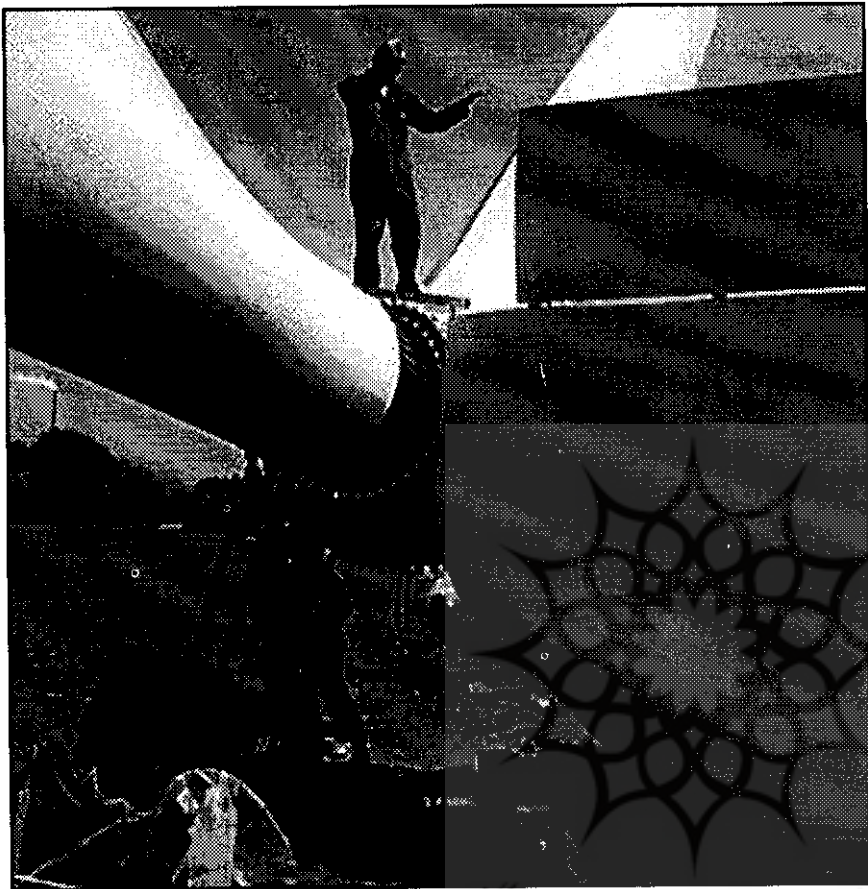


نگاهی به انرژی باد در جهان و ایران در آغاز هزاره سوم

فرهاد محمدی



بیش از یک دهه است که موضوع توسعه پایدار چه قبل و چه بعد از کنفرانس ریو (۱۹۹۲) مورد بحث و بررسی محافل علمی و اقتصادی کشورهای جهان قرار داشته و با عنایت به اهمیت «محیط زیست پاک»، کاربرد انرژی‌های جایگزین صریحاً توصیه شده است. بی‌شک توسعه و رفاه جوامع متکی بر انرژی است و در این میان استفاده از انرژی بادی در کشورهایی که مناطق بادخیز دارند، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. انرژی باد از جمله انرژی‌های تجدیدپذیری است که به علت گستردگی، قدرت بازدهی بالا، اقتصادی بودن و اینکه در مقایسه با دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر در ابعاد وسیع‌تری مورد بهره‌برداری قرار گرفته، عملاً از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، لازم به نظر می‌رسد که با توجه به تمام ابعاد و راهکارهای ممکن، تکنولوژی‌های مربوط به توسعه بهره‌برداری از انرژی باد را در ایران شناسایی کرد. در حال حاضر ظرفیت نیروگاه‌های بادی ایران ۱۱ مگاوات بوده و توان بالقوه نصب ۲۰۰۰۰ مگاوات از این انرژی در کشور وجود دارد. در این مقاله ابتدا ضمن اشاره به تاریخچه استفاده از انرژی باد در جهان و موارد استفاده از آن به مهمترین کاربرد این انرژی، یعنی تولید برق می‌پردازیم و به آمار و ارقام مربوط به روند توسعه این نیروگاه‌ها در جهان اشاره خواهیم کرد. سپس با مشخص شدن جایگاه ایران در بهره‌برداری از این انرژی در جهان، با توجه به مطالعات و کارهای انجام شده و برنامه‌های آتی، راهکارهای گسترش و توسعه بهره‌برداری از این انرژی نو در ایران را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

