



دانشگاه صنعتی شریف



ستاد احیای دریاچه ارومیه

نگاهی بر وضعیت منابع آب در جهان و ایران

کمیته اجتماعی - فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه

شهریور ماه ۱۳۹۴

بند ۳-۴-۶



ستاد احیای دریاچه ارومیه



دانشگاه صنعتی شریف

نگاهی بر وضعیت منابع و مصارف آب در جهان و ایران



شناسنامه گزارش

عنوان سند	گزارش نگاهی بر وضعیت منابع و مصارف آب در جهان و ایران
کد سند	ULRP-6-4-3- Rep 1
تهیه و تدوین	مهدی رجبی، سروش سراوانی، آرمین نوربخش
مدیریت و راهبری	آرمین نوربخش (مسئول کمیته اجتماعی فرهنگی ستاد) مهدی رجبی هاشجین (مشاور کمیته اجتماعی فرهنگی ستاد)
ارزیابی، نظارت و تایید	مسعود تجریشی (مدیر دفتر برنامه‌ریزی و تلفیق ستاد)
تصویب نهایی	کمیته نظارتی جناب آقای / سرکار خانم
تاریخ نشر	تیرماه ماه ۱۳۹۴
نوبت ویرایش	دوم
دریافت کنندگان	دبیرخانه مرکزی ستاد احیای دریاچه ارومیه کمیته اجتماعی فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه

چکیده

"بحران آب" و "کم‌آبی" تبدیل به آشناترین واژگانی شده است که به صورت روزمره در بسیاری از رسانه‌ها مطرح می‌شود. فارغ از طرح این مسئله در رسانه‌ها، بحران به حدی رسیده است که بسیاری از مسئولین و متولیان امر از واژه "فاجعه" برای این چالش ملی استفاده می‌نمایند. تنش آبی ۵۵۰ شهر کشور و اعلام ممنوعیت برای ۳۱۷ دشت و محدوده مطالعاتی از مجموع ۶۰۹ دشت کشور، از جمله نمادهای بارز این مسئله می‌باشد. در سطح جهانی نیز چندین سال است که این چالش به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل جوامع بشری که حیات انسان را به صورت جدی تهدید می‌نماید، مطرح گردیده است. مجمع جهانی اقتصاد نیز در گزارش ریسک‌های جهانی خود برای سال ۲۰۱۵، بحران آب را به عنوان مسئله اصلی اقتصاد جهانی در اولویت اول از لحاظ میزان تاثیرات رتبه‌بندی نموده است.

گرچه نشست زمین در بسیاری از دشت‌های کشور و ایجاد فروچاله‌ها در اثر برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی نشانه‌های هر چند حداقلی از عمق فاجعه وضعیت منابع آب زیرزمینی کشور می‌باشد، اما خشکی و از بین رفتن بسیاری از تالاب‌ها و رودخانه‌های کشور به صورت عیان نشان‌گر وضعیت نابسامان سرزمین ایران از لحاظ منابع آبی می‌باشد. وضعیت کنونی دریاچه ارومیه، شاخص مناسبی برای درک عمق این مسئله می‌باشد. در حال حاضر سطح قابل ملاحظه‌ای از این دریاچه ۵۰۰۰ کیلومترمربعی آب شور خشکیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب آب آن نسبت به دوره‌های پرآبی دریاچه از بین رفته است و دریاچه نسبت به تراز اکولوژیک خود بیش از ۱۲ میلیارد مترمکعب با کمبود آب مواجه می‌باشد.

اطلاع و آگاهی ذینفعان کلیدی و مسئولین کشور در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای و محلی از وضعیت منابع آب کشور و چالش‌ها و مسائل آنها و به روز بودن آن‌ها در این زمینه تاثیر به‌سزایی در اتخاذ سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های مرتبط خواهد داشت. در این راستا، کمیته اجتماعی-فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه به منظور ایفای مأموریت خود در حوزه اطلاع‌رسانی و همچنین جلب مشارکت موثر همه ذینفعان تدوین مجموعه‌ای مشتمل بر ابعاد مختلف مسائل بخش آب کشور با محوریت دریاچه ارومیه و احیای آن را در دستور کار خود قرار داده است. این مجموعه سه جلدی با عناوین زیر تهیه و ارائه می‌گردد؛

- نگاهی بر وضعیت منابع آب در جهان و ایران
- ضرورت احیای دریاچه ارومیه؛ علل خشکی و تهدیدات
- احیای دریاچه ارومیه؛ تمهیدات و راهکارها

نوشتار حاضر به عنوان بخش اول از مجموعه مذکور تلاش نموده است، ضمن تشریح وضعیت منابع آب در جهان و ایران، برخی از اهم مسائل منابع آب سطحی و زیرزمینی کشور را تشریح نماید. همچنین به تناسب به برخی از مسائل حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز پرداخته شده است.

کمیته اجتماعی فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه
خردادماه ۱۳۹۴

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	۱. پیش گفتار.....
۳.....	۲. نگاهی بر وضعیت منابع آب شیرین در جهان.....
۵.....	۳. وضعیت برداشت از منابع آب تجدیدپذیر در دنیا.....
۱۲.....	۴. نگاهی بر وضعیت منابع آب کشور.....
۱۶.....	۵. آب زیرزمینی؛ اهمیت و وضعیت موجود.....
۲۰.....	۶. جمع بندی.....
۲۱.....	۷. مراجع.....

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل-۱-وضعیت منابع آب کره زمین	۳
شکل-۲-مقایسه میزان بارش سالانه در نقاط مختلف دنیا.....	۴
شکل-۳-میزان بارش سالیانه در کشورهای مختلف منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا	۵
شکل-۴-مقایسه وضعیت منابع آب تجدیدپذیر سالانه کشورها.....	۶
شکل-۵-مقایسه سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشورها در سال ۲۰۱۱	۷
شکل-۶-درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف	۸
شکل-۷-مقایسه درصد مصارف آبی توسط بخش‌های مختلف در دنیا.....	۹
شکل-۸-پیش‌بینی کاهش رواناب‌ها تا سال ۲۰۵۰ در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا	۱۰
شکل-۹-مقایسه میزان استفاده از آب آبی و آب سبز در کشورهای مختلف برای تولید محصولات کشاورزی	۱۱
شکل-۱۰-درصد تغییر در تولیدات کشاورزی کشورها تا سال ۲۰۵۰ در اثر تغییر اقلیم.....	۱۲
شکل-۱۱-تقسیمات اقلیمی حوضه‌های آبریز ایران	۱۳
شکل-۱۲-نحوه توزیع بارندگی در مناطق مختلف کشور	۱۳
شکل-۱۳-نقشه توزیع بارش در مناطق مختلف کشور	۱۴
شکل-۱۴-روند کاهشی بارش در سطح کشور (مرجع: وزارت نیرو)	۱۵
شکل-۱۵-روند کاهش آبدهی در سطح کشور (مرجع: وزارت نیرو).....	۱۵
شکل-۱۶-مدت زمان مورد نیاز جهت تغذیه و تشکیل لایه‌های مختلف آب زیرزمینی	۱۷
شکل-۱۷-مقایسه درصد برداشت سالانه از منابع آب زیرزمینی در نقاط مختلف دنیا نسبت به تغذیه آن‌ها.....	۱۷
شکل-۱۸-روند افزایش حفر چاه (عمیق و نیمه‌عمیق) و تخلیه از آن‌ها در طی ۴ دهه اخیر (وزارت نیرو)	۱۹
شکل-۱۹-پراکنش چاه‌های حفر شده در سراسر سرزمین ایران (وزارت نیرو)	۱۹

۱. پیش‌گفتار

بدون تردید در دهه‌های اخیر، هیچ منبع طبیعی به اندازه آب برای تداوم حیات جوامع بشری حائز اهمیت نبوده است. مجمع جهانی اقتصاد نیز در گزارش اخیر خود در خصوص ریسک‌های جهانی برای سال ۲۰۱۵، بحران آب را در رتبه اول از لحاظ اثرات قرار داده است. در واقع برای نخستین بار، بحران آب در دهمین گزارش مجمع جهانی اقتصاد، صدر فهرست را به خود اختصاص داد. همچنین در گردهمایی سالانه این مجمع که تقریباً ۹۰۰ نفر از رهبران سراسر دنیا در حوزه‌های سیاست، اقتصاد و کسب و کار حضور داشتند، مهمترین موضوعات جهان بررسی شد و بحران آب مورد توجه ویژه قرار گرفت.

افزایش اهمیت آب، نمایانگر تغییر قابل توجهی در خط فکری اعضای مجمع جهانی اقتصاد است. رتبه بالای آب در رده‌بندی گزارش مجمع جهانی اقتصاد، نشان‌دهنده روند رو به رشد این فکر در بین رهبران جهان است که کم‌شدن و نقصان منابع قابل اطمینان و بهداشتی آب، مانع مهمی بر سر راه سلامتی و تولید ثروت برای همه از جمله کشورهای فقیر، اقتصادهای ثروتمند و شهرهای بزرگ خواهد بود [۱ و ۱۰].

آب در گزارش سال ۲۰۱۵ مجمع جهانی اقتصاد، به‌عنوان اولویت جهانی مطرح شده و علاوه بر اهمیت یافتن به‌عنوان یک خطر زیست‌محیطی در قالب خطری اجتماعی بروز یافت که همین امر، تأییدی است بر این‌که تقریباً تمام فعالیت‌های انسان - از کاشت گندم و تولید غذا تا از بین بردن باکتری‌های بیماری‌زا و تأمین انرژی صنایع و جوامع - از اساس وابسته به آب است. حقیقت این است که مردم در اثر وقایعی از قبیل سیل و خشکسالی آسیب می‌بینند. باید این نکته را دریافت که چطور می‌توان این پیامدها را که به پرسش مهم سیاسی مبدل می‌شوند، مدیریت کرد؟ [۱ و ۱۰].

گزارش مجمع جهانی اقتصاد به این نکته اشاره دارد که اگرچه مشکلاتی مثل سیل، خشکسالی و منابع ناکافی آب که در پیش‌بینی‌های بیش از دو دهه قبل مورد تأکید قرار می‌گرفت، محقق شد، اما اقدامات اندکی برای رسیدگی موثر جهت حل این مشکلات انجام شده و تلاش‌های جهانی برای مهار بحران آب کافی نبوده است. آنچه گزارش می‌گوید این است که رهبران جهان نیاز خود به مراقبت از آب را دریافته‌اند. دنیا لزوماً نمی‌تواند همه مشکلات و چالش‌های بخش آب را حل نماید، اما از نظر سیاسی در مرحله‌ای است که باید در مورد توسعه پایدار گفت‌وگو کند و درباره آب و توسعه تصمیم بگیرد و این مسئله در بسیاری از کشورهای جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت بالایی برخوردار است [۱ و ۱۰].

آثار کم‌آبی و بی‌آبی در نقاط مختلف دنیا به صورت بسیار شدیدی خود را نشان داده است. بروز و تداوم خشکسالی‌های مستمر، کاهش میزان بارش‌ها و به تبع آن میزان رواناب‌ها، افت قابل ملاحظه منابع آب

زیرزمینی و همچنین خشک شدن بسیاری از تالاب‌ها مصادیق بارزی از بروز بحران‌های شدید آبی در سرتاسر دنیا می‌باشد. در این بین ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و شرایط به مراتب سخت‌تری را نسبت به سایر کشورهای دنیا تحمل نموده است.

