Archive of SID

کنفرانس دوسالانه جامعه و معماری معاصر
اصفهان-ایران
Biennial Conference of Community and contemporary architecture

طراحی خانه با تئوری انرژی صفر (Zero Energy)
نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان

رضا خیری[1*]، مریم قاسمی سیچانی[2]، مقدی خدابخشیان کنارکی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، reza.sarv@yahoo.com
2- استادیار، مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، peiambar@gmail.com
3- استادیار، مهندسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، meghedy_design@yahoo.com

چکیده

در سال های اخیر مسئله بحران انرژی به یکی از پر چالش ترین مسائل روز دنیا تبدیل شده است. ضرورت به حداقل رساندن استفاده از سوخت های فسیلی، به دلیل افزایش آلودگی های زیست محیطی ناشی از استفاده بی رویه، از یک سو و رو به اتمام بودن این منابع از سویی دیگر، باعث لزوم استفاده از انرژی های تجدید پذیر به عنوان جایگزینی مناسب شده است. صنعت ساختمان نیز با مصرف حدود 40 درصد از انرژی جهان، نیازمند تحولی اساسی در طراحی و ساخت می باشد. ساختمان انرژی صفر (زیرو انرژی) با بهره گیری از روش های طراحی معماری و استفاده از متد های طراحی اکتیو و پسیو (فعال و غیر فعال)، تا حد زیادی در این راستا حرکت کرده است. در این ساختمان ها نیاز به انرژی به حداقل رسیده و سوخت مورد نیاز از طریق انرژی های تجدید پذیر تامین می‌گردد. هدف پژوهش حاضر، آشنایی با ساختمان های انرژی صفر و بررسی استراتژی های طراحی و ساخت این ساختمان ها در اقلیم گرم و خشک (نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان) با استفاده از داده های اقلیمی و اطلاعات هواشناسی می‌باشد. فرضیات پژوهش با ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی و نیز استفاده از منابع تجدیدپذیر در ساختمان انرزی صفر مورد بررسی قرار گرفته است. روش تحقیق این پژوهش، توصیفی – تحلیلی می‌باشد. بر اساس نتایج پژوهش، تئوری طراحی و ساخت خانه‌های انرزی صفر در شهر اصفهان با روش های بیان شده، قابل دستیابی می‌باشد.

کلید واژگان: ساختمان انرژی صفر، انرژی‌های تجدید پذیر، سیستم‌های فعال و غیر فعال (اکتیو و پسیو)، شهر اصفهان.

www.SID.ir

Archive of SID

1- مقدمه

ساختمان سازی به عنوان اصلی‌ترین اضافه کننده، به میزان کربن جهانی، چه در زمان ساخت و ساز و چه در زمان بهره-برداری، با داشتن رتبه سوم در میزان مصرف انرژی درجهان، شناخته شده است. از آنجایی که جمعیت و زندگی شهرنشینی روبه افزایش است، میزان انرژی های مصرف شده توسط ساختمان ها درحال افزایش است. بنابراین صنعت ساختمان سازی با ساخت و گسترش ساختمان هایی که مصرف انرژی را به حداقل می رساند، می تواند نقش بسیار موثری درکاهش انتشار گازهای منوکسید کربن داشته باشد [1].

در دهه ۹۰ میلادی قرن گذشته فناوری ساختمان در اوج اعتلا و پیشرفت خود نیازمند تغییر نگرشی اساسی بود تا سهم خود را در کاهش مشکلات زیست محیطی و تامین انرژی های تجدید پذیر و بدون محدودیت انجام داده باشد. در این مسیر ساختمان های انرژی صفر – که در آن، ساختمان بیشتر انرژی خود را از محیط بدست آورده و در شکل آرمانی و نهائی خود می تواند به شبکه توزیع نیز برق ارسال نماید – در اواخر همین دهه پیشنهاد و نمونه های اولیه آن نیز ساخته شد. امروزه نیز، بخش مهمی از موفقیت ساختمان های انرژی صفر در عرصه جهانی، ناشی از تعامل طراحان و مهندسان مجریی است که در نگرش همه جانبه نیازها و اهداف پروژه های انرژی صفر را در بستری پایدار متجلی می کنند [2]. با افزایش توجه دولت ها به این موضوع، در آمریکا به موجب قانون تصویب شده در سال 2007 به منظور حمایت از ایجاد ساختمان هایی با مصرف خالص انرژی صفر، تا سال 2040 نیمی از ساختمان های تجاری و تا سال 2050 تمام ساختمان های تجاری امریکا مصرف خالص انرژی شان باید صفر باشد. در اروپا در سال 2010 تصمیم گرفته شد تا از سال 2018 در مورد ساختمان هایی با کاربری عمومی و ساختمان های متعلق به مقامات، بحث نزدیک شدن به مصرف انرژی صفر اعمال شود. در ایران نیز در سال 1370با تصویب مبحث نوزدهم توسط هیئت وزیران گام بزرگی در زمینه صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمان های دولتی از سال 1384 اجباری شد. اجرای این مبحث، حداکثر 5 درصد هزینه های ساختمان را افزایش می دهد و در مقابل، ظرفیت سیستم های گرمایش و سرمایش را تا ۴۰ درصد کاهش می دهد. امروزه با کاهش حجم ذخیره ی سوخت های فسیلی، گران تر شدن بهای انرژی و از آن مهم تر آلودگی ایجاد شده ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و البته به کار گرفتن تکنولوژی های نوین، ساخت خانه هایی با تولید مثبت انرژی، میسر شده است. هم چنین به دلیل کاهش هزینه ی سیستم های خورشیدی به میزان 80 درصد در طول دو دهه گذشته، میل به استفاده از این سیستم ها افزایش یافته است [3]. لذا توجه به فن آوری های ساختمان به منظور صرفه جویی و بهینه سازی مصرف انرژی به میزان بسیار مؤثری می تواند در این راستا نقش سازنده داشته باشد. همچنین می توان با بکارگیری راهکارهای معماری غیرفعال و نیز تکنولوژی های طراحی فعال به منظور تولید انرژی در طراحی ساختمان های کم انرژی و صفر انرژی گامی موثر در راستای برقراری تعادل بین تولید و مصرف انرژی برداشته که این خود راهبردی موثر در جهت کاهش مصرف انرژی خواهد بود.

