

عموم حساسیت بیشتری نشان دهند. حتی در اموری که «خطر» دیده نمی‌شود، مانند برنامه‌ریزی شهری در زمینه‌ی شیوه‌ی استفاده از زمین، تصمیم‌گیری‌ها را می‌توان با موفقیت بیشتری همراه کرد، به شرط آنکه فرایندهای تصمیم‌گیری دولت در معرض نظارت و انتقاد عموم گذارده شود. هم‌اکنون گروه‌های مشورتی برنامه‌ریزی غیردولتی گوناگونی که بسیاری از آنها تحت پوشش «جنش توسعه‌ی پایدار محلی» گرد آمده‌اند، می‌کوشند دخالت همگان را در امور زیست‌محیطی امکان‌پذیر سازند.

فعالیت‌های بالا برای هواداران محیط زیست قلمرو نسبتاً تازه‌ای به‌شمار می‌آید. هواداران این جنبش در روزهای نخستین فعالیت خود علاقه‌ی ناچیزی به مسائل دولت نشان می‌دادند، زیرا، به باور اینان، دگرگونی‌های واقعی اجتماعی در سطوح فردی و گروه‌های غیردولتی انجام می‌شود. چپ نیز می‌بایست پیش از این در مواضعش نسبت به اداره‌ی امور تجدیدنظر می‌کرد. البته در اینجا تجدیدنظر برای چپ‌ها در جهت مخالف سبزه‌ها، یعنی کاهش علاقه‌ی بیش از حدشان نسبت به نقش «دولت»، در مد نظر است. به باور سوسیال دمکرات‌های قدیمی، دولت وسیله‌ای است که از طریق آن می‌توان به اهداف سیاسی و اقتصادی دست یافت؛ این دستگاه که از راه رأی همگانی انتخاب و به وسیله‌ی فن‌سالاران اداره می‌شود، بهتر از هرکس بر اداره‌ی امور جامعه واقف است.

اما تشخیص واقعیت‌های تلخ، از جمله اینکه دولت ممکن است، همانند اقتصاد بازار، در اهدافش با شکست روبه‌رو شود، نیروهای سوسیال‌دمکرات را واداشت که بر نقش مطلق دولت در تصمیم‌گیری‌ها تجدیدنظر کنند. در نتیجه، در محافل سوسیال‌دمکرات‌های نو بر اصلاحات دمکراتیک تأکید ویژه‌ای می‌شود. در انگلیس این تحول تا اندازه‌ای در اصلاحات وارده در قانون اساسی نمایان شده است؛ اما، به‌طور روزافزونی، در فرایندهای تصمیم‌گیری شکل مشارکتی و نظارتی به خود گرفته است؛ درست مانند روش‌های پذیرفته شده از سوی سبزه‌ها. نهادهای مدیریتی محلی (شهرداری‌ها)، با

تشویق فراوان دولت کارگر در وست مینیستر، رویکردهای تازه و آشکاری، از جمله مراجعه به آرای عمومی، تشکیل میزگردهای مردمی و هیئت داوران شهروندان، را به آزمایش گذارده‌اند. گزینه‌های دشواری که در زمینه‌های زیست‌محیطی در پیش روی ما قرار دارند در پرسش‌های مهمی که در عرصه‌های دیگر سیاست‌های دولت مطرح‌اند نیز بازتاب دارند. سیاستمداران و دولت باید برای به دست آوردن اعتماد مجدد همگان در تمام عرصه‌ها تلاش کنند.

نتیجه‌گیری

می‌توانیم درباره‌ی «دمکراسی سبز» چنین گوئیم: این اصطلاح به‌طور ویژه بر اهمیت مرکزی نوسازی دمکراتیک سیاست‌های زیست‌محیطی تأکید دارد. تنها با اصلاحات در دولت و ایجاد یک بخش عمومی پرتحرک می‌توان فرایندهای دشوار مدیریت تکنولوژیک و رفع مشکلات را که بی‌تردید در جهان نو لازمند، به نتیجه رساند. این گفته، همگرایی جنبش سبز و سنت سوسیال‌دمکراسی را نمایان می‌سازد. اگر سوسیال‌دمکراسی به مفهوم نظارت‌های دمکراتیک سرمایه‌داری در زمینه‌ی کالاهای اجتماعی است، دمکراسی سبز نظارت‌های دمکراتیک این نظام در پهنه‌ی کالاهای زیست‌محیطی است.

این همگرایی به‌طور چاره‌ناپذیری در کشورهای گوناگون یا شتاب مختلفی به پیش می‌رود. در آلمان، ائتلاف‌های دولتی در سطح دولت‌های ایالتی و فدرال میان سوسیال‌دمکرات‌ها و سبزه‌ها، رابطه‌ی آنها را نه تنها در سطح حزبی بلکه ایدئولوژیک نیز نهادین کرده است. هنوز اختلافات زیادی، از جمله فرهنگی، میان این دو جریان موجود است و هم‌گرایی‌شان بیشتر جنبه‌ی همدلی دارد. اما زمینه‌های بسیاری که برای ائتلاف این دو گروه موجود است، نشانه‌ای از تحولات شگرف در هر دو جریان است. دگرگونی‌های مشابهی در هلند و کشورهای اسکاندیناوی نیز روی داده

است.

اما، در انگلیس هم‌گرایی آشکار بسیار کندتر رخ داده است. کارنامه‌ی زیست‌محیطی دولت حزب کارگر از نظر تعهدات سیاسی بسیار درخشان، اما پیشگامی سیاسی و پذیرش نگرانی‌های همگانی‌اش ضیف بوده است. علاوه بر این، حزب کارگر به‌طور کلی هنوز با برنامه‌های زیست‌محیطی همخوانی ندارد. جنبش سبز نیز، در برابر، علاقه‌ی زیادی به برداشتن گام‌های نظری به‌سوی آن‌ها نشان نداده است. اما، به هر حال، نیروهای بی‌شماری در بطن جامعه فعالند. هواداری از محیط زیست به‌ناچار وارد برنامه‌ی سوسیال دموکراسی می‌شود زیرا مسائل مطرح در سطح جامعه از قبیل خوراکی و درمان، ترابری، تغییرات آب و هوا و بیوتکنولوژی را هیچ دولتی نمی‌تواند در برنامه‌های خود نادیده بگیرد. شرکت جنبش سبز در جریان‌های اصلی سیاسی جهان به‌ناچار بیشتر به سمت رویکردهای سوسیال دموکراتیک و نه آرمان‌شهری^۱ خواهد چرخید.

فصل دوم

انرژی تجدیدپذیر

۹. فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر^۱

گزارش جهانی ۲۰۰۰ و کاوش‌های بعدی‌اش (برنی^۲ ۱۹۹۹)، مشخص ساخت که بهترین گزینه برای جهان این است که الگوهای مصرف انرژی‌اش را از منابع گاز کربنیک-دار (مانند نفت و زغال سنگ) به سوخت‌های بدون کربن مانند انرژی هسته‌ای و انرژی تجدیدپذیر تبدیل کند. دلیل این گذار، محدود بودن این منابع و آسیب‌هایی است که به محیط زیست می‌رسانند. برای نمونه، منابع انرژی تجدیدپذیر به‌طرز گسترده‌ای در تمام مناطق گیتی یافت می‌شوند و از آلودگی‌ها به دورند. افزون بر این، دسترسی به آنها بدون تحمل فشارهای ژئوپلیتیک میسر است. تهیه‌ی انرژی‌های مزبور روزبه‌روز از راه‌های ارزان‌تری امکان‌پذیر شده است و این امر کشورها را در راه رسیدن به توسعه‌ی پایدار بدون تکیه بر منابع خارجی یاری می‌کند. در ضمن، این فناوری‌ها با محیط زیست سازگارند و به‌ویژه در گرم شدن کره‌ی زمین نقشی ندارند. برای نمونه، برق تولید شده از خورشید و باد در سنجش با نیروگاه-های زغالی ۱۳۰ تا ۲۶۸ بار کمتر گاز کربنیک تولید می‌کند (سن‌مارتین ۱۹۸۹).

۱. این مقاله از کتاب زیر انتخاب شده است:

Gary Cook and Elton Boes, "Renewable-energy technologies", in *From resource scarcity to ecological security: exploring new limits to growth*, Dennis Pirages and Ken Cousins, eds., (Cambridge, Mass.; London: MIT Press, c2005).

