



Review and Analysis of Zero Energy Buildings In Order to Reduce Energy Consumption and Production

Kimia Sadat Shariati¹ , Fatemeh Sadat Majidi^{2*}

1. Department of Architecture, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2. Department of Architecture, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran.(Corresponding author)

Received: 2024/11/16

Accepted: 2025/01/06

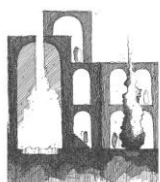
Research Paper

Abstract

Nowadays, due to the limited resources of fossil fuels, the use of renewable energy such as solar energy, wind, biomass and water has attracted everyone's attention. In terms of construction, zero energy buildings have gained importance and popularity to reduce carbon emissions and dependence on fossil fuels. The purpose of this research is to investigate and analyze zero energy buildings in order to investigate ways to reduce energy consumption and energy production by the buildings themselves, and by examining two successful models as case examples in Australia and Japan, ideas, methods and technologies can be found. They benefited in the matter of construction. In this research, using the descriptive-analytical method and using library studies as well as the use of internet sites, it has been investigated, analyzed and how to use these solutions. The results of this research show that the best and most economical step in order to reduce energy consumption in the building is done in the design process. Therefore, the first step to design a zero-energy building is to study the climate, so that by using information analysis to reduce energy consumption and optimal use of renewable energy, the most effective measures can be taken to reduce pollution and prevent environmental degradation. Bio took an effective step. Also, the analysis of case examples showed that the use of renewable energy can have positive effects on the self-sufficiency of a building in terms of providing and reducing energy consumption and also provide comfort to the residents.

Keywords: Zero Energy Buildings, Renewable Energy, Optimization of Energy Consumption, Energy Prodduction.

* Corresponding author's Email: fs.majidi@khuisf.ac.ir



بررسی و تحلیل ساختمان‌های صفر انرژی در راستای کاهش مصرف و تولید انرژی^۱

کیمیا السادات شریعتی^۱، فاطمه السادات مجیدی^{۲*}

۱. گروه معماری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

۲. گروه معماری، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران. (نویسنده مسئول)

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

چکیده

امروزه با توجه به محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشید، باد، زیست توده و آب نظر همگان را بیش از پیش به سوی خود جلب کرده است. در امر ساخت و ساز نیز برای کاهش آلاینده‌گی کربن و وابستگی به سوخت‌های فسیلی، ساختمان‌های صفر انرژی اهمیت و محبوبیت یافته‌اند. هدف از این پژوهش بررسی و تحلیل ساختمان‌های صفر انرژی است، تا راهکارهای کاهش مصرف انرژی و تولید انرژی توسط خود ساختمان‌ها بررسی گردد و با بررسی دو نمونه موفق در استرالیا و ژاپن بتوان از ایده‌ها، روش‌ها و فن‌آوری‌های آن‌ها در امر ساخت و ساز بهره برد. در این پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین استفاده از سایت‌های اینترنتی به بررسی، تحلیل و نحوه استفاده از این راهکارها پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان داد، بهترین و مقرون به صرفه‌ترین قدم برای کاهش مصرف انرژی در ساختمان، در روند طراحی صورت می‌گیرد؛ بنابراین اولین گام برای طراحی ساختمان صفر انرژی، بررسی اقلیم است تا بتوان با بهره‌گیری از آنالیز اطلاعات در جهت کاهش مصرف انرژی و بهره‌گیری بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر مؤثرترین اقدامات را صورت داد و در جهت کاهش آلودگی و جلوگیری از تخریب محیط زیست گامی مؤثر برداشت؛ همچنین تحلیل نمونه‌های موردی نشان داد که بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر تا چه میزان در خودکفایی یک ساختمان در بحث تأمین و کاهش مصرف انرژی می‌تواند تأثیرات مثبت داشته و آسایش ساکنین را فراهم کند.

واژه‌های کلیدی: ساختمان‌های صفر انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی مصرف انرژی، تولید انرژی

^۱ این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد نویسنده اول با عنوان «طراحی مجموعه مسکونی با رویکرد نزدیک صفر انرژی در اقلیم گرم و خشک (شهر اصفهان)» است، که به راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) انجام گرفته است.

* نویسنده مسئول: fs.majidi@khuisf.ac.ir



۱- مقدمه

یکی از مقرون به صرفه‌ترین راه‌ها برای مقابله با تغییرات اقلیمی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از ساختمان‌ها است و مقررات، چه در سطح ملی، منطقه‌ای یا شهری، نقشی حیاتی در این زمینه ایفا می‌کنند. علاوه بر این، ساخت و ساز ساختمان‌های صفر انرژی منجر به رشد اقتصادی خواهد شد. مفهوم صفر انرژی، این است که ساختمان‌ها می‌توانند تمام انرژی مورد نیاز خود را از منابع کم‌هزینه، در دسترس محلی، غیرآلاینده و تجدیدپذیر برآورده کنند. در سخت‌ترین سطح، یک ساختمان صفر انرژی به اندازه کافی انرژی تجدیدپذیر در محل تولید می‌کند که برابر یا بیشتر از مصرف انرژی سالانه خود باشد. ساختمان‌های صفر انرژی باید انرژی خود را در محل تولید کنند تا نیازهای برق و گرمایش یا سرمایش خود را برآورده کنند. فن‌آوری‌های مختلف ممکن است برای تأمین گرما و برق ساختمان استفاده شود؛ از جمله مواردی که در زیر به آن‌ها اشاره شده است:

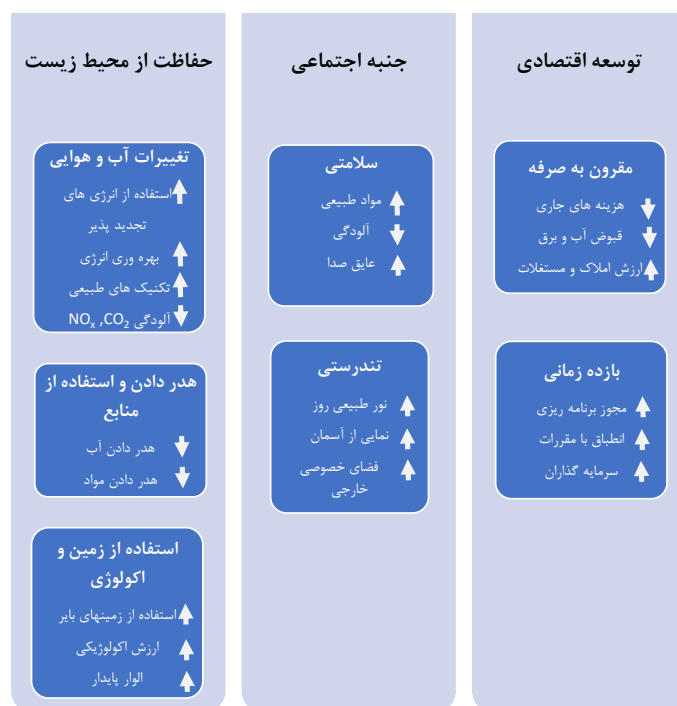
- خورشیدی (آب گرم خورشیدی، فتوولتائیک)؛
- باد (توربین‌های بادی)؛
- زیست‌توده (هیترا و اجاق‌ها، دیگ‌ها، و طرح‌های گرمایش عمومی)؛
- حرارت و برق ترکیبی و میکروسی‌اچ‌پی برای استفاده با گاز طبیعی، زیست‌توده، گاز فاضلاب و سایر بیوگاز؛

- گرمایش جامعه (از جمله استفاده از گرمای ائتلاف حاصل از تولید برق در مقیاس بزرگ)؛
- پمپ‌های حرارتی (منبع هوا)، منبع زمینی و سیستم‌های گرمایش زمین گرمایی)؛
- آب (انرژی آبی در مقیاس کوچک)؛
- سایر (از جمله پیل‌های سوختی با استفاده از هیدروژن تولید شده از هر یک از منابع تجدیدپذیر فوق) (Kaur & Channi, 2023, 9-10).

ساختمان‌های صفر انرژی برای محدود کردن مصرف انرژی یک ساختمان و همچنین بهبود بهره‌وری انرژی کل ساختمان طراحی شده‌اند. این تکامل ساخت و ساز جدید توسط جامعه علمی به عنوان آینده ساختمان‌های پایدار درک می‌شود؛ بنابراین هنگام طراحی معیارها و توصیه‌ها برای ساختمان‌های صفر انرژی، الزامات ملی و نگرش‌ها و فعالیت‌های ساکنان باید در نظر گرفته شود؛ همچنین سیاست‌ها برای جذب سرمایه‌گذاران بیشتر به این بخش، افزایش آگاهی عمومی در مورد بهره‌وری انرژی و همچنین تشویق فناوری‌های نوظهور و کالاهایی که در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کنند، بسیار مؤثر خواهد بود (Wilberforce, et al., 2023).

ساختمان‌های صفر انرژی برای کاهش تأثیر کلی بر سلامت انسان و محیط طبیعی به روش‌های زیر طراحی شده‌اند که در شکل ۱ نشان داده شده است.

- ۱- استفاده بهینه از انرژی، آب و سایر منابع؛
- ۲- کاهش زباله، آلودگی و تخریب محیط زیست (Kushwah & Kaur Channi, 2023, 10).



شکل ۱: تأثیر ساختمان‌های صفر انرژی بر اقتصاد، اجتماع و محیط زیست (Kushwah & Kaur Channi, 2023).

۲- پیشینه پژوهش

تاریخچه دقیق برای شروع طراحی و احداث ساختمان‌های انرژی صفر در دنیا مشخص نیست. دلیل اصلی این امر در عدم تعریف مناسب این مفهوم است؛ با این وجود شروع به تعریف و استفاده از مفاهیمی چون ساختمان انرژی صفر یا انرژی خنثی به اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ میلادی باز می‌گردد. علاقه به کاهش مصرف انرژی درست قبل از جنگ جهانی دوم در مؤسسه تکنولوژی ماساچوست با تحقیق در مورد سازه‌های گرمایش خورشیدی آغاز شد. اولین پروژه مربوط به ساخت خانه‌های خورشیدی با نصب گلکته‌های خورشیدی و استفاده از آبگرمکن خورشیدی در سال ۱۹۸۵ بود. سال ۱۹۷۰ را می‌توان سال پیشروی به سمت ساخت خانه‌های کم‌مصرف با عایق‌بندی مناسب دانست (چرکزی و همکاران، ۱۳۹۳).

پیرامون ساختمان‌های صفرانرژی تحقیقاتی در ایران و جهان صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

مارینو^۱ و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی نسبت پنجره به دیوار و تأثیر قابل توجه آن بر مصرف انرژی ساختمان‌ها پرداخته‌اند. تجزیه و تحلیل‌ها با استفاده از برنامه انرژی پلاس انجام شد. نتایج حاصل نشان می‌دهد که یکی از مراحل مهم فرآیند ساخت و ساز طراحی مناسب پوشش ساختمان است که باید به طور مناسب شرایط آب و هوایی محل مکان یابی در نظر گرفته شود؛ زیرا سطوح بهینه بهره‌وری انرژی باید به منظور انطباق با الزامات قانون محیط زیست و کمک به مهار تغییرات آب و هوا باشند (Marino, et al., 2017).

در ادامه داگوستینو و مازرلا^۲ (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان «ساختمان تقریباً صفر انرژی چیست؟ بررسی

^۱ Marino et al.

^۲ D'Agostino & Mazzerlla.



اجمالی، اجرا و مقایسه» به تعریف و بررسی ادبیات ساختمان‌های تقریباً صفر انرژی متمرکز هستند و یکی از بزرگ‌ترین فرصت‌ها برای صرفه‌جویی انرژی در اروپا را نشان می‌دهد؛ همچنین توجه ویژه‌ای در تعریف عوامل اولیه انرژی برای انرژی‌های تولید شده از منابع انرژی تجدیدپذیر در محل، نزدیک یا دور فراهم شده است و نتایج حاصل از آن نشان می‌دهد که اگرچه توجه به ساختمان‌های تقریباً صفرانرژی در سال‌های گذشته افزایش یافته است، این موضوع هنوز در حال بحث است و به طور یکنواخت اجرا نمی‌شود (D'Agostino & Mazzerlla, 2019).

استازی و همکاران^۱ (۲۰۲۰) در مقاله‌ای معیارهای طراحی و رفتار یک ساختمان تقریباً صفر انرژی در آب و هوای مدیترانه‌ای و چگونگی تأثیر خصوصیات مختلف آن بر مصرف نهایی انرژی را بررسی کردند؛ همچنین با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر، یک شبیه‌سازی پویا از عملکرد کلی سیستم ساختمان در مصرف انرژی را ارائه نمودند. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که چگونه یک طراحی منفعل ساختمان همراه با استفاده از یک سیستم کارآمد، می‌تواند نیازهای ساختمان تقریباً صفر انرژی را با عملکرد بالا از نظر مصرف انرژی و آسایش حرارتی داخلی به راحتی برآورده کند (Stasi, et al., 2020).

همچنین حنیفی (۲۰۲۴) در مقاله‌ای با عنوان «مفاهیم و روش‌های طراحی ساختمان‌های صفر انرژی»، به بررسی مفاهیم و روش‌های اساسی برای طراحی ساختمان‌های صفر انرژی خالص پرداخته و مزایا، چالش‌ها و استراتژی‌های پیاده‌سازی آن‌ها را از طریق بررسی گسترده و جامع ادبیات و مطالعه موردی نشان می‌دهد (Hanifi, 2024).

فیروزی و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان «آرمانشهر پایدار خانه‌های هوشمند و صفر نیرویی، گامی نو در راستای توسعه پایدار» به بررسی ساختمان‌های هوشمند و معرفی مصالح هوشمندنا پرداخته‌اند و اصول حاکم بر طراحی ساختمان‌های صفر انرژی را با ذکر چند نمونه شاخص بررسی کرده‌اند و عملکرد هر یک را به تفصیل بررسی نموده‌اند. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد با استفاده از مصالح هوشمند در ساختمان می‌توان ساختمان‌هایی طراحی نمود که مصرف انرژی را تا حد قابل‌توجهی کاهش دهد.

پاگردورین و اوندی‌پور (۱۳۹۴) در پژوهشی به طراحی خانه پایدار، طراحی مجتمع مسکونی با رویکرد بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنعت ساختمان پرداخته‌اند. آن‌ها به دلیل قرارگیری ایران بر روی کمربند زرد زمین که بیشترین میزان دریافت نورخورشید را در طول روز در ماه‌های مختلف سال دارد، بهترین گزینه برای تأمین انرژی‌های مورد نیاز را انرژی‌های خورشیدی دانسته‌اند.

در پژوهشی دیگر، عباسی و رضایی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی راهکارهای تحقق‌پذیری ایده ساختمان‌های صفر انرژی، گامی جهت علمی کردن اصول معماری پایدار» به بررسی راهکارهای تحقق‌پذیری این ایده در دو بخش مباحث تئوریک طراحی این ساختمان‌ها و شیوه‌های اجرا و ساخت، پرداخته‌اند. بر اساس نتایج پژوهش، روش‌های طراحی اکتیو و پسیو (فعال و غیر فعال) می‌تواند به محقق شدن ایده این ساختمان‌ها کمک کند.

خشنود زرگر و همکاران (۱۳۹۵) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی روش‌های طراحی واحدهای مسکونی بر اساس معماری صفر کربن» به بررسی ضرورت استفاده از انرژی تجدیدپذیر به ارائه راهکارهای مدیریت انرژی در ساختمان جهت ایجاد ساختمان صفر انرژی پرداخته‌اند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد، با رعایت نکات طراحی می‌توان تا ۹۰٪ مصرف انرژی را کاهش داد.

اصلانی و خدابخشیان (۱۳۹۷) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی ساختمان صفر انرژی در جهت تحقق معماری پایدار» به بررسی راهکارهای پسیو و اکتیو جهت مقابله با بحران کمبود انرژی و مشکلات آلودگی زیست محیطی

^۱ Stasi et al.



پرداخته‌اند؛ همچنین شریفی و مجیدی (۱۴۰۲)، در مقاله‌ای با عنوان «راهکارهای بهینه‌سازی مجتمع‌های مسکونی در جهت ایجاد ساختمان صفر انرژی» به بررسی تأثیر نوع پنجره و عایق‌بندی جداره‌های بیرونی بر کاهش مصرف انرژی با استفاده از نرم‌افزار دیزاین بیلدر و رِلایت پرداختند.

تحقیقات و پژوهش‌هایی که به اختصار معرفی شدند، تنها بخشی از مطالعات مربوط به ساختمان‌های صفر انرژی بوده که با مرور آن‌ها در داخل و خارج کشور، می‌توان بیان کرد که اکثر آن‌ها به بررسی راهکارها، معیارها و روش‌های طراحی ساختمان‌های صفر انرژی پرداخته و برخی دیگر شبیه‌سازی از عملکرد ساختمان در مصرف انرژی را، هدف پژوهش خود قرار داده‌اند.

در این میان، آنچه که در تحقیقات گذشته مورد توجه کمتری قرار گرفته است، معرفی و تحلیل نمونه‌های ساخته شده و موفق در این حوزه بوده که تحقیق حاضر سعی بر انجام آن دارد.

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر توصیفی- تحلیلی است، داده‌های آن از نوع کیفی است و از منظر هدف، کاربردی است. مطالب مورد نیاز این پژوهش با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و تحقیقات موجود توسط مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از سایت‌های اینترنتی جمع‌آوری شده است. در نهایت دو نمونه ساختمان صفر انرژی در کشورهای استرالیا و ژاپن معرفی شده و اطلاعات آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. دلیل انتخاب این دو نمونه موردی، نوآوری آن‌ها در حوزه طراحی پایدار، طراحی سازگار با محیط زیست و در دسترس بودن مدارک و اطلاعاتشان جهت معرفی و تحلیل بوده است. نمونه‌های فوق صرفاً جهت آشنایی با ایده‌ها، روش‌ها و فن‌آوری‌های آن‌ها در امر ساخت و ساز بوده و هدف، مقایسه آن‌ها نیست.

۴- ساختمان صفر انرژی

واژه صفر انرژی در ساختمان‌ها به معنای تأمین تمام نیازهای انرژی از طریق منابع تجدیدپذیر و کم‌هزینه است. مفهوم صفرانرژی به معنای عدم مصرف هیچ انرژی در ساختمان نیست، بلکه برای رسیدن به موقعیت انرژی صفر، برنامه‌ای کامل و منسجم نیاز است. ضمن آن که در این نوع از ساختمان‌ها، راهبردهای تبدیل و تغییر منابع انرژی، توزیع و نحوه مصرف، با شرایط متغیر ساختمان در شبانه‌روز و شرایط اقلیمی محیط متناسب است. این ساختمان‌ها محیط داخلی با کیفیت‌تر و در نتیجه کیفیت بهتر زندگی ساکنان را به ارمغان می‌آورد. زیبایی برای ساختمان صفر انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا علاوه بر ارتقای فرهنگی و اجتماعی، تمایل به حفظ ساختمان‌های زیبا وجود دارد؛ در نتیجه این رویکرد در کنار عمل‌گرا بودن، باید معنی‌دار نیز باشد (Hootman, 2013). به طور کلی ساختمان صفر انرژی، ساختمانی با بهره‌وری انرژی بالاست که نیاز انرژی کلی آن در یک بازه زمانی معین، به وسیله تولید انرژی درون‌سایتی برطرف می‌شود (Hasan, et al., 2015).

۵- روش‌های کاهش مصرف و تولید انرژی در ساختمان‌های صفر انرژی

بحران انرژی و افزایش آلودگی ناشی از مصرف بیش از اندازه منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر در ساختمان‌ها، اثر منفی بر محیط زیست و آسایش کاربران داشته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد، انرژی مصرف شده برای گرمایش و سرمایش فضا به ترتیب ۴۰ و ۶۱ درصد از کل انرژی مورد نیاز، به خصوص در ساختمان‌های تجاری و اقامتی است (Urge-

(Vorsatz, et.al., 2015, 85-98). از این رو معماران به دنبال ارائه راهکارهای طراحی، جهت کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. این راهکارها علاوه بر مزایای اقتصادی، منافع ساختمانی را نیز بهبود می‌بخشد و در سه زیرمجموعه طراحی‌های ایستا، پویا و دینامیک دسته‌بندی می‌شوند (رسولی و همکاران، ۱۳۹۸).

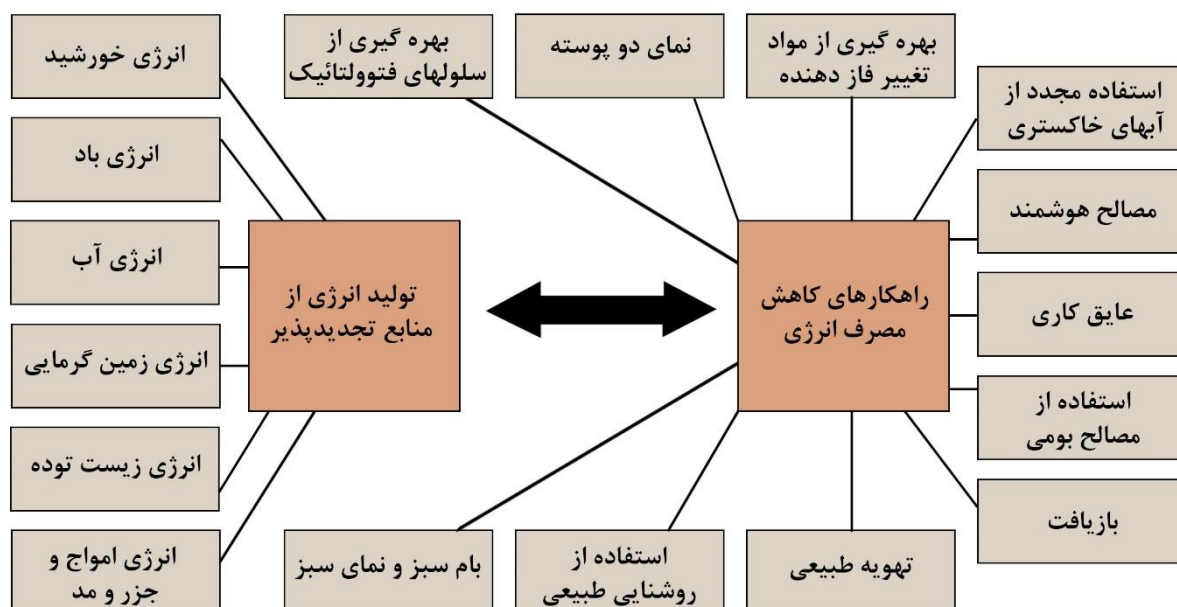
در این راستا ایده ساختمان‌های بلند انرژی صفر برای برآورده نمودن نیازها و نیز رفع نگرانی‌های مربوط به انرژی در عصر حاضر شکل گرفته است. درحقیقت ساختمان انرژی صفر یا ساختمان انرژی خنثی یا ساختمان مستقل از انرژی، ایده‌ای خلاقانه است که بشر در سالیان اخیر توانسته است با استفاده از تکنولوژی مدرن و جدید به قسمت عمده‌ای از آن دست پیدا کند (بلوهری و همکاران، ۱۳۹۹).

ساختمان‌های صفر انرژی، مصرف انرژی را از طریق دو استراتژی کاهش می‌دهند:

۱- کاهش نیاز به استفاده از انرژی در ساختمان‌ها از طریق استفاده از اقدامات کارآمد انرژی

۲- پذیرش فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر برای برآوردن نیازهای انرژی باقی مانده (Kushwah & Kaur Channi, 2023).

بی‌تردید مصرف بی‌رویه منابع تجدیدناپذیر، در آینده نه چندان دور، محیط زیست جهانی را به مخاطره خواهد انداخت؛ بنابراین فعالیت‌های انسانی باید بدون تقلیل منابع و تخریب محیط طبیعی انجام شود و نیز در استفاده از منابع طبیعی باید به ظرفیت تجدیدپذیری آن‌ها توجه نمود. به‌منظور خلق فضاهای پاسخگو به نیاز گرمایشی، سرمایشی، تهویه مطبوع و کاهش مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر، استفاده از مصالح صحیح و شناخت صحیح ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه و امکانات وابسته به آن اهمیت دارند (بلوهری و همکاران، ۱۳۹۹). انرژی تجدیدپذیر که انرژی برگشت‌پذیر نیز نامیده می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن نوع انرژی، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به‌وجود آمده یا به عبارتی تجدید شود. انواع انرژی‌های تجدیدپذیر عبارتند از: انرژی آبی (نیروی برق آبی)، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی زیست توده (زیست سوخت)، انرژی امواج و جزر و مد (نقدی و همکاران، ۱۴۰۰). در شکل ۲، راهکارهای کاهش مصرف و تولید انرژی در ساختمان‌های صفر انرژی نشان داده شده است.



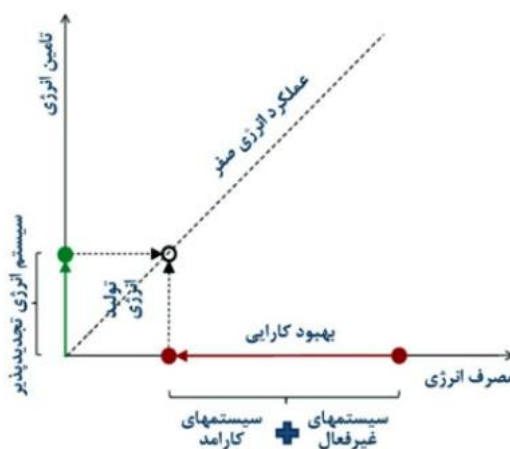
شکل ۲: راهکارهای کاهش مصرف و تولید انرژی در ساختمان‌های صفر انرژی، (نگارندگان)

۶- اصول طراحی ساختمان‌های انرژی صفر

با توجه به این‌که انرژی مصرف شده در ساختمان‌های انرژی صفر باید با استفاده از انواع روش‌های ممکن تولید و تأمین گردد؛ بنابراین مصرف بیشتر انرژی در ساختمان، معادل با بزرگ شدن ظرفیت تولید انرژی در ساختمان می‌گردد که چنانچه این موضوع از نظر فنی مقدور باشد، شرایط اقتصادی طرح از انجام آن ممانعت خواهد کرد. بر این اساس در طراحی ساختمان‌های انرژی صفر رعایت اصول زیر دارای اهمیت است:

- شناخت اقلیم
- بررسی دقیق سایت، کاربری‌ها و محیط اطراف ساختمان
- تمرکز بر طراحی غیرفعال و کاهش نیاز انرژی ساختمان (عایق‌کاری مناسب، سایبان، تهویه طبیعی و بهره‌گیری از نور روز)
- بهره‌گیری از سیستم‌های کارآمد
- بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید انرژی

در طراحی این ساختمان‌ها برای دستیابی به یک ساختمان انرژی صفر، ابتدا با بهره‌گیری از سیستم‌های غیرفعال، نیاز انرژی ساختمان را باید کاهش داد و در ادامه با انتخاب تجهیزات مکانیکی و الکتریکی کارآمد، مصرف انرژی ساختمان را به حداقل کاهش داد. در آخر با به‌کارگیری انواع سیستم‌های تولید انرژی با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، جهت دستیابی به رویکرد انرژی صفر، معادل مصرف سالانه انرژی ساختمان، انرژی تولید نمود (کرمی، ۱۳۹۵).



شکل ۳: رابطه بین تولید و مصرف انرژی و تأثیر پارامترهای انرژی صفر بر آن، (کرمی، ۱۳۹۵).

مقرون‌به‌صرفه‌ترین قدم در کاهش مصرف انرژی ساختمان در روند طراحی صورت می‌گیرد. اولین قدم برای طراحی ساختمان انرژی صفر، اقلیم و آنالیزهای اطلاعات آب و هوا است. این آنالیزها جهت طراحی سیستم‌های انرژی در ساختمان و انتخاب سیستم انرژی تجدیدپذیر بسیار کارآمد هستند. به‌طور کلی استفاده از تکنولوژی‌های انرژی خورشیدی فعال و غیرفعال، انرژی الکتریکی خورشیدی، استفاده از فضای سبز بر روی بام ساختمان و ... از جمله راهکارهای مؤثر در این بخش محسوب می‌شود. ساختمان‌ها با طراحی غیرفعال از راهکارهای کاهش مصرفی هم‌چون عایق حرارتی، هوابندی، جهت‌گیری بهینه نسبت به باد و خورشید، سایه‌بان و دیوار ترومپ برای کاهش مصرف انرژی و بهره‌گیری از انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌نمایند؛ زیرا هدف، طراحی ساختمانی است که در اقتصادی‌ترین حالت ممکن، تمام انرژی مورد نیاز خود را از انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین کند (خیری و قاسمی، ۱۳۹۵).

۷- پروژه کانسیل هاوس^۱

ساختمان «کانسیل هاوس دو»، با نام اختصاری «سی‌اچ ۲»، با طراحی «مایکل پیرز» در سال ۲۰۰۶ در شهر ملبورن استرالیا به اتمام رسید. این ساختمان به عنوان نمونه‌ای نوآور از طراحی پایدار، اولین ساختمان تجاری جدید در استرالیا بود، که توسط شورای ساختمان سبز استرالیا رتبه شش ستاره سبز را دریافت کرد.

ادغام طراحی بیوفیلیک برای ترویج ارتباطات بیشتر بین محیط‌های شهری و طبیعی بخش بزرگی از موفقیت پایدار زیست محیطی آن است. نماهای الهام‌گرفته از طبیعت در ساختار ده طبقه، که آب و هوای معتدل دارند تا ساختار کف بتنی موج داخلی، در طراحی ساختمان را متمایز کرده است؛ در نتیجه، طرح کلی آرام به نظر می‌رسد و محیط کاری واقعاً سالم و راحتی را ایجاد می‌کند؛ همچنین در این طرح، ادغام ویژگی‌های طراحی سازگار با محیط زیست^۲ را فراهم کرده و هزینه تمام‌نآوری‌های آن را در ده سال اول عمر خود تأمین کرده است (www.designinc.com, 2024).



شکل ۴: ساختمان کانسیل هاوس ۲، (www.designinc.com, 2024)

۷-۱- نمای غربی

چهره عمومی ساختمان، نمای بلند غربی مشرف به خیابان سوانستون، یکی از بلوارهای عمومی شهر ملبورن است. این نما از نوارهای چوبی عمودی به عنوان آفتاب‌گیرهایی که از چوب بازیافت شده، تشکیل شده است؛ که یک دیوار کاملاً لعابدار را می‌پوشاند. این نوارها به صورت عمودی می‌چرخند و در پاسخ به زمان روز و زاویه خورشید باز و بسته شده و سایه‌اندازی می‌کنند. انرژی حاصل از صفحات خورشیدی بام، برق مورد نیاز برای حرکت آفتاب‌گیرها را تأمین می‌کنند.

۷-۲- توربین بادی

تاج ساختمان عنصر دیگری را در خود جای داده است که شامل شش توربین بادی بزرگ و زرد روشن است، که ادای بصری مناسبی از نحوه حرکت هوا در فضای داخلی ساختمان هستند. این توربین‌ها چگونگی استفاده این پروژه از منبع طبیعی قدرتمند دیگری، مانند باد را نشان می‌دهند.

¹ Council House 2 (CH2)
2 ESD



۷-۳- سیستم هوشمند تصفیه فاضلاب

ساختمان فوق، همچنین از آب، برای تهویه هوای ساختمان استفاده می‌کند. ابتدا آب از فاضلاب شهر استخراج شده، سه بار فیلتر می‌شود و سپس برای شستشوی توالت‌ها، آبیاری گیاهان و تهویه هوا وارد چرخه کار می‌شود. آب از خارج سازه (از طریق پنج برج دوش ۱۵ متری که هوای خنک شده تبخیری را برای القاء به فضاهای تجاری پایین‌تر ایجاد می‌کند) به سمت بیرون سازه می‌رود.

آب باقیمانده به انبار زیرزمین منتقل شده و در آنجا از طریق دستگاه تغییر فاز خنک می‌شود، سپس در صورت نیاز آن را توزیع می‌کنند. دستگاه تغییر فاز از ده هزار گوی فولاد ضد زنگ حاوی نمک با نقطه انجماد بالا (۱۵ درجه سانتیگراد) تشکیل شده است که در شب یخ زده و سپس برای خنک کردن آب برای توزیع در طول روز استفاده می‌شود و مانند مکعب‌های یخ در نوشیدنی‌ها، برای خنک شدن ذوب می‌شوند. این آب تازه خنک شده از زیرزمین به تیرهای سرد در هر سطح از ساختمان پمپ می‌شود. این تیرها لوله‌های مسی آرایه شده‌ای، هستند که بعداً در روز که اثرات پاکسازی شبانه از بین رفته است، هوای خنک را به پایین می‌ریزند.

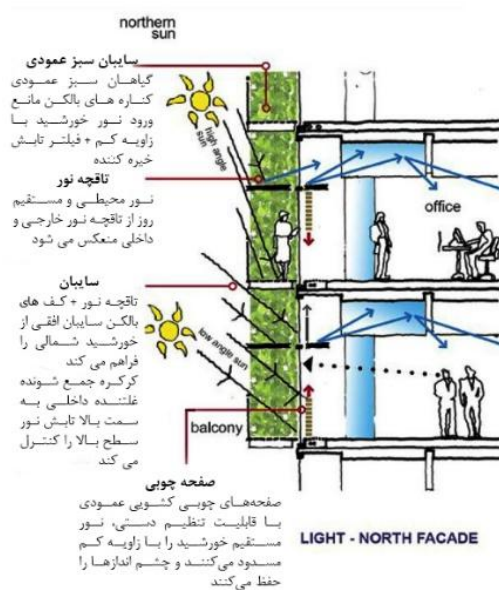
ساختمان در شب هوای کهنه را تصفیه می‌کند و در طول روز صد درصد هوای تازه را می‌کشد. این «پاکسازی شبانه» هوای گرم‌تر را مستقیماً از فضاهای اداری و مغازه خارج می‌کند و توده بالای بتن را خنک می‌کند. هوای گرم تا روزه‌های سقف بالا می‌رود و سپس از طریق طبقات تو خالی به یک محور عمودی و در نهایت به دریچه‌های سقف می‌رسد. این درمان غیرفعال به تنهایی برای راحت نگه داشتن فضاها برای بخشی از روز کافی است. هوای تازه خنک شده در طول روز از طریق دستگاه تعدیل گرمای طبقه، بالا می‌رود (www.mickpearce.com, 2024).

۷-۴- بام

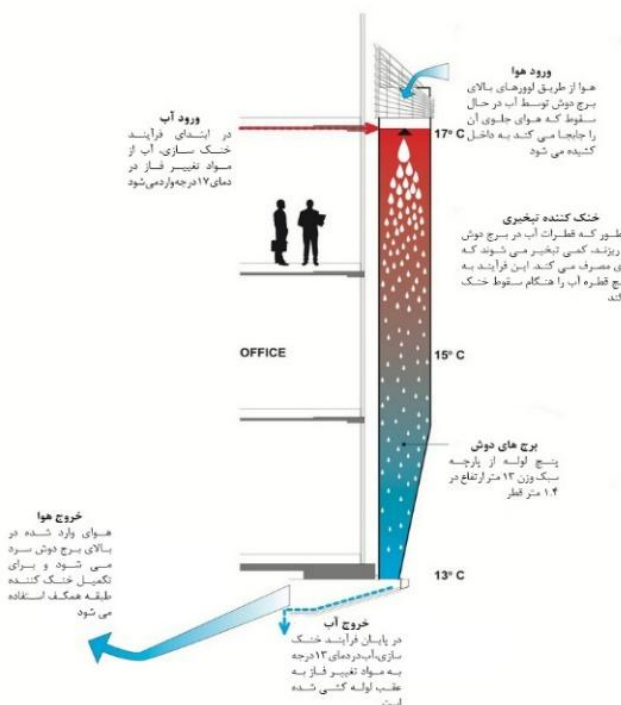
سلول‌های خورشیدی به گونه‌ای روی سطح بام قرار دارند که نور خورشید را جذب و ذخیره می‌کند تا در زمان مناسب از آن استفاده شود.

۷-۵- نمای شمالی و جنوبی

در نمای شمالی، علاوه بر وجود گیاهان به‌منظور متعادل کردن آب و هوا، دریچه‌های تخلیه هوا به‌صورتی است که انرژی گرمایی خورشید را جذب می‌کند و هوای گرم را به بالا هدایت و از ساختمان خارج می‌کند. در نمای جنوبی، این دریچه‌ها با رنگ روشن وجود دارد که هوای تازه را از بام به سمت پایین توزیع می‌کند. در شکل ۵ نحوه ورود و کنترل نور از طریق نمای شمالی و در شکل ۶ نیز نحوه عملکرد برج‌های دوش نشان داده شده است.



شکل ۵: نمای شمالی، (نگارندگان براساس 2024, www.mickpearce.com)



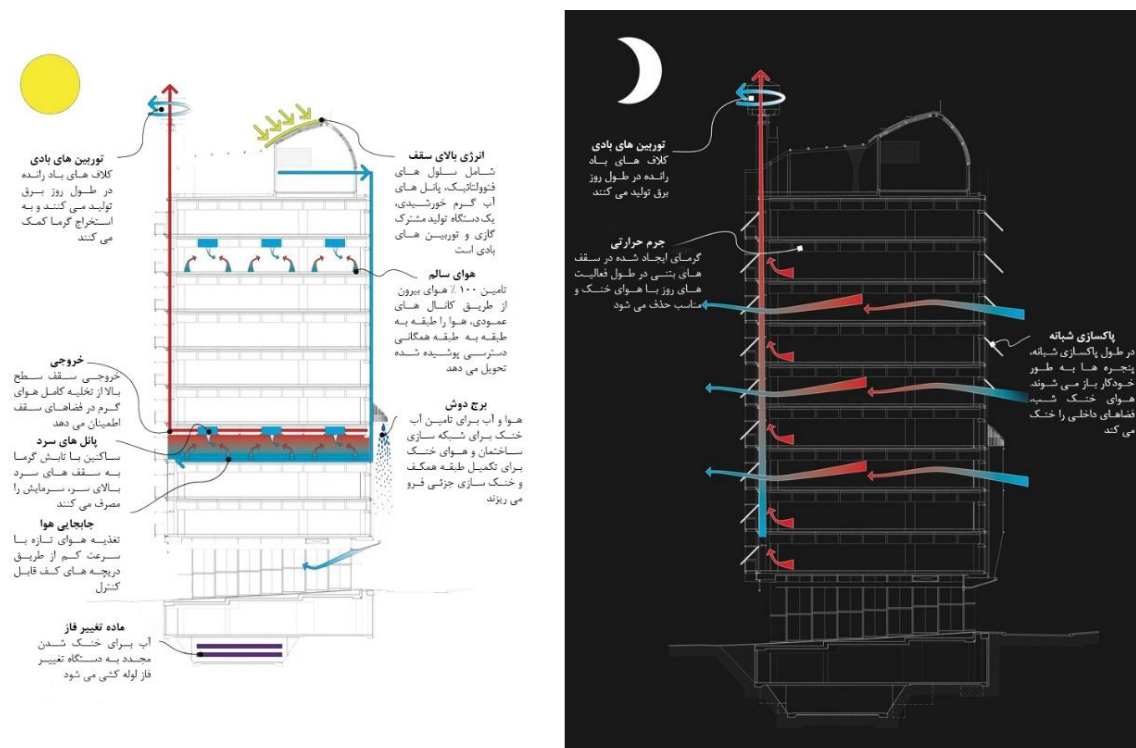
شکل ۶: نمای جنوبی، (نگارندگان براساس 2024, www.mickpearce.com)



۷-۶- سیستم تهویه هوشمند

سیستم تهویه هوشمند با پاسخ به تغییرات روزانه دما و کیفیت هوا در داخل و اطراف ساختمان، علاوه بر ایجاد یک محیط داخلی راحت، برای پشتیبانی از سلامت ساکنان نیز مؤثر است. باز شدن پنجره‌های ضلع شمالی و جنوبی، آن هم به صورت خودکار توسط حسگر، به ورود هوای تازه و خنک به اتاق‌ها و در نتیجه تهویه طبیعی کمک شایانی می‌کند (www.archdaily.com, 2024).

شکل ۷ راهکارهای مورد استفاده در ساختمان را در روز و شب نشان می‌دهد.



شکل ۷: راهکارهای مورد استفاده در پروژه کانسیل هاوس ۲ در روز و شب،

(نگارندگان براساس www.Archdaily.com, 2024)

جدول ۱: جمع‌بندی پروژه کانسیل هاوس ۲، (نگارنگان)

پروژه کانسیل هاوس ۲	
* مالک: شهرداری ملبورن	
* کاربری: اداری- تجاری	
* مکان: ملبورن- استرالیا	
* معمار: مایکل پیرز	
* سال تکمیل: ۲۰۰۶	
* تعداد طبقات: ۱۰	
* مساحت: ۱۲۵۰۰ متر مربع	
* دارای ۶ ستاره سبز (بالاترین رتبه پایداری در استرالیا)	



تکنیک‌های کاهش مصرف و تولید انرژی	
آفتاب‌گیرهای چوبی عمودی	• از چوب باز یافت شده ساخته شده است. • دارای نقش سایبان در نمای غربی • با توجه به وضعیت خورشید باز و بسته می‌شوند.
توربین بادی	• بهره‌گیری از انرژی باد
سیستم هوشمند تصفیه فاضلاب	• برای شستشوی توالت‌ها، آبیاری گیاهان و تهویه هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد.
سلول‌های خورشیدی	• تأمین بخشی از برق مورد نیاز ساختمان • تأمین برق مورد نیاز حرکت آفتاب‌گیرها
استفاده از گیاهان سبز در نمای شمالی	• متعادل کردن آب و هوا
استفاده از سیستم تهویه هوشمند	• باز شدن پنجره‌های ضلع شمالی و جنوبی آن هم به صورت خودکار توسط حسگر به منظور تهویه طبیعی
نتیجه: انتشار دی اکسید کربن را تا ۸۷ درصد، مصرف برق را تا ۸۲ درصد، گاز را تا ۸۷ درصد و آب را تا ۷۲ درصد کاهش داده است. این ساختمان اثربخشی کارکنان را تا ۴۰۹٪ بهبود بخشیده است و هزینه ویژگی‌های پایدار خود را در مدت کمی بیش از یک دهه پرداخت خواهد کرد.	

۸- پروژه سیچونوآی^۱

شیمیزو شرکتی در صنعت ساخت و ساز بود که موفق به طراحی و ساخت اولین ساختمان انرژی صفر در ژاپن شد. دفتر سیچونوآی ای در جنگل ساخته شد؛ که هدف آن هماهنگی بین مردم و طبیعت بود. این پروژه در سال ۲۰۱۳ تکمیل شد و دارای سه ویژگی زیر است:

۱. توجه به محیط زیست با پیوستن به طبیعت
۲. دستیابی به ساختمان‌های با انرژی صفر از طریق «صرفه‌جویی در انرژی» و «ایجاد انرژی»
۳. دستیابی به هماهنگی عالی بین خدا، طبیعت و انسان‌ها همراه با ادیان جهانی (www.jp.seicho-no-
(ie.org, 2024).



شکل ۸: پروژه سیچونو آ ای (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

۸-۱- توجه به محیط زیست با پیوستن به طبیعت

۸-۱-۱- به حداقل رساندن تأثیر ساخت و ساز بر طبیعت (معماری همساز با طبیعت)

هنگام ساخت دفتر، بررسی زیست محیطی انجام شده است و با در نظر گرفتن اکوسیستم جنگل، ساختمان برای به حداقل رساندن تأثیر بر طبیعت، طراحی و ساخته شده است. منطقه‌ای از جنگل‌های مصنوعی برای محل دفتر انتخاب شده و تا جای ممکن جنگل‌ها و درختان آن حفظ شده‌اند (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

^۱ Seicho-no-Ie

۸-۱-۲- استفاده از طبیعت

از تعداد زیادی سنگ بزرگ که در طول ساخت و ساز پیدا و خرد شده است، برای اهدافی مانند دیوارهای حائل در سایت و مواد ذخیره گرما در زیر کف دفتر استفاده شده است. مواد ذخیره گرما توسط هوا از پانل‌های جمع‌آوری حرارت خورشیدی گرم می‌شود. علاوه بر این، بیش از ۱۰۰۰ نهال جوان (افرا، بلوط کوئراکس و غیره) قبل از توسعه، از محل ساخت و ساز جمع‌آوری شد، در یک نهالستان کشت شدند و پس از کشت به محل بازگردانده شدند.

این ساختمان بزرگ‌ترین ساختمان چوبی ژاپن است و به دلایل زیر از چوب ساخته شده است:

- کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن از ساخت و ساز تا دفع

- استفاده از منابع جنگلی محلی به شیوه‌ای پایدار

از ۱۵۸۰۰۰ هکتار جنگل‌های استانی در استان یاماناشی، ۱۴۳۰۰۰ هکتار گواهی‌نامه اف‌اس‌سی را دریافت کرده‌اند که مدیریت مناسب جنگل با در نظر گرفتن محیط زیست را تأیید می‌کند. با استفاده از این چوب‌ها، نه تنها به محیط زیست جهانی توجه می‌شود، بلکه جنگل‌های استان یاماناشی احیا می‌شود و از طریق تولید محلی برای مصرف محلی به اقتصاد محلی کمک خواهد شد.

«دفتر در جنگل» یک ساختمان چوبی دو طبقه است که یکی از بزرگ‌ترین ساختمان‌های ژاپن به شمار می‌آید. ساختار کارآمد ساختمان، میزان چوب مصرفی را کاهش می‌دهد، درحالی‌که عملکرد لرزه‌ای را ۱.۲۵ برابر بیشتر از قانون استانداردهای ساختمانی تضمین می‌کند (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024). در شکل ۹ استفاده از منابع جنگلی محلی در ساخت پروژه نشان داده شده است.



شکل ۹: استفاده از منابع جنگلی محلی در ساخت پروژه (www.shimz.co.jp & www.jp.seicho-no-ie.org, 2024)

۸-۲- دستیابی به ساختمان‌های با انرژی صفر از طریق «صرفه‌جویی در انرژی» و «تولید انرژی»

۸-۲-۱- استفاده از پنل‌های خورشیدی

دفتر سیچونو آی در مکانی با فراوانی منابع زیست توده مبتنی بر چوب و جایی که میانگین سالانه نور خورشید ۲۱۰۰ ساعت دارد، واقع شده است. برای بهره‌مندی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد این منطقه، پنل‌های خورشیدی بر روی کل سقف نصب شده است و این پنل‌های خورشیدی تقریباً ۶۰ درصد برق مصرفی سالانه را تأمین می‌کنند (www.shimz.co.jp, 2024). در کنار این، سیستم برق اداری از برق تجاری جدا شده است (با معرفی یک

سیستم خارج از شبکه)، و ساختمان اداری و وسایل نقلیه الکتریکی (سه اتوبوس برقی و بسیاری از خودروهای معمولی) فقط با انرژی طبیعی در محل تغذیه می‌شوند. منبع تغذیه شارژرهای سریع برای وسایل نقلیه الکتریکی است که استفاده از آن برای عموم آزاد است (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

۸-۲-۲- بهره‌گیری از نور طبیعی

با تأمین نور طبیعی از طریق نورگیرهای بالا (نور سقف) و سطوح وسیع پنجره، استفاده از نور مصنوعی کاهش داده شده است.

۸-۲-۳- گرمای خورشیدی

یک سیستم جمع‌آوری حرارت خورشیدی روی پشت‌بام، هوا را گرم می‌کند و از آن برای گرمایش از کف استفاده می‌کند.

۸-۲-۴- تهویه طبیعی

با افزایش فاصله ساختمان‌های مجاور و استفاده از اختلاف ارتفاع برای ایجاد تهویه طبیعی، نیازی به تهویه هوا در تابستان نیست.

۸-۲-۵- عایق

طراحی با در نظر گرفتن ۳۰۰ میلی‌متر مواد عایق روی سقف، دیوارها و پنجره‌های دو جداره کم‌انرژی با عایق بالا و اُرسی‌های چوبی است.

۸-۲-۶- روشنایی مصنوعی

از لامپ‌های کم‌مصرف (ال‌ای‌دی) برای کاهش مصرف برق استفاده شده است.

۸-۲-۷- استفاده از وسایل تمام برقی با بهره‌گیری از برق تولیدی

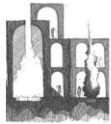
از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند تولید انرژی خورشیدی و تولید انرژی زیست توده برای پخت و پز استفاده می‌شود؛ بنابراین تمام وسایل آشپزی در آشپزخانه برقی هستند (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

۸-۲-۸- کنترل بهینه توان الکتریکی از طریق ریزشبه

یک سیستم ریزشبه با استفاده از پانل‌های خورشیدی و یک سیستم تولید هم‌زمان گازی زیست توده برای تولید برق ساخته شده است. این سیستم انرژی تولید شده را در یک باتری لیتیوم یونی با ظرفیت بالا ذخیره می‌کند، که سپس تخلیه می‌شود تا منبع برق پایداری را فراهم کند. این امر با پیش‌بینی و تنظیم مصرف برق بدون ضایعات، بر اساس داده‌های هواشناسی و داده‌های مربوط به وضعیت عملکرد تأسیسات، در مصرف برق صرفه‌جویی می‌کند (www.shimz.co.jp, 2024).

۸-۲-۹- بازیافت

در مورد بازیافت در پروژه مذکور، زباله‌های قابل بازیافت جدا شده و بازیافت می‌شود. با تجزیه ضایعات مواد غذایی با استفاده از تجهیزاتی که از میکرو ارگانیسم‌ها استفاده می‌کنند، دی‌اکسید کربن و آب در نهایت آزاد می‌شوند و انتشار



دی‌اکسید کربن را در مقایسه با سوزاندن با زباله‌های عمومی کاهش می‌دهند (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

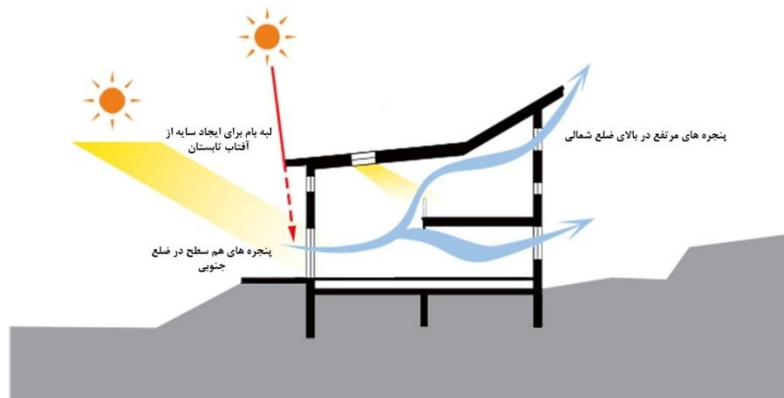
۸-۲-۱۰- حفظ منابع آب و جلوگیری از آلودگی خاک در اثر فاضلاب

آبی که از طریق کاسه توالت اداری می‌گذرد، با استفاده از آب خاکستری که از فاضلاب تصفیه شده است، به طور کامل بازیافت می‌شود و سپتیک تانک از روش تصفیه غشایی برای اطمینان از تصفیه کامل استفاده می‌کند؛ در نتیجه در مصرف منابع آب صرفه‌جویی می‌شود و از آلودگی خاک به فاضلاب جلوگیری می‌شود (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

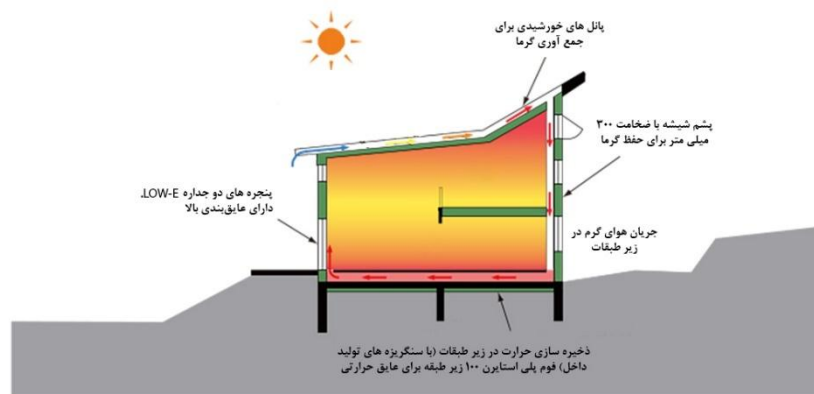
۸-۲-۱۱- تولید محلی برای مصرف محلی/تولید فصلی برای مصرف فصلی

تا حد امکان غذاهای ارگانیک قابل اعتماد مانند سبزیجات ارگانیک از مناطق مجاور تهیه می‌شود. این امر تأثیر زیست محیطی روش‌های تولید و انتشار دی‌اکسید کربن مرتبط با حمل و نقل را کاهش می‌دهد. همچنین از همین منظر از مواد فصلی استفاده می‌شود. سبزیجات ارگانیک فصلی از کشاورزان قراردادی محلی تهیه می‌شود و از سبزیجات ارگانیک و سبزیجات وحشی که در زمین‌های اداری خود رشد می‌کنند، نیز استفاده می‌شود (www.jp.seicho-no-ie.org, 2024).

شکل ۱۰ و ۱۱ راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف و تولید انرژی را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰: راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، (نگارندگان براساس www.jp.seicho-no-ie.org, 2024 & www.shimz.co.jp)



شکل ۱۱: راهکارهای صرفه‌جویی در مصرف و تولید انرژی، (نگارندگان براساس www.jp.seicho-no-ie.org, 2024 & www.shimz.co.jp)



جدول ۲: جمع بندی پروژه سیچو نو آی ای، (نگارندگان)

پروژه سیچو نو آی ای	
* کاربری: اداری * مکان: یاماناشی- ژاپن * سال تکمیل: ۲۰۱۳ * مساحت: ۸۱۵۹ متر مربع * این ساختمان که اولین ساختمان انرژی صفر ژاپن در نظر گرفته می‌شود، قبلاً جوایز قابل توجهی را در زمینه‌های زیست محیطی و معماری، مانند بیست و سومین جایزه بزرگ جهانی محیط زیست «جایزه وزیر زمین و حمل و نقل» را دریافت کرده است.	
تکنیک های کاهش مصرف و تولید انرژی	
به حداقل رساندن تأثیر ساخت و ساز در طبیعت (سازگاری با محیط زیست) - انتخاب منطقه‌ای از جنگل‌های مصنوعی برای محل دفتر - حفظ جنگل‌های پهن برگ	استفاده از مصالح بومی و طبیعی - استفاده از سنگ‌های بزرگ پیدا شده در طول ساخت و ساز برای اهدافی مانند دیوارهای حائل در سایت و ذخیره گرما در زیر کف دفتر - جمع‌آوری بیش از ۱۰۰۰ نهال جوان (افرا، بلوط کوئراکس و غیره) قبل از توسعه و کشت در یک نهالستان و پس از کشت به محل بازگردانده شدند. - استفاده از چوب در ساخت در جهت کاهش انتشار دی اکسید کربن از ساخت و ساز تا دفع و استفاده از منابع جنگلی محلی به شیوه‌ای پایدار
حفظ منابع آب و جلوگیری از آلودگی خاک در اثر فاضلاب آب روشویی، با استفاده از آب خاکستری که از فاضلاب تصفیه شده است، به طور کامل بازیافت می‌شود و سپتیک تانک از روش تصفیه غشایی برای اطمینان از تصفیه کامل استفاده می‌کند.	کاهش مصرف انرژی با استفاده از انرژی های طبیعی - باد: افزایش فاصله ساختمان‌های مجاور و استفاده از اختلاف ارتفاع برای ایجاد تهویه طبیعی - نور خورشید: تأمین نور طبیعی از طریق نورگیرهای بالای سقف و سطوح وسیع پنجره - گرمای خورشیدی: یک سیستم جمع‌آوری حرارت خورشیدی روی پشت بام، هوا را گرم می‌کند و از آن برای گرمایش از کف استفاده می‌کند.
استفاده از تولید برق خورشیدی نصب پنل‌های خورشیدی بر روی کل سقف به منظور تأمین برق برای روشنایی و وسایل نقلیه الکترونیکی و پخت و پز	تولید انرژی زیست توده تولید برق از بیومس چوب
دستیابی به وضعیت خارج از شبکه افزایش باتری‌های ذخیره‌سازی لیتیوم یون	روشنایی از لامپ‌های کم‌مصرف برای کاهش مصرف برق استفاده شده است.
استفاده از پنجره‌های دوجداره کم‌انرژی با عایق بالا	



عایق	• استفاده از ۳۰۰ میلی متر مواد عایق روی سقف و دیوارها و پنجره‌های دو جداره کم‌انرژی با عایق بالا و ارسی‌های چوبی
کمک به جامعه محلی با استفاده از الوار تولید شده	• با استفاده از این چوب‌ها نه تنها به محیط زیست جهانی توجه می‌شود، بلکه جنگل‌های استان یاماناشی احیا می‌شود و از طریق تولید محلی برای مصرف محلی به اقتصاد محلی کمک خواهد شد.
تولید محلی برای مصرف محلی/تولید فصلی برای مصرف فصلی	• بهره‌گیری از مواد غذایی و سبزیجات ارگانیک و فصلی
بازیافت	• ساخت ظروف از مواد قابل بازیافت • بازیافت زباله‌ها
نتیجه: "دفتر در جنگل" در مقایسه با ساختمان‌های معمولی با همان اندازه، به ۴۵٪ صرفه‌جویی در انرژی دست یافته است، و ۵۵٪ باقی مانده توسط انرژی خود تولید می‌شود، که باعث می‌شود دفتر «کربن صفر» به دست آورد و به ساختمانی با انرژی صفر از طریق «صرفه‌جویی در انرژی» و «یجاد انرژی» دست یابد.	

۸- نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به توسعه شهرنشینی، آلودگی هوا و مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی استفاده از منابع نامحدود و همیشه در دسترس انرژی‌های تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشید، باد، آب و زیست‌توده دارای اهمیت و اولویت هستند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد، شناخت اقلیم منطقه و آنالیز اطلاعات اقلیمی، بررسی سایت، تمرکز بر طراحی غیرفعال و بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر، تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی، کاهش مصرف انرژی و جلوگیری از تخریب محیط زیست دارد و ساختمان را در امر تأمین انرژی می‌تواند به خودکفایی برساند.

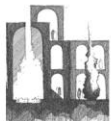
نتایج این تحقیق نشان داد، بهترین و مقرون‌به صرفه‌ترین قدم به منظور کاهش مصرف انرژی در ساختمان، در روند طراحی صورت می‌گیرد؛ بنابراین اولین گام برای طراحی ساختمان صفر انرژی، بررسی اقلیم است، تا بتوان با بهره‌گیری از آنالیز اطلاعات برای کاهش مصرف انرژی و بهره‌گیری بهینه از انرژی‌های تجدیدپذیر مؤثرترین اقدامات را صورت داد و در جهت کاهش آلودگی و جلوگیری از تخریب محیط زیست گامی مؤثر برداشت.

همچنین بررسی و تحلیل دو ساختمان صفر انرژی در استرالیا و ژاپن نشان داد که ساختمان‌های صفر انرژی می‌توانند با تکنیک‌هایی همچون استفاده از آفتاب‌گیرهای چوبی عمودی، توربین بادی، سیستم هوشمند تصفیه فاضلاب، پنل‌های خورشیدی، نماهای سبز، سیستم تهویه هوشمند، مصالح بومی و طبیعی، پنجره‌های دو جداره کم‌انرژی و غیره، با طبیعت و محیط زیست سازگار شده و سهم بسزایی در کاهش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن داشته باشند؛ همچنین ساختمان‌های صفر انرژی می‌توانند به نیازهای پایداری خود به خوبی پاسخ داده و با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف، تولید انرژی نیز داشته و آسایش ساکنین را به خوبی فراهم آورند.



منابع

- اصلانی، محمد و خدابخشیان، مقدی. (۱۳۹۷). بررسی ساختمان‌های صفر انرژی در جهت تحقق معماری پایدار، مقاله منتشر شده در اولین همایش ملی ساختمان پایدار و انرژی (چالش‌ها، ضرورت‌ها و راهکارها)، اصفهان. <https://civilica.com/doc/899764/>
- بلوهری، ساقی؛ باربر، لوچو ولریو؛ و اعتصام، ایرج. (۱۳۹۹). آموزه‌هایی از معماری سنتی برای آینده معماری انرژی کارا در کشور؛ مطالعه موردی: شهر یزد، فصلنامه علمی- پژوهشی نقش جهان، ۱۰ (۲)، ۸۵-۹۳. <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-39832-fa.html>
- پاگردوردين، نسرین؛ و اوندی پور، فرهود. (۱۳۹۴). طراحی خانه پایدار - طراحی مجتمع مسکونی بارویکرد بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت ساختمان، مقاله منتشر شده در همایش بین‌المللی معماری عمران و شهرسازی در آغاز هزاره سوم، تهران. <https://civilica.com/doc/414341>
- چرکزی، گ؛ فرخزاد، م؛ و سالاریان، ح. (۱۳۹۳). طراحی ساختمان با مبحث انرژی صفر، چهارمین کنفرانس بین‌المللی طراحی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
- خشنود زرگر، صبا؛ فیلی، لیدا؛ وزیران، حمید. (۱۳۹۵). بررسی روش‌های طراحی واحدهای مسکونی بر اساس معماری صفر کربن، سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین - آلمان. <https://www.sid.ir/paper/856890/fa>
- خیری، رضا؛ قاسمی سیچانی، مریم؛ و خدابخشیان کنارکی، مقدی. (۱۳۹۵). طراحی خانه با تئوری انرژی صفر (Zero Energy) نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان، کنفرانس دو سالانه جامعه و معماری معاصر، اصفهان. <https://www.sid.ir/paper/874220/fa>
- رسولی، مسعود؛ شهبازی، یاسر؛ و متینی، محمدرضا. (۱۳۹۸). عملکرد سایه‌اندازهای کرکره‌ای افقی و قائم متحرک در نمای دپوسسته ساختمان‌های اداری؛ ارزیابی و شبیه‌سازی پارامتریک، نقش جهان، ۹ (۱)، ۳۱-۲۳. <https://sid.ir/paper/249055/fa>
- شریفی دارانی، حسین؛ مجیدی، فاطمه‌السادات. (۱۴۰۲). راهکارهای بهینه‌سازی مجتمع‌های مسکونی در جهت ایجاد ساختمان صفر انرژی، هفتمین کنفرانس بین‌المللی مطالعات جهانی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران. <https://civilica.com/doc/2014776/>
- عباسی، سحر؛ و رضایی، داوود. (۱۳۹۴). بررسی راهکارهای تحقق‌پذیری ایده ساختمان‌های صفر انرژی (ZEB)، گامی جهت عملی کردن اصول معماری پایدار، کنفرانس ملی مهندسی معماری، عمران و توسعه کالبدی، کوهدشت. <https://civilica.com/doc/372724>
- فیروزی، بهاره؛ تورتیز، پژمان؛ و نهاوندی، مرضیه. (۱۳۹۲). آرمانشهر پایدار خانه‌های هوشمند و صفر نیرویی، گامی نو در راستای توسعه پایدار، مقاله منتشر شده در اولین کنفرانس معماری و فضاهای شهری پایدار، مشهد. <https://civilica.com/doc/295022>
- کرمی، فتنه. (۱۳۹۴). طراحی ساختمان‌های انرژی صفر با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی. <https://civilica.com/doc/446812>
- نقدی، یزدان؛ کاغذیان، سهیلا؛ و لشکری‌زاده، مریم. (۱۴۰۰). تأثیر شهرنشینی بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر در کشورهای در حال توسعه، نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳ (۱۱)، ۳۶-۲۵. [10.30495/jest.2022.55388.5164](https://doi.org/10.30495/jest.2022.55388.5164)
- D'Agostino, D., & Mazzarella, L. (2019). What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. *Journal of Building Engineering*, 21, 200-212. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2018.10.019>
- Kushwah, B., & Kaur Channi, H. (2023). *Net Zero Energy*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Marino, C., Nucara, A., & Pietrafesa, M. Does. (2017). Does window-to-wall ratio have a significant effect on the energy consumption of buildings? A parametric analysis in Italian climate conditions. *Journal of Building Engineering*, 13, 169-183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2017.08.001>
- Stasi, R., Liuzzi, S., Paterno, S., Ruggiero, F., Stefanizzi, P., & Stragapede, A. (2020). Combining bioclimatic



- strategies with efficient HVAC plants to reach nearly-zero energy building goals in Mediterranean climate. *Sustainable Cities and Society*, 63, 102479. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102479>.
- Wilberforce, T., Olabi, A.G., Sayed, E T., Elsaid, KH., Maghrabie, H M., & Abdelkareem, M A. (2023). A review on zero energy buildings – Pros and cons. *Energy and Built Environment*, 4, 25-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2021.06.002>.
- Hasan, Hanifi. (2024). Concepts and Methods for Designing Net-Zero Energy Buildings. 3RD International Conference On Recent Advancex In Engineering, Innovation & Technology November 20, Square Brussels Meeiing Centre | Brussel – Belgium At: Belgium.
- Hasan, A., Mohamed, A., & Hamdy, M. (2015). Net- and Nearly- Zero Energy Buildings: A Review of the Definitions and Case Studies. *Proceedings of the Sixth International Conference on Heating, Ventilation and Air-Conditioning*, RIPI Conventions Center, (26-28). DOI: <https://www.researchgate.net/publication/280443863>.
- Hootman, T. (2013). *Net zero Energy Design, A Guide For Commercial Architecture*. John Wiley & Sons.
- Ürge-Vorsatz, D., Cabeza, L. F., Serrano, S., Barreneche, C., & Petrichenko, K. (2015). Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 85–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.039>.
- <https://www.designinc.com.au/insights/melbourne-city-council-house-2-designinc-sustainability-landmark>. Retrieved 2024, November.
- <https://www.mickpearce.com/CH2.html>. Retrieved 2024, November.
- <https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc>. Retrieved 2024, October
- <https://www.jp.seicho-no-ie.org/active/eco/zeb/office/>. Retrieved 2024, October
- <https://www.shimz.co.jp/en/topics/sustainability/item05/>. Retrieved 2024, November
-