ایران در کمیاب‌ترین یا به تعبیری بهتر در یکی از بی‌آب‌ترین مناطق دنیا، یعنی خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) قرار دارد، و از همین رو، مدیریت منابع آب محدود در این کشور بیش از سایر مناطق دنیا خود را نشان می‌دهد. شواهد فراوانی وجود دارد که وضعیت منابع آب در بسیاری از بخش‌های ایران رو به وخامت گذاشته است. در سال‌های اخیر با اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های توسعه‌ای نامتوازن و نامتناسب با پتانسیل‌ها و قابلیت‌های سرزمینی خود به‌ویژه در بخش کشاورزی، افزایش میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور را در پی داشته است. برداشت بیش از ۱۱۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب زیرزمینی استاتیک و غیرقابل تجدید کشور، شاهد این مدعی است. در حال حاضر، مشکلات مدیریت آب در بسیاری از نقاط ایران عیان شده است. آبخوان‌ها بیش از حد پمپاژ می‌شوند، کیفیت آب در معرض تهدید جدی قرار دارد و حتی تامین آب شرب بسیاری از مناطق شهری و روستایی کشور با دشواری‌های بسیاری مواجه گردیده است.

بروز تعارضات سیاسی، امنیتی و اجتماعی بر سر مسائل مرتبط با بخش آب از جمله نگرانی‌های جدی مسئولین کشور می‌باشد. تعارضات بر سر آب رفته‌رفته چهره بارزتری پیدا می‌کند. خشکسالی‌های مستمر، بی‌آبی و عدم تامین معیشت و گذران زندگی برای بسیاری از روستانشینان کشور، آن‌ها را به دنبال پیدا کردن فرصت‌های بهتر برای زندگی به سوی مهاجرت به مراکز شهری سوق داده و این امر حاشیه‌نشینی در بسیاری از مناطق شهری کشور به‌ویژه کلان‌شهرها و پایتخت را به همراه داشته است.

بی‌تردید بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط نهادهای ملی و بین‌المللی، این‌گونه چالش‌ها در سال‌های آتی تشدید خواهد گردید و ممکن است بسیاری از مناطق کشور دچار بی‌آبی شدید و حتی خشکی مطلق گردند. مسئله مهم این است که علیرغم همه سرمایه‌گذاری‌های بسیار صورت گرفته در توسعه منابع آبی کشور و به‌ویژه احداث زیرساخت‌های مختلف اعم از پروژه‌های سدسازی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، خطوط تامین و انتقال آب به مراکز جمعیتی کشور، کاهش بارندگی‌ها در سطح کشور اثربخشی و کارایی بسیاری از طرح‌های مذکور را با مشکل مواجه نموده است. همچنین با توجه به شرایط کنونی، سرمایه‌گذاری‌های به‌مراتب سنگین‌تر و بیشتری نسبت به قبل برای تامین آب مورد نیاز بخش‌های مصرف‌کننده در مناطق مختلف کشور نیاز می‌باشد.

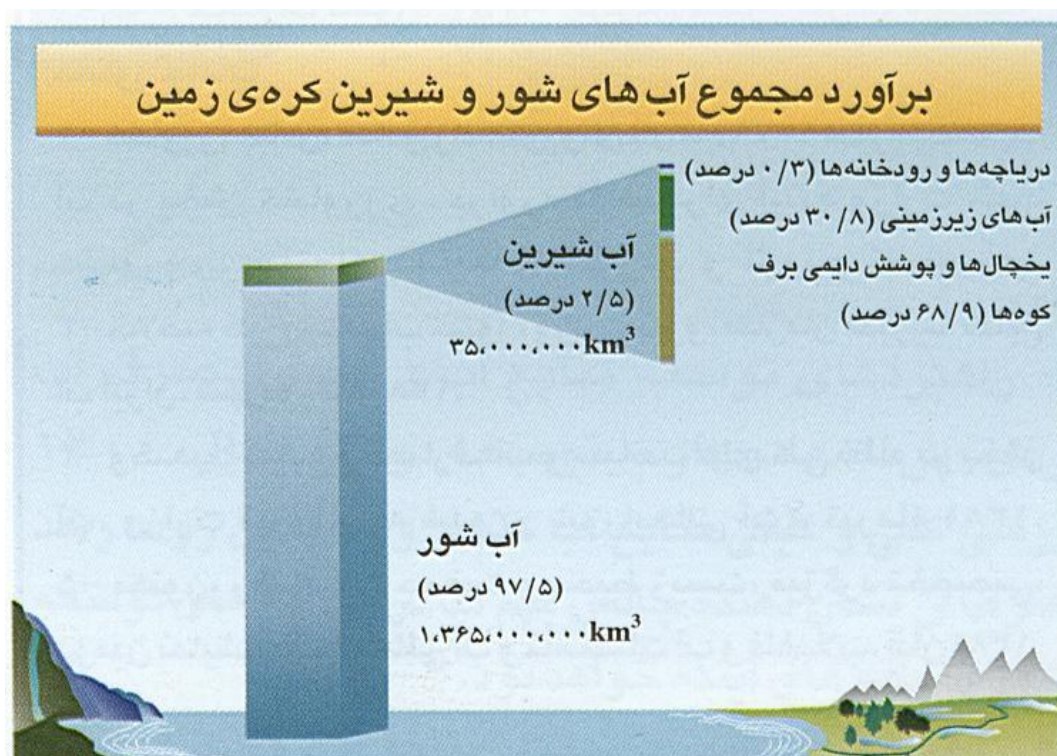
همانطور که اشاره گردید، عدم اتخاذ و اجرای سیاست‌های سازگار با شرایط اقلیمی و جغرافیایی کشور مشکلات عدیده‌ای را در مدیریت منابع آبی محدود کشور به همراه داشته است. خشک شدن بسیاری از

تالاب‌ها و دریاچه‌های کشور مصداق بارز این مسئله می‌باشند. کاهش درصد قابل ملاحظه‌ای از سطح و حجم دریاچه ارومیه به عنوان یکی از دریاچه‌های مهم آب شور دنیا و همچنین بزرگترین دریاچه داخلی ایران، پیامد جدی این وضعیت در مدیریت بخش آب کشور بوده است.

نوشتار حاضر از مجموعه بسته‌های اطلاع‌رسانی کمیته اجتماعی-فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه، در صدد است که تصویری هر چند کوتاه از وضعیت منابع آب شیرین در ایران را ترسیم نماید.

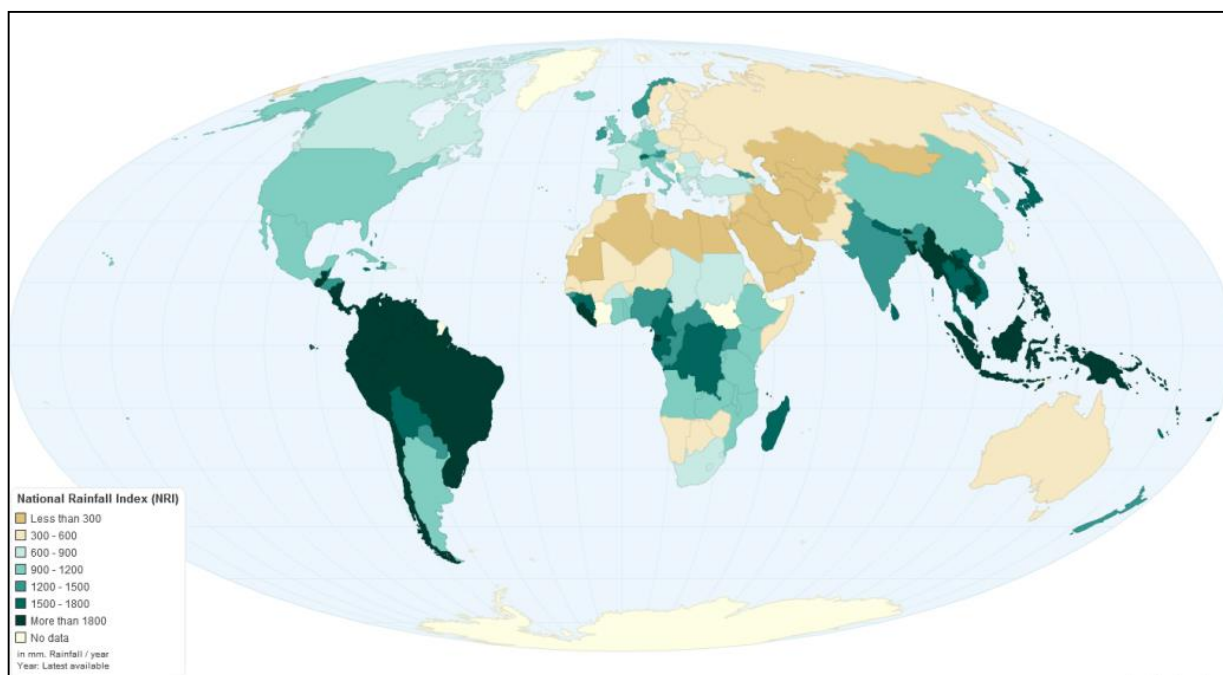
۲. نگاهی بر وضعیت منابع آب شیرین در جهان

گرچه آب به عنوان فراوان‌ترین ماده‌ای شناخته می‌شود که حدود ۷۰ درصد از سطح کره زمین را پوشانده است، اما بخش عمده‌ای از آن، آب شور بوده که در اقیانوس‌ها و دریاها قرار دارد. تنها ۲/۵ درصد از کل منابع آب دنیا، منابع آب شیرین می‌باشد. از همین مقدار محدود منابع آب شیرین نیز، کمتر از یک درصد یعنی ۰/۳ درصد منابع آبی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها را شامل می‌شود و سهم منابع آب زیرزمینی ۳۰/۸ درصد و باقی‌مانده که درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع آب شیرین دنیا را نیز شامل می‌شود، به‌صورت یخچال‌ها و پوشش دائمی برف می‌باشند (۶۸/۹ درصد). در شکل (۱) برآورد میزان آب شیرین از کل آب دنیا و سهم هر یک از اجزاء منابع آب شیرین نشان داده شده است.



شکل-۱ - وضعیت منابع آب کره زمین

مقدار آب شیرین کره زمین محدود است و توزیع آن عمدتاً متأثر از چرخه‌های طبیعی انجماد، ذوب و نوسانات طبیعی بارش، الگوهای رواناب و سطوح تبخیر/تعرق به شکل قابل ملاحظه‌ای متفاوت است. علاوه بر کمیابی منابع آب شیرین در سطح دنیا، نکته مهم عدم توزیع مناسب این منابع در مناطق مختلف می‌باشد. میانگین بارش کشور در حال حاضر به کمتر از یک سوم میانگین جهانی رسیده و کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، ایران در کمربند مناطق خشک و بیابانی دنیا قرار گرفته و جزء کشورهایی می‌باشد که میانگین بارش در آن‌ها کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد.



<http://www.fao.org/nr/climpaq/>

شکل-۲ - مقایسه میزان بارش سالانه در نقاط مختلف دنیا

بر طبق گزارش مجمع جهانی اقتصاد در سال ۲۰۱۵، خاورمیانه با انواعی از مشکلات زیست‌محیطی دست به گریبان است. منابع آب به سرعت در حال کمیاب شدن هستند، به‌ویژه برای میلیون‌ها نفری که پیشتر هم به آب بهداشتی کافی دسترسی نداشتند. برخی از این کشورها مانند یمن، امارات متحده عربی، عربستان سعودی و عراق با مشکلات منحصربه‌فردی مواجه‌اند که نیازمند توجه فوری جهانی است. افزون بر همسایگی آنها با هم، عامل مشترک دیگر، فقدان منابع آب و مدیریت ضعیف آن در کشورهای یاد شده است. خاورمیانه بزرگترین ذخایر نفتی دنیا را در خود جای داده است که بیشترین ثروت این ناحیه را تولید می‌کند. اما آب و هوا و شرایط زیست‌محیطی منطقه، زندگی را دشوار ساخته است. همانطور که در شکل‌های ۲ و ۳ نیز نشان داده شده است، همه کشورهای واقع در این منطقه از میزان بارش بسیار کمی نسبت به سایر نقاط دنیا برخوردار هستند [۱ و ۱۰].



