دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
فصلنامه آلودگی‌های محیطی و توسعه پایدار شهری

دوره ۱، شماره ۲، پیاپی ۲
تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۲۲-۱

"مقاله مروری"

# بام سبز، راهکاری برای کاهش آلودگی محیطی و توسعه پایدار شهری

**صبا حسین‌پور[۱]، بنت‌الهدی ایزدی کاهکش[۲]، سحر طوفان[۳]***

[۱] دانشجوی دکتری معماری، دانشکده معماری و هنر، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
[۲] دانشجوی دکتری معماری منظر، واحد بین‌الملل ارس، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
[۳] دانشیار گروه معماری، دانشکده معماری و هنر، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
* نویسنده مسئول مکاتبات: sahar.toofan@iaut.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱، پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳)

## چکیده

بام سبز که بام باغ، بام گیاهی و بام زیستی هم نامیده می‌شود، یک بستر مهندسی‌ساز می‌باشد که رشد گیاه را در بام و نما میسر ساخته و دارای محاسن گوناگون است. از این رو، در بسیاری از کشورهای جهان بخصوص در کشورهای شمال قاره امریکا و کشورهای غرب اروپا، آیین‌نامه‌ها و ضوابط اجرایی در خصوص بدنه‌های سبز تدوین شده است و به صورت دستورالعمل اجباری در برخی شهرها لحاظ می‌گردد. حال آنکه در کلان‌شهرها فقدان این موضوع به روشنی ملموس است. دست‌یابی به مواردی چون؛ استتار، اختفاء و فریب، ذخیره‌سازی انرژی (مدیریت مصرف)، پایداری ساختمان‌ها، بهره‌گیری از نهایت زیبائی، فرم‌دهی و تغییر شکل، همسان‌سازی با محیط‌های اطراف، انعطاف‌پذیری در تغییر شکل، کنترل برخی پی‌آمدهای طبیعی (سیل، روان‌آب‌ها و امثال آن)، حفظ محیط زیست، صیانت از آلودگی روان‌آب‌ها، بالا بردن سرانه فضای سبز، تعدیل فضای روانی جامعه، ایجاد عایق صوتی و گرمایی، بالا بردن عمر ایزولاسیون بام و نما، کاهش مصرف انرژی، بهره‌گیری از چرخه تولید مواد غذایی، تلطیف هوا (کاهش دی اکسید کربن و افزایش اکسیژن)، کنترل آسیب‌های ناشی از وزش طوفان و تگرگ و باران‌های سیل‌آسا و امثال آن، از جمله آوردهایی است که نتیجه اجرای بام‌ها و نماهای سبز خواهد بود. در این مقاله مروری به معرفی انواع بدنه‌های سبز، جزئیات اجرایی و مزایای عمومی آن که بیش‌تر در حوزه پدافند نرم است و نیز مزایای اختصاصی آن در حوزه پدافند غیرعامل و نقش آن در کلان شهرها پرداخته می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** بام سبز، نمای سبز، سبزینگی، پایداری، توسعه پایدار

**مقدمه**

امروزه، گسترش سطح محیط مصنوع نسبت به فضاهای طبیعی شهر یک چالش اساسی است. توسعه ناپایدار شهرها متاثر از رشد تکنولوژی و بر هم خوردن تعادل زیستی میان محیط و انسان در نتیجه آن، نیازمند چاره‌اندیشی است. روزانه هزاران سازه در حال ساخت با بکارگیری وسیع بتن و مصالح دیگر که قابلیت نگهداری و آزادسازی بسیار زیاد حرارت را دارند، موجب نابودی و ریشه کن کردن پوشش طبیعی گیاهی و جانوری می‌شوند (۱). با توجه به آنکه احداث بام سبز در برنامه‌ریزی شهری بیش‌تر شهرهای پیشرفته جهان به صورت دستورالعملی اجرایی در ساختمان‌سازی درآمده، لزوم استفاده از انرژی‌های پاک، توجه به محیط زیست و ساکنان کره زمین در گستره زمانی نامحدود، ضروری به نظر می‌رسد. در حال حاضر در آلمان بطور تخمینی ۱۰ درصد از خانه‌ها دارای بام سبز هستند. در شهر توکیو برنامه توکیو ۲۰۰۰ در آوریل ۲۰۰۱ وارد عمل شد، در این برنامه بام قابل استفاده ساختمان‌های جدید با متراژ بیش از ۱۰۰۰ مترمربع، باید دارای ۲۰ درصد فضای سبز باشد. بام سبز در برنامه‌ریزی شهری شمال آمریکا در شهرهایی مانند شیکاگو، پرتلند، اورگن و تورنتو کانادا موثر بوده و به‌کار گرفته می‌شود. در شیکاگو ۳۰۰۰ مترمربع بام سبز در بالای شهرداری آن قرارگرفته، قانون ذخیره‌سازی انرژی شیکاگو در سال ۲۰۰۲ تصویب شد و مقرر گردید ساختمان‌سازی جدید باید دارای بام سبز یا بام فتوولتائیک باشد. در ونکوور افزایش جمعیت باعث افزایش ناپایداری در دو زمینه مصرف انرژی و افزایش فاضلاب است و متخصصین تشخیص داده‌اند که تکنولوژی بام سبز به حل این دو موضوع کمک خواهد نمود (۲).

کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و افزایش میزان اکسیژن لازم برای انسان از اثرات مثبت بام سبز محسوب می‌شود. ازآن جا که پیشینیان در طول زمان از ویژگی‌های این نوع بام بهره جسته‌اند، استفاده از آن در محیط شهری ضمن جذب سر وصدا و تعدیل دما با کاهش مصرف انرژی همراه است. بام‌های سبز با تولید مواد غذایی گیاهی و تثبیت خاک یک سیستم پایدار را ایجاد می‌کنند. تحقیق و سرمایه‌گذاری در تکنولوژی بام سبز مهم‌ترین روشی است که به شهرهای ما اجازه رشد و توسعه و حفاظت از حیات بشر و محیط زیست را می‌دهد. به نظر می‌رسد که زمان آن رسیده است که در ایران به ویژه در مقیاس کلان شهرهایی چون تهران این موضوع مورد توجه قرار بگیرد. البته در این مقاله سعی در بهره‌گیری از این پتانسیل در راستای تمهیدات پدافندی غیر عامل می‌باشد و ضمن ارائه فواید عمومی (شهری) و اختصاصی (تک بنا) به مزایای پدافند غیر عاملی بام سبز و جزئیات اجرای آن نیز خواهیم پرداخت.

## مبانی نظری

**- بام سبز**

بام سبز که بام باغ، بام گیاهی و بام زیستی نیز نامیده می‌شود، یک سیستم مهندسی‌ساز است که رشد گیاه را در بام میسر ساخته و در عین حال از بام محافظت می‌کند (۳). بام سبز یک سطح زنده از گیاهان رویشی در لایه خاک بر بام است. لایه‌ای خاک کم عمق یا ضخیم همراه با پوشش لایهٔ زیرین خاک که در بخش عناصر و جزئیات بام سبز به آن اشاره خواهد شد. گاه

این پوشش همراه با حفاظ ریشه‌ای و اغلب با یک لایه زهکش در زیر آن همراه است و عموماً گونه‌های گیاهان مقاوم در برابر خشکی در آن رشد می‌یابند (٤).

**- پیشینه تاریخی**

اولین ایده بام سبز مربوط به ۲۵۰۰ سال پیش است که ایرانیان بام زیگورات‌ها را با گیاهان زینت می‌بخشیدند. پس از آن در حدود ۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح، بزرگ‌ترین باغ بام را مردم بابل تحت عنوان باغ‌های معلق بابل (شکل (۱)) ایجاد کردند (۵). این باغ‌ها از عجایب عالم و از شاهکارهای معماری به حساب می‌آیند. این باغ‌ها به روایتی دارای ۵ تراس مطبق بودند. برای ایجاد قدرت در پایه‌های این بنا از ستون‌های سنگی مربع به ضلع ۵ متر استفاده کرده بودند. طبقات به وسیله مواد خاصی عایق‌بندی شده بودند تا از نفوذ آب به طبقات زیرین جلوگیری شود. برای آبیاری هر یک از طبقات آب فرات را مستقیم به بالاترین طبقه هدایت می‌کردند. بین سال‌های ١٦٠٠ تا ۱۸۰۰ میلادی نروژی‌ها بام ساختمان‌ها را برای عایق کردن آن در مقابل سرما با خاک می‌پوشاندند و برای تثبیت این خاک اقدام به کاشت گیاهان علفی بر روی آن نمودند. این تکنیک در اواخر سال‌های ۱۸۰۰ در بخش‌هایی از آمریکا نیز به کار می‌رفت (٦). در غرب مدرن استفاده از فضای مرده بام به‌عنوان فضای عمومی قابل بهره‌برداری در بافت‌های شهری متراکم، ابعاد کاربردی و اجتماعی باغ بام را پر رنگ‌تر کرد و باعث رواج ساخت آن شد. ولی پس از جنبش زیست‌محیطی دهه ٦٠ میلادی، بام سبز به معنایی متفاوت مورد توجه قرار گرفت و در کشورهای اروپایی گسترش زیادی پیدا کرد (۷). امروزه آلمان به‌عنوان کشوری پیشرو در زمینه بام سبز به‌شمار می‌رود (۸). بدلیل عایق بسیار خوب آن‌ها از ترکیب گیاه و لایه خاک، ساخته می‌شوند. در اقلیم‌های سرد، کمک به حفظ گرمای درون ساختمان و در آب و هوای گرم، کمک به جلوگیری از نفوذ گرما به درون ساختمان می‌کنند (۹).

شکل (۱): تصاویری از باغ‌های معلق بابل

در مغازه‌های پمپئی[1] گیاهان رونده بر روی بالکن‌های طبقه فوقانی‌شان رشد کرده بودند، و پلینی[2] مورخ قدیمی، درباره ایجاد بام‌های سبز بوسیله درختان، مطالبی نگاشته است. همچنین رومی‌ها در بالای ساختمان‌های ملی، مثل آرامگاه‌های آگستوس[3]

[1] Pompeii (شهری تاریخی در اروپا)

[2] Pliny

[3] Augustus

و هادریان[1] درخت می‌کاشتند. وایکینگ‌ها نیز دیوارها و سقف‌های خانه‌هایشان را با پوششی سبز در برابر باد و باران حفاظت می‌کردند، همچنین گاهی از گیاه دریایی (جلبک)، برای عایق‌بندی بام‌ها، استفاده می‌کردند. در دوران رنسانس[2]، باغ‌های پلکانی شیب‌دار و بام‌های سبز در شهر جنوا[3] به طور متعارف و عادی دیده می‌شدند. نماهای سبز در کشور هندوستان و در بعضی خانه‌های اسپانیولی مکزیک در قرن‌های ۱۶ و ۱۷ وجود داشتند.

**- پیشینه معاصر**

در معماری و شهرسازی معاصر، لوکوربوزیه اولین فرد در قرن بیستم بود که سقف سبز فراموش شده را مجدداً به کار گرفت (۵). وی پنج اصل را برای ساختمان‌های مدرن معرفی کرد که عبارتند از:

مرتفع ساختن بنا نسبت به زمین به کمک ستون

بام مسطح و باغ روی بام

پلان آزاد

پنجره‌های طویل افقی و سرتاسری

نمای آزاد و استفاده از سقف کنسول (۵).

کوربوزیه عقاید مطرح شده خود را، در طرح ویلا ساووا در پواسی در شمال پاریس (۱۹۳۰-۱۹۲۸) به نمایش گذاشت (شکل (۲)).

شکل(۲): تصاویر بام و نمای ساختمان ویلا ساووا

به نظر می‌رسد از نیمه قرن بیستم تا کنون، مردم و عرف ساخت و ساز محلی- منطقه‌ای شمال اروپا، مفهوم و ایده بام و جداره‌های سبز را به صورت گسترده، مخصوصاً در کشورهایی نظیر آلمان، سوئیس، اتریش و منطقه اسکاندیناوی پذیرفته‌اند.

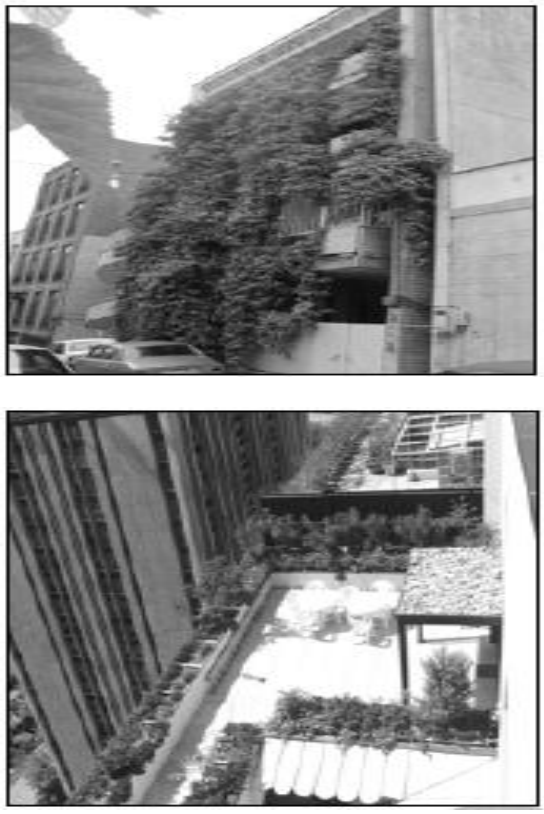
در اوایل ۱۹۶۰ فن‌آوری‌های بام سبز در تعداد زیادی از کشورها، خصوصاً در سوئیس و آلمان رشد سریعی کرد. در ۱۹۷۰، وجه مهمی از پژوهش‌های تخصصی در خصوص مولفه‌های گوناگون فن‌آوری پوشش بام سبز انجام شد. مطالعات بر روی عوامل جلوگیری از نفوذ ریشه، غشاءها و پوسته‌های ضد آب، زهکشی و گیاهان و پوشش‌های گیاهی با وزن کم انجام شد.

[1] Hadrian
[2] Renaissance
[3] Genoa

در کشور آلمان در سال ۱۹۸۰، به سرعت توسعه شرکت‌های عرضه بام سبز، سالانه بین ۱۵ تا ۲۰ درصد افزایش یافت. در ۱۹۸۹، یک میلیون مترمربع بام سبز در آلمان ایجاد شده بود. در ۱۹۹۶، این عدد به ده میلیون مترمربع افزایش یافت. این رشد عظیم تا درجه زیادی بوسیله مشوق‌ها و محرک‌های قانون‌گذاری دولت ایجاد شد. شهرداری‌ها، ۳۵ الی ۴۰ مارک برای هر مترمربع بام سبز، اعطا می‌کردند (۹).

به طور کلی، خط مشی دولت‌ها و برنامه‌ریزان در اروپا، حمایت از ایجاد صنعتی جدید، برای تامین نیازهای مالی، پژوهشی، اجرا و نحوه نگهداری صنعت بام سبز می‌باشد. در آلمان، فرانسه، اتریش، نروژ، سوئیس و دیگر مراکز اروپا، بام‌های سبز یک موضوع مورد قبول در صنعت ساختمان‌سازی و مورد استقبال در مناظر شهری شده است. به نظر می‌رسد یکی از رویکردهای برنامه‌ریزان در کشورهای غربی در توسعه بام‌های سبز توجه عمیق به مبحث پدافند غیر عامل است. رویکرد این کشورها به مقوله پدافند غیرعامل بسیط است و دفاع غیر عامل را تنها در حوزه نظامی نمی‌دانند و وظیفه‌ای می‌دانند که باید با همکاری شهروندان انجام شود و نیز شرکت اشخاص در دفاع غیر عامل خدمتی عامل المنفعه به جامعه محسوب می‌شود (۲). در کشور ایران نیز استفاده از بدنه‌های سبز به طرز سنتی و بومی کاربرد داشته است. استفاده از درختان مو (انگور) و گیاهان رونده، همواره در بسیاری از بناها در مناطق مختلف دیده می‌شود. ایجاد بام سبز طی دهه‌های اخیر به صورت پراکنده، بر حسب سلیقه معمار یا کارفرما در معماری معاصر ایران رویت می‌شود، اما بدلیل فقدان آئین‌نامه و محرک‌ها و مشوق‌های دولتی در این زمینه، تاکنون این امر به صورت برنامه‌ریزی گسترده و مدون شده، محقق نشده است (۲).

در شکل (۳) برخی بدنه و بام‌های سبز در شهر تهران که بسیار اندک‌اند، ارائه گردیده است.



شکل (۳): مجتمع‌های مسکونی نیاوران- ساختمانی در خیابان شهید مطهری - بام برج آ - اس- پ در بزرگراه کردستان

## انواع بام سبز

یکی از سطوح اصلی نما، بام ساختمان می‌باشد که آن را نمای پنجم ساختمان می‌توان نامید. اصل دوم معماری مدرن لوکوربوزیه نیز بام مسطح و باغ روی بام است. اصولاً خاک نقش مهمی در کاهش تأثیر یک انفجار مهیب دارد. دیوارهای خاکریزی و بام‌های مدفون در کاربردهای نظامی بسیار موثرند و می‌توانند در بناهای مختلف مورد استفاده قرارگیرند. همچنین این راهکار و یا بام سبز در بهبود بازدهی انرژی

ساختمان نیز بسیار موثر است و معمولاً فضای سبزی که دارای کارکردی سازگار با طبیعت بوده و پایدار و استوار باشد در بحث نظامی اهمیت دارد (۲).

بام سبز را می‌توان در سه گونه گسترده[1]، متمرکز[2] و مدولار یا جعبه گیاه[3] دسته‌بندی نمود.

**- بام سبز گسترده**

بام سبز گسترده (شکل (٤)) فقط شامل یک یا دو نوع گیاه و محیط کاشت کم عمق می‌باشد و معمولاً این سیستم، برای زمانی که حداقل بار وزن مدنظر باشد به کار گرفته می‌شود و به طور اختصاصی، فقط پرسنل تعمیر و نگهداری به این نوع بام‌ها دسترسی دارند.

شکل (٤): تصاویری از بام‌های سبز گسترده

عموماً این نوع بام، بر روی بام‌های مسطح و شیب‌دار ایجاد می‌شود. معمولاً از گیاهانی با ارتفاع ٤٠ تا ١٠٠ میلی‌متر در آن‌ها استفاده می‌شود. حدود بار نهایی بام تقریباً بین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در حالت اشباع می‌باشد. برای بام گسترده واژه Green Roof نیز استفاده می‌شود.

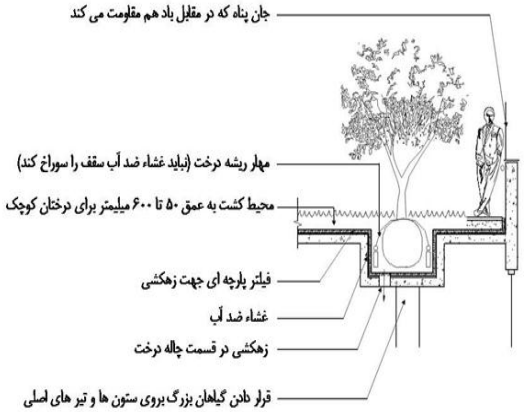
**- بام سبز متراکم**

این نوع بام (شکل (۵)) با نام باغ بام نیز شناخته می‌شود. که شامل انواع مختلفی از گیاهان می‌باشد و مشابه یک پارک طراحی و اجرا (شکل (٦)) می‌شود. برخی از این بام‌ها دارای درختان بزرگ، آب‌نما و حتی استخر می‌باشند که این موضوع نیازمند ساختار سازه‌ای مستحکم و محاسبات مجزا برای این منظور است، به خصوص که دسترسی و استفاده از بام این بناها عموماً بسیار است.

[1] Extensive
[2] Intensive
[3] Planter Box

شکل (۵): تصاویری از باغ بام

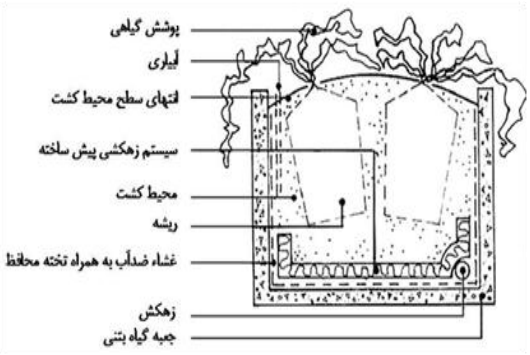
با توجه به آنکه بهره‌گیری از پوشش گیاهی انبوه به منظور استتار و اختفاء، متراکم‌سازی و تغییر ساختار فیزیکی و شکل ظاهری اهداف و همگونی آن‌ها با محیط اطراف در طرح‌های پدافند غیرعامل مد نظر است، بام سبز متمرکز بیش‌تر می‌تواند ما را در رسیدن به این اهداف یاری رساند.




شکل(٦): جزئیات اجرایی سیستم متمرکز

**- مدولار یا جعبه گیاه**

در این روش گیاه در باکس‌های مخصوصی که تمام یا بیش‌تر بام سبز را می‌پوشاند، نگهداری می‌شود. باید توجه داشت در صورت استفاده از این روش می‌بایست گلدان‌ها در مکان خود تثبیت شوند که در مقابل آثار و موج انفجار پرتاب نگردند (شکل (۷)).



شکل (۷): تصاویر و جزئیات اجرایی سیستم مدولار یا جعبه گیاه

**- مقایسه سیستم‌های بام سبز گسترده و متمرکز**

در جدول (۱) مزایا و معایب بام سبز گسترده و متراکم مقایسه گردیده است.

جدول (۱): مقایسه مزایا و معایب بام سبز گسترده و متراکم

| | بام سبز متمرکز | بام سبز گسترده |
|---|---|---|
| شرح مختصر | خاک عمیق، دارای سیستم آبیاری، برای کاشت بیش‌تر گیاهان مناسب است. | خاک کم عمق، بدون آبیاری یا آبیاری کم، برای هر گیاهی مناسب نیست. |
| مزایا | – تنوع بیش‌تر در استفاده از گیاهان و محل سکونت<br>– دارای ویژگی‌های عایق بسیار خوب<br>– می‌تواند مشابه یک باغ طبیعی باشد<br>– می‌تواند بسیار جذاب ساخته شود<br>– معمولاً در دسترس است<br>– بهره‌برداری متنوع از بام (برای سرگرمی، رویش گیاهان خوراکی، فضای باز)<br>– برای تامین اهداف دفاع غیرعامل بسیار مناسب است. | – وزن اندک بر روی بام<br>– مناسب برای سطوح با شیب صفر تا ۳۰ درجه<br>– مراقبت و نگهداری کم<br>– اغلب سیستم آبیاری و زهکشی نیاز ندارند.<br>– مهارت و تخصص کمی (در ایجاد و نگهداری) نیاز دارند<br>بدلیل وزن سبک و تمهیدات اندک برای بناهای موجود قابل استفاده است.<br>– نسبتاً ارزان است.<br>– بیش‌تر حالت طبیعی دارد.<br>– برای ایجاد و نگهداری در شرایط گوناگون، به آسانی قابل برنامه‌ریزی است.<br>– برای تامین اهداف دفاع غیرعامل مناسب است. |
| معایب | – بارگذاری زیاد وزن بر بام و تبع آن بر سازه ساختمان<br>– نیاز زیاد به سیستم‌های آبیاری و زهکشی و تامین آب، مواد (خاک مناسب) و غیره دارد.<br>– پرهزینه است.<br>– سیستم‌های کامل و حرفه‌ای برای ایجاد و نگهداری نیاز دارد. | – محدودیت در انتخاب گیاهان<br>– معمولاً برای سرگرمی و کاربری‌های دیگر قابل استفاده نیست.<br>– مخصوصاً در زمستان ظاهر زیبایی ندارد. |

**- عناصر و جزئیات بام سبز**

دسته‌بندی اجزای اجرایی باغ بام‌ها بسیار متنوع و وسیع است. زیرا هر موسسه یا شرکت بازرگانی با توجه به توانمندی‌های خود، پیشنهاد ارائه می‌کند و رقابت در بازار، مهم‌ترین دلیل پیچیده شدن این جزئیات است. اما به طور کلی می‌توان عناصر و جزئیات بام سبز را به پنج دسته تقسیم بندی کرد: لایه پوشش گیاهی[1]، محیط کشت[2]، لایه زهکش[3]، لایه محافظت[4] و ساختار سقف[5].

**- لایه پوشش گیاهی**

تقریباً هر گیاهی می‌تواند روی بام کاشته شود. اما محدودیت‌هایی مانند آب و هوا، سازه ساختمان و هزینه نگهداری و طراحی منظر بام سبز برای انتخاب گیاه نقش دارد. از آنجایی که بام‌های سبز تا حد ممکن سبک طراحی می‌شوند، اغلب شامل پوششی هستند که

[1] Plant layer
[2] Growing medium
[3] Drainage layer
[4] Protection layer
[5] Roof construction

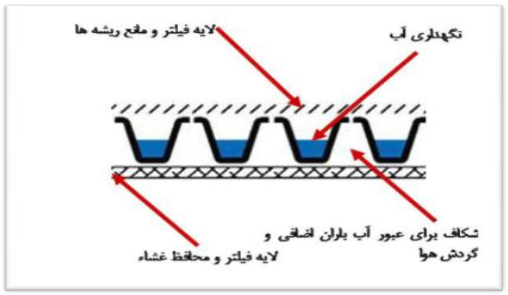
در عمق کمی از خاک و با مراقبت و نگهداری کم یا بدون نگهداری رشد کنند.

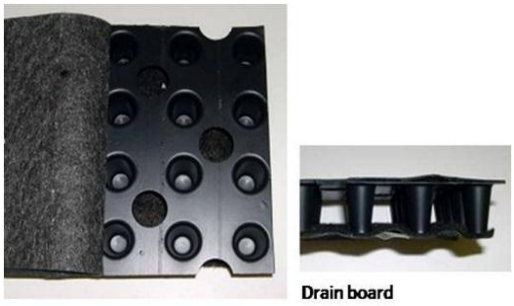
**- محیط کشت**

محیط کشت فضایی است که گیاه در آن شروع به رشد می‌کند. محیط کشت به واسطه الزامات خاص سازه‌ای باید وزن کمی داشته باشد به همین دلیل نسبت به خاک معمولی تفاوت‌هایی دارد. باید از محیط کشتی استفاده کرد که حتی‌الامکان سبک بوده و وزنش حدود ۹۰۰ کیلوگرم در هر مترمکعب در حالت مرطوب باشد. یک مخلوط معمولی مناسب ترکیبی از یک سوم ماسه، یک سوم سنگ‌های متخلخل و یک سوم گیاه خاک (کود گیاهی) است.

**- لایه زهکش**

لایه زهکش (شکل (۸)) بین محیط کاشت و لایه محافظ قرار می‌گیرد تا آب بتواند از هر جای بام سبز به سیستم ناودانی(خروجی آب بام ساختمان) جریان یابد.






شکل (۸): تصاویر و جزئیات لایه زهکش

جدول (۲): لایه‌های تشکیل دهنده بام سبز

| لایه‌های بام سبز | | مصالح |
|---|---|---|
| پوشش گیاهی | بام سبز گسترده | سدوم‌ها، خزه‌ها، گیاهان علفی، چمن‌ها |
| | بام سبز نیمه‌گسترده | گیاهان علفی، چمن‌ها، بوته‌ها، درختچه‌ها |
| | بام سبز متراکم | گیاهان علفی، چمن‌ها، بوته‌ها، درختچه‌ها، درختان |
| محیط کشت | مواد آلی | کودهای گیاهی |
| | مواد معدنی | شن و ماسه، لیکا، پرلیت، پشم سنگ، سنگ پامیس |
| لایه فیلتر | بافت پارچه‌ای ژئوتکستایل، شن و ماسه | |
| لایه زهکشی | مصالح دانه‌ای، 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 کلراید (PVC) ، الفین ترموپلاستیک (TPO) ، پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE)، بتن غیر قابل نفوذ، بافت پارچه‌ای 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 | |

## بررسی اجمالی مزایای کمی و کیفی بام سبز در مقایسه با بام معمولی

تفاوت بین بام‌های گیاهکاری شده و بام‌های معمولی را می‌توان به دو دسته تفاوت‌های کمی و کیفی دسته‌بندی کرد. فرآیند انتقال گرمایی در بام‌هایی که گیاه کاری شده‌اند کاملا متفاوت است. گیاهان به دلیل عملکرد بیولوژیکی خود مثل فتوسنتز، تعریق، تنفس و تبخیر مقدار قابل توجهی از اشعه‌های خورشید را جذب می‌کنند. باقی‌مانده اشعه‌های خورشیدی به گرما تبدیل می‌شود و زمانی که از لابه‌لای عناصر ساختمانی بام عبور می‌کند بر دمای هوای داخلی تأثیر می‌گذارد.

**- مزایای کمی**

**- بهره‌گیری از فضای سبز به عنوان جاذب امواج**

می‌دانیم که تمامی اجسام و موجودات متناسب با وضعیت طبیعی و حتی کارکرد مصنوعی خود طیف وسیع و مختلفی از امواج را از خود متصاعد می‌نمایند. برداشت و سنجش این امواج بهره‌بردار را به نوع کارکرد و حتی تشخیص فضای داخلی شیء یا مجموعه راهنمایی می‌کند. فضای سبز در شناسایی زمینی و هوایی با باندهای مرئی دارای قابلیت مؤثر بوده و می‌تواند نقش مؤثری در تأمین اهداف اولیه (استتار، اختفاء و فریب) اجراء نماید. لذا با توجه به امواج شناخته شده فیزیکی می‌توان متناسب با نوع طیف آن‌ها از این گونه پوشش‌ها جهت حذف کامل یا کاهش یا انحراف این امواج بهره‌گیری نمود (۹).

**- جاذب امواج الکتریکی و مخابراتی**

با توجه به اینکه این امواج از محل کارخانجات صنعتی، مراکز علمی، آزمایشگاه‌ها، مقرهای نظامی و انتظامی ساطع می‌شود و معمولاً این اماکن در دایره هدف بهره‌برداران غیر مجاز قرار دارند و از طرف دیگر هدایت امواج الکتریکی و مخابراتی جهت اینگونه مجموعه‌ها در قالب بعد، فاصله، بازخورد عملکردی نیز در دایره توجه افراد غیرمجاز قرار می‌گیرد (۹)، هرگونه اختلال در این امر موجبات گمراهی یا عدم موفقیت را فراهم می‌نماید. یکی از راه‌های ایجاد حریم، بهره‌گیری از پوشش‌های جاذب این امواج از جمله پوشش گیاهی می‌باشد (۹).

**- جاذب امواج حرارتی**

از دیگر عوارض بروز یافته از ساختمان‌ها و مکان‌های مسکونی – اداری - صنعتی، تجهیزات خاص به خصوص تونل‌ها - ساختمان‌های زیرزمینی، مخازن مدفون، خطوط حمل و نقل زیرزمینی، اختلاف دمای این مجموعه‌ها با فضاهای اطراف آن‌هاست. از راهکارهای ایجاد اغتشاش در انعکاس امواج حرارتی بهره‌برداری از پوشش عایقی مناسب از جمله پوشش گیاهی جهت تنظیم و تعدیل این اختلاف دما می‌باشد (۱۰).

**- جاذب امواج لیزری**

امواج ساطع شده لیزری از تجهیزات هدف‌یابی و هدف‌گیری بایستی ضمن برخورد با هدف در قالب یک موج بازتاب مجدداً به مبدا خویش یا بر حسب زاویه تنظیم شده به نقطه خاصی هدایت شود. می‌دانیم بخارات آب، رطوبت و آئروسل‌های موجود در فضا می‌توانند جاذب این امواج باشند (۱۰) یا وجود کامل آن‌ها را جذب و یا میزان انعکاس را کاهش و یا زاویه تابش را تغییر دهند. از این رو بهره‌گیری از پوشش گیاهی در این حوزه نیز کارساز می‌باشد.

**- جاذب امواج صوتی**

ناراحتی‌های حاصل از سر و صدای موجود در معابر مشکل مهمی در شهرها محسوب می‌شود. اگرچه عایق‌سازی نما در تعدیل بار صوتی آن یعنی در کاهش صدا از خارج به داخل ساختمان کمک قابل توجهی می‌کند، اما نوع سقف نیز در میزان تأثیرگذاری این عامل بر استفاده‌کنندگان از بنا مؤثر است. بام‌های سبز، عایق‌بندی صدا در سیستم بام را افزایش می‌دهند. البته کیفیت عملکرد عایق به نوع سیستم به کار رفته و همچنین به ضخامت لایه بستگی دارد. بام‌های سبزی که ضخامت لایهٔ خاک آن‌ها ۱۲ سانتی‌متر باشد، نفوذ صدا را تا ٤٠ دسی بل کاهش می‌دهند و بام سبزی که ضخامت لایهٔ خاک آن‌ها ۲۰ سانتی‌متر باشد نفوذ صدا را تا ٤٦ دسی بل کم می‌کنند (۱۲). افزایش عمق بستر تا ۲۰-۱۵ سانتی‌متر کاهش سر و صدا را بهبود می‌بخشد، اما بام سبز با لایه عمیق‌تر سود بیش‌تری را فراهم نمی‌کند. امواج صوتی در بام سبز بیش‌تر در فرکانس‌های محدوده ۱۰۰۰-۵۰۰ هرتز ساطع می‌شود، اما به هر صورت این لایه‌های خاک به عنوان رساناهای صوتی نرم شناخته می‌شوند. خاک برای جذب فرکانس‌های پایین‌تر صدا و گیاهان به جذب فرکانس‌های بالاتر تمایل دارند. لایه‌های خاک، هوا و پوشش گیاهی که در بام‌های 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 (۱۱).

**- کاهش اثرات جزایر گرمایی**

شهرهای بزرگ به دلیل داشتن سطوح گسترده سخت غیرقابل نفوذ و فاقد پوشش گیاهی، حرارت تابشی آفتاب را به سرعت جذب و خود به صورت منابع ساطع‌کننده انرژی گرمایی عمل می‌کنند. چنین حالتی را اصطلاحاً پدیده «جزیره گرمایی» می‌نامند. در این حالت اختلاف دمای قابل توجهی بین نواحی شهری که سطوح آن‌ها با آسفالت و قیرگونی پوشیده شده و مناطقی که با پوشش گیاهی پوشیده شده‌اند، وجود دارد. این اختلاف اثر جزایر گرمایی شهری بین شهر و حومه آن در تابستان می‌تواند تا ۱۰ درجه فارنهایت باشد (۱۳). در این صورت دستگاه‌های هواساز و خنک‌کننده افزایش پیدا می‌کنند که این خود بر میزان مصرف انرژی می‌افزاید و پدیده گازهای گلخانه‌ای که مهم‌ترین عامل تخریب لایه اوزون هستند، تشدید می‌شود. بر اساس گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده، دمای هوای شهر می‌تواند تا ٦/٥ سانتی‌گراد گرم‌تر از حومه‌های اطراف شود و به ازای هر ٦/٠ سانتی‌گراد افزایش درجه حرارت هوا، اوج بار ممکن است ۲ درصد افزایش پیدا کند (١٤).

**- کاهش آلودگی هوا**

در مناطق شهری، درختان سهم قابل توجهی برای کاهش آلاینده‌های هوا دارند. با این حال، در بسیاری از سایت‌های شهری فضای کمی برای کاشت درخت وجود دارد که ناشی از وجود مجموعه‌هایی از سطوح غیر قابل 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 هیدروکربن‌های پلی آروماتیک در بافت‌های گیاهی و یا در خاک هستند (۱۵) و آن‌ها به طور غیرمستقیم به وسیله کاهش درجه حرارت سطح از طریق تراوشات خنک‌کننده و سایه انداختن، آلودگی هوا را کاهش می‌دهند، که به نوبه خود باعث کاهش واکنش‌های فوتوشیمیایی از نوع آلاینده‌هایی مانند اوزون در جو می‌شوند (۱۶). 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 مؤثرتری را انتخاب کرد. به عنوان مثال کاج‌های همیشه سبز ممکن است فواید بیش‌تری از گونه‌های برگریز داشته باشند، زیرا با حفظ برگ‌های سالانه خود نقش مؤثرتری در کاهش ذرات گاز دی اکسید گوگرد و اوزون، خواهند داشت (۱۷). درختان و درختچه‌ها عمدتاً به دلیل مساحت بزرگ‌تر برگ‌ها نسبت به گیاهان چمنی دائمی، در حذف آلاینده‌ها مؤثرترند. اگرچه بام‌های سبز متراکم با درختان و درختچه‌ها از نظر کاهش آلودگی مطلوب‌ترند، بام سبز گسترده هنوز هم می‌تواند در مورد کیفیت هوا نقش مکمل را بازی کند. البته باید توجه داشت که اگرچه احداث بام‌های سبز به صورت انفرادی تأثیر چندانی در بهبود شرایط آب و هوا و تأمین محیط زیست مطلوب شهری ندارد، اما افزایش این بام‌ها در شهرهای بزرگ می‌تواند تأثیر چشمگیری در بهبود وضعیت شهرها داشته باشد.

**- کاهش دی‌اکسید کربن**

زمین به موجب چرخه طبیعی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی در حال گرم شدن است. سوزاندن این سوخت‌ها، دی‌اکسید کربن را به عنوان یک محصول جانبی احتراق منتشر می‌کند. دی‌اکسید 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 مداخله‌گر اثر گلخانه‌ای را افزایش داده و دمای محیط را بالا می‌برد. بام‌های سبز در دو روش می‌توانند در کاهش دی‌اکسید کربن در جو مؤثر باشند:

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

۲- کاهش انرژی از طریق عایق‌سازی ساختمان و کاهش اثر جزیره گرمایی 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 ذخیره‌سازی 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 مؤثرتری در کاهش دی اکسیدکربن داشته باشند (۱۶). علاوه بر این، ترکیب بستر رشد می‌تواند میزان این تأثیرگذاری را تغییر دهد. در مطالعات انجام شده، زغال سنگ منبسط شده در بستر رشد، ۸۰ درصد از انرژی گنجانده شده بام سبز را در برمی‌گیرد. با استفاده از مواد جایگزین، انرژی گنجانده شده می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کند. برای مثال، در شمال غربی اقیانوس آرام شمال امریکا، آتشفشانی از پامیس است که اغلب به عنوان بخشی از لایه استفاده می‌شود. سنگ پامیس سنگ 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 تأثیر خواهد داشت (۱۶). با این حال، تجزیه کربن توسط گیاهان و بستر فقط بخشی از معادله است. بام‌های سبز نه تنها از طریق تجزیه کربن بر کاهش دی اکسیدکربن تأثیر می‌گذارند، بلکه با نقشی که در عایق‌بندی ساختمان‌ها و کاهش جزیره گرمایی دارند نیز بر کاهش این پدیده مؤثرند.

**- کاهش بار سیستم‌های مجاری فاضلاب**

بام سبز در کاهش جریان آب‌های سطحی، بهبود کیفیت جریان آب‌های سطحی و کاهش طغیان فاضلاب‌ها تأثیر دارد. اصولاً در تابستان بام‌های سبز می‌توانند ۷۰ تا ۸۰ درصد و در زمستان بین ۲۵ تا ۴۰ درصد آب را در خود حفظ نمایند (۱۲). همچنین بام‌های فشرده با عمق بستر ۱۵۰ میلی‌متر به طور سالانه حدوداً ۷۵ درصد و بام‌های سبز گسترده با عمق بستر ۱۰۰ میلی‌متر در حدود ۴۵ درصد آب را در خود نگه می‌دارند. میزان نگهداری آب در فصل زمستان به طور قابل توجهی پایین‌تر از فصل تابستان است. این نتایج ناشی از تفاوت در تبخیر و تعرق و توزیع بارش باران است (۱۸) 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 باز خواهد گشت. علاوه بر این، جریان آب به دلیل اشباع کردن خاک با تأخیر 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 سوی دیگر بام سبز بر روی کیفیت این آب‌ها تأثیر می‌گذارد. البته مقدار جریان آب بام در کیفیت آب خروجی اثرگذار است. یکی از مشکلات موجود این است که ذرات آلاینده‌ها (به ویژه فلزات سنگین و مواد مغذی) که به سطوح برگ چسبیده‌اند، توسط باران شسته شده و در سیستم آب‌های سطحی وارد شوند و در نتیجه آلودگی هوا و آلودگی آب را به همراه خواهند داشت. یک رابطه مستقیم بین میزان بارندگی و مقدار مواد جامد در پساب وجود دارد. در مواقع کم باران، مواد مغذی و رسوباتی که در بام متعارف با شستشو پاک می‌شوند، به علت عدم جریان یافتن آب باران در روی بام سبز باقی می‌مانند. 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 مؤثرند. با توجه به ترکیب بستر با کاهش درصد کود آلی، غلظت ازت و فسفر در خاک کاهش پیدا می‌کند (۱۶) اگر چه بستر مهم است، مدیریت بام سبز نیز بسیار مهم‌تر است. کاربرد کودها و آفت‌کش‌ها برای اطمینان از رشد گیاه نیز می‌تواند برای کیفیت آب بسیار مضر باشد (۱۹).

**- کاهش انتقال حرارت از طریق ذخیره انرژی ساختمان**

بام‌های سبز از تابش اشعه‌های نور خورشید محافظت به عمل می‌آورند و به طور غیر مستقیم در خنک‌سازی 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 خنک‌سازی فضای زیر بام در طی تابستان و گرم ماندن آن در زمستان کمک می‌کنند. نتایج یک تحقیق در دانشگاه تورنتو نشان می‌دهد بام‌های سبز در اقلیم‌های سرد نیز 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 تأثیر کاستن از شدت وزش باد از اثر سایه اندازی آن بیش‌تر است (۲۰). 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 (۲۰). تحقیقات دانشگاه ناتینگهام و دانشگاه ترنت (جداول (۳) و (٤)) در پیتربورو کانادا درباره دمای فضای زیر بام معمولی و بام سبز در تابستان و زمستان بیانگر تأثیر این بام‌ها در کاهش انتقال حرارت است.

جدول (۳): تحقیقات دانشگاه ناتینگهام درباره دمای فضای زیر بام معمولی و بام سبز در تابستان

| | |
|---|---|
| میانگین درجه حرارت/دمای روزانه | معادل ۱۸/٤ سانتی‌گراد |
| دمای فضای زیر بام‌های معمولی | معادل ۳۲ سانتی‌گراد |
| دمای فضای زیر بام‌های سبز | معادل ۱۷/۱ سانتی‌گراد |

جدول (٤): تحقیقات دانشگاه ترنت در پیتربورو کانادا درباره دمای فضای زیر بام معمولی و بام سبز در زمستان

| | |
|---|---|
| میانگین درجه حرارت/دمای روزانه | معادل ۰ سانتی‌گراد |
| دمای فضای زیر بام‌های معمولی | معادل ۰/۲ سانتی‌گراد |
| دمای فضای زیر بام‌های سبز | معادل٤/۷ درجه سانتی‌گراد |

بنابراین موارد زیر باعث کاهش انتقال حرارت در بام‌های سبز طراحی شده می‌شود:

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 افزایش لایه‌هایی که ظرفیت گرمایی لایه‌های سقف را افزون می‌کنند در کاهش انتقال حرارت نقش مؤثری دارند و در تابستان به خنک‌سازی فضای زیر بام کمک می‌کنند و در زمستان نیز گرمای درون بنا را بیش‌تر حفظ می‌کنند.

حفظ رطوبت: سبزینگی و پوشش گیاهی زنده، رطوبت را در درون خود حفظ و با این شیوه در تعدیل دمای ساختمان نقش مؤثری ایفا می‌کنند. آب به عنوان جرم حرارتی از نوسانات دمایی جلوگیری کرده و موجب خنک شدن ساختمان در تابستان و گرم نگهداشتن نسبی آن در زمستان می‌شود. البته میزان این تأثیر متناسب با فصل‌های گوناگون سال و میزان رطوبت موجود در شبکه بام متغیر است.

فتوسنتز گیاهان (کاهش جذب آفتاب): ترکیب واکنش‌های انجام شده در خاک شامل تجهیز و انتشار و همچنین واکنش‌های فتوسنتز و تعرق گیاهان باعث کاهش میزان انرژی آفتاب جذب شده توسط لایهٔ بام شده و در نتیجه دمای فضای زیر سطح این بام‌ها در تابستان کاهش پیدا می‌کند. در زمستان نیز بام‌های سبز کارکرد حرارتی مثبت خود را ایفا می‌کنند. گیاهان

پیوسته مقداری هوا لابه‌لای ریشه‌های خود نگه می‌دارند که به صورت یک لایه عایق حرارتی عمل می‌کنند. البته کارایی این لایه عایق حرارتی در بام‌های سبز به میزان رطوبتی وابسته است که در خود نگه می‌دارند.

**- مزایای کیفی**

- **حفاظت از پوسته بام**: طول عمر بام معمولی حدود ۲۰ سال است. در صورتی که طول عمر بام سبز ٤٥ سال یا بیش‌تر برآورد شده است. غشای قیری بام به وسیله خاک و پوشش گیاهی از اشعه ماوراء بنفش و نوسانات شدید دما بین شب و روز محافظت می‌شود (١٦).

- **گسترش فضای سبز و زیستگاه جانداران**: می‌توان با بام‌های سبز، زیستگاه جانداران و گیاهانی را که قربانی توسعه ساختمان‌سازی می‌شوند را جبران نموده و از این راه مقدار سطوح عاری از گیاه را کاهش و توسعهٔ حیات وحش را که محدود شده است، گسترش داد (۲۱). 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 خواهند داشت.

- **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 کود دهی و آفت‌کش‌ها می‌تواند کیفیتی بهتر و طبیعی داشته باشد.

- **زیبایی، رفاه و فرصت سرگرمی**: بام‌های معمولی معمولاً با تجهیزات تهویه، دودکش‌ها و لایه‌های قیری و سنگفرش خود سیمای ناهنجاری را بر روی نمای پنجم ساختمان ایجاد می‌کنند. و جذب گرما به دلیل رنگ تیره و جنس مصالح بام مانع از حضور در بام می‌شود. اکنون می‌توان با کمی سبزینگی، کارآیی و نقش این بام‌ها را تغییر داد. بام‌های سبز با خاصیت خنک‌کنندگی و ایجاد سایه، محیطی مطلوب فراهم می‌کنند و می‌توانند برای تفریح ساکنان استفاده شوند و نیز فضای باز شهری را توسعه دهند.

- **ترویج سلامتی و بهزیستی**: مطالعات بیانگر اهمیت تماس مستقیم انسان با فضاهای طبیعی و سبز و نقش آن‌ها در سلامت جسم و روح انسان است و نشان می‌دهد که دسترسی به فضای سبز به طور مستقیم باعث کاهش ضربان قلب و فشار خون می‌شود و به طور کلی بر افزایش سلامت کمک می‌کند. همچنین تأثیری که بام‌های سبز در تنظیم و تعدیل دمای ساختمان دارند به طور غیرمستقیم بر سلامتی ساکنان اثر می‌گذارند.

- **صرفه‌جویی اقتصادی**: کاهش مصالح ساختمانی مصرفی با افزایش طول عمر بام و کاهش تعمیرات و نوسازی بام، حفاظت از انرژی، مدیریت آب‌های سطحی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی‌اکسید کربن و کاهش سوخت‌های مصرفی موجب صرفه‌جویی اقتصادی می‌شود. مزایای اجتماعی و زیست‌محیطی بام سبز هزینه‌های بهداشت و درمان را کاهش می‌دهد، کیفیت آب را بهبود می‌بخشد و هزینه‌های انرژی سرمایشی و گرمایشی را می‌کاهد. همچنین موادی که برای ساختن بام‌های سبز به کار می‌روند اغلب از منابع بازیافتی و غیر قابل استفاده تهیه می‌شوند. استفاده از نخاله‌های مصالح ساختمان باعث صرفه‌جویی در هزینه احداث بام سبز می‌شود و هزینه لازم برای دفن نخاله‌ها و نیز هزینه انتقال آن‌ها را حذف کرده یا کاهش می‌دهد. نمای ابنیه جزء سطوح پرهزینه

ساخت و ساز می‌باشند. استفاده از نماهای پوشیده از گیاهان در کاهش هزینه‌های ساختمانی تاثیر بسزایی دارد و بام سبز یک فرصت منحصر به فردی را برای به کارگیری بام‌ها در راستای بهبود چرخه اقتصادی فراهم می‌کند.

## جمع‌بندی مزایای معماری

مزایای متنوعی برای بناهای بهره‌مند از بام و بدنه‌های سبز ارائه گردید و در مجموع اگر بام سبز به طور گسترده‌تر برای واحدهای همسایگی، سلول‌های شهری و کل شهر مد نظر باشد می‌تواند این مزایا تعمیم یابد و در کل شهر اثرگذار باشد. به طور مثال با توجه به آنکه بسیاری از ابنیه حساس و حیاتی، خواسته یا ناخواسته، درون شهرها واقع شده‌اند، یکسان سازی و فرم دهی فضاها با گسترش در واحد همسایگی بوسیله بام و نمای سبز ارجح‌تر است.

**- اکولوژی و تنوع زیستی محیطی**

تکنولوژی امروز سبب ضایعات گسترده به طبیعت و محیط زیست و خارج کردن چرخه‌های تعادلی آن شده است. که حاصل آن جز نابودی انسان به عنوان عنصری از این چرخه نیست. طبیعت، نیروها و عناصر خود را برای بازسازی آسیب‌های طبیعی و حتی انسانی به کار می‌گیرد، اگرچه ممکن است این بازسازی سال‌ها به درازا بکشد اما اگر سرعت تخریب عامل انسانی با استفاده از تکنولوژی، بیش‌تر از سرعت آرام و متین طبیعت در بازسازی آن باشد، تمام چرخه‌های آن از حرکت می‌ایستد و در پایان از بین می‌رود.

ازآنجا که بام سبز توان بالقوه‌ای در تامین زندگی و مسکن جانداران دارد، در زمینه شهرها می‌تواند تنوع زیست‌محیطی را احیا کند. به این منظور، انتخاب مواد و مصالح تا حد امکان باید طبیعی یا حداقل بازیافتی باشد و ملاحظات لازم در انتخاب گونه‌های گیاهی بومی متناسب با اکوسیستم منطقه رعایت شود و نیز لایه‌های زیر خاک می‌بایست مناسب برای زیست بی‌مهرگان باشند.

**- کاهش، کنترل و ذخیره انرژی**

باید توجه داشت که تامین انرژی معمولاً توسط منابع سوخت فسیلی و الکتریکی تامین می‌شود که مستلزم تقبل هزینه می‌باشد. هر گونه کاهش مصرف و تعدیل و مدیریت آن پیامد کاهش هزینه را به دنبال خواهد داشت که در نهایت اثر آن در صرفه‌جویی انرژی در مبادی تامین مثل نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها مشاهده خواهد شد. این موضوع در زمان بحران نیز از اهمیت برخوردار است. زیرا تهدیدات مختلفی بر نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها مترتب است که سبب نقصان و یا حتی قطع ارتباط با مجموعه شهری می‌شود. بنابراین یکی از مزایای بدنه‌های سبز توانایی کاهش مصرف انرژی در شهرهاست.

**- افزایش سرانه سبز**

ایجاد بام‌های سبز سبب افزایش سرانه سبز، پوشش گیاهی و منظر زیبا برای افراد یک شهر می‌شود.

**- تامین شرایط روانی مناسب در جامعه**

ایجاد هنجارهای بصری و حذف ناهنجاری‌های محیطی که محصول آن ایجاد تعدیل روانی، آرامش، تلطیف محیط اجتماعی است از دیگر آثار این رویکرد می باشد. به خصوص در زمان بحران و ایجاد خسارات و ضایعات در زیرساخت‌های شهری، شرایط پایدار بام سبز از جمله اثرات روانی مثبت در جامعه است.

## ارتباط ارکان توسعه پایدار وسامانه بام سبز

توسعه پایدار دارای سه اصل پایداری اقتصادی، پایداری اجتماعی و پایداری محیط زیست است.

**الف- پایداری اقتصادی:** پایداری اقتصادی به معنای حفظ و ارتقای وضعیت فعلی اقتصادی است بدون اینکه منابع طبیعی تخریب شود که در این راستا فعالیت‌های اقتصادی باید موجب رشد جامعه شده و با عدالت و کارایی همراه باشند.

- **کاهش هزینه تعمیر و نوسازی:** عمر عایق‌کاری به کمک بام سبز افزایش پیدا می‌کند؛ به دلیل محافظت در برابر اشعه‌های فرابنفش، تگرگ، طوفان‌ها و تفاوت‌های دمایی، عایق‌کاری به اندازه چهل سال یا بیش‌تر عمر می‌کند. درحالیکه عمر بام‌های معمولی حدود بیست سال است.

- **تولید انرژی:** بام‌های سبز تبادل انرژی ساختمان را کاهش می‌دهند. در هوای گرم زمانیکه دمای هوا به ۹۵ درجه فارنهایت برسد، دمای بام به ۱۷۵ درجه فارنهایت می‌رسد. این دمای بالا در داخل و بیرون ساختمان تأثیر مستقیم دارد؛ افزایش دمای بیرون، واکنش شیمیایی منجر به کاهش ضخامت لایه اوزون را تسریع می‌کند. در درون ساختمان هم نیاز به تهویه بیشتر جهت خنک کردن ساختمان است که مستلزم مصرف انرژی بیشتر است. گیاهان، حرارت و رطوبت خاک را از طریق تبخیر به رطوبت تبدیل می‌کنند که این روند منجر به خنک شدن ساختمان می‌گردد. خنک شدن داخل ساختمان انعکاس گرما را کاهش می‌دهد.

- **مهار سیلاب‌ها:** سامانه بام سبز زهکشی و خروجی آب را به میزان ۱۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد و بقیه آب هم در زمان دیگری خالی می‌گردد. استفاده از بام سبز هزینه‌های مجراهای فاضلاب را کاهش می‌دهد. حدود ۳۰ درصد آب از مجراهای کم‌عمق گیاهان را سیراب می‌کند و ۳۰ درصد بقیه تصفیه شده و به آبراه‌های عمیق‌تر راه پیدا می‌کند. نزدیک ٤٠ درصد بلافاصله از طریق تبخیر گیاهان به اتمسفر راه پیدا می‌کند و چیزی بر زمین باقی نمی‌ماند. هنگامی‌که باران بر زمین و جنگل‌ها می‌ریزد زمین را خراب نکرده و در چرخه طبیعی خود حرکت می‌کند. در شهرها که شامل ساختمان‌ها و خیابان‌ها می‌باشد، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد پوشش‌ها غیرقابل‌نفوذ بوده وآب باران تخریب کننده است. فقط حدود ۵ درصد به مجراهای کم‌عمق و عمیق زمین می‌رسد و ۱۵ درصد از طریق گیاهان تبخیر می‌شود و ۷۵ درصد بقیه بر روی زمین شناور می‌ماند و زایل می‌گردد. برای متعادل کردن این امر از سامانه پرهزینه فاضلاب استفاده می‌شود و در بسیاری از موارد اضافه آب زهکشی می‌شود و به‌سوی نهرها هدایت می‌گردد که این اضافه‌ها آب رودخانه‌ها را آلوده می‌کنند. به طور متوسط حدود ۷۵ درصد از آب در بام سبز و خاک آن باقی می‌ماند و حدود ۲۵ درصد از آب سرریز می‌شود که این اتفاق ساعت‌ها بعد از باران اتفاق می‌افتد. زمانی که چمن‌ها از آب اشباع می‌شوند، آب به آرامی از میان خاک تصفیه شده و به زهکشی انتقال پیدا می‌کند. خاک رسوبات، برگ‌ها و دیگر اجزا را به دام انداخته و آب راقبل از اینکه به مکانی دیگر انتقال پیدا کند بهبود می‌بخشد.

- **استفاده از مکان:** بام‌های سبز فضای اضافی را برای انجام فعالیت‌ها فراهم می‌کنند، که این امر در شهرهای بزرگ که سرریز از ساختمان‌ها، جمعیت و ماشین هستند ضروری می‌باشد. با توجه به گرانی زمین این مورد مزیت بسیار مهمی در استفاده از این سامانه می‌باشد.

**ب- پایداری اجتماعی**: انسان و جوامع انسانی محور اصلی توسعه پایدار هستند. هدف توسعه پایدار، توسعه همه جانبه است و توسعه همه جانبه بدون توسعه اجتماعی ممکن نخواهد بود. در توسعه اجتماعی بر اهدافی نظیر هویت فرهنگی، همبستگی اجتماعی، توسعه تشکیلاتی، مشارکت شهروندان، توانمندسازی انسان‌ها و امکان جابجایی اجتماعی تاکید می‌شود. پس به طور کلی می‌توان گفت که هدف توسعه پایدار دستیابی به جامعه‌ای پویا و ماندگار است که این امر با حفظ محیط زیست ممکن خواهد شد (۲۳). ساخت بام سبز باعث ایجاد فرصت‌های شغلی می‌شود. در بام‌های سبز عمومی امکان تبادل فرهنگ و اطلاعات بین ساکنین ساختمان بوجود می‌آید. در بام‌های سبز، کودکان می‌توانند بازی کنند، بزرگسالان ورزش کنند و افراد مسن در کنج‌های سبز و گل‌کاری شده آن استراحت کنند و در صورت تمرکز بیش‌تر می‌توانیم علاوه بر تفریحاتی مانند گردش، مطالعه و گذران وقت از پشت بام‌های سبز استفاده‌های بیش‌تری ببریم.

**ج- پایداری زیست محیطی**: پایداری زیست محیطی بر کاهش استفاده از منابع طبیعی و انرژی‌های تجدیدناپذیر، جلوگیری از اتلاف منابع انرژی، کاهش تولید پسماندها با استفاده مجدد و بازیافت پسماندها، استفاده از مواد قابل بازگشت به طبیعت و کاهش تولید آلودگی‌ها در صنایع و کشاورزی تأکید می‌کند. در راستای تحقق اهداف توسعه پایدار، «پایداری محیطی» در ارتباط با معماری اهمیت زیادی دارد و مسائل زیست محیطی که آینده بشر را به خطر انداخته است معماران را به چاره اندیشی واداشته است (۲٤).

می‌توان گفت که اصول توسعه پایدار به‌طور خلاصه شامل موارد زیر است:

توجه به استفاده از منابع تجدیدپذیر مثل انرژی خورشید و باد، استفاده کم‌تر از انرژی‌های تجدیدناپذیر و آلاینده مثل سوخت‌های فسیلی، توجه به نسل‌های آینده، توجه به محیط زیست و کاهش آلودگی. با توجه به این اصول، معماران و شهرسازان درصدد تعریف معماری و شهرسازی پایدار شده‌اند که در این راستا، تعریف‌های زیادی از معماری و شهرسازی پایدار به‌عمل آمده که در اکثر آن‌ها، توجه به محیط زیست شهری، ایجاد شهرهای سالم و اکولوژیک و آلودگی کم‌تر شهرها، اهمیت ویژه‌ای داشته است. شهری سالم خواهد بود که فضاهای قابل‌توجهی از آن به پارک‌ها و فضاهای سبز، اختصاص داده شود و در آن به محیط زیست، پاکیزگی هوا، اکوسیستم‌ها و چرخه‌های زیستی موجودات دیگر اهمیت داده شده باشد. ایجاد پارک‌ها و فضاهای سبز وسیع در شهرها، علاوه بر حفظ پاکیزگی، بر زیبایی و طراوت آن‌ها نیز افزوده و زمینه زندگی انواع جانداران زیست محیطی را نیز در شهر فراهم می‌آورند. استفاده از بام‌های سبز با توجه به مزیت‌هایشان مانند صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش جزیره گرمای شهری، بهبود کیفیت هوا و جلوگیری از هدر رفت آب بارندگی‌ها، در مقایسه با بام‌های معمولی به عنوان یک استراتژی برای توسعه پایدار شهری رواج یافته است. با توجه به نگرانی‌های زیاد در مورد گرم شدن کره زمین و اثرات موضعی جزایر حرارتی شهری، اثرات حرارتی و انرژی بام‌های سبز توجه دانشمندان، معماران و مهندسان شهرسازی را به خود جلب کرده است. نفوذ انرژی خورشیدی و شار حرارتی از ساختمان‌ها به فضاهای داخلی و هوای محیط و همچنین گرمای به دام افتاده در خیابان‌ها که توسط

ساختمان‌های بلند مرتبه همچون دره‌های بار یکی شده‌اند، اصلی‌ترین عامل شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری هستند. از اینرو، سبز کردن بام‌ها به طور غیرمستقیم می‌تواند از طریق چندین فرآیند حرارتی و فیزیولوژیکی این تأثیرات را متعادل کند. سیستم بام سبز می‌تواند به عنوان عایق کار کند و باعث افزایش جرم حرارتی و تغییر الگوی شار حرارتی سقف و همچنین بار حرارتی ساختمان شود. چراکه، سایبان‌های ایجاد شده به وسیله گیاهان، درصد بالایی از تابش خورشیدی را جذب کرده و از طریق تبخیر و تعرق آن را به گرمای نهان تبدیل می‌کنند و بدین ترتیب سطح سقف و همچنین هوای محیط را خنک می‌نمایند (۲۵).

## نتیجه‌گیری

خداوند در قرآن کریم، آیه ٦١ سورهٔ هود می‌فرماید: (هو انشاء کم من الارض، واستعمرکم فیها) (او شما را از زمین انشاء کرد، پس آباد کنید آن را)، این در حالی است که ما با ساختمان‌سازی‌های ناسازگار با محیط زیست، زمین را به قتل می‌رسانیم. و باید توجه داشت که عواقب آن امروز گریبان‌گیر انسان است.

بام سبز با داشتن قابلیت‌هایی نظیر کنترل و کاهش مصرف انرژی، کاهش آثار ناشی از موج انفجار و یکسان‌سازی فضاها برای ساختمان‌ها و مزایایی چون تسهیل مدیریت بحران در قبال تهدیدات طبیعی، غیر طبیعی و تقابلی نرم و سخت مانند سیل، آلودگی هوا و محیط زیست، تحریم انرژی و مواد غذایی و خسارات و تبعات ناشی از تخاصم سخت کارامد است. ضمن آنکه در شرایط عادی با دارا بودن فواید عمومی و اختصاصی از جمله:

– بهبود کیفیت هوا (تا ۸۵ درصد ذرات گرد و غبار می‌تواند تصفیه شود)

– ایجاد هوای معتدل‌تر و رطوبت بیش‌تر از طریق تبخیر طبیعی در شهر

– جمع آوری ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بارش سالانه از طریق زهکشی

– ایجاد مناظر زیبای شهری

– کاهش نیاز به شیوه‌های مدیریتی فاضلاب

– کاهش مصرف انرژی هزینه‌های گرمایشی و سرمایشی

– تولید مواد غذایی و اشتغال‌زایی

– افزایش مشارکت مردمی

می‌تواند با کارآمدی توامان در زمان‌های مختلف به صورت یک دستورالعمل اجرایی در ساختمان‌سازی و در گستره زمانی نامحدود به پایداری هر چه بیش‌تر معماری و شهرسازی بینجامد.

پس از بررسی راهکارها و تجارب مختلف جهانی در این رابطه و با توجه به پتانسیل نهفته در نحوه ساختمان‌سازی ردیفی و وضعیت تکان دهنده زیست محیطی و تهدیدهای مترتب بر کلان شهر تهران، به نظر می‌رسد ایده زنده‌سازی بام‌ها با استفاده از بام سبز که یک راه حل جهانی است، می‌تواند در حل بحران زیست محیطی و همچنین کاهش مخاطرات ناشی از تهدیدات از جمله در زمینه تامین انرژی در تهران کارآمد باشد.

و به منظور عملیاتی کردن آن، باید توجه داشت؛ اقدام دولت‌ها، موثرترین مورد در اجرایی شدن بام سبز در کشورهای جهان است. در تمام دنیا، برای توسعه این شکل فضای سبز، ابتدا دولت‌ها پیش قدم بوده‌اند؛ به شکلی که در قدم نخست در ساختمان‌های دولتی از

این نوع فضای سبز استفاده کرده‌اند و در پی آن، سیاست‌های تشویقی برای مردم شهرها اعمال کرده‌اند تا مردم هم در این امر مشارکت داشته باشند.

شورای اسلامی شهر تهران نیز مصوبه‌ای با عنوان "تعیین بهای خدمات تشویق و شاخص‌های اقتصادی جلب مشارکت شهروندان در ایجاد و توسعه فضای سبز بر بدنه و فضاهای بلااستفاده ساختمان‌ها در شهر" دارد. این مصوبه در معاونت حقوقی و شهرسازی شهرداری تهران در دست پیگیری است تا چهارچوبی تعریف شود که ساختمان‌هایی که این سیستم در آن‌ها اجرا می‌شود، در بهای خدمات شهری و عوارض نوسازی و امثال آن تخفیف بگیرند. به علاوه بودجه‌ای نزدیک به ۲ میلیارد تومان برای سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران در نظر گرفته شده است تا قطعاتی از این طرح به عنوان نمونه اجرا شود. موردی که باید با جدیت پیگیری شود، ایجاد استانداردها برای تکنولوژی و انواع آن با توجه به اقلیم و سبک ساخت و ساز در کشور ماست تا هر طرح نامناسب و غیراستانداردی در شهر اجرا نشود.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

## منابع

[1] Zarrin Vafa, A., 2013, Investigating the performance of green roof systems in the sustainability and regulation of building environmental conditions, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development, Islamic Azad University, Tabriz Branch, 19 October, Tabriz, Iran. (in Persian)

[2] Safavi, S.M., 2014, The role of green roofs and facades from the passive defense view, the case of green bodies in the city of Tehran. Journal of Sustainable Architecture and Urban Design, 1, 29. (in Persian)

[3] Ganjali Beyk, A., 2014, Sustainable design of green roofs in tropical areas, a case study of Kish Island, M.Sc. Thesis, University of Tehran - Kish Campus. (in Persian)

[4] Fattahi, M., Nazeri, V., Sefidkon, F., Zamani, Z., 2013, Autecology of *Dracocephalum kotschyi* bioss. in Iran. 29, 325. (in Persian)

[5] Yazdan Dad, H., Emami, S., Hashemi, N., 2011, Environmental values and functions of green roofs on sustainable urban development, First National Conference on Sustainable Urban Development, Gilan University, 9 March, Gilan, Iran. (in Persian)

[6] Razavian, M.T., Ghafouripour, A., Razavian, M., 2010, Green Roofs, Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning, 10, 137. (in Persian)

[7] Poursafavai, F., Eskandari, S., Zahedi, M., 2015, Green roof or roof garden? Looking to the recent experiences of Tehran, Manzar, 7, 30. (in Persian)

[8] Magill, J.D., Midden, K., Groninger, J., Therrell, M., 2011, A history and definition of green roof technology with recommendations for future research. Research Papers. Paper 91.

[9] Saeidi, A., Savadkohifar, S., Shiva, H., 2015, Passive defense consideration urban environmental technologies of settlements (Case study of 15th district of Tehran), Passive Defense, 6, 15. (in Persian)

[10] Zaeimi, F., Mehregan, S., Mahmoodi Zarandi, M., Saeidi Rezvani, N., 2013, Green view from passive defense perspectives. Passive Defense, 4, 35. (in Persian)

[11] Mahmoudi Zarandi, M., Pakari, N., Bahrami, H., 2012, The effect of green roof on reducing environment temperature, Bagh-e Nazar, 9, 73.

[12] European federation of green roof & wall associations. (Available online: www.efb-greenroof.eu).

[13] Luckett, K., 2009, Green roof construction and maintenance. 1st Edition, New York: McGraw- Hill.

[14] Takahashi, M., Kondo, K., Morikawa, H., 2003, Assimilation of nitrogen dioxide in selected plant taxa. Acta Biotechnologica, 23, 241.

[15] Baker, A.J.M., Brooks, R.R., 1989, Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry, Biorecovery, 1, 81.
[16] Bradley Rowe, D., 2011, Green roofs as a means of pollution abatement, Environmental Pollution, 159, 2100.
[17] Morikawa, H., Higaki, A., Nohno, M., Takahashi, M., Kamada, M., Nakata, M., Toyohara, 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, Plant, Cell & Environment, 21, 180.
[18] Berndtsson, J.C., Bengtsson, L., Jinno, K., 2009, Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. Ecological Engineering, 35, 369.
[19] Emilsson, T., Berndtsson, J.C., Mattsson, J.E., Rolf, K., 2007, Effect of using conventional and controlled release fertiliser on nutrient runoff from various vegetated roof systems. Ecological Engineering, 29, 260.
[20] Bass, B., 2007, Green roofs and green walls: Potential energy savings in the winter. (Available online: https://www.researchgate.net/publication/242663071_green_roofs_and_green_walls_potential_energy_savings_in_the_winter).
[21] London 2019 green roof report. (Available online: www.livingroofs.org).
[22] Szewczyk, N.J., Kozak, E., Conley, C.A., 2003, Chemically defined medium and Caenorhabditis elegans. BMC Biotechnology 3, 19.
[23] Del Barrio, E.P., 1998, Analysis of the green roofs cooling potential in buildings, Energy and Buildings, 27, 179.
[24] Pearen, B., Wilson, C., 2006, Feasibility study for green roof application on Queen's University campus. Queen's Physical Plant Services.
[25] Silva, C.M., Gomes, M.G., Silva, M., 2016, Green roofs energy performance in Mediterranean climate, Energy and Buildings, 116, 318.

**"Review article"**

# Green roof, a solution to reduce environmental pollution and sustainable urban development

**Saba Hosseinpour[1], Bint Alhoda Izadi Kahkesh[2], Sahar Toofan[1]***

[1]Department of Architecture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
[2]Department of Landscape Architecture, Aras Branch, Islamic Azad University, Jolfa, Iran
***Corresponding author: sahar.toofan@iaut.ac.ir
(Received: 22 December 2023, Accepted: 12 May 2024)

## Abstract
A green roof, also known as a garden roof, vegetable roof, or biological roof, is an engineering system that enables the growth of plants on roof and facade, offering numerous advantages. Therefore, many countries, particularly those in North America and Western Europe, have developed regulations, executive rules, and mandatory instructions for green infrastructure. However, in many large cities, the implementation of such systems remains clearly insufficient. The benefits of green roofs include camouflage, concealment and deception, energy conservation, building sustainability, aesthetic enhancement, shaping and changing shape, environmental assimilation, shape flexibility, natural consequence control (e.g. floods and water runoff), environmental preservation, water pollution protection, increased green space per capita, improved societal psychological atmosphere, sound and heat insulation, extended lifespan of roof and facade insulation, reduced energy consumption, food production cycle, air quality improvement (reducing carbon dioxide and increasing oxygen), and damage control from storms and heavy rainfall. This article discusses the types of green bodies, their executive details, and their general advantages, primarily in soft defense and their specific advantages in passive defense and their role in large urban areas.

**Conflict of interest:** None declared.

**Keywords:** Green roof, Green facade, Greenness, Sustainability, Sustainable development