دانشگاه زنجان
معاونت فرهنگی اجتماعی
دانشگاه زنجان

# نشریه علمی .. گاهنامه رهاب

## با محوریت بحران آب

سال دوم / شماره سوم / بهار ۱۴۰۲

نشریه علمی دانشجویی: علوم و مهندسی آب / شماره مجوز: ۱ / تاریخ اخذ مجوز: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰
صاحب امتیاز: نیما مقدم

مدیر مسئول: امیرحسین توانا

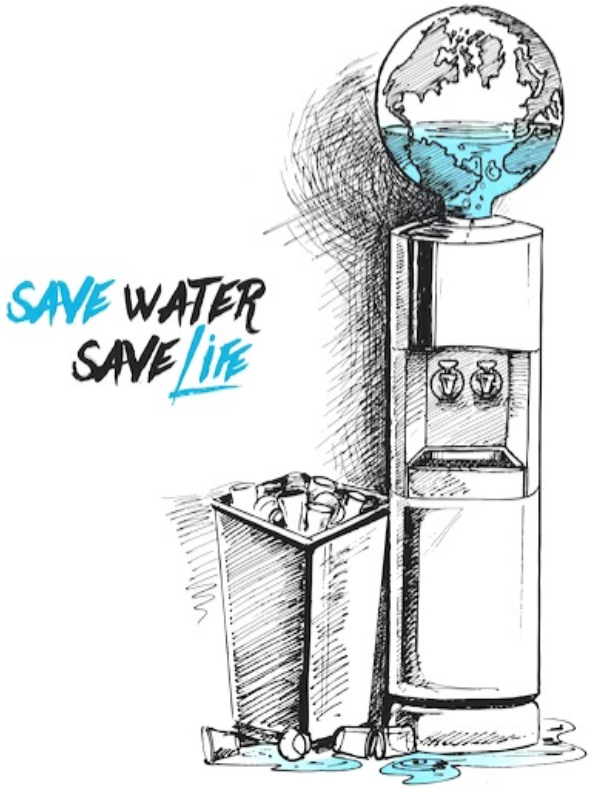
سردبیر: علی میلاندرزاده

استاد مشاور انجمن علمی: دکتر حسن اوجاقلو

اعضای هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):
زهرا احدی - محمدرضا شهبازی - فاطمه شیرمحمدی - سارا قدرتیان - الهه قزلباش - زهرا مدبر

ویراستار فنی:
زهرا احدی - سارا قدرتیان

صفحه آرا:
محمدرضا شهبازی



پیشگفتار


عوامل ایجاد بحران آب ۱

کشاورزی و بحران آب دوروی یک سکه ٤

کاهش تبخیر از مخزن آب سد ۹

آب مجازی ۱٦

مصاحبه با متخصصان آب کشور ۱۹

رویدادها ۲۰

طنز تلخ ۲۱

دیگرفعالیت های انجمن علمی دانشجویی ۲۲


گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه زنجان۱٤۰۱-۱٤۰۲

# بحران آب

منابع آب شیرین در هر کشور محدود و بهره برداری دراز مدت از آن موجب کم آبی و یا بی آبی خواهد گردید. در طی دهه‌های آینده‌ی آب منبع و عامل بحران برای حیات کشورهای خشک و نیمه خشک خواهد بود تا آنجا که تنش‌های سیاسی بین کشورهای همسایه بر سر استفاده از آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها و مخازن آب‌های زیرزمینی بین الملل ممکن است تا سر حد جنگ هم پیش برود، ضمن اینکه پروژه‌های آتی قطعاً با هزینه‌های بالاتری مواجه و دستیابی به آن مشکل‌تر خواهد بود.

توجه به این مهم که با بالا رفتن سطح زندگی مردم مصرف سرانه آب افزایش می‌یابد نیز حقیقتی گویا از روند سریع مصرف آب در آینده خواهد بود.

عامل مهم دیگر استفاده از مواد شیمیایی در مصارف کشاورزی است که وجود این آلاینده‌ها حتی در پساب‌های صنعتی به طور جدی بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارد و قابلیت مصرف آن‌ها را از بین خواهد برد. باید پذیرفت که آلودگی آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع زیرزمینی به سادگی قابل رفع کردن نیست و حتی تکنولوژی مقرون به صرفه‌ای برای مقابله با آن وجود ندارد؛ حتی در کشورهای پیشرفته صنعتی برای حذف آلودگی‌ها تا به حال به راه کار قابل ملاحظه‌ای نرسیده‌اند.

بنابراین در دهه‌های آینده نمی‌توان بسیاری از منابع آب را برای مقاصد شرب مطلوب دانست، نتیجتاً توجه به این امر مهم که کشور ما نیز جزئی از پیکره هستی بوده و به تدریج کمبود آب و افت منابع زیر زمینی بر آن حادث خواهد شد نباید برنامه ریزی درست حتی برای لحظه‌ای فراموش گردد و شرکت‌های آب و فاضلاب نیز به عنوان متولی امر توزیع آب در چگونگی و مدت زمان رسیدن به بحران نقش اساسی و مهمی را به عهده دارند.

# عوامل ایجاد بحران آب

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ

و ما آب را به قدر معین از آسمان نازل و در زمین ساکن ساختیم و برای از بین بردن آن مسلما تواناییم.

## مقدمه

حدود ۷۰ درصد از سطح زمین را آب تشکیل می‌دهد که سه درصد آن آب شیرین بوده که برای مصرف انسان‌ها مناسب است. حدود دو سوم از این میزان نیز در یخچال‌های طبیعی یخ زده قرار گرفته است و برای استفاده انسان‌ها در دسترس نیست. متأسفانه میلیون‌ها نفر در سرتاسر جهان به آب دسترسی نداشته و یا اگر امکان دسترسی به منابع آب برای آنها وجود داشته باشد نمی‌توانند از آن استفاده کنند. یکی از دیگر حقایقی که در مورد این منبع جهانی وجود دارد این است که آب آشامیدنی سالم و تمیز، کمیاب است و میلیون‌ها نفر در سراسر جهان تمام روز خود را برای جستجوی آن صرف می‌کنند. با این حال افرادی که به آب آشامیدنی تمیز دسترسی دارند عاقلانه از آن استفاده نمی‌کنند.

## از جمله عواملی که سبب ایجاد بحران آب در دنیا و ایران شده است:

-گرمایش جهانی
-بلایای طبیعی
-خشکسالی
-کشاورزی ناکارآمد
رشد سریع و الگوی نامناسب استقرار جمعیت
-سوء مدیریت وعطش توسعه

## خشکسالی

به طور کلی مناطقی دچار خشکسالی می‌شود که دارای آب و هوای گرم و خشک بوده و میزان بارندگی برای تأمین منابع آب ساکنان آنها کافی نباشد. برخی مناطق با خشکسالی دائمی مواجه هستند در حالی که مناطق دیگر ممکن است به طور اتفاقی دچار خشکسالی شوند. مشکل خشکسالی در سراسر جهان رایج بوده و ممکن است سطح آب زیرزمینی را به شدت کاهش دهد و دسترسی به آب چشمه‌ها را برای مردم غیرممکن کند.

## کشاورزی ناکارآمد

در حالیکه تنها ۱۲ درصد از مساحت ایران زیر کشت می‌رفته، حدود ۹۳ درصد از مصرف آب ایران در بخش کشاورزی صورت گرفته است. این در حالیست که تنها ده درصد تولید ناخالص ملی کشور از راه کشاورزی به دست می‌آید و ۱۷ درصد نیروی کار کشور در این بخش مشغول هستند . ایران به دلیل تکیه بر اقتصاد مبتنی بر نفت، بهره‌وری اقتصادی خود در بخش کشاورزی را در تاریخ معاصر نادیده گرفته است. تمایل برای افزایش تولید کشاورزی، توسعه مناطق تحت کشت را در سراسر کشور تشویق کردهاست . بخش کشاورزی در ایران از لحاظ اقتصادی ناکارآمد است و سهم این بخش در تولید ناخالص ملی در طول زمان کاهش یافته است. این بخش هنوز صنعتی نشده و کشور از شیوه های منسوخ شده کشاورزی و منتهی به بهره‌وری بسیار کم در آبیاری و تولید رنج میبرد. شیوه غالب کشاورزی در ایران، کشاورزی آبی است و بازده اقتصادی حاصل از مصرف آب کشاورزی پایین است. الگوهای محصول در سراسر کشور نامناسب و در بسیاری از مناطق با شرایط دسترسی به آب ناسازگار است توجه به خودکفایی در تولید محصولات عمده استراتژیک مانند گندم پس از انقلاب و طی سالهای جنگ با عراق و تحریم‌های اقتصادی افزایش یافت و منجر به تحمیل یارانه‌های سنگین در بخش توسعه کشاورزی شد و باعث فشار بیش از حد در بخش آب گردید.

## گرمایش جهانی

گرمایش زمین یکی دیگر از عوامل مهم کمبود آب است. وقتی دمای هوای ما گرم‌تر می‌شود آب رودخانه‌ها و دریاچه‌ها سریع‌تر تبخیر شده در نتیجه افرادی که برای آب آشامیدنی به این منابع آبی متکی هستند از عواقب گرمایش جهانی رنج می‌برند؛ این موضوع بر منابع آب محلی نیز تأثیر می‌گذارد.

## بلایای طبیعی

بلایای طبیعی مانند سونامی و سیل نیز ممکن است باعث کمبود شدید آب برای ساکنان محلی شود زیرا در صورت وقوع چنین وقایعی، احتمال دارد منابع آب محلی به طور کامل از بین برود همچنین ممکن است در پی وقوع سیل با جابجایی مقادیر زیادی خاک، آب‌های محلی دچار آلودگی جدی شود در نتیجه پس از جاری شدن سیل، رودخانه‌های محلی، دیگر برای تأمین منابع آب آشامیدنی مناسب نباشند.



نشریه انجمن علمی دانشجویی گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه زنجان
رهاب

نـه تنها برنامه‌هـا بـرای سـاخت کشـوری بـا خودکفایـی در مـواد غذایـی شکسـت خـورده، بلکـه آرمـان دسـتیابی بـه امنیـت غذایـی باعـث ناامنـی در بخـش آب گردیـده اسـت. در حالـی کـه بسـیاری از کارشناسـان معتقدنـد کـه ایـران ظرفیـت مـورد نیـاز بـرای تبدیـل شـدن بـه خودکفایـی در مـواد غذایـی را نـدارد، نگرانی‌هـای جـدی در مـورد وابسـتگی کشـور بـه واردات مـواد غذایـی وجـود دارد و امنیـت غذایـی و خودکفایـی هنـوز هـم از موضوعـات بحـث برانگیـز در ایـران هسـتند.

## رشد سریع و الگوی نامناسب استقرار جمعیت

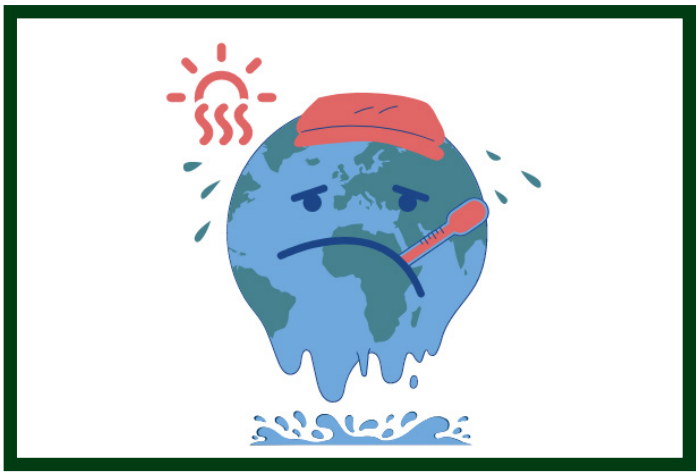
جمعیـت ایـران در قـرن نوزدهـم میـلادی زیـر ۱۰ میلیـون نفـر تخمیـن زده میشـود. در حالیکـه در سـال ۱۹۷۹ جمعیـت ایـران بـه ۳۵ میلیـون نفـر و در دو دهـه بعـد از آن جمعیـت ایـران بـه دو برابـر یعنـی ۷۰ میلیـون نفـر افزایـش پیـدا میکنـد. جمعیـت بیشـتر بـه غـذای بیشـتری نیـاز دارد. بـه همیـن دلیـل تولیـد محصوالـت کشـاورزی بـه شـدّت افزایـش یافتـه و آبهـای زیرزمینـی و روان بـه سرعـت مـصرف شـدند . محصـول سـاده ایـن رشـد سریـع جمعیـت، افزایـش تقاضـای آب و متناسـب بـا آن کاهـش شـدید سرانـه آب در دسـترس اسـت. سرانـه کنونـی آب در دسـترس ایـران بـا ۱۳۰۰ مترمکعـب، کمـی بالاتـر از متوسـط خاورمیانـه و شـمال آفریقـا اسـت. امـا ایـن مقـدار بسـیار پاییـنتر از متوسـط جهانـی (۷۰۰۰ مترمکعـب) اسـت بـا ایـن حـال مـصرف خانگـی مـردم از آبهـای زیرزمینـی تنهـا هشـت تـا هفـت درصـد اسـت کـه رقـم بالایـی محسـوب نمیشـود. بـا توجـه بـه ایـن کـه بیشـتر مـصرف آب ایـران در بخـش کشـاورزی اسـت و مـصرف خانگـی سـهم کمـی در اسـتفاده از آب دارد، صرفـه جویـی مـردم ایـران تأثیـر زیـادی بـر بحـران کمبـود آب کشـور نـدارد. خانه‌هـا تنهـا ۷ درصـد آب موجـود در کل کشـور را اسـتفاده میکننـد و اگـر بیسـت درصـد صرفـه جویـی در مـصرف آنهـا محقـق شـود صرفاً ۱.۵ درصـد آب کشـور نجـات پیـدا میکنـد .ولـی صرفـه جویـی در مـصرف غذایـی میتوانـد تأثیـر زیـادی بـر مـصرف آب در بخـش کشـاورزی بگـذارد . توزیـع مکانـی جمعیـت علـاوه بـر رشـد جمعیـت از عوامـل عـدم تطابـق بیـن آب در دسـترس و تقاضـای آب اسـت. نابرابـری اقتصـادی، فرصتهـای شـغلی و شرایـط زندگـی بهـتر در مناطـق شـهری باعـث افزایـش شهرنشـینی و مهاجـرت از مناطـق روسـتایی و شـهرهای کوچـک بـه مناطـق عمـده شـهری شـده اسـت، ماننـد تهـران بـزرگ، کـه میزبـان ۱۸ درصـد از جمعیـت کشـور اسـت .در حـال حـاضر، ۷۰ درصـد از جمعیـت ایـران شهرنشـین اسـت. توزیـع مکانـی موجـود و افزایـش و تمرکـز جمعیـت در شـهرهای بزرگـتر کـه هـم اکنـون نیـز بـرای تأمیـن آب مـورد نیـاز خـود دچـار مشـکل هسـتند، تـوازن عرضـه و تقاضـای آب در مناطـق شـهری را بـا چالـش روبـرو کـرده اسـت. هشـدار در مـورد خطـر جیـره بنـدی در عرضـه آب در ماه‌هـای تابسـتان در شـهرهای بزرگـتر رایـج اسـت.

سرعـت شهرنشـینی، مهاجـرت بـه شـهرهای بـزرگ و توسـعه اراضـی مسـتلزم افزایـش مـداوم در تأمیـن آب بـا رشـد سریـع تقاضـای آب در مناطـق شـهری اسـت. افزایـش مـداوم تقاضـای آب بسـیار نگـران کننـده اسـت. بـا گسـترش سریـع شهرنشـینی، تمایـل بـه توسـعه بخـش صنعـت و تلاشـها بـرای شناسـایی منابـع اضافـی تأمیـن آب، تقاضـای آب را افزایـش داده اسـت.

