ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط

نصرالله نصیری *: نصرالله نصیری، کارشناسی معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلام آبادغرب
ahadkarami7@gmail.com
دکتر سیامک سیلوایه: دکتر سیامک سیلوایه، دکتری معماری، استاد راهنما
silvaiehs@yahoo.com

چکیده

بام سبز بامی است که با محیط کشت روینده پوشانده می‌شود. ایجاد سبزینگی در فضای پشت بام بر آب و هوای شهر و منطقه و هوای داخل ساختمان تاثیر مثبت داشته و با ممانعت از تابش اشعه‌های خورشیدی در خنک سازی فضای پشت با بر آب و هوای شهر و منطقه و هوای داخل ساختمان تاثیر مثبت داشه و با ممانعت از تابش خورشیدی در خنک سازی فضا نقش دارد. این خنک سازی با کاهش نوسانات گرمایی بر روی خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی بام صورت می‌گیرد که فضای زیربام را در تابستان خنک نگه داشته و میزان گرمایش را در طی زمستان افزایش می‌دهد. یکی از راهکارهایی که برای کاهش مصرف انرژی در شهرهای کلان پیشنهاد می‌شود، احداث باغ بام است. باغ بام یا بام سبز چنانچه صحیح طراحی و اجرا و در آن ملاحظات اقلیمی در نظر گرفته شود علاوه بر مزایای مختلف می‌تواند تا حد زیادی به کاهش مصرف انرژی کمک کند. در این تحقیق مزایای بام سبز مورد ارزیابی قرار گرفته و برای اثبات این فرضیه که بام سبز و چگونگی طراحی آن نقش موثری در کاهش انتقال حرارت دارد از نرم افزاری تحلیلی به نام انسیس استفاده شده است سه نمونه بام معمولی، بام سبز معمولی، بام سبز با جزئیات اجرایی خاص(لایه فایبر گلاس) آنالیز شده و انقال حرارت آن‌ها مورد مقایسه تطبیقی قرار گرفت و معلوم شد که بام سبز نسبت به بام معمولی ۵۰ درصد انتقال حرارت حرارت کمتری دارد و بام سبز با لایه قایبرگلاس نسبت به بام سبز اجرایی ۴۰ درصد بهینه سازی شده است. سایه اندازی و خنک سازی تبخیری گیاهان و همچنین لایه‌های سقف به عنوان عایق تاثیر موثری در کاهش انتقال حرارت دارند. رویکرد این پژوهش علمی- کاربردی بوده است. روش تحقیق در بخش‌های مربوط به مزایای بام سبز، توصیفی و نوع تحقیقی، کیفی و در بخش‌های مربوط به تحلیل نرم افزاری نوع تحقیق کمی و روش، تحلیلی بوده است.

واژگان کلیدی: بام سبز، انتقال حرارت، کاهش مصرف انرژی، نرم افزار انسیس.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

*نویسنده مسئول

مقدمه

بام سبز با هدف تبدیل فضای مرده پشت بام‌ها به یک فضای پویا ساخته می‌شود. این بام ها اگرچه جزء فضاهای خصوصی و نیمه عمومی به حساب می‌ایند، اما در بازدهی اکولوژیکی شهری و ایجاد کیفیت مطلوب به زندگی شهری نقش موثری دارند. تاثیرگذاری بام سبز در مقیاس شهر قابل توجه است تبدیل بام خانه ها به فضای سبز، تبادل هوا بین مناطق با تراکم ساختمانی زیاد و فضاهای آزاد بین آنها را بهبود بخشیده و رطوبت هوای شهر را تعدیل می‌کند. بام‌های سبز علی رغم اینکه در مقیاس هشر کارکردهایی همانند زیبا و مفرح ساختن منظره شهر و رفع آلودگی‌های شهری و کاهش تنش‌های روانی دارند؛ در تبادل انرژی و حرارت از بیرون بخ درون فضاها نیز بسیار موثر هستند. بام‌های سبز یکی از ره حل‌های مدرن برای مشکلات شهر است. این فناوری با مزایای فراوانی از جمله کاهش بارگرمایش و سرمایش، تصفیه هوا، حفاظت ار فاضلاب، کاهش آلودگی صوتی و از همه مهم‌تر کاهش مصرف انرژی، تلاشی برای پایدار کردن شهرهاست. این نوشتار با تاکید بر نقش کارکرد حرارتی بام سبز، تحقیقی میان رشته‌ای محسوب می‌شود که با نگاهی نو، پیوندی میان رشته مکانیک سیالات و معماری ایجاد کرده و با کمک نرم افزار انسیس به تحلیل انتقال حرارت بام‌های سبز و مقایسه آن با بام‌های معمولی پرداخته است.

بام سبز به طور کلی به سه نوع مترام گسترده و نیمه متراکم طبقه بندی می‌شود بام‌های سبز متراکم اصولاً به عنوان مکان‌های عمومی طراحی می‌شود و شامل درختان، درختچه‌ها بوته‌ها دارای محیط کشتی با عمق ۴۰۰- ۱۵۰ میلی متر هستند. همچنین به تعمیر و نگهداری بالایی نیازمندند وزن معمولی بام سبز متراکم بین ۱۵۰۰- ۱۸۰ کیلوگرم بر متر مربع است. به دلیل بار وزنی قابل توجه این نوع بام‌ها، طراحی سازه‌های بام از اخمیت ویژه‌ای برخوردار است و به همان نسبت نیز پرهزینه‌تر است. در بام سبز گسترده با توجه به عمق کم و محدودیت در گسترش ریشه، نوع پوشش گیاهی ان به چمن‌ها، گیاهان علفی دائمی، سالانه و مقاوم در برابر خشکسالی محدود می‌شود. بستر بام سبز گسترده معمولاً بین ۲۰۰- ۶۰ میلی‌متر است. نیاز به نگهداری این بام‌ها کم است و آبیاری نیز بسته به نوع آب و هوا ناچیز است. وزن معمولی بام سبز گسترده بین ۱۵۰- ۶۰ کیلوگرم بر متر مربع و برای سطوح بزرگ مناسب است. اما بام سبز نیمه متراکم بین بام سبز گسترده و متراکم قرار دارد. این بام‌ها دارای لایه‌های زهکشی، خاک و گیاه عمیق‌تر و گونه‌های گیاهی متنوع‌تر نسبت به بام سبز گسترده است. عمق لایه‌ها حداکثر ۲۶۵۰-۱۲۰ میلی متر و وزن آن حدوداً بین ۲۰۰-۱۲۰ کیلوگرم بر مترمبع است.

اهمیت و ضرورت تحقیق

علی‌رغم اینکه بام سبز در گذشته در خانه‌های روستایی ایران کاربرد داشته، اما امروزه بام سبز یا باغ بام واژه‌ای ناآشنا برای بسیاری از مردم است. در برنامه-ریزی بیشتر شهرهای پیشرفته جهام احداث بام سبز به صورت یک دستورالعمل اجرایی در ساختمان سازی درآمده است واین در حالیست که در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان اشاره‌ای به آن نشده است. بام سبز دربرنامه‌ریزی شهری شمال امریکا در جاهایی مثل شیکاگو، پرتلند، اورگن و تورنتو کانادا موثر بوده و در نظر گرفته می‌شود با توجه به آلودگی‌های ناشی از گرد و غبارهایی که از کشوهای جنوب غربی وارد ایران می‌شود و همچنین آلودگی‌های ناشی از سوخت بنزینی که سلامت افراد را در شهرهای بزرگ به خطر انداخته است، توجه به اثرات زیست محیطی و تاثیرات مثبت بام سبز ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این بام سبز نقش موثری در کاهش مصرف انرژی دارد. و از آنجا که بهینه سازی مصرف سوخت در حال حاضر یکی از موارد با اهمیت در زندگی شهروندان شده است، استفاده از ان می‌تواند مفید واقع شود. از سایر فواید آن می‌توان به کاهش اثرات جزیره گرمایی، جذب سرو صدا، خنک سازی محیط، کاهش آلودگی آب و فاضلاب‌ها اشاره کرد.

