

ارزیابی انطباق مجموعه فرهنگی رازی (ساختمان سبز) با استاندارد LEED و بهینه‌سازی و صرفه جویی در مصرف انرژی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۸

کد مقاله: ۶۳۰۹۲

مژگان شجری^{۱*}، محبوبه امینی^۲

چکیده

سازمان عمرانی شهرداری مناطق تهران پروژه‌های بزرگی در دست ساخت دارد. یکی از سیاست‌های زیست‌محیطی این سازمان ساخت ساختمان‌های سبز و سازگار با محیط‌زیست است. ساختمان‌های سبز با هدف کاهش مصرف انرژی، بازیافت آب، استفاده مجدد از مصالح سازگار با محیط زیست، استفاده مناسب از اقلیم منطقه و تامین آسایش و سلامتی کاربران ساخته می‌شود. مجموعه فرهنگی رازی که یکی از بزرگترین پروژه‌های فرهنگی جنوب تهران است در کنار برج تاریخی طغرل واقع شده است. هدف از این مطالعه ارزیابی انطباق پروژه فرهنگی رازی با استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) است. روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، روش‌های کیفی و کمی بودند که روش کیفی، نمونه‌گیری هدفمند گلوله برفی و روش کمی تهیه پرسشنامه‌ها بر اساس معیارها و شاخص‌های ساختمان سبز (LEED) بوده است که برای ارزیابی انطباق مجموعه فرهنگی رازی مورد استفاده قرار گرفته است. بررسی نتایج نشان داد که مجموعه فرهنگی رازی، ارزیابی انطباق با استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) را دارد، یعنی دارای فاکتورهای سبز می‌باشد. مجموعه فرهنگی رازی با کسب ۶۶ امتیاز از ۱۱۰ امتیاز در رتبه طلایی می‌تواند گواهینامه استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) را دریافت کند.

واژگان کلیدی: ساختمان سبز، استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED)، مجموعه فرهنگی رازی، برج طغرل، بام سبز

۱- دکتری محیط زیست، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران mojganshajari177@yahoo.com

۲- گروه کارشناسان ایران

امروزه تعداد و حجم ساختمان‌ها و سازه‌های مسکونی و تجاری مختلف در حال افزایش است. این رشد و توسعه در ساخت‌وساز نیازمند منابع انرژی است [۱]. در حال حاضر، منبع اصلی تامین انرژی در جهان سوخت‌های فسیلی هستند، که استفاده بیش از حد از آن‌ها باعث مشکلات متعدد و آسیب‌های زیست‌محیطی می‌شود. استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای (علت اصلی گرم شدن جهانی هوای کره زمین)، تغییر آب و هوا و نازک شدن لایه اوزون می‌شود که اثرات مخربی بر سلامت انسان دارد [۲]. مطالعات نشان داده‌اند که ۲۰ تا ۴۰ درصد از مصرف انرژی جهان صرف ساخت‌وساز و مدیریت ساخت‌وساز می‌شود [۲]. کاهش مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی غیرقابل برگشت در حال حاضر به عنوان یک استراتژی ملی در مدیریت انرژی برای کشورهای در حال توسعه در نظر گرفته می‌شود، که در میان آن‌ها ساختمان‌ها و ساخت‌وساز بالاترین اولویت را دارند [۳]. یکی از راه‌حل‌هایی که توسط کشورهای صنعتی در نظر گرفته شده است، توسعه ساخت‌وساز ساختمان‌های سبز (پایدار) است، که می‌تواند برای کاهش قابل توجه مصرف انرژی در بخش ساخت‌وساز به آن تکیه شود. سازندگان و طراحان به دنبال راهی برای به حداقل رساندن مصرف سوخت‌های فسیلی بودند و سرانجام در بحران انرژی سال ۱۹۹۱ ساخت و ساز از مرحله تحقیق و توسعه به واقعیت تبدیل شد و ساختمان سبز رسمی شد. در ساختمان سبز کلیه مراحل ساخت پروژه اعم از انتخاب پروژه، طراحی، تجهیز کارگاه، عملیات اجرایی، بهره‌برداری و نگهداری تا پایان چرخه عمر با رویکرد کاهش مصرف انرژی، دوام بالاتر و با در نظر گرفتن شرایط محیطی انجام می‌شود [۴]. ساختمان سبز دارای مزایایی از جمله استفاده از فناوری‌های جدید، بازگشت سرمایه، بهبود کیفیت هوای داخلی ساختمان، بهره‌وری انرژی، بهره‌وری آب، کاهش ضایعات و آلودگی‌های زیست محیطی، تنظیم دما، سبک زندگی سالم و تفریح و ایجاد رفاه برای ساکنین می‌باشد. برخی از عناصر سبز مورد استفاده در ساختمان‌های سبز شامل استفاده از بام سبز و انرژی خورشیدی، استفاده از توربین‌های بادی، تصفیه‌کننده‌های بیولوژیکی فاضلاب، مسیرهای هدایت نور طبیعی به ساختمان، جمع‌آوری آب باران برای خنک‌سازی ساختمان، استفاده از سیستم‌های انرژی هوشمند برای روشنایی و تهویه کارآمد و استفاده از مواد تجدیدپذیر و قابل بازیافت می‌باشد. مطالعات نشان داده است که در یک ساختمان سبز میانگین صرفه جویی انرژی ۳۰ درصد، کاهش انتشار کربن ۳۵ درصد، کاهش مصرف آب ۳۰ تا ۵۰ درصد و کاهش تولید زباله ۵۰ تا ۹۷ درصد است. از معایب ساختمان سبز می‌توان به هزینه اولیه بالا، عدم دسترسی به مصالح، نیاز به زمان بیشتر برای ساخت و نیاز به نیروی کار ماهر اشاره کرد. ساختمان‌های سبز در سراسر جهان بسیار محبوب هستند و سیاست‌مداران باید مقررات اجباری را اتخاذ کنند و چارچوبی برای توسعه ساختمان سبز در برنامه‌ریزی شهری داشته باشند [۴]. تعداد زیادی از سیستم‌های رتبه‌بندی، دستورالعمل‌ها، پروتکل‌ها و استانداردهای مربوط به ساختمان سبز در بیست سال گذشته توسعه یافته‌اند و حدود ۶۰۰ روش در دسترس است [۵، ۶]. روش‌های موجود عبارتند از روش ارزیابی زیست‌محیطی موسسه تحقیقاتی ساختمان (BREEAM)، در بریتانیا، سیستم ارزیابی جامع برای بازده محیطی ساخته شده (2CASBEE) در ژاپن، رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED)، در ایالات متحده و غیره، رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) پرکاربردترین روش سیستم رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز در جهان است [۷].