تاریخچه

اولین کشوری که در دنیا از انرژی باد برای مصارف کشاورزی استفاده کرد، ایران بود که در این زمینه سابقه‌ای بیش از ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ سال در این زمینه دارد. استفاده از این انرژی بعداً از طریق ایران به سرزمین‌های اسلامی راه یافت و پس از فتوحات اسلام در اروپا، با ساخت دستگاه‌هایی برای استفاده از این انرژی در این کشورها، از اروپا به قاره آمریکا و سایر نقاط جهان منتقل گردید. با کشف موارد استفاده جدید در چهار مورد: ۱- پمپاژ آب و آبیاری، ۲- آسیاب نمودن غلات، ۳- تولید الکتریسیته و ۴- استفاده مکانیکی نظیر استفاده از انرژی باد در اره نمودن چوب و صنایع دستی و غیره، به خدمت گرفته شد و در بدو امر و تا قبل از کشف نیروی بخار و دستیابی به سایر منابع انرژی تجاری، به‌طور

وسعی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. موارد استفاده از این انرژی در قرون اخیر در کشورهای مختلف جهان را می‌توان به صورت فهرست‌وار بدین گونه عنوان نمود:

- در کشور هلند که در قرن ۱۴ میلادی پیشرفته‌ترین کشور در این زمینه بوده، از این انرژی جهت دستگاه‌های آبیاری، جابجا نمودن آب سیلاب‌ها و زهکشی استفاده می‌شده است. - آمریکایی‌ها در سال ۱۸۵۰، حدود شش میلیون دستگاه بادی در حال فعالیت و بهره‌برداری داشته‌اند که توان آنها حدود یک میلیارد کیلووات ساعت برق برآورد می‌شد و در سال ۱۸۸۹ نیز حدود ۷۷ کارخانه با استفاده از این انرژی فعالیت داشته‌اند. به علاوه در سال ۱۸۳۰، حدود ۴۰۰ حوضچه بادی و خورشیدی در کنار دریا جهت استحصال نمک وجود داشت و همچنین بین سالهای ۱۸۶۰ تا ۱۸۷۰ حدود

هزار طرح جدید در زمینه ساخت دستگاه‌های بادی تهیه گردید. سپس استفاده از این انرژی در چهار دهه ۱۸۷۰ تا ۱۹۱۰ در این کشور با تمام قدرت به پیش رفت، ولی از این زمان به بعد به علت کشف و ساخت موتور دیزل توسط رودلف دیزل در آلمان و فراوانی نفت در این ایام و دوران بعد از آن، استفاده از انرژی باد تقریباً متوقف و گرایش به استفاده از نفت بیشتر شد و تحقیق و تولید در زمینه ساخت و استفاده از دستگاه‌های بادی به سردی گرایید. با این وجود در سال ۱۹۸۳، حدود یک میلیون دستگاه بادی در سراسر دنیا وجود داشت که ۱۵۰۰۰۰ دستگاه آن در آمریکا فعالیت داشت.

در سال ۱۹۱۳ در شوروی سابق، حدود ۲۵۰۰۰۰ دستگاه آسیاب بادی مورد استفاده بود که با در نظر گرفتن قدرت هر دستگاه معادل ۴ کیلووات (معادل ۵ قوه اسب بخار)، مجموع تولید این دستگاه‌ها حدود یکصد هزار مگاوات الکتریسیته برآورد می‌شد که این رقم ۱/۱ کل الکتریسیته تولیدی آن زمان این کشور بوده است. در سال ۱۹۳۱، روس‌ها یک توربین بادی به قدرت ۱۰۰ کیلووات ساختند که توسط یک خط ۶۳۰۰ ولتی به یک نیروگاه بخاری ۲۰ مگاواتی بخاری در فاصله ۲۰ مایلی وصل می‌شد و تولید سالانه این توربین بادی معادل ۲۸۰۰۰۰ کیلووات ساعت برق در سال بود.

در خصوص تولید الکتریسیته توسط دستگاه‌های بادی، باید گفت که دانمارکی‌ها اولین ملتی بودند که در این زمینه اقدام نمودند، به طوری که در سال ۱۸۹۰، این کشور از یک دستگاه بادی که قطر پره‌های آن ۲۳ متر بود، جهت تولید الکتریسیته استفاده می‌نمود. سپس در سال ۱۹۱۰، چند صد دستگاه از این سیستم جدید به وسیله پروفیسور لاکور ساخته شد که توان آنها ۵ تا ۲۵ کیلووات بود. اغلب کشورهای غربی نیز قبل و در حین جنگ جهانی دوم اقدام به ساخت توربین‌های بادی در قدرت‌های مختلف نمودند.

