

امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در تهران براساس تحلیل اطلاعات اقلیمی

تاریخ دریافت: ۱۳/۱۲/۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۰۲/۰۳/۱۴۰۰

کد مقاله: ۷۷۶۸۱

شکوه سادات اسدالهی^{۱*}، ژاله صابر نژاد^۲

چکیده

هدف این مقاله، امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در شهر تهران است. در حال حاضر با توجه به شناخت شیوه‌های طراحی و قابلیت بررسی آن‌ها به صورت بومی، وجود دانش و فن‌آوری تولید بومی فتوولتائیک‌ها در ایران طراحی و ساخت ساختمان‌هایی با این فن‌آوری در ایران دور از دسترس نیست. در این پژوهش اطلاعات اقلیمی سایت مورد نظر در موقعیت ایستگاه سینوپتیک امام خمینی تهران و شهر سالت‌لیک سیتی با یکدیگر مقایسه شد و بعد از اثبات شرایط اقلیمی مشابه دو منطقه به بررسی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در سالت‌لیک سیتی پرداخته شد و بنابراین راهکارهایی برای استفاده از انرژی‌های نو در تهران ارائه شد. در این پژوهش به شیوه تطبیقی اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی فرودگاهی امام خمینی در مقایسه با اطلاعات اقلیمی شهر سالت‌لیک سیتی قرار گرفت. استخراج اطلاعات از سازمان هواشناسی بوده و در تدوین مطالب از مقالات معتبر داخلی و خارجی استفاده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: انرژی‌های نو، ایستگاه سینوپتیک امام خمینی، سالت‌لیک سیتی، فتوولتائیک یکپارچه، اطلاعات اقلیمی تهران.

۱- دانشجوی دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب (نویسنده مسئول) asadollahi.shokouh@yahoo.com

۲- استادیار معماری و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

۱- مقدمه

محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از سوزاندن آنها باعث گسترش مباحث مربوط به محیط زیست و انرژی شده است. از اوایل دهه ۱۹۷۰ میلادی، بحران انرژی و تخریب لایه ازن و گرم شدن کره زمین موجبات اعمال قوانین برای کنترل مصرف انرژی را فراهم آورد. از آن زمان مبحث توسعه و طراحی پایدار به عنوان یکی از مباحث مهم در طراحی معماری مطرح شد. به عبارت دیگر بنا باید به گونه‌ای طراحی شود که نیاز گرمایش، سرمایش و به طور کلی نیاز انرژی ساختمان برای تامین شرایط آسایش کاهش یابد که این مهم با راهکارهایی نظیر جهت‌گیری مناسب ساختمان نسبت به عوامل اقلیمی (تابش، باد و ...) و استفاده از مصالح مناسب دست یافتنی است. از سوی دیگر بنا باید به گونه‌ای طراحی شود که از انرژی‌های پاک موجود نظیر انرژی تابشی خورشید بیشترین استفاده را ببرد که این مهم با استفاده از گردآورنده‌ها و سلول‌های خورشیدی امکان‌پذیر می‌شود (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۸).

جدول ۱- تاریخچه انرژی‌های تجدیدپذیر و متناوب. ماخذ: نگارندگان

سال میلادی	اقدامات انجام شده
۱۸۳۰	کشف ترکیبات فتوولتائیک، توسعه سلول‌های خورشیدی
۱۸۳۹	اختراع نخستین پیل سوختی توسط «ویلیام رابرت گروو»
۱۸۸۰	تولید برق توسط آب در ایالات متحده، کشف انرژی خورشیدی در اروپا
۱۹۴۷	اولین پروژه راکتور هسته‌ای با هدف تولید انرژی در «Brookhaven» نیویورک آغاز شد.
۱۹۷۰	سازمان حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (US Environmental Protection Agency) تاسیس شد. آسیب جدی به منابع طبیعی در نتیجه‌ی استفاده از انرژی فسیلی یکی از اولین چالش‌های رو در روی آژانس بود.
۱۹۷۶	کنگره ایالات متحده، کمیته‌ای را برای بررسی پتانسیل توسعه‌ی وسایل نقلیه الکتریکی، با هدف کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی تصویب کرد.

۱-۱- روش تحقیق

در این پژوهش به شیوه تطبیقی اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی فرودگاهی امام خمینی در مقایسه با اطلاعات اقلیمی شهر سالت‌لیک سیتی قرار گرفت. استخراج اطلاعات از سازمان هواشناسی و نرم‌افزار Meteororm بوده و در تدوین مطالب از مقالات معتبر داخلی و خارجی استفاده شده است.

۲- امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در شهر تهران

امروزه ساختمان‌ها نیز بخشی از محیط زیست را تشکیل می‌دهند و بخش اعظمی از آلودگی‌های زیست‌محیطی را ایجاد می‌کنند. معماری پایدار یکی از ایده‌های برنامه‌ریزی و طراحی برای ساخت ساختمان‌هایی است که کمترین تأثیر منفی را بر محیط زیست داشته باشند.

جدول ۲: پایداری در معماری، ماخذ: (زندیه و همکاران، ۱۳۸۹: ۲)

ارکان اصلی پایداری	ارتقای کیفی زندگی و سلامت انسان‌ها (نسل حاضر و نسل‌های آینده) تأمین نیازهای روزمره‌ی انسان حفظ سیستم‌های اکولوژیکی و منابع انرژی
هدف از طراحی پایدار	به واسطه بهره‌وری صحیح از انرژی و منابع طبیعی تأثیر سوء ساختمان بر محیط زیست کاهش یابد.
اصول یک ساختمان پایدار	حفظ انرژی، هماهنگی با اقلیم، کاهش استفاده از منابع تجدیدناپذیر، برآوردن نیازهای ساکنان، هماهنگی با سایت، کل‌گرایی

۱-۲- تحلیل اقلیمی شهر تهران

دامنه‌ها و کوهپایه‌های ارتفاعات شمالی، غربی و جنوبی که به داخل فلات ختم می‌شوند و کوه‌های منفرد مرکزی و ارتفاعات نامنظم شرقی فلات که حوزه‌های مستقل یا نیمه مستقلی به وجود آورده‌اند به دلیل ارتفاعشان نسبت به چاله‌های مرکزی یا محلی از رطوبت بادهای مرطوبی که از فراز آن‌ها می‌گذرد تا حدودی استفاده می‌کنند و نسبت به چاله‌های اصلی، اقلیم نسبتاً معتدل به وجود می‌آورند البته هرچه از غرب به شرق نزدیک شویم اثر بادهای مرطوب کاهش و خشکی هوا افزایش می‌یابد. شهرهای تهران، مشهد، اصفهان و شیراز از جمله مناطق نیمه‌بیابانی محسوب می‌شوند (کسمایی مرتضی، ۱۳۸۲، ص ۸۲). استان تهران در جنوب رشته‌کوه‌های البرز که در شمال ایران از آذربایجان تا خراسان با جهت غربی - شرقی کشیده شده، قرار دارد. وجود

رودخانه‌هایی دایمی مانند رودخانه کرج، رودخانه جاجرود، رود لار، حبله رود، رود شور یا ابهر رود و طالقان رود موجب شده تا استان تهران از لحاظ منابع آب کمبودی نداشته باشد. بیشترین رودخانه‌های استان از کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد. (منبع: پورتال سازمان هواشناسی کشور). هوای تهران در مناطق کوهستانی دارای آب و هوای معتدل و در دشت، نیمه بیابانی است. تهران در مرز شرایط جوی بری و اقیانوسی قرار گرفته و تمایل آن به موقعیت بری بیشتر از وضعیت اقیانوسی است.