در ایران هم یک مدل ارزیابی ساختمان سبز و پایدار تحت عنوان سیستم سرو سبز ایران (FIGBRS) ارائه شده است [۸]. استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) در مقایسه با روش ایرانی از فرایند ساده‌ای جهت امتیازدهی استفاده می‌کند محاسبه امتیاز کل در استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) با روش ساده جمع زدن امتیاز موارد مختلف بدون وزن دهی صورت می‌گیرد و در آن رتبه نهایی بر اساس مجموع امتیازات صورت می‌گیرد. رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) استاندارد ملی ایالات متحده برای ارزیابی ساختمان سبز است که توسط جامعه بین‌المللی نیز پذیرفته شده است. رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) یک ابزار داوطلبانه ارزیابی ساختمان سبز است، رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) کاملاً جامع است و انواع ساختمان‌ها اعم از مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی، بیمارستانی و غیره را پوشش می‌دهد. رتبه‌بندی برای یک ساختمان را با ۸ معیار بهره‌وری آب، مواد و منابع، کیفیت محیطی داخلی، سایت پایدار، نوآوری در طراحی، مکان یابی و حمل و نقل و اولویت منطقه‌ای می‌توان انجام داد. گواهینامه رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) شامل سیستم‌های امتیازدهی برای ساخت، طراحی و بهره‌برداری از ساختمان سبز و عملکرد برتر در ساختمان سبز است. روش‌ها یا فناوری‌های مورد استفاده در ساخت و ساز سبز از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است [۹]. هدف از این مطالعه ارزیابی انطباق ساختمان سبز مجموعه فرهنگی رازی با معیارهای استاندارد رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) و استفاده از سیستم رتبه‌بندی برای تعیین امتیاز سبز بودن مجموعه فرهنگی رازی و ارائه راهکاری برای صرفه جویی در مصرف انرژی در ساختمان می‌باشد.

1 Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

2 Comprehensive Assessment System for Building Environment Efficiency

3 Leadership in Energy and Environment Design

4 Iranian Green Building Rating System

باشد. یکی از برجسته ترین نوآوری های به کار رفته در این پروژه، اتصال این مجموعه فرهنگی رازی با اثر تاریخی بسیار ارزشمند (برج طغرل) از طریق مسیر پیاده روی برج تا پشت بام مجموعه فرهنگی رازی است.

۲- پیشینه تحقیق

-در مقاله ای با عنوان معیار مصرف انرژی از طریق طرح های ارزیابی زیست محیطی ساختمان ها، نتایج نشان داد که مبانی ارزیابی هر پنج روش (LEED)، (CASBEE)، (ESGB)، (BREEAM) و (BEAM) به یکدیگر نزدیک بوده و استاندارد رهبری انرژی و طراحی محیطی از انعطاف پذیری کمتری نسبت به بقیه برخوردار است [۱۰].

- در مقاله ای با عنوان ارزیابی پایداری محله، توسط سه سیستم ارزیابی در ایالات متحده، بریتانیای کبیر و ژاپن، نتایج نشان داد که در استانداردهای (LEED)، (CASBEE) و (BREEAM)، جنبه های اجتماعی، اقتصادی و مرسوم به اندازه کافی در تئوری و عمل پوشش داده نشده اند [۱۱].

- مقاله ای با عنوان تاثیر گواهی نامه ساختمان سبز بر تمایل مستأجران بالقوه به اجاره فضا در یک ساختمان، نتایج نشان داد که سناریوی اجاره آپارتمان دارای گواهی نامه ساختمان سبز افزایش یافته و با افزایش درجه گواهی نامه ساختمان سبز، تمایل مستأجران به اجاره افزایش نیافته است [۱۲].

- در مقاله ای با عنوان استفاده از سیستم رتبه بندی (LEED) برای بهبود سلامت جمعیت، نتایج نشان داد که راهنمایی و تشویق برای افزایش استفاده از ساختمان های تایید شده به عنوان یک ابزار ارتقا سلامت می تواند موثر باشد [۱۳].

۳- روش تحقیق

روش تحقیق به صورت کیفی و کمی بوده و نمونه گیری در روش کیفی، نمونه گیری هدفمند متوالی (گلوله برفی) بوده است [۱۴]. استفاده از روش اشباع در روش کیفی تحقیق، به عنوان استاندارد طلایی در پایان نمونه گیری در نظر گرفته شده است. پرسشنامه ها بر اساس معیارها و شاخص های استاندارد ساختمان سبز تهیه و در اختیار کارفرمایان، مدیران و مهندسين مشاور پروژه جهت امتیازدهی قرار گرفت و از بهترین منابع اطلاعاتی مانند مشاهدات میدانی، عکس، مصاحبه با کارشناسان و منابع مکتوب جهت نگارش تحقیق استفاده شده است. در نهایت وضعیت مجموعه فرهنگی رازی با ارزیابی انطباق این پروژه با استاندارد (LEED) تعیین شد. میانگین نقاط به دست آمده محاسبه و وضعیت پروژه و گواهی سبزی که این پروژه می تواند دریافت کند تعیین شد.

۳-۱- اطلاعات پروژه

مجموعه فرهنگی رازی که یکی از بزرگترین پروژه های فرهنگی جنوب تهران است در کنار برج تاریخی طغرل واقع شده است. ارتفاع بناهای این مجموعه با محوریت نمای برج طغرل طراحی شده و معماری آن برگرفته از این بنای تاریخی به جای مانده از قرن چهارم (معماری رازی) است. مجموعه فرهنگی رازی به دلیل قرار گرفتن در میان آثار تاریخی و مذهبی از جمله شیخ الصدوق، چشمه علی و برج طغرل از اهمیت بالایی برخوردار است. برج طغرل به مساحت ۴۸ متر مربع به صورت استوانه ای آجری و به سبک معماری رازی ساخته شده است. یکی از ویژگی های جالب و منحصر به فرد برج طغرل استفاده از آن به عنوان ساعت آفتابی عظیم است. یکی دیگر از ویژگی های جالب برج طغرل انعکاس صدا در فضای داخلی آن است. برج دارای دو در هلالی شکل است و در داخل این دو فضای مدور وجود دارد که نقطه مرکزی این بنا محل سخنرانی بزرگان و پادشاهان بوده است. مرکز این برج به نوعی است که با قرار گرفتن در آن انعکاس صوت رخ می دهد و حتی صدا خارج از درهای ورودی برج نیز به گوش می رسد و پژواک صوت با دور شدن از مرکز برج ناپدید می شود. این ویژگی برج به دلیل فضاهای خالی مربع شکلی است که در اطراف دیوار داخل برج وجود دارد. این فضاهای خالی باعث پژواک و برگشت صدا، تهویه هوا و جلوگیری از پوسیدگی برج شده است. یکی دیگر از کاربردهای منسوب به برج طغرل، افروختن آتش در بالای آن و راهنمایی مسافران جاده ابریشم در شب های تاریکی بود که از خراسان می آمدند. کاربرد دیگر این برج رصدخانه ای است که سقف آن برای نجوم استفاده شده است و گفته می شود که برج دیده بانی در جاده ابریشم بوده است [۱۵]. مجموعه فرهنگی رازی در زمینی به مساحت ۴۱۵۰۰ متر مربع و زیربنای ۳۱۵۰۰ متر مربع در منطقه ۲۰ جنب برج تاریخی طغرل واقع شده است. این مجموعه از سه بخش فرهنگی، تجاری و تاریخی تشکیل شده است. مجموعه فرهنگی رازی شامل بام سبز، موزه، تئاتر محلی، نمایشگاه صنایع دستی، سینما و سالن کنفرانس، کتابخانه و کارگاه، مجموعه رستوران ها و کافی شاپ ها، محوطه تاریخی و برج طغرل است. مجموعه فرهنگی رازی دارای ۱۰ بلوک A، B، C، D، F، J، I، K، سازه مشبک و یک پل G می باشد. با توجه به اینکه این مجموعه به سبک معماری

¹ Building Environmental Assessment Method

رازی ساخته شده است، در لابی بلوک D انعکاس صدا وجود دارد و از این نظر شبیه برج فطرنل است. پروژه مجموعه فرهنگی رازی یکی از بزرگترین پروژه های سازمان عمرانی مناطق شهرداری تهران است.