بعد از دستیابی کشورهای جهان به سایر منابع انرژی به خصوص انرژی‌های فسیلی که در بدو امر به مقدار وافر و به حد نیاز و با بهای ارزان قابل حصول شد، کم‌کم استفاده از انرژی باد کاهش یافت. تا جایی که در اواسط قرن گذشته از این انرژی در حد بسیار محدود و ناچیز استفاده می‌گردید. ولی بعد از سال ۱۹۷۳ و در زمان بروز اولین شوک نفتی که کشورهای غربی به خصوص کشورهای صنعتی سیاست انرژی خود را بر سه

محور اصلی: استفاده از انرژی‌های پراکنده، یافتن منابع جدید و استفاده از انرژی با راندمان بالا استوار ساختند، استفاده از انرژی‌های پراکنده از جمله انرژی باد بار دیگر مورد توجه کشورهای اروپایی و آمریکایی و به خصوص کشورهای صنعتی قرار گرفت.

مزایای استفاده از انرژی باد

در مورد مزایای استفاده از انرژی باد می‌توان به این موارد اشاره نمود:

– با توجه به آلودگی‌های محیط زیست در اثر استفاده از سوخت‌های فسیلی، این انرژی می‌تواند فاقد اثرات مخرب آلودگی محیط زیست منابع فسیلی و تا حدی هسته‌ای بوده و می‌تواند به عنوان یک جایگزین مطرح باشد.

– هزینه استفاده از دستگاه‌های بادی در قیاس با دستگاه‌های تولید انرژی معمولی فعلی کمتری باشد.

– نیروگاه‌های بادی بزرگ ناشی از تلفیق مجموعه‌ای از نیروگاه‌های کوچک، می‌تواند مصارف الکتریسیته شهری و صنعتی را تأمین نماید.

– نیروگاه‌های بادی به صورت مستقل نیز

– در صورت ساخت یک واحد از آن، بقیه دستگاه‌ها نمونه‌سازی و تولید انبوه می‌شود و مشکل وابستگی زیاد صنعتی به قسمت‌های مختلف نیروگاه از بین می‌رود.

– به علت پخش بودن نیروگاه و متمرکز نبودن آن در مواقع جنگ و سایر بلاهای طبیعی، ضربه‌پذیری آن از نیروگاه‌های متمرکز بسیار کمتر خواهد بود.

– جهت رشد کشاورزی به خصوص در جاهایی که زمین مساعد و آب زیرزمینی کافی وجود دارد، ولی به دلیل فقدان انرژی در حال حاضر قابل بهره‌برداری نیست، بسیار مؤثر خواهد بود.

نگاهی به آمار نیروگاه‌های بادی در جهان

در چند سال اخیر، کاربرد نیروگاه‌های بادی جهت تولید برق در اکثر کشورهای جهان به صورت قابل ملاحظه‌ای در حال افزایش بوده است و کشورهای جدیدی برای استفاده از این نوع انرژی در تولید برق مورد نیاز شهرک‌های مسکونی خود اعلام آمادگی نموده‌اند. تا پایان سپتامبر ۱۹۹۹، راندمان نیروگاه‌های بادی

جدول ۱- ظرفیت در حال کار نیروگاه‌های بادی موجود در جهان طی سالهای ۹۹-۱۹۹۵

ظرفیت در حال کار سال	مگاوات [MW]	افزایش نسبی سالانه ظرفیت نیروگاه‌های بادی (درصد)
تا پایان سال ۱۹۹۵	۴۸۲۲	-
تا پایان سال ۱۹۹۶	۶۱۰۴	۲۶/۵۹
تا پایان سال ۱۹۹۷	۷۶۹۳	۲۶/۰۳
تا پایان سال ۱۹۹۸	۹۷۲۹	۲۶/۲۷
تا پایان سال ۱۹۹۹	۱۲۳۱۰	۲۶/۵۲

موجود به میزان ۱۲۳۱۰ مگاوات گزارش شده است.

در جدول (۱) آمار دقیق این نیروگاه‌ها طی سالهای ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ درج شده است. بر طبق این آمار، افزایش نسبی سالانه ظرفیت این نیروگاه‌ها اندکی بیش از ۲۶ درصد بوده است.

ارقام مندرج در جدول (۱) نشان می‌دهد که طی ۴ سال گذشته، ظرفیت کل نیروگاه‌های بادی بیش از دو و نیم برابر شده است. نمودار (۱) روند افزایش نیروگاه‌های بادی را در مقایسه با نیروگاه‌های هسته‌ای نشان می‌دهد.

