

## دودکش خورشیدی راهکاری برای کاهش آلودگی هوای تهران

مسعود صادقیان<sup>۱</sup> عبدالله مصطفایی<sup>۲</sup> محمدرضا فرهمند<sup>۱</sup>  
۱- دانشگاه صنعت آب و برق      ۲- پژوهشگاه نیرو  
ایران

واژه‌های کلیدی: دودکش خورشیدی، آلودگی هوا، پدیده وارونگی

### چکیده

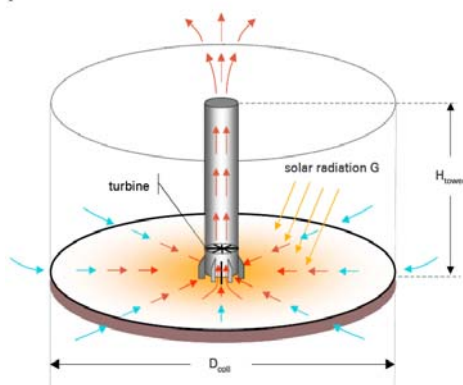
دودکش خورشیدی یک فناوری نسبتاً جدید برای تولید برق می باشد. این فناوری شامل سه بخش است که کلکتور به دلیل تشعشع خورشید باعث گرم شدن سیال شده و بخش دودکش موجب می گردد که سیال گرم شده به سمت بالا حرکت کرده و یک حالت مکش را ایجاد کند و در بخش توربینها نیز برق بدون هیچگونه هزینه عملیاتی تولید می شود. در این مقاله معرفی کاربرد تازه ای از دودکش خورشیدی در کلان شهرها و در واقع شهرها و مناطق پر جمعیتی که از مشکلات آلودگی هوا رنج می برند، انجام گرفته است. در واقع در این مقاله به بررسی عملکرد دودکش خورشیدی در کاهش آلودگی هوا پرداخته شده است، بدین ترتیب که دودکش خورشیدی نه تنها برای تولید برق هیچ نوع الایندگی ندارد بلکه از تولید و انتشار آلاینده های ناشی از سوخت های فسیلی نیروگاه های حرارتی نیز جلوگیری می کند و با توجه به عملکرد دودکش خورشیدی به عنوان یک دستگاه جهت جابجایی هوای کلانشهرها، تاثیر دودکش خورشیدی بر جابجایی هوای تهران و کاهش اثرات پدیده وارونگی هوا مورد بررسی قرار گرفته است.

### مقدمه

امروزه روشهای متعددی برای تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد. از مهم ترین عوامل انتخاب نوع روش تولید، شرایط جغرافیایی و اقلیمی منطقه، عوامل اقتصادی و فنی و مسایل زیست محیطی مربوطه می باشد. با توجه به وضعیت زیست محیطی جهانی و اثرات قابل توجه بخش انرژی بر آن، گرایش عمومی به سمت استفاده از روشهای با کارایی بالاتر و در نتیجه تولید برق با آلودگی کمتر است، این امر بخصوص در کشورهای در حال توسعه نمود بیشتری دارد. در کشورهای دارای منابع سوخت فسیلی هستند، هنوز استفاده از انرژی های فسیلی برای تولید برق در غالب موارد ارزانتر از سایر روشهاست. اما به طور کلی می توان اظهار داشت که کاربرد انرژی های نو و تجدید شونده به جای استفاده از سوختهای فسیلی برای تولید برق، با توجه به مجموعه عوامل اقتصادی و زیست محیطی و جهانی بتدریج رو به گسترش است. استفاده از نیروگاه های برق آبی و بخاری در حال حاضر منجر به ایجاد آلودگی ها و مضرات بسیاری از لحاظ زیست محیطی شده است که عامل اصلی در شتاب گرفتن تصمیمات و تمایلات به سمت استفاده از انرژیهای تجدید پذیر به شمار می رود. دودکش خورشیدی را

## بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

حجم بالا در پایه ی خود می باشد . محل اتصال برج و کلکتور نقطه حساس این طرح می باشد . هوای گرم تر با توجه به اختلاف دانسیته اش با بیرون میل به صعود دارد و به داخل دودکش هدایت می شود و از آن خارج شده و مجدداً هوای ورودی به کلکتور در حال گرم شدن است. انرژی موجود در حرکت سیال در محل اتصال دودکش و کلکتور به انرژی مکانیکی تبدیل شده که توسط توربینهای بادی از آن برق تولید می شود. یک دودکش خورشیدی ساده اگر مشخصات کلکتور و برج آن صحیح و مناسب طراحی شده باشد ، قادر به تولید ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگاوات برق می باشد .



