

اهمیت سدها

برای تأمین آب و برقابی*



ترجمه: سید فرهاد موسوی*

مقدمه

زندگی بدون آب غیرممکن است. با این وجود، رکورد این منبع حیاتی مطمئن‌کننده نیست. اگر چه در طول دهه گذشته، حدود ۱/۳ میلیارد نفر بیش از گذشته از آب آشامیدنی سالم برخوردار شدند، اما هنوز ۱/۲ میلیارد نفر از جمعیت فعلی دنیا بدون آب سالم هستند. حدود ۶۵٪ از جمعیت روستایی و ۳۵٪ جمعیت شهری فاقد سیستم تأمین آب می‌باشند [۱۶]. در سال ۲۰۰۰، انتظار می‌رود که ۵۰٪ جمعیت دنیا در شهرها زندگی کنند، ۱۰ شهر دنیا هر کدام جمعیتی در حدود ۱۰ تا ۱۵ میلیون نفر داشته باشند و پیش‌بینی می‌شود که تا آن زمان جمعیت شهری در آفریقا از ۲۰٪ در سال ۱۹۸۰ به ۴۲٪ افزایش یابد. تأمین آب شهری در آفریقا، علیرغم ۵۰٪ افزایش در تعداد کسانی که سرویس داده شدند، عملاً از ۸۳٪ به ۷۴٪ کاهش یافته است [۱۸]. عواملی که باعث فشار بر منابع آب می‌شوند عبارتند از رشد بی‌سابقه جمعیت دنیا، افزایش انتظارات برای توسعه اقتصادی، بهبود استانداردهای زندگی و گسترش وسیع کشاورزی فاریاب.

در سطح جهانی، مصرف آب و جمعیت انسانی بین سالهای ۱۹۴۰ و ۱۹۸۰ به دو برابر رسیده است. انتظار می‌رود که مصرف آب بین سالهای ۱۹۸۰ و ۲۰۰۰ دو برابر شود و جمعیت نیز به ۱/۸۳ میلیارد نفر (یا ۴۱٪) افزایش یابد. در حدود سال ۱۹۷۵، نوزده کشور بدون منابع آب تجدید شونده کافی برای مصارف خانگی و آبیاری وجود داشت [۱۱]. جمعیت پیش‌بینی شده برای قرن آتی (شکل ۱)، مسلماً اثرات مخرب بر منابع طبیعی کره زمین را به طور جدی وخیمتر خواهد کرد [۱۴]. واضح است که انسان با وظیفه خطیر افزایش تأمین آب به صورت پایدار مواجه خواهد شد. چون آب بطور یکنواخت توزیع نشده است، باید این منبع طبیعی به طریق معقول تقسیم شده و برای رسیدن به حداکثر بهره‌دهی با کمترین هزینه منطقی برنامه‌ریزی گردد.

منابع آب

بیش از ۹۷٪ آب کره زمین به صورت آب دریاست و فقط ۲/۶۶۵٪ از آب موجود شیرین است [۳، ۶]. از این مقدار آب شیرین، ۷۶/۵٪ در یخهای قطبی و یخچالها ذخیره شده و ۲۲/۹٪ به صورت آبهای زیرزمینی موجود

است. اگر چه مقدار باقیمانده نسبتاً کم است (آنچه که در دریاچه‌ها، خاک، اتمسفر و رودخانه‌ها ذخیره شده)، اما به خاطر بارندگی، مقدار آب موجود برای بهره‌برداری بیشتر از میزان باقیمانده آب است. کل رواناب رودخانه‌ها در

*- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی اصفهان

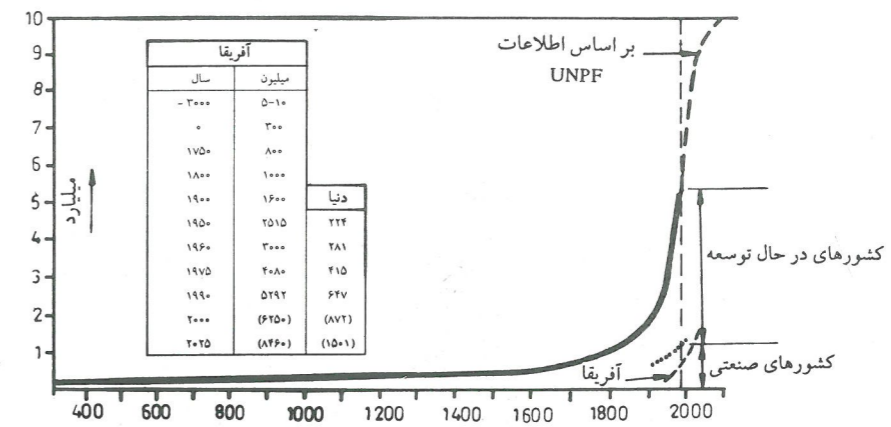
حدود یک سوم ۳۸۸۲۰ کیلومتر مکعب بارندگی روی قاره‌هاست. مقدار ۲۴۸۱۰ کیلومتر مکعب به صورت سیل جاری می‌شود و ۱۴۰۱۰ کیلومتر مکعب برای مصرف باقی می‌ماند. منابع آب شیرین بالقوه بر حسب قاره در جدول ۱ نشان داده شده است [۴، ۶].

برداشت آب بین قاره‌ها بسیار متفاوت است، و حتی تغییرات شدیدی در داخل هر قاره نیز وجود دارد. فرض بر این است که ۱۰٪ کل رواناب سالیانه را بدون مشکل می‌توان برداشت کرد، که برنامه‌ریزی کاملی برای افزایش این برداشت تا سقف ۲۰٪ لازم است و برداشتهای بیش از

این محدودیتهایی را بر توسعه اجتماعی تحمیل خواهد کرد. تخصیص آب برای مصارف خانگی، شهری، صنعتی و آبیاری شدیداً تحت تأثیر اهمیت کشاورزی فاریاب در اقتصاد یک ملت قرار دارد.