تصویر ۱: نمایی از مجموعه فرهنگی رازی در منطقه ۲۰ تهران

۳-۲- بررسی معیارها و شاخص های معماری سبز در استاندارد بین المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED)

۳-۲-۱- انرژی و اتمسفر

یکی از مهم ترین اهداف ساختمان سبز کاهش انرژی مصرفی گرمایش، سرمایش و انرژی الکتریکی و همچنین افزایش بهره وری انرژی ساختمان است. به منظور کاهش مصرف انرژی و ایجاد ساختمان های سبز، طراحان ساختمان باید اتلاف انرژی در ساختمان را کاهش دهند. در ارتباط با این معیار می توان به شاخص های راه اندازی بهبود یافته، بهینه سازی عملکرد انرژی، اندازه گیری پیشرفته انرژی، پاسخ به تقاضا، تولید انرژی تجدید پذیر، مدیریت مصرف پیشرفته، توان سبز و غیره اشاره کرد. در نتیجه راه حل موجود استفاده از پنجره های با کارایی بالا و عایق کاری دیوارها، سقف و کف ساختمان است. استراتژی مورد استفاده مهندسین انرژی در ساخت ساختمان های سبز، طراحی ساختمان با در نظر گرفتن زوایای خورشیدی است که اغلب در ساختمان هایی با بهره وری انرژی اجرا می شود. در این ساختمان ها موقعیت پنجره ها، دیوارها، ایوان ها، سایبان ها و درختان باید به گونه ای باشد که در تابستان سایه و در زمستان حداکثر بهره از انرژی خورشیدی را فراهم کنند. علاوه بر این، مکان مناسب برای پنجره ها می تواند باعث افزایش نور روز و کاهش مصرف برق شود [۱۶]. ساده ترین روش تهویه هوا، تهویه طبیعی است که با باز کردن پنجره ها امکان پذیر است. علاوه بر این، وجود فضای سبز در تراس یا داخل ساختمان نیز می تواند باعث تهویه هوا و کاهش نیاز به سیستم تهویه و در نتیجه صرفه جویی در مصرف انرژی شود [۱۷]. گونه های گیاهی که در تراس کاشته می شوند باید با توجه به شرایط باد، نور خورشید، سایه و بارندگی انتخاب شوند [۱۸]. پوشش گیاهی اطراف ساختمان به عنوان یک عامل خنک کننده در نظر گرفته می شود. تبخیر توسط پوشش گیاهی و فضای سبز اطراف ساختمان و همچنین انعکاس نور و یا جذب آن توسط فضای سبز باعث کاهش دمای اطراف ساختمان و کاهش مصرف انرژی می شود. کلمه بام سبز برای سقف هایی استفاده می شود که مفاهیم «معماری سبز» مانند پنل های خورشیدی یا پنل های فتوولتائیک را در نظر می گیرند. سقف شامل عایق بتنی حرارتی، پوشش ضد آب، ماسه و درزگیر می باشد. پروژه های بام سبز نیاز به مصالح و عناصری دارند که قادر به حفظ، تخلیه رطوبت و نگهداری گیاهان مطابق با استانداردهای تعریف شده در ساختمان باشند. بام سبز سقفی است که قسمتی از آن یا تمام آن با پوشش گیاهی و خاک یا با محیط رشد پوشیده شده است. تنوع گیاهی چنین ساختاری را می توان از چمن مصنوعی پشت بام تا روف گاردن که با گیاهان مورد استفاده در طراحی منظر پوشانده شده است، پوشش داد. روف گاردن به گیاهانی نیاز دارد که بتوانند شرایط سخت و بی جان سقف را تحمل کنند و در برابر یخ زدگی و کم آبی طوفان و غیره مقاومت داشته باشند. نوع گیاهان انتخاب شده بسته به نوع اقلیم و شرایط آب و هوا متفاوت است. نقش اصلی بام سبز مدیریت آب باران، کاهش اثرات گازهای گلخانه ای، تنوع زیست محیطی موجودات زنده شهری (گیاهان و جانوران)، جلوگیری از اشعه ماوراء بنفش به ساختمان، کاهش نفوذ تابش الکترومغناطیسی، بهبود و نرم شدن هوا، کاهش دما، اعتدال هوای گرم، جلوگیری از آتش سوزی ساختمان ها، بهبود کیفیت اقلیم، ایجاد مناظر زیبای شهری، تهویه مطبوع و مطلوبیت فضاهای شهری، پاکیزگی و کاهش آلودگی هوا، ذخیره انرژی، کاهش آلودگی صوتی، کاهش هزینه های مربوط به حفظ و تعویض سقف ساختمان، ایجاد محیطی آرام در مناطق شلوغ شهری و افزایش فضاهای جدید برای تفریح می باشد [۱۸، ۱۹].

۳-۲-۲- بهره وری آب

آب یکی از منابع تجدید پذیر می باشد. از آب در ساختمان ها برای تامین امکانات گرمایشی، سرمایشی و آبیاری استفاده می شود. میزان مصرف آب زیاد است و میزان این منبع ارزشمند محدود می باشد. ذخایر آب زمین که ۷۱ درصد است و تنها ۳ درصد از آن قابل شرب است و ۶۸ درصد آن باید برای استفاده پردازش شود [۲۰]. در ساختمان سبز توجه ویژه ای به مصرف آب می شود. در رابطه با این معیار می توان به شاخص های کاهش مصرف آب در فضای باز، کاهش مصرف آب داخل ساختمان، مصرف

آب برج خنک کننده و اندازه گیری آب اشاره کرد. استفاده از سیستم های نظارت بر نشتی و تجهیزات کم مصرف آب مانند شیرهای محدود کننده جریان آب، استفاده از آب باران و آب خاکستری که همگی می توانند در کاهش مصرف آب موثر باشند [۲۱].

۳-۲-۳- مواد و منابع

علاوه بر مصرف انرژی و آب، استفاده از مواد و منابع می تواند اثرات مخربی بر محیط زیست داشته باشد در ارتباط با این معیار می توان به شاخص های کاهش تاثیر چرخه عمر ساختمان اشاره کرد. بهینه سازی مواد و منابع ساختمان - مواد و منابع زیست محیطی، بهینه سازی مواد و منابع ساختمان - منبع مواد خام، بهینه سازی مواد و منابع ساختمان - مواد تشکیل دهنده، مدیریت پسماندهای ساختمانی و تخریب اشاره کرد. اثرات مواد و منابع را می توان با استفاده از مواد بازیافتی، استفاده از مواد تجدید پذیر و بهره وری مواد بهبود بخشید. استفاده از کاشی و سرامیک و مواد عایق در سقف ها و دیوارهای خارجی، سیمان و بتن برای استفاده در اجزای مختلف ساختمان می تواند موثر باشد. قاب پنجره و سیستم شیشه نیز بسیار مهم است [۲۲]. استفاده از چوب در داخل و خارج ساختمان بسیار مفید است زیرا ماده ای تجدید پذیر است و از جمله مصالح قابل بازگشت به طبیعت محسوب می شود و کمترین رد پای اکولوژیکی را دارد و رد پای کربن آن منفی است [۲۳].

