۰ محاسبه شد. بیشتر تخلیه آب‌های زیرزمینی در تعداد کمی از نواحی رخ داده است. نواحی مزبور به طور قابل توجهی برداشتهای بیش از ظرفیت از منابع آب زیرزمینی برای کشت محصولات کشاورزی دارند و عمدتاً شامل ایالات متحده، مکزیک، چین، هند، پاکستان، ایران، چین و عربستان سعودی هستند. این نواحی

همچنین مراکز اصلی جمعیتی دنیا نیز محسوب می‌شوند. بیشترین محصولات کشت شده با استفاده از آب‌های زیرزمینی عبارت‌اند از: گندم (۲۲٪)، برنج (۱۷٪)، محصولات کشاورزی تولید شکر (۷٪)، پنبه (۷٪) و ذرت (۵٪) که علاوه بر مصرف داخلی، به‌طور گسترده نیز صادر می‌شوند.

محققان دائماً خطرات این نوع مصرف بیش از ظرفیت آبخوان‌ها را هشدار می‌دهند؛ خطری که هم تولیدکنندگان و هم مصرف‌کنندگان را تهدید می‌کند. چنین مصرف ناپایداری که در سال‌های آینده باز هم افزایش خواهد یافت، می‌تواند به کمبود آب آشامیدنی و کاهش تولیدات کشاورزی منجر شود. در نهایت، این شرایط نه‌تنها باعث ضرر و زیان کشاورزان، بلکه باعث افزایش قیمت محصولات غذایی خواهد شد. کاهش منابع محلی آب نیز جوامع محلی را هنگام بروز خشک‌سالی، زلزله و آتش‌سوزی در معرض خطر قرار می‌دهد.

دانشمندان توصیه می‌کنند که بخش تولیدکننده به سمت افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی (برای مثال از طریق سیستم‌های مدرن آبیاری قطره‌ای) و استفاده از گونه‌هایی با نیاز آبی کمتر حرکت کند. بخش مصرف‌کننده نیز با کاهش ضایعات مواد غذایی (۳۰٪ از مواد غذایی از دست می‌رود) و سازگاری رژیم غذایی برای کاهش حجم مصرف آب در هر کالری (به‌خصوص با کاهش مصرف گوشت گاو) پیش برود.

**دالین** اشاره می‌کند که مردم نیاز دارند، هنگام خرید به تأثیر محصولات کشاورزی بر محیط زیست نیز بیندیشند و این به معنی تنها فکر کردن به گوشت در مقابل سبزیجات نیست. سؤال مهم این است کجا و چگونه محصولات کشاورزی رشد کرده‌اند؟ در حالی که غذاهای اصلی مانند برنج و نان می‌توانند بیشترین تأثیر منفی را بر منابع آبی جهان داشته باشد. در نهایت نتایج این مطالعه می‌تواند به بهبود تولید پایدار جهانی غذا و مدیریت منابع آب زیرزمینی، با شناسایی اولویت مناطق و محصولات کشاورزی در معرض خطر، و همچنین مصرف‌کنندگان پایانی این محصولات کمک کند [۴].

### تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی در ایران، زنگ خطری جدی

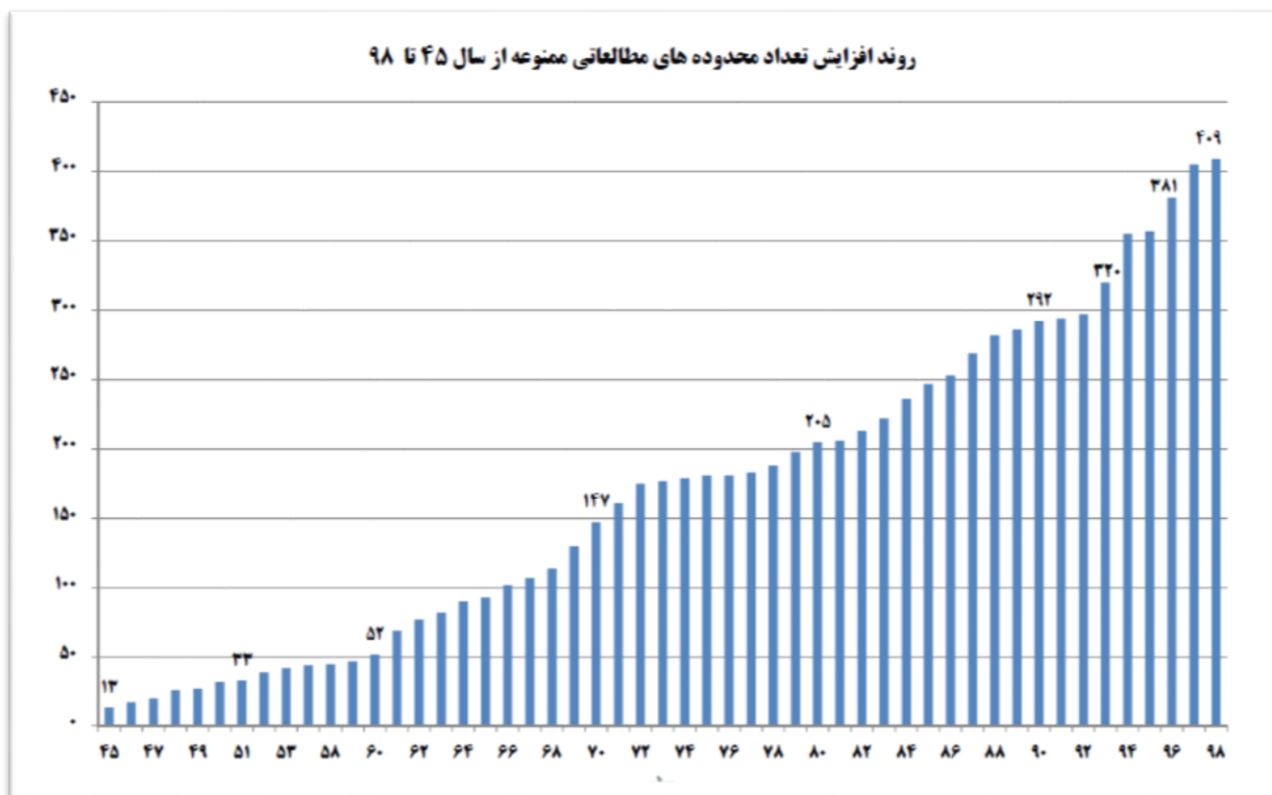
وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی کشور چندان امیدوارکننده نیست. در دهه‌های پیش مطابق آمارها، کشور ما از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی برخوردار بود، اما منابع آب تجدیدشونده، در ۲۰ سال گذشته به ۱۱۰ میلیارد مترمکعب و در ۶ سال گذشته به کمتر از ۱۰۰ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است.

برداشت‌های بی‌رویه، حفر چاه‌های غیرمجاز، و نبود نظارت کافی بر میزان برداشت‌های فراتر از میزان پروانه بهره‌برداری موجب افت سطح و کاهش کیفیت آب زیرزمینی، نشست زمین در تعدادی از دشت‌ها، پایین آمدن محسوس آبدهی چاه‌ها و در معرض نابودی قرار گرفتن تعدادی از آبخوان‌های کشور شده است.

تا پایان سال ۱۳۹۸، از مجموع ۶۰۹ محدوده مطالعاتی کشور تعداد ۴۰۹ محدوده ممنوعه می‌باشند که به نسبت تعداد ۲۴۳ محدوده در سال ۱۳۹۵ افزایش چشمگیری داشته است. محدوده‌های ممنوعه شامل دشت‌ها و مناطقی در سطح کشور هستند که به لحاظ توسعه بهره‌برداری از مخازن آب زیرزمینی ممنوع شده‌اند. بخش عمده‌ای از این دشت‌ها در نواحی مرکزی و شرق ایران قرار دارند. در بازه زمانی سال ۸۵ تا ۹۵، به‌طور متوسط در هر سال بیش از ۱۱ دشت، ممنوعه یا ممنوعه بحرانی اعلام شده است. در حالیکه تنها در سه سال بین سال‌های ۹۵ تا ۹۸ تعداد ۱۶۶ محدوده ممنوعه به مناطق کشور اضافه شده است.

اگر مقدار تخلیه سالانه از منابع آب زیرزمینی از مقدار تغذیه سالانه (ذخیره دینامیک) آن‌ها بیشتر باشد، بعد از چند سال ادامه این روند به برداشت و کاهش «ذخایر استاتیک» منابع آب زیرزمینی منجر می‌شود. ذخایر استاتیک در حقیقت ذخایری هستند که طی سالیان متمادی (آب‌های باستانی) ذخیره شده‌اند و در حقیقت متضمن حفظ و بقای منابع آب زیرزمینی‌اند.

