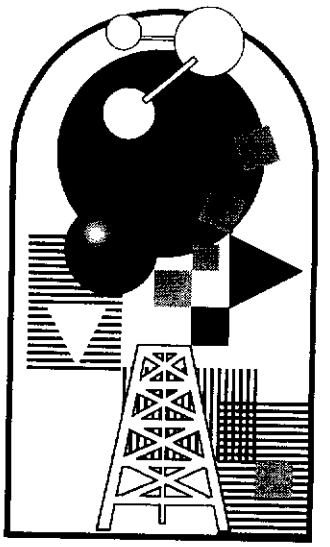


# انرژیهای تجدیدپذیر و توسعهٔ پایدار

دکتر احمد کهربائیان

## مقدمه

قوانین حاکم بر طبیعت اصولاً خلل ناپذیر بوده و برای بقاء و تداوم باید بر این قوانین گردن نهاد. در واقع بقاء و توسعه و پیشرفت جوامع انسانی در طول تاریخ مدیون شناخت این قوانین طبیعی، هماهنگی و همسوئی با آنها و تقلید و به‌کارگیری آنها در زندگی بوده است. مبحث مهم انرژی نیز مسلماً قوانین خود را دارد و لازم است در جهت آگاهی و شناخت و به‌کارگیری آنها کوشید. از میان قوانین طبیعی، قانون دوم انرژی، اصل دوم ترمودینامیک، جهان‌شمول بوده و علاوه بر میدان انرژی بر پهنه بیشماری از پدیده‌ها حاکمیت دارد و از یک مقاله ساده تا یک سیستم اجتماع، از سلول ساده تا اشرف مخلوقات و از سیستم کوچک نیروگاهی تا سیستم بی‌نهایت بزرگ جهان هستی را شامل می‌شود. به عبارتی این قانون، پیری، فرسودگی و نزول مرتبه را جزء گریزناپذیر همه پدیده‌های جهان و منجمله انرژی می‌داند. این موضوع تا آنجا که بینش و دید انسان در ابعاد زمان و مکان اجازه می‌دهد صادق بوده و به یقین می‌توان گفت که منظومه شمسی و کره خاکی ما را از حکمت مقتدرانه آن فرار و گریزی نیست.

به شکلی دیگر، قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید هر فرآیندی که در یک دستگاه رخ دهد قطعاً آنتروپی (پیری) دستگاه اطرافش افزایش می‌یابد که در مبحث انرژی این به‌معنی نزول درجهٔ انرژی از نوع مرغوب، فرضاً شیمیایی و یا مکانیکی به نوع نامرغوب حرارتی است. از این رو می‌توان چنین عنوان کرد که اگر چه انرژی نابود نمی‌شود، اما در طول فرآیند، اگزرجی یا قابلیت کاردهی تلف و نابود می‌شود. این موضوع در همه فرآیندها صادق می‌باشد؛ چه در احتراق سوخت‌های فسیلی که در آن انرژی شیمیایی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود، چه در انبساط بخار آب در توربین که در آن بخشی از انرژی مکانیکی از طریق اصطکاک پره‌ها به حرارت تبدیل می‌گردد و چه در عملکرد یک دستگاه اجتماعی- اقتصادی که در آن تولید آنتروپی به شکل بی‌نظمی نسبی، تنزل و وجود فاصله و تفاوت با شکل حدی و ایده‌آل تجلی می‌کند. نتیجه آنکه تولید آنتروپی متناسب با میزان برگشت ناپذیری و یا اتلاف اگزرجی در فرآیند می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که به عنوان یک قانون، تولید آنتروپی و برگشت‌ناپذیری خاصیت ذاتی همه پدیده‌ها در جهان اطراف ما است. اما شگفتی قانون دوم در این است که هر سیستمی برای آنکه پیر و فرسوده نشود، برای آنکه بقاء و تداوم پیدا کند، باید و تأکید می‌کنم که باید، با گذشت زمان آنتروپی کمتری ایجاد کند. باید هدف را عدول از این قانون قرار داد و در راه رسیدن به آن قانون شکنی کوشید! برای هر سیستمی حرکت به سوی کمال اجباری است، چه در غیر این صورت پیری و نابودی گریزناپذیر می‌باشد. به عبارت دیگر اگر چه به عنوان قانون همواره $\Delta_{s_{ک}} > 0$ می‌باشد، اما برای بقاء و پایداری باید امکانات فنی و علمی خود هر روزه از مقدار آن کاست و به‌سوی کمال یعنی $\Delta_{s_{ک}} = 0$ حرکت کرد.

به نظر می‌رسد که طبیعت و محیط زیست ساز و کارهای خاص خود را برای تقابل با عوامل موجد آنتروپی دارد و برای حفظ خود آنها به‌موقع به‌کار خواهد بست. احتراق سوخت‌های فسیلی در طول ۱۰۰ سال گذشته حجم عظیمی از آنتروپی را در محیط زیست ریخته است و قطعاً این بی‌نظمی را نمی‌پذیرد و واکنش نشان خواهد داد، واکنشی که در نهایت به زیان انسان تمام شده و چه بسا اگر هوشمندانه با این موضوع برخورد نشود موجبات نابودی او را فراهم سازد. بنابراین به موجب قانون دوم این بشر نیست که طبیعت را نابود می‌کند، بلکه در نهایت این طبیعت است که انسان را نابود می‌سازد.