## سوء مدیریت و عطش توسعه

منابـع آب ایـران بـه طـور جـدی از سـاختار نامناسـب حکمرانـی و مدیریـت آب رنـج میـبرد. در بخـش آب، تعـدد ذینفعـان و تنظیـم منابـع آب بهطـور طبیعـی بـا درگیریهـا و رقابتهـا همـراه اسـت .سـازمان حفاظـت محیـط زیسـت ایـران، مسـئول حفاظـت از محیـط زیسـت کشـور، قـدرت سیاسـی محـدودی دارد و فاقـد ظرفیـت مـورد انتظـار بـرای اجـرای مقـررات جلوگیـری از آسـیبهای محیـط زیسـتی اسـت. همچنیـن سـاختار سلسـله مراتبـی سیسـتم مدیریـت آب در ایـران فرصتهایـی را بـرای فسـاد و ناکارآمـدی جـدی در تبدیـل تصمیـمات بـه عمـل، ایجـاد میکنـد . سـازمان محیـط زیسـت سرعـت اسـتفاده از منابـع آب زیرزمینـی در ایـران را در قیـاس بـا اسـتاندارد جهانـی سـه برابـر بیشـتر تخمیـن میزنـد. ایـن برداشـت بیرویـه عامـل خشـکیدن ۲۹۷ دشـت از ۶۰۰ دشـت ایـران میباشـد. همچنیـن بخاطـر عـدم رسـیدگی بـه شـبکه انتقـال آب ۳۵ میلیـارد مترمکعـب آب در مسـیر انتقـال هـدر میـرود. مطابـق گـزارش شرکـت آب و فاضـلاب، دانشـکده محیـط زیسـت دانشـگاه تهـران تـا تاریـخ شـهریور مـاه سـال نـود چهـار ۴۰٪ از شـبکه آب کشـور فرسـوده اعـالم شـد. ۱۳٪ از کل هـدر رفتـن آب ایـران تـا ایـن تاریـخ بـه موجـب همیـن فرسـودگی بـوده اسـت . تـلاش ایـران بـرای مدرنیـزه شـدن، در کنـار پیشرفتهـای قابـل توجـه در توسـعه زیرسـاختها قبـل و بعـد از انقـلاب اسـلامی، باعـث توجـه کمتـر بـه اثـرات محیـط زیسـتی طـول ایـن مـدت بـه دلیـل تعجیـل بـرای سـاخت زیرسـاختها و توسـعه فنـاوری شـد. در نتیجـه ایـن وضعیـت ارتبـاط مهـم بیـن توسـعه و محیـط زیسـت تـا حـد زیـادی نادیـده گرفتـه شـد، و اجـرای پروژههـای زیربنایـی و مهندسـی بهطـور جـدی محیـط زیسـت را تحـت تأثیـر قـرار داد کـه اثـرات منفـی آن بـر سـالمت مـردم و بـر سیسـتمهای طبیعـی مشـاهده شـده یـا در طولانـی مـدت دیـده خواهـد شـد. بـا وجـود اثـرات محیـط زیسـتی و اقتصـادی، تشـنگی بـرای توسـعه فنـی و تکنولـوژی سریـع بـه جـای توسـعه پایـدار. حکمرانـی بـد، عامـل بحـران آب اسـت آنچـه کمبـود منابـع آب را بـه بحـران آب تبدیـل میکنـد، گزارهـای بـه نـام سـوءمدیریت و حکمرانـی بـد اسـت. یعنـی کمبـود منابـع آب، لزومـا بحـران آب نیسـت. یـک حلقـه مفقـوده بیـن ایـن دو هسـت. در ایـن زمینـه مطالعـات متعـددی صـورت گرفتـه اسـت. بـه عنـوان نمونـه، بانـک توسـعه آسـیایی هرسـاله چشـمانداز کشـورهای آسـیایی را تهیـه و منتشـر میکنـد. بخـش مهمـی از ایـن مطالعـات، بحـث امنیـت آبـی در کشـورمختلف را بررسـی و واکاوی میکنـد. از سـال ۲۰۰۶ میـلادی ایـن چشـمانداز هـر سـال منتشـر میشـود. نتایـج مطالعـات و تحلیلهـای عمیـق چشـماندازی کـه بـرای کشـورهای آسـیایی صـورت گرفتـه، ایـن را نشـان میدهـد کـه کشـورهای آسـیایی اگـر بـا بحـران آب مواجـه شـدند، بـه خاطـر کمبـود فیزیکـی منابـع آبـی نیسـت. بلکـه بـه خاطـر سـوءمدیریت یـا مدیریـت ضعیـف آنهاسـت. براسـاس اطلاعـات و مطالعـات مرکـز پژوهـش هـای مجلـس شـورای اسـلامی ﴿عـدم تطابـق اسـناد بالادسـتی بخـش آب بـا نیازهـای روز ایـن بخـش﴾ ، ﴿تعـدد دسـتگاهی و عـدم هماهنگـی بیـن دسـتگاهها و بخشـی‌نگری آن هـا﴾ ، ﴿نبـود برنامـه مـدون بلندمـدت و ارتبـاط سـایر اسـناد بالادسـتی﴾ و ﴿خشکسـالیها و تغییـر اقلیـم﴾ بـه عنـوان برخـی از مهمتریـن مقـصران بحـران آب شناسـایی شـده اسـت.لذا بطـور کلـی مـی تـوان مهمتریـن عواملـی کـه منجـر بـه پیدایـش و تشـدید بحـران آبـی در کشـور شـده اسـت، میتـوان بـه تغییـر اقلیـم، خشکسـالی، افزایـش جمعیـت، نـگاه توسـعه ای فیزیکـی و سـازهای بخـش آب، عـدم توجـه بـه اهمیـت موضـوع آمایـش سرزمیـن، عـدم هماهنگـی بخـش آب و کشـاورزی، قیمـت بسـیار پاییـن آب، صـادرات آب مجـازی و بهره‌بـرداری نامتناسـب در بهره‌بـرداری از منابـع آب، نارسـایی قوانیـن و مقـررات بخـش آب، اسـتقرار فعالیت‌هـای آب‌بـر در مناطـق خشـک، برداشـت غیرمجـاز از چاههـای مجـاز، حفـر چاههـای غیرمجـاز، الگـوی کشـت نامتناسـب و بهـره‌وری پاییـن بخـش کشـاورزی اشـاره کـرد.

در پایان لازم به ذکر است، براساس آمار شرکت مدیریت منابع آب ایران تا تاریخ ۲۵ اردیبهشت سال ۱۴۰۱ تعداد ۱۲ سد تنظیمی و مخزنی در ایران ۱۰۰ درصد پر از آب است و در آستانه‌ی سر ریز شدن می‌باشند. با وجود خشکسالی و مسئله کم آبی ایران و جهان، این شرایط، شرایط امیدبخش و خوشحال کننده ای است.



## منابع


https://fa.wikipedia.org

https://www.imna.ir

https://www.iran-futures.org

# کشاورزی و بحران آب دوروی یک سکه

## مقدمه

بحران خشکسالی پدیده‌ای است که در دهه اخیر جهان و به خصوص کشورهایی همچون ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک کره زمین واقع شده را با چالش های جدی مواجه کرده است.بخش کشاورزی که منبع اصلی غذایی برای جوامع بشری محسوب می‌شود در شرایط خشکسالی به شدت تحت تاثیر قرار گرفته و آسیب‌های جدی می بیند به طوریکه کاهش آب‌های سطحی سبب می‌شود تا زارعان و باغداران و سایر بخش‌ها به برداشت بی رویه از سفره‌های زیر زمینی روی بیاورند.در این میان برداشت بی رویه از سفره‌های آب زیر زمینی آن هم در شرایط خشکسالی یا کم بارشی سبب می‌شود تا این ذخایر ارزشمند در کمترین زمان نیست و نابود شوند چرا که شیوه برداشت از این منابع غیر علمی و سنتی بوده و خسارت‌ها را دوچندان می‌کند.برداشت آب به روش سنتی و آبیاری مزارع با شیوه‌های قدیمی نه تنها سبب تخلیه زودهنگام سفره های آب زیر زمینی و حتی آب‌های سطحی می‌شود بلکه در مقابل نیز میزان محصول تولیدی در مقایسه با هزینه‌ها و صرف منابع ناچیز خواهد بود.امروزه در کشورهای پیشرفته جهان نگاه‌ها به این سمت معطوف شده که باید از منابع آب سطحی و زیر زمینی برای بخش‌های مختلف به ویژه کشاورزی به بهترین شکل ممکن و با استفاده از تجهیزات و امکانات پیشرفته و هوشمند اتجام شود تا ضمن جلوگیری از هدر رفت سرمایه‌های آبی، بتوان بیشترین محصول و با کیفیت مطلوب به دست آوردخشکسالی و کم آبی در ایران با اقلیم خشک و نیمه خشک با میانگین بارش کمتر از ۱۵۰ میلیمتر (کمتر از یک سوم میانگین جهانی) یک واقعیت است که با روند روزافزون نیاز آبی در بخش‌های مختلف در برابر کاهش نزولات جوی و کاهش شدید منابع آب کشور، این موضوع در آینده بیشتر نمایان خواهد شد. در حال حاضر بیشترین مصرف آب در کشور ایران در بخش کشاورزی بوده که حدود ۹۰ درصد منابع آب کشور را شامل می‌گردد. بنابراین مدیریت مصرف آب در این بخش می‌تواند بسیار مؤثر و راهگشا باشد. در این راستا توجه به راندمان آبیاری، بهره‌وری مصرف آب، مقدار آب مصرفی و بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری از مهمترین رویکردهای اساسی در کاهش مصرف، بهینه‌سازی و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌باشد که باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. کاهش مصرف آب در کشاورزی، باید یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشاورزان باشد.انسان‌ها امروزه با یک تناقض روبه‌رو هستند؛ ازیک‌طرف تقاضا برای محصولات کشاورزی بسیار زیاد شده و از طرف دیگر، با کم‌آبی مواجه هستیم. کاهش منابع طبیعی و به خصوص آب، یکی از اساسی ترین عواملی است که باعث ایجاد محدودیت در کشاورزی می شود.اگر قرار باشد با همین روال پیش برویم؛ نسل آینده به طرز فجیعی با مشکل کم‌آبی مواجه می‌شوند؛ بنابراین تا دیر نشده است باید دست‌به‌کار شویم.مصرف آب در کشاورزی ایران، نسبت به کشورهای توسعه‌یافته خیلی بیشتر است. دلیل این موضوع هم عدم استفاده از فناوری‌های روز دنیا در سیستم های آبیاری در کشاورزی و صنعت توسط ایرانیان می باشد. بسیاری از کشاورزان ایرانی نسبت به استفاده از فناوری‌های جدید، موضع‌گیری دارند و حاضر نیستند از روش‌های قدیمی دست بردارندمدیریت آب بخش مهمی از عملیات مزرعه و تولید محصولات با کیفیت است. در زمان کمبود آب، صرفه‌جویی و گسترش منابع آبی برای اطمینان از اینکه منابع آب در طول فصل رشد در دسترس خواهد بود، مهم است. در واقع نکته حائز اهمیت آن است که مطمئن شوید محصول در طول دوره رشد آب کافی دریافت کرده و در عین حال آبی در جهت رشد آن هدر نمی‌رودآنچه که مسلم است این است که در سیستم‌های سنتی آبیاری نظیر آبیاری غرقابی هدر رفت و مصرف آب بسیار زیاد است. برای صرفه‌جویی در مصرف آب بهتر است از سیستم‌هایی استفاده شود که با حداقل میزان تبخیر، بیشترین راندمان آبیاری را دارند. برای کاهش میزان آبی که در کشاورزی مصرف می‌شود، آبیاری باید تا حد امکان بهینه باشد. برنامه‌های آبیاری را می‌توان طوری تنظیم کرد که فقط در صورت لزوم امکان آبیاری را فراهم کند. در حال حاضر سیستم‌های آبیاری

هوشمند برای تنظیم شبکه‌های آبیاری و پاسخگویی به میزان بارش، رطوبت در خاک و... در دسترس هستند.
از سویی دیگر استفاده از برخی سیستم‌های آبیاری نسبت به سایرین، برای مصرف بهینه آب ارجحیت دارند. برای مثال استفاده از آبپاش آلومینیومی یا آبپاش برنجی به عنوان جایگزین سیستم آبیاری گان می‌تواند مصرف آب را از ۵-۱۵٪ کاهش دهد. همچنین به کارگیری سیستم آبیاری قطره ای جایگزین سیستم بارانی می‌تواند تا ۸۰٪ در مصرف آب صرفه‌جویی کند. سیستم آبیاری قطره ای با رساندن آب دقیقا به ناحیه ریشه امکان حداکثر راندمان آبیاری را فراهم می‌آورد.

## روش‌های مختلف برای کاهش مصرف آب در کشاورزی

### افزایش دانش نسبت به بافت خاک و میزان آب موردنیاز

این موضوع بسیار پیش‌پاافتاده است، حتی اگر شما آبیاری قطره‌ای یا بارانی داشته باشید؛ اما ندانید گیاه شما چه مقدار آب نیاز دارد به‌سادگی و به‌راحتی آب را هدر خواهید داد.برای آبیاری درخت باید تا عمق ۱ متری آن، آب برود؛ اما در کشت زراعی، خیس شدن بیش از عمق ۵۰ سانتی‌متری یعنی حرام کردن آب.حال به سراغ بافت خاک می‌رویم؛ اگر بافت خاک شما سبک و شنی باشد، به‌سادگی آب به عمق نفوذ می‌کند؛ اما اگر بافتی سنگین و رسی داشته باشد آب به‌سادگی به عمق نفوذ نمی‌کند. بنابراین مدت زمان آبیاری در حالتی که بافت خاک شنی است بایستی کوتاه‌تر و فاصله آبیاری‌ها کم شود و در خاک هایی دارای بافت سنگین، باید مدت‌زمان آبیاری بیشتر باشد و دوره آن طولانی‌تر.
اگر دو خاک رسی و شنی را به یک شیوه آبیاری کنید، گیاه خاک شنی همیشه تشنه می‌ماند و گیاه در خاک رسی، با مشکل پوسیدگی ریشه و بیماری‌های قارچی مواجه می‌شود.

### کاشت گیاهان مقاوم در برابر خشکی

گیاهان مقاوم به خشکی به آب زیادی نیاز ندارند و از رطوبت خاک برای تولید میوه در فصول خشک استفاده می‌کنند.
کشاورزی خشک باعث افزایش عطر، طعم و مزه محصول می‌شود؛ اما میزان محصولات تولیدشده به این روش از محصولات آبی کمتر است. انگور، زیتون،زرشک، عناب، گل محمدی و ... را می‌توان به این شیوه تولید کرد.

### استفاده از مواد نگه‌دارنده آب در خاک

جاذب‌هایی مانند؛ پلیمرهای سوپر جاذب، زئوپلانت و ژل سوپر جاذب می‌توانند موجب کاهش مصرف آب در کشاورزی شوند.این جاذب‌ها می‌توانند آب و مواد مغذی را ذخیره و سپس آن‌ها را در خاک به تدریج آزاد کنند و در اختیار ریشه قرار دهند؛ به‌این ترتیب گیاهان قادر به رشد در زمین‌های کم آب و مواد مغذی کم خواهند بود.

### نقش کود در کاهش مصرف آب

کودهای آلی (طبیعی)، می توانند باعث افزایش تخلخل خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک شوند، آن‌ها مواد مغذی لازم برای میکروارگانیسم‌هایی که در خاک زندگی می‌کنند را فراهم می‌کنند. خاک سالم که غنی از مواد آلی و موجودات میکروبی است مانند یک اسفنج آب را در خود ذخیره می‌کنند و باعث کاهش مصرف آب در کشاورزی می‌شوند.
مطالعه و تحقیقات فراوانی در جهان ثابت کرده است گیاهانی که کود آلی دریافت کرده‌اند، در برابر کم‌آبی، گرما، سرما و سایر عوامل محیطی مقاومت بیشتری دارند.همچنین خاک‌های آلی می‌توانند منابع آب زیرزمینی را تا ۲۰ درصد افزایش دهند. کود آلی یا کودهایی که منشا طبیعی دارند (مشتق شده از فضولات حیوانات، بقایای بدن حیوانات) و مواد گیاهی (به‌عنوان‌مثال کمپوست و بقایای محصول) می باشد. سایر کودهای آلی یا طبیعی عبارت‌اند از؛ زباله‌های حیوانی تولیدشده از فراوری گوشت، کود مایع، کود مرغ، کود خرچنگ و نرم‌تنان و کود امولسیون ماهی.

