فصلنامه علمی تخصصی معماری سبز
سال پنجم، شماره ۳ (پیاپی: ۱۶)، شهریور ۱۳۹۸
ISSN: 2476-5368

بررسی عملکرد حرارتی ساختمان‌های بهره‌مند از بام سبز

مهتاب تنکابنی[۱]، شمیمه منجمی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۰
کد مقاله: ۵۴۰۴۰

چکـیده

از گذشته، فضاهای سبز در محیط‌های باز همانند بام، حیاط، تراس و ... روی آب‌وهوای زیستگاه انسان تأثیر بسزایی داشته و نیز این سبزینگی باعث دریافت و جذب گرما و اشعه‌ی خورشید شده و نیز محیط خنکی را برای ساکنین به همراه می‌آورد؛ از نگرانی‌های امروز در سراسر دنیا بحث انرژی می‌باشد. از راهکارهای مفید برای هم ساکنین و هم اقلیم، می‌توان به استفاده از بام سبز اشاره کرد، هم‌چنین شناخت مزایای بام سبز و استفاده از آن در ساختمان در کنار کنترل حرارتی فضای زندگی اهمیت قابل‌توجهی دارد. رفتار حرارتی بام سبز با توجه به مواردی باعث کنترل مصرف انرژی می‌شود؛ ازجمله‌ی این موارد می‌توان به ضخامت و نوع خاک، پوشش گیاهی، انتقال حرارتی سقف، عایق‌بندی، اقلیم و سطح مقطع برگ اشاره کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگـان کلـیدی: بام سبز، عملکرد (انتقال) حرارتی ساختمان، کاهش مصرف انرژی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان، *mahtab.tnk@gmail.com*
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه آزاد اسلامی اصفهان

۱- مقدمه

ایده در کنار هم استفاده کردن گیاهان و معماری، جدید نیست؛ در قدیم، انسان‌ها قبل از نوآوری بام سبز، از عایق بودن خاک توسط گیاهان برای خنک کردن خانه‌ها و گرما بخشی به آن‌ها بهره می‌جستند. امروزه، جهت ارتقاء کیفیت محیط زندگی و گسترش فضای سبز و برای افزایش کنترل دما درون و بیرون ساختمان، بهبود کارآیی انرژی ساختمان، نگهداری سیل و افزایش عمر سقف از بام سبز به‌عنوان یک رویکرد معماری استفاده می‌شود. هدف استفاده از این نوع بام، تبدیل فضای مرده و ساکن بام به یک فضای پرجنب و جوش و متحرک است به دلیل اینکه یکی از فضاهای ساختمان است که مورد بی‌توجهی معماران قرار می‌گیرد؛ باغ بام دربرگیرنده گیاهانی است که در اقلیم‌های مختلف دارای شرایط آب و هوایی متفاوت، همچون کم‌آبی و یخزدگی، دوام می‌آورند.

۲- بام

بلندمرتبه‌ترین و عمودی‌ترین جزء ساختمان و نیز بخشی از پوسته‌ی بیرونی محسوب می‌شود که در تماس محسوس با جو است و این ارتباط بین بام و فضای خارج، باعث دفع و جذب گرما و هم‌چنین انعکاس خورشید می‌شود. (مترقی، مسعودی نژاد ۱۳۹۶) یکی از مواردی که باعث تغییر کیفیت فضای زندگی شهری و تعادل رطوبت هوا می‌شود، همین بام است؛ (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱) که مورد بی‌توجهی معماران و طراحان شهری قرارگرفته و سعی در ساخت آن با هزینه‌ی کم دارند. (مترقی، مسعودی نژاد ۱۳۹۶) لوکوربوزیه و رایت بوجود آورندگان بام سبز در قرن بیستم بوده اند. (امینی مصلح آبادی، یزدی ۱۳۹۶) شروع بهره گیری از بام به‌عنوان فضای سبز، اوایل همین قرن بوده و با هدف امروزی آن متفاوت بوده است؛ امروزه برای حل مشکلات زیست محیطی و انرژی و نیز کمبود فضای سبز شهری از آن به‌عنوان یه راهکار موثر استفاده می کنند. (عطائی ۱۳۹۴)

۲-۱- انواع بام

۱. بام ساده به سه دسته بام تخت، شیبدار، قوسی تقسیم می شوند و چون از یک لایه تشکیل شده به آن ساده می گویند.