۲- روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی مفاهیم و ماهیت انرژی صفر و توجه به این تئوری ها در کاهش مصرف انرژی در اقلیم شهر اصفهان می باشد. در واقع پژوهش حاضر پس از ذکر کلیات موجود در این زمینه، به دنبال پاسخگویی به این سوال خواهد بود که راهکارهای تحقق پذیری این ایده و استراتژی های لازم در این حوزه چیست؟ روش تحقیق مورد استفاده نیز توصیفی – تحلیلی می باشد و از روش کتابخانه ای جمع آوری اطلاعات شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

3- اطلاعات اقلیمی

بررسی اطلاعات آب و هوایی اولین قدم جهت طراحی ساختمان ها با مصرف انرژی صفر می باشد. این بررسی می تواند اطلاعات بسیار مهمی برای طراحی و انتخاب نوع انرژی مورد استفاده ارائه کند. لذا در این پژوهش از آمارهای به دست آمده از ایستگاه سینوپتیک فرودگاه شهید بهشتی اصفهان در سال 1394 استفاده شده است. در جدول شماره 1 این اطلاعات را مشاهده می کنید.

جدول1 اطلاعات هواشناسی اصفهان (ماخذ: اداره هواشناسی اصفهان، 1395)

اصفهان — سال تاسیس : 1951 — ارتفاع از سطح دریا : 1550

1394	درجه حرارت c					رطوبت نسبي %			میزان بارندگي (میلیمتر)			تعداد	ساعت	حداکثر سرعت باد		تبخیر
ماه	معدل حداکثر	معدل حداقل	متوسط روزانه	حداکثر مطلق	حداقل مطلق	معدل حداکثر	معدل حداقل	میانگین رطوبت	بارندگي ماهانه			روزهاي يخبندان	آفتابي	سرعت (متر بر ثانیه)	جهت (درجه)	(میلیمتر)
فروردین	22.1	8.6	15.3	28	0.6	63	19	41	24.1			0	259	22	270	198.9
اردیبهشت	27.7	14.9	21.3	33.2	7.2	44	14	29	21.9			0	298.7	17	220	300.4
خرداد	35.4	20.4	27.9	39.8	18	29	8	18.5	0			0	355.3	15	250	409.2
تیر	37.3	21.9	29.6	39.8	16.6	31	9	20	12.5			0	356.5	15	240	414
مرداد	35.6	19.6	27.6	38	17	33	9	21	0			0	357.3	8	180	319.9
شهریور	32.7	17.8	25.2	38.8	10	41	13	27	0.2			0	319.5	18	250	281.2
مهر	28.3	13.2	20.7	31.6	8.8	45	14	29.5	2.3			0	289.8	15	240	212.3
آبان	19.3	6.2	12.7	26.8	0	73	27	50	3.9			2	221.6	13	170	105.7
آذر	12.9	-1.4	5.8	23.4	-6.6	72	27	49.5	5.1			21	238.4	17	260	42.2
دي	12	-1.6	5.2	18.2	-6.8	73	29	51	6.8			20	209.3	12	200	0
بهمن	12.6	-1.6	5.5	18.2	-7	58	20	39	0			20	249.8	22	290	0
اسفند	19.8	5.5	12.6	25	1	49	16	32.5	4.6			0	254.5	22	240	104
			17.5			50.9	17.1		81.4			63.0	3409.7			

در جدول گونه بندی نیاز سالانه انرژی شهر های ایران، شهر اصفهان با درجه نیاز انرژی متوسط و با نیاز غالب حرارتی گرمایشی معرفی شده است [4]. هم چنین با توجه به اطلاعات اقلیمی شهر اصفهان، از انرژی های تجدید پذیر خورشیدی و بادی می توان جهت تامین سوخت مورد نیاز خانه های صفر انرژی در این شهر بهره برد.

4- مروری بر ادبیات موضوع

ساختمان بدون مصرف انرژی، اصطلاحی می باشد که به صورت بهینه استفاده از تکنولوژی های انرژی تجدید پذیر موجود در بازار را با تکنیک های ساخت و ساز صرفه جویی انرژی به صورت هنرمندانه، ترکیب می نماید [۵].