جدول ۳- تحلیل اقلیمی تهران. ماخذ: پورتال سازمان هواشناسی کشور

رشته‌کوه‌ها	دیواره شمالی	ارتفاعات محدودی از این دیواره در استان تهران و بقیه آن در استان مازندران قرار دارد.
	دیواره میانی	این دیواره عظیم کوهستانی به صورت کوه‌های (کندوان) و پس از آن کوه‌های (طالقان) در شمال غربی استان، تا محل اتصال رود (الموت) به (طالقان رود)، ادامه می‌یابد. در شمال شرقی نیز این دیواره با نام رشته ارتفاعات فیروزه‌کوه و سوادکوه تا دره رود فیروزه‌کوه (شعبه اصلی حبله‌رود) که از جنوب دامنه شرقی آن می‌گذرد، امتداد می‌یابد. در شرق دره فیروزه‌کوه که پس از دریافت شعباتی حبله‌رود نامیده می‌شود، ارتفاعات (شهمیرزاد) شروع می‌شود.
	دیواره جنوبی	سومین بخش از ارتفاعات کوه‌های لواسانات دنباله این کوه‌ها در شرق جاده آب علی به نام قره‌داغ و دماوند تا دره حبله‌رود امتداد یافته‌اند. کوه‌های شمیرانات بین سرچشمه‌های جاجرود و کرج قرار دارند.
آب و هوا	کویر یا دشت کویر	مناطق خشک مانند دشت قزوین، کویر قم و مناطق خشک استان سمنان که مجاور استان تهران قرار دارند، از عوامل منفی تاثیرگذار بر هوای استان تهران هستند و موجب گرما و خشکی هوا، همراه با گرد و غبار می‌شوند.
	رشته‌کوه‌های البرز	این رشته‌کوه‌ها موجب تعدیل آب و هوا می‌شود.
	بادهای مرطوب و باران‌زای غربی	این بادها نقش موثری در تعدیل گرمای سوزان بخش کویر دارند، ولی تاثیر آن را خنثی نمی‌کنند.
بخش‌بندی اقلیمی	اقلیم ارتفاعات شمالی	بر دامنه جنوبی، بلندی‌های البرز مرکزی در ارتفاع بالای ۳۰۰۰ متر قرار گرفته و آب و هوایی مرطوب و نیمه مرطوب و سردسیر با زمستان‌های بسیار سرد و طولانی دارد. بارزترین نقاط این اقلیم، دماوند و توچال است.
	اقلیم کوهپایه	این اقلیم در ارتفاع دو تا هزار متری از سطح دریا قرار گرفته و دارای آب و هوایی نیمه مرطوب و سردسیر و زمستان‌هایی به نسبت طولانی است. ابعالی، فیروزه‌کوه، دماوند، گلندوک، سد امیرکبیر و دره طالقان در این اقلیم قرار دارند.
	اقلیم نیمه خشک و خشک	با زمستان‌های کوتاه و تابستان‌های گرم، در ارتفاعات کمتر از ۱۰۰۰ متر واقع شده است. هر چه ارتفاع کاهش می‌یابد، خشکی محیط بیشتر می‌شود. ورامین، شهریار و جنوب شهرستان کرج در این اقلیم قرار گرفته‌اند.

۲-۲- تحلیل موقعیت ایستگاه سینوپتیک امام خمینی تهران

جدول ۴- مشخصات ایستگاه سینوپتیک امام خمینی، ماخذ: <http://www.tehranmet.ir>

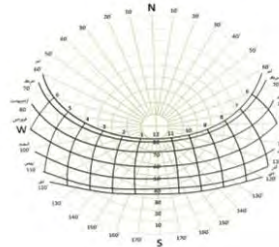
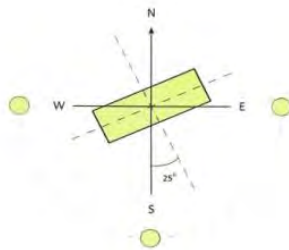
ایستگاه	محل استقرار	نوع ایستگاه	سال تاسیس	ارتفاع از سطح دریا	طول و عرض جغرافیایی	جدول مورد استفاده در ایستگاه
فرودگاه امام خمینی	ری	فرودگاهی	۲۰۰۲	۹۹۰٫۲	طول جغرافیایی: N۵۱٫۱۰ عرض جغرافیایی: E۳۵٫۲۵	نقطه شبنم، فشار بخار اشباع
						رطوبت
						فشار
						QFE , QFF, QNH, 850 HPA

۲-۳- ویژگی‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک امام خمینی

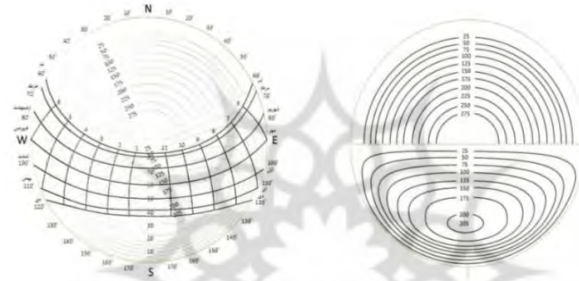
در مقیاس کلی، منطقه محدوده ایستگاه امام همانند سایر بخش‌های استان تهران در فصول سرد سال متاثر از سیستم‌های شمالی و شمال‌غربی و غربی بویژه جنوب‌غربی بوده و ریزش‌های جوی آن از ماه‌های آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه دارد (سایت اداره کل هواشناسی استان تهران).