بررسی اجمالی مزایا کمی و کیفی بام سبز در مقایسه با بام معمولی

حفاظت بنا در برابر گرما یکی از ویژگی‌های بام سبز است که می‌تواند در طی دوره تابستان به میزان زیادی بار گرمایی وارده از بالا را کاهش دهد. ایجاد بام سبز یک راه‌حل اکولوژیکی مقبولی است که نه تنها به کاهش بارگرمایی قسمت خارجی ساختمان کمک می‌کند، بلکه به ارتقای کیفی مراکز شهری متراکم که محیط زیست طبیعی کمی دارند نیز کمک می‌کند شاخ و برگ گیاهان ساختمان را در برابر اشعه‌های خورشید محافظت و درجه حرارت و رطوبت محیط داخل ساختمان را کنترل می‌کند. در مکان‌های بسته‌ای که بر بام آن‌ها گیاه کاشته می‌شود، درجه حرارت هوای زیر این گیاهان کمتر از درجه حرارت خوای بالای آن‌هاست. تفاوت بین بام‌های گیاه کاری شده و بام‌های معمولی را می‌توان به دو دسته تفاوت‌های کمی و کیفی دسته‌بندی کرد. فرایند انتقال گرمایی در بام‌های گیاه کاری شده کاملاً متفاوت است. گیاهان به دلیل عملکرد بیولوژیکی خود مثل فتوسنتز، تعریق، تنفس و تبخیر میزان قابل توجهی از اشعه‌های خورشید را جذب می‌کنند. باقی مانده اشعه‌های خورشیدی به بار گرمایی تبدیل می‌شود و زمانی که از لابلای عناصر ساختمانی بام عبور می‌کند بر شرایط هوای داخلی تاثیر می‌گذارد.

پیشینه تحقیق

محمد رضوانی(۱۳۹۵) در تحقیقی با عنوان بررسی نقش بام‌های سبز به عنوان راهبردی در جهت ارتقای کیفیت محیط زیست شهری از منظر معماری پایدار، زمینه و هدف: بام سبز یکی از رویکردهای نوین معماری و شهرسازی و برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار است که از آن می‌توان در جهت افزایش سرانه فضای سبز، ارتقای کیفیت محیط‌زیست و توسعه پایدار شهری بهره برد. استفاده کاربردی از بام‌ها می‌تواند به عنوان امکان بهره‌برداری بهینه از زمین‌های شهری قلمداد شود. هدف اصلی این تحقیق بررسی نقش بام‌های سبز به عنوان راهبردی در جهت ارتقا کیفیت محیط‌زیست شهری از منظر معماری پایدار می‌باشد.روش بررسی: جهت دستیابی به اهداف تحقیق، پرسش‌نامه‌ای مشتمل بر ۲۲ سئوال طراحی شد و در اختیار ۳۰ نفر از متخصصان در زمینه معماری و شهرسازی قرار داده شد. سؤالات پرسش‌نامه با توجه به مباحث معماری و توسعه پایدار شهری به سه گروه اصلی تاثیرات بام‌های سبز شهری در ابعاد چهارگانه(اکولوژیکی، اقلیمی، زیست محیطی و اقتصادی- فرهنگی)، تفاوت‌های سیستم بام سبز فشرده و گسترده و تفاوت‌های سیستم بام سبز و سیستم بام معمولی طبقه بندی شدند.

جهت بررسی پایایی پرسش‌نامه از روش ضریب آلفای کرونباخ استفاده گردید. در نهایت جهت تحلیل پرسش‌نامه‌ها سه فرضیه شکل گرفت. یافته ها: میزان پایایی پرسش‌نامه ۰/۷۲۷ به دست آمد که نشان دهنده پایایی مناسب آن بود. پس از بررسی فرضیه‌ها، هر سه فرضیه مورد تایید قرار گرفت که اثر بخشی بالای بام-های سبز در جهت ارتقا کیفیت محیط‌زیست از منظر معماری پایدار را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از تحلیل پرسش‌نامه‌ها و فرضیه‌ها نشان داد در مجموع از نظر ۷۰-۸۰ درصد متخصصان، بام های سبز در راستای ارتقای کیفیت محیط‌زیست و توسعه پایدار شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند و در واقع در طراحی و برنامه‌ریزی، رابط ما و طبیعت به شمار می‌آیند. نتیجه گیری: بام‌های سبز می‌توانند اثرات منفی ساختمان‌ها در اکوسیستم محلی و در پی آن مصرف انرژی در

بناها را کاهش دهند و در تغییرات جریان انرژی ساختمان‌ها نقشی تعیین کننده داشته و در عین حال جنبه زیبا شناختی برای ساکنان شهر داشته باشد(مهناز محمودی، ۱۳۹۱)

بام سبز بامی است که با محیط کشت رونده پوشانده می‌شود. ایجاد سبزینگی در فضای پشت بام بر آب و هوای شهر و منطقه و هوای داخل ساختمان تأثیر مثبت داشته و با ممانعت از تابش اشعه‌های خورشیدی در خنک‌سازی فضا نقش دارد. این خنکسازی با کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی بام صورت میگیرد که فضای زیر بام را در تابستان خنک نگه داشته و میزان گرمایش را در طی زمستان افزایش می‌دهد. یکی از راهکارهایی که برای کاهش مصرف انرژی در شهرهای کلان پیشنهاد می‌شود، احداث باغ بام است. باغ بام یا بام سبز چنانچه صحیح طراحی و اجرا و در آن ملاحظات اقلیمی در نظر گرفته شود علاوه بر مزایای مختلف می‌تواند تا حد زیادی به کاهش مصرف انرژی کمک کند. در این تحقیق مزایای بام سبز مورد ارزیابی قرار گرفته و برای اثبات این فرضیه که ""بام سبز و چگونگی طراحی آن نقش مؤثری در کاهش انتقال حرارت دارد"" از نرم‌افزاری تحلیلی به نام انسیس استفاده شده است. سه نمونه بام معمولی، بام سبز معمولی، بام سبز با جزییات اجرایی خاص(لایه فایبرگلاس) آنالیز شده و انتقال حرارت آن‌ها مورد مقایسه تطبیقی قرار گرفت و معلوم شد که بام سبز نسبت به بام معمولی ۵۰ درصد انتقال حرارت کمتری دارد و بام سبز با لایه فایبرگلاس نسبت به بام سبز اجرایی ۴۰ درصد بهینهسازی شده است. سایه‌اندازی و خنکسازی تبخیری گیاهان و همچنین لایه‌های سقف به عنوان عایق تأثیر مؤثری در کاهش انتقال حرارت دارند. رویکرد این پژوهش علمی- کاربردی بوده است. روش تحقیق در بخش‌های مربوط به مزایای بام سبز، توصیفی و نوع تحقیق، کیفی و در بخش‌های مربوط به تحلیل نرمافزاری نوع تحقیق کمی و روش، تحلیلی بوده است(مهناز محمودی و همکاران، ۱۳۹۱)

با عنوان ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط بام سبز بامی است که با محیط کشت رونده پوشانده می‌شود. ایجاد سبزینگی در فضای پشت بام بر آب و هوای شهر و منطقه و هوای داخل ساختمان تاثیر مثبت داشته و با ممانعت از تابش اشعه‌های خورشیدی در خنک‌سازی فضا نقش دارد. این خنک‌سازی با کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی بام صورت می‌گیرد که فضای زیر بام را در تابستان خنک نگه داشته و میزان گرمایش را در طی زمستان افزایش میدهد. یکی از راهکارهایی که برای کاهش مصرف انرژی در شهرهای کلان پیشنهاد می‌شود، احداث باغ بام است. باغ بام یا بام سبز چنانچه صحیح طراحی و اجرا و در آن ملاحظات اقلیمی در نظر گرفته شود علاوه بر مزایای مختلف می‌تواند تا حد زیادی به کاهش مصرف انرژی کمک کند. در این تحقیق مزایای بام سبز مورد ارزیابی قرار گرفته و برای اثبات این فرضیه که "بام سبز و چگونگی طراحی آن نقش موثری در کاهش انتقال حرارت دارد" از نرم‌افزاری تحلیلی به نام انسیس استفاده شده است. سه نمونه بام معمولی، بام سبز معمولی، بام سبز با جزییات اجرایی خاص(لایه فایبرگلاس) آنالیز شده و انتقال حرارت آن‌ها مورد مقایسه تطبیقی قرار گرفت و معلوم شد که بام سبز نسبت به بام معمولی ۵۰ درصد انتقال حرارت کمتری دارد و بام سبز با لایه فایبرگلاس نسبت به بام سبز اجرایی ۴۰ درصد بهینه‌سازی شده است. سایه‌اندازی و خنک‌سازی تبخیری گیاهان و همچنین لایه‌های سقف به عنوان عایق تاثیر موثری در کاهش انتقال حرارت دارند.رویکرد این پژوهش علمی- کاربردی بوده است. روش تحقیق در بخش‌های مربوط به مزایای بام سبز، توصیفی و نوع تحقیق، کیفی و در بخش‌های مربوط به تحلیل نرم‌افزاری نوع تحقیق کمی و روش، تحلیلی بوده است.