۴-۱- تاریخچه ساختمان های انرژی صفر

علاقه به کاهش مصرف انرژی، قبل از جنگ جهانی دوم در موسسه تکنولوژی ماساچوست با تحقیق در مورد سازه‌های گرمایش خورشیدی آغاز شد. اولین پروژه مربوط به ساخت خانه های خورشیدی با نصب کلکتورهای خورشیدی و استفاده از آبگرم کن خورشیدی در سال 1958 بود. سال 1970را می توان سال پیش روی به سمت ساخت خانه های کم مصرف با عایق بندی مناسب دانست. در جدول شماره ۲ می توان برخی از اقدامات مهم در این حوزه را مشاهده کرد [۶].

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ تاریخچه ساختمان های انرژی صفر (ماخذ: کریمی صفا و برادران رحیمی، ۱۳۹۰)

1976	یک تیم شبیه سازی رایانه ای در دانشگاه ایلینویز اوربانا، طرح خانه ای کم مصرف را در مدیسون (ویسکانسین) ارزیابی کرد.
1977	در کانادا نیز با حمایت شورای ملی تحقیقات کانادا، خانه ی کم مصرف ساسکاچوان در رجینا ساخته شد.
1979	ساخت کاخ لژر در ماساچوست با هزینه ی ۵۰ دلار در سال.
1084	ساخت سه خانه با مصرف انرژی بسیار کم در مونتانا.
1990	ساخت یک خانه با تولید برق 80 درصد برق مصرفی در فلوریدا توسط مرکز انرژی فلوریدا.
2001	ساخت خانه ای با مصرف انرژی صفر در واشنگتن دی سی.
2001	ساخت 300 خانه با مصرف انرژی نزدیک به صفر در کالیفرنیا که 60 درصد انرژی مصرفی خود را تامین می کرد.
2002	شرکت سنتکس – ساخت یک خانه با تولید 90 درصد انرژی مصرفی سالیانه در لیورمور کالیفرنیا به کمک فتوولتائیک ها و گرمایش خورشیدی.
2003	شرکت میلر– ساخت اولین ساختمان انرژی صفر در آریزونا.
2003	ساخت خانه ی موریسون با مصرف انرژی صفر در کالیفرنیا.
2003	شرکت کلاروم – ساخت مجموعه ی 257 واحدی با مصرف انرژی نزدیک به صفر که تمامی واحد ها از برق خورشیدی برای تولید50 درصد از کل انرژی مصرفی سالیانشان استفاده می کردند.
2004	شرکت پارد ی هومز – ساخت مجموعه خانه هایی به مساحت 5300 فوت مربع با مصرف انرژی صفر در لاس و گاس آمریکا به کمک فتوولتائک ها، گرمایش خورشیدی و کلکتورهای خورشیدی آب داغ. این خانه ها در مقایسه با استانداردهای ساختمانی آمریکا 90 درصد کمتر انرژی مصرف می کردند.

در استرالیا نیز به کمک اصلاحاتی که در مقررات ملی ساختمان داشتند، توانستند طی سال های 1990 تا 2005 ، بار لازم برای تهویه مطبوع ساختمان های مسکونی را از 78 به 56 کیلو وات ساعت به ازای هر متر مربع برسانند.

2-4- تعاریف و اصطلاحات زیرو انرژی

به طور کلی به ساختمان هایی که از شبکه سراسری برق دور باشند (به شبکه متصل نباشند) و به کمک منابع تجدید پذیر انرژی، مانند خورشید و باد، انرژی مورد نیازشان را تامین کنند، عبارت" صفرانرژی " اطلاق می گردد. آن چه در مورد این ساختمان ها قابل تامل است تامین مصارف انرژی در روزهای ابری و بارانی است که این مشکل را با ذخیره انرژی در روزهای دیگر مرتفع ساخته اند.

کیلیکس معتقد است که درتعریف ساختمان های انرژی صفر باید هر دو مقوله کیفی وکمی انرژی مورد توجه قرار گیرد و تنها تامین انرژی به هر طریقی در نظر گرفته نشود. بر همین اساس او ساختمان های انرژی صفر را این گونه تعریف می‌کنند: "یک ساختمان انرژی صفر ساختمانی است که دارای فرایند صفر انرژی دریافتی و تولیدی درمرز ساختمان در یک سیستم انرژی است که شامل تمام عنوان انتقال الکتریکی می باشد که طی یک زمان مشخص صورت می گیرد" [۷].

دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) ساختمان های صفر انرژی را چنین تعریف می نماید: ساختمان هایی که در آن ها از طریق به کارگیری تکنولوژی های تجدید پذیر میان مصرف و تولید انرژی تعادل برقرار می گردد. این ساختمان ها، بیان

www.SID.ir

Archive of SID

هنرمندانه اصول طراحی انرژی مفید و تجهیزات را، با تولید در محل انرژی های تجدید پذیر ترکیب نموده و نیازهای انرژی ساکنان را برطرف نمایند.

نظریه ای که طراحی ساختمان با انرژی صفر دنبال می کند آن است که نخست با طراحی درست ساختمان، مصرف را به حداقل ممکن برسانیم، دوم این نیاز را از منابع تجدید پذیر تامین کنیم [8].