2. Barney

1. utopian

منابع انرژی پاک که تجدید پذیرند یا پس از مصرف به طور طبیعی بازتولید می شوند عبارتند از: انرژی بادی، خورشیدی، آبی و گیاهی^۱ (گیاه و زباله). در ضمن، انرژی ناشی از گرمای درون زمین^۲ را نیز می توان پایدار به شمار آورد.

این مقاله بسیاری از منابع پاک انرژی که قادرند کمبود انرژی فسیلی در دهه های آینده را تأمین کنند، بررسی و پیشرفت هایی را نیز که برای ارزان تر کردن این فناوری ها صورت گرفته است کندوکاو می کند. فناوری های انرژی پاک برای استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی به وجود آمده اند. بشر در درازای تاریخ بیشتر بر استفاده از انرژی های پایدار مانند باد، آب و به ویژه چوب و دیگر منابع گیاهی تکیه کرده است. با آغاز انقلاب صنعتی، مردم برای پاسخ گویی به نیازهای روزافزون اقتصاد رو به رشد جهان به تدریج از مصرف چوب به مصرف سوخت های فسیلی - زغال، سپس نفت و گاز - در کنار انرژی آبی و سرانجام سوخت هسته ای روی آوردند. هم اکنون ۸۵ درصد سوخت دنیا از منابع فسیلی تأمین می شود (مدیریت اطلاعات انرژی ۲۰۰۲؛ مؤسسه جهانی انرژی ۲۰۰۰). با این حال، مؤسسه جهانی منابع^۳ که در بررسی مصرف سوخت های سنتی (چوب، بازمانده های گیاهی و سرگین چهارپایان) تأکید بیشتری روا می دارد، سهم سوخت های فسیلی را ۸۰ درصد برآورد می کند. همین مؤسسه اعلام کرده است که سهم سوخت های سنتی، که اغلب در مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه مصرف می شوند، به ۱۰/۶ درصد می رسد. به هر حال، هر دو رقم بالا نشانگر وابستگی چشمگیر جهان به منابع سوخت فسیلی اند.

این طنز زمانه ای ما است که برای رسیدن به رشد اقتصادی پایدار، برقراری برابری اقتصادی میان ملت ها، رهایی از فشارهای ژئوپولیتیک و ساختن محیط زیستی سالم باید به مصرف قدیمی ترین اما پایدارترین منابع انرژی بازگردیم. اما این بازگشت به معنی بازگشت به عقب نیست. امروزه

1. biomass 2. geothermal 3. Resources Institute (WRI)

توان این را داریم که از منابع تجدیدپذیر از راه هایی بهره گیریم که حتی تصورش در قرن های گذشته امکان پذیر نبود. فناوری های مزبور نه تنها تأمین کلیه انرژی مورد نیاز اقتصادهای نوین را نوید میدهند، بلکه قادرند روزی نیازهای جهانی انرژی را از راه های پاک، با صرفه و کارا پاسخ گویند.

کافی است به میزان این منابع نظری بیندازیم. انرژی موجود در تابش خورشید که به زمین می رسد، ده هزار بار بیشتر از انرژی ای است که هر ساله تمام انسان ها مصرف می کنند (انرژی خورشیدی ۲۰۰۱)؛ اگر بتوانیم با کارایی تمام تنها یک صدم آن را مهار کنیم، جهان قادر خواهد بود نیازهای انرژی خود را برای همیشه تأمین کند.

منابع تجدیدپذیر دیگر نیز به همین گونه گسترده اند. پژوهشگران در آمریکا برآورد می کنند که با بهره گیری از زمین های در دسترس دوازده ایالت غربی این کشور می توان نیروی برق مورد نیاز آن را از راه توربین های بادی تأمین کرد (الیوت و شوارتز ۱۹۹۳). خبر خوش این است که تحولات فناوری در دو دهه ی پیش، در زمینه ی انرژی پاک، هنوز هم با شتاب فراوان به پیش می رود. این تحولات انسان را قادر می سازند که منابع پاک با صرفه تر و کاراتری را کشف کند.

انرژی به دست آمده از چوب که در کنار زغال سنگ برای گرم کردن دیگ های بخار تأمین برق مصرف می شود به ۱۵ درصد می رسد. این ماده هنگامی که با زغال سنگ می سوزد بازدهی اش افزایش می یابد و به کاهش گاز سولفوریک، گاز کربنیک و گاز نیتریک کمک می کند.

فناوری های بالا کدامند؟ برای پاسخ دادن به این پرسش باید پیش از هر چیز به فناوری های با سابقه ای اشاره کرد که به وسیله آب، سوخت چوب، زباله و گیاهان به تنهایی ۸۸ درصد انرژی تجدیدپذیر کشور آمریکا را تأمین می کنند، (مدیریت اطلاعات انرژی، ۲۰۰۳). دوم، باید از فناوری های نو نام برد که عبارتند از:

- انرژی گیاهی^۱ که با مصرف چوب، بازمانده‌های کشاورزی، چمن و علف، و زباله‌های شهری انرژی لازم را برای تولید برق و گرما، سوخت گازی و مایع، تولید می‌کند.

- زمین‌گرمایی^۲ که با استفاده از گرمای موجود در زمین برق تولید می‌شود یا مستقیماً برای گرم و سرد کردن محیط کار و زندگی به کار می‌رود.

- فتوولتی^۳ که با استفاده از دستگاه‌های نیمه‌هادی^۴ نور خورشید را مستقیماً به برق تبدیل می‌کنند.

- خورشید گرمایی^۵ که با متمرکز کردن گرمای خورشید به تولید گرما و برق می‌پردازند.

- توربین بادی که قدرت مکانیکی باد را به نیروی برق تبدیل می‌کند.

در این مقاله به یک یک این فناوری‌ها خواهیم پرداخت و جایگاه آنها را در سال ۱۹۸۰ و در حال حاضر بررسی خواهیم کرد. سپس سهم انرژی‌های پاک را در تقویت امنیت محیط زیست در ۲۰ تا ۵۰ سال آینده، بر اساس مطالعات سازمان‌های معتبر جهانی، تشریح می‌کنیم.

فناوری انرژی گیاهی

منابع انرژی گیاهی به صورت شاخه‌های درختان، چمن و علف، ضایعات محصولات کشاورزی، فضولات دامی، خاک‌اره، پوست درختان و... فراوانند. مواد بالا که مواد ارگانیک‌اند، در برخی کشورها معمولاً به صورت زباله دفن می‌شوند و ضمن تجزیه گاز متان تولید می‌کنند.

گیاهان از راه‌های گوناگون انرژی تولید می‌کنند. با سوزاندن آنها در ساختمان‌هایمان و فرایندهای صنعتی، گرما تولید می‌کنیم. با تبدیلهایمان به گاز از آنها در توربین‌ها و سیل‌های سوختی، و با تخمیر و تقطیرشان برای تولید

1. bioenergy 2. geothermal 3. photovoltaic 4. semiconductor
5. solar thermal

سوخت اتانول، معروف به سوخت مایع گیاهی^۱ (بیوسوخت) استفاده می‌کنیم. از گیاهان می‌توان از سه راه برق تولید کرد: سوخت هم‌زمان آنها با زغال سنگ، سوخت مستقیم، و تبدیل آنها به گاز.

استفاده از سوخت گیاهی در کنار زغال سنگ برای گرم کردن دیگ‌های بخار تولید برق، بدون آنکه بازدهی سیستم را پایین آورد، به کاهش گازهای آلوده‌کننده‌ی هوا (گاز کربنیک، گاز سولفوریک و...) می‌انجامد. از انرژی حاصل از سوخت مستقیم گیاهان و زباله‌ها نیز می‌توان برای تولید برق و یا گرم کردن ساختمان‌ها استفاده کرد.