- بام تخت: به پوششی که شیب آن کمتر از ۱۰ درصد باشد، گفته می‌شود.
- بام شیبدار: پوششی که با شیب بیش از ۱۰ درصد باشد و زیر آن فضای کنترل شده یا نشده قرار دارد و اگر بیش از ۶۰ درصد باشد، به آن دیوار می گویند.
- بام قوسی: بر خلاف بام تخت، بخشی از آن همیشه در سایه قرار دارد. در سطح گنبدی مساحت سطح افزایش یافته و این مساحت باعث از بین رفتن حرارت می‌شود و نیز سبب کاهش گرما در روز و پس دادن آن در شب می گردد. (مهدوی نژاد ۱۳۹۲)

۲. بام دو پوسته: در گذشته بصورت گنبد دو پوسته و شیروانی بوده و امروزه در بام تخت بصورت سقف کاذب استفاده می‌شود؛ که از دو لایه تشکیل شده و بام و سقف یکی نیست و لایه هوا بین آن‌ها قرار دارد. (مترقی، مسعودی نژاد ۱۳۹۶)

۳. حوضچه بام یا بام آبی: در این بام آب در کیسه های پلاستیکی سیاهی روی بام تخت فلزی جای گرفته است که در روز خورشید کیسه آب هوا را گرم می کند و گرما به سرعت پایین هدایت می‌شود. در شب عایق متحرک آب را می پوشاند و مانع دفع گرما می‌شود. (همان)

۳- تاریخچه بام سبز

از پیشینه بام سبز در ۲۵۰۰ سال پیش، می‌توان به ایرانی ها اشاره کرد که بر روی بام زیگورات ها، باغچه در نظر گرفته و نیز کشت می کردند (امینی مصلح آبادی، یزدی ۱۳۹۶) و هم‌چنین در ماسوله، باغچه هایی را بر بام خانه‌های پایین ترکه حیاط خانه‌های بالاتر محسوب می شده، ایجاد می کردند. (عطائی ۱۳۹۴) در ایتالیا و فرانسه نیز در زمان رنسانس، دولت انواعی از باغ بام را بوجود آورد. امروزه حدود ۱۰ درصد از بام های آلمان، باغ بام می باشند. در بابل نیز قریب به ۶۰۰ سال قبل از میلاد، از بام سبز به‌عنوان بام های معلق بابل که جزء عجایب هفتگانه دنیا محسوب می‌شود، استفاده می شده است در حالیکه این بام ها معلق نبوده اند و روی بام ها و مهتابی های آن‌ها فضای سبز وجود داشته است. (امینی مصلح آبادی، یزدی ۱۳۹۶)

۳-۱- بام سبز

باغ بام تأثیر بسزایی در عملکرد حرارتی ساختمان دارا است، اینگونه که با ایجاد فضای سبز در پشت بام، مانع جذب تابش مستقیم نور خورشید می‌شود؛ (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱) بامی است که در قسمت یا تمامی آن گیاهان رشد میکنند؛ به صورت پوشش گیاهی و خاک یا با محیط کشت رونده میتواند از چمن مصنوعی یا گیاهان استفاده شده در طراحی منظر را در برگیرد و برای این کار نیاز به گیاهانی داریم تا بتوانند در شرایط جوی مختلف دوام داشته باشند. این بام شامل قسمت های عایق رطوبتی و حرارتی، پوشش ضد آب، ماسه و درزپوش است. در حقیقت مهم ترین وظایف بام سبز از دیدگاه سازه ای، مدیریت باران، بازیافت آب، جلوگیری از تابش اشعه فرابنفش به ساختمان، کاهش دما، کاهش نفوذ اشعه ی الکترومغناطیس، پاکیزگی و کاهش آلودگی هوا، کاهش هزینه های انرژی مربوط به ساختمان، افزایش کارایی محیط می‌باشد و هم‌چنین سبب ایجاد اجتماع درون محیطی می گردد. (امینی مصلح آبادی، یزدی ۱۳۹۶) بام معمولی سبب اتلاف انرژی و حرارت ساختمان می‌شود و هم‌چنین مصرف انرژی طبقه ی آخر را به میزان محسوسی بالا می برد؛ بر خلاف بام معمولی، بام سبز همانند یک عایق حرارتی عمل کرده و نیز جلوی انتقال حرارت مابین فضای داخل و خارج را می گیرد. (شانعمتی ۱۳۹۵) بام سبز منجر به افزایش ظرفیت گرمایی و هم‌چنین کاهش نوسانات گرمایی سطح خارجی بام شده که در نتیجه تابستان خنک تر و نیز زمستان گرم تری را برای فضای داخل به ارمغان می‌آورد. (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱) لفظ بام سبز اغلب در مفاهیم دیگری از معماری سبز همانند پانل های خورشیدی، صفحات فتوولتائیک و ... بکار برده می‌شود. (امینی مصلح آبادی، یزدی ۱۳۹۶) فتوسنتز، تعریق، تنفس و تبخیر از عملکرد های بیولوژیکی گیاهان سبز اند که باعث جذب تابش خورشید می شوند. باقی مانده ی آن، گرمایی می‌شود که از بین عناصر ساختمانی عبور کرده و باعث تغییر در دمای داخل می‌شود. گیاهان سبز باعث کاهش روند سرعت باد و یخزدگی در فصل زمستان شده که عایق بودن بام را افزایش می دهد و در نتیجه ی آن کنترل دمای خرد اقلیم بالای بام را به عهده گرفته و به حفظ گرما کمک شایانی می کند. هم‌چنین کاشت گیاهان متراکم در سطح بام، زمانیکه دچار یخزدگی شوند، امتیاز بالایی در جهت نگهداری از انرژی در این فصل موجب می شوند. باغ بام یا بام سبز اگر طراحی و اجرا درست و مطابق با اقلیم داشته باشد هم مزایای مختلف، هم تا حد زیادی به کاهش مصرف انرژی کمک کند. (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱)