طی چهار سال مزبور، این روند همواره سیر صعودی داشته است و می‌توان امیدوار بود که در دهه اول سال ۲۰۰۰ نیز همین روند ادامه

می‌تواند نیاز روستاهای منفرد را که به انرژی کمتر احتیاج دارند برآورده نماید و چون نیاز به انتقال نیرو از نیروگاه‌های مرکز به روستا وجود ندارد می‌تواند در مکان‌های مناسب که هم دارای بعد اقتصادی و هم امکان استفاده در سطح وسیع از آن امکان‌پذیر است، نصب گردد.

– چون این گونه دستگاه‌ها نیاز به سوخت فسیلی ندارند، بنابراین استفاده از این نیروگاه‌ها فاقد مشکلاتی نظیر تأسیس پالایشگاه‌ها و حمل و نقل سوخت از مراکز تولید به محل مصرف خواهد بود.

– از نظر نگهداری و تعمیرات در قیاس با نیروگاه‌های فعلی، تعمیرات مورد نیاز به مراتب کمتر خواهد بود.

نیروگاه بادی در آسیا، رتبه اول را دارا می‌باشد.

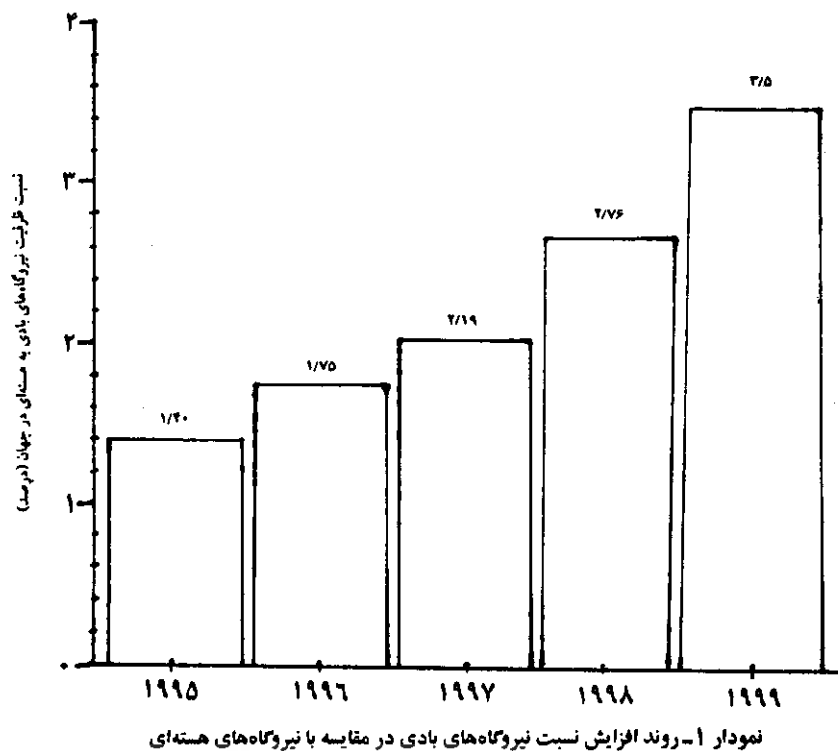
تا سال ۲۰۰۰ میلادی، آمار کشورهایی که بیش از یکصد مگاوات نیروگاه بادی در حال بهره‌برداری دارند در جدول ۴ آورده شده است. در این جدول دو نکته قابل توجه و مهم وجود دارد.

الف- نسبت نیروگاه‌های بادی به هسته‌ای در مورد هلند اندکی بیش از ۹۰ درصد است، بدین معنی که ظرفیت سرانه نیروگاه‌های بادی نزدیک به ظرفیت سرانه نیروگاه‌های هسته‌ای می‌باشد (یعنی ۴۰۵ وات نیروگاه بادی در مقابل ۴۹۹ وات نیروگاه هسته‌ای).

ب- هرچند کشور ایتالیا در مورد استفاده از نیروی اتمی از جمله کشورهایی است که پس از جنگ دوم جهانی اقدام به راه‌اندازی یک نیروگاه هسته‌ای (به نام لانتینا) در سال ۱۹۵۸ نمود، ولی به دلیل حادثه غیر قابل پیش‌بینی در راکتور هسته‌ای این نیروگاه، سالهاست که دیگر در آمار سازمان جهانی انرژی اتمی (IAEA) از آن ذکری نمی‌شود.