جدول ۵- زاویه جهت تابش طلوع و غروب خورشید ماخذ: (معماری و انرژی، ۱۳۹۸، ۹۰-۹۳)

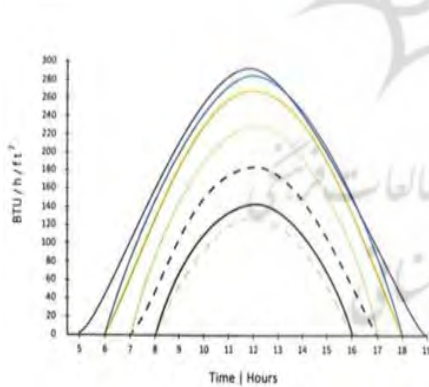
عرض جغرافیایی ۳۵ درجه	انقلاب تابستانی اول تیرماه	اول اردیبهشت و اول شهریور	اول فروردین_اول مهر	اول آبان و اول اسفند	انقلاب زمستانی اول دی ماه
طلوع خورشید	۶۰°	۸۰°	۹۰°	۱۰۸°	۱۲۰°
غروب خورشید	۲۹۰°	۲۸۰°	۲۷۰°	۲۵۲°	۲۴۰°



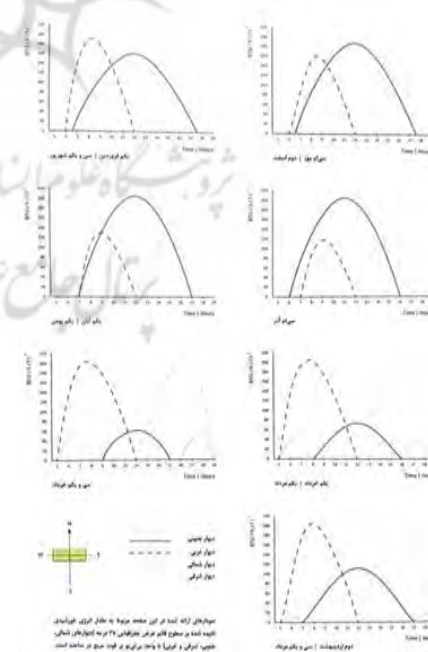
شکل ۱- موقعیت مناسب ساختمان جهت بهره‌گیری از نور خورشید ۲۵ درجه جنوب شرقی. ماخذ: (معماری و انرژی، ۱۳۹۸، ۹۰-۹۳)



شکل ۲: نمودار نقاله ی خورشیدی ویکتور اولگی، انرژی تابیده بر سطوح افقی و عمودی در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه. ماخذ: (معماری و انرژی، ۱۳۹۸، ۹۰-۹۳)



شکل ۴: مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده بر سطوح افقی، ماخذ: (معماری و انرژی، ۱۳۹۸، ۹۰-۹۳)



شکل ۳: مقدار انرژی خورشیدی تابیده شده بر سطوح قائم در عرض جغرافیایی ۳۵°. ماخذ: (معماری و انرژی، ۱۳۹۸، ۹۰-۹۳)

جدول ۶: اطلاعات اقلیمی مربوط به شهر تهران در سال ۲۰۱۰ - ۱۹۹۱: نرم افزار Meteornorm

Month	Gh	Gh _h	G _h	L _g	L _d	N	T _a	T _d
January	118	177	43	12567	5618	3	6.5	4.6
February	155	179	62	16399	8139	2	7.6	5.5
March	203	189	89	21637	11652	2	10.9	7.7
April	243	186	116	26219	14974	2	14.5	11.1
May	278	200	127	30291	17297	1	19.7	15.5
June	297	225	130	32692	18535	1	24.4	18.9
July	277	196	132	30808	18529	1	26.5	21.3
August	264	205	117	29306	17256	1	27.0	22.1
September	228	228	86	25436	12346	2	23.7	20.2
October	160	153	74	17655	10018	3	19.1	16.4
November	134	186	48	14545	6645	2	13.5	10.9
December	110	172	35	11786	5200	2	8.7	6.8
Year	206	192	89	22452	12104	2	16.9	13.4

Month	RH	p	DD	FF
January	87	1013	284	0.9
February	85	1013	281	1.2
March	80	1013	278	1.6
April	80	1013	277	1.6
May	77	1013	273	1.5
June	72	1013	256	1.4
July	73	1013	206	1.3
August	75	1013	192	1.2
September	81	1013	246	1.2
October	84	1013	279	0.9
November	84	1013	286	0.9
December	88	1013	284	1.0
Year	81	1013	263	1.2

Gh: Mean irradiance of global radiation horizontal
 Gh_h: Irradiance of beam
 G_h: Mean irradiance of diffuse radiation horizontal
 N: Cloud cover fraction
 L_g: Global luminance
 L_d: Diffuse luminance
 T_a: Air temperature
 RH: Relative humidity
 T_d: Dewpoint temperature
 DD: Wind direction
 FF: Wind speed
 p: Air pressure

جدول ۷: نتایج بررسی پارامترهای اقلیمی فصول مختلف شهر تهران (ایستگاه سینوپتیک فرودگاهی امام خمینی) در سال‌های ۲۰۱۰ - ۱۹۹۱: ناگردگان

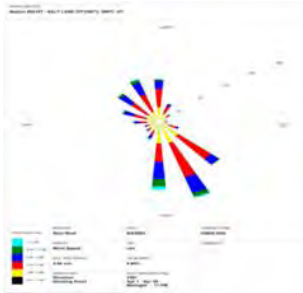
پارامترهای اقلیمی	تابستان	زمستان	پائیز	بهار	میانگین
باد	سرعت باد حداکثر ۱,۳ m/s و جهت غالب ۲۴۶ درجه در جهت غرب-جنوب غرب	سرعت باد حداکثر ۱,۶ m/s و جهت باد غالب ۲۸۴ درجه در جهت غرب-شمال غرب	سرعت باد حداکثر ۱ m/s و جهت باد غالب ۲۸۶ درجه در جهت غرب-شمال غرب	سرعت باد حداکثر ۱,۶ m/s و جهت باد غالب ۲۷۷ درجه در جهت غرب	سرعت باد حداکثر ۱,۲ m/s و جهت باد غالب ۲۶۳ درجه در جهت غرب
باران	میزان روزهای بارانی ۲۵ تا ۵۰ روز به افزایش میزان بارش ۴۰، ۴۳ و ۴۰ mm	میزان روزهای بارانی ۶۸ روز- رو به افزایش میزان بارش ۴۰، ۴۳ و ۴۰ mm	میزان روزهای بارانی ۵۷، ۷۰ و سپس ۵۵ روز میزان بارش ۷۲، ۷۶ و ۴۹ mm	میزان روزهای بارانی ۴۷ تا ۲۵ روز رو به کاهش میزان بارش ۳۶، ۱۲ و ۲۰ mm	میزان روزهای بارانی حداقل ۲۵ روز و حداکثر ۷۰ روز، میزان بارش حداقل در اردیبهشت با ۱۲ mm و حداکثر در آبان ۷۶ mm
رطوبت	حداکثر ۸۱٪ در شهریور ماه	حداکثر ۸۷٪ در دی ماه	حداکثر ۸۸٪ در آذرماه	حداکثر ۸۰٪ در فروردین ماه	میانگین بارش ۸۱٪
تابش	حداکثر ۲۷۷ w/m ² در تیر ماه	حداکثر ۲۰۳ w/m ² در اسفند ماه	حداکثر ۱۶۰ w/m ² در مهر ماه	حداکثر ۲۹۷ w/m ² در خرداد ماه	میانگین تابش ۲۰۶ w/m ²
دما	دمای هوا ۲۶,۵ تا ۲۳,۷ درجه سانتیگراد	دمای هوا ۱۰,۹ تا ۶,۵ درجه سانتیگراد	دمای هوا ۱۹,۱ تا ۸,۷ درجه سانتیگراد	دمای هوا ۱۴,۵ تا ۲۴,۴ درجه سانتیگراد	میانگین دمای هوا ۱۶,۹ درجه سانتیگراد