تبدیل گیاهان به سوخت گازی شکل، معروف به گاز گیاهی^۲، عمدتاً ترکیبی از هیدروژن و اکسید کربن به دست می‌دهد. این گاز برای توربین‌های برق به کار می‌رود و از بازدهی حدود ۴۰ درصد برخوردار است (دو برابر بازدهی سوخت مستقیم گیاهان و زباله‌ها). امروزه، سوخت مایع گیاهی بیشتر به صورت اتانول تولید می‌شود که به بنزین خودروها افزوده می‌گردد. مزیت این آمیزه، بالا بردن اکتان سوخت و کاهش گازهای آلاینده‌ی هواست. در درازای تاریخ، در سراسر جهان، از چوب برای گرم کردن ساختمان‌ها

بهره‌برداری شده است. در سال ۱۹۸۰، در آمریکا، تنها از ۴ درصد انرژی حاصل از سوخت چوب برای تولید برق استفاده می‌شد. در دو سده‌ی گذشته، پژوهش‌های گسترده و مشوق‌های مالیاتی شرایط را به کلی دگرگون کرده‌اند. امروزه، ظرفیت برق گیاهی (بیوالکتریسته) این کشور به ۱۰ هزار مگاوات در سال رسیده است (هیئت تحقیقات و توسعه‌ی سوخت گیاهی و زباله‌ای). ۶۰ واحد صنعتی اتانول در سال، حدود ۸/۷ میلیارد لیتر اتانول تولید می‌کنند که بیشتر آن با سوخت خوردروها آمیخته می‌شوند. افزون بر این، تأسیسات سوخت زباله نیز در تولید برق سهیم‌اند. امروزه حدود ۸/۷ میلیارد لیتر اتانول تولید شده در آمریکا از ذرت به دست می‌آید؛ اما فناوری‌های جدید راه‌های ارزان‌تری را در آینده برای تولید این سوخت

1. biofuel 2. biogas

نوید می دهند. در سال ۲۰۲۰ با استفاده از این فناوری‌ها تولید این مایع به حدود ۴۵ میلیارد لیتر اتانول خواهد رسید.

شاید در درازمدت آینده‌ی فناوری گاز گیاهی درخشان‌تر باشد. پیش از هر چیز امید می رود که به پربازده‌ترین فناوری گیاه‌انرژی تبدیل شود. دوم، مقیاس پذیر است، به این معنی که هم در توربین‌های کوچک و هم در نیروگاه‌های بزرگ، بدون کاهش بازدهی، قابل مصرف است. سوم، گاز تولیدی را می توان در پیل‌های تولید برق نیز به کار برد. اما هیجان‌انگیزترین رویداد این است که فناوری گاز گیاهی می تواند به پیدایش زیست‌پالایشگاه‌ها^۲ بینجامد. زیست‌پالایشگاه‌ها قادرند علاوه بر برق، به تولید محصولات^۱ از قبیل بنزین و گازوئیل بدون سولفور، اسید، الکل، پارچه، پلاستیک و... نیز پردازند.

انرژی زمین‌گرمایی

در دل زمین منابع عظیم حرارتی نهفته است. گرمای مرکز زمین تا ۵ هزار درجه‌ی سانتیگراد می رسد. این گرما صخره‌های بزرگ را ذوب و در برخی مواقع به صورت گداز از زمین خارج می کند، اما معمولاً باعث گرم نگه داشتن صخره‌های اطراف می شود. زمانی که آب به زمین فرو می رود و در اطراف صخره‌های گرم جمع می شود، مخازن آب گرم و بخار شکل می گیرند که از آنها می توان برای تولید برق استفاده کرد. گرمای زمین را می توان برای گرم کردن مستقیم و یا تولید برق به کار برد.

آب نیمه گرم درون زمین را می توان مستقیماً در فرایندهای صنعتی، خشک کردن فراورده‌های کشاورزی، پرورش ماهی و گرم کردن ساختمان‌ها به کار برد. در پمپ‌های زمین‌گرمایی از زمین به عنوان مخزن نگهداری گرما استفاده می شود. در فصل‌های سرد سال، آب گرم ذخیره شده در زمین، به وسیله پمپ در داخل ساختمان‌ها به جریان درمی آید و آنها را گرم می کند. در تابستان عکس این عمل انجام می شود.

با انرژی گرمایی زمین می توان از راه حفر چاه و انتقال بخار یا آب گرم به داخل نیروگاه‌های متداول، برق تولید کرد. از سه راه می توان با استفاده از تأسیسات زمین‌گرمایی برق تولید کرد: بخار خشک، بخار تحت فشار^۱ و سیکل دوگانه^۲. در سیستم بخار خشک، بخار آب از مخازن آب گرم زیرزمینی به روی زمین پمپ می شود و توربین‌های برق را به حرکت درمی آورند. سپس بخار مصرف شده به آب تبدیل و دوباره به همان مخزن بازگردانده می شود. در سیستم دوم، نیروگاه‌های بخاری تحت فشار به مخازن آب بسیار گرم درون زمین وصل می شوند. آب تحت فشار که به زمین نزدیک می شود، در اثر کاهش فشار، به جوش می آید و به بخار تبدیل می گردد. این بخار از آب جدا و در توربین‌ها به مصرف می رسد. آب باقی مانده و بخار غلیظ شده به مخزن بازگردانده می شوند. در سیستم سیکل دوگانه از آب نیمه گرم زمین برای بخار کردن مایعاتی که درجه‌ی جوششان از آب کمتر است استفاده می شود. سپس، بخار حاصله توربین‌های برق را به حرکت درمی آورند.

فتوولتی‌ها

باتری‌های فتوولتی از مواد نیمه‌هادی، مشابه آنهایی که در کامپیوتر به کار می روند، برای تبدیل نور خورشید به برق استفاده می کنند. زمانی که نور به وسیله‌ی این مواد جذب شد، انرژی خورشیدی الکترون‌های آزاد را به حرکت درمی آورد و برق تولید می کند. این فرایند به تأثیر فتوولتی شهرت یافته است. برای تولید برق قابل استفاده، واحدهای باتری به صورت مدول^۳ با هم ترکیب می شوند. این مدول‌ها سپس در واحدهای بزرگ‌تری به نام ردیف یا رج سوار می شوند. سیستم فتوولتی را می توان در ظرفیت‌های گوناگونی، از میلی وات گرفته تا گیگاوات، طراحی کرد. برخی از پیل‌های فتوولتی به صورت گلکتور ساخته شده‌اند. پرتوهای خورشید را با یک

عدسی بر روی پیل متمرکز می‌کنند. این سیستم با استفاده از مقدار کمی نیمه‌هادی ارزان‌قیمت بیشترین مقدار نور را جمع‌آوری می‌کند. اما، از آنجا که عدسی‌ها باید مستقیماً به سوی خورشید تنظیم شوند، باید در پُر آفتاب-ترین مناطق کشور نصب شوند. برق تولیدی در فتوولتی‌ها را می‌توان در همان‌جا مصرف کرد یا با وصل به شبکه‌ی برق سراسری کشور به نقاط دیگر انتقال داد. برخی دیگر برای استفاده‌ی غیرمتمرکز طراحی شده‌اند و برای مناطقی که شبکه‌ی برق وجود ندارد مناسبند. در این موارد به باتری‌های پر قدرت برای ذخیره‌ی برق نیاز است.

امروزه فتوولتی‌ها به‌طور گسترده‌ای برای تولید برق به کار می‌روند. از این وسایل در خانه‌ها، ساختمان‌های تجاری، وسایل ارتباطی، روستاهای کشورهای در حال رشد، بیمارستان‌های دور افتاده و واحدهای کشاورزی و دامداری استفاده می‌شود. آنها بر روی سقف، نمای ساختمان یا در طول شبکه‌ی سراسری قابل نصب‌اند.

با پیشرفت‌هایی فنی که در سه دهه‌ی آینده در این صنعت پیش‌بینی می‌شود، آینده‌ی فتوولتی‌ها بسیار روشن به نظر می‌رسد. انتظار می‌رود که بازدهی آنها (نسبت تبدیل نور به برق) به ۵۰ تا ۶۶ درصد افزایش یابد. با کاهش مدام هزینه‌ی تولید و افزایش تقاضا برای نصب آنها، بازار جهانی فتوولتی‌ها، طبق پیش‌بینی، در دو دهه‌ی آینده، هر ساله ۲۵ درصد افزایش خواهد یافت و ظرفیت تولید برق آنها تا سال ۲۰۲۰ به ۷۰ هزار مگاوات خواهد رسید.

