

ارزیابی حرارتی مدل‌های مسکونی بررسی مدل ساخته‌شده با فیبر، سیمان و چوب

بونساپ ویچایانگکون*

۱. دانشگاه تاماسات، تایلند.

فونگفوم سورنچوم کاو^۲

۲. دانشگاه راجامونگلا، تایلند.

کریتسادا آنانتاکارن^۳

۳. دانشگاه راجامونگلا، تایلند.

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲۰

تاریخ قرارگیری روی سایت: ۹۷/۶/۲۶

چکیده | میزان حرارت خورشیدی در تایلند به طرز بی‌سابقه‌ای هر سال قوی‌تر می‌شود و این امر درک قابلیت‌های حرارتی مصالح ساختمانی (به ویژه عایق‌های حرارتی) را ضروری می‌کند. در این تحقیق سه نمونه ماکت خانه ساخته شد که در یک مدل از چوب و در دو مدل دیگر از فیبر سیمان برای سقف، کف و دیوارها استفاده شده است. از آنجا که چگالی چوب تقریباً نصف فیبر سیمان است، در این تحقیق ضخامت چوب دو برابر تخته فیبر سیمان در نظر گرفته شد. این مدل‌ها تحت شرایط آب‌وهوایی نسبتاً ثابت و آرام از اواخر آوریل تا اوایل می سال ۲۰۱۷ برای مشاهده دمای ساعتی درون خانه در ساعات ۰۸:۰۰ تا ۱۶:۰۰ مورد آزمایش قرار گرفتند. هر سه مدل در پردیس رنگسیت دانشگاه تاماسات (استان پتومتنی) مستقر شدند. مکان قرارگیری مدل‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که سایه ساختمانی بلندتر از ساعت ۱۵:۰۰ به بعد تمام مدل‌ها را فرامی‌گرفت. با این کار جلوی نور خورشید گرفته می‌شود تا مشاهده کنیم چگونه چوب و تخته‌های فیبر سیمان می‌توانند حرارت را به محیط اطراف خود آزاد کنند. نتایج این تحقیق نشان داد در مدل چوبی، دمای داخل تمام اتاق‌ها از دو مدل دیگر با تخته‌های فیبر سیمان کمتر بوده است و بعد از قرار گرفتن در سایه ساختمان بلند، دمای اتاق‌های مدل چوبی کندتر از دو نمونه مدل دیگر کاهش یافته است.

واژگان کلیدی | پایداری شهری، ماکت یک خانه ساده.

که منجر به افزایش استفاده از برق و فیش‌های برق پرهزینه می‌شود. در نتیجه، اوج مصرف برق هرساله بالاتر می‌رود. همان‌طور که در تصویر ۱ مشاهده می‌شود، اوج مصرف سال ۲۰۱۷ در تایلند در محدوده اواخر آوریل و اوایل می پیش‌بینی شده بود.

مقدمه | حرارت بالای خورشید باعث اختلال و عدم احساس راحتی افراد در طی فعالیت‌های متنوع روزانه‌شان می‌شود. تایلند در تابستان گرم‌ترین دمای سالانه خود را تجربه می‌کند. افراد برای فرار از گرما، فن‌ها و سیستم‌های تهویه هوای خانه‌ها و یا دفاتر کارشان را روشن می‌کنند

آب‌وهوای تایلند و استوا با اوج مصرف برق در تابستان بر اساس طبقه‌بندی آب‌وهوای کوپن، آب‌وهوای استوایی

* نویسنده مسئول: wboonsap@gmail.com

شماره تماس: ۰۱-۵۶۴۳۰۰۱-۲-۶۶+

احساس گرمای شدید بروز پیدا می‌کنند که در صورت عدم معالجه، ممکن است به گرمزدگی و سپس به بیهوشی منجر شود (شاخص گرما، ویکی پدیا، ۲۰۱۷؛ NIH, 2015) مشاهدات ساعتی آب‌وهوای ایستگاه هواشناسی دون موئنگ به صورت خلاصه در جدول ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است این ایستگاه حدوداً ۱۰ کیلومتر از پردیس رنگسیت دانشگاه تاماسات فاصله دارد.

