دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی معماری

پژوهشکده انرژی‌های نو مشهد

با رویکرد معماری پایدار

نگارنده: مریم غفوریان قدس

استاد راهنما:

دکتر مسعود طاهری شهرآیینی

شهریورماه ۱۳۹۶

شماره: ۰/۵۵۶
تاریخ: ۹۶/۷/۲۴

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **مریم غفوریان قدس** با شماره دانشجویی **۹۳۱۲۶۳۴** رشته **مهندسی معماری** گرایش **معماری** تحت عنوان **پژوهشکده انرژی‌های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار** که در تاریخ **۹۶/۶/۲۱** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با امتیاز ..... درجه .....) ☐ **مردود** ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ **عملی** ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	جناب آقای دکتر مسعود طاهری شهرآیینی	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	سرکار خانم مهندس سرکرده‌ای	مربی	
۵- استاد ممتحن اول	جناب آقای دکتر دانیال منصفی پرایر	استادیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	جناب آقای دکتر حمیدرضا اطلس باف	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: جناب آقای دکتر مسعود طاهری شهرآیینی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به مهربان پدرم

آنکه آفتاب مهرش بر آستانه قلبم تا همیشه پابرجاست و سایه‌سار جاودانه‌اش، ابدی

تقدیم به سرسبزترین بهار زندگی‌ام

روح سبز هستی‌ام، مادر مهربانم

تقدیم به همسرم

که حضورش شادی‌بخش و صفایش مایه آرامش من است

سپاسگذار کسانی هستم که ردای انبیا پوشیده و پای در جای آن‌ها نهاده تا زکات علمشان عمل فردایم شود.

با تشکر از استاد ارجمند جناب آقای دکتر طاهری که راهنمایی های ایشان باعث پیشبرد هر چه بهتر این پروژه بوده است. بی شک بدون حمایت ها و رهنمودهای ایشان انجام این پروژه ناممکن بود.

تعهدنامه

اینجانب **مریم غفوریان قدس** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی معماری** دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه پژوهشکده انرژی‌های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار تحت راهنمائی **دکتر مسعود طاهری شهرآیینی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

دو بحران بزرگ انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از آن، بدون شک یکی از مهم‌ترین مسائلی است که انسان معاصر با آن روبه روست و آینده بشریت را تهدید می‌کند. تمام این مسائل ما را به سمتی سوق می‌دهد تا از تشدید این آثار مخرب بکاهیم. در همین راستا، "معماری پایدار" با جایگزینی استفاده از انرژی‌های پاک و تجدیدشونده و کاهش مصرف انرژی، تحولی عظیم در بخش ساختمان پدید آورد. استراتژی‌های عمومی، به منظور تحقق ساختمان پایدار از طریق مطالعه منابع و طبقه‌بندی آنان انجام گرفت. این استراتژی‌ها در هفت گروه بهبود کارایی لفاف فضایی ساختمان، بهبود عملکرد روشنایی ساختمان، بهبود کارایی سیستم‌های مکانیکی و مدیریت بار انرژی وسایل و تجهیزات برقی، طراحی فعال و غیرفعال خورشیدی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به منظور تامین انرژی موردنیاز ساختمان و کاهش مصرف انرژی شناسایی شد. پژوهش حاضر درصدد یافتن راهکارهای دستیابی به ساختمان پایدار از طریق بررسی و مطالعه نمونه‌های موفق جهان است. بدین منظور پنج نمونه موفق در سطح جهان و یک نمونه در ایران انتخاب و راهکارهای مورداستفاده آنان در چهار دسته راهکارهای حفاظت انرژی، راهکارهای خورشیدی غیرفعال، طراحی خورشیدی فعال و سیستم‌های بهره‌وری انرژی بررسی شد. یافته‌ها حاکی از آن است که "راهکارهای خورشیدی غیرفعال" بیشترین اثرگذاری را در طراحی برای تحقق ساختمان پایدار داشته‌اند. بیشترین نوآوری در این بخش‌ها به چشم می‌خورد و راهکارها در این بخش توسعه یافته‌ترند.

موضوع طرح پژوهشی حاضر، طراحی "پژوهشکده انرژی‌های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار" می‌باشد. این مرکز پژوهشی علاوه بر تامین فضاهای مطالعه، آزمایش و پژوهش بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی موردنیاز خود را از انرژی‌های تجدیدپذیر تامین کرده و از اصول طراحی پایدار پیروی می‌نماید. براساس طرح جامع علمی کشور، "انرژی‌های نو و

تجدیدپذیر" در اولویت الف علم و فناوری کشور قرار دارند؛ بنابراین طرح حاضر درصدد است تا با فراهم آوردن فضایی برای پژوهش‌های میان‌رشته‌ای، از تمامی پتانسیل‌های موجود در رشته‌های مختلف برای تولید دانش و تکنولوژی انرژی‌های نو بهره گیرد و به عنوان نهادی علمی-آموزشی در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به تعامل علمی و حرفه‌ای با دیگر نهادهای مرتبط دست یابد.

ایجاد توازن میان تولید و مصرف انرژی و دستیابی به ساختمان پایدار، هدف غایی طرح حاضر است؛ با این وجود، برای نیل به این هدف استراتژی‌های مختلفی را می‌توان اتخاذ نمود. در طراحی این پژوهشکده، انرژی خورشید و انرژی باد به عنوان منابع اصلی انرژی-های تجدیدپذیر مورداستفاده قرار خواهند گرفت.

فضاهای اصلی این مجموعه شامل دفاتر کار پژوهشی، آزمایشگاه‌های تخصصی و اتاق تمیز، لابراتوارهای چندرسانه‌ای، کارگاه‌های آموزشی، فضاهای ملاقات، فضاهای رفاهی پژوهشگران، سالن اجتماعات، تاسیسات و تجهیزات ویژه طرح می‌باشد.

سایت پروژه نیز در حاشیه بلوار هنرستان واقع شده که در نقشه کاربری اراضی مشهد به منطقه آموزشی اختصاص داده شده است و در نزدیکی مراکز پژوهشی و آموزشی مشهد قرار گرفته است. از این رو در طراحی این مجموعه پژوهشی توجه ویژه‌ای به تعامل پروژه با سایر مراکز تحقیقاتی خواهد شد.

کلمات کلیدی : ساختمان پایدار، انرژی‌های تجدیدپذیر، پژوهش و پژوهشکده، مشهد.

پیش گفتار

پژوهش حا ضر با هدف د ستیابی به راهکارهای طراحی پایدار به منظور طراحی ساختمان پایدار تهیه شده ا ست. در این پژوهش با تبیین رابطه ان سان و محیط و تاثیر متقابل این دو بر یکدیگر، شناخت انرژی‌های تجدیدپذیر و صورت‌های تبدیل آن‌ها به یکدیگر، مطالعه اصول و معیارهای معماری پایدار بر مبنای مطالعات نظری، برر سی تاثیر معماری بر الگوی م صرف انرژی و راهکارهای عملی به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان تلاش شده ا ست تا بتوان با فراهم آوردن ف ضایی میان ر شته‌ای برای انجام پژوهش‌های پیشرفته در خصوص انرژی‌های نو، طراحی و تولید بر مبنای یافته‌های پژوهشگران و تلاش برای تحقق اهداف زیست‌محیطی به یک پژوهشکده انرژی نو دست یافت. به علاوه، این پروژه درصدد است به عنوان نهادی پیشرو در زمینه انرژی، در سطح ملی و منطقه‌ای ایفای نقش نماید و محلی برای تدوین و برگزاری رویدادهای علمی در زمینه تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

استراتژی‌های کاهش مصرف انرژی در ساختمان پایدار، کنفرانس بین المللی عمران ، معماری و شهرسازی ایران معاصر، تهران، مرداد ماه ۱۳۹۶.

فهرست مطالب

فهرست جداول ح

فهرست تصاویر ط

فصل۱ : طرح تحقیق ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ بیان مسئله ۲

۱-۳ اهمیت و ضرورت موضوع پژوهش ۴

۱-۴ پرسشها و فرضیه‌ها ۵

۱-۵ سابقه پژوهش ۶

۱-۶ روشها و فنون اجرایی پژوهش ۹

۱-۷ برنامه فیزیکی طرح ۱۰

فصل۲ :پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع ۱۱

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ تعاریف تحقیق و پژوهش ۱۲

۲-۲-۱ انواع پژوهش ۱۳

۲-۲-۱-۱ تحقیق بنیادی (تحقیق محض) ۱۳

۲-۲-۱-۲ پژوهش کاربردی ۱۴

۲-۲-۱-۳ پژوهش توسعه‌ای ۱۴

۲-۲-۱-۴ پژوهش ارزیابی ۱۵

۲-۲-۲ فضاهای پژوهشی و انواع آن ۱۵
۲-۲-۲-۱ مرکز پژوهشی ۱۵
۲-۲-۲-۲ پژوهشکده (موسسه پژوهشی) ۱۶
۲-۲-۲-۳ لابراتوار ۱۶
۲-۲-۲-۴ پژوهشگاه ۱۶
۲-۲-۲-۵ پارک تحقیقاتی ۱۶
۲-۲-۳ اجزای پژوهشکده‌ها براساس فعالیت‌های موجود در آنها ۱۷
۲-۳ توسعه پایدار ۱۹
۲-۳-۱ توسعه پایدار و آموزش ۲۰
۲-۴ بحران انرژی و منابع انرژی ۲۱
۲-۴-۱ انرژی‌های تجدیدناپذیر ۲۲
۲-۴-۱-۱ زغال‌سنگ ۲۲
۲-۴-۱-۲ نفت ۲۳
۲-۴-۱-۳ گاز طبیعی ۲۳
۲-۴-۱-۴ رس نفت‌دار و ماسه قیردار ۲۳
۲-۴-۲ انرژی‌های تجدیدپذیر ۲۴
۲-۴-۲-۱ انرژی خورشیدی ۲۴
۲-۴-۲-۲ انرژی باد ۲۴
۲-۴-۲-۳ انرژی زمین گرمایی ۲۵
۲-۴-۲-۴ انرژی بیوماس (زیست‌توده) ۲۶
۲-۴-۲-۵ انرژی هیدروژن ۲۷
۲-۴-۲-۶ انرژی آب ۲۸