در حال حاضر مصرف انرژی جهان 10 Gtoe/yr (معادل ۱۰ میلیارد تن نفت در سال) می‌باشد. سرانه مصرف انرژی بین کشورهایی پیشرفته و کشورهای در حال توسعه تقریباً ۲۰ برابر با هم تفاوت دارد (مصرف سرانهٔ انرژی در کشور ما بالا و قابل تأمل است). احتراق چنین حجم عظیمی از هیدروکربن‌ها، انتشار مقادیر قابل ملاحظه‌ای از انواع آلاینده‌ها- نظیر اکسیدهای کربن، گوگرد، متان و ... را در اتمسفر و محیط زیست بشری به‌دنبال داشته است. به‌عنوان مثال در حال حاضر سالانه ۶ گیگاتن کربن (6GtC/yr) در اتمسفر منتشر می‌شود.

کشورهای پیشرفته همانطور که در مصرف انرژی سهم به مراتب بیشتری دارند، در تولید و انتشار آلاینده‌ها هم نسبت به کشورهای در حال توسعه- سهم بسیار بزرگتری دارند، به‌طوری که امروزه سهم کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه در انتشار کربن در حدود ۳۰ به ۱ است. اما باید توجه داشت که سهم کشورهای در حال توسعه به مرور زمان و به خاطر روند توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی آنان، در حال افزایش است. به‌عنوان مثال پیش بینی می‌شود که سهم کشورهای در حال توسعه در انتشار $CO_2$ ناشی از بخش انرژی، در بین سالهای ۲۰۳۵-۲۰۴۵ از مرز ۵۰ درصد بگذرد و در انتهای قرن بیست و یکم به میزان ۶۴-۷۱ درصد برسد، و در صورت عدم اعمال سیاست‌های مناسب انرژی سهم انتشار $CO_2$ کشورهای فوق زودتر، یعنی در حدود سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ از مرز ۵۰ درصد خواهد گذشت و در انتهای قرن آینده، به ۵۹-۸۴ درصد خواهد رسید.

## تأثیرات زیست‌محیطی انرژی

بر اساس طبقه بندی سازمان ملل، مشکلات زیست محیطی ناشی از بخش انرژی بر سه دسته‌اند:

۱- مسائل زیست محیطی ناشی از فقر، شامل بهداشت ناکافی، فقدان آب پاکیزه آشامیدنی، آلودگی شدید هوا در داخل و خارج از اتاق‌ها یا محل زندگی مردم که تأثیر این عوامل کوتاه مدت و محلی است، اما بر روند توسعه تأثیر سوء دارند.

۲- مسائل زیست محیطی ناشی از صنعتی شدن، شامل تمرکز بیش از حد $SO_2$، تولید زباله‌های خطرناک صنعت به مقدار زیاد، آلوده شدن رودخانه‌ها و آبها و جنگل‌زدایی وسیع در مناطق مختلف.

۳- مسائل زیست محیطی ناشی از رفاه و توسعه، شامل تولید زوائد و ضایعات شهری و تمرکز و نشر گازهای گلخانه‌ای است که تأثیر سوء این عوامل دراز مدت است و گرم شدن زمین، تغییرات آب و هوایی و نابودی گونه‌های زیستی از عواقب آن است.

این مسایل به‌قدری حاد و هشدار دهنده‌اند که اندیشمندان زیادی را در سراسر جهان به تفکر و چاره‌جویی واداشته و از جمله کنفرانس‌های متعددی نظیر کنفرانس مهم سران دولت‌ها را در ریودوژانیرو و اخیراً در حراره به‌دنبال داشته است. اگر چه تغییرات آب و هوایی، جهانی هستند اما واقعیت این است که کشورهای جهان سوم در مقابل آنها ضربه پذیرترند. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که خسارت ناشی از تغییرات آب و هوایی بر فعالیت‌های اقتصادی کشورهای در حال توسعه بیشتر است. کشاورزی این کشورها به شدت وابسته به آب و هواست. همچنین به‌خاطر تنش‌های اجتماعی و محیطی مضاعف- نظیر رشد جمعیت، فقر، آلودگی، کویری شدن و آهنگ توسعهٔ زیربنایی و صنعتی- تأثیر تغییرات آب و هوایی بر کشورهای در حال توسعه چشمگیرتر خواهد بود.

از طرف دیگر کشورهای جهان سوم برای سازگاری با شرایط جدید نیز محدودیت‌های بسیاری دارند. درآمدهای ملی باعث می‌شود که بودجه‌های تحقیقاتی محدود بوده و کمبود سرمایه به‌طور جدی وجود داشته باشد. همچنین ظرفیت‌های نهادی و تشکیلاتی برای حل مشکلات ناشی از تغییرات آب و هوا محدود خواهد بود. همهٔ این مشکلات و دشواری‌ها در حالی وجود دارد که اگر سیاست‌هایی جدی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای صورت نگیرد و سناریوی انرژی همچنان بر زغال و سوختهای فسیلی متکی باشد، در ۱۰۰ سال آینده میزان انتشار کربن در اتمسفر 6GtC/yr فعلی به رقم فاجعه آمیز 22GtC/yr خواهد رسید.

