



تامین آسایش حرارتی در ساختمان‌های مسکونی شهر تهران

مونا خانی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه معماری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

امیرعلی برقی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه معماری، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

چکیده

آسایش حرارتی^۱ با احساس رضایت و خشنودی از دمای اطراف تعریف می‌شود. میزان فعالیت بدنی و لباس، عوامل اقلیمی مانند دمای هوا، سرعت حرکت هوا و رطوبت هوا، پارامترهای اساسی تأثیرگذار در مطلوب بودن حرارت برای بشر هستند. نامطلوب بودن منجر به احساس شدید گرما و سرما در اکثر افراد می‌شود. همچنین ممکن است به وسیله‌ی جریان هوای ناخواسته، اختلاف زیاد دما بین قسمت بالا و پایین بدن ایجاد شود. از جمله نیازهای محیطی، نگهداری شرایط آسایش حرارتی برای ساکنان است. این عامل اثر مستقیمی بر سلامت، میزان بهره‌وری و روحیه افراد دارد. از سوی دیگر، ارزیابی آسایش حرارتی، فرایندی آگاهانه و دشوار است و مستلزم آگاهی از عوامل بسیاری چون شاخص‌های فیزیکی، فیزیولوژیکی، ذهنی، روانشناختی و عوامل دیگر می‌باشد. بطور کلی هدف تعیین حدود آسایش حرارتی در ساختمان‌ها است. مهم‌ترین سوال این تحقیق عبارت است از: تأثیرگذارترین عوامل بر آسایش حرارتی هر یک از افراد به چه عواملی بستگی دارد؟ در این پژوهش به شیوه تطبیقی - اسنادی و مقالات، گزارش‌های پژوهشی و کتاب‌ها مورد بررسی واقع شده است. بنابراین تعیین و تخمین محدوده آسایش یکی از مهم‌ترین کارهایی است که باید قبل از ساخت یک بنا انجام شود تا قابلیت بنای طراحی شده برای تامین شرایط آسایش حرارتی استفاده‌کننده ارزیابی شده و در صورت نیاز تغییرات لازم صورت پذیرد. در این مقاله سعی بر آن بوده تا عوامل مهم تأثیرگذار بر آسایش فیزیکی انسان در رابطه با محیط پیرامون مورد بحث قرار گرفته شود.

واژگان کلیدی: تامین آسایش، آسایش حرارتی، ساختمان، مسکونی، تهران.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین موارد در طراحی ساختمان، تامین آسایش حرارتی است که عوامل زیادی در آن تاثیرگذار هستند. قضاوت درباره آسایش حرارتی فرایند پیچیده‌ای است که تحت تاثیر عوامل فیزیکی، فیزیولوژی، روانشناختی و دیگر شاخصه‌ها قرار دارد. معمولا احساس حرارتی در افراد مستقر در محیط‌های یکسان ممکن است متفاوت باشد. به عبارت دیگر، ممکن است افراد ساکن در یک محیط حرارتی و اقلیم یکسان و متعلق به یک فرهنگ واحد، عقیده‌های متفاوتی نسبت به آسایش حرارتی داشته باشند؛ زیرا شاخص‌های زیادی وجود دارد که بر درک حرارتی^۱ افراد اثرگذارند. در حالت کلی، معیار کاملی برای برآورد شرایط آسایش حرارتی وجود ندارد و می‌توان گفت که آسایش حرارتی زمانی رخ می‌دهد که دمای بدن در بازه محدوده‌ای واقع شود، که رطوبت پوست کم باشد و تلاش فیزیولوژیکی بدن برای تنظیم دمای بدن به حداقل برسد. آسایش حرارتی همچنین به میزان لباس، میزان فعالیت افراد، حالت قرارگیری افراد بستگی دارد. آب و هوا، یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر زندگی انسان است و عبارت است از هوای غالب یک منطقه در دراز مدت (علیجانی، ۱۳۸۲). در شکل‌گیری شرایط آسایش انسان از دیدگاه اقلیم چهار عنصر نقش عمده دارند، این عناصر عبارتند از: دما، رطوبت، باد و تابش. در بین این عناصر آب و هوایی، دما و رطوبت نسبی تأثیر بیشتری در سلامت و راحتی انسان دارند و به این دلیل بیشتر مدل‌های سنجش آسایش انسان بر این دو عنصر استوار شده‌اند (محمدی، ۱۳۸۶). همه عناصر ساختمانی و انواع ساختمان‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در زمان‌های مختلف پاسخگوی شرایط آب و هوایی خارج باشند و شرایط آسایش حرارتی قابل قبول و حتی لذت‌بخشی را برای ساکنین فراهم کنند. اگر در معماری به شرایط واقعی آسایش حرارتی توجه شود، نتایج مهمی قبیل راهنمای ساختمان‌ها و محیط‌های بسته، کنترل محیط‌های بزرگ با مصرف انرژی بالا، بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها، فراهم کردن سلامت افراد، ذخیره سازی انرژی، کاهش آسیب رسانی به محیط زیست و تاثیر بر کیفیت کار استفاده‌کنندگان از بنا حاصل می‌گردد. علی‌رغم تمام دستاوردهایی که مطالعات آسایش حرارتی برای طراحی فضاها به ارمغان آورده‌اند، اما هنوز از نقطه‌نظرات مختلفی جای کار دارد. از آنجا که آسایش ذاتا انتزاعی است و به آسانی نمی‌توان آن را اندازه‌گیری کرد، این امر باعث می‌شود تفسیر وضعیت آسایش حرارتی افراد باز باشد. آنچه فرد به عنوان رضایت و عدم رضایت از شرایط حرارتی محیط بیان می‌دارد، لزوما تابع حس حرارتی او نیست (schweiker et al, 2020).