شکل ۱. نمای شماتیک دودکش خورشیدی

پس از انجام پروژه آزمایشی در مانزانارس اسپانیا، دیگر دودکش خورشیدی تنها یک طرح و پیشنهاد نبوده بلکه عملیاتی و اجرایی شده است و امروزه چندین واحد در نقاط مختلف دنیا در حال ساخت می باشد. از جمله آنها می توان به واحد ۲۰۰ مگاواتی کشور استرالیا اشاره نمود که در مراحل پایانی ساخت خود است . دستیابی به دویست مگاوات برق مطمئناً کار ساده ای نیست اما میتوان با استفاده از یک دودکش خورشیدی که تنها احتیاج به سرمایه گذاری اولیه دارد به این مهم دست یافت. دودکشهای خورشیدی این قابلیت را دارند که با توجه به ابعاد مختلف و انجام تغییرات مورد نظر توانهای مختلف و متنوعی را تولید کنند، بدین منظور در جدول ۱ اندازه های مختلف فناوری دودکش خورشیدی برای ظرفیتهای مختلف تولید برق ذکر شده است

نیز می توان در زمره ی این نوع از انرژی ها دسته بندی نمود که در طی بیست ساله گذشته مورد استقبال خاصی قرار گرفته است . ایده دودکش خورشیدی اولین بار توسط پروفیسور اشلاش در سال ۱۹۷۰ مطرح گردید که از اصول ساخت بسیار ساده ای برخوردار می باشد و حتی کشورهای جهان سوم نیز قادر به ساخت و استفاده از آن می باشند . باید توجه داشت که تکنولوژی دودکش خورشیدی در واقع از سه عنصر اصلی تشکیل شده است که اولی جمع کننده هوا و عنصر بعدی برج یا همان دودکش و قسمت آخر نیز توربینهای باد آن است و همه عناصر آن برای قرنها است که بصورت شناخته شده درآمده اند و ترکیب آنها نیز برای تولید برق در سال ۱۹۳۱ توسط گونتر مورد بحث قرار گرفته است [۱]. در سال ۸۴-۱۹۸۳ نیز نتایج آزمایشات و بحثهای نمونه ای از دودکش خورشیدی که در منطقه مانزانارس در کشور اسپانیا ساخته شده بود، ارایه شد. در سال ۱۹۹۰ اشلاش و همکارانش در مورد قابل تعمیم بودن نتایج بدست آمده از این نمونه دودکش بحثی را ارایه کردند [۲]. در سال ۱۹۹۵ اشلاش مجدداً این بحث را مورد بازبینی قرار داد [۳]. در ادامه در سال ۱۹۹۷ کریتر طرحی را برای قرار دادن کیسه های پر از آب در زیر سقف کلکتور ارایه کرد تا از این طریق انرژی حرارتی ذخیره سازی شود [۴]. گانون و همکارانش در سال ۲۰۰۰ یک تجزیه و تحلیل برای سیکل ترمودینامیکی ارایه کردند و بعلاوه در سال ۲۰۰۳ نیز مشخصات توربین را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند [۵]. در همین سال روپریت و همکارانش نتایج حاصل از محاسبات دینامیک سیالاتی و نیز طراحی توربین برای یک توربین خورشیدی ۲۰۰ مگاواتی را منتشر ساختند [۶]. در سال ۲۰۰۳ دوز سانتوز و همکارانش تحلیلهای حرارتی و فنی حاصل از محاسبات حل شده به کمک کامپیوتر را ارایه کردند [۷].