مزایای کمی

۱. عایق صوتی

ناراحتی‌های حاصل از سرو صدای موجود در خیابان‌ها مشکل مهمی در مناطق شهری محسوب می‌شود. اگر چه عایق سازی نما در تعدیل بارصوتی آن یعنی در کاهش سطح فشار صدا از خارج به داخل ساختمان کمک شایان توجهی می‌کند، اما سقف و نئوع ان نیز در میزان تاثیرگذاری این عامل بر آسایش شهروندان موثر است. بام‌های سبز، عایق‌بندی صدا در سیستم بام را افزایش می‌دهند. البته این تاثیر در بام‌های سبز گسترده که کم‌عمق هستند و لایه نازکی از خاک دارند و بام‌های باغ مانند که خاک‌های عمیق‌تری دارند، متفاوت است. کیفیت عملکرد عایق صوتی به نوع سیستم به کاررفته و همچنین به ضخامت لایه بستگی دارد. بام‌های سبزی که ضخامت لایه خاک آن‌ها ۱۲ سانتیمتر باشد، نفوذ صدا را تا ۴۰ دسی بل کاهش می‌دهند و بام سبزی که ضخامت لایه خاک ان‌ها ۲۰ سانتی‌متر باشد نفوذ صدا را تا ۴۶ دسی بل کاهش می‌دهد .

افزایش عمق بستر تا ۲۰-۱۵ سانتیمتر کاهش سروصدا را بهبود می‌بخشد، اما بام سبز با لایه عمیق‌تر هیچ سود بیشتری را فراهم نمی‌کند. امواج صوتی در بام سبز بیشتر در فرکانس‌های محدوده ۱۰۰۰-۵۰۰ هرتز صادر می‌شود(Bradley Rowe, 2010, 6). اما به هر صورت این لایه‌های خاک به عنوان رسانای صوتی نرم شناخته می‌شوند خاک برای حذف فرکانس‌های پایین‌تر صدا و گیاهان به جذب فرکانس‌های بالاتر تمایل دارند. لایه‌های خاک، هوا و پوشش گیاهی که در بام-های سبز استفاده شده‌اند، منفذدار بوده، بنابراین اجازه می‌دهند که صدا داخل محیط‌های رشد شود. به دلیل فعل و انفعالات زیادی که بین ذرات لایه‌ها و صوت صورت می‌گیرد از شدت صدا کاسته و موجب جذب، انعکاس و انتشار امواج صوتی می‌شوند.

۲. کاهش اثرات جزایر گرمایی

شهرهای بزرگ به دلیل داشتن سطوح گسترده سخت غیرقابل نفوذ و فاقد پوشش گیاهی، حرارتی تابشی آفتاب را به سرعت جذب و خود به صورت منابع ساطع کننده انرژی گرمایی عمل می‌کنند. چنین حالتی را اصطلاحاً پدیده«جزیره گرمایی» می‌نامند. در این حالت اختلاف دمای قابل توجهی بین نواحی شهر وجود دارد که سطوح ان‌ها با آسفالت و قیرگونی پوشیده شده و مناطقی که با پوشش گیاهی پوشیده شده‌اند. این اختلاف اثر جزایر گرمایی شهری بین شهر و حومه آن در تابستان می‌تواند تا ۱۰ درجه فارنهایت باشد(Luckett, 2009, 138). در این صورت دستگاه‌های هواساز و خنک کننده افزایش پیدا می‌کند که این خود بر میزان مصرف انرژی می‌افزاید و پدیده گازهای گلخانه‌ای که مهم‌ترین عامل تخریب لایه اوزن هستند، تشدیدی می‌شود. بر اساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، دمای هوای شهر می‌توان تا ۵/۶ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از حومه‌های اطراف شود و به ازای هر ۰/۶ درجه سانتی‌گراد گرم تر از حومه‌های اطراف شود و به ازای هر ۱۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزای درجه حرارت هوا، اوج بار ممکن است ۲ درصد افزایش پیدا کند(US EPA, 2003).

۳- کاهش آلودگی هوا

در مناطق شهری، درختان سهم قابل توجهی برای کاهش الاینده‌های هوا دارند. با این حال، در بسیاری از سایت‌های شهری فضای کمی برای کاشت درخت وجود دارد و آن به دلیل مجموعه‌هایی از سطوح غیرقابل نفوذ از جمله خیابان، پارکینگ، بام و غیره است. گیاهان، آلاینده‌های هوا را از طریق روزنه‌های خود جذب و ذرات آن‌ها را با برگ‌های خود جدا می‌کنند و همچنین قادر به شکستن ترکیبات آلی خاصی مانند هیدروکربن پلی آروماتیک در بافت‌های گیاهی و یا در خاک هستند (Baker & Brooks, 1989, 81-126).

علاوه بر این، آن‌ها به طور غیرمستقیم به وسیله کاهش درجه حرارت سطح از طریق تراوشات خنک کننده و سایه انداختن، آلودگی هوا را کاهش می‌دهند، که به نوبه خود باعث کاهش واکنش‌های فتوشیمیایی از نوع آلاینده‌هایی مانند اوزن در جو می‌شوند(Bradley Rowe, 2010, 2- 4). از آنجا که انواع گونه‌های گیاهی توانایی‌های متفاوتی برای حذف آلاینده‌های هوا و کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای دارند برای به حداکثر رساندن بهبود کیفیت هوا می‌توان گونه‌های موثرتری را انتخاب کرد. به عنوان مثال کاج‌های همیشه سبز ممکن است فواید بیشتری از گونه‌های برگریز ارائه دهند، زیرا با حفظ برگ‌های سالانه خود نقش موثرتری در کاهش ذرات ازن، SOxوNOx خواهند داشت(Morikawa, et al., 1998, 180-190). درختان و درختچه‌ها عمدتاً به دلیل مساحت بزرگ‌تر برگ‌ها نسبت به گیاهان چمنی دائمی، در حذف الاینده‌ها موثرترند. اگرچه بام‌های سبز متراکم با درختان و درختچه‌ها از نظر کاهش آلودگی مطلوب‌ترند، بام سبز گسترده هنوز هم می‌توان در مورد کیفیت هوا نقش مکمل را بازی کند. البته باید توجه داشت که اگرچه بام‌های سبز به صورت انفرادی تاثیرچندانی در بهبود شرایط آب و هوا و تامین محیط زیست مطلوب شهری ندارد، اما افزایش این بام‌ها در شهرهای بزرگ می‌توان تاثیر چشمگیری در بهبود وضعیت شهرها داشته باشد.

۴- کاهش دی اکسیدکربن

زمین به موجب چرخه طبیعی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی در حال گرم شدن است. سوزاندن سوخت‌های فسلیلی، دی اکسید کربن اغلب به دلیل اینکه یکی از گازهای اتمسفر است که مانع انتقال انرژی گرمایی نزدیک سطح زمین به سطوح بالاتر می‌شود، به عنوان یک عامل مداخله گر اثر گلخانه‌ای را افزایش داده و دمای محیط را بالا می‌برد. بام‌های سبز در دو روش می‌توانند در کاهش دی‌اکسیدکربن در جو موثر باشند:

۱- کربن جزء اصلی ساختار گیاهان بوده و به طور طبیعی در بافت‌های گیاهای از طریق فتوسنتز و در بستر خاک از طریق بوته و تراوشات ریشه تجزیه می‌شود.

۲- کاهش انرژی از طریق عایق سازی ساختمان و کاهش اثر جزیره گرایی شهری.

تجزیه کربن می‌تواند به طور کلی با تغییر انتخاب گونه، عمق بستر، ترکیب بستر و شیوه‌های مدیریت بهبود پیدا کند. افزایش عمق بستر نه تنها می‌تواند حجم ذخیره سازی بیشتری برای کربن فراهم کند، بلکه با حجم خاک بیشتر امکان رشد گیاهان دائمی بزرگ‌تر و حتی درختان را نیز فراهم می‌کند و درختان نیز نسبت به چمن‌ها به نوبه خود می‌توانند سهم موثری در کاهش دی‌اکسید کربن داشته باشند(اقتباس از: Bradley Rowe, 2010,1-11).

علاوه بر این، ترکیب بستر رشد می‌تواند میزان این تاثیرگذاری را تغییر دهد. در مطالعات انجام شده زغال سنگ منبسط شده در بستر رشد، ۸۰ درصد از انرژی گنجانده شده بام سبز را در بر می‌گیرد. با استفاده از مواد جایگزین ، انرژی گنجانده شده می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کند. برای مثال، در شمال غربی اقیانوس آرام شمال آمریکا، آتشفشانی از پامس است که اغلب به عنوان بخشی از لایه استفاده می‌شود. سنگ پامس منبسط شده‌ای است که به وسیله گرمای طبیعت به دست می‌آید و در نتیجه انرژی گنجانده شده آن بسیار کاهش پیدا می‌کند علاوه بر این، شیوه‌های مدیریت از جمله کوددهی و آبیاری نیز بر انرژی ذخیره شده و تجزیه کربن تاثیر خواهد داشت(Ibid,4). با این حال، تجزیه کربن توسط گیاهان و بستر فقط بخشی از معادله ای است. بام‌های سبز نه تنها از طریق تجزیه کربن بر کاهش دی اکسیدکربن تاثیر می‌گذارند، بلکه با نقشی که در عایق بندی ساختمان‌ها و کاهش جزیره گرمایی دارند نیز بر کاهش این پدیده موثرند.