رده‌بندی کشورها در استفاده از نیروگاه‌های بادی

برطبق آخرین آمار (۱۹۹۹ میلادی)، دقیقاً ۲۷ کشور جهان از نیروگاه‌های بادی برای تولید برق استفاده می‌کنند و این در حالی است که هنوز بسیاری از کشورها به علل گوناگون چندان تلاش مهمی برای شناساندن این نیروگاه‌ها و محاسن آن در تولید برق نمی‌کنند. نیروگاه‌های هسته‌ای هنوز از نظر اقتصادی به صرفه نیستند و همچنین هزینه‌های زیادی صرف جبران اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی آنها می‌گردد. از نظر ظرفیت نیروگاه‌های بادی، می‌توان کشورها را در چهار گروه، طبقه‌بندی نمود. ایران با ۱۱ مگاوات نیروگاه بادی که در سالهای اخیر از طرف مرکز توسعه انرژی‌های نو، وابسته به سازمان انرژی اتمی راه‌اندازی شده است در میان ۱۶ کشور این گروه در گروه قرار دارد. در مجموع می‌توان گفت، ایران رتبه بیست و ششم را در جهان به خود اختصاص داده است (جدول ۵).



داشته باشد، به طوری که تا سال ۲۰۱۰، در سراسر جهان حدود ۶۰ هزار مگاوات و تا سال ۲۰۲۰، ۱۸۰ هزار مگاوات نیروگاه بادی موجود باشد. ظرفیت در حال کار نیروگاه‌های بادی و هسته‌ای در جهان در جدول (۲) درج شده است. با توجه به اینکه نیروگاه‌های هسته‌ای تقریباً ۱۷ درصد برق مصرفی جهان را تأمین می‌نماید، با یک محاسبه ساده می‌توان نتیجه گرفت که هم‌اکنون اندکی بیش از نیم درصد برق مصرفی از طریق نیروگاه‌های بادی تأمین می‌شود. آنچه قابل توجه است، بررسی چگونگی توزیع این ظرفیت ۱۲۳۱۰ مگاواتی

جدول ۲- ظرفیت در حال کار نیروگاه‌های بادی و هسته‌ای در جهان در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰

ظرفیت در حال کار سال	(W) نیروگاه‌های بادی مگا وات برق [MW]	(N) نیروگاه‌های هسته‌ای مگاوات برق [MW]	$a = \frac{W}{N} (\%)$ نسبت ظرفیت نیروگاه‌های بادی به هسته‌ای (درصد)
۱۹۹۵	۴۸۲۲	۳۴۳۷۹۲	۱/۴۰
۱۹۹۶	۶۱۰۴	۳۴۹۳۹۸	۱/۷۰
۱۹۹۷	۷۶۹۳	۳۵۱۴۷۵	۲/۱۹
۱۹۹۸	۹۷۲۹	۳۵۱۷۹۵	۲/۷۶
۱۹۹۹	۱۲۳۱۰	۳۴۸۸۹۱	۳/۵۳
۲۰۰۰	در حال افزایش	چندان تغییر زیادی نخواهد کرد	؟

نیروگاه‌های بادی در کشورهای مختلف جهان است. کشورهای آلمان، آمریکا، دانمارک، خود در حد قابل توجهی استفاده می‌کنند. کشور هندوستان با ظرفیت ۱۰۳۲ مگاوات

جدول ۳- کشورهای که بیش از یک هزار مگاوات نیروگاه بادی در حال بهره‌برداری دارند (۱۹۹۹)

جایگاه در کاربرد نیروگاه‌های بادی	کشور	جمعیت به میلیون نفر (۱۹۹۶)	ظرفیت در حال بهره‌برداری نیروگاه‌های بادی تا پایان سپتامبر ۱۹۹۹ [MW]	ظرفیت سرانه [وات بر هر نفر] #	ظرفیت کل نیروگاه‌های هسته‌ای ۱۹۹۹ [۴] [MW]	نسبت نیروگاه‌های بادی به هسته‌ای $a = \frac{W}{N}$ (%)	درصد تأمین برق از طریق نیروگاه‌های هسته‌ای (۱۹۹۹) [۴]
۱	آلمان	۸۱/۹۱	۳۸۱۷	۴۶/۶۰	۲۲۲۸۲	۱۷/۱۳	۲۸
۲	آمریکا	۲۶۵/۲۸	۲۵۲۳	۹/۵۵	۹۶۴۲۳	۲/۶۳	۱۹
۳	دانمارک	۵/۲۶	۱۶۰۶	۳۰۵/۳۶	ندارد	-	-
۴	اسپانیا	۳۹/۲۶	۱۱۸۰	۳۰/۰۶	۷۴۷۷	۱۵/۷۸	۳۲
۵	هندوستان	۹۴۵/۱۲	۱۰۳۲	۱/۰۹	۱۶۹۵	۶۰/۸۸	۳

جدول ۴- کشورهای که بیش از یک صد مگاوات نیروگاه بادی در حال بهره‌برداری دارند (۱۹۹۹)