شکل ۱ سه بخش اساسی دودکش خورشیدی شامل سطح شیشه ای کلکتور ، دودکش و توربینهای بادی را نشان می دهد هوا در زیر سطح شیشه ای کلکتور گرم می شود. در مرکز این سطح بزرگ برجی وجود دارد که دارای ورودی هوا با

### بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول ۱- ابعاد مختلف و ظرفیت تولید برق دودکش خورشیدی

۲۰۰	۱۰۰	۳۰	۵	MW	توان تولیدی
۷۰۰۰	۲۳۰۰	۳۰۰۰	۱۲۵۰	M	قطر کلکتور Dcoll
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۷۵۰	۵۵۰	M	ارتفاع دودکش Hc
۱۲۰	۱۱۰	۷۰	۴۵	M	قطر دودکش Dc
۶۸۰	۳۲۰	۹۹	۱۴	GWH/Y	تولید سالانه برق

### اثرات زیست محیطی نیروگاههای حرارتی

اثرات زیست محیطی نیروگاه ها را می توان به دو مرحله ی ساخت و بهره برداری تقسیم بندی نمود. اثرات مرحله ساخت و ساز در مرحله اول با انجام فعالیتهای آماده سازی زمین بروز می کند، از جمله این فعالیتها می توان به پاکسازی محل، گودبرداری، خاکبرداری، زهکشی، لایروبی، نهركشی و غیره اشاره کرد. اثرات جهانی چنین پدیده هایی كاملا آشكار است. آلاینده های خروجی می تواند به عنوان پدید آورنده های باران های اسیدی مورد توجه قرار گیرد. بارانهای اسیدی، تخریب ساختمانها و بناهای تاریخی را تسریع کرده و اکو سیستمهای آبی برخی دریاچه ها را دچار تغییر نموده و به اکوسیستمهای جنگلی لطمات زیادی وارد می سازد. در مرحله ی بهره برداری نیز احتراق سوختهای فسیلی در نیروگاه های حرارتی موجب تولید اکسیدهای ازت، دی اکسید گوگرد و سایر آلاینده ها میشود که سهم بزرگی از

آلودگی ها را بر عهده دارند. نشر آلاینده های گازی از دودکش نیروگاه های حرارتی با سوخت فسیلی، یکی از عوامل مهم انتشار آلودگی در این نیروگاهها است. همانگونه که ذکر شد ترکیبات حاصل از احتراق سوخت های فسیلی عبارتند از: اکسیدهای کربن، خاکستر فرار، ذرات نسوخته یا نیم سوز سوخت، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای ازت و گازهای ناشی از سوخت ناقص مثل هیدروکربورها، که تمام این ترکیبات، سمی، خطرناک و گاه سرطانزا هستند.

میزان سوخت مصرفی وزارت نیرو برای نیروگاه های موجود در تهران در سال ۱۳۸۷ به تفکیک نوع سوخت برابر با ۶۳۹.۳ میلیون لیتر گازوئیل، ۶۳۷.۳ میلیون لیتر نفت کوره و ۵۴۳۱.۱ میلیون متر مکعب گاز طبیعی بوده است. در طی سال ۱۳۸۷ میزان انتشار گازهای آلاینده ناشی از مصرف انواع سوخت در بخش نیروگاهی برای شهر تهران در جدول ۲ آورده شده است. [۸]

جدول ۲ - میزان انتشار گازهای آلاینده ناشی از مصرف انواع سوخت در بخش نیروگاهی تهران (تن)

SO2	CO2	CO	Nox	
۱۵۲.۰۷	۱۸۴۵۲۳۶۸	۳۲۳.۰۱	۱۰۷۸۲.۷	گازوئیل
۱۵۲.۲۹	۲۴۸۵۲۰۴۸	۴۳۱۸.۱۷	۶۷۸۷.۹	نفت کوره
-	۱۲۱۴۶۷۰.۹	۱۴۰۱۹.۶	۵۰۶۱۵.۶	گاز طبیعی

نیروگاه های بخار بیشترین سهم را در انتشار آلاینده ها دارند. هزینه های اجتماعی ناشی از این آلاینده ها از دیگر مواردی است که بایستی در نظر گرفت. هزینه اجتماعی هزینه

در میان منابع و صنایع مختلف، نیروگاه ها در کنار بخش حمل و نقل، بیشترین سهم را در آلوده کردن محیط زندگی انسان دارند. در مقایسه آمار سال های مختلف می توان گفت که

## بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

جدول ۴- میزان هزینه اجتماعی ناشی از انتشار آلاینده های بخش نیروگاهی در تهران به تفکیک سوخت (میلیون ریال)

CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	نوع آلاینده
			نوع سوخت
۴۸۴.۵۱۵	۲۲۲۰.۲۲۲	۵۱۷۵۶.۹۶	گازوئیل
۶۴۷۷.۲۵۵	۲۲۲۳.۴۳۴	۳۲۵۸۱.۹۲	نفت کوره
۲۱۰۲۹.۴	-	۲۴۲۹۵۴.۸۸	گاز طبیعی

## پدیده وارونگی

وارونگی هوا حالت غیر عادی در جو می باشد که در آن میزان افت دما منفی است یعنی دما به ازای افزایش ارتفاع از سطح زمین به جای کاهش افزایش می یابد. (شکل ۲) شرایط جوی مختلفی منجر به حالت وارونگی می شود. در این حالت لایه ای از هوای گرم، هوای سردتر از خود را می پوشاند و چون هوای سرد سنگین تر است و نمی تواند صعود کند هر گونه آلودگی که در زیر وارونگونی تخلیه شود محبوس می ماند و پخش و پراکنده نخواهد شد. وارونگی دما ممکن است در هر ارتفاعی از سطح زمین روی دهد.

وارونگی در نزدیکی سطح زمین اهمیت بسزایی دارد زیرا که دود و دوده منتشره از دودکش های خانگی و آلاینده های خروجی از آگزوز خودروها را محبوس می کند و اگر در ارتفاع بین ۱۵۰ تا ۹۰۰ متری سطح زمین رخ دهد می تواند مواد تخلیه شده از تمام دودکش ها بجز دودکش های بسیار بلند نیروگاه های خیلی بزرگ را محبوس کند. وارونگی معمولا در دره ها یا مناطق گود و محصور در میان ارتفاعات که در آن ها زمین به هنگام شب بر اثر تاباندن گرمای خود سرد می شود و در نتیجه هوای مجاور آن نیز سرد می شود و هوای سرد به نواحی پست تر حرکت می کند روی می دهد و این وارونگی را ناشی از جریان باد فرو می دانند. در شرایط اضطراری ممکن است لازم باشد که فرایندهای صنعتی و تمام منابعی را که آلودگی ایجاد می کنند تا زمانی که واژگونی از بین نرفته است متوقف و تعطیل گردد.

ایست که اثرات تخریب کننده یا سوئی یک آلاینده یا فعالیت بر محصولات کشاورزی، اکوسیستم ها، مواد و سلامت انسان را بر آورد می کند و اغلب هزینه ای است که در قیمت تمام شده در نظر گرفته نمی شود. در تعریف دیگر به مجموع پولی که بتواند صدمات ناشی از انتشار مواد آلاینده و گازهای گلخانه ای را جبران نماید، هزینه تخریب یا هزینه اجتماعی می گویند. با محاسبه میزان انتشار آلاینده های ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و داشتن ضریب هزینه اجتماعی (جدول ۳) می توان هزینه اجتماعی ایجاد شده به ازای هر گرم از آلاینده را از طریق مدل ریاضی زیر محاسبه نمود:

$$D = E * k$$

که در آن

$D$  = میزان هزینه اجتماعی [ریال]

$E$  = میزان انتشار آلاینده [گرم]

$k$  = ضریب هزینه اجتماعی [ریال بر گرم]

جدول ۳- ضریب هزینه اجتماعی ناشی از آلاینده ها

ریال بر گرم	نوع آلاینده
۱.۵	CO
۱۴.۶	SO <sub>2</sub>
۴.۸	NO <sub>x</sub>

در این مقاله میزان هزینه های اجتماعی مربوط به آلاینده های CO، SO<sub>2</sub>، NO<sub>x</sub> که بر اساس ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۷ در تهران انتشار یافته اند محاسبه شده است و مقادیر آن در جدول ۴ آورده شده است.