با توجه به همین مسایل است که در نظر سازمان ملل و برنامه‌ریزان توسعه، حفظ سلامت اتمسفر از مهمترین پیش‌شرطهای توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می‌رود، و هم از این رو است که دهه‌های آینده به عنوان سال‌های تلاش مشترک جامعه انسانی برای کنترل انتشار کربن، کنترل محیط زیست و در واقع تلاش برای تداوم حضور انسان در کره ارض نامیده شده است.

مطالعات «کمیته منابع انرژیهای تجدیدپذیر و انرژی برای توسعه» سازمان ملل نشان می‌دهد که چنانچه سناریوی انرژی بر گاز طبیعی همراه با توسعهٔ اقتصادی انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای متکی باشد، میزان انتشار کربن در پایان قرن آتی فقط در حدود 7GtC/yr خواهد بود.

## سیستم جدید انرژی

راه حل‌هایی برای جلوگیری و یا تخفیف تغییرات آب و هوایی و تخریب محیط زیست وجود دارد. اما مطالعات نشان می‌دهد که هیچ گزینه‌ای نمی‌تواند به تنهایی راه حل کارساز مسأله باشد. سیستم نوین انرژی برای پاسخگویی به این مشکلات شامل سه عنصر تغییرات ساختاری و بنیادی (انرژیهای نو و هسته‌ای)، بهبود بهره‌وری انرژی و تغییر سوخت خواهد بود. این عناصر به اختصار شکافته شده و شرح بیشتری از آنها ارائه

**ایران،**
**پس از پایان یافتن ذخایر نفتی،**
**می‌تواند**
**به صدور هیدروژن،**
**به عنوان منبع درآمد ملی،**
**فکر کند**

می‌شود:

### * تغییر سوخت

تغییر سوخت فسیلی به سوخت پاکتر یکی از راههایی است که می‌تواند به کاهش آلودگی‌ها منجر شود. مثلاً استفاده از گاز طبیعی به‌ویژه به‌جای زغال، انتشار $CO_2$ و $SO_2$ را که مهمترین عوامل آلودگی هوا هستند کاهش می‌دهد. به طور کلی می‌توان گفت این کار در دراز مدت پتانسیل کاهش انتشار آلاینده‌ها را به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالا می‌برد، اما در عین حال بدون وجود ابزار سیاسی و قوانین مناسب ممکن است در اثر توسعهٔ کاربرد گاز طبیعی- ضمن کاهش $CO_2$- انتشار متان افزایش یابد.

### * بهبود بهره‌وری انرژی

در ابتدای قرن بیستم بهره‌وری تولید برق فقط ۵ درصد بود در حالی که امروزه در کشورهای اروپای این رقم در حدود ۳۶ درصد است، ضمن اینکه در سیکلهای ترکیبی، بهره‌وری در حد ۵۰ درصد می‌باشد: در حالی که بهره‌وری تبدیل انرژی اولیه به انرژی نهایی (یا ثانویه) بالاست و متوسط جهانی آن به حدود ۷۴ درصد می‌رسد، بهره‌وری تبدیل انرژی نهایی به انرژی مفید- یعنی بهره‌وری مربوط به محدودهٔ مصرف‌کنندگان- پائین و متوسط جهانی آن ۴۶ درصد است. لذا بهره‌وری کلی تبدیل انرژی اولیه به انرژی مفید در سطح جهان تنها ۳۴ درصد می‌باشد (۴۶ درصد× ۷۶ درصد).

نتیجهٔ کلی این است که مصرف انرژی نهایی از کمترین بهره‌وری در کل سیستم تبدیل انرژی برخوردار است و بنابراین تلاش برای بهبود بهره‌وری در این بخش

فوائد زیادی را به‌دنبال خواهد داشت که باید در برنامه‌ریزی‌ها مورد توجه باشد.
از طرف دیگر باید اذعان داشت که حتی کارآمدترین تکنولوژی‌ها نیز نمی‌توانند جبران زندگی اشرافی و مصرفی و انرژی بر حاکم بر اقتصادهای بازار و اسراف و وفور را بنمایند. از اینرو پرهیز از مصرف گرایی یکی از مؤثرترین ابزارهاست و نباید فراموش شود.

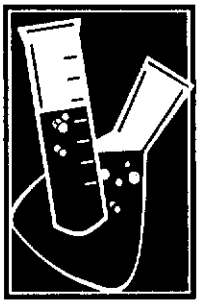
*** تغییر بنیادی به سوخت هسته‌ای و انرژی های نو**

منظور از راه حل بنیادی عبارت است از تغییر سیستم انرژی از مصرف انرژی‌های فسیلی به مصرف منابع انرژی بدون کربن نظیر انرژی خورشیدی و هسته‌ای و یا منابعی که عملکرد آنها از لحاظ تولید کربن در مقابل اتمسفر خنثی است (منابع کربن خنثی)، مانند استفادهٔ پایدار از انرژی بیوماس، پتانسیل استفاده از منابع بدون کربن و کربن خنثی بسیار عظیم است، به‌طوری که از پتانسیل مربوط به بهره‌وری انرژی تجاوز می‌کند.