پیشنه تحقیق

از دیرباز دو روش عمده در مطالعات آسایش حرارتی رایج بوده‌اند. اولین روش مطالعات آزمایشگاهی و دومین روش مطالعات میدانی است. تمام نقدهایی که از سوی پژوهشگران بر مطالعات آسایش حرارتی در حوزه معماری صورت می‌گیرد، به دلیل آن است که "شرایط خنثی دمایی"^۲ به عنوان معیار ارزیابی آسایش حرارتی مطرح می‌شود (Brager et al, 2015). این بدان معناست که فرد در محیطی که قرار می‌گیرد، نه احساس سرما کند و نه گرما. اما اگر درست بنگریم آسایش که امری ذهنی است، فراتر از محدوده‌های بسته و تعریف شده عمل می‌کند. بی‌شک تجربه سکونت زمستانی در فضای آفتاب‌گیر، بهره‌گیری از نسیم خنک فضاها یا بادخور در تابستان و مانند این، تلقی هر انسانی را از آسایش حرارتی تغییر خواهد داد. در این وضعیت، حرارت علاوه بر تأمین شرایط دمایی مطلوب، کیفیتی به ارمغان می‌آورد که آسایش حرارتی واقعی و دلخواه را برای انسان معنا می‌کند. اروین معتقد است وقتی فرد در حالت خنثی حرارتی قرار دارد، هرگونه انحراف از آن به عنوان شرایطی ناخوشایند تلقی می‌شود؛ در صورتی که حرارت در کنار سایر محرک‌های محیط می‌تواند حس لذت را سبب شود و بدین‌گونه انسان می‌تواند شاهد جشن هم‌آمیزی حواس^۳ باشد (Erwine, 2016). اگرچه جهان پیرامون ما حاوی اطلاعات و محرک‌ها است، اما برای برقراری بهتر ارتباط با محیط، این مفاهیم باید به درستی شناخته شوند. پیرو اهمیت فضاها و حسی، محرک‌های مختلف مانند نور، بو، صدا و بافت، مورد مطالعات بی‌شماری قرار گرفته‌اند (Coburn et al, 2017: صداقت، ۱۳۹۶).

پارامترهای آسایش اقلیمی طراحی مجتمع‌های مسکونی براساس مدل آسایش حرارتی 55 ASHRAE از جمله شکل ساختمان، نوع سایت پلان، جهت‌گیری نما، جانمایی بلوک‌های ساختمانی، میزان تابش، آب و هوا، میزان سایه‌اندازی و مصالح به‌کار رفته در سطوح مختلف از جمله مواردی هستند که بر روی آسایش حرارتی مجتمع‌های مسکونی تاثیرگذارند. شکل ساختمان بستگی بسیار زیادی به نوع طراحی انجام گرفته توسط معماران دارد. در پیشینه مطالعات محیطی تأیید شده است که «طراحان به هنگام اندیشیدن درباره برنامه ساختمان‌ها، در طول فرایند طراحی به‌شدت به گونه‌ها متکی‌اند» (لنگ، ۱۳۸۳). برحسب نیازهای پژوهشی و پیشینه شکل‌گیری الگوهای مسکونی در کشورهای مختلف، گونه‌شناسی‌های مختلفی از محیط‌های مسکونی از مقیاس مجموعه تا بلوک صورت گرفته است. جهت‌گیری نما، شرایط آسایش حرارتی متفاوتی را در مجتمع‌های مسکونی ایجاد می‌کند؛ به دلیل این که میزان اشعه خورشیدی دریافتی و میزان وزش باد را معین می‌کند.

جدول ۱- پیشینه تحقیق، منبع: (نگارندگان)

ردیف	عنوان مقاله، کتاب	نام نویسنده	محل چاپ و سال	روش	نتایج
۱	آسایش حرارتی در ایران	زهرا حجازی‌زاده علیرضا کربلائی درئی	فصلنامه علمی، پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران شماره ۴۶ سال نوزدهم ۱۳۹۴	-	آسایش حرارتی با احساس رضایت و خشنودی از دمای اطراف تعریف میشود. هدف از این پژوهش بررسی آسایش حرارتی در کل ایران، با استفاده از شاخص دمای موثر محاسبه گردیده است.
۲	مقدمه‌ای بر آسایش حرارتی	نگین معلمی خیاوی معدی معرفت	مهندسی مکانیک شماره ۹۶ سال بیست و سوم ۱۳۹۳	تطبیقی	هدف از نگارش این مقاله، ارائه یک مرور کلی درباره روش‌های ارزیابی آسایش حرارتی، پایه و اساس فیزیولوژیکی آسایش و سازوکارهای تبادل حرارتی بدن انسان با محیط اطراف می‌باشد.
۳	دمای آسایش حرارتی مردم شهر تهران	دکتر شاهین حیدری	نشریه هنرهای زیبا شماره ۳۸ ۱۳۸۸	مطالعه میدانی در تهران	در این مقاله از سه مورد رشد جمعیت، تولید و مصرف انرژی و جلوگیری از اثرات مخرب و تداوم تغییرات ناخواسته آب و هوایی گفته می‌شود. آسایش حراری مهم ترین معیار در طراحی ساختمان بر اساس صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. اگر به آن توجه نداشته باشیم با افزایش مصرف مواجه می‌شویم.
۴	کتاب تنظیم شرایط محیطی ۱ و ۲	حسین طاهری آلاله آزریان	چاپ دوم ۱۳۹۷	-	یکی از مهم‌ترین موارد در طراحی ساختمان، تامین آسایش حرارتی است. که عوامل زیادی در آن تاثیر گذار هستند که بعضی از آن‌ها شخصی بوده و مربوط به کاربر است و بعضی محیطی و تحت تاثیر اقلیم قرار دارد. اما فاکتورهای اصلی از جمله لباس، جنسیت و نژاد، فعالیت و... بر آسایش حرارتی تاثیر می‌گذارند.

				۳	
--	--	--	--	---	--

نسبت بین درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در ایجاد محدوده آسایش انسان تاثیر دارد و به دلیل متفاوت بودن دمای هوا در مناطق مختلف و همچنین جنس و پوشش آن‌ها متفاوت می‌شود.	-	چاپ سوم ۱۳۹۱	مهندس امیررضا روحی زاده	کتاب تنظیم شرایط محیطی	۵
تعیین آسایش حرارتی بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه دستگاه‌های حرارتی و برودتی و ضخامت عایق و جنسه پوسته خارجی ساختمان تاثیر مستقیم دارد.	تجربی	محیط شناسی شماره ۲۸ ۱۳۹۰	محمدتقی رضائی حریری ریما فیاض	محدوده آسایش حرارتی در تهران	۶
محرك‌های حسی مختلف همچون؛ نور، بو، صدا و بافت، در ادراک کیفیت یک محیط نقش مؤثری دارند. حرارت نیز همچون سایر محرك‌های حسی می‌تواند در غنای یک محیط مشارکت کند و زمینه بهره والاطر افراد را فراهم نماید. اینکه فرد علاوه بر آسایش حرارتی یک محیط مشخص، از کیفیت حرارتی آن نیز انتفاع ببرد، نقطه مطلوبی است که می‌تواند مورد نظر معماران قرار گیرد.	کیفی	فصلنامه علمی مرمت و معماری ایران شماره ۲۹ سال دوازدهم ۱۴۰۱	فاطمه اکرمی ابرقویی محمد حسین آیت اللهی حسین افراسیابی	گذار از آسایش حرارتی به حظ حرارتی: تبیین عوامل شکل‌گیری ادراک کیفیت حرارت در محیط ساخته شده	۷