جدول3 تعریف انواع ساختمان های انرژی صفر (ماخذ: عباسی و رضایی، 1394)

شبکه صفر انرژی در داخل سایت	در این نوع، میزان انرژی عرضه شده توسط منبع انرژی تجدید پذیر در داخل سایت، برابر با انرژی استفاده شده توسط ساختمان می باشد. در آمریکا عبارت" ساختمان های انرژی صفر شبکه "به این نوع از ساختمان ها اطلاق می شود.
شبکه صفر انرژی در منبع	این نوع ساختمان به اندازه ی مصرفش، انرژی تولید می کند که شامل انرژی مصرف شده جهت انتقال انرژی به ساختمان نیز می شود. در حقیقت، تلفات برای انتقال الکتریسیته هم محاسبه می شود. بنابراین این نوع از ساختمان ها نیازمند تولید الکتریسیته ی بیشتری نسبت به نوع اول می باشند.
انرژی صفر شبکه در نشر	خارج از ایالات متحده و کانادا، ساختمان صفر انرژی به عنوان ساختمان "کربن صفر" یا " ساختمان نشر صفر "شناخته می شود. طبق این تعریف کربن انتشاری تولید شده هنگام استفاده ی سوخت فسیلی در داخل یا خارج سایت توسط تولید انرژی تجدید پذیر در داخل سایت به تعادل می رسد. تعریف دیگر در این حوزه شامل ساختمانی است که علاوه بر کربن تولید شده توسط ساختمان بهره برداری شده،کربن منتشره هنگام ساخت و ساز را نیز کنترل می کند.
هزینه صفر شبکه	در این نوع، هزینه ی خرید انرژی، از طریق فروش الکتریسیته تولید شده در داخل سایت به شبکه ی الکتریکی، تامین شده و به تعادل می رسد.
انرژی صفر شبکه خارج سایت	ساختمانی که ٪ ۱۰۰ انرژی خریداری شده اش از منابع تجدید پذیر باشد. حتی اگر انرژی تولید شده خارج از سایت نیز باشد.
خارج از شبکه	ساختمانی که به تسهیلات تاسیساتی انرژی خارج از سایت متصل نباشد. این ساختمان ها نیازمند تولید کنند ها و توزیع کننده های انرژی تجدید پذیر و همچنین قابلیت ذخیره سازی انرژی(در زمانی که خورشید نتابد، باد نوزد و...) می باشد.

3-4- مزایای ساختمان های انرژی صفر

این ساختمان ها حداکثر تطابق با طبیعت را دارا هستند. دارای تعادل بین مصرف و درخواست انرژی می باشند. باعث کاهش تقاضای انرژی نیز می شوند. به دلیل استفاده از انرژی های تجدید پذیر و به صفر رساندن سوخت فسیلی باعث کاهش چشمگیر در تخریب محیط زیست محیطی می شوند. این ساختمان ها با کاهش 50 درصدی مصرف آب آشامیدنی و نیز کاهش مصرف الکتریکی باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد. هم چنین مالکان ساختمان دیگر نگران افزایش قیمت های انرژی در آینده نیستند [9].

www.SID.ir

Archive of SID

4-4- معایب ساختمان های انرژی صفر

هزینه های اولیه یک ساختمان انرژی صفر می تواند بیشتر از یک ساختمان معمولی مشابه باشد. تعداد کمی از طراحان یا سازندگان مهارت ها و تجربه های مورد نیاز برای طراحی و ساخت ساختمان های انرژی صفر را دارا هستند. قیمت تکنولوژی تجهیزات سلول های خورشیدی جدید به طور سالیانه 17٪ کاهش پیدا می کند، این ممکن است ارزش پولی که در انرژی خورشیدی سرمایه گذاری شده است را کاهش دهد [9].

5- راهکار های تحقق پذیری خانه های انرژی صفر

برای ایجاد خانه هایی با مصرف انرژی صفر 2 راهکار وجود دارد:

۱- کاهش مصرف انرژی در ساختمان به حداقل ممکن (جدول شماره۴).

۲- تولید انرژی در ساختمان به واسطه منابع تجدید پذیر (جدول شماره 5).

جدول4راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان به حداقل ممکن (ماخذ: نگارنده)

سازه و معماری	تهویه طبیعی
دودکش خورشیدی	بازیافت
عایق کاری	درزبندی
روشنایی روز	

جدول 5 راهکار های تولید انرژی در ساختمان به واسطه منابع تجدید پذیر (ماخذ: نگارنده)

آب گرمکن خورشیدی	حرارت زمینی
برق بادی	برقPV
زیست توده	

5-1- استراتژی های طراحی و ساخت

مقرون به صرفه ترین قدم در کاهش مصرف انرژی ساختمان معمولا در همان پروسه ی طراحی انجام می گیرد. آنالیزهای اطلاعات آب و هوا می بایست اولین قدم برای طراحی ساختمان انرژی صفر باشد. این آنالیزها می توانند راهنمایی های مهمی جهت طراحی سیستم های انرژی در ساختمان و انتخاب سیستم انرژی تجدید پذیر فراهم آورند [۱۰].