طبق مطالعات صورت گرفته از سوی وزارت نیرو، بعد از سال ۱۳۵۷ تقریباً هر سال مقدار تخلیه از منابع آب زیرزمینی از مقدار تغذیه آن‌ها بیشتر بوده و از حجم ذخیره استاتیک آن‌ها کاسته شده است. حداکثر مقدار کسری مخزن سالانه در سال ۱۳۸۶ و به میزان ۴/۹ میلیارد مترمکعب بوده است. همچنین متوسط کسری مخزن سالانه طی ۱۰ سال آبی اخیر حدود ۵ میلیارد مترمکعب بوده است. در حال حاضر، حدود ۱۲۰ میلیارد مترمکعب از ذخایر استاتیک منابع آب زیرزمینی از دست رفته است. با توجه به کل ذخایر استاتیک منابع آب زیرزمینی کشور که رقمی حدود ۵۰۰ میلیارد مترمکعب است، می‌توان گفت حدود یک‌چهارم ذخایر استاتیک منابع آب زیرزمینی نابود شده است.



نمودار ۱. روند تغییرات مقدار برداشت آب زیرزمینی از سال آبی ۵۲-۱۳۵۱ تا ۹۴-۱۳۹۳ [۶]

همچنین، براساس داده‌های شرکت توسعه منابع آب ایران، علیرغم افزایش تعداد محدوده‌ها و دشتهای ممنوعه از ۲۴۳ در سال ۸۵ به ۴۰۹ محدوده مطالعاتی تا پایان سال ۹۸، میزان کسری حجم مخزن این محدوده‌ها از ۴/۳۶ به ۴/۸۲ میلیارد مترمکعب رسیده که امید است با اجرای دقیق طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی ضمن بهبود وضعیت آبخوان‌های کشور شاهد کاهش تعداد دشتهای ممنوعه نیز باشیم. نمودار ۱ روند تغییرات را در میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی در بازه زمانی گفته شده نشان می‌دهد [۶].





غیرممکن هم نیست. قدم مهم دیگر این است که مدیریت منابع آب زیرزمینی را با مشارکت کشاورزان انجام دهیم. درصد بالایی از مصارف آب زیرزمینی به کشاورزی اختصاص دارد که با مدیریت صحیح می‌توان از تخلیه سفره‌های آب زیرزمینی کاست.

نکته مهم دیگر قیمت‌گذاری آب‌های زیرزمینی است که می‌باید اصلاح شود. در چین در یک برنامه آزمایشی، کشاورزان مجبور شدند آب‌بهای بیشتری برای مصرف اضافی آب‌های زیرزمینی بپردازند. روش مشابه در استرالیا و مکزیک هم خوب جواب داده است. اما چنین اقداماتی از لحاظ سیاسی می‌تواند در اجرا بسیار مشکل باشد. حتی قطع یارانه برق و گاز کشاورزان برای پمپاژ آب‌ها می‌تواند سخت‌تر باشد.

تلاش برای تغذیه آبخوان‌ها هم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. گام نهایی می‌تواند بهبود مدیریت آب‌های سطحی باشد که در نتیجه، استفاده از آب‌های زیرزمینی را کاهش می‌دهد. حدود ۸۰ درصد از پساب‌ها و فاضلاب‌ها بدون تصفیه در محیط رها می‌شوند که غالباً به رودخانه‌ها می‌رسند و آن‌ها را آلوده می‌کنند. اقدام قوی‌تر برای جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی به مراتب از حفظ آب‌های زیرزمینی ساده‌تر است. استفاده از آبخوان‌ها باید آخرین راه‌حل تأمین آب باشد. این منابع برای نسل آینده می‌باید نگه‌داری شوند.

#### منابع

- [1] Groundwater Governance call for action: A shared Global Vision 2030, 2015.
  - [2] Sources: Konikow (2011): Contribution of global groundwater depletion since 1900 to sea-level rise. Geoph. Res. Let., Vol 38; Margat & Van der Gun (2013): Groundwater around the World – A Geographic Synopsis, CRC Press / Balkema.
  - [3] <http://www.businessinsider.com/nasa-data-shows-the-world-is-running-out-of-water-2015-6>.
  - [4] <http://www.lemonde.fr/planete/article/2017/03/29/notre-consommation-alimentaire-epuise-les-eaux-souterraines-5102912-3244.html>
  - [5] <http://rdcu.be/qumR>
- [۶] شرکت توسعه منابع آب ایران، گزارش آخرین وضعیت منابع آب زیرزمینی، ۱۳۹۸-۱۳۹۷.