۳- معرفی شهر سالت لیک سیتی^۱ به عنوان شهری با اقلیم مشابه تهران

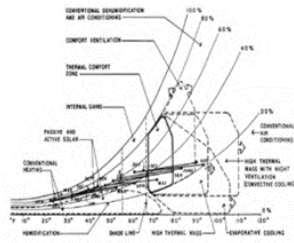
سالت لیک سیتی مرکز ایالت یوتا آمریکا است و شهر بزرگ این ایالت می‌باشد. نام این شهر در واقع برگرفته از دریاچه نمک یوتا است. سالت لیک سیتی دارای آب و هوای نیمه خشک و معتدل با چهار فصل مجزا است. بارش سالانه آن به طور متوسط ۱۲,۲۶ اینچ است. به طور متوسط ۵ روز در سال دارای گرمای شدید بالای ۱۰۰ درجه فارنهایت است. ماه ژانویه سردترین ماه و ماه جولای گرمترین است. این منطقه دارای آب و هوای نیمه خشک همراه با زمستان‌های سرد و پر باد و تابستان‌های گرم و خشک

1- Salt Lake City

است. زمستان‌ها بسیار سرد با طوفان‌های مکرر اما کوتاه که متناسب با دوره‌های آفتابی است. دمای تابستان زیاد است اما رطوبت آن کم است. بنابراین، نوسان دمای روزانه زیاد و شب‌های تابستان عموماً خنک است و پتانسیل بسیار زیادی برای گرمایش و سرمایش غیرفعال وجود دارد میزان بارش سالانه حدود ۱۵ اینچ است (۳۸ سانتی متر) و در طول سال نسبتاً یکنواخت رخ می‌دهد و بهار مرطوب‌ترین فصل است.



شکل ۷- نمودار گلباد Salt Lake City (نرم افزار Meteororm (May-2003)



شکل ۶- محدوده آسایش حرارتی در منطقه



شکل ۵- موقعیت سالت لیک سیتی در ایالات متحده

جدول ۸- اطلاعات اقلیمی مربوط به شهر سالت لیک سیتی در سال ۲۰۰۵ - ۱۹۸۶ ماخذ: نرم افزار Meteororm

Month	RH	P	DD	FF
January	72	867	155	2.9
February	65	868	158	3.2
March	53	870	158	3.6
April	46	872	158	4.3
May	37	875	158	3.9
June	32	877	158	4.0
July	26	879	154	4.0
August	30	879	155	4.2
September	36	876	155	3.9
October	51	873	153	3.5
November	64	869	154	3.0
December	72	867	158	3.1
Year	49	873	154	3.7

Month	G _{gh}	G _{bn}	G _{dh}	L _g	L _d	N	T _a	T _d
	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[octas]	[°C]	[°C]
January	80	127	36	8523	4578	5	-1.4	-5.7
February	120	176	45	10223	5786	4	0.9	-4.3
March	164	222	69	19678	8686	4	6.2	-2.6
April	226	218	94	24390	11589	4	10.7	-0.4
May	292	312	91	31444	11695	2	16.5	1.9
June	311	326	92	33572	11563	2	21.8	4.2
July	315	360	74	33950	9625	2	27.7	6.3
August	267	314	74	28895	9615	2	25.4	6.6
September	217	258	72	23485	9189	3	19.1	3.7
October	153	212	50	16810	8636	3	11.5	1.7
November	94	145	40	10187	5191	4	4.1	-2.1
December	70	122	31	7585	4010	5	-0.9	-5.4
Year	194	233	64	20929	8168	3	11.8	0.3

۴- بررسی امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در شهر سالت لیک سیتی

دسترسی به انرژی خورشیدی کافی برای مناطق جنوب غرب بطور وسیعی وجود دارد حتی در کمترین نقاط مطلوب در ایالات متحده. به عنوان مثال در یکی از مناطق پورتلند، اورگان، ساختمان اداری Bullitt Center تمام برق خود را از PV تولید می‌کند. Salt Lake County با استفاده از فناوری‌هایی مانند انرژی خورشیدی، گرمایش زمین گرمایی و نورپردازی LED موجب صرفه‌جویی در هزینه و انرژی شده است. در حال حاضر ۹ ساختمان در این شهر وجود دارد که از این فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف انرژی استفاده می‌کنند.

جدول ۱۲: امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی‌های نو در شهر سالت‌لیک سیتی، ماخذ: نگارندگان

	<p>در قسمت‌های مرکزی ایالات متحده ظرفیت بیشتری جهت بهره‌گیری از انرژی بادی وجود دارد.</p>	<p>انرژی بادی</p>
	<p>در قسمت‌های جنوب غربی ایالات متحده ظرفیت بیشتری جهت بهره‌گیری از انرژی بیومس وجود دارد.</p>	<p>انرژی بیومس</p>
	<p>در شهر سالت‌لیک سیتی ظرفیت کمی جهت بهره‌گیری از انرژی بیومس وجود دارد.</p>	<p>زیست توده</p>
	<p>سنجش پراکندگی منابع زمین گرمایی درجه حرارت بالا برای تولید برق بیشتر در قسمت غربی واقع است.</p>	<p>زمین گرمایی</p>
	<p>دسترسی انرژی خورشیدی کافی برای مناطق جنوب غرب بطور وسیعی وجود دارد حتی در کمترین نقاط مطلوب در ایالات متحده به عنوان مثال در یکی از مناطق پورتلند، اورگان، ساختمان اداری ۵۰،۰۰۰ ft2 (4500 m2) مرکز Bullitt Center تمام برق خود را از PV تولید می‌کند.</p>	<p>انرژی خورشیدی</p>