### سیستم آبیاری قطره‌ای

آبیاری قطره‌ای یک روش کارآمد برای انتقال آب به محصولات با حداقل هدر رفت آب است و می‌تواند مصرف آب را ۳۰ تا ۸۰ درصد کاهش دهد. گرچه هزینه اولیه آن بالا است؛ اما باعث کاهش تبخیر، مصرف آب و رویش علف‌های هرز و همچنین باعث رساندن آب به عمق ریشه می‌شود.

### آبیاری تحت‌فشار قطره‌ای زیرسطحی

اگر از سیستم آبیاری قطره‌ای در زیر خاک استفاده شود، به آن سیستم آبیاری تحت‌فشار قطره‌ای زیرسطحی می‌گویند.که در آبیاری قطره‌ای سطحی راندمان حدود ۸۰٪ است؛ اما در آبیاری مدرن زیرسطحی راندمان حدود ۹۹٪ است.مزیت آبیاری زیرسطحی این است که حتی یک قطره هم هدر نمی‌رود و آب دقیقاً به‌پای ریشه گیاه می‌ریزد؛ در این حالت مصرف کودها نیز حداقل ۴۰٪ کاهش می‌یابد.
دیگر حسن آبیاری زیرسطحی این است که علف‌های هرز که بذرشان همیشه در سطح وجود دارد، آبیاری نمی‌شوند و درنتیجه بعد از گذشت ۲ تا حداکثر ۳ سال، شما دیگر چیزی به نام علف هرز نخواهید داشت.

### آبیاری توسط لایه خیس زیرین

سیستم‌های آبیاری توسط لایه خیس زیرین یا به‌اصطلاح «سیستم بدون رواناب» که از هدر رفتن آب و کود جلوگیری می‌کند. این سیستم توسط تولیدکنندگان گلخانه‌ای استفاده می‌شود؛ تا کیفیت محصول را بهبود بخشیده، به رشد یکنواخت‌تری دست یابند و تولید را افزایش دهند.
در سیستم‌های آبیاری توسط لایه خیس زیرین، محلول آب و مواد مغذی در مخزن ریخته می‌شود و به شیوه مویرگی به‌وسیله سوراخ‌هایی که در پایین گلدان وجود دارد، توسط گیاه در حال رشد جذب می‌شود. این سیستم‌ها برای محصولاتی که در گلدان‌ها یا آپارتمان‌ها رشد می‌کنند مناسب هستند.

**مزایای سیستم‌های آبیاری توسط لایه خیس زیرین**

- محلول‌های آب و مواد مغذی باقی‌مانده را می‌توان بازیافت کرد؛
- مصرف آب و کود، در مقایسه با سیستم‌های معمولی به میزان حداقل ۵۰٪ کاهش می‌یابد؛
- همه گیاهان به‌طور یکنواخت آبیاری می‌شوند؛
- اندازه و مقدار کود یا مواد مغذی را می‌توان به‌راحتی تغییر داد؛
- گیاهان بهتر رشد می‌کنند.

**اجرای الگوی کشت (برنامه کشت) متناسب با شرایط منطقه‌ای:**

با توجه به اقلیم‌های متفاوت و توزیع مناسب منابع آب در سطح کشور، مدیریت منابع و مصارف آب جهت پاسخگویی به نیازهای متعدد در نقاط مختلف کشور و مطابق الگوی اقلیمی به ضرورت انکار ناپذیر است.
در این ارتباط:

- اجرای الگوی کشت سنتی بدون توجه به شیوه‌های بهینه‌سازی کشاورزی
- بی‌توجهی به وسعت و ظرفیت زمین
- عدم توجه کافی به نیازهای بازار مصرف در استانهای کشور و مقاصد صادرات و زمانبندی مناسب در تولید محصول
- بی‌توجهی به میزان کمی و کیفی منابع آب
- عدم وجود دانش کافی در زمینه اقتصاد کشاورزی
- بی توجهی به مصارف اقتصادی آب بر اساس اقلیم و خاک مناطق و کشت محصولاتی پرآب بر در استان‌های خشک و کم کشورمنجر به هدر رفت منابع آبی و غالباً کشت‌های غیر اقتصادی با بازدهی کم در مقابل ارزش آب مصرفی خواهد شد.

کشت خودسرانه و بدون برنامه ریزی، نه تنها برای تعادل بازار هدف موثر نیست، باعث بر هم زدن تعادل مصارف آبی و تاثیرات منفی بر میزان کمی و کیفی منابع آب در مناطق و همچنین تغییرات نامتعارف اکوسیستم و خاک را نیز در پی خواهد داشت. این در حالی است که به لحاظ اقتصاد ملی نیز چندان موثر واقع نخواهد شد.

**تغییر در الگوی مصرف آب و تغییر نگرش در بخش کشاورزی:**

در شیوه کشت سنتی، توسعه کشاورزی از طریق گسترش سطح کشت آبی به جای افزایش تولید در واحد سطح مورد توجه قرار می‌گیرد. این شیوه از کشاورزی در حالی در بین شمار زیادی از کشاورزان کشور مرسوم شده، که بازده مصرف آب در بخش کشاورزی به طور متوسط کمتر از ۳۰ درصد متوسط جهانی آن است.شیوه‌های رایج کشت و آبیاری در بخش کشاورزی در بسیاری از مناطق کشور از الگوهای قدیمی و سنتی پیروی می‌کند. لذا لازم است نگرش و سیاست‌های مقامات محلی و ملی و همچنین کشاورزان نسبت شیوه سنتی آبیاری و همینطور بهره گیری از روش‌های نوین آبیاری تغییر کند. یکی از این روش‌ها بازسازی و بهسازی شبکه‌های موجود، اصلاح الگوی مصرف، استفاده حداکثری از روشهای انتقال با لوله و بهره‌گیری از روش‌های نوین آبیاری و مدیریت هوشمند توزیع آب به منظور بهبود بهره‌وری و کاهش مصرف آب و افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. در این ارتباط تغییر شیوه آبیاری و استفاده از روش‌ها و سامانه‌های نوین نیازمند فرهنگ سازی وآموزش موثر به ذینفعان و ذیمدخلان می‌باشد. چه بسا بدون فرهنگ سازی و آموزش، صرفاً به هدر رفت سرمایه‌های ملی ختم و منجر به شکست خواهد شد.

**عدم حصول به کاهش مصرف با اجرای ناقص شبکه‌های آبیاری و زهکشی بر اساس روشهای نوین آبیاری:**

کشاورزی سنتی و استفاده از انهار خاکی و سیستم‌های فرسوده انتقال با افزایش تلفات آب، منجر به افزایش تقاضا، تلفات و مصرف بیش از حد متعارف می‌شود لذا اجرای کامل و دقیق شبکه‌های آبیاری بر اساس روش‌های نوین به منظور بهبود بهره‌وری و کاهش مصرف آب و افزایش تولیدات کشاورزی همراه رشد اقتصادی امری لازم و از مهمترین روش‌های ارتقای راندمان آبیاری است که دستیابی به آن در گرو همکاری و همگرایی کلیه ذینفعان و ذیمدخلان است و در ساختار دولت، وزارتین نیرو و جهاد کشاورزی این امر مهم را راهبری می‌نمایند. وزارت نیرو با احداث سدهای مخزنی، ایستگاه‌های پمپاژ و خطوط انتقال، تأمین آب مطمئن و پایدار را عهده دار بوده و وزارت جهاد کشاورزی نیز با اجرای شبکه‌های داخل مزارع (درجه ۳ و ۴) وظیفه انتقال و توزیع آب در اراضی کشاورزی و همچنین وظایفی همچون تعریف برنامه کشت منطقه ای، پیگیری تشکیل تعاونی‌ها و تشکل‌های آبران، اطلاع رسانی، فرهنگ سازی و آموزش و ... را به عهده دارد. در این خصوص وزارت نیرو وظیفه سازه‌ای دارد که باید منطبق با سیستم‌های بروز و نوین آبیاری باشد، لکن وزارت جهاد کشاورزی ضمن وظیفه سازه‌ای در بخش شبکه‌های فرعی، متولی موضوعات مهم غیرسازه‌ای در ارتباط با آب و خاک و ذینفعان بخش کشاورزی می‌باشد.لذا وجود هماهنگی و همکاری متقابل دو وزارتین نیرو و جهاد کشاورزی، تاثیر چشمگیری بر حصول به نتایج مثبت در امر بهینه سازی، صرفه جویی و افزایش راندمان آبیاری و در نهایت افزایش ارزش اقتصادی محصولات کشاورزی خواهد داشت. این در حالی است که تجربیات سنوات گذشته نشان می‌دهد که با وجود تلاش‌های صورت گرفته،

نتایج قابل انتظار حاصل نشده که برخی از مهمترین دلایل آن به شرح ذیل است:

- افزایش طول دوره ساخت شبکه‌های آبیاری و تاخیر در بهره برداری از طرح بدلیل عدم وجود منابع مالی لازم مطابق برنامه اجرایی
- اجرای شبکه‌های آبیاری و زهکشی بدون لحاظ نمودن نظر بهره‌برداران که بعضاً منجر به تخریب، تغییر و عدم استفاده از تاسیسات و تجهیزات نصب شده می‌گردد.
- کشت محصولات با نیاز آبی بالا و کاهش بهره‌وری آب بدلیل ناکارآمدی در اجرای مصوبه الگوی کشت
- کاهش بهره وری اقتصادی محصولات کشاورزی بدلیل فقدان صنایع تبدیلی و تکمیلی کشاورزی در محل
- ناهماهنگی در واگذاری اراضی با ماهیت مرتعی در طرح‌های توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی و نامشخص بودن بهره‌بردارن برخی اراضی
- عدم هماهنگی در اجرای شبکه فرعی و شبکه‌های اصلی
- ناهماهنگی در زمان بهره‌برداری از شبکه‌ها
- عدم مدیریت بهره‌برداری از اراضی و بعضاً تغییر کاربری اراضی از کشاورزی به باغ ویلا
- کاهش تغذیه دشتها و از بین رفتن سفره‌های آب زیرزمینی با توسعه بی رویه اراضی کشاورزی
- عدم تشکیل کامل تشکل‌های آب‌بران

### تغییرات اقلیمی و خشکسالی کشاورزی را به کجا می‌رساند؟

خشکسالی ناشی از تغییرات اقلیمی می‌تواند هم دسترسی آب و هم کیفیت آب لازم برای مزارع مولد، مراتع و چراگاه‌های دام را کاهش دهد و در نتیجه به طور مستقیم و غیرمستقیم، اثرات اقتصادی منفی قابل توجهی بر بخش کشاورزی داشته باشد. خشکسالی همچنین می‌تواند به شیوع آفات، افزایش آتش‌سوزی‌ها و تغییر نرخ کربن، مواد مغذی و ایجاد تداخل در چرخه آب دامن بزند؛ همه اینها می‌تواند بر تولید کشاورزی، عملکردهای حیاتی اکوسیستمی که زیربنای سیستم‌های کشاورزی است و معیشت و سلامت جوامع کشاورزان تأثیر بگذارد.

### صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی با ماهواره‌ها

کشاورزی اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در سراسر جهان است و در حال حاضر ۷۰٪ درصد از کل برداشت‌های آب شیرین در سطح جهان را به خود اختصاص می‌دهد (و حتی سهم بیشتری از "آب مصرفی" با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق محصولات کشاورزی). اما چگونه می‌توانیم این آمار و ارقام را به کنترل خود درآوریم و از لحاظ آبیاری و مصرف آب، کشاورزی پایدارتری را تجربه کنیم؟

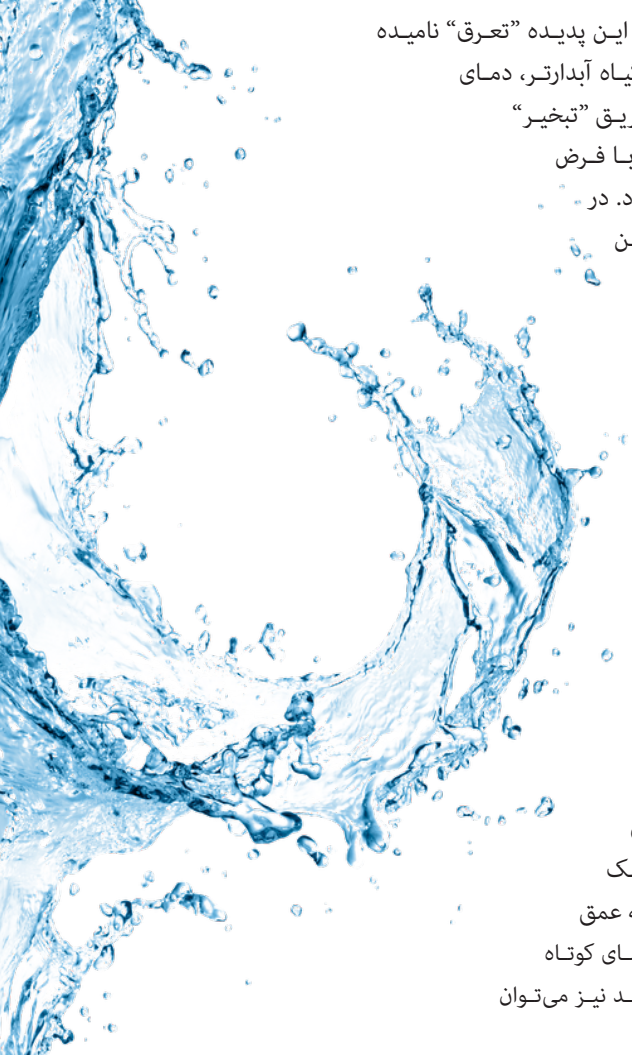
### جمعیت و رابطه مستقیم آن با نیاز و تقاضا:

زنجیره تأمین مواد غذایی به عنوان یک مسئله حیاتی در جهان در نظر گرفته می‌شود و به دلیل رشد سریع جمعیت و محدودیت منابع آب با کیفیت، انتظار می‌رود مهندسان آبیاری از روش‌های مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف آب و همچنین روش‌های آبیاری خودکار برای افزایش راندمان آبیاری پیروی کنند. در واقع، افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی از ضروریات دهه فعلی است.

افزایش بازدهی محصول (کیلوگرم) در متر مکعب آب مصرفی را "راندمان مصرف آب" یا Water Consumption Rate می‌نامند. برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس راندمان مصرف آب بهترین سناریوی مدیریت آب برای هر محصول کشاورزی است.

### پدیده تبخیر-تعرق چیست؟

عدم استفاده بهینه از آب آبیاری، منابع محدود و افزایش نیازهای جوامع انسانی به آب و غذا، مهندسان آبیاری را ملزم می‌کند تا اقدامات مدیریت آب را برای صرفه‌جویی در مصرف و افزایش راندمان آبیاری به کار بگیرند. پدیده توأمان "تبخیر و تعرق" یکی از عوامل مهمی است که دانستن میزان دقیق آن برای برآورد مصرف آب گیاهان و طراحی سیستم‌های آبیاری کارآمد ضروری است. اما تبخیر و تعرق چیست و چگونه به مصرف هوشمندانه آب کمک می‌کند؟



هر موجود زنده‌ای، آب را از منافذ سطحی خود بیرون می‌آورد تا دمای بدن خود را کاهش دهد. این پدیده "تعرق" نامیده می‌شود. در خصوص گیاهان، میزان تعرق بستگی به رطوبت، دما و سطح آب گیاه دارد. هرچه گیاه آبدارتر، دمای محیط بیشتر و رطوبت کمتر باشد، تعرق بیشتر خواهد بود.اما در مزارع یا باغها، مصرف آب از طریق "تبخیر" از سطح مرطوب خاک نیز اتفاق می‌افتد.تعرق یکی از پارامترهای مؤثر در تولید محصول است. با فرض مساعد بودن همه شرایط محیطی، هرچه تعرق بیشتر باشد محصول نهایی نیز بیشتر می‌شود. در مقابل، تبخیر زیاد نشان‌دهنده مصرف بیش از حد آب در سیستم‌های آبیاری است. مجموع این دو فرایند، تبخیر-تعرق (Evapotranspiration) نامیده می‌شود."تبخیر-تعرق به مقدار آبی گفته می‌شود که باید به محصول داده شود تا هم تبخیر و هم تعرق در طول دوره رشد آن اتفاق بیافتد و رشد آن تکمیل شود و حداکثر مقدار محصول بدون رخ دادن تنش آبی برای گیاهان به دست بیاید."محاسبه تبخیر-تعرق نقش مهمی در برنامه‌ریزی آبیاری و در طراحی سیستم‌های آبیاری (مانند آبیاری بارانی) ایفا می‌کند. برآورد دقیق تبخیر و تعرق احتمالی، یک مهندس کشاورزی را قادر می‌سازد تا با تعیین نیاز آبی و در نظر گرفتن بارش مؤثر، برای تأمین آب و آبیاری یک زمین کشاورزی از طرق مختلف (از طریق منابع آبی مانند رودخانه‌ها، چشمه‌ها، قنات‌های زیرزمینی و ...) برنامه‌ریزی کند. بیش از ۹۷ درصد آبی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد در تبخیر و تعرق مصرف می‌شود و بنابراین نیاز آبی گیاه معمولاً برابر با تبخیر و تعرق در نظر گرفته می‌شود.

**حل مسئله از طریق ماهواره:**

چگونه می‌توانیم از ماهواره‌ها برای تعیین و تأمین مقدار مناسب آب مورد نیاز در کشاورزی و یا در واقع جلوگیری از مصرف زیاد آب استفاده کنیم؟

با استفاده از الگوریتمی به نام SEBAL (الگوریتم تعادل انرژی سطحی برای زمین) و توانایی‌های سنجش از دور که ماهواره‌ها برای ما به ارمغان می‌آورند، می‌توانیم توزیع تبخیر و تعرق را در یک محیط کشاورزی محاسبه کنیم.مقدار انرژی که در مکان، فصل و زمانی مشخص از سوی خورشید به عمق معینی از زمین می‌رسد را می‌توان با استفاده از تراز (تعادل) تابش ورودی و خروجی و طول موج‌های کوتاه و بلند روی سطح زمین محاسبه کرد. از طرفی مقدار آبی را که با این مقدار انرژی تغییر حالت می‌دهد نیز می‌توان مشخص کرد.

**انرژی، تابش و راندمان مصرف آب:**

اطلاعات ورودی کلیدی برای محاسبات در الگوریتم SEBAL از داده‌های ماهواره‌ای جمع‌آوری می‌شود که با تابش طیفی در محدوده‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز حرارتی به دست می‌آید. این اطلاعات شامل موارد زیر است:

**تابش خالص خورشیدی:**

منبع اصلی انرژی برای پدیده تبخیر از سطح آب، انرژی خورشیدی است که حاصل تعادل تشعشعات ورودی و خروجی با طول موج‌های مثبت و منفی در سطح زمین است. این مورد "تابش خالص خورشیدی" نامیده می‌شود.

**جریان حرارتی زمین:**

در طول روز، بخشی از انرژی خورشید صرف گرم شدن خاک و جریان حرارتی در خاک می‌شود. این مقدار با توجه به میزان پوشش گیاهی متغیر است، زیرا پوشش گیاهی از رسیدن نور به زمین جلوگیری می‌کند. شرایط رطوبت سطحی نیز بر میزان انتقال حرارت خاک تأثیر می‌گذارد.

**جریان حرارتی محسوس:**

این معیار، بخشی از تابش خالص خورشیدی است که صرف گرم شدن هوا می‌شود.

**تأثیر داده‌های هواشناسی در محاسبه میزان تبخیر و تعرق:**

برای محاسبه تبخیر و تعرق، علاوه بر داده‌های ماهواره‌ای به داده‌های هواشناسی نیز نیاز داریم. پارامترهای هواشناسی مورد نیاز شامل دمای هوا، سرعت باد، ساعت آفتاب و میزان رطوبت است. این اطلاعات از ایستگاه‌های هواشناسی نزدیک هر منطقه جمع‌آوری می‌شود. همچنین، برای سنجش از دور، ماهواره NOAA-AVHRR داده‌های هر منطقه از زمین را در اختیار ما قرار می‌دهد. با در نظر گرفتن تمام اطلاعات، الگوریتم تراز انرژی (SEBAL) قادر است توزیع مساحتی مصرف آب خالص در بخش کشاورزی را با وضوح فضایی ۱ کیلومتر در بازه زمانی مورد نظر تعیین کند.

## منابع


https://keshtyaar.ir

https://pesterafsanjan.com

https://www.irna.ir

https://www.vispar.co

https://khabarban.com

# کاهش تبخیر از مخزن آب سد


## چکیده

به دلیل خشکی هوا و دمای بالا هدر روی تبخیر از سطح مخزن‌های سدهای ایران بالا است. بنابراین لازم است از میزان تبخیر از سطح مخزن ها کاسته شود تا به میزان منابع آبی قابل استفاده کشور افزوده شود. میزان تبخیر از سطح مخزنهای سدها بین ۲/۴ تا ۳/۱۴ (به طور میانگین از حجم کل مخزن سد است که باید در شرایط کمبود و بحران آب و خشکسالی کاهش یابد و از آب حفظ شده در کشاورزی صنعت و به ویژه شرب بهره برداری شود. روشهای مختلف برای کاهش تبخیر در جهان به کار برده شده است که کاربرد مواد شیمیایی به صورت پودر، شیرابه و کاربرد پوششهای مختلف مناسب ترین آنها می‌باشند که میتوانند در ایران برای کاهش تبخیر از مخزن‌های سدها بررسی شوند. محلول یا پودر باشی روی سطح آب لایه‌ای یک مولکولی (تک لایه) برای کاهش تبخیر ایجاد میکند که در اثر باد و موج آب پراکنده میشوند بنابراین به طور متناوب با دور ۱ تا ۲ روزه باید به کار برده شوند. مواد تجاری موجود در دنیا برای این کار عبارتند از واترسیور که از نظر محیط زیستی کاربرد آنها مانعی ندارد. کاربرد این مواد میتواند تا ۴۰٪ تبخیر را کاهش دهد پوششهای دیگری که می توانند به کار برده رند عبارتند از صفحه‌های شناور یونولیت به رنگ سفید یا صفحه‌های شناور بتونی توخالی سبک که قادر است دست کم تا ۸۰٪ کاهش دهد. تحلیل‌های اقتصادی نشان داده است که کاهش تبخیر و حفاظت آب با روشهای یاد شده میتواند با تولید آب از روش شیرین کردن آب شور و تصفیه فاضلاب رقابت کند.


## مقدمه

آب از نعمت‌های خدادادی است که حیات را روی کره زمین ممکن کرده است. تمدن‌های بشری بیشتر در کنار منابع آب شکل گرفته است کل آب موجود روی کره زمین ۱۳۶۰ میلیون کیلومتر مکعب تخمین زده می شود که از آن تنها حدود ۵/۳۳ میلیون کیلومتر مکعب آب شیرین است که حدود ۵/۲٪ از کل آب‌های کره زمین را تشکیل می دهد. کل آب تجدیدپذیر در ایران حدود ۱۰۵ میلیارد متر مکعب است که حدود ۳٪ از کل آب شیرین جهان را شامل می‌شود در حالی که جمعیت و وسعت زمین‌های ایران حدود ۱/۱ از جمعیت و زمین‌های دنیا است. از سوی دیگر سرانه آب تجدید پذیر در ایران حدود ۱۳۰۰ متر مکعب در سال است که در مقایسه با سایر کشورها کم است بنابراین کمبود منابع آب در ایران از سایر نقاط جهان شدیدتر است در مناطق نیمه خشک که اغلب وسعت ایران را تشکیل میدهد بیشتر باران در فصل زمستان می‌بارد بنابراین باید برای مصرف در مواقع دیگر سال آن را در پشت سدها ذخیره کرد در سال ۱۳۹۲ کل حجم ظرفیت سدهای کشور حدود ۴۸ میلیارد متر مکعب و مقدار قابل تنظیم آن ۳۴ میلیارد متر مکعب است به علت خشکی هوا و دمای بالا هدرروی تبخیری از سطح این مخزن‌ها بالا است بنابراین لازم است تا از میزان تبخیر از سطح مخزن‌ها کاسته شود تا به میزان منابع آبی قابل استفاده کشور افزوده شود.

| کشور | سرانه آب(مترمکعب در سال) | کشور | سرانه آب(مترمکعب در سال) |
|---|---|---|---|
| برزیل | ٤٠٨٥٥ | اسرالیا | ١٨١٦٢ |
| ایالات متحده آریکا | ٨٩٠٢ | فرانسه | ٣٣٥١ |
| چین | ٢٢١٥ | مکزیک | ٣٦١٤ |
| اسپانیا | ٢٨٠٨ | ژاپن | ٣٣٩٣ |
| هند | ١٨٢٠ | ایران | ١٣٠٠ |

با توجه به این که در حال حاضر سرانه آب در ایران ۱۳۰۰ متر مکعب است و در آینده هم به احتمال کمتر خواهد شد. همراه با برنامه ریزی برای افزایش بهره وری آب در کشاورزی، صنعت و شرب به نظر می‌رسد که جلوگیری از تبخیر آب‌های شیرین از روی مخزن‌های سدها به ویژه آب‌های شرب حتی با هزینه‌های زیاد، ضروری است. در استرالیا آب باران در مخزن‌های کوچک و سدها جمع آوری می‌شود اما حدود نیمی از آن در اثر تبخیر تلف می شود. از طرفی دیگر کل حجم مخزن‌های کشاورزی در کوینزلند استرالیا ۵/۲ میلیارد متر مکعب است. که به علت کم عمق بودن آنها ۴ تا ۵ متر حدود ۴۰٪ آن تبخیر می‌شود و اگر از تبخیر آن‌ها جلوگیری شود حدود ۱۰ میلیارد متر مکعب آب حفظ می‌شود که می‌تواند حدود ۱۲۵ هزار هکتار زمین را زیر کشت آبی درآورد و در آمدی حدود ۳۷۵ میلیون دلار به همراه داشته باشد برای کاهش میزان تبخیر از روش‌های مختلفی میتوان استفاده کرد.

## میزان تبخیر از مخزن ها در ایران

میزان تبخیر در نواحی مختلف ایران عبارت است از سواحل دریای خزر ( ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر)، پهنه مرکزی (۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی متر ) و ساحل‌های خلیج فارس (۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی متر) این داده ها نشان می‌دهند که اگر بتوان به طور اقتصادی با کاربرد مواد یا روشهایی از میزان تبخیر از سطح آب دریاچه‌های سدها کاست می‌توان از منابع آب ایران بهره برداری بیشتری کرد برای نمونه وسعت مخزن سد کارون ۳ حدود ۶۹۰۰ هکتار بوده و میانگین تبخیر سالانه این حوضه ۱۸۲۴ میلی متر است بدین ترتیب سالانه حدود ۱۲۶ میلیون متر مکعب آب از سطح مخزن این سد تبخیر میشود که نسبت به حجم کل مخزن میلیارد متر مکعب ۲/۴ است. میزان تبخیر از دریاچه سد دوستی در ترکمنستان به کمک الگوریتم سنجش از دور برابر ۱۱۰۸ میلی متر در سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ معادل ۶۰ میلیون متر مکعب گزارش شده است .با توجه به ظرفیت سد دوستی و مساحت آن که به ترتیب ۱۲۵۰ میلیون متر مکعب و ۵۵ کیلومتر مربع است حجم تبخیر معادل ۶۰ میلیون مترمکعب است. بنابراین میزان تبخیر حدود ۵٪ حجم مخزن است.

میزان تبخیر از سطح دریاچه سد درودزن استان فارس سالانه حدود ۲۰۰۰ میلی متر است. در حجم ۸۰۰ میلیون متر مکعب سطح دریاچه حدود ۴ هزار هکتار است بنابراین حجم آب تبخیر شده از سطح دریاچه حدود ۸۰ میلیون متر مکعب در سال کل آب دریاچه است. بر اساس آمار سال ۱۳۹۳ تا ۱۳۴۹ میزان تبخیر از سطح آب در زابل سالانه ۴۹۰۰ میلی متر است. در شرایط جوی زابل در استان سیستان و بلوچستان در مخزنی به مساحت ۵۰ کیلومتر مربع به ظرفیت ۷۰۰ میلیون متر مکعب میزان تبخیر به ۱۰۰ میلیون متر مکعب در ۵ ماهه خرداد تا مهر ماه میرسد (۳/۱۴) و چنانچه بتوان مقداری از این تبخیر را کاهش داد در آبادانی این منطقه تأثیر فراوانی خواهد داشت .پژوهشگران در منطقه پژوهش نشان دادند که در مخزنی با سطح حدود ۱۱۵ هکتار یا ۱۱۵کیلومتر مربع با تبخیر سالانه ۲۲۶۶ میلی متر، حدود ۵۸/۲ میلیون متر مکعب از منابع آبی از دسترس خارج می شود و با کاهش تبخیر به میزان ۸۰٪ حجم چشمگیری از منابع حفظ میشود.

## عاملهای مؤثر بر تبخیر از مخزن ها

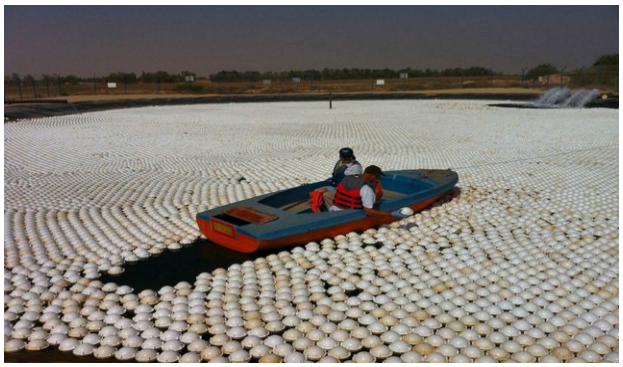
تبخیر آب عبارت است از فرآیندی که در آن آب مایع به بخار آب تبدیل میشود مولکول های آب در حال حرکت هستند و بعضی از آنها انرژی لازم برای فرار به هوای مجاور به صورت بخار آب را دارند .عاملهای مؤثر در تبخیر از سطح مخزنها عبارتند از مساحت سطح آب دمای هوا کمبود فشار بخار هوا سرعت باد فشار اتمسفر وکیفیت آب.

## روشهای کاهش تبخیر

روش های کاهش تبخیر عبارتند از احداث ،بادشکن پوشاندن سطح آب کاهش سطح آب در معرض تبخیر ذخیره آب در زیرزمین و کاربرد مواد شیمیایی برای کاهش تبخیر در اینجا از این عاملها فقط دو مورد بررسی خواهد شد.

## پوشاندن سطح آب

با پوشاندن سطح آب به وسیله پوششهای ثابت یا شناور هدرروی تبخیری به مقدار زیادی کاهش می یابد. این پوشش ها اغلب به رنگ سفید بوده و مقدار زیادی از تابش خورشیدی را منعکس کرده و باعث کاهش هدرروی تبخیری از سطح آب میشود همچنین این پوششها جریان هوا را کند میکند و انتقال بخار آب را کاهش میدهد. پوشش های ثابت به طور معمول برای سطح های آبی کوچک در حد چند هکتار مناسب است. برای سطح های وسیع پوشش های شناور به صورت تخته ای و یا کروی مناسب تر است.