انرژی خورشیدگرمایی

انرژی خورشیدگرمایی از گرمای مستقیم خورشید به دست می‌آید. از این انرژی می‌توان برای گرم کردن، روشنایی و خنک کردن فضاها و ساختمان‌ها و آب یا تولید برق استفاده کرد. در نیروگاه‌های برق خورشیدی^۱ از آینه برای

1. Concentrated solar power (CSP) plant

متمرکز کردن پرتوهای خورشید و تولید گرما بهره می‌گیرند. این گرما مولدهای برق را به حرکت درمی‌آورد. سیستم‌های بالا را می‌توان به دو صورت متمرکز (برای وصل به شبکه با ظرفیت تولید بیش از ۱۰۰ مگاوات) و غیرمتمرکز (برای استفاده‌های فردی به ظرفیت ۱ کیلووات) ساخت. برخی از آنها قادرند برق را برای استفاده‌ی شبانه یا در روزهای ابری ذخیره کنند.

بهترین محل برای به کار بردن دستگاه‌های خورشیدی، مکان‌هایی است که از تابش فراوان خورشید برخوردارند. دستگاه‌های گوناگونی در اشکال مختلف تولید شده‌اند که جملگی از نور متمرکز خورشید مستقیماً یا با تبدیل آب به بخار برای به حرکت درآوردن مولدهای برق استفاده می‌کنند.

امروزه در آمریکا ۳۵۴ مگاوات برق از راه انرژی خورشیدگرمایی تولید می‌شود. در حال حاضر گسترش تولید در اثر گران بودن برق تولیدی، نسبت به برق تولید شده در نیروگاه‌های ذغال سنگ، با وقفه روبه‌رو شده است. اما با پیشرفت فناوری و کاهش هزینه‌ها، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ میزان تولید برق خورشیدگرمایی در سراسر جهان به ۲۰ هزار مگاوات برسد.

انرژی بادی

سیستم‌های انرژی بادی قادرند نیروی حرکتی باد را به برق تبدیل کنند. این سیستم‌ها معمولاً از یک پروانه، تعدادی محور انتقال نیرو، یک واحد جعبه‌دنده، دستگاه سمت‌دهنده، توربین و برجی بلند ترکیب یافته‌اند. نیروی باد پروانه را می‌چرخاند و این نیرو به وسیله محوری به جعبه‌دنده انتقال می‌یابد و پس از تنظیم سرعت آن، توربین را به حرکت درمی‌آورد. دستگاه سمت‌دهنده همواره پروانه را در جهت باد نگه می‌دارد. دستگاهی الکترو-نیکی بر کار توربین نظارت دارد و در مواقع نامناسب یا در صورت خرابی، آن را خاموش می‌کند. برج فلزی پروانه و دستگاه‌های مزبور را در هوا نگه می‌دارد. ارتفاع این برج‌ها در توربین‌های تجاری به بیش از ۵۰ متر می‌رسد.

امروزه در اثر پیشرفت فناوری انرژی بادی بازدهی این سیستم‌ها افزایش فراوان یافته است و ظرفیت تولیدی آنها از ۷۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات رسیده است. در نتیجه، هزینه‌ی تولید برق با انرژی بادی کاهش بسیار یافته است. این تحول، در کنار مشوق‌های دولتی، مصرف سالانه‌ی این سیستم‌ها را در جهان ۲۰ درصد افزایش می‌دهد. هم‌اکنون بازار فروش سالانه‌ی این صنعت در جهان به ۸ میلیارد دلار بالغ می‌شود. تولید سالانه‌ی جهانی برق با استفاده از فناوری بادی به ۴۰ هزار مگاوات می‌رسد و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ به ۱۲۰۰ گیگاوات برسد (سازمان اروپایی انرژی بادی، ۲۰۰۴).

چشم‌انداز آینده‌ی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر

هرچند انرژی‌های تجدیدپذیر در زمینه‌ی فناوری و کاهش هزینه پیشرفت چشمگیری داشته‌اند اما، این سیستم‌ها در سال ۲۰۰۱ تنها ۸ درصد انرژی مصرف شده‌ی جهانی را تولید کرده‌اند (هیئت مدیره‌ی اطلاعات انرژی آمریکا). اما این آمار تنها درباره‌ی مصرف برق جهانی است و شامل منابع انرژی‌های دیگر از جمله چوب یا زیاله نمی‌شود. باری، افزایش ۶۰۰ درصدی تولید برق با فناوری‌های تجدیدپذیر بین سال‌های ۱۹۸۰-۲۰۰۱ نشان می‌دهد که آنها به تدریج بر فرایند تولید انرژی تأثیر می‌گذارند. در واقع استفاده از برخی فناوری‌ها مانند فتوولتی و توربین بادی در دهه‌ی گذشته، با نرخ ۲۵ درصد در سال افزایش یافته است و آنها باشتاب به صنایع مهمی تبدیل می‌شوند.

پیش‌بینی شرکت نفتی شل

سازمان‌های بسیاری کوشیده‌اند تا آینده‌ی مصرف انرژی را پیش‌بینی کنند. در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر برخی از این پیش‌بینی‌ها خوش‌بینانه و برخی دیگر بدبینانه بوده‌اند. خوش‌بینانه‌ترین برآوردها، که معمولاً مورد استناد گروه‌های طرفدار محیط زیست قرار می‌گیرد، به شرکت نفتی شل

تعلق دارد. این شرکت در پاسخ به پرسش «اگر فرض کنیم که انرژی‌های تجدیدپذیر بتوانند با همان شتابی که تولید نفت در قرن بیستم افزایش یافت رشد کنند، چه اتفاقی خواهد افتاد؟» (شل بین‌الملل، ۱۹۹۵). این شرکت، بر پایه‌ی این فرض روندهای مختلفی را پیش‌بینی می‌کند: انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ سهم بزرگی در تأمین انرژی به عهده می‌گیرند؛ مصرف انرژی فسیلی تا سال ۲۰۳۰ همچنان افزایش می‌یابد و پس از آن رو به کاهش می‌رود؛ در این هنگام انرژی‌های تجدیدپذیر به رشدشان ادامه می‌دهند و در سال ۲۰۵۰ سهم‌شان به ۵۰ درصد کل انرژی تولیدی خواهد رسید.

در سال ۱۹۹۵، شورای جهانی انرژی و مؤسسه‌ی جهانی بررسی سیستم‌های کاربردی^۱ شش حالت متفاوت را برای مصرف انرژی در قرن بیست‌ویکم مجسم کردند. نیمی از حالت‌ها با این فرض تهیه شدند که اقتصاد جهان رشد بالایی داشته باشد؛ یکی از حالت‌ها با رشد معتدل و دو حالت آخر با این فرض تهیه شدند که جامعه‌ی جهانی در تدوین راهبردهایی همکاری خواهد کرد که به شدت از محیط زیست حفاظت و روابط برابر جهانی را تقویت می‌کنند. بر اساس داده‌ها، در این دو حالت تا سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ به ترتیب ۲۰ درصد، ۳۸ درصد و ۸۰ درصد انرژی مورد نیاز جهان از راه‌های تجدیدپذیر تأمین خواهد شد. ارقام بالا خوش‌بینانه‌اند و به اعداد پیش‌بینی شده در حالت رشد پایدار شرکت شل نزدیکند.

بدبینانه‌ترین برآوردها، با دیدی محافظه‌کارانه، از سوی مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا صورت گرفته است. بر اساس آخرین پیش‌بینی سالانه‌ی این موسسه، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ تنها

1. World Energy council and the International Institute for Applied Systems Analysis (WEC/IIASA)

حدود ۵۴ درصد، نسبت به سطح تولید فعلی آن، رشد خواهد یافت (مدیریت اطلاعات انرژی، ۲۰۰۴)^۱. بیشترین رشد حاصل از استفاده از منابع آبی در کشورهای در حال توسعه آسیا و منابع بادی در کشورهای صنعتی خواهد بود.

فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر بهترین جایگزین برای انرژی‌های فسیلی اند. هیچ‌کدام از این انرژی‌ها، جز انرژی گیاهی، گازهای گلخانه‌ای تولید نمی‌کنند. البته با اینکه سوخت گیاهان برای تولید برق با تولید گاز کربنیک همراه است، اما آن را می‌توان بخشی از چرخه‌ی کربن در طبیعت به حساب آورد. در واقع، تولید گاز کربنیک در اثر سوخت گیاهان تقریباً با گاز کربنیک جذب شده در زمان رشد گیاه برابر است.