۵- معرفی پروژه‌های صفر انرژی در سالت‌لیک سیتی و نحوه بکارگیری انرژی‌های نو

جدول ۱۳- نحوه بهره‌گیری از انرژی‌های نو در شهر سالت‌لیک سیتی، ماخذ: نگارندگان

<p>نخستین خانه صفر انرژی در سالت‌لیک سیتی و دوم در پوتا، طراحی معماری این خانه به بافت تاریخی این محله احترام می‌گذارد. ساختمان در سال ۲۰۱۱ به پایان رسید و با افزودن یک آرایه خورشیدی ۴ کیلو وات در سال ۲۰۱۴ به یک محل اقامت خالص صفر انرژی تبدیل شده است.</p>	<p>Ruby Passive House</p>	<p>نصب پنل‌های خورشیدی در واحدهای مسکونی</p>	
<p>سیستم فتوولتائیک ۲,۲ کیلو وات ماژول‌های ۱۰ REC Solar Inc. 220 وات سیستم آب گرم خورشیدی: دو کلکتور تخت خورشیدی TiSun ، ۷۷ فوت مربع (۷ مترمربع) ۱۲۰ گالن (۴۵۴ لیتری) مخزن آب گرم خورشیدی را گرم می‌کند. سیستم گرمایش: یک عنصر مقاومت الکتریکی در مخزن ذخیره خورشیدی، گرمای فضا را برای تکمیل طراحی خورشیدی ایستا و سیستم آب گرم خورشیدی فراهم می‌کند. کف حیاط شامل گرمای تابشی هیدرولیک پشتیبان برای دوره‌هایی از سرما است سیستم خنک‌کننده: کولر تبخیری ۴۰ درجه SEER دو مرحله‌ای OASys ، که از سیستم تهویه جدا شده است. ونتیلاتور بازیابی انرژی: UltimateAir RecoupAerator 200DX</p>	<p>The Breezeway House</p>		<p>بهره‌گیری از انرژی خورشیدی</p>
<p>مساحت این خانه ۲,۱۰۰ فوت مربع ، ۴ خواب با یک گاراژ اتومبیل متصل و یک حیاط خصوصی محصور فقط چند مایل از هسته مرکزی شهر است.</p>	<p>Emery Affordable Passive House</p>		
<p>یکی دیگر از پروژه‌های تأیید شده انرژی ایستا و صفر، این خانه در ضلع شرقی City Creek Canyon با مناظر کاپیتول ایالتی، معبد LDS، مرکز شهر SLC و دریاچه بزرگ نمک واقع شده است. از ویژگی‌های قابل توجه انرژی می‌توان به سقف SIPS، دیوارهای دوجداره، بازیابی گرمای آب تخلیه، تهویه بازیابی گرما، پمپ‌های حرارتی هوا به هوا برای گرمایش/سرمایش و پنجره‌های سه جداره اروپایی اشاره کرد.</p>	<p>Capitol Park Passive House</p>		

<p>از ویژگی‌های جالب توجه می‌توان به تهویه بازیابی گرما، پمپ‌های حرارتی هوا به هوا برای گرمایش / سرمایش، دیوارهای دو جداره و پنل‌های پی وی سی خورشیدی روی بام اشاره کرد.</p>	<p>Park City Net Zero</p>		
<p>در حال حاضر بزرگترین بنایی است که پنل‌های خورشیدی PV در سقف آن نصب شده است و تقریباً ۱۹٪ از کل پنل‌های نصب شده در ایالت یوتا را به خود اختصاص داده است که فضای ۳۸۵ هکتار را در بر گرفته است و مساحت پنل‌های نصب شده ۲۸۸ هکتار از این فضاست. این پنل‌ها ۱۷٪ از مصرف برق ساختمان را جبران می‌کند (۱۳۸۴۹ مگاوات ساعت در سال ۲۰۱۰) این مجموعه ۱۶۶۵ مگاوات برق تولید می‌کند و تمام انرژی که از طریق PV تولید شده در این مرکز مصرف می‌شود و در شبکه قرار نمی‌گیرد. معادل مصرف تقریباً ۲۵۰ خانه در یوتا برق تولید می‌کند. با تولید برق در ساختمان با انرژی PV بار تهویه مطبوع نیز کاهش می‌یابد. ۴ ماه زمان نصب از شروع ساخت تا اولین تولید برق خورشیدی بطول کشیده است. جهت نصب به حدود ۱۴۰۰۰ ساعت کار نیروی انسانی محلی از شهر Salt Lake City نیاز بود.</p>		<p>پروژه PV1.8 مگاواتی خورشیدی در مرکز همایش- های سالت‌لیک سیتی کاخ کالوین رمپتون</p>	
<p>برنامه Buck-a-Bucket برنامه‌ای است که کمپوست با کیفیت بالا را از عملیات دفن زباله تولید می‌کند.</p>		<p>دفع صحیح زباله و تولید کمپوست</p>	

۴- نتایج تحلیل پارامترهای اقلیمی دو شهر تهران و سالت‌لیک سیتی

جدول ۹: اطلاعات اقلیمی مربوط به شهر سالت لیک سیتی در سال ۲۰۰۵ - ۱۹۸۶ در قیاس با اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک امام خمینی (نرم افزار Meteornorm)

Salt Lake City	شهر تهران ایستگاه سینوپتیک امام خمینی	پارامترهای اقلیمی Meteornorm
		نمودار تابش
		ساعات آفتابی
		درجه حرارت
		نمودار بارش
		نمودار دمای ماکزیمم و مینیمم روزانه
		نمودار تابش جهانی

جدول ۱۰- مقایسه میزان تابش مستقیم و پراکنده خورشید، میزان تابش آفتاب، دمای هوا، نقطه شبنم و سرعت باد غالب تهران و سالت لیک سیتی

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
January	59	27	94	-1.4	-5.7	2.9
February	81	30	118	0.9	-4.3	3.2
March	137	51	165	6.2	-2.6	3.8
April	163	68	157	10.7	-0.4	4.3
May	217	68	232	16.5	1.9	3.9
June	224	66	235	21.8	4.2	4
July	234	55	268	27.7	6.3	4
August	198	55	233	25.4	6.6	4.2
September	156	52	186	19.1	3.7	3.9
October	114	38	158	11.5	1.7	3.5
November	67	29	104	4.1	-2.1	3
December	52	23	91	-0.9	-5.4	3.1
Year	1698	561	2041	11.8	0.3	3.6