اگر چه مقادیر متناهی از آب در سطح جهانی موجود است، اما تفاوت‌های شاخصی در قابلیت دسترسی به آب از لحاظ زمانی و مکانی وجود دارد:

– عدم تعادل شدیدی بین مناطق دیده می‌شود: یک ششم کل آب رودخانه‌های دنیا در آمازون جریان دارد و سرانه سالیانه رواناب از ۱۰۰ هزار متر مکعب در کانادا تا



شکل ۱: جمعیت جهان

جدول ۱: آب شیرین موجود در قاره‌های مختلف.

قاره به استثنای مناطق قطبی	رواناب (کیلومتر مکعب در سال)			عمق رواناب (میلیمتر)
	کل	بخش پایدار	بخش ناپایدار	
آفریقا	۴۲۲۵	۱۹۰۵	۲۳۲۰	۱۴۲
آسیا، بجز روسیه	۹۵۴۴	۲۹۰۰	۶۶۴۴	۳۵۶
استرالیا	۱۹۶۵	۴۹۵	۱۴۷۰	۲۴۹
اروپا، به جز روسیه	۲۳۶۲	۱۰۲۰	۱۳۴۲	۴۹۹
آمریکای شمالی	۵۹۶۰	۲۳۸۰	۳۵۸۰	۲۷۹
آمریکای جنوبی	۱۰۳۸۰	۳۹۰۰	۶۴۸۰	۵۹۲
روسیه	۴۳۸۴	۱۴۱۰	۲۹۷۴	۱۹۷
کل قاره‌ها	۳۸۸۲۰	۱۴۰۱۰	۲۴۸۱۰	۲۹۷

کمتراز ۱۰۰۰ متر مکعب در قاهره تغییر می‌کند. – تغییرات مهمی در بارندگی و جریان رودخانه مناطق مختلف اتفاق می‌افتد.

– آب، اغلب در زمانها و مکانهای مورد نیاز موجود نیست. مثلاً، به دنبال یک فصل سه ماهه بارندگی موسمی در هند، نه ماه خشکی می‌آید.

– سیلاب اغلب برای توسعه، اقتصادی نیست زیرا به طور ناگهانی و در یک مدت بسیار کوتاه اتفاق می‌افتد. – بیشتر آبهای زیر زمینی در اعماق زیاد واقع شده‌اند و

یا در مناطقی قرار دارند که کم جمعیت است. – جمعیتها در جایی رشد کرده‌اند و مناطق به گونه‌ای توسعه یافته‌اند، که منابع آب قابل استفاده به حد کافی موجود نبوده است (نظیر لوس آنجلس). هنوز هم در بعضی از مناطقی که شدیداً کمبود آب دارند، جمعیت به سرعت رشد می‌کند [۱۳].

عمق کل رواناب در آفریقا کمتر از بقیه قاره‌های دنیا است (جدول ۱). علاوه بر آن، این مقدار آب محدود در نقاط مختلف قاره آفریقا و در عرض سال به طور یکنواخت توزیع نشده است. در حدود ۵۰٪ کل رواناب در حوزه آبریز کنگو جریان دارد [۱۵]. در مناطق وسیعی، رودخانه‌ها به طور فصلی جریان دارند و فقط گاهی توسط سیلابهای شدید و ناگهانی از آب پر می‌شوند. فقط در سه ناحیه مازاد آب وجود دارد: حوزه آبریز کنگو با جنگلهای باران استوایی، ساحل جنوبی نیجریه و کامرون و ناحیه بین غنا و گینه. در آفریقا، ۸۵٪ وسعت چهارده کشور در ناحیه کم باران است [۴] و بیشتر آفریقا کمبود آب دارد، یعنی گیاهان به آب بیشتری نسبت به آنچه که بارندگی تأمین می‌کند نیاز دارند. توسعه امکانات آبیاری، رشد بسیار کندی دارد. در استفاده از زمین قابلیت انعطاف کمی وجود دارد و عمدتاً برای پرورش گاو اختصاص می‌یابد، که در نتیجه منجر به یک نوع اکوسیستم در آنجا خواهد شد.

عوامل طبیعی مؤثر بر این شرایط عبارتند از: خشکسالیها (صحرا، از خشکسالیهای شدیدی بین سالهای ۱۹۰۷ و ۱۹۱۵ و دوباره در سالهای ۱۹۶۸ تا

۱۹۷۳ رنج برده است)، اقلیم خشک (بیابانها)، شرایط کشاورزی نامساعد (خاک ضعیف و فرسایش شدید آن)، درجه حرارتهای زیاد و بارندگی کمیاب (اغلب رودخانه‌ها خشک است). اثرات ناشی از فعالیتهای انسان عبارتند از: سرعت زیاد رشد جمعیت، تراکم نسبی جمعیت نسبتاً متراکم در مناطق خشک شمال، شرق و جنوب آفریقا و استفاده نامناسب از خاک که باعث فرسایش و کم شدن ظرفیت بازسازی طبیعت می‌شود.