جایگاه از نظر کاربرد نیروگاه‌های بادی در جهان	کشور	جمعیت به میلیون نفر (۱۹۹۶)	ظرفیت در حال بهره‌برداری از نیروگاه‌های بادی [MW]	ظرفیت سرانه [وات بر هر نفر] #	ظرفیت کل نیروگاه‌های هسته‌ای در حال بهره‌برداری ۱۹۹۹ [۴] [MW]	نسبت $a = \frac{W}{N}$ (%)	درصد تأمین برق از طریق نیروگاه‌های هسته‌ای (۱۹۹۹) %
۶	هلند	۱۵/۵۲	۴۰۵	۲۶/۱۰	۴۴۹	۹۰/۲۰	۲/۴/۱۲
۷	انگلستان	۵۸/۷۸	۳۵۰	۵/۹۵	۱۲۹۶۸	۲/۷۰	۲۷/۰۹
۸	چین	۱۲۲۱/۷۲	۲۴۶	۰/۲۰	۲۱۶۷	۱۱/۳۵	۱/۱۶
۹	ایتالیا	۵۷/۳۸	۲۲۷	۳/۹۶	-	-	-
۱۰	سوئد	۸/۸۴	۱۹۷	۲۲/۲۹	۱۰۰۴۰	۱/۹۶	۲۵/۷۵
۱۱	کانادا	۲۹/۹۶	۱۲۵	۴/۱۷	۹۹۹۸	۱/۲۵	۱۲/۴۴

جدول ۵- گروه‌بندی کشورهای استفاده‌کننده از نیروگاه‌های بادی جهان (بر طبق آمار ۱۹۹۹)

گروه	ظرفیت در حال بهره‌برداری نیروگاه‌های بادی [MW]	تعداد کشورها
اول	$k > 1000$	۵
دوم	$100 < k < 1000$	۶
سوم	$10 < k < 100$	۱۶
چهارم	$k < 10$	۱۰

می‌گوید، قیمت واقعی سوخت فسیلی در ایران مشخص نیست و بنابراین پیش‌بینی در خصوص انرژی‌های جایگزین امکان‌پذیر نمی‌باشد. برای پیش‌بینی کردن باید آن را در دوره‌ای دراز مدت در نظر گرفت، بنابراین چون نمی‌توان برآورد اقتصادی از قیمت انرژی در آینده در ایران داشت، لذا قادر نیستیم تحلیلی در این مورد ارائه دهیم. مهندس حمیدرضا لاری، مدیر گروه انرژی باد پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو نیز در مورد سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های نو تجدیدپذیر می‌گوید، برای تولید انرژی‌های فسیلی سرمایه‌گذاری‌هایی از قبل در کشور انجام شده است، پس باید هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه را نیز در نظر داشته باشیم و این موضوع مشکل استقرار انرژی‌های نو در کشور است. وی افزود: هزینه‌های زیست‌محیطی در کشور ما تاکنون جدی گرفته نشده است و بنابراین عدم محاسبه هزینه این بخش در انرژی‌های نو تجدیدپذیر عملاً عامل مهمی محسوب می‌شود. مشکل دیگر این است که گسترش انرژی‌های نو در ایران ارزیابی دارد و بنابراین در استفاده از انرژی‌های نو باید از

مخرب انرژی‌های فسیلی با توجه به مصرف روزانه ۱۳۰ میلیون بشکه نفت خام در جهان و ورود مونواکسید کربن، NO_x و SO_x و سایر ذرات معلق حاصل از سوختن نفت و فرآورده‌های آن، بیش از گذشته عینیت یافته است. از طرفی، این سوخت‌ها حداکثر تا پنجاه سال آینده به تمام خواهند رسید. لذا با توجه به قیمت‌های بین‌المللی انرژی از نظر اقتصادی عقل حکم می‌کند به سوی انرژی‌های ارزانتری روی آوریم که انرژی‌های تجدیدپذیر از بهترین و ارزاترین انواع انرژی خواهند بود. مهندس داریوش آرم، رئیس پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو نیز در مورد گسترش بی‌رویه مصرف فرآورده‌های نفتی

ضرورت توسعه انرژی‌های نو در ایران

با توجه به منابع سوخت‌های فسیلی و استفاده گسترده از آن در بخش تولید انرژی کشور، استفاده از انرژی‌های نو در ایران، عموماً در مراحل مطالعاتی و بعضاً کاربردهای محدود منطقه‌ای قرار دارد. با عنایت به زوال‌پذیر بودن این سوخت‌ها در آینده نه چندان دور و تأثیرات مخرب زیست‌محیطی آن، به نظر می‌رسد جایگزینی استفاده از این منابع با منابع تجدیدپذیر، باید با شتاب بیشتری به عمل آید. دکتر احمدی، رئیس مرکز توسعه انرژی‌های نو در سازمان انرژی اتمی، در مورد اثرات مخرب زیست‌محیطی سوخت‌های فسیلی می‌گوید، تأثیر