مبانی نظری

آسایش حرارتی

اگر چه عوامل بسیاری در فراهم شدن آسایش حرارتی مؤثرند، در اصل آسایش حرارتی در یک محیط به چگونگی تعادل انسان با محیط حرارتی‌اش بسته است. وقتی مردم درباره‌ی احساس گرمی و سردی اظهار نظر می‌کنند، در واقع درباره‌ی میزان انرژی گرمایی که از بدن به محیط داده‌اند و نیز کیفیت هوا قضاوت می‌نمایند. پژوهشگران گوناگونی برای تهیه شاخصی که ادراک انسان را از آسایش نشان دهد مانند: دمای گلوب^۱ (کروی)، دمای موثر^۲، دمای موثر نوین^۳، دمای معادل و غیره، تلاش‌های فراوانی کرده‌اند. در هر یک از این شاخص‌ها یا بعضی از عوامل کلیدی محیطی حذف شده‌اند یا در کل این شاخص‌ها اشکالاتی در عمل داشته‌اند. اما معیارهایی برای پیش‌بینی سطح آسایش نیز عرضه شده که بیشتر پژوهشگران آن‌ها را شایان پذیرش قرار داده‌اند (پوردیهیمی، ۱۳۹۰). آسایش حرارتی شرایطی از ادراک است که در آن، محیط پیرامون از لحاظ حرارتی رضایت بخش باشد (ashrae standard, 2002). چهار عامل اصلی محیطی که بر آسایش گرمایی تأثیر مهمی دارند عبارتند از: دمای هوا، رطوبت، دمای متوسط تشعشی^۴ و سرعت جریان هوا. همان‌طور که بیش از این اشاره شد، کیفیت هوای داخلی نیز از عواملی است که بر وضعیت داخلی تأثیر می‌گذارد. در جدول ۲ آسایش انسان براساس شاخص دمای موثر را مشاهده می‌کنید.

جدول ۲- آسایش انسان بر اساس شاخص دمای موثر، منبع: (محمدی، ۱۳۸۶)

ضریب حرارتی	ET
بسیار گرم	> 30
شرجی	۳۰ تا ۵/۲۷
خیلی گرم	۶/۲۵ تا ۵/۲۷
گرم	۶/۲۵ تا ۲/۲۲
آسایش	۲/۲۲ تا ۸/۱۷
خنک	۵/۱۵ تا ۸/۱۷
خیلی خنک	۶۷/۱ تا ۵/۱۵
سرد	۶۷/۱ تا -۱۰
خیلی سرد	-۲۰ تا -۱۰
بسیار سرد	< -20

تأمین آسایش حرارتی

یکی از مهم ترین موارد در طراحی خوب ساختمان، تأمین آسایش حرارتی است. آسایش حرارتی حالتی است که فرد برای تغییر شرایط دمایی محیط هیچ اقدام رفتاری را انجام ندهد. در تعریف استاندارد اشری (استاندارد ۵۵): آسایش دمایی شرایطی ذهنی است که احساس رضایت از شرایط دمایی محیط را بیان می کند.

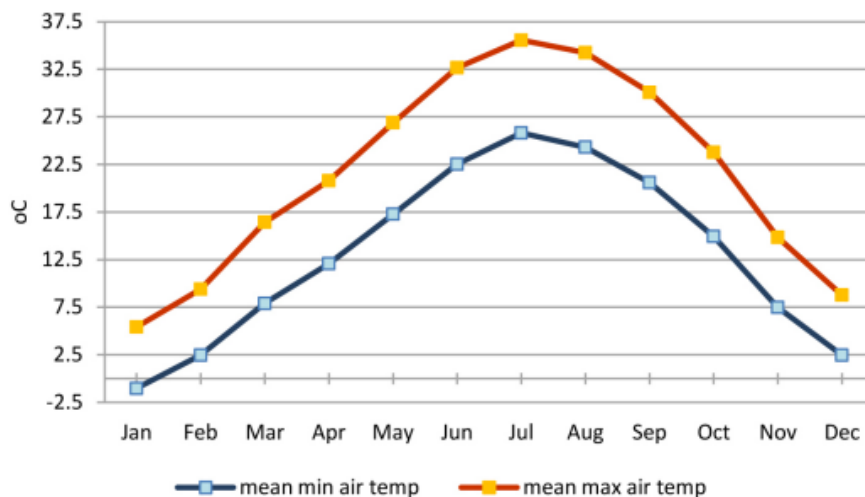
روش تحقیق

یکی از مهم ترین پایه های انجام یک پژوهش، انتخاب روش مطالعه آن است که باید با موضوع مورد مطالعه، اهداف و سوالات پژوهش در تناسب باشد (فلیک، ۱۳۹۵، ۴۴). در این پژوهش، روش تحقیق به شیوه تطبیقی- اسنادی است و مقالات و گزارش های پژوهشی مورد بررسی واقع شده است. بنابراین رویکرد تحقیق، برآیندی است از آسایش حرارتی در ساختمان های مسکونی در شهر تهران.