فصل۳ :مبانی نظری **۲۹**

۳-۱ مقدمه ۳۰

۳-۲ استراتژی‌های عمومی تحقق ساختمان‌های پایدار ۳۰

۳-۲-۱ بهبود کارایی لفاف فضایی ساختمان ۳۱

۳-۲-۱-۱ فرم بهینه ۳۱

۳-۲-۱-۲ بهینهسازی نسبت بازشو به دیوار (WWR) ۳۱

۳-۲-۱-۳ بهبود عملکرد حرارتی پنجره‌ها ۳۱

۳-۲-۱-۴ بهبود عایق کاری ۳۲

۳-۲-۲ بهبود کارایی روشنایی ساختمان ۳۳

۳-۲-۲-۱ استفاده حداکثری از نور روز ۳۳

۳-۲-۲-۲ جایگزینی سیستم‌های روشنایی کم مصرف LED ۳۳

۳-۲-۲-۳ بکارگیری سنسورهای تشخیص نور ۳۳

۳-۲-۳ بهبود کارایی سیستم‌های مکانیکی ساختمان ۳۴

۳-۲-۳-۱ سیستم‌های تولید گرما ۳۴

۳-۲-۳-۲ سیستم‌های توزیع گرما ۳۴

۳-۲-۳-۳ سیستم‌های تهویه ۳۵

۳-۲-۴ مدیریت بار الکتریکی وسایل و تجهیزات ۳۷

۳-۲-۵ به کارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر در سایت ۳۷

۳-۲-۶ طراحی غیرفعال خورشیدی (Passive) ۳۷

۳-۲-۶-۱ آبگرمکن خورشیدی ۳۷

۳-۲-۶-۲ دودکش خورشیدی ۳۷

۳-۲-۶-۳ دیوار ترومب ۳۸

۴-۶-۲-۳ نمای دوپوسته ۳۸
۵-٦-۲-۳ پوسته ساختمانی سازگار با اقلیم ۳۸
۶-۶-۲-۳ پنجره آفتابی ۳۹
۷-۶-۲-۳ گلخانه ۳۹
۸-۶-۲-۳ آتریوم ۳۹
۹-۶-۲-۳ بام سبز ۴۰
۱۰-۶-۲-۳ دیوار زنده ۴۱
۱۱-۶-۲-۳ بام حوضچه‌ای ۴۱
۷-۲-۳ طراحی فعال خورشیدی (Active) ۴۱
فصل۴ :مبانی و معیارهای طراحی فضاهای پژوهشی **۴۳**
۱-۴ مقدمه ۴۴
۲-۴ آزمایشگاه‌ها و فضاهای تحقیقاتی ۴۴
۳-۴ تقسیم‌بندی آزمایشگاه‌ها ۴۵
۴-۴ ملاحظات طراحی آزمایشگاه‌های پژوهشی ۴۵
۱-۴-۴ ملاحظات معماری ۴۵
۲-۴-۴ ملاحظات پایداری ۴۶
۳-۴-۴ ملاحظات تجهیزات و مبلمان ۵۰
۵-۴ برنامه‌ریزی برای طراحی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی ۵۱
۶-۴ انعطاف‌پذیری لابراتوارها ۵۳
۷-۴ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۵۴
فصل۵ :بررسی، تجزیه و تحلیل نمونه‌های موردی **۵۵**
۱-۵ مقدمه ۵۶

۵-۲ بررسی راهکارهای طراحی به منظور دستیابی به ساختمان پایدار ۵۶
۵-۲-۱ پژوهشکده پایداری، موسسه علوم و فناوری مصدر/ امارات متحده عربی ۵۶
۵-۲-۲ مرکز پژوهشی RSF/ ایالات متحده آمریکا ۵۸
۵-۲-۳ پژوهشکده بهره‌وری انرژی / چین ۶۰
۵-۲-٤ پژوهشکده ملی انرژی‌های تجدیدپذیر/ ایالات متحده آمریکا ۶۱
۵-۲-۵ ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه کرج | ایران ۶۲
۵-۳ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری (راهکارهای دستیابی به ساختمان پایدار) ۶۵
۵-۴ بررسی برنامه‌ریزی کالبدی طرح ۶۷
فصل۶ :مطالعات زمینه **۶۹**
۶-۱ مقدمه ۷۰
۶-۲ معرفی شهر مشهد ۷۰
۶-۲-۱ هویت طبیعی ۷۰
۶-۲-۲ هویت انسانی ۷۰
۶-۲-۳ هویت کالبدی، فضایی ۷۱
۶-۳ بررسی وضعیت اقلیمی شهر مشهد ۷۱
۶-۳-۱ تابش خورشیدی ۷۲
۶-۳-۲ درجه حرارت ۷۲
۶-۳-۳ رطوبت ۷۳
۶-۳-۴ باد ۷۴
۶-۳-۵ بارندگی ۷۴
۶-۴ دستورالعمل‌های عمومی طراحی اقلیمی در مشهد ۷۵
۶-۴-۱ بررسی و تحلیل جهت‌گیری ابنیه در رابطه با تابش ۷۵

۲-۴-۶ شناخت و تحلیل جهت‌گیری ابنیه با توجه به باد ۷۶
۳-۴-۶ دیوارها ۷۶
۴-۴-۶ فرم ساختمان ۷۷
۵-۴-۶ ترکیب فضاهای داخلی (نورگیری) ۷۷
۶-۴-۶ کیفیت سطوح (رنگ و جنس) ۷۷
۷-۴-۶ تهویه ۷۸
۸-۴-۶ تاثیر نوع و شکل پنجره ۷۸
۵-۶ معرفی سایت و بستر طراحی ۷۹
۱-۵-۶ موقعیت ۷۹
۲-۵-۶ دسترسی‌ها ۷۹
۳-۵-۶ همجواری‌ها ۸۰
۴-۵-۶ ارتباط با سایر مراکز پژوهشی ۸۱
۵-۵-۶ اقلیم ۸۲
فصل۷ :فرآیند طراحی **۸۳**
۱-۷ مقدمه ۸۴
۲-۷ برنامه‌ریزی کالبدی ۸۴
۳-۷ طراحی شماتیک ۸۶
۱-۳-۷ چشم‌انداز طرح ۸۶
۱-۱-۳-۷ – استراتژی‌های تحقق ساختمان پایدار ۸۶
۲-۱-۳-۷ ایجاد فضای میان‌رشته‌ای و پژوهش تیمی ۸۶
۳-۱-۳-۷ ارتباط با شهر ۸۶
۴-۱-۳-۷ کاربرد نشانه‌ای در مشهد ۸۷

۵-۱-۳-۷ گزینه‌های توده‌گذاری ۸۷
۷-۴ توسعه طرح ۸۹
۱-۴-۷ ایده‌های شکل‌دهنده طرح ۸۹
۲-٤-۷ استراتژی‌های طراحی ۹۱
۱-۲-۴-۷ سطح اول: طراحی ساختمان پایه ۹۲
۲-۲-۴-۷ سطح دوم: سیستم‌های غیرفعال و انرژی‌های طبیعی ۹۳
۳-۲-۴-۷ سطح سوم: تاسیسات مکانیکی ۹۴
۷-۵ اطلاعات و مدارک فنی طرح ۹۴
پیوست **۱۱۱**
مراجع فارسی **۱۲۲**
مراجع لاتین **۱۲۷**

فهرست جداول

جدول ۲-۱-تقسیم‌بندی ده مولفه پایداری از دیدگاه کارمونا در سه مولفه عام پایداری ۲۰
جدول ۴-۱- انواع مدول لابراتوار و ویژگی‌های فضایی آنها ۴۶
جدول ۴-۲- ملاحظات طراحی پایدار یک فضای پژوهشی خاص ۴۷
جدول ۴-۳- معیارهای پایداری فضاهای پژوهشی و ملاحظات مربوط به آن. ۴۸
جدول ۴-۴- ملاحظات مربوط به مبلمان فضای پژوهشی ۵۰
جدول ۴-۵- انواع سازماندهی و ویژگی‌های لابراتوارها و فضاهای تحقیقاتی وابسته ۵۲
جدول ۵-۱-مقایسه توان حرارتی ساختمان انرژی صفر با عایق‌کاری فعلی و عایق‌کاری مطابق مبحث ۱۹. ..... ۶۴
جدول ۵-۲-درصد عرصه‌های فضایی در نمونه‌های موردی. ۶۷
جدول ۶-۱-کلاسه‌بندی شهر مشهد در سیستم طبقه‌بندی اقلیمی ۷۱
جدول ۶-۳-تقسیم‌بندی دمای مشهد براساس طبقه‌بندی هفت‌گانه اشری ۷۳
جدول ۶-۴- راهکارهای عمومی طراحی اقلیمی در شهر مشهد ۷۸
جدول ۷-۱- برنامه فیزیکی طرح. ۸۴

فهرست تصاویر

تصویر ۱-۱- سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان در سال ۲۰۱۵ میلادی..... ۴
تصویر ۱-۲- ساختار پژوهش..... ۹
تصویر ۲-۱ مجموعه‌ای از کلمات مرتبط با واژه تحقیق در لغت‌نامه‌های مختلف..... ۱۳
تصویر ۲-۲- موضوعات مختلف پژوهش‌های محض که قابل استفاده در آینده‌اند..... ۱۴
تصویر ۲-۳-کارآفرینی سازمان‌ها و مراکز پژوهشی کشور..... ۱۴
تصویر ۲-۴- پارک علمی هریوت وات..... ۱۷
تصویر ۲-۵- پارک فناوری آیدن لوند سوئد..... ۱۷
تصویر ۲-۶- آزمایشگاه کینیکال یو ام پی سی..... ۱۷
تصویر ۲-۷-مرکز تحقیقاتی پزشکی دانشگاه کالیفرنیا..... ۱۷
تصویر ۲-۸- آزمایشگاه آناتومی، کالج پزشکی بیلر(آزمایشگاه آموزشی)..... ۱۸
تصویر ۲-۹- آزمایشگاه مهندسی مکانیک دانشگاه میشیگان..... ۱۸
تصویر ۲-۱۰- آزمایشگاه ساخت مصالح مبلمان کیوانی(آزمایشگاه آموزشی)..... ۱۸
تصویر ۲-۱۱- آزمایشگاه بهداشت و محیط نیوجرسی..... ۱۸
تصویر ۲-۱۲- اهداف توسعه پایدار محیطی..... ۱۹
تصویر ۲-۱۳- رس نفت‌دار و ماسه قیردار..... ۲۴
تصویر ۲-۱۴- استفاده از انرژی گرمایی درون زمین برای تولید الکتریسیته..... ۲۶
تصویر ۲-۱۵-نمایی از یک پیل سوختی ساده..... ۲۷
تصویر ۳-۱-راهکارهای عمومی تحقق ساختمان پایدار..... ۳۰
تصویر ۳-۲- مقایسه عملکرد حرارتی بام سبز و بام معمولی..... ۴۰
تصویر ۵-۱-دیاگرام عملکردهای موسسه علوم و فناوری مصدر..... ۵۷
تصویر ۵-۲-دیاگرام سیستم بازشوها و رود نور به فضای داخل..... ۵۹
تصویر ۵-۳-لابیرنت حرارتی در زیر بال‌های اداری، ساختمان آر اس اف..... ۵۹
تصویر ۵-۴-کلکتورهای حرارتی در زیر نمای جنوبی، ساختمان آر اس اف..... ۵۹
تصویر ۵-۵- جزییات طراحی تراس‌ها و سایبان‌ها، ساختمان اس آی ای ای بی..... ۶۰
تصویر ۵-۶- نمایش ناحیه‌بندی لوپه‌ای سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی در بخش‌های ساختمان. ۶۱
تصویر ۵-۷- دیاگرام ورود و خروج هوا در مقطع طولی ساختمان..... ۶۲
تصویر ۵-۸- مقایسه سهم هر یک از انواع راهکارها در نمونه‌های مورد مطالعه..... ۶۵
تصویر ۵-۹-فراوانی راهکارهای طراحی در گروه‌های ۵گانه..... ۶۶
تصویر ۶-۱- موقعیت و زوایای تابش خورشید در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه..... ۷۲