برداشت آب

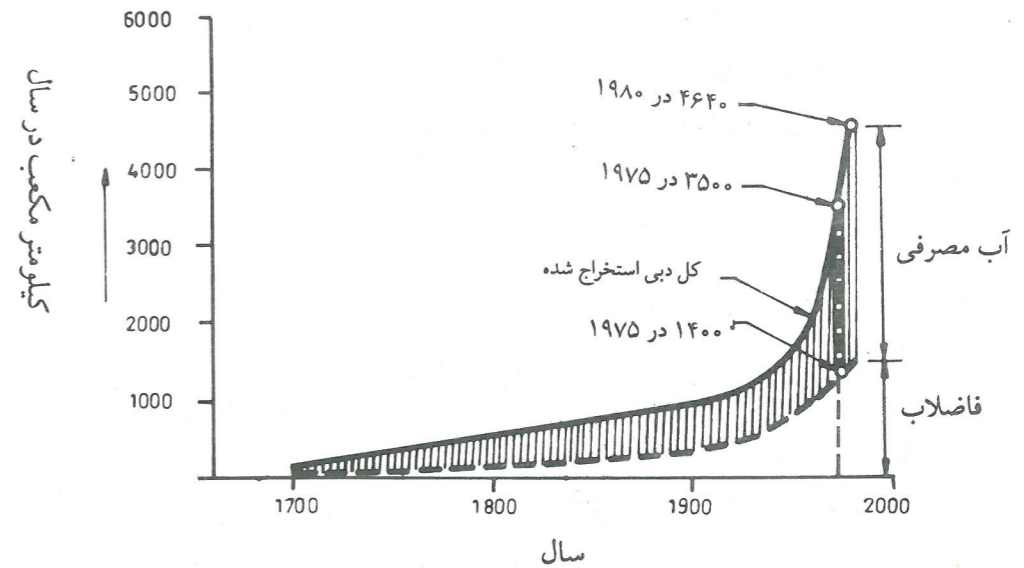
در سطح جهانی، برداشت آب برای مصارف مختلف از ۱۰۰ کیلومتر مکعب در سال ۱۷۰۰ به ۳۵۲۸ کیلومتر مکعب در سال ۱۹۷۵ افزایش یافته است (شکل ۲) [۱۷]. پیش‌بینی می‌شود که این نوع برداشت به ۴۶۴۰ کیلومتر مکعب در سال ۲۰۰۰ برسد. جدول ۱ نشان می‌دهد که این افزایش ۱۱۱۲ کیلومتر مکعبی از رواناب پایدار بدست خواهد آمد، به شرطی که آب، جمع‌آوری و ذخیره شده و در زمان و مکان مورد نیاز توزیع گردد. نسبت بین رواناب پایدار و ناپایدار رودخانه‌ها توسط مدیریت اراضی و تغییرات در پوشش گیاهی توسط انسان، یا برداشتها و ذخیره مصنوعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

تا سال ۱۹۸۶، وسعت مناطق آبیاری شده در جهان به ۲۶۵ میلیون هکتار رسید و تقریباً یک سوم غذای تولیدی را تأمین نمود. جهان سوم عموماً وابسته به کشاورزی است و کشاورزی فاریاب ۸۰ تا ۹۰٪ منابع آب توسعه یافته را به خود اختصاص می‌دهد. در مصر، کشاورزی ۹۰ درصد منابع آب را مصرف می‌کند، یک سوم جمعیت را به کار گرفته و ۲۵٪ تولید ناخالص ملی را به وجود آورده است. اما با وجود این، واردات مواد غذایی در این کشور در سال ۱۹۷۵ بیش از ۶۵٪ کل نیازها بود [۴]. مصر برای ۹۵ درصد تأمین آب خود به نیل متکی است [۷]. در مقیاس جهانی، تقریباً ۷۰٪ کل مصرف آب برای آبیاری زمینها، ۲۳ درصد برای صنعت و ۷ درصد بقیه برای اهداف خانگی و شهری به کار می‌رود. مصارف آب در بین

کشورها بسیار متنوع است و به شرایط اقلیمی، در دسترس بودن، کیفیت منابع آب و توسعه اجتماعی و اقتصادی آنها بستگی دارد.

تغییرات مصرف آب در بین قاره‌ها برای سه نیاز اساسی خانگی - شهری، صنعتی و آبیاری در جدول ۲

نشان داده شده است، که در حدود ۹۵ درصد کل مصارف را شامل می‌شوند. مصرف سرانه آب برای اهداف خانگی - شهری از ۴۷ لیتر در روز در آفریقا تا ۴۴۰ لیتر در روز برای آمریکای شمالی تغییر می‌کند. طیف مصارف صنعتی از این هم وسیعتر است.



شکل ۲: مصرف آب و میزان فاضلاب [۷].

جدول ۲: برداشت آب در قاره‌های مختلف (لیتر در روز برای هر نفر)

قاره	مقادیر واقعی				پیش‌بینی برای سال ۲۰۰۰			
	شهری	صنعت	کشاورزی	کل	شهری	صنعت	کشاورزی	کل
آفریقا	۴۷	۳۰	۵۵۸	۶۳۵	۹۶	۱۰۶	۵۱۴	۷۱۶
آسیا	۸۲	۱۱۰	۱۲۱۵	۱۴۰۷	۱۵۲	۲۵۰	۱۱۳۸	۱۵۴۰
استرالیا	۴۳۲	۱۴۸	۱۶۸۶	۲۲۶۰	۵۶۲	۲۷۴	۱۸۲۶	۲۶۰۲
اروپا	۲۶۵	۱۰۶۶	۶۰۸	۱۹۳۹	۳۰۰	۱۳۳۸	۶۶۹	۲۳۰۷
آمریکای شمالی	۴۴۰	۱۹۶۰	۲۲۰۰	۴۶۲۰	۵۰۴	۲۰۴۵	۲۱۸۵	۴۷۳۴
آمریکای جنوبی	۲۳۶	۲۹۵	۶۸۷	۱۲۱۸	۲۹۹	۷۸۴	۶۷۲	۱۷۵۵
روسیه	۲۲۳	۱۱۳۷	۲۵۲۶	۳۸۸۶	۳۰۹	۱۲۸۱	۲۶۵۱	۴۲۴۱
دنیا	۱۴۴	۴۱۵	۱۲۰۵	۱۷۶۴	۲۰۳	۵۴۶	۱۱۴۷	۱۸۹۶