همچنین براساس مطالعه دیگری هزینه اجتماعی مستقیم و غیر مستقیم NO<sub>x</sub>، SO<sub>2</sub>، CO<sub>2</sub> به ازای هر کیلو وات ساعت برق تولیدی در نیروگاه های بخاری کشور حدود ۷۲۰ تا ۱۳۶۰ ریال، نیروگاه گازی ۷۴۰ تا ۱۳۸۰ ریال و نیروگاه های سیکل ترکیبی ۵۹۰ تا ۱۲۳۰ ریال برآورد شده است. [۹]

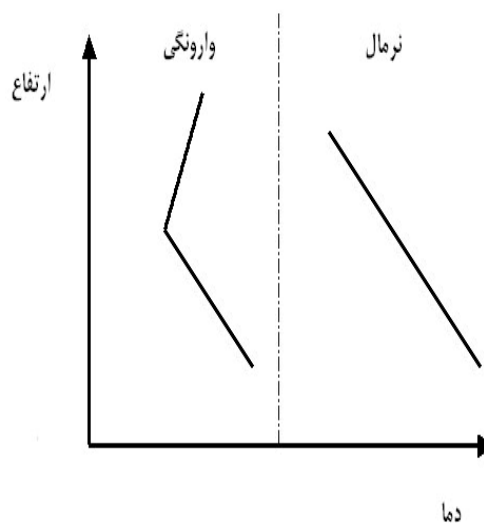
نیروگاه های سیکل ترکیبی ۵۹۰ تا ۱۲۳۰ ریال برآورد شده است. [۹]

## بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

حالت بیشتر در پاییز و زمستان روی می‌دهد. طبق آماری که در طول ۵ سال از ایستگاه مهرآباد گرفته شده است، بیشترین میزان ارتفاع وارونگی دما در فصل پاییز ۴۱۹ متر، در فصل زمستان ۴۰۴ متر، در بهار ۳۵۴ متر و در تابستان ۳۸۴ متر بوده است.

روش کار دودکش بر اساس جابجایی هوایی است که به دلیل اختلاف دما و بالطبع اختلاف چگالی انجام می‌پذیرد. ما یک دودکش مرتفعی در فضایی هموار بنا نموده ایم، دودکشی که ارتفاع آن چیزی نزدیک به هزار متر برای یک واحد ۲۰۰ مگاواتی است. سطح مقطع دایروی این دودکش به قطر تقریبی ۱۲۰ متر است. کلکتوری که برای این واحد در نظر گرفته میشود، حدود ۷ کیلومتر قطر دارد [۱۰] بدین ترتیب مساحت ناحیه پوشیده شده زیر کلکتور برابر ۳۸.۴۶ km<sup>2</sup> می‌باشد و میتوان سقف کلکتور را در ارتفاع ۲ متری بنا نمود که مقدار ۷۶۹۳۰۰۰ m<sup>3</sup> حجم هوای زیر کلکتور است.

اما از این مقدار هوای موجود زیر سطح کلکتور میزان دبی هوای عبوری از مقطع برج را می‌توان محاسبه کرد. مساحت مقطع دایروی برج دودکش خورشیدی یک واحد ۲۰۰ مگاواتی چیزی نزدیک به ۱۱۳۰۴ متر مربع می‌باشد و سرعت جریان هوا در مقطع ورودی به برج چیزی نزدیک به ۱۵ متر بر ثانیه است. بنابراین دودکش ما هوایی را با میزان دبی تقریبی ۱۷۰۰۰۰ m<sup>3</sup>/sec تا ارتفاع هزار متری جابجا می‌نماید. کل مساحت استان تهران بیش از ۷۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد و چنانچه حجم هوای کل تهران را به صورت مکعبی در نظر بگیریم، می‌توان میزان ارتفاع هوای جابجا شده در سطح تهران را از تقسیم دبی هوای جابجا شده در دودکش به مساحت کل تهران محاسبه نمود. در جدول ۵ نتایج حاصله برای دودکش‌های با توان تولیدی مختلف را ملاحظه می‌کنید. هزینه‌های واحد سرمایه‌گذاری نیز در جدول آورده شده است. دودکش خورشیدی هزینه‌ای غیر از مخارج ساخت و احداث ندارد، یعنی مخارجی همچون تامین سوخت، هزینه‌های تعمیرات و نگه‌داری و... وجود ندارد و