۴- ویژگی‌های بام سبز از نظر تنوع پوشش گیاهی

مقدار یا تمامی بام، با پوشش گیاهی و خاک پوشانده می‌شود. چنین ساختاری میتواند بام پوشیده از چمن مصنوعی یا گیاهان استفاده شده در طراحی منظر باشد و نیازمند گیاهانی است که بتوانند در محیط خشن و بی روح پشت بام در شرایط کم‌آبی، یخزدگی، طوفان و... مقاومت کنند و این بام ها بسته به دو نوع کشت اصلی تقسیم می شوند: (عطائی ۱۳۹۴)

۱- بام سبز گسترده: این نوع بام با عمق کم اجرا می‌شود و فقط شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کشت کم عمق می‌باشد و برای حداقل بار وزن مورد استفاده است و بر روی بام های مسطح و شیبدار احداث میشود. (همان) این نوع با عمق کم اجرا شده و نیز شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کشت کم عمق می‌باشد و برای حداقل بار وزن مورد استفاده است و هم‌چنین بر روی بام های مسطح و شیبدار احداث میشود. (Jaffaj, Ouldoukhitine, Belarbi, 2012)

۲- بام سبز متمرکز: به نام مقطع عمیق که نیازمند عمق متعارفی از خاک برای رشد گیاهان حجم و چمن معمولی می باشند. دارای انواع گیاهان است و مانند پارک طراحی می‌شود. (عطائی ۱۳۹۴) برخی از این بام ها شامل درختان بزرگ و آبنما هستند که ساختمان را نیازمند سیستم سازه ای قوی تری می کند. (Snodgrass, 2010) مقطع عمیقی دارد که نیازمند عمق متعارفی از خاک برای رشد گیاهان پر حجم و چمن معمولی می باشند و نیز دارای انواع گیاهان است. (Jaffaj, Ouldoukhitine, Belarbi, 2012)

هم‌چنین به دو نوع کشت فرعی نیز تقسیم می شوند: (عطائی ۱۳۹۴)

- بام سبز نیمه متمر کز که از لحاظ ویژگی ساختاری بین گسترده و متمرکز است. (همان)
- مدولار یا جعبه متمرکز که گیاهان در جعبه های مخصوصی قرار می گیرند. (همان) ما بین گسترده و متراکم است. این بام ها نسبت به بام گسترده، دارای لایه ی زهکشی، خاک و گیاه عمیق تر و گونه های گیاهی متنوع تری هستند. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳) و آن‌ها تمام یا قسمتی از بام سبز را پوشش می دهند. هم‌چنین دسته بندی این نوع بسیار متنوع می‌باشد. (عزیزی شیرکوهی ۱۳۹۵)

این نوع بام سبز دارای سه لایه اصلی است که شامل پوشش گیاهی، محیط کشت و لایه زهکشی برای تخلیه آب وعایق ضد آب که سقف را پوشش دهد، است و نوع مصالح، ترکیب و نحوه اجرا عملکرد حرارتی متفاوتی ایجاد میکند. (شانعمتی ۱۳۹۵)

۵- ساختار بام سبز

۱. پوشش گیاهی: تقریبا تمام گونه های گیاهان می‌توانند روی بام رشد کنند. عواملی مانند میزان تابش، عمق بستر، اقلیم و... بقای انواع مختلف گیاهان را تعیین می کند. (عزیزی شیرکوهی ۱۳۹۵)

۲. محیط کشت: محیطی است که دارای ظرفیت برای مواد مغذی و آب می‌باشد. (محمودی زرندی، پاکاری ۱۳۹۲)

۳. لایه ی فیلتر: لایه ی روکش الیافی می‌باشد که از وارد شدن آب به لایه ی زهکشی جلوگیری کرده و هم‌چنین آب محیط کشت را تصفیه کرده و منجر به افزایش کیفیت آب خروجی از بام می‌شود. دو لایه بافت غیر طبیعی این لایه را تشکیل داده که یکی از آن‌ها می‌تواند ریشه ی گیاهان را کنترل کرده و نیز باعث کنترل فرسایش شود. (همان)

۴. لایه زهکشی: آب اضافی که سیستم جذب کرده را بوسیله ی مجاری خود به شبکه ی فاضلاب ساختمان انتقال می دهد. با وجود مقدار زیادی آب باران که بام سبز جهت کاهش فشار تحمیلی بر سیستم زهکشی، در خود نگه می دارد، همیشه مقداری آب اضافی نیز وجود دارد. مواد مناسب زهکشی شامل سنگ ریزه ها، خرده های آجر گدازه های آتشفشانی (لاوا) و خاک رس منبسط شده (لیکا) می‌شود. مواد زهکشی متخلخل از دیگر مواد سبک وزن هستند. (همان)

۵. لایه محافظ: لایه ی محافظ از غشاء و عایق بام در مقابل نفوذ ریشه ی گیاهان استفاد می‌شود. ساختار آن از مواد مقاوم به رطوبت تشکیل شده است؛ همانند یک لایه نازک بتن سبک، ورقه ی عایق ضخیم یا ورقه ی پلاستیکی ضخیم یا ورقه ی نازک مسی یا ترکیبی از آنهاست. برخی از سیستم های بام سبز به لایه محافظ احتیاجی ندارند. (همان)

۶. مانع ریشه: این لایه منجر به جلوگیری از نفوذ ریشه ها و آسیب زدن به عایق و غشاء سقف می‌شود. این لایه در سیستم هایی که گیاهان ریشه ی حجیم و عمیقی دارند، مخصوصا در مناطق خشک بکار برده می‌شود. (Tolderlund, 2010)

۷. غشای ضد آب: حساس ترین جزء بام مخصوصا بام سبز می‌باشد و برای جلوگیری از ورود آب به ساختمان استفاده می‌شود. می‌توانیم از مصالح قیر اصلاح شده، آسفالت با لاستیک پوشانده شده، ترموپلاستیک و ... در بام استفاده کنیم. (عزیزی شیرکوهی ۱۳۹۵)

۵-۱- مصالح لایه های بام سبز

پوشش گیاهی: تقریبا تمام انواع گیاهان می‌توانند روی بام رشد کنند. عواملی مانند میزان تابش، عمق بستر، اقلیم و ... بقای گونه های گیاهان را تعیین می کند.(Rowe, 2010)

- بام سبز گسترده: خزه ها، گیاهان علفی، چمن‌ها
- بام سبز نیمه گسترده: گیاهان علفی، چمن‌ها، بوته ها، درخچه‌ها
- بام سبز متراکم: گیاهان علفی، چمن‌ها، بوته‌ها، درخچه ها، درختان. (شانعمتی ۱۳۹۵)
- محیط کشت: محیطی شامل ظرفیت برای مواد مغذی و آب می‌باشد. (محمودی زرندی، پاکاری ۱۳۹۲)
- مواد آلی: کودهای گیاهی
- مواد معدنی: شن و ماسه، پشم سنگ، سنگ پامیس.
- لایه فیلتر: بافت پارچه ای ژئوتکستایل
- لایه زهکشی: مصالح دانه ای، پشم سنگ، مواد فوم، لاوا
- لایه محافظ: بتن سبک، لایه پلاستیکی، ورق مسی (شانعمتی ۱۳۹۵)

و در بام سبز اصلی ترین نقش حرارتی را لایه پوشش گیاهی و محیط کشت بر عهده دارد و بقیه به مصالح و میزان عایق بستگی دارد، البته نوع پوشش گیاهی و ضخامت محیط کشت در عملکرد حرارتی تأثیر بسزایی دارد. سیستم هایی که برای بام سبز طراحی شده سبک و با دوام بالاست و مصالح استفاده شده، باران و سیل ناگهانی آب را جذب کرده و سرعت حرکت را کاهش می دهد. (همان)