گزینه هایی که طراحان موفق این ساختمان ها معمولا به کار می برند شامل: استفاده از انرژی خورشیدی پسیو که از لحاظ زمانی آزموده شده باشد، نور و گرمای خورشید، باد غالب، سرمای زمین در زیر یک ساختمان و ... می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

به طور کلی استفاده از تکنولوژی های انرژی خورشیدی فعال و غیر فعال، انرژی الکتریکی خورشیدی، استفاده از فضای سبز بر روی بام ساختمان از جمله راهکارهای موثر در این بخش محسوب می شود. ساختمان های با طراحی غیر فعال از راهکارهای کاهش مصرفی هم چون عایق حرارتی، هوابندی، جهت گیری بهینه نسبت به باد و خورشید، سایه بان و دیوار ترومپ در جهت کاهش مصرف انرژی و بهره گیری از انرژی تجدید پذیر استفاده می نمایند، در صورتی که هدف، طراحی ساختمانی است که در اصل در اقتصادی ترین حالت ممکن، تمام انرژی مورد نیاز خود را از انرژی های تجدید پذیر تامین می کند [11].

ساختمان های انرژی صفر معمولاً از سیستم خورشیدی پسیو و احجام گرمایی بهره می برند تا تغییرات روزانه ی دمای هوا را در طول روز ثابت نگه دارند. در این ساختمان ها موقعیت پنجره ها، دیوارها، ایوان ها، سایبان ها و درخت ها بایستی طوری جهت یابی شود که موجب ایجاد سایه در تابستان و بیشترین بهره خورشیدی در زمستان گردد .

ابزارهای سه بعدی پیشرفته شبیه سازی انرژی ساختمان این امکان را فراهم می کنند که پی ببریم ساختمان چگونه در محدوده ای از طراحی های مختلف عمل خواهد کرد. مانند: جهت گیری ساختمان (مطابق با وضعیت روزانه و فصلی خورشید)، نوع و جایگاه در و پنجره ها، عمق سایه بان، نوع عایق و ارزش عناصر مختلف ساختمان، کارایی سیستم گرمایشی، سرمایشی، روشنایی، توجه به آب و هوای محلی و سایر تجهیزات، این شبیه سازها به طراحان کمک می کنند تا عملکرد ساختمان را پیش از ساخته شدن پیش بینی کنند و بدین ترتیب طراحان را قادر می سازد که تا حد امکان با صرفه ترین و اقتصادی ترین پروژه را طراحی کنند. ساختمان های صفر انرژی در بهترین شکل به لحاظ ذخیره سازی انرژی ساخته می شوند و این شکل بر اساس ویژگی آب و هوایی منطقه تغییر می کند.

به منظور استفاده حداقل از انرژی در تمامی سطوح ساختمانی می بایست ساختمان های احداث شده بهینه گردند. منظور از بهینه سازی ساختمان این است که مقادیر ضریب انتقال حرارتی کلی برای دیوارها، پنجره ها، سقف و نوع پنجره ها، ظرفیت حرارتی و ضخامت جرمی حرارتی و جهت ساختمان تغییر داده و نتایج را تحلیل نموده و در مجموع بهینه ترین حالت با کمترین میزان مصرف انرژی را انتخاب نماییم [۱۲].

برای این منظور در کنار سیستم های پسیو خورشیدی به منظور حداقل رساندن تلفات تعویض هوا، استفاده از پنجره-های دو جداره با شیشه هایی با ضریب انتشار کم و افزایش نرخ تعویض هوای شبانه تابستان، با افزایش مقاومت حرارتی عایق و ضخامت جرم حرارتی، تهویه طبیعی در تابستان و جهت یابی مناسب می توان نیازمندی های سالیانه را کاهش داد [۱۲].

تهویه طبیعی (NV) به طور گسترده ای به عنوان انرژی کم به رسمیت شناخته شده است. رویکرد تهویه داخل ساختمان ساده است. بنابراین به خوبی با آب و هوای معتدل مناسب است. به ویژه در ساختمان های با افزایش حرارتی داخلی به نسبت کم و زمانی که ساکنین تغییرات درجه حرارت داخلی را تحمل می کنند. باد به عنوان یک منبع بسیار مناسب تهویه طبیعی محسوب می گردد که مبادلات هوای داخل ساختمان و تهویه مطبوع را بر عهده دارد. هدف از این کار، ارزیابی و سنجش طراحی، به منظور دستیابی به تهویه طبیعی به عنوان جایگزین مناسبی به جای سیستم تهویه مکانیکی است [۷].

5-2- مولفه های پنج گانه ی یک ساختمان انرژی صفر خالص

راهنمای چگونگی خالص صفر سازی انرژی، از طریق طراحی هوشمند و فن آوری های نوین [5].

5-2-1- منابع جایگزین انرژی: انرژی های جایگزین را می توان از منابع مختلفی استخراج کرد: انرژی خورشیدی، باد، زمین گرمایی و زیست توده . از این منابع انرژی تجدید پذیر می توان در کارکردهای مختلفی از جمله تامین برق،

www.SID.ir

Archive of SID

حرارت و خنک کننده برای یک ساختمان و مصرف پایین تر توسط آب و برق شبکه های سنتی بهره برد. تاثیر گذار ترین عامل در به دست آوردن انرژی صفر خالص در یک ساختمان انتخاب نوع و مقدار انرژی جایگزین می باشد. به عبارت ساده، منبع انرژی جایگزین باید مبتنی بر منابع طبیعی ارائه شده توسط منطقه خاصی که محل ساختمان در آن واقع شده است انتخاب شود. **5-2-2- طراحی سیستم خورشیدی غیر فعال:** توجه زیاد به جهت گیری ساختمان در سایت و جایگذاری مناسب درب و پنجره در طراحی انرژی غیر فعال خورشیدی ضروری است. علاوه بر این استفاده از مولفه پوسته ساختمان با کارایی بالا مهم است، کاهش بیشتر بار انرژی برای ایجاد یک ساختمان خالص انرژی صفر ضروری است .