افزایش منابع آب

در قرن بیستم، پروژه‌های بزرگ منابع آب برای تأمین آب در توسعه کشاورزی و رشد اقتصادی به اجرا درآمده است. در سالهای ۱۹۶۰ برداشتهای فزاینده آب تحت تأثیر تغییرات الگوهای قابل قبول اجتماعی قرار گرفت. این تغییرات تأکید بیشتری بر اقدامات غیرساختمانی و الگوی توسعه منابع، که هماهنگی بیشتری بین تکنولوژی و جنبه‌های زیست محیطی ایجاد می‌کرد، داشت. به جای توسعه منابع جدید تأمین آب، گزینه‌های دیگری را اغلب در مراجع و رسانه‌ها ذکر می‌کنند، نظیر: استفاده کارا از آب، حفاظت از آن، بهبود عملیات آبیاری، افزایش آبدی مخازن [۱۹]، استفاده مجدد از فاضلاب، شیرین کردن آب دریا و پمپاژ آبهای زیرزمینی (در خارج از منطقه قطبی، ۹۴ درصد تمام آبهای شیرین به صورت آب زیرزمینی ذخیره شده است). در مناطق خشک (مثل ریاض در عربستان سعودی)، آب زیرزمینی اغلب تنها منبع تأمین پایدار آب است [۱]. فشار زیادی وجود دارد که در مناطق وسیع خشک و نیمه خشک آفریقا باید توسعه را بر اساس برداشت آب زیرزمینی فسیلی قرار داد. در هر جهت، سکونتگاههای دائمی را نمی‌توان بر این مبنا پایه‌ریزی کرد. می‌توان از آبهای زیرزمینی فسیلی استفاده کرد، اما باید منابع تأمین آب دائمی را نیز توسعه داد (مثل فینیکس آریزونا). در آمریکا، تغذیه مصنوعی آبخوارهای مناسب، توجه بسیاری را به خود جلب کرده است [۲].

مدیریت عملیات آبیاری برای جلوگیری از اثرات مخرب ماندابی و شور شدن زمینها، کاهش تلفات نشت، بهبود توزیع آب در میان زارعین و کنترل مقدار و زمان تحویل آب به مزارع لازم است. هر ساله بین ۲۰۰ هزار تا ۳۰۰ هزار هکتار از زمینهای آبیاری شده در دنیا به خاطر شور و ماندابی شدن غیرقابل استفاده می‌شوند [۴]. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰ تا ۲۵ میلیون هکتار (۷/۵ تا ۹٪) از زمینهای آبیاری شده در اثر شور شدن شدیداً خسارت دیده‌اند. همچنین، حدود ۱۵۰ میلیون هکتار از زمینها نیاز به بهسازی دارند [۱۳]. راندمانهای بهره‌برداری را می‌توان

از ۳۰ تا ۴۰ درصد به حد ۷۵ تا ۸۰ درصد رسانید.

چهار منبع اساسی موجود برای افزایش تأمین آب در قاره آفریقا عبارتند از:

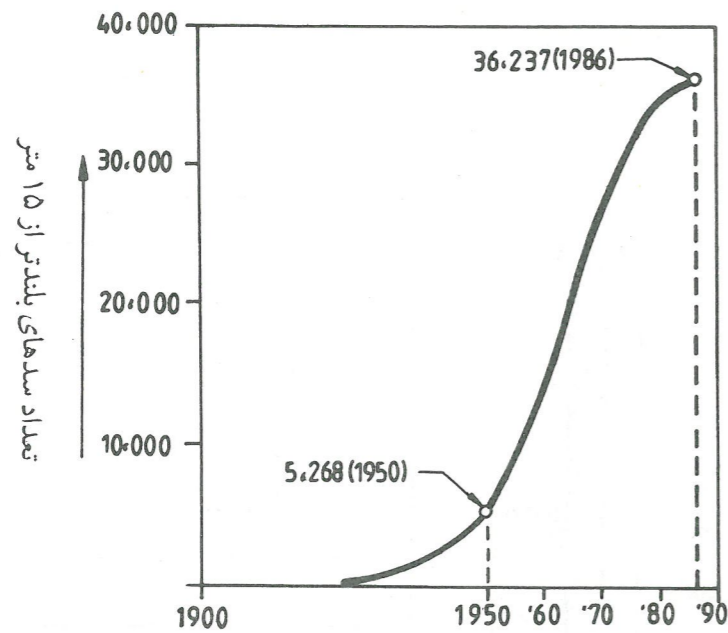
- ۱) ذخیره بارانهای پراکنده و کم،
- ۲) ذخیره بیشتر آبهای چهار رودخانه بزرگ کنگو، نیجر، نیل و زامبزی،
- ۳) استفاده از منابع آب زیرزمینی، مخصوصاً از بارندگیهای مناطق کوهستانی و
- ۴) نمک زدایی آب دریا.

اهمیت سدها

کمبودهای فعلی و نیازهای فزاینده آبی آب را نمی‌توان تنها با اقدامات فوق برطرف کرد، حتی اگر این اقدامات با هم صورت گیرند. مخازن سطحی بیشتری لازم است تا توزیع غیریکنواخت زمانی بارندگیها اصلاح شده و همراه با تأسیسات انتقال آب، توزیع مکانی نیز بهبود یابد (مورد لوس آنجلس برای تأمین آب). سدها نقش چندگانه‌ای دارند. با ذخیره آب برای مصارف شرب و کشاورزی، سدها ارتفاع آب لازم برای تولید انرژی برقابی، فضای لازم برای ذخیره سیلابها، عمیق‌تر کردن رودخانه‌ها برای حمل و نقل آبی و امکان تفریحات آبی و ماهیگیری را ایجاد می‌کنند.