## کاربرد مواد شیمیایی برای کاهش تبخیر

اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ از الکلهای چرب برای کاهش تبخیر از سطح آب در استرالیا استفاده شد. مولکول های الکل های چرب وقتی که روی آب قرار میگیرد تغییر جهت میدهند به نحوی که قطب جاذب آن به سمت آب قرار میگیرد و قطب دیگر آن به سمت بالا و خارج از آب قرار میگیرد و در حالت آرمانی یک لایه از این مولکول ها را روی سطح آب قرار میدهد و تبخیر از سطح آب را کاهش میدهد گزارش شده در ۲). ضخامت این لایه که به طور معمول نامرئی است حدود یک نانومتر است. این لایه توسط قطره های باران، باد و موج

آب شکسته شده و دوباره در صورتی که توسط باد یا موج شدید تکه های آن خیلی از هم دور نشده باشد به هم متصل می شود. کاربرد تک لایه ها روی سطح آب در مقایسه با کاربرد باد شکن و پوشش سایه انداز ارجحیت دارد.کاربرد مواد شیمیایی که میتواند لایه نازکی روی سطح آب ایجاد کند در کاهش تبخیر از سطح آب موثر است.کاربرد مواد شیمیایی که می تواند لایه نازکی روی سطح آب ایجاد کنند در کاهش تبخیر از سطح آب مؤثراست. این لایه نازک انرژی ورودی از جو را منعکس کرده و موجب کاهش تبخیر میشود. همچنین این لایه ها هوای کافی را از خود عبور میدهد و ادامه حیات موجودهای آبزی را ممکن می سازد. لایه نازک از بخش الکل های چرب با کیفیت های مختلف ایجاد میشود. الکلهای چرب روی سطح آب لایه تک مولکولی ایجاد میکنند که بین آب و هوای مجاور مانع میشود. این مواد به صورت پودر محلول یا شیرابه وجود دارند.

فهرست مواد شیمیایی به کار رفته برای کاهش تبخیر از سطح آب عبارتند دکانول، اوکتاد کانول ، استیل استریل ،الکل لینوکسید، اتوکسیلات الکل و الکل خطی الکلهای چرب در شرایط زیر میتواند به کار برده شود:

۱ - الکل انتخاب شده باید ویژگی های چسبندگی لازم را داشته باشد تا لایه تک مولکولی را در شرایط باد بر روی سطح آب ایجاد کند حتی اگر لایه تک مولکولی در اثر باد شدید پاره شده باشد، الکل انتخاب شده باید قابلیت ایجاد دوباره لایه تک مولکولی را داشته باشد.

۲- الکل انتخاب شده نباید اثر منفی بر کیفیت آب به ویژه اثر سمی بر زندگی جانداران آبزی و انسان داشته باشد. - الکل انتخاب شده باید به گونه ای باشد که هوا از لایه تک مولکولی ایجاد شده در سطح آب عبور کرده و وارد آب شود تا اثر منفی بر زندگی جاندارن آبزی به جا نگذارد.

## ویژگی های مواد شیمیایی برای کاهش تبخیر

مواد شیمیایی برای کاهش تبخیر باید دارای ویژگیهای زیر باشند:

الف-این مواد باید به راحتی پخش شوند و یک لایه تک مولکولی فشرده ، چسبنده و یکنواخت روی سطح آب ایجادکنند.

ب-لایه تشکیل شده باید نسبت به اکسیژن و گاز کربنیک نفوذ پذیر بوده اما به اندازه کافی متراکم باشد که از فرار مولکول بخار آب جلوگیری کند.

پ-این مواد باید با دوام باشند و بتوانند پارگیهای حاصل از باد و موج را ترمیم کنند فشار لایه تشکیل شده رابطه مستقیمی با مؤثر بودن لایه تک مولکولی دارد.

ت-مواد شیمیایی مناسب باید بدون مزه، بدون بو غیر سمی و اشتعال ناپذیر باشند همچنین این مواد نباید روی کیفیت آب و جانداران آبزی اثر منفی داشته باشند.

ث -این مواد نباید تأثیر منفی روی باکتریها پروتئین و سایر ناخالصیهای آب داشته باشند.

## الکلهای چرب خالص

ترکیب هایی که ویژگیهای مطلوب یاد شده را داشته باشند و برای کاهش تبخیر از سطح آب به کار برده می شود عبارتند از ستیل الکل یا هگزاد کانول، استیریل الکل یا اکتاد کانول و دو کوسانول یا بهنیل الکل یا مخلوطی از این ترکیبها همه این الکلها باید درجه خلوص ۹۹٪ داشته باشند تا ویژگیهای مطلوب تک لایه شدن را داشته باشند.

بررسی ها روی ستیل الکل نشان داده است که این ترکیب ویژگیهای زیر را دارد:

۱ - تک لایه مولکولی متراکم با نیروی قوی چسبندگی بین زنجیرهای متوالی را ایجاد می کند.

۲- سرعت پخش و پوشش دادن سطح آب را به نسبت خوبی دارد.

ویژگی اول منجر به کاهش بیشتر تبخیر شده و ویژگی دوم باعث ترمیم بهتر پارگی تک لایه مولکولی در اثرباد و موج آب می.شود ورقه های تک لایه مولکولی همراه با موج آب ، منقبض و منبسط و در سرعت باد معینی پاره میشوند. در صورتی که مقدار الکل هگزاد کانول با اندازه کافی مصرف شده باشد مولکولها محکم به هم متصل شده و از فرار بخار آب جلوگیری میکند اما به اندازه کافی متخلخل می باشد که اکسیژن و گاز کربنیک را از خود عبور دهد و از نظر زیست محیطی ایمن باشد قدرت کاهش تبخیر اکتاد کانول الکل بیشتر از هگزاد کانول الکل است، اما قدرت پخش شدگی آن کمتر است.

## سودمندیها و کاستیهای مواد جامد و شیرابه کاهنده تبخیر

بعضی از مواد به صورت جامد یا شیرابه یا هر دو وجود دارند مقدار مصرف آنها به صورت پودر ۷۵ گرم در هکتار است. مقدار مصرف آنها به صورت شیرابه ۵۰۰ گرم در هکتار در روز بوده که میتواند پس از ۱۵ روز مصرف به ۲۵۰ گرم در هکتار در روز کاهش یابد بنابراین مصرف به صورت شیرابه ۳ برابر مصرف پودر است مصرف مواد به صورت پودر ساده است اما مصرف به صورت شیرابه به دلیل رقیق ،کردن مخلوط کردن و پخش کردن قدری مشکل است. مشکل اصلی کاربرد این مواد این است که سرعت باد بیش از ۱۰ کیلومتر برساعت باعث پاره شدن لایههای تکمولکولی الکل روی سطح آب میشود.

## دستور کار مصرف مواد کاهنده تبخیر

دستور کارهای زیر برای کاربرد مواد کاهنده تبخیر در مناطق خشک، شرایط خشکسالی یا کمبود اب پیشنهاد شده است. این دستور کار عمومی است و بسته به شرایط ،کاربرد ویژگی کارخانه سازنده و وسایل کاربرد میتواند تغییر کند.

## کاربرد مواد شیرابه ای

اندازه مصرف مواد شیرابه ای برای آبهای آزاد در ۱۵ روز ،اولیه ۵۰۰ گرم بر هکتار در روز است و برای دوره های بعدی به ۲۵۰ گرم بر هکتار در روز کاهش می یابد. مقدار مصرف را با آب به میزان ۲۰ تا ۲۵ مرتبه رقیق کرده سپس مصرف میکنند پس از مخلوط کردن با اب به وسیله مخلوط کن های ،مکانیکی آن را با صافی صاف کنند تا ناخالصی هایی که منجر به گرفتگی نازل دستگاه پخش شود، جدا شوند مخلوط آماده شده به وسیله به بشکه حاوی مخلوط متصل است و روی قایق معمولی قرار دارد روی سطح آب پخی شود برای پخش مخلوط میتوان از پخش کننده مستقر در ساحل آب نیز استفاده کرد کلک یا قایق را در تقسیم بندی های چهار گوشه روی سطح آب مستقر کرده به طوری که مساحت هر استقرار به اندازه ظرفیت بشکه حاوی مخلوط .باشد برای مخزنهای ،کوچک بشکه حاوی مخلوط در کنار آب قرار داده شده و مخلوط روی آب پخش میشود پخش کردن مخلوط در جهت باد غالب به پخش آن مخلوط کمک میکند.

باد شدید و تغییر جهت آن لایه تک مولکولی الکل را پاره میکند بنابراین راهکارهایی برای حفظ یک پارچگی این لایه ها لازم است برای تشخیص یک پارچگی لایه تک مولکولی روی سطح آب از یک قطره روغن یک در نقش معرف استفاده می.شود تنش سطحی روغن کرچک ۱۷ دین بر سانتیمتر در دمای ۲۱ درجه است. چنانچه یک قطره روغن کرچک روی سطح الکل پاشی شده شکل خود را حفظ کن تک مولکولی روی سطح آب وجود دارد.

## کاربرد مواد پودری

میزان کاربرد مواد پودری ۷۵ گرم در هکتار در روز .است مواد پودری کیسه ای باید پیش از مصرف با وسایل مکانیکی خرد شده و به صورت پودر آیند مواد پودری از روی کلک یا قایق با وسایل پودر پاش روی سطح آب پاشیده میشود برای اینکه پخش این مواد هر چه سریعتر و اقتصادی تر انجام شود دو دستگاه پودرپاش در دو طرف قایق با کلک نصب میشود سرعت حرکت قایق باید به گونه ای تنظیم شود که کمترین موج روی سطح آب ایجاد شود و پخش مواد پودری با سرعت مقبولی انجام شود متناسب با وسعت سطح آب تعداد دفعه های عبور قایق تنظیم شده و از جهت وزش باد هم برای پخش بهره گیری میشود پس از پاشیدن پودر روی سطح آب باید از ایجاد لایه تک مولکولی روی سطح آب اطمینان حاصل شود حدود ۱۰ تا ۱۵ از میزان پاشش روزانه ذخیره می شود تا در صورت پارگی لایه تک مولکولی برای ترمیم آن به کار برده شود. در بعضی شرایط میتوان مصرف مواد شیرابه و پودر را با هم به کار برد. در هنگام شب مواد شیرابه به وسیله دستگاه محلول پاش پخش میشود و در هنگام روز مواد بودری روی سطح آب پخش میشود.

## محدودیت استفاده از تک لایه ها

وزش باد و موج آب از محدودیتهای مهم استفاده از تک لایه ها است. از نکته های منفی کاربرد این مواد این است که لایه تشکیل شده در سطح آب در سرعت زیاد باد تکه پاره می شود. آزمایش ها نشان داد که در سرعت باد بیش از ۱۶ کیلومتر بر ساعت تبخیر بین ۱۰ تا ۲۰٪ کاهش میابد و در سرعتهای بیش از ۲۴ کیلومتر بر ساعت اثر بخشی تک لایه ها بر کاهش تبخیر ناچیز است از سوی دیگر پژوهش ها روی سطح های آبی متوسط نشان داد که تأثیر تک لایه بر کاهش تبخیر در سرعت های باد تا ۳۰ کیلومتر بر ساعت باقی میماند. همچنین وارما نشان داد که تا سرعت باد ۸ کیلومتر برساعت کاهش تبخیر تا ۴۰ با الکلهای سنگین مشاهده شده است. اما در سرعت های بیش از ۲۴ کیلومتر بر ساعت هیچ نوع کاهش تبخیر حاصل نمیشود کاربرد مواد شیمیایی در شرایط زیر مناسب نیست:

۱-وقتی سرعت باد از ۱۰ تا ۱۶ کیلومتر بر ساعت زیادتر است.

۲-وقتی که دمای هوا بالاتر از ۴۰ تا ۴۲ درجه سلسیوس است.

۳- وقتی مساحت مخزن به نسبت زیاد است.

## سرعت پخش تک لایه ها

بهترین سرعت پخش تک لایه ها در دمای ۲۴ درجه سلسیوس ۱ تا ۱۲ سانتی متر بر ثانیه است. برای ترکیب ۴۵٪ هگزاد کانول، ۴۰٪ اکتاد کانول و ۱۵٪ الکل اولیل در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بهترین سرعت پخش ۲۷ تا ۲۸سانتی متر بر ثانیه است .

## ابزارهای پخش ماده شیمیایی واترسیور در سطح های بزرگ

دستگاه های مختلفی برای پخش مواد شیمیایی روی سطح آب در دنیا ساخته شده است که ویژگی آنها درجدول ارایه شده است.

## جنبه های مثبت مواد شیمیایی

کاربرد مواد شیمیایی به سرمایه گذاری اندکی نیاز دارد کلکهای ساخته شده محلی میتوانند برای پخش این مواد به کار برده شوند و نیازی به کارگر ماهر نیست مگر این که از قایقهای موتوری برای پخش آنها استفاده شود الکل های چرب خطری در کاربرد ندارند اشتعال ناپذیر، غیر سمی و غیر حساسیت زا هستند.

تا به حال هیچ گونه اثر سمی از آن در آب برای شرب انسان گزارش نشده است همچنین هیچ گونه خطری از نظر بوم شناسی در مورد آن گزارش نشده است؛ چون الکلهای چرب دارای زنجیر ترکیبهای کربنی خطی هستند که تجزیه پذیر بوده و نسبت به کاهش تبخیر از مخزن سداکسیژن نفوذپذیر است. تأثیر روشهای شیمیایی به خوبی روشهای فیزیکی نیست اما هزینه کمتری داشته و از نظر اثرهای زیست محیطی،بهداشت و کیفیت آب خطر کمتری دارد.

## جنبه های منفی مواد شیمیایی

الکل های چرب به سادگی دسترس نبوده و گران هستند. در گذشته الکل های چرب تنها از اسپرم نهنگ ها و یا احیای سدیمی روغن های حیوانی و چربی تولید می شد و پس از توسعه فرایند هیدروژنیزه کردن در فشار بالا هم اکنون الکل های چرب با کیفیت خوب به صورت تجاری در دسترس است. البته این فناوری بسیار پیشرفته است که به متخصص های ماهر برای تولید آن نیاز است.

| نام دستگاه پخش کننده | ظرفیت دستگاه(لیتر) | مساحت سطح آب(هکتار) | نحوه پخش |
|---|---|---|---|
| واترسیور | ٤٠ | ١٠ | خودکار در دوره های تنظیم پذیر |
| ام-٦٠ | ٦٠ | ١٠تا٢٠ | خودکار در دوره های تنظیم پذیر |
| جی وی-٢٢٥ | ٢٢٥ | ٢٠تا٦٠ | در مدت سه ساعت وبیست دقیقه با قایق و دوکارگر |
| stephen creek | - | - | کنترل پذیر با رایانه در هر نقطه از سطح آب |

## نمونه های کاهش تبخیر از مخزنها در ایران

برای کاهش تبخیر از سطح کوچک آب از لاستیک های مستعمل به همراه پوشش یونولیت در وسط آن در کارخانه مس سرچشمه استفاده شد تابش خورشید و بارش زمستان روی این پوشش به مدت بیش از ۵ ماه هیچ گونه تخریبی در آن ایجاد نکرد و در مدت ۲ ماه تبخیر را به میزان ۸۰٪ کاهش داد.این پوشش ها حدود ۸۰٪ سطح آب را پوشانده و از ۲۰٪ باقی مانده تبادل اکسیژن در سطح آب برای حفظ محیط زیست در آب انجام میشود.

پژوهش های دیگری برای بررسی تأثیر مواد شیمیایی الکلی بر کاهش تبخیر از سطح های کوچک مانند تشت کلاس الف انجام شد این پژوهشگران ترکیبی از هگزا دکانول و اکتاد کانول، معادل ۲۰ و ۴۰ گرم در هکتار به کار بردند کاربرد پیوسته ۳۶ روز باعث کاهش محسوس تبخیر شد. همچنین کاربرد پوشش های فیزیکی مانند پلی استیرن با ضخامت ۵/۱ سانتیمتر و میزان پوشش ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نشان داد که در مدت ۳۸ روز تبخیر به میزان ۳۰ تا ۵۵درصد کاهش یافته است.