<http://www.futurewater.nl/uk/projects/mena/>

شکل-۳- میزان بارش سالیانه در کشورهای مختلف منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا

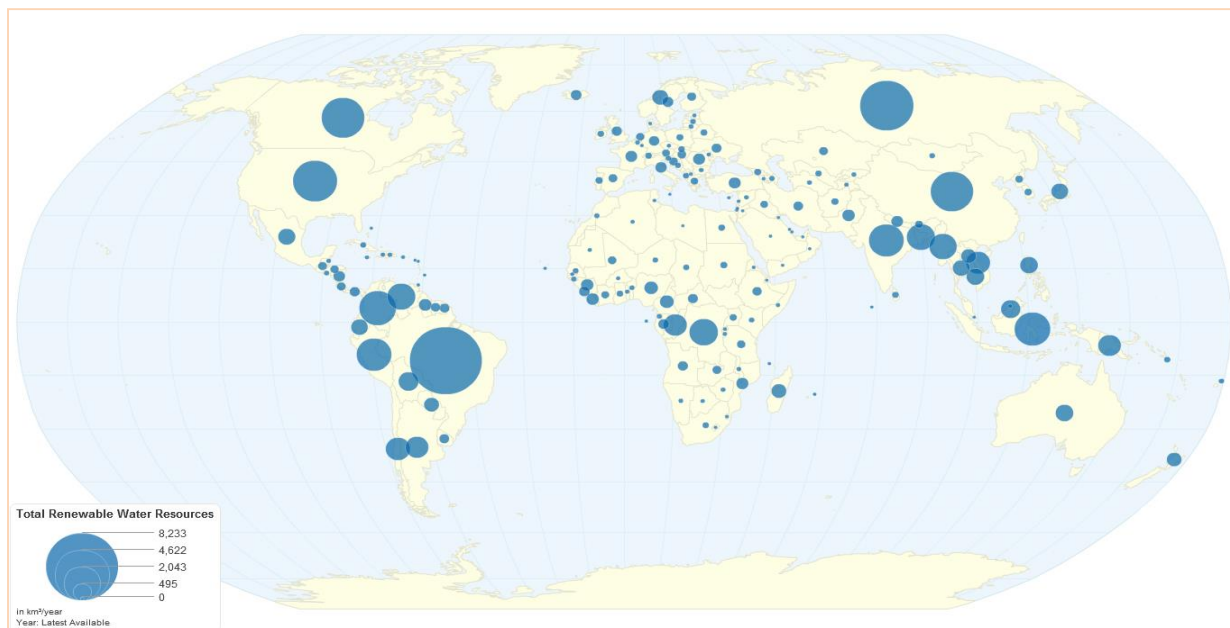
به‌رغم این واقعیت که خاورمیانه به منابع آب و زمین مناسب برای کشاورزی نیاز دارد، قسمت اعظم زمین‌های در دسترس برای تولید مواد غذایی به واسطه روند رو به رشد بیابانزایی، نابود شده‌اند. بیابان‌زایی یک مشکل جدی زیست‌محیطی با اثرات گسترده بر کشورهایمانند سوریه، اردن، عراق و ایران است. شیوه‌های ناپایدار کشاورزی و چرای بیش از حد دام‌ها از جمله علل جهانی گسترش محیط خشک به شمار می‌آیند. کشاورزی در خاورمیانه ۸۵ درصد آب را مصرف می‌کند. همچنین سوءاستفاده از زمین به واسطه آبیاری‌های سنتی و غیرکارآمد، در این منطقه، معمول است؛ جایی که خشکسالی به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد و به‌عنوان عامل مهمی در تغییرات اقلیمی نقش ایفا می‌کند. از سوی دیگر، مصرف بیش از حد آب در کشاورزی، منابع آبی ضعیف کشورهای خاورمیانه را تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد. در حال حاضر با توجه به وضعیت حوضه‌های آبریز مختلف کشور، خطر بیابان‌زایی بسیاری از مناطق کشور به‌مانند حوضه آبریز دریاچه ارومیه را نیز به‌طور جدی تهدید می‌نماید. مهم‌ترین پیامد این موضوع از بین رفتن بسیاری از عرصه‌های طبیعی کشور و به‌ویژه اراضی حاصلخیز می‌باشد.

۳. وضعیت برداشت از منابع آب تجدیدپذیر در دنیا

با توجه به توزیع نامتوازن بارش در مناطق مختلف دنیا، میزان منابع آب تجدیدپذیر کشورهای مختلف نیز با یکدیگر تفاوت‌های گاه قابل ملاحظه‌ای دارند. منظور از منابع آب تجدیدپذیر نیز میزان آبی می‌باشد که یک حوضه آبریز توانایی بازیابی آن را به‌صورت سالانه دارد.

نقشه ارائه شده در شکل (۴)، حجم منابع آب شیرین تجدیدپذیر کشورهای مختلف بر مبنای داده‌های جمع‌آوری شده توسط سازمان فائو، نشان داده شده است. این تصویر به‌خوبی نشان‌دهنده عدم توزیع و عدم تناسب بین منابع آب شیرین تجدیدپذیر کشورهای مختلف در سطح دنیا می‌باشد و متأسفانه ایران نیز از

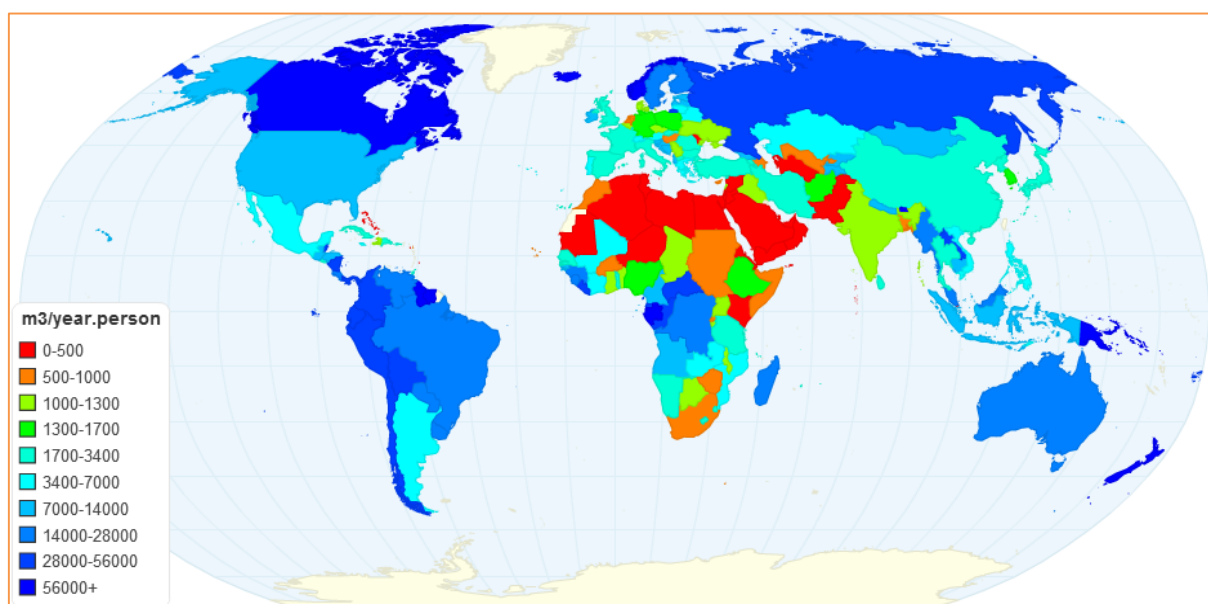
جمله کشورهای می باشد که میزان منابع آب تجدیدپذیر آن تناسب چندانی با سطح و گستره قلمروی آن ندارد. با توجه به روند خشکی و تغییر اقلیم در نقاط مختلف دنیا، به نظر می رسد که کشورهای برخوردار از وضعیت منابع آب تجدیدپذیر مناسب و یا به عبارت بهتر مدیریت مناسب و کارآمد منابع تجدیدپذیر خود در دهه های آتی از قدرت چانه زنی به مراتب بالاتری در سطح اقتصادی، امنیتی و سیاسی دنیا برخوردار باشند.



<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>

شکل-۴- مقایسه وضعیت منابع آب تجدیدپذیر سالانه کشورها

به منظور مقایسه بهتر کشورها، وضعیت آن ها از لحاظ سرانه منابع آب تجدیدپذیر در شکل (۵) مورد مقایسه قرار گرفته است. لازم به ذکر است که مبنای آماری مورد استفاده در شکل مذکور، سال ۲۰۱۱ می باشد. با توجه به آخرین آماربرداری صورت گرفته در ایران و همچنین برآورد حجم منابع آب تجدیدپذیر کشور، در حال حاضر سرانه منابع آب تجدیدپذیر در ایران به کمتر از ۱۵۰۰ مترمکعب در سال رسیده است.



<http://chartsbin.com/view/۱۸۵۸۳>

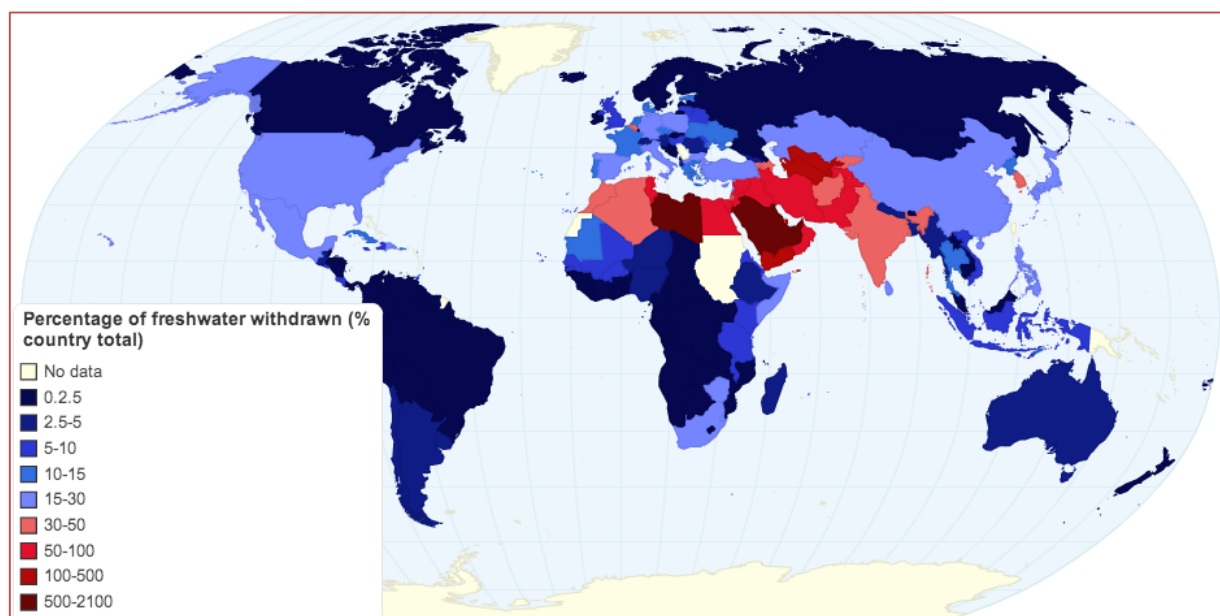
شکل-۵- مقایسه سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشورها در سال ۲۰۱۱

بر مبنای شاخص‌های موجود از جمله شاخص فالکن مارک، مناطق دارای سرانه کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال جزء مناطق مواجه با تنش تلقی می‌گردند. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که با توجه به رشد جمعیتی کشور و همچنین روند کاهش منابع آب تجدیدپذیر کشور اعم از منابع آب سطحی و زیرزمینی، در یک دهه آتی سرانه منابع آبی در ایران به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب برسد. البته نکته قابل ذکر دیگر این است که کیفیت این منابع نیز به شدت تحت تاثیر قرار خواهد گرفت و منابع آبی با کیفیت به‌مراتب کمتری در صورت تداوم روند موجود تخریب منابع آبی کشور برای آیندگان به میراث گذاشته خواهد شد.

کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل در انتهای قرن بیستم، به‌منظور ارزیابی وضعیت کشورها و مناطق مختلف دنیا، شاخصی را جهت سنجش میزان پایداری وضعیت منابع آب تدوین و ارائه نمود. بر طبق این شاخص، میزان برداشت سالانه از منابع آب تجدیدپذیر به عنوان معیار و ملاک عمل مدنظر قرار گرفت و حد برداشت کمتر از ۲۰ درصد به عنوان حد ایمن و بین ۲۰ تا ۴۰ درصد محدوده قابل قبول و بیش از ۴۰ درصد بسیار پرخطر تعیین گردید [۹]. در شکل (۶)، میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف با یکدیگر مقایسه گردیده است.

بر طبق آخرین برآوردهای صورت گرفته در حال حاضر درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور به بیش از ۸۵ درصد رسیده و این میزان برداشت ایران را به همراه کلیه کشورهای واقع در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در زمره کشورهای بسیار پرخطر از لحاظ مدیریت منابع آبی قرار داده است. به عبارت دیگر، این میزان برداشت از منابع آب تجدیدپذیر کشور به‌ویژه در دهه‌های اخیر، فاجعه‌ای را برای بسیاری از مناطق کشور

رقم زده است که خشکی دریاچه ارومیه و افت بسیاری از دشت‌های کشور، نمود بارز آن می‌باشد. متأسفانه برآوردها نشان دهنده این است که در صورت تداوم روند موجود نه تنها منابع آبی برای مصارف آیندگان باقی نخواهد ماند، بلکه بسیاری از بخش‌های این سرزمین به مناطق بیابانی و کویری تبدیل خواهد گردید.

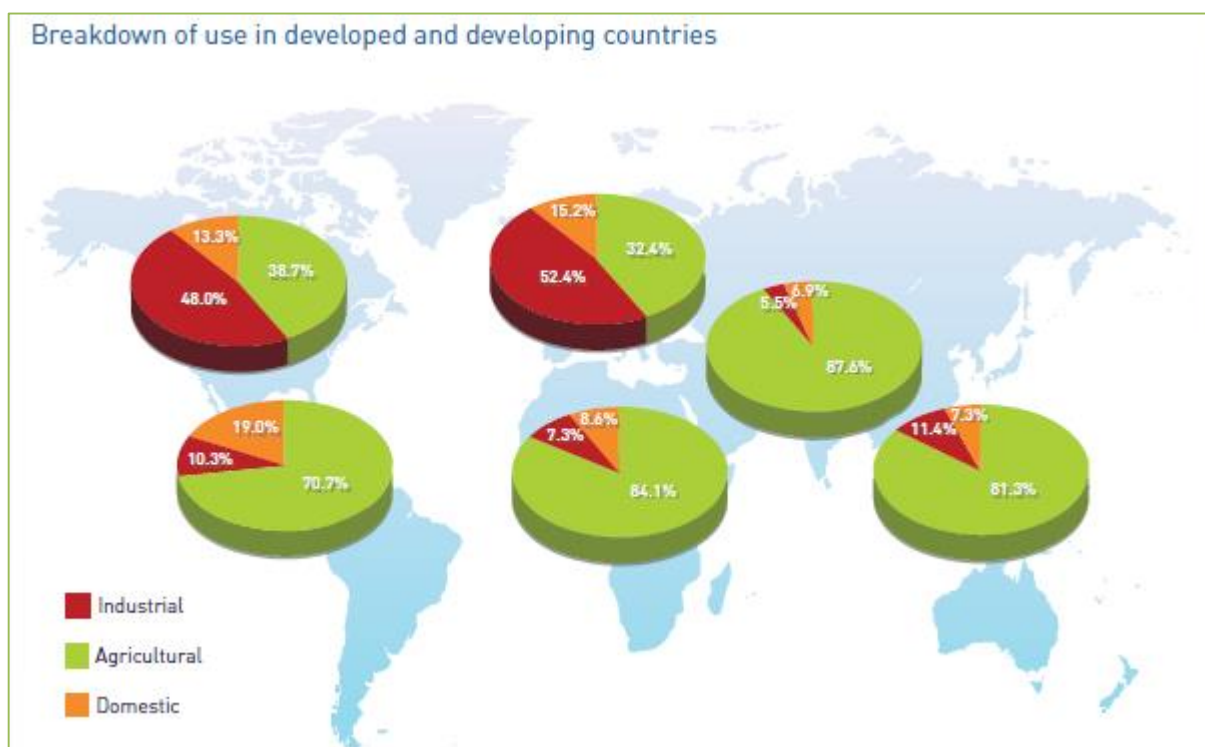


Percentage of renewable freshwater withdrawn, Aquastat - MDG Water Indicator (۲۰۰۶), viewed ۱۷th September, ۲۰۱۳.

<http://chartsbin.com/view/۱۶۸۹۹>

شکل-۶- درصد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر توسط کشورهای مختلف

محل مصرف منابع محدود تجدیدپذیر آب شیرین نیز از جمله پارامترهایی است که می‌تواند به‌خوبی نشان‌گر میزان توسعه‌یافتگی کشورها و ارزش افزوده حاصل از آب مصرفی در آن‌ها باشد. آمارها نشان‌دهنده این است که بخش کشاورزی به‌صورت متوسط بالاترین میزان مصرف آب را در سطح جهان به خود اختصاص داده است، اما کشورهای کمتر توسعه یافته یا در حال توسعه مانند ایران مصرف آب در این بخش در حدود ۹۰ درصد می‌باشد. در شکل (۷)، درصد مصرف آب در بخش‌های مختلف مناطق دنیا نشان داده شده است [۳].

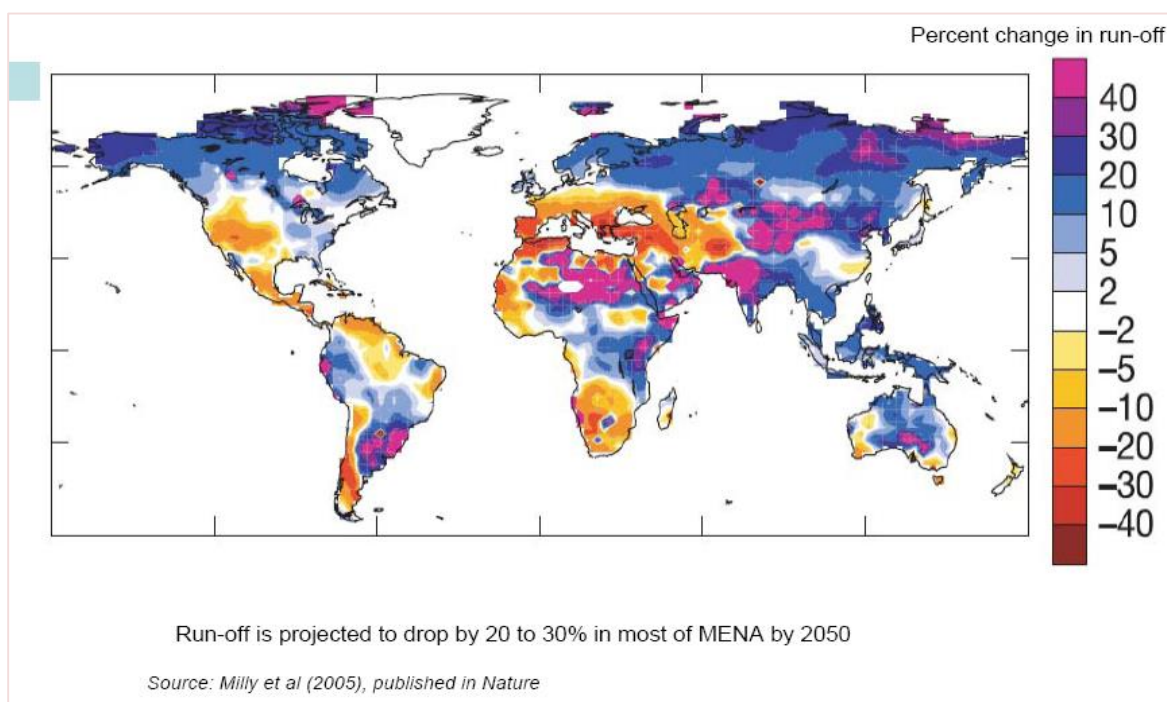


<http://www.fao.org/nr/water/docs/waterataglace.pdf>

شکل-۷- مقایسه درصد مصارف آبی توسط بخش‌های مختلف در دنیا

موضوع تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی نیز از جمله موضوعات بسیار مهم و به‌روز دنیا می‌باشد که به‌ویژه در حوزه مدیریت بخش آب بسیار مطرح می‌باشد. با توجه به ابعاد بسیار گسترده این پدیده بر بخش‌های مختلف، با توجه به اهمیت موضوع تاثیر این پدیده بر میزان رواناب‌ها و همچنین تولیدات کشاورزی در دهه‌های آتی، در این بخش فقط به این دو موضوع پرداخته شده و از بیان سایر ابعاد ناشی از این مسئله صرف‌نظر گردیده است.

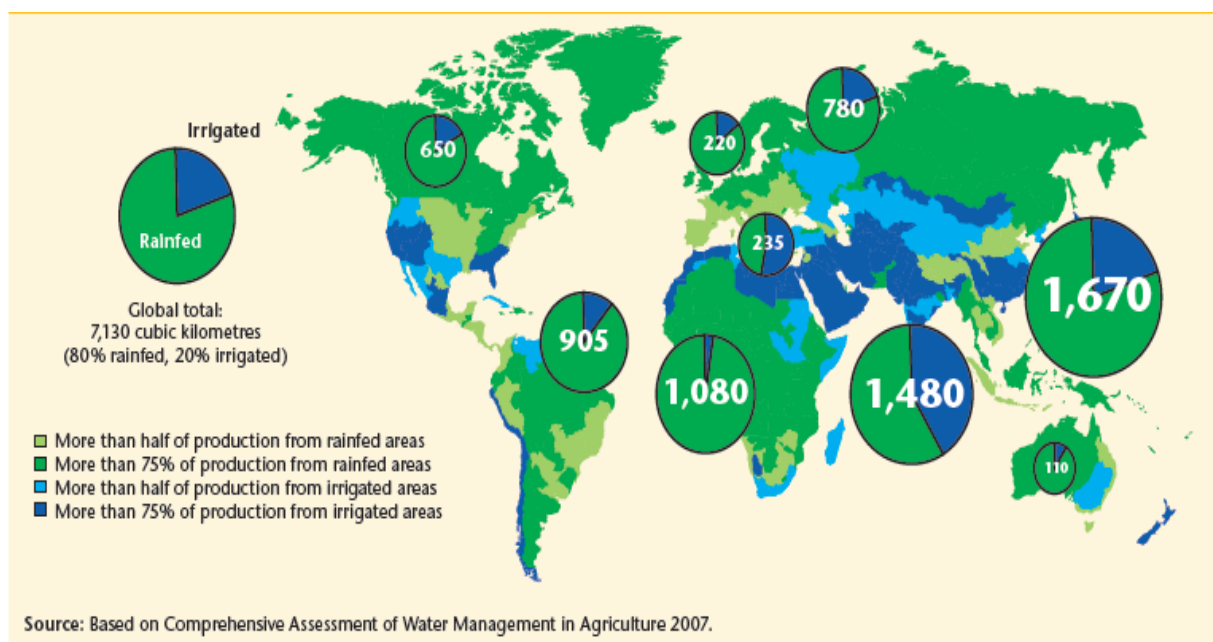
کاهش رواناب‌ها از مهم‌ترین عوامل موثر بر برنامه‌ریزی بخش آب هر کشوری محسوب می‌شود و می‌تواند در صورت عدم اتخاذ سیاست‌ها و راهکارهای مناسب به عامل بسیار جدی محدودکننده توسعه به‌ویژه در بخش‌های پر مصرف آب گردد. بر اساس پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰، میزان رواناب‌ها در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا با یک کاهش بسیار قابل ملاحظه مواجه گردید (شکل ۸). ایران نیز از این قاعده مستثنی نبوده و بسیاری از مناطق کشور با کاهش قابل ملاحظه رواناب‌ها مواجه گردید. به‌نظر می‌رسد آنچه که الان در واقعیت اتفاق افتاده است، حتی بسیار فاجعه‌بارتر از پیش‌بینی‌ها می‌باشد و در حال حاضر شاهد روند شدید کاهشی در رواناب‌های کشور هستیم.