تصویر ۶-۲-نمودار مقایسه میانگین ماهیانه دمای کمینه و بیشینه شهر مشهد. ۷۲
تصویر ۶-۳- نمودار مقایسه میانگین ماهیانه رطوبت نسبی کمینه و بیشینه مشهد ۷۳
تصویر ۶-۴-گلباد سالیانه ۷۴
تصویر ۶-۵- جهت و سرعت باد مشهد ۷۴
تصویر ۶-۶- میانگین بارش ماهانه شهر مشهد ۷۵
تصویر ۶-۷- اولویت جهت‌گیری ابنیه در رابطه با تابش عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی ۷۵
تصویر ۶-۸- محدوده تأثیر باد در جهات مختلف ساختمان ۷۶
تصویر ۶-۹- اولویت جهت‌گیری ابنیه در رابطه با باد ۷۶
تصویر ۶-۱۰- نقشه هوایی از سایت پروژه ۷۹
تصویر ۶-۱۱- تحلیل دسترسی سواره به سایت. ۸۰
تصویر ۶-۱۲- تحلیل دسترسی پیاده به سایت ۸۰
تصویر ۶-۱۳- نقشه کاربری اراضی مشهد ۸۰
تصویر۶-۱۴- نمایش همجواری‌های پروژه. ۸۱
تصویر ۶-۱۵- تمرکز دانشکده‌ها و مراکز آموزشی، موقعیت قرارگیری پژوهشکده‌های دانشگاه فردوسی ۸۱
تصویر ۶-۱۶-تحلیل سایت ۸۲
تصویر ۷-۱- درصد عرصه‌های فضایی پروژه ۸۵
تصویر ۷-۲- مشخصات سایت ۸۷
تصویر ۷-۳- گزینه طراحی شماره (۱) ۸۸
تصویر ۷-۴- گزینه طراحی شماره (۲) ۸۸
تصویر ۷-۵- گزینه طراحی شماره (۳) ۸۸
تصویر ۷-۶- هندسه ۸۹
تصویر ۷-۷- گودال باغچه ۸۹
تصویر ۷-۸- طبیعت در ساختمان ۸۹
تصویر ۷-۹- توده گذاری. ۹۰
تصویر ۷-۱۰- حیاط‌های داخلی ۹۰
تصویر ۷-۱۱- خط آسمان. ۹۰
تصویر ۷-۱۲- سایبان و لوور ۹۰
تصویر ۷-۱۳- جانمایی توربین های بادی ۹۱
تصویر ۷-۱۴- نمایش ورودی‌ها ۹۱
تصویر ۷-۱۵- سه سطح راهکارهای طراحی ساختمان پایدار ۹۲

فصل۱ : طرح تحقیق

۱-۱ مقدمه

مسئله "بحران انرژی" و پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از آن، بدون‌شک یکی از مهم‌ترین مسائلی است که انسان معاصر با آن روبه‌روست. درهمین راستا دولت‌ها، دانشگاه‌ها و سایر نهادهای رسمی و غیررسمی سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مختلفی را در پیش‌گرفته و برای افزایش آگاهی عمومی نسبت به این مسئله و حل آن قدم برداشتند. باتوجه به نقش غیرقابل انکار دانشگاه‌ها در پیشبرد اهداف پایداری، از سال ۱۹۹۰ میلادی توجه فزاینده‌ای به عقد تفاهم‌نامه‌ها، منشورها و همکاری‌ها در زمینه توسعه پایدار در آموزش عالی شکل گرفت.

آمار دپارتمان انرژی آمریکا در سال ۲۰۱۲ نشان می‌دهد که بیش از ۴۰٪ انرژی مصرفی سالانه در دنیا در بخش ساختمان مصرف می‌گردد و سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در این میان بسیارناچیز و حدود ۲٪ گزارش شده است. این مسئله توجه طراحان و برنامه‌ریزان را به استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ساخت و ساز معطوف نموده و تلاش‌های موفقی در این زمینه انجام گرفته است. بدون شک به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان و تحقق ساختمان خودکفا، بدون مطالعه و پژوهش و دستیابی به دانش این رشته امکان‌پذیر نمی‌باشد.

ایران به عنوان یکی از کشورهای در حال توسعه با حجم ساخت و ساز بالا، نیاز ویژه‌ای به دستیابی به دانش انرژی‌های نو و به کارگیری آن در معماری دارد. لذا ایجاد فضایی میان‌رشته‌ای برای تحقیق و پژوهش بر روی انرژی‌های پاک و تکنولوژی به کارگیری آن ضرورت می‌یابد.

۱-۲ بیان مسئله

تحول صنعت در قرن هجدهم و نوزدهم به تسلط بیشتر بر کره خاکی و محیط‌زیست انجامید. این تسلط که سکونتگاه‌ها، ساختارهای زیربنایی و صنایع، بارزترین جلوه‌های آن بودند، محیط‌زیست را به سوی عدم تعادلی جبران‌ناپذیر سوق داد. درنتیجه از بین رفتن بخش مهمی از محیط‌زیست در سال ۱۹۸۶ و باتوجه به مسئله بحران انرژی و آلودگی زیست‌محیطی ازجمله آلودگی هوا و منابع، که ناشی از استفاده بیش از اندازه از منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر مانند نفت، گاز و ... می‌باشد، کمیته جهانی گسترش محیط‌زیست اصطلاح "پایداری" را تحت عنوان رویایی به نیازهای عصر حاضر بدون به مخاطره انداختن منابع نسل آینده مطرح کرد، تا راهکار مناسبی را پیش‌رو جهانیان قرار دهد [۱] و عکس‌العملی دربرابر بحران انرژی باشد. ازطرفی محدود بودن ذخایر فسیلی و همچنین آلودگی‌های ناشی از مصرف این سوخت‌ها موجب گشته تا در دو دهه اخیر موضوع محیط‌زیست و ابعاد سیاسی، اقتصادی و اجتماعی آن تدریجاً از محدوده مرزهای داخلی فراتر رفته و به عنوان یک مشکل بین‌المللی مطرح گردد، که شامل مواردی ازقبیل بحران انرژی، گرم شدن زمین و جو، تخریب لایه ازن و شیوع آلودگی‌های ناشی از استفاده بی‌رویه از منابع انرژی می‌باشد. [۲] از آنجا که حدود ۵۰٪ ذخایر سوختی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود، لزوم توجه به ساخت و سازها بیش از پیش آشکار می‌شود. [۳] لذا آموزه‌ها و اصول

معماری پایدار، پیوند هرچه بیشتر انسان با طبیعت و محیط‌زیست را می‌طلبد. این اصول نه تنها راهی به سوی ماندگاری هرچه بیشتر ساختمان است، بلکه کلید حل مشکلات و بحران‌های زیست‌محیطی خواهد بود. [۴] باتوجه به بررسی‌های انجام شده، آشنایی هرچه بیشتر در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌گیری از آن‌ها به جای سوخت‌های فسیلی در طراحی ساختمان‌ها، سهم بزرگی در پایداری محیط، اجتماع و احترام به محیط‌زیست خواهد داشت.

منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر دارای عمر طولانی و چرخه‌های طبیعی می‌باشند و حتی احتمال پایان این منابع نیز وجود ندارد. برخلاف منابع انرژی تجدیدناپذیر نظیر سوخت‌های فسیلی که با خطر پایان منابع آن‌ها روبه‌رو هستند. [۵]

وجود مراکز پژوهشی و تحقیقاتی فعال در زمینه انرژی‌های نو، نقشی کلیدی در توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و افزایش سهم تولید انرژی این منابع خواهد داشت. امروزه مراکز بسیاری در جهان با هدف کمک به توسعه تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر مشغول به فعالیت هستند که برخی از آن‌ها فعالیت‌های خود را صرفاً بر یکی از منابع تجدیدپذیر متمرکز کرده‌اند و برخی دیگر همچون پژوهش پیش‌رو سبدی از منابع تجدیدپذیر را در نظر گرفته‌اند. اما نوع فعالیت‌های این مراکز کمابیش یکسان است. لذا وجود مراکز تحقیقاتی و پژوهشکده‌هایی جهت مطالعه، تحقیق و افزایش سطح آگاهی معماران و محققان، در دستیابی آنان به یافته‌های جدید در این زمینه و توسعه و ترویج استفاده از انرژی‌های نو و درنتیجه آن نزدیک شدن به معماری پایدار، موثر و تاثیرگذار می‌باشد و علاوه بر آن الگویی در جهت ساخت و ساز پایدار و افزایش آگاهی و فرهنگ استفاده از انرژی‌های نو خواهد بود. [۶] با بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به کمک مصالح و تکنولوژی نو می‌توان به پایداری ساختمان پژوهشکده دست یافت. این امر الگویی برای سایر ساختمان‌ها در تامین انرژی خود از منابع تجدیدپذیر خواهد بود. به کمک یافته‌های این تحقیق می‌توان اهمیت انرژی‌های نو در دستیابی به معماری پایدار را نتیجه گرفت که این امر خود در حل بحران انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی گامی استوار برمی‌دارد.

این پژوهش ضمن بررسی منابع انرژی و روش‌های بهره‌وری از انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان، شرایط اقلیمی مشهد را نیز تحلیل نموده و راهبردها و راهکارهای مربوط به کاهش مصرف انرژی و بهره‌وری از انرژی‌های تجدیدپذیر در این شهر را ارائه می‌دهد.

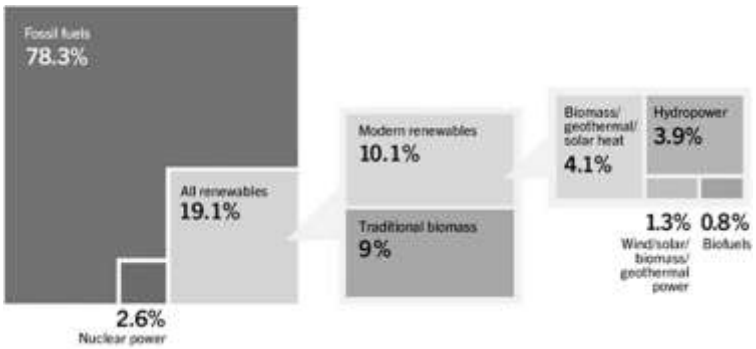
در ادامه نتایج حاصله در پروژه‌ای با مقیاس ملی، با عنوان پژوهشکده انرژی‌های نو، نقش‌آفرین خواهد شد. این پروژه ضمن دستیابی به نتایج واقعی در زمینه استفاده از انرژی نو، به عنوان عنصری نمادین در جهت دوستی با کره زمین و به عنوان شاخصه بهره‌وری از انرژی‌های پاک در شهر مشهد جلوه‌گر خواهد شد. تبیین ضرورت بحث انرژی در ساختمان‌ها، آشنایی با منابع انرژی تجدیدپذیر و کاربرد آن در بخش ساختمان، آشنایی با راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان و تعیین راهکارهای مربوط به استفاده از انرژی‌های پاک، ازجمله اهداف این پژوهش بوده‌است.