۵-۲- رفتار حرارتی بام سبز

به دلیل وجود شاخ و برگ گیاهان که مانند عایق عمل میکند، در روز های سرد فصل زمستان در اقلیم سرد و خشک، خاک موجود در بام سبز، به طرز قابل ملاحظه ای، گرمای بیشتری از هوای بیرون دارد. از جهت تنفس تبخیری گیاهان، در روز های آفتابی فصل سرد، خاک دمای کمتری در مقایسه با محیط بیرون دارد. در روزهای گرم تابستان، به خاطر نقش عایق بندی پوشش گیاهی و تنفس تبخیری، بام سبز اغلب دارای هوای خنک تری به نسبت هوای بیرونی است (عطائی ۱۳۹۴) و نیز علاوه بر آن درجه حرارت هوای زیر گیاهان بسیار کمتر از هوای بالای آن‌ها می‌باشد و این موضوع می‌تواند کمک به کاهش حرارت شود. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳) به دلیل جذب اشعه های خورشیدی در طول روز و تنفس تبخیری به هنگام شب، دمای پوشش گیاهی بام سبز در طول روز بالاتر از دمای محیط و در طول شب پایین تر از آن است. (عطائی ۱۳۹۴) از کارکرد های بام سبز می‌توان به حفظ بنا در برابر گرما اشاره کرد که در طول تابستان، در کنار کاهش بار گرمایی ساختمان به‌عنوان جزء، باعث ارتقاء کیفی مراکز شهری به‌عنوان کل می‌شود. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳)

۶- مزایای زیست محیطی استفاده از بام سبز در ساختمان‌ها

۱. کاهش انتقال حرارت با ذخیره انرژی ساختمان: کاهش درجه حرارت باعث افزایش بهره وری در تابستان در اطراف بام های سبز می‌شود و با تأثیرگذاری بر فرایند خنک کردن آب باعث تهویه مطبوع می گردد. (عطائی ۱۳۹۴) با کاهش نوسانات گرمایی بر سطح خارجی و افزایش ظرفیت گرمایی بام سبز به خنک سازی فضای زیر بام در تابستان و نیز گرم ماندن آن در زمستان کمک شایانی می کند. (محمود، زرندی ۱۳۹۲)

۲. افزایش طول عمر مصالح ساختمانی سقف: با محافظت اجزای بام در برابر اشعه ی فرا بنفش خورشید، به نوسانات دمایی بین شب و روز و هم‌چنین افزایش طول عمر آن در بازه ی ۲۰ تا ۴۵ سال کمک می کند. (Luckett, 2009)

۳. کاهش جزایر گرمایی: شهرهای بزرگ با داشتن سطح های پهناور و نداشتن پوشش گیاهی، گرمای خورشید را به سرعت جذب کرده و مانند منبع گرمایی عمل می کنند، این حالت را جزیره گرمایی گویند. (همان)

فضاهایی که بواسطه ی جذب اشعه‌های خورشید توسط ساختمان ها، سطوح آسفالت و سنگفرش ها بیش از حد گرم می شوند و هم‌چنین وارونگی دمای ایجاد شده توسط آلاینده ها نیز کمک به تشدید این موضوع می کنند. این منبع گرمایی بر کیفیت زندگی ساکنین اثر می گذارد؛ تاثیراتی چون بیمار ها، افزایش فرایند های شیمیایی و افزایش مصرف انرژی جهت خنک کردن محیط دارند؛ در نتیجه بام سبز باعث کنترل جزایر گرمایی می‌شود. (ابولیور، کهزادی سیف آباد ۱۳۹۶)

۴. کاهش آلودگی صوتی: بام های دارای پوشش گیاهی، امواج را بیشتر از بام های مرسوم جذب کرده که قطر تاج گیاه، ضریب جذب مصالح، شدت صوت از عوامل تأثیر گذار روی آن هستند. (Van Renterghem, 2009) در این صورت ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر افزایش عمق بستر در کنار کاهش سر و صدا را سبب می‌شود. (Rowe, 2010)