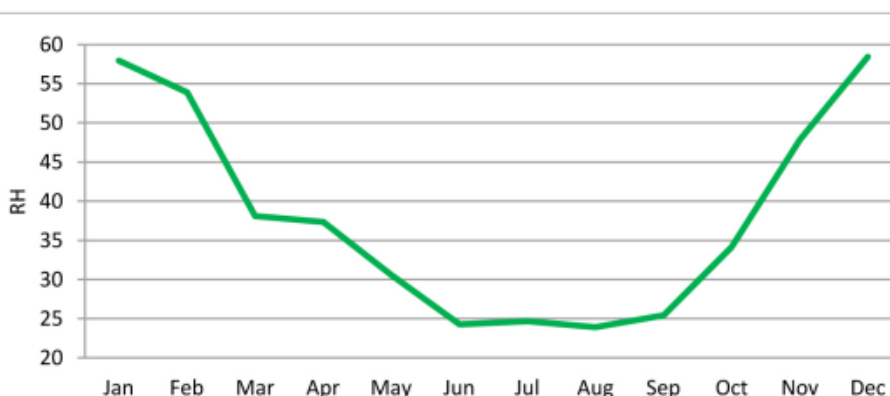
اقلیم تهران

تهران (واقع در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی) طبق طبقه بندی اقلیمی کوپن، دارای اقلیم گرم و خشک قاره ای با تابستان های گرم و خشک و زمستان های سرد است. از میان ایستگاه های سینوپتیک هواشناسی موجود در تهران، آمار ایستگاه ژئوفیزیک جهت بررسی اقلیم منطقه مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل این امر مکان قرارگیری این ایستگاه در مرکز شهر است که میتواند شرایط آب و هوایی گستره وسیعی از ساختمان های مسکونی شهر را نمایندگی

کند. تصویر ۱ میانگین پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۹) حداقل و حداکثر دمای ماهانه را نشان می دهد. تصویر ۲ میانگین پنج ساله رطوبت نسبی را نشان می دهد.



تصویر ۱- میانگین پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۹) حداکثر و حداقل دمای ماهانه در ایستگاه هواشناسی ژئوفیزیک تهران.




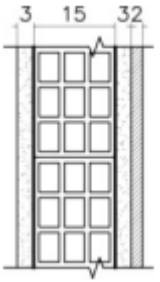

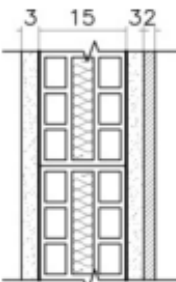

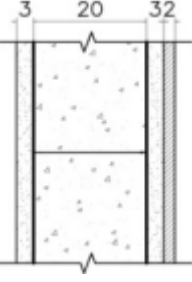

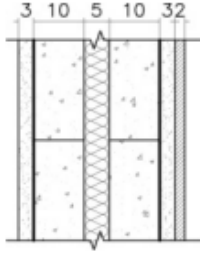

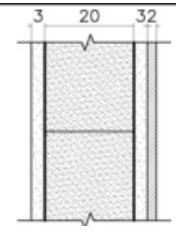
تصویر ۲- میانگین پنج ساله (۲۰۰۵-۲۰۰۹) رطوبت نسبی در ایستگاه هواشناسی ژئوفیزیک تهران.

مصالح ساختمانی متداول در ساختمان های مسکونی شهر تهران

مصالح رایج ساختمانی که در ساختمان های مسکونی شهر تهران استفاده می شوند، در جدول ۲ طبقه بندی گردیده اند. دیوارها اغلب از بلوک های توخالی سفالی، بلوک های لیکا و بلوک های هبلکس ساخته می شوند که در این میان، بلوک های سفالی بیشترین میزان استفاده را دارد که به نظر می رسد در آینده با لیکا جایگزین خواهند شد. استفاده از بلوک هبلکس به دلیل مشکلاتی که هنگام اجرای نازک کاری به همراه دارد، کمتر متداول است.

جدول ۲- جزئیات سازه ای دیوارهای متداول در ساختمان های مسکونی، منبع: (محمد، ۱۳۹۲)

ضخامت
(cm)

نمونه مصالح	جزئیات	لایه های تشکیل دهنده	گونه دیوار
	۲۱	 <p>ملات گچ و خاک (۳ سانتی متر) بلوک سفالی (۱۵ سانتی متر) ملات ماسه و سیمان (۳ سانتی متر) سنگ نما (۲ سانتی متر)</p>	بلوک سفالی توخالی (۱۵ سانتی متر)
	۲۱	 <p>ملات گچ و خاک (۳ سانتی متر) بلوک سفالی (۱۵ با ۲ سانتی متر عایق پلی استایرن) ملات ماسه و سیمان (۳ سانتی متر) سنگ نما (۲ سانتی متر)</p>	بلوک سفالی توخالی (۱۵ سانتی متر)
	۲۸	 <p>ملات گچ و خاک (۳ سانتی متر) بلوک لیکا (۲۰ سانتی متر) ملات ماسه و سیمان (۳ سانتی متر) سنگ نما (۲ سانتی متر)</p>	بلوک لیکا (۲۰ سانتی متر)
	۳۳	 <p>ملات گچ و خاک (۳ سانتی متر) بلوک لیکا (۱۰ سانتی متر) فضای خالی پر شده با عایق پلی استایرن منبسط (۵ سانتی متر) ملات، ماسه و سیمان (۳ سانتی متر) سنگ نما (۲ سانتی متر)</p>	بلوک لیکا (۱۰ سانتی متر)
	۲۸	 <p>ملات گچ و خاک (۳ سانتی متر) بلوک AAC (۱۰ سانتی متر) ملات ماسه و سیمان (۳ سانتی متر) سنگ نما (۲ سانتی متر)</p>	بلوک AAC (۱۰ سانتی متر)

استفاده از مصالح بهینه در ساخت و ساز با توجه به اقلیم طراحی، تاثیر زیادی بر مصرف انرژی ساختمان دارد. انتخاب مصالح از منظر ضریب انتقال حرارت و مقاومت حرارتی بر طراحی ساختمان های انرژی کارآمد موثر است. علاوه بر این چرخه حیات مصالح، انرژی نهفته و کربن نهفته نیز کارایی آنها را تحت تاثیر قرار می دهد (Yukse, 2015). عملکرد عایق های مورد استفاده در ساختمان معمولا بر

