مدیریت شهری
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018
۲۱-۳۴
زمان دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱/۲۳ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۷/۱

ارزیابی انرژی کارایی بام سبز در ایران؛ نمونه موردی: شهرهای تهران، تبریز، رامسر، بندرعباس

محمد مهدی مولایی– استادیار گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
پیمان پیله‌چی‌ها*– پژوهشگر دوره دکتری معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
آذر افشار – کارشناسی ارشد معماری، دانشگاه کوثر، قزوین، ایران

چکیده
یکی از راهکارهایی که برای کاهش مصرف انرژی در شهرهای کلان پیشنهاد می شود، احداث بام سبز است. این پژوهش با هدف معرفی سامانه بام سبز و نقش آن در کاهش انتقال انرژی حرارتی و پدیده جزیره حرارتی شهری، به بررسی تأثیر حرارتی استفاده از بام سبز در مقایسه با بام معمولی رایج می پردازد. روش تحقیق در بخش‌های مربوط به مزایای بام سبز، توصیفی و نوع تحقیق، کیفی و در بخشهای مربوط به تحلیل نرم افزاری نوع تحقیق کمی و روشی تحلیلی بوده است وبرای اثبات این فرضیه که «بام سبز و چگونگی طراحی آن نقش مؤثری درکاهش انتقال حرارت دارد» از نرم‌افزاری شبیه‌سازی دیزاین بیلدر[1] استفاده شده است. یک نمونه بام معمولی با بام سبز باجزییات اجرایی خاصی (پلی استایرن و پلی اتیلن) آنالیز شده و انتقال حرارت آنها در چهار شهر به نمایندگی ازاقلیم های عمده در ایران (تهران، تبریز، بندرعباس و رامسر) مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بام سبز نسبت به بام معمولی، بیشترین تاثیر را دراقلیم سرد و مرطوب (رامسر) با 22% و کمترین تاثیر را در اقلیم سرد و کوهستانی (تبریز) با 14%در کاهش مصرف انرژی دارد. به علاوه میزان کاهش بار سرمایشی در اقلیم گرم و مرطوب (بندرعباس) نسبت به سه اقلیم دیگرایران (تهران، تبریز، رامسر) کمتر و در اقلیم سرد و کوهستانی (تبریز) نسبت به سه اقلیم دیگر (تهران، رامسر، بندرعباس) بیشتر بوده است و همینطور بیشترین میزان کاهش بار گرمایشی در اقلیم سرد و مرطوب (رامسر) وکمترین میزان آن در اقلیم گرم وخشک (تهران) است.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، بام سبز، انتقال حرارت، کاهش مصرف انرژی، نرم افزار دیزاین بیلدر

energy Efficiency Evaluation of Green Roof in Iran Case Study: Tehran, Tabriz, Ramsar, Bandar Abbas

Abstract
One of the solutions proposed to reduce energy consumption in large cities is the construction of a green roof. This research aims to introduce the green roofing system and its role in reducing the thermal energy transfer and the phenomenon of urban Thermal Island, to study the thermal effect of using green roofs Compared to conventional conventional roofing. The research method has been quantitative and analytical research in the areas related to the green, descriptive and qualitative research, and in the software-related areas of quantitative research and analytical method, and to prove the hypothesis that "green roof and its design play an effective role in Reducing heat transfer "has been used to simulate the design of the 1-sheet. A typical roofed roof with some specific details (polystyrene and polyethylene) is analyzed and their heat transfer in four cities representing major climates In Iran (Tehran, Tabriz, Bandar Abbas and Ramsar) has been studied. The results of the research show that green roofs have the most impact on the cold and humid climate (Ramsar) with 22% and the least impact in cold and mountainous climate (Tabriz) with a 14% reduction in energy consumption. In addition, the amount of cooling loss in hot and humid climate (Bandar Abbas) was lower than other three climates of Iran (Tehran, Tabriz, Ramsar) and in cold and mountainous climate (Tabriz) compared to other three climates (Tehran, Ramsar, Bandar Abbas) And also the most reduction in the heating load in the cold and humid climate (Ramsar) and the lowest in warm and dry climate (Tehran).

Key words: sustainable development, green roof, heat transfer, energy consumption reduction, software designer 1

*.نویسنده مسئول مکاتبات، شماره تماس: ۰۹۱۲۳۸۲۲۲۶۱ ؛ رایانامه: p.pilechiha@modares.ac.ir

۱-مقدمه

با افزایش مشکلات دنیای مدرن، سامانه‌های پایدار در اولویت سیاست‌های کشورهای توسعه یافته قرار گرفت. کشورهای در حال توسعه مانند ایران نیز هم اکنون در پی اجرای این سیاست‌ها در جهت حل مشکلات مختلف فرهنگی، اجتماعی، زیست محیطی با درنظر گرفتن پیامدهای اقتصادی هستند. بام‌های سبز در مفهوم جدید به دلیل مزایای زیست محیطی و اکولوژیک از اروپای شمالی آغاز شد و خیلی زود جای خود را در اغلب کشورها باز کرد، دلیل عمده آن علاوه بر مبحث زیبایی شناسی معمارانه، پاسخ به عواملی همچون عایق سازی طبیعی ساختمان (حرارتی، رطوبتی، صوتی) استفاده از فضای مرده بام در جهت خلق فضای دلپذیر، تلفیق ساختار مصنوع با طبیعت، کمک به کاهش آلودگی‌های جوی، افزایش پایداری و مدیریت صحیح باران‌های سیل‌آسا و آب باران و... می‌باشد. علاوه بر این، با توجه به مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان که در خصوص صرفه‌جویی در مصرف انرژی (سیستم سرمایی و سیستم گرمایی) است،سبز کردن بامها می‌تواند در راستای سیاست‌های ساختمان سازی نیز عمل کند (مبحث ۱۹، ص ٤٢ و ٤٤). همچنین با توجه به این که در برنامه چهارم توسعه، محوری به نام دولت سبز و توسعه پایدار و فواید زیست محیطی تعیین شده است، سبز کردن بام‌ها می‌تواند در خدمت زمینه سازی برای رسیدن به اهداف دولت سبز تلقی شود.

یکی از اهداف زیست محیطی بام سبز، می‌توان به کاهش اثرات جزایر گرمایی شهرها اشاره کرد. اصطلاح اثر جزیره گرمایی به اختلاف حرارت بین شهر و حومه آن اطلاق می‌شود و این اختلاف دما گاه می‌تواند تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (رضویان و دیگران، ۱۳۸۹، ص ١٦٠). یکی دیگر از اهداف زیست محیطی بام‌های سبز، می‌توان به حفظ و نگهداری آب باران در هنگام طغیان‌ها اشاره کرد. بام سبز در مقایسه با بام‌های سنتی، ذخیره انرژی و کاهش هزینه‌های گرمایش و سرمایش بنا را به‌دنبال دارد. رویش گیاه بر روی بام‌ها موجب کاهش حرارت و دمای هوای اطراف بنا در تابستان شده و به دلیل قابلیت عایق سازی بام سبز در زمستان،باعث کاهش نیاز به انرژی گرمایی در داخل ساختمان شده و به ذخیره انرژی بنا کمک می‌کند. اکنون این سوال پیش می‌آید که چگونه می‌توان با بازسازی یک ساختمان موجود از طریق اضافه کردن بام سبز به آن در انرژی و انتقال حرارت صرفه جویی کرد؟