5-2-3- پوشش ساختمان با کارایی بالا: این کار را می توان با افزودن چندین عایق با کارایی بالا در یک سازه یک ساختمان انجام داد، یا با استفاده از سیستم دیوار قالبی یا پنل که پل حرارتی را از بین می برد.

5-2-4- روشنایی و نور روز: در سال های اخیر، محصولات و سیستم های روشنایی به طور قابل توجهی به منظور کمک به کاهش تقاضاها بهبود یافته است. البته، عدم استفاده از هر گونه نور مصنوعی، مفیدترین راه برای کاهش مصرف است. به طور معمول ساختمان انرژی صفر به طور موثر اجازه می دهد نور روز به درون فضاهای بسیار محصور نفوذ کند، و به کار گرفتن سیستم روشنایی با تکنولوژی بالا که خروجی نور مصنوعی بر اساس میزان نور روز در حال حاضر تنظیم می کند. علاوه بر این، حسگرهای حضوری، می تواند برای مناطقی که به طور مداوم نیازی به روشنایی مداوم ندارند استفاده شوند. البته، منبع نور مصنوعی به خودی خود می توانند قدرت کمتری ایجاد کند هنگامی که از CFL و LED استفاده شود.

5-2-5- فناوری ها وکارافزارهای کم مصرف: به غیر از روشنایی، مصارف برق دیگر، ناشی از کارافزارها و تجهیزات دفتری و اداری می باشند. خوشبختانه، تولید کنندگان بسیاری از صنایع، دارای طرح های نوآورانه" پایداری "هستند که این طرح ها روی پایین آوردن انرژی مصرف شده توسط محصولاتشان تمرکز دارند. بسیاری از سیستم های رتبه بندی مانند برنامه انرژی استار دولت ایالات متحده، انتخاب محصولات مناسب برای مصرف کنندگان را ساده می کنند که به هدف" دستیابی به یک شبکه انرژی صفر " کمک خواهد کرد.

5-3- سیستم های پربازده کاربردی[12].

5-3-1 تاسیسات برقی

سیستم فتوولتائیک: در این سیستم، برای تولید الکتریسیته از پانل های خورشیدی استفاده می شود. برای آن که بتوان به بیشترین بازده از پانل ها دست یافت، بایستی پانل ها را رو به تابش خورشید قرار داد. به همین دلیل این پانل ها، بر روی شاسی های متحرک روی پشت بام که با زاویه خورشید قابل تغییر باشند می توان نصب کرد. در ایران می بایست پانل ها را رو به جنوب با زاویه بین ۳۰ - ۴۰ درجه تنظیم و نصب گردد. سلول های خورشیدی امروزه حتی می تواند به عنوان شیشه پنجره به کار گرفته شود. این سلول ها دارای این قابلیت می باشند که بین ۹۰ - ۸۰ درصد نور خورشید را از خود عبور دهند. این کیفیت باعث می شود که پنجره های مجهز به سلول های خورشیدی بتوانند به خنک ماندن هوای داخل ساختمان در تابستان کمک کنند و هم چنین ساختمان را زیباتر نمایان سازند و انرژی الکتریسیته مورد نیاز ساختمان را تهیه نمایند.

به منظور استفاده از کلکتورهای خورشیدی در ساختمان، به کمک برنامه شبیه سازی ترانسیس می توان میزان بازده کلکتورها با مساحت جرمی ساختمان را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمود که با افزایش دبی جرمی، راندمان کاهش می یابد، به عبارتی با افزایش مساحت، راندمان کاهش می یابد. برق تولیدی توسط فتوولتائیک ها در مبدل به جریان متناوب تبدیل شده و توسط برد توزیع، بین مصرف کننده ها و شبکه تقسیم می شود. اضافی تولید برق به فروش می رسد و کمبود آن از شبکه خریداری می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف انرژی الکتریسیته برای تامین روشنایی و سایر تجهیزات در یک ساختمان معمولی به طور متوسط در یک سال برابر جدول شماره ۶ مورد اندازه گیری قرار گرفته است.

جدول۶ مقدار انرژی مصرف شده توسط دستگاه های الکتریکی در یک سال (ماخذ: افشارزاده و همکاران: ۱۳۹۱)

مصرف کننده	کیلو وات ساعت در سال KW/h
روشنایی	۷۳۰۰
یخچال	۹۱۲
سردخانه	۱۲۳۱
فریزر	۶۴۲
ماشین ظرف شویی	۱۰۳۲
قهوه ساز	۲۱۹
ماشین لباس شویی	۲۴۹
جاروبرقی	۲۱۸
فن کوئل ها	۲۳۸۰
فن های تهویه آشپزخانه و سرویس ها	۷۳۰
ماکروویو، فربرقی، اجاق برقی	۱۵۷۸۲
جمع	۳۰۶۹۵

با نصب تعداد ۳۲ پانل فتوولتائیک ۱۸۰ وات به ظرفیت کلی ۸۷۶۰ وات پیش بینی می شود این سیستم می تواند در طی سال ۳۰۶۹۵ کیلو وات ساعت انرژی تولید کند که کلیه مصارف برق تک فاز که شامل جدول بالا می باشد را تامین خواهد کرد. با توجه به تلفات شبکه و راندمان نیروگاه های حرارتی کشور، این مقدار انرژی برقی تولید شده معادل صرفه جویی ۱۴۳۷۰ متر مکعب گاز طبیعی در سال است که به نوبه خود موجب کاهش ۲۷ تن دی اکسید کربن می شود.