شکل-۸- پیش‌بینی کاهش رواناب‌ها تا سال ۲۰۵۰ در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا

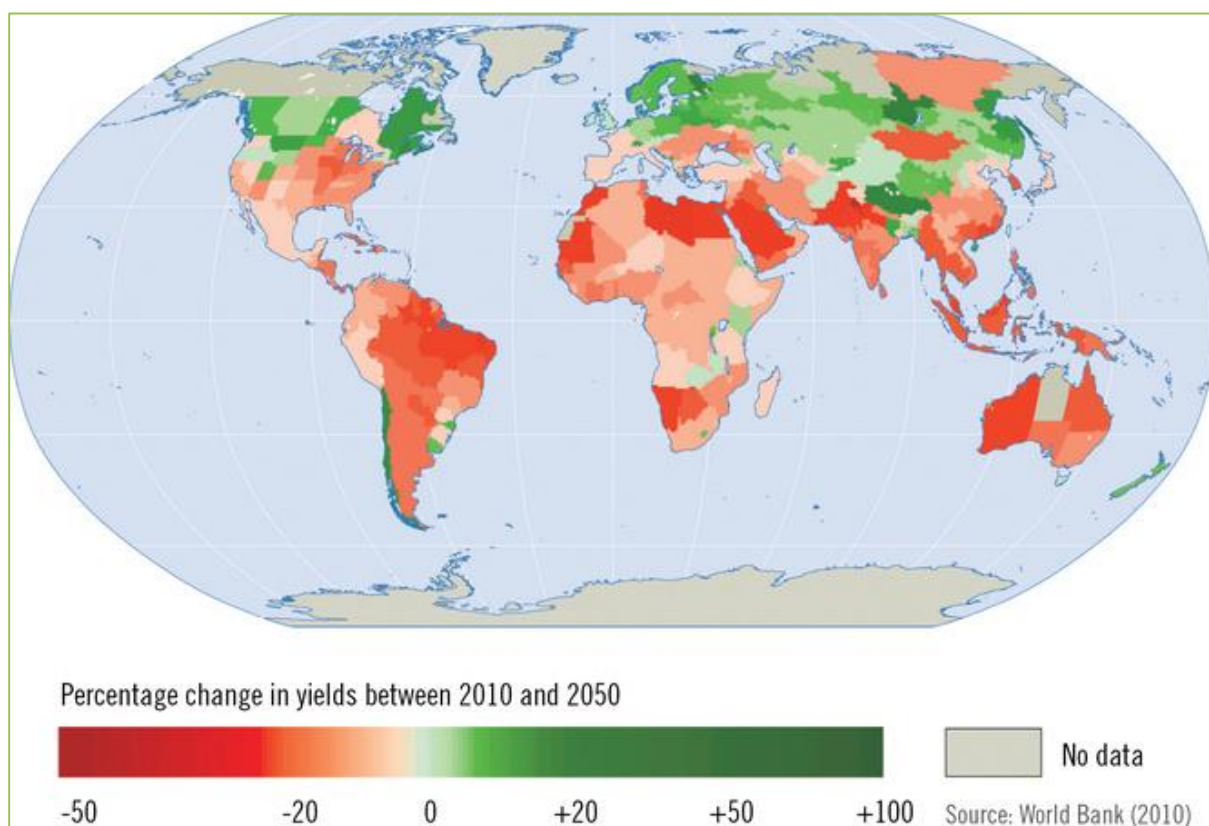
یک نکته قابل توجه دیگر در خصوص کشورهای با بارش کم، میزان بالای وابستگی آن‌ها به آبیاری جهت تولیدات کشاورزی خود می‌باشد. همانطور که در نقشه ارائه شده در شکل (۹)، مشخص است، بسیاری از کشورهای با بارش کم، برای تولید بیش از ۷۵ درصد از محصولات کشاورزی خود به آبیاری وابسته هستند. به عبارت دیگر سهم اراضی فاریاب (استفاده از آب آبی) نسبت به اراضی دیم (استفاده از آب سبز) در تولیدات کشاورزی این کشورها در حدود ۳ برابر می‌باشد. این موضوع آسیب‌پذیری بیشتر این کشورها به کاهش منابع آب تجدیدپذیر سطحی و زیرزمینی را بیش از پیش نمایان می‌کند [۶].

در حالی که به‌طور متوسط در سطح دنیا، ۸۰ درصد از تولیدات کشاورزی با استفاده از آب سبز تولید می‌شود، در ایران میزان وابستگی به آب آبی یا به عبارت بهتر استفاده از اراضی فاریاب برای تولیدات کشاورزی بیش از ۷۵ درصد می‌باشد. در واقع ایران جزء کشورهای دنیا می‌باشد که به دلیل قرارگیری در کمربند خشک دنیا و برخورداری از میزان بارش کم، این میزان وابستگی شدید را به منابع آبی سطحی و زیرزمینی برای تولید محصولات کشاورزی مورد نیاز خود دارد. لذا وابستگی ایران به بارش و عدم بارش و همچنین در دسترس بودن منابع آب سطحی و زیرزمینی بیش از سایر کشورها می‌باشد. این شرایط اقلیمی کشور باعث شده است که برای تولید یک محصول مشابه، نیاز باشد آب به مراتب بیشتری نسبت به سایر مناطق دنیا در ایران مصرف گردد.



شکل-۹ - مقایسه میزان استفاده از آب آبی و آب سبز در کشورهای مختلف برای تولید محصولات کشاورزی

در شکل (۱۰)، میزان کاهش تولیدات کشاورزی تا سال ۲۰۵۰ در اثر تغییر اقلیم در مناطق مختلف دنیا نشان داده شده است. همانطور که در نقشه ارائه شده به خوبی نمایان است، این پیش‌بینی نشان می‌دهد که در بسیاری از کشورها به دلیل کاهش بارش و رواناب‌ها شاهد کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان تولیدات کشاورزی خواهیم بود و تنها در تعداد محدودی از کشورها به مانند روسیه و کانادا سطح تولیدات کشاورزی افزایش خواهد یافت. در خصوص ایران نیز پیش‌بینی‌ها حاکی از کاهش ۲۰ درصدی تولیدات کشاورزی فعلی کشور تا سال ۲۰۵۰ ناشی از اثرات تغییر اقلیم می‌باشد [۸]. این موضوع نیز تاکید بیشتر بر مدیریت بهینه منابع آبی محدود کشور را بیش از پیش جلوه‌گر می‌نماید.

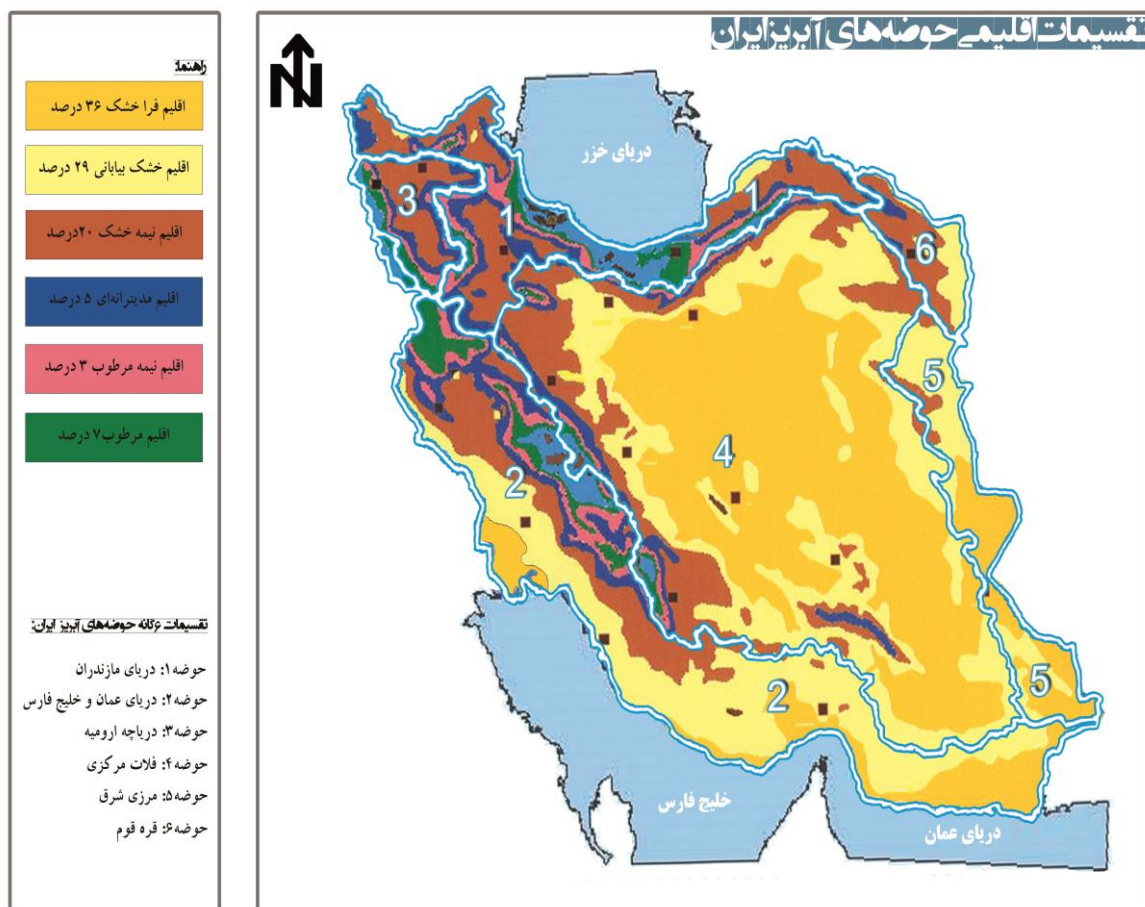


Sources: Müller and others ۲۰۰۹; World Bank ۲۰۰۸c.

