

# بررسی پارامترهای مؤثر در میزان مصرف انرژی در بخش مسکونی در ایران

سیامک کاظم زاده حنانی

دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی شریف

ساناز عرب زاده اسفرجانی

کارشناس مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی شریف

arabzadehes@alum.sharif.edu

## چکیده

در این مقاله با استفاده از نرم افزار ASEAM (A Simplified Energy Analysis Method) اثر پارامترهایی چون تنوع مصالح در دیوارهای خارجی، عایقکاری دیوارهای خارجی، تنوع مصالح در سقف، عایقکاری سقف، انواع شیشه و اندازه پنجره ها در بار حرارتی و میزان مصرف انرژی ساختمان در ماههای سرد سال در یک ساختمان حقیقی در شرایط آب و هوایی شهر تهران بررسی شده است.

واژه های کلیدی : مصرف انرژی، بار حرارتی، بهینه سازی، نرم افزار ASEAM

## ۱ مقدمه

در ایران سالانه مقادیر زیادی انرژی در بخش مسکونی مصرف می شود. بنا به برآورد سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، سهم مصرف سوخت در ساختمانها حدود ۳۸٪ از مصرف کل سوخت کشور می باشد که در مقایسه با سایر بخشها نظیر حمل و نقل، صنعت و کشاورزی سهم قابل ملاحظه ای است.

با توجه به بالا بودن سهم قابل توجه مصرف نهایی انرژی در بخش خانگی در ایران، محاسبه دقیق بارهای حرارتی و برودتی یک ساختمان و تجزیه و تحلیل بارها و تلاش در جهت کاهش اتلاف انرژی در ساختمانها از جمله راههای مؤثر در کاهش مصرف انرژی سیستمهای گرمایش و سرمایش

ساختمانها می باشد. یکی از ابزارهای ضروری برای مطالعه مصرف انرژی در ساختمانها، نرم افزارهای شبیه سازی انرژی در ساختمانها می باشد. وجود نرم افزارهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمان موجب می شود تا طراحان و مالکین ساختمانها بدون نیاز به انجام محاسبات پیچیده، قادر به انتخاب بهترین تجهیزات، اعمال روشهای بهینه سازی مصرف انرژی و برآورد صرفه جویی اقتصادی ناشی از آنها گردند. از جمله این نرم افزارهای تحلیل انرژی، نرم افزار ASEAM (A Simplified Energy Analysis Method) می باشد که برای محاسبه مصرف انرژی در یک ساختمان بکار می رود. این برنامه بر اساس روش بسته ای بهبود یافته<sup>1</sup> کار می کند و نتایج را بر اساس نتایج نرم افزار DOE-2 با 4 تا 5 درصد اختلاف با مقادیر واقعی محاسبه می کند. [5]

Florides [7] از نرم افزار TRNSYS جهت شبیه سازی انرژی در یک ساختمان مدل در شرایط آب و هوایی نیکوزیا و مصر استفاده کرده است. در این بررسی، پارامترهای مؤثر بر بارهای سرمایشی و گرمایشی و میزان مصرف انرژی ساختمان همچون عایقکاری جداره های خارجی ساختمان، بار تابشی خورشید، انواع شیشه و جهت استقرار ساختمان مورد توجه قرار گرفته و در نهایت میزان صرفه جویی اقتصادی ناشی از بهینه سازی مصرف انرژی محاسبه شده است. Balaras [8] در تحقیقی مشابه از نرم افزار EPIQR جهت محاسبه تاثیر بارهای سرمایشی و گرمایشی فضاهای داخلی ساختمان، آبگرم بهداشتی و روشنایی بر میزان مصرف انرژی ساختمان ها در یونان استفاده کرده است.

در این بررسی از نرم افزار ASEAM جهت محاسبه پارامترهای مؤثر بر بار حرارتی و میزان مصرف انرژی گرمایشی یک ساختمان مسکونی در شرایط آب و هوایی شهر تهران استفاده شده است.

## ۴ قابلیت‌های نرم افزار ASEAM

نرم افزار ASEAM قابلیت محاسبه بارهای حرارتی و برودتی و محاسبات مربوط به سیستم مرکزی و اجزاء و سیستم تهویه را دارد. این نرم افزار همچنین می تواند اندازه اجزاء خنک کننده و جریان هوای لازم را محاسبه کند و قابلیت استفاده از فایل های استاندارد آب و هوایی ASHRAE (انجمن مهندسين تهويه مطبوع آمریکا) را دارد. این برنامه ضمن محاسبه مصرف انرژی ماهیانه و سالیانه یک ساختمان به کاربر اجازه می دهد اثر مواردی چون عایق کاری، استفاده از پمپ های حرارتی و شیشه های دوجداره را در صرفه جویی انرژی بررسی کند.