پیش بینی می‌شود که در دراز مدت می‌توان- بدون مصرف انرژی‌های فسیلی- انرژی مصرفی جهان را از طریق منابع بدون کربن، کربن خنثی و با کمک بهبود بهره‌وری انرژی تأمین کرد. اما در عمل فاکتورهای زیادی مثل هزینه و سرمایه بالا و در دسترس نبودن تکنولوژی، پتانسیل منابع بی‌کربن و کربن خنثی را محدود می‌سازد. همچنین مسأله رقابت بین استفاده از زمین برای تهیه غذا و کشت برای انرژی، می‌تواند پتانسیل جهانی انرژی بیوماس را کاهش دهد.

**انرژی های نوین تجدیدپذیر**

انرژی‌های نوین تجدیدپذیر به مجموعه‌ای از منابع انرژی شامل انرژی خورشیدی، باد، بیوماس، زمین گرمایی، دریایی و انرژی آبی اطلاق می‌شود. انتظار می‌رود این منابع انرژی در بلند مدت نقش بسیار مهمی در تأمین انرژی جهان ایفا نمایند. با توجه به طبیعت ناپایدار و تناوبی و دانسیتهٔ پایین آنها لازم است در برخی موارد به ذخیره‌سازی آنها در هیدروژن- به



عنوان حامل انرژی- پرداخت. از این رو از هیدروژن خورشیدی به عنوان سوخت آینده نام برده می‌شود و به نظر می‌رسد که در آینده جایگزین سوخت‌های فسیلی خواهد شد.

در زمینه انرژی خورشیدی دستگاه‌های تأمینی آب گرم و گرمایش خورشیدی از ساده‌ترین تکنولوژی‌ها برخوردارند. استفاده گسترده از آنها می‌تواند سهم قابل اعتنایی از مصرف انرژی جامعه را در بخش‌های خانگی و مسکونی تامین نماید که متأسفانه در کشور ما به دلایل فراوان از جمله نفت ارزان، هنوز جایگاه مناسب خود را نیافته است. علاوه بر این سیستم‌ها دو نوع نیروگاه حرارتی خورشیدی بیش از همه مطرح هستند: نوع پارابولیک تراف یا سهموی خطی و نوع سنترال رسیور یا برج مرکزی: نوع اول از تکنولوژی جاافتاده‌تر و شرایط اقتصادی بهتری برخوردار است. به‌علاوه به‌دلیل سادگی نسبی تکنولوژی آن در مقایسه با نوع برج مرکز جذب آن برای شرایط ایران مناسب‌تر به نظر می‌رسد. موتوراسترلینگ خورشیدی به‌همراه بشقابک‌های سهموی در مقیاس کوچکتر سیستم دیگری است که در حال حاضر به‌صورت محدود و انحصاری در برخی

کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد و اگر چه بهره‌وری آن نسبت به دو نوع نیروگاه یاد شدهٔ قبلی بیشتر است اما هنوز کار و تحقیق در مورد آن ادامه دارد.

سلول‌های خورشیدی فتوولتای در ظرف ۲۰ سال گذشته با شتاب زیادی توسعه یافته‌اند. اگرچه قیمت آنها در این مدت کاهش زیادی داشته است ولی هنوز هم سیستم‌های گران قیمتی به‌شمار می‌روند. استفاده از آنها در کاشی‌ها و در نمای ساختمان‌ها و همچنین انواع قشر نازک و آمورف و نیز بکارگیری تکنولوژی "تماس عمیق" در این زمینه پیشرفت‌های امیدبخش را نوید می‌دهد.

توربین‌های بادی امروزه از دیگر سیستم‌های تجدیدپذیر به شرایط اقتصادی نزدیک شده‌اند. با پیشرفت‌های علم آیرودینامیک و طراحی سازه، توربین‌های بادی پیشرفته به ظرفیت‌های بالاتر از یک مگاوات دست یافته‌اند. اما باید توجه داشت که در کشورهای جهان سوم کاربرد وسیع و منطقی آنها در گرو دسترسی به تکنولوژی ساخت آنهاست و برای دستیابی واقعی به تکنولوژی ساخت، ابتدا باید از ساخت واحدهای کوچک- در حد چند کیلووات- شروع کرد و با بهینه سازی و افزایش تدریجی توان به ظرفیت‌های بزرگتر- در حد چند صد کیلووات و بیشتر- دست یافت. نیروگاه‌های آبی بزرگ و کوچک از تکنولوژی تکامل یافته‌ای برخوردارند و با توجه به صرفه اقتصادی و همچنین اهمیت آنها در کشاورزی باید ضمن شناسایی پتانسیل کشور و تعیین مناطق دارایی اولویت به بهره‌برداری وسیع از این منابع همت گماشت.