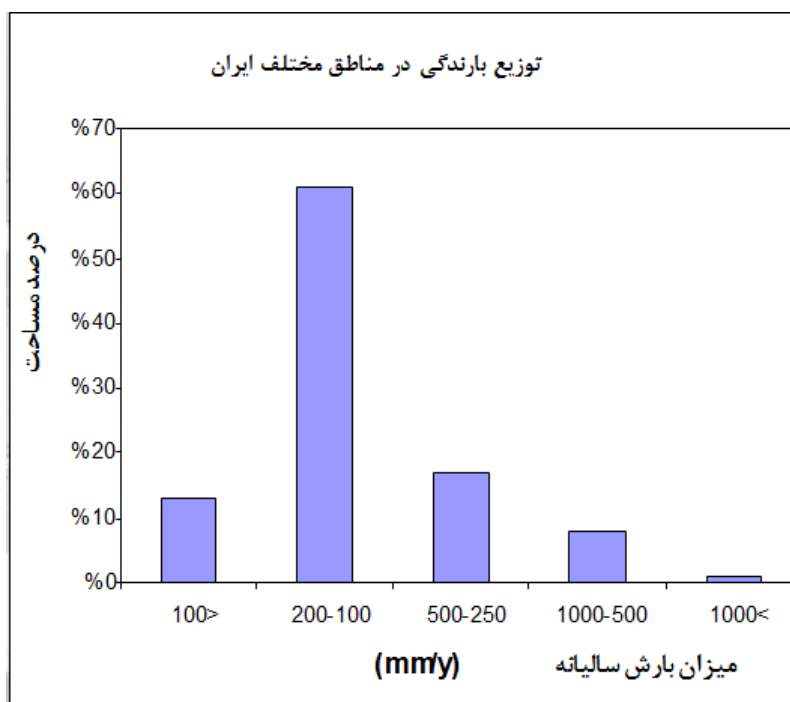
شکل-۱۰ - درصد تغییر در تولیدات کشاورزی کشورها تا سال ۲۰۵۰ در اثر تغییر اقلیم

۴. نگاهی بر وضعیت منابع آب کشور

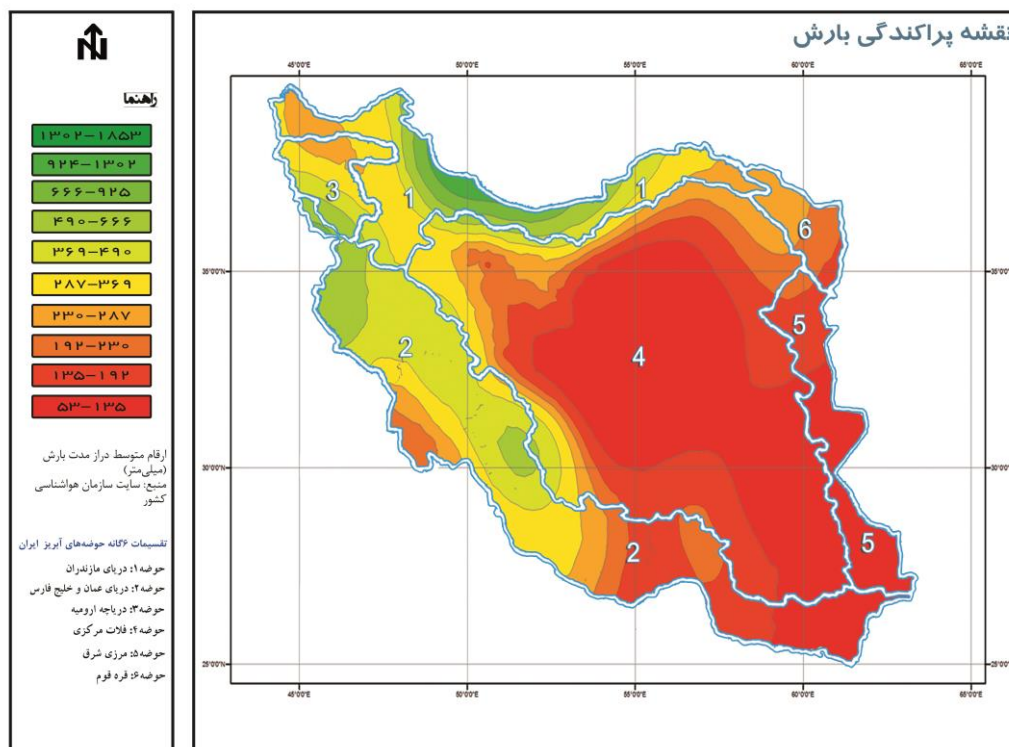
تقسیم‌بندی اقلیمی کشور نشان‌دهنده این است که حدود ۸۵ درصد از مساحت کشور در طبقه‌بندی مناطق نیمه‌خشک تا فراخشک قرار دارد. حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز بر خلاف تصور عمومی از یک اقلیم نیمه خشک برخوردار می‌باشد (شکل ۱۱). از نظر بارندگی، ایران در زمره مناطق خشک و نیمه خشک جهان به شمار می‌آید. میانگین بارندگی سالانه بخش وسیعی از کشور کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و متوسط آن برای سراسر کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر برآورد شده است. بارندگی از ۲۰۰۰ میلی‌متر در حاشیه غربی دریای خزر تا کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در نواحی خشک مرکزی و جنوبی و ۲۵ میلی‌متر در کویر لوت متغیر است. این ارقام به‌خوبی نشانگر وضعیت سرزمین ایران از لحاظ منابع آبی می‌باشد. نکته مهم دیگر این است که گرچه میزان بارش متوسط کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد، اما این بارش نیز در سطح کشور از توزیع یکسانی برخوردار نمی‌باشد و بیش از ۷۰ درصد مناطق کشور بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر دارند. (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل-۱۱ - تقسیمات اقلیمی حوضه‌های آبریز ایران

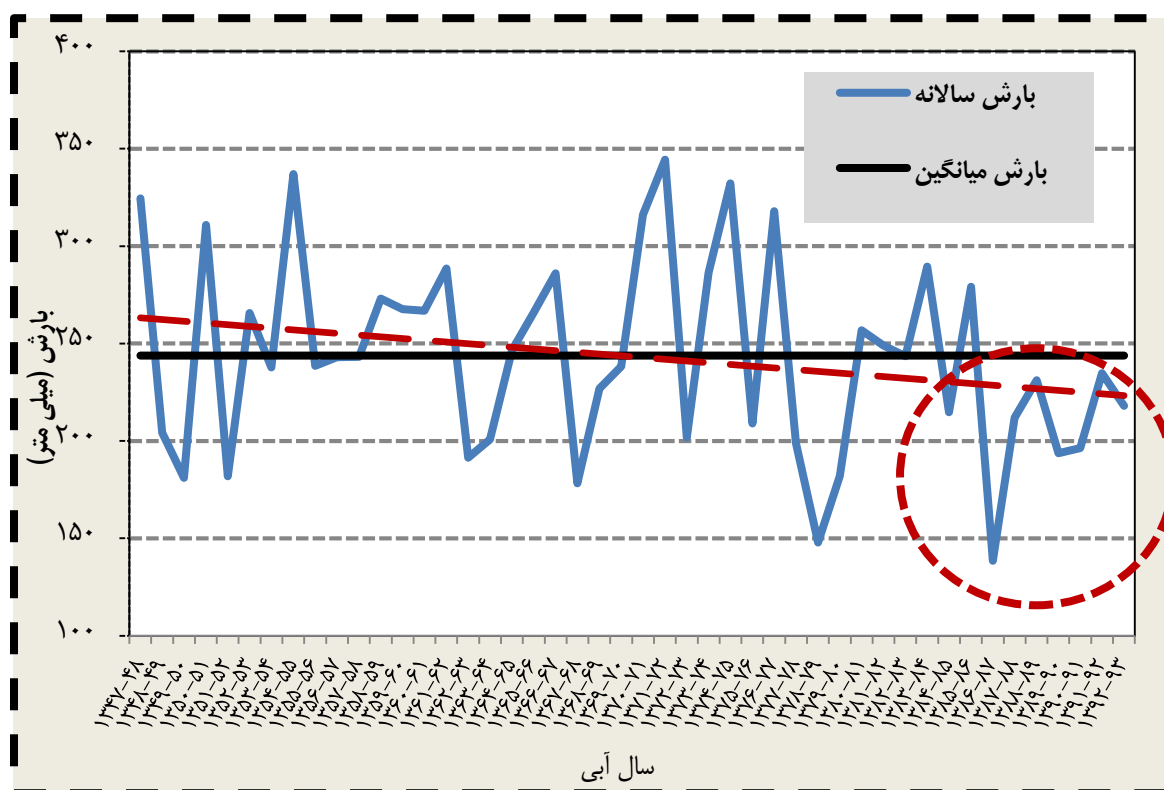


شکل-۱۲ - نحوه توزیع بارندگی در مناطق مختلف کشور

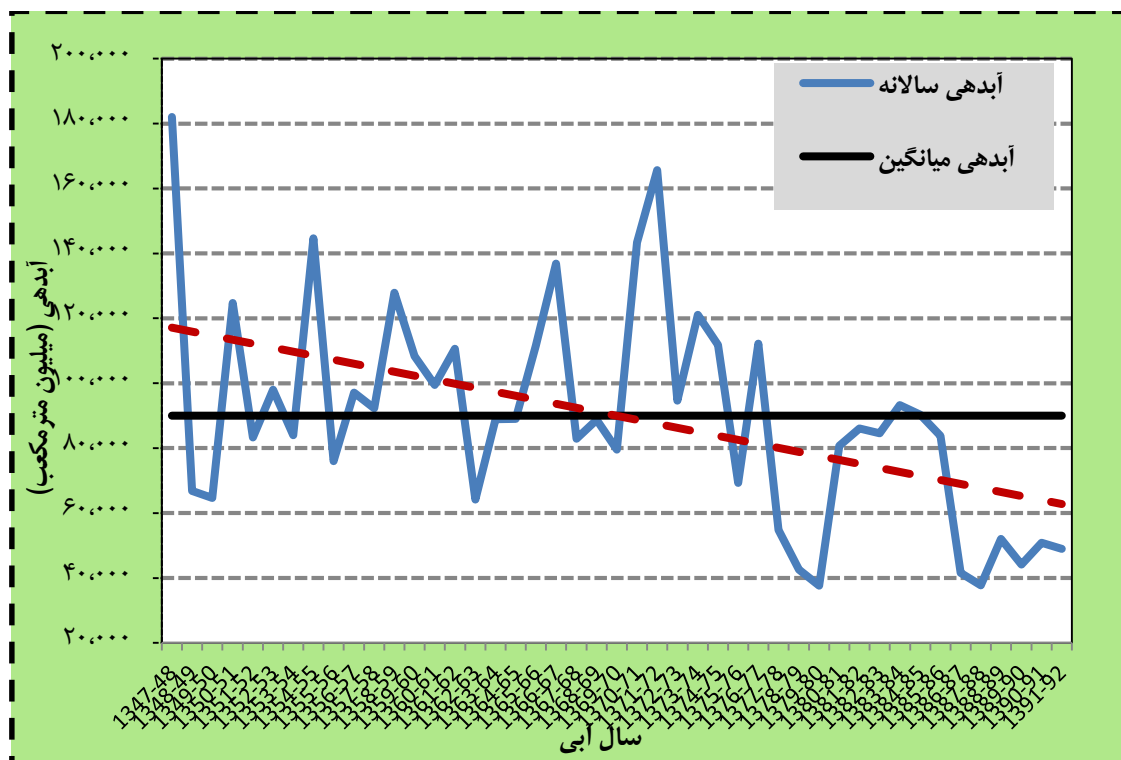


شکل-۱۳ - نقشه توزیع بارش در مناطق مختلف کشور

در نمودار ارائه شده در شکل (۱۴)، روند تغییرات بارش در کشور به خوبی نشان‌گر این موضوع است که میانگین بارش کشور در سال‌های اخیر در دوره‌هایی از نصف میانگین بارش بلندمدت نیز کمتر بوده است. این مسئله کاهش آبدهی رودخانه‌ها در سطح کشور را نیز به همراه داشته، به‌طوری که میزان آبدهی بین ۴۰ تا ۵۰ میلیارد مترمکعب در سال‌های اخیر نوسان داشته است (شکل ۱۵).



شکل-۱۴ - روند کاهشی بارش در سطح کشور (مرجع: وزارت نیرو)



شکل-۱۵ - روند کاهش آبدهی در سطح کشور (مرجع: وزارت نیرو)

بر اساس آخرین برآوردهای اعلام شده توسط معاونت آب و آبفای وزارت نیرو، حجم منابع آب تجدیدپذیر کشور بیش از ۲۶ میلیارد مترمکعب کاهش پیدا کرده است (خبرگزاری مهر، ۳۱ خرداد ۱۳۹۴). با در نظر گرفتن میزان بارش و رواناب در سال‌های اخیر، برآوردها نشان می‌دهد که حجم منابع آب تجدیدپذیر کشور به حدود ۱۰۰ میلیارد مترمکعب رسیده است و این امر نشان‌دهنده کاهش قابل ملاحظه منابع آب در دسترس در مناطق مختلف کشور می‌باشد. متأسفانه اکثریت حوضه‌های آبریز کشور از لحاظ شاخص پایداری منابع آب تجدیدپذیر در شرایط ناپایدار و پرخطری قرار گرفته‌اند. این چالش اساسی در اثر برداشت بی‌رویه از منابع آب تجدیدپذیر کشور در حوضه‌های مختلف رخ نموده است.