---

<sup>1</sup> - Modified Bin Method

همچنین می‌توان با دادن ورودی‌های مناسب شامل قیمت مصالح، انرژی و نگهداری تعمیرات و پارامترهای متنوع دیگر و با استفاده از روشهای محاسبه هزینه‌ها در طول عمر یک واحد مسکونی با این نرم افزار به بررسی اثر اقتصادی صرفه‌جویی انرژی پرداخت.

### ۴ مدل مورد مطالعه

برای انجام مطالعات از نقشه یک ساختمان مسکونی در شهر تهران استفاده شده است. این ساختمان سه طبقه مسکونی دارای زیربنای کلی ۶۳۲ مترمربع و مساحت ۱۰۸/۷۲ مترمربع برای هر طبقه می‌باشد. هر سه طبقه دارای پلان معماری یکسانی هستند.

### ۴ + فضاها

براساس نقشه معماری مربوط به طبقات، می‌توان فضای داخلی هر طبقه را به سه فضا (zone) مشخص تفکیک نمود بنابراین در کل ۹ فضا (thermal zone) جهت انجام محاسبات گرمایشی خواهیم داشت. مشخصات هر فضا به شرح زیر است:

- ارتفاع فضا از کف تا سقف: ۹/۲ فوت (۲/۸ متر)
- مشخصات جداره‌های خارجی فضا:

نوع	مصالح بکار رفته (ضخامت cm)
دیوار خارجی	آجرنما (۵) + ملات ماسه سیمان (۳/۵) + آجر (۱۰) + گچ و خاک (۲/۵) + سفیدکاری (۰/۵)
پنجره	پنجره ساده یک جداره
سقف	آسفالت (۲/۵) + قیرو گونی (۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + پوکه (۱۰) + طاق ضربی (۱۰) + گچ و خاک (۲/۵) + سفیدکاری (۰/۵)
کف	سرامیک (۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + پوکه معدنی (۱۰) + بتن رویه (۵) + تیرچه بلوک سفالی (۲۵) + گچ و خاک و رنگ (۲/۵) + سفیدکاری (۰/۵)

نوع	مساحت دیوارهای خارجی (ft <sup>2</sup> )	مساحت پنجره (ft <sup>2</sup> )	مساحت کف (ft <sup>2</sup> )
فضای شماره ۱	635.3	121.1	689
فضای شماره ۲	195.9	28.4	135.6
فضای شماره ۳	271.3	24.2	140

## ۴ ۴ سیستم گرمایشی ساختمان

- سیستم مورد استفاده جهت گرمایش ساختمان فن کویل می باشد که منبع تأمین حرارت کویل گرم آن دستگاه بویلر می باشد. سایر مشخصات سیستم فن کویل به شرح زیر است:
- ماکزیمم دمای هوای بیرون که هنوز در داخل ساختمان سیستم های گرمایشی روشن است، ۶۸ درجه فارنهایت ( $20^{\circ}\text{C}$ ) است.
  - دمای هوای گرم شده خروجی از روی کویل گرم که جهت گرفتن بار گرمایشی ساختمان بدخل فضاها فرستاده می شود ۸۴/۲ درجه فارنهایت ( $29^{\circ}\text{C}$ ) می باشد.

## ۴ ۳ بویلر

- منبع تولید انرژی حرارتی بویلر گاز طبیعی است.
- میزان تلفات حرارتی دیگ و لوله ها حدود ۱۰% از بار حرارتی کل ساختمان در نظر گرفته می شود.
- راندمان دیگ در حدود ۹۰% می باشد.

## ۴ پارامترهای مؤثر بر میزان مصرف انرژی ساختمان

### ۴ ۱ عایقکاری دیوارهای خارجی

در این بررسی دیوارهای خارجی ساختمان را با سه نوع مختلف مصالح نما (نمای آجری، نمای سنگی و نمای سیمانی) در نظر گرفته و میزان بار گرمایشی و مصرف انرژی سه نوع دیوار را با هم مقایسه می کنیم. سپس ضخامت عایق پشم شیشه در این دیوارها را تغییر داده و اثر آن را بر میزان بار گرمایشی ساختمان و مصرف سالانه انرژی (برای ماههایی که گرمایش داریم) بدست می آوریم.