۳-۱ اهمیت و ضرورت موضوع پژوهش

انرژی‌های فسیلی و دیگری اثرات تخریبی و آلوده‌کننده محیط‌زیست در اثر استفاده بی‌رویه از این سوخت‌ها است. تمام این مسائل و مشکلات ما را به سمتی سوق می‌دهد تا از تشدید این آثار مخرب بکاهیم. این امر با کاهش در مصرف انرژی و جایگزین کردن انرژی مصرفی با انرژی‌های پاک و تجدیدشونده به ویژه در ساختمان و مسکن که بخش عظیم از انرژی را مصرف می‌کنند، قابل‌حل خواهد بود و می‌توان با این رویکردها هزینه و مقدار مصرف انرژی را به شکل چشمگیری کاهش داد.

ساختمان‌ها تاثیر زیادی بر محیط و مصرف انرژی دارند. انرژی که در بخش ساختمان به مصرف می‌رسد به سرعت در حال افزایش است؛ زیرا سرعت ساخت و ساز جدید بیشتر از سرعت متروکه شدن ساختمان‌های قدیمی است. مطابق آمار Annual Energy Review در سال ۲۰۰۵ میلادی ساختمان-های مسکونی و تجاری حدود ۴۰٪ از انرژی اولیه و تقریباً ۷۰٪ الکتریسیته را در ایالات متحده آمریکا مصرف می‌کنند. از طرفی گزارش‌های دپارتمان انرژی آمریکا (DOE) حاکی از آن است که سهم منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در تامین انرژی مورد نیاز جهان در سال ۲۰۰۰ میلادی بسیار ناچیز و درحدود ۲/۳٪ بوده و مابقی شامل زغال سنگ، نفت، گاز طبیعی، انرژی هسته‌ای، نیروگاه‌های آبی بزرگ و بیوماس صنعتی می‌باشد. [۷]

طبق آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۵ میلادی توسط REN21 ۳/۷۸٪ از انرژی جهان از سوخت‌های فسیلی، ۱۹/۱٪ از انرژی‌های تجدیدپذیر و ۲/۶٪ از انرژی هسته‌ای تامین می‌گردد. [۷] (تصویر ۱-۱). این آمار حاکی از این است که در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر اهمیت ویژه‌ای یافته و در بخش‌های مختلف صنعت بدان توجه شده است. از این رو و در راستای حرکت به سمت استفاده فراگیر از انرژی‌های نو، مطالعه و پژوهش در مورد انرژی‌های تجدیدپذیر، توسعه و به‌کارگیری آن‌ها در بخش‌های مختلف صنعت، خصوصاً صنعت ساختمان ضرورتی انکارناپذیر می‌باشد.



تصویر ۱-۱- سهم منابع انرژی تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان در سال ۲۰۱۵ میلادی [۷]

از طرفی شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی است که با مساحت تقریبی ۳۰۰ کیلومتر، پس از تهران دومین کلان شهر ایران محسوب می شود. [۸] این شهر با ۳میلیون نفر جمعیت، دومین شهر پرجمعیت ایران محسوب می شود. [۹] برپایه آمار رسمی موجود، حدود ۴۳۰ هزار دستگاه خودرو در

این شهر وجود دارد که بیشتر خودروها از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند و همچنین در شهرک صنعتی نیز بیشتر از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود. [۱۰]
همچنین در میان شهرهای کشور، شهر مشهد به‌دلیل قرار گرفتن در میان رشته کوه‌های بینالود و هزارمسجد دارای دویست و هفتاد تا سیصد روز اینورژن حرارتی (وارونگی هوا) در سال بوده و در بعضی از ایام سال آلوده‌ترین شهر کشور می‌باشد، چراکه در مکانی قرار گرفته است که امکان تخلیه هوا کم است. از طرف دیگر شهر مشهد به دلیل وجود مرقد مطهر امام رضا (ع) به عنوان دومین کلان شهر مذهبی جهان مطرح بوده و سالانه پذیرای بیست میلیون زائر از سراسر ایران و جهان می‌باشد. جمعیت این شهر در ایام مناسبتی و تابستان‌ها ۱/۸ درصد رشد می‌کند. [۱۱] به تبع این افزایش جمعیت، میزان خودروها نیز افزایش یافته و شهر مشهد را در شرایط بحرانی قرار می‌دهد. [۱۲]
آلودگی هوا چه در مقیاس جهانی و چه در ابعاد جغرافیایی مشهد، یک معضل زیست‌محیطی انکارناپذیر به شمار می‌آید. در سال ۱۳۹۴ کیفیت هوای شهر مشهد ۳۸ روز پاک، ۲۳۴ روز سالم و ۲۷ روز ناسالم گزارش شده است. [۱۳] آمارها نشان می‌دهد که در سال ۹۴ تنها در ۱۱درصد طول سال از هوای پاک و مطلوب بهره‌مند بودیم و این یعنی ۸۹ درصد دیگر ایام سال، درصدی از آلودگی گریبان این شهر و شهروندان آن را گرفته بوده است. از طرف دیگر پتانسیل‌های تجدیدپذیر در مشهد زیاد است. تمامی موارد فوق دلیلی بر انجام این پژوهش در شهر مشهد می‌باشد.
طرح پژوهشی حاضر در بخش مبانی نظری در پی دستیابی به دانش موضوعاتی به شرح زیر می‌باشد:

- تبیین رابطه انسان و محیط و تاثیر متقابل این دو بر یکدیگر
- شناخت انرژی‌های تجدیدپذیر و صورت‌های تبدیل آن‌ها به یکدیگر
- تهیه فهرستی از اصول و معیارهای معماری پایدار بر مبنای مطالعات نظری
- بررسی تاثیر معماری بر الگوی مصرف انرژی
- راهکارهای عملی به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان

هدف ایجاد این مرکز پژوهشی، فراهم آوردن فضایی میان رشته‌ای برای انجام پژوهش‌های پیشرفته در خصوص انرژی‌های نو، طراحی و تولید بر مبنای یافته‌های پژوهشگران و تلاش برای تحقق اهداف زیست‌محیطی می‌باشد. به علاوه، این پروژه در صدد است به عنوان نهادی پیشرو در زمینه انرژی، در سطح ملی و منطقه‌ای ایفای نقش نماید و محلی برای تدوین و برگزاری رویدادهای علمی در زمینه تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

۱-۴ پرسش‌ها و فرضیه‌ها

پرسش‌های اساسی در این پژوهش ناظر به سه بخش مبانی، تحلیل و طراحی می‌باشد. پرسش‌های مطرح در بخش مبانی، که عمدتاً به تعاریف، اصول و نگرش‌های مختلف به موضوع می‌پردازد و به دنبال "چیستی"هاست به شرح زیر می‌باشد:

- انرژی‌های تجدیدپذیر کدامند و رفتار و ویژگی‌های آن چیست؟

- تعریف، اصول و مبانی ساختمان پایدار چیست؟
- استراتژی‌ها و ترفندهای طراحی ساختمان پایدار کدامند؟

پرسش‌های مطرح در بخش طراحی، که غالباً به دنبال یافتن "چگونگی" هاست عبارتند از:

- چگونه یک پژوهشـــکده می‌تواند نیازهای انرژی خود را تقلیل داده و انرژی موردنیازش را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید؟
- چگونه می‌توان انرژی‌های تجدیدپذیر را در ساختمان به کار گرفت ؟

۵-۱ سابقه پژوهش

یکی از مهم ترین موضوعاتی که در چند دهه اخیر مورد توجه اکثر کشورهای صنعتی پیشرفته بوده است، بحث جلوگیری از اتلاف انرژی می‌باشد. اهمیت این بحث در سال‌های نخست دهه ۱۹۶۰، زمانی که تقاضا برای عرضه ذخایر نفتی و انرژی ناشی از آن افزایش چشمگیری یافت، روشن شد. توجه به این موضوع که منابع تجدیدناپذیر، محدود و احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است، ضرورت تجدیدنظر در منابع انرژی را آشکار می‌سازد. [۱۴]

تا اواسط قرن ۱۹ و قبل از توسعه استفاده از زغال‌سنگ، تقریباً کل انرژی مصرفی از منابع انرژی تجدیدپذیر بودند. بی‌شک قدیمی‌ترین نوع انرژی مورداستفاده زیست‌توده سنتی بوده که برای روشن کردن آتش استفاده می‌شده است. دومین انرژی تجدیدپذیر، انرژی باد بوده که برای به حرکت درآوردن کشتی‌ها در حدود ۷۰۰۰ سال پیش مورداستفاده قرار می‌گرفته است. البته نقش انرژی خورشید در تامین انرژی گرمایی موردنیاز بشر را نیز نباید نادیده گرفت. اما پس از انقلاب صنعتی حضور این‌گونه انرژی‌ها کمرنگ شدند. پس از جنگ جهانی دوم، دانشمندان با بررسی‌های انجام شده بدین نتیجه رسیدندکه منابع فعلی (فسیلی) در آینده تمام می‌شوند و باید منابع انرژی جایگزین برای تامین آینده انرژی بشر در نظر گرفت. بنابراین مجدداً منابع انرژی تجدیدپذیر مدنظر قرار گرفتند. زنگ خطر محدودیت منابع کره زمین در سال ۱۹۷۰ توسط پِچی بازرگان ایتالیایی و کینگورا مدیر شرکت OECD به صدا درآمد. آنان در گزارشی به نام "محدودیت رشد" محدودیت انرژی را اعلام کردند که محدودیت انرژی و وابستگی جهان به کاربرد سوخت‌های فسیلی به خصوص نفت دنیا را به لرزه درخواهد آورد، نفتی که منبع اجتناب‌ناپذیر رشد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و قیمت آن موجب واکنش و حساسیت جامعه بین‌المللی شده است. [۱۵] بنابراین محققان محیط‌زیست استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را هم به منظور جایگزینی برای کاهش احتمالی مخازن نفت و هم به منظور مقابله با وابستگی به نفت مدنظر قرار دادند. علاوه بر این، آلودگی شدید محیط‌زیست بخاطر استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز عامل دیگری برای تغییر سمت و سوی استفاده از منابع انرژی متداول فسیلی به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر است. [۱۶] در سال ۱۸۷۳، نگرانی به اتمام رسیدن زغال‌سنگ تحقیقات را به سمت استفاده از انرژی خورشیدی سوق داد. اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۱۹۱۱ در مجله آمریکایی

