The Introduction and Rating of 'Yazd University Green Guest House' Using 'LEED v4' Standard

Milad Aghanejad (corresponding author)

MA, School of Art and Architecture, Yazd University

Saeid Safarian

MA, School of Art and Architecture, Yazd University

Seyyed Mohammad Hossenin Ayatollahi, PhD

Associate Professor, School of Art and Architecture, Yazd University

Aiming at reducing the consumption of resources, protecting the environment, and improving human health, the green approach is one of the most important and essential approaches in architecture today, with an emphasis needed on its practical aspects in Iran. Given the rich architectural tradition of the country, which is in line with present-day green architecture attitudes, there is a lack of any recent successful projects in the country. To address the matter, a 'Green Guest House' project was initiated using the project manager's experience, especially his 'Passive Solar House', in a mud architecture incarnation, in the hope that it offers a model for future developments. This small mud-brick building has no mechanical air conditioning systems and meets its thermal comfort needs through passive strategies. To prove its greenness the building required an assessment, and the LEED standard was selected as the most widely used standard, with an expanded checklist called 'LEED v4 for Building Design & Construction: Homes and Multifamily Low rise' used for rating, based on which the building achieved 67 points, demonstrating high green credentials and outrating the research silver tier assumption to be gold tier. This paper introduces the project, its passive strategies and green design measures, and also presents demonstrates how it achieves this LEEDv4 rating.

Keywords: Green architecture, Passive strategies, Rating system, LEEDv4, The Green Guest House.

معرفی و ارزیابی مهمان‌سرای سبز دانشگاه یزد با استاندارد «LEED v4»[1]

میلاد آقانژاد[2]

سعید صفریان[3]

سیدمحمدحسین آیت‌اللهی[4]

دانشیار دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه یزد

دریافت: ۱۷ تیر ۱۳۹۸
پذیرش: ۱۰ اسفند ۱۳۹۸
(صفحهٔ ۵۸-۳۷)

کلیدواژگان: معماری سبز، استراتژی‌های غیرفعال، سیستم ارزیابی، LEEDv4، مهمان‌سرای سبز.

چکیده

امروزه معماری سبز، با هدف کاهش مصرف منابع، حفظ محیط زیست، و ارتقای سلامتی انسان، یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین رویکردهای معماری به‌شمار می‌آید که لازم است در ایران بر جنبهٔ عملی آن تأکید بیشتری شود. علی‌رغم معماری تاریخی و غنی ایران که تقریباً با معیارهای امروزی معماری سبز مطابقت دارد، اخیراً در کشور پروژهٔ موفقی در این زمینه ساخته نشده است. بنابراین «مهمان‌سرای سبز» با هدف ایجاد یک پروژهٔ سبز واقعی در یزد با استفاده از تجربیات مدیر پروژه، به‌ویژه در «خانهٔ خورشیدی» خود، در قالب یک معماری گلین آغاز شد تا، پس از موفقیت، در آینده نیز ترویج شود. این ساختمان کوچک و ساخته‌شده از خشت‌وگل سیستم‌های تهویه مطبوع مکانیکی ندارد و نیازهای مربوط به آسایش حرارتی در آن از طریق به‌کارگیری استراتژی‌های غیرفعال تأمین می‌شود. همچنین برای اثبات ادعای سبز بودنِ بنا لازم بود ارزیابی گردد که برای این کار، گسترده‌ترین استاندارد جهانی ساختمان سبز (LEED) انتخاب و چک‌لیست مفصلی با نام "LEED v4 for Building Design & Construction: Homes and Multifamily Low rise" تحت این استاندارد از سوی نگارندگان ترجمه و اطلاعات مورد نیاز در آن وارد شد؛ که درنهایت، دستیابی پروژه به ۶۷ امتیاز پس از ارزیابی، بیانگر سطح بالای طراحی سبز آن بوده و درنتیجه، فرضیهٔ تحقیق (نشان نقره) با نتیجه‌ای بهتر (نشان طلا) به اثبات رسید. در این مقاله بر معرفی پروژه، استراتژی‌های غیرفعال به کار گرفته‌شده، شاخص‌های طراحی سبز، و همچنین عرضهٔ اسناد و مدارک ارزیابی با «LEEDv4» و نشان دادن چگونگی کسب امتیازات سعی شده است.

مقدمه

امروزه به دلیل مشکلات زیست محیطی، مصرف نادرست آب و انرژی، تولید ضایعات فراوان و مخاطرهٔ سلامتی انسان، در بخش ساختمان رویکردهایی همچون معماری سبز مطرح شده تا راهکارهایی ارائه دهند که معماران و سازندگان با در نظر گرفتن آن‌ها قبل، درحین و بعد از بهره‌برداری بنا، معضلات اشاره‌شده را تا حد امکان کاهش دهند. این موضوع در ایران نیز چندین سال است که مورد توجه قرار

۱. این مقاله برگرفته است از پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد *طراحی آپارتمان مسکونی با رویکرد معماری سبز در اصفهان با تاکید بر معیارهای بهره‌وری آب و انرژی* به قلم نویسندهٔ اول و *طراحی مجموعه مسکونی فامیلی در شهر اصفهان با رویکرد معماری سبز* به نگارش نویسندهٔ دوم (تاریخ ثبت دفاع هر دو پایان‌نامه ۱۰ اسفند ۱۳۹۸)، که به طور مشترک توسط دو نگارندهٔ مذکور (در گرایش معماری- معماری)، به منظور بررسی و ارزیابی یک پروژهٔ سبز واقعی در ایران (مهمان‌سرای سبز دانشگاه یزد)، در بخش نمونه‌های موردیِ (کیس استادی) داخلی، به راهنماییِ نگارندهٔ سوم به انجام رسیده است.

۲. نویسندهٔ مسئول، کارشناس ارشد معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه یزد
miliceline@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد معماری، دانشکدهٔ هنر و معماری، دانشگاه یزد
Saeid.isf.2008@Gmail.Com

4. Hayatollahi@Gmail.Com

پرسش‌های پژوهش

۱. برای طراحی و ساخت مهمان‌سرای دانشگاه یزد با رویکرد معماری سبز چه تلاش‌هایی صورت گرفته‌است؟

۲. آیا می‌توان ادعای سبز بودن مهمان‌سرای دانشگاه یزد را اثبات کرد؟

۳. با توجه به پیش‌بینی کسب نشان نقرهٔ لید با عنوان فرضیهٔ اصلی تحقیق، این پروژه پس از ارزیابی چه نشانی به دست می‌آورد و درواقع چه میزان از معیارهای معماری سبز را برآورده می‌کند؟

گرفته، اما به طور جدی پیگیری نشده و بیشتر جنبهٔ نظری داشته است. با مرور پروژه‌هایی که در کشور مدعی طراحی سبز هستند، این نتیجه حاصل می‌شود که هیچ‌گونه سنجشی برای اثبات ادعای مطرح شده صورت نگرفته‌است. برای نمونه «برج‌های مسکونی سبز کوثر» از پروژه‌های بزرگ در کشور بوده که اکنون به صورت ناتمام در مرحلهٔ ساخت رها شده و در نتیجه هنوز توسط هیچ استاندارد ساختمان سبزی ارزیابی نشده است. از این‌رو لازم بود تلاشی صورت گیرد که تا حد امکان یک نمونهٔ واقعی در ایران بر اساس معیارهای معماری سبز ــ که در نهایت منجر به کاهش هدررفت انواع منابع در ساختمان، کمتر کردن آثار منفی زیست محیطی و بهره‌مندی هرچه بیشتر از محیط با به‌کارگیری استراتژی‌های غیرفعال می‌شود ــ ساخته شده و در ادامه برای اثبات میزان تحقق ادعای مطرح شده، توسط یکی از استانداردهای جهانی ساختمان‌های سبز مورد ارزیابی قرار گیرد که در نهایت، گسترده‌ترین آن‌ها (LEED)[5] انتخاب شد.

پیشنهاد ساخت مهمان‌سرای دانشگاه یزد به مدیر پروژه، فرصت خوبی بود تا این بنا در ردیف یک ساختمان سبز مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته و در ادامه با توجه به پیش‌بینی کسب نشان نقرهٔ لید به منزلهٔ فرضیهٔ اصلی پژوهش، به دقت ارزیابی شود. با توجه به تحریم کشور از جانب ایالات متحده و نبودِ نمایندگی لید در ایران و نبودِ امکان ارزیابی توسط اعضای رسمی USGBC[6]، لازم بود چک‌لیست مفصلی در قالب یک فایل اکسل ۱۸۵ صفحه‌ای با عنوان «LEED v4 for Building Design & Construction: Homes and Multifamily Low rise» (لیدِ نسخه ۴، برای طراحی و ساخت‌وساز ساختمان: خانه‌ها، و چندخانواری‌های کوتاه‌مرتبه) از سوی نگارندگان ترجمه، مطالعه، و واکاوی شود تا پس از تکمیل، مشخص گردد که پروژه چند امتیاز و درنتیجه چه سطحی از یک طراحی سبز را کسب می‌کند. این چک‌لیست که نوشتهٔ «USGBC» است، از طریق ارتباط با یک معمار امریکایی (که به خانهٔ سبزی که طراحی کرده نشان پلاتینیوم تعلق گرفته است) به دست نگارندگان رسیده و اطلاعات لازم برای تکمیل آن از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده است.

۱. معماری سبز

مفهوم معماری سبز نظریه، دانش، و سبک ساختمان‌هایی است که مطابق با اصول سازگار با محیط زیستْ طراحی و ساخته شده‌اند. در معماری سبز تلاش

5. Leadership in Energy and Environmental Design
6. United States Green Building Council

می‌شود تعداد منابع مصرف‌شده در ساخت‌وساز، و بهره‌برداری ساختمان به حداقل برسد و آسیب وارده به محیط زیست نیز از طریق انتشار، آلودگی و ضایعات اجزایش محدود شود. انرژی، آب، مصالح جدید، و همچنین مقادیری از ضایعات تولیدشده که منجر به ایجاد اثرات منفی بر سلامتی انسان و محیط زیست می‌شود، برای طراحی، ساخت، بهره‌برداری، و نگهداری ساختمان‌ها به کار گرفته می‌شوند.[۷]

۱. ۱. استراتژی‌های طراحی ساختمان سبز

گُرُندزیک و همکارش در مورد طراحی ساختمان سبز چنین می‌گویند:

> ملاحظات طراحی سبز (چه بخشی از ارزیابی رسمی یک ساختمان و چه فقط مسئلهٔ طراحی بهتر) در حال ورود به فرایند طراحی بسیاری از ساختمان‌هاست. طراحی سبز، در راستای رسیدگی به تأثیرات توأمان محلی و جهانی انرژی ساختمان، آب، و استفاده از مواد و مصالحْ پا را فراتر از طراحی انرژی کارا می‌گذارد. بهره‌وری انرژی برای طراحی سبز یک کلید است، اما تنها عنصر آن نیست. اگرچه یک تعریفِ مختصرِ پذیرفته‌شدهٔ عمومی راجع به سبز وجود ندارد؛ اما این اصطلاح (سبز) معمولاً با ترکیبی از نگرانی برای سلامتی و رفاه ساکنان/ کابران ساختمان و احترام به محیط جهانی بزرگ‌تر برداشت می‌شود. یک ساختمان سبز باید در حالی که اثرات مفید را بر بهره‌برداران مستقیمِ خود به حداکثر می‌رساند، تأثیرات منفی را بر سایت، محیط‌های محلی، منطقه‌ای، ملی، و جهانی به حداقل ممکن کاهش دهد.[۸]

۱. ۲. سیستم ارزیابی ساختمان سبز (LEED)

در طول ۲۰ سال گذشته، سیستم ارزیابی «مدیریت طراحی بر اساس مصرف انرژی و مسائل زیست‌محیطی» (LEED) مصوب «شورای ساختمان سبز ایالات متحده» (USGBC)، به استاندارد جهانی ساختمان سبز، ساخت‌وساز و بهره‌برداری از سازه‌هایی با بهره‌وری بالا تبدیل شده است. لید گسترده‌ترین سیستم ارزیابی ساختمان سبز مورد استفاده در دنیاست و تقریباً برای همهٔ ساختمان‌ها، جوامع، و انواع پروژه‌های مسکونیْ در دسترس است. لید چارچوبی برای ایجاد ساختمان‌های سبزِ سالم، پربازده، و مقرون به صرفه فراهم می‌آورد. گواهی‌نامهٔ لید به معنای مکان‌های سالم‌تر و سازنده‌تر، کاهش تنش بر محیط از طریق تشویق ساختمان‌های انرژی و منبع کارا، و حفاظت از ارزش افزودهٔ ساختمان‌ها، نرخ‌های بالاتر اجاره، و هزینه‌های کاهش‌یافتهٔ بهره‌وری است. در ساختمان‌های لید انرژی، آب، و منابع ذخیره می‌گردد و ضایعات کمتری تولید و از سلامتی بشر حمایت می‌شود. ساختمان‌های لید مستأجران را جذب می‌کنند، برای بهره‌برداری به هزینهٔ کمتری نیاز دارند، و بازدهی کارکنان را افزایش می‌دهند. پروژه‌های لید امتیازاتی را از میان ۹ حوزهٔ اصلی، که جنبه‌های کلیدی ساختمان‌های سبز را در بر می‌گیرند، به دست می‌آورند:

۱) روند منسجم
۲) موقعیت مکانی و حمل‌ونقل
۳) سایت‌های پایدار
۴) بهره‌وری آب
۵) انرژی و محیط
۶) مواد و منابع
۷) کیفیت محیط داخلی
۸) نوآوری
۹) اولویت منطقه‌ای.[۹]

بر اساس امتیازات کسب‌شده، یک پروژه یکی از این ۴ سطح ارزیابی لید را به دست می‌آورد:

ـ گواهی‌شده (۴۰–۴۹ امتیاز)، ـ نقره (۵۰–۵۹ امتیاز)،
ـ طلا (۶۰–۷۹ امتیاز)، یا ـ پلاتینیوم (بیشتر از ۸۰ امتیاز).[۱۰]

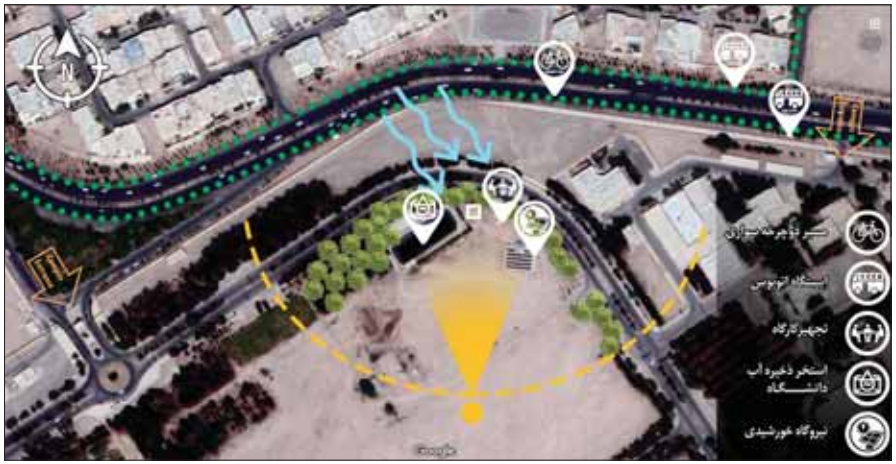
۲. معرفی طرح

مهمان‌سرای سبز دانشگاه یزد در محوطهٔ اصلی این دانشگاه (سایت صفائیه)، با مشارکت دانشگاه و شرکت برق منطقه‌ای یزد، با بودجه‌ای برابر ۱۲۰میلیون تومان در امور پژوهش و ساخت‌وساز، ساخته شد. هدف از ابتدا این بود که تعمداً یک

7. A. Ragheb, et al, "Green Architecture: A Concept of Sustainability", p. 778.
8. W.T. Grondzik & A.G. Kwok, *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, p. 15.
9. usgbc.org
10. Ibid.

ساختمان کوچک خشت‌وگلی با عنوان «مهمان‌سرای VIP دانشگاه یزد» برای بازگشت به معماری گذشتهٔ ایرانی طراحی شود. مدیر تیم طراحی پس از تأسیس پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر در یزد، پیشنهاد مطالعه، طراحی، و ساخت یک بنای سبز را با عنوان پروژه‌ای تحقیقاتی مطرح کرد، به طوری که اعتبارات LEED یکی از جنبه‌های اصلی آن باشد. تجربیاتی که وی در این چند سال، به‌ویژه در «خانهٔ خورشیدی» خود، به دست آورده بود، به نحوی علمی‌تر، با همکاری مهندسان مکانیک و ابزارهای شبیه‌سازی مثل دیزاین بیلدر[11] و فلوئنت[12] برای اهدافی چون صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تأمین آسایش حرارتی، در طول روند طراحی به کار گرفته شد. برنامه‌ریزی برای این بنا با مساحت ۶۶ متر مربع (در یک زمین ۱۶۶ متر مربعی)، از مهرماه سال ۱۳۹۵، درحالی‌که دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد بخشی از تیم طراحی آن بودند، آغاز شد. این بنا فاقد سیستم‌های تهویهٔ مطبوع فعال است و برای سرمایش و گرمایش از سیستم‌های غیرفعال استفاده می‌کند. همچنین از رئیس دانشگاه درخواست شده تا این بنا یک سال به منظور «ارزیابی پس از استفاده»[13]، برای نظارت بر میزان مصرف انرژی، دما و رطوبت هوای داخل، و...، در اختیار پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر قرار گیرد. وزیر علوم، تحقیقات و فناوری وقت کشور نیز در مراسم افتتاحیه از این ساختمان ارزان، کارا، و سازگار با محیط زیست بازدید کرد.

11. Design Builder.
12. Fluent.
13. Post Occupancy Evaluation.
14. R. Soleymanpour, et al, "Climate Comfort Comparison of Vernacular and Contemporary Houses of Iran", p. 51.



ت ۱ (بالا). شبکه‌بندی لیف خرما، مأخذ: مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر.
ت ۲ (پایین). تحلیل سایت، مأخذ: Google Earth، به کوشش نگارندگان.

۲. ۱. سازه

سازهٔ بنا از ترکیبی از دیوارهای باربر و طاق‌های سنتی تشکیل و از متریال خشت‌وگل ساخته شده است. با همفکری یکی از بهترین معماران سنتی یزد (معمار کمالی)، یک شبکهٔ لیف خرما در لایه‌های سقف و همچنین نوعی از نی‌های محلی (همسان بامبو) در دیوارهای باربر قرار داده شده تا بنا در برابر کشش و نیروهای جانبی نیز مقاوم گردد (ت ۱).

۲. ۲. بستر طرح

یزد در مرکز ایران و دارای آب‌وهوای گرم و خشک کویری با میانگین بارش سالانه فقط ۶۰ میلی‌متر و گرم‌ترین شهر شمال ساحل خلیج فارس با دمای تابستانی به کرات بالاتر از ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد با تابش مستقیم آفتاب و بدون هیچ رطوبتی است.[14]

مهمان‌سرا در شهر یزد و در محوطهٔ اصلی دانشگاه واقع شده (مربع سفیدرنگ در «ت ۲») و ضمن نزدیک بودن به دو ورودی اصلی دانشگاه، با دوچرخه و سرویس‌های اتوبوس شهری نیز قابل‌دسترس است. به خاطر موقعیت پروژه در سایت دانشگاه، هر فرد علاقه‌مندی می‌توانست از روند ساخت‌وساز آن بازدید کند، همچنین به جای استفاده از کانکس‌های متداول در طول

روند ساخت‌وساز، اتوبوس و مبلمان قدیمی و از کارافتاده‌ای به منظور استفاده برای دفتر تجهیز کارگاه پروژه بازیابی شدند (ت ۳). شِمای کلی بنا از دید پرنده در «ت۴» آمده است.

۲. ۳. مدارک فنی

در «ت ۵ و ۶ و ۷» مدارک فنی پروژه مشاهده می‌شود.

۳. استراتژی‌های طراحی

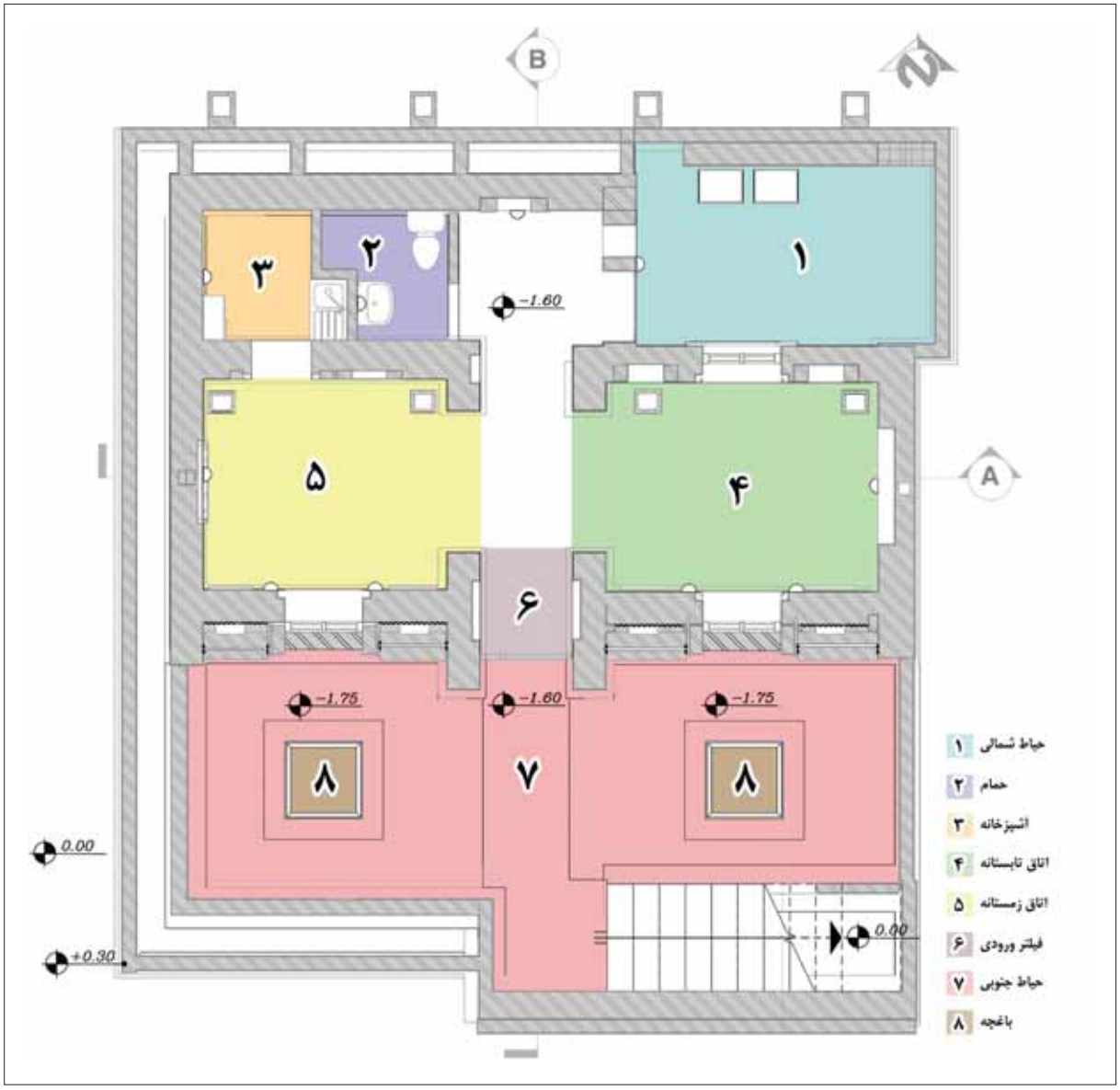
۳. ۱. خرداقلیم مناسب

درختان، سایه‌های آن‌ها روی زمین، و استخر نزدیک پروژه بر رطوبت و دمای هوای آن ناحیه تأثیر می‌گذارند، به گونه‌ای که جریان‌های عبوری از روی آن‌ها به سمت پروژه در تابستانْ خنک و مرطوب می‌شوند (ت ۸).

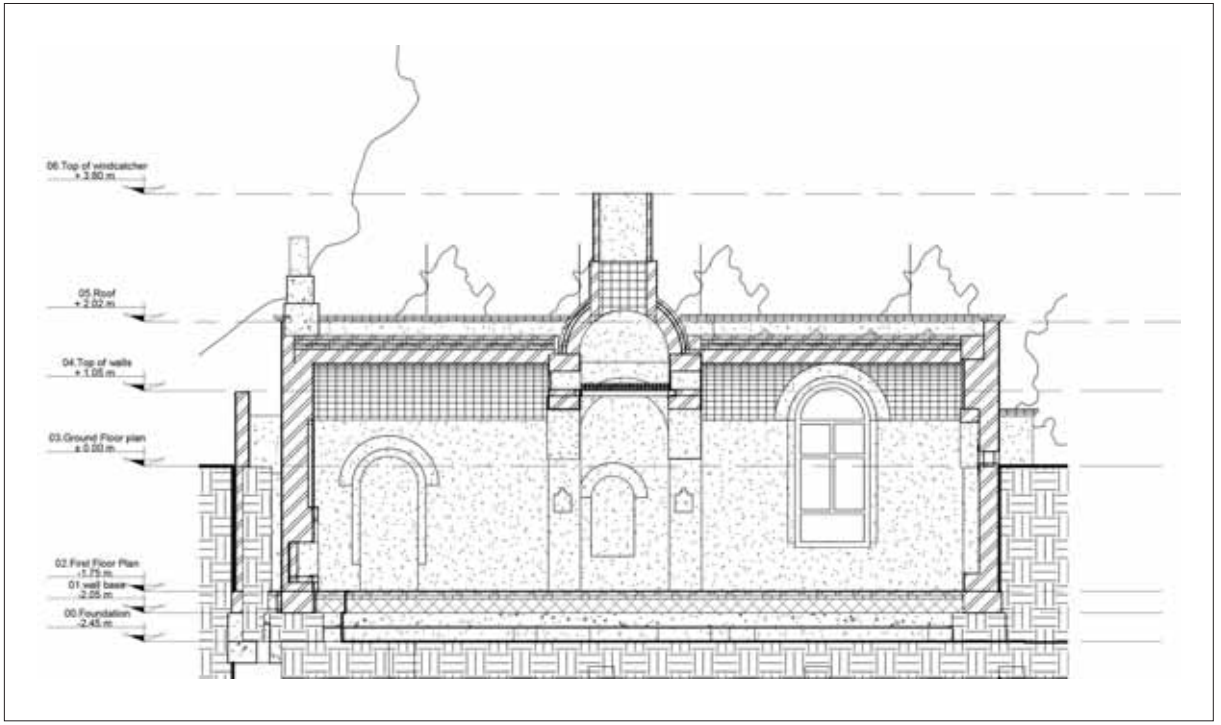
ت ۳ (بالا). شکل‌گیری دفتر تجهیز کارگاه، مأخذ: مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر، به کوشش نگارندگان.
ت ۴ (پایین). دید پرنده از پروژه، مأخذ: مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر.

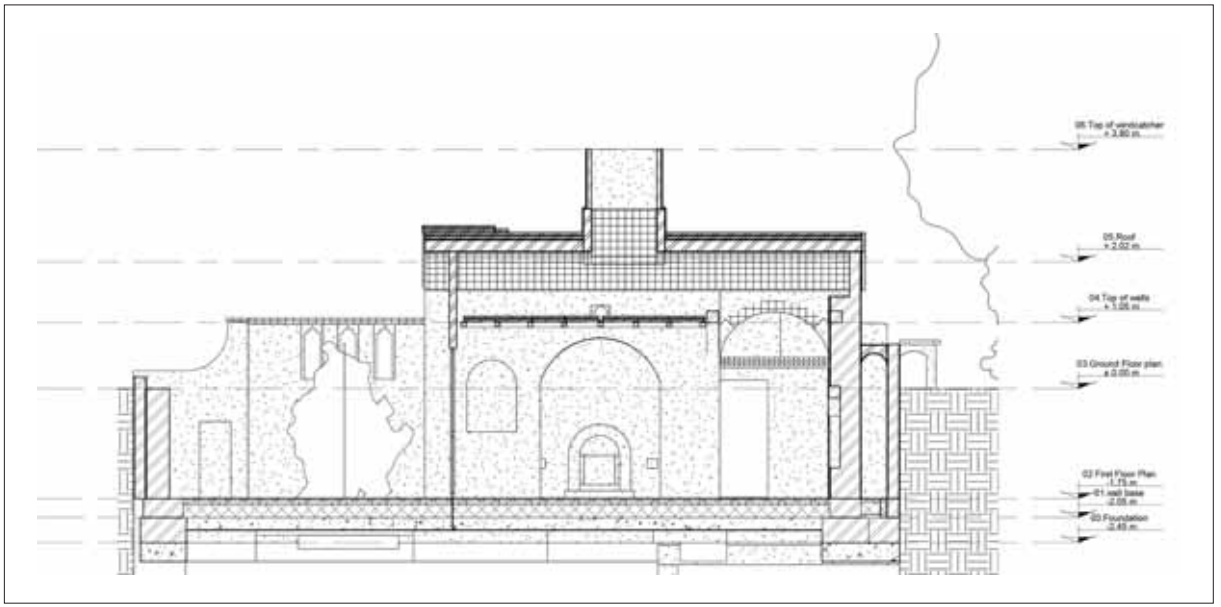
۳. ۲. طراحی زمین‌پناه

در طراحی زمین‌پناه باید در مورد میزان گودبرداری تصمیم‌گیری می‌شد. این مسئله اهمیت بسیار بالایی داشت؛ چرا که گودبرداری زیادْ حس خفگی و گودبرداری کمْ تبادل حرارتی ناقص بین بنا و خاک را موجب می‌شد. نهایتاً پس از بررسی‌های فراوان، میزان فرو رفتن بنا در زمین ۱/۷۵ متر در نظر گرفته شد.



ت ۵. پلان مهمان‌سرای سبز دانشگاه یزد، ترسیم: علی پاکدل و نگارندگان.





ت ۶ (بالا). برش A-A، ترسیم: ع.پاکدل.
ت ۷ (پایین). برش B-B، ترسیم: ع.پاکدل.

۳. ۳. حیاط‌های سرد و گرم

قرارگیری دو حیاط شمالی (سرد) و جنوبی (گرم) با پنجره‌هایی دقیقاً مقابل یکدیگر و اُکابهٔ مشابه باعث ایجاد کوران متقابل و درنتیجه، سرمایش طبیعی می‌شود. در این ایدهٔ از خانه‌های سنتی یزد الهام گرفته شده است. حیاط جنوبیِ رو به آفتاب وظیفهٔ گرمایش و حیاط شمالی ــ که با دیوارهای بلند، گیاهان، و مه‌پاش دمای آن پایین می‌آید ــ وظیفهٔ سرمایش را بر عهده دارد. با توجه به موقعیت حیاط سرد، می‌توان اتاق سمت راست را، که بین دو حیاط سرد و گرم قرار گرفته و امکان ایجاد کوران در آن هست، اتاق تابستانه و اتاق سمت چپ و دارای شومینه را اتاق زمستانه دانست (ت ۹ و ۱۰).

۳. ۴. دودکش خورشیدی

دو دودکش خورشیدی برای مهمان‌سرا در نظر گرفته شده که انتظار می‌رود تهویهٔ اصلی بر عهدهٔ آن‌ها باشد؛ ولی بااین‌حال، نوع جدیدی از بادگیرِ مجهز به پدهای رطوبتی نیز در این بنا برای رسیدن به بهترین عملکرد، در حال آزمایش است. این پدها قرار است در کف بادگیر نصب شوند و هر ساعت یک بار، از طریق شیر آبِ برنامه‌دهی‌شده، مرطوب و با جذب گردوخاک مانع ورود آن به فضای داخلی گردند.

۳. ۵. سرمایش با منشأ زمینی

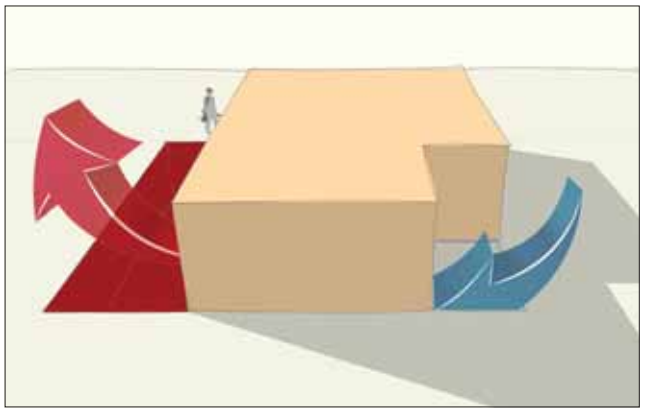
برای استفاده از سرمایش با منشأ زمینی نیز لوله‌هایی سفالین معروف به «تنبوشه»، که یک سر آن‌ها از باغچه‌های شمالی سایت بیرون آمده و طرف دیگر آن‌ها از کنج فضاهای داخلی

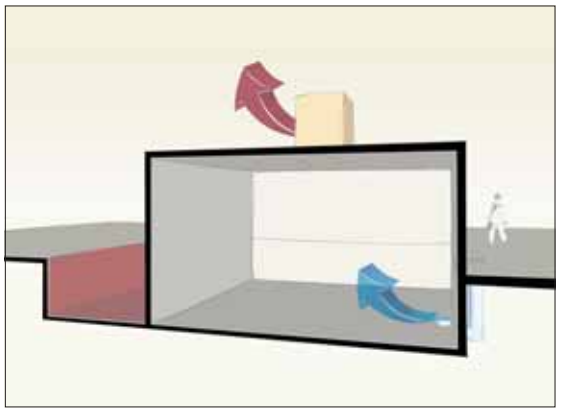
ت ۸ (بالا). پیش‌سرمایش و رطوبت‌زایی جریان هوا. مأخذ: Google Earth، به کوشش نگارندگان.
ت ۹ (پایین). (راست) حیاط شمالی، (چپ) حیاط جنوبی، عکس: سعید صفریان.

مهمان‌سرا سر در آورده، در نظر گرفته شده است. این لوله‌ها از میان باغچه‌ها عبور داده شده‌اند و با توجه به مرطوب بودن خاک و سرمایش تبخیری، جدارهٔ سفالین آن‌ها همواره خنک می‌ماند. از طرف دیگر، هوای داخل دودکش خورشیدی در طول روز با تابش خورشید گرم، و با بالا رفتن و خروج آن، یک جریان رو به بالا ایجاد می‌کند که هوای فضای داخلی را، توسط این فشار منفی، مکیده و هوای سردی که از لوله‌های زیرزمینی می‌آید جای آن را می‌گیرد. این روند ادامه می‌یابد و سبب ایجاد تهویهٔ طبیعی می‌شود (ت ۱۱ تا ۱۶).

۳. ۶. جهت‌گیری ساختمان

جهت‌گیری کاملاً شرقی‌ـ غربی بنا زمینهٔ استفادهٔ بهینه از نور روز و انرژی خورشیدی را، چه به صورت مستقیم و چه غیرمستقیم، فراهم می‌آورد؛ به گونه‌ای که در زمستان بیشترین انرژی خورشیدی از طریق جدارهٔ جنوبی جذب می‌شود و در تمام طول سال، این بنا همواره از نور طبیعی برخوردار است. درختان، سایبان‌ها، و پیش‌آمدگی بالای پنجره‌ها از ساختمان در مقابل گرم شدن بیش از اندازه در تابستان محافظت می‌کنند (ت ۱۷ و ۱۸).





ت ۱۰ (بالا، راست). نمایش کوران به وسیلهٔ حیاط‌های سرد و گرم، تحقیق و ترسیم: نگارندگان.
ت ۱۱ (بالا، چپ). عملکرد سرمایش زیرزمینی و دودکش خورشیدی، تحقیق و ترسیم: نگارندگان.
ت ۱۲ (پایین، راست). مسیر لوله‌ها، مأخذ: مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر؛
ت ۱۳ (پایین، از راست، دوم). انتهای لوله‌ها؛
ت ۱۴ (پایین، از راست، سوم). ابتدای لوله‌ها؛
ت ۱۵ (پایین، از راست، چهارم). دریچهٔ داخلی یکی از دودکش‌های خورشیدی؛
ت ۱۶ (پایین، چپ). نمای بیرونی بادگیر و دودکش‌های خورشیدی، عکس‌ها (ت ۱۳ تا ۱۶): س. صفریان.

۳. ۷. به حداقل رساندن جزایر گرمایی

پوشش خارجی ساختمان و لنداسکیپ به دلیل رنگ روشن مصالح همراه با پوشش گیاهی، نور و گرمای خورشید را منعکس می‌کنند.

۳. ۸. کانال تهویه

دورتادور پروژه کانالی به منظور تهویه و ایجاد رطوبت در نظر گرفته شده است. حیاط شمالی و جنوبی از طریق این کانال به یکدیگر متصل شده‌اند؛ به طوری که هوای خنک از حیاط شمالی وارد کانال و قبل از رسیدن به حیاط گرمِ جنوبی، با باز شدن دریچه‌های داخلی، وارد فضای نشمین می‌شود. اگر در تابستان دمای بیرونی ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد باشد، با کوران ایجادشده توسط حیاط‌های سرد و گرم می‌توان دما را تا ۱۰ درجه کاهش داد و به دمای حدودی ۳۵ درجه رساند. سپس توسط سرمایش زیرزمینی و دودکش خورشیدی می‌توان دمای ۲۵ درجه (دمای آسایش) را برای فضای داخلی فراهم آورد. پیش‌بینی می‌گردد تا ۸۰٪ از نیاز گرمایشی از طریق دیوار ترومب و شومینه و تا ۷۰٪ از نیاز سرمایشی نیز توسط حیاط سرد و سرمایش زیرزمینی تأمین گردد (ت ۱۹ تا ت ۲۲).

۳. ۸. جذب مستقیم با جرم حرارتی بالا

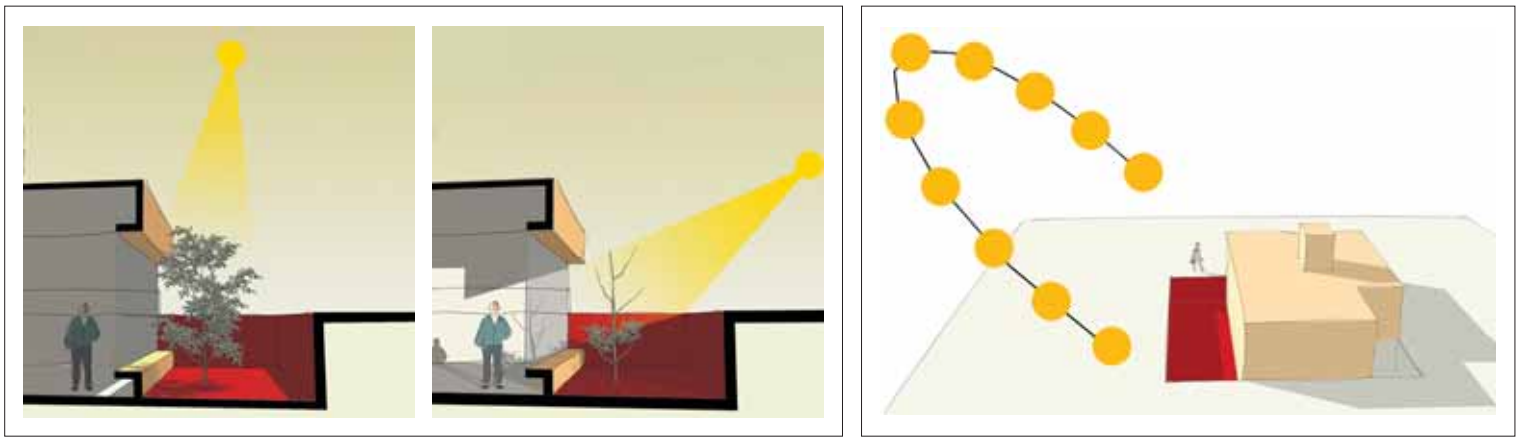
جرم حرارتی بالای دیوارهای ضخیم خشتی و کف‌سازی آجری، مانند خازن‌هایی، گرمای حاصل از تابش خورشید را در طول روزهای زمستان ذخیره و شب‌هنگام، با استفاده از تفاوت دمای شب و روز و خاصیت انتقال گرما، از طریق تابش، به‌آهستگی به فضای داخلی منتقل می‌کند.

۳. ۱۰. چیدمان فضاها

آشپزخانه و حمام، که به گرمای کمتری نیاز دارند، در بخش شمالی و نشیمن و اتاق خواب برای دریافت هرچه بیشتر گرما و نور در بخش جنوبی خانه قرار گرفته‌اند. همچنین آشپزخانه و حمام در زمستان به صورت حایل بین جدارهٔ شمالی و فضای داخلی عمل می‌کنند. یک پرده نیز در فضای ورودی بعد از درب اصلی، برای ایجاد فضای فیلتر، به منظور خارج نشدن هوای تهویه‌شده در هنگام باز شدن درب، نصب خواهد شد.

۳. ۱۱. دیوار ترومب

دیوار ترومب یکی از استراتژی‌های گرمایش غیرفعال است که از یک دیوار ضخیم با جرم حرارتی زیاد (خشت)، یک لایهٔ خارجی از جنس شیشه، و یک لایهٔ داخلی با پتانسیل بالای جذب حرارت (سطح فلزی سیاه‌رنگ) تشکیل شده که، توسط



ت ۱۷ (راست). مسیر حرکت خورشید و جهت‌گیری ساختمان؛ ت ۱۸ (چپ). (راست) دریافت تابش در زمستان، (چپ) کنترل تابش در تابستان، تحقیق و ترسیم: نگارندگان.

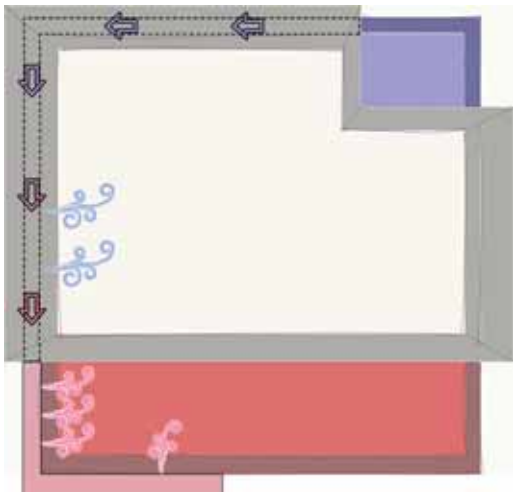
یک لایه هوا، از سطح شیشه‌ای جدا می‌گردد؛ این روش در جبههٔ جنوبی بنا اجرا می‌شود (ت ۲۳ و ت ۲۴).

۳. ۱۲. شیشه‌های دوجداره و عایق شبانه

استفاده از این نوع شیشه برای در و پنجره‌ها، به دلیل ویژگی عایق بودنشان، به کاهش هدررفت انرژی کمک می‌کند. این بازشوها همراه با دیوارهای ترومب در روزهای تابستان، به منظور نفوذ نکردن گرمای خورشید و در شب‌های زمستان برای هدر نرفتن گرمای داخل، از بیرون پوشانده می‌شوند.

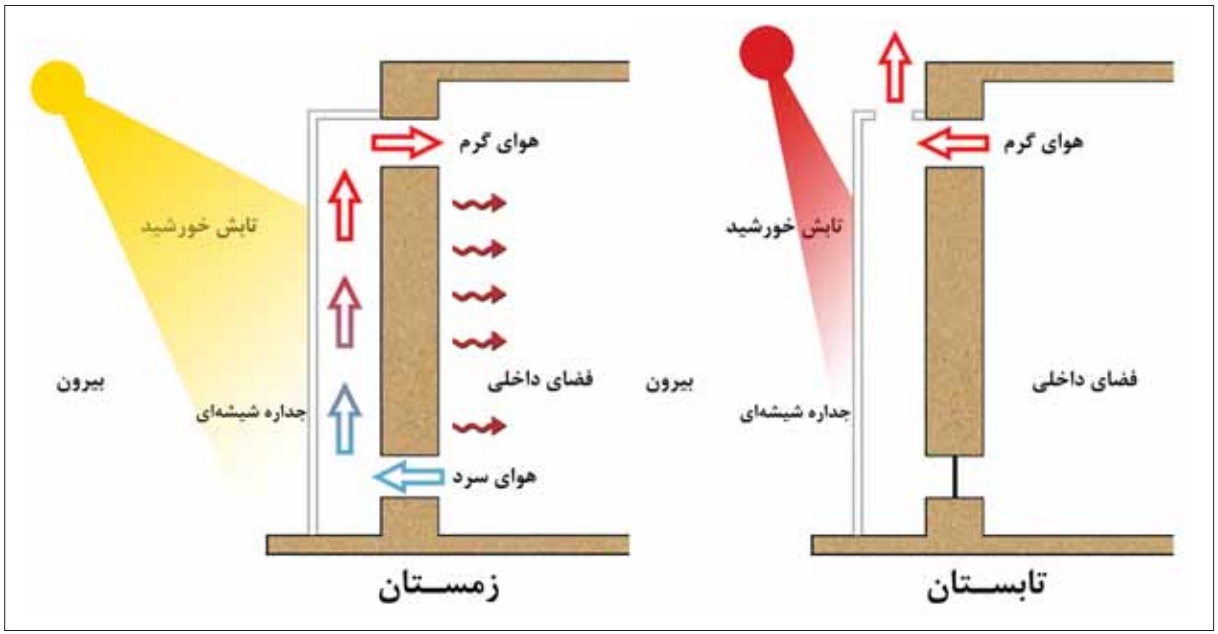
۳. ۱۳. آب خاکستری

جمع‌آوری و تصفیهٔ آب خاکستری روشویی و سینک آشپزخانه، مصرف آب بیرونی را از طریق استفاده از آن، به منظور آبیاری گلدان‌ها و تأمین آب مورد نیاز مه‌پاش‌ها، کاهش می‌دهد.



ت ۱۹ (بالا، راست). نحوهٔ عملکرد کانال تهویه، تحقیق و ترسیم: نگارندگان؛
ت ۲۰ (بالا، چپ). نمای بیرونی و داخلی کانال تهویه؛

ت ۲۱ (پایین، راست). دریچهٔ کانال تهویه روی دیوار نشیمن با قابلیت باز و بسته شدن در تابستان و زمستان؛
ت ۲۲ (پایین، چپ). دریچه‌های کانال تهویه روی دیوار غربی حیاط؛
عکس‌ها (ت ۲۰ تا ت ۲۲): س.صفریان.



ت ۲۳ (بالا). نحوهٔ عملکرد دیوار ترومب در زمستان و تابستان. مأخذ: نگارندگان.
ت ۲۴ (پایین). نمای داخلی و بیرونی دیوار ترومب. عکس: س.صفریان.

۴. ارزیابی با چک‌لیست «LEED v4»

این چک‌لیست در قالب یک فایل اکسل پر از جزئیات عرضه شده که در ابتدا نوع پروژه (تک‌واحدی)، نوع ساختمان (تک‌خانواری بدون همسایگی)، تعداد طبقات (یک طبقه) و تعداد اتاق‌های خواب (یک اتاق) در آن مشخص می‌شود. هریک از اعتبارات، شامل روند منسجم، موقعیت مکانی و حمل‌ونقل، سایت‌های پایدار، بهره‌وری آب، انرژی و محیط، مواد و منابع، کیفیت محیط داخلی، نوآوری، و اولویت منطقه‌ای، تَب مخصوص به خود را دارد و شامل موارد فراوانی است که برای احتساب امتیازات باید تأیید یا رد شود یا اطلاعاتی توسط ارزیابان (نویسندگان مقاله) در آن وارد گردد. مواردی نیز پیش‌نیاز هستند که امتیازی ندارند اما رعایت آن‌ها از سوی تیم پروژه ضروری است. در آخر، نتایج نهایی ارزیابی در قالب یک کارنامه در اکسل نمایش داده می‌شود که این کارنامه و در ادامهٔ آن، دلایل، اسناد، و مدارک کسب امتیازاتِ هریک از اعتبارات (که از چک‌لیست برگرفته شده)، شرح داده می‌شود (ت ۲۵).

ت ۲۵.
کارنامهٔ نهایی لید پروژه، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

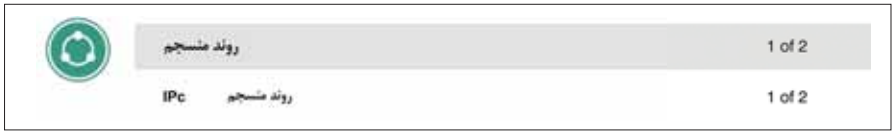
۴. ۱. روند منسجم

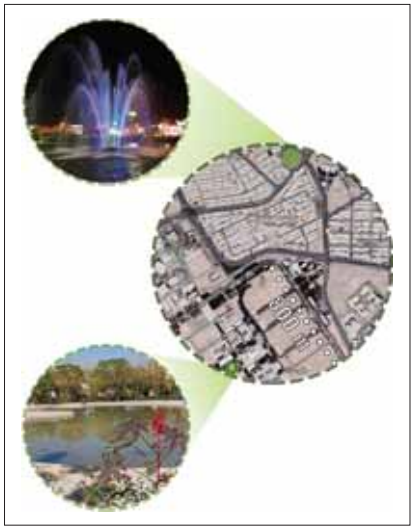
«ت ۲۶» نمایانگر این اعتبار است.

اعتبار

ـ شارِت طراحی (۱ امتیاز): در طول طراحی، دو ورکشاپ نیم‌روزه، برای منسجم کردن استراتژی‌های سبز در میان همهٔ جنبه‌های ساختمان و طراحی بر اساس تخصص همهٔ شرکت‌کنندگان، با همراهی تیم پروژه برگزار شده است.

ت ۲۶ (بالا). اعتبار روند منسجم، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.





۴. ۲. موقعیت مکانی و حمل‌ونقل

در «ت ۲۷» اعتبار موقعیت مکانی و حمل‌ونقل نشان داده شده است. ارزیابی این اعتبار از مسیر تجویزی صورت گرفته است.

پیش‌نیاز

ـ دوری از سیلاب‌ها: پروژه در زمینی که در محدودهٔ نواحی دارای خطر سیل است و قبلاً به صورت ساختمان یا هارداسکیپِ (اجزای سخت محوطه‌سازی) توسعه‌یافته بوده، ساخته شده است و با تدابیر لازم برای وقوع آن مطابقت دارد.

اعتبار

ـ انتخاب سایت (۷ امتیاز):

زمینِ از قبل توسعه‌یافته (۴ امتیاز): ۱۰۰٪ زمین انتخابی قبلاً آسفالت شده بود.

فضای باز (۱ امتیاز): پروژه در محدودهٔ ۸۰۰ متری از دو فضای باز (بوستان معرفت دانشگاه یزد و بوستان نعل‌اسبی صفائیه)، که مساحت آن‌ها به حداقل ۰٫۳ هکتار می‌رسد، قرار دارد (ت ۲۸).

شبکهٔ خیابان (۱ امتیاز): تراکم تقاطعاتِ (خیابان‌ها و پیاده‌روهای) واجد شرایط بیش از ۳۵ تقاطع در شعاع ۴۰۰ متری از مرز پروژه است (ت ۲۹).

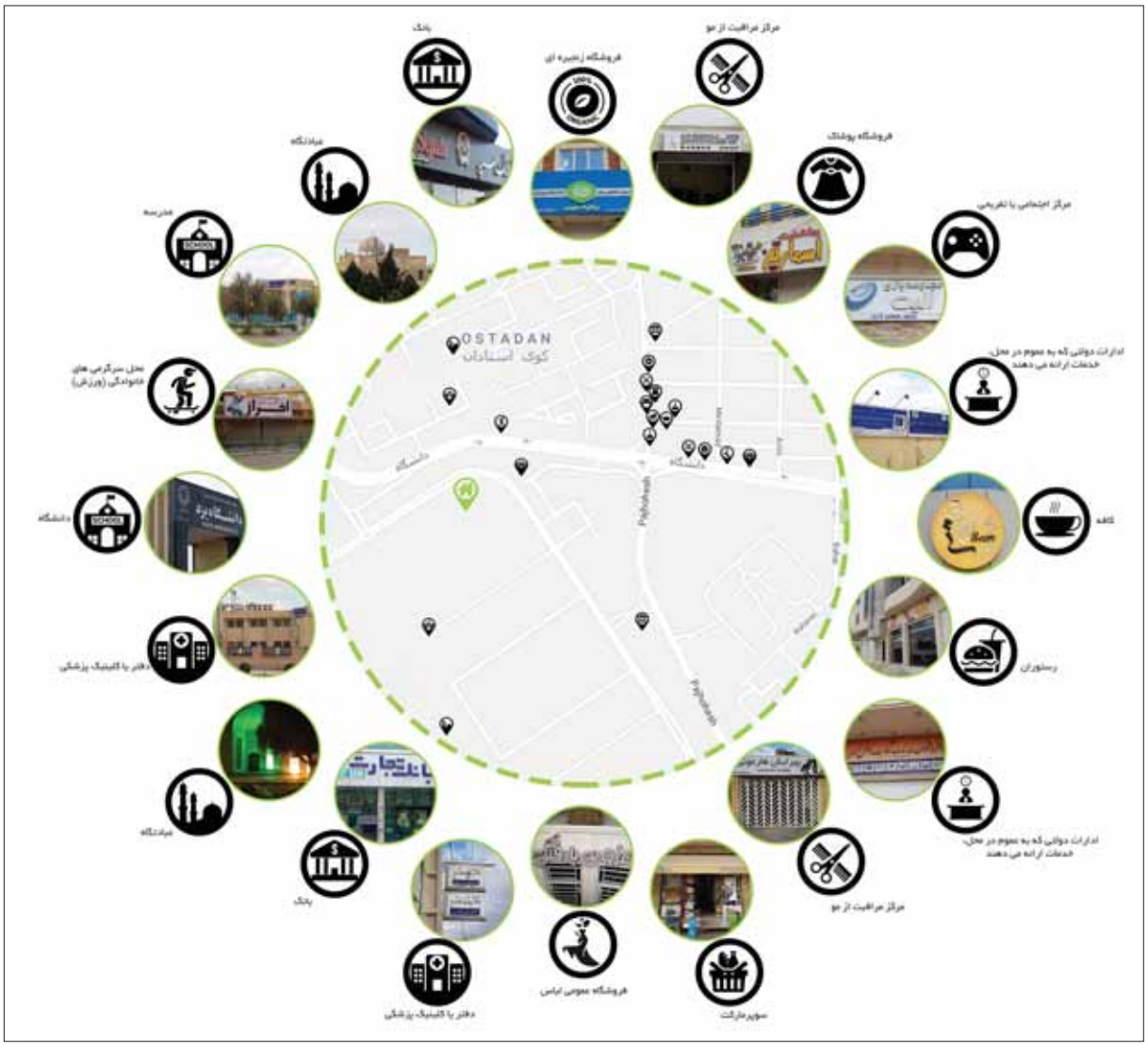
شبکهٔ دوچرخه‌سواری و ذخیره‌سازی دوچرخه (۱ امتیاز): در این پروژه ۴ فضای کوتاه‌مدت و ۱ فضای بلندمدت برای پارکینگ دوچرخه فراهم خواهد شد.

ـ توسعهٔ متراکم (۳ امتیاز): نسبت تعداد واحد مسکونی ساخته‌شده در هر آکر (۴۰۴۷ متر مربع) از زمینِ قابل‌ساخت برای این پروژهْ بیشتر از ۲۰ است.

$$\frac{Dwelling\ unit}{Acre} = \frac{۱}{۱۶۶ \div ۴۰۴۷} = ۲۴$$

ـ منابع اجتماعی یا اماکن خدماتی (۲ امتیاز): ۲۰ کاربری زیر در محدودهٔ ۸۰۰ متری مسافت پیاده‌روی از ورودی بنا قرار دارند: ۲ مکان آموزشی (مدرسه و دانشگاه)، ۲ مطب یا کلینیک پزشکی، ۲ عبادتگاه (مسجد)، ۲ بانک، ۲ فروشگاه پوشاک، ۱ سوپرمارکت، ۲ مرکز مراقبت از مو، ۲ ادارهٔ دولتی، ۱ رستوران، ۱ کافی‌شاپ، ۲ محل سرگرمی‌های خانوادگی (پیست اسکیت و گیم‌نت)، و ۱ فروشگاه زنجیره‌ای (ت ۳۰).

ـ دسترسی به حمل‌ونقل (۱ امتیاز): این پروژه در فاصلهٔ ۴۰۰ متری مسافت پیاده‌روی از ایستگاه اتوبوس شهری قرار گرفته است.



ت ۲۷ (صفحهٔ روبه‌رو، بالا، دوم). اعتبار موقعیت مکانی و حمل‌ونقل. مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

ت ۲۸ (صفحهٔ روبه‌رو، پایین راست). فضاهای باز موجود در شعاع ۸۰۰ متریِ مرز پروژه، مأخذ تصویر سمت راست: Google Earth، به کوشش نگارندگان: عکاس سمت چپ بالا: س.صفریان، مأخذ تصویر چپ پایین: وب‌سایت دانشگاه یزد (https://yazd.ac.ir/university/home/introduction).

ت ۲۹ (صفحهٔ روبه‌رو، پایین، چپ). تقاطعات موجود در شعاع ۴۰۰ متریِ مرز پروژه. مأخذ: Google Earth، به کوشش نگارندگان.

ت ۳۰. تعداد ۲۰ کاربری اطراف پروژه برای تشویق به پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری روزانه، کاهش مسافت طی‌شده توسط وسایل نقلیه و وابستگی به اتومبیل. مأخذ: Google Map، به کوشش نگارندگان، عکس‌ها: س.صفریان.

۴. ۳. سایت‌های پایدار

در کارنامهٔ اعتبار سایت‌های پایدار به شرح «ت ۳۱» است.

پیش‌نیاز

ـ پیش‌گیری از آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های ساختمانی: مسیر و سرعت روان‌آب کنترل شده است. ورودی آبروهای هدایت آب باران و استخرِ موجود در سایت حفاظت شده‌اند.

ـ عدم وجود گونه‌های گیاهی مهاجم: گونه‌های گیاهی مهاجم (غیربومیِ زیان‌بار) برای لنداسکیپ معرفی نشده است. گل اطلسی، نعناع و سبزیجات خوردنی، درختان زیتون، انگور، انجیر، انار، و نارنج از جمله گونه‌های کم‌آبی هستند که در باغچه و گلدان‌ها کاشته می‌شوند.

اعتبار

ـ کاهش جزایر حرارتی:

متریال‌های غیرجاذب (۲ امتیاز): از مواد غیرجاذب، با رنگ روشن و آلبدوی (سپیدایی یا درصد بازتاب نورِ) بالا، برای هارداسکیپ و بام استفاده شده است. همچنین پوشش گیاهی و یک چادر ساده در تابستان به‌ترتیب روی هارداسکیپ و بام سایه‌اندازی می‌کنند.

ـ مدیریت آب باران:

توسعهٔ کم‌اثر (۲ امتیاز): ۳۸٫۴۵ متر مربع از قطعه زمین، نفوذپذیر است و ۸۸٫۸ متر مربع از پروژه (بام و حیاط جنوبی) از طریق ناودان و شیب‌بندی کف‌ها می‌تواند آب را به قسمت‌هایی از سایت با خاصیت نفوذپذیری (باغچه) هدایت کند.

ـ کنترل غیرسمی آفات (۲ امتیاز):

از مواد غیرسلولزی برای همهٔ عناصر سازه‌ای استفاده شده است (۰٫۵ امتیاز).

همهٔ ترک‌های خارجی، اتصالات، نقاط نفوذ، لبه‌ها، و نقاط ورودی با مسدودکننده‌های مناسب بسته شده و توری‌های ضدجوندگان و ضدخوردگی (به طور مثال مش مسی یا فولادی ضدزنگ) روی همهٔ بازشوهای بزرگ‌تر از ۶ میلی‌متر (به‌جز جاهایی که نصب آن‌ها ممنوع است) نصب می‌شود (۰٫۵ امتیاز).

نقاط تخلیه برای ناودان‌ها یا هر منبع رطوبت دیگری به گونه‌ای طراحی شده که تخلیه در حداقل فاصلهٔ ۶۰۰ میلی‌متری از پی قرار داشته باشد (۰٫۵ امتیاز).

خطوط لنداسکیپ، برای فراهم آوردن حداقل ۴۵۰ میلی‌متر فاصله، بین دیوار خارجی و پوشش گیاهی طراحی شده است (۰٫۵ امتیاز).

۴. ۴. بهره‌وری آب

این اعتبار در «ت ۳۲» قابل‌مشاهده است. ارزیابی این اعتبار از مسیر عملکردی صورت گرفته است.

پیش‌نیاز

ـ اندازه‌گیری مصرف آب: یک کنتور برای اندازه‌گیری مصرف آبِ کل خانه نصب شده است.

ت ۳۱ (بالا). اعتبار سایت‌های پایدار، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.
ت ۳۲ (پایین). اعتبار بهره‌وری آب، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

سایت‌های پایدار		6 of 7
SSp	پیشگیری از آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های ساختمانی	الزامی
SSp	عدم وجود گونه‌های گیاهی مهاجم	الزامی
SSc	کاهش جزایر حرارتی	2 of 2
SSc	مدیریت اب باران	2 of 3
SSc	کنترل غیرسمی افات	2 of 2

بهره‌وری آب		6 of 12
WEp	اندازه‌گیری مصرف اب	الزامی
مسیر عملکردی		
WEc	کل اب مصرفی	6 of 12
مسیر تجویزی		
WEc	اب مصرفی داخل ساختمان	
WEc	اب مصرفی خارج از ساختمان	

اعتبار

ـ کل آب مصرفی (۶ امتیاز):

۳۸٪ کاهش مصرف آب داخلی و بیرونی ساختمان: در ادامهٔ فایل اکسلِ چک‌لیست، تبی با عنوان «Water Reduction Calculator» (برای محاسبهٔ میزان کاهش کل آب مصرفی پروژه) قرار دارد که با وارد کردن اطلاعاتی همچون تعداد اتاق‌های خواب (۱ اتاق)، تعداد ساکنان (۲ نفر)، میزانِ مصرفِ اندازه‌گیری‌شدهٔ تجهیزات بهداشتی ساختمان مانند سردوش (۷٫۵ لیتر بر دقیقه) و شیر آشپزخانه و دستشویی (میانگین ۱۰٫۶۶ لیتر بر دقیقه) و فلاش‌تانک دومخزنه (میانگین ۳٫۶۸ لیتر در هر فلاش) و ماشین لباس‌شویی و ظرف‌شویی (صفر به دلیل فقدان این دو دستگاه در مهمان‌سرا)، مصرف ماهیانهٔ آبِ داخل ساختمان طبق مدت‌زمان تخمینی لید (۷۰۸۱ لیتر در ماه) مشخص و در مقایسه با بِیس‌لاین (۱۱۳۸۲ لیتر در ماه)، میزان صرفه‌جویی (۴۳۰۱ لیتر در ماه) تخمین زده شد. برای تخمین مصرف ماهیانهٔ آبِ خارج از ساختمان، در فایل اکسل دیگری با عنوان «Water Budget Tool»[۱۵] پس از تعیین ماه اوج آبیاری (تیر یا مرداد)، اطلاعاتی همچون مساحت پوشش گیاهی لنداسکیپ (۴۱۳٫۸۷ فوت مربع)، متوسط «تبخیر و تعرق» و «بارندگی» شهر یزد در ماه‌های ذکرشده (به‌ترتیب ۰٫۳۹ و صفر اینچ در ماه) و همچنین نوع گیاهان کاشته‌شده در لنداسکیپ (گیاهانی که روی سطح خاک رشد می‌کنند، بوته یا درخت) همراه با مساحت تحت پوشش و نوع آبیاری هرکدام (قطره‌ای) وارد شده و درنتیجه، میزان آب مورد نیاز برای لنداسکیپ (۴۰ لیتر در تیر یا مرداد ماه) تخمین زده شد. درنهایت با توجه به کاشته نشدن چمن، تجمیع مصرف آب داخلی، و آب مورد نیاز برای لنداسکیپ (خارج ساختمان)، مصرف کل آب ساختمان ۷۱۲۱ لیتر در ماهِ اوج آبیاری تخمین زده شد که در مقایسه با بِیس‌لاین (۱۱۵۴۳٫۴ لیتر در ماه)، ۳۸٪ صرفه‌جویی داشته است.

۴. ۵. انرژی و محیط

ارزیابی این اعتبار از مسیر تجویزی صورت گرفته است (ت ۳۳).

پیش‌نیاز:

ـ حداقل عملکرد انرژی

لوازم خانگی واجد شرایط با نشان انرژی: لوازم خانگی با کارایی بالا نصب خواهد شد.

انرژی و محیط		25 of 38
EAp	حداقل عملکرد انرژی	الزامی
EAp	اندازه‌گیری انرژی	الزامی
EAp	آموزش مالک، مستاجر یا مدیر ساختمان	الزامی
مسیر عملکردی		
EAc	مصرف سالانه‌ی انرژی	
مسیر های عملکردی و تجویزی		
EAc	سیستم توزیع بهینه‌ی آب گرم	
EAc	ردیابی پیشرفته‌ی بهره‌وری	1 of 2
EAc	طراحی خورشیدی فعال	1 of 1
EAc	اعتبارسنجی راه‌اندازی سیستم تهویه مطبوع	
مسیر تجویزی		
EAp	اندازه‌ی خانه	16 of 38
EAc	جهت‌گیری ساختمان به منظور طراحی خورشیدی غیرفعال	3 of 3
EAc	نفوذ هوا	
EAc	عایق‌کاری پوسته‌ی ساختمان	
EAc	پنجره‌ها	
EAc	تجهیزات گرمایش و سرمایش فضاها	
EAc	سیستم‌های توزیع گرما و سرما	
EAc	تجهیزات بهینه‌ی آب گرم مصرفی	3 of 3
EAc	روشنایی	
EAc	لوازم خانگی با بازدهی بالا	1 of 2
EAc	انرژی‌های تجدیدپذیر	

ت ۳۳. اعتبار انرژی و محیط، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

ـ **اندازه‌گیری انرژی:** یک کنتور برای محاسبهٔ برق و گاز مصرفی کل خانه نصب شده است.

ـ **آموزش مالک، مستأجر، یا مدیر ساختمان:** یک دفترچهٔ راهنما یا پوشه یا سی‌دی آموزش بهره‌برداری و نگهداری برای مهمان‌سرا آماده خواهد شد.

اعتبار

ـ ردیابیِ پیشرفتهٔ بهره‌وری:

آب و برق (۱ امتیاز): یک سیستم دائمی نظارت بر مصرف انرژی نصب خواهدشد، که به فاصلهٔ یک ساعت به یک ساعت یا کمتر، اعداد را ضبط می‌کند (این مورد با مسیر عملکردی مشترک است).

ـ **طراحی خورشیدی فعال (۱ امتیاز):** یک پانل خورشیدی، به منظور تولید ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلووات‌ساعت انرژی تجدیدپذیر در سال، نصب خواهد شد (این مورد با مسیر عملکردی مشترک است).

ـ **اندازهٔ خانه (۱۶ امتیاز):** پروژه ۱ امتیاز برای هر ۴٪ کاهش در مساحت کفِ تهویه‌شده (۳۰٫۹۱ متر مربع) در مقایسه با خانهٔ بیس‌لاینِ انرژی‌استار (۹۳ متر مربع) به دست آورد.

ـ جهت‌گیری ساختمان به منظور طراحی خورشیدی غیرفعال (۳ امتیاز):

سطح شفاف جبههٔ جنوبی، حداقل ۵۰٪ بیشتر از مجموع سطوح شفاف جبههٔ شرقی و غربی است (۱ امتیاز).

محور شرقی‌ـ غربی خانه بر محور شرقی‌ـ غربی جغرافیایی منطبق است (۱ امتیاز).

حداقل ۹۰٪ از سطوح شفاف جنوبی، به طور کامل، در آفتاب ظهر انقلاب تابستانی در سایه قرار می‌گیرند و در ظهر انقلاب زمستانی بدون سایه خواهند بود (۱ امتیاز) (ت ۳۴).

ـ تجهیزات بهینهٔ آب گرم مصرفی (۳ امتیاز): ۷۰٪ از نیاز آب گرم مصرفی سالانه با آب‌گرم‌کن خورشیدی تأمین می‌گردد.

ـ لوازم خانگی با بازدهی بالا (۱ امتیاز): یخچال دارای برچسب انرژی A نصب خواهد شد.

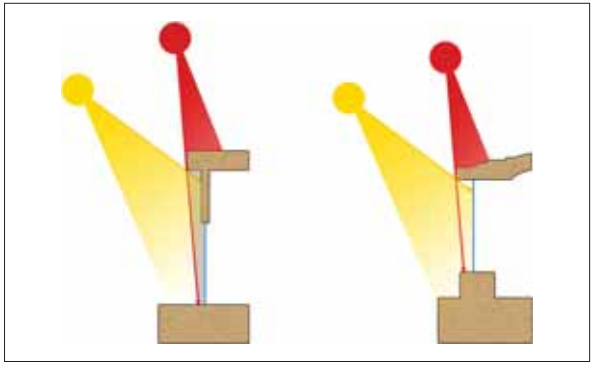
۴. ۶. مواد و منابع

اعتبار مواد و منابع در «ت ۳۵» مشاهده می‌شود.

پیش‌نیاز

ـ چوب‌های مناطق گرمسیری دارای گواهینامه: همهٔ چوب‌های موجود در این خانه، غیر استوایی، و مجدداً استفاده‌شده یا بازیابی‌شده هستند؛ مثل قرنیزها، نعل درگاه ورودی اصلی، سقف کاذب حمام و راهروی ورودی، دریچه‌های سرمایش زیرزمینی، نرده‌های باغچه و سردر ورودی، قاب آینه، دریچه‌های دیوار ترومب، دریچه‌های کانال تهویه، و... .

15. https://www.epa.gov/watersense/water-budget-tool



ت ۳۴ (بالا). تابش آفتاب در ظهر انقلاب‌های تابستانی (پرتو قرمز) و زمستانی (پرتو زرد) بر در و پنجره‌های جدارهٔ جنوبی، تحقیق و ترسیم: ع. پاکدل و نگارندگان.

ت ۳۵ (پایین). اعتبار مواد و منابع، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

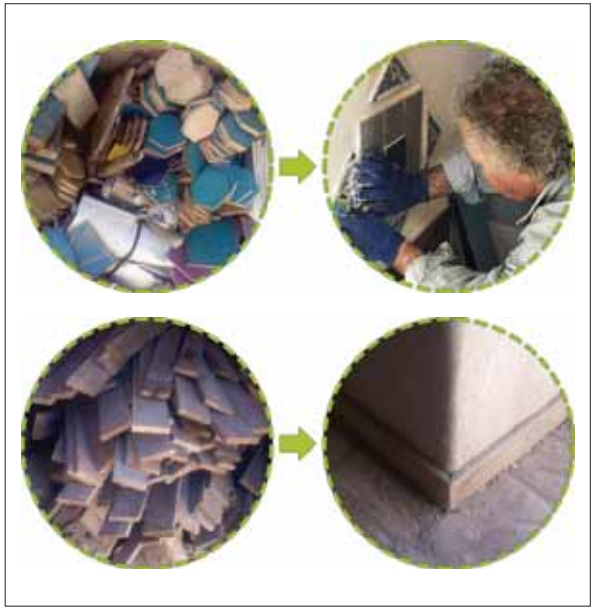
ـ مدیریت دوام و ماندگاری: کفپوش ضدآب در آشپزخانه، حمام، و ورودی نصب شده و در این نواحی هیچ فرشی پهن نشده است. کف‌سازی ضدآب در راه‌های ورودی و در محدودهٔ ۹۰ سانتی‌متری از در(های) خارجی نصب شده و از فرش استفاده نشده است.

اعتبار

ـ محصولات ارجح از نظر سازگاری با محیط زیست (۲٫۵ امتیاز):

بازیابی شده‌ها: حداقل ۲۵٪ از کابینت‌ها، کانترها، و تزیینات داخلی از مواد و مصالح بازیابی‌شده هستند یا شامل حداقل ۲۵٪ محتوای بازیافتی «پس از مصرف‌کننده»[16] (ضایعات تولیدشده پس از استفادهٔ مصرف‌کنندگان) می‌شود. (۱ امتیاز) (ت ۳۶)

در این پروژه، خشت‌وگلْ مصالح غالب به‌کاررفته و استفاده از سیمان ــ که یک متریال تولیدکنندهٔ عمدهٔ کربن دی‌اکسید است ــ به حداقل رسیده است. سطوح داخلی بنا با سیم‌گِل (ترکیبی از ماسه، خاک رس، کاه و گچ) پوشانده شده که با توجه به طبیعی بودنش، غیر سمی و قابل‌بازگشت به زمین است. بقایای این بنا پس از تخریبْ بهترین خاک برای کشاورزی است.



محصولات بومی: صددرصدِ مواد و مصالح اجزای سازه (۰٫۵ امتیاز)، پوشش داخلی بنا (۰٫۵ امتیاز)، و سنگ‌دانه‌های به‌کاررفته در پیِ بنا (۰٫۵ امتیاز)، از محدودهٔ ۱۶۰ کیلومتری سایت پروژه استخراج، فراوری، و تولید شده است. متریال‌های بومی به منظور استفاده از مصالح با کربن دی‌اکسید و انرژی نهفتهٔ کمتر، از نزدیک‌ترین فروشگاه‌ها تهیه شده است.

16. Post-consumer

۴. ۷. کیفیت محیط داخلی

در «ت ۳۷» این اعتبار نشان داده شده است.

پیش‌نیاز

ـ تهویه

خروج موضعی هوا: پروژه با الزامات «ASHRAE Standard 62.2-2010» یا معادل محلی آن مطابقت دارد. سیستم‌های خروج موضعی، هوا را مستقیما به بیرون می‌فرستند. فن خروج

ت ۳۶ (راست). استفادهٔ مجدد از مواد و مصالح دورریختنی در ساخت قرنیز و تزیینات داخلی، مأخذ عکس‌ها: مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر و میلاد آقانژاد.
ت ۳۷ (چپ). اعتبار کیفیت محیط داخلی، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

کیفیت محیط داخلی		6 of 16
EQp	تهویه	الزامی
EQp	تخلیه‌ی گازهای حاصل از احتراق	الزامی
EQp	محافظت در برابر آلاینده‌های گاراژ	الزامی
EQp	ساخت‌وساز مقاوم در برابر گاز رادون	الزامی
EQp	تصفیه‌ی هوا	الزامی
EQp	استعمال دخانیات در محیط	الزامی
EQp	تقسیم‌بندی	الزامی
EQc	تهویه‌ی پیشرفته	
EQc	کنترل آلودگی	1 of 2
EQc	متعادل‌سازی سیستم‌های توزیع گرما و سرما	
EQc	تقسیم‌بندی پیشرفته	
EQc	تخلیه‌ی پیشرفته‌ی گازهای حاصل از احتراق	1 of 2
EQc	محافظت پیشرفته در برابر آلاینده‌های گاراژ	2 of 2
EQc	محصولات با انتشار کم مواد سمی	2 of 3

هوا با کارایی بالا، برای حمام نصب خواهد شد.

ـ **تخلیهٔ گازهای حاصل از احتراق:** لوازم خانگی بدون دودکش نصب نشده‌اند (فرها و اجاق گازها استثنا هستند). یک ناظر کربن مونوکسید همراه با یک باتری پشتیبان نصب خواهد شد. درب‌های بسته‌شونده یا حصار شیشه‌ای ثابت برای شومینه نصب خواهند شد.

ـ **محافظت در برابر آلاینده‌های گاراژ:** این پروژه فاقد گاراژ است.

ـ **ساخت‌وساز مقاوم در برابر گاز رادون:** نقشهٔ زون‌بندی رادون کشور به منظور تعیین مناطق پر خطر، هنوز آماده نشده است.

ـ **تصفیهٔ هوا:** این مورد مربوط به فیلتر سیستم‌های تهویه مطبوع است، در حالی که پروژه این گونه سیستم‌ها را ندارد.

ـ **استعمال دخانیات در محیط:** رعایت این مورد فقط برای پروژه‌های چندخانواری ضروری است.

ـ **تقسیم‌بندی:** رعایت این مورد فقط برای پروژه‌های چندخانواری و تک‌خانواری‌های به‌هم پیوسته ضروری است.

اعتبار

ـ کنترل آلودگی (۱ امتیاز):

پادری‌ها (۰/۵ امتیاز): برای ورودی اصلی یک پادری دائمی و قابل‌شستشو به طول حداقل ۱٫۲ متر نصب خواهد شد.

فضای کفش‌کن و جاکفشی (۰/۵ امتیاز): یک فضای کفش‌کن به همراه جاکفشی و نیمکت، نزدیک به درب ورودی اصلی، بدون هیچ نوع فرشی در نظر گرفته شده است.

ـ تخلیهٔ پیشرفتهٔ گازهای حاصل از احتراق (۱ امتیاز)

شاخص تخلیهٔ پیشرفتهٔ گازهای حاصل از احتراق (۱ امتیاز): یک شومینهٔ چوب‌سوز، با خروجی مستقیم دود به بیرون، نصب شده است.

ـ محافظت پیشرفته در برابر آلاینده‌های گاراژ

بدون گاراژ یا گاراژ جدا یا گاراژ بدون دیوار (۲ امتیاز): بدون گاراژ.

ـ محصولات با انتشار کم مواد سمی (۲ امتیاز): در این پروژه مصالح با انتشارِ کمِ مواد آلیِ فرار به کار برده شده است.

ـ پوشش داخلی (۰٫۵ امتیاز)، کف‌سازی‌ها (۰٫۵ امتیاز) و محصولات کامپوزیت چوبی (۱ امتیاز) به‌ترتیب، به دلیل رنگ نزدن فضای داخل، آجرفرش بودن کف، و بکر بودن چوب‌ها از نظر انتشار کم، تأیید شدند.

۴. ۸. نوآوری

نوآوری هشتمین اعتبار مطرح در کارنامه است (ت ۳۸).

پیش‌نیاز:

ـ ارزیابی اولیه: ارزیابی اولیه و مطابقات لازم به این صورت کامل و تعیین شده است:

۱. در ابتدای برنامه‌ریزی پروژه، یک برنامهٔ عملی برای مشخص کردن سطح هدف نشان لید (گواهی‌شده، نقره، طلا، یا پلاتینوم)،

۲. اعتباراتی که برای برآورده شدن آن انتخاب شده، و

۳. بخش مسئولی برای برآورده کردن الزامات هریک از اعتبارهای انتخاب‌شده.

اعتبار

ـ نوآوری (۳٫۵ امتیاز):

نوآوری (۱ امتیاز): یکی از نوآوری‌های این پروژه این است که که پروژه یک خانهٔ پَسیو است و سیستم تهویهٔ مطبوعی ندارد.

پایلوت (۱ امتیاز): بخشی از سایت (حداقل ۴٫۶۵ متر مربع) به کشاورزی خانگی و تولید مواد غذایی محلی اختصاص داده شده است.

استراتژی‌های اضافی (۱٫۵ امتیاز):

عملکرد نمونه: به منظور تشویق طراحان برای داشتن بهترین عملکرد ممکن، برخی از زیرمجموعه‌های اعتبارات قبلی، که

ت ۳۸. اعتبار نوآوری، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.
ت ۳۹ (صفحهٔ روبه‌رو، راست). اعتبار اولویت منطقه‌ای، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.
ت ۴۰ (صفحهٔ روبه‌رو، چپ). امتیازات نهایی، مأخذ: USGBC، به کوشش نگارندگان.

در طول ارزیابی امتیاز آن‌ها به طور کامل کسب شده باشد، اینجا تشویق و به پروژه امتیازات جداگانه (حداکثر تا ۲ امتیاز) اهدا می‌شود. برای این پروژه، منابع اجتماعی (۱ امتیاز) و کنترل غیر سمی آفات (۰٫۵ امتیاز) شرایط عملکردهای نمونه را داشتند.

۴. ۹. اولویت منطقه‌ای

«USGBC» اعتباراتی را، که برای هر منطقه، از نظر جغرافیایی، عدالت اجتماعی، و بهداشت عمومی، در اولویت هستند و اهمیت بیشتری دارند، مشخص کرده است. به منظور ترغیب طراحان برای رعایت این اعتباراتِ ویژه و در اولویت، برای هریک از آن‌ها در صورت کسب حداقل امتیاز لازم، یک امتیاز جدا در بخش «اولویت منطقه‌ای» اهدا می‌شود و مجموعاً تا حداکثر ۴ امتیاز برای هر پروژه قابل‌دریافت است. این اعتبارات برای یزد در اولویت هستند: مصرف سالانهٔ انرژی (کسب حداقل ۱۲ امتیاز از ۲۵ امتیاز)، انرژی تجدیدپذیر (کسب حداقل ۲ امتیاز از ۴ امتیاز)، ردیابی پیشرفتهٔ بهره‌وری (۲ امتیاز از ۲ امتیاز)، اعتبارسنجی راه‌اندازی سیستم تهویهٔ مطبوع (۱ امتیاز از ۱ امتیاز)، تهویهٔ پیشرفته (کسب حداقل ۱ امتیاز از ۳ امتیاز)، انتخاب سایت (کسب حداقل ۳ امتیاز از ۸ امتیاز)، توسعهٔ متراکم (کسب حداقل ۳ امتیاز از ۳ امتیاز)، کل آب مصرفی (کسب حداقل ۵ امتیاز از ۱۲ امتیاز)، و آب مصرفیِ داخل ساختمان (کسب حداقل ۳ امتیاز از ۶ امتیاز). با توجه به اینکه پروژه حداقل امتیازات لازم را در اعتبارات توسعهٔ متراکم (۳ امتیاز)، مصرف سالانهٔ انرژی (۲۲ امتیاز)، انتخاب سایت (۸ امتیاز)، و کل آب مصرفی (۶ امتیاز) کسب کرده است، می‌تواند به ازای هرکدام ۱ امتیاز در بخش «اولویت منطقه‌ای» دریافت کند (ت ۳۹).

۵. نتیجه

ارزیابی یک بنا کار پیچیده و زمان‌بری است و نمی‌توان، به‌راحتی و بدون سنجش دقیق، یک پروژه را سبز نامید. طراحی و ساخت یک بنای سبز تنها با مد نظر داشتن چند نکته و دنبال کردن تعدادی راهکار میسر نمی‌شود و لازم است به مواردی مانند مکان‌یابی پروژه، مصرف آب و انرژی، انتخاب مواد و مصالح، کیفیت هوای داخل، و خلق نوآوری در ساختمان توأمان توجه شود و باید هم‌زمان تمهیدات لازم را برای آن در نظر گرفت. به‌کارگیری استراتژی‌هایی همچون انتخاب سایت مناسب و ایجاد خرداقلیم، طراحی و توسعهٔ متراکم، چیدمان درست ریزفضاها، استفاده از گرمایش و سرمایش غیرفعال، جهت‌گیری درست ساختمان و دریافت یا کنترل تابش‌ها، استفاده از منابع تجدیدپذیر، مدیریت آب باران و آب مصرفی، رعایت بوم‌آوردی، بازیابی مصالح، کشاورزی خانگی، دسترسی آسان به شبکهٔ پیاده‌روی و دوچرخه سواری، حمل‌ونقل عمومی و اماکن خدماتی در کنار مشارکت، برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری همهٔ اعضای درگیر پروژه از ابتدای طراحی، همه ازجمله مواردی هستند که، بدون صرف هزینه‌های بالا، به نزدیک شدن این پروژه به معیارهای معماری سبز کمک کرده‌اند.

برای ارزیابی پروژه و اثبات سبز بودن آن، چک‌لیست مفصل «لیدِ نسخه ۴، برای طراحی و ساخت‌وساز ساختمان: خانه‌ها، و چندخانواری‌های کوتاه‌مرتبه» کامل شد و امتیازات کسب‌شده در هریک از اعتباراتْ مشخص گردید. این پروژه علاوه بر کسب امتیاز کامل از بخش «اولویت منطقه‌ای»، عملکرد خوبی در بخش‌های «روند منسجم»، «موقعیت مکانی و حمل‌ونقل»، «سایت‌های پایدار» و «نوآوری» داشت. همچنین بیشتر امتیازاتی که پروژه در بخش‌های «انرژی و محیط»، «مواد و منابع» و «کیفیت هوای داخل» کسب نکرده، اغلب به دلیل نبود سیستم‌های ساختمانی مرسوم ایالات متحده در ایران و نیز نبودِ تجهیزات تهویه مطبوع و اجزای آن در بنای مهمان‌سراست که این موضوع را می‌توان از اشکالات لید برای ارزیابی پروژه‌های خارج از ایالات متحده دانست. بااین‌حال، بر اساس امتیازات نهایی، به این بنا ۶۷ امتیاز تعلق گرفت و در سطح نشان طلا (بین ۶۰ تا ۷۹ امتیاز) شناخته شد. بنابراین، این پروژه نه‌تنها یک ساختمان سبز است و فرضیهٔ طرح‌شده در مورد آن (پیش‌بینی کسب نشان نقره) به اثبات رسید، بلکه نتایج به‌دست‌آمده فراتر از انتظار هستند و این نشان می‌دهد که مهمان‌سرای سبز دانشگاه یزد دارای سطح بالایی از طراحی سبز (نشان طلا) است و یک پروژهٔ واقعی سبز در ایران شناخته خواهد شد.

منابع و مآخذ

مدارک پژوهشکدهٔ بین‌المللی بادگیر یزد.

وب‌سایت دانشگاه یزد:
(https://yazd.ac.ir/university/home/introduction).

Grondzik, Walter T. & Alison G. Kwok. *Mechanical and Electrical Equipment for Buildings*, 12th Edition, New Jersey: Willey, (2014), p.15.

Ragheb, Amany & Hisham El-Shimy & Ghada Ragheb. "Green Architecture: A Concept of Sustainability", in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216 (2016), p. 778.

Soleymanpour, Rana & Nastaran Parsaee & Maryam Banaei. "Climate Comfort Comparison of Vernacular and Contemporary Houses of Iran", in *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 201 (2015), p. 51.

USGBC (شورای ساختمان سبز ایالات متحده)

https://www.epa.gov/watersense/water-budget-tool

http://leed.usgbc.org/leed.html

https://new.usgbc.org/leed-v4

https://www.usgbc.org/credits?Rating+System=%5B%22Homes%22%5D&Version=%5B%22v4%22%5D