بتن های سبک به مساحت یک متر مربع مسلح به الیاف مصنوعی (پلی پروپیلن) با ضخامت ۳۰ سانتیمتر و به صورت توخالی ساخته شد که به راحتی به هم متصل می شوند. این پوشش ها روی دریاچه سد کارون به کار برده شد.در منطقه سیستان و بلوچستان با کاربرد مواد شیمیایی (الکلهای زنجیره ای)می توان در مساحت ۵/۰ کیلومتر مربع به میزان ۶۰٪ و در مساحت ۱۰ کیلومتر مربع به میزان۹٪ از تبخیر کاست .

## نمونه های کاهش تبخیر از سطح مخزن ها در کشور های دیگر

### کاربرد مواد کاهنده تبخیر

۱ -مخزن استفن کریک (استرالیا) بررسی های کاهش تبخیر بر روی این مخزن در طول مدت ۱۴ هفته با کاربرد محلول ستیل الکل ۱۰٪ و میزان روزانه۲/۰ اونس الکل جامد در اگر انجام شد. با این عملیات، تبخیر ۳۷٪ کاهش یافت و به علت سرعت زیاد باد نتایج خوبی به دست نیامد .

۲- دریاچه هنفر (آمریکا) کاربرد ورقه های تک لایه ای الکل روی سطح آب این دریاچه بررسی شد. کاربرد ستیل الکل تبخیر را ۹درصد کاهش و دمای آب را ۱ درجه سلسیوس افزایش داد. نتایج نشان داد که سرعت باد مهمترین عامل مؤثر در پایداری ورقه های تک مولکولی روی سطح آب بوده و در سرعت بیش از ۸ متر در ثانیه ایجاد پوشش ورقه های تک مولکولی غیر ممکن می شود.

۳-مخزن مالیا در آفریقا محلول ۳ درصد مخلوطی از ستیل الکل و استیریل الکل که در نفت مخلوط شده اند در بررسی های انجام شده در مخزن مالیا در افریقا به کار برده شد. نتایج نشان داد که در شرایط نامناسب باد، تنها ۱۱درصد تبخیر کاهش یافت .

۴- مخزن ادلاید هیل در استرالیا : یکی از مواد کاهنده تبخیر از سطح آب ترکیبی از اهک آبدیده ، استریل الکل و ستیل الکل است. این مخلوط لایه تک مولکولی که دیده نمی شود بر روی سطح آب ایجاد می کند که در مدت ۲ تا ۴ روز تجزیه می شود و هیچگونه اثر زیان بار بر محیط زیست ندارد. این مخلوط در مدت تابستان به طور منظم روی سطح آب پخش می شود. این مخلوط برای کاهش تبخیر از مخزن های کوچک در استرالیا کاربردی است اما برای مخزن بزرگ ادلاید هیل مناسب نیست. علت اصلی کارا نبودن آن سرعت زیاد باد است.

۵- کار برد در مخزن یانلینگ چین : مخلوطی از پودر کلسیم هیدورکساید، استیریل الکل و ستیل الکل توسط شرکتی در نوادای آمریکا تولید شد و برای کاهش تبخیر در مخزن یانلینگ چین به کار برده شد و حدود ۴۲ درصد تبخیر از سطح آب را کاهش داد .از این ماده در مخزنهای دیگری هم استفاده شده است که عبارتند از:

- بیکزفیلد کالیفرنیا آمریکا که منجر به ۲۷ درصد کاهش در تبخیر شد (اکتبر ۲۰۰۱).
- دانشگاه آنا در هند که منجر به ۲۰ تا ۳۰درصد کاهش در تبخیر شد (مارس ۲۰۰۲) .
- آریزونای آمریکا که منجر به ۲۰٪ کاهش در تبخیر شد (ژوئن ۲۰۰۲).
- ماساچوست آمریکا که هگزاد کانول برای کاهش تبخیر به کار برده شد (ژوئن ۲۰۰۲) و اثر چندانی روی کاهش تبخیر نداشت .
- بلوکهای سیمانی شناور که از مواد سبک مانند پرلیت ساخته شده اند در کاهش

تبخیر از مخزن آبی به وسعت یک هزار متر مربع در آفریقای جنوبی نتایج مثبتی به بار آورده است .

- ماده شیمیایی الکلی هگزاد کانول در چند دریاچه سد در استرالیا به کار برده شد و منجر به کاهش تبخیر حدود ۲۰درصد شده است .
- استفاده از تایرهای پر شده پلی استایرن در دریاچه سد بلایت در استرالیای جنوبی منجر به کاهش تبخیر از سطح آب گردید از قطعه ها شناور پلی استایرن برای کاهش تبخیر از سطح آب رودخانه نیل در مصر استفاده شد و با پوشش ۵۰درصد سطح آب ۳۹٪ تبخیر از سطح آب کاهش یافت .
- کاربرد ستیل الکل در دو مخزن به صورت محلول در مخزن اول به مساحت ۴/۰هکتار در دوره ۴ هفته ای و در مخزن دوم به مساحت ۶/۲ هکتار در دوره ۴ روزه ۳۰٪ تبخیر را کاهش داد. همچنین دریاچه ای به مساحت۴/۲ کیلومتر مربع در استرالیا، با ستیل الکل پوشانده شد و کاهش تبخیر ۴۰٪ مشاهده شد. همچنین دسای و همکاران در هند نشان داد که استفاده از تک لایه ها در مخزن سدها میزان تبخیر را تا ۳۰درصد کاهش داده است. با پخش ستیل الکل در چند سد مخزنی برای استفاده در کشت پنبه در استرالیا میزان کاهش تبخیر ۲۰درصد مشاهده نشد است. استرالیا استفاده از این روش منجر به کاهش تبخیر تا ۴۰ هم شد . بارنز در دانشگاه کوییزلند شمالی در استرالیا نشان داد که استفاده از الکلهای هگزا دکانول و اکتاد کانول برای کاهش تبخیر سطح های آبی بزرگ مناسب هستند و دوره دوام آنها ۱ تا ۲ روز است.
- در دهه ۸۰ میلادی شیرابه ای بر پایه الکلهای چرب اغلب ستیل الکل و استریل الکل) که از روغن های گیاهی به دست می آیند در هند به کار برده شد و نشان داده شد که با مصرف حدود ۵۰ میلی گرم بر متر مربع در روز از این شیرابه میزان تبخیر ۳۰ کاهش می یابد .
- در سالهای اخیر برای ایجاد تک لایه روی سطحهای بزرگ آبی ترکیبی از ستیل الکل ، استاریل الکل و سدیم بی کربنات به نسبت ۵ : ۵ : ۹۰ به کار برده میشود این ترکیب به صورت تجاری تولید و عرضه می شود و به نام واترسیور نامیده شده است این کالا در بسته های ۲۲ کیلوگرمی عرضه شده و در سال ۲۰۱۰ قیمت هر کیلوی آن ۱۲ دلار آمریکا بود گزارش شده در ۲ کاربرد این محصول روی دریاچه اونز در کالیفرنیای آمریکا در ماه سپتامبر ۲۰۰۴ منجر به کاهش تبخیر ۵/۳۷ شد کاربرد این محصول روی مخزن آب شهری در لاتور هند با سطح ۹۰۰ هکتار به مدت ۱۵ روز باعث ۳۴ کاهش تبخیر شد. کاربرد واترسیور روی مخزن کورونگ واله در استرالیا به مساحت ۴ هکتار کاهش تبخیر معادل ۲۹ تا ۵۴ را ایجاد کرد .

## مواد دانه ای شناور

در پژوهشهایی اثر کاربرد مواد دانه ای شناور بر کاهش تبخیر بررسی شد. این پژوهشها روی مخزنی با قطر ۲/۷ متر مدفون در خاک انجام شد که در آن به تقریب تمام تبادل انرژی از سطح آب انجام میشد. مواد به کار رفته عبارتند از گرد کلسیم کربنات شن سیلیکا دانه های پلی استایرین تکه های استایروفوم و پرلیت اندازه گیری کاهش تبخیر در مدت یک هفته نشان داد که کاهش تبخیر برای شن سیلیکا تا ۲۱ و برای تکههای استایروفوم تا ۶۴ تغییر کرد.موم ماده ای است که برای کاهش تبخیر به کار برده میشود به طور معمول تکه های شناور موم را به آب اضافه میکنند این تکه ها در اثر تابش خورشید نرم شده و لایه ای پیوسته و انعطاف پذیر روی سطح آب ایجاد می کند. در آریزونای آمریکا لایه هایی از موم روی یک مخزن آب پس از ۴ سال هنوز قابل استفاده بود. حتی اگر لایه موم در زمستان در اثر سرما از هم باز شود ولی در فصل گرما دوباره لایه به هم پیوسته را تشکیل میدهد. گنت و روهنر گزارش کردند که پوششهای کروی شناور در مخزن کوچک تبخیر را به میزان ۸۰٪ کاهش داد سفید بودن این پوششها سبب افزایش بازتاب انرژی خورشیدی شده و باعث کاهش بیشتر تبخیر می شود.

پژوهش هایی در هند انجام شده که در آنها اثر اجسام شناور دیگر از قبیل روغنهای خوراکی موم، کاه گندم، کاه برنج، قطعات ،چوب خاک اره و قطعات زغال در مدت زمان محدود (حدود ۱۵ روز ) روی کاهش تبخیر بررسی شد. از بین این اجسام ،شناور روغن خردل با ۴۲ کاهش تبخیر بیشترین تأثیر را داشته است اثر بقیه اجسام به ترتیب عبارتند از قطعه های زغال ،موم کاه برنج ، کاه گندم، خاک اره و قطعه های چوب با وجود این کاربرد اقتصادی آنها در مقیاس وسیع توصیه نشده است چون هنوز بررسیهای اقتصادی برای مصرف آنها انجام نشده است.

## اجسام شناور

از روشهای دیگر که در کوتاه مدت از آن استفاده میشود پوشاندن سطح آب برای جلوگیری از افزایش دمای آب و اثر باد است اما این روش را نمیتوان برای سطحهای وسیع به کار برد کاربرد جسمهای پلاستیکی شناور برای کاهش تبخیر بسیار مؤثر است گرچه روشی اقتصادی نیست. در این روش میتوان از اجسام کروی از جنس پلی استریل استفاده کرد رنگ سفید این اجسام کروی فایده دیگری هم دارد که باعث انعکاس انرژی خورشیدی می شود و در نتیجه تبخیر از سطح آب را کاهش میدهد پوشش های شناور ساخته شده از مواد کم تراکم (۱۱۰ تا ۱۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب) ورقه های لاستیکی سلولی نیز میتواند به کار برده شود. این پوشش ها می تواند از به هم چسبیدن ورقه هایی به ضخامت ۴/۶ میلی متر ساخته شود. عمر مفید این پوشش ممکن است تا ۸ سال هم باشد. به طور معمول اندازه این پوشش را قدری بزرگتر از سطح آب در نظر میگیرند چون با گذشت زمان قدری منقبض میشود. از این پوششها برای پوشاندن مخزن های ذخیره آب کوچک استفاده میشود.

ورقه های لاستیکی شناور روی مخزن های آب در یوتا (آمریکا) به کار برده شد. این ورقه ها در برابر خوردگی بسیار مقاوم هستند و وقتی که ۹۵ سطح آب را پوشاندند موجب کاهش تبخیر به میزان ۷۵٪ شدند.

### بلوک های قوم آغشته به موم

در یک پژوهش برای کاهش تبخیر از سطح آب دو روش بررسی شد. یکی روش ایجاد سایه بان روی سطح آب و دیگری به کار گیری پوشش های شناور در سطح آب که از بین این دو روش پوشش های شناور روی سطح آب عملی تر بود.

میزان کاهش تبخیر با به کارگیری بلوک های فوم آغشته به موم در طول مدت ۸ سال از ۳۶ تا ۸۴ بود و در این مدت اثر آن به تدریج کاسته نشد.

موادی که توسط شرکت جی اچ دی پی تی وای استرالیا تولید شده است:

الف - یکی از این مواد ای واب - کپ است. این ماده ورقه چند لایه ای پلی اتیلن به ضخامت تقریبی ۵/۰ میلی متری است که حاوی سلول های شناور کننده در لایه های آن است. سطح بالایی این پوشش دارای رنگ سفید است که تابش را منعکس کرده و از تخریب اشعه فرابنفش می کاهد. لایه زیرین آن دارای رنگ سیاه است تا از نفوذ نور به داخل آب جلوگیری کرده و از فعالیت زیستی جلوگیری کند. این پوشش با دو کیفیت تولید میشود که یکی از آنها معمولی و دیگری در بسته بندی مواد غذایی کاربرد دارد که قیمت آن بیشتر است. به نظر می رسد که هیچگونه آلودگی به آب وارد نمی کند. این ورقه ها در صورتی که تمام سطح مخزن را بپوشاند ۱۰۰٪ از تبخیر را کاهش می دهد. لبه این ورقه در اطراف مخزن زیر خاک محکم میشود.

ب-اجسام شاور اکواکب بن اجسام پوششهای گنبدی شکل هستند و هنوز در مرحله تحقیقاتی قرار دارند و آماده استفاده تجاری نیستند.

پ-هیدروتکت این ماده شیمیایی مخلوطی از ۶۰٪ آب و ۴۰٪ الکل الیفاتیک است ادعا شده است که این شیرابه سمی نبوده، تجزیه پذیر بوده و برای مخزن های آب شرب هم کاربردی است ساده ترین روش پخش آن استفاده از قایق است که باید در جهت وزش باد پخش شود تا باد به پخش آن روی سطح آب کمک کند.

## بررسی های اقتصادی کاربرد روشهای کاهنده تبخیر

گرچه بعضی از روشهای دراز مدت مانند احداث باد شکن کاهش سطح تبخیر آب و ذخیره آب در زیر زمین در بعضی کشورها به کار برده شده است اما اثرهای بلندمدت و اقتصادی بودن آنها هنوز در حال بررسی است. روش های کوتاه مدت کاهش تبخیر در شرایط کمبود و بحران آب خشکسالی به ویژه برای مدیریت بحران به کار برده می شود. به دلیل این که کاربرد مواد شیمیایی اقتصادی نیستند کاربرد آنها فقط در شرایط کمبود و بحران آب در مدیریت بحران برای تأمین آب شرب مجاز خواهد بود روش کاربرد مواد شیمیایی در مقیاس وسیع اقتصادی نیست. از نکته های منفی کاربرد این مواد هزینه زیاد آن است اما چنانچه در شرایط کمبود و بحران آب از این روش استفاده شود ممکن است که اقتصادی تر از روش های دیگر تامین آب مانند انتقال از نقاط دور دست یا شیرین کردن آب شور باشد. تحلیل اقتصادی بودن کاربرد این مواد در مناطق مختلف بسته به عامل های محلی متفاوت است.

بررسیها نشان داده است که کاربرد مواد کاهنده تبخیر در چند ایالت هند از نظر اقتصادی توجیه پذیر است اما اقتصادی بودن کاربرد این مواد به شرایط محلی بستگی دارد چنان که در بعضی از ایالات هند کاربرد این مواد اقتصادی نبوده است در مناطقی که کاربرد مواد کاهنده تبخیر اقتصادی نبوده هزینه کاربرد این مواد بین ۱۰۰ تا ۴۳/۱۳ روپیه (معادل ۶۰۰ تا ۸۰۰ تومان برای هر متر مکعب آب) حفظ شده گزارش شده است. یکی از دلیل های هزینه بالای کاربرد این مواد برای حفاظت از آب سرعت زیاد باد درمنطقه مورد نظر بوده است.

رنجبر و همکاران الیاف مصنوعی پلیمری را در نقش مواد مسلح کننده در بتونهای سبک پرلیتی به کار بردند و بلوک های سیمانی شناور سبک و مستحکم را به ابعاد ۱×۳/۱۰ متر تولید کردند که دارای مساحت یک متر مربع و به ضخامت ۳/۰ متر است این بلوک ها توخالی بوده و میتوانند روی سطح آب به هم متصل گردند و باعث کاهش تبخیر از سطح آب شوند وزن این بلوکها ۱۶۰ کیلوگرم بوده و هزینه تولید و استقرار هر کدام از آن روی سطح آب ۱۲ هزار تومان قیمت سال (۱۳۹۰) .است گرچه رنجبر و همکاران میزان کاهش تبخیر را گزارش نکردند اما این پوشش ها میتواند دست کم ۸۰٪ تبخیر را کاهش دهد .بنابراین در منطقه هایی با میزان تبخیر سالانه ۳۰۰۰ میلی متر حدود ۴/۲ متر مکعب آب در هر بلوک حفظ میشود با توجه به عمر مفید ۱۰ ساله این بلوکها و نرخ بهره ۶ هزینه حفظ هر متر مکعب آب حدود ۷۰۰ تومان است که از هزینه تولید آب شیرین از آبشور کمتر است.

اگر سطح دریاچه سد دورودزن با ورقه های یونولیت سفید رنگ به ضخامت ۱۰ سانتی متر پوشانده شود هزینه سالانه پوشش با نرخ بهره ۶ و عمر ورقههای پوشش ۵ سال حدود ۷۱ میلیارد تومان یا حدود ۹۰۰ تومان برای هر متر مکعب آب به قیمت سال ۱۳۹۵ خواهد شد. چنانچه ایجاد پوشش راندمان ۸۰٪ در کاهش تبخیر داشته باشد هزینه سالانه پوشش حدود ۱۱۰۰ تومان برای هر متر مکعب آب خواهد شد. چنانچه قرار باشد آب صرفه جویی شده در اثر کاهش تبخیر از منابع دیگری مانند آب شیرین کن تأمین شود کمینه هزینه تولید آن بیش از یک دلار (۴۰۰۰ تومان برای هر متر مکعب آب) است با این هزینه گزاف در سال ۱۳۹۴ میزان تولید آب شیرین از آب شور حدود ۴۲۳ هزار متر مکعب بود بنابراین به نظر میرسد که بعضی از روشهای کاهش تبخیر از سطح مخزن ها از نظر اقتصادی توجیه پذیرند حتی اگر هزینه پوشش دادن سطح آب از آنچه در این محاسبه به کار رفته بیشتر باشد.

تحلیل های اقتصادی برای تصفیه فاضلاب در ایران نشان داده است که برای تولید هر متر مکعب پساب حدود ۲۵۰۰ تومان هزینه میشود. البته این هزینه شامل هزینه انتقال هم میشود بنابراین به نظر می رسد که آب ذخیره شده از روش کاهش تبخیر از آب پساب با صرفه تر است.

### تحقیق و توسعه برای آینده

پژوهش برای تولید مواد شیمیایی که بتواند در سرعتهای باد بیش از ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر در ساعت لایه های تک مولکولی با نیروی چسندگی قوی خود گستردگی و ترمیم پارگی مناسب ایجاد کند باید ادامه یابد. علت این نیاز هم این است که در حال حاضر مواد شیمیایی موجود برای مخزنهای کوچک و متوسط مناسب هستند و برای مخزنهای وسیع باد عامل پارگی این لایه ها روی سطح آب میباشد .

## جمع بندی و نتیجه گیری

در این مقاله نشان داده شد که تبخیر از سطح مخزنهای سدها مهم است بین ۲/۴ تا ۱۴۳ از حجم کل مخزن سد مقدار آب تبخیر شده از سطح مخزنهای سدها به طور میانگین بالغ بر ۴/۸ میلیارد متر مکعب میشود که باید در شرایط کمبود و بحران آب و خشکسالی کاهش یابد و از آب حفظ شده در کشاورزی، صنعت و به ویژه شرب بهره برداری شود روشهای مختلفی برای کاهش تبخیر در جهان به کار برده شده است که کاربرد مواد شمنانی به صورت پودر و شیرابه و کاربرد پوششهای مختلف مناسب ترین آنها هستند که میتواند در ایران برای گاهش تبخیر از مخزنهای سدها استفاده شوند. محلول یا پودر باشی روی سطح آب لایه تک مولکولی (تک لایه) به منظور کاهش تبخیر ایجاد میکند که در اثر باد و موج آب پراکنده میشوند بنابراین به طور متناوب با دور ۱ تا ۲ روزه باید به کار برده شوند بعضی از مواد تجاری موجود در دنیا برای این کار عبارتند از واترسیور و هیدروتکت که سمی نبوده و تجزیه پذیرند و از نظر محیط زیستی کاربرد آنها بلامانع است حتی برای مخزنهای آب شرب هم میتوان از آنها استفاده کرد کاربرد این مواد میتواند تا ۴۰ تبخیر را کاهش دهد البته برای بعضی از مواد بررسی های اقتصادی و محیط زیستی آنها کامل نبوده بنابراین مصرف آنها در حال حاضر توصیه نمی شود. پوششهای مختلف که میتوانند به کار برده شوند عبارتند از صفحه های شناور بوتولیت به رنگ سفید یا صفحه های شناور بتونی محوف سبک که قادرند تبخیر را دست کم تا ۸۰٪ کاهش دهند تحلیلهای اقتصادی نشان داده است که کاهش تبخیر و حفاظت آب با روشهای یاد شده با تولید آب از روش شیرین کردن آب شور می تواند رقابت کند.

## منبع

مجله پژوهش های راهبردی

در علوم کشاورزی و منابع

طبیعی،جلد۳،شماره۱۵

# آب مجازی

## مقدمه

آب مجازی میزان آبی است که یک کالا و یا یک فرآورده کشاورزی در فرآیند تولید مصرف می‌کند تا به مرحله تکامل برسد. در حقیقت آب مجازی را می‌توان میزان آبی دانست که برای تولید یک کالا مورد نیاز است.

واژه آب مجازی را اولین بار J.A Allan در سال ۱۹۹۳ مطرح کرد و پیش از آن، واژه آب جاسازی شده (Water embedded) برای رساندن این مفهوم استفاده می‌شد. اما این برچسب مجازی بودن از کجا می‌آید؟

اشتباه نکنید این صفت مجازی با معنای امروزی آن که در فضای سایبر آن را بسیار شنیده‌اید متفاوت است.

مجازی بودن در این جا بدان معنا است که بخش زیاد آب مصرف شده در فرایند تولید، در محصول نهایی وجود فیزیکی ندارد و در حقیقت بخش بسیار ناچیزی از آب مصرفی در پایان به عنوان آب واقعی در بافت محصول باقی می‌ماند.

### به این نمونه توجه کنید:

برای تولید یک کیلوگرم از غلات که به شکل دیم و در شرایط جوی مطلوب رشده کرده بین یک تا دو متر مکعب آب نیاز است و برای تولید همین مقدار غله در شرایط جوی نامطلوب (دما و تبخیر بالا) بین ۳ تا ۵ متر مکعب آب مصرف می شود.

تجارت جهانی کالاها یک جریان بین‌المللی از آب مجازی را به‌وجود می‌آورد که به آن تجارت آب مجازی گفته می‌شود. هم زمان با آغاز تجارت بین‌المللی کالاها جریان آب مجازی از منطقه‌ای به منطقه دیگر در جهان در حال جریان است.

با توجه بیشتر دانشمندان و محققان به مفهوم آب مجازی، انجام محاسبات کمی در این زمینه آغاز شد. محاسبات انجام شده از جابجایی جریان عظیمی از آب که به شکل مجازی با تجارت کالاهای آب بر در حال جریان است خبر می‌دهد.

کشورهای خشک و نیمه خشک می‌توانند با واردات کالاهای آب بر نظیر مواد غذایی، آبی را که برای تولید آن نیاز است را برای استفاده در سایر بخش‌ها حفظ کنند. انتقال آب حقیقی در حجم زیاد و در فاصله‌های طولانی به علت مشکلات انتقال و هزینه‌های بالای آن تقریبا غیرممکن به نظر می‌رسد، در این حال تجارت مواد غذایی می‌تواند با انتقال مجازی حجم عظیمی از آب به عنوان همگون‌سازی توزیع ناهمنگون آب به حساب آورده شود.

بخش کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین بخش در حدود ۷۴درصد از منابع آب شیرین جهان را مصرف می‌کند. برخی از کشورهای کم آب برای تامین بخشی از این آب با نادیده گرفتن ظرفیت‌های طبیعی به پمپاژ بیش از حد آب‌های زیرزمینی و نمک‌زدایی آب دریا می‌پردازند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که تولید محصولات در این شرایط بیش از پنج برابر گرانتر است. کشورهای کم آب می‌توانند با دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاست‌های آبی علاوه بر این که میزان دسترسی خود را به منابع آب جهانی افزایش می‌دهند از افزایش فشار بر منابع محدود خود نیز بکاهند.

واردات مواد غذایی به منظور استفاده از منبع تجارت آب مجازی بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست یک کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد و با امنیت غذایی و فرهنگ کشور ارتباط مستقیم دارد. کشورهای کم آب می‌توانند با توجه به شرایط، ظرفیت‌ها و نیازهای داخلی و همچنین ملاحظات امنیت غذایی خود نقطه بهینه‌ای را برای میزان واردات مواد غذایی به کشور پیدا کنند.

امروز امنیت غذایی جهان با نحوه استفاده از آب در بخش کشاورزی گره خورده و کشورها تلاش می‌کنند تا راهی برای استفاده بهینه از این مایع حیات پیدا کنند. بیشترین مصرف آب جهان و از جمله کشور ما در بخش کشاورزی است و در کشورهای مختلف از ۶۰ تا ۹۰ درصد آب مصرفی در این بخش مورد مصرف قرار می‌گیرد.

از سوی دیگر بحران آب در اکثر کشورها آغاز شده و تامین غذای جهان آینده بسته به این است که چه راهکاری را برای استفاده درست و جلوگیری از هدرروی آن پیدا کنیم، حتی برخی کارشناسان بر این باورند که جنگ آینده کشورها بر پایه آب خواهد بود.

گروه‌های متخصص و کارشناس در کشورها راه‌های مختلفی را برای فائق آمدن بر مشکل آب آزموده‌اند از سال‌ها پیش، روی اصلاح گیاهان و کاهش مصرف آب آنها کار کرده‌اند، در حقیقت متخصصان اصلاح نباتات با علم ژنتیکی گیاهانی را اصلاح کرده‌اند که آب کمتری مصرف می‌کند. در عین حال محصول بیشتری تولید می‌کند که به محصولات مقاوم به کم‌آبی معروف هستند، علاوه بر آن در برخی کشورها الگوی کشت اجرا می کنند که از کشت محصولات آب‌بر پرهیز کنند و اولویت خود را به محصولات کم‌آب بر و استراتژیک بدهند.

اما به تازگی دانشمندان راهکار جدیدی را کشف کرده‌اند که « تجارت آب مجازی» است. در حقیقت شاکله این طرح این است که کشورها محصولاتی را که آب بیشتری مصرف می‌کنند را به جای تولید در داخل وارد می‌کنند. با این کار آب از خارج مرزها وارد کشور می‌شود.

شاید به این دلیل است که خیلی از کشورها تمایلی به کشت گسترده خربزه، هندوانه و محصولات صیفی ندارند در عوض کشورهایی که با این مقوله ناآشنا هستند، جایگاه‌های نخست دنیا در تولید این محصولات را رقم زده‌اند. ایران در تولید خربزه و هندوانه جایگاه اول و دوم دنیا را دارد و سالانه ۵,۵ میلیون تن گوجه‌فرنگی تولید می‌کند.

پایگاه خبری واترفوت‌پرینت نت‌ورک، با تشریح مفهوم تجارت آب مجازی می‌نویسد: برای فهم این موضوع باید بدانید که چگونه کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند، امنیت غذایی، پوشاک و دیگر مایحتاج خود را که نیاز به مصرف آب بیشتری دارند را تامین می‌کنند. در این میان تجارت جهانی این اجازه را به کشورها داده

است که با تغییر در سیاست‌های واردات و صادرات در حقیقت مصرف آب را در خارج از مرزهایشان بیشتر کنند.

زمانی که غذا و دیگر محصولات بین کشورها تجارت می‌شود، در حقیقت ردپای آب مجازی را در رد و بدل شدن این کالاها باید جستجو کرد. در حقیقت خیلی از کشورها با واردات کالا از دیگر کشورها از منابع آب آنها مصرف می‌کنند و این حقیقت آشکار است که چگونه کشورهایی با منابع آبی اندک، در تامین نیاز مردم‌شان معطل نمی‌مانند.

آب مجازی در حقیقت کمک می‌کند که کشورها از حمایت سایر کشورها در تامین نیاز آب‌شان برخوردار باشند و این سیاستی است که امروزه دنبال می‌شود.

## چرا واردات آب مجازی مهم است

از آنجایی که ملل مختلف به دنبال تامین امنیت غذایی، آب، انرژی و دیگر موارد مورد نیاز مردمشان هستند و در این راستا به توسعه اقتصاد کشورشان کمک می‌کنند، اکثر کشورها واردات و صادرات کالا را راهکار اصلی می‌دانند. یک کشور ممکن است با هدف خوداتکایی اقدام به واردات کند، اما در این میان کشورهای کم‌آب باید بدانند که چگونه در این مقوله واردات و صادرات به دنبال آب مجازی هم باشند که یکی از این راه‌ها، واردات محصولات وابسته به آب به جای تولید در داخل است.

امکان دارد یک کشور که به دنبال امنیت انرژی است، منابع طبیعی خود را تنها صرف تولید برق کند و ترجیح دهد که محصولات غذایی را وارد کند، اما در این میان اکثر کشورها تلاش می‌کنند تا در زمینه تولید محصولات اساسی خودکفا باشند.

واردات آب مجازی کمک می‌کند که درک صحیحی از وابستگی اقتصاد منابع دیگر کشورها داشته باشیم. برای کشور هایی که کمبود آب دارند، حتما جذاب است که اقدام به واردات آب مجازی از طریق واردات محصولات آب‌بر کنند که با این کار در حقیقت فشار کمبود منابع آبی برطرف می‌شود. به عنوان مثال در کشورهای مدیترانه، خاورمیانه و مکزیک چنین اقداماتی انجام می‌شود. کشورهای شمال اروپا با واردات بیشتر نسبت به صادرات محصولات کشاورزی چنین هدفی را دنبال می‌کنند. در اروپا ۴۰ درصد رد پای مصرف آب آنها را در خارج از مرزها باید جستجو کرد.

کشورها با توجه به نیازشان واردات و صادرات انجام می‌دهند، اما در هر حالت کشورهای کم‌آب واردات آب مجازی را حتما لحاظ می‌کنند. کشورهای آمریکا، چین، هند، برزیل، آرژانتین، کانادا، استرالیا، اندونزی، فرانسه و آلمان به عنوان بزرگترین صادرکنندگان آب مجازی هستند و در این میان بزرگترین واردکنندگان آب مجازی آمریکا، ژاپن، آلمان، چین، ایتالیا، مکزیک، فرانسه، انگلیس و هلند است. در این میان برخی کشورها صادرکننده واردکننده صرف آب مجازی هستند، مثلا کشورهای شمال و جنوب آمریکا نظیر کانادا، برزیل و آرژانتین، جنوب آسیا نظیر هند، پاکستان، اندونزی و تایلند و کشور استرالیا بزرگترین صادرکننده آب مجازی به حساب می‌آیند و اما کشورهای شمال آفریقا و خاورمیانه مکزیک، اروپا، ژاپن و کره جنوبی صرفا کشورهای واردکننده آب مجازی هستند.

## حفظ منابع آبی با تجارت عاقلانه

بسیاری از کشورها با واردات محصولاتی که به آب بیشتری نیاز دارند و همچنین صادرات محصولاتی که کم‌آب‌بر هستند، منابع خود را حفظ می‌کنند. کل آب مصرفی برای واردات محصولات کشاورزی که اگر قرار بود همین محصولات در داخل خود کشورها تولید شود، ۲۴۰۷ میلیارد مترمکعب در سال است. در حالی که این میزان محصول در خارج از مرزها تنها با ۱۰۳۸ میلیارد مترمکعب در سال در کشورهای صادرکننده تولید می‌شود و در حقیقت با واردات اینها ۳۶۹ میلیارد مترمکعب در سال صرفه‌جویی می‌شود که معادل ۴ درصد آب مصرفی در بخش تولیدات کشاورزی است.

سالانه ۸۳۶۳ میلیارد مترمکعب آب در سال برای تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌شود.

بر اساس این گزارش سیاست تصمیم سازان در کشورهایی که با کمبود آب مواجه هستند، بر این است که آب بیشتری را ذخیره کنند و اجازه ندهند که از مرزهایشان خارج شود. به عنوان مثال مکزیک با واردات ذرت ۱۲ میلیارد مترمکعب آب در سال ذخیره می‌کند و برای تولید محصولاتی که در آن مزیت دارد، استفاده می‌کند.

## عربستان در ترکمنستان محصول کشت می‌کند

کشور عربستان برای دستیابی به بخشی از محصولات کشاورزی مورد نیاز خود نسبت به اجاره یا خرید زمین و ساخت برخی مستحدثات در کشور ترکمنستان اقدام می‌کند و در قالب یک همکاری دو سویه به محصولات مورد نیاز خود می‌رسد چون آب و اراضی لازم را در اختیار ندارد. ترکمنستان هم زمین‌های وسیعی دارد و از این سرمایه‌گذاری سود می‌برد. این رویکرد با شدت بیشتری در بین چینی‌ها وجود دارد و به منظور کشاورزی برای ساخت سد و شبکه آبیاری در کشورهای آفریقایی سرمایه‌گذاری می‌کنند.

ایران یکی از بزرگترین واردکنندگان آب مجازی است

ایران هم می‌توانست با کشورهای همسایه در این زمینه همکاری کند، به‌طوری که با احداث سد و تنظیم آب بتواند کاشت محصولات را در خارج از سرزمین ایران دنبال کند. متاسفانه فضایی برای گفت‌وگو در این زمینه‌ها وجود ندارد تا بتوانیم با کشورهای حاشیه خلیج فارس، عراق و افغانستان کنار بیاییم. به عبارت ساده‌تر این پتانسیل به لحاظ سیاسی در کشور ما وجود ندارد. ما می‌توانستیم با عراق تفاهم کنیم که ایران با ساخت سد، آب را تنظیم کنند و برق تولید شده از این طریق را در اختیار این کشور قرار دهد و در عوض عراق هم زمین‌های دستی خود را به منظور کشت برخی محصولات در اختیار ایران قرار دهد.

## محاسبه آب مجازی

برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات (کشاورزی، صنعتی و غیره) لازم است کلیه منابع آبی را که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم (اعم از باران، آب سطحی یا آب زیرزمینی) در تولید محصول مؤثر بوده‌اند، در محاسبات مورد توجه قرار داد.

(مقدار محصول تولید شده)/ (کل حجم آب مورد نیاز برای تولید)= آب مجازی

محصولات غذایی آب را به‌عنوان بخشی از فرایند تولید مصرف می‌کنند، اما میزان آب مورد نیاز در واحد تولید به مقدار زیادی به نوع محصول بستگی دارد.

## آب مجازی و بهره‌وری آب

آب مجازی و بهره‌وری آب نسبت به هم رابطه معکوس دارند. طبق تعریف، بهره‌وری آب عبارت است از مقدار محصول تولید شده از واحد حجم آب و واحد آن معمولاً به صورت کیلوگرم بر مترمکعب تعریف می‌شود، در حالی‌که آب مجازی مقدار آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی محصول را مورد توجه قرار می‌دهد و واحد آن لیتر بر کیلوگرم (مترمکعب بر کیلوگرم) است. به عبارت دیگر در بهره‌وری تأکید بر رابطه مقدار تولید از آب و در آب مجازی، برعکس، تأکید بر مقدار آب (مصرف شده) در تولید محصول است. بنابراین با افزایش بهره‌وری آب، مقدار آب مجازی در محصول یا کالای مورد نظر کاهش خواهد یافت و برعکس. به عبارتی در جریان تجارت محصولات کشاورزی جریانی از آب مجازی به وجود خواهد آمد. این جریان، یک جریان درون‌منطقه‌ای و بین‌المللی است. با توجه به ارتباط آب مجازی و بهره‌وری آب، افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی می‌تواند ابزاری کارآمد در صرفه‌جویی آب مجازی باشد.

## آب مصرفی کشاورزی و دام

در ایران حدود دوازده میلیون هکتار زمین زراعی وجود دارد که هشت میلیون هکتار آن به صورت فاریاب و بقیه به صورت دیم کشت می‌شود. حجم آب مصرفی کشاورزی حدود ۹۴ درصد آب مصرفی کشور است. به بیان دیگر از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب آب مصرفی، سالانه حدود ۱۲۲ میلیارد مترمکعب آن تنها به کشاورزی اختصاص دارد. چنین تخصیصی از آب برای کشاورزی عاقلانه به نظر نمی‌رسد، چون به طور معمول در جهان، تنها حدود شصت درصد از آب مصرفی هر کشور به کشاورزی اختصاص می‌یابد.

میزان مصرف آب دام‌ها نیز برای گاو شیرده، از شصت لیتر در روز تا ۰/۱ لیتر در روز برای مرغ متغیر است.

## آب مصرفی تجاری و صنعتی

آب مصرفی تجاری و صنعتی شامل مصارف مراکز تجاری و صنعتی کوچک از قبیل دکان‌ها و کارگاه‌های کوچک واقع در محدوده شهرهاست. صنایع بزرگ و مؤسسه‌های دامداری در صورتی در این طبقه‌بندی قرار می‌گیرند که آب مورد نیاز آن‌ها توسط شبکه شهری تأمین شود. میانگین روزانه مصارف تجاری و صنعتی در طول یک سال به ازای هر نفر از جمعیت شهر، «متوسط مصرف سرانه تجاری و صنعتی آب» نامیده می‌شود. این مقدار برای کشور معادل حداقل ۱۰ و حداکثر ۴۵ لیتر به ازای هر نفر در روز، پیشنهاد شده است .

## تجارت آب مجازی

تجارت جهانی کالاها، جریانی بین‌المللی از آب مجازی را به‌وجود می‌آورد که اصطلاحاً «تجارت آب مجازی۱۹» نامیده می‌شود. البته تجارت آب مجازی مفهوم تازه‌ای نیست، بلکه پیشینه آن به دورانی برمی‌گردد که مبادله محصولات انجام می‌شده، ولی با توجه به شرایط و تنش‌های آبی به‌وجود آمده، این مفهوم به‌عنوان یک اصل مدیریتی در مطالعات مدیریت منابع آب، خود را نشان داد و محاسبات کمی در این زمینه آغاز شد. مطالعه آب مجازی اهداف مختلفی را دنبال می‌کند که می‌توان به بالا بردن آگاهی عموم مردم و مسئولان، سیاست‌گذاری و شناسایی محصولات تأثیرگذار در سیاست‌های تخصیص آب اشاره کرد. تجارت آب مجازی در طی چهل سال اخیر به‌طور دائم در حال افزایش بوده است. در حدود پانزده درصد آب مورد مصرف در جهان به صورت آب مجازی در حال صادرات است. از آنجا که در سطح جهانی، کشاورزی بزرگ‌ترین بخش اقتصادی از لحاظ مصرف آب است، بنابراین تجارت محصولات کشاورزی جزء اصلی تجارت آب مجازی است. تحقیقات هوکسترا و چاپگین نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ میزان متوسط سالانه آب مجازی در حال جریان توسط تجارت برخی از محصولات آب‌بر، ۱۰۳۱ کیلومتر مکعب بوده که ۶۹۵ کیلومتر مکعب آن مربوط به تجارت محصولات کشاورزی و ۳۳۶ کیلومتر مکعب آن مربوط به تجارت دام و محصولات مشتق‌شده از آن بوده است. این نشان می‌دهد که سیزده درصد آب مصرف شده برای تولید کالاهای کشاورزی به صورت مجازی وارد بازار تجارت شده است. با در نظر گرفتن تجارت دام و محصولات آن می‌توان گفت که در مجموع بیست درصد آب مصرف‌شده برای تولید محصولات کشاورزی و دامی در جریان مجازی آب بین کشورها مشارکت داشته است. آمریکا، کانادا و تایلند، به ترتیب، سه کشور اول صادرکننده و سریلانکا، ژاپن و هلند سه کشور اول واردکننده آب مجازی براساس آمار سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ هستند. تجارت آب مجازی بین کشورها را ۱۳۴۰ میلیارد مترمکعب در سال ۲۰۰۰ تخمین زده‌اند که ۶۰ درصد مربوط به محصولات کشاورزی، ۱۴ درصد مربوط به تجارت ماهی و غذاهای دریایی، ۱۳ درصد مربوط به تجارت دام و ۱۳ درصد مربوط به تجارت گوشت بوده است. با این همه، تحقیقات اوکی و کانایی در سال ۲۰۰۴ نشان می‌دهد که در همان سال این تجارب موجب ذخیره‌سازی ۴۵۰ میلیارد مترمکعب آب به شکل مجازی در سطح جهان شده است. در مطالعات داخلی نیز، یافته‌های پژوهش جعفری و زارعی نشان می‌دهد که خالص واردات آب مجازی ایران در طول سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۳ حدود ۱۲/۸ میلیارد مترمکعب بوده است. علاوه بر این، مطالعات نشان می‌دهد که ایران در طول دوره ۱۳۸۰-۱۳۸۸ برای ۳۲ محصول عمده کشاورزی، واردکننده خالص آب مجازی بوده و سالیانه ۱۳/۷ میلیارد مترمکعب آب حاصل از این مبادلات را ذخیره کرده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که میزان صرفه‌جویی در منابع آب از طریق تجارت آب مجازی در ایران بین ۱۰ تا ۲۵ درصد کل منابع تجدیدپذیر سالیانه بوده است. از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ افزایش واردات و کاهش صادرات در آب مجازی را داشته‌ایم که باعث افزایش واردات خالص آب مجازی شده است، اما متأسفانه به دلیل مدیریت نادرست، با تولید و صادر کردن محصولات با نیاز آبی بالا، سهم صادرات آب مجازی افزایش یافت و از سوی دیگر با نادیده گرفتن سیاست آب مجازی، میزان خالص واردات آب مجازی کاهش یافت.


منابع

https://www.khabaronline.ir

https://fa.wikipedia.org

https://www.isna.ir

# مصاحبه با متخصصان آب کشور

**دکتر حسام قدوسی** ، عضو پیوسته انجمن مهندسی رودخانه ایران، دکترای تخصصی سازه های آبی از دانشگاه تربیت مدرس و استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه زنجان.

**۱. عامل اصلی بحران آب در ایران از نظر حضرتعالی چیست؟**

جواب ۱. عامل اصلی بحران آب در ایران قطعا مدیریت نامناسب منابع آب می باشد. که گاها مبتنی بر علم و مسیر درست مدیریتی نمیباشد و بهتر بود از برخی مدیران در جایگاه دیگری بهره برد به جای صنعت آب. نکته ای که مطرح است این است که کشور ایران قدمتی چندین هزار ساله دارد و تا بحال با این وضعیت بحران آب به این شکل رو به رو نشده بوده، سوالی که مطرح است این است که چرا حالا با این وضعیت بد آب رو به رو هستیم؟ انقدر فرونشست ها زیاد شده پس مشخص است الان ما ایجاد مشکل کردیم وگرنه کشور ایران با همین شرایط کار طبیعی خودش را میکرده، برداشت های بی رویه و بی حساب کتاب و گاها حتی غیرلازم از منابع سطحی و زیرزمینی آب از عوامل دیگر اصلی بحران آب در ایران است، من جمله چاه های غیر مجاز و حتی مجاز و برداشت های بی رویه لازم است متوقف شود و این برداشت ها باید برحسب ظرفیت سفره های زیرزمینی هر منطقه بازنگری گردد و میزان پمپاژ آب را اصلاح کنند و نباید یک کشاورز را که مبنا زندگی و امرار معاشش کشاورزی است و ممکن است بعد از این بازنگری ها متحمل هزینه شود رها کرد و باید ممر درآمد جایگزین برای او در نظر گرفته شود و بعد اقدامات اصلاحی کشاورزی را اعمال کرد.

**۲. راهکار های مواجه با بحران آب از نظر شما چیست؟**

خوشبختانه کشور ایران از شمال و جنوب به دریا های آزاد خزر و خلیج فارس متصل است و این پتانسیل را برای استقرار آب شیرین کن ها و انتقال آب شیرین به نواحی مرکزی را دارد ولی پیش از اینها باید حتما راه های مدیریت آب و توسعه پایدار منابع آب را سرلوحه خود قرار دهیم.

**۳. تاثیر شرایط اقلیمی بروی بحران آب را چگونه توضیح میدهید؟**

همانطور که گفتم این کشور سالیان سال به این شکل بوده، درست است که نمیتوان تاثیر اقلیم را در نظر نگرفت ولی خیلی کم است و باعث و بانی این وضع بحرانی موجود نیست، ما الان کاری فراتر از تغییر اقلیم داریم بر روی منابع آب خود انجام میدهیم که به اینجا رسیده ایم، ولی خب غیر قابل انکار است که اقلیم به سمت گرم شدن و خشک شدن گرویده اما این را هم در نظر بگیرید که ما الان نمیتوانیم آنچنان جلوی تغییر اقلیم را بگیریم ولی راهکاری های اصلاحی دیگری از جمله اصلاح مدیریت منابع آب را میتوانیم انجام دهیم.

# رویدادها

هفتمین کنفرانس بین المللی توسعه فناوری علوم آب، آبخیزداری و مهندسی رودخانه

حوزه های تحت پوشش: مهندسی آب و هیدرولوژی

محل برگزاری: استان تهران - شهر تهران

۳۱ مرداد ۱۴۰۲

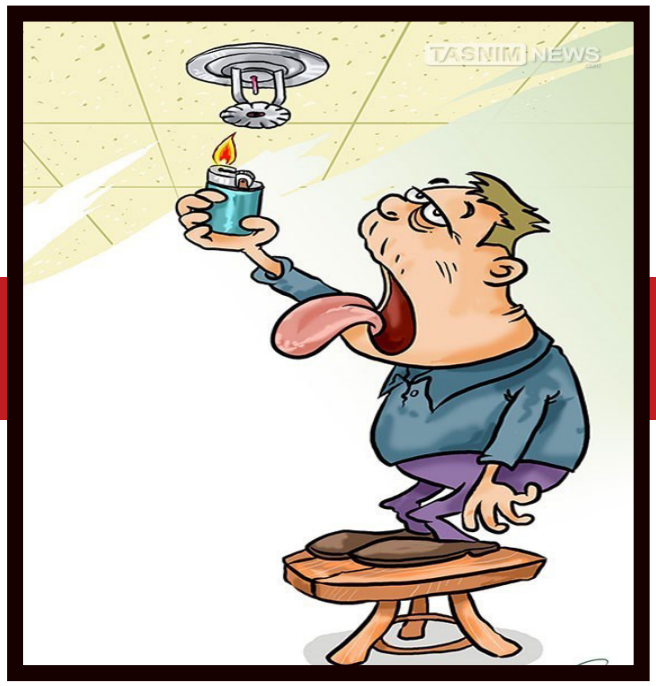
دومین همایش ملی مدیریت کیفیت آب و چهارمین همایش ملی مدیریت مصرف آب با رویکرد کاهش هدر رفت و بازیافت

حوزه های تحت پوشش: مهندسی آب و هیدرولوژی

محل برگزاری: استان تهران - شهر تهران

۷ آذر ۱۴۰۲

# طنز تلخ



# دیگرفعالیت های انجمن علمی دانشجویی گروه علوم و مهندسی آب

## دانشگاه زنجان ۱۴۰۲-۱۴۰۱

## بازدید های علمی

آزمایشگاه موسسه تحقیقات زنجان

سد زیاران

سد امیرکبیر

تصفیه خانه دانشگاه زنجان

# سخنرانی های علمی

## تاسیس نشریه پس از ۱۱ سال

دبیرخانه انجمن های
علمی دانشکده کشاورزی
دانشگاه زنجان

تاسیس دبیرخانه انجمن های علمی دانشکده
کشاورزی زنجان به همت انجمن آب