با استفاده از نمودارهای ۱ و ۲ مشاهده می شود که دیوار خارجی با نمای آجری دارای ضریب انتقال حرارت بالاتر نسبت به دیوار با نمای سنگی و یا نمای سیمانی می باشد. در نتیجه میزان تلفات حرارتی ناشی از دیوارهای خارجی با نمای آجری از نمای سنگی و نمای سیمانی بیشتر بوده و سبب افزایش مصرف گاز طبیعی در ماههای سرد سال می شود. ضریب انتقال حرارت دو نوع دیوار با نمای سنگی و نمای سیمانی نزدیک به هم بوده و در نتیجه میزان تلفات حرارتی و نیز مصرف انرژی این دو نوع دیوار تقریباً یکسان می باشد.

براساس نمودارهای ۱ و ۲ با افزایش ضخامت عایق در سه نوع دیوار، بتدریج اختلاف بین مقدار مصرف انرژی آنها با هم کاسته شده و فاصله بین نقاط متناظر منحنی‌ها از هم چه در نمودار مصرف انرژی و چه در نمودار بار حرارتی، کمتر می‌شود. چرا که بتدریج با افزایش ضخامت عایق،  $U$  دیوارها که مرتباً کمتر می‌شود بهم نزدیکتر شده و در نتیجه سبب عملکرد مشابه سه نوع دیوار در میزان تلفات حرارتی و مصرف انرژی می‌شود. بنابراین با عایقکاری دیوارهای خارجی تا ضخامت مناسبی می‌توان مقاومت حرارتی دیوار با هر نوع مصالحی را تا حد مطلوبی بهبود بخشید.

نکته قابل توجه دیگری که از نمودارهای بار حرارتی و مصرف انرژی بدست می‌آید، شکل این نمودارها و روند کاهش آنها است که در ابتدا با افزایش ضخامت عایق با شیب تندی کاهش می‌یابد و پس از آن، از یک ضخامتی به بعد، کاهش بار حرارتی و مصرف انرژی با نرخ کندی انجام گرفته و شیب منحنی‌ها کم می‌شود.

استفاده از ۰/۵ اینچ عایق پشم شیشه در دیوار با نمای آجری میزان بار گرمایی ساختمان را تا ۱۵/۸٪ کاهش می‌دهد و با افزایش ضخامت به ۱ اینچ این درصد به ۲۳٪ افزایش می‌یابد. افزایش ضخامت عایق از ۱/۵ اینچ به ۲ اینچ و از ۲ اینچ به ۲/۵ اینچ تنها کاهش ۳٪ ای بار گرمایش را سبب می‌شود. در صورت افزایش ضخامت عایق بیشتر از ۲ اینچ، بارهای گرمایی تغییر کمتری می‌کنند. همچنین با ضخامت ۰/۵ اینچ عایق، میزان مصرف انرژی ۲/۳٪ کاهش می‌یابد. با افزایش ضخامت عایق به ۱ اینچ این درصد به ۴٪ می‌رسد یعنی نسبت به حالت قبل (۰/۵ اینچ) مصرف انرژی ۱/۶٪ کاهش می‌یابد.

با افزایش ضخامت عایق از ۲ اینچ به ۲/۵ اینچ میزان کاهش مصرف انرژی تنها ۰/۱۴٪ کمتر می‌شود بنابراین با افزایش ضخامت عایق بیشتر از ۲ اینچ، مصرف انرژی تغییرات چندانی محسوس نمی‌کند. در نتیجه از یک حد ضخامت عایق به بعد کاهش بار حرارتی و مصرف انرژی روند کندتری را طی می‌کند که این امر از رفتار منحنی‌ها در نمودارهای ۱ و ۲ مشخص است. بعنوان نمونه برای دیوار با نمای آجری، میزان کاهش مصرف سالانه گاز طبیعی ناشی از عایقکاری دیوارهای خارجی به ضخامت ۲ اینچ برابر با ۵ می‌باشد.

#### ۴ ۴ عایقکاری سقف

در این بررسی بام ساختمان را با چهار نوع مصالح و در نتیجه  $U$ -factor های مختلف به ترتیب زیر در نظر گرفته و میزان بار گرمایی و مصرف انرژی آنها را با هم مقایسه می‌کنیم. سپس ضخامت عایق پشم‌شیشه را در این چهار مدل تغییر داده و اثر آن بر میزان بار گرمایی ساختمان و مصرف سالانه انرژی را بدست می‌آوریم.