شکل ۲- نمودار تغییرات دما با افزایش ارتفاع

### استفاده از دودکش خورشیدی بمنظور کاهش آلودگی

#### هوا

بدون شک امروزه تولید برق یکی از نیازهای اساسی بشر است و نمی‌توان نیروگاه‌های کشور را فقط به دلیل آنکه اثرات سوء زیست محیطی دارند تعطیل نمود. اما همت اساسی بر کاهش آلودگی‌ها و یا حتی رفع اثراتی است که پس از تولید بر جای می‌گذارند. دودکش خورشیدی را نیز می‌توان به عنوان یکی از این راه‌ها به حساب آورد چرا که با دودکش خورشیدی نه تنها از آلودگی نیروگاه‌های حرارتی برای تولید برق جلوگیری کرده ایم و برق تولیدی از خود دودکش خورشیدی را مورد استفاده قرار می‌دهیم، مانع از بروز پدیده وارونگی نیز می‌شویم. در دودکش خورشیدی ما هیچ‌گونه سوختی را مصرف نمی‌کنیم که بخواهد ایجاد دود و آلودگی کند. در واقع از انرژی طبیعی و بدون هیچ‌گونه هزینه‌ای که خداوند متعال در اختیار بشر قرار داده است استفاده می‌شود. همانطور که گفته شد در مواقعی که پدیده وارونگی رخ می‌دهد راه حل‌چندانی جز تعطیلی برخی منابع تولیدکننده آلودگی نداریم و مهم‌ترین و در واقع بیشترین تولیدکننده آلودگی، نیروگاه‌ها هستند. تهران بیش از دو سوم روزهای سال با پدیده وارونگی جوی مواجه است و این

<sup>۱</sup> Q=V.A=15[m/s]\*11304[m<sup>2</sup>]=169560 m<sup>3</sup>/Sec

### بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

گردش در می‌ورد و باعث جایگزینی هوایی تازه به جای هوای کثیف و آلوده می‌شود.

#### بحث اقتصادی

جدول ۶ این حقیقت را نشان می‌دهد که راندمان دودکشهای خورشیدی یا مقدار انرژی تولیدی بر سطح کلکتور، با افزایش اندازه بیشتر می‌شوند و هزینه های سرمایه گذاری به جهت دلایل فیزیکی افت می‌کنند. بنابراین مقرون به صرفه است که واحدهای بزرگتری بسازیم. [۱۰]

این در حالی است که مقادیر ذکر شده در جدول ۴ تنها هزینه های اجتماعی ناشی از انتشار آلاینده های نیروگاه های تهران می باشد که اگر دیگر مخارج نیروگاه های بخاری نیز محاسبه گردد، به ارزش واقعی دودکش خورشیدی پی برده می شود. اگر این طرح نه حتی در داخل و مرکز شهر، که در اطراف و حومه مراکز صنعتی و پر جمعیت احداث شود می تواند از بروز هرگونه آلودگی و اتفاقات ناخوشایند زیست محیطی جلوگیری کند. یک موتوری که بدون هیچگونه مصرف انرژی، هوای موجود را در یک سیکل طبیعی به

جدول ۵. تاثیر دودکش خورشیدی با توان های مختلف بر جابجایی هوای تهران

توان تولیدی	MW	۳۰	۱۰۰	۲۰۰
سرعت هوای عبوری در برج	m/sec	۱۵	۱۵	۱۵
دبی هوای جابجا شده در برج	m <sup>3</sup> /sec	۵۸۰۰۰	۱۴۳۰۰۰	۱۷۰۰۰۰
ارتفاع هوای جابجا شده در تهران	m/day	۷	۱۸	۲۱
هزینه های واحد سرمایه گذاری	\$/kW	۵۶۰۰	۴۲۰۰	۲۸۰۰

جدول ۶. تاثیر دودکش خورشیدی با توان های مختلف بر جابجایی هوای تهران

توان تولیدی	مگاوات	۲۰۰	۱۰۰	۳۰	۵
هزینه برج	میلیون یورو	۱۷۰	۱۵۶	۴۹	۱۹
هزینه کلکتور	میلیون یورو	۲۶۱	۱۰۷	۴۸	۱۰
هزینه توربین	میلیون یورو	۱۳۳	۷۵	۳۲	۸
هزینه مهندسی و راه اندازی	میلیون یورو	۴۲	۴۰	۱۶	۵
مجموع هزینه ها	میلیون یورو	۶۰۶	۳۷۸	۱۴۵	۴۲
سرمایه گذاری سالانه	میلیون یورو	۴۳.۷	۲۷.۱	۱۰.۲	۲.۷
هزینه های عملیاتی و نگهداری سالانه	میلیون یورو	۲.۸	۱.۷	۰.۶	۰.۲
هزینه تولید برق	یورو بر کیلو وات ساعت	۰.۰۷	۰.۰۹	۰.۱۱	۰.۲۱