می‌توان چنین جمع‌بندی کرد که فناوری‌های استفاده از منابع تجدیدپذیر قادرند میزان گازهای گلخانه‌ای را به شدت کاهش دهند. این میزان بستگی به نحوه‌ی تولید انرژی‌ای دارد که جایگزین می‌کنند. برای نمونه، اگر بر فرض، انرژی تجدیدپذیر امروزه جایگزین تولید انرژی از راه‌های موجود در آمریکا گردد، در ازای هر کیلووات ساعت ۱۷۵ گرم کربن یا معادل ۶۴۴ گرم گاز کربنیک کمتری وارد هوا خواهد شد. هر واحد معمولی سیلیکون قادر است ۲۸ سال برق بدون گاز کربنیک تولید کند؛ هر واحد فتوولتی با ظرفیت تولید ۱ کیلووات ساعت می‌تواند سالانه حدود ۱۷۹۶ کیلووات برق تولید و از ورود ۱۱۳۰ تن گاز کربنیک به هوا جلوگیری کند (در طول عمر مفیدش معادل ۳۲ هزار تن). برای توربین‌های بادی زمینه‌ی بهتری موجود است. این سیستم‌ها با ظرفیت ۱ کیلووات ساعت قادرند در درازای ۳۰ سال معادل ۴۵ هزار تن گاز کربنیک کمتری به هوا بفرستند.

نتیجه‌گیری

دلایل کافی برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی در دست است که می‌توانند کلیه‌ی کشورهای جهان را به تدوین راهبردهای درازمدت برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر متقاعد سازند. یکم، ما بامصرف سوخت‌های فسیلی محیط زیست، سلامتی و زندگی موجودات زنده را با خطرهای جدی روبه‌رو ساخته‌ایم. دوم، تکیه روزافزون بر این سوخت‌ها، خطرات اقتصادی - اجتماعی و ژئوپولیتیکی را افزایش می‌دهد. سوم، منابع سوخت‌های فسیلی محدودند و پس از گذشت دو یا سه دهه، تولید نفت و گاز در سطح جهان رو به کاهش می‌گذارد که بی‌شک پی‌آمدهای ناگواری را به دنبال خواهد داشت.

انرژی‌های تجدیدپذیر بهترین منابعی هستند که می‌توان جایگزین سوخت‌های فسیلی کرد زیرا همه‌جا در طبیعت به‌طور فراوان یافت می‌شوند و پایان‌ناپذیرند. با ارزان شدن تدریجی این فناوری‌ها، بخش قابل ملاحظه‌ای از انواع انرژی‌هایی را که هر اقتصاد پیشرفته نیاز دارد، تأمین خواهند کرد. با این حال، آیا می‌توانیم امیدوار باشیم که به‌زودی بخش قابل ملاحظه‌ی انرژی مورد نیازمان از منابع تجدیدپذیر به دست آید؟ اگر به برآوردهای مدیریت اطلاعات انرژی آمریکا اعتماد کنیم که وابستگی بیشتر بسیاری از کشورها به سوخت‌های فسیلی را در ۲۰ الی ۳۰ سال آینده پیش‌بینی می‌کند، پاسخ ما به پرسش بالا منفی خواهد بود. اما اگر برآورد خوش‌بینانه‌ی شرکت شل و دیگران را باور کنیم، شاید شاهد کاهش مطلق مصرف سوخت‌های فسیلی و، در نتیجه، پایین آمدن میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده در نیمه‌ی قرن حاضر باشیم. بی‌شک بیشتر این تغییر جهت به‌خاطر حضور روزافزون این فناوری‌ها در عرصه‌های تولید انرژی است. این‌ها به انضمام فناوری‌های ناشناخته، شاید آینده‌ای را برای جهان انرژی نوید دهند که تصورش اکنون ناممکن می‌نماید.

۱۰. انرژی تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه^۱

پیش‌گفتار

حدود ۱/۷ تا ۲ میلیارد انسان، یعنی یک چهارم مردم جهان، از دسترسی به نیروی برق محرومند، که اکثر آنان در کشورهای فرودست زندگی می‌کنند. پیوند میان کمبود برق و توسعه‌نیافتگی به هیچ وجه تصادفی نیست. انرژی فسیلی بار اصلی توسعه‌ی اقتصاد جهانی را به مدت سه سده بر دوش داشته و نیروی برق بیش از ۱۰۰ سال، نقش اصلی را در توسعه‌ی جهانی بر عهده گرفته است.

در حالی که شبکه‌های برق با سوخت فسیلی، ابزار متداول تأمین نیروی برق بوده‌اند، استراتژی‌های تازه برای غیرمتمرکز کردن تولید با بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر انرژی، چشم‌انداز تازه‌ای را برای تولید برق در آینده، به‌ویژه در مناطق روستایی کشورهای در حال رشد، نوید می‌دهد. اما هنوز برای تحقق این چشم‌انداز راه درازی در پیش است. درحالی که سه چهارم نیروی برق جهان با بهره‌جویی از سوخت فسیلی تولید می‌شود، تنها یک چهارم آن از منابع تجدیدپذیر به دست می‌آید. اگر از این مقدار، برق به دست آمده از نیروی آب را نیز کم کنیم، سهم تولید برق از منابع پاک به ۳ درصد کاهش می‌یابد.

پرسشی که در اینجا مطرح می‌شود این است که چرا با وجودی که سوخت‌های فسیلی بار اصلی تولید برق جهان را به دوش دارند، دورنمای بهره‌برداری از منابع پاک را امیدوارکننده برآورد می‌کنیم؟

۱. این بخش از کتاب زیر برگرفته شده است:

United Nation Development Programme, Special Unit for TCDC., *Sharing innovative experiences: example of successful initiatives in science and technology in the South*, (New York: UNDP, TCDC, 2000).

یکم، استراتژی‌های متداول توسعه‌ی برق، که به سرمایه‌ی زیاد نیاز دارند، برای مناطق پر جمعیت شهری مناسبند. در نتیجه، سیستم‌های مزبور بیشتر در کلان‌شهرهای روبه‌رشد بیشتر کشورهای جنوب در حال گسترشند. از این رو، در روستاهای کم جمعیت و پراکنده، که بخش قابل توجهی از جمعیت محروم جهان در آنها زندگی می‌کنند، با بهره‌گیری از سیستم‌های غیرمتمرکز بهتر می‌توان با چالش‌های تأمین انرژی روبه‌رو شد و به نیازهای این جوامع کوچک به طرز مؤثرتری پاسخ گفت. برای نمونه، ۷۰ درصد جمعیت صحرای آفریقا در روستاها زندگی می‌کنند و تنها ۱۰ درصد آنها به نیروی برق دسترسی دارند.

دوم، سیستم‌های غیرمتمرکز تولید برق که از منابع تجدیدپذیر استفاده می‌کنند، عاری از خطراتی اند (گرم شدن کره‌ی زمین و آلودگی شدید هوای شهرها)، که تأسیسات متداول تولید برق برای محیط زیست ایجاد می‌کنند. بی‌شک، در چند دهه‌ی گذشته سیستم‌های غیرمتمرکز با بهره‌گیری از منابع تجدیدپذیر در سرتاسر جهان رواج زیادی یافته‌اند. برای نمونه، در دهه‌ی ۹۰ سده‌ی گذشته شمار توربین‌های بادی در سطح جهان دو برابر شد و تولید سالانه‌ی دستگاه‌های فتوولتی نیز در هر پنج سال به همین نسبت افزایش می‌یابد.

با این حال، در آینده، کلید پیشرفت در دسترسی به نیروی برق در کشورهای در حال رشد، به همکاری شمال و جنوب نه تنها در پژوهش‌های علمی بلکه در زمینه‌های توسعه و به‌کارگیری فناوری نیز بستگی دارد؛ زیرا به‌کارگیری بسیاری از فناوری‌های تولید انرژی از راه‌های تجدیدپذیر در کشورهای جنوب امکان‌پذیر نیست یا این کشورها از توانایی خرید آنها برخوردار نیستند.