بررسی سابقه موضوع

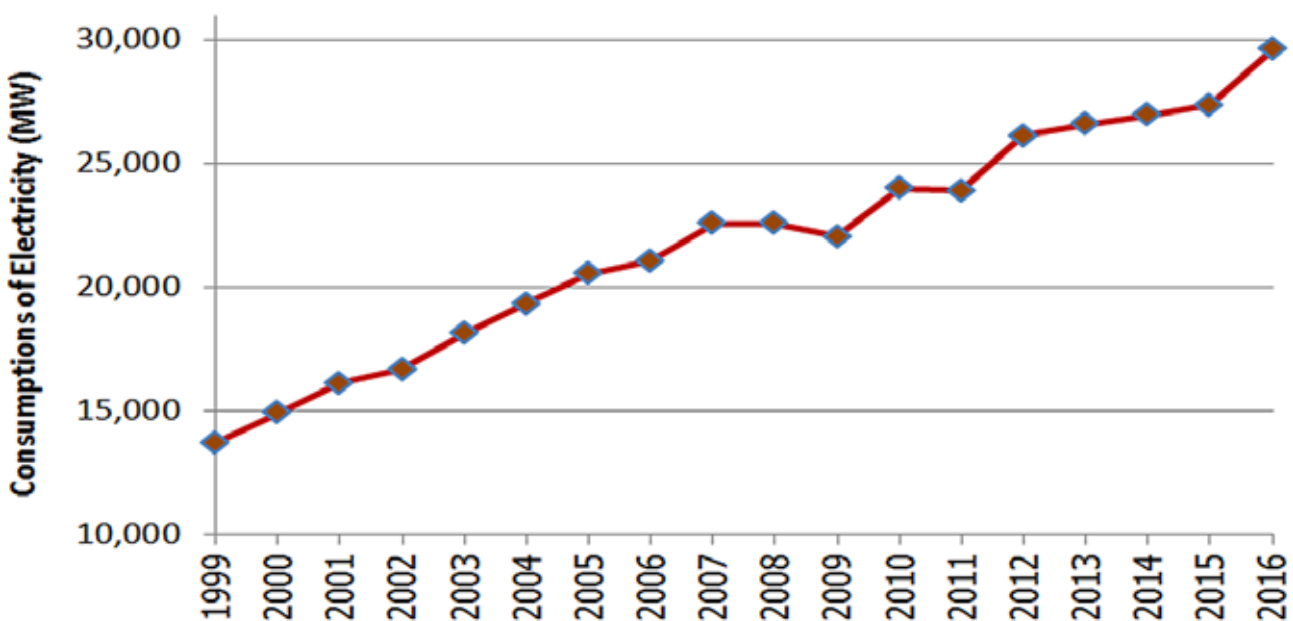
در سه ونیم دهه پیش یک بررسی میدانی ملی در رابطه با دمای خانه‌ها در انگلستان صورت گرفت که تمرکز اصلی آن بر حفاظت انرژی و آسایش حرارتی بوده است (Hunt & Gidman, 1982). بالان و همکارانش (Balan et al, 2011) به بررسی راهکارهای ممکن برای بهینه‌سازی سیستم‌های HVAC (گرمایشی، تهویه و تهویه مطبوع) که در جهت گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها استفاده می‌شوند پرداخته‌اند. اطلاعات جمع‌آوری‌شده از شبیه‌سازی برای درک پارامترهای مدل حرارتی خانه‌ای استفاده شد که کنترل سیستم حرارتی‌اش از طریق مدل پایه کنترل پیشگیرانه صورت می‌گرفت. بخلا و حسن (Bakhka & Hasan, 2012a) اثرات رنگ سقف بر دمای درون برخی خانه‌ها در نمونه مورد هادراموت در کشور یمن مطالعه کردند. بعد از رنگ‌آمیزی سقف خانه با رنگ سفید و مقایسه میزان دمای خانه‌ها با حالت پیشین آن، محققین دریافتند که رنگ سفید می‌تواند دمای داخل خانه را تا

و حاره‌ای (غیر خشک) به طور متوسط در دوازده ماه سال دمایی معادل 18°C دارد. در اقلیم استوایی، زاویه خورشید تنوع کمی دارد، از این رو می‌توان در کل سال، آب‌وهوایی گرم با دمای نسبتاً ثابتی را مشاهده کرد (ویکی پدیا، ۲۰۱۷).

پادشاهی تایلند در مرکز شبه جزیره مثلث هند و چین در جنوب شرق آسیا با مختصات جغرافیایی $100^{\circ} 00' \text{ E}$ ، $15^{\circ} 00' \text{ N}$ واقع شده است. تایلند با رطوبت بالای خود، دمای میانگین سالانه 28°C را دارا است. این اقلیم بارانی، گرم، ابری با بارش موسمی در جنوب غربی (اواسط می تا سپتامبر)؛ خشک، خنک با بارش موسمی در شمال شرقی (نوامبر تا اواسط مارس) و در برزخ جنوبی همیشه داغ و مرطوب است (CIA, 2017). جدول شماره ۱ سوابق بالاترین دماهای تایلند در طول سال ۲۰۱۶ را نمایش می‌دهد.

شاخص حرارت (HI)

شاخص حرارتی (HI)، یا درجه رطوبت و حرارت آب‌وهوا، دمای هوا و رطوبت وابسته (RH) را در مناطق سایه‌دار ترکیب می‌کند. این شاخص «دمای محسوس هوا» یا «دمای ظاهری» را مشخص می‌کند که معادل دمایی است که انسان در سایه حس می‌کند. در معرض دمای شدید ($32-41^{\circ}\text{C}$ HI)، امکان بروز عوارض مربوط به گرما (گرگرفتگی و گرمزدگی) وجود دارد و در صورت فعالیت مداوم ممکن است فرد در اثر گرمزدگی بی‌هوش شود. اثرات حالت خطر ($41-54^{\circ}\text{C}$) به احتمال زیاد به صورت



تصویر ۱: تاریخچه اوج مصرف برق سالانه در تایلند. مأخذ: EGAT, 2017.

جدول ۱: بالاترین دماهای تایلند در ۸ اردیبهشت ۱۳۹۶. مأخذ: نگارندگان.

منطقه	استان	دما °C
شمال	مای هونگ سون	۴۴,۶
شمال شرقی	سورن	۴۲,۷
مرکزی	ناخون ساوان	۴۳,۳
شرق	ساکایو	۴۱,۴
جنوب	ناخون سی ناممات	۴۰,۵
بانکوک و حومه	پتومتنی	۳۹,۰

جدول ۲: مشاهدات ساعتی ایستگاه هواشناسی دون موئنگ در روز ۱ می، ۲۰۱۷. مأخذ: WU, 2017.