۵-۳-۲- سیستم گرمایش

با استفاده از انواع کلکتورهای خورشیدی و تولید انرژی حرارتی، جهت تامین آبگرم مصرفی، حرارت مرکزی و تهویه ساختمان و هم چنین انرژی موردنیاز از این طریق در ساختمان ها تولید می شود. در سیستم گرمایشی مرکزی، گرمای مورد نیاز تمام قسمت ها، در یک قسمت از ساختمان تولید می شود و به کمک وسایل توزیع از قبیل فن کوئل، کانال و ... به بخش های موردنیاز فرستاده می شود.

۵-۳-۳- سیستم چرخشی آب

برای صرفه جویی در مصرف آب، آب های مصرفی در سینک و ظرفشویی و حمام، نه تنها راهی فاضلاب نمی شود بلکه در یک منبع نصب شده در کف ساختمان ذخیره شده و به مصرف آبیاری فضای سبز می رسد. هم چنین آب باران از طریق ناودانی ها راهی آب انبارهای زیرزمینی شده و برای آبیاری باغچه های کشت سبزیجات مصرف می شود. گاهی اوقات پساب

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی از سینک دستشویی و روشویی را در مخزن کوچکی ذخیره و پس از گذر از یک صافی در فلاش تانک توالت مورد استفاده قرار می دهند.

۵-۴- عایق کاری ساختمان

دمای محیط بیرون در فصول مختلف و در ساعات مختلف شبانه روز متغیر است و تبادل حرارت بین فضا های بیرونی و درونی ساختمان باعث می شود فضاهای داخلی تحت تاثیر محیط بیرون قرار گرفته و آسایش ساکنان را مختل کند. بدین منظور با استفاده از انواع عایق های حرارتی در پوسته خارجی ساختمان از این تبادل حرارتی ناخواسته در ساختمان جلوگیری می شود. استفاده از عایق های حرارتی مناسب جهت عایق بندی سطوح خارجی ساختمان با در نظر گرفتن حداقل ۳۰ سانتی متر عایق حرارتی، وهم چنین عایق کاری سقف که بیشترین میزان اتلاف انرژی را دارد، از موارد ضروری می باشد [۱۳].

فرمول و محاسبه ضریب هدایت حرارتی دیوار با عایق (۳۰ سانتی متری) برابر است با:

$$U = 1/R$$

مقاومت حرارتی عایق حرارتی پلی استایرن:

$$r = t/k$$

$$r = 30/0.04 = 750\ ft^2.hr.f/btu$$

مقامت حرارتی کل دیوار آجری با عایق حرارتی پلی استایرن (30 سانتی متری):

$$R = r1 + r2 + r3 + r4 + \dots$$

$$R = 0.1136+1.6+0.1515+0.6849+0.17+750=752.72\ ft^2.hr.f/btu$$

ضریب هدایت حرارتی دیوار آجری با عایق پلی استایرن (۳۰ سانتی متری):

$$U = 1/R$$

$$U = 1/752.72 = 0.001328\ btu/ft^2.hr.F$$

جدول7 مقایسه ضریب حرارتی دیوار آجری معمولی (20سانتی‌متری) با دیوار با عایق پلی‌استایرن (30 سانتی‌متری) (ماخذ: دلشاد و رشید کلویر، 1393)

ضریب هدایت حرارتی دیوار آجری معمولی (20 سانتی متری)	0.3676 $btu/ft^2.hr\ .\ F$
ضریب هدایت حرارتی دیوار آجری با عایق پلی استایرن (30 سانتی متری)	0.001328 $btu/ft^2.hr\ .\ F$

عایق هایی مانند پلی استایرن با هدایت حرارتی k=0.04 و پلی یورتان با هدایت حرارتی k=0.02 بهترین گزینه برای عایق کاری سقفی می باشد. عایق کاری لوله های تاسیسات و لوله های آب گرم رفت و برگشت به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی از دیگر موارد مهم شمرده می شود.