البته سیستم‌های تولید انرژی تجدیدپذیر نیز در هرکجا که اجرا شوند با خطرات و نقطه‌ضعف‌هایشان همراهند. در بسیاری از مواقع، ایجاد سد برای تولید برق سبب جابه‌جایی صدها هزار یا حتی میلیون‌ها نفر می‌گردد.

افزون بر این، آب ساکن خالی از اکسیژن پشت سد که پس از خروج از دریچه‌ها در رودخانه جاری میشود، می‌تواند زندگی گیاهان و ماهی‌های مسیر را مورد تهدید جدی قرار دهد. از سوی دیگر، سد و کانال‌های منشعب از آن از رسیدن رسوبات مغذی به زمین‌های آبرفتی^۱، که در درازمدت برای حفظ چندگونگی زیست^۲ لازم است، جلوگیری می‌کنند.

صفحات خورشیدی^۳ نیز هنگامی که برای تولید مقدار زیاد انرژی به تعداد بسیار در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، دورنمای ترس‌آوری را ایجاد می‌کنند.

باری، با وجود ایرادهای بالا، خبر خوش این است که سیستم‌های غیرمتمرکز تولید انرژی پاک، آبی و خورشیدی، دارای ابعاد و حجم نسبتاً کوچکی هستند. در نتیجه، می‌توانند به نیازهای گوناگون، فردی، خانگی، تجاری و روستایی، پاسخ دهند. در بیشتر کشورهای جنوب که مصرف برق پایین است، کارشناسان برآورد می‌کنند که واحدهایی که تنها هزار وات برق تولید می‌کنند برای اغلب خانه‌های روستایی این کشورها کافی‌اند. از این رو، سیستم‌های مزبور نرمش و جذابیت ویژه‌ای دارند.

با توجه به دلایل بالا، استراتژی‌های گسترش نیروگاه‌های آبی نباید تنها بر ساختن سدهای عظیم متمرکز کند. به همین گونه، تلاش‌هایی که برای افزایش دسترسی به انرژی خورشیدی می‌شود، نباید تنها بر نصب صفحات خورشیدی، که به دورنمای طبیعی زیان می‌رسانند، تکیه کند. برای نمونه، دولت ویتنام با یاری اهداکننده‌های جهانی، شبکه‌ی متفاوتی از سیستم‌های نیروگاه‌های کوچک آبی را برای تأمین برق خانه‌های تک‌واحدی و روستاهای دوردست، توسعه داده است. این سیستم در واقع هیچ‌گونه آسیبی به محیط زیست وارد نمی‌سازند. در کوستاریکا نیز سیستم‌های کوچک تولید برق خورشیدی، که برای تأمین برق تک‌خانوارها طراحی شده‌اند، انرژی لازم برای روشنایی و استفاده از تلویزیون و رادیو را در اختیار مصرف‌کننده قرار

می‌دهند. در این میان، دستگاه‌های بزرگتر تولید برق خورشیدی در هند قادرند که نیازهای روستاهای متوسط را بدون تأثیرات چشمگیر بر چشم‌اندازهای طبیعی بر طرف سازند.

سیستم‌هایی که در اینجا معرفی می‌شوند نه تنها به خاطر ابعاد بلکه از لحاظ کاربرد گوناگون نیز درخور توجه‌اند. برای نمونه، کشاورزان نیجریه با استفاده از برق خورشیدی توانسته‌اند جوجه‌های سالم‌تری را با ارزش بالاتر به بازار عرضه کنند. در هند همین سیستم برای خشک کردن میوه و سبزیجات به کار می‌رود و این کشور را از واردکننده‌ی مواد غذایی به یکی از صادرکنندگان آن تبدیل کرده است. از برق خورشیدی در عربستان سعودی برای روشن کردن تونل‌های زیر زمینی؛ در بروندی و زیمبابوه برای تأمین برق کمکی کلینیک‌های پزشکی و در جمهوری اسلامی ایران برای گرم کردن حمام‌های عمومی استفاده می‌شود.

کاربردهای نوآورانه‌ی سیستم‌های تجدیدپذیر تولید انرژی، تنها تابع فناوری‌های پیشرفته نیست. موفقیت در این زمینه به برخورد مؤثر به موضوعاتی همچون اقتصاد محلی، آموزش و آموزش حرفه‌ای و تفاهم و همکاری عموم نیز بستگی دارد. اگر قرار است که استراتژی‌های غیرمتمرکز تولید انرژی تجدیدپذیر برای تأمین پایدار نیروی برق به کار گرفته شوند، جوامع مصرف‌کننده این نیرو باید، در درازمدت، به توانایی‌های مالی، ساختمانی و راه‌اندازی این سیستم‌ها دسترسی پیدا کنند. افزون بر این، تجربه نشان می‌دهد که طرح‌هایی از موفقیت برخوردارند که جوامع مصرف‌کننده، در کلیه‌ی مراحل برنامه‌ریزی، اجرا و راه‌اندازی و نگهداری این سیستم‌ها مشارکت داشته باشند.

از نظر تاریخی، طرح‌های مزبور اهدایی بوده‌اند و معمولاً در این موارد، زمانی که منابع مالی به پایان می‌رسند، اجرایشان با دشواری روبه‌رو می‌شود. تجربه در هند و زیمبابوه نشان می‌دهد که تأمین مالی طرح‌های مزبور از راه پرداخت وام، در موفقیت بیشتر این طرح‌ها دخیل بوده‌اند، زیرا

از این راه مصرف‌کنندگان در اجرای طرح به‌طور مستقیم ذی‌نفع‌اند و احساس مسئولیت بیشتری می‌کنند. اما به هر حال، باید در نظر داشت که صرف‌نظر از نحوه تأمین مالی این طرح‌ها، مصرف‌کنندگان نیروی برق در اکثر نقاط جنوب از فرودستان جامعه تشکیل یافته‌اند. بنابراین، هزینه‌ی ساخت و نگهداری طرح‌های مزبور بایستی در پایین‌ترین سطح ممکن نگهداشته شوند. خوشبختانه در اثر افزایش بازدهی سیستم‌های غیرمتمرکز تولید نیرو، هزینه‌های عملیاتی به‌کمتر از ۱۰ دلار در ماه کاهش یافته‌اند و بر پایه‌ی پژوهش کارشناسان، با هزینه‌ی منابع دیگر تولید انرژی از قبیل نفت، باتری اتومبیل و حتی شمع سنجش‌پذیر است.

بررسی مرکز پرکردن باتری در زیمباوه که هزینه‌ی استفاده از نیروی برق خورشیدی را تا ۵۰ درصد کاهش داده است، در این زمینه آموزنده است. این سیستم به‌ترتیب زیر کار می‌کند. هر خانواری صاحب دو باتری است. در حالی که از یک باتری استفاده می‌شود، باتری دیگر برای پرشدن در مرکز می‌ماند. زمانی که باتری در حال مصرف خالی شد، برای تعویض به مرکز برده می‌شود. با راه‌اندازی مرکز بالا و تعویض باتری‌ها، مردم توانسته‌اند از هزینه‌ی بالای خرید صفحه‌های خورشیدی، برای هر خانه، بپرهیزند. چنین تلاش‌هایی می‌توانند چراغ راه فعالیت‌هایی باشند که تولید انرژی پاک را برای برآوردن نیازهای مردم فرودست کشورهای جنوب، در پیش گرفته‌اند. برآوردهای که بریتیش پترولیوم، فولس واگن و... از منابع نفت جهان به‌عمل آورده‌اند جملگی نشان می‌دهند که تولید جهانی نفت در سال ۲۰۳۰ به اوج خود خواهد رسید و در دهه‌های بعد، با شتاب، قوس نزولی را طی خواهد کرد. کاهش منابع جهانی نفت، بی‌شک، جوامع علمی و فناوری جهان را با چالش بزرگی روبه‌رو می‌سازد. شرایط تغییرپذیر و چالشگر یا شده در بالا، در عین حال فرصتی برای کشورهای جنوب است که دریابند منابع تجدیدپذیر انرژی می‌توانند نقش مهمی را برای آینده اقتصادی‌شان بازی کنند.