شرایط جوی	سرعت باد	جهت وزش باد	میدان دید (Km)	فشار (hPa)	RH	نقطه شبنم (°C)	شاخص حرارت (°C)	دما (°C)	زمان (+07)
تا قسمتی ابری	بدون وزش باد	بدون وزش باد	۱۰,۰	%۸۴	۱۰۱۲	۲۷,۰	۳۸,۸	۳۰,۰	AM ۸:۰۰
تا قسمتی ابری	۵,۶ / km/h / m/s ۱,۵	جنوبی	۱۰,۰	%۷۹	۱۰۱۲	۲۷,۰	۴۰,۵	۳۱,۰	AM ۸:۳۰
تا قسمتی ابری	۹,۳ / km/h / m/s ۲,۶	جنوبی	۱۰,۰	%۷۰	۱۰۱۲	۲۶,۰	۴۰,۴	۳۲,۰	AM ۹:۰۰
تا قسمتی ابری	۹,۳ / km/h / m/s ۲,۶	جنوبی	۱۰,۰	%۶۶	۱۰۱۲	۲۶,۰	۴۱,۸	۳۳,۰	AM ۹:۳۰
تا قسمتی ابری	۱۳,۰ / km/h / m/s ۳,۶	جنوبی	۱۰,۰	%۶۷	۱۰۱۲	۲۷,۰	۴۵,۳	۳۴,۰	AM ۱۰:۰۰
تا قسمتی ابری	۱۱,۱ / km/h / m/s ۳,۱	غربی	۱۰,۰	%۶۳	۱۰۱۲	۲۵,۰	۴۰,۶	۳۳,۰	AM ۱۰:۳۰
تا قسمتی ابری	۷,۴ / km/h / m/s ۲,۱	جنوب غربی	۱۰,۰	%۵۹	۱۰۱۲	۲۵,۰	۴۱,۸	۳۴,۰	AM ۱۱:۰۰
ابره‌های پراکنده	۱۱,۱ / km/h / m/s ۳,۱	غرب جنوب غربی	۱۰,۰	%۶۷	۱۰۱۱	۲۷,۰	۴۵,۳	۳۴,۰	AM ۱۱:۳۰
ابره‌های پراکنده	۱۴,۸ / km/h / m/s ۴,۱	غربی	۱۰,۰	%۶۳	۱۰۱۱	۲۷,۰	۴۶,۵	۳۵,۰	PM ۱۲:۰۰
ابره‌های پراکنده	۵,۶ / km/h / m/s ۱,۵	غرب جنوب غربی	۱۰,۰	%۶۳	۱۰۱۱	۲۶,۰	۴۳,۵	۳۴,۰	PM ۱۲:۳۰
ابره‌های پراکنده	۱۴,۸ / km/h / m/s ۴,۱	جنوب جنوب غربی	۱۰,۰	%۶۳	۱۰۱۰	۲۶,۰	۴۳,۵	۳۴,۰	PM ۱:۰۰
ابره‌های پراکنده	۱۶,۷ / km/h / m/s ۴,۶	جنوب جنوب غربی	۱۰,۰	%۵۹	۱۰۰۹	۲۶,۰	۴۴,۶	۳۵,۰	PM ۱:۳۰
تا قسمتی ابری	۱۸,۵ / km/h / m/s ۵,۱	جنوب شرقی	۱۰,۰	%۶۳	۱۰۰۹	۲۶,۰	۴۳,۵	۳۴,۰	PM ۲:۰۰
تا قسمتی ابری	۱۱,۱ / km/h / m/s ۳,۱	جنوب جنوب شرقی	۱۰,۰	%۵۶	۱۰۰۸	۲۵,۰	۴۳,۲	۳۵,۰	PM ۲:۳۰
تا قسمتی ابری	۷,۴ / km/h / m/s ۲,۱	غرب جنوب غربی	۱۰,۰	%۵۳	۱۰۰۸	۲۶,۰	۴۷,۴	۳۷,۰	PM ۳:۰۰
تا قسمتی ابری	۱۳,۰ / km/h / m/s ۳,۶	جنوب جنوب غربی	۱۰,۰	%۵۳	۱۰۰۷	۲۵,۰	۴۴,۵	۳۶,۰	PM ۳:۳۰
تا قسمتی ابری	۹,۳ / km/h / m/s ۲,۶	جنوب جنوب غربی	۱۰,۰	%۵۰	۱۰۰۷	۲۴,۰	۴۳,۱	۳۶,۰	PM ۴:۰۰

احتیاط شدید =

خطر =

رنگ‌های نشانگر

زمینی را به عنوان یک سیستم خنک‌کننده غیر فعال مورد بررسی قرار دادند که امروزه در خانه‌های کم‌مصرف انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این لوله‌های پلی‌اتیلن در یک متری از سطح زمین قرار داده شدند. از آنجایی که زمین به عنوان انباره حرارتی عمل می‌کند، امکان ایجاد هوای

۲,۳°C کاهش دهد. در تحقیقی مشابه بخلا و حسن (Bakhka & Hasan, 2012) تحقیقی بر شرایط حرارتی درون نمازخانه مسجد الملک خالد در پنانگ را هنگامی که خورشید در جهت قبله قرار داشت، انجام دادند. سنوسی و همکارانش (Sanusi et al, 2013) طی تحقیقی تکنولوژی لوله‌های خنک‌کننده

و دیوارها دارند، قابلیت بررسی دمای خانه‌های واقعی را فراهم می‌آورند.