اساس مقاومت حرارتی و به صورت ایستا سنجیده می شود. اخیرا برخی مطالعات به ارزیابی دینامیکی عملکرد حرارتی دیوارهای چند لایه پرداخته اند. به عنوان مثال در پژوهشی گسترده ۳۳ دیوار مختلف بر اساس چهار ترکیب اولیه با حجم ثابت عایق و توده حرارتی ارزیابی شده و نحوه توزیع لایه ها تغییر کرده است. به این ترتیب گرچه مقاومت و ظرفیت حرارتی کل دیوار در همه حالات یکسان است اما عملکرد حرارتی دیوارها با توجه به توزیع لایه ها متفاوت است. بهترین عملکرد عایق در حالتی است که لایه های آن نزدیک به لایه های داخلی و خارجی دیوار بوده و یا هر دو لایه عایق و توده حرارتی به طور یکنواخت در دیوار توزیع شده باشند (Bond, clark, Kimber, 2013). طبق نتایج ضخامت بهینه لایه عایق مستقل از محل آن در دیوار است در حالی که حتی در دیوارهای با مقدار عایق یکسان، حداکثر بار حرارتی، زمان تاخیر و ضریب کاهش متفاوت است. از جمله این تفاوت ها افزایش ۱۰۰٪ در زمان تاخیر از ۶ تا ۱۲ ساعت، کاهش ۲۰٪ در بار بیشینه سرمایش و گرمایش و کاهش ۱/۶٪ تا ۲/۳٪ در بار سالانه سرمایش و گرمایش است. در صورت استفاده از مصالح با ضریب انتقال حرارتی بالا، ذخیره حرارتی نقش اساسی دارد. اما در مصالح با ضریب انتقال حرارتی پایین، تاثیر عایق حرارتی غالب است. در همه اقلیم ها برای دیوار خارجی ضریب انتقال حرارتی پایین و ظرفیت حرارتی حجمی بالا مناسب است. دیوارهای داخلی اهمیت کمتری در عملکرد انرژی دارند اما بهتر است این دیوارها نیز از مصالح با ذخیره حرارتی و ضریب انتقال حرارتی بالا باشند (Long, 2015). استفاده از مصالح سنگین با ظرفیت حرارتی بالا مانند: بتن، آجر، بلوک های سیمانی باعث می شود پایداری حرارتی ساختمان افزایش یابد. به تعبیر دیگر، با تغییر دمای هوای بیرون، هوای داخل زیاد منزل، سرد و گرم نمی شود. این امر به ویژه در اتاق های جنوبی، تاثیر فزاینده ای در کاهش مصرف انرژی و افزایش آسایش ساکنان دارد (مهدی زاده، ۱۳۹۳).

دمای آسایش مردم تهران

طبق استاندارد آسایش تطبیقی که ابتدا توسط هامفری و نیکول ارائه گردید، رابطه محاسبه دمای آسایش مردم تهران معرفی شده است. دمای آسایش یا همان دمای خنثی، دمایی است که در آن فرد نه احساس گرما و نه احساس سرما می کند. دمای آسایش ساکنین شهر تهران طبق رابطه زیر براساس دمای بیرون محاسبه می گردد:

$T=0.555T+12.8$ (حیدری، ۱۳۸۸، ۱۲). طبق استاندارد آسایش تطبیقی، بدن انسان قابلیت تطبیق با محیط خود را داراست. در نتیجه همان طور که از رابطه بالا قابل محاسبه است، در ماه های مختلف سال، بدن انسان در دماهای مختلفی احساس آسایش می کند. با افزایش جریان هوا بر پوست بدن باعث اثر همرفت و در نتیجه گرم تر شدن بدن و از سوی دیگر افزایش دما باعث تبخیر در هوا و سردتر شدن پوست می شود. با این توصیف در دماهای بالا، بالا بردن سرعت باد باعث خنک شدن بدن می شود. (مانند پنکه معمولی)، اما کاهش سرعت باد باعث گرم تر شدن بدن به دلیل پدیده همرفت می شود. در جدول ۳ اثر سرعت باد و واکنش انسان در دماهای مختلف آمده است.

جدول ۳- تاثیر سرعت باد و واکنش انسان، منبع: (روحی زاده، ۱۳۹۱)

سرعت (متر بر دقیقه)	واکنش
۰ تا ۳	هوا کاملا راکد است و باعث احساس ناراضی می شود.
۳ تا ۱۵	به طور کلی احساس راحتی می شود، ولی حرکت هوا احساس نمی شود.
۱۵ تا ۳۰	کمی ناخوشایند است، اما قابل تحمل است.



تاثیر عوامل خاص بر آسایش حرارتی

تاثیر عوامل متعدد دیگری بر احساس آسایش حرارتی، به وسیله محققان این رشته مورد مطالعه قرار گرفته که برخی از این موارد عبارتند از:

سن: اغلب این گونه عنوان می شود که با بالا رفتن سن، شدت متابولیسم در بدن کاهش یافته و به همین دلیل معمولاً این افراد دمای بالاتری را ترجیح می دهند. بنا بر مطالعاتی که بر روی گروهی از افراد مسن و جوان انجام شده، این نتیجه حاصل شده که عامل سن تاثیر چندان زیادی در محدوده آسایش ندارد. این بدان دلیل است که افراد مسن، شدت متابولیسم پایین، موجب تعرق کمتر شده و در نتیجه حرارت کمتری از بدن دفع می شود (Mcintyre, Griffiths, 2015).

جنس: مطالعاتی که در دانشگاه ایالتی کانزاس و دانشگاه فنی دانمارک انجام گرفته نشان می دهد که تفاوت چندان بین دو جنس مونث و مذکر در احساس آسایش حرارتی وجود ندارد. گرچه درجه حرارتی پوستی در خانمها اندکی کمتر از آقایان است. اما این مسئله با کاهش تعرق در آنها جبران می شود. از آنجایی که در کشورهای غربی خانمها پوشاک سبکتری نسبت به آقایون می پوشند، لذا نسبت به سرما اندکی حساس تر می باشند و این امر در مکان های عمومی کشور ما کاملاً به عکس می باشد.

رنگ فضا: باور عمومی بر آن است که انسان در اتاق با رنگ گرم احساس گرمای بیشتری کرده و به عکس در فضاهایی که با رنگ سرد رنگ آمیزی شده اند، احساس سرما می کند. مطالعات همچنین نشان می دهد که رنگ اتاق هیچ تاثیر حرارتی ندارد.

شرایط اقلیمی: بدن انسان با قرار گرفتن در شرایط اقلیمی جدید پس از اندک زمانی می تواند خود را سازگار ساخته و معیارهای حرارتی خویش را تغییر دهد. بنابراین اگر فردی در یک منطقه سرد سیر زندگی کند با دمای ۱۸ درجه سانتیگراد احساس آسایش می کند، همین شخص در یک منطقه گرمسیر تا دمای ۲۵ درجه همین احساس را خواهد داشت. در نتیجه یک گروه از افراد در یک اقلیم معین احساس آسایش گرمایی مشابهی دارند (Fishman Pimbert, 2005).