منابع انرژی فسیلی نقش مهمی را در انقلاب صنعتی کشورهای شمال بازی کرد و شریان زندگی بخش توسعه‌ی اقتصادی‌شان را از سده‌ی هفدهم تا نوزدهم تشکیل داد. این منبع، سرانجام، با تولید نیروی برق در دهه‌های اول سده‌ی بیستم، سهم بیشتری را در توسعه‌ی این کشورها به عهده گرفت. اما کشورهای جنوب برای نجات خود همواره بر منابع تجدیدپذیر انرژی مانند چوب، منابع گیاهی و حیوانی^۱، خورشید و جریان آب تکیه داشته‌اند. اگر برآورد کارشناسان درست باشد، منابع نفتی پس از مدتی نقش اصلی خود را از دست خواهند داد.

منابع تجدیدپذیر انرژی به‌عنوان منابع اصلی تولید انرژی در آینده‌ی نزدیک نه تنها برای گرمایش و حمل و نقل - ترابری - بلکه برای تولید برق نیز به کار خواهند رفت. با توجه به این گرایش، کشورهای جنوب با دو چالش روبه‌رو می‌شوند. یکم، باید منابع بومی تجدیدپذیر انرژی‌شان را توسعه دهند، و سپس این انرژی را برای بهبود زندگی فرودستان جامعه به کار گیرند. دوم، سیستم‌های غیرمتمرکز تولید انرژی تجدیدپذیر باید به‌مقدار کافی برق تولید کنند تا این کشورها با توسعه‌ی خود بتوانند شکاف موجود میان‌شان و کشورهای شمال را کاهش دهند.

البته دست‌یابی به هدف فوق کار ساده‌ای نیست، با این حال، انجام آن غیرممکن هم نمی‌نماید و تجربه‌های موفقی در این زمینه موجود است. کشورهای در حال توسعه با چالشی روبه‌رویند که از یک سو تأمین هرچه زودتر نیروی برق برای شهروندان‌شان، و از سوی دیگر، پایه‌گذاری سیستمی را که توان تأمین پایدار انرژی را هدف قرار دهد، به نیازی مبرم بدل کرده است. در این میان، کشورهایی پیروز می‌شوند که از شتاب و چالاک‌ی کافی برخوردار باشند. سیستم‌های غیرمتمرکز امکان دسترسی به هدف‌های بالا را فراهم می‌سازند.

کارشناسان، با توجه به تمام دلایل ذکر شده، بر این گمانند که زمان برای

توسعه‌ی تولید انرژی پاک فرارسیده است. پرسش این است که آیا فناوری‌های موجود این امکان را فراهم ساخته‌اند؟ سرمایه و امکانات موجود کافی‌اند؟ دولت‌ها در این راه تعهد کافی نشان می‌دهند؟ شهروندان منابع و آموزش کافی برای بهره‌برداری از انرژی پاک در اختیار دارند؟

پاسخ به پرسش‌های بالا و پرسش‌های دیگر، آینده‌ی انرژی در جنوب را روشن می‌سازد. این آینده‌ای است که در هیچ زمان دیگری مانند امروز، روشن و در عین حال نامطمئن نبوده است. برای نمونه، شورای جهانی انرژی^۱ موقعیتی را پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۲۰، ۴۵ درصد انرژی جهان از راه‌های تجدیدپذیر تولید خواهد شد. شرکت نفتی شل بر این باور است که تا سال ۲۰۵۰ تولید انرژی پاک روشی غالب خواهد بود. آینده نشان خواهد داد که پیش‌بینی‌های بالا واقعی‌اند یا آرزویی بیش نیستند.

باری، تجربه‌های موفقیت‌آمیزی که به دنبال این مقدمه خواهد آمد، شاهد این واقعیت است که تلاش‌های بسیاری برای تحقق بخشیدن به تولید انرژی پاک، از راه‌های گوناگون، در کشورهای جنوب در جریان است. اما نتایج محتاطانه‌ای که از تجربه‌های تشویق‌کننده‌ی تولید انرژی پاک به دست می‌آیند بر این واقعیت تأکید دارند که هنوز کارهای بسیاری باید در زمینه‌های مالی، فناوری، علمی و تدوین ضوابط انجام شود.

تجربه تولید انرژی پاک در چین

در چین هنوز حدود ۵۰ میلیون نفر به نیروی برق دسترسی ندارند. بیشتر کسانی که بدون برق به سر می‌برند در غرب چین زندگی می‌کنند که تراکم جمعیت پایین است و اغلب از عشایر تشکیل شده است. این منطقه اقلیم خشکی دارد و تابش خورشید در آنجا شدید است. بنابراین انرژی فتوولتی منبع خوبی برای تولید برق است.

دولت محلی برای تشویق مردم به بهره‌گیری از انرژی خورشیدی به

ارائه‌ی مشوق‌های مالی از قبیل پرداخت یارانه، تخفیف‌های مالیاتی و دسترسی به وام مبادرت ورزید. سیاست‌های مزبور بهره‌گیری از فتوولتی را بسیار تشویق کرد به طوری که در ۱۰ سال گذشته، بازار این وسیله‌ی تولید هر ساله ۲۰ درصد رشد داشته است. در حالی که در سال ۱۹۸۱ از فتوولتی‌ها استفاده نمی‌شد، در سال ۲۰۰۱ تعداد آنها به ۲۵۰۰۰ واحد بالغ می‌شد که حدود ۳۵۰۰ کیلووات برق در سراسر چین تولید می‌کردند. در این میان، بین سال‌های ۱۹۹۳ - ۹۹ تعداد هفت نیروگاه فتوولتی در تبت احداث شد که بیشترین تابش خورشید را در سطح کشور دارا است. نیروگاه ناحیه‌ی آندوا با قدرت تولید ۱۰۰ کیلووات از بزرگترین آنهاست. این نمونه‌ها به خوبی نشان می‌دهند که چگونه برق فتوولتی می‌تواند به حل مشکل برق در چین یاری رساند و حتی در مناطقی که اقلیمی نامناسب دارند و زیست در آنجا دشوار است نیز به کار گرفته شود.

پیشینه و موقعیت نیروگاه

نیروگاه آندوا در شمال تبت در ارتفاع ۴۶۸۰ متری، در یکی از سردترین مناطق کشور قرار گرفته است. در این مکان، در طول سال، درجه‌ی متوسط حرارت هوا ۳ درجه زیر صفر است و بین ۲۳ درجه بالای صفر تا ۳۶ درجه زیر صفر نوسان دارد. درجه‌ی حرارت در ۷ ماه سال زیر صفر می‌ماند و تنها ۲۴ روز در سال یخبندان وجود ندارد. وزش بادهای شدید معمول است و بارش مداوم برف بر شبکه‌ی حمل و نقل و زندگی مردم تأثیر زیادی دارد. با این وجود، تابش خورشید در این منطقه فراوان است و به طور متوسط سالانه ۲۸۴۷ ساعت هوا آفتابی است، که ۷۸۳۰ مگا ژول بر متر مربع انرژی تولید می‌کند.

زمانی که این طرح در سال ۱۹۹۷ آغاز شد، این شهر دارای ۴۰۰۰ نفر جمعیت و ۱۰۰۰ خانوار بود که نیروی برقشان به وسیله‌ی یک موتور پرهزینه‌ی دیزلی تأمین می‌شد که مرتب از کار می‌افتاد.

در ابتدای سال‌های ۱۹۹۰، دولت مرکزی به‌عنوان بخشی از تلاش‌هایش برای توسعه اقتصادی و بهبود شرایط مادی و فرهنگی تبت، تصمیم گرفت که در نواحی بدون برق نیروگاه‌های فتوولتی ایجاد کند. بنابراین، نیروگاه آندوا در بین سال‌های ۱۹۹۷ - ۹۹ ساخته شد.

طرح نیروگاه آندوا می‌بایست، به‌خاطر شرایط نامناسب اقلیمی، از امکانات ایمنی بسیار زیاد برخوردار باشد. از آنجا که زیرساخت‌های ترابری در دشت شمال تبت نامرغوب‌اند، و تأسیسات نیروگاه می‌بایست از بیرون منطقه خریداری و به آن محل انتقال یابند، هزینه‌های نصب افزایش زیادی یافت. مشکلات حمل و نقل هزینه‌های نگهداری را نیز بالا می‌برد. به‌رغم مشکلات بالا، کارشناسان احداث نیروگاه فتوولتی را بهترین گزینه برای تبت دانستند.