با این تیتر بیان شد: "در آینده‌ای دور، سوخت‌های طبیعی (انرژی خورشید) که به فراموشی سپرده شده‌اند تنها وسیله باقی‌مانده برای حیات بشر خواهند بود". [۱۶]

علاقه به کاهش مصرف انرژی، درست قبل از جنگ جهانی دوم در موسسه ماساچوست با تحقیق درمورد سازه‌های گرمایش خورشیدی آغاز شد. اولین پروژه مربوط به ساخت خانه خورشیدی با نصب کلکتورهای خورشیدی و استفاده از آبگرم‌کن خورشیدی در سال ۱۹۵۸ بود. با افزایش بهای انرژی در دنیا در سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ ساخت خانه‌هایی با مصرف انرژی صفر (طراحی ساختمان با بازدهی انرژی بالا، لوازم پربازده و سیستم‌های تولید انرژی تجدیدپذیر مانند:آبگرم‌کن خورشیدی و برق خورشیدی [۱۷]؛ به طورکلی به خانه‌هایی که به شبکه برق متصل نباشند و به کمک منابع تجدیدپذیر انرژی، مانند خورشید و باد، انرژی‌شان را تامین کنند، اطلاق می‌شود. [۱۸] در حیطه مطالعات و تحقیقات بود. سال ۱۹۷۰ را می‌توان سال پیشروی به سمت خانه‌های کم‌مصرف با عایق‌بندی مناسب دانست. پس از آن در سال ۱۹۷۶ یک تیم شبیه‌سازی رایانه‌ای دردانشگاه ایلینویز اوریانا، طرح خانه‌ای کم‌مصرف را در مدیسون (ویسکانسین) ارزیابی کرد. در کانادا نیز با حمایت شورای ملی تحقیقات کانادا، خانه کم‌مصرف ساسکاچوان در رجینا (۱۹۷۷) ساخته شد. ساخت کاخ لرژ در ماساچوست (۱۹۷۹) با هزینه گرمایش ۵۰ دلار، ساخت سه خانه با مصرف انرژی بسیارکم در مونتانا (۱۹۸۴)، ساخت خانه‌ای با تولید برق ۸۰٪ برق مصرفی در فلوریدا (۱۹۹۰) توسط مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا، ساخت خانه‌ای صفر انرژی در واشنگتن‌دی‌سی در سال ۲۰۰۱، ساخت ۳۰۰ خانه با مصرف انرژی نزدیک به صفر در کالیفرنیا در همان سال که ۶۰٪ انرژی مصرفی خود را تامین می‌کرد، ساخت یک خانه با تولید انرژی ۹۰٪ انرژی مصرفی سالیانه در لیومور کالیفرنیا به کمک فتوولتائیک‌ها و گرمایش خورشیدی توسط شرکت سنتکس (۲۰۰۲) و همچنین ساخت اولین ساختمان صفر انرژی(۲۰۰۳) توسط شرکت میلر در آریزونا و خانه موریسون (۲۰۰۳) با مصرف انرژی صفر درکالیفرنیا و مجموعه ۲۵۷ واحدی با مصرف انرژی نزیک به صفر (تمام واحدها از برق خورشیدی برای تولید ۵۰٪ از کل انرژی مصرفی سالیانه‌شان استفاده می‌کردند) توسط شرکت کلاروم انجام شدند. شرکت پاردی هومز (۲۰۰۴) نیز مجموعه خانه‌ها به مساحت ۵۳۰۰ فوت مربع با مصرف انرژی صفر در لاس‌وگاس امریکا به کمک فتوولتائیک‌ها، گرمایش خورشیدی و کلکتورهای خورشیدی آب داغ را ساخت که در مقایسه با خانه‌های مشابه ساخته شده با استانداردهای ساختمانی امریکا ۹۰٪ انرژی کمتر مصرف می‌کردند. [۱۷]

ضرورت به حداقل رساندن استفاده از سوخت‌های فسیلی باعث شده تا در جهان بعد از نسل ساختمان‌های سبز که از حداقل انرژی مصرفی برخوردار بودند و ساختمان‌های انرژی صفر که میزان تولید و مصرف انرژی برابری داشتند، ساختمان‌های انرژی مثبت (Energy Plus) مطرح شوند. اگر تولید انرژی ساختمان بیشتر از مصرف سالانه باشد، ساختمان را انرژی مثبت می‌گویند. [۱۹] درحقیقت در این ساختمان‌ها علاوه بر صرفه‌جویی انرژی، تولید انرژی را نیز به عهده دارند. خانه آفتابگردان، اولین خانه انرژی مثبت در مرکز انرژی خورشیدی آلمان می‌باشد. رولف دیش، این خانه را به گونه‌ای طراحی نموده که به آهستگی با حرکت خورشید می‌گردد تا پانل خورشیدی که در پشت‌بام تعبیه شده، بتواند

بیشترین انرژی خورشیدی را جذب کند. [۲۰]

در ایران نیز در سال ۱۳۷۰ با تصویب مبحث ۱۹ توسط هیئت وزیران، گام بزرگی در زمینه صرفه-جویی در مصرف انرژی در ساختمان‌ها برداشته شد و اعمال آن برای ساختمان‌های دولتی از سال ۱۳۸۴ اجباری شد. اجرای این مبحث، حداکثر ۵٪ هزینه‌های ساختمان را افزایش می‌دهد و درمقابل ظرفیت سیستم‌های گرمایش و سرمایش را تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد. امروزه با کاهش حجم ذخیره سوخت‌های فسیلی، گران‌تر شدن بهای انرژی و از آن مهم‌تر آلودگی ایجاد شده ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و البته به کارگرفتن تکنولوژی‌های نوین، ساخت خانه‌هایی با تولید مثبت انرژی، میسر شده است. همچنین به دلیل کاهش هزینه سیستم‌های خورشیدی به میزان ۸۰٪ در طول دو دهه گذشته، میل به استفاده از این سیستم‌ها افزایش یافته است. [۱۹] امروزه رشد مصرف انرژی در جوامع مدرن صنعتی علاوه بر خطر اتمام سریع منابع فسیلی ، جهان را با تغییرات برگشت‌ناپذیر و تهدیدآمیز زیست‌محیطی مواجه نموده است. لذا در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی در راستای توسعه پایدار جهانی، نقش ویژه‌ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است . به گونه‌ای که بطور مثال اتحادیه اروپا تولید ۱۲ ٪ انرژی الکتریکی موردنیاز در سال ۲۰۱۰ از طریق انرژی‌های نو را هدف قرارداده است. در کشور ما نیز در این راستا سازمان انرژی‌های نو ایران متعاقب سیاست‌گذاری‌های معاونت امور انرژی وزارت نیرو از سال ۱۳۷۴ عهده‌دار پرداختن به این مهم به منظور دستیابی به اطلاعات و فن‌آوری‌های روز دنیا در خصوص استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، پتانسیل‌سنجی و اجرای پروژه‌های متعدد (خورشیدی، باد و زمین گرمایی، هیدورژن و بیوماس) بوده است. [۲۱]

تاریخچه تحقیق در مورد امور ساختمانی به بعد از جنگ جهانی دوم برمی‌گردد، که مراکزی به منظور ارتقاء و بهبود روش‌های ساختمان‌سازی پدید آمدند. در حال حاضر اکثر کشورهای دنیا، به دلیل مواجه بودن با مسئله ساختمان و مسکن، براساس ضرورت و نیازهای خویش، دارای چنین مراکزی می‌باشند. در زیر نمونه‌هایی از مراکز تحقیقاتی انرژی های نو، که ساختمان پایدار با صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مراکزی جهت توسعه بهره‌گیری از انرژی‌های نو با مطالعه وتحقیق محسوب می‌شوند، به منظور مقایسه حوزه فعالیت و نوع پژوهش‌های انجام گرفته، معرفی می‌شود. آکادمی و پارک تحقیقاتی انرژی خورشیدی دانشکده نیومکزیکو شمالی که محلی برای مطالعه تکنولوژی‌های پیشرفته و آزمایشگاه تحقیقاتی و تست و سنجش امکانات با هدف انعکاس و پیشبرد فرهنگ خورشیدی منطقه ساخته شده است. نمای بیرونی مدرن و دعوت‌کننده نشان‌دهنده فضایی برای مهندسین و عملکرد سیستم ساختمان واستراتژی مجموعه خورشیدی است. مرکز سرساموئل دانشگاه گریفیث استرالیا که این مرکز اولین ساختمان صفرانرژی استرالیا بوده که با انرژی خورشیدی و هیدروژن کار می‌کند و برنامه‌های مدرسه زیست-محیطی را حمایت می‌کند که به عنوان نمونه‌ای در زمینه ساختمان‌های صفرانرژی برای کشور درآمده است. [۲۲] آزمایشگاه انرژی آکادمی مقدماتی هاوایی یک آزمایشگاه علوم است که به مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌پردازد. ساختمان خود صفر انرژی وکاملا سازگار با محیط اطراف است. هدف پروژه آموزش نسل بعدی دانش‌آموزان در درک آگاهانه از محیط‌زیست و سیستم زندگی پایدار است. [۲۳]

مرکز انرژی‌های نو ووهان یکی از پایدارترین ساختمان‌های جهان که در دانشگاه ووهان چین واقع شده صفرکربن صفر انرژی است. پوشش سقف برج مرکزی پنل‌های فتوولتاییک است، توربین بادی عمودی ساختمان همچون مادگی گیاه از مرکز برج بیرون زده است. [۲۴] مرکز انرژی پیشرفته دانشگاه استونی بروک که با هدف ایجاد همکاری بین دانشگاه‌ها، صنایع و آزمایشگاه ملی از طریق توسعه منابع قابل اعتماد، مقرون به صرفه، طراحی شده، به ترویج انرژی پاک و مقرون به صرفه می‌پردازد. [۲۵]

۶-۱ روش‌ها و فنون اجرایی پژوهش

طرح پژوهشی حاضر درصدد است تا در وهله اول با مطالعه گسترده بر روی انرژی‌های تجدیدپذیر، اصول و مبانی طراحی ساختمان پایدار و بررسی نمونه‌های موردی، چک لیست کاملی برای طراحی فراهم آورد. این چک لیست شامل معیارهایی نظیر انرژی، محیط‌زیست، مصالح تکنولوژی ساخت، ضایعات، آب، بازیافت و ... خواهد بود. این بخش با بهره‌گیری از منابع کتابخانه‌ای به‌روز و تحقیق‌های میدانی محقق خواهد شد. در ادامه و باتوجه به آنچه در بیان مسئله بدان اشاره شد، بر مبنای مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، طراحی پژوهشکده انجام می‌گردد. بر مبنای چهارچوب بدست آمده از مطالعات پایه و بررسی نمونه‌های موردی و همچنین تحلیل‌های صورت گرفته در این خصوص، ارائه راهکار و طراحی پژوهشکده انرژی‌های نو با رویکرد معماری پایدار صورت می‌پذیرد.