۳-۲-۴- کیفیت محیط داخلی

کیفیت فضای داخلی یکی از مهم ترین معیارها برای سنجش سرسبزی ساختمان است. کیفیت فضای داخلی به طور مستقیم با سطح سلامت و بهره وری انسان ها در ارتباط است [۲۴]. برای بررسی این معیار، شاخص هایی مانند آسایش حرارتی، نور روز، روشنایی داخلی، استراتژی های بهبود کیفیت هوای داخل ساختمان، طرح مدیریت کیفیت هوای داخل ساختمان، ارزیابی کیفیت هوای داخل ساختمان، عملکرد صوتی، نماهای با کیفیت و مواد کم انتشار مورد نیاز است. آسایش حرارتی ساختمان به ترکیب مصالح پوشش ساختمان مانند (فنداسیون، دیوارهای بیرونی، پنجره، سقف و غیره) مرتبط می شود [۲۵]. علاوه بر راحتی حرارتی، راحتی نور نیز یکی از شاخص های رضایت کاربران است. نورپردازی داخلی با عواملی مانند پنجره، سیستم سایبان و غیره مرتبط است. یکی از شاخص ها، کیفیت هوای داخل ساختمان در طراحی یک ساختمان است، که برای تامین هوای تازه عاری از هوای آلوده خارج از ساختمان ضروری است [۲۶]. ویژگی های صوتی یک ساختمان به طور قابل توجهی بر بهره وری کاربران تأثیر گذار است. عواملی مانند دیوارهای بیرونی، پارتیشن های داخلی، پنجره ها، سقف ها و کف ها همگی عواملی هستند که میزان راحتی صدا را در ساختمان تعیین می کنند [۲۷]. آسایش بصری نیز یکی از شاخص هایی است که می تواند در میزان بهره مندی کاربران از فضا موثر باشد [۲۸].

۳-۲-۵- سایت پایدار

شاخص ها در معیار سایت پایدار از جمله ارزیابی سایت، توسعه سایت یا بازسازی زیستگاه، فضای باز، مدیریت آب باران، کاهش گرمایش جزیره ای و کاهش آلودگی نوری از اهمیت زیادی برخوردارند [۲۹]. شاخص مدیریت آب باران یکی از شاخص های مهم در معیار سایت پایدار است، یکی از سیستم های مدیریت آب باران، بام سبز است که می تواند میزان رواناب در ساختمان را کاهش دهد [۳۰]. شاخص مهم دیگر کاهش اثر جزیره ای گرما است که سطح ساختمان، دیوارهای بیرونی و بام سبز نقش موثری در کاهش اثر جزیره ای ایفا می کنند [۳۱]. شاخص های توسعه فضای باز و محوطه - حفاظت یا احیای زیستگاه و کاهش آلودگی نوری نیز از شاخص های مهم در این معیار هستند.

۳-۲-۶- مکان و حمل و نقل

معیار مکان و حمل و نقل شامل شاخص های توسعه محله بر اساس استاندارد بین المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED)، حفاظت از زمین های حساس، مکان های با اولویت بالا، دسترسی به حمل و نقل با کیفیت، امکانات دوچرخه سواری، کاهش رد پای پارکینگ، تنوع کاربری و دسترسی به حمل و نقل سبز است.

۳-۲-۷- نوآوری در طراحی

این معیار با هدف نوآوری در طراحی برای دستیابی به سطح بالایی از عملکرد تعیین شده است.

۳-۲-۸- اولویت منطقه ای

اولویت منطقه ای یکی از معیارهای مهم استاندارد بین المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) است.

۳-۳- امتیاز دهی

همانطور که گفته شد برای ارزیابی انطباق مجموعه فرهنگی رازی از استاندارد بین المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED)، استفاده شده است. پرسشنامه ها بر اساس معیارها و شاخص های استاندارد ساختمان سبز تهیه شد. سپس پرسشنامه توسط کارفرمایان پروژه، مدیران و مهندسين مشاور برای نظرسنجی تکمیل شد. تعداد معیارهای این استاندارد ۸ عدد و تعداد

شاخص ها ۵۷ عدد بود که البته برخی شاخص ها پیش نیازهایی بودند که باید ساختمان از این پیش نیازها برخوردار باشد تا امکان سبز بودن آن را با این استاندارد بررسی گردد.

جدول ۱: معیارها و شاخص های ساختمان سبز (ماخذ: LEED_{v4}, ۲۰۲۳)

Energy and Atmosphere	33
Prereq	Fundamental Commissioning and Verification
Prereq	Minimum Energy Performance
Prereq	Building-Level Energy Metering
Prereq	Fundamental Refrigerant Management
Credit	Enhanced Commissioning 6
Credit	Optimize Energy Performance 18
Credit	Advanced Energy Metering 1
Credit	Demand Response 2
Credit	Renewable Energy Production 3
Credit	Enhanced Refrigerant Management 1
Credit	Green Power and Carbon Offsets 2
Water Efficiency	11
Prereq	Outdoor Water Use Reduction
Prereq	Indoor Water Use Reduction
Prereq	Building-Level Water Metering
Credit	Outdoor Water Use Reduction 2
Credit	Indoor Water Use Reduction 6
Credit	Cooling Tower Water Use 2
Credit	Water Metering 1
Materials and Resources	13
Prereq	Storage and Collection of Recyclables
Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning
Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction 5
Credit	Building Product Disclosure and Optimization – Environmental Product Declarations 2
Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials 2
Credit	Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients 2
Credit	Construction and Demolition Waste Management 2
Indoor Environmental Quality	16
Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance
Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies 2
Credit	Low-Emitting Materials 3
Credit	Construction Indoor Air Quality Management Plan 1
Credit	Indoor Air Quality Assessment 2
Credit	Thermal Comfort 1
Credit	Interior Lighting 2
Credit	Daylight 3
Credit	Quality Views 1
Credit	Acoustic Performance 1
Sustainable Sites	10
Prereq	Construction Activity Pollution Prevention
Credit	Site Assessment 1
Credit	Site Development - Protect or Restore Habitat 2
Credit	Open Space 1
Credit	Rainwater Management 3
Credit	Heat Island Reduction 2
Credit	Light Pollution Reduction 1
Location and Transportation	16
Credit	LEED for Neighborhood Development Location 16
Credit	Sensitive Land Protection 1
Credit	High Priority Site 2

Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
Credit	Access to Quality Transit	5
Credit	Bicycle Facilities	1
Credit	Reduced Parking Footprint	1
Credit	Green Vehicles	1
Innovation		6
Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1
Regional Priority		4
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
TOTALS	Possible Points:	110

Certified: 40 to 49 points, Silver: 50 to 59 points, Gold: 60 to 79 points, Platinum: 80 to 110

۴-۳- بهینه‌سازی و ذخیره‌سازی انرژی

مساحت سقف بلوک‌های K، J ۱۹۳۶،۲۳ متر مربع، بلوک‌های F، I، ۱۵۸۹،۵۶ متر مربع و بلوک D، ۵۱۱۴،۹۱ متر مربع است و ۷۰ درصد از مساحت را می‌توان برای نصب پنل‌های خورشیدی استفاده کرد. بنابراین برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در مجموعه فرهنگی رازی می‌توان پنل خورشیدی نصب کرد. این امر می‌تواند نقش مهمی در بهینه‌سازی مصرف انرژی و تامین مالی برق شهری داشته باشد. مجتمع فرهنگی رازی برای تامین برق از برق شهری استفاده می‌کند و میزان برق مصرفی شهری حدود ۲ مگاوات می‌باشد که شامل پست پاساژ با ترانس ۱۲۵۰ کیلووات و پست فشرده با ترانس ۱۰۰ کیلووات می‌باشد. منابع برق اضطراری شامل دیزل ژنراتورهای ۷۵۰ و ۲۵۰ کیلوواتی است که در صورت قطع برق حدود ۴۰ درصد پروژه را تامین می‌کند.

۴-۴- نتایج

معیارهای استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) در مجموعه فرهنگی رازی بررسی و عوامل سبز این پروژه شناسایی شد. در رابطه با ضوابط انرژی و اتمسفر، بررسی عوامل سبز نشان داد که سقف و دیوارهای مجموعه فرهنگی رازی عایق کاری بوده و در نمای ساختمان از پنجره‌های سکوریت اسپایدر استفاده شده است که دو جداره و عایق هستند. در طراحی مجموعه فرهنگی رازی زوایای خورشیدی در نظر گرفته شده است که نتیجه آن سایه اندازی در تابستان و گرفتن گرما در زمستان است. وجود تراس و ایوان در مجموعه فرهنگی رازی در ذخیره انرژی در تابستان و زمستان موثر است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد وجود ایوان‌ها و تراس‌ها باعث می‌شود انرژی کمتری برای گرمایش و سرمایش مصرف شود و دمای هوای ساختمان در تابستان کمتر و در زمستان بیشتر از ساختمان‌های بدون تراس است [۳۲]. در بلوک‌ها امکان نورپردازی از محیط اطراف وجود دارد و برای بلوک D نیز نورگیر تعبیه شده است که باعث کاهش مصرف انرژی در روز شده است. طراحی تراس با پوشش گیاهی و وجود پوشش گیاهی در فضای داخلی مجموعه فرهنگی رازی می‌تواند باعث تهویه هوا و در نهایت کاهش مصرف انرژی توسط سیستم تهویه شود. در این مجموعه از چیلرهای جذبی با راندمان بالا با مبرد گاز لیتیوم بروماید استفاده شده است که انتشار آن مشکلی برای لایه ازن در محیط ایجاد نمی‌کند. چیلر جذبی آب را خنک کرده و با استفاده از منابع حرارتی در یک چرخه دائمی به نام چرخه جذب، آب خنک را به واحدهای تهویه مطبوع می‌فرستد. البته در داخل مجموعه فرهنگی سیستم تهویه به صورت واحد پکیج وجود دارد که در صورت مناسب بودن تهویه هوا نیاز به استفاده از آن کاهش یافته و متعاقباً مصرف انرژی کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان داده است که از طریق پوشش گیاهی اطراف ساختمان، مصرف انرژی تا ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که محوطه‌سازی به ایجاد یک ریزاقلیم در اطراف ساختمان کمک می‌کند، اثرات آن می‌تواند فراتر از محدوده ساختمان باشد و تأثیر مثبتی بر اقلیم کلان منطقه داشته باشد ۲۱ مجموعه فرهنگی رازی در بلوک‌های A، B و C دارای بام سبز پیاده محور است، دقیقاً همان مسیری که می‌توان از برج طغرل تا مجموعه فرهنگی رازی را پیاده طی کرد. در بام سبز مجموعه فرهنگی رازی پس از شیب بندی جهت هدایت آب از لایه ایزوگام استفاده شده است. روی این لایه ایزوگام از یک لایه ضد ریشه استفاده شده که عایق نیز بوده و از پاره شدن ایزوگام در اثر رشد ریشه گیاه جلوگیری می‌کند. از عایق XPS بر روی لایه قبلی استفاده شده است که هر سه خاصیت عایق حرارتی، عایق صوتی و عایق رطوبتی را دارد و این ویژگی خاص، عایق XPS را از سایر عایق‌های موجود متمایز می‌کند. روی سطح عایق XPS یک لایه فیلتر وجود دارد که یک توری نازک است و یک شانه تخم مرغی روی فیلتر وجود دارد که آب در آن ذخیره می‌شود و گیاهان می‌توانند از آن استفاده کنند. سپس از یک لایه ژئوتکستایل استفاده شده است که علاوه بر حفظ رطوبت، به عنوان عایق رطوبتی محافظ نیز عمل کرده و در داخل آن لوله های آبرسانی وجود دارد که آب را به تمام زون های سقف رسانده است و در نهایت خاک گیاهی روی بام را پوشانیده است. این بام

سبز با توجه به شرایط اقلیمی دارای گونه‌های گیاهی بومی است که توسط شهرداری تهران تهیه شده است. تحقیقات نشان داد که بام‌های سبز مصرف انرژی خنک کننده را بین ۱۴/۸ تا ۱۹/۵ درصد می‌تواند کاهش دهند. تحقیقات نشان داد که بام سبز شرایط محیطی را بین ۶/۷ تا ۷ درصد بهبود بخشیده است [۳۳].

همانطور که قبلاً ذکر شد مجموعه فرهنگی رازی دارای بام سبز است و امکان نصب پنل‌های خورشیدی در بلوک های D، F، I، J و K وجود دارد که می‌تواند مصرف انرژی در مجموعه را کاهش دهد. در اطراف محیط سبز طراحی شده بین کتابخانه و بخش تجاری، مجموعه ای از چراغ های خورشیدی تعبیه شده است که می‌تواند در کاهش مصرف انرژی موثر باشد. به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی، راه حل های موثر شامل استفاده از انرژی خورشیدی فعال، غیرفعال و استفاده از بام سبز در ساختمان ها و استفاده از مدیریت هوشمند ساختمان بیان شده است [۳۴]. بررسی نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد که در معیار انرژی و اتمسفر، شاخص عملکرد انرژی بهینه بالاترین امتیاز را کسب کرده است. در رابطه با معیار بهره‌وری آب، بررسی عوامل سبز نشان داد که در مجموعه فرهنگی رازی به دلیل وجود بام سبز مدیریت بارندگی صورت گرفته است. علاوه بر این به دلیل وجود پوشش گیاهی در مجموعه فرهنگی رازی، آب باران در این قسمت مصرف شده و آب باران به سمت حوضچه‌ها هدایت شده است. در داخل ساختمان آب انبارهایی تعبیه شده است که آب آن از طریق شهرداری تامین شده و از این آب برای آبیاری فضای سبز تراس و پوشش گیاهی موجود در محوطه مجموعه فرهنگی رازی و پوشش گیاهی پشت بام استفاده شده است، در نتیجه مصرف آب داخل ساختمان به شکل چشمگیری کاهش یافته است. در داخل ساختمان از تجهیزات کم مصرف آب مانند شیرهای محدود کننده جریان آب استفاده شده است. در مجموعه فرهنگی رازی از برج خنک کننده هوا استفاده شده است که مصرف آب کمتری نسبت به سایر برج‌ها دارد. در بلوک B مجموعه فرهنگی رازی، آشپزخانه صنعتی وجود دارد که از سپتیک تانک برای تصفیه فاضلاب استفاده شده است که می‌تواند پساب را قبل از ورود به فاضلاب شهری، چربی زدایی کند. بررسی نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد که در معیار بهره‌وری آب، شاخص کاهش مصرف آب داخل ساختمان بالاترین امتیاز را کسب کرده است. در رابطه با معیار مصالح و منابع، بررسی فاکتورهای سبز نشان داد که در مجموعه فرهنگی رازی مصالحی چون سنگ تراورتن آتشکوه سفید، سنگ تراورتن تبر سفید، سنگ تراورتن گردویی، سیمان ماله و سیمان با روکش رزینی و گریل آلومینیومی، لکا، مصالح خاک (رس منبسط شده سبک)، شیشه عنکبوتی، چوب ترمو و چوب ۷ لایه و سنگ نرم به کار برده شده است. در مجموعه فرهنگی رازی به جای استفاده از سیمان و آجر در دیوارها از لکا (عایق صوتی بسیار خوب) استفاده شده است. در پله‌های فضای بیرونی مجموعه فرهنگی رازی تا برج طغرل از چوب ترمو استفاده شده است. همانطور که گفته شد چوب یک منبع تجدید پذیر و قابل بازگشت به محیط زیست است و این چوب‌ها ماندگاری بالایی دارند و زیبایی خاصی به محیط داده‌اند. مدیریت پسماندهای ساختمانی و تخریب به خوبی انجام شده است، زیرا این پروژه زیر نظر سازمان عمرانی مناطق شهرداری تهران انجام شده است. تحقیقات نشان داد که گازهای گلخانه‌ای شاخص کلیدی بهره‌وری مواد هستند. بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد که در معیار مصالح و منابع، شاخص مدیریت پسماندهای ساختمانی و تخریب بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. در رابطه با معیار کیفیت محیط داخلی، بررسی عوامل سبز نشان داد که عایق کاری دیوارها، سقف، کف، استفاده از پنجره‌های دوجداره و بام سبز از آلودگی حرارتی در مجموعه فرهنگی رازی جلوگیری کرده است. در طراحی مجموعه فرهنگی رازی زوایای خورشیدی در نظر گرفته شده است که نتیجه آن سایه اندازی در تابستان و گرفتن گرما در زمستان است. در بلوک‌ها امکان نورپردازی از محیط اطراف وجود دارد و برای بلوک D نیز نورگیر تعبیه شده است. ساده‌ترین روش تهویه هوا، تهویه طبیعی است که با بازکردن پنجره‌ها امکان پذیر است. علاوه بر این وجود پوشش گیاهی در تراس یا داخل ساختمان نیز می‌تواند باعث تهویه هوا شود، البته سیستم تهویه به صورت واحد پکیج در داخل مجموعه فرهنگی رازی تعبیه شده است، به دلیل وجود پوشش گیاهی در تراس‌ها و داخل مجموعه فرهنگی، آلودگی صوتی کاهش یافته است. علاوه بر این در داخل مجموعه فرهنگی رازی به عنوان مثال در بلوک D از چوب ۷ لایه روی پله‌ها برای جلوگیری از انعکاس صدا استفاده شده است. سالن‌های کنفرانس و سینما نیز آکوستیک هستند که از ورود صدا به بیرون جلوگیری شده است. نور کافی یکی از عوامل موثر در آسایش بصری است. با توجه به پوشش گیاهی در فضای داخلی و تراس‌ها، آلودگی بصری وجود ندارد، حتی برای زیباسازی و تنوع رنگ در فضای داخلی در بلوک D مجموعه فرهنگی رازی، از سنگ نرم و چوب ۷ لایه به دلیل تنوع رنگ که باعث بهبود کیفیت بصری می‌شود استفاده شده است. وجود بام سبز و محیط سبز طراحی شده بین کتابخانه و بخش تجاری در مجموعه فرهنگی رازی، علاوه بر زیبایی منظر، از آلودگی هوا و آلودگی صوتی جلوگیری کرده است. بررسی نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد که در معیار کیفیت محیط داخلی، شاخص نور روز بیشترین امتیاز را کسب کرده است.

در رابطه با معیار سایت پایدار، بررسی عوامل سبز نشان داد که مجموعه فرهنگی رازی دارای بام سبز است و از این منظر مدیریت بارندگی به خوبی صورت پذیرفته است. از طرفی در این مجموعه لوله‌هایی بر روی پشت بام تعبیه شده است که باران را به سمت چاه و حتی به حوضچه‌های داخل مجموعه فرهنگی رازی هدایت کرده است. به دلیل وجود بام سبز و استفاده از مصالح

مناسب در پوشش ساختمان ها و دیوارهای خارجی، اثر گرمایی جزیره‌ای کاهش یافته است. در این مجموعه فضای باز وجود دارد و سرانه فضای سبز در مجموعه فرهنگی رازی ۲ متر مربع تعیین شده است و به دلیل اهمیت برج طغرل به خاطر سبک معماری رازی و قرار گرفتن آن در کنار مجموعه فرهنگی رازی بازسازی در آن صورت پذیرفته است، البته بخشی از فضای برج که قرار بوده به شکل باغ‌های ایرانی طراحی شود به دلیل مخالفت میراث فرهنگی دست نخورده باقی مانده است و طبق تمهیدات اندیشیده شده آلودگی نوری در این مجموعه وجود ندارد. بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه ها نشان داد که در معیار سایت پایدار، مدیریت آب باران بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است.

در ارتباط با معیار مکان و حمل و نقل، بررسی عوامل سبز نشان داد که برج طغرل در بخش تاریخی این مجموعه فرهنگی حفاظت شده است. تنوع کاربری در مجموعه فرهنگی رازی به چشم می خورد. در این مجموعه فرهنگی پارکینگ وجود ندارد و افراد مراجعه کننده باید از مترو، تاکسی و اتوبوس استفاده کنند و این امر باعث کاهش تردد خودروها شده و بر بار آلودگی هوا افزوده نخواهد شد. مترو که یک وسیله نقلیه سبز محسوب می شود به درخواست میراث فرهنگی برای حفاظت از برج طغرل از شعاع ۲۰۰ متری به شعاع ۵۰۰ متری مجموعه منتقل شده است. بررسی نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان داد که در معیار مکان‌یابی و حمل‌ونقل، تراکم اطراف و کاربری‌های متنوع بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. در رابطه با معیار نوآوری، بررسی عوامل سبز نشان داد که نمای مجموعه فرهنگی رازی به دلیل استفاده از شیشه های عنکبوتی بسیار نوآورانه بوده است و نوآوری چشمگیر دیگر در این پروژه، اتصال اسکلت سازه فولادی به اسکلت بتنی بوده است. در نهایت مجموعه فرهنگی رازی به یک اثر تاریخی بسیار ارزشمند (برج طغرل) متصل شده است که توانسته است تعداد بازدید از این منطقه را افزایش دهد. در رابطه با معیار اولویت منطقه‌ای، بررسی عوامل سبز نشان داد که در منطقه ۲۰ تهران آثار تاریخی، مذهبی و گردشگری فراوانی وجود دارد که انتخاب این مجموعه فرهنگی در کنار برج طغرل باعث رونق گردشگری شده و با ساخت مجموعه فرهنگی رازی در این منطقه به سرانه محیط فرهنگی منطقه ۲۰ تهران اضافه شده است. نتایج پرسشنامه های تکمیل شده بر اساس معیارها و شاخص های استاندارد بین‌المللی رهبری انرژی و طراحی محیطی (LEED) توسط کارفرمایان، مدیران و مهندسان مشاور پروژه در جدول ۲ آمده است.

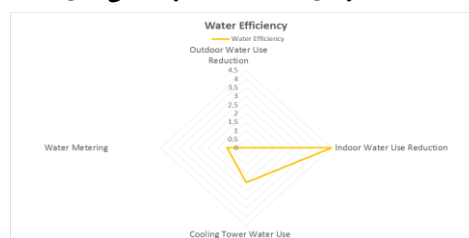
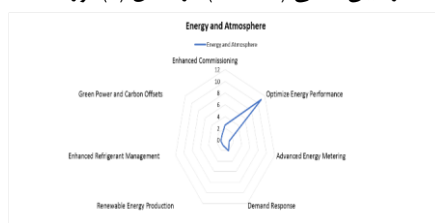
جدول ۲: بررسی وضعیت نمرات و میانگین و درصد آن‌ها در ۸ معیار در مجموعه فرهنگی رازی (ماخذ Gibbs, ۲۰۱۵)

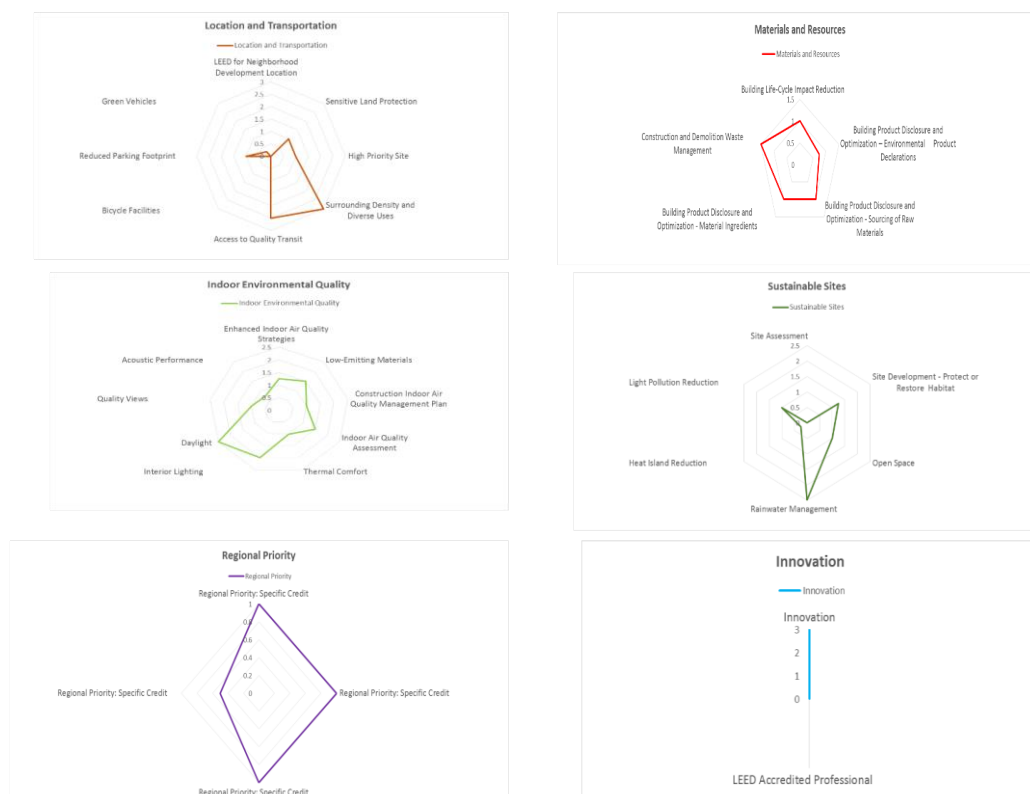
طبقه بندی معیارها	امتیاز در استاندارد LEED	میانگین امتیازات مجموعه رازی فرهنگی	درصد حداکثر امتیاز کسب شده
انرژی و اتمسفر	33	19.5	59.20%
بهره وری آب	11	7.5	68.18%
مواد و منابع	13	5.25	40.38%
کیفیت محیطی داخلی	16	12.5	78.12%
سایت پایدار	10	6	60%
مکان و حمل و نقل	16	8.75	54.68%
نوآوری در طراحی	6	3	50%
اولویت منطقه‌ای	4	3.5	87.5%

در این تحقیق از معادله شماره ۱ برای محاسبه درصد حداکثر امتیاز استفاده شده است. جایی که C_i میانگین امتیازی است که در اعتبار i برای کل موجودی ساختمان به دست می آید $C_{i \max}$ حداکثر امتیاز قابل دستیابی برای آن اعتبار است که توسط استاندارد بین المللی (LEED) [۳۵] مشخص شده است.

$$\text{معادله شماره ۱: } \left(\text{PMP}_i = \frac{C_i}{C_{i \max}} \right)$$

مقایسه امتیازهای به دست آمده در شاخص های هشت معیار استاندارد بین المللی (LEED) در شکل (۱) آورده شده است.





شکل ۱: مقایسه امتیازهای به دست آمده در شاخص های معیارهای استاندارد بین المللی LEED (الف) معیارهای انرژی و اتمسفر، (ب) بهره وری آب، (ج) مواد و منابع، (د) معیار کیفیت داخلی، (ه) سایت پایدار، (و) مکان و حمل و نقل (ز) نوآوری، (ح) اولویت منطقه ای

بررسی نتایج نشان داد که مجموعه فرهنگی رازی ارزیابی انطباق با استاندارد بین المللی (LEED) دارد و پروژه مجموعه فرهنگی رازی بالاترین میانگین امتیاز را در معیار اولویت منطقه ای با ۸۷/۵ درصد به خود اختصاص داده است. معیار کیفیت محیط داخلی میانگین امتیاز ۷۸/۱۲ درصد را به خود اختصاص داده است. معیار بهره وری آب با میانگین امتیاز ۶۸/۱۷ درصد در رتبه سوم قرار گرفت. معیارهای سایت پایدار، انرژی و اتمسفر، موقعیت مکانی و حمل و نقل، نوآوری در طراحی و مواد و منابع میانگین امتیازی معادل ۶۰، ۵۹/۲۰، ۵۴/۶۸، ۵۰ درصد و ۴۰/۳۸ درصد را کسب کرده اند. با توجه به میانگین امتیازات کسب شده، پروژه فرهنگی رازی می تواند با کسب ۶۶ امتیاز از ۱۱۰ امتیاز، در رتبه طلایی گواهینامه استاندارد بین المللی (LEED) را دریافت کند.

۵. بحث و نتیجه گیری

بنابر تعاریف ساختمان سبز، ساختمان سبز ساختمانی است که با موضوعاتی مانند انرژی و مصرف بهینه آن، بازیافت آب، استفاده مجدد از مصالح سازگار با محیط زیست، استفاده صحیح از اقلیم منطقه و تامین آسایش و سلامتی کاربران و غیره در ارتباط است. یکی از پروژه های سازمان عمرانی شهرداری مناطق تهران پروژه مجموعه فرهنگی رازی است که تحقیقات نشان داد با استاندارد بین المللی (LEED) انطباق دارد و دارای فاکتورهای سبز است. میزان مصرف برق شهری در مجموعه فرهنگی رازی بالاست، امکان استفاده از پنل های خورشیدی متصل به شبکه (هیبریدی) برای تامین برق مجموعه می تواند میزان مصرف برق شهری را کاهش داده و مازاد برق تولیدی توسط پنل های خورشیدی نیز قابلیت انتقال دارد. نصب پنل های خورشیدی می تواند نقش مهمی در بهینه سازی مصرف انرژی و تامین هزینه مصرفی برق شهری داشته باشد. مجموعه فرهنگی رازی با نصب پنل های خورشیدی می تواند نسبت به بهینه سازی مصرف انرژی اقدام کند و همچنین در معیار انرژی و اتمسفر امتیاز بالاتری کسب کرده و حتی در رتبه پلاتین نیز گواهینامه استاندارد بین المللی (LEED) را دریافت کند. بهره برداری از مجموعه فرهنگی رازی زمینه را برای تغییر چهره جنوب تهران، رونق گردشگری شهری و سرانه بهسازی فضاهای فرهنگی منطقه ۲۰ فراهم می کند. تنوع کارکردی در فضاهای مختلف مجموعه فرهنگی رازی، آن را به گزینه ای بی نظیر برای میزبانی جشنواره ها و همایش های شهری، ملی و بین المللی تبدیل کرده است. قرار گرفتن مجموعه فرهنگی رازی در کنار برج طغرل و استفاده از سبک معماری رازی باعث افزایش جذابیت این پروژه شده است، در ضمن در حین ساخت این پروژه مرمت برج طغرل نیز انجام شده است که می تواند از نقاط حائز اهمیت این پروژه باشد.

همانطور که در خط مشی سازمان عمرانی شهرداری مناطق تهران آمده است، این سازمان احداث پروژه‌های سبز و دوستدار محیط زیست را در دستور کار خود قرار داده است. دلیل انطباق مجموعه فرهنگی رازی با استاندارد بین المللی (LEED) بررسی و تحلیل محیطی، قبل از اجرای پروژه بوده است و این یکی از نقاط قوت سازمان عمرانی شهرداری مناطق تهران می باشد. تقدیر و تشکر: نویسندگان از همکاری سازمان عمرانی شهرداری مناطق تهران کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Alipour, S., et al., Energy and environmental issues in transport sector. International Journal of Environmental Research, 2011. 5(1): p. 213-224.
2. Dong, Y., Life cycle sustainability assessment modeling of building Construction. HKU Theses Online (HKUTO), 2014.
3. Blengini, G.A. and T. Di Carlo, The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. Energy and buildings, 2010. 42(6): p. 869-880.
4. Akshey, B., B. Swati, and B. Disha, Green buildings—A step towards environmental protection. J. Waste Recycl, 2018. 3: p. 1-4.
5. Yudelson, J., The green building revolution. 2010: Island Press.
6. Yudelson, J., Greening existing buildings. 2010: McGraw-Hill Education.
7. Ferreira, J., M.D. Pinheiro, and J. de Brito, Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. Energy and Buildings, 2014. 69: p. 451-463.
8. Mahmoudkelayeh, S. and E. Saghatforoush, Application of Low-E Windows in Residential Buildings: A PESTEL Analysis.
9. Kubba, S., LEED practices, certification, and accreditation handbook. 2009: Butterworth-Heinemann.
10. Lee, W.L., Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes. Energy and Buildings, 2012. 45: p. 326-334.
11. Suzer, O., A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. Journal of environmental management, 2015. 154: p. 266-283.
12. Jang, D.-C., B. Kim, and S.H. Kim, The effect of green building certification on potential tenants' willingness to rent space in a building. Journal of Cleaner Production, 2018. 194: p. 645-655.
13. Worden, K., et al., Using LEED green rating systems to promote population health. Building and Environment, 2020. 172: p. 106550.
14. Kearney, M.H., Going deeper versus wider in qualitative sampling. Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing, 2007. 36(4): p. 299.
15. Kaviani, V., A. Malian, and M. Malek, Analysis of Buffer Zone Vulnerability for Documentation of Cultural Heritage (Case Study: Toghrol Tower). Journal of Sustainable Architecture and Urban Design, 2018. 6(2): p. 97-109.
16. Rosenthal, S., Researching retail occupants' demand for green building certificates in Finland. 2015.
17. Oberti, I. and F. Plantamura, The inclusion of natural elements in building design: The role of green rating systems. International Journal of Sustainable Development and Planning, 2017. 12(2): p. 217-226.
18. Mladenović, E., et al., Opportunities and benefits of green balconies and terraces in urban conditions. Contemporary Agriculture, 2017. 66(3-4): p. 38-45.
19. Wang, W. Problems and Solutions in the Construction of Roof Garden in the Old Buildings. in 8th International Conference on Social Network, Communication and Education (SNCE 2018). 2018. Atlantis Press.
20. Misni, A., The effects of surrounding vegetation, building construction and human factors on the thermal performance of housing in a tropical environment. 2012, Open Access Te Herenga Waka-Victoria University of Wellington.
21. Hamzah, N.F., M.S. Hasim, and K.Q. Jie, Sustainable Practices for Existing Building: Perspective of Local Authorities in Malaysia. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 2018. 8.(A)
22. Cheng ChengLi, C.C., et al., Evaluation of water efficiency in green building in Taiwan. 2016.

23. Alwisy, A., S. BuHamdan, and M. Gül, Criteria-based ranking of green building design factors according to leading rating systems. *Energy and Buildings*, 2018. 178: p. 347-359.
24. Anastasiou, E., K.G. Filikas, and M. Stefanidou, Utilization of fine recycled aggregates in concrete with fly ash and steel slag. *Construction and Building Materials*, 2014. 50: p. 154-161.
25. Wargocki, P. and D.P. Wyon, Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment*, 2017. 112: p. 359-366.
26. Sage-Lauck, J. and D. Sailor, Evaluation of phase change materials for improving thermal comfort in a super-insulated residential building. *Energy and Buildings*, 2014. 79: p. 32-40.
27. Khazaii, J., *Energy-efficient HVAC design*. 2016: Springer.
28. Mateus, D., A. Pereira, and V. Abrantes, Acoustics and noise control within school buildings. *The Pre-Fabrication of Building Facades*, 2017: p. 81-89.
29. Hwang TaeYon, H.T. and K.J. Kim JeongTai, Effects of indoor lighting on occupants' visual comfort and eye health in a green building. 2011.
30. Tang, K., C. Foo, and I. Tan. A review of the green building rating systems. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. IOP Publishing.
31. Zelenáková, M., et al., Rainwater management in compliance with sustainable design of buildings. *Procedia Engineering*, 2014. 89: p. 1515-1521.
32. Shafique, M. and R. Kim, Application of green blue roof to mitigate heat island phenomena and resilient to climate change in urban areas: A case study from Seoul, Korea. *Journal of Water and Land Development*, 2017. 33(1): p. 165.
33. Alonso-Montolio, C., et al., The Energy Consumption of Terraces in the Barcelona Public Space: Heating the Street. *Sustainability* 2021, 13, 865. 2021, s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published...
34. Rincón, L., et al., Environmental performance of recycled rubber as a drainage layer in extensive green roofs. A comparative Life Cycle Assessment. *Building and Environment*, 2014. 74: p. 22-30.
35. Gibbs, D. and K. O'Neill, Building a green economy? Sustainability transitions in the UK building sector. *Geoforum*, 2015. 59: p. 133-141