۵- کاهش بار سیستم های مجاری فاضلاب

بام سبز در کاهش جریان آب‌های سطحی، بهبود کیفیت جریان آب‌های سطحی و کاهش طغیان فاضلاب‌ها تاثیر دارد. اصولاً در تابستان بام‌های سبز می‌توانند ۸۰- ۷۰ درصد و در زمستان بین ۲۵ تا ۴۰ درصد آب را در خود حفظ کنند همچنین بام‌های فشرده با عمق بستر ۱۵۰ میلی متر بستر ۱۰۰ میلی متر در حدود ۴۵ درصد آب را در خود نگه می‌دارند. میزان نگهداری آب در فصل زمستان به طور قابل توجهی پاین تر از فصل تابستان است. این نتایج ناشی از تفاوت در تبخیر و تعرق و توزیع باران است (Berndsson, Bengtsson& Jinno, 2008). اما این امر به نوع سیستم بام سبز، ترکیب خاک و عمق، شیب و فراز پشت بام، گونه‌های گیاهی، رطوبت موجود خاک و شدت و مدت بارش باران بستگی دارد. آب حفظ شده در خاک در نهایت تبخیر خواهد شد و یا به فضای بیرون بازخواهد گشت. علاوه بر این، جریان آب به دلیل اشباع کردن خاک با تاخیر تخلیه می‌شود. از آنجا که جریان در طی یک بازه زمانی طولانی‌تری آزاد می‌شود، لذا می‌تواند به حفظ سیستم آب‌های سطحی شهری در برابر طغیان و کاهش پتانسیل سایشی فرود آب کمک کند.

بام سبز با حفظ آب‌های سطحی، احتمال رویداد سرریزی آب‌های فاضلاب و همچنین هزینه‌های مرتبط با سیستم آب‌های سطحی را کاهش می‌دهد از طرف دیگر بام سبز بر روی کیفیت این آب‌ها تاثیر می‌گذارد. البته مقدار جریان آب بام در کیفیت آب خروجی اثرگذار است. یک معضل در این ارتباط اینست که ذرات آلاینده‌ها(به ویژه فلزات سنگین و مواد مغذی) که به سطوح برگ چسبیده‌اند؛ توسط باران شسته و در سیستم آب‌های سطحی وارد شوند و در نتیجه آلودگی هوا و آلودگی آب را به همراه داشته باشد. یک رابطه مستقیم بین میزان باران و مقدار مواد جامد در پساب وجود دارد. در موارد زیادی در طول رویدادهای باران کمتر، مواد مغذی و روسوباتی که در بام متعارف با شستشو پاک شدند به علت عدم جریان یافتن آب باران در روی بام سبز باقی مانده‌اند. اما در بارندگی‌های بیشتر غلظت مواد از بام سبز بیشتر می‌شود. علاوه بر این، انتخاب گیاه، ترکیبات خاک، بستر و عمق نفوذ، سن بام سبز، همه در کیفیت پساب موثرند. با توجه به ترکیب بستر با کاهش درصد کود آلی، غلظت ازت و فسفر در خاک کاهش پیدا می‌کند(Bradley Rowe, 2010, 5). اگر چه بستر مهم است، مدیریت بام سبز نیز بسیار مهم‌تر است. کاربرد کودها و آفت کش‌ها برای اطمینان از رشد گیاه می‌تواند برای کیفیت آب بسیار مضر باشد.(Emilsson, et al, 2007,260- 271)

۶- کاهش انتقال حرارت از طریق ذخیره انرژی ساختمان

بام‌های سبز از تابش اشعه‌های نور خورشید محافظت به عمل می‌اورند و به طور غیرمستقیم در خنک سازی و کاهش انتقال حرارت نقش دارند. با توجه به اینکه انتقال حرارت همواره از بدنه‌ها و فضاهای با دماهای بیشتر به فضاهای با دمای کمتر صورت می‌گیرد، انتقال حرارت در بام‌های ساختمان‌ها در زمستان از داخل به خارج و در تابستان از خارج به داخل صورت می‌گیرد. بام‌های سبز از طریق کاهش نوسانات گرمایی بر روی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی لایه‌های سقف به خنک سازی فضای زیربام در طی تابستان و گرم ماندن ان در زمستان کمک می‌کنند. نتایج یک تحقیق در دانشگاه تورنتو نشان می‌دهد بام‌های سبز در اقلیم‌های سرد نیز در کارکرد لازم در جهت گرم نگه داشتن فضاها را دارند.

گیاهان با کاهش سرمای باد زمستانی و تنظیم خرد اقلیم بالای بام به افزایش میزان حفظ گرما کمک می‌کنند. البته تاثیر کاستن از شدت وزش باد از اثر سایه اندازی آن بیشتر است(Bass, 2007, 9)پوشش گیاهی مانع یخزدگی محیط کاشت در زمستان می‌شود که میزان عایق بودن بام را افزایش می‌دهد. اما در بام‌های سبز متراکم در صورتی که پوشش گیاهی روی سقف‌ها دچار یخزدگی یا پوشیده از برف شوند امتیاز مضاعفی در جهت نگهداری از انرژی در زمستان فراهم می‌کنند(Ibid). درباره دمای فضای زیربام معمولی و بام سبز در تابستان و زمستان بیانگر تاثیر این بام‌ها در کاهش انتقال حرارت است(جداول ۱و۲)

جدول ۱. تحقیقات دانشگاه ناتینگهام درباره دمای فضای زیر بام معمولی و بام سبز در تابستان

میانگین درجه حرارت/ دمای روزانه	معادل ۱۸/۴ درجه سانتیگراد
دمای فضای زیر بام‌های معمولی	معادل ۳۲ درجه سانتی گراد
دمای فضای زیربام‌های سبز	معادل ۱۷/۱ درجه سانتی گراد

منبع:(www.efbgreenroof.eu)

جدول ۲. تحقیقات دانشگاه ترنت در پیتربورو کانادا درباره دمای فضای زیربام معمولی و بام سبز در زمستان

میانگین درجه حرارت/ دمای روزانه	معادل ۰ درجه سانتی گراد
دمای فضای زیر بام‌های معمولی	معادل ۰/۲ درجه سانتی گراد
دمای فضای زیربام‌های سبز	معادل ۴/۷ درجه سانتی گراد

منبع:(www.efbgreenroof.eu)

تاثیر بر کیفیت رواناب شهری:

همانطور که ذکر گردید مطالعات بسیاری بر کاهش قابل ملاحظه‌ای حجم رواناب ناشی از بام سبز نسبت به بام‌های معمولی تاکید می‌نمایند اما با این حال این سوال که بام سبز تا چه حد می‌تواند بر روی کیفیت این آب‌ها تاثیر بگذارد هنوز بر قوت خود باقی است. تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای در گزارشات ارائه شده از معدود مطالعات انجام شده در زمینه کیفیت رواناب خروجی از بام‌های سبز دیده می‌شود(جدول ۱).

جدول شماره ۳- غلظت مواد مغذی در رواناب خروجی از پشت بام‌های سبز.

منبع	واحد	$-P^{۴}PO$	P-tot	$-N^{۴}NH$	$-N^{۳}NO$	N-tot
(۲۰۰۷)Teemusk and Mander	mg/l	۰,۰۶۶–۰,۰۰۶	۰,۰۹–۰,۰۲۶	۰,۳۳–۰,۱۲	۰,۸–۰,۴۲	۲,۱–۱,۲
(۲۰۰۵)Moran et al.	mg/l		۱,۵-۰,۶			۶,۸–۰,۸
(۲۰۰۴)Monterusso et al.	mg/l		۴,۳۹–۰,۴۶			
(۲۰۰۹)Czemiel Berndtsson et al.						
بام سبز گسترده	mg/l	۰,۲۷	۰,۳۱	۰,۰۸	۰,۰۷	۲,۳۱
بام سبز متمرکز	mg/l	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۱۵	۰,۱۱	۰,۵۹
(۲۰۰۹)Bliss et al.	mg/l		۳–۲			۰,۰

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

کیفیت رواناب خروجی متاثر از کیفیت آب تولید کننده آن می‌باشد. آب باران به طور کلی به عنوان آبی فاقد آلودگی در نظر گرفته می‌شود. البته ممکن است که ذرات آلاینده به ویژه فلزات سنگین و مواد مغذی که به سطوح برگ چسبیده‌اند یا در هوا وجود دارند توسط باران شسته و در سیستم آب‌های سطحی وارد شوند و در نتیجه آلودگی آب را به همراه داشته باشند. یک رابطه مستقیم بین میزان باران و مقدار مواد جامد در پساب وجود دارد. همچنین مقدار جریان آب در کیفیت آب خروجی اثر گذار است. در موارد زیادی در طول رویدادهای باران با شدت ومدت کمتر مواد مغذی و رسوباتی که در بام متعارف با شستشو پاک شدند به علت عدم جریان یافتن آب باران در روی بام سبز باقی مانده‌اند. اما در بارندگی‌های بیشتر غلظت مواد در بام سبز بیشتر می‌شود. تفاوت‌های قابل ملاحظه در گزارشات ارائه شده در زمینه کیفیت رواناب عمدتا ناشی از تفاوت در ساخت و شرایط نگهداری بام‌های سبز می‌باشد. تاثیرات فصلی بر روی کیفیت رواناب خروجی قابل ملاحظه می‌باشد. در مجموع فاکتورهای تاثیرگذار بر کیفیت رواناب خروجی از بام سبز به شرح زیر می‌باشد.