۵. آب زیرزمینی؛ اهمیت و وضعیت موجود

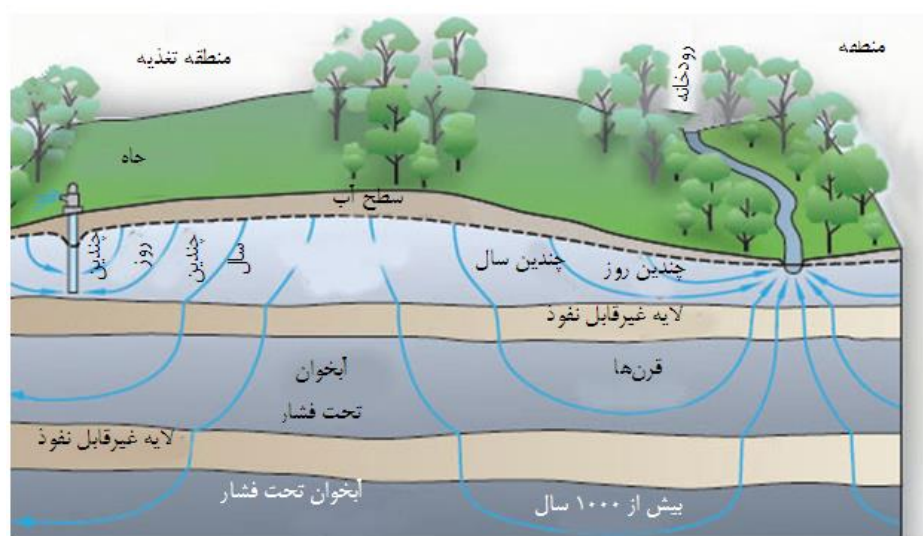
در طبیعت، آب زیرزمینی جزء کلیدی بسیاری از فرآیندهای زمین‌شناختی و هیدروشیمیایی و عامل ژئوتکنیکی تعیین‌کننده مشخصه‌های خاک و سنگ است. همچنین آب زیرزمینی دارای کارکردی اکولوژیکی است که باعث ایجاد آبدهی چشمه‌ها، جریان‌های پایه رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و اراضی ماندابی می‌شود.

آب زیرزمینی برای بسیاری از کشورها حیاتی است. در دنیا بیش از ۲ میلیارد نفر، کشاورزان بی‌شمار و بسیاری از مراکز صنعتی برای تأمین آب مورد نیاز خود به آن وابسته‌اند. در چند دهه اخیر، به دلیل مزایای منابع آب زیرزمینی به لحاظ هزینه کم مورد نیاز و کیفیت به نسبت بالای آن و همچنین رشد سریع فناوری‌های حفر چاه‌های نیمه عمیق و عمیق، افزایش روزافزون برداشت از منابع آب زیرزمینی در نقاط مختلف دنیا به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌مانند ایران را در پی داشته است. ماحصل این اقدامات، نتایج فاجعه‌باری برای بسیاری از کشورها بوده است.

گرچه منابع آب زیرزمینی درصد قابل ملاحظه‌ای از منابع آب شیرین دنیا را به خود اختصاص داده‌اند، اما این منابع در مقابل برداشت‌های بی‌رویه و ناپایدار بسیار حساس و آسیب‌پذیر بوده و قدرت تجدیدپذیری خود را به سرعت از دست می‌دهند. برخی از لایه‌های آب‌های زیرزمینی به‌خصوص لایه‌هایی که با حفر چاه‌های عمیق از آن‌ها برداشت می‌شود، قرن‌ها و حتی هزاران سال طول می‌کشد که تجدید شوند و تنها لایه‌های سطحی منابع آب زیرزمینی از قابلیت تجدید سالانه برخوردار می‌باشند (شکل ۱۶).

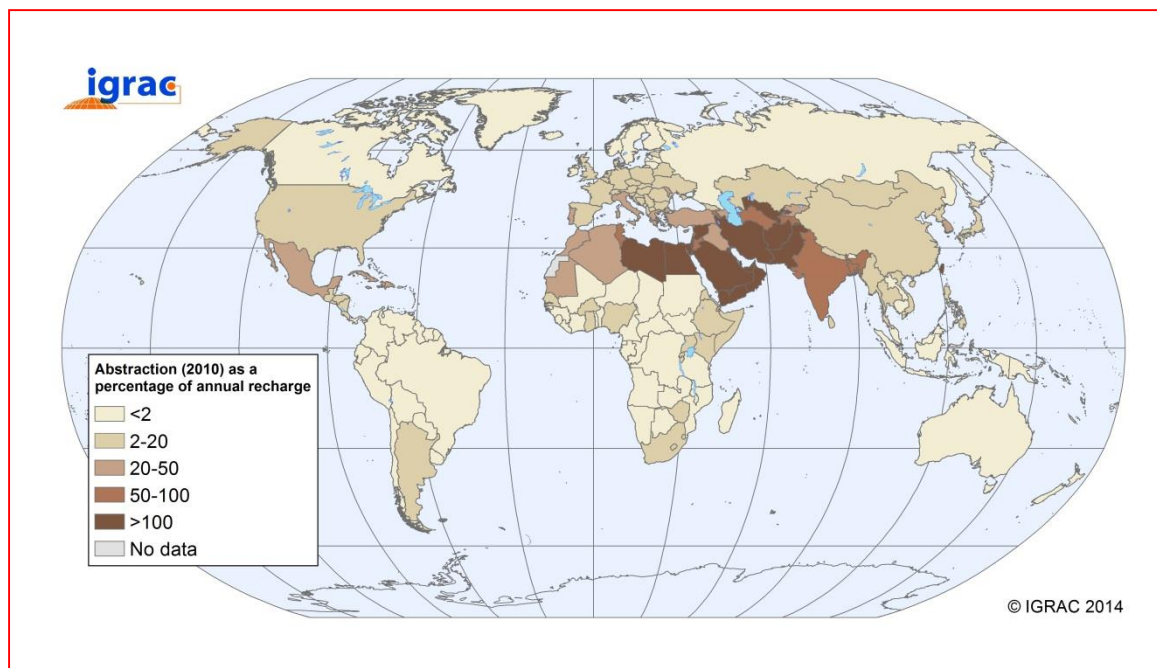
به زبان ساده، همه آبخوان‌ها دارای حجم معین ذخیره دینامیک (پویا و قابل تجدید) و همچنین حجم معینی ذخیره استاتیک (غیرقابل تجدید) هستند که عمدتاً ذخایر استاتیک آن‌ها در لایه‌های با عمق بالا قرار دارد. بر اساس اصول اولیه مدیریت پایدار منابع آب، برداشت از منابع و ذخایر دینامیک مجاز بوده و منابع استاتیک به عنوان ذخایر راهبردی تلقی گردیده و تنها در شرایط بسیار حاد و به میزان محدود باید از آن‌ها برداشت

صورت گیرد. بر اساس گزارش یونسکو، از لحاظ برداشت از منابع آب زیرزمینی در سطح دنیا، ایران با جمعیت به مراتب کمتر پس از کشورهای هند، چین، آمریکا و پاکستان در مقام پنجم دنیا قرار گرفته است [۱۱]. شکل (۱۷) به خوبی نشان دهنده این موضوع است که ایران متأسفانه جزء معدود کشورهایی در سطح دنیا است که برداشت قابل ملاحظه‌ای از منابع آب زیرزمینی خود دارند.