\* حالات مختلف سقف براساس مصالح بکار رفته:

مصالح بکار رفته (ضخامت cm)	
حالت ۱	شیروانی+ بتن رویه (۵) + تیرچه بلوک سفالی (۲۵) + گچ و خاک (۵/۲) + سفیدکاری (۰/۵)
حالت ۲	موزائیک (۲/۵) + ملات (۲/۵) + قیرو گونی (۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + پوکه (۷) + بتن رویه (۵) + تیرچه بلوک سفالی (۲۵) + گچ و خاک (۲/۵) + سفید کاری (۰/۵)
حالت ۳	آسفالت (۲/۵) + قیرو گونی (۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + پوکه (۱۰) + طاق ضربی (۱۰) + گچ و خاک (۲/۵) + سفید کاری (۰/۵)
حالت ۴	موزائیک (۲/۵) + ملات (۲/۵) + قیرو گونی (۰/۵) + ملات ماسه و سیمان (۳) + پوکه (۱۰) + طاق ضربی (۱۰) + گچ و خاک (۲/۵) + سفید کاری (۰/۵)

نمودارهای ۳ و ۴ نشان می دهند که می توان با عایقکاری مناسب سقف، میزان تلفات حرارتی و مصرف انرژی را برای هر چهار نوع سقف مختلف تا حد قابل قبولی کاهش داد. رفتار این منحنی ها مشابه با رفتار منحنی های مربوط به بخش عایقکاری دیوارهای خارجی می باشد و از یک ضخامت عایق به بعد کاهش بار حرارتی و مصرف انرژی با نرخ کندی انجام می گیرد. این رفتار منحنی ها نشان دهنده این نکته است که عایقکاری جداره های خارجی ساختمان تا یک ضخامت مشخصی تاثیر چشم گیری بر روی کاهش تلفات حرارتی و صرفه جویی در میزان مصرف انرژی خواهد داشت و از آن حد به بعد این تاثیرات کمتر بوده و بحث هزینه و اقتصادی بودن آن پررنگ تر می شود.

### ۴ ۴ انواع شیشه

در این بررسی از ۱۰ نوع شیشه مختلف با ضرایب انتقال حرارت متفاوت، برای پنجره های موجود در دیوار خارجی ساختمان استفاده شده و تلفات حرارتی و میزان مصرف سالانه گاز طبیعی ساختمان برای این ۱۰ حالت محاسبه و با هم مقایسه می گردد.

\* انواع شیشه ها

ردیف	نوع شیشه
۱	Low-emissivity double-glazing, bronze
۲	Triple glazing (3/4)"
۳	Triple glazing (1/2)"
۴	Reflective double- glazing, bronze
۵	Triple glazing (1/4)"
۶	Clear double glazing (3/4)"

۷	Single- with storm window
۸	Clear double glozing (1/2)"
۹	Clear double glozing (1/4)"
۱۰	Single- without storm window

همانطور که از نمودار ۶ مشاهده می‌شود، ماکزیمم بار حرارتی مربوط به شیشه معمولی و کمترین بار مربوط به شیشه دو جداره کم تابش است که تلفات حرارتی این نوع شیشه حتی از شیشه سه جداره نیز کمتر است. با افزایش ضریب انتقال حرارت شیشه، بار حرارتی ناشی از آن نیز بطور خطی افزایش می‌یابد. با استفاده از شیشه دو جداره کم تابش، ماکزیمم بار حرارتی ساختمان به میزان ۱۱٪ نسبت به حالتی که از شیشه معمولی استفاده می‌شود، کاهش می‌یابد که این امر باعث کاهش مصرف سالانه انرژی تا میزان ۹/۴٪ می‌شود. (نمودار ۵)

#### ۴ ۴ اندازه پنجره‌ها

در این بررسی مساحت پنجره‌های ساختمان را از ۱ مترمربع برای هر پنجره تا ۳/۶ مترمربع تغییر داده و اثر آن بر میزان تلفات حرارتی و مصرف سالانه انرژی ساختمان را بررسی می‌کنیم. همانطور که از نمودارهای ۷ و ۸ پیداست، تغییرات بار حرارتی ساختمان نسبت به افزایش سطح پنجره‌ها خطی است و البته شدت افزایش بار حرارتی و مصرف انرژی در شیشه‌های ساده تک جداره در مقایسه با شیشه‌های دو جداره بیشتر می‌باشد. این تفاوت برای شیشه‌های ساده تک جداره عملاً دو برابر شیشه‌های دو جداره در کل محاسبات انرژی گرمایی ساختمان است.