هزینه‌های متوسط شروع کنیم و با تولید داخلی میزان آن را کاهش دهیم. وی در مورد بحث انرژی‌های نو در برنامه سوم توسعه می‌گوید، در برنامه سوم توجه به انرژی‌های نو خیلی رقیق شده است. بنابراین گسترش استفاده از انرژی‌های نو در ایران مستلزم تخصیص منابع مالی و مهمتر از آن طرح این موضوع در برنامه کلی کشور است.

مهندس آرم نیز در این مورد می‌گوید، در مورد انرژی‌های نو حمایت‌هایی به عمل آمده، اما این حمایت‌ها تاکنون محسوس نبوده است و باید سیاست‌هایی ریشه‌ای در این زمینه داشته باشیم و این یک نیاز اساسی است. دکتر احمدی نیز در مورد بحث انرژی‌های نو در برنامه‌های توسعه می‌گوید، در برنامه پنج ساله سوم، بحث انرژی‌های نو تجدیدپذیر جزو اولویت‌ها بوده است و این موضوع روند پی‌گیری کار را سریعتر می‌کند.

استفاده از انرژی باد در ایران

آنچه که تاکنون در مورد به‌کارگیری انرژی باد در ایران انجام شده است، شامل ظرفیت نصب شده برای تولید برق، استفاده از توربین‌های بادی برای چاه‌های آب و برنامه ساخت یک واحد آزمایشگاهی توربین بادی با ظرفیت ۵ کیلووات است. دکتر احمدی در این مورد می‌گوید، با نصب نیروگاه‌های بادی به ظرفیت یازده مگاوات، برق شهرهای رودبار، منجیل، لوشان و روستاهای رودبار از انرژی باد تأمین می‌شود. در مجموع ۲۷ واحد نیروگاه برق بادی توسط سازمان انرژی اتمی تاکنون نصب شده است که متوسط ظرفیت سالانه ۱۱ مگاوات نصب شده، معادل ۴۰ میلیون کیلووات برق است. به این ترتیب میزان برق تولیدی حاصل از انرژی باد بیشتر از مصرف اهالی منطقه خواهد بود.

وی همچنین گفت، در زمینه تولید انرژی از بباد به رکورد جهانی دست یافته‌ایم، یعنی واحدهای مشابه در آلمان، آمریکا، هلند و دانمارک نتوانسته‌اند از یک واحد ۵۰۰ کیلوواتی بیش از ۱/۶۰ میلیون کیلووات ساعت برق تولید کنند، در حالی که در ایران ما تا ۲/۱ میلیون کیلووات ساعت برق تولید کرده‌ایم که البته این مسئله مربوط به مکان‌یابی خوب برای نصب این نیروگاه‌ها در مناطق باد شده است. وی افزود، تاکنون برق تولیدی از انرژی باد در کشور حدود ۶۶۰۰۰ مگاوات بوده است و ما در این مدت به تکنولوژی ساخت نیروگاه‌های بادی دست

یافته‌ایم. وی در مورد هزینه برق تولیدی با به‌کارگیری انرژی‌های نو در ایران می‌گوید، در این مورد مطابق محاسبات انجام شده با روش ارزش خالص حال (Net Present Value) و با استفاده از ارزش شناور، در نیروگاه بادی به عدد ۹۲ ریال برای هر کیلووات ساعت، در نیروگاه گازی به حدود ۳۰۷ ریال، در نیروگاه بخاری به حدود ۳۲۵ ریال و در نیروگاه سیکل ترکیبی به حدود ۲۳۲ ریال رسیده‌ایم. البته در این محاسبه هزینه‌های اجتماعی منظور نشده است. بنابراین در شرایط مشابه با یک روش سنجشی برآورد اقتصادی انجام شود، می‌بینیم در مقایسه با سایر روشها، هزینه نیروگاه بادی کمتر خواهد بود.