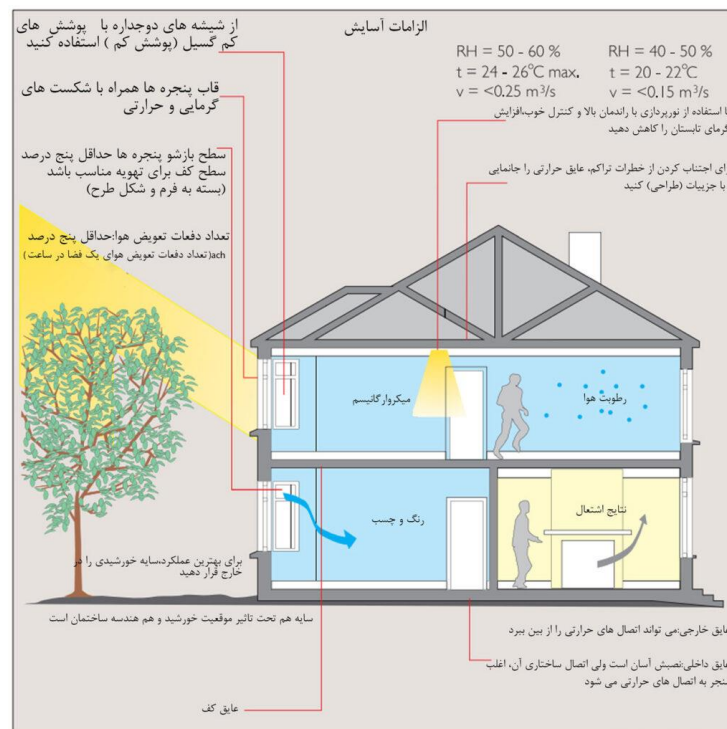
یافته ها

هدف از ساخت بناهای مسکونی فراهم آوردن فضایی راحت و حفاظت شده در برابر شرایط نامطلوب محیط بیرون برای ساکنان است که به آن آسایش حرارتی می گویند. تعریفی که بتوان برای آسایش حرارتی نمود به راحتی قابل بیان نیست اما به طور کلی می توان آن را

احساس راحتی یک فرد در فضای زیستی مصنوعی دانست. شرایط افراد نیز با هم متفاوت است. آسایش حرارتی برای انسان‌های مختلف متأثر از شرایط روحی و روانی و نیز فیزیولوژیکی آن‌ها بوده و همچنین سن، جنس، جثه و میزان سلامتی از دیگر عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی انسان به شمار می‌روند. با توجه به متفاوت بودن شرایط آسایش حرارتی افراد رسیدن به شرایط ایده‌آل همه امکان پذیر نیست لذا در طراحی بناها باید تلاش شود تا آثار نامطلوب اقلیمی در فضای داخل به حداقل برسد. طبق تعریف شرایط آسایش حرارتی محدوده‌ای است از دما و رطوبت که در آن سازوکار تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت باشد (Givoni B, A, 1998). تعیین محدوده آسایش حرارتی بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه دستگاه‌های حرارتی بروندی، ضخامت عایق، جنس مصالح و به طور کلی بر میزان مصرف و اتلاف انرژی تأثیر مستقیم دارد و با توجه به اینکه افراد در شرایط اقلیمی یکسان احساس آسایش دمایی مشابهی دارند، لازم است که برای هر منطقه اقلیمی، محدوده آسایش حرارتی به طور دقیق مشخص شود (Ashraf Handbook, 1977).

محدوده آسایش حرارتی انسان از ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتیگراد است که از حداقل ۱۸ درجه در مناطق سردسیر تا حداکثر ۲۸ درجه در مناطق گرمسیر قابل گسترش می‌باشد. دمای هوای خارج به قدرت در داخل این محدوده قرار می‌گیرد، بنابراین یکی از عواملی که منجر به تأمین و حفظ دمای آسایش در داخل ساختمان می‌شود، استفاده از مصالح و عایق‌های مناسب در کف، سقف و جداره‌های ساختمان می‌باشد. مشکل تأمین انرژی‌های فسیلی و هزینه‌های تحمیلی این گونه سیستم‌ها، اهمیت جداره‌ها در تأمین شرایط آسایش را روشن می‌سازد. هر قدر دما و رطوبت هوای خارج نسبت به منطقه آسایش اختلاف بیشتری داشته باشد، نقش جداره حساس‌تر می‌شود. بنابراین باید انتخاب مصالح و جزئیات اجرایی با دقت بیشتری صورت گیرد (طاهباز، ۱۳۸۴). محدوده‌های آسایش حرارتی با توجه به شرایط اقلیمی هر کشور تعیین می‌شود، به این معنا که در کشورهای با اقلیم سرد و مرطوب مثل انگلیس، محدوده‌های دمایی پایین و رطوبت بالا و در اقلیم های گرم مثل فرانسه و آمریکا علت این امر تأثیر مستقیم محدوده آسایش حرارتی بر میزان مصرف انرژی در ساختمان‌هاست. در کشورهایی با آب و هوای سرد با کاهش محدوده آسایش، تا حد قابل تحمل برای افراد میزان مصرف انرژی مورد نیاز برای گرمایش کاهش می‌یابد و در اقلیم های گرم با نزدیک کردن محدوده آسایش به مرزهای احساس گرما و احساس سرما، مقدار مصرف انرژی را برای سرمایش و گرمایش در طول سال به حد بهینه می‌رساند (حیدری‌نژاد، ۱۳۸۸). بررسی‌ها و گزارش‌های موجود نشان می‌دهد که همه ساختمان‌ها به ویژه ساختمان‌هایی که به طور مستقیم مورد استفاده انسان و موجودات زنده قرار می‌گیرند، از دو نظر حائز اهمیت می‌باشند: از یک سو ساختمان‌های هماهنگ با اقلیم و یا ساختمان‌هایی با طراحی اقلیمی از نظر آسایش حرارتی انسان، کیفیت بهتری دارند. شرایط محیطی این گونه ساختمان‌ها بهتر است و تنوع و تغییر روزانه و فصلی نور و حرارت و جریان هوا در این ساختمان‌ها فضای متنوع و دلپذیری ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، هماهنگی ساختمان با شرایط اقلیمی موجود صرفه‌جویی در مصرف انرژی مورد نیاز برای کنترل شرایط محیطی بنا می‌شود (هاشمی شهرکی، ۱۳۹۲). نفوذ هوا از طریق پنجره‌های ساختمان ممکن است موجب ایجاد کوران شده و تهویه از طریق پنجره‌ها می‌تواند بر گرادیان عمودی دما تأثیرگذار باشد، اما یکی از این عوامل که بیشتر با تابش و سایه‌اندازی در ارتباط است تابش نامتقارن است. وجود سطوح گرم و سرد مانند پنجره‌ها، دیوارها، سقف و پانل‌های گرمایشی ممکن است موجب غیر یکنواختی تابش در فضای داخلی و ایجاد ناراضی‌های حرارتی موضعی شوند. بروز این پدیده در منازل به علت پنجره‌های سرد و سقف‌های گرم است. پنجره یا نورگیر سقفی ممکن است آسایش ساکنین یک اتاق را تحت تأثیر قرار دهند. نوسان دمای سطحی پنجره غالباً از نوسان دمای سایر سطوح اتاق بیشتر است. حتی وقتی دمای هوای داخل در محدوده آسایش قرار دارد، تبادل حرارت از طریق تشعشع با سطح پنجره ممکن است عدم آسایش موضعی قابل توجهی را به وجود آورد. در زمستان، اتلاف حرارت از طریق تشعشع به سطح سرد پنجره، و تابش نامتقارن بین فضای اتاق و پنجره ممکن است موجب عدم آسایش افراد به خصوص در حالت نشسته و با فعالیت بدنی پایین را فراهم آورد. در شرایطی که فعالیت بدنی افراد زیاد است، اثرات تابش نامتقارن دما به قدری ناچیز خواهد بود که بررسی این پدیده به عنوان یک عامل ایجاد ناراضی‌های حرارتی در محاسبات ضرورتی ندارد. برای شرایط دیوار گرم یا