۵. کاهش آلودگی هوا: گیاهان بام سبز آلاینده ها را کاهش داده و علاوه بر جذب ذرات معلق هوا، برگ هایشان به تجزیه ی ترکیباتی مانند هیدروکربن های آروماتیک از طریق بافت های خود می پردازند. (ابولیور، کهزادی سیف آباد ۱۳۹۶) گیاهان با روشی نامحسوس با تراوشات خنک کننده و ایجاد سایه اندازی باعث کاهش حرارت و آلودگی هوا می شوند و به خودی خود واکنش های فتوشیمیایی از نوع آلاینده هایی مانند اوزن را کاهش می دهد. (همان)

۶. ایجاد زیستگاه حیات وحش: بام سبز دو نوع زیستگاه بوجود می‌آورد؛ ایستگاه استپینگ استون برای پرندگاه مهاجر و لانه گذار و حشرات و نیز زیستگاه جزیره ای برای گونه های گیاهی. (ابولیور، کهزادی سیف آباد ۱۳۹۶)

۷. کنترل سیلاب ها: سبز بام ها با کاهش سرعت آب حاصل از باران، باعث کاهش سرعت سیلاب و یا توقف آن می گردد. بخشی از این آب به مصرف پوشش گیاهی میرسد، بخشی دیگر به اتمسفر باز گشته و نیز بخشی از آن از بام سبز خارج می‌شود. (همان)

۶-۱- عوامل تأثیر گذار بام سبز در کاهش شرایط نامطلوب اقلیمی

الف) سایه اندازی: گیاهان سبز موجب جلوگیری از رسیدن نور خورشید به پوسته‌ی زیرین شده و بطور کلی در تابستان ۱۰ الی ۳۰ درصد انرژی خورشید به سطح زیر درختان می رسد؛ باقی توسط برگ جذب می‌شود و در زمستان نور خورشید منتقل شده از لابلای درختان ۱۰ الی ۸۰ درصد (درختانی که شاخ و برگ خود را از دست می دهند) است. (صیامی، عرفانی صفدری، شریفیان ۱۳۹۲)

ب) تبخیر و تعرق: گیاهان و محیط رشد قرارگرفته روی بام سبز، با تبخیر و تعرق خنک شدن بام سبز را در پی دارد. (همان)

ج) کاهش انرژی مصرفی: کاهش انتقال حرارت با روش ذخیره ی انرژی ساختمان بوسیله ی افزایش ظرفیت گرمایی، نگه داشتن رطوبت و فتوسنتز گیاهان، منجر به کاهش مصرف انرژی و انتقال گرمای کمتری از خانه‌ها به محیط، جهت کاهش درجه حرارت شده و نیز کاهش دما را به دنبال دارد. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳)

۷- عملکرد حرارتی بام

در موضوع کنترل حرارتی داخل ساختمان، مهم ترین آن مقاومت حرارتی است. انتقال حرارت همواره از بدنه ها و فضا با دماهای بیشتر به فضاهای با دماهای کمتر صورت می گیرد و بدین گونه در بام ها در زمستان از داخل به خارج و در تابستان از خارج به داخل است (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱). بام بیشترین حرارت را در تابستان می گیرد و باید در برابر آن محافظت شود و هم‌چنین بیشترین اتلاف را در زمستان دارد. (مترقی، مسعودی نژاد ۱۳۹۶)

انتقال حرارت در تابستان: با افزایش ظرفیت گرمایی، حفظ رطوبت و خنک سازی در زیر بام را پی داریم و بیشترین فایده خنک‌سازی مربوط به تعریق و تعرق بام سبز است و تعرق گیاه به عواملی چون نوع برگ و سایه، ریشه، شدت نور و ... مربوط است و بدین گونه اثر سایه مانع افزایش دما سطح بام می‌شود. (شانعمتی ۱۳۹۵)

انتقال حرارت در زمستان:

- عایق سازی بام: گیاهان در لابه لای خود بسته به رطوبتی که بام سبز دارد، مقداری هوا نگه می دارند که بصورت عایق عمل می کند. (همان)
- کاهش سرعت باد: پوشش گیاهی مانع یخزدگی محیط کشت می‌شود که عایق بودن بام را افزایش می دهد؛ البته در بام سبز متراکم اگر پوشش گیاهی روی بام یخ بزند امتیازی برای نگه داشتن انرژی در این فصل محسوب می‌شود. (همان)

۷-۱- عوامل کاهش انتقال حرارت در بام‌های سبز

۱. افزایش ظرفیت گرمایی سقف: بام سبز سبب افزایش لایه هایی می‌شود که ظرفیت گرمایی سقف را افزایش می دهد و همان طور که گفته شد در زمستان و تابستان انتقال حرارت کمتری را پیش رو داریم. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳)

۲. حفظ رطوبت: سبزینگی رطوبت را درون خود محافظت می کند و در کنار آن آب از نوسانات دمایی جلوگیری کرده و تعادل ایجاد می‌شود. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳) این رطوبت موجب خنک شدن ساختمان در گرما و گرم نگه داشتن آن در سرما می‌شود. (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱)

۳. فتوسنتز گیاهان (کاهش جذب آفتاب): ترکیب واکنش های انجام شده در خاک سبب کاهش میزان جذب آفتاب شده و در نتیجه دمای زیر سطوح بام های سبز در تابستان کاهش پیدا می کند و در زمستان نیز گیاهان مقداری هوا لابه لای ریشه های خود به صورت عایق حرارتی ایجاد کرده اند. (شجاعی، نجف زنگی ۱۳۹۳)

۷-۲- ارتباط حرارتی

در محیطی که جامد یا سیال است، اختلاف دما وجود دارد که برای انتقال نیاز به رسانش می‌باشد. فعالیت های مولکولی و اتمی در رسانش باید تحلیل شود، زیرا این فعالیت ها هستند که انتقال گرمای را به وجود می‌آورند. انتقال انرژی ذرات ماده دلیل واکنش های بین انهاست. (خضرپور ۱۳۹۲) در لایه ی ایزوگام بام به دلیل ضریب رسانش کمتر، انتقال حرارت کمتر است. البته که ضخامت ایزوگام کمتر از بتن است و بتن نسبت به قیر رساناتر است. در بام سبز جهت انتقال حرارت کم، بهتر است از مواد کم رسانا همچون لایه فیلتر- الیاف ژئوتکستایل استفاده شود. باید درنظر گرفت که ضریب رسانش محیط کشت (لیکا) و لایه زهکشی، سنگدانه (شن) در حالت خیس شده بالاتر است و به تبع آن در شرایط مرطوب رسانش حرارتی بالا می رود. برای بام سبز، ترجیحا از لایه هایی مانند فایبر گلاس استفاده شود که تقریباً عایق است و به همین دلیل انتقال حرارت را کاهش می دهد. مقایسه تأثیر وجود و عدم وجود فایبر گلاس در بام سبز نشان می دهد که کم ترین ضریب رسانش برای بام سبز با لایه فایبرگلاس است چراکه کم ترین انتقال حرارت برای بام ذکر شده، خواهد بود. (محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی ۱۳۹۱)

نتیجه‌گیری

بام نه تنها از فضاهای مختلف ساختمان محافظت می کند بلکه در گرمایش، سرمایش و تهویه و روشنایی ساختمان نیز برای استفاده مناسب یاری می رساند زیراکاهش انرژی ساختمان ها فقط با استفاده از مصالح و تاسیسات مناسب انجام نمی شود بلکه می توان با یک طراحی متناسب با اقلیم آن را کاهش داد. در موضوع کنترل حرارتی داخل ساختمان، انتقال حرارت همواره از بدنه‌ها و فضاها با دماهای بیشتر به فضاهای با دماهای کمتر صورت می گیرد. بام سبز نوعی عایق حرارتی ایجاد می کند که باعث ثابت شدن هوای داخل ساختمان شده و این به دلیل ثبات مقاومت حرارتی بام سبز می‌باشد. هم‌چنین بام سبز سبب کاهش انرژی موردنیاز داخلی ساختمان در شرایط مختلف آب و هوایی می‌شود؛ اما این کاهش تا حد زیادی به اقلیم، نوع کاربری، نوع بام سبز و میزان عایق بندی ساختمان بستگی دارد. از عناصر تأثیر گذار بر عملکرد حرارتی، به موارد زیر می‌توان اشاره کرد: وجود گیاهان و نیز برخی درختان کوچک با حفظ رطوبت باعث خنک نگه داشتن ساختمان در تابستان و گرم نگه داشتن در زمستان و با واکنش های فتوسنتز باعث کاهش جذب آفتاب شده و حوض هایی کم عمق بر روی بام به تعادل حرارتی داخل خانه کمک زیادی میکند و در مصرف انرژی صرفه جویی مورد توجهی میشود؛ در نتیجه بهتر است بر روی بام ها فضای سبز و حوض های کم عمق ایجاد شود. در فضای جامد یا سیال، اختلاف دما وجود دارد و برای انتقال حرارت رسانش به وجود می آید. می‌توان برای بام سبز، از لایه هایی مانند فایبر گلاس و لایه فیلتر- الیاف ژئوتکستایل استفاده کرد که تقریباً عایق است و به همین دلیل انتقال حرارت کاهش

می یابد و این ویژگی عایق بودن بام سبز برای ثابت شدن هوای داخل، به یک راه مناسب برای طیف گسترده ای از شرایط آب و هوایی تبدیل می‌شود.

تشکر و قدردانی

با تشکر از زحمات فراوان دکتر بهاروند

منابع

۱. مترقی، مسعودی نژاد، شیرین، مصطفی، (۱۳۹۶)، تأثیر بام و پوسته بر روی عملکرد حرارتی، نخستین کنفرانس ملی به سوی شهرسازی و معماری دانش بنیان، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. محمودی زرندی، پاکاری، بهرامی، مهناز، ندا، حسن، (۱۳۹۱)، ارزیابی چگونگی تأثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط، ماهنامه باغ نظر ۹ (۲۰)

۳. عطائی، فاطمه، (۱۳۹۵)، بررسی وارزیابی رفتارحرارتی بام سبزدراقلیم‌های مختلف، دومین کنفرانس بین المللی یافته های نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، کنفدراسیون بین المللی مخترعان جهان(IFIA) ، دانشگاه جامع علمی کاربردی

۴. امینی مصلح آبادی، یزدی، شبنم، کاظم، (۱۳۹۶)، بام سبز و تاثیرات آن بر دما، سومین همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی، اردستان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان

۵. شانعمتی، سیده سپیده، (۱۳۹۵)، بام های سبز، چهارمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس، دانشگاه شهید بهشتی

۶. عزیزی شیرکوهی، زهرا، (۱۳۹۵)، مزایای طراحی بام سبز با رویکرد پایدار، کنفرانس سالانه علمی – تخصصی عمران، معماری، شهرسازی و علوم جغرافیا در ایران باستان و معاصر، تهران، موسسه فراز اندیشان دانش بین الملل

۷. ابولیور، کهزادی سیف آبادی، حسین، عمران، (۱۳۹۶)، فوایدطراحی بام سبزدرمعماری باتاکیدبرذخیره انرژی، سومین کنفرانس سالانه پژوهش های معماری، شهرسازی و مدیریت شهری، شیراز، موسسه معماری و شهرسازی سفیران راه مهرازی

۸. محمودی زرندی، مهناز، پاکاری ندا، (۱۳۹۲)، طراحی جزییات مناسب بام سبز برای کاهش مصرف انرژی ساختمان، معماری و شهرسازی آرمان شهر، شماره ۱۱

۹. صیامی، عرفانی صفدری، شریفیان، قدیر، داوود، مرتضی، (۱۳۹۲)، بام های سبز شهری، راهبردی در کاهش جزایر حرارتی کلانشهرهادرایران، تحلیل تجربی پروژه بام سبز سالن شهر ایلینویز شیکاگو، *همایش ملی معماری، شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار*، مشهد، موسسه آموزش عالی خاوران

۱۰. شجاعی، نجف زنگی، معصومه، زهرا، (۱۳۹۳)، تأثیر سقف سبز در تعدیل خرد اقلیم گرم و خشک (یزد)، همایش ملی نظریه های نوین در معماری و شهرسازی، قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین

۱۱. خضرپور، سیاوش، (۱۳۹۲)، تأثیرگذاری بام های سبز در کاهش دمای محیط، *کنفرانس بین المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری*، تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۱۲. مهدوی نژاد، محمد جواد، الگوی انرژی دوستی در ساختمان بر اساس رفتار حرارتی بام، نقش جهان، شماره ۲، سال سوم: ۱۳۹۲ ۴۲-۳۵

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

14. Issa Jaffal, Salah-Eddine Ouldboukhitine, Rafik Belarbi"A comprehensive study of the impact of green (2012) 43 roofs on building energy performance"Renewable Energy

15. Snodgrass, E.C. Melnlyre, L., (2010). The Green Roof Manual.

16. Tolderlund, L.(2010), Design Guidelines and Maintenance Manual For Green Roofs In The SemiArid And Arid West, LEED AP, GRP, University of Colorado Denver, Retrieved from.

17. Van Renterghem, T., Botteldooren, D., (2009). Reducing the acoustical façade from road traffic with green roofs. Building and Environment.44, 1081-1087.

18. Bradley Rowe, D. (2010). Green roofs as a means of pollution abatement. Journal of Environmental Pollution, 159: 2100-2110.