طرح پژوهشی حاضر از سه بخش اصلی مبانی، تحلیل و طراحی تشکیل شده است. گردآوری طرح حاضر در ۷ فصل صورت خواهد گرفت که هریک، مطابق نمودار، زیرمجموعه یکی از بخش‌های سه‌گانه طرح می‌باشد. در بخش اول مبانی و کلیات موضوع موردبحث قرار می‌گیرد که شامل مباحثی از جمله تحقیق و روش‌شناسی، پیشینه و ادبیات موضوع، مبانی نظری، معیارها و ضوابط و آیین‌نامه‌های مربوط به موضوع طراحی می‌باشد. مطالعات تطبیقی (تحلیل و بررسی نمونه‌های موردی) و تحلیل زمینه (اقلیم، جغرافیا، اجتماع، فرهنگ، آموزش و ...) در بخش دوم انجام خواهد شد. بخش سوم به طراحی پروژه اختصاص دارد که در آن فرآیند طراحی به تفصیل شرح داده خواهد شد و تدقیق، تکمیل و توسعه طرح به صورت پیوسته انجام خواهد شد. همچنین جزئیات طرح و ایده‌های تکنینکال در پایان این بخش شرح و ارائه خواهد گردید. (تصویر ۱-۲)

تصویر۱-۲- ساختار پژوهش.

۷-۱ برنامه فیزیکی طرح

برنامه فیزیکی طرح شامل عرصه‌های ۱. پژوهش نظری: دفاتر کار پژوهشی، کتابخانه تخصصی، کارگاه‌های آموزشی؛ ۲. پژوهش عملی: آزمایشگاه‌های تخصصی، کارگاه‌های ساخت، اتاق تمیز و لابراتوارهای چندرسانه‌ای؛ ۳. عرصه عمومی: فضاهای ملاقات و فضاهای ارائه و بحث؛ ۴. عرصه خدمات رفاهی: فضاهای استراحت پژوهشگران و کافه تریا؛ ۵. عرصه خدمات پشتیبانی: انبار مواد و وسایل، تاسیسات و تجهیزات خاص پروژه و سرویس بهداشتی؛ ۶. عرصه گردهمایی: آمفی‌تئاتر و سالن‌های اجتماعات کوچک؛ و ۷. عرصه اداری می‌باشد.

فصل ۲ پیشینه تحقیق و ادبیات موضوع

۲-۱ مقدمه

در سال‌های اخیر، بحث پژوهش و فناوری در بین کارشناسان و سیاست‌گذاران بسیار موردتوجه قرار گرفته و براساس جمع‌بندی این مباحث، لایحه تغییر ساختار وزارت علوم با عنوان جدید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به مجلس شورای اسلامی داده شده و به تصویب رسید. [۲۶] نقش و اهمیت تحقیقات در دنیا از نیمه دوم قرن ۲۰ به طور مداوم در حال ارتقا و افزایش بوده و در طی ۵۰ سال اخیر، تمامی کشورهای صنعتی و کشورهای موفق درحال توسعه با وقوف به نقش مهم و تعیین‌کننده تحقیقات در توسعه بخش‌های مختلف کشور، عمده توجه و اهتمام خود را در جهت تقویت و ارتقای سطح شاخص‌های مختلف تحقیقات مصروف ساخته‌اند. [۲۷] شواهد و روندهای جهانی حاکی از آن است که رقابت‌پذیری کشورها به توانایی آن‌ها در ایجاد، بکارگیری و انتقال دانش به‌ویژه دانش تکنولوژیک بستگی دارد؛ از این‌رو در سطح جهان شاهد اتخاذ استراتژی‌های گوناگونی برای افزایش اثربخشی فعالیت‌های علمی و تکنولوژیک و انتقال دستاوردهای آن‌ها به صنعت و بازار هستیم. [۲۸]

طرح پژوهشی حاضر درصدد برنامه‌ریزی برای پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر است؛ بنابراین می‌بایست گرایش‌های جهان را در زمینه پژوهش، انرژی، اقلیم و پایداری بررسی نمود.

دانش به عنوان مزیتی رقابتی برای کشورها تلقی می‌شود. یکی از راهکارهای موردنظر در زمینه توسعه دانش، به‌ویژه دانش فنی امکان ایجاد مکان‌های فیزیکی با محوریت انجام پژوهش‌های دانش‌محور است. [۲۹] یکی از مهم‌ترین این زیرساخت‌ها برای توسعه دانش و فناوری، مراکز پژوهشی هستند. مراکز تحقیق و توسعه یکی از مهم‌ترین اجزاء حلقه‌های اتصال تحقیقات بنیادی به کاربردهای تکنولوژیکی بوده و در تمامی کشورها یکی از عامل‌های مهم سطح تکنولوژی می‌باشند. [۳۰] مراکز تحقیق و توسعه همواره در تغییر هستند و این تغییرات به دلیل این است که پروژه‌های تحقیقاتی، تکنولوژی و نیازهای مشتریان مداوم درحال تغییراند و لازمه بقای این مراکز پویایی و تغییرات سازمانی متناسب با تغییرات بیرونی است. [۳۰] پژوهش و تولید علم و فناوری از مهم‌ترین عناصر رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، صنعتی و سیاسی کشور به حساب می‌آید. [۳۱]

۲-۲ تعاریف تحقیق و پژوهش

واژه تحقیق در فرهنگ عمید به معنای راست و درست کردن، به حقیقت امری رسیدگی کردن و بازجویی کردن است. [۳۲] در فرهنگ دهخدا به معنای حقیقت کردن، درست کردن، درست و راست کردن، رسیدگی و وارسی کردن، به کنه مطلب رسیدن و واقع چیزی را بدست آوردن، درست دانستن، دانستن و تصدیق کردن قول یا گمانی معنا شده است. [۳۳] پژوهش نیز در فرهنگ عمید به معنای پژوهیدن، جستجو و تخصص، تحقیق و رسیدگی معنی شده [۳۲] و در فرهنگ آریان‌پور، عبارت است از کشف و دریافت آن‌چه بر دیگران مجهول است و نیز گشودن و گستردن و روشن‌تر ساختن آن‌چه به اجمال بر دیگران معلوم است. فرهنگ انگلیسی آکسفورد واژه "Research" را مطالعه و بررسی

سیستماتیک در مواد و منابع به منظور ایجاد حقایق و دست یافتن به نتایج جدید معنا کرده است. مطالعه دقیق یک موضوع به ویژه در راستای کشف اطلاعات جدید یا دستیابی به فهم جدید. [۳۴] در لغت‌نامه وبستر واژه "Research" به معنای کار اولیه است. جست‌وجو برای پاسخ به یک سوال. [۳۵]

تصویر ۲-۱ مجموعه‌ای از کلمات مرتبط با واژه تحقیق در لغت‌نامه‌های مختلف. [۳۶]

درمورد تحقیق پژوهشگران و مولفان در کتب و منابع مربوط به روش تحقیق، تعاریف مختلفی به دست داده‌اند. خاکی [۳۷] تحقیق را یک عمل منظم که در نتیجه آن پاسخ‌هایی برای سوال‌های موردنظر مطرح شده در موضوع تحقیق به دست می‌آید، تعریف می‌کند و گروت [۳۸] آن را به معنای تمرکز دقیق بر روی یک موضوع معین و تشخیص نیاز و رسیدن به نتیجه‌ای با سعی و خطاهای مکرر بیان می‌دارد. در مجموع با استفاده از معانی و مفاهیم فوق می‌توان این‌گونه بیان کرد که تحقیق عبارتست از مقابله فکر و اندیشه با واقعیت. از این تعریف استنباط می‌شود که تحقیق دو بخش نظری و عملی دارد. بخش نظری آن شامل جنبه‌های فکری تحقیق و بخش عملی آن جنبه‌های مربوط به کسب واقعیت‌ها و داده‌ها را شامل می‌شود.

۱-۲-۲ انواع پژوهش

در تقسیم‌بندی انواع پژوهش به سه یا چهار دسته برمی‌خوریم که شامل تحقیقات بنیادی[۱]، کاربردی[۲]، توسعه‌ای[۳] و در برخی منابع تحقیقات ارزیابی[۴] می‌باشند.

۱-۱-۲-۲ تحقیق بنیادی (تحقیق محض)

تحقیقات علمی با هدف بهبود نظریه‌های علمی برای درک بهتر و یا پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی و یا سایر پدیده‌ها را تحقیقات محض یا بنیادی می‌نامد. [۳۹] این تحقیق در پی شناخت جدیدی است که لازمه درک پدیده‌های مختلف است.[۴۰] در این پژوهش، پژوهشگر تنها پی بردن به ناشناخته‌های

---

[۱] Pure Research
[۲] Applied Research
[۳] Development Research
[۴] Evaluation Research

موردعلاقه‌اش را هدف‌گیری می‌کند. البته ثمره‌های این نوع پژوهش‌ها ممکن است در آینده به نحوی مورداستفاده دیگران قرار گیرد.[۴۱] نتایج حاصله از چنین پژوهشی تکنولوژی نیست، هنوز علم است، با تکنیک وحدت پیدا نکرده و از این‌رو هنوز وارد حوزه تکنولوژی نشده است. [۲۶]

تصویر ۲-۲- موضوعات مختلف پژوهش‌های محض که قابل استفاده در آینده‌اند. [۴۲]

۲-۱-۲-۲ پژوهش کاربردی

تحقیقات کاربردی، عبارت است از انجام یک سلسله بررسی‌ها و پژوهش‌های ابداعی که به منظور کسب دانش جدید صورت می‌پذیرد. در انجام این نوع پژوهش‌ها، هدف یا کاربرد خاصی موردنظر است. درواقع، نتایج حاصل از تحقیقات پایه‌ای به دست پژوهشگران تحقیقات تجربی و کاربردی سپرده می‌شود.[۴۱] این تحقیقات بسته به این‌که تاکید بیشتری بر جنبه‌های علمی داشته باشند یا تکنیکی، طیف وسیعی را تشکیل می‌دهند که یک حد آن به تحقیقات پایه می‌رسد و حد دیگر آن تا خدمات مهندسی پیش می‌رود. [۲۶]

۲-۱-۲-۳ پژوهش توسعه‌ای

این گروه از مطالعات و پژوهش‌ها را تحقیق (Research) و توسعه (Development) و به اختصار (R&D) گفته‌اند.[۴۱] تحقیقات توسعه‌ای عبارتند از انجام یک سلسله فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده که با استفاده از دانش حاصل از تحقیقات با تجربیات قبلی منجر به تولید مواد جدید، محصولات و ابزار جدید و نصب و بهره‌برداری از فرآیندهای جدید یا سیستم‌ها و خدمات گردیده یا اطلاح و بهبود حائز اهمیتی را در مورد فوق دربرداشته است.[۲۶] هدف این نوع تحقیقات نوآوری، تکمیل محصول جدید، بهبود و اصلاح محصولات قبلی، ابداع روش تولید، تکمیل یا تعویض روش‌های تولید و بهترسازی مراحل طراحی و تولید به منظور افزایش بهره‌وری و توسعه فناوری است. این‌گونه تحقیقات نیز در زمره پژوهش‌های کاربردی است.

تصویر ۲-۳-کارآفرینی سازمان‌ها و مراکز پژوهشی کشور. [۴۳]

تحقیق و توسعه عبارتند از کار خلاقی که به طور منظم برای افزایش ذخیره علمی و دانش فنی و نیز استفاده از این دانش در اختراع و طرح کاربردهای جدید انجام شود.

۴-۱-۲-۲ پژوهش ارزیابی

پژوهش ارزیابی به پژوهشی گویند که در آن حداقل بین یک گروه که در آن معیارهای پژوهش و آزمایش مورد امتحان قرار می‌گیرند (گروه هدف) و گروه دیگری که شرایط آن‌ها در معیار مورد پژوهش ثابت است (گروه شاهد)، مقایسه صورت گیرد.[۴۴] جمعیت گروه هدف باید معین باشد، در ضمن برای بهبود و بهینه کردن شرایط گروه شاهد باید حداقل یک عضو تمام شرایط شرکت در گروه هدف را نیز داشته باشد. در ضمن هرچه تعداد معیارهای مقایسه در پژوهش تعریف شده بیشتر باشد، جمعیت و تعداد گروه شاهد افزایش می‌یابد. [۴۵]

۲-۲-۲ فضاهای پژوهشی و انواع آن

یکی از راهکارهایی که برای توسعه و اجرای برنامه‌های تکنولوژیک در دنیا از دهه ۱۹۵۰م. به بعد بطور جدی موردتوجه قرار گرفته، ایجاد مکان‌های فیزیکی جهت انجام فعالیت‌های پژوهشی بود. در دنیای امروز، دانش به عنوان مزیتی رقابتی برای کشورها تلقی می‌شود. [۲۹] درحالی‌که جوامع بشری با شتاب بی‌سابقه‌ای به سمت جامعه دانشی پیش می‌روند، شواهد و روندهای جهانی حاکی از آن است که رقابت‌پذیری کشورها به توانایی آن‌ها در ایجاد، بکارگیری و انتقال دانش به ویژه دانش تکنولوژیک بستگی دارد؛ از این‌رو در سطح جهان شاهد اتخاذ استراتژی‌های گوناگونی برای افزایش اثربخشی فعالیت‌های علمی و تکنولوژیک و انتقال دستاوردهای آن‌ها به صنعت و بازار هستیم. [۲۸] لذا طبقه‌بندی فضاهای پژوهشی به شرح زیر می‌باشد:

۱-۲-۲-۲ مرکز پژوهشی[۵]

کوچک‌ترین واحد تحقیقاتی است. فضایی مبتنی بر تلاش و تعاون که بر موضوع خاص تحقیقاتی یا آموزش متمرکز است، و اغلب از مشارکت بیش از یک دپارتمان دانشکده برخوردار است. این مراکز تحت نظارت یک سرپرست اداره می‌شوند که ممکن است مسئول پاسخگویی به دانشکده‌ها یا مقام‌های بالاتر مسئول در نهادهای مرتبط باشد. [۴۶]

[۵] Research Center

۲-۲-۲-۲ پژوهشکده (موسسه پژوهشی[۶])

یک واحد پژوهشی بزرگ‌تر و مجتمع که همواره با همکاری بیش از یک کالج یا دانشکده ایجاد می‌شوند. این موسسات ممکن است شامل یک یا تعداد بیشتری شعبه باشند که ساختاری اداری دارند و توسط یک سرپرست اداره می‌شوند. [۴۷] پژوهشکده به هرکدام از بخش‌های یک پژوهشگاه که در زمینه یا رشته ویژه‌ای تحقیق کرده و کار بر روی موضوع و رشته ویژه‌ای را دنبال می‌کنند، گفته می‌شود. همان‌گونه که دانشکده زیرشاخه‌ای از دانشگاه است، پژوهشکده نیز زیرشاخه‌ای از یک پژوهشگاه به شمار می‌رود. به شکل کلی، پژوهشکده یک پیکره سازمانی[۷] است که برای هدفی خاص ایجاد شده است. در این حالت پژوهشکده می‌تواند از سوی یک دانشگاه، سازمان و ... ایجاد شود. [۴۸]

۲-۲-۲-۳ لابراتوار[۸]

معنی این واژه در فرهنگ فارسی معین به این شکل آمده است: آزمایشگاه، محلی که در آن آزمایش-های علمی و فنی انجام می‌شود. [۴۹]

۲-۲-۲-۴ پژوهش‌گاه

درصورتی‌که فعالیت‌های پژوهشی، در سطح گسترده، موردنظر باشد، واحد پژوهشی مستقل (پژوهش‌گاه) با شرایط زیر ایجاد می‌گردد. الف: دارا بودن سه موسسه پژوهشی (پژوهشکده)؛ ب: داشتن امکانات و تجهیزات مستقل برای امور تحقیقاتی پژوهش‌گاه‌ها می‌توانند نسبت به ارائه دوره کارشناسی ارشد و دکترای پژوهشی اقدام کنند. [۵۰]

۲-۲-۲-۵ پارک تحقیقاتی[۹]

طبق تعریف انجمن بین‌المللی پارک‌های تحقیقاتی، پارک علمی (پارک فناوری، تکنوپل یا پارک تحقیقاتی) سازمانی با مدیریت متخصصین حرفه‌ای که مهمترین هدف آن افزایش ثروت جامعه با ترویج فرهنگ نوآوری و رقابت در کسب و کار مرتبط با آن و موسسات مبتنی بر علم و دانش است. این سازمان برای رسیدن به اهداف، جریان دانش و فن‌آوری را در میان دانشگاه‌ها، موسسات R&D، شرکت‌ها و بازار تحریک و مدیریت کرده، ایجاد و رشد شرکت‌های مبتنی بر نوآوری را تسهیل و خدمات دیگری را همراه با فضاهایی باکیفیت و امکانات فراهم می‌کند. [۵۱] برای بوجود آوردن چنین پارک‌هایی وجود دو عنصر دانشگاه و صنعت از ضروریات است. اولین پارک علمی در ایالات متحده، در اوایل دهه ۱۹۵۲ م. با تاسیس پارک علمی استنفورد و پارک مثلث علمی به وجود آمد. [۵۲]

---

[6] Research Institute
[۷] Organizational body
[8] Labratory
[9] Research Park

تصویر ۲-۴- پارک علمی هریوت وات. [۵۳]

تصویر ۲-۵- پارک فناوری آیدن لوند سوئد. [۵۴]

بنابراین انتخاب نام "پژوهشـــکده" برای پروژه حاضـــر به علت قرارگیری در نزدیکی دانشـــگاه‌ها و حمایت این سازمان در تشکیل و ابقاء آن از طریق تامین نیروی متخصص و تولید علم، دقیق‌ترین واژه توصیف‌کننده پروژه می‌باشد، چراکه این فضا همانند دانشکده به شکل تخصصی به موضوعی خاص می‌پردازد، گرچه ممکن است در درون خود شامل زیرگروه‌های تخصصی برای پیش‌برد اهدافش باشد.

۳-۲-۲ اجزای پژوهشکده‌ها براساس فعالیت‌های موجود در آن‌ها

آزمایشگاه‌ها بسته به موضوع، در شکل‌های مختلفی ایجاد می‌شوند. درحالی‌که اساس کار آزمایشگاه‌ها بر آزمایش و تحقیق استوار است. آن‌ها همچنین در سطح گسترده‌ای برای تدریس نیز کاربرد دارند. آزمایشگاه‌ها فضایی با فناوری برتر هستند که انتقال ایده‌ها و فرهنگ بین صنعت و محیط علمی دانشگاه را آسان می‌کنند. آزمایشگاه‌ها برای دانشجویان یکی از نزدیک‌ترین تجارب مربوط به دنیای کار هستند که به طور مستقیم، روش‌های تحقیقی را عملی می‌سازند. درحالی‌که کارکنان تحقیقات، نیازمند جای-گیری در کنار آزمایشگاه هستند، مدیران و اساتید برجسته، به فضاهای اداری خصوصی نیازمندند. درحالی‌که آزمایشگاه‌ها بسته به نیاز دانشکده‌های مختلف طرح-های مختلفی دارند، آن‌ها را می‌توان در چهار دسته کلی بخش تحقیقات نظری، بخش تحقیقات کاربردی، مراکز نمایش و ارائه و مراکز آموزشی تقسیم‌بندی نمود. [۵۵] معمولاً هر آزمایشگاهی شامل حوزه‌بندی‌هایی برای ایستگاه‌های کار- حوزه تجهیزات- حوزه امنیتی و قفسه‌های کار می‌باشد.

تصویر ۲-۶-آزمایشگاه کینیکال یو ام پی سی[۱۰]. [۵۶]

تصویر ۲-۷-مرکز تحقیقاتی پزشکی دانشگاه کالیفرنیا[۱۱]. [۵۷]

[۱۰] UPMC clinical lab building, Oakland, USA.

[۱۱] Medical Research Building at the University of California in San Francisco.

تصویر ۲-۸- آزمایشگاه آناتومی، کالج پزشکی بیلر[۱۲].(آزمایشگاه آموزشی) [۵۸]

تصویر ۲-۹- آزمایشگاه مهندسی مکانیک دانشگاه میشیگان[۱۳]. [۵۹]

آزمایشگاه سه سیستم اصلی همگرا شامل محیط تحقیق، ارائه آزمایش و شبکه رایانه‌ای دارد. محیط تحقیق شامل گونه‌های مختلفی از تجهیزات است که امکان انجام آزمایش را فراهم می‌آورد (کارهای دشوار، میکروسکوپ‌های الکترونی، اندازه‌گیری لیزری و ...). ارائه و نمایش کارها نیازمند تابلوها و جداول، تجهیزات نمایش کار و ارائه موضوعات، تلویزیون‌های صفحه بزرگ، فضای نمایش الگوها و نمونه‌ها و نظایر آن است. شبکه رایانه‌ای نیز شامل ایستگاه‌های کار، چاپگر، ذخیره دیسک به علاوه کابل‌های فیبر نوری است. [۵۵] این سه سیستم در الگوی رایج آزمایشگاه‌های دانشگاهی با هم ترکیب شده و در فضا و نیروی انسانی مشترکند، اما نیازهای عملکردی خاص خود را دارند.

تصویر ۲-۱۰- آزمایشگاه ساخت مصالح مبلمان کیوانی[۱۴] (آزمایشگاه آموزشی). [۶۰]

تصویر ۲-۱۱- آزمایشگاه بهداشت و محیط نیوجرسی[۱۵]. [۶۱]

باتوجه به مطالب فوق، طراحی پژوهشکده‌ها با وجود داشتن روند منطقی برای طراحی و اجزای تعریف شده و مشخص آن براساس فعالیت‌های موجود در آن‌ها، الزامات خاص خود را دارد؛ اما به دلیل گوناگونی فعالیت‌ها و پژوهش‌های تعریف شده در آن، تنوع بسیاری در نحوه طراحی آن‌ها مشاهده می‌شود. طراحی و سازماندهی آن‌ها علاوه بر روند کاری تخصصی که در آن‌ها در جریان است، منتج از حوزه خدمات آن‌ها (دانشگاهی، عمومی، تحقیقاتی، آموزشی) نیز می‌باشد و در عین حال از مقررات و قوانین مربوط به فضاهای دانشگاهی، عمومی و آموزشی نیز پیروی می‌کند.

[۱۲] Baylor College of Medicine, Houston, TX.

[۱۳] Michigan State University, College of Engineering, mechanical Engineering Lab.

[۱۴] Kewaunee educational Lab,Orlando,USA.

[۱۵] New Jersy Public Health, Environmental and Agricultural Labroatory, New Jersy,USA.

۲-۳ توسعه پایدار

توسعه را می‌توان تکامل سطح زندگی و رسیدن به رابطه آرمانی در حوزه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی دانست که تحقق مفاهیم آزادی، عدالت، پویایی اجتماعی، توسعه انسانی و رشد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی را به همراه می‌آورد. همچنین توسعه را کشف روش‌های دستیابی به حرکتی تکاملی به شمار می‌آورند که پدیده‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی را متعادل و متوازن می‌سازد و شرایطی نوین را برای پویایی اجتماعی، اقتصادی و تحقق عدالت اجتماعی فرهم می‌کند. [۶۲]

تاکنون تعریف جامعه از توسعه پایدار ارائه نشده است. طبق اصل دوم ترمودینامیک (آنتروپی) جهان میل به ناپایداری دارد و اصولاً پایداری در یک اکوسیستم طبق اصول مفروض اتفاق نمی‌افتد، بلکه حالت پایدار و پویا در آن رخ می‌دهد. به عبارت ساده‌تر، توسعه پایدار در یک محیط یا کشور با در نظر گرفتن توان اکولوژیکی، نیروی انسانی و منابع مالی متعلق به آن محیط می‌تواند تحقق یابد. بر این اساس هدف اساسی توسعه را بهره رساندن به انسان می‌دانند که بهبود کیفیت زندگی را دربرمی‌گیرد و در قالب افزایش درآمد و گسترش اشتغال و رفاه عمومی بروز می‌یابد که از این باب مفاهیم توسعه انسانی و توسعه پایدار، رابطه التزامی می‌یابند که می‌بایست همگون و همگام با یکدیگر تحقق یابند که در این راه بهره‌مندی از سرمایه اجتماعی و بهره‌گیری از مشارکت عمومی مهم می‌نماید. [۶۲]

تعریفی که از کمیسیون براندتلند از توسعه پایدار ارائه شده و تعریف جامع و فراگیری از توسعه پایدار می‌باشد عبارت است از: «توسعه پایدار را باید برآوردن نیازهای انسان‌ها در زمان کنونی بدون وارد آوردن خدشه در توانایی نسل‌های آینده در جهت برآوردن نیازهای طبیعی خودشان دانست.» [۶۳] «انسان و طبیعت به عنوان ارکان اصلی در فرآیند توسعه پایدار حضور داشته و ارتباط متقابل با یکدیگر دارند» [۶۴] وجه مشترک در میان تعاریف متعددی که از توسعه پایدار ارائه گردیده «حفظ محیط‌زیست انسان به عنوان بستر توسعه است که این امر در قبال ارتباط متقابل میان چهار رکن اساسی توسعه پایدار یعنی توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی جامه عمل خواهد پوشید» [۶۵] این مقاصد که اهداف عام توسعه پایدار هستند در تصویر زیر آمده است:

تصویر ۲-۱۲- اهداف توسعه پایدار محیطی. [۶۶]

در تقسیم‌بندی کارمونا ده مولفه خودکفایی، ارتقا محیط‌زیست، کاهش آلودگی، تمرکزگرایی، احترام به نیازهای انسانی و انعطاف‌پذیری، کارایی منابع، تنوع و انتخاب، تشخیص و تمایز را به عنوان مولفه‌های پایداری بیان می‌نماید، که باتوجه به جدول (۲-۱) این مولفه‌ها را می‌توان در چارچوب اهداف عام توسعه پایدار مطرح کرد. [۶۷]

جدول ۲-۱-تقسیم‌بندی ده مولفه پایداری از دیدگاه کارمونا در سه مولفه عام پایداری. [۶۸]

مولفه‌های عام پایداری	نمودها
اجتماعی	تنوع و انتخاب، احترام به نیازهای انسانی، انعطاف‌پذیری و تمرکزگرایی فضا، تمایز و تشخیص
اقتصادی	نظارت، کارایی منابع، خودکفایی
زیست‌محیطی	ارتقاء و تقویت محیط‌زیست، کاهش آلودگی‌ها

چه در حوزه شاخصه‌های پایداری اجتماعی و چه در بخش مرتبط با اکولوژی، استفاده از انرژی‌های پاک، معماری پایدار، حمل و نقل آسان، بازیافت، کشت و زرع و ... امری ضروری است.

معماری پایدار، که در واقع زیرمجموعه طراحی پایدار است را شاید بتوان یکی از جریان‌های مهم معاصر به حساب آورد که واکنشی منطقی در برابر مسائل و مشکلات عصر صنعت به شمار می‌رود. برای مثال ۵۰ درصد از ذخایر سوختی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که این به نوبه خود منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده و خواهد شد. بنابراین، ضرورت ایجاد و توسعه هرچه بیشتر مقوله پایداری در معماری به خوبی قابل مشاهده است.

تحقیقات تاکید بر آن دارند که پروژه پژوهشکده پایدار باید تمامی نهادها و حوزه‌های مختلف دانشگاهی را هدف خود قرار دهد، از جمله آن:

- نهادهای پژوهش، آموزش، خدمات اجتماعی، توسعه، انتقال اطلاعات؛
- هم نهادهای علمی و تحصیلی و هم نهادهای دولتی و اداری دانشگاه و
- سیستم‌ها، تکنیک‌ها و الگووارهها.

بنابراین یک پروژه پایدار در تحقق مسئولیت اجتماعی یک ساختمان در ساختن آینده‌ای پایدار تلاش دارد. [۶۹]

۱-۳-۲ توسعه پایدار و آموزش

آموزش، ابزار ضروری برای توسعه مهارت‌ها، دانش و ارزش‌ها در راستای توسعه پایدار است؛ ضمن این‌که تصمیم‌سازی مبتنی بر نظرات مردم بستگی تام به وجود شهروندانی آگاه دارد. هر فرد از جامعه در همان سال‌های اولیه آموزش چگونگی همسو شدن با محیط و اجتماع اطراف را آموخته و درنهایت مبدل به شهروندی موثر برای جامعه خود می‌شود، که در غیر این صورت افراد در جامعه خود بیگانه خواهند بود و جامعه نیز در مقابل به محیطی منفعل تبدیل می‌شود؛ لذا سهم آموزش در راستای پیشبرد

اهداف توسعه پایدار در جامعه بسیار موثر می‌نماید. [۶۸]

بدین منظور در گزارشی که تحت عنوان آموزش محیط‌زیست در سال ۱۹۷۴ م. توسط اداره آموزش و پرورش اسکاتلند منتشر شده است، بیان می‌شود که برنامه آموزش محیط‌زیست از دبستان آغاز می‌شود و تا دبیرستان ادامه می‌یابد و باید در سایر مراحل زندگی نیز ادامه یابد. به نظر نمی‌رسد واژه محیط‌زیست و آموزش تا اواسط دهه ۱۹۶۰ م. در کنار هم به کار برده شده باشند، لیکن تحولات مربوط به آموزش زیست‌محیطی حاصل اندیشه گروی متفکران، نویسندگان و تحصیل‌کردگان برجسته قرن‌های ۱۸ و ۱۹ م. از جمله گوته، روسو، دیویی و غیره می‌باشد. بسیاری معتقدند که سر پاتریک گدس ۱۹۳۳-۱۸۵۴ م. استاد اسکاتلندی اولین شخصی بود که پل ارتباطی مستحکمی بین کیفیت محیط‌زیست و کیفیت آموزش برقرار کرد. [۷۰]

تا آنجایی که دستور کار در قرن بیست و یکم که در اجلاس زمین مطرح شد فصل کاملی را به موضوع "آموزش و آگاهی‌های مردم" اختصاص داده است. این فصل پیام کمیسیون براتدلند را با این مضمون با خود به همراه دارد که آموزش می‌تواند آگاهی‌های زیست‌محیطی، اخلاقی، ارزش‌ها و رفتارها، گرایش‌ها و مهارت‌های موردنیاز برای توسعه پایدار را به مردم اعطا کند، این فصل همچنین تاکید می‌نماید که آموزش نه تنها باید به محیط‌زیست بپردازد، بلکه می‌بایست محیط اجتماعی، اقتصادی و توسعه انسانی را نیز دربرگیرد. [۷۰]

نظر به این‌که از راه تعلیم و تربیت می‌توان موجبات رشد فردی و رفاه جامعه را فراهم نمود، این جریان در زندگی انسان نقش اساسی دارد. به طور کلی پرورش استعدادهای فردی، تحکیم پایه‌های زندگی جمعی و گسترش آرمان‌های دموکراتیک و ایجاد تفاهم میان افراد انسانی در سایه تعلیم و تربیت صورت می‌گیرد. باتوجه به اهمیت آموزش و پرورش در پیشبرد اهداف جهانی ازجمله توسعه پایدار، آن‌چه که در این میان حائز اهمیت است نقش آموزش رسمی و فضاهای آموزشی در راستای رویکرد به این مهم می‌باشد. [۶۸]

۲-۴ بحران انرژی و منابع انرژی

با افزایش روزافزون جمعیت جهان و محدود بودن منابع انرژی، کلیه کشورها با مشکل انرژی روبه‌رو هستند. انرژی برای همه مردم مسئله‌ای اساسی است. انرژی در تمام شئون جامعه انسانی رسوخ کرده و جنبه‌های مختلف آن از زندگی روزانه خانوادگی گرفته تا سیاست جهانی و بین‌المللی و طرح‌های توسعه ملی را تحت تاثیر قرار داده است. انرژی در سال‌های اخیر به علت پدیده‌ای که «بحران جهانی انرژی» نام گرفته، اهمیت زیادی کسب کرده است. سه موضوع مهم در این بحران که توجه به آن‌ها ابعاد مسئله را روشن و آشکار می‌سازد، دخالت دارند:

۱. اوایل دهه ۱۹۷۰ آشکار شد که سوخت‌های فسیلی که از سال‌ها پیش پایه و اساس موازنه انرژی را در اقتصاد جهان تشکیل می‌داد، در آینده‌ای نه چندان دور تمام خواهد شد. در این زمان تناسب بین کشف ذخایر سوخت‌های فسیلی و رشد مصرف سوخت به هم خورد و محاسبات علمی چشم جهانیان

را باز کرد که تا یک نسل دیگر این ذخایر به پایان خواهد رسید.

۲. روی آوردن به انرژی‌های نو، مستلزم صرف هزینه‌های کلانی است که برای