با افزایش سطح شیشه پنجره‌ها درصدی از ماکزیمم بار حرارتی ساختمان که مربوط به بار پنجره‌ها است بطور خطی افزایش می‌یابد. بطوریکه در حالتی که مساحت کلیه پنجره‌ها ۱ مترمربع است بار حرارتی پنجره‌ها در حدود ۱۱٪ بار حرارتی ساختمان می‌باشد و با افزایش سطح شیشه این درصد نیز افزایش می‌یابد تا برای حالتی که سطح هر پنجره ۲/۳ مترمربع (اندازه واقعی پنجره‌ها در ساختمان) است، این درصد به ۱۸/۸٪ بار حرارتی ساختمان می‌رسد.

همزمان با افزایش انتقال حرارت از سطح شیشه‌ها، بار حرارتی ناشی از نفوذ هوا از درز پنجره‌ها نیز با افزایش مساحت پنجره‌ها بالا می‌رود. چرا که با افزایش سطح شیشه، محیط پنجره و در نتیجه طول شکاف نفوذ هوا نیز بیشتر می‌شود. بعنوان نمونه اگر مساحت پنجره‌ها از مقدار فعلی ۲/۳ مترمربع به ۱ مترمربع برای هر پنجره کاهش یابد میزان تلفات حرارتی ساختمان به اندازه ۹/۸٪ کمتر شده و صرفه‌جویی در مصرف انرژی تا ۶/۸٪ امکانپذیر خواهد بود.

#### ۴ ۵ بررسی چهار حالت مختلف

در این تحلیل چهار حالت مختلف از ترکیب عایق‌بندی جداره‌های خارجی ساختمان و کاربرد پنجره ساده یک جداره و دو جداره در شرایط آب و هوایی تهران در نظر گرفته شده و با هم مقایسه می‌شوند.

پنجره	کف	سقف	دیوار	
ساده یک جداره	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه با ضخامت 1"	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه با ضخامت 1"	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه به ضخامت 2"	حالت ۱
دو جداره	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه با ضخامت 1"	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه با ضخامت 1"	عایقکاری شده با عایق پشم‌شیشه به ضخامت 2"	حالت ۲
ساده یک جداره	بدون عایقکاری	بدون عایقکاری	بدون عایقکاری	حالت ۳
دو جداره	بدون عایقکاری	بدون عایقکاری	بدون عایقکاری	حالت ۴

از نمودار ۹ مشاهده می‌شود در مورد حالت ۳ و ۴ که عایق‌بندی سطوح خارجی ساختمان را نداریم، میزان مصرف انرژی از دو حالت دیگر ۱ و ۲ بیشتر می‌باشد. با استفاده از پنجره دو جداره می‌توان در حدود ۵٪ صرفه جویی در مصرف انرژی سالیانه نمود. نقش عایقکاری جداره های خارجی ساختمان بر کاهش مصرف انرژی ۱۴٪ می‌باشد و در صورت استفاده توام از پنجره دو جداره و عایق در جداره‌های خارجی ساختمان می‌توان تا میزان ۴۸٪ مصرف گاز طبیعی در سال را کاهش داد.

#### ۵ نتیجه گیری

در ساختمان مورد مطالعه، بیشترین سهم از بار حرارتی کل ساختمان مربوط به دیوار خارجی (۴۲٪) می‌باشد. که این امر نشان دهنده نقش مهم دیوارهای خارجی ساختمان در تلفات حرارتی و افزایش میزان مصرف انرژی حرارتی می‌باشد. نفوذ هوای بیرون به داخل ساختمان از طریق باز بودن در و پنجره ها و نیز شکاف موجود در آنها، یکی دیگر از عوامل موثر بر افزایش بار حرارتی ساختمان و مصرف انرژی می‌باشد که در ساختمان مورد مطالعه سهم نفوذ هوای بیرون از بار حرارتی کل ساختمان بعد از دیوارهای خارجی بوده و در حدود ۲۴٪ است.

پنجره ها نیز از عوامل مهم تلفات حرارتی ساختمان می‌باشد که با عبور حرارت از شیشه های یک جداره، میزان مصرف انرژی گرمایی در ساختمان بالا می‌رود. پنجره ها در ساختمان مذکور



در حدود ۱۹ از بار حرارتی کل ساختمان را بخود اختصاص داده اند. تلفات حرارتی از سقف و کف ساختمان نیز به ترتیب ۸ و ۷ از بار حرارتی ساختمان را شامل می شوند.