	Gh kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
January	88	32	132	6.5	4.6	0.9
February	104	42	120	7.8	5.5	1.2
March	151	66	141	10.9	7.7	1.6
April	175	83	134	14.5	11.1	1.6
May	207	94	155	19.7	15.5	1.5
June	214	94	162	24.4	18.9	1.4
July	206	98	146	26.5	21.3	1.3
August	197	87	152	27	22.1	1.2
September	164	62	164	23.7	20.2	1.2
October	119	55	114	19.1	16.4	0.9
November	96	34	135	13.5	10.9	0.9
December	82	28	128	8.7	6.8	1
Year	1800	776	1682	16.9	13.4	1.2

جدول ۱۱- مقایسه پارامترهای اقلیمی شهر سالت لیک سیتی و ایستگاه هواشناسی امام خمینی تهران، ماخذ: نگارندگان

پارامترهای اقلیمی	ایستگاه سینوپتیک فرودگاه امام خمینی	ایستگاه هواشناسی شهر سالت لیک سیتی
تابش	بالاتر از ۲۲۰ kwh/m ² در ماه‌های می، ژوئن و جولای	بالاتر از ۲۲۰ kwh/m ² در ماه‌های می، ژوئن و جولای
آفتاب پراکنده	بالاتر از ۱۴ ساعت در ماه‌های می، ژوئن و جولای	بالاتر از ۱۴ ساعت در ماه‌های ژوئن و جولای
آفتاب مستقیم	بالاتر از ۶ ساعت در ژوئن و جولای	بالاتر از ۱۲ ساعت در ژوئن و جولای
درجه حرارت	بالاتر از ۳۵ درجه در ژولای و آگوست	بالاتر از ۳۵ درجه در ژوئن، ژولای و آگوست
بارش	بیشترین میزان بارش در ماه نوامبر بالاتر از ۷۵ mm	بیشترین میزان بارش در ماه آپریل بالاتر از ۵۵ mm
روزهای بارانی	بیشترین روزهای بارانی در مارس و نوامبر میانگین ۸ تا ۹ روز	بیشترین روزهای بارانی در آپریل و دسامبر میانگین ۸ تا ۹ روز
ماکزیمم دمای روزانه	در ماه‌های ژولای و آگوست بالاتر از ۳۵ درجه	در ماه‌های ژولای و آگوست تا ۴۰ درجه
مینیمم دمای روزانه	در ماه‌های فوریه تا مارس -۳ درجه	در ماه‌های ژانویه تا فوریه -۱۳ درجه
تابش جهانی ماکزیمم	ماکزیمم در ماه ژولای ۲۸ kwh/m ²	ماکزیمم در ماه ژولای ۹.۸ kwh/m ²
تابش جهانی مینیمم	مینیمم بین ماه‌های اکتبر تا نوامبر ۰.۹ kwh/m ²	مینیمم بین ماه‌های دسامبر تا ژانویه ۰.۳ kwh/m ²

مقدار تابش و تعداد ساعات آفتاب پراکنده و درجه حرارت در هر دو شهر یکسان است. پارامترهای دیگر از جمله آفتاب مستقیم، بارش، روزهای بارانی، ماکزیمم و مینیمم دمای روزانه، تابش جهانی ماکزیمم و مینیمم اختلاف کمی با یکدیگر دارند در نتیجه می‌توان از راهکارهای اقلیمی ایستا و فعال که در شهر سالت لیک سیتی بکار گرفته می‌شوند در جهت بهتر کردن کیفیت طراحی معماری و استفاده از انرژی‌های نو در تهران بهره برد.

۵- بررسی امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در تهران

کشور ایران بین عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱۰ تا ۳۹ درجه و ۲۵ شمالی قرار گرفته، در حالی که کشورهای اروپایی بین عرض‌های جغرافیایی حدود ۴۰ تا ۷۰ درجه، ایالات متحده آمریکا بین عرض ۳۰ تا ۵۰ درجه و کانادا بین عرض ۵۰ تا ۷۰ درجه واقع شده‌اند. ایران با قرار گرفتن میان این عرض جغرافیایی به خط استوا نزدیک‌تر است و همان‌طور که می‌دانیم در نواحی نزدیک به استوا، پرتو خورشید بر سطح زمین عمودتر و در نواحی نزدیک به دو قطب پرتو خورشید مایل‌تر است. بنابراین ایران به لحاظ دریافت انرژی خورشید توان و امکان بیشتری نسبت به کشورهای اروپایی و آمریکایی دارد، اما با این حال این کشورهای اروپایی و

آمریکایی هستند که نمونه‌های بسیار زیادی از یکپارچگی فتوولتائیک‌ها با ساختمان در آن‌ها وجود دارد و این روند همچنان رو به افزایش است. با وجود نیاز به استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید برق در کلان شهر تهران و امکان تولید پنل‌های فتوولتائیک با توان بالا در این شهر زمینه‌های بومی کردن ضوابط طراحی و طراحی ساختمان‌های BIPV یکی از برنامه‌هایی است که می‌باید به جد دنبال شود. به منظور یکپارچگی صحیح فتوولتائیک‌ها با ساختمان می‌باید آن‌ها را از ابتدای فرآیند طراحی به عنوان بخشی از طرح‌ماده‌های اولیه ساختمان و مطابق با طرح معمار در نظر گرفت. برای رسیدن به این هدف، لازم است به مسائل مختلف مرتبط با فتوولتائیک‌ها و ساختمان و همچنین تأثیری که بر یکدیگر می‌گذارند در طول طراحی پرداخت؛ زیرا زمانی که فتوولتائیک‌ها با ساختمان ترکیب می‌شوند علاوه بر تولید الکتریسیته، با نما، بام، فضای پشت‌شان، عناصر و سیستم‌های دیگر و حتی محیط پیرامون ساختمان نیز مرتبط هستند. بنابراین ضروری است که این موضوع در فرآیند طراحی از جنبه‌های مختلف بررسی و برای هر کدام راهکاری مناسب و هماهنگ با دیگر عوامل سنجیده شود (وفایی، ۱۳۸۸: ۶۰).