در آینده نزدیک، باید رواناب رودخانه‌ها را کنترل و آب آنها را در مقیاس بی‌سابقه‌ای به مناطق خشک منحرف کرد. این کار مستلزم دخالت انسان در چرخه آب است، که باعث تغییراتی در کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی نیز خواهد شد. وقتی آب به عنوان دریافت کننده فاضلاب و دیگر آلودگیها است، در مدیریت آن باید به اقدامات رفع اثرات مخرب توجه نمود. طبیعتاً، مدیریت آب باید زیانهای جانی و مالی سیلابها و خسارت وارد آمده بر محیط زندگی حیات وحش (به خاطر زهکشی یا بهسازی زمینهای باتلاقی) را تا حد ممکن کاهش دهد.

برای حداقل ۵۰۰۰ سال، سدها با تأمین آب مطمئن برای مصارف خانگی و آبیاری سبب شکوفایی تمدنها



شکل ۳: تعداد سدها

جدول ۳: تعداد سدهای بلندتر از ۱۵ متر (۱۹۸۶).

قاره	سال ۱۹۵۰	سال ۱۹۸۲	۳۱ دسامبر ۱۹۸۶	در حال احداث
افریقا	۱۳۳	۶۶۵	۷۶۳	۵۸
آسیا	۱۵۵۴	۴۱۹۴	۴۵۶۹	۴۳۰
استرالیا	۱۵۱	۴۴۸	۴۹۲	۲۵
اروپا	۱۳۲۳	۳۹۶۱	۳۹۸۲	۲۰۴
آمریکای شمالی و مرکزی	>۲۰۹۹	>۷۳۰۳	۶۵۹۵	۳۹
آمریکای جنوبی	-	-	۸۸۴	۶۹
روسیه	به انضمام اروپا	به انضمام اروپا	۱۳۲	۱۸
جمع	۵۲۶۰	۱۶۵۷۱	۱۷۴۱۷	۸۴۳
چین	۸	۱۸۵۹۵	۱۸۸۲۰	۱۸۳
کل دنیا	۵۲۶۸	۳۵۱۶۶	۳۶۲۳۷	۱۰۲۶

انرژی برقابی

واحدهای برقابی دنیا در سال ۱۹۸۸، ۲ میلیون گیگاوات ساعت، یعنی ۲۰٪ کل انرژی الکتریکی (۹/۶۶۵ میلیون گیگاوات ساعت) را تولید کرده‌اند. این رقم در سال ۱۹۸۹ به ۲/۱ میلیون گیگاوات ساعت رسید. در آفریقا نیروی برقابی تولید شده ۱۶/۸ درصد کل انرژی الکتریکی بوده است. در سال ۱۹۸۸ قدرت نصب شده در

سطح دنیا ۵۴۹ گیگاوات بود [۹]، که به ۵۶۷ گیگاوات در سال ۱۹۸۹ افزایش یافت. در سال ۱۹۸۸ در ۷۱ کشور دنیا ظرفیتی بیش از ۱۰۰ گیگاوات در دست ساخت بود که سهم عمده گسترش مربوط به چین، آسیا، آمریکا جنوبی، و روسیه می‌شد.

انرژی برقابی، که یک منبع تمیز انرژی و یک تکنولوژی شناخته شده است، مقادیر زیادی الکتریسته

شده‌اند. بسیاری از تمدنها با از دست دادن قدرت ساختن و تعمیر و نگهداری سدها از بین رفته‌اند. در قرن گذشته، مهندسين تکنولوژیهای جدیدی برای افزایش قدرت برداشت، انتقال و تصفیه آب و تولید و انتقال انرژی برقابی عرضه کرده‌اند. پیشرفتهای مهمی در طراحی و ساخت سدها نیز انجام شده، که بخشی از آن به خاطر تجربه شکست بعضی از سدها بوده است، اما عمدتاً به دلیل گسترش پایه‌های علمی زمین‌شناسی، هیدرولوژی، و خواص مواد طبیعی و مصنوعی، درک بهتر بارهای وارده برسد، روشهای تحلیلی جدید، کامپیوترهای پیشرفته، کنترل کیفیت در هنگام ساخت و مشاهدات رفتار سازه‌ای سدها می‌باشد. ضرائب اطمینان تعدیل شده‌اند، خطاهای انسانی کاهش یافته‌اند و معیارهای طراحی جنبه بین‌المللی پیدا کرده‌اند. اقداماتی انجام شده که سدهای قدیمی را در مقابل شکست احتمالی به خاطر زلزله یا سیلابها قویتر می‌کند. بازبینی طراحی سدها یک کار معمول شده، و بررسی مداوم رفتار سد یک اقدام استاندارد گشته است. احتمال شکست یک سد خوب طراحی و ساخته شده مدرن بسیار ضعیف است.

سدها اثرات مخرب و همچنین مفید دارند. مراجع زیادی وجود دارد که مثالهایی از اثرات مخرب زیست محیطی، فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی سدها را ذکر می‌کنند. سه مسئله مهم، و اغلب لاینحل، عبارتند از: الف) جابجا کردن افراد بومی که بی تجربه و غیرسیاسی هستند،

ب) شورزایی و ماندابی شدن مزارع آبیاری، و ج) مسائل بهداشتی ناشی از امراض مرتبط با آب. اثرات مثبت زیست محیطی سدها عبارتست از: کنترل و افزایش دیبهای کم رودخانه‌ها، کاهش فرسایش، کنترل سیلابها، به حداقل رساندن تلفات آب و سبز کردن بیابانها. باید کوشش کرد که اثرات مضر و مفید زیست محیطی و همچنین اجتماعی ارزیابی شوند تا این هزینه‌ها به عنوان بخشی از ارزیابی اقتصادی یک پروژه ملحوظ گردند. در عین حال، تمام کسانی که مستقیماً تحت تأثیر پروژه‌های

توسعه سدها و طرحهای برقابی قرار می‌گیرند باید در تصمیم‌گیریها دخالت داشته باشند.