با عایقکاری دیوارهای خارجی \_ با نمای آجری \_ به ضخامت ۲ اینچ عایق پشم شیشه در تهران، می توان میزان مصرف گاز طبیعی در سال (برای ماههای سرد سال) را تا ۵ کاهش داد.

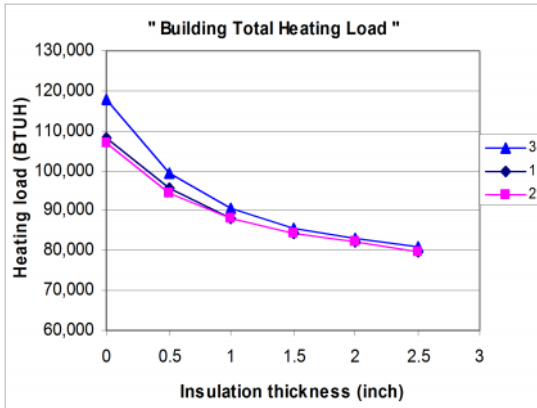
با عایقکاری یک مدل سقف با مصالح مشخص (حالت ۳ یا حالت ۴) به ضخامت ۱ اینچ عایق پشم شیشه بار حرارتی ساختمان به اندازه ۳ کاهش می یابد و میزان صرفه جویی در مصرف گاز طبیعی در حدود ۲۶۸ متر مکعب در سال می شود.

پنجره ها از دو طریق در افزایش تلفات حرارتی موثر هستند. یکی از طریق انتقال حرارت از سطح شیشه و دیگری با نفوذ هوای بیرون از درزهای پنجره. با استفاده از پنجره دو جداره و قاب استاندارد و درزبندی می توان جلوی تلفات حرارتی ساختمان از این دو طریق را به طور قابل ملاحظه ای گرفت.

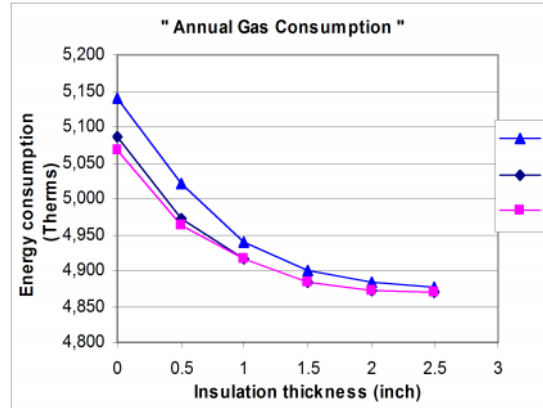
استفاده از پنجره دو جداره باعث کاهش بار حرارتی به میزان ۱۱ و کاهش مصرف سالانه انرژی گرمایش تا ۹/۴ می شود. با نصب صحیح پنجره ها و استفاده از نوار درزگیر برای جلوگیری از نفوذ هوای سرد بیرون به داخل می توان حداکثر ۶ تلفات حرارتی و حدود ۳ مصرف انرژی گرمایشی را کاهش داد.

سطح پنجره در دیوارهای خارجی بر بار حرارتی ساختمان موثر است به این ترتیب که با کاهش این سطح می توان تلفات حرارتی را از دو طریق کاهش انتقال حرارت از سطح شیشه ها و نیز کاهش نفوذ هوا از درز پنجره ها، کم نمود. به این ترتیب با کاهش سطح هر پنجره از مقدار ۳/۲ متر مربع به ۱ متر مربع می توان تا میزان ۹۸۶ متر مکعب در مصرف سالانه گاز طبیعی صرفه جویی نمود. همچنین با افزایش سطح پنجره های ساختمان، شدت افزایش بار حرارتی ناشی از آن در شیشه های ساده تک جداره تقریباً دو برابر شیشه های دو جداره می باشد.