5-5- پنجره ها

امروزه در حدود 15 – 20 درصد کل اتلاف انرژی از طریق پنجره ها صورت می پذیرد که با استفاده از پنجره های دو جداره با فرم یو پی وی سی (UPVC) و با گاز تزریقی خنثی با ضخامت 16 میلی متر و یا پنجره های دوجداره کم تاب با ضخامت 12 میلی متر و با گاز تزریقی کریپتون که دارای ضریب انتقال حرارت 1/1 w/mk هستند، می توان از این هدر رفت جلوگیری نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

6- نتیجه گیری

انرژی و مباحث پیرامون آن - از قبیل آلودگی های زیست محیطی - یکی از اصلی ترین دغدغه های همه جوامع است. از موضوعات پیشنهادی جهت کاهش مصرف انرژی در صنعت ساختمان، طراحی و اجرای ساختمان های انرژی صفر است. از نکاتی که در طراحی این ساختمان ها بسیار خائز اهمیت می باشد این است که به وسیله متد های طراحی معماری و هم چنین با بهره گیری از سیستم های غیر فعال (پسیو)، مصرف انرژی به حداقل برسد. سپس مابقی نیاز ساختمان توسط متد های طراحی فعال (اکتیو) و تکنولوژی های تجدید پذیر تامین گردد.

جدول 8 متد های طراحی ساختمان انرژی صفر (ماخذ: نگارنده)

متدهای طراحی پسیو	متدهای طراحی اکتیو و تکتولوژی های تجدید پذیر
انتخاب جهت مناسب، ظرفیت حرارتی و ضخامت جرمی حرارتی، انتخاب عایق مناسب، موقعیت پنجره ها، سایبان ها، درخت و فضای سبز، استفاده از پنجره های دو جداره و...	سلول های فتوولتائیک خورشیدی، توربین های بادی، پمپ های حرارتی، آبگرمکن های خورشیدی و...

بررسی های اقلیمی نشان می دهد که شهر اصفهان جز شهر های دارای ساعات آفتابی نسبتا زیاد می باشد و می توان از خورشید جهت تامین انرژی استفاده کرد. هم چنین با بررسی متوسط سرعت باد نیز می توان از این نیرو در این راستا بهره برد.

در طراحی خانه با انرژی صفر در اصفهان می توان از سلول های فتوولتائیک جهت تامین برق مصرفی، از انواع کلکتور های خورشیدی برای تامین آب گرم و تولید انرژی حرارتی مرکزی جهت تهویه ساختمان استفاده نمود. هم چنین با استفاده از عایق حرارتی در سقف و دیوارها، به کارگیری پنجره های دو جداره و حذف پل های حرارتی، به حداکثر نگهداشت انرژی رسید.

در پایان نیز باید اشاره کرد که عواملی همچون رفتار مصرف کنندگان و مدت زمان استفاده از وسایل برقی و ... در کنار استراتژی های طراحی و ساخت خانه های انرژی صفر باید مورد توجه قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] Williams J, Mitchell R, Raicic V, Vellei M, Mustard G, Wismayer A, Yin X, Davey S, Shakil M, Yang Y, Parkin A, Coley D, Less is more: A review of low energy standards and the urgent need for an international universal zero energy standard, Journal of Building Engineering, 2016.

[2] مدی، ح. علی اکبری، پ. رویکرد همه جانبه در طراحی خانه های انرژی صفر، فصلنامه علمی – ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نو، سال دوم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۴ ، ص ص۱۶-۱۱ .

[3] چرکزی،گ. فرخ زاد، م. سالاریان، ح. طراحی ساختمان با مبحث انرژی صفر، چهارمین کنفرانس بین المللی رویکرد های نوین در نگهداشت انرژی.

[4] مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه جویی در مصرف انرژی، نشر توسعه ایران، 1395، چاپ یازدهم.

[5] عباسی، س. رضایی، د. بررسی راهکارهای تحقق پذیری ایده ساختمان های صفر انرژی (ZEB)، گامی جهت عملی کردن اصول معماری پایدار، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه کالبدی، کوهدشت، 3 اردیبهشت 1394.

[6] کریمی صفا، ه. برادران رحیمی، ا. بررسی ساختمان های با مصرف انرژی صفر، دومین کنفرانس و نمایشگاه مدیریت و بهینه سازی انرژی، پژوهشگاه نیرو، 20 و 21 دی ماه 1390.

[7] Marszal A, Joanna A : Zero Energy Building – A Review of definitions and calculation methodologi Energy and Buildings, 43 (4), pages 971–979.

[8] حیدری، ش. برنامه ریزی انرژی در ایران (باتکیه بر ساختمان)، انتشارات دانشگاه تهران، 1388.

[9] ریاحی زانیانی، ج. تقی پور قهفرخی، ش. جهانگیری، م. ساختمان های صفر انرژی، مولفه ها و راهکار های رسیدن به آن، کنفرانس بین المللی دستاورد های نوین در عمران، معماری، محیط زیست و مدیریت شهری، 25 خرداد 1394.

[10] Wang L, Gwilliam J, Jones P, Case study of zero energy house design in UK, Energy and Buildings, 41,pp. 1215-1222.

[11] افجه، ق. فرزی، م. دولت آبادی،م. ساختمان مصرف انرژی صفر، بیست و هفتمین کنگره بین المللی برق.

[12] افشارزاده، غ. افشارزاده، م. رمضان زارع، م. آسایش در خانه تجربه لواسان، نشریه اندیشه ایرانشهر، 17-16، 1391.

[13] دلشاد، س. رشید کلویر،ح. طراحی ساختمان مسکونی با تئوری صفر انرژی (zero energy) نمونه موردی شهر اردبیل، اولین همایش ملی معماری، عمران و محیط زیست شهری، همدان، خرداد 1393.

[14] اداره کل هواشناسی استان اصفهان، بهار 95

www.SID.ir