استفاده از بام‌های سبز شهری و توسعه آن در صنعت ساختمان نه تنها کاهش نسبی آثار جزیره حرارتی شهری، ایجاد میکرواقلیم، بهبود کیفیت هوا و برقراری تعادل حرارتی در محیط داخلی و خارجی بنا را به همراه دارد بلکه در جهت بهبود کیفیت محیط شهری نیز اثرات مثبت می‌گذارد.هدف از تحقیق حاضر، شناخت و معرفی بام سبز، ارزیابی انرژی کارایی بام سبز در ایران و تأثیرات مثبت آن در تعدیل جزیره حرارتی شهر و کاهش انتقال حرارت و... است. سامانه بام‌های سبز یکی از راه هایی است که دستیابی به یک محیط پایدار را تسهیل می‌کند. بنابراین از یک طرف، تحقیق و پژوهش در جهت بومی سازی مراحل عملی ساخت بامهای سبز و از طرف دیگر توسعه برنامه‌های انگیزشی در توسعه این صنعت از بزرگ ترین مشکلات پیش رو در جهت عمومی ساختن آن هاست، مسئله ای که بر خلاف ظاهرش بسیار زمان بر و پر هزینه است (کشتکار، انصاری و نازی، ۱۳۸۹، ص٦).

۲-مبانی نظری و پیشینه تحقیق

انتقال حرارت در بام‌های ایزوگام در زمستان از داخل به خارج و در تابستان از خارج به داخل صورت می‌گیرد. اما بام‌های سبز از طریق کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی، لایه‌های سقف به خنک سازی فضاهای زیر بام در طی تابستان و گرم ماندن آن در زمستان کمک می‌کنند. بنابراین سبزینگی و پوشش گیاهی زنده رطوبت را در درون خود حفظ و با این شیوه در تعدیل دمای ساختمان نقش موثری ایفا می‌کنند.آب به عنوان جرم حرارتی از نوسانات دمایی جلوگیری کرده و موجب خنک شدن ساختمان در تابستان و گرم نگه داشتن نسبی آن در زمستان می‌شود.

در یک تقسیم‌بندی دو نوع پایه‌ای از سیستم‌های بام سبز وجود دارد که از نقطه نظر دست‌اندرکاران این صنعت به‌عنوان «بام‌های سبز گسترده» و «بام‌های سبز متمرکز و فشرده» مشخص شده است (شرقی، محتشمی، ١٣٨٦، ص ٤).

بام سبز متمرکز: با توجه به افزایش عمق خاک، انتخاب گیاهان دارای تنوع بیشتری شده و اجازه به وجود آمدن اکوسیستم پیچیده تری می‌دهد. الزامات نگهداری و آبیاری در این مدل بیشتر و مداوم تر از بام‌های سبز گسترده

جدول۱. بررسی اجمالی مزایای کمی و کیفی بام سبز در مقایسه با بام معمولی؛ ماخذ: یافته های تحقیق.

	عنوان	ماخذ
مزایای کیفی	**حفاظت از پوسته بام**	مهدی عبدالهی شماره ۶۰، زمستان ۱۳۹۰ :۹۴ محمودی زرندی و دیگران، ۱۳۹۱ :۱۴۱-۱۵۱
	تولید غذا	Townshend.82: 2006
	زیبایی، رفاه و سرگرمی	تشکر، ۱۳۷۹ :۱۱ سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران، ۱۳۸۹: ۱۵۹
	ترویج سلامتی و بهزیستی	پاکاری، ۸:۱۳۹۱
	صرفه جویی اقتصادی	سلطانی، ۱۳۷۱ :۱۱
	گسترش فضای سبز و زیستگاه جانداران	Townshend.81: 2006
مزایای کمی	**عایق صوتی**	6 :2010 ,Bradley Rowe
	کاهش آلودگی هوا	126-81 :1989 ,Baker&Brooks 190-180 :1998 ,.Morikawa,etal ,2010 ,Enviromental Advantages of Green Roof 8.para محمودی زرندی و دیگران، ۱۳۹۱:۱۴۱-۱۵۱
	کاهش دی اکسید کربن	6 :2010 ,Bradley Rowe 4 :Ibid
	کاهش آب‌های سطحی و طغیان فاضلب‌ها	تشکر ،۱۳۷۹: ۱۱ 380-369 :2008 ,Berndsson., Bengtsson & Jinno
	کاهش اثرات جزیره گرمایی	289-282: 2006,Weng et al,2002,Streutker 230-215 :1998,Galli et al 79-74 :2000,Xloe et al 161-2010:159 ,Balling et al
	کاهش انتقال حرارت از طریق ذخیره انرژی ساختمان	9 :2007 ,Bass 2007:831 ,.Oberndorfer et al ذوالفقاری و دیگران، ۱۳۹۴: ۵۸ خسروی و دیگران، ۱۳۹۲: ۶۷-۷۸ محمودی زرندی و دیگران، ۱۳۹۱: ۱۴۱-۱۵۱

جدول۲. اجزای بام سبز؛ ماخذ: عبدالهی، ۱۳۹۰، ص۹۴.

لایه‌های بام سبز	مصالح
پوشش گیاهی، بام سبز گسترده بام سبز نیمه گسترده بام سبز متراکم	سدوم ها، خزه ها، گیاهان علفی، چمن ها گیاهان علفی، چمن ها، بوته ها، درختچه ها گیاهان علفی، چمن ها، بوته ها، درختچه ها، درختان
محیط کشت مواد آلی مواد معدنی	کودهای گیاهی شن و ماسه، لیکا، پرلیت، پشم سنگ، سنگ پامیس
لایه فیلتر	بافت پارچه ای ژئوتکستایل، شن و ماسه

لایه‌های بام سبز	مصالح
لایه زهکشی	مصالح دانه ای، لیکا، پشم سنگ، لاوا، مواد فوم، ورق‌های فنجانی شکل از ترکیبات پلی اتیلن و پلی پروپیلن
لایه محافظ	بتن سبک، ورق پلاستیکی، ورق مسی، پلی استایرن، بافت ژئوتکستایل
مانع ریشه	ورق هیدروکسید مس، پلی وینیل کاراید(PVC)، الفین ترموپلاستیک (TPO)، پلی اتیلن با چگالی با HDPE))، بتن غیر قابل نفوذ، بافت پارچه ای ژئوتکستایل برای گیاهان با ریشه‌های الیافی
غشاء ضد آب	پلی وینیل کلراید(PVC)، الفین ترموپلاستیک(TPO)، غشاء الاستومری)اتیلن پروپیلن(، غشاء(EPDM)، عناصر پلیمری اصلاح شده قیری

جدول۳. ویژگی‌های دو سامانه بام سبز با تاکید بر تاثیر گیاهان؛ ماخذ: شرقی، محتشمی، ۱۳۸۶، ص ۴).