- ترکیبات خاک بستر
- ضخامت خاک بستر
- نوع زهکشی
- نحوه نگهداری
- نوع پوشش گیاهی
- شدت و مدت بارش
- جهت و قدرت باد

•منابع آلودگی محل
•خصوصیات فیزیکی شیمیایی آلاینده ها
•سن بام سبز

جدول ۴- موقعیت و خصوصیات فیزیکی ایستگاه‌های منتخب در سطح شهر تهران

ایستگاه	نامایستگاه	موقعیتایستگاه	پوششزمین	فضایمجاور
۱	پارک بعثت	نزدیک به مرکز پارک	چمن سبز	جاده و عابر پیاده‌رو
۲	خیابان عباسی شمالی	نزدیک ورودی ایستگاه مترو	سنگ‌فرش (پیاده رو)	جادهٔ آسفالته
۳	پارک شهر	نزدیک به مرکز پارک	خاک	دریاچه و عابر پیاده‌رو
۴	خیابان اکباتان	ابتدای خیابان اکباتان(میدان امام خمینی)	سنگ‌فرش (پیاده‌رو)	جادهٔ آسفالته
۵	پارک لاله	نزدیک به مرکز پارک	چمن سبز	سرویس بهداشتی
۶	خیابان فلسطین	ابتدای خیابان فلسطین (نزدیک بلوار کشاورز)	سنگ‌فرش (پیاده‌رو)	جادهٔ آسفالته
۷	پارک ساعی	نزدیک به مرکز پارک	چمن سبز	قفس پرندگان وعابر پیاده
۸	خیابان نظامی گنجوی	نزدیک به ابتدای خیابان	سنگ‌فرش (پیاده‌رو)	جادهٔ آسفالته
۹	پارک ملّت	نزدیک به مرکز پارک	چمن و گیاهان پیچنده	دریاچه و عابر پیاده‌رو
۱۰	بزرگراه کردستان	نزدیک به خروجی تونل نیایش	بتن	تونل و جادهٔ آسفالته

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

داده‌های اندازه‌گیری‌شده

جدول۵- دما و رطوبت نسبی پارک بعثت با خیابان عباسی شمالی

رطوبت متوسط خیابان عباسی شمالی	دمای متوسط خیابان عباسی شمالی	رطوبت متوسط پارک بعثت	دمای متوسط پارک بعثت	تاریخ
۳۲	۲۲/۸	۳۷	۲۰/۷	۱۳۹۲/۱/۳۰
۳۴	۲۱/۷	۵۱	۱۸	۱۳۹۲/۲/۰۱
۳۵	۱۸/۶	۳۹	۱۷/۲	۱۳۹۲/۲/۰۳
۳۳	۲۱/۵	۴۵	۱۷/۳	۱۳۹۲/۲/۰۸
۲۷	۲۲/۹	۳۸	۱۹/۹	۱۳۹۲/۲/۰۹
۲۳	۲۴/۳	۳۷	۲۱/۶	۱۳۹۲/۲/۱۰
۲۶	۲۳/۵	۳۰	۲۰/۶	۱۳۹۲/۲/۱۱
۲۸	۲۲/۷	۳۷	۲۰/۳	۱۳۹۲/۲/۱۲
۲۷	۲۸	۴۳	۲۵/۸	۱۳۹۲/۳/۰۸
۲۹	۲۸/۱	۳۸	۲۲/۸	۱۳۹۲/۳/۰۹
۲۹	۲۸/۱	۴۶	۲۳/۶	۱۳۹۲/۳/۱۰
۲۴	۲۹/۴	۴۰	۲۴/۵	۱۳۹۲/۳/۱۴
۲۱	۳۲	۴۸	۲۶/۳	۱۳۹۲/۳/۱۵
۲۰	۳۰/۹	۴۸	۲۴/۹	۱۳۹۲/۳/۱۶
۲۲	۳۲/۸	۳۲	۲۶/۷	۱۳۹۲/۳/۱۷
۲۷/۳	۲۵/۸	۴۰/۶	۲۲	میانگین

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

جدول ۶- دما و رطوبت نسبی پارک شهر با خیابان اکباتان

رطوبت متوسط خیابان اکباتان	دمای متوسط خیابان اکباتان	رطوبت متوسط پارک شهر	دمای متوسط پارک شهر	تاریخ
۲۹	۲۴	۳۴	۲۲/۴	۱۳۹۲/۱/۳۰
۳۴	۲۰/۹	۳۹	۱۹/۱	۱۳۹۲/۲/۰۱
۳۰	۱۸/۵	۳۲	۱۷/۹	۱۳۹۲/۲/۰۳

۳۳	۲۱/۲	۳۹	۱۸/۴	۱۳۹۲/۲/۰۸
۲۷	۲۲/۸	۲۹	۲۱/۱	۱۳۹۲/۲/۰۹
۲۳	۲۴/۲	۳۰	۲۲/۵	۱۳۹۲/۲/۱۰
۲۷	۲۳/۴	۳۰	۲۱/۹	۱۳۹۲/۲/۱۱
۲۶	۲۳/۴	۳۰	۲۱/۴	۱۳۹۲/۲/۱۲
۲۳	۲۸/۳	۳۶	۲۵/۳	۱۳۹۲/۳/۰۸
۲۹	۲۵/۶	۳۸	۲۲/۷	۱۳۹۲/۳/۰۹
۲۸	۲۶/۴	۳۶	۲۴/۲	۱۳۹۲/۳/۱۰
۲۶	۲۸/۶	۴۰	۲۵/۷	۱۳۹۲/۳/۱۴
۲۱	۳۰	۲۹	۲۶/۸	۱۳۹۲/۳/۱۵
۲۰	۳۰/۸	۲۸	۲۷/۳	۱۳۹۲/۳/۱۶
۲۲	۳۰/۵	۳۱	۲۸/۶	۱۳۹۲/۳/۱۷
۲۶/۵	۲۵/۲	۳۳/۴	۲۳	میانگین

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

جدول۷- دما و رطوبت نسبی پارک لاله با خیابان فلسطین

رطوبت متوسّط خیابان فلسطین	دمای متوسّط خیابان فلسطین	رطوبت متوسّط پارک لاله	دمای متوسّط پارک لاله	تاریخ
۲۴	۲۵/۷	۲۸	۲۳/۹	۱۳۹۲/۱/۳۰
۳۰	۲۱/۵	۳۳	۱۸/۷	۱۳۹۲/۲/۰۱
۲۸	۲۱/۷	۳۰	۱۹/۸	۱۳۹۲/۲/۰۳
۲۲	۲۶/۵	۳۰	۲۲/۱	۱۳۹۲/۲/۰۸
۲۰	۲۸/۳	۳۰	۲۲/۸	۱۳۹۲/۲/۰۹
۲۰	۲۹/۵	۳۱	۲۳/۴	۱۳۹۲/۲/۱۰
۲۰	۲۸/۵	۳۰	۲۲/۴	۱۳۹۲/۲/۱۱
۲۲	۲۶/۸	۳۴	۲۰/۶	۱۳۹۲/۲/۱۲
۲۰	۳۲/۶	۲۷	۲۶/۸	۱۳۹۲/۳/۰۸
۲۱	۲۹	۲۷	۲۵/۳	۱۳۹۲/۳/۰۹
۲۰	۳۱/۴	۲۷	۲۶/۶	۱۳۹۲/۳/۱۰
۲۰	۳۵/۶	۲۰	۲۸/۹	۱۳۹۲/۳/۱۴
۲۰	۳۶/۲	۳۲	۲۸/۶	۱۳۹۲/۳/۱۵
۲۰	۳۸/۱	۳۱	۲۹/۱	۱۳۹۲/۳/۱۶
۲۰	۳۷/۳	۲۶	۲۸/۴	۱۳۹۲/۳/۱۷
۲۱/۸	۲۹/۹	۲۹/۶	۲۴/۴	میانگین