<http://water.usgs.gov/edu/graphics/wcgwdischarge.jpg>

شکل-۱۶ - مدت زمان مورد نیاز جهت تغذیه و تشکیل لایه‌های مختلف آب زیرزمینی

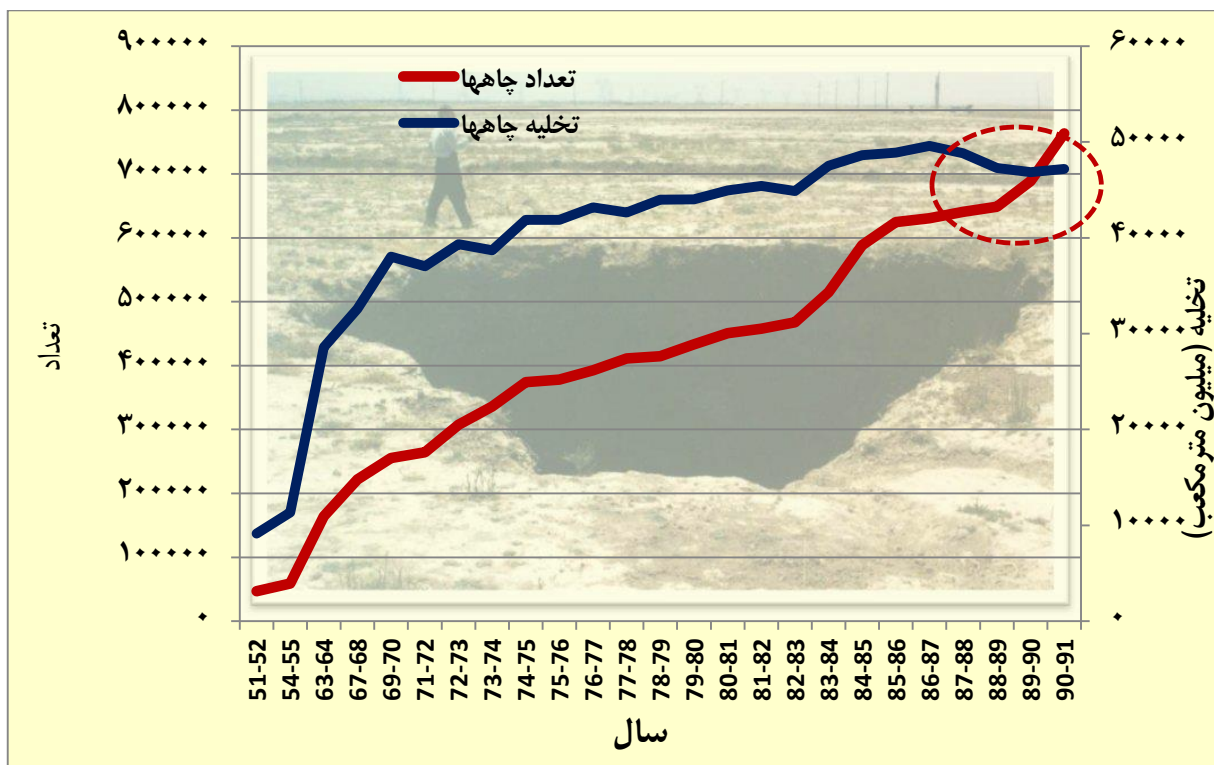


http://www.un-igrac.org/dynamics/modules/SFIL۰۱۰۰/view.php?fil_Id=۳۱۶

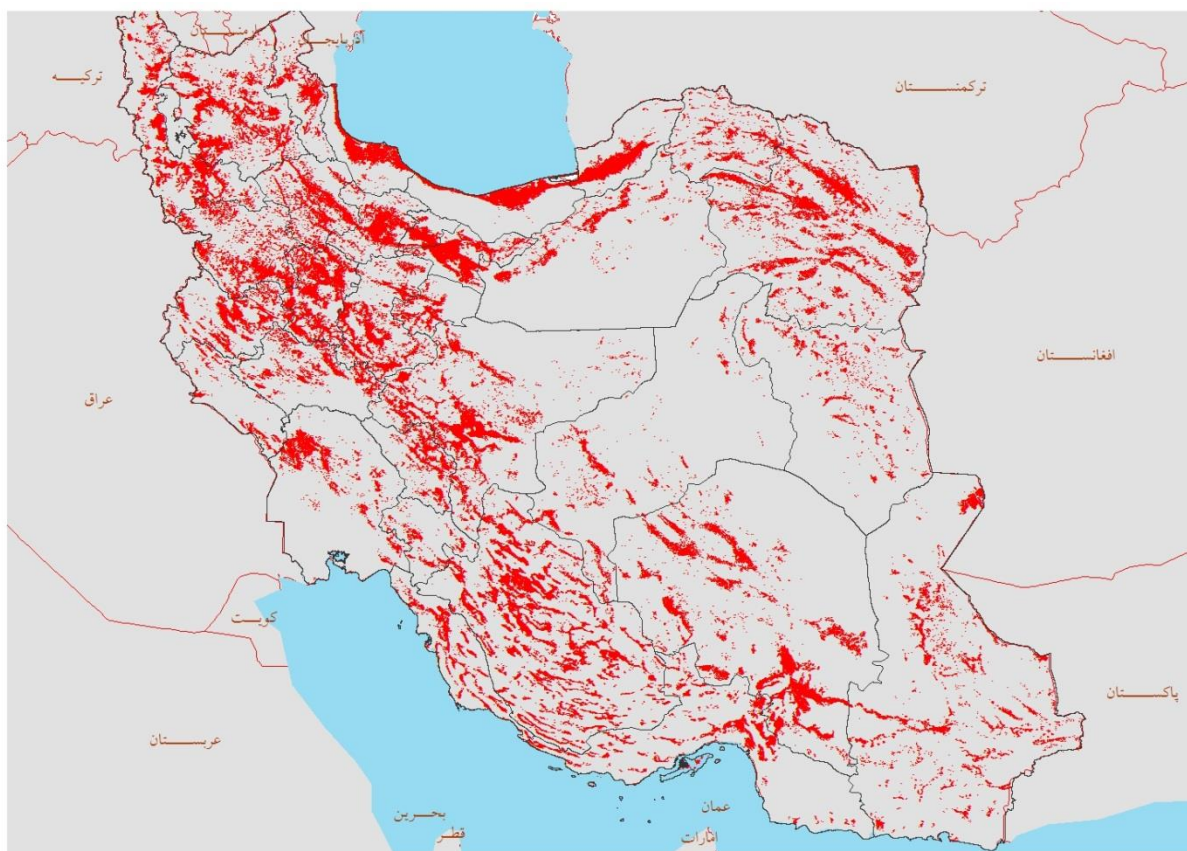
شکل-۱۷ - مقایسه درصد برداشت سالانه از منابع آب زیرزمینی در نقاط مختلف دنیا نسبت به تغذیه آن‌ها

بر طبق آمار اعلام شده توسط وزارت نیرو، در مجموع ۵۰۰ میلیارد مترمکعب ذخایر راهبردی زیرزمینی در سطح کشور شناسایی شده است. از این میزان، ۲۰۰ میلیارد مترمکعب آب‌های شور و لب‌شور بوده و تنها ۳۰۰ میلیارد مترمکعب از لحاظ کیفیت قابل استفاده توسط بخش‌های مختلف مصرف‌کننده بوده است (خبرگزاری مهر، ۲۰ مرداد ۱۳۹۳). اما با کمال تأسف، طبق اعلام وزیر نیرو در اجلاس شورای هماهنگی امور حقوقی دستگاه‌های اجرایی در ۱۰ خردادماه ۱۳۹۴، تاکنون به دلایل مختلف مقادیر قابل ملاحظه‌ای به‌میزان بیش از ۱۱۰ میلیارد مترمکعب (بیش از ۳۶ درصد) از منابع استاتیک و ذخایر راهبردی کشور برداشت شده است (پایگاه اطلاع‌رسانی دولت و وزارت نیرو). نکته قابل توجه این است که تنها در ۱۵ سال گذشته حدود ۸۰ میلیارد مترمکعب و فقط در ۷ سال گذشته بیش از ۳۸ میلیارد مترمکعب از ذخایر آب زیرزمینی کشور از بین رفته است. در واقع آنچه که میراث آیندگان این کشور بوده است، توسط نسل کنونی به تاراج رفته است. در شرایط کنونی از ۶۰۹ دشت و محدوده مطالعاتی کشور تا پایان اسفندماه ۱۳۹۳، تعداد ۳۱۷ دشت جزء مناطق ممنوعه و بحرانی اعلام شده است. تعداد این دشت‌ها در سال ۹۲، ۲۹۷ دشت بوده است (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو).

در نمودار ارائه شده در شکل (۱۸)، روند افزایشی تعداد چاه‌های حفر شده در سطح کشور در طی ۴ دهه اخیر نشان داده شده است. ارقام ارائه شده در این نمودار نشان‌دهنده افزایش قابل توجه تعداد چاه‌ها به رقم بالای ۷۶۰ هزار حلقه در سطح کشور می‌باشد. از این تعداد چاه بیش از ۴۶ میلیارد مترمکعب آب برداشت می‌شود. اما نکته قابل ملاحظه این است که علیرغم افزایش تعداد چاه‌ها در سال‌های اخیر، توان آبدهی آن‌ها با روند نزولی همراه بوده است. همچنین کیفیت منابع آبی کشور در برخی از دشت‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای دچار تخریب شده و شوری آن‌ها افزایش یافته است. در شکل (۱۹)، گستره چاه‌های حفر شده در سراسر این سرزمین نشان‌دهنده عمق فاجعه می‌باشند.



شکل-۱۸ - روند افزایش حفر چاه (عمیق و نیمه عمیق) و تخلیه از آن‌ها در طی ۴ دهه اخیر (وزارت نیرو)



شکل-۱۹ - پراکنش چاه‌های حفر شده در سراسر سرزمین ایران (وزارت نیرو)

در حال حاضر بر اساس آخرین آمار اعلام شده توسط وزارت نیرو، توان تجدیدپذیری منابع آب زیرزمینی کشور با کاهش ۱۱ میلیارد مترمکعبی در سال، از ۴۲ میلیارد مترمکعب به ۳۱ میلیارد مترمکعب رسیده است. لذا برداشت بیش از توان آبخوان‌های کشور را در بسیاری از دشت‌ها شاهد هستیم. این آمار این واقعیت را به مدیران، مسئولین امر و بهره‌برداران گوشزد می‌نماید که ما حتی مجاز به برداشت ۳۱ میلیارد مترمکعبی از منابع آب زیرزمینی کشور نمی‌باشیم، چرا که جبران برداشت‌های غیرمجاز در سالیان اخیر نیازمند کاهش برداشت قابل ملاحظه‌ای نسبت به میزان برداشت کنونی از منابع آب زیرزمینی کشور است. بر طبق برآوردهای صورت گرفته توسط وزارت نیرو، در صورت رعایت همه جوانب امر و استانداردها، حداقل در یک دوره زمانی بیست ساله امکان احیاء منابع آب زیرزمینی امکان‌پذیر خواهد بود (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو).

بر طبق اظهارات مدیرکل دفتر نظام‌های بهره‌برداری و حفاظت آب و آبفای وزارت نیرو، موضوع حفاظت از آب‌های زیرزمینی ابتدا در سال ۸۴ همزمان با برنامه چهارم توسعه با عنوان "طرح تعادل‌بخشی و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی" از سوی وزارت نیرو طراحی گردید. این طرح از سال ۸۴ تا ۸۹ با رویکرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای برای حفظ و احیای منابع آب زیرزمینی در دست اجرا بود. این طرح به مدت ۴ سال در دست اجرا بود، اما با تصویب قانون تعیین تکلیف چاه‌های فاقد پروانه و طرح توسعه کشاورزی در دشت‌های ممنوعه یا طرح فدک، این طرح از سال ۸۹ به بعد در عمل متوقف شد و از این سال به بعد اعتبار این طرح به شدت کاهش پیدا کرد؛ چرا که دولت گذشته به عرضه حداکثری آب برای مصارف گوناگون معتقد بود و در عمل از اجرای کار جلوگیری شد. این امر منجر به این گردید که تعداد چاه‌های غیرمجاز کشور که در سال ۱۳۸۵، ۱۰۳ هزار حلقه بود در سال ۱۳۸۹ به افزون بر ۲۵۰ هزار حلقه رسید. مجموعه این اقدام‌ها باعث شد بیشتر دشت‌های کشور به دشت‌های ممنوعه بحرانی تبدیل شوند و سالانه بیش از ۱۲۰۰ کیلومتر کف‌شکنی در چاه‌های کشور صورت گیرد (پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو).

۶. جمع‌بندی

نوشتار حاضر، صرفاً به منظور ارائه گوشه‌ای از واقعیت‌های کنونی وضعیت منابع آب کشور به رشته تحریر درآمده است. وضعیت ناگوار آب در این سرزمین و به ویژه آنچه که در چهار دهه اخیر بر سر آن آمده است خود گواه این مدعی است که تغییر رویکرد مدیریتی و توسعه کشور و نوع نگاه به بخش آب نیازمند تغییر جدی در همه سطوح مدیریتی، اجرایی، قانون‌گذاری و بهره‌برداری از این منابع محدود و بسیار ارزشمند کشور دارد. بدون تردید، ادامه حیات این سرزمین، در گرو وجود آب کافی و با کیفیت می‌باشد، لذا هر چند شاهد کوتاهی‌ها و عملکرد نادرستی در این زمینه در مناطق مختلف کشور بوده‌ایم، اما هر اقدام جدی که امروز برای حفظ و پایداری این منابع در کشور صورت گیرد، می‌تواند در جلوگیری از گسترش عمق این

فاجعه تا اندازه‌ای اثربخش باشد و این مسئله همت و اراده همگان را می‌طلبد. احیای دریاچه ارومیه نمونه بارزی از این اقدام جدی است که قدم‌های اولیه آن برداشته شده است و این طرح ملی نیازمند همکاری و هماهنگی موثر همه نهادهای ذیربط می‌باشد تا به سرانجام مطلوب بیانجامد. انشالله.

۷. مراجع

۱. میرزایی، مینو. ۱۳۹۳. "مجمع جهانی اقتصاد، بحران آب را در صدر خطرات جهانی دسته‌بندی کرد. خطر بزرگ از کالیفرنیا تا خاورمیانه". روزنامه شهروند. شماره ۵۱۲. ۹ اسفندماه ۱۳۹۳.
۲. وزارت نیرو. ۱۳۹۳. بحران آب و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش اثرات آن (اسلاید).
۳. FAO. water at glance. <http://www.fao.org/nr/water/docs/waterataglace.pdf>
۴. <http://chartsbin.com>
۵. Immerzeel, W. W., P. Droogers, W. Terink, J. Hoogeveen, P. Hellegers, M. Bierkens, R. van Beek. ۲۰۱۱. Middle-East and Northern Africa Water Outlook. World Bank Study. Future Water Report ۹۸
۶. International Water Management Institute. ۲۰۰۷. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan, and Colombo.
۷. Milly PCD, Dunne KA, Vecchia AV. ۲۰۰۵. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. Nature ۴۳۸: ۳۴۷-۳۵۰.
۸. Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. ۲۰۰۹. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR ۲۰۱۰.
۹. United Nations Economic and Social Council. ۱۹۹۷. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, Report of the Secretary-General, Commission on Sustainable Development, Fifth Session, April ۱۹۹۷ <http://www.un.org/esa/documents/ecosoc/cn۱۷/۱۹۹۷/ecn۱۷۱۹۹۷-۹.htm>
۱۰. World Economic Forum. ۲۰۱۵. Global Risks ۲۰۱۵ Report. <http://reports.weforum.org/global-risks-۲۰۱۵/#read>.
۱۱. Jac/van der Gun. Groundwater and global change: trends, opportunities and challenges. UNESCO, ۲۰۱۲.
۱۲. پایگاه اطلاع‌رسانی دولت.
۱۳. پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو.
۱۴. خبرگزاری ایرنا.
۱۵. خبرگزاری مهر.