در میان انرژی‌های دریایی، انرژی جزر و مدی از تکنولوژی پیشرفته‌ای بهره‌مند است اما به دلیل مشکل زیست محیطی و موانع اقتصادی از توسعهٔ چشمگیری برخوردار نبوده است: انرژی حرارتی دریاها یا OTEC هنوز مشکلات فنی و اقتصادی فراوان دارد. اما انرژی امواج علی‌رغم تکنولوژی جوان و تکامل نیافته‌اش به‌دلیل دانسیتهٔ بالاتر و در

**انرژی باد در میان انواع منابع تجدیدپذیر از شرایط اقتصادی بسیار مناسبی برخوردار است و از همه منابع دیگر به شرایط صرفهٔ انحصاری نزدیک‌تر است**

مکان‌های دارای پتانسیل بیشتر تا حدودی مورد توجه بوده است. کار تحقیقاتی و ساخت نمونه‌های آزمایشی و نیمه صنعتی در این زمینه می‌تواند مفید باشد.

انرژی زمین گرمایی اگر چه اساساً تجدیدناپذیر نیست و نظیر منابع نفتی ممکن است تمام شود،اما چنانچه نرخ و نحوه بهره‌برداری در حدی باشد که بتواند به‌طور طبیعی تولید و جایگزین شودمی‌توان آن را جزء منابع تجدیدپذیر به‌شمار آورد. اما با این همه این منابع نیز از نظر اقتصادی از جمله موفق‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر به‌شمار می‌رود. امروزه در جهان در حدود ۷۰۰۰ مگاوات تأسیسات برق زمین گرمایی وجود دارد. علاوه بر تولید برق، از انرژی زمین گرمایی به‌طور مستقیم و برای مصارف گرمایش نیز استفاده می‌شود. تکنولوژی انرژی زمین گرمایی دارای دو بخش عمده است. بخش اول به اکتشاف و استخراج آب گرم یا انرژی زمین گرمایی از اعماق زمین‌مربوط است‌وبخش دوم شامل تبدیل انرژی‌حرارتی‌استخراج شده به انرژی برق می‌باشد.وجودسابقه و تجربهٔ مشابه و مفید در صنعت نفت و صنعت برق در توسعهٔ زمین گرمایی کمک مؤثری بوده است.

استفاده از انرژی بیوماس اگر چه به شکل‌سنتی‌آن‌یعنی‌سوزاندن چوب درختان وفضولات حیوانی باعث آلودگی و تخریب محیط زیست می‌شود، اما شکل برنامه ریزی شده و پایدار آن، امروزه مورد توجه بسیار است. از ضایعات کشاورزی نظیر نیشکر و چغندر می‌توان سوخت مایع تهیه نمود. می‌توان در زمین‌های نامرغوب و نیمه بایر یا درختچه‌های مناسب با دورهٔ رشد کوتاه و سریع کاشت و اگر چه با احتراق آنها برای تأمین انرژی در اتمسفر $CO_2$ منتشر می‌شود، اما در عوض در دورهٔ کاشت و رشد و نمو آنها که دائمی و همیشگی است، به همان میزان $CO_2$ از اتمسفر جذب شده و از طریق فتوسنتز در حضور انرژی خورشیدی، اکسیژن خواهد شد و بدین ترتیب یک چرخهٔ "کربن خنثی" شکل خواهد گرفت.

پیل‌های سوختی به‌خاطر طبیعت آنها که در مقایسه با دیگر سیستم‌ها، برگشت‌ناپذیری کمتری به همراه دارند تکنولوژی مهمی برای آینده بشمار می‌رود. از پیل‌های سوختی علاوه بر تولید برق به‌دلیل کار در دمای بالا و تولید حرارت، در کاربردهای گرمایش نیز می‌توان استفاده کرد. انتظار می‌رود در قرن آینده پیل‌های سوختی و به‌ویژه پیل‌های سوختی هیدروژن و گاز طبیعی نقشی بسیار مهم ایفا نمایند. از اینرو با توجه به ذخائر عظیم گاز طبیعی در ایران، توجه به پیل‌های سوختی و تلاش و تحقیق برای دستیابی به دانش فنی و تکنولوژی آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کاربرد وسیع و گستردهٔ انرژی‌های نو چنانکه قبلاً ذکر شد ایجاب می‌کند که از هیدروژن به عنوان خازن و ناقل انرژی هم به صورت گاز و هم به صورت مایع استفاده شود. تلاش برای دستیابی به تکنولوژی‌های تجزیه آب- علاوه بر الکترولیز- و همچنین کاهش میزان مصرف انرژی در تولید و مایع سازی هیدروژن از زمینه‌های مورد توجه در تحقیقات است. همچنین روش‌های جدید فیزیکی و شیمیایی ذخیره‌سازی هیدروژن نیز در حال توسعه و تکامل می‌باشند. ایران به‌خاطر دسترسی به آب دریا و انرژی خورشیدی فراوان از جمله مستعدترین نقاط دنیا برای تولید هیدروژن به‌شمار می‌رود. در صورت برنامه‌ریزی درست و تلاش جدی و گسترده برای دسترسی به تکنولوژی‌های مربوطه- که بعضاً پیچیدگیهای فراوانی نیز در بردارند- و پس از پایان یافتن ذخائر نفتی، ایران می‌تواند به صدور هیدروژن به عنوان منبع درآمد ملی فکر کند.