جدول ۱۴ - بررسی بکارگیری فتوولتائیک‌ها، ماخذ: نگارندگان

زیباتر کردن ساختمان		مزایای فتوولتائیک‌ها نسبت به مصالح متداول
توانایی تولید برق		
ترکیب با انواع شیشه در نما یا بام		
استفاده به عنوان پنجره		
شیشه از لحاظ ویژگی آکوستیکی ضعیف عمل می‌کند و لیکن فتوولتائیک‌ها می‌توانند عایق صوتی بسیار خوبی نیز باشند.	عایق صوتی	عوامل مهم در طراحی فتوولتائیک‌ها
فتوولتائیک‌ها عایق حرارتی هستند و با طراحی درست و تدابیر معمارانه می‌توانند محیطی دلپذیر در داخل ساختمان فراهم آورند.	عایق حرارتی	
این سلول‌ها این قابلیت را دارند که بین ۸۰٪ تا ۹۰٪ نور خورشید را از خود عبور دهند و این کیفیت باعث می‌شود که پنجره‌های مجهز به سلول‌های خورشیدی بتوانند به خنک ماندن هوای داخل خانه در تابستان در تایلستان کمک کنند.	خنک نگه داشتن هوای داخل خانه در تابستان	
در سیستم‌های نما به صورت دولایه، با ایجاد باز شو می‌توان از باد و تهویه طبیعی در ساختمان برای تهویه پشت پنل‌های فتوولتائیک استفاده کرد.	دمای محیط	
از روش‌هایی که امروزه در دنیا برای تعیین جهت و شیب بهینه پنل‌های فتوولتائیک در هر مکان استفاده می‌شود، نمودار تابش است که در آن با استفاده از آمار موجود از تابش دریافتی خورشید، میزان تابش بر کلیه سطوح افقی و عمودی در جهت‌ها و شیب‌های مختلف در این نمودار ترسیم می‌شود.	جهت و شیب پنل‌های مستقر شده	میزان دریافت انرژی خورشید
ساعات استفاده از این نیرو در ساختمان‌های مسکونی بیشتر از ساعات دریافت انرژی خورشید است.	کارکرد مسکونی	
ساعات فعالیت این نوع ساختمان‌ها در طول روز (بین ساعات ۸ صبح تا ۵ بعد از ظهر) است و تقریباً برابر با همان مسیری است که خورشید در آسمان طی می‌کند؛ بنابراین چنانچه از سیستم‌های فتوولتائیک در این ساختمان‌ها استفاده شود، نتیجه مطلوبی خواهد داشت.	کارکرد اداری	
مدرسه‌ها در یک بازه زمانی خاص فعالیت می‌کنند و اغلب چند ماه از سال تعطیل‌اند. همچنین ساعات فعالیت بیشتر آنها همانند کارکرد اداری از صبح تا عصر است. بنابراین نیاز آنها به انرژی با ساعات تولید برق در طول روز یکی است و در صورتی که سیستم‌های فتوولتائیک با این ساختمان‌ها یکپارچه شوند، کارایی خوبی خواهند داشت.	کارکرد آموزشی	
این مراکز معمولاً در تمام سال باز هستند و فعالیت می‌کنند. از آن‌جا که بیشتر ساعات فعالیت مراکز تجاری در طول روز است اگر با فتوولتائیک‌ها ترکیب شوند، عرضه و تقاضای انرژی در این ساعات تا حدودی از تعادل برخوردار خواهد بود.	کارکرد تجاری	نوع کارکرد ساختمان
که بستگی دارد به: موقعیت سایت و ساختمان، چیدمان فتوولتائیک‌ها و چگونگی ترکیب آن‌ها با ساختمان، عوامل محیطی و همسایگی‌ها و...	کاهش موانع و سایه‌اندازی‌ها	

۵-۱- نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک واقع در تهران

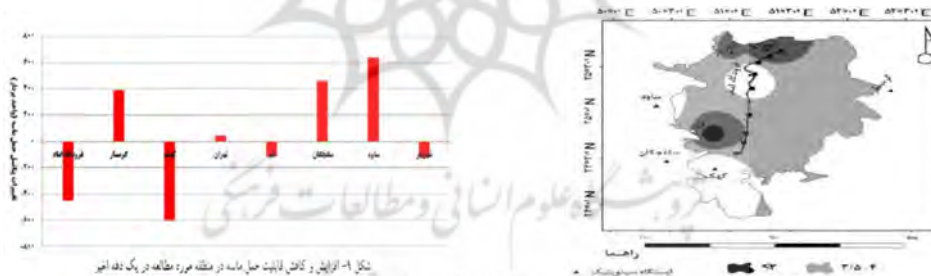
برای ساخت این نیروگاه‌ها بیش از ۳۷۰ میلیارد ریال سرمایه‌گذاری انجام شده است که با تولید بیش از ۳۴ گیگاوات ساعت انرژی در سال به ذخیره حدود ۱۲ متر مکعب سوخت معادل گاز طبیعی کمک خواهد کرد و مانع از انتشار ۲۸ هزار و ۷۹۴ تن گاز دی اکسید کربن خواهد شد.

جدول ۱۵- نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک واقع در تهران منبع: (سایت انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر ایران)

نام	مکان	ظرفیت	نوع	افتتاح	توضیحات
نیروگاه خورشیدی ملارد	ملارد، تهران	۰٫۵۱ مگاوات (۵۱۴ کیلووات)	فتوولتائیک	۱۳۹۳	
نیروگاه خورشیدی کمرد	استان تهران، شهرک صنعتی کمرد	۱۰ کیلووات	فتوولتائیک	۱۳۹۷	اولین نیروگاه متصل به شبکه بخش خصوصی جاجرود و شهرک صنعتی کمرد، مجری: پیشگامان انرژی‌های نو ایران
پارس ری انرژی بهار	شهرری	۷/۱۲		۱۳۹۶	
مهندسی مشاور انرژی تجدیدپذیر سهیل	دماوند	۴/۸		۱۳۹۶	
تارا مشاور	شمس آباد	۰٫۲۳		۱۳۹۵	
تابان انرژی مهرآفرین	تهران	۰٫۰۲		۱۳۹۶	
آترین پارسیان	بیدکنه - ملارد	۰٫۵۱		۱۳۹۳	

۵-۲- بررسی امکان‌سنجی بهره‌گیری از انرژی بادی در تهران

گلباد سالیانه در ایستگاه هواشناسی فرودگاه امام نشان می‌دهد که در مجموع حاکمیت بادهای غربی و شمال غربی در حدود ۵۷ درصد حاکم است (راهداری و دیگران، ۱۳۹۸: ۲۴۰). مطالعات نشان داده است که سرعت باد در محدوده ایستگاه امام خمینی روند افزایشی نسبت به ایستگاه‌های موجود در منطقه داشته است و از سوی دیگر بدلیل تغییرات اقلیمی منطقه، قابلیت حمل ماسه توسط باد کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در صورتی که در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ مقدار قابلیت حمل ماسه در این ایستگاه بسیار زیاد بوده است (راهداری و دیگران، ۱۳۹۸: ۲۴۰).



شکل ۸- توزیع و کاش لایه‌بند جهت باد در منطقه مطالعه در یک دهه اخیر

شکل ۹: درونیابی سرعت باد (راهداری و دیگران، ۱۳۹۸: ۲۳۴)

۵-۳- نیروگاه‌های بادی در نزدیکی تهران

ظرفیت برق بادی در ایران در سال ۲۰۰۹ میلادی ۱۳۰ مگاوات بوده است. ارزش نرخ بازده داخلی پروژه‌های باد در سه استان گیلان، سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی محاسبه شده است، که تایید کننده این واقعیت است که پروژه‌های برق بادی در این سه استان از نظر اقتصادی مقرون به صرفه هستند (باشوکی احسان، ۱۳۹۵: ۸).

نزدیکترین نیروگاه‌های بادی به تهران عبارتند از:

مزرعه بادی جرنندق استان قزوین با ظرفیت تولیدی ۶۰ MW

مزرعه بادی کهک استان قزوین با ظرفیت تولیدی ۲۰ MW اولین مزرعه بادی خصوصی در ایران ساخته شده در ۱۳۹۲

جدول ۱۶: نیروگاه‌های انرژی برق آبی در تهران ماخذ: (سایت انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر ایران)

نام	مکان	ظرفیت	نوع	افتتاح
نیروگاه کلان	شرق تهران	۱۱۵٫۵ مگاوات	برق آبی	۱۳۶۷
سد لتیان	استان تهران	۴۵ مگاوات	برق آبی	۱۳۴۸-۱۳۶۶
نیروگاه لوارک	استان تهران	۴۴ مگاوات	برق آبی	۱۳۸۸-۱۳۸۹

۴-۵- بررسی امکان‌سنجی قابلیت تولید بیوگاز در تهران

در طول چند سال گذشته مدیریت شهری تهران علاوه بر راه‌اندازی کارخانه‌های تولید برق از پسماند چه در قالب احداث کارخانه‌های ریجکت‌سوز و چه کارخانه‌های هاضم (بیوگاز)، تلاش گسترده‌ای برای احداث بوستان‌های انرژی کرده است؛ بوستان‌هایی که انرژی مورد نیازشان را از منابع تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی بدست می‌آورند. روزانه از مجموع ۲۷۰۰ تن زباله‌های برگشتی خشک غیر قابل بازیافت، تنها ۲۰۰ تن زباله سوزانده می‌شود که منجر به تولید دست کم ۳ مگاوات ساعت برق می‌شود.

جدول ۱۷- کارخانه‌های تولید برق از پسماند منبع: (سایت انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر ایران)

نام شرکت	استان	ساختمانگاه	سال بهره‌برداری	ظرفیت نصب شده (مگاوات)
تدبیر توسعه سلامت	تهران	کهریزک	۱۳۹۵	۳
تیم کیان	تهران	آبلی	۱۳۹۵	۱٫۹
شرکت آب و فاضلاب تهران	تهران	شهر ری	۱۳۸۹	۴

۶- نتیجه‌گیری

چشم‌انداز بهره‌گیری از انرژی‌های نو در ایران دور از دسترس نیست و با توجه به آن که زمینه‌های ورود این دیدگاه به ایران فراهم است، عملی و قابل اجراست. با بررسی‌های انجام شده در این پژوهش می‌توان به قابلیت شهر تهران به استفاده از انرژی‌های نو از قبیل بیوگاز، انرژی بادی و خورشیدی اشاره کرد. در این پژوهش مقدار تابش و تعداد ساعات آفتاب پراکنده و درجه حرارت در دو شهر تهران و سالت لیک سیتی و پارامترهای دیگر از جمله آفتاب مستقیم، بارش، روزهای بارانی، ماکزیمم و مینیمم دمای روزانه، تابش جهانی ماکزیمم و مینیمم مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند نتایج بررسی حاکی از آن بود که مقادیر کمی و عددی اختلاف کمی با یکدیگر دارند در نتیجه می‌توان از راهکارهای اقلیمی ایستا و فعال که در شهر سالت لیک سیتی به میزان بسیار در ساخت پروژه‌های معماری مسکونی و اداری صفر انرژی بکار گرفته می‌شوند در جهت بهتر کردن کیفیت طراحی معماری و استفاده از انرژی‌های نو در تهران بهره برد که این فرایند نیازمند همکاری‌ها، ارائه راهکارهای سیاست‌گذاری و مدیریت این بخش برای تحول بنیادی در بخش معماری می‌باشد.

منابع

۱. باشوکی احسان، قدمی فرید، «استفاده از انرژی باد در سیستم‌های انرژی ایزوله: فواید و ملزومات»، اولین همایش ملی فناوری در مهندسی کاربردی باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، بهمن ۱۳۹۵
۲. تحلیل موقعیت خورشید در شهر ری، گزارشات اقلیمی، دفتر مطالعات اقلیمی فصلنامه معماری و انرژی، سال نخست، شماره دهم، تابستان ۱۳۹۸
۳. راهداری محمدرضا، احمدی حسن و دیگران، ۱۳۹۸، «واکاوی و پهنه‌بندی انرژی باد بر اساس قابلیت حمل ماسه در راه آهن قم-تهران»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۶، شماره ۱، ص ۲۴۰
۴. زندیه مهدی، پروردی نژاد سمیرا، «توسعه‌ی پایدار و مفاهیم آن در معماری مسکونی ایران»، نشریه مسکن و محیط روستا، تابستان ۱۳۸۹، دوره ۲۹، شماره ۱۳۰
۵. شفیعی مریم، فیاض ریما، حیدری شاهین، «فرم مناسب ساختمان بلند برای دریافت انرژی تابشی در تهران»، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲
۶. کسمایی مرتضی، ۱۳۹۲، «اقلیم و معماری»، اصفهان، نشر خاک

۷. موسوی سید علی، آسایش زارچی روح اله، «تحلیل اقتصادی-فنی کاهش مصرف آب و انتشار گاز دی اکسیدکربن با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته (مطالعه موردی: نیروگاه بخاری بعثت تهران)»، دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
۸. وفایی راحیل، «سیستم‌های فتوولتائیک در ترکیب با معماری ساختمان‌های یکپارچه با فتوولتائیک (BIPV)»، نشریه صفا، شماره ۵۶، شهریور ۱۳۸۸
9. Norbert Lechner, *Heating, cooling, lighting :sustainable design methods for architects*/Fourth Edition. November 24, 2008
10. <http://www.satba.gov.ir/fa>
11. <http://www.tehranmet.ir/>
12. <https://utahcleanenergy.org>
13. <https://www.slco.org/sustainability/energy>

۱۴. پورتال سازمان هواشناسی کشور

۱۵. سایت اداره کل هواشناسی استان تهران