سقف سرد هم در استانداردهای آسایش حرارتی محدوده خاصی پیشنهاد نشده است، چرا که در این شرایط احتمال رخداد ناراضیاتی حرارتی موضعی به دلیل تابش نامتقارن چندان چشمگیر نیست. از تابش نامتقارن می‌توان حتی به‌عنوان یک عامل مثبت بهره جست. برای مثال، دمای هوای پایین بر آسایش حرارتی را می‌توان از طریق تابش نامتقارن جبران کرد. قرارگیری در برابر یک منبع تابش، مانند نور خورشید ورودی از پنجره جنوبی، موجب ایجاد شرایط آسایش حتی در شرایط سرد می‌شود، به خصوص هنگامی که مناسب‌سازی شرایط هوا غیرممکن باشد (مثلاً شرایط در ارتباط با هوای آزاد یا فضاهای خیلی بزرگ در داخل ساختمان)، گرمایش تابشی (گرم کردن بدن به جای هوای اطراف) و یا سرمایش تابشی از راهکارهای موثر در ایجاد آسایش خواهند بود. به این ترتیب با استفاده از روش‌های مذکور، در مرحله طراحی و قبل از آن که بنایی ساخته شود می‌توان تخمین زد که آیا بنای طراحی شده از نظر تامین شرایط آسایش استفاده کنندگان مورد قبول واقع است یا خیر. بنابراین قبل از صرفه‌هزینه‌های گزاف، به راحتی می‌توان نقاط ضعف را اصلاح نمود. حفظ تعادل حرارتی داخلی باید از افزایش یا کاهش بی‌رویه دمای بدن جلوگیری کند و در عین حال به ادامه عملکردهای فیزیولوژیکی کمک کند. تصویر ۳ آسایش حرارتی و کیفیت هوای داخلی در خانه را نشان می‌دهد.



تصویر ۳- آسایش حرارتی در داخل، منبع: Memaripedia.com

نتیجه‌گیری

رسیدن به شرایط آسایش مبحث جامع و پیچیده‌ای است که برای رسیدن به آن بایستی همه عوامل موثر را در حد مطلوب نگاه داشت. همان‌طور که بیان شده است آسایش حرارتی را از طریق انتقال گرما و جرم بین بدن انسان و محیط حرارتی در نظر می‌گیرند. در مدل فانگر، شرایط حرارتی بدن به دو عامل فردی (نرخ متابولیک و میزان عایق‌بندی لباس) و چهار عامل محیطی (دمای هوا، دمای متوسط تابش، فشار بخار هوا و سرعت هوا) وابسته است. چهار عامل اصلی محیطی که بر آسایش گرمایی تأثیر مهمی دارند عبارتند از: دمای هوا،