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

جدول ۸- دما و رطوبت نسبی پارک ساعی با خیابان نظامی گنجوی

رطوبت متوسّط خیابان نظامی گنجوی	دمای متوسّط خیابان نظامی گنجوی	رطوبت متوسّط پارک ساعی	دمای متوسّط پارک ساعی	تاریخ
۲۲	۲۶/۸	۲۶	۲۳/۸	۱۳۹۲/۱/۳۰
۳۴	۱۸/۸	۳۸	۱۶/۹	۱۳۹۲/۲/۰۱
۲۹	۲۰/۱	۳۱	۱۸/۳	۱۳۹۲/۲/۰۳
۲۵	۲۳/۷	۲۹	۲۲/۲	۱۳۹۲/۲/۰۸
۲۲	۲۵/۶	۲۳	۲۳	۱۳۹۲/۲/۰۹

۲۰	۲۶/۷	۲۴	۲۳/۹	۱۳۹۲/۲/۱۰
۲۰	۲۶/۴	۲۳	۲۳/۷	۱۳۹۲/۲/۱۱
۲۵	۲۴/۹	۲۷	۲۲/۴	۱۳۹۲/۲/۱۲
۲۰	۲۹/۸	۲۰	۲۸/۶	۱۳۹۲/۳/۰۸
۲۰	۲۸/۱	۲۲	۲۷	۱۳۹۲/۳/۰۹
۲۰	۲۸/۹	۲۰	۲۸/۸	۱۳۹۲/۳/۱۰
۲۰	۳۲/۸	۲۰	۳۱/۶	۱۳۹۲/۳/۱۴
۲۰	۳۳/۳	۲۰	۳۳/۱	۱۳۹۲/۳/۱۵
۲۰	۳۳/۶	۲۰	۳۱/۹	۱۳۹۲/۳/۱۶
۲۰	۳۳/۳	۲۰	۳۲/۹	۱۳۹۲/۳/۱۷
۲۲/۴	۲۷/۵	۲۴/۲	۲۵/۸	میانگین

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

جدول ۹- دما و رطوبت نسبی پارک ملّت با بزرگراه کردستان

رطوبت متوسّط بزرگراه کردستان	دمای متوسّط بزرگراه کردستان	رطوبت متوسّط پارک ملّت	دمای متوسّط پارک ملّت	تاریخ
۲۳	۲۴/۹	۲۷	۲۲/۳	۱۳۹۲/۱/۳۰
۳۵	۱۶/۹	۵۱	۱۴/۱	۱۳۹۲/۲/۰۱
۳۳	۱۹/۱	۳۶	۱۷/۷	۱۳۹۲/۲/۰۳
۲۱	۲۸/۲	۳۴	۲۰/۶	۱۳۹۲/۲/۰۸
۲۲	۲۵/۱	۲۹	۲۲/۶	۱۳۹۲/۲/۰۹
۲۱	۲۵/۹	۳۳	۲۲/۴	۱۳۹۲/۲/۱۰
۲۲	۲۵/۸	۲۸	۲۳/۲	۱۳۹۲/۲/۱۱
۲۵	۲۳/۸	۳۳	۲۱/۸	۱۳۹۲/۲/۱۲
۲۰	۲۹/۲	۲۳	۲۶/۴	۱۳۹۲/۳/۰۸
۲۲	۲۷/۲	۲۷	۲۴/۹	۱۳۹۲/۳/۰۹
۲۰	۲۸/۸	۲۱	۲۶/۲	۱۳۹۲/۳/۱۰
۲۰	۳۳	۲۰	۲۸/۹	۱۳۹۲/۳/۱۴
۲۰	۳۳	۲۰	۳۰/۴	۱۳۹۲/۳/۱۵
۲۰	۳۳/۴	۲۲	۲۹/۴	۱۳۹۲/۳/۱۶
۲۰	۳۳/۱	۲۰	۳۰/۷	۱۳۹۲/۳/۱۷
۲۲/۹	۲۷/۱	۲۸/۲	۲۴/۱	میانگین

منبع: (عرب خدری، محمود ۱۳۸۰)

بنابراین موارد زیر باعث کاهش انتقال در بام های سبز طراحی شده می‌شود:

۱- افزایش ظرفیت گرمایی سقف

در زمستان، اتلاف انرژی کمتری از داخل به بیرون و در تابستان نیز انتقال گرمای کمتری از بیرون به داخل وجود دارد. در بام‌های سبز با افـزایش لایـه‌هـایی که ظریفت گرمایی لایه‌های سقف را افزون می‌کنند در کاهش انتقال حرارت نقش موثری دارند و در تابستان به خنـک سـازی فضـای زیربـام کمـک مـی‌کننـد و در زمستان نیز گرمای درون بنا را بیشتر حفظ می‌کنند.

۲- حفظ رطوبت

سبزینگی و پوشش‌گیاهی زنده رطوبت را در درون خود حفظ و با این شیوه در تعدیل دمای ساختمان نقش موثری ایفا می‌کنند، بـه عنـوان جـرم حرارتـی از نوسانات دمایی جلوگیری کرده و موجب خنک شدن ساختمان در تابستان و گرم نگه داشتن نسبی آن در زمسـتان مـی‌شـود، البتـه میـزان ایـن تـأثیر متناسـب بـه فصل‌های گوناگون سال و میزان رطوبت موجود در شبکه بام متغیر است.

۳- فتوسنتز گیاهان (کاهش جذب آفتاب)

ترکیب واکنش‌های انجام شده در خاک شامل تجهیز و انتشار و همچین واکنش‌های فتوسنتز و تعریق و تعرق گیاهان باعث کاهش میزان انرژی آفتاب جذب شده توسط لایه‌ی بام شده و در نتیجه دمای فضای زیرسطح این بام‌ها در تابستان کاهش پیدا می‌کند. در زمستان نیز بام‌های سبز کارکرد حرارتی مثبت خود را ایفا می‌کنند. گیاهان پیوسته مقداری هوا لابه لای ریشه‌های خود نگه می‌داند که به صورت یک لایه عایق حرارتی عمل می‌کند البته کارایی این لایه عایق حرارتی در بام‌های سبز به میزان رطوبتی وابسته است که خود نگه می‌دارند.

مزایای کیفی

۱. حفاظت از پوسته بام

طول عمر بام معمولی حدود ۲۰ سال است در صورتی که طول عمر بام سبز ۴۵ سال بیشتر برآورده شده است. غشای قیری بام به وسیله خاک و پوشش گیاهی از اشعه ماوراء بنفش و نوسانات شدید درجه حرارت بین شب وروز محافظت می‌شود(Bradley Rowe, 2010: 7).

۲. گسترش فضای سبز و زیستگاه جانداران

می‌توان با بام‌های سبز، زیستگاه جانداران و گیاهانی را که قربانی توسعه ساختمان سازی می‌شوند را جبران کرد و از این راه مقدار سطوح عاری از گیاه را کاهش و توسعه‌ی حیات وحش را که محدود شده بود، گسترش داد. بام‌های سبز در مقایسه با بام‌های متعارف فواید زیادی برای محیط زیست و حیات وحش دارند، به ویژه زمانی که این بام‌ها سازگار با بوم و شرایط اقلیمی منطقه باشند، سهم زیادی در حفظ گونه‌های همان منطقه دارند.

۳. تولید غذا

بام سبز یک فرصت برای توسعه کشاورزی در بالای پشت بام است که تولیدات غذایی را گسترش می‌دهد. تولیدات بام سبز نسبت به محصولات بازار به دلیل توجه به کوددهی و آفت کش‌ها می‌توانند کیفیت بهتر و تولیدی طبیعی‌تر داشته باشد.

۴. زیبایی و رفاه و سرگرمی

بام‌های معمولی اغلب با تجهیزات تهویه، دودکش‌ها و لایه‌های قیری و سنگ‌فرش خود سیمای ناهنجاری را بر روی نمای پنجم ساختمان ایجاد می‌کنند همچنین جذب گرما به دلیل رنگ تیره و جنس مصالح بام خود مانع از حضور در بام می‌شود. حال می‌توان با اندکی سبزینگی، کارایی و نقش این بام‌ها را تغییر داد. بام‌های سبز با خاصیت خنک کنندگی و ایجاد سایه، محیطی دلپذیر فراهم می‌کنند و می‌توانند برای تفریح عموم استفاده شوند و نیز فضای باز شهری را توسعه دهند.

۵. ترویج سلامتی و بهزیستی

مطالعات بیانگر اهمیت تماس مستقیم انسان با فضاهای طبیعی و سبز و نقش آن در سلامت جسم و روان انسان است و نشان می‌دهد که دسترسی به فضای سبز به طور مستقیم باعث کاهش ضربان قلب فشارخون می‌شود و به طور کلی بر افزایش سلامت افراد کمک می‌کند. همچنین تاثیری که بام‌های سبز در تنظیم و تعدیل دمای ساختمان دارند به طور غیرمستقیم بر سلامتی ساکنان اثر می‌گذارند.

