

## نقش بام و دیوار سبز در توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: شهر تهران)

نعبت تقوی<sup>۱\*</sup>

[Taghavi\\_Lobat@yahoo.com](mailto:Taghavi_Lobat@yahoo.com)

### چکیده

بام و دیوار سبز به عنوان یکی از رویکردهای نوین معماری و شهرسازی و برخاسته از مفاهیم توسعه پایدار در جهت افزایش سرانه فضای سبز، ارتقای کیفیت محیط زیست و توسعه پایدار شهری می باشد. تحقیق تحلیلی حاضر، نقش بام سبز در مدیریت بارش، تنوع زیستگاه موجودات زنده، بهبود محیط های زیستی از طریق تلطیف هوا، ذخیره انرژی، کاهش آلودگی صوتی و... را بررسی می نماید. نتایج حاصل از این پژوهش در شهر تهران، نشان از کاهش معنادار گرد و غبار معلق در هوا (حدود ۲۰۰۰۰ تن) با ایجاد ۲۰ درصد (معادل ۱۰۰ کیلومتر مربع) فضای سبز در سقف بناهای مسکونی این شهر را داشته که باعث تبدیل ۳۷ هزار تن دی اکسیدکربن به اکسیژن در روز می شود. همچنین نتایج حاصل، نشان از تاثیر معنادار بام های سبز مناطق شهری در صرفه جویی مصرف انرژی داشته که نتایج پژوهش حاضر میزان چنین کاهش مصرفی را معادل ۳۸ هزار مگاوات ساعت در شهر تهران برآورد نموده است. نتایج تحقیقات گذشته نشان از پایینتر بودن مساحت فضای سبز برخی مناطق شهر تهران از استانداردهای بین المللی بوده است؛ از این رو کاربرد فناوری بام سبز می تواند به عنوان یکی از مؤثرترین تمهیدات جبرانی در کاهش خطرات زیست محیطی در مناطق پر ازدحام شهری باشد.

**کلمات کلیدی:** بام و دیوار سبز، توسعه پایدار، مدیریت شهری

## مقدمه

جستجو و سرمایه گذاری در تکنولوژی بامها و دیوارهای سبزی، مهمترین روشی است که به شهرهای ما اجازه رشد و توسعه با اطمینان از حفاظت محیط زیست و ادامه حیات بشر را می دهد. در رابطه با کلان شهرها که از یک سو با آلودگی های زیست محیطی چون آلودگی هوا، آلودگی های ناشی از فاضلاب شهری، آلودگی صوتی و آلودگی آبهای سطحی مواجه است و از سوی دیگر به دلیل وجود جزایر گرمایی و افزایش دما در مراکز شهری به دلیل رشد غیر استاندارد و غیر همگن بافت های شهری، با افزایش مصرف بی رویه انرژی های فسیلی توأم است، به نظر می رسد که زمان آن رسیده تا استفاده از بام و دیوار سبزی، به عنوان راهکاری موثر در پایداری هر چه بیشتر شهرسازی معاصر ایران در مقررات ملی ساختمان، مورد مطالعه و اجرا قرار گیرد.

هدف از مقاله حاضر بررسی اجمالی ایده «بام و دیوار سبزی» است که شامل معرفی و تاریخچه عناصر طراحی پایدار، شناخت نقاط قوت، ضعف، تهدیدها و فرصتهای این تکنولوژی سبزی به همراه مؤلفه های مؤثر در موفقیت اجرا و به کارگیری این تکنولوژی در کلان شهری مانند تهران می باشد.

## اهمیت و ضرورت پژوهش

امروزه در ایران، ساخت حیاط های زیبا و خانه های سنتی به دلایل گوناگون از قبیل: معماری مدرن، نگرش سود گرایی به زمین و گاهی تنگنای تاریکی حیات مادی، عدم توجه به معنا و کیفیت فضایی و غافل ماندن از تأثیرگذاری محیط بر روان آدمی و غفلت از زیباساختی در معماری، همچنین اثرات مخرب دوری انسان از طبیعت، مورد کم لطفی و بی توجهی بیشتر طراحان و معماران قرار گرفته است (۱۲)، در نتیجه لزوم ایجاد فضاهایی در آپارتمانهای جدید پدید می آید تا موارد ذکر شده در بالا را تأمین نماید.

اهمیت این پژوهش از آن جهت می باشد که در صورت توجه نداشتن به تبعات ناهماهنگی های میان الگوی سازنده یک شهر (سه الگوی پایداری زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی) تنش ایجاد شده، گریبان کل شهر را خواهد گرفت؛

در چند دهه اخیر فضاهایی که چشم اندازی برای شهرها بودند، به خاطر کنترل نکردن رشد جاده ها و ساختمانها، کاهش یافته اند، این امر باعث تأثیرات نگران کننده ای در نامناسب شدن کیفیت هوا و افزایش دمای متوسط شهرها و به وجود آمدن جزیره های گرمایی در سطح شهرها شده است (۲۱). تأثیرات نامطلوب زندگی شهری (نامناسب کردن هوا، بالا رفتن دما و جزیره های گرمایی) را می توان توسط افزایش سبزه ها و گیاهان در سطح شهر و سقف ساختمانها کاهش داد (۳ و ۴). به علاوه گیاهان و بوته های استفاده شده بر روی سقفها، می توانند تا حد زیادی از تبادل حرارت اتاقها با محیط بیرون جلوگیری کنند (۵). همچنین گیاهان تأثیرات مثبتی در آب و هوا دارند، درختان فضاهای سبزی می توانند در کم کردن انرژی در شهرها کمک کنند (۶). نتایج شبیه سازیهای کامپیوتری در شهرهای ایالات متحده نشان می دهد که بر اثر اضافه کردن یک درخت به ازای هر واحد مسکونی، می توان در روزهای گرم از ۱۲ تا ۲۴ درصد انرژی برای خنک کردن صرفه جویی کرد. بعلاوه با اضافه کردن سه درخت به ازای هر واحد مسکونی می توان انرژی خنک کردن را در روزهای گرم بین ۱۷ تا ۵۷ درصد کاهش داد (۷ و ۸).

از آن جایی که نامناسب بودن کیفیت هوا در سطح شهرهای بزرگ به عوامل گوناگونی از قبیل: زیاد شدن جمعیت، ترافیکهای سنگین، افزایش صنعتی شدن، افزایش ساختمانها، افزایش مصرف سوختهای فسیلی، مشکلات ناشی از سیستم های فاضلاب، کاهش فضای سبزی، و... مربوط می باشد که عوامل فوق منجر به آن خواهد شد که انرژی بیشتری برای خنک کردن در تابستان و حتی انرژی الکتریکی بیشتری برای روشنایی احتیاج باشد (۹). بنابراین در عصر حاضر برای حل این معضلات، نیاز به گزینه های طراحی دوستدار محیط زیست افزایش پیدا کرده است، تا به این ترتیب جهانی پایدار خلق گردد. کاشت سبزیها، بوته ها و حتی درختان کوچک بر روی بامها و یا روی دیوارها می توانند در زیبا کردن و بهتر نمودن هوای شهرها مفید واقع شوند، علاوه بر اینها در کم شدن انرژی مصرفی نیز می توانند نقش بسیار مهمی داشته باشند (۱۰ و ۱۱)

- ❖ فیلتر شبکه ای
- ❖ لایه زهکشی (شامل حفره های پلاستیکی یا متراکم)
- ❖ سد یا مانع ریشه
- ❖ غشا: محافظ در برابر آب
- ❖ پوشش حرارتی
- ❖ لایه کنترل بخار
- ❖ محافظ ساختاری



شکل ۱- قسمت‌های مختلف بام سبز

استفاده از پوشش گیاهی روی بام، یک اختراع جدید نیست. بامهای چمنی، یک تکنیک ساختمان سازی متعارف و سنتی در بسیاری از نقاط جهان است. تفاوت بین یک بام سبز جدید و یک بام سبز سنتی، مربوط به تفاوت اهداف و مواد به کار رفته در این دو نوع بام می باشد. هدف اصلی در گذشته، استفاده از چمن به منظور عایق بندی و حذف لایه آب بندی بوده است که اغلب با پوست درختان غان صورت می گرفته است. اما امروزه بام سبز با هدف سلامتی زیست محیطی، اقتصادی و توجه به مسائل زیبایی شناسی است (۱۴). گرایشهای اخیر به معماری سبز، همچنین تنوعی از «دیوارهای سبز، دیوارهای اکسیژن ساز، نماهای سبز» و نماهای دیگر را در بر می گیرد. امروزه جنبش بام سبز، دیوارهای سبز را نیز در بر گرفته است.

#### دیوار (نما) سبز:

واژه دیوار سبز یا «باغهای عمودی» یک واژه جهانی است که یک سیستم پوششی زنده با فوایدی نظیر بامهای سبز

بالا رفتن دمای شهر، پایان سوخت های فسیلی، از بین رفتن اکوسیستم، بی هویتی شهر و... تنها برای یک منطقه خاص نمی باشد بلکه کل را درگیر خواهد کرد. لذا ضروری است که مسئله بام و دیوار سبز به عنوان یک رویکرد پایدار در مدیریت شهری مورد توجه قرار گیرد.

#### روش تحقیق و مراحل آن

تحقیق انجام شده با تکیه بر مفاهیم نظری که با روش کتابخانه ای از کتب، مقالات داخلی، خارجی و سایتها جمع آوری شده و تعمیق آنها با تحلیل نمونه موردی تهران انجام پذیرفته است.

#### معرفی بام و دیوار سبز

**بام سبز:** بام سبز که بام گیاهی و بام زیستی نیز نامیده می شود، پوششهای سقف گیاهی می باشند که روی قسمت بام ساختمانها ساخته می شوند. این بامهای سبز، پایدار و سالم و ایجاد کننده منظر بام هستند که یکی از عناصر طراحی پایدار در طراحی اکولوژیکی امروز می باشند. در واقع یک سیستم سبک وزن و مهندسی ساز است که رشد گیاه را در بام میسر ساخته و در عین حال از بام محافظت می کند. این بام شامل یک لایه رشد کننده نازک خاک و گلها و خزه ها و حتی نهالها و بوته ها می باشند. عمق رایج قسمت خاک برای بامهای سبز بین ۵-۳۰ سانتیمتر است. این عمق برای رشد گیاهان و حتی بعضی از درختان نیز مناسب است (۱۳).

ساختار بامهای سبز متشکل از قسمت‌های گوناگونی است که به وسیله چندین لایه روی بام انجام می گیرد. این لایه ها در حالی که آب لازم برای رشد گیاهان را حفظ می کنند، اجازه می دهند آب اضافی خارج شده و سطح بام را از ریشه های گیاه و آسیب های مکانیکی محافظت نماید. سیستمهای زیادی برای ایجاد محیط مناسب روی بام برای رشد گیاه پیشنهاد شده است.

یکی از این سیستمهای قرار گرفتن لایه ها به قرار زیر است.

- ❖ لایه گیاهی: گونه های بوته ای و کوهی کوتاه و گیاهان و سبزیهای مقاوم در برابر انواع فشارها
- ❖ عمق خاک: بین ۳۰-۵۰ سانتیمتر

گیاهان در پایه این سازه ها و یا در باغهایی در ترازهای مختلف کاشته می شوند و چندین سال طول می کشد تا به رشد کامل برسند. نماهای سبز اکنون به دو دسته تقسیم می شوند:

- ❖ سیستم شبکه ای چند بعدی از سیم های جوش داده شده
- ❖ سیستم شبکه ای از کابل های فولادی ضد زنگ

#### دیوارهای زنده (اکسیژن ساز)

این دیوارها ترکیبی از صفحات یا شبکه های عمودی از گیاهان کاشته شده هستند که به دیوار یا قاب سازه ای متصل می شوند. این صفحات از پلاستیک، پلی استایرن، فلز، خاک رس، مواد ترکیبی و یا حتی بتن ساخته می شوند. این دیوارها در مقایسه با نماهای سبز به مراقبت بیشتری نیاز دارند.

می باشند. با این باغها، گیاهان روی و بالای نمای یک ساختمان رشد می کنند گیاهان مناسب شامل دامنه وسیعی از گیاهان همیشگی و سالیانه و داربستی از درختان گوناگون می باشند. باغهای عمودی، با پوشاندن نمای یک ساختمان با گیاهان، تاثیر زیادی روی محیط اطراف آن دارند. این دیوارها از پخش شدن گرد و خاک در هوا، جلوگیری می نمایند و از ساختمان در برابر اشعه های فرابنفش، باران و فشار باد محافظت می نمایند (۱۶).

این نماها، گونه ای از سیستم دیوارهای سبز می باشند که انواعی از گیاهان کوتاه آبشاری برای پوشش سازه های نگهدارنده چون سیستم پانلهای شبکه ای مدولار یا سیستم کابل و طنابهای سیمی استفاده می شوند. در این سیستم،



شکل ۲- دیوار سبز با شبکه فولادی ضد زنگ (۱۷)



شکل ۳- دیوار سبز اکسیژن ساز، موزه دوغواي برنلی، پاریس - فرانسه (۱۸)

## تاریخچه بامها و دیوارهای سبز

تلفیق معماری با طبیعت و گیاهان، یک ایده جدید نیست، بلکه از زمانهای اولیه، منظرهای طبیعی و ساخته شده با بناهای شهری در هم آمیخته شدند. فضاهای سبز طراحی شده، همزمان با شکل گیری دغدغه های انسان در مورد معماری نیز پدیدار گشت. باغهای معلق افسانه ای بابل، که شامل بام باغهای باشکوه و باغهای پلکانی بوده اند، نخستین نمونه شناخته شده از بامها و دیوارهای سبز می باشند که بین قرون ۸ تا ۱۰ قبل از میلاد ساخته شدند. برج بابل از عالی ترین نمونه های تاریخ معماری است که دارای هفت برج بزرگ با دیواره هایی از کاشی های منقش و درخشانده بوده و هر

برج ۲۰۰ متر ارتفاع داشته است (۱۹). در نزدیکی این برج و قصر باشکوه بابل، باغ های معلق بابل قرار داشته اند که از عجایب عالم و از شاهکارهای معماری محسوب می شوند. همچنین کلبه های زیرزمینی در عصر وایکینگها در ایرلند و اسکاتلند، و نیز سقفهای پوشیده از چمن در مناطق ایسلند و اسکاندیناوی، گواهی بر استفاده از بامها و دیوارهای سبز در طول تاریخ می باشند. بعدها، در اوایل قرن نوزدهم، ساکنان کشورهای کانادا و آمریکای شمالی، بامهای با پوشش علف و چمن را معرفی نمودند.



شکل ۴- بام سبز در باغ های وارونه بابل

باغ شهرها از ایران به پاریس در دوران رنسانس و بعدها از روسیه به برلین، لندن، و نیویورک انتقال یافتند. معماران مدرنیست مانند لوکوربوزیه و فرانک لوید رایت، ایده بامهای سبز را به عنوان نمای پنجم ساختمان گسترش دادند، از نمونه های موفق بام باغهای مدرن از دهه ۱۹۳۰ به بعد می توان به پنج بام باغهای معروف راکفلر و بام باغ کنزینگتن مدرن در لندن اشاره نمود. امروزه این بامها و دیوارهای سبز در سراسر جهان یافت می شوند. اما توسعه بامها و دیوارهای سبز از یک جلوه معماری بومی به یک گزینه پوشش دیوار و سقف با سازه های پایدار متنوع، در معماری مدرن کشور آلمان اتفاق افتاد. امروزه در این کشور، بیش از ۸۰۰ پروژه بامها و دیوارهای سبز در حال اجرا

می باشند (۲۰). در کشور ایران نیز اگر چه واژه بام سبز برای عموم ناشناخته مانده است اما از دیر باز رواج داشته است. از نمونه های آن می توان به خانه های روستایی نقاط مختلف کشور خصوصاً روستاهای شمال کشور اشاره کرد که استفاده از پوشش گیاهی خزه ها و گیاهان علفی برای پوشش بامها متداول بوده است.

## جایگاه بام و دیوارهای سبز در سیمای شهری:

بالا بودن قیمت زمین در مناطق شهری، به ویژه مناطق مرکزی آن ارزیابی جدیدی را درباره چگونگی استفاده از فضاهای واقع بر روی بام و دیوار ساختمانها مطرح ساخته است. سطوح صاف و هموار خواه بر روی زمین و یا بالاتر از آن به ویژه

قرن‌هاست که در کشورهای اروپایی متداول و رایج گردیده، لیکن امروزه این امر در ارتباط با ملاحظات اقتصادی نسبت به ساخت و نگهداری از بنا بستگی بیشتری دارد. توجهات زیبایی شناسانه از نحوه بروز جلوه و نمای ساختمانها در گردش چشم بر روی بام و نمای بناهای شهرمان معلوم می شود.

بر روی ساختمانهای چند طبقه، با هزینه گزافی به وجود می آیند. توسعه و بهبود کیفی در استفاده از فضای بام تراس ها در مناطق شهری به سرعت و لزوماً به عنوان یک ضرورت اقتصادی بایستی مورد توجه قرار گیرد. اگر چه نیازهای زیبایی شناسانه و اجتماعی در استفاده از بام ساختمان و ایوان و تراس ها



شکل ۵- بام سبز Friedensreich Hundertwasser

#### توسعه پایدار

بنابراین توسعه به معنای واقعی کلمه، باید خصوصیات زیادی مثل داشتن هدفی مقبول، همه جانبه بودن، رعایت کننده ارزش ها و هنجارهای اخلاقی، در خور بودن و غیره را داشته باشد تا بتوان آن را توسعه پایدار نامید (۲۳). چنانچه خواستار هرگونه پیشرفتی در پایداری شهری باشیم لازم است میان شکل شهر و برخی عناصر آن در تمام مقیاس های جغرافیایی ارتباط برقرار گردد. یک تعریف بسیار متداول از توسعه پایدار مربوط به WCED<sup>۱</sup> است که مطابق آن توسعه عبارت از توانایی پاسخ گویی به نیازهای کنونی بدون کاهش توانایی نسل آینده در تأمین نیازهای خود می باشد (۲۴).

در واقع توسعه پایدار عبارت است از توسعه ای متناسب و در تمامی جوانب و با رویکرد به آینده. بر این اساس

واژه پایدار به طور گسترده ای به منظور توصیف جهانی که در آن نظامهای انسانی و طبیعی توأمأ بتوانند تا آینده ای دور ادامه حیات دهند به کار گرفته می شود (۲۱).

از نظر Jaykumer جامعه پایدار جامعه ای است که در آن محدودیت های محیطی مدنظر قرار می گیرد. چنین جامعه ای، جامعه بدون رشد نیست، بلکه جامعه ای است که در آن محدودیتهای رشد تشخیص داده شده و به این طریق راههای جایگزین رشد مورد توجه قرار می گیرد. Michael Redcliffe واژه توسعه پایدار را بیان گر آموزه های اکولوژیکی در فرآیند اقتصادی می داند و Terner بر این عقیده است که اصولاً توسعه پایدار برای رسیدن به یک سیاست مطلوب رشد پایدار بایستی به گونه ای باشد که ضمن پذیرش یک نرخ رشد درآمد سرانه واقعی، از تخریب ذخایر سرمایه ملی یا ذخایر سرمایه طبیعی جلوگیری کند (۲۲).

1- World Commission on Environment and Development(WCED)

شده است. وقتی دمای هوای شهرها از دیگر نقاط کشور بیشتر شود، به این پدیده جزیره گرمایی می گویند (۲۶). جزیره‌های گرمایی می‌تواند دمای هوا را تا حدود ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دهند (۲۷ و ۲۸). بام‌های پوشیده از گیاهان و علف‌ها به دلیل تولید رطوبت و ایجاد هوای خنک باعث مناسب‌تر شدن شرایط میکروکلیم می‌شوند. بام سبز با اصلاح کردن اثر جزایر گرمایی از نظر سالم‌سازی محیط و تأمین سلامتی انسان بسیار مفید است. در روزهای تابستان شهرها تا ۸ درجه سانتی‌گراد از حومه خود گرم‌تر بوده و محفظه‌ای پر دود می‌باشند.

#### ❖ جذب و فیلتر کردن آلاینده‌ها

در مناطق شهری، درختان سهم قابل توجهی برای کاهش آلاینده‌های هوا دارند. با این حال، در بسیاری از سایت‌های شهری فضای کمی برای کاشت درختان وجود دارد و آن به دلیل 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 هیدروکربن پلی‌آروماتیک در بافتهای گیاهی و یا در خاک هستند. علاوه بر این، آنها به طور غیر مستقیم 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 فتوشیمیایی از نوع آلاینده‌هایی مانند ازن در جو می‌شوند. 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 ارائه دهند، زیرا با حفظ برگ‌های سالانه خود نقش مؤثرتری در کاهش ذرات ازن،  $NO_x$  و  $SO_x$  خواهند داشت (۲۹).

کاهش دی‌اکسیدکربن یکی دیگر از کارکردهای مهم فضای سبز می‌باشد. زمین به موجب چرخه طبیعی و سوزاندن سوخته‌های فسیلی در حال گرم شدن است. سوزاندن سوخته‌های

اهداف توسعه پایدار را در سه جنبه اصلی ۱- پایداری زیست محیطی ۲- پایداری اقتصادی ۳- پایداری اجتماعی، مورد بررسی قرار می‌دهند و تحقق توسعه پایدار را مستلزم تحقق یافتن تمامی این جنبه‌ها با هم می‌دانند.

#### بام سبز و توسعه پایدار

در این بخش با توجه به اهداف اصلی توسعه پایدار (پایداری زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و زیبا شناختی) به بررسی ارتباط بام سبز و توسعه پایدار می‌پردازیم.

#### کارکردهای زیست محیطی:

##### ❖ مدیریت سیلاب

استفاده از بام سبز هزینه‌های مجراهای فاضلاب را کاهش می‌دهد. حدود ۳۰ درصد آب از مجراهای کم عمق، گیاهان را سیراب می‌کند و ۳۰ درصد بقیه تصفیه شده و به آبراه‌های عمیق‌تر راه پیدا می‌کند و نزدیک ۴۰ درصد بلافاصله از طریق تبخیر گیاهان به اتمسفر راه پیدا می‌کند و چیزی بر زمین باقی نمی‌ماند. در شهرها که شامل ساختمان‌ها و خیابان‌هاست، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد پوشش‌ها غیرقابل نفوذ بوده و آب باران به صورت متفاوتی تخریب‌کننده است. فقط حدود ۵ درصد به مجراهای کم عمق و عمیق زمین می‌رسد و ۱۵ درصد از طریق گیاهان تبخیر می‌شود و ۷۵ درصد بقیه بر روی زمین شناور می‌ماند و زایل می‌گردد.

در مطالعات انجام شده در شهر پورتلند بر روی جذب روان آب‌ها این چنین نتیجه گرفته شده که اگر نیمی از ساختمانها در مرکز شهر بام سبز داشته باشند، سالانه رقمی بالغ بر ۶۶ میلیون گالن آب جمع‌آوری می‌شود. این مسئله باعث می‌شود سرریزی معادل ۱۷ میلیون گالن از محتوای فاضلاب کاسته شود (۲۵).

##### ❖ کاهش اثر جزایر حرارتی در شهرها

در چند دهه اخیر فضاهای که چشم‌اندازی برای شهرها بودند، به خاطر کنترل نکردن رشد جاده‌ها و ساختمانها، کاهش یافته‌اند، این امر باعث تأثیرات نگران‌کننده‌ای در نامناسب شدن کیفیت هوا و افزایش دمای متوسط شهرها و به وجود آمدن جزیره‌های گرمایی در سطح شهرها



سبز کردن پشت بام ها می تواند زیستگاه‌هایی را برای زندگی حشرات و پرندگان که در محیط‌های شهری زندگی می کنند، فراهم کند (۳۲). در واقع می توان با بام های سبز، زیستگاه جانداران و گیاهانی را که قربانی توسعه ساختمان سازی می شوند جبران کرد و از این راه مقدار سطوح عاری از گیاه را کاهش و توسعه حیات وحش را که محدود شده بود، گسترش داد (۳۳).

### کارکردهای اقتصادی

#### ❖ تولید غذا

بام سبز یک فرصت برای توسعه کشاورزی در بالای پشت بام است که تولیدات غذایی را گسترش می دهد. تولیدات بام سبز نسبت به محصولات بازار به دلیل توجه به کوددهی و آفت کش ها می تواند کیفیت بهتر و تولیدی طبیعی تر داشته باشد. علاوه بر اینها با تولید غذا در یک واحد مسکونی اجاره بهای آن و ارزش بهای زمین افزایش می یابد (۳۴).

#### ❖ افزایش قیمت ساختمان

در منچستر یک ساختمان دارای پوشش گیاهی در بام دارای ۱۵-۶ درصد تفاوت قیمت با ساختمانهای دیگر است (۳۵).

#### ❖ ذخیره انرژی

نقش ابزاری دیگر بام سبز توانایی کاهش حرارت اطراف شهرها است. دمای کم در ماه های تابستان موجب کاهش تقاضای الکتریسیته می شود. در طی ماه های زمستان بام سبز می تواند عایق مهمی باشد و کاهش تقاضای انرژی گرمایی را فراهم نماید. بر اساس مبحث ۱۹ آیین نامه ایجاد ساختمان و مسکن در خصوص صرفه جویی در مصرف انرژی، ایجاد بامهای سبز از این نظر در روزهای گرم در شهرهای خشک و نیمه خشک همانند تهران می تواند در تهویه مناسب و خنک تر شدن محیط شهری مؤثر باشد.

به طور مثال در مطالعات انجام شده در کانادا کاهش هزینه های سرمایش و گرمایش، در یک خانه یک طبقه با بام علفی و پوشش خاک ۳/۹ اینچی، ۲۵ درصد تقاضای انرژی سرمایی را در تابستان کاهش می دهد (۳۶).

فسیلی، دی اکسید کربن را به عنوان یک محصول جانبی احتراق منتشر می کند. دی اکسید کربن اغلب به دلیل اینکه یکی از گازهای اتمسفر است که مانع انتقال انرژی گرمایی نزدیک سطح زمین به سطوح بالاتر می شود، به عنوان یک عامل مداخله گر، اثر گلخانه ای را افزایش داده و دما را بالا می برد. بام های سبز در دو روش می توانند در کاهش دی اکسید کربن در جو مؤثر باشند:

- کربن جزء اصلی ساختار گیاهان بوده و به طور طبیعی در بافتهای گیاهی از طریق فتوسنتز و در بستر خاک از طریق بوته و تراوشات ریشه تجزیه می شود.
- کاهش انرژی از طریق عایق سازی ساختمان و کاهش اثر جزیره گرمایی شهری

#### ❖ عایق صوتی

ناراحتی حاصل از سر و صدای موجود در خیابانها مشکل مهمی در مناطق شهری محسوب می شود. بام های سبز که ضخامت لایه خاک آنها ۱۲ سانتی متر باشد نفوذ صدا را تا ۴۰ دسی بل کاهش می هد و بام سبزی که ضخامت لایه خاک آن ۲۰ سانتی متر باشد نفوذ صدا را تا ۴۶ دسی بل کاهش می دهد (۳۰).

#### ❖ استفاده از مواد بازیافتی

برخی موادی که برای ساختن بام های سبز به کار می روند از منابع بازیافتی تهیه می شوند (برای مثال خرده آجرهای متخلخل). اخیراً در شهر لندن استفاده از نخاله های بازیافتی ساختمانها در محل احداث بام های سبز به عنوان لایه پرورش و رشد گیاهان، بسیار مرسوم شده است. استفاده از نخاله های ساختمانی باعث صرفه جویی در هزینه احداث بام سبز می شود و هزینه لازم برای دفن نخاله ها و نیز هزینه انتقال آنها را حذف کرده یا کاهش می دهد.

همچنین بیشتر شرکت هایی که در زمینه بام های سبز فعالیت دارند دسته کم برخی مواد بازیافتی را در اجزای تولیدی خود به کار می برند تا به این وسیله محل هایی در اختیار یا زمین های خود را از بار اضافی و ناخواسته خالی کنند (۳۱).

#### ❖ ایجاد اکوسیستم های طبیعی برای جانوران



## ❖ ایجاد شغل

استقرار صنعت بام سبز تأثیرات بی‌شماری روی اقتصاد داشته است از جمله ایجاد شغل‌های جدید در زمینه تولید، ساخت، طراحی، نصب و دیگر سرویس‌ها. بام سبز در حقیقت ایجاد انرژی می‌کند انرژی که از طریق خورشید می‌باشد. این انرژی به یک ملت فرصت ایجاد و توسعه تکنولوژی‌های ملی را می‌دهد (۳۷).

## ❖ کاهش هزینه‌های بهره‌برداری در برابر راه‌اندازی

زمانی که یک بام سبز ساخته می‌شود برای ساخت آن هزینه‌هایی به منظور راه‌اندازی بر کارفرما تحمیل می‌گردد اما در زمان بهره‌برداری، این هزینه با کاهش هزینه‌های سوخت و غذا و افزایش قیمت اجاره بها و زمین بازگشت داده می‌شود (۳۶).

## ❖ حفاظت از پوسته بام

طول عمر بام معمولی حدود ۲۰ سال است. در صورتی که طول عمر بام سبز ۴۵ سال یا بیشتر برآورد شده است. غشای قیری بام به وسیله خاک و پوشش گیاهی از اشعه ماورای بنفش و نوسانات شدید درجه حرارت بین شب و روز محافظت می‌کند (۳۸).

## کارکردهای اجتماعی

یکی دیگر از شاخصه‌های مهم در راه رسیدن به توسعه پایدار، رسیدن به پایداری اجتماعی است چرا که محور اصلی توسعه پایدار، انسان و جامعه انسانی است و توسعه بدون در نظر گرفتن انسان بی‌معنی است. بام سبز با افزایش سرانه فضای تفریح و گفت و گو در یک شهر می‌تواند موجب گسترش تعاملات اجتماعی و بالا رفتن سطح و فرهنگ جامعه شود. کم شدن تنش اجتماعی از فواید اجتماعی بام سبز است. از مزیت‌های اجتماعی آن می‌توان به افزایش زیبایی فضای بیرونی ساختمانها، تأثیر بر روان‌شناسی شهرها (سلامتی محیط و روحیه انسان‌های ساکن در چنین محیط‌هایی)، کاهش صدا، به وجود آمدن محل سالمی برای اهالی ساختمان و رشد گل‌ها و گیاهان زیبا و... اشاره کرد (۳۹).

باغ درمانی (درمان از طریق باغبانی و گلکاری) یکی از راهکارهایی است که سالهاست برای درمان و کمک به شرایط روحی بیماران و سالمندان از آن استفاده می‌شود. مراکز بهداشتی، درمانی چون بیمارستان‌ها، کلینیک‌ها و خانه‌های سالمندان می‌توانند استفاده از باغها را در راستای فعالیتهای بنا و عنوان باغ-درمانی در برنامه‌ی خود قرار دهند. اولین نمونه‌های استفاده از بام به منظور باغ درمانی به سال ۱۹۰۳ و درمانگاه مسئولین پاریس باز می‌گردد، در سال ۱۹۹۵ بیمارستانی در برمتون واشنگتن در فاز توسعه خود، فضایی سبز برای باغ درمانی و مدیتیشن بر روی بام در نظر گرفت و در آن از گیاهان دارویی به عنوان پوشش گیاهی استفاده کرد.

## کارکردهای زیبایی شناختی

تنها با تغییر در ویژگی‌های بام، بنا از حالت خشن، سخت، ناملایم و بدون درخت به حالت طبیعی و زنده تبدیل می‌شود که در این حالت می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای زیبایی بنا را بهبود بخشید. ارتقا طراحی فضای سبز شهری از دیگر کارکردهای زیبایی شناختی بام‌های سبز می‌باشد چرا که این امکان را فراهم می‌سازد که پروژه‌های ساختمان سازی با جلوه‌های خاصی همراه شوند و مناظر شهری ارتقا یابند (۴۰).

## تجزیه و تحلیل بام و دیوار سبز بر اساس راهبرد

## SWOT:

بام‌های سبز اثرات زیادی در اکولوژی شهر، اقتصاد جامعه و دیگر جنبه‌های محیط زندگی شهروندان دارند. این اثرات را در جدول (۱) با به‌کارگیری راهبرد SWOT معرفی شده است.

## جدول ۱- شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصتها و تهدیدهای احداث بام و دیوار سبز

موضوعات	نقاط قوت	نقاط ضعف	فرصتها	تهدیدها
جنبه های کاربردی	<ul style="list-style-type: none"> <li>مدیریت سیلاب</li> <li>استفاده از مواد بازیافتی</li> <li>کاهش اثر گرمای جزایر حرارتی</li> <li>افزایش ارزش داری</li> <li>کاهش سر و صدا</li> <li>احیاء فضا سبز شهری</li> <li>سازماندهی و اصلاح شبکه ها و راههای طبیعی ساختار سیمای سرزمین شهری</li> <li>افزایش پوشش گیاهی در حریم های خصوصی</li> <li>مشارکت ساکنان در سبز نمودن بام هایشان با تشویق ارگانهای دولتی</li> <li>بالا بردن طول عمر غشای بام</li> <li>افزایش محدوده زندگی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>غیر قابل استفاده بودن بام های اشباع شده از وسایل گوناگون</li> <li>کمبود آب برای تأمین رشد و بقای گیاهان</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در اختیار داشتن زمینهایی که امکان اجرای این طرح را داراست و مساحت آن قابل توجه می باشد</li> <li>استقبال مسئولین و ارگانهای دولتی زیست مخیطی از انجام این طرح در جهت کاهش آلاینده های هوا</li> <li>بامهای سبز می توانند به عنوان فضای تفریح و استراحت مورد استفاده قرار گیرند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم آگاهی مردم در حفظ و نگهداری از بام های سبز و آسیب رساندن به لایه های بام سبز</li> <li>عدم شناسایی تکنولوژی بام سبز</li> <li>کمبود مشوق و محرک برای اجرا</li> <li>کمبود مقررات و آیین نامه</li> </ul>
جنبه های زیست محیطی	<ul style="list-style-type: none"> <li>جذب و فیلتر کردن آلوده کننده ها</li> <li>ایجاد حیات وحش شهری</li> <li>حفظ و احیای راههای هوا و نواحی جذب آلودگی</li> <li>تلطیف هوا</li> <li>بهبود شرایط جوی و افزایش پاکیزگی هوا</li> <li>پالایش هوا محدوده و ایجاد خرد اقلیم</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>محدودیت در انتخاب گیاهانی که از نظر اکولوژیکی حایز اهمیت می باشند</li> <li>بروز محدودیت در انتخاب گیاه با توجه به اقلیم</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>وجود انواع گیاهان قابل کاشت و سازگار با شرایط جوی در مناطقی که ۴ فصل وجود دارد</li> </ul>	
جنبه های زیبایی شناسی	<ul style="list-style-type: none"> <li>استفاده بهینه از فضا</li> <li>بهبود زیبایی منظر شهری</li> <li>از بین بردن فضاهای بلااستفاده بام ها</li> <li>افزایش طراحی فضای سبز شهری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>امکان ایجاد اغتشاش بصری به علت تغییر فرم و رنگ گیاهان در فصول مختلف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>احیای پوشش گیاهی بافت شهر از طریق ایجاد ارتباط بین راهها و لکه های سبز به وسیله بام سبز</li> <li>ماندگاری بالا در حفظ سیمای شهری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>آسیب پذیر بودن منظر شهری</li> </ul>
جنبه اجتماعی	<ul style="list-style-type: none"> <li>بهبود کیفیت زندگی</li> <li>تقویت سلامت عاطفی و ثبات ذهنی</li> <li>ارتقای طراحی شهری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>کمبود دانش و آگاهی نسبت به مزایای اقتصادی</li> <li>کمبود در زمینه ادراک و ارتباط آن با مسائل اکولوژیکی</li> <li>کمبود مشوق و محرک برای اجرا</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>توجه مسئولین به مقوله توسعه فضای سبز شهری</li> <li>ارتقای سطح علمی مردم در رابطه با بام های سبز</li> <li>استقبال قابل توجه شهروندان</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم اجرا به علت هزینه بالای آن در بخش های خصوصی</li> <li>عدم آگاهی مردم در حفظ و نگهداری از بام های سبز و آسیب رساندن به لایه های بام سبز</li> <li>کمبود در زمینه ادراک و ارتباط آن با مسائل اکولوژیکی</li> </ul>
جنبه های اقتصادی - فنی	<ul style="list-style-type: none"> <li>کاهش مصرف انرژی</li> <li>کاهش دمای سقف</li> <li>ماندگاری بیشتر سازه بام ساختمانها نسبت به آنهایی که این طرح در آن اجرا نشده است</li> <li>بهره گیری از روش های نوین آبیاری و مدیریت سیلاب</li> <li>امکان ایجاد استخر و عوارض آبی در بام های سبز فشرده</li> <li>استفاده از سیستم بام سبز گسترده بدون هزینه های اضافی در تعدیل و اصلاحات ساختاری ساختمانها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>نیازمند معیارهای سازه ای قابل قبول</li> <li>نیاز به تقویت سازه بام های موجود برای استقرار بام سبز</li> <li>نیاز به تقویت سازه بام های موجود برای استقرار بام سبز</li> <li>محدودیت تنوع کاشت</li> <li>سختی اجرا در سطوح دارای شیب زیاد</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>در ساختمانهای چند طبقه ۱۰ درصد و در ساختمانهای یک طبقه ۲۰-۳۰ درصد مصرف برق را کاهش می دهد.</li> <li>دمای سقف را از ۶۰ درجه سانتی گراد به ۲۵ درجه کاهش می دهد و در نتیجه نیاز به انرژی سرمایشی کم می شود.</li> <li>امکان ایجاد بام های سبز بر روی هر دال سقفی</li> <li>وجود مواد و مصالح برای اجرای بام های سبز</li> <li>استفاده از بام های سبز تجاری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>عدم امکان اجرای بام سبز در اکثر ساختمانهای موجود به علت عدم پیش بینی بار بر روی سازه های آن</li> <li>استفاده از خاک باغچه ای و یا دستی در محیط کشت رویشی در بام ها به علت حاصل خیزی و بار زیاد</li> <li>کمبود کادر کارآمد برای ایجاد و نگهداری بام سبز</li> <li>کمبود آب برای تأمین رشد و بقای گیاهان با توجه به شرایط جوی هر منطقه</li> </ul>

- ❖ Aristolochia چیکک خزری - رودباری - زاگرسی
- ❖ Compsis پیچ اناری (بومی شمال آمریکا و ژاپن و چین)
- ❖ Celastus شمشاد
- ❖ Clematis گیاهان چوبی و بالا رونده (شش گونه دارد از جمله سرخ - بنفش - لاجوردی)
- ❖ Cotoneaster شیرخشت ۱۶ گونه درختچه ای دارد.
- ❖ Fortuynia شب بو
- ❖ Homulus ارازک، یک گونه علفی بالا رونده است که در شمال ایران و جنگل های ارسباران می روید.
- ❖ Vitisberlandieri انگور - مو - تاک (درختچه ای بالا رونده و میوه دار)
- ❖ Pyracantha شیرخشتی در ایران یک گونه گیاه درختچه ای خودرو دارد.
- ❖ Wisteria گلیسین، درختچه ای است بالا رونده با گل های خوشه ای بنفش یا آبی بسیار زیبا و پیش رس (۴۳). به نوعی می توان گفت تمامی گونه های مذکور قابلیت کشت را در اقلیم ایران دارا هستند.

#### مؤلفه های توسعه پایدار در ارتباط با بام سبز در ایران

برای شناخت ریشه های بام سبز باید ابتدا مؤلفه های توسعه پایدار را شناخت، سپس نقش آنها را در ایجاد بام سبز و نوع ارتباط با آن را تحلیل نمود. در جدول (۲) مؤلفه های اثر گذار در ایجاد باغ و دیوار سبز معرفی شده اند.

شایان ذکر است که تنها در صورتی می توان از مزایای بام های سبز استفاده نمود و به پایداری و دوام آن امیدوار بود که در قالب برنامه های کلان توسعه پایدار و در شاخه سامانه سبز پیگیری و اجرا گردد چرا که مطالعات در ارتباط با پروژه های کلان گذشته نشان داده است که موفقیت هر طرحی با شناسایی و به کارگیری تمامی مؤلفه های تاثیر پذیر از آن میسر خواهد بود.

آبیاری بام های سبز: آب بام های سبز از دو منبع تأمین می شود:

- ❖ آبیاری مصنوعی
  - ❖ آبیاری طبیعی (آب باران)
- در آبیاری مصنوعی از دو روش استفاده می شود: روش دستی و روش اتوماتیک. روش اتوماتیک هم به دو صورت آنالوگ و دیجیتال انجام می شود که ممکن است یک ایستگاه یا چند ایستگاه باشد. در هر دو روش رطوبت لازم برای خاک و ریشه ها تأمین می شود. آب باران نیز برای تأمین آب مورد نیاز فضای سبز استفاده می شود، در این حالت، آب اضافی بر رطوبت خاک از طریق لایه های تصفیه کننده آب و لایه زهکش ذخیره می شود و تا دوره های نسبتاً طولانی آن را از آبیاری مجدد بی نیاز می سازد. از سوی دیگر هرگونه آب اضافی بر روی لایه رطوبت ریخته و از طریق شیب بام به بیرون انتقال می یابد. آب باران اضافی می تواند پس از تصفیه شدن در مخازنی ذخیره گردد (برای مثال در سیستم فلاش تانک سرویس ها). لایه عایق بام ساخته از پلی پروپیلن فشرده از انتقال هر گونه رطوبت به سقف جلوگیری می کند (۴۱).

**هزینه احداث بام سبز:** یک بام سبز که به صورت اصولی طراحی و اجرا گردد با توجه به اقلیم، نوع ساختمان، سیستم مورد استفاده و گیاهانی که کاشته می شود به طور متوسط بین ۳۵-۵ دلار در هر فوت مربع هزینه در بر خواهد داشت (۴۲). این هزینه در مقایسه با مزایای ذکر شده نه تنها ارزش سرمایه گذاری دارد بلکه اثرات اقتصادی-اجتماعی آن بر زندگی شهرنشینان اجرای آن را مقرون به صرفه می نماید.

#### برخی گیاهان مورد استفاده در بامهای سبز

- ❖ Actinidia کیوی (درختچه ای بالا رونده - استفاده زینتی دارد و از میوه آن نیز استفاده می گردد).
- ❖ Trifoliata شبدر

جدول ۲- مولفه های توسعه پایدار در سامانه بام و دیوار (۳۷)

مولفه	توسعه پایدار	سامانه بام سبز
۱	انسان	ایجاد محیط سالم زیست محیطی در سطح کلان شهری
		بهبود کیفیت زندگی به جای افزایش کمیت
۲	کودکان و جوانان	ایجاد فضای مناسب تفریحی برای کودکان و جوانان و رشد آنان در محیط باز همراه با طبیعت
۳	زنان	توجه به حقوق زنان
		مشارکت بیشتر زنان
۴	اکولوژی	معیار بودن اصول اکولوژیکی
		حفظ معیارهای اکولوژیکی
۵	فرهنگ	توسعه فضای سبز
		مبارزه با غربی شدن همراه با واردات تکنولوژی
		پذیرش بام سبز توسط جامعه با بومی ساختن آن
۶	آموزش	بومی کردن تکنولوژی و توجه به مولفه های فرهنگی
		تبدیل بام سبز به یک الگوی فرهنگی (همانند باغ ایرانی)
۷	علم	سطوح تحصیلی تخصیص منابع مالی برای همه
		ایجاد پل بین کلاس درس، اجتماع و بازار
۸	اخلاق	تعلیم و تربیت مهمترین عامل در نگرش و رفتار بشری
		محیط مناسب برای تقویت اندیشه در فضای باز و متفاوت
۹	امنیت	سنگینی ترازوی دانش و تکنولوژی در کشور
		توزیع برابر علم و تکنولوژی در کشور
۱۰	مشارکت	آگاهی از دانش و تکنولوژی بومی
		توسعه پایدار با توجه به عنصر اخلاق و معنویات در مطالعات به عنوان ضرورتی غیرقابل انکار
۹	امنیت	مبارزه با توسعه نیافتگی، توزیع نابرابر ثروت، نابودی منابع و آسیب های زیست محیطی
		راهبرد امنیت جهانی
۱۰	مشارکت	فضایی مناسب برای حضور مردم در کنار یکدیگر
		مشارکت و نقش آفرینی مردم در اجتماع
		مشارکت فعال آنان در ایجاد تغییرات در زندگی مشترک
		هوشیاری عمومی و تفاهم

### احداث بام سبز در تهران

رشد روزافزون و نامتعادل شهر تهران موجب افزایش روند تقاضای زمین برای احداث کاربری‌های گوناگون، به ویژه مسکن، شده است. در برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری میزان سرانه‌ها ابزار مهمی است که می‌تواند در تهیه طرح‌های شهری و نحوه توزیع و تقسیم اراضی در شهر نقش اساسی داشته باشد. با توجه به توسعه الگوی طرح‌های راهبردی و منسوخ شدن طرح‌های جامع سنتی، نگرش استفاده از سرانه‌های شهری تا حدود زیادی تغییر کرده است. یکی از دستاوردهای مهم این رویکرد جدید، اهمیت یافتن مسئله کیفیت در برابر کمیت و بها دادن به مشارکت مردمی است. بر اساس اطلاعات موجود ۶۷/۹ درصد از مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربعی شهر تهران را اراضی ساخته شده (مسقف) با کاربری‌های مختلف تشکیل داده اند و بقیه مربوط به معابر و فضاهای باز می‌باشد. با توجه به جمعیت محدوده شهر تهران سرانه زمین به طور متوسط ۸۱/۹ متر مربع می‌باشد. بیشترین سرانه کاربری‌ها مربوط به سرانه مسکونی با ۲۲ متر مربع می‌باشد که ۲۷ درصد کل اراضی ساخته شده را به خود اختصاص داده است (۴۴). به موجب آمارهای شهرداری، مساحت فضای سبز شهر تهران حدود ۴۸۰۰۰ هکتار می‌باشد که بیشترین سرانه فضای سبز مربوط به شهروندان منطقه ۱۹ با ۶۱ مترمربع و کمترین سرانه مربوط به منطقه ۱۰ با ۱/۸ مترمربع می‌باشد و میانگین سرانه فضای سبز در شهر تهران تقریباً ۱۵ متر مربع می‌باشد (۴۵)، که تقریباً همسو با استاندارد جهانی است. این نکته شایان ذکر است که در سرانه مطرح شده، باغ‌ها و فضای سبز خصوصی نیز قید شده است. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که با تشویق شهروندان به اجرای طرح «بام سبز»، می‌توان حداقل نزدیک به یک پنجم سطح شهر تهران را به فضای سبز تبدیل کرد و میزان آلودگی هوا را نیز به میزان محسوسی کاهش داد.

شایان ذکر است که با توجه به کمبود منابع تأمین آب در شهر تهران، مشکل آبیاری فضای سبز وجود دارد. مطابق با آمار شهرداری (۴۶) فضای سبز تهران در حال

با توجه به مطالب ارایه شده در جدول (۲)، در توسعه پایدار، انسان محور توسعه و مستحق بهداشت، زندگی سالم و در هماهنگی با طبیعت معرفی می‌شود. در این راستا نظریه پردازان توسعه پایدار، به دلیل داعیه‌های خود در مورد انسان قرن ۲۱، با نگاهی به آینده بر حقوق کودکان و نقش آفرینی جوانان تأکید داشته‌اند. زنان نیز در جهان و به ویژه در کشورهای در حال توسعه از نابرابری‌هایی بسیار در رنج هستند، در حالی که توسعه بدون مشارکت فعال آنان به سرانجام نخواهد رسید.

با توجه به محورهای توسعه پایدار، در چشم انداز زیست محیطی توسعه زمانی پایدار است که بر شالوده اصول بوم شناسی استوار باشد و مهمترین ویژگی بام سبز حرکت در مسیر اصول بوم و طبیعت است.

در مطالعات و تحلیل‌های اخیر در کنار مؤلفه‌های اقتصاد، محیط زیست و مسایل اجتماعی، فرهنگ نیز مورد تأکید قرار گرفته است و به عنوان یک رکن اصلی اصول توسعه پایدار می‌باشد چرا که پایداری توسعه بدون فراهم ساختن زمینه‌های فرهنگی امکان پذیر نخواهد بود. همچنین طبیعتاً جهت اشاعه فرهنگ نیاز به مؤلفه آموزش احساس می‌شود. علم و اخلاق از ارکان اصلی آموزش صحیح می‌باشد. با بومی سازی بام سبز و استفاده از آن متناسب با فرهنگ کشور ضمن استفاده از جاذبه‌های آن در عرصه عملی و نظری فضایی برای ظهور فرهنگ و معنویات و زندگی باکیفیت بدون سودگرایی فردی محض فراهم خواهد شد.

تصور می‌شود توسعه پایدار، به دلیل دامنه وسیع مباحث، جامعیت مفاهیم و به خصوص به دلیل پرهیز از گرفتار شدن در تحلیلهای یک سویه و پذیرش نقش آفرینی عوامل دخیل و تأثیر متقابل آنها بر یکدیگر، در عرصه امنیت نیز به صورت روزافزونی در حال تبدیل شدن به "راهبرد امنیت جهانی" است. لذا توجه به مؤلفه‌های مطرح شده می‌تواند در موفقیت اجرای طرح‌های سبز در کشورها مؤثر باشد.

بنابراین اگر به ازای ۱۰۰۰۰ متر مربع ۲۵۰۰ کیلوگرم اکسیژن وارد محیط گردد و از میزان دی اکسیدکربن محیط کم شود با احداث بام سبز علاوه بر فضای سبز موجود رقمی معادل ۳۷ هزار تن در روز اکسیژن وارد محیط می شود و دی اکسیدکربن موجود در هوای اتمسفر کلان شهر تهران گرفته می شود.

#### ❖ کارکردهای عمومی

توسعه مناطق شهری باعث افزایش سطوح غیرقابل نفوذ آب می گردد، در چنین شرایطی جذب آب در خاک کاهش یافته و در نتیجه بارندگیها، جریان آبی موجب بروز سیل و سایر مشکلات شده است.

متوسط بارندگی شهر تهران ۲۲۰ میلی متر در سال است (۴۸). از آن جایی که فرض بر آن شد که تنها ۲۰ درصد از سطوح مسقف تهران (۱۰۰ کیلومتر مربع) تبدیل به بام سبز گردد میزان بارندگی بر این سطح معادل ۲۲ میلیون مترمکعب خواهد بود. مطالعات پیشین نشان داده است که از مجموع بارندگی حاصل بر سطح زمین حدود ۵ درصد به مجرای کم عمق و عمیق زمین می رسد و ۲۰ درصد از طریق گیاهان تبخیر می شود و ۷۵ درصد بقیه بر روی زمین شناور و زایل می گردد. وجود بام سبز می تواند نقش مهمی در کاهش هدر رفتگی آب باران داشته باشد. ضمن آن که بخشی از بارندگی حاصل، جذب گیاه می گردد و خود منجر به بهبود کیفیت محیط و افزایش رطوبت هوا خواهد شد. مطابق با آمار سازمان پارکها و فضای سبز تهران، مجموع فضای سبز پارکها و معابر در محدوده شهر تهران معادل ۱۲۳۶۰۰۰ کیلومتر مربع است با فرض آنکه ۲۰ درصد از سطوح مسقف تهران به بام سبز تبدیل شود حدود ۱۰۰ کیلومتر مربع به رقم فوق اضافه خواهد شد، که می تواند در افزایش کارایی های بام سبز از جمله مدیریت سیلاب، تلطیف هوا، ایجاد اکوسیستم طبیعی، کاربردهای زیبایی شناختی و... مؤثر واقع شود.

حاضر با آب چاهها، فئاتها، و آبهای جاری و پساب تصفیه خانه های فاضلاب آبیاری می شوند. میزان آب مورد نیاز فضای سبز شهر تهران حدود ۱۶۰۰۰۰۰ متر مکعب در سال است. با احداث بام سبز و دیوار سبز و بهبود سیستم های آبیاری می توان در مصرف میزان مذکور صرفه جویی نمود.

#### کارکردهای مهم بام سبز در تهران

#### ❖ تلطیف هوا

##### ○ کاهش گرد و غبار

تحقیقات نشان داده است که خیابانهای مشجر ۱۰-۱۵ درصد ذرات معلق در هوای کمتری از خیابانهای بدون درخت دارند. با فرض اینکه پوشش گیاهی بام سبز چمن باشد و چمن تنها ۰/۱ درخت عمل می کند، ۱۰ متر مربع رویش گیاهی بام سبز می تواند ۲ کیلوگرم ذرات معلق در هوا را در سال در خود نگه دارد (۴۶). پس: با فرض آنکه ۲۰ درصد از سطوح مسقف تهران (۴۴) که معادل ۱۰۰ کیلومتر مربع است تبدیل به بام سبز شود، ۲۰۰۰۰ تن از ذرات معلق هوای تهران کاسته خواهد شد.

##### ○ تولید اکسیژن و جذب دی اکسیدکربن

گیاهان در فرآیند فتوسنتز، گاز کربنیک حاصل از فعالیت موجودات زنده یا احتراق سوخته های فسیلی را مصرف کرده و ۶۰ درصد از اکسیژن مورد نیاز موجودات زنده را تأمین می کنند. از طرف دیگر طی این فرآیند، انرژی خورشیدی به صورت انرژی شیمیایی در پیکره گیاهان ذخیره می شود. بر اساس مطالعات انجام شده در فضای سبز معمولی شهرها به طور متوسط از هر یک هکتار بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم اکسیژن آزاد می شود (۴۷)، که مطابق با فرمول فتوسنتز به همان نسبت دی اکسید کربن از جو گرفته می شود.

پس: با توجه به آن که طبق آمار سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران، میزان فضای سبز محدوده شهر تهران معادل ۱۲۳۶۰ هکتار یا  $۱۰^۵ * ۱۲۳۶$  مترمربع می باشد. لذا اگر ۲۰ درصد فضای سبز به این میزان اضافه گردد، رقمی معادل با  $۱۰^۵ * ۱۴۸۲۲$  میزان خواهد بود.

## ❖ ذخیره انرژی

با افزایش قیمت انرژی و تأثیر آن در مصرف و ایجاد انگیزه در مصرف بهینه و افزایش کارایی آن، پژوهشگران به فکر تحقیق در مورد تأثیر گیاهان در کاهش انرژی مصرفی ساختمانها افتادند. بر اساس تجربه بام‌های سبز شهرداری شیکاگو، در اثر کاهش ۱ درجه فارنهایت دما ۱/۲ درصد در مصرف انرژی صرفه جویی می‌شود. طبق آمار برق منطقه ای تهران (۵۰) در سال ۱۳۹۰ میزان انرژی مصرفی خانگی و ادارات دولتی شهر تهران معادل ۱۵۷۷۳۱۰۰ مگاوات ساعت بوده است. با توجه به آمار فوق ۱/۲ درصد از انرژی برق مصرفی تهران رقمی معادل با ۱۸۹۲۷۷ مگاوات ساعت خواهد بود. با احتساب این که در ۲۰ درصد از مناطق مذکور بام سبز احداث گردد، انرژی معادل ۳۷۸۵۵/۴ مگاوات ساعت در مصرف برق تهران صرفه جویی خواهد شد.

## نتیجه گیری

فضای باز در خانه های اولیه به منظور تأمین امنیت ایجاد حریم خصوصی و خلوت در مرکز خانه واقع بود. حیاط، اصلی ترین فضای باز خانه به حساب می آمد، به غیر از حیاط، طیف متنوعی از فضاهای باز در ارتفاع های متفاوت وجود داشت، اما در شهرهای فعلی از این خانه های حیاط دار دیگر خبری نیست و جای آنها را مجتمع های بلند و کوتاه با سرانه فضای سبز کم گرفته است. بنابراین لازم است زمینه را در خود مجتمع های آپارتمانی ایجاد نمود. با توجه به این که توسعه پایدار، توسعه ای است کیفی و متوجه کیفیات که هدف از آن بالا بردن سطح کیفیت زندگی شهروندان می باشد می توانیم با طراحی بام ها و دیوارهای سبز در کنار طبیعت به جای مقابله با آن فعالیت کنیم. به دلیل ارزش افزوده بالای زمین در شهرهای بزرگ ایران و به ویژه در کلان شهر تهران به تبع آن رشد عمودی این شهرها، پایین بودن مساحت فضای سبز با توجه به استانداردهای بین المللی سرانه فضای سبز شهری و توزیع عادلانه ی آن در سطح محله، استفاده از فناوری بام سبز بر روی بام این شهرها گزینه مناسبی به نظر می‌رسد. با توجه به مبحث ۱۹

مقررات ملی ساختمان در خصوص صرفه جویی در مصرف انرژی و مزایای بام های سبز در زمینه صرفه جویی در انرژی و در نتیجه توسعه پایدار شهری، سبز کردن بام ها می‌تواند در راستای سیاستهای ساختمان سازی ملی نیز عمل کند. همچنین با توجه به اینکه در برنامه چهارم توسعه، محوری به نام "دولت سبز" تعیین و بحث صرفه جویی انرژی و ایجاد فرهنگ زیست محیطی در آن مطرح شده است. سبز کردن بام ها می‌تواند در خدمت زمینه سازی برای رسیدن به اهداف دولت سبز تلقی شود. خوشبختانه اخیراً استفاده از ظرفیت نمای ساختمان و بام ها برای احداث فضای سبز، مورد توجه مدیران شهری قرار گرفته و سازمان پارک ها و فضای سبز، با توجه به ارزش افزوده و کمبود زمین در شهرهای بزرگ کشور، در جهت توسعه فضای سبز شهری، طرحی را با استفاده از ظرفیت نمای ساختمان و پشت بام ها تهیه کرده است. اگرچه سبز کردن بام، نیاز به تحقیق و پژوهش و اجرای طرح های پایلوت برای وفق دادن این فناوری سبز در سطح محلی را دارد. تحقیق بر روی نوع گیاهان قابل کاشت بر روی بام شهرهای مختلف کشور با آب و هوای متفاوت، چگونگی نحوه ی انتقال این فناوری، مطالعات در ارتباط با قانونمند کردن طرح بام های سبز توسط شهرداری از مباحثی است که می‌تواند در کنار احداث طرح های پایلوت و الگوسازی در ارتباط با بام های سبز، به آن پرداخته شود. امروزه علاوه بر قاره اروپا و امریکا، کشورهای آسیایی چون ژاپن، سنگاپور، کره جنوبی، امارات، ترکیه و هنگ کنگ با تطبیق فناوری بام سبز در سطح محلی، تعریف ضوابط جدید در ساخت و ساز، تصویب قوانین اجرایی توسط دولت و تخصیص بارانه های شهرداری ها، در راستای گسترش هر چه بیشتر بام های سبز گام برداشته اند (۳۹). به طور خلاصه این بام ها و دیوارهای سبز در راستای توسعه اصول پایدار می‌تواند موجب :

- ❖ کاهش سرازیر شدن آب باران و سیلاب
- ❖ جلوگیری از انتشار ذرات معلق در هوا و آلودگی



سامانه سبز به عنوان یک رویکرد مدیریتی همسو با محیط زیست باید به آن توجه نمود:

- ❖ اجرای بام سبز بر اساس نیازهای ساختمان
- ❖ بررسی سازه‌های دارای بام سبز در ارتباط با زلزله (در بخش محاسبات ساختمان)
- ❖ مدیریت آبیاری بام سبز در جهت کاهش مصرف آب (در بخش مهندسی آبیاری)
- ❖ چگونگی بهینه سازی اقتصادی بام سبز متناسب با نیازهای جامعه
- ❖ طراحی بام های سبز در سطح کلان از منظر شهری (در بخش شهرسازی)
- ❖ طراحی کاشت بام سبز و گیاهان متناسب با اقلیم و ساختمان (در بخش محیط زیست و مهندسی کشاورزی)

#### منابع

1. Ferrante, A. Mihalakakou, G., "The influence of water, green and selective passive techniques on the rehabilitation of historical industrial buildings in urban areas", Solar Energy, 2001.
2. Akbari H, Kurn DM, Bretz SE, Hanford JW. Peak power and cooling energy savings of shade trees. Energy Buildings, 2001
3. Williams Nicholas S.G; Green roof for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia; pp. 1-4 (Available online in [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)).
4. Takakura T, Kitade S, Goto E, Cooling effect of greenery cover over a building, Energy and Buildings 31, 2000.
5. Onmura S, Matsumoto M, Hokoi S, Study on evaporative cooling effect of roof lawn garden, Energy and Buildings 33, 2001

❖ کاهش تأثیر جزیره حرارتی شهرها از طریق سرد کردن بخار هوای محیط

❖ فراهم آوردن محیط آرام برای پرندگان و جانوران

❖ بهبود کارایی انرژی ساختمانها

❖ فراهم آوردن امکانات برای کشت برخی محصولات مصرفی

کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی ناشی از فاضلاب و افزایش میزان اکسیژن از دیگر اثرات بام سبز محسوب می شود. جستجو و سرمایه گذاری در تکنولوژی بام سبز مهمترین روشی است که به شهرهای ما اجازه رشد و توسعه با اطمینان از حفاظت و ادامه حیات بشر و محیط می دهد اگرچه کاربرد این تکنولوژی طبیعتاً با چالشهایی از قبیل پارامترهای ذیل همراه خواهد بود.

❖ فقدان اطلاعات و تحقیقات علمی - تخصصی با پشتوانه

❖ عدم برگزاری سمینارها و دوره های آشنایی

❖ فقدان دانش لازم در مورد نگهداری

❖ فقدان استانداردهای صنعتی و استانداردهای معین طراحی و ساخت

❖ فقدان طراحان و پیمانکاران با صلاحیت

❖ فقدان برنامه های تشویقی و بر انگیزنده

❖ فقدان الگوهای اجرایی و طراحی

❖ عدم حمایت بخش دولتی از ساختمانهای سبز

❖ عدم توجه به تمامی مولفه های دخیل و اثرگذار در توسعه بام و نمای سبز

گرچه توسعه سامانه سبز در کشور با چالش هایی همراه است اما با مطالعات و همکاری های بین رشته ای از قبیل معماری، معماری منظر، محیط زیست، شهرسازی، مهندسی آبیاری، مهندسی سازه، مهندسی کشاورزی می توان در جهت اجرای اصولی و به عنوان یک راهبرد همسو با محیط زیست به آن اشاره نمود. در ذیل به مواردی اشاره شده است که جهت اجرای

16. Green roofs for healthy cities, green wall research to focus on energy savings and water management, <http://www.greenroofs.org>
17. Irwin, George, An Intro to Green Walls and Green Roofs: Living Architecture at its best, <http://greenroofs.com>.
18. The green roof projects database, muse du quai Branly green wall, <http://greenroofs.com>
19. Dinsdale S, Pearen B, Wilson C 'April Feasibility Study for Green Roof Application on Queen's University Campus, 2006.
20. The green roof projects database, Green roofs component, <http://greenroofs.com/greenroofs878/components>.
۲۱. بحرینی، سید حسین، توسعه و توسعه پایدار: تحلیل نظری، همایش انجمن متخصصان محیط زیست، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
۲۲. الیوت، جنیفر، مقدمه ای بر توسعه پایدار در کشورهای در حال توسعه، ترجمه عبدالرضا رکن الدین افتخاری و حسین رحیمی، انتشارات موسسه توسعه روستائی ایران، تابستان ۱۳۷۸.
۲۳. ملکی، سعید، درآمدی بر توسعه پایدار شهری، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ۱۳۹۰.
۲۴. ویلیامز، کتی، دستیابی به شکل پایدار شهری، (ترجمه: مرادی مسیحی)، انتشارات پردازش و برنامه ریزی شهری، ۱۳۸۳.
25. Beckman S, Jones S, Liburdy K, and Peters C, Greening our Cities: An Analysis of the benefits and Barriers Associated with Green Roofs, Portland Satate University, Planning Workshop, 1997.
26. Landsberg HE, The urban climate. New York: Academic Press; 1981.
27. Santamouris M, Papanikolaou N, Livada I, Koronakis I, Georgakis C,
6. Lazzarin R.M., D'Ascanio A., Gasparella A., Analysis of a green roofapplication to an industrial building, International Journal of Ambient Energy 24, 2003.
7. Akbari H, Pomerantz M, Taha H, Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban area, Solar Energy, 2001.
8. Santamouris M, N. Papanikolaou, I. Livada, I. Koronakis, C. Georgakis, A. Argiriou, D.N. Assimakopoulos, Energy and Climate in the Urban Built Environment, James & James, London, 2001.
9. Lazzarin R.M, Castellotti F, Busato F, Experimental Measurements and Numerical Modeling of a Green Roof, Energy and Buildings, vol.37, 2005.
۱۰. محمودی، محمد مهدی، توسعه مسکن همساز با توسعه پایدار، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۰.
۱۱. صیادی، سید احسانگ، مداحی، سید مهدی، معماری پایدار، ۱۳۹۰.
۱۲. طوفان، سحر، بام های حیات، نشریه معماری و ساختمان، شماره ۱۲، ۱۳۸۶.
13. Santamouris M, Pavlou C, Doukas P, Mihalakakou G, Synnefa A, Hatzibiros A, Patargias P, Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece, Energy, 2007.
14. Jacky B, Patrick B, Xavier M, conception et aménagement des jardin sur toitures, dalles et terrasses, publication, Syros alternatives, 1988.
15. Anderson MR, Design and Development of a Roof Garden, McCaren Design, 2002.

- 159: 2100-2110. Available from: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
۳۹. توسعه عمودی شهرها، سازمان پارکها و فضای سبز شهر تهران، ۱۳۹۰.
40. Neutra R, Survival through Design, Oxford University Press, 1954.
41. [www.naturalarchitecture.blogspot.com](http://www.naturalarchitecture.blogspot.com)
42. [www.naturalheritage.blogfa.com/post-9.aspx](http://www.naturalheritage.blogfa.com/post-9.aspx)
43. [www.Greenroof.ir/index.php?option=com\\_content &task=view &id=62&Itemid](http://www.Greenroof.ir/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid).
44. [rpc.tehran.ir.Default.aspx?tabid=7921&ctl-Detail&mid=15972&ItemID-12283-IR](http://rpc.tehran.ir.Default.aspx?tabid=7921&ctl-Detail&mid=15972&ItemID-12283-IR)
45. [www.architects.ir/userFiles/File\\_534\\_1.pdf](http://www.architects.ir/userFiles/File_534_1.pdf)
46. [www.eng-films.com/index](http://www.eng-films.com/index).
۴۷. بهمن پور، هومن، ۱۳۷۸، گزارش وضع موجود فضای سبز منطقه هفت شهرداری تهران، ناحیه ۴.
48. <http://www.tehran.ir/Default.aspx>
49. [treatmentprocesses.blogfa.com](http://treatmentprocesses.blogfa.com)
۵۰. آمار برق منطقه ای تهران، ۱۳۹۰.
- Argiriou A, Assimakopoulos D.N., On the impact of urban climate on the energy consumption of building, Solar Energy, 2001.
28. Lazzarin R.M., IL problema delle isole di calore nelle aree metropolitane (Heat island effect in the urban areas) in Il condizionamentodell'aria (Air conditioning), Dario Flaccovio Editor, Palermo, 2003.
29. Baker, A.J.M. & Brooks, R, Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution. Journal of ecology and phytochemistry. Biorecovery, 1989.
30. Peck S, and Kuhn M, Design guidelines for green roofs. Toronto: Environment Canada, 2000.
۳۱. جعفری نژاد، کوروش، طراحی بام سبز، ۱۳۹۱.
۳۲. تاجبخش، مهین، ۱۳۸۹، پنج هزار پشت بام سبز در شانگهای، نشریه شهرداریها، شماره ۱۰۰، تهران، ۱۳۸۴.
33. [www.livingroofs.org](http://www.livingroofs.org)
34. Limited U, study on green roof application in Hong Kong, 2007.
۳۵. فرومند، نایاب، ضرابی، محمد مهدی، حصاری، پدram، بام سبز در مجتمع های مسکونی، راهی به سوی توسعه پایدار شهری، همایش معماری پایدار و توسعه شهری، ۱۳۹۱.
۳۶. فرشچی، رفیعه، معماری در عصر تغییر اقلیم، نشریه صفا، شماره ۴۸، تهران، ۱۳۸۸.
۳۷. کشتکار قلاتی، احمدرضا، انصاری، مجتبی، نازی دیزجی، سجاد، توسعه سامانه بام سبز بر اساس معیارهای توسعه پایدار در ایران، نشریه هویت شهر، بهار و تابستان ۱۳۸۹.
38. Bradley Rowe, D. (2010). Green roofs as a means of pollution abatement. Journal of Environmental Pollution,