## بیست و پنجمین کنفرانس بین‌المللی برق

## نتیجه‌گیری

اتفاقات را با انجام همزمان تولید برق و کاهش آلودگی و جابجایی هوا، برطرف نماید و همانگونه که اشاره شد و در جدول ۷ آمده است، دودکش خورشیدی را میتوان در ابعاد و اندازه‌های مختلف مورد استفاده قرار داد اما هر چقدر میزان توان تولیدی در نظر گرفته شده برای دودکش خورشیدی بیشتر باشد، یعنی دودکش در ابعاد بزرگتری طراحی گردد، از لحاظ اقتصادی و مهندسی مقرون به صرفه تر می باشد و با توجه به قابلیت ایجاد جابجایی هوا ضرورت ساخت دودکش خورشیدی برای شهر تهران کاملاً احساس می شود.

در این مقاله به بیان مختصری از شرایط محیطی و آب و هوایی و همچنین قابلیت دودکش خورشیدی در برطرف نمودن بسیاری از معضلات و مشکلات زیست محیطی و اثرات سوء اقتصادی و اجتماعی آن اشاره شد. شاید دلیل آنکه از آلاینده‌گی و اثرات سوء زیست محیطی نیروگاه‌های بخاری چشم پوشی می شود، نیاز به برق تولیدی آنها باشد. بدین ترتیب استفاده از دودکش خورشیدی می تواند به راحتی قسمت عمده ای از مشکلات و معضلات ناشی از این

جدول ۷. مقادیر مختلف توان های دودکش خورشیدی

۳۰	۱۰۰	۲۰۰	MW	توان
۹۹	۳۲۰	۶۸۰	GWH/Y	تولید
۰.۱۱	۰.۰۹	۰.۰۷	€/KWH	هزینه تولید برق
۷	۱۸	۲۱	m/day	ارتفاع هوای جابجا شده در تهران
۲۱	۲۰	۸	Year	بازگشت سرمایه

design of a solar updraft power plant). Proceedings of the International Symposium uber Anwendungen der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen, June 10-12, Bauhaus-University Weimar, Germany (2003).

7-Dos santos Bernards M.A., Vob A., Weinrebe G.. "Thermal and technical analysis of solar chimney" Solar Energy, 75, 511-524 (2003).

۸- ترازنامه انرژی کشور ۱۳۸۷

۹- ترازنامه انرژی کشور ۱۳۸۷

10- "Schlaich, J." The Solar Chimney, Electricity From The Sun". Edition Axel Menges, Stuttgart, Germany. (1995)

11- Design of Commercial Solar Updraft Tower systems Utilization of Solar Induced Convective flows for Power Generation." Schlaich, J., Bergerman, R., Schiel, W., Weinrebe, G.

## مراجع

- 1-Günther, Hanns. In hundert Jahren - Die künftige Energieversorgung der Welt. Stuttgart: Kosmos, Gesellschaft der Naturfreunde (1931).
- 2-Schlaich, J., Schiel, W., Friedrich, K., Schwarz, G., Wehowsky, P., Meinecke, W., and Kiera, M.. "Abschlubericht Aufwindkraftwerk, Übertragbarkeit der Ergebnisse von Manzanares auf grobere anlagen." BMFT Forderkennzeichen 0324249D, Stuttgart. (1990)
- 3-Schlaich, J. "The Solar Chimney, Electricity From The Sun". Edition Axel Menges, Stuttgart, Germany (1995).
- 4-Kreetz, H. "Theoretische Untersuchungen und Auslegung eines temporären wasserspeichers für das Aufwindkraftwerk". diploma thesis, Technical University Berlin, Berlin (1997).
- 5-Gannon, A., J., Backstrom, T.W.v.. "Solar Chimney Cycle Analysis with System Loss and Solar Collector Performance". Journal of Solar Energy engineering 122(3), 133-137 (2000).
- 6-Ruprecht, A. et al. "Stromung Technische Gestaltung eines Aufwindkraftwerkes (fluid dynamic