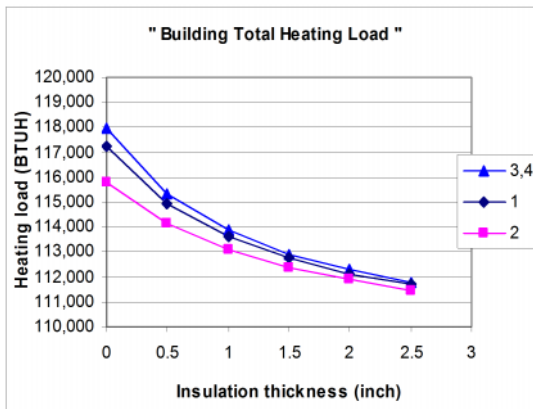
برای تعیین اثر عایقکاری جداره های خارجی ساختمان و استفاده از پنجره دو جداره بر مصرف سالانه گاز طبیعی، چهار حالت مختلف در نظر گرفته شد و پس از محاسبه تعیین گردید که با عایقکاری جداره های خارجی ساختمان بدون استفاده از پنجره دو جداره، می توان مصرف انرژی را ۳/۱۴ کاهش داد. در صورت استفاده از پنجره دو جداره به همراه عایقکاری جداره های خارجی، این میزان صرفه جویی به ۴۸/۵ می رسد.



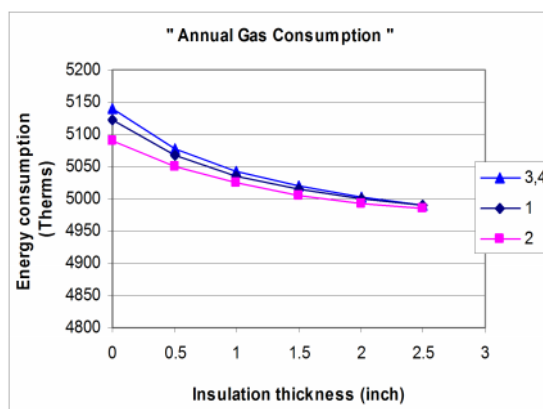
نمودار ۲ اثر عایقکاری دیوارهای خارجی بر میزان بار حرارتی کل ساختمان



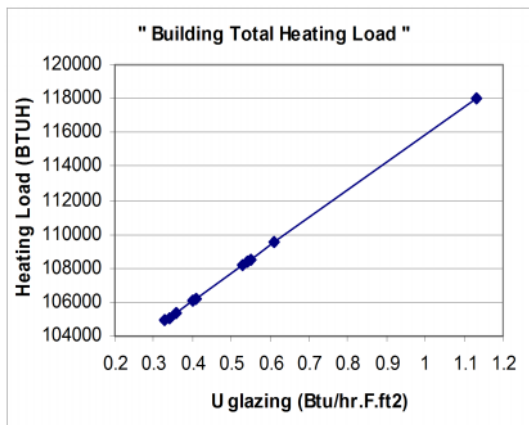
نمودار ۱ اثر عایقکاری دیوارهای خارجی بر میزان مصرف سالیانه گاز طبیعی (برای ماههای سرد سال)



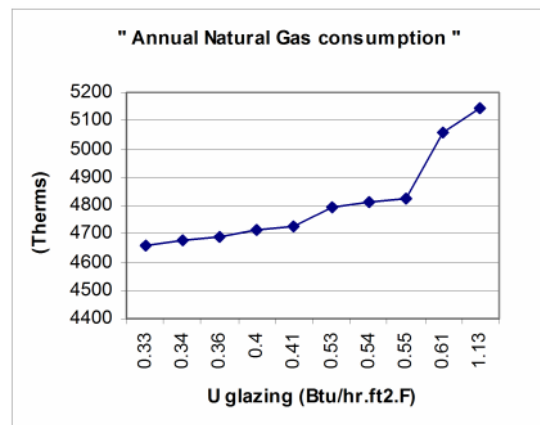
نمودار ۴ اثر عایقکاری سقف خارجی بر میزان بار حرارتی کل ساختمان



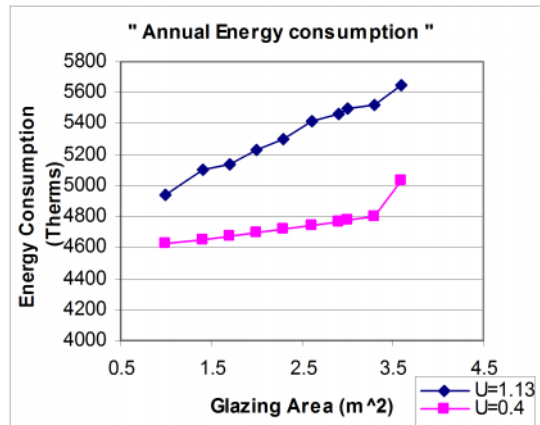
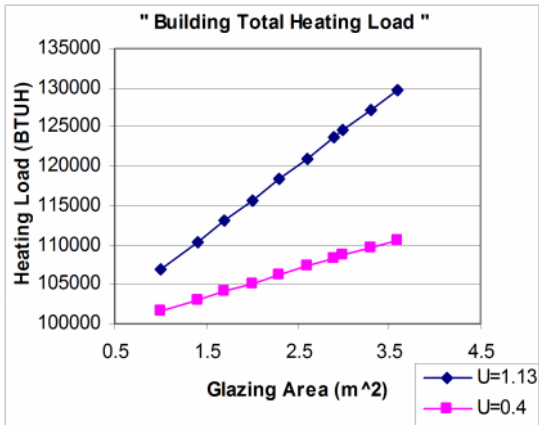
نمودار ۳ اثر عایقکاری سقف خارجی بر میزان مصرف سالیانه گاز طبیعی (برای ماههای سرد سال)



نمودار ۶ اثر انواع شیشه بر میزان بار حرارتی کل ساختمان

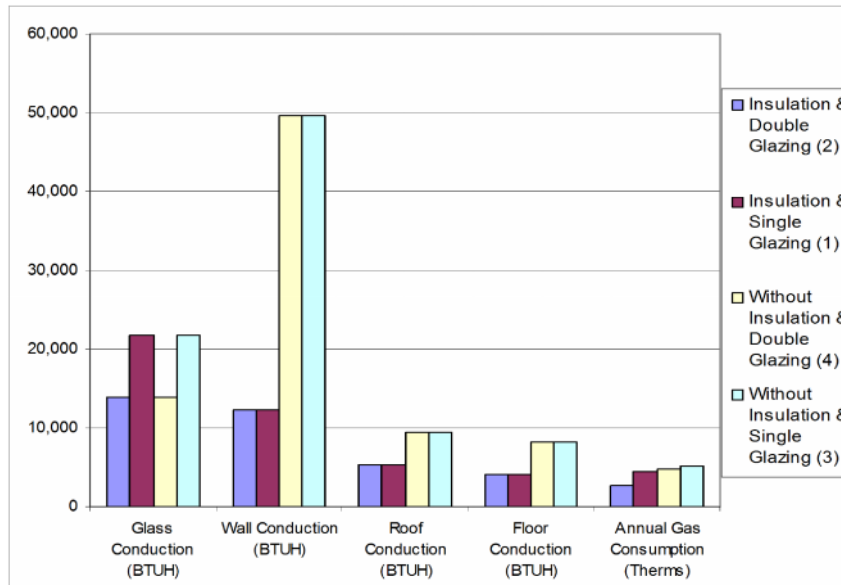


نمودار ۵ اثر انواع شیشه بر میزان مصرف سالیانه گاز طبیعی (برای ماههای سرد سال)



نمودار ۸ اثر اندازه شیشه بر میزان بار حرارتی کل ساختمان

نمودار ۷ اثر اندازه شیشه بر میزان مصرف سالیانه گاز طبیعی ( برای ماههای سرد سال )



نمودار ۹ میزان بار حرارتی و مصرف انرژی سالیانه اجزاء ساختمان برای چهار حالت مختلف

### منابع و مراجع مورد استفاده :

[۱] طباطبایی ، سید مجتبی ، " محاسبات تاسیسات ساختمان " ، شرکت انتشاراتی روزبهان ، چاپ

هشتم ، ۱۳۸۱

[2] [www.ieeo.org/building](http://www.ieeo.org/building)

- [3] Handbook of Air Conditioning System Design, Carrier Air conditioning company, New York Mc Graw-Hill, 1965
- [4] ASHRAE (2001), Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- [5] [www.eren.doe.gov/building/tools\\_directory/software/aseam.htm](http://www.eren.doe.gov/building/tools_directory/software/aseam.htm)
- [۶] کوچریمختار بیدی ، آلبرت ، " بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمانها با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی و تحلیل انرژی ساختمان " ، اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان ، تهران ، اسفند ۸۰
- [7] G.A.Florides; S.A Tassou; S.A Kalogirou; L.C. Wrobel, “ **Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness** “, Applied Energy 73, PP.299-328, 2002
- [8] C.A. Balaras; K. Droutsas; A.A. Argiriou; D.N. Asimakopoulos, “ **Potential for energy conservation in apartment buildings** “, Energy and Buildings 31, PP.143-154, 2000
- [9] Joe Huang; Jeffrey S. Haberl; Jan F. Kreider, “ **Simulation and Modeling-Building Energy Consumption** “, Handbook of Heating Ventilation and Air Conditioning, (publisher), 2001