بر اساس گزارش ICOLD، تا سال ۱۸۹۰ تعداد ۴۲۷ سد در دنیا وجود داشته است [۸]. افزایش محسوسی در تعداد سدها پس از اواسط قرن بیستم رخ داد (شکل ۳). بیش از ۸۵ درصد ۳۶۰۰۰ سد موجود بلندتر از ۱۵ متر ارتفاع، در ۳۵ سال گذشته ساخته شده است [۸]. تعداد سدهای قاره‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. بیش از ۷۸ درصد این ۳۶۲۳۷ سد ارتفاعی بین ۱۵ و ۳۰ متر دارند، و کمتر از ۲۶ سد دارای ارتفاعی بیش از ۲۰۰ متر می‌باشند (شکل ۴). در حال حاضر، مخازن پشت سدها ۶۰۰۰ کیلومتر مکعب آب را ذخیره کرده‌اند که دو سوم آن برای مصرف قابل دسترس بوده و مابقی ذخیره مرده است. این ۴۰۰۰ کیلومتر مکعب به اندازه ۳۰ درصد به بخش پایدار (۱۴۰۱۰ کیلومتر مکعب) رواناب سالیانه رودخانه‌ها در سطح جهانی اضافه می‌کند (جدول ۱). در سال ۱۹۸۹، بیش از ۲۰۰ سد کامل شدند که از آنها ۸۰ درصد کمتر از ۳۰ متر و یک درصد بیشتر از ۱۰۰ متر ارتفاع داشتند. همچنین، ۱۲ سد بسیار بزرگ بلندتر از ۱۵۰ متر بودند، یا حجم ساختی بیش از ۱۵ میلیون متر مکعب، یا ظرفیت مخزنی بیش از ۲۵ کیلومتر مکعب، یا قدرت نصب بیش از ۱۰۰۰ مگاوات داشتند. در سال ۱۹۸۹، تعداد ۴۵ سد و در سال ۱۹۹۰ تعداد ۴۸ سد در دست ساختمان بودند [۱۰]. این تعداد در ۵ سال گذشته تقریباً ثابت مانده است.

محدودیت‌های متعددی باعث تأخیر، یا جلوگیری از ساخت سدهای جدید و نصب تأسیسات برقابی می‌شوند. در این مورد می‌توان محدودیت‌های فیزیکی (کیفیت محل سد و به زیر آب رفتن زمینها و تأسیسات)، محدودیت‌های مالی، قانونی و بازار، اثرات زیست محیطی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، تضادهای سیاسی در مورد رودخانه‌های مشترک و کاربرد تجربیات کشورهای غربی در ممالک در حال توسعه را نام برد. این محدودیتها را باید شناخت و برای آنها راه حل ارائه نمود.

جدول ۴: پتانسیلهای تولید برقابی در سال ۱۹۸۸ (بر حسب گیگاوات ساعت در سال)

منطقه	پتانسیل (۱)	تولید شده در سال ۱۹۸۸ (۲)	بعنوان درصدی از (۱)
روسیه	۳۸۳۱۰۰۰	۲۱۹۸۰۰	۵/۷۴
آمریکای جنوبی	۳۱۸۹۳۰۰	۳۳۰۵۵۸	۱۰/۳۶
آسیای جنوبی	۲۲۸۰۷۰۰	۱۷۰۹۳۷	۷/۴۹
چین	۱۹۲۳۳۰۴	۱۰۹۱۷۷	۵/۶۸
آفریقا	۱۱۵۳۶۰۰	۳۵۷۷۵	۳/۱۰
کانادا و آمریکا	۹۶۸۹۸۲	۵۳۶۱۲۷	۵۵/۳۳
اروپای غربی	۹۱۰۰۰۰	۴۳۶۲۶۹	۴۷/۹۴
آمریکای مرکزی	۳۴۶۰۰۰	۳۲۲۴۲	۹/۳۲
استرالیا	۲۰۲۰۰۰	۳۶۹۴۵	۱۸/۲۹
اروپای شرقی	۱۶۳۰۰۰	۴۹۱۰۷	۳۰/۱۳
ژاپن	۱۳۰۵۲۴	۸۷۳۸۴	۶۶/۹۸
کل دنیا	۱۵۰۹۹۳۱۰	۲۰۴۴۲۹۶	۱۳/۵۴

جدول ۵: جمعیت، سدها، رواناب پایدار و برقابی

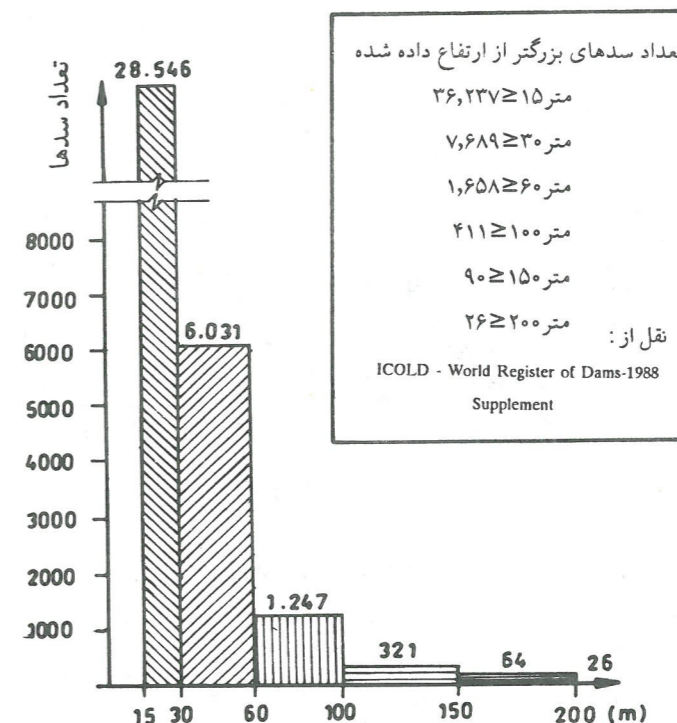
قاره	جمعیت بر حسب ۱۰۰۰ در هر سد	تعداد سدها برای هر کیلومتر مکعب رواناب پایدار	تولید برقابی (۱۹۸۸) KWh/cap (۱)	پتانسیل برقابی KWh/cap (۲)	(۱) به عنوان درصدی از (۲)
افریقا	۸۴۹	۰/۴	۵۵	۱۷۸۲	۳/۱
آسیا	۴۳۲ ^(۱)	۱/۶	۱۱۸	۱۳۹۵	۸/۵
استرالیا	۵۴	۱/۰	۱۳۹۵	۷۶۲۸	۱۸/۳
اروپا	۷۵	۳/۹	۹۷۵	۲۱۵۶	۴۵/۲
آمریکای شمالی	۶۵ ^(۳)	۲/۸	۱۹۴۳	۳۵۱۲	۵۵/۳
آمریکای جنوبی ^(۲)	۳۳۶	۰/۲	۸۱۰	۷۸۹۱	۱۰/۳
روسیه	۲۱۸۲ ^(۴)	۰/۱ ^(۴)	۷۶۳	۱۳۳۰۲	۵/۷
دنیا	۲۳۹	۱/۲	۳۸۶	۲۸۵۳	۱۳/۵

(۱) به جز چین که دارای ۱۸۸۲۰ سد یا ۶۰۰۰۰۰ نفر برای هر سد است.

(۲) آمریکای جنوبی که شامل آمریکای مرکزی و جزایر کارائیب و احتمالاً مناطق دیگری که مشخص می‌گردد.

(۳) شامل آمریکای مرکزی و جزایر کارائیب.

(۴) تعداد سدها بطور تقریبی آورده شده‌اند. سدهایی که برای تأمین آب خانگی و مصارف کشاورزی استفاده می‌شوند، ضمیمه نیستند.



شکل ۴: تعداد سدها بر اساس طیف ارتفاع [۸]

خلاصه شده است.

تعداد واحدهای پمپاژ - ذخیره به سرعت در حال افزایش است زیرا صاحبان سیستمهای نیرو دریافته‌اند که این سیستم اقتصادی‌ترین راه ذخیره الکتریسته اضافی برای استفاده در ساعتهای اوج مصرف است. به علاوه، پمپاژ - ذخیره برای یک سیستم الکتریکی منافع دینامیکی دارد، از جمله تواناییهای ولتاژ، فرکانس، و ضرایب اصلاح نیرو و موقعیتی برای به حداقل رسانیدن چرخش واحدهای حرارتی. تعداد این واحدها در سطح جهانی در جدول ۶ نشان داده شده است [۱۰].

بسیاری از کشورها، مخصوصاً در جهان سوم، در حال کارگذاری واحدهای کوچک (کمتر از ۱۵ مگاوات) در سطح روستاها هستند تا نیروی لازم غیرمتمرکز را به طور پایدار ایجاد کنند. جدا از مزایای اقتصادی، این گونه

لازم برای مجامع پراکنده و کم جمعیت و واحدهای صنعتی کشاورزی را تأمین می‌کنند. برای کاهش کمبود انرژی در دنیای امروز حفاظت، بهبود راندمانها و استفاده وسیع از منابع تجدید شونده از لحاظ زیست محیطی مقبولترین راه حلها می‌باشند. انرژی برقابی تجدید شونده است زیرا توسط چرخه آب نیرو می‌گیرد. فرصتهای آتی برای توسعه انرژی برقابی امیدوارکننده است زیرا منبع بالقوه خوبی در کشورهای در حال توسعه است، جایی که تاکنون کمتر از ۱۰٪ پتانسیل آن (در آفریقا فقط ۱/۳٪) از لحاظ فنی ایجاد شده است. همان طور که در جدول ۴ نشان داده شده، در سطح جهانی در سال ۱۹۸۸ فقط ۱۳/۵٪ (۱۴/۵٪ در سال ۱۹۸۹) تولید پتانسیل برقابی توسعه یافته است [۹].

اطلاعات سدها، رواناب پایدار، تولید برقابی و پتانسیل آن، با استفاده از آمار جمعیت سال ۱۹۹۰، در جدول ۵

آفریقا	۳
آسیا	۴۹
استرالیا	۶
اروپا	۲۱۷
آمریکای شمالی	۳۸
آمریکای جنوبی	۱۱
روسیه	۲
کل دنیا	۳۲۶

نتیجه گیری

مقایسه افزایش جمعیت پیش‌بینی شده (شکل ۱) با مصرف آب (شکل ۲) و تعداد سدها (شکل ۳)، نشان می‌دهد که از ابتدای قرن بیستم روندی افزایشی در همه موارد بوده است. وسعت زمینهای آبیاری شده و تولید نیروی برقایی نیز رشد نمایی داشته است. منابع طبیعی و موجود آب را می‌توان و باید به طریقی توسعه داد که نیازهای جمعیت انفجار آمیز را برآورده کند. در نتیجه رشد فعلی جمعیت در آفریقا (۶۴۷/۵ میلیون نفر در سال ۱۹۹۰ به ۱۵۸۱ میلیون نفر در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید)، تقاضا برای غذا، مخصوصاً در مناطق شهری با رشد سریع، به شدت در حال افزایش است. منابع مطمئن آب به جهت بهبود وضعیت بهداشت و افزایش تولید و بخصوص غذا لازم است. توسعه منابع آب لازمه بقای حیات انسان و حیوان و پیش نیاز رشد کشاورزی و صنعت در آفریقا است. توسعه نیروی برقایی برای رشد صنعتی و معدنی مهم است. این توسعه‌ها و مدیریت آنها نیاز به همکاری نزدیک بین منطقه‌ای دارد. در مورد تأمین آب و تولید نیروی برقایی، این به معنای گرفتن، ذخیره کردن و آزادسازی آب، بیشتر از بخش پایدار رواناب، از طریق ساختن سدها و مخازن زیادتر است. چنین توسعه‌هایی باید از لحاظ زیست محیطی قابل قبول و به صورت پایدار و در رابطه با مردم و فرهنگ آنها باشد. هدف غایی ساختن سد و

متمرکز را جهت راه‌اندازی کارخانه‌ها و روشنایی شهرها در اختیار قرار می‌دهد. واحدهای برقایی کوچک، برق واحدها کیفیت زندگی روستایی را نیز بهبود بخشیده‌اند. تولید برقایی در مقیاس کوچک به حدود ۱۰ هزار مگاوات در سال ۱۹۸۳ و ۲۹ هزار مگاوات در سال ۱۹۹۱ رسیده است. برقاییهای کوچک مقیاس دارای این مزیت هستند که از افراد و مواد بومی استفاده می‌کنند، و در نتیجه به کشورهای در حال توسعه کمک می‌کنند تا برفق فائق آمده و از وابستگی رهایی یابند. در سال ۱۹۸۹، ۱۷۰ قرار داد برقایی کوچک در ۳۰ کشور جهان منعقد گردید [۱۰]. کاربرد وسیع برقایی در مقیاس کوچک به دلیل نبود مکانهای مناسب، نبود سیستمهای آماده کارگذاری، کمبود متخصص فنی، تمایل مهندسين تحصيل کرده در غرب به طراحی بزرگتر از اندازه لازم و در نهایت تمایل بسیاری از واحدهای آب و برق و همچنین دولتها به سمت پروژه‌های بزرگ، عملی نشده است [۵]. بهر حال، از سال ۱۹۸۰ به بعد پیشرفت‌هایی در توسعه روشهای بومی و مناسب حاصل شده است. در این رابطه، تجربه چین منحصر به فرد است زیرا از این مزایا استفاده کرده، و همراه با سرمایه و تکنولوژی خودش، دهها هزار از واحدهای برقایی کوچک را ساخته است. انتظار می‌رود که به دلیل مفید بودن واحدهای برقایی کوچک، توجه و سرمایه بیشتری به این مسئله جلب شود.

برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، افزایش رفاه مردم است. تلاش برای مهندسين، بلکه برای سیاستمداران دنیائیز نیاز حاد به افزایش منابع آب بر اساس توسعه پایدار نه تنها هست.

* Veltrop, J.A. "Importance of dams for water supply and hydropower", In: Biswas, A.K., M. Jellali, and G.E. Stout (eds.), Water for Sustainable Development in the Twenty-first Century, Oxford University Press, Delhi, India, 1993.

مراجع

- 1- Amoroggi, R. P.(1980)."Water", Scientific American, Sept.
- 2- Bouwer, Pine, and Goodrich.(1990). "Recharging Ground Water", Civil Engineering-ASCE, June.
- 3- Encyclopedia Britannica, 15th edition, Vol. 20, (1987). "The Hydrosphere".
- 4- Falkenmark, M. and Lindh, G. (1976)." Water for a Starving World", Westview Press, Boulder, Colorado.
- 5- Flavin, C. (1986)."Electricity for a Developing World : New Directions", Worldwatch, Paper 70, June.
- 6- Gerarghty and Miller.(1990). "The Water Encyclopedia", 2nd edition.
- 7- Hamman, S. (1990). "A Report from Egypt", Journal of the Institution of Water and Environmental Management, Vol. 4, October, pp. 494-496.
- 8- ICOLD. (1989). "World Register of Dams-1988 Updating", International Commission on Large Dams, Paris, June.
- 9- Mermel, T. W. (1989). "The World's Hydro Resources" International Water Power and Dam Construction, September.
- 10- Mermel, T. W. (1991)."The World's Major Dams and Hydro Plants", International Water Power and Dam Construction, Handbook (1991), pp. 52-62, UK.
- 11- New York Times. (1990). "115 Nations Consider a Water Supply Crisis", September 11.
- 12- Postel, S. (1984). "Water Rethinking Management in an Age of Scarcity", Worldwatch, Paper 62, December.
- 13- Postel, S. (1985). "Conserving Water-The Untapped Alternative", Worldwatch, Paper 67, September.
- 14- Sadik, N. (1990). "The State of World Population 1990", United Nations Population Fund, New York.
- 15- United Nations. (1977). "Water Development and Management", Proceedings of the Conference, Part2.
- 16- UNDP. (1990). "Global Consultation of Safe Water and Sanitation for the 1990s", UN Conference, New Delhi, India, 10-14 September.
- 17- White, G. F. (1988). "A Century of Change in World Water Management", EARTH 88 - Changing Perspectives, Proceedings of Centennial Symposium, National Geographic Society.
- 18- World Water, (1989). "The Decade under Analysis", December.
- 19- Wurbs, R. A., Carriere, P. E., and Johnson, W. K. (1990). "Management Strategies for Increasing Reservoir Yield", Water International, Vol. 15, no. 3, September.