مهندس آرم در مورد تولید برق از انرژی باد می‌گوید، معمولاً برای پایداری شبکه، استفاده از توربین‌های بادی حدود ۱۰ درصد و حداکثر ۲۰ درصد در نظر گرفته می‌شود و عملاً در نیروگاه‌های بزرگ، نیروگاه بادی به صورت ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهندس لاری نیز در مورد کارهای تحقیقی و پژوهشی انجام شده در خصوص انرژی باد در پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست می‌گوید، استفاده از انرژی باد منوط به توجه جدی نسبت به کسب دانش فنی و افزایش دانش در این زمینه است. بدین منظور از سال ۱۳۷۱ در پژوهشگاه نیرو، مرحله اول پروژه انرژی باد با هدف انجام مطالعات و بررسی‌های مختلف و جمع‌آوری اطلاعات لازم، جهت استفاده از انرژی باد به‌ویژه در راستای تولید برق صورت پذیرفت. در اولین گام، اطلاعات مقدماتی برای شناخت عوامل مؤثر در استفاده از انرژی باد جمع‌آوری شد. سپس روشهای استفاده از انرژی باد، مطالعات فنی و زیست‌محیطی، ارزیابی‌های اقلیمی لازم جهت تعیین مکان‌های مناسب نصب نیروگاه‌های بادی صورت پذیرفت. در نهایت، در پایان مرحله اول، ارزیابی‌های فنی و اقتصادی این نیروگاه‌ها انجام شده است. در مرحله دوم، طراحی‌های قسمت‌های مختلف یک توربین بادی و قسمت‌های جانبی آن صورت گرفت که شامل طراحی توربین به صورت مفهومی و تفصیلی، طراحی ژنراتور، طراحی سیستم کنترل و ابزار دقیق، طراحی سیستم انتقال قدرت، طراحی سیستم سازه و طراحی سیستم ذخیره‌سازی بود. که کلیه مطالعات انجام شده در ۱۴ جلد گزارش تنظیم شده‌اند. وی افزود، به‌دنبال انجام این پروژه، ساخت یک واحد آزمایشگاهی با ظرفیت ۵ کیلووات در دستور کار پژوهشگاه قرار گرفت.

این توربین بادی از نوع رو به باد و ۲ پره به همراه یک سیستم مبدل سرعت برای دور مورد نیاز ژنراتور است. برای کنترل سرعت دور پره نیز از یک سیستم ترمز که به صورت گریز از مرکز عمل می‌کند، استفاده شده است. این مجموعه بر روی برجی لوله‌ای به ارتفاع ۱۲ و ۱۸ متر قرار می‌گیرد. این طرح به منظور کسب اطلاعات دقیق از نحوه عملکرد آیرودینامیکی، مکانیکی و الکتریکی مجموعه طراحی شده است و زمینه را برای طراحی دقیق واحدهای بزرگتر فراهم می‌آورد. ساخت این توربین به اتمام رسیده و آماده نصب و ثبت می‌باشد. وی در مورد محاسبه هزینه تولید برق از انرژی‌های نو گفت، باید برای این محاسبات بدانیم چه ظرفیت تولید و چند کیلووات ساعت مدنظر است، به علاوه نرخ تورم و نرخ بهره نیز در این محاسبات سهم دارند. علاوه بر آن، برای نیروگاه بادی، باید دارای انرژی بالقوه بالایی باشد تا بتوان مثلاً از ۵۰۰ کیلووات بیشترین انرژی را گرفت. همچنین در مورد هزینه‌های تولید برق از انرژی باد نمی‌توان صرفاً اعداد و ارقام نیروگاه بادی منجیل را ملاک قرار داد، زیرا این ارقام مربوط به یک مکان است و شاید قابل بسط به جاهای دیگر نباشد. وی افزود، برای محاسبه هزینه‌های تولید اعداد و ارقام فعلی مورد استفاده قرار گرفته و برآورد می‌شود، در حالی که ممکن است این محاسبات برای دو سال آینده کاربردی نداشته باشند، پس محاسبات هزینه باید در زمان ساخت و تولید در نظر گرفته شوند.

توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر

در مورد نحوه توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر دکتر احمدی می‌گوید، دولت برای توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر می‌تواند خرید برق را تضمین کند و حتی برای آن قیمتی تضمینی به هر قیمتی که برای تولیدکننده صرف کند و در آنها انگیزه لازم را ایجاد کند، در نظر بگیرد. وی افزود، در این مورد در سال ۱۳۷۵ قانونی در مجلس شورای اسلامی تصویب و در سال ۷۶ آئین‌نامه‌ای برای آن نوشته شد اما این کار مدتی متوقف ماند. در ابلاغیه‌ای که در نهایت مورد موافقت وزارت نیرو قرار گرفت، خرید برق از منابع تجدیدپذیر ۲ درصد بالاتر از سایر منابع خریداری پیش‌بینی شده و مبنای قیمت نیز بالاتر رفته است. قیمت حداکثر پیک در تابستان در