در این تحقیق سه ماکت ساخته شده است. همان‌طور که در تصویر ۳ مشاهده می‌شود به منظور راحتی بیشتر فضای آشپزخانه و سرویس بهداشتی به صورت یکپارچه در نظر گرفته شده‌اند. در اولین خانه مدل (model#W1) از تخته‌های چوب برای سقف، کف، و دیوارها استفاده شده است، در حالی که در دو مدل دیگر (CF1 and #CF2 model) از فیبر سیمان استفاده شده است. تمام مدل‌ها مقیاس ۱:۹٫۵ از خانه واقعی را دارند (به عبارت دیگر، هر یک از ابعاد خانه مدل ۱/۹٫۵ از خانه واقعی است). ابعاد پلان کف ماکت $1 \times 0.84 \text{ m}^2$ (در مقایسه با پلان کف خانه واقعی $9.5 \times 8 \text{ m}$) و ارتفاع آن 0.35 m (در مقایسه با ارتفاع خانه واقعی 3 m) است. تمام اتاق‌ها کاملاً کپسوله (هوابندی) شده‌اند، به طوری که فقط سیم‌های دماسنج به داخل اتاق‌ها راه پیدا می‌کنند. جمعاً ۹ عدد دماسنج دیجیتالی و به ازای هر اتاق یک عدد در این تحقیق به کار برده شده است. در نتیجه دماهای تمام اتاق‌ها به صورت هم‌زمان قابل مشاهده است. جدول ۳ جزئیات مصالح استفاده شده در سقف، کف و دیوارهای هر ماکت را نشان می‌دهد. اطلاعات فنی مهم مصالح هر ماکت نیز در جدول ۴ نمایش داده شده است.



R1=اتاق نشیمن، R2=اتاق خواب، R3=آشپزخانه و دستشویی به هم پیوسته

تصویر ۳: طرح نمونه خانه مدل انجام شده در Sketch Up*. مأخذ: نگارندگان.

خنک‌تر فراهم می‌شود. نتیجه تحقیق نشان داد که دمای بین لوله‌های ورودی و خروجی تا بازه 6.4°C و 6.9°C کاهش می‌یابد که البته این امر به فصول سال نیز بستگی دارد.

بسیاری از تحقیقاتی که تاکنون در این زمینه انجام شده است، به بررسی نقش نما در جلوگیری از نفوذ حرارت/نور خورشید به خانه پرداخته‌اند. به عنوان مثال، حسن و بخلا، (Hasan & Bakhla, 2013a) اثرات ایجاد سایه بر نمای ورودی خانه‌های مدرن تراس‌دار در مالزی را بررسی کردند. هرچند افراد می‌توانند برای تهویه طبیعی پنجره‌ها را باز بگذارند، اما بیشتر مردم به دلیل مسائل محیطی مانند ریزگردها، گردوغبار هوا و همین‌طور حفظ حریم خصوصی دوست دارند پنجره‌ها بسته باشند. به همین دلیل ایشان ناچار از سیستم تهویه مطبوع هوای خانه‌شان هستند که خود موجب افزایش مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌شود.

روش تحقیق

پلان خانه

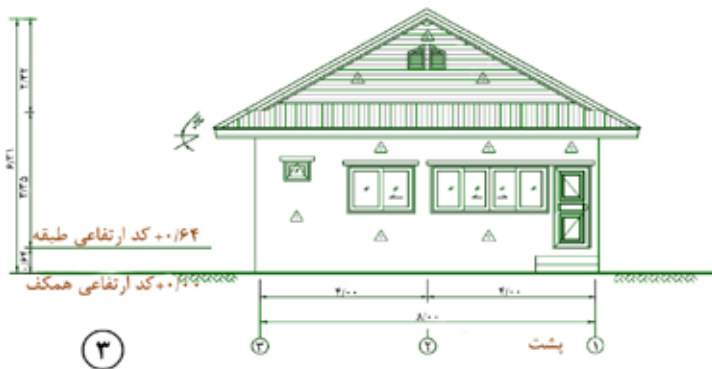
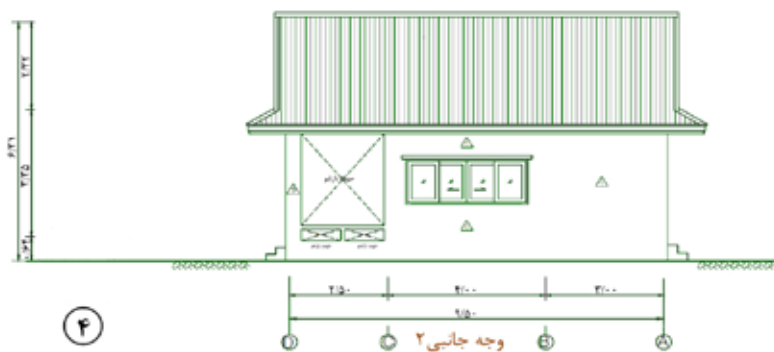
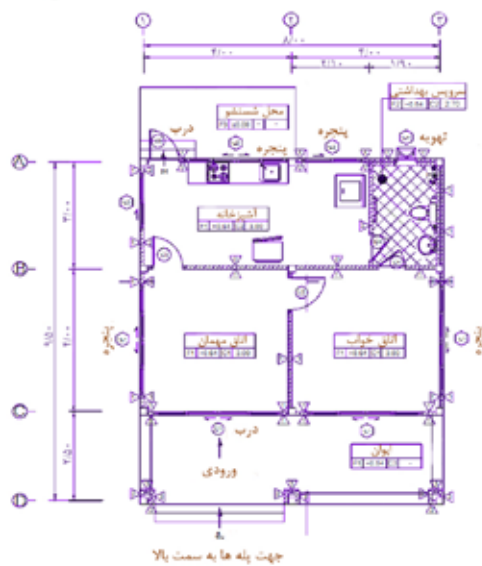
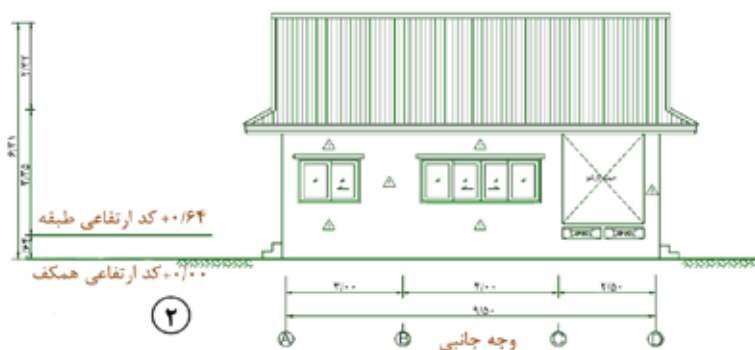
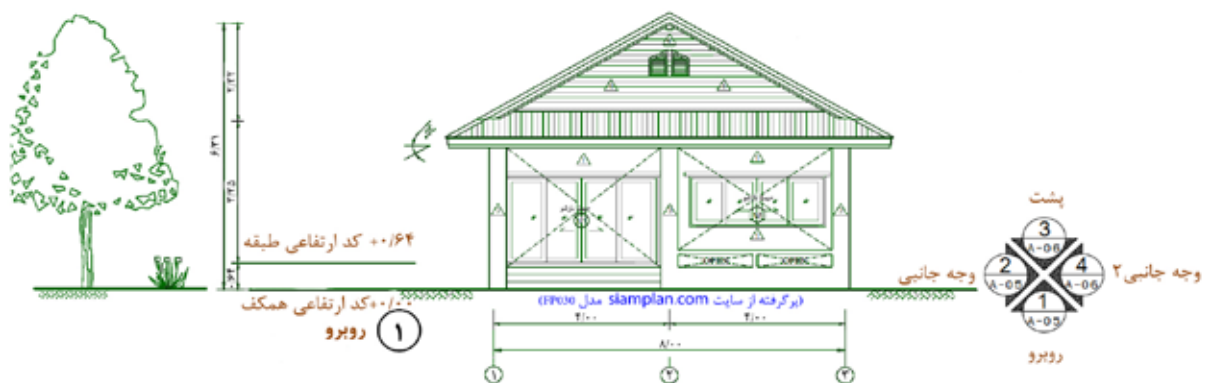
برای انجام این تحقیق، یک خانه ساده یک طبقه با دو تا سه نفر ساکن انتخاب شده است. ابعاد پلان کف $9.5 \times 8 \text{ m}^2$ است که از یک اتاق خواب ($4 \times 4 \text{ m}^2$)، یک اتاق نشیمن ($4 \times 4 \text{ m}^2$)، یک آشپزخانه ($3 \times 1.6 \text{ m}^2$)، و یک سرویس بهداشتی ($3 \times 1.9 \text{ m}^2$) تشکیل می‌شود. ارتفاع سقف (از کف تا سقف) ۳ متر است. ایوان هم با فضایی مناسب برای استراحت افراد در جلوی ساختمان قرار گرفته است.

مقیاس نمونه خانه مدل

ماکت خانه در مقیاس بسیار کوچکتر از اندازه واقعی ولی با تناسبات مشابه خانه واقعی ساخته می‌شود. برای اندازه‌گیری دما در این مدل از مصالح واقعی استفاده نشده است، ولی با در نظر گرفتن تناسبات مشابه در ماکت‌های ساخته شده که هر کدام مصالح متفاوتی برای سقف کف

جدول ۳: شناسه‌های مدل و جزئیات مصالح سقف، کف و دیوار. مأخذ: نگارندگان.

شناسه مدل	جزئیات مصالح سقف، کف و دیوار
W1	تخته‌های چوبی عرض 75 mm * ضخامت 15 mm
CF1	تخته‌های فیبر سیمان (مارک A) عرض 200 mm * ضخامت 8 mm
CF2	تخته‌های فیبر سیمان (مارک B) عرض 150 mm * ضخامت 8 mm



تصویر ۲: پلان کف خانه ساده‌ای که در این تحقیق استفاده شده است. مأخذ: www.siamplan.com model#FP030

CF2	CF1	W1	استاندارد	خصوصیات فنی
خصوصیات فیزیکی				
±۰,۵۰	±۰,۵۰	±۱		ضخامت (mm)
۱۳۰۰ ±۰,۵۰	۱۲۰۰ ≤	۵۳۰-۷۵۰	ASTM C1185 /	چگالی (دانسیته) (kg/cm ³)
%۱۵ ≥	%۱۷ ≥	%۱۵-۱۰	TIS 1427-2540	گنجایش رطوبت
%۳۵ ≥	%۳۷ ≥			جذب آب
۰,۱۲۵	۰,۱۲۷	۰,۰۳-۰,۰۶	ASTM C518-10	رسانایی حرارتی، K (Watt/m Kelvin)
۰,۰۷۴	۰,۰۷۵	۰,۶۸-۰,۷۶		مقاومت حرارتی، R-value (Watt/m ² Kelvin)
۷-۸	۷-۸	۴-۶	ISO 10390	pH
۷۵ دقیقه	۷۸ دقیقه	-	BS 476 Part22	مقاومت در برابر آتش
خواص دوام و طول عمر				
قبول	قبول	-	ISO 9384 1991(E)	مقاومت در برابر انجماد-ذوب
قبول	قبول	-	ASTM C1185	مقاومت در برابر آب گرم
قبول	قبول	-	ISO 8336 2009 (E)	مقاومت در برابر خشکی/ خیسگی
قبول	قبول	-	ASTM C1185	مقاومت در برابر گرما/ باران

بام خانه مدل

بام مدل‌های ماکت از تخته‌های سیمانی بدون آزرست تشکیل شده است که ترکیبی از سیمان پورتلند، سیلیکا (سیلیس) و نوعی فیبر سلولوزی است. تخته با عمل‌آوری خاص، به استحکام، دوام و قابلیت ارتجاعی دست می‌یابد. نوع مصالح تخته‌های فیبر سیمان آنها را در برابر آب، پوسیدگی و موربانه مقاوم می‌سازد.

مقاومت حرارتی (R-value)

R-value اصطلاح/شناسه‌ای است که در اندازه‌گیری مقاومت حرارتی برای نمایش قابلیت عایق‌بندی و جلوگیری از انتقال گرما استفاده می‌شود. هرچه R-value مصالح عایق‌بندی بیشتر باشد، در جلوگیری از انتقال حرارت بهتر عمل می‌کند. در جدول ۴ مشخص است که R-value تخته‌های چوبی استفاده شده در خانه مدل حدوداً ۱۰ برابر از تخته فیبر سیمان بیشتر است.

قرارگیری در معرض آفتاب

همان‌گونه که در تصویر ۵ مشاهده می‌شود، هر سه ماکت در فضای باز پردیس رنگسیت، دانشگاه تاماسات (عرض جغرافیایی ۱۴,۰۶۹۵۸۹، طول جغرافیایی ۱۰۰,۶۰۶۷۶۸) زیر

تخته فیبر سیمان

فیبر سیمان که جزو مصالح کامپوزیتی است، از ترکیب ماسه، سیمان و فیبر سلولوز به دست می‌آید که به شکل تخته تولید می‌شود. تخته‌های فیبر سیمان که دارای خواص ضد حریق هستند، در مقابل موربانه‌ها و حشرات، آب و پوسیدگی و آب‌وهوا مقاوم‌اند. در مقایسه با چوب، فیبر سیمان دارای انعطاف بیشتر و انقباض پذیری کمتر است. مدل‌های CF1# و CF2# از مارک‌های متفاوت تخته‌های فیبر سیمان برای سقف، کف و دیوار استفاده می‌کنند. این تخته‌های فیبر سیمان دارای برجسب‌های سبز/ کربن/ کاهش کربن هستند.

تخته چوب

تخته‌های چوب در مدل W1# ترکیبی از چوب درختان جنگل‌های استوایی برگ‌ریز تهیه می‌شوند (ترکیب‌شده از طیف گسترده‌ای از درختان چوب سخت و چوب نرم، با تنوع رنگ زرد تا قرمز آلبالویی بلوطی) با تراکم دو برابری سیمان در مقابل چوب (جدول ۴)، از این‌رو ضخامت تخته‌های چوب استفاده شده در این مطالعه دو برابر ضخامت تخته‌های فیبر سیمان انتخاب شده است. ضخامت هر تخته چوب ۱۵ mm و عرض آن ۷۵ mm است.



تصویر ۴: نمونه خانه مدل چوبی با اسکلت فولادی. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۵: قرارگیری هر سه مدل در معرض نور خورشید. مأخذ: نگارندگان.

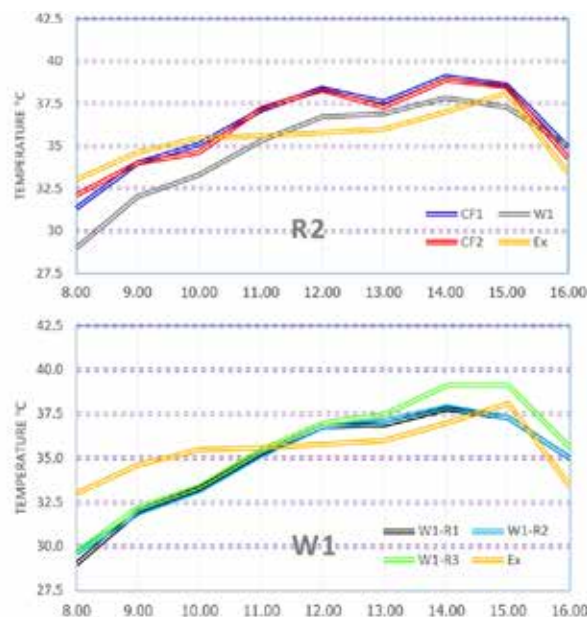
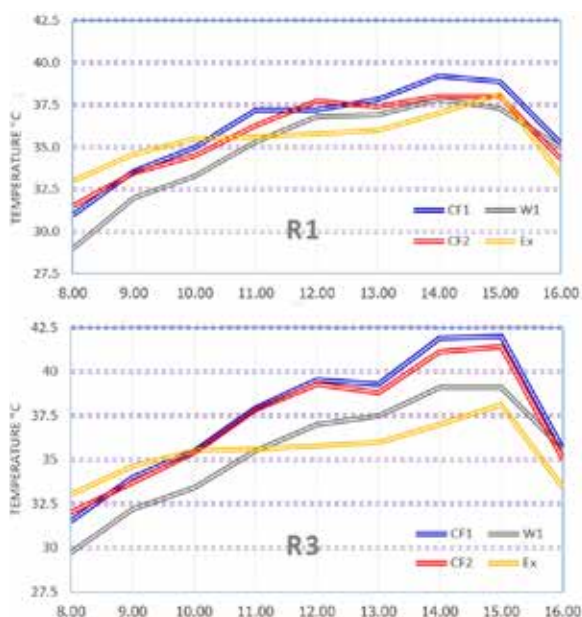
خانه مدل تهیه شد. تصاویر ۶ و ۷ دمای ساعتی هر اتاق را در ۱ می ۲۰۱۷ و میانگین دمای بین ۲۸ آوریل تا ۴ می را نشان می‌دهند.

نتایج تحقیق نشان داد که در مدل‌های CF1 و CF2 در تصاویر ۶ و ۷، اتاق‌های R1 و R2 دماهای بالاتری در مقایسه با مدل W1 دارند که بسته به زمان هر روز حدود ۲-۳

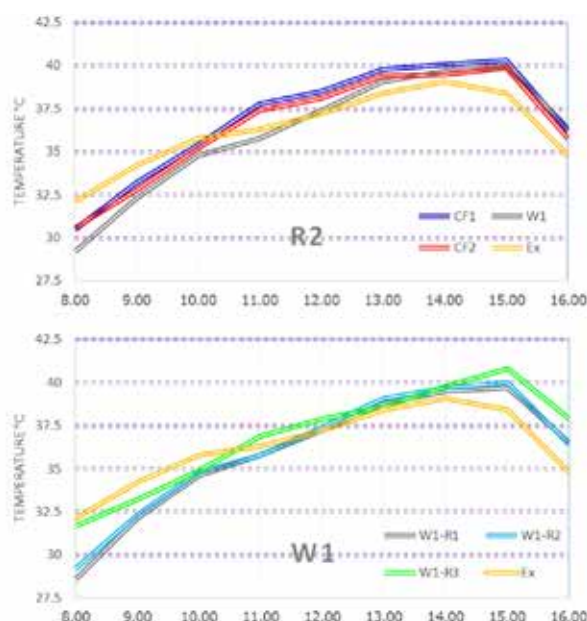
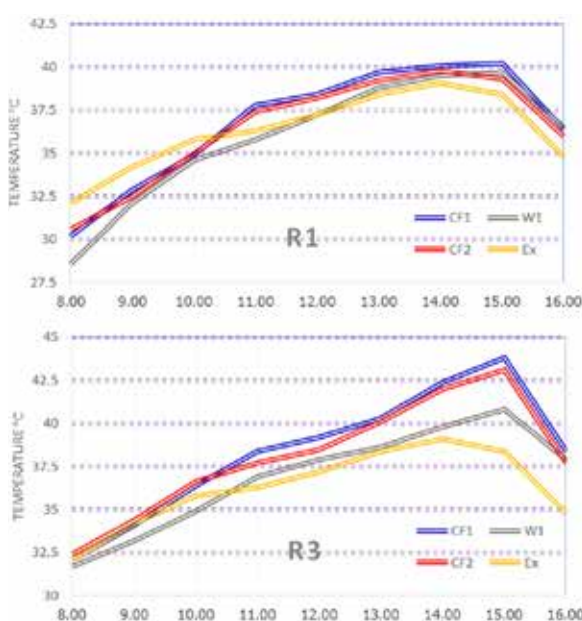
آفتاب قرار گرفتند. نمای اصلی همه ماکت‌ها رو به شرق قرار گرفت و دمای اتاق هر ماکت در هر ساعت و به درجه سلسیوس ثبت و ضبط شد.

بررسی و نتیجه

نموداری از دمای ساعتی ثبت‌شده هر اتاق از هر نمونه



تصویر ۶: دمای ثبت‌شده در ۱ می ۲۰۱۷. مأخذ: نگارندگان.



تصویر ۷: دمای میانگین از ۲۸ آوریل تا ۱ می ۲۰۱۷. مأخذ: نگارندگان.

(RH) و فشار محسوس هوا هم بستگی دارد، به عبارتی اندازه (HI) یا شاخص گرما).

نتیجه‌گیری

نوشتار حاضر نتایج مشاهدات حرارتی سه نمونه ماکت خانه که در ساخت سقف، کف و دیوارشان از چوب و فیبر سیمان استفاده شده است را نمایش می‌دهد. هدف این تحقیق شناخت قابلیت استفاده از تخته‌های چوب و فیبر سیمان در عایق‌بندی در مقابل گرمای مستقیم خورشید بوده است. با توجه به اینکه چگالی تخته‌های چوب نصف تخته‌های فیبر سیمان است، ضخامت آن دو برابر فیبرهای سیمان در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دمای اتاق مدل چوبی زیر گرمای خورشید از دو مدل دیگر با تخته فیبر سیمان کمتر بوده است. بعد از ایجاد سایه ساختمان بلندتر بر تمام مدل‌ها در ساعت ۱۵:۰۰، مشخص شد دمای اتاق مدل چوبی با سرعت کمتری نسبت به دو نمونه مدل دیگر خنک می‌شود. لذا از آنجایی که چوب R-value بیشتری دارد، در نتیجه مصالح عایق‌بندی بهتری برای جلوگیری از انتقال گرما است.

درجه سلسیوس است. اتاق‌ها در ساعات ۱۴:۰۰ الی ۱۵:۰۰ در گرم‌ترین حالت خود هستند. به راحتی می‌توان دید که اتاق R3 که در پشت اتاق R1 و R2 قرار دارد، دارای دمای بالاتری حدود ۰٫۵-۳ درجه سلسیوس در مقایسه با دو اتاق دیگر است.

سایه ساختمانی بلندتر از ساعت ۱۵:۰۰ به بعد بر تمام مدل‌ها اثر می‌گذارد. هدف از این کار ایجاد مانعی در مقابل نور خورشید و مشاهده چگونگی دفع حرارت و آزادسازی گرمای مدل‌های چوبی و فیبر سیمانی به محیط اطراف بوده است. در تمام نمودارها سرعت دفع حرارت مدل چوبی بعد از ایجاد سایه از دو نمونه مدل دیگر کندتر بود. دمای تمام اتاق‌های ماکت چوبی تقریباً تا ساعت ۱۱:۰۰ از دمای بیرون کمتر بوده است، اگرچه به نظر می‌آید که گرما حتی بعد از ایجاد سایه مدت بیشتری در مدل هوابندی شده می‌ماند.

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که دمای اتاق‌های R1 و R2 تا ساعت ۱۰:۰۰ در تمام نمودارها از دمای بیرون کمتر است. در جهت کمک به کاهش هزینه‌های برق بهتر است ترموستات سیستم تهویه مطبوع هوا چند درجه بالاتر تنظیم شده و در این زمان روشن شوند (به نسبت رطوبت

سپاسگزاری

جا دارد در پایان از زحمات آقایان فانتااد فوئمپون و سوراوچ ویچایانکول برای کمک‌های ارزنده در ساخت خانه‌های مدل و اندازه‌گیری دماها تشکر و قدردانی شود.

- Bakhlah, M. S., & Hassan, A. S. (2012a). The Effect of Roof Color on Indoor House Temperature In Case of Hadhramout, Yemen. *American Transactions on Engineering & Applied Sciences*, 1(4): 2229-1652.
- Bakhlah, M. S., & Hassan, A. S. (2012b). The study of air temperature when the sun path direction to Kaabah: with a case study of Al-Malik Khalid Mosque, Malaysia. *International Transaction Journal of Engineering, Management & Applied Sciences & Technologies*, 3(2): 185-202.
- Bălan, R., Cooper, J., Chao, K.M., Stan, S. and Donca, R., (2011). Parameter identification and model-based predictive control of temperature inside a house. *Energy and Buildings*, 43(2): 748-758.
- Barrow, R. Record Breaking Temperature in Thailand During 2016. Available from: <http://www.richardbarrow.com/2016/04/record-breaking-temperature-in-thailand-during-2016> (Accessed July 2017).
- CIA. (2017). the World Factbook – Thailand. Available from: <http://s07.flagcounter.com/factbook/th> (Accessed July 2017).
- EGAT. (2017). A Record of Electric Uses in Thailand. Available from: https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=353&Itemid=200 (Accessed July 2017).
- Hassan, A. S., & Bakhlah, M. S. O. (2013a). Shading and extent of sunlight penetration on house facades of the early terraced house type in Petaling Jaya Old Town, Malaysia. *Int Trans J Eng Manag Appl Sci Technol*, 4 (3): 191-206.
- Hassan, A. S., & Bakhlah, M. S. O. (2013b). Shading Analysis on Front Facade of Modern Terraced House Type in Petaling Jaya, Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 91: 13-27.
- Heat index. (2017). Heat index. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_index (Accessed July 2017).
- Hunt, D.R.G. and Gidman, M.I. (1982). A national field survey of house temperatures. *Building and environment*, 17(2):107-124.
- NIH. (2015). Heat emergencies. Medical Encyclopedia, NIH U.S. National Library of Medicine. Available from: <https://medlineplus.gov/ency/article/000056.htm> (Accessed July 2017).
- R-value. (2017). R-value. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/R-value> (Accessed July 2017).
- Sanusi, A. N., Shao, L., & Ibrahim, N. (2013). Passive ground cooling system for low energy buildings in Malaysia (hot and humid climates). *Renewable energy*, 49: 193-196.
- WU. (2017). Weather History for Bangkok (Don Mueang), Thailand. Available from: <https://www.wunderground.com/history/airport/VTBD/2017/5/1/DailyHistory.html> (Accessed July 2017).

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the authors with publication rights granted to Manzar journal. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله

ویچایانگکون، بونساپ؛ سورنچوم کاو، فونگفوم و آنانتاکارن، کریتسادا. (۱۳۹۷). ارزیابی حرارتی مدل‌های مسکونی. *مجله منظر*, ۱۰ (۴۳): ۶۱-۵۲.

DOI: 10.22034/manzar.2018.68626

URL:http://www.manzar-sj.com/article_68626.html