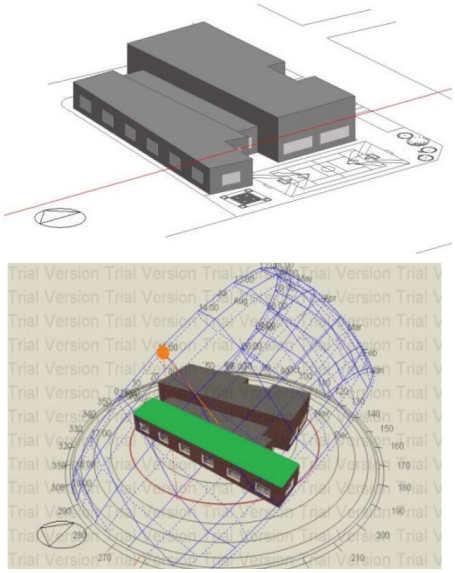
سیستم گسترده	سیستم متمرکز
– این سیستم با نام مقطع کم ارتفاع یا اجزا با ضخامت کم نیز شناخته می‌شود و معمولا از گیاهانی با عمق ۴۰ تا۱۰۰ میلی متر استفاده می‌شوند. – این نوع بام سبز فقط شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کاشت کم عمق است. – این نوع بام، بر روی بام‌های مسطح و شیب دار احداث می‌شود. – در مورد بام‌های شیب دار در اغلب مکان‌ها ۱۰ تا۲۰ در صد شیب توصیه می‌شود. – به عنوان سیستم‌های خود نگهدار در نظر گرفته شده و به حداقل تاسیسات نگهداری، یک بار در سال هرس یا کوددهی برای افزایش رشد گیاهان نیاز دارند. – محیط کاشت لایه ای پیوسته بر روی بام سبز است.	– بامهای سیستم متمرکز نیازمند مقطع عمیق و بیش از ۱۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر از خاک برای رشد گیاهان حجیم و آب نما و چمن معمولی هستند. – این نوع از بام سبز شامل انواع مختلفی از گیاهان است و مشابه یک پارک طراحی میشود. – محیط کاشت یک لایه ناپیوسته بر روی بام سبز است. – برروی سقف‌های کمتر از ۳ درصد شیب اجرا می‌شود. – دراین سیستم گیاهان در جعبه‌های مخصوصی که تمام یا قسمت اعظم بام سبز را می‌پوشاند، کشت و نگهداری می‌شوند. – امکان کاشت متنوع گیاه در این بام وجود دارد. –این بام‌ها با تقویت اساسی سازه، آبیاری، کوددهی و سایر مراقبت‌های مداوم دارند.

می‌باشد (Akbari- Pomerantz- Taha-2001:295-310,).

بام سبز گسترده: بام‌های سبز گسترده توسط وزن کم و هزینه نگهداری پایین مشخص می‌شوند (Town- , 8:2006 shend).

۳–روش انجام پژوهش

موضوع استفاده از بام سبز در ساختمان‌های پایدار در کشور نسبتا جدید است. هدف این مطالعه بررسی اثربخشی فنی سقف‌های سبز به عنوان یک تکنولوژی امکان پذیر در کاهش مصرف انرژی ساختمان در اقلیم ایران است. ساختمان نمونه موردی، یک ساختمان با کاربری آموزشی (مدرسه) است که برنامه زمانی (سیستم گرمایشی شش ماه اول سال و سیستم سرمایشی شش ماه دوم سال و سه ماه تابستان «به علت تعطیلی مدارس» خاموش در نظر گرفته شده است) در آن لحاظ شده و در چهار اقلیم ایران مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل۱. مدل ساختمان مدرسه مورد پژوهش در نرم افزار دیزاین بیلدر

جدول ۴. پارامترهای مدل سقف سبز استفاده شده در پژوهش در نرم افزار دیزاین بیلدر

ردیف	پارامتر	واحد	مقدار
۱	هدایت حرارتی	R	۰,۳۰
۲	ارتفاع گیاهان	m	۰,۲۰
۳	سطح شاخص برگ	LAI	۵,۰۰
۴	برگ بازتابنده	LR	۰,۴۰
۵	انتشارات سطح برگ	LE	۰,۹۵
۶	حداقل مقاومت در برابر استومات	s/m	۵۰,۰
۷	حداکثر رطوبت حجمی در حالت اشباع	Max fc	۰,۵۰
۸	حداقل مقدار رطوبت حجمی باقیمانده	Min fc	۰,۱۰

ابتدا ساختمان موجود با بام معمولی در نرم افزار دیزاین بیلدر (شکل شماره ۱) با لایه بندی بام متشکل از لایه‌های گچ، تیرچه و بلوک، بتن سبک، عایق و آسفالت مورد تحلیل قرار می‌گیرد و نتایج بارهای گرمایشی و سرمایشی آن به عنوان مدل پایه برای هر شهر استخراج می‌شود. سپس این بارها در نمودارهای ۱ تا ۸ با معادل خود که بام سبز دارد مقایسه می‌شود و مزایای صرفه‌جویی انرژی کل سالانه بسته به‌شرایط آب و هوایی اقلیم ایران استخراج می‌گردد. پارامترهای موثر مدل سقف سبز گسترده (شامل مصالح بام و پوشش گیاهی) در این پژوهش که برای شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته است در جدول ٤ و ۵ آمده است. در این مدل همان طور که از نام آن مشخص است، سطح گسترده و وسیعی از بام توسط پوشش گیاهی پوشیده می‌شود و اجرای آن با استفاده از گیاهان پوششی و عمدتاً چمن و بوته شکل می‌گیرد.

جدول ۵. ضخامت ساختار اجزای بام سبز در مدل نمونه پژوهش برای درج در برنامه شبیه سازی

مصالح	مقدار میلیمتر
گیاه با بستر خاک	۲۰۰
پلی اتیلن	٤
پلی استایرن ضخیم	۱۵
کاشی سقف	٦
ضد آب نازک	۳
ضد آب ضخیم	٤
شن و ماسه و سیمان	۱۰۰
تخته سنگ	۲۰۰
گچ نازک	۱۲

به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت از لایه‌های بالایی بام سبز، سطح روی سقف با استفاده از عایق زهکش پلی‌استایرن ضخیم و پلی اتیلن عایق‌بندی شده است. گیاهان نیز با بستر خاکی به عمق ۲۰ سانتیمتر انتخاب شده اند.

بنابر دسته بندی اقلیمی ایران به چهار گروه اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل دریای خزر)، اقلیم سرد (کوهستانهای غربی)، اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی)، اقلیم گرم (سواحل جنوبی ایران) (کسمایی، ۱۳۹٤ چاپ هفتم: ص ۲۱)، چهار شهر رامسر، تبریز، تهران و بندرعباس انتخاب شده اند و در آن‌ها مدل مدرسه نمونه این پژوهش با بام معمولی و بام سبز مقایسه شده است.