چشم‌انداز گسترش انرژی پاک در چین

به‌رغم ضریب رشد بالای استفاده از فتوولتی در چین، این کشور هنوز نسبت به کشورهای توسعه یافته مانند ژاپن، آمریکا و اروپا در مراحل اولیه‌ی استفاده از انرژی پاک قرار دارد. تعداد فتوولتی و میزان برق تولیدی آنها در چین تنها ۱ تا ۱/۵ درصد تعداد و برق تولیدی فتوولتی‌های جهان است. یکی از دلایل اصلی آن، کمبود راهبردهای سراسری مشوق‌ها (مانند اقداماتی که در آمریکا و اروپا در این زمینه انجام شده است) از جانب دولت مرکزی چین است. با این حال، این دولت در حال تهیه راهبردها و ضوابطی است که گسترش تولید انرژی پاک را تشویق خواهد کرد.

تولید و توزیع برق با استفاده از فتوولتی هنوز هزینه زیادی دارد، بنابراین تنها در شرایط ویژه و در مکان‌هایی که کمبود برق احساس می‌شود با روش‌ها و سیستم‌های متداول تولید برق رقابت می‌کند. اگر قرار است که فتوولتی جایگزین سوخت‌های فسیلی شود، فناوری آن باید بهبود یابد و هزینه‌هایش تعدیل شود. افزون بر این، کشورهای توسعه یافته انحصار

فناوری آن را در دست دارند و شرکت‌های سازنده‌ی آن به‌جای تولید مدل‌های ارزان‌قیمت، ترجیح می‌دهند به صدور این کالای گران‌قیمت به کشورهای در حال رشد ادامه دهند. دولت‌های جنوب می‌توانند با سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه‌ی فناوری تولید انرژی تجدیدپذیر، شکاف میان شمال و جنوب را کاهش دهند و به تولید و پخش وسایل تولید انرژی پاک شتاب بخشند.

هرجا که سیستم‌های فتوولتی به‌کار رفته‌اند، مردم بیشتری به استفاده از آنها علاقه نشان داده‌اند. فعالیت‌هایی که برای افزایش آگاهی مردم در این زمینه انجام می‌شوند، مانند برگزاری روز انرژی پاک یا روز حفاظت از محیط زیست، نقش مهمی را در افزایش کاربرد فتوولتی و فناوری‌های مشابه برای تولید انرژی پاک بازی می‌کنند.

حمام‌های خورشیدی در جمهوری اسلامی ایران

بشاگرد در منطقه‌ای دورافتاده در جنوب شرقی ایران در استان هرمزگان واقع شده است. این محل دارای ۳۵۰۰ ساعت نور خورشیدی است که بر هر متر مربع ۲۲ مگاژول انرژی تولید می‌کند. در سال ۱۹۹۳ به استفاده از نور فراوان خورشید در منطقه برای گرم کردن آب حمام عمومی اقدام شد.

اجرای این طرح چهارماه به درازا کشید و از دو نظر حایز اهمیت بود. یکم، برای اولین بار حمام عمومی در محل دایر می‌شد و دوم، گسترده‌ترین سیستم تولید انرژی خورشیدی در کشور مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت.

این سیستم دارای ۲ دستگاه گردآورنده (کلکتور) است که هرکدام شامل چهار ردیف و هر ردیف دارای ۱۰ گردآورنده می‌شوند. گردآورنده‌ها به لوله‌ی گرم‌کننده‌ای متصلند که یک مخزن ۳۰۰۰ لیتری را تغذیه می‌کند. آبی که از مخزن گذشته و سرد شده، از راه لوله به گردآورنده‌ها بازمی‌گردد. دو تانک ۳۰۰۰ لیتری به‌صورت سری به هم متصلند و آب گرم در مخزن اصلی

۶۰۰۰ لیتری که آب گرم ۱۲ دوش حمام را تأمین می‌کند، انبار می‌شود. ظرفیت حمام ۴۰۰ نفر در روز است.

پیشینه و موقعیت حمام بَشاگرد

بَشاگرد مکان دور افتاده ایست که با میناب، نزدیک‌ترین شهر به آن، ۲۰۰ کیلومتر فاصله دارد. به‌خاطر بدی جاده‌ها، مسافرت از میناب به این منطقه ۶ ساعت زمان می‌برد. در این منطقه تنها ۵ روز در سال باران می‌بارد که معمولاً آسیب‌های فراوانی به جاده‌ها وارد می‌کند. در ابتدا مقامات محلی تصمیم گرفتند که حمامی با سوخت گازوییل بسازند. کاشف به عمل آمد که هزینه تأمین سوخت نفتی با توجه به خرابی جاده‌ها و فاصله‌ی زیاد، بسیار بالاست. بنابراین تصمیم گرفته شد که از سوخت خورشیدی استفاده شود. سازمان پژوهش علمی و فناوری ایران مأمور طرح و ساخت این حمام شد. این طرح در سال ۱۹۹۸ (۱۳۷۷) تهیه و تولید انبوه آن به شرکت پُلاز واگذار شد که تاکنون ۵۰۰۰ واحد آن را ساخته است. این سازمان نیازهای کارشناسی وزارت نیروی ایران را نیز در زمینه‌ی انرژی تأمین می‌کند. این طرح بی‌شک می‌تواند در کشورهای در حال توسعه دیگر نیز برای تولید آب گرم به کار رود. در ابتدا مردم بَشاگرد برای استفاده از این حمام با نگرانی‌ها و تردیدهایی روبه‌رو بودند. پس از مدتی نگرانی‌ها برطرف شد و پس از گذشت ۲ سال تعدادی بیشتری از حمام‌های خورشیدی در شرق کشور ساخته شدند.

آموختنی‌ها از طرح حمام خورشیدی

- سیستم‌ها باید چنان طراحی شوند که استفاده از مواد و کاردانی‌های محلی را امکان‌پذیر سازند. برای نمونه، مخازن آب را می‌توان از آجر و سیمان ساخت.

- در مواردی می‌توان سیستم را چنان طراحی کرد که نیازی به استفاده از پمپ آب نباشد.

- سیستم متمرکزی که در طرح حمام استفاده شده است از سیستم‌های غیرمتمرکز ارزان‌تر است.

- در مواردی می‌توان از یک سیستم گرمایی در ماه‌های مختلف سال استفاده‌های گوناگونی کرد. برای نمونه، در ۶ ماه از سال می‌توان از این سیستم برای تأمین آب گرم حمام و در ۶ ماه بعد برای گرم کردن گلخانه یا خشک کردن میوه یا سبزی جات بهره‌گرفت.

استفاده از انرژی خورشیدی در پاکستان

در کشورهای در حال رشد دسترسی به انرژی و تأمین هزینه‌ی تولید آن می‌تواند نقش حیاتی در توسعه‌ی اقتصادی و رفاه مردمانشان بازی کند. همگام با پیشرفت کشورها و افزایش جمعیت آنها، تقاضا برای مصرف انرژی نیز بالا می‌رود. منابع سنتی انرژی معمولاً بسیار گرانند. افزون بر این، نگرانی‌ها و تردیدها درباره‌ی میزان ذخایر نفت و تأثیرات آن بر محیط زیست نیز قابل توجه‌اند. انرژی خورشیدی یکی از بهترین منابعی است که می‌تواند در کشورهای در حال رشد، به‌ویژه کشورهایی نظیر پاکستان که تابش زیاد خورشید برخوردار است، جایگزین مصرف نفت شود. هم‌اکنون کشورهای بیشتری به انرژی خورشیدی رو آورده‌اند و راهبردهایی را پیشه کرده‌اند که استفاده از این انرژی را برای مصارف گوناگون از جمله پخت و پز و گرم کردن آب، مورد توجه جدی قرار می‌دهند.

اما مردم تا زمانی که اطلاعات کافی درباره‌ی شیوه‌ی کار و نتایج فناوری‌های تازه در دست نداشته باشند، در استفاده از آن تردید نشان می‌دهند. لازم است که اطلاعات فنی و امتیازات اقتصادی جایگزین کردن منابع سوخت سنتی با منابع پاک برای آنها کاملاً تشریح شود تا به تدریج به مصرف آن روی آورند؛ به این معنی که فناوری تازه باید حاضر و آماده در دسترس مصرف‌کننده باشد.

زمانی که اجرای طرح جایگزینی سوخت فسیلی آغاز شد، مرکز پژوهش