رطوبت، دمای متوسط تشعشی و سرعت جریان هوا. کیفیت هوای داخلی نیز از عواملی است که بر وضعیت داخلی تأثیر می‌گذارد. پژوهشگران گوناگونی برای تهیه شاخصی که ادارک انسان را از آسایش نشان دهد مانند دمای گلوب (کروی)، دمای مؤثر، دمای مؤثر نوین، دمای معادل و ... تلاش‌های فراوانی کرده‌اند. در هریک از این شاخص‌ها یا بعضی از عوامل کلیدی محیطی حذف شده‌اند یا در کل این شاخص‌ها، اشکالاتی در عمل داشته‌اند. اما معیارهایی برای پیش‌بینی سطح آسایش نیز عرضه شده که بیشتر پژوهشگران آنها را شایان پذیرش قرار داده‌اند. کیفیت هوا و شرایط محیط زندگی و کار از نظر میزان آلاینده‌های هوا، یکی از عوامل مهم و مؤثر در ایجاد شرایط آسایش است. یعنی آسایش کیفی، امروزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سر و صدای زیاد و همچنین نور نامناسب از جمله عواملی هستند که آسایش ساکنان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی دیگر از عواملی که آسایش ساکنان ساختمان را متأثر می‌سازد، شرایط آسایش حرارتی است. شرایط حرارتی و مصرف انرژی دو مقوله جدایی ناپذیرند. به طوری که بهبود شرایط آسایش حرارتی در ساختمان اغلب با افزایش مصرف انرژی همراه است و بالعکس. محدوده آسایش محدوده‌ای است که در آن حداقل ۸۰ درصد افراد احساس رضایت کنند. دمای داخلی بدن انسان در حالت عادی در حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد است که این دما سطح پوست به ۳۲ درجه کاهش می‌یابد. اگر دمای داخلی بدن در اثر هر عاملی خارجی نظیر دمای هوا، فعالیت‌های بدنی زیاد و جز این‌ها از این میزان بیشتر شود، بدن احساس گرما کرده و انرژی اضافی خود را به محیط منتقلی می‌کند، در صورتی که دمای داخلی ۳۷ درجه کمتر شود بدن احساس سرما کرده و انرژی مورد نیاز خود را از محیط جذب می‌کند. بنابراین همواره تبادل حرارتی بین بدن و محیط اطرافش در جریان است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محدوده آسایش حرارتی در تهران برای شرایط تابستانی ۲۷-۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد و برای شرایط زمستانی ۲۳/۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵٪، ۲۰٪ است. برای تعیین دقیق‌تر محدوده آسایش حرارتی نقاط مختلف با دیدگاه صرفه‌جویی در مصرف انرژی لازم است، آزمایش‌هایی تحت شرایط کنترل شده حرارتی و رطوبتی روی افراد با سن، جنس و نژاد مختلف انجام گیرد تا ضمن تأمین آسایش حرارتی در فضاهای داخل از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی و ایجاد آلودگی هوا ممانعت به عمل آید. شکل دادن به یک فضای حرارتی که علاوه بر آسایش حرارتی، لذت‌بخش نیز باشد، ممکن است به سادگی طراحی یک پنجره آفتاب‌گیر بلند، یا به پیچیدگی به کارگیری سیستم‌های مکانیکی پیچیده باشد که می‌تواند موضوع پژوهش‌های بیشتر معمارانه قرار گیرد. اما آنچه مهم است این است که بدن ما از این مکان‌های حرارتی احساس راحتی می‌کند و از آن‌ها لذت می‌برد. این فضاهای حرارتی این توانایی را دارند که به ما حس یک خانه واقعی، احساس امنیت و تعلق را هدیه دهند.

منابع

- اکرمی ابرقویی، فاطمه، آیت‌اللهی، سید محمدحسین، افراسیابی، حسین، گذار از آسایش حرارتی به حفظ حرارتی: تبیین عوامل شکل‌گیری ادراک کیفیت حرارت در محیط ساخته شده، فصلنامه علمی مرمت و معماری ایران، ۱۴۰۰.
- البرزی، فریبا، سهیلی، جمال‌الدین، خلیلیان، شاهین، تاثیر فضای باز و سرپوشیده مجتمع‌های مسکونی بر مولفه کیفیت آسایش حرارتی محیط با رویکرد منطق فازی (مطالعه موردی: مجتمع‌های مسکونی کلانشهر تهران)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۳۹۸.
- رنجبر، احسان، ثریائی، توحید، مهدوی نژاد، محمد جواد، مرور نظام‌مند ابعاد روانشناختی آسایش حرارتی مرتبط با مکان‌های شهری، مجله علمی گفتمان طراحی شهری، ۱۴۰۲.
- رضائی حریری، محمدتقی، فیاض، ریما، محدوده آسایش حرارتی در تهران، محیط شناسی، شماره ۲۸.
- شفیعی دهج، محمد، حیدری، نوروز، عرب سلغار، علیرضا، ایرانمنش، افشین، بررسی اثر پدیده کوران بر روی فاکتورهای آسایش حرارتی در ساختمانی با دیوار شیشه‌ای، نشریه علوم کاربردی و محاسباتی در مکانیک، ۱۴۰۰.
- قاضی‌زاده، سیده ندا، محمودی، سید امیرسعید، منعم، علیرضا، تاثیر طراحی در آسایش حرارتی فضای باز مجتمع‌های مسکونی (نمونه مورد مطالعه: فاز ۳ مجتمع مسکونی اکباتان)، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۱۳۸۹.
- قیابکلو، زهرا، روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۱۳۸۰.
- قیابکلو، زهرا، مبانی فیزیک ساختمان ۲: تنظیم شرایط محیطی، چاپ دوم، تهران: سیما دانش.
- محمد، شقایق، مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار (مطالعه موردی: ساختمان‌های مسکونی شهر تهران)، نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، ۱۳۹۲.
- معرفت، مهدی، کوثری، فرشاد، ذوالفقاری، سید علیرضا، ایمانی، غلامرضا، استفاده از روش معکوس برای طراحی یک اتاق حرارتی به منظور ایجاد شرایط آسایش حرارتی، مهندسی مکانیک شریف، دوره ۳، شماره ۱.
- معرفت، مهدی، محمدکاری، بهروز، ملکی، سید محمدرضا، بررسی عملکرد حیاط و خصیصه‌های طراحی آن برای بهبود عملکرد گرمایی و آسایش حرارتی در شرایط آب و هوایی تهران، مجله مهندسی مکانیکی مدرس، ۱۳۹۶.
- Bond, D. E. M., Clark, W. W., and Kimber, M., "Configuring Wall Layers for Improved Insulation Performance", Appl. Energy, Vol. 112, pp. 235–245, (2013).
- Long, L., and Ye, H., "The Roles of Thermal Insulation and Heat Storage in the Energy Performance of the Wall Materials: A Simulation Study", Nat. Publ. Gr., No. October 2015, pp. 1–9, (2016).
- Yüksek, İ., "The Evaluation of Building Materials in Terms of Energy Efficiency", Period. Polytech. Civ. Eng., Vol. 59, No. 1, pp. 45–58, (2015).

**Mona Khani****Amirali Borghei****Abstract**

Thermal comfort defines itself with satisfaction and gratification of surrounding temperature. Metabolism and clothing, climate factors like temperature, air speed and humidity are main parameters and most effective factors in thermal comfort for human beings. Unpleasantness comes to feeling hot or cold in many of people. Plus the unwanted air conditioning can cause a temperature difference between upper and lower body. One of the environmental needs is to keep the thermal comfort for residents. This factor effects directly on health, efficiency and mentality of many people. Nevertheless, estimation of thermal comfort is a reasonable and complicated process and needs the knowledge of many factors like: physical factors, physiological, mental, psychological and other issues. One of the most questions of this research is: what are the most effective factors on thermal comfort? This research is based on adaptive-captive method and articles, research reports and books were investigated. Thermal comfort estimation is one of the most important actions before the beginning of construction. In this research important factors of thermal comfort is discussed.

Keywords: Comfort provide, Thermal comfort, Building, Residential, Tehran.