٤-یافته ها

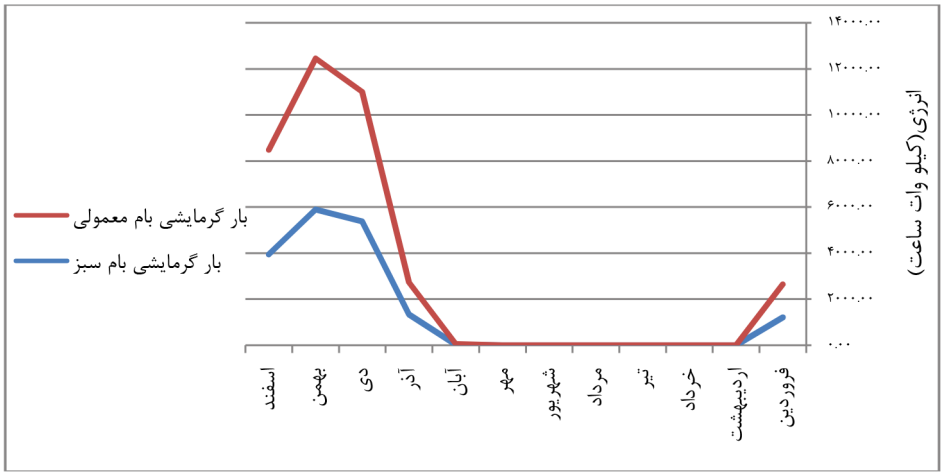
در این بخش نتایج شبیه سازی مدل پیشنهادی پژوهش در هرکدام از چهار شهر به تفکیک بار سرمایشی و گرمایشی در حالت بام معمولی و بام سبز ارائه شده و مورد مقایسه قرار می‌گیرند. قابل ذکر است به دلیل اینکه کاربری مورد پژوهش (مدرسه) در تابستان غیرفعال است، لذا از محاسبه بار سرمایشی در این فصل اجتناب شده است.

٤-١-تهران

نتایج شبیه سازی بام معمولی و بام سبز شهر تهران به عنوان نماینده اقلیم گرم و خشک در جدول شماره ٦ ارائه شده است.

جدول ۶. داده‌های اندازه گیری شده شبیه سازی ماهیانه مدل مدرسه نمونه در شهر تهران

	کارایی بام سبز		بام معمولی		بام سبز		
	سرمایش	گرمایش	بار سرمایشی	بار گرمایشی	بار سرمایشی	بار گرمایشی	
	%		کیلو وات ساعت				
فروردین	۰	۱۵	۰,۰۰	۱٤۲۸,۱۹	۰,۰۰	۱۲۱۵,۵۹	
اردیبهشت	٤٤	۰	٤۵۸۹,۷٤	۰,۰۰	۲۵۹۱,۹۸	۰,۰۰	
خرداد	۳۰	۰	۹٦۸٤,۰۱	۰,۰۰	٦۷٦۷,۱٤	۰,۰۰	
تیر	–	–	–	–	–	–	
مرداد	–	–	–	–	–	–	
شهریور	–	–	–	–	–	–	
مهر	۱۵	۰	۱۲۲۵۵,۵۳	۰,۰۰	۱۰٤۰۳,٤٤	۰,۰۰	
آبان	۰	۲٤	۰,۰۰	۳۳,۵۲	۰,۰۰	۲۵,۵۹	
آذر	۰	۵	۰,۰۰	۱۳۹٤,٦۰	۰,۰۰	۱۳۳۰,۸٦	
دی	۰	۵	۰,۰۰	۵٦۲۷,۷٤	۰,۰۰	۵۳۷۲,۰۷	
بهمن	۰	۱۰	۰,۰۰	٦۵٦٤,۵۱	۰,۰۰	۵۸۹۰,٦۳	
اسفند	۰	۱۳	۰,۰۰	٤۵٤۹,۵۷	۰,۰۰	۳۹۳۹,۷٤	

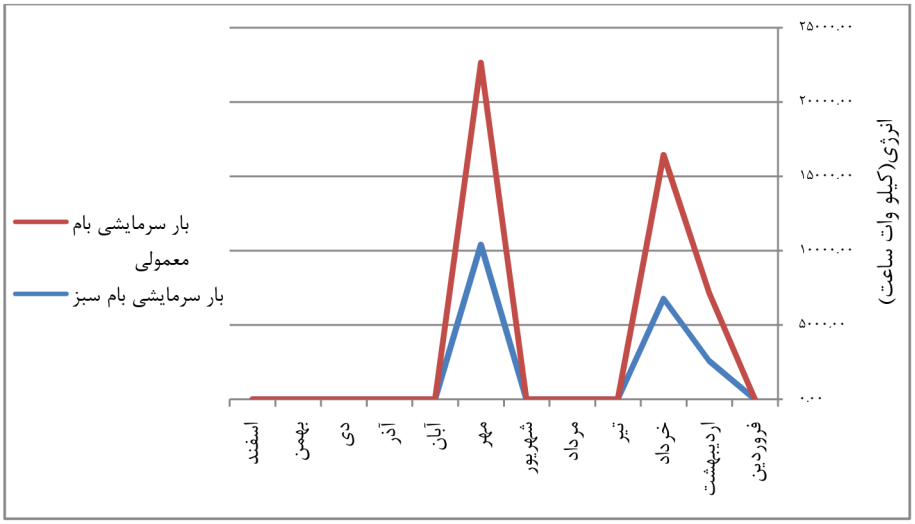


نمودار ۱. مقایسه بار گرمایشی بام معمولی با بار گرمایشی بام سبز در شهر تهران

با توجه به نمودار ۱ بیشترین کاهش مصرف انرژی گرمایشی برای شهر تهران در آبان ماه و به میزان 24% اتفاق افتاده است و بعد از آن بیشترین کاهش را در فروردین ماه به میزان 15% داریم. کمترین کاهش را هم در ماه‌های سرد سال به

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

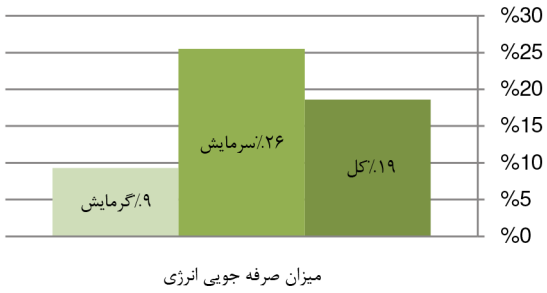
دلیل مصرف زیاد انرژی گرمایشی در داخل ساختمان در آذر و دی ماه به میزان 5 % شاهد هستیم.



نمودار ۲. مقایسه بار سرمایشی بام معمولی با بار سرمایشی بام سبز در شهر تهران

با توجه به نمودار ۲ بیشترین کاهش مصرف انرژی سرمایشی در اردیبهشت ماه به میزان 44% می‌باشد و کمترین کاهش به دلیل خنک تر شدن آب و هوای شهر تهران و استفاده کمتر از سیستم‌های سرمایشی در مهر ماه به میزان15 % مشاهده می‌شود.

با توجه به نمودار ۳، به طور میانگین برای شهر تهران با بام سبز در یک سال بار گرمایشی 9%، بار سرمایشی 26% و در مجموع 19% بار حرارتی کل کاهش پیدا کرده است.



نمودار ۳. میزان صرفه جویی انرژی در شهر تهران

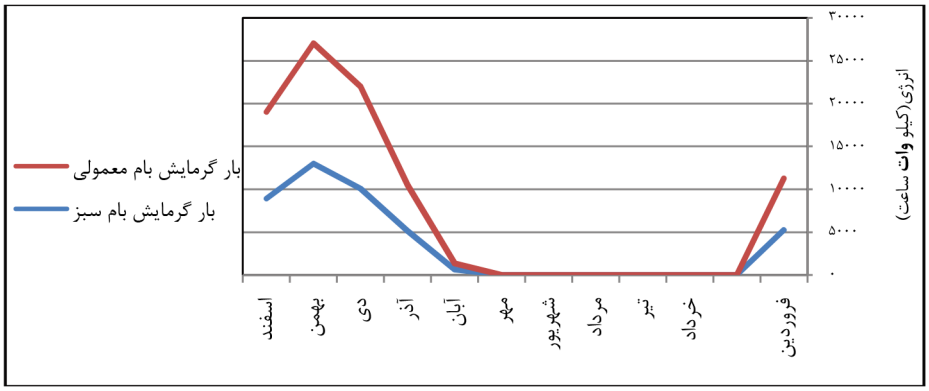
٤-۲-تبریز

نتایج شبیه سازی بام معمولی و بام سبز شهر تبریز به عنوان نماینده اقلیم سرد در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. داده‌های اندازه گیری شده شبیه سازی ماهیانه مدل مدرسه نمونه در شهر تبریز

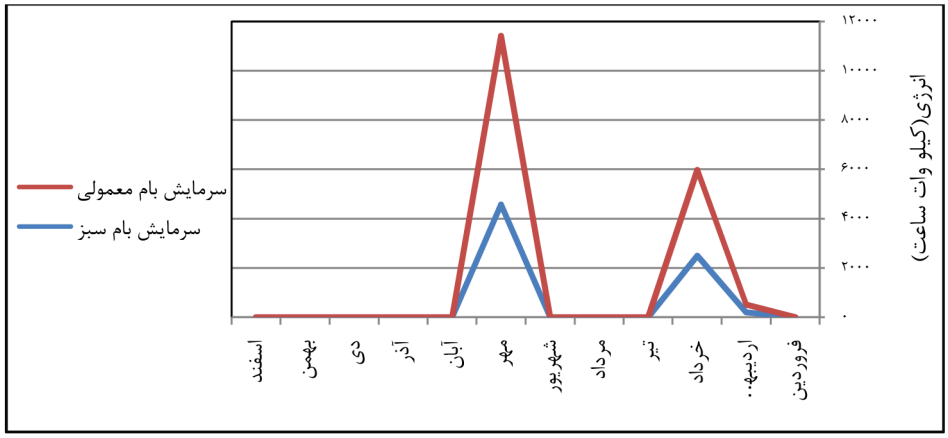
		بام سبز		بام معمولی		کارایی بام سبز	
		بار گرمایشی	بار سرمایشی	بار گرمایشی	بار سرمایشی	گرمایش	سرمایش
	کیلو وات ساعت				%		
فروردین	۵۲۵۰,۳۷	۰,۰۰	٦۰۰٦,۷۱	۰,۰۰	۱۳	۰	
اردیبهشت	۰,۰۰	۲۰۰,۹٤	۰,۰۰	۳۱۳,٤۵	۰	۳٦	
خرداد	۰,۰۰	۲٤۹۹,۳۵	۰,۰۰	۳٤۸۵,٤۸	۰	۲۸	
تیر	–	–	–	–	–	–	

			بام سبز		بام معمولی		کارایی بام سبز	
			بار گرمایشی	بار سرمایشی	بار گرمایشی	بار سرمایشی	گرمایش	سرمایش
			کیلو وات ساعت			%		
مرداد	–		–	–	–	–	–	
شهریور	–		–	–	–	–	–	
مهر	۰,۰۰		٤٥٧١,٥٨	۰,۰۰	٦٨٥٢,٧٧	۰	۳۳	
آبان	٦٥٥,٤٦		۰,۰۰	٧٠٤,٧٤	۰,۰۰	٧	۰	
آذر	٥١٢٨,٠٨		۰,۰۰	٥٣٤٧,١٥	۰,۰۰	٤	۰	
دی	١٠٠٨٤,٢٦		۰,۰۰	١١٨٩٤,٣٨	۰,۰۰	١٥	۰	
بهمن	١٣٠٠٢,٣٤		۰,۰۰	١٤٠٤٢,٤٧	۰,۰۰	٧	۰	
اسفند	٨٩٢٨,٩٥		۰,۰۰	١٠٠٩٩,١٥	۰,۰۰	١٢	۰	



نمودار ۴. مقایسه بار گرمایشی بام معمولی با بار گرمایشی بام سبز در شهر تبریز

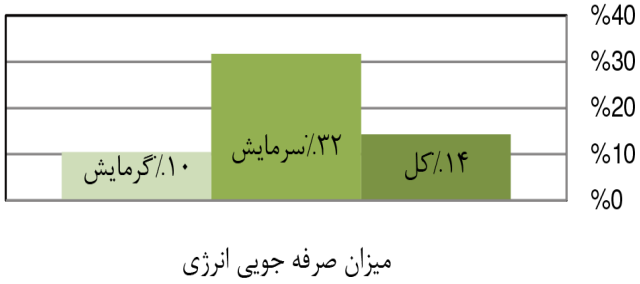
با توجه به نمودار٤ بیشترین کاهش مصرف انرژی گرمایشی را در دی ماه به میزان 15% نشان می‌دهد و بعد



نمودار ۵. مقایسه بار سرمایشی بام معمولی با بار سرمایشی بام سبز در شهر تبریز

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

نمودار ۶. میزان صرفه جویی انرژی در شهر تبریز



از آن بیشترین کاهش را در فروردین ماه به میزان 13% داریم. کمترین کاهش را هم در ماه‌های سرد سال به دلیل مصرف زیاد انرژی گرمایشی در داخل ساختمان در آذر ماه به میزان 4% شاهد هستیم.

با توجه به نمودار۵ بیشترین کاهش مصرف انرژی سرمایشی در اردیبهشت ماه به میزان 36% می‌باشد و کمترین کاهش به دلیل گرم تر شدن هوا در خرداد ماه به میزان 28 % مشاهده می‌شود.

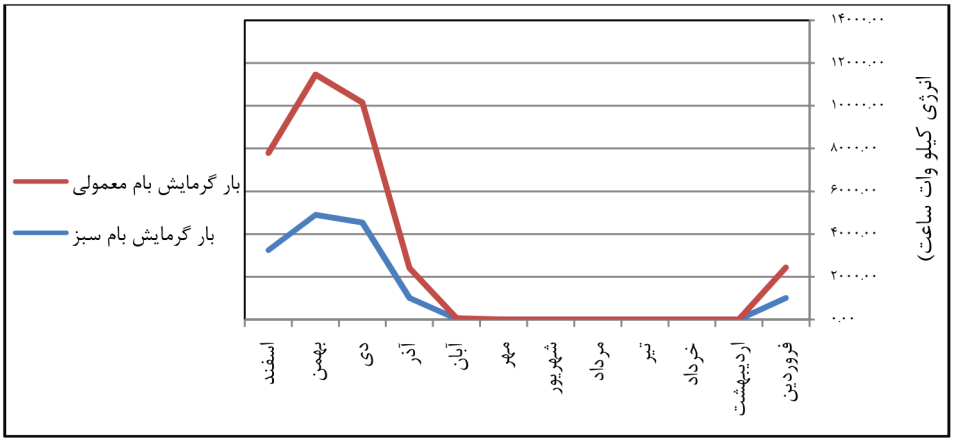
به طور میانگین برای شهر تبریز با بام سبز در یک سال بار گرمایش 10%، بار سرمایش 29% و در مجموع 19% بار کل کاهش پیدا کرده است.

٤-۳-رامسر

نتایج شبیه سازی بام معمولی و بام سبز شهر رامسر به عنوان نماینده اقلیم معتدل و مرطوب در جدول شماره ۸ ارائه شده است.

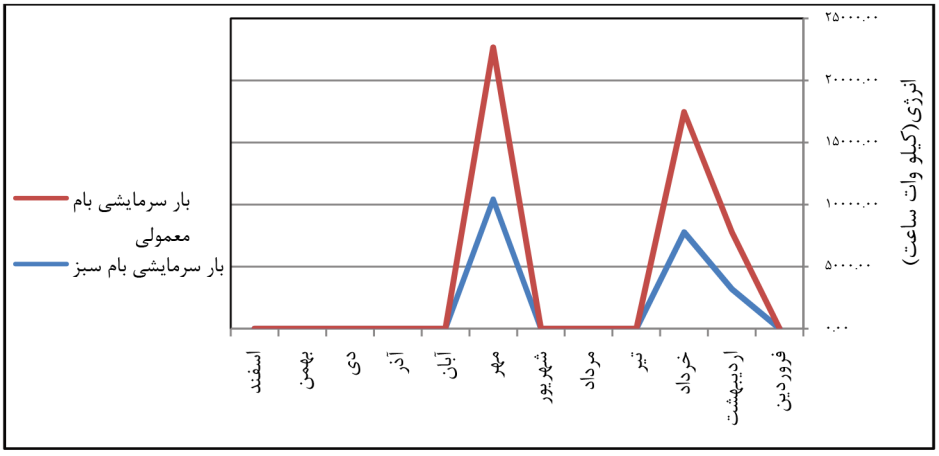
جدول ۸. داده‌های اندازه گیری شده شبیه سازی ماهیانه مدل مدرسه نمونه در شهر رامسر

	کارایی بام سبز		بام معمولی		بام سبز		
	سرمایش	گرمایش	بار سرمایشی	بار گرمایشی	بار سرمایشی	بار گرمایشی	
	%		کیلو وات ساعت				
فروردین	۰	۳۰	۰,۰۰	۱٤۲۸,۱۹	۰,۰۰	۱۰۰۵,۵۹	
اردیبهشت	۳۰	۰	٤۵۸۹,۷٤	۰,۰۰	۳۱۹۱,۹۸	۰,۰۰	
خرداد	۲۰	۰	۹٦۸٤,۰۱	۰,۰۰	۷۷٦۷,۱٤	۰,۰۰	
تیر	–	–	–	–	–	–	
مرداد	–	–	–	–	–	–	
شهریور	–	–	–	–	–	–	
مهر	۱۵	۰	۱۲۲۵۵,۲۷	۰,۰۰	۱۰٤۱۲,٤۵	۰,۰۰	
آبان	۰	۱٤	۰,۰۰	۳۳,۵۲	۰,۰۰	۲۸,۷۹	
آذر	۰	۲۸	۰,۰۰	۱۳۹٤,٦۰	۰,۰۰	۱۰۱۰,۲٤	
دی	۰	۲۰	۰,۰۰	۵٦۲۷,۷٤	۰,۰۰	٤۵۲۳,۹۹	
بهمن	۰	۲۵	۰,۰۰	٦۵٦٤,۵۱	۰,۰۰	٤۸۹۰,٦۳	
اسفند	۰	۲۹	۰,۰۰	٤۵٤۹,۵۷	۰,۰۰	۳۲۳۹,۷٤	



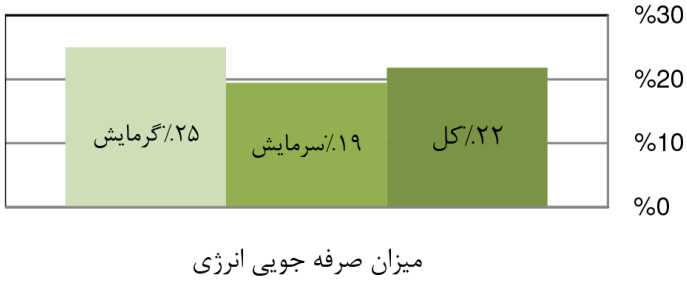
نمودار ۷. مقایسه بار گرمایشی بام معمولی با بار گرمایشی بام سبز در شهرستان رامسر

با توجه به نمودار ۷ بیشترین کاهش مصرف انرژی گرمایشی را در فروردین ماه به میزان 30% نشان می‌دهد و بعد از آن بیشترین کاهش را در اسفند ماه به میزان 29% داریم.کمترین کاهش را هم در ماه‌های سرد سال به دلیل مصرف زیاد انرژی گرمایشی در داخل ساختمان در آبان ماه به میزان14 % شاهد هستیم.



نمودار ۸. مقایسه بار سرمایشی بام معمولی با بار سرمایشی بام سبز در شهرستان رامسر

با توجه به نمودار۸ بیشترین کاهش مصرف انرژی سرمایشی در اردیبهشت ماه به میزان 30% می‌باشد و کمترین کاهش به دلیل گرمتر شدن هوا در مهر ماه همان سال به میزان 15% مشاهده می‌شود.



نمودار ۹. میزان صرفه جویی انرژی در شهرستان رامسر

جدول ۹. داده‌های اندازه گیری شده شبیه سازی ماهیانه مدل مدرسه نمونه در شهر بندرعباس

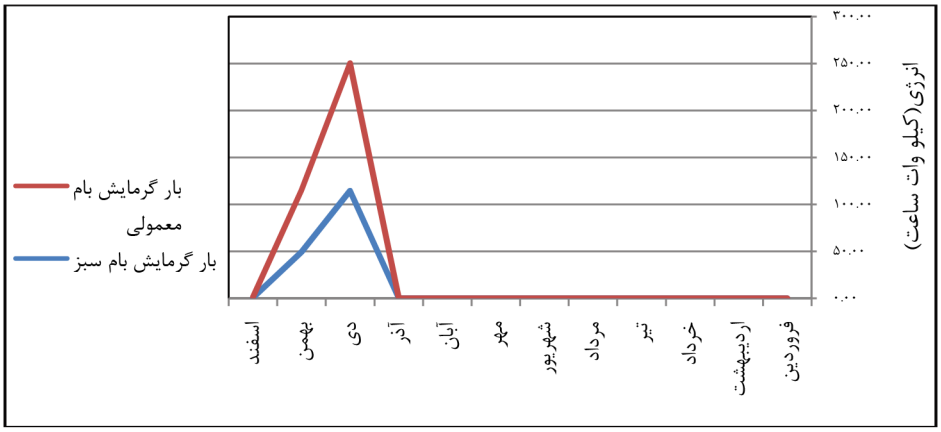
	بام سبز		بام معمولی		کارایی بام سبز	
	بار گرمایشی	بار سرمایشی	بار گرمایشی	بار سرمایشی	گرمایش	سرمایش
	کیلو وات ساعت				%	
فروردین	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰
اردیبهشت	۰,۰۰	۱۳۵۳۲,۲۹	۰,۰۰	۱۶۶۷۶,۵۵	۰	۱۹
خرداد	۰,۰۰	۲۱۱۳۱,۱۵	۰,۰۰	۲۴۸۹۵,۲۴	۰	۱۵
تیر	–	–	–	–	–	–
مرداد	–	–	–	–	–	–
شهریور	–	–	–	–	–	–
مهر	۰,۰۰	۲۲۵۸۹,۳۸	۰,۰۰	۲۶۴۲۲,۰۰	۰	۱۵
آبان	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰
آذر	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰	۰
دی	۱۱۴,۴۴	۰,۰۰	۱۳۵,۷۹	۰,۰۰	۱۶	۰
بهمن	۴۹,۳۵	۰,۰۰	۶۵,۶۸	۰,۰۰	۲۵	۰
اسفند	۰,۵۳	۰,۰۰	۰,۷۹	۰,۰۰	۳۲	۰

به طور میانگین برای شهرستان رامسر با بام سبز در یک سال بار گرمایش24 %، بار سرمایش 13 % و در مجموع16 % بار کل کاهش پیدا کرده است.

۴-۴-بندر عباس

نتایج شبیه سازی بام معمولی و بام سبز شهر رامسر به عنوان نماینده اقلیم گرم و خشک در جدول شماره ۹ ارائه شده است.

نمودار ۱۰. مقایسه بار گرمایشی بام معمولی با بار گرمایشی بام سبز در شهر بندرعباس



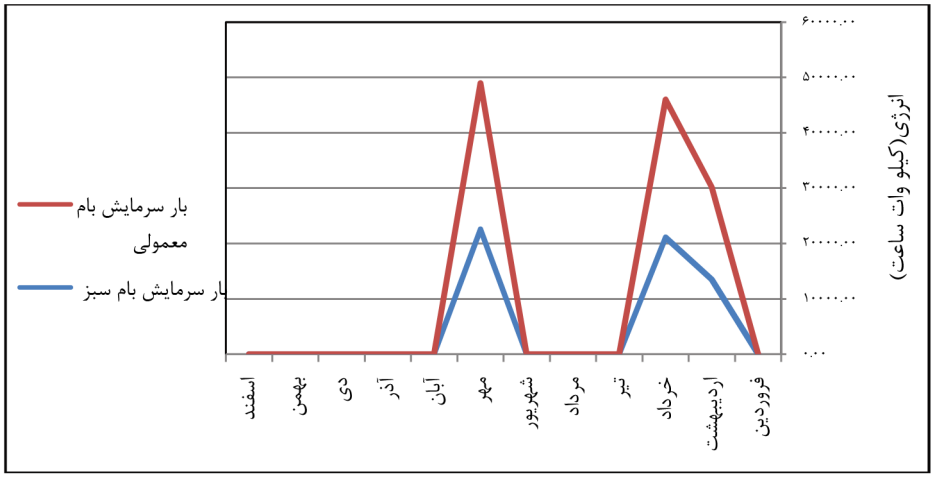
با توجه به نمودار۱۰ بیشترین کاهش مصرف انرژی گرمایشی را در اسفند ماه به میزان 32% نشان می‌دهد و بعد از آن بیشترین کاهش را در بهمن ماه به میزان 25% داریم.کمترین کاهش را هم در دی ماه به میزان 16% شاهد هستیم. سه ماه از سال (مهر، آبان و آذر) به علت گرمی اقلیم گرم و مرطوب بندر عباس میزان مصرف انرژی گرمایشی صفر است و شش ماه از سال (فروردین تا شهریور) در برنامه زمانی دیزاین بیلدر خاموش است و نیز سه ماه تابستان (تیر، مرداد، شهریور) به علت تعطیلی مدارس سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی کاربرد نداشته و خاموش می‌باشد، بنابراین نرم افزار میزان کاهش مصرف گرمایشی در آن ماه‌ها را 0% نشان داده است.

16% بار کل کاهش پیدا کرده است.

۵- نتیجه‌گیری و جمعبندی

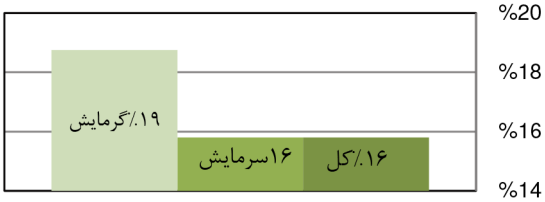
ایجاد بامهای سبز مزایای گوناگونی دارد که محیط زیست شهری و زندگی اکولوژیک شهرنشینان و سلامت روحی، اجتماعی و اقتصادی آنان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. لازم به ذکر است که گیاهانی که دارای ریشه‌های عمیق بوده ممکن است به سیستم عایق آب سقف آسیب رسانده و به دلایل سخت بودن تعمیرات مشکلات آتی را ایجاد نمایند لذا در انتخاب پوشش گیاهی این‌گونه بام‌ها باید دقت شود و با افراد خبره مشورت به عمل آید، از این رو گیاه با بستر خاک ۲۰ سانتیمتر برای چهار اقلیم در نظر گرفته شد و از

نمودار۱۱. مقایسه بار سرمایشی بام معمولی با بار سرمایشی بام سبز در شهر بندرعباس



با توجه به نمودار۱۱ بیشترین کاهش مصرف انرژی سرمایشی در اردیبهشت ماه به میزان 19% می‌باشد و کمترین کاهش به دلیل گرمتر شدن هوا در خرداد و مهر ماه همان سال به میزان 15% مشاهده می‌شود.

نمودار ۱۲. میزان صرفه جویی انرژی در شهر بندرعباس



میزان صرفه جویی انرژی

به طور میانگین برای شهر بندرعباس با بام سبز در یک سال بار گرمایش 19%، بار سرمایش 16% و در مجموع

دیگر محدودیت آن از لحاظ سازه‌ای می‌توان به افزایش بار سقف اشاره نمود البته این مورد به دیتیل اجرایی سقف و نوع پوشش گیاهی آن بستگی دارد.

نتایج حاصل از کارایی انرژی شبیه سازی شده مدل پایه و مدل بهینه، کاهش مصرف انرژی سالیانه 19%، بار سرمایشی 26%، بار گرمایشی 9% در شهر تهران و کاهش مصرف انرژی سالیانه 14%، بار سرمایشی 32%، بار گرمایشی 10% در شهر تبریز و کاهش مصرف انرژی سالیانه 22%، بار سرمایشی 19%، بار گرمایشی 25 % در شهرستان رامسر و کاهش مصرف انرژی سالیانه 16%، بار سرمایشی16 %، بار گرمایشی 19% در شهر بندرعباس را نشان می‌دهد.

محاسبات در برنامه دیزان بیلدر،میزان کاهش بار سرمایشی در اقلیم گرم و مرطوب (بندرعباس) نسبت

مدیریت شهری
فصلنامه مدیریت شهری
Urban Management
شماره ۵۲ پاییز ۱۳۹۷
No.52 Autumn 2018

به سه اقلیم دیگر ایران (تهران، تبریز، رامسر)کمتر و (از نظر اقتصادی و کاهش مصرف انرژی منطقی به نظر نمی رسد بنابراین در این اقلیم از این جهت پیشنهاد نمی شود) در اقلیم سرد و کوهستانی (تبریز) نسبت به سه اقلیم دیگر (تهران، رامسر، بندر عباس) بیشتر نشان می‌دهد و همینطور بیشترین میزان کاهش بار گرمایشی در اقلیم سرد و مرطوب (رامسر) و کمترین میزان بار گرمایش در اقلیم گرم و خشک (تهران) است.

منابع و ماخذ

۱- خسروی، محمود. قبادی، اسدالله (۱۳۹٤) تبیین جایگاه سامانه بام سبز در تعدیل جزیره حرارتی شهر ،نمونه موردی کرج، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم شناسی شهری. سال دوم .شماره چهارم.

Khosravi, Mahmoud. Ghobadi, Asadollah .1394 << Explaining the position of the green roof system in modifying the thermal island of Karaj, Case study of Karaj >> Two Quarterly Journal of Urban Ecology Research. The second year. The fourth issue. Pages 67-78

۲- سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران (۱۳۸۹) توسعه عمودی فضای سبز بام‌های سبز، ستاد توسعه عمودی فضای سبز، شهرداری تهران، تهران،ایران

Parks & Green Space Organization, Tehran, Iran, 2010 << Vertical Development of Green Space of Green Roofs >> Vertical Development Center of Green Space, Tehran Municipality, Tehran, Iran

۳- شرقی، علی و محتشمی، محمدحسین (۱۳۸٦) فضای سبز در ساختمان‌های بلند یا رویکرد دوباره به طبیعت، علوم تکنولوژی محیط زیست، دوره نهم، شماره چهارم.

East, Ali and Mohtashemi, Mohammad Hossein 2008 << Green space in high-rise buildings or re-nature approach >> Environmental science science, Ninth volume, No. 4.

٤- نهرلی، داود و عبداللهی، مهدی و ولی بیگی، مجتبی (۱۳۹۰) بررسی عوامل محدود کننده توسعه بام‌های سبز در ایران بر پایه تحلیل سلسله مراتبی، محیط شناسی

Nohrelli, Davood and Abdollahi, Mehdi and Vali Beigi, Mojtaba 1390 << Study of the limiting factors for the development of green roofs in Iran based on hierarchical analysis >>. Ecology. No. 60, pp. 89-98

۵- محمودی زرندی وپاکاری ندا (۱۳۹۱) طراحی جزییات مناسب بام سبز برای کاهش مصرف انرژی، شماره صفحه ۱٤۱-۱۵۱

Mahmoodi Zarandi and Papakari Neda 1391 << Designing Green Roof Details to Reduce Energy Consumption >> Page Number 141-151

٦- ماجدی، حمید و سادات سادتی، فریال (۱۳۹٤) توسعه بام سبز در طراحی فضاهای شهری پایدار با ارایه راهکارها و پیشنهادات، نمونه موردی: باغ‌مدرسه ها، نشریه مدیریت شهری .شماره ۳۸.صفحه 215_240

Mahdi, Hamid and Sadat Sadati, Faryal. 1394 << Development of green roof in the design of sustainable urban spaces by providing solutions and suggestions, Case study: Garden-Schools >> Urban Management Publication Number 38. Page 215_240

۷- رضویان، محمد تقی. غفوری پور، امین. رضویان، ماهان. (۱۳۸۹) بام‌های سبز، فصلنامه جغرافیای آسایش محیط. شماره ۱۰.

Razavian, Mohammad Taghi. Ghafouripour, Amin. Razvian, Mahan. 1389 << Green Roofs >> Environmental Geography Quarterly. No. 10 Page 137 _ 160

۸- کشتکار قلاتی، احمدرضا و انصاری، مجتبی و نازی دیزجی، سجاد (۱۳۸۹) توسعه سامانه بام سبز بر اساس معیارهای توسعه پایدار در ایران، نشریه هویت شهر، شماره٦

Keshtkkar Qalati, Ahmad Reza and Ansari, Mojtaba and Nazizi Dizaji, Sajad 2010 << Development of Green Roofing System Based on Sustainable Development Criteria in Iran >> Urban Identity, No. 6

۹- ذوالفقاری، علیرضا، محمدی، مریم (۱۳۹٤) تحلیل تاثیر سایه اندازی روی بام‌های سبز بر میزان مصرف انرژی در اقلیم تهران، دومین همایش ملی مدیریت انرژی‌های نو و پاک

Zolfaghari, Alireza .Mohammadi, Maryam .1394 << Effect of shadow on green roofs on energy consumption in Tehran climate >> Second National Conference on Clean Energy Management

۱۰-مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه جویی در مصرف انرژی، کنترل و برنامه ریزی سیستم گرمایی و سرمایی.

Chapter 19 of the National Building Regulations, Energy Saving, Control and Planning of the Heat and Cold System, pages 42 and 44

۱۱-دانشنامه جهان اسلام، جلد ٦، ت، زیرنظر: غلامعلی حداد عادل، تهران: بنیاد دائرةالمعارف اسلامی، ۱۳۸۰، ص ۳۸۱.

Encyclopedia of the Islamic World, Vol. 6, p., Supervision: Gholamali Haddad Adel, Tehran: The Islamic Encyclopedia, 2001, p. 381.

Afshar, M.(2009), Evaluation of Urban Heat Island City of Tehran, Sepehr Journal,spring, Volume 18, Issue 71, pp. 56-62.

Balling Wu, Haoa, b, Ye, Boazell.(2010), Assessing the Effects of Land Use Spatial Structure on Urban-Heat Islands Using HJ-1B Remote Sensing Imagery, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,Vol.26,Issue 3,pp. 175-170.

Bradley Rowe, D. (2010), Green roofs as a Means of Pollution Abatement. Journal of EnvironmentalPollution, Volume 159, Issue 4: 210-211. Available from: www.sciencedirect.com

- Galli, J. A, Jimenez-Munoz, J. C, El-Kharraz, J, Gomez, M, Romaguera, M, Soria, G.(1998), Single-Channel and Two-channel Methods for Land Surface Temperature Retrieval from DAIS Data and Its Application to the Barrax site.Int. J. Remote Sensing, 1998, Vol. 25, Issue 1, pp. 215–230.

Streutker, D. R. (2002), Satellite-measured Growthof the Urban Heat Island of Houston, Texas, RemoteSensing of Environment, Vol, 85, pp, 282–289

- Xloe, H. F, Ding, X, Wen. (2000), Urban Expansion and Heat Island Dynamics in the Quanzhou Region, China, IEEE journal of selectedtopics in applied earth observations and remotesensing Vol, 1, No, 3, pp, 74- 79.

Environmental Advantages of Green Roof, (2010). Retrieved from http://www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/

Townshend, D. (2006). STUDY ON GREEN-ROOF APPLICATION IN HONG KONG. Architectural ervices Department and UrbisLimited.

۱۲-مرتضی کسمایی (۱۳۹٤) اقلیم و معماری، چاپ هفتم، تهران، نشر خاک.

Mortazy Kesmayi, 1394 Seventh Printing, Climate and Architecture, Tehran, Kerman Publishing House.

Akbari H, Pomerantz M. and Taha H (2001) Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban area, Solar Energy, 70 310–295: (2001)

Bass, B. (2007). Green Roofs and Green Walls: Potential Energy Savings in the winter. Toronto : Adaptation & Impacts Research Division Environment Canada at the University of Toronto Centre for Environment.

Berndtsson JC et al. 2009. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. Ecological Eng; 35(3):369–380

Bradley Rowe, D. (2010). Green Roofs as a Means of Pollution Abatement. Journal of Environmental Pollution, 159,

Johnston, Jackly (2004). "Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements". Mayor ofLondon; London.

Luckett, K.(2009), Green roof construction and maintenance. New York: McGraw-Hill Publications.

- Morikawa, H., et al. (1998). More than a 600-fold variation in nitrogen dioxide assimilation among 217 plant taxa. Journal of Plant Cell and Environment, (21):180-190

Akbari H, Pomerantz M. and Taha H (2001) Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban area, Solar Energy, 70 310–295.