### توسعه انرژی‌های نو در کشور و برنامه‌های معاونت انرژی

چنانکه ملاحظه شد راه توسعه راهی است طولانی و دشوار. راهی است که در آن آگاه‌سازی عمومی و ایجاد انگیزهٔ ملی دارای اهمیت حیاتی است، افزایش ظرفیت نیروی انسانی ضروری است و به‌علاوه حمایت همه‌جانبهٔ دولت از جنبه‌های اقتصادی، نرم‌افزاری و سخت‌افزاری تکنولوژی‌های تجدیدپذیر بعنوان پیش شرط اساسی توسعهٔ پایدار شناخته شده است.

از ضروری‌ترین موارد برای توسعه انرژیهای نو تهیه اطلاعات کافی در زمینه پتانسیل‌ها و تهیه اطلس انواع منابع انرژی‌های نو است. به‌علاوه مطالعات فنی- اقتصادی و امکان سنجی ساخت داخل دستگاه‌های تبدیل انرژی می‌تواند روشنگر راه باشد. ساخت انواع سیستم‌های پایلوت و نیمه صنعتی به منظور آشنایی با تکنولوژی‌ها و کسب تجربه و فراهم شدن زمینهٔ انتقال تکنولوژی دارای اهمیت ویژه است.

از این رو از سال ۱۳۷۳ در دفتر انرژی‌های نو معاونت سه نوع پروژه تعریف شده است که اجرای آنها پیگیری می‌شود:

الف - پروژه‌های بنیادی که هدف آنها عمدتاً پتانسیل سنجی و تهیه اطلس انواع منابع و نیز بررسی فنی و اقتصادی انواع سیستم‌ها و تکنولوژی تجدید پذیر می‌باشد.

ب - پروژه‌های پایلوت و نیمه صنعتی که هدف آنها اجرای برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای، ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی و پایلوت برای درک بهتر و آشنایی و دستیابی به دانش فنی و تکنولوژی‌های مربوطه است. این پروژه‌ها با توجه به نتایج پروژه‌های نوع اول و تکنولوژی‌های مطرح روز توصیه‌های نهادهای ملی و بین‌المللی تعریف شده‌اند.

ج - پروژه‌های مشترک که به منظور

دستیابی به پیشرفت بیشتر فنی در مورد سیستم‌های با ظرفیت بزرگ و نیز با هدف انتقال تکنولوژی تعریف شده‌اند.

معاونت انرژی وزارت نیرو بر این باور بوده است که برای اجرای موفقیت آمیز پروژه‌های تعریف شده باید از همهٔ توان علمی و فنی موجود در داخل کشور استفاده نمود و لذا در اجرای بسیاری از پروژه‌های مطالعاتی و پایلوت ازدانشگاه‌ها و مؤسسات مهم تحقیقاتی کشور کمک گرفته شده است. از جمله دانشگاه‌های شیراز، صنعت شریف و امیرکبیر و مؤسساتی نظیر سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی و پژوهشگاه مواد و انرژی اجرای برخی از پروژه‌ها را بر عهده دارند.

با این وجود برای اجرای بهتر سیاست‌های تعیین شده و به منظور هدایت و سازماندهی بهتر و همچنین گرد آمدن نیروهای متخصص و با تجربه در زمینه انرژی‌های نو، نیاز به ایجاد مرکزی برای تمرکز کارهای اجرایی احساس می‌شد. لذا معاونت انرژی تأسیس سازمان انرژی‌های نو را در سال ۱۳۷۵ به مرحلهٔ عمل در آورد. این سازمان هم اکنون اجرای برخی از پروژه‌ها و نیز مدیریت برخی دیگر از آنها را به عهده دارد و در این راه با جذب نیروهای با تجربه و متخصص، راه دشوار خود را آغاز کرده است.

در پایان به طور خلاصه چند مورد از پروژه‌های تعریف شده در دفتر انرژی‌های نو معاونت انرژی معرفی می‌شوند:

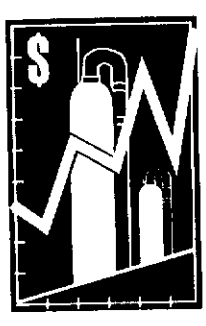
### ۱- پروژه "طراحی، ساخت و تست نیروگاه حرارتی خورشیدی ۲۵۰ کیلوواتی از نوع سهموی خطی (شیراز)"

امروزه عمدتاً دو نوع نیروگاه حرارتی خورشیدی در جهان مطرح بوده و توانایی و قابلیت خود را نشان داده‌اند. نوع اول سیستم سهموی خطی یا پارابولیک ترف (PTC) و نوع دوم سیستم برج مرکزی (CR) است. نوع اول از شرایط اقتصادی بهتر و از تکنولوژی جا افتاده‌تری بهره‌مند است، به‌صوری‌که تا کنون بیش از ۳۵۰

مگاوات از آن تأسیس و راه‌اندازی شده است. نوع دوم علی‌رغم مزایای تولید برق بیشتر و نیاز به زمین کمتر، از تکنولوژی پیچیده‌تری که ناشی از کار در دمای بالاتر است سود می‌برد و لذا هنوز به کار تحقیقاتی زیادی نیاز ندارد. به هر حال با توجه به تکنولوژی ساده‌تر و جا افتاده‌تر، نیروگاه‌های سهموی خطی برای کشور ما گزینهٔ جذاب‌تری به‌شمار می‌روند.

از این‌رو این پروژه تعریف و برای اجرا به دانشگاه شیراز واگذار شده است تا ضمن فعال شدن یک دانشگاه مهم کشور در زمینه نیروگاه‌های خورشیدی PTC، دانش فنی و تجربهٔ کافی در داخل کشور فراهم آمده و زمینه انتقال این تکنولوژی آماده گردد. لازم به اشاره است که در کشورهای پیشرفته نیز دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی از عوامل عمدهٔ پیشرفت‌های به‌دست آمده در زمینه انرژی‌های نو بوده‌اند.

این پروژه در حال حاضر با اتمام فاز مطالعاتی، در مراحل طراحی و تهیهٔ نقشه‌های اجرایی مورد نیاز می‌باشد. همچنین در زمینه ساخت قطعات مورد نیاز به‌ویژه کلکتورهای نیروگاه از هم اکنون برنامه‌ریزی و انجام مقدمات و مذاکرات لازم با بخش صنعت کشور در حال




پیگیری است. این پروژه از اسفند ماه ۱۳۷۴ آغاز شده و مدت زمان ۴ سال برای آن پیش‌بینی گردیده است.

### ۲- پروژه "نیروگاه حرارتی خورشید به ظرفیت ۳۰ مگاوات (یزد)"

این پروژه به منظور انتقال تکنولوژی نیروگاه‌های خورشیدی PTC تعریف شده است که با همکاری شرکت‌ها و مؤسسات آلمانی از جمله شرکت فیشنر و پیلکینگتون اجراء خواهد شد. برای تأمین اعتبار مورد نیاز این پروژه علاوه بر منابع داخلی از کمک و بودجه نهادهای بین‌المللی نیز استفاده خواهد شد. مرکز تحقیقات نیرو به‌عنوان مشاور از طرف ایران برگزیده شده است. در حال حاضر مذاکرات برای تعیین نهایی مشخصات کلی و همچنین به منظور عقد قرارداد خدمات مشاوره‌ای امکان سنجی با طرف‌های آلمانی ادامه دارد.

با توجه به وسعت پروژه، علاوه بر مرکز تحقیقات نیرو سازمان‌ها و شرکت‌های دیگری از جمله سازمان برق ایران و شرکت توانیر در این پروژه مشارکت خواهند داشت و معاونت انرژی وزارت نیرو ب عنوان کارفرما نظارت و هماهنگی کل پروژه را برعهده خواهد داشت.

### ۳- پروژه "ساخت و راه اندازی یک واحد نیروگاه بادی به ظرفیت ۶۰۰ کیلووات"

انرژی باد در میان انواع منابع تجدیدپذیر از شرایط اقتصادی بسیار مناسبی برخوردار است و در واقع از همهٔ منابع دیگر به شرایط صرفهٔ اقتصادی نزدیکتر است. به همین دلیل در سراسر دنیا با وسعت قابل توجهی توسعهٔ نیروگاه‌ها و توربین‌های بادی ادامه دارد. طبق برآورد سازمان ملل در حال حاضر بیش از ۵۰۰۰ مگاوات توربین بادی در سطح جهان نصب شده است که آن رقم از نرخ رشد سالیانه‌ای معادل ۲۰ درصد برخوردار است.

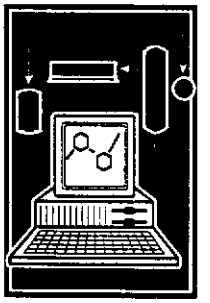
در ایران وجود مناطق دور از شبکه و

بادخیزی نظر منجیل، رودبار، جنوب خراسان، اردبیل، آذربایجان و جزایر و سواحل جنوبی کشور و همچنین امکان بهره‌برداری از این انرژی در کاربردهای کشاورزی، گسترش و توسعهٔ استفاده از انرژی باد را جذاب‌تر کرده است. معاونت انرژی ساخت انواع توربین‌های بادی با ظرفیت‌ها مختلف را در داخل کشور جزو برنامه و اهداف خود دارد و معتقد است که انجام آن پروژه‌ها با افزایش توانمندی‌های داخلی، زمینهٔ انتقال تکنولوژی را فراهم خواهد نمود.

یکی از پروژه‌هایی که جهت اهداف فوق در دفتر انرژی‌های نو معاونت انرژی تعریف شده است، طراحی، ساخت، نصب، راه اندازی و تست نیروگاه بادی به ظرفیت ۶۰۰ کیلو وات است. مؤسسه آ.آ.یوازیان برای اجرای این پروژه در نظرگرفته شده است. زمان پیش‌بینی شده ۲ سال و هزینهٔ آن ۷/۲ میلیارد ریال می‌باشد. در حال حاضر این پروژه در مرحله تنظیم و انعقاد قرار داد می‌باشد.

## ۴- پروژه "طراحی و نصب نیروگاه زمین گرمایی در منطقه مشکین‌شهر"

نیروگاهها زمین گرمایی به دلیل برخورداری از تکنولوژی جا افتاده که ترکیبی از تکنولوژی استخراج در صنعت نفت و تکنولوژی نیروگاه‌های حرارتی متعارف می‌باشد، از شرایط اقتصادی مناسبی برخوردار شده‌اند و اگرچه هنوز در بسیاری موارد قادر به رقابت با برق فسیلی نیستند اما در میان انرژی‌های نو پس از انرژی باد و سلول‌های خورشیدی فتوولتایی قرار داشته و به توجیه اقتصادی نزدیک می‌شوند. امروزه در حدود ۷۰۰۰ مگاوات نیروگاه برق زمین گرمایی در سراسر جهان نصب شده است. ایتالیا، کانادا، ژاپن، ایسلند و نیوزیلند از جمله مناطق مستعد به‌شمار می‌روند.



در ایران نیز مناطق سبلان، خوی و ماکو، دماوند و سهند برای اکتشاف و بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی مناسب تشخیص داده شده‌اند که از این میان نواحی مشکین‌شهر در منطقه سبلان از مستعدترین نقاط محسوب می‌شود. این پروژه با مدیریت سازمان انرژی های نو و مشاورت مرکز تحقیقات نیرو انجام خواهد شد. عملیات مگنتوتلوریک که از مراحل شناسایی و اکتشاف به‌شمار می‌رود، توسط پیمانکار خارجی انجام خواهد شد که این پیمانکار از جمهوری ارمنستان انتخاب شده است و در حال حاضر مراحل عقد قرار داد پیگیری می‌شود.

## ۵- پروژه "طراحی ساخت و تست یک واحد نیروگاه پیل سوختی ۲۵۰ کیلوواتی"

پیل های سوختی به‌خاطر طبیعت آنها که با برگشت‌ناپذیری کمتری همراه است تکنولوژی مهم آینده محسوب می‌شوند. بهره‌وری کلی یک نیروگاه پیل سوختی می‌تواند در حدود ۸۰ درصد باشد همانطور که قبلاً ذکر شد پیل های سوختی هیدروژن و گاز طبیعی در قرن آینده نقش مهمی را بازی خواهند کرد و ایران با توجه به داشتن ذخایر عظیم گاز ضروری است به دانش فنی و تکنولوژی آنها توجه خاصی مبذول دارد.

این پروژه در همین راستا تعریف شده است و هدف از آن خرید یک نمونه پیل سوختی از خارج و انجام مطالعات و آزمایشات لازم بر روی آن و سپس طراحی و ساخت یک واحد ۲۵۰ کیلوواتی در داخل کشور است. جهت اجرای این پروژه با سازمان انرژی‌های نو ایران به‌عنوان مشاور قرارداد امضاء شده است و در حال حاضر فاز مطالعات مقدماتی آن و نیز بررسی اصول طراحی پیل های سوختی در حال انجام است. همچنین پیگیری برای خرید یک نمونه از خارج دنبال می‌شود، اما مشکلاتی در زمینه انحصار و عدم تمایل به فروش به ایران وجود دارد.

## ۶- پروژه "مطالعات تکنولوژی هیدروژن خورشیدی

هیدروژن به عنوان بهترین و مناسب‌ترین حامل برای انرژی‌های نو مطرح شده است و به عنوان سوخت آینده از آن یاد می‌شود. ارزش حرارتی هیدروژن از بسیاری سوختهای دیگر بیشتر است. حاصل احتراق هیدروژن فقط بخار آب است و در نتیجه هیچگونه تهدیدی برای محیط زیست نخواهد داشت. هیدروژن علاوه بر احتراق و تولید حرارت، در پیل های سوختی و برای تولید برق نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین به‌عنوان سوخت در صنعت حمل و نقل نیز می‌تواند به‌کار رود.

با توجه به تابش بالای خورشید در ایران و دسترسی به آب دریا پتانسیل کشور ما برای تولید هیدروژن مناسب تشخیص داده شده است و در صورت برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری و تلاش کافی، در آینده و در سال های "اقتصاد بدون نفت" می‌تواند منبع مناسبی برای صادرات و تأمین ارز برای کشور باشد. لذا انجام پروژه‌هایی برای کسب دانش فنی مورد نیاز به‌ویژه در زمینه‌های تولید، مایع سازی، ذخیره سازی و انواع روش های مصرف هیدروژن ضروری است.

این پروژه با آن اهداف تعریف شده است که سازمان انرژی های نو ایران کار مطالعات و تحقیقات این پروژه را انجام خواهد داد. از جمله هیدروژن سوز کردن یک اتومبیل پیکان به‌صورت آزمایشی جزء خدمات این پروژه است.