۶. صرفه جویی اقتصادی

کاهش مصالح ساختمانی مصرفی با افزایش طول عمر بام و کاهش تعمیرات و نوسازی بام، حفاظت ار انرژی، مدیریت آب‌های سطحی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسید کربن کاهش سوخت‌های مصرفی موجب بهبود شرایط اقتصادی می‌شود. مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی بام سبز هزینه‌های بهداشت و درمان را می‌کاهد، کیفیت آب را بهبود می‌بخشد و هزینه‌های انرژی سرمایشی و گرمایشی را کاهش می‌دهد همچنین موادی که برای ساختن بام‌های سبز به کار می‌روند اغلب از منابع بازیافتنی تهیه می‌شوند (برای مثال خرده آجرهای متخلخل) استفاده از نخاله‌های مصالح ساختمان باعث صرفه جویی در هزینه احداث بام سبز می‌شود و هزینه لازم برای دفن نخاله‌ها و نیز هزینه انتقال ان‌ها را حذف کرده یا کاهش می‌دهد بام سبز یک فرصت منحصر به فردی را برای به کارگیری بام‌ها در راستای بهبود چرخه اقتصادی فراهم می‌کند.

بررسی انتقال حرارت بر روی مدل طراحی شده

در این بخش نمونه‌ای از بام سبز اجرایی نیمه متراکم برای ارزیابی چگونگی انتقال حرارت مورد مطالعه قرار گرفته است. مشخصات و جزییات اجرایی این نمونه بم سبز شامل موارد ذیل است:

- پوشش گیاهی
- محیط کشت (پشم سنگ)
- لایه طراحی شده (فایبرگلاس + پرلیت)
- غشای ضدآب
- سازه بام

نحوه اجرای بام سبز طراحی شده

مدل اجرایی در ابعاد ۱×۱ متر مربع طراحی شده است. در ابتداد نمونه سقف بتنی با عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و شبکه میلگرد با فواصل ۲۰ ×۲۰ سانتی‌متر مربع و قطر میلگردهای طولی ۱۰ و میلگردهای عرضی ۸ اجرا شده است. به منظور ایجاد عایق در برابر نفوذ احتمالی آب، ایوگام روی نمونه سقف را می‌پوشاند. پس از این دو لایه شبکه مدولار بام سبز طراحی شده قرار می‌گیرد که در ان ۱۲ عدد گلدان به صورت ۴ ردیف که هر ردیف آن شامل سه گلدان است قرار دارد. مصالح بکاررفته در قالب فایبرگلاس و پرلیت است که پرلیت در بین دو لایه فایبرگلاس(پشم شیشه و رزین) قرار دارد. ارتفاع ۵ سانتیمتری هر گلدان روزنه‌ای برای خروج آب و واردن شدن به مسیر زهکشی قالب طراحی شده است. بین هر دو ردیف گلدان نیز یک ناودان برای جمع‌اوری آب مازاد بر نیاز پوشش

گیاهان با شیب مناسبی تعبیه شده است. داخل گلدان‌ها و ۲سانتیمتر فضای روی قالب از لیکا به منظور سبک بودن و قابلیت نگهداری بالای آب استفاده شده است و روی لیکا ۲ سانتیمتر خاک به عنوان لایه کشت در نظر گرفته شده و در نهایت فرانکینیا به عنوان پوشش گیاهی انتخاب شده است.

بررسی تجربی در مدل اجرایی: در ابتدا به مدت یک ساعت حرارت مستقیم مشعل را روی قسمت فوقانی نمونه اعمال و سپس کمی صبر کرده تا تبادل حرارت بین لایه‌ی فوقانی و تحتانی صورت گیرد. سپس یکی از سنسورها در نزدیکی لایه فوقانی و دیگری در نزدیکی لایه تحتانی قرار گرفت و دماهای نمایش داده شده بر روی نمایشگر یادداشت شد. بررسی‌های تجربی با نصب یک برد بر روی آن انجام گرفت تا با نتایج نرم افزاری مقایسه تطبیقی شوند. در این برد از سنسور IM35 استفاده شده است. با تغییر دما، خروجی سنسور، ولتاژ متناسب با دما را ایجاد می‌کند، سپس ولتاژ تولید شده توسط ورودی آنالوگ میکرو اندازه‌گیری می‌شود ور وی نمایشگر نشان داده می شود.

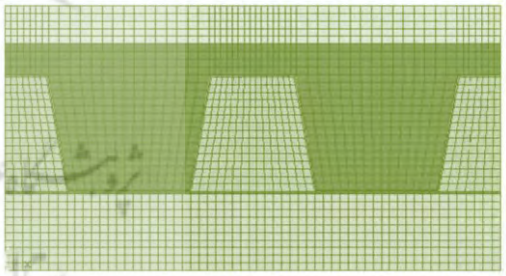
اندازه‌گیری انتقال حرارت نمونه‌ها به وسیله سنسور صورت می‌گیرد که با توجه به نتایج بدست آمده میزان دما به مقدار ۱۷ درجه کاهش پیدا می‌کند یعنی از ۴۵ درجه به ۲۸ درجه تقلیل یافته است. بررسی‌های نرم افزاری با انسیس صورت گرفت و از مدل سازی عددی استفاده شد. مدل سازی عددی از روش‌های متداول و بهینه در حل معاملات مهندسی است. روش المان محدود به عنوان یکی از روش‌های تحلیل عددی در مسایل گسترده‌ای در حوزه‌ی رشت های مهندسی برای حل دقیقی مسایل به کار می‌رود. این روش در اصل برای حل مسایل پیچیده در تحلیل تنش در جامدات استفاده می‌شود ولی امروزه با گسترش این روش، در مسایل بسیاری همچون حل عددی معادلات انتقال حرارت و انواع گوناگون از مسایل مکانیک پیوسته کاربرد وسیعی دارد.

معادلات حرارتی حاکم

وقتی در محیط ساکنی که می‌تواند جامد یا سیال باشد، اختلاف دما وجود دارد و برای انتقال حرارت رسانش روی می‌دهد هنگام بحث در مورد رسانش باید مفاهیمی چون فعالیت اتمی و مولکولی مورد توجه قرار گیرد، زیرا فرایندها در این سطوح است که انتقال گرما را تداوم می‌بخشند. رسانش را به عنوان انتقال انرژی از ذرات پرانرژی به ذرات کم‌انرژی ماده، بر اثر برهم کنش‌های بین آن‌ها می‌توان دانست. حرارت رسانش شده بین دو سطح با قانون فوریه محاسبه می‌شود (جدول ۳)

روش المان محدود به دلیل مشتق‌تری و انعطاف‌پذیری بالا، روز به روی در مراکز تحقیقاتی توجه بیشتری را به خود جلب می‌کند در این تحقیق نیز برای حل معادلات حرارت رسانش از روش المان محدود استفاده شده است. برای حل معادله هرچه المان‌بندی ریزتر باشد، توزیع جامع‌تر و دقیق‌تری را برای نقاط مورد نیاز محاسبه می‌کند. در نهایت با حل ماتریس ضرایب متغیرهای حالت(دماها) بدست می‌آیند. در بررسی انجام شده در این تحقیق برای حل عددی مسئله مورد نظر از المکان دو بعدی ۸ گره‌ای استفاده شده‌است. به عنوان مثال، نمونه‌ای از المان‌بندی مورد استفاده بر روی بام سبز طاحی شده نشان داده شده‌است(تصویر ۴). در اینجا از ذکر جزئیات روش حل خودداری شده است .

برای تحلیل حرارتی مدل‌های بررسی شده، از شرایط یکسان دمایی استفاده شده است. همچنین برای بررسی نفو حرارتی در بام مورد نظر، دما بر روی بام در اثر تابش خورشید ۵۰ درجه سانتی‌گراد و در سطح پایین که نشان دهنده‌ی دما در شرایط ایده‌آل است ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده‌است. به طور کلی ۳۰ درجه اختلاف دما بین دو سطح وجود دارد و میزان نفو حرارتی در هر کدام از لایه‌های از روی کانتورهای توزیع دمایی بررسی می‌شود.



تصویر ۱- چیدمان المان‌های بام سبز طراحی شده برای هفت لایه

رابطه فوریه		$q = kA\Delta\theta$
ضریب رسانش	$[W/m.k]$	k
مساحت رسانش	$[m^2]$	A
تغییرات دما بر طول	$[k/m]$	$\Delta\theta$

نمودار ۱: رابطه فوریه. ماخذ: Jurgen Bathe,1996.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، در بام اجرایی مشخص است که در لایه ایوگام به دلیل ضریب رسانش کمتر، است. البته باید در نظر داشت که ضخامت ایزوگام کمتر از بتن است و بتن نسبت به قیر کاملاً رساناتر است. برای بام سبز اجرایی نتایج، میزان انتقال حرارت نسبت به بام اجرایی را نشان می‌دهند که خود به دلیل استفاده از مواد کم رسانا همچون لایه فیلتر – الیاف ژئوتکستایل است. باید در نظر داشت که ضریب رسانش محیط کشت(لیکا) و لایه زهکشی سنگدانه(شن) در حالت خیش شده بالاتر است(شرایط خشک مدل سازی شده است) و طبیعتاً در شرایط مرطوب رسانش حرارتی بالا می‌رود. برای بام سبز مذکور، از لایه‌هایی چون فایبرگلاس+ پرلیت و هوا استفاده شده که تقریباً عایق است و به همین دلیل انتقال حرارت کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته است. از تودیع دما کاملاً معلوم است که در قسمت هوا انتقال حرارت کمتر است و در لایه کناری به دلیل وجود خاک رس که نسبت به هوا رسانا است، رسانش بیشتر است.

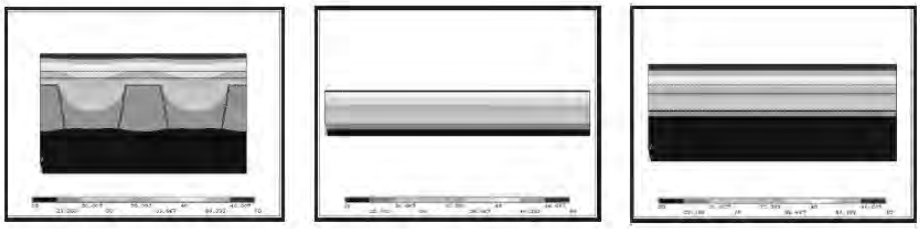
برای تحلیل چگونگی تاثیر بام سبز در دمای محیط رفتار حرارتی و انتقال حرارت سه نوع بام با یکدیگر مقایسه تطبیقی شده‌اند:

۱. بام معمولی

۲. بام سبز بدون لایه فایبرگلاس

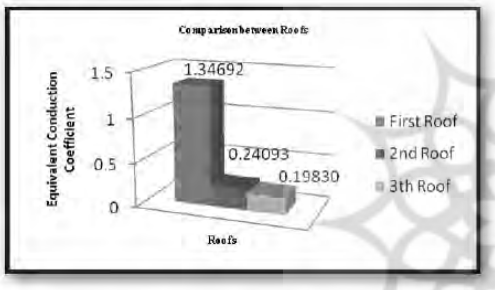
۳. بام سبز طراحی شده با لایه فایبرگلاس (تصویر ۵)

برای بررسی دقیق‌تر در این قسمت در راستای Y (ابعاد در راستای Y بی بعد شده‌اند) و در مرکز خطی از گره‌ها در نظر گرفته می‌شود و توزیع دمای گره‌ها در سه بام مقایسه شده‌اند(تصویر ۶) از مقایسه نمودار توزیع دما در سه بام کاملاً مشخص است که به طور میانگین بام سبز طراحی شده در نقاط مختلف دمای پایین‌تری دارد که در نتیجه‌ی انتقال حرارت کمتر سطوح است. برای بررسی کامل‌تر می‌توان از ضریب انتقال حرارت معادل استفاده کرد. با استفاده از روش‌های معادل‌سازی ضریب انتقال حرارت معادل بدست آمده و انتقال حرارت با ضریب معادل، برابر انتقال حرارت لایه چینی مورد نظر است. مقایسه ضریب رسانش معادل برای سه بام نشان می‌دهد که کم‌ترین ضریب رسانش برای بام سبز طراحی شده با لایه فایبرگلاس است. در نتیجه کم‌ترین انتقال حرارت برای بام مذکور خواهد بود (تصویر ۷) در جدول ۴ مقادیر بدست آمده انتقال حرارت برای هر کدام از بام‌ها و همچنین مقادیر بهینه سازی در انتقال حرارت به صورت کاملاً مشخص ذکر شده‌اند و بهینه بودن بام سبز طراحی شده از نظر حرارتی، نسبت به طرح بام سبز اجرایی کاملاً قابل درک است. انتقال حرارت در بام سبز با لایه فایبرگلاس به صورت تجربی نیز مورد بررسی قرار گرفت و با نصب سنسورهایی، نتایج نرم افزاری با میزانی از اختلاف تایید شد. به نظر می‌آید اختلاف میان نتایج نرم افزاری به دلیل عدم در نظر گرفتن نقش سایه در کاهش انتقال حرارت در نتایج نرم افزاری است.



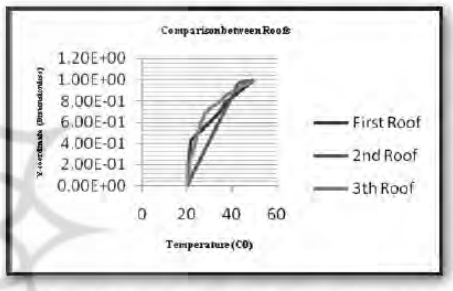
تصویر۲: کانتورهای توزیع دما برای سه بام مورد نظر. الف) بام اجرایی ب) بام سبز اجرایی پ) بام سبز طراحی شده. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۹.

Fig5. Contours of temperature distribution for three roofs: A) Conventional roof B) Conventional green roof C) designed green roof. Source: Authors, 2010.



تصویر۴. مقایسه ضریب رسانش معادل بام‌ها. مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۹.

Fig7. Comparison of equivalent conductance coefficient of roofs .Source: Authors, 2010.



تصویر۳. مقایسه توزیع دمای بام ها، برای خطی از گره‌ها در راستای Y.
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۸۹.

Fig6. Comparison of temperature distribution roofs, for line of nodes, along Y.Source: Authors, 2010.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مراجع

۱. حقانی مجید؛ ابراهیمی، فرزانه (۱۳۸۰)، بررسی اهمّیت و اثرات فضاهای سبز به عنوان بخشی از دانش‌های مداخله‌گر در برنامه‌ریزی کالبدی و طرّاحی شهری، مجموعهٔ مقالات همایش‌های آموزشی و پژوهشی فضای سبز شهر تهران، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، حوزهٔ معاونت خدمات شهری، جلد دوم.

۲. عرب خدری، محمود (۱۳۸۰)، ارزیابی اراضی آرادکوه برای توسعهٔ جنگل کاری و یا احداث پارک جنگلی، مجموعهٔ مقالات همایش‌های آموزشی و پژوهشی فضای سبز شهر تهران، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر تهران، حوزهٔ معاونت خدمات شهری، جلد دوم.

۳. کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۹)، میکروکلیماتولوژی، تهران، انتشارات سمت.

4. Baker, A.J.M., Brooks, R.(1989). Terrestrial higher plants which
5. hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution. Journal of ecology and phytochemistry. Biorecovery ,1 (2) : 81–126.
6. Bass, Brad. (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.
7. Benefits of Green Roof(n.d.). Available from:www.livingroofs.org/livingpages/benextendedlife.html/gvu/benefitsof green roof / (Accessed 12May 2010).
8. Berndtsson , J.C., Bengtsson, L., Jinno, K. (2009). Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. Journal of ecological engineering, 35:369-380. Available from : www.sciencedirect.com.
9. Bradley Rowe, D. (2010). Green roofs as a means of pollution abatement. Journal of Environmental Pollution, 159: 2100-2110. Available from: www.sciencedirect.com.
10. Emilsson, T., Czerniel Berndtsson, J., Mattsson, J.E., Rolf, K., (2007). Effect of using conventional and controlled release fertilizer on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Journal of Ecological Engineering, 29: 260- 271.
11. Green Roof and Environment(n.d.). Available from:http:// www.efb-greenroof.eu/verband/fachbei/fa01_anglisch.html/gvu/green roof and environment /Accessed 20November 2010).
12. Jurgen Bathe, K. (1996). Finite Element Procedures. Michigan : Prentice Hall .
13. Luckett, Kelly. (2009). Green roof construction and maintenance. New York : McGraw-Hill.
14. Morikawa, H., Higaki, A., Nohno, M., Takahashi, M., Kamada, M., Nakata, M., to yohara, G., Okamura, Y., Matsui, K., Kitani, S., Fujita, K., Irifune, K., Goshima, N. (1998). More than a 600-fold variation in nitrogen dioxide assimilation among 217 plant taxa. Journal of Plant Cell and Environment, 21:180-190.
15. Soflaee.f. (March 2009). Bam ya Bagh zarurate Tarahi-e Paydar [roof garden, The Necessity os sustainable desighn]. Article01. Available from: http://journals.apa.org/prevention/volume3/pre0030001a.html (Accessed 20 April 2010).
16. Takahasi, M., Kondo, K., Morikawa, M. (2003). Assimilation of nitrogen dioxide in selected plant taxa. Journal of Acta Biotechnology, 23:241 -247.
17. U.S. Environmental Protection Agency. (2003). Cooling Summertime Temperatures : Strategies to Reduce Urban Heat Islands. Washington, DC. EPA 430-F-03-014.
18. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., Zhu, J.Z. (2005). The Finite Element Method : Its Basis and Fundamentals.Vol.1, Sixth edition, C7: 140-164. Available from :http://books.google.com/books/about/The_finite_element_method.html?id=YocoaH8lnx8C.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی