

# مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران

10<sup>th</sup> National Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development of IRAN



## گواهی پذیرش مقاله



کد اخذنامه: 02990300-10

بدینوسیله گواهی می گردد، مقاله با عنوان:

بام سبز مقرون به صرفه یا غیر اقتصادی؟ (مطالعه موردی شهر مشهد)

زهرا پورحسینی، سیده فاطمه موسوی نیا

ارائه شده توسط:

بر اساس تأیید کمیته علمی و هیئت محترم داوران مورد پذیرش کامل قرار گرفته و در مجموعه مقالات علمی پژوهشی دهمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران به چاپ خواهد رسید. امید است نتایج این کنفرانس در بهبود هرچه بیشتر عملکرد ایشان در راستای بهره وری و تحقیق توسعه پایدار جهان اسلام موثر واقع گردد.

دکتر سیامک گل ترگسی  
دبیر علمی کنفرانس



سامانه احراز اصالت گواهینامه: [www.vcert.ir](http://www.vcert.ir)

کد احراز اصالت گواهینامه: ices10-02990300

## بام سبز: مقرون به صرفه یا غیر اقتصادی؟ (مطالعه موردی: شهر مشهد)

زهرا پورحسینی<sup>۱</sup>، سیده فاطمه موسوی نیا<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه فردوسی مشهد z.pourhosseini@mail.um.ac.ir

<sup>۲</sup> استاد گروه آموزشی معماری دانشگاه فردوسی مشهد mousavinia@um.ac.ir

### چکیده

امروزه گسترش کالبدی شهرها منجر به از بین رفتن محیط‌های طبیعی پیرامونی و زمین‌های زراعی شده‌است. بنابراین ایجاد و توسعه فضای سبز نقش مهمی در زندگی تمامی موجودات، به‌ویژه انسان دارد و در واقع جایگزینی برای محیط طبیعی از بین‌رفته در هنگام ساخت و ساز است. این درحالیست که، بام‌های سبز بخشی از این تلاش برای پایدارتر ساختن شهرها و یکی از راه‌حل‌های مدرن برای کاهش آلودگی محیطی می‌باشد. چنانچه اگر بام‌سبز صحیح طراحی و اجرا شود در بازدهی اکولوژیکی شهری نقش موثری ایفا می‌کند، اما مهمترین مانع در توسعه بام سبز در مشهد علاوه بر چند اقلیمی بودن آن، هزینه‌های متفاوت و مازاد استقرار، تعمیر و نگهداری بام‌سبز نسبت به بام معمولی است. هرچند کم آبی نیز مانع مهم دیگری در اجرا آن است. در این مقاله بعد از شناخت بام سبز و پیشینه کاربرد آن به آنالیز لایه‌های مختلف بام‌سبز، سیستم اجرایی، نوع پوشش گیاهی و... و عملکرد آنها پرداخته می‌شود. و بدیهی است مزایای علمی و اثبات شده بام‌سبز نیز مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در ادامه به موانع اقتصادی (مالی) در اجرا و نگهداری تا انواع پوشش‌های گیاهی متداول بام سبز در مشهد با توجه به مصاحبه با کارشناسان فضای سبز مورد تحلیل واقع شده‌است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، با توجه به در نظر گرفتن هزینه‌های آن از طراحی تا اجرا و تعمیر و نگهداری آن پس از بهره‌برداری و با در نظر گرفتن رشد روز افزون تورم در جامعه توجیه اقتصادی ندارد، مگر اینکه توسط نهادهای دولتی و خصوصی مساعدت‌هایی در این زمینه به کارفرمایان صورت گیرد و مقیاس استفاده از آن به صورت وسیع و فراتر از تک بنا باشد.

### واژه‌های کلیدی

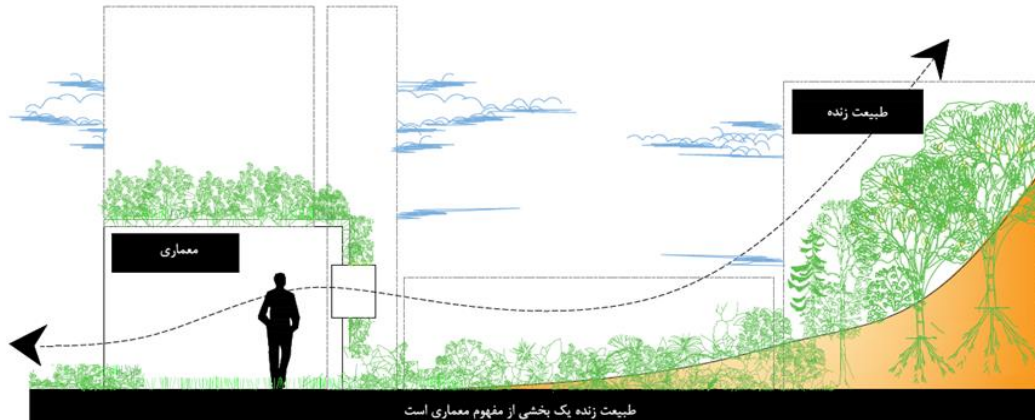
معماری پایدار، معماری سبز، بام سبز، پارامترهای اقتصادی، مشهد.

### ۱. مقدمه

ارتباط با طبیعت افراد را سالم نگه‌داشته و به نوبه خود، عملکرد بدنی آنها را نیز ارتقا می‌دهد [11]. معماری بیوفیلیک<sup>۱</sup> بخشی از یک دیدگاه نوآورانه در معماری است که در آن طبیعت، زندگی و معماری با هم تلفیق می‌شوند تا ساختمانی زنده و قابل سکونت ایجاد کنند، که پاسخ دهنده به خواسته‌ها، محدودیت‌های موجود، در عین احترام به مردم و محیط زیست باشد (شکل ۱). بام‌های سبز که به‌عنوان پوشش‌های گیاهی بام، بام‌های آکو یا بام‌های طبیعی شناخته می‌شوند، یکی از مولفه‌های طراحی بیوفیلیک هستند [12]، که توانایی زیست‌بوم مطلوبی را برای محیط شهری فراهم کرده و آن را پایدارتر می‌سازد [2]. بام سبز اثرات مثبت زیادی از نظر طراحی در ساخت و ساز ایجاد می‌کند و بطور غیرمستقیم بر ساکنان و احساس راحتی آنها اثر می‌گذارد و عملکرد زیبایی شناختی قابل توجهی در خود ساختمان، مجاورت و همسایگی آن دارد. پوشش سبز آن به طور قابل توجهی به ایجاد تعادل بین انسان و محیط کمک می‌کند. در حال-

<sup>۱</sup>.biophilic

حاضر، بام سبز به عنوان یک رویکرد دوستانه محیط زیست و کارآمد در مدیریت شهری دیده می‌شود. با وجود اینکه بام‌های سبز هزینه بیشتری دارند (حدوداً ۱.۵-۲ برابرگران تر از سقف های مرسوم)، اما آنها ۲۰ تا ۳۰ سال بیشتر از دیگر سقف ها دوام دارند زیرا پوشش سقف با لایه ضد آب در برابر اشعه های مضر UV و نوسانات دمای روز/ شب که می‌تواند باعث ترک خوردن شود، محافظت می‌کنند. بام-سبز دارای عایق اضافه شده ایست، که منجر به کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی در مصرف برق تابستانی می‌شود [14].



شکل ۱. رابطه معماری و طبیعت [11] ( بازترسیم: نگارندگان )

به عبارتی دیگر بام‌های سبز شهری با بهبود کیفیت هوا، کاهش حجم فاضلاب سطحی، کاهش آثار جزایر حرارتی شهری، برقراری تعادل حرارتی در محیط داخلی و خارجی بنا، خلق زیستگاه طبیعی، تنوع زیستی و افزایش طول عمر بهره برداری از عایق بام، گام مثبتی در جهت بهبود کیفیت محیط شهری است. در سکونتگاه‌های شهری به وفور سطوح پوشانده شده با بتن، یا آسفالت دیده می‌شود، که امکان نفوذ آب را به خاک نمی‌دهند [1]. از سوی دیگر به دلیل ارزش افزوده بالای زمین در کلان شهرهای ایران (به طور مثال مشهد) و به تبع آن رشد عمودی شهر، پایین بودن مساحت فضای سبز با توجه به استانداردهای بین‌المللی و توزیع نامناسب آن در سطح محله، استفاده از فناوری بام‌سبز بر روی بام‌های کلانشهری مانند مشهد، گزینه مناسبی به نظر می‌رسد، اما هزینه‌های متفاوت احداث، تعمیر و نگهداری بام سبز نسبت به بام معمولی منجر به عدم اقبال عموم شده است. در این تحقیق در گام نخست به تعریف، ابعاد و مشخصات بام‌سبز می‌پردازیم و در گام بعدی به بررسی آن در سطح شهر مشهد، با توجه به گونه‌های پوشش گیاهی متداول در اقلیم قاره‌ای مشهد و موانع اقتصادی که موجب استفاده محدود از آن در بستر شهر شده، پرداخته می‌شود.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بام‌های سبز قدمتی طولانی در سراسر جهان دارند. اما مفهوم بام‌سبز به صورت امروزی آن از اواخر دهه ۱۹۸۰ تا اوایل دهه ۱۹۹۰ در جهان شکل گرفت [11]. در اوایل دوران مدرن، مفهوم بام‌سبز به طور گسترده‌ای مطرح شد و در مناطق و تمدن‌های متعدد در قاره‌ها پذیرفته شده است. اولین نسخه این سقف‌ها با بتن در سال ۱۸۶۷ معرفی شد. نمایشگاه جهانی پاریس یک مدل بام‌سبز با سیستم‌های زهکشی ضد آب را به تصویر می‌کشد و اولین ایده برای بام‌سبز در مقیاس بزرگ در نظر گرفته شده است [16] (شکل ۲).

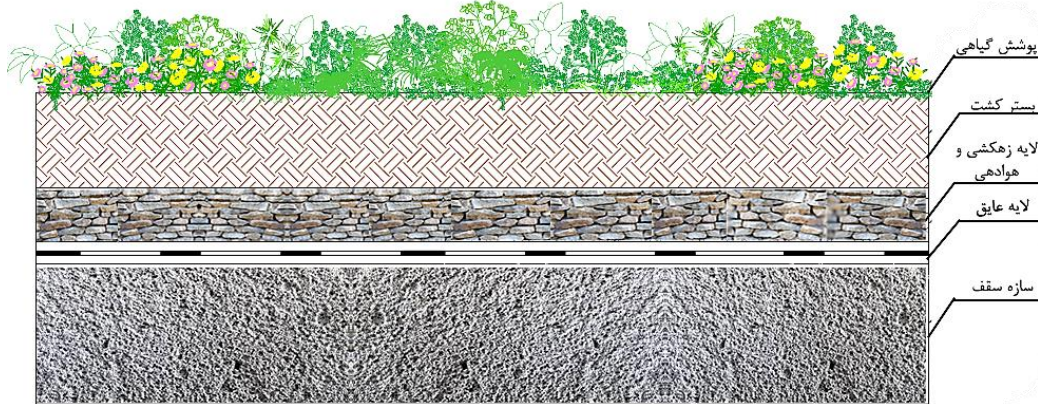


شکل ۲. نمایشگاه جهانی پاریس ۱۸۶۷ [39]



### ۱.۲. اجزاء بام سبز

اجزاء بام سبز ممکن است از سقف‌های گسترده تا متمرکز و بر اساس ساختار سایت، تفاوت داشته باشد [11]. یک بام سبز به طور معمول از پنج لایه تشکیل می‌شود: ساختار و غشای سقف (مصالح سقف مانند آسفالت، سرامیک یا ایزوگام و ...); عایق رطوبتی، لایه زهکشی و هوادهی (فیلتراسیون)، محیط رشد (ترکیب خاک و کمپوست)، گونه‌های گیاهی [9]. (شکل ۳).



شکل ۳. لایه‌های تشکیل دهنده در بام سبز (منبع: نگارندگان)

### ۲.۲. انواع بام سبز

بام سبز، در واقع اکوسیستمی زنده است و به سیستم سیکی اطلاق می‌شود که از لایه‌های پیش‌ساخته فراهم می‌آید و با بام‌ساختمان، یک سیستم واحد به وجود می‌آورد و رشد گیاه را در محیط کشت با رویش خاصی میسر می‌سازد [6]. بام سبز با توجه به کاربردهای آن نسبت به شرایط ساخت و ساز و به عمق متوسط کشت و میزان تاسیسات به چهار دسته گسترده، متمرکز، نیمه متمرکز و ترکیبی طبقه‌بندی می‌شود. بام‌های سبز گسترده و متمرکز رایج‌ترین نوع هستند. علاوه بر این، در جدول ۱ ویژگی‌های کلی هر یک به اختصار بیان شده است (جدول ۱):

#### ۱.۲.۲. گسترده

یک سیستم پوشش گیاهی گسترده، بطور کلی نیاز به آبیاری و نگهداری کمی دارد. این نوع بام سبز به لایه‌ای با عمق کم برای کاشت گیاه نیاز دارد، که می‌تواند با یک لایه ۲۰-۳۰ سانتی‌متری اجرا شود [17]. این پوشش گیاهی دارای وزن کمتری، متغیر بین ۶۰ تا ۵۰ کیلوگرم بر مترمربع است و می‌تواند ۲۷ تا ۴۵۱ لیتر در مترمربع آب را در خود نگه دارد [13]. این نوع بام سبز نیازمند حداقل تاسیسات و نگهداری است، در نتیجه هزینه کمتری در مقایسه با بام متمرکز را دارا می‌باشد. همچنین این نوع شامل طیف کمتری از گونه‌ها مانند علف‌ها، خزه‌ها و ... می‌باشد [18]. بام‌های سبز گسترده به خوبی با سقف‌هایی با ظرفیت تحمل بار کوچک مطابقت دارند (شکل ۷ و ۴).



شکل ۴. نمونه‌ای از بام سبز گسترده [7]

#### ۲.۲.۲. متمرکز

یک سیستم بام سبز متمرکز می‌تواند بار سازه‌ای بیش از شش برابر در مقایسه با یک سیستم گسترده را تحمل کند، که بایستی قبل از ساخت در طراحی سازه در نظر گرفته شود [19]. این نوع گونه‌های زیادی از گیاهان شامل درختان و بوته‌های بزرگتر را دربرمی‌گیرد.

سقف‌های متمرکز ضخیم‌اند؛ در نتیجه، آن‌ها سنگین و معمولاً به عنوان سقف سازه‌ای استفاده می‌شوند. تعمیر و نگهداری آنها کار فشرده‌ای است. همچنین در این نوع سقف‌ها گونه‌های گیاهی فراوانی قرار دارند [9]. (شکل ۷ و ۵).



شکل ۵. نمونه‌ای از بام‌سبز متمرکز [8]

#### ۳.۲.۲. نیمه متمرکز

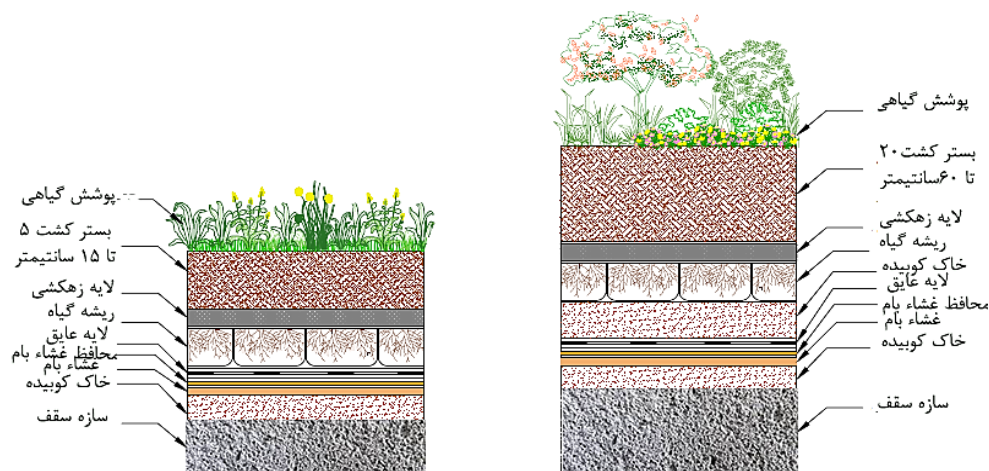
بام‌های سبز نیمه متمرکز، میان بام‌سبز گسترده و متمرکز قرار می‌گیرد. این سیستم می‌تواند به عنوان یک سیستم کاربردی فضای باز مورد استفاده باشد. میزان آبیاری آن بستگی به آب و هوای منطقه و تنوع گیاهان مورد استفاده دارد. درختچه‌ها، گیاهان و علف‌ها را می‌توان در سقف‌های نیمه متمرکز استفاده کرد. علف‌های ناهمسان، گیاهان چند ساله علفی و درختچه‌هایی مانند اسطوخودوس را می‌توان حتی به عنوان بوته‌ها و درختان بلندی که هنوز در ابتدا رشد هستند، کاشت [20]. این نوع بام سبز نیاز به تعمیر و نگهداری اضافی، هزینه‌های بالاتر، وزن بیشتر و مشخصه‌های دیگری که در جدول ۱ آورده شده، در مقایسه با بام سبز گسترده دارد (شکل ۶).



شکل ۶. نمونه‌ای از بام‌سبز نیمه متمرکز [7]

#### ۴.۲.۲. ترکیبی

ترکیبی از سیستم بام سبز گسترده و متمرکز و نیمه متمرکز می‌تواند باشد.



شکل ۷. لایه‌های تشکیل دهنده بام‌سبز و تفاوت تعداد لایه‌ها و ضخامت هر لایه در سبز بام‌های متمرکز و گسترده [21] & [22]

(بازترسیم: نگارندگان)



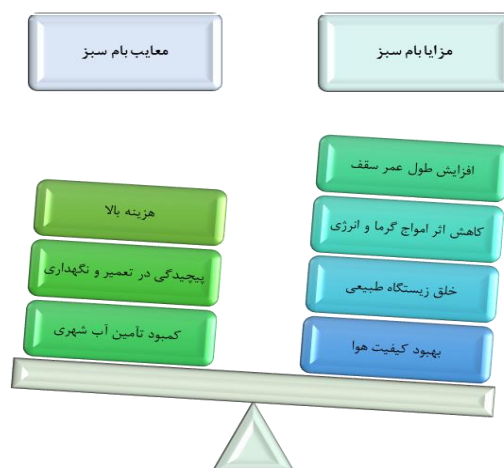
جدول ۱. انواع ویژگی چهار شکل مختلف بام سبز [11] (بازترسیم: نگارندگان)

| مشخصه               | بام گسترده            | بام نیمه متمرکز         | بام متمرکز         | بام سبز ترکیبی                   |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|
| آبیاری              | کم                    | دوره ای                 | مکررا              | دوره ای                          |
| ارتفاع ساخت سازه    | ۵۰_۲۰۰mm              | ۲۵۰_۱۰۰mm               | ۴۰۰_۱۰۰ mm         | بیشتر از ۵۰_۱۰۰۰mm               |
| تنوع زیستی          | کم                    | متوسط                   | زیاد               | زیاد                             |
| تولید انرژی         | کم                    | متوسط                   | زیاد               | بالاتر از متوسط                  |
| دسترسی پذیری        | غالباً غیر قابل دسترس | احتمال دسترسی جزئی      | معمولاً قابل دسترس | دسترسی جزئی                      |
| عایق حرارتی         | متوسط                 | متوسط                   | زیاد               | زیاد                             |
| گیاهان مورد استفاده | گیاهان دمنوش و چمن    | درختچه ها، گیاهان و چمن | درختچه ها و درختان | درختچه ها، گیاهان و چمن و درختان |
| نگهداری             | کم                    | دوره ای                 | زیاد               | خاص                              |
| وزن                 | ۶۰_۱۵۰kg/m            | ۱۲۰_۲۰۰kg/m             | ۱۸۰_۵۰۰kg/m        | ۶۰_۵۰۰kg/m                       |
| هزینه ها            | کم                    | متوسط                   | زیاد               | زیاد                             |

### ۳.۲. معایب و مزایای بام سبز

بام‌های سبز به دلیل مزایای خود برای کمک به پایداری محیط ساخته شده، شناخته شده‌اند [23]. برخی از مزایای زیست محیطی اینگونه بام‌ها عبارتند از: الف) کاهش آلودگی هوا [24]. ب) صرفه‌جویی در انرژی مورد استفاده در ساختمان [25]؛ ج) کاهش رواناب سیلاب طوفان [26]؛ د) عایق کاری ساختمان [27]؛ ه) ایجاد زیستگاه‌های طبیعی با تنوع زیستی [27]؛ و) بهبود سلامت انسان به دلیل کاهش اثر جزیره گرمای شهری (UHI) [28]. و کاهش سر و صدا [29]. که مزایای مربوط به آن درگرو استفاده گسترده و کلان آن‌ها می‌باشد. [3].

علیرغم مزایای آن، بام‌سبز با موانع متعددی در پذیرش مواجه است [23]. موانعی مانند هزینه‌های بالا نصب و نگهداری برای مقاوم سازی ساختمان‌ها و تعویض گیاهان که همواره جزو موانع مهم گزارش شده است [30]. علاوه بر این، وقتی صحبت از موانع مالی برای اتخاذ رویکردهای پایدار در پروژه‌های عمرانی می‌شود، مشوق‌های دولت‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کنند [32] & [31]. عدم آگاهی و دانش یکی دیگر از موانع رایج نصب بام‌سبز در سراسر جهان است. همانطور که اشاره شد، بام سبز دارای مزایا و معایبی است که در راستای بررسی این فرضیه، این پژوهش به مطالعه هزینه‌ها و پیچیدگی‌های این فرایند می‌پردازد (شکل ۸).



شکل ۸. معایب و مزایای بام‌سبز (منبع: نگارندگان)

### ۳. روش پژوهش

در این پژوهش در ابتدا به منظور گردآوری داده‌های مورد نیاز از روش کتابخانه‌ای و اسنادی استفاده شد، که شامل مراجعه به کتب، مقالات و طرح‌های پژوهشی می‌شود. سایر اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق مصاحبه با متخصصان مرتبط در حوزه فضای سبز و جمع‌آوری داده‌های اقتصادی از بازار مسکن جهت برآورد قیمت هزینه‌ها در اجرا و نگهداری بام سبز بهره گرفته شده‌است.

### ۱.۳. منطقه مورد مطالعه\_ مشهد

شهر مشهد با ۳۲۸ کیلومتر مربع وسعت، دومین شهر بزرگ ایران است. آب و هوای این منطقه عموماً از معتدل تا سرد و خشک متغیر و دارای تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های بسیار سرد است [14]. نیاز آبی با توجه به شیوع روزافزون مشکلات کم‌آبی در منطقه مورد مطالعه و در سراسر جهان دغدغه ایست که، به موجب آن بام‌های سبز باید از گیاهانی استفاده کنند که مصرف آب کمتری دارند یا در حالت ایده‌آل نیازی به آبیاری ندارند. بطور کلی بام سبز در مناطق با مشکلات کمبود آب نامناسب هستند [34] & [33]. در مورد آبیاری و نگهداری بام‌های سبز باید توجه داشت که آبرسانی و نگهداری این بام‌ها به دلیل ارتفاع زیاد و موقعیت آن‌ها در بالای ساختمان بسیار دشوارتر از فضاهای سبز سطح زمین است. همچنین از نظر نیروی کار، امکانات و تجهیزات لازم برای آبیاری، زهکشی و عملیات تعمیر و نگهداری دلایل افزون دیگری است، که اجرای آن‌ها را چالش برانگیزی کند.

### ۴. یافته‌ها

#### ۱.۴ گیاهان

یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد بام‌سبز، نوع پوشش گیاهی کاشته‌شده در سطح آن است. همچنین نوع گیاه مورد استفاده در بام‌سبز نیز، باید با توجه به نوع دقیق بام انتخاب شود و انتخاب گیاه برای بام‌سبز تاثیر بسزایی در عملکرد سقف دارد [14]. تغییرات فصلی در مشهد منجر به استفاده انواع مختلفی از گیاهان در سطح سقف شده‌است. علاوه بر این، متأسفانه این شهر از مشکل کم‌آبی نیز رنج می‌برد، به این معنی که گیاهان باید در برابر تنش آبی به ویژه در تابستان مقاومت بالایی داشته‌باشند. با توجه به آب و هوای سرد و خشک منطقه، اولویت اصلی برای انتخاب گیاه، نیاز به نور خورشید و تحمل سرما است. براساس تحقیقات وحدتی مشهدیان و همکاران (۲۰۱۶)، سدوم قرمز<sup>۲</sup> مقاوم‌ترین گیاه در بین گیاهان مورد مطالعه در مشهد است [4]. گونه‌های سدوم بیشترین گیاهان رایج در بام سبز هستند [35]، زیرا آنها به شدت با محیط‌های خشک سازگار هستند [37] & [36]. هرچند انواع گیاهان فراوان هستند ولی بسته به شرایط محیطی (آب و هوا، باد، نور، خورشید و...) و بودجه کارفرما انتخاب گیاهان می‌تواند متغیر باشد. در این راستا شناخت گونه‌های گیاهی متداول در مشهد با توجه به ویژگی‌های آن‌ها در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. که رایج‌ترین گونه‌های گیاهی مورد استفاده در بام‌سبز در مشهد علاوه بر دلایل زیبایی‌شناسی، با توجه به نیاز به نور خورشید و تحمل سرما و میزان نیاز آبی شامل انواع رزماری، اسطوخودوس، بومادران، پاپیتال (در صورت وجود سایه)، یال اسبی، فستوکا، انواع پیچ از قبیل امین الدوله، گیلسین و باران‌طلایی و انواع گل‌های فصلی هستند. (جدول ۲).

جدول ۲<sup>\*</sup>: گیاهان مورد استفاده در بام سبز شهر مشهد (منبع: نگارندگان)

\*برآورد تمامی هزینه‌ها در این پژوهش براساس فهرست بهاء رشته واحد گونه‌های گیاهی و نهاده‌ها رشته فضای سبز و پارک‌ها در سال ۱۴۰۱ می‌باشد

| گیاهان                                       | ویژگی‌ها   | هزینه<br>(اصلی/بوته)        | تصویر   |
|--|--|-----------------------------|---|
| رزماری<br><i>Rosemarinus (officinalis)</i>   | نور: آفتاب کامل<br>نیاز آبی: متوسط<br>مقاوم به خشکی و یخبندان<br>رنگ: آبی، سفید، و صورتی     | ۲۵۰۰<br>-<br>۴۵۰۰<br>تومان  |  |
| بومادران<br><i>(Achillea tenuifolia Lam)</i> | نور: آفتاب کامل<br>نیاز آبی: پایین<br>حساس به سرما و مقاوم به خشکی<br>رنگ: زرد، صورتی و سفید | ۴۰۰۰<br>-<br>۱۲۰۰۰<br>تومان |  |

<sup>2</sup> Sedum acre

| گیاهان  | ویژگی ها  | هزینه<br>(اصله/پوته)        | تصویر   |
|---|---|-----------------------------|---|
| اسطوخودوس<br><i>Lavandula angustifolia</i><br>(Mill)  | نور: آفتاب کامل<br>نیاز آبی: پایین<br>مقاوم به سرما و خشکی<br>رنگ: آبی متمایل به بنفش   | ۲۵۰۰<br>-<br>۶۵۰۰<br>تومان  |    |
| یال اسبی<br><i>Ophiopogon japonicus</i>   | نور: آفتاب کامل-نیمه سایه<br>نیاز آبی: پایین<br>مقاوم به سرما<br>رنگ: سبز   | ۶۰۰۰<br>-<br>۲۲۰۰۰<br>تومان |    |
| فستوکا<br><i>Festuca ovina</i>  | نور: آفتاب کامل<br>نیاز آبی: آبیاری منظم<br>مقاوم به سرما<br>رنگ: در بهار آبی-نقره ای، در تابستان، آبی-سبز، در پاییز به رنگ سبز تیره، و در طول زمستان به آهستگی به رنگ سبز-قهوه ای  | ۴۵۰۰<br>-<br>۷۵۰۰<br>تومان  |   |
| انواع پیچ<br><i>Lonicera (امین الدوله)</i><br><i>(hildebrandiana)</i> گلپسین<br><i>(Wisteria Sinensis)</i> باران<br>طلایی ( <i>Koelreuteria</i> ) | مقاومت در برابر خشکی<br>نیاز آبی: پایین<br>همیشه سبز<br>رنگ گلپسین: آبی، بنفش و سفید<br>رنگ امین الدوله: زرد و سفید<br>رنگ باران طلایی: زرد و صورتی<br>گیاهان بالارونده/پیچ و رونده | ۶۵۰۰<br>-<br>۱۷۰۰۰<br>تومان |  |
| پاپیتال<br><i>(Hedera helix)</i>  | نیاز آبی: متوسط<br>نور: نیم سایه (سایه دوست)<br>رنگ: سبز تیره تا سبز مایل به خاکستری یا برگ‌های سبز و زرد (ابلق)<br>(همیشه سبز)<br>بالارونده و پوششی                                | ۲۰۰۰<br>-<br>۹۵۰۰<br>تومان  |  |
| اقاقیا چتری<br><i>(Robinia pseudoacacia)</i>  | نیاز آبی: متوسط<br>نور: آفتاب کامل، سایه آفتاب<br>رنگ: سبز روشن، سفید، قرمز و بنفش  | ۴۰۰۰<br>-<br>۲۰۰۰۰<br>تومان |  |
| سدوم قرمز<br><i>(Sedum acre)</i>  | نور: آفتاب کامل<br>نیاز آبی: پایین<br>مقاوم به سرما و خشکی<br>رنگ: سبز-قرمز   | ۴۲۰۰<br>-<br>۱۲۰۰۰<br>تومان |  |

ادامه جدول ۲: گیاهان مورد استفاده در بام سبز شهر مشهد (منبع: نگارندگان)

(\*\*برآورد تمامی هزینه‌ها در این پژوهش براساس فهرست بهاء رشته واحد گونه‌های گیاهی و نهاده‌ها رشته فضای سبز و پارک‌ها در سال ۱۴۰۱ می‌باشد)



**۲.۴. هزینه‌ها**

در این بخش هزینه‌های بام‌سبز از مرحله اجرا تا نگهداری، در طی مصاحبه با تعدادی از کارشناسان فضای سبز و بازار مسکن به منظور مشخص نمودن بحث‌های اقتصادی بام‌سبز در مشهد مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌است. در ابتدا طی مصاحبه‌ای که با کارشناسان مسکن صورت گرفت، حائز این نکته است، علاوه بر ارزش افزوده اقتصادی در صورت وجود بام سبز در مجتمع مسکونی، بام سبز از موارد مثبت در افزایش ارزش مسکن برای کارفرما است و بام‌های سبز می‌توانند اعتباراتی از جمله افزوده‌های اقتصادی در زمان فروش را علاوه بر اثرات زیست محیطی و انرژی برای مالکان ساختمان فراهم کنند [38]. بام‌های سبز یکی از مشاعات در مجتمع‌های مسکونی برای ساکنان هستند، که بطور متوسط هر مترمربع حدود ۱/۰۰۰/۰۰۰ تا ۳/۰۰۰/۰۰۰ میلیون تومان بر ارزش ملک در بازار مسکن به واسطه آن‌ها افزوده می‌گردد. دید و منظری که بام سبز برای افراد فراهم می‌کند نیز از عوامل اثرگذار در قیمت ملک می‌باشد.

جدول ۳. برآورد متوسط افزوده های اقتصادی بام سبز در بازار مسکن مشهد پائیز ۱۴۰۱ (منبع: نگارندگان)

| فروش                           |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| فاقد بام سبز (m <sup>2</sup> ) | با بام سبز (m <sup>2</sup> )       |
| ۰                              | ۱/۰۰۰/۰۰۰ - ۳/۰۰۰/۰۰۰ میلیون تومان |
| تومان                          |                                    |

با توجه به مصاحبه‌هایی که در این پژوهش با کارشناسان فضای سبز در مشهد صورت گرفت، مشخص گردید که بطور کلی برآورد هزینه‌ها در طراحی و اجرا بام‌سبز وابسته به عواملی مانند: مترائ، موقعیت بنا، مبلمان (آلاچیق، آبنما، باربیکیو و...)، نوع پوشش گیاهی، کیفیت و انواع مصالح مورد استفاده و میزان بودجه کارفرما و... دارند. اما به طور متوسط هزینه اجرا یک متر مربع بام سبز گسترده در مشهد با توجه به اینکه ظرفیت باربری سازه سقف در این نوع بام نیازی به افزایش ندارد، یا به عبارت دیگر، به طور قابل توجهی بار ساختمان را تغییر نمی‌دهد، مطلوبیت دارد، تقریباً بین ۱/۵۰۰/۰۰۰ تا ۲/۵۰۰/۰۰۰ میلیون تومان تخمین قیمت آن بادر نظر گرفتن پارامترهای جدول ۴ می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴: برآورد هزینه متوسط بام‌سبز در مشهد براساس نظرات کارشناسان فضای سبز (منبع: نگارندگان)

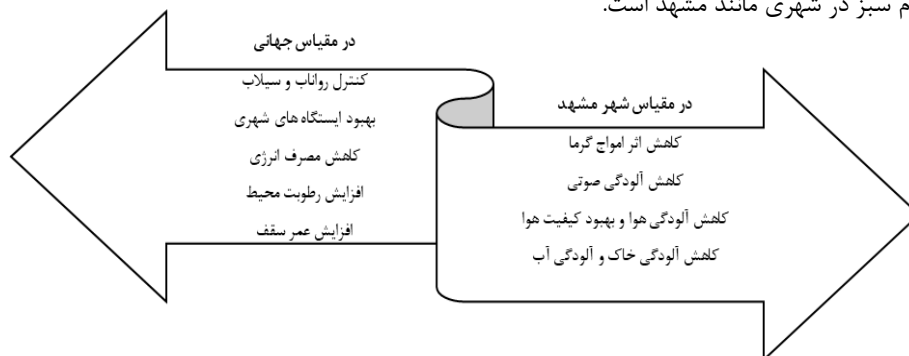
(\*\*برآورد تمامی هزینه‌ها در این جدول براساس پائیز ۱۴۰۱ می‌باشد)

| چمن طبیعی (m <sup>2</sup> )   | چمن مصنوعی + اجرا چسب (m <sup>2</sup> )               | خاک غنی شده مناسب کشت بام سبز (m <sup>3</sup> )      | گونه های گیاهی       | حمل از درب منزل تا بای کار (به ازای هر کارگر) | نگهداری تا زمان کاشت (به ازای هر روز) | مصالح (کفسازی) | نورپردازی | مبلمان (آبنما، آلاچیق، باربیکیو و...) |
|---|---|--|----------------------|---|---------------------------------------|----------------|-----------|---------------------------------------|
| ۴۵۰/۰۰۰ تومان   | ۴۰۰/۰۰۰ تومان   | ۳۸۰/۰۰۰ تومان  | متغیر                | ۴۵۰/۰۰۰ تومان                                 | ۴۵۰/۰۰۰ تومان                         | متغیر          | متغیر     | متغیر                                 |
| ۱/۵۰۰/۰۰۰ - ۲/۵۰۰/۰۰۰ - ۳/۵۰۰/۰۰۰ میلیون (هر متر به طور متوسط)                                    |   |  |                      |   |                                       |                |           |                                       |
| چمن زنی نیمسال اول هر ۲ هفته یکبار به ازای ۱۵۰m <sup>2</sup> )                                    | چمن زنی نیمسال دوم هر ماه به ازای ۱۵۰m <sup>2</sup> ) | کوددهی سالانه (m <sup>3</sup> )                      | آبیاری (lit)         | هر س کردن گیاهان                              | بازدید کارشناس فضای سبز (ماهانه)      |                |           |                                       |
| ۱۰۰/۰۰۰ تومان (ماهانه)  | ۴۵۰/۰۰۰ تومان (ماهانه)                                | هزینه کود: ۱۰۰/۰۰۰ - ۱۲۰/۰۰۰ تومان                   | وابسته به نوع گیاهان | به ازای هر روز (وابسته به نوع گیاهان)         | ۶۰۰/۰۰۰ تومان                         |                |           |                                       |
| ۶۰۰۰/۰۰۰ تومان (مجموع ۶ ماه اول)  | ۲/۷۰۰/۰۰۰ تومان (مجموع ۶ ماه دوم)                     | حق الزحمه باغبان برای کوددهی: ۴۵۰/۰۰۰ تومان          | متغیر                | ۴۵۰/۰۰۰ تومان                                 |                                       |                |           |                                       |
| ۱۰۰/۰۰۰ - ۳۰۰/۰۰۰ - ۱۰۰۰/۰۰۰ تومان (سالانه هر متر به طور متوسط)                                   |   |  |                      |   |                                       |                |           |                                       |
| تعویض گونه های فصلی هر ۲-۳ ماه یکبار توسط باغبان  | گونه های فصلی بهار و تابستان                          | گونه های فصلی و متغیر و وابسته به نوع و تعداد گیاهان |                      |   |                                       |                |           |                                       |
| ۴۵۰/۰۰۰ تومان (وابسته به نوع گیاهان)  |   |  |                      |   |                                       |                |           |                                       |
| متغیر   |   |  |                      |   |                                       |                |           |                                       |
| ۲/۵۰۰/۰۰۰ - ۳/۵۰۰/۰۰۰ - ۴/۵۰۰/۰۰۰ میلیون (هر متر به طور متوسط از اجرا تا یکسال پس از بهره برداری) |   |  |                      |   |                                       |                |           |                                       |

#### ۳.۴. موانع اقتصادی (مالی) در اجرا بامسبز

بام‌های سبز به صورت وسیع در ساختمان‌های تجاری به دلیل تکنیک‌های حفاظتی ایمن و کاربری آن‌ها، مناسب طراحی هستند، اما بام سبز در ساختمان‌های مسکونی معمولی، براساس گفته کارشناسان به دلیل محدودیت‌های اقتصادی، مقررات سختگیرانه و تکنیک‌های حفاظتی گران قیمت، دنبال نمی‌شود [15]. بنابراین هزینه بالا موثرترین عامل بازدارنده در اجرا بامسبز نسبت به بام معمولی است. در واقع هزینه ساخت، تعمیر و نگهداری بام سبز دغدغه اصلی ایست که افراد از احداث آن در ساختمان اجتناب می‌کنند. همچنین فقدان مالکیت و حریم خصوصی از دیگر عوامل این موانع است [9]. البته بخشی از این امر به خاطر هزینه پایین مواد به کار رفته (همانند قیر) در بام‌های معمولی است که به خاطر پایین بودن قیمت آن در ایران است. از سوی دیگر استحکام و کارایی بناها در نوع استقرار سیستم بامسبز و به تبع آن در قیمت تمام شده آن نیز عامل تعیین کننده ایست و همین امر سبب تحمیل هزینه‌های مازاد اجرا این سیستم می‌شود. به عبارت ساده‌تر به علت هزینه‌های اولیه و متعاقب اقتصادی و محیطی اولیه، سرمایه‌گذاری در این بخش در ابتدا کار، پرهزینه و غیراقتصادی شده و درک مزیت‌های آبی و بلند مدت آن را با مشکل مواجه کرده‌است. که برخی از مسائل اقتصادی بازدارنده ایجاد بام سبز عبارت است از:

- هزینه‌های متفاوت اجرا بام های سبز برپایه نوع، مصالح و محیط نسبت به بام‌های معمولی
  - ارزان بودن انرژی در ایران و عدم تمایل مصرف کنندگان در جهت کاهش هزینه‌های حامل های انرژی
  - نبود منابع مالی دولتی یا غیر دولتی با استفاده از نیروهای موجود
  - هزینه متفاوت نگهداری از بام‌های سبز در طول سال برای توسعه دهندگان نسبت به بام‌های معمولی
  - عدم ارائه تسهیلات مالی به توسعه دهندگان عمومی و خصوصی
  - عدم وجود طرح‌هایی با توجیه اقتصادی برای توسعه دهندگان بخش دولتی و خصوصی
  - هزینه‌های مازاد نگهداری از گیاه باتوجه به اقلیم مشهد
  - عدم اطلاع رسانی به بخش خصوصی در خصوص منافع سرمایه گذاری در این بخش و تبلیغ در جهت تشویق افراد
- در عین حال بام‌های سبز را نمی‌توان به طور دقیق از جنبه‌ی اقتصادی ارزیابی کرد، زیرا بعضی از منافعی که از این بام‌ها حاصل می‌شود مانند افزایش کارایی سیستم‌های کنترل سیلاب‌ها و صرفه‌جویی در مصرف انرژی که دو مورد از محسوس‌ترین فواید بام‌های سبز هستند، به صورت دقیق قابل ارزیابی اقتصادی نمی‌باشند. یکی از اثرات احتمالی فقدان آگاهی در مورد منافع اقتصادی درازمدت و مستقیم محسوس بام‌های سبز گسترده، به این علت است که هزینه‌ها بسیار بیش از مقداری که هستند خود را نشان می‌دهند و متعاقباً در بازار اقتصادی گرایش قابل ملاحظه‌ای به این تکنولوژی وجود ندارد. باید توجه داشت عمده هزینه‌های اجرایی بام‌های سبز، تامین ملزومات سازه‌ای بام‌هاست که میزان آن به نوع بامسبز و طراحی آن بستگی دارد. تنها در صورتی می‌توان از مزایای بام‌های سبز استفاده نمود و به پایداری و دوام آن امیدوار بود که در قالب برنامه‌های کلان توسعه پایدار و در شاخه سامانه سبز پیگیری و اجرا شود (شکل ۹). با وجود تمام مزایای گسترده زیست محیطی بام‌های سبز، بالا بودن هزینه‌های اجرایی نصب و راه اندازی، آبیاری و حفظ و نگهداری از فضای سبز این گونه بام‌ها، و در یک کلام مسائل اقتصادی مانع از آن است که این فناوری نوین جایگاه شایسته خود را در شهرهای پایدار معاصر پیدا کند. با همه این تفاسیر، شکل ۹ توسط رحیمی و همکاران نشان می‌دهد، که اثرات مثبت بام‌های سبز فراتر از شهر مشهد و در سطح جهانی هستند و در صورت اجرایی شدن آن در سطح کلان به دلیل ایجاد میکروکلیم و اثرات زیست محیطی فراوانش سبب توجیه اقتصادی احداث بام سبز در شهری مانند مشهد است.



شکل ۹. اثرات زیست محیطی بام سبز در مقیاس جهانی و شهری در مشهد [9]. (بازترسیم: نگارندگان)

## ۵. نتیجه گیری

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت، شهر مشهد با کمبود فضای سبز در محیط شهری مواجه شده است، حال آنکه با تبدیل بام‌های سیاه و زشت متداول در شهر به بام‌های سبز و فضای تفریحی موجب استفاده بهینه از بام می‌شود و راه حلی مناسب در پاسخ به نبود فضاهای سبز در جامعه شهری در حفظ پایداری محیط می‌باشد، اما با وجود تحقیقات متعددی که برای خاطر نشان نمودن مزایای بام سبز مانند کاهش اثر جزیره گرمایی، کاهش آلودگی صوتی و افزایش کیفیت هوا، افزایش طول عمر غشای سقف، مدیریت بارندگی و جلوگیری از سیل، حفظ انرژی و ایجاد تنوع زیستی شهر به مردم انجام شده است. با این حال معایب آن همچون؛ افزایش هزینه تعمیر و نگهداری، طراحی و اجرا و عدم وجود انگیزه برای توسعه دهندگان چند مانع در زمینه پذیرش و اجرای بام سبز هستند. در این راستا پوشش‌های گیاهی متداول بام سبز در مشهد با توجه به هزینه‌ها و ویژگی‌های سازگار با اقلیم مشهد نیز حائز اهمیت هستند، که رایج‌ترین گونه‌های گیاهی مورد استفاده در بام سبز در مشهد را می‌توان شامل انواع رزماری، اسطوخودوس، بومادران، پاپیتال (در صورت وجود سایه)، یال اسبی، فستوکا، انواع پیچ از قبیل امین الدوله، گیلسین و باران طلایی و انواع گل‌های فصلی برشمرد. با احتساب تمامی موارد بیان شده، هزینه بالا موثرترین عامل بازدارنده‌ایست که، افراد تمایلی به استفاده از بام سبز در مجتمع‌های مسکونی مشهد را ندارند. در واقع مهمترین علت عدم استقبال از بام سبز، هزینه ساخت، نگهداری و مراقبت از بام سبز و فقدان مالکیت و حریم خصوصی از جمله دغدغه اصلی این افراد است که بام سبز را انتخاب نمی‌کنند. تنها در صورتی که توسط نهادهای دولتی و خصوصی مساعدت‌هایی در این زمینه به کارفرمایان صورت گیرد و مقیاس استفاده از آن در سطح کلان در راستا ایجاد یک میکروکلیم، فارغ از جنبه‌های زیبایی شناسانه‌اش باشد، می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد.

## منابع

- [1] نهرلی، داوود و عبداللهی، مهدی و ولی بیگی، مجتبی. ۱۳۹۰. بررسی عوامل محدودکننده توسعه بام‌های سبز در ایران بر پایه تحلیل سلسله مراتبی. محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰، زمستان ۹۰، صفحه ۸۹-۹۸.
- [2] انصاری، مجتبی و کشتکار قلاتی، احمد رضا، ۱۳۸۵. بررسی چالش‌ها و عوامل مؤثر در عدم گسترش و توسعه بام‌های سبز در ایران، ماهنامه بین المللی راه و ساختمان، شماره ۶۲.
- [3] انصاری، مجتبی. کشتکار قلاتی. احمد رضا، نازی دیزجی، سجاد، ۱۳۸۹. توسعه سامانه بام سبز بر اساس معیارهای توسعه پایدار در ایران، هویت شهر، شماره ۶.
- [4] وحدتی مشهدیان، نوید و تهرانی فر، علی و کاظمی، فاطمه، ۱۳۹۵. ارزیابی مقاومت برخی گونه‌های گیاهی به سرما و خشکی برای کاربرد در بام‌های سبز گسترده در شرایط اقلیمی مشهد، فصلنامه علوم محیطی، دوره: ۱۴، شماره: ۴.
- [5] وفائی، مهدی و وفائی، مسعود و مرادی گلستانی، مرتضی، ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل ضرورت ایجاد بام سبز در مراکز کلانشهرها نمونه موردی: کلانشهر مشهد، هفتمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری با تاکید بر راهبردهای توسعه شهری، مشهد.
- [6] گلچین، پیمان. میرحسینی، سید امیرحسین، ۱۳۹۱. سبز بام‌ها و اهمیت آنها در فضای سبز شهری به عنوان ابزاری در جهت بهبود شرایط زیستی در کلان شهرها، همایش ملی جریان و آلودگی هوا
- [7] میرزابابایی، محمدجواد، ۱۳۹۵. بررسی تأثیر بام سبز بر مصرف انرژی در سیستم‌های سرمایشی ساختمان و کاهش آلاینده‌ها در شهر مشهد، پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی عمران. دانشکده مهندسی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- [8] سیدآبادی، محمدرضا، ۱۳۹۹. بررسی اثرات زیست محیطی اجرای بام سبز بر ردپای کربن و نگهداشت انرژی در ساختمان (مطالعه موردی: شهر مشهد)، پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی عمران. دانشکده مهندسی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- [9] Rahimi, R. Moeini Saleh, M. Adibhesami, Ma. Sepehri, B. Karimi, H. Hosseini, A. 2022, Researchers in Mashhad, Iran, are investigating how green roofs can enhance the quality of life in cities with arid climates, Nature-Based Solutions.
- [10] Almusaed, A., 2011. Biophilic and Bioclimatic Architecture: Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture. Springer Science & Business Media.
- [11] Almusaed, A., Almssad, A., Abdushaik, Z. K., Khalil, S., 2006. Biophilic architecture, the concept of healthy sustainable architecture. PLEA, 2006 - 23rd Int. Conf. Passiv. Low Energy Archit. Conf. Proc. 6\_8.
- [12] ENSR Corporation, 2006. United States Environmental Protection Agency region I, stormwater TMDL implementation support manual. ENSR Corporation, Virginia Beach.
- [13] Green Roofs Web, 2009. <http://www.ecohuddle.com/wiki/green-roofs>. Accessed 28 June (2009).
- [14] Seyedabadi, Mohammad Reza. Eicker, Ursula. Karimi, Saghar. 2021. Plant selection for green roofs and their impact on carbon sequestration and the building carbon footprint. Environmental Challenges.



- [15] V. Jittin, S.R., Tripti, A., Bahurudeen, R.J. Hammadhu .Cleaner construction of durable green rooftop in residential buildings with municipal water supply ., 2022, Cleaner Materials.
- [16] F. Abass, L.H. Ismail, I.A. Wahab, A.A. Elgadi, 2020 A review of green roof: definition, history, evolution and functions, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 713.
- [17] Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.K.Y., Rowe, B., 2007. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *Bioscience* 57, 823.
- [18] Al-musaed A ,2004. Intelligent sustainable strategies upon passive bioclimatic houses, *Arkitektsskole in Aarhus. Århus, Denmark*, pp 176–205
- [19] Carson, T.B., Hakimdavar, R., Sjoblom, K.J., Culligan, P.J., 2012. Viability of Recycled and Waste Materials As Green Roof Substrates. In: *GeoCongress 2012. American Society of Civil Engineers, Reston, VA*, pp. 3644–3653.
- [20] Hermann J-M ,et. al. ,2004. SIBERIA 2000—excursion report. <http://www.wzw.tum.de/vegoek/publikat/berichte/blv1/blv1.html>. Accessed 12 June 2009.
- [21] Rowe, B., 2010. Green roofs as a means of pollution abatement, *Journal of Environmental pollution*.
- [22] Thompson, P. 1998, “Green backs from Green Roofs” (GBGR), P. 49
- [23] Mahdiyar, Amir., Mohandes, Saeed Reza., Durdyev , Serdar., Tabatabaee ,Sanaz., Ismail , Syuhaida., 2020, Barriers to green roof installation: An integrated fuzzy-based MCDM approach., *Journal of Cleaner Production*.
- [24] Li, J., Wai, O.W.H., Li, Y.S., Zhan, J., Ho, Y.A., Li, J., Lam, E., 2010. Effect of green roof on ambient CO2 concentration. *Build. Environ.* 45, 2644–2651.
- [25] Castleton, H.F., Stovin, V., Beck, S.B.M., Davison, J.B., 2010. Green roofs; Building energy savings and the potential for retrofit. *Energy Build.* 42, 1582–1591.
- [26] Hilten, R.N., Lawrence, T.M., Tollner, E.W., 2008. Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D. *J. Hydrol.* 358, 288–293.
- [27] Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C., Liu, C., 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *J. Environ. Sci.* 20, 120–128.
- [28] Williams, N.S.G., Rayner, J.P., Raynor, K.J., 2010. Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Urban For. Urban Green.* 9, 245–251.
- [29] Rowe, D.B., 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. *Environ. Pollut.* 159, 2100–2110.
- [30] Wilkinson, S., Feitosa, R.C., 2015. Retrofitting housing with lightweight green roof technology in Sydney, Australia, and Rio de Janeiro, Brazil. *Sustain. Times* 7.
- [31] Teotonio, I., Cabral, M., Cruz, C.O., Silva, C.M., 2020. Decision support system for green roofs investments in residential buildings. *J. Clean. Prod.* 249. [32] Rickard, S. , 2011. *The New Ornamental Garden*. Csiro Publishing.
- [32] Sanmargaraja, S., Nair, J.S., Wee, S.T., Zhi, T.Z., 2019. Constraints of green roof system implementation in Malaysia. *AIP Conf. Proc.* 2157
- [33] Weinstein, G., 1999. *Xeriscape Handbook: A How-To Guide to Natural, Resource-Wise Gardening*. Fulcrum Publishing
- [34] Rickard, S. , 2011. *The New Ornamental Garden*. Csiro Publishing.
- [35] Dunnett, N., Kingsbury, N., 2008. *Planting Green Roofs and Living Walls*, second ed. Timber Press, Portland Oregon.
- [36] Gurevitch, J., Teeri, J.A., Wood, A.M., 1986. Differentiation among populations of *Sedum wrightii* (Crassulaceae) in response to limited water availability: water relations, CO2 assimilation, growth and survivorship. *Oecologia* 70, 198e204.
- [37] Cook-Patton, S.C., Bauerle, T.L., 2012. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: a literature review. *J. Environ. Manage* 106, 85e92.
- [38] Carter, T., Fowler, L., 2008. Establishing green roof infrastructure through environmental policy instruments. *Environ. Manage.* 42, 151–164.
- [39] <https://www.expositions-universelles.fr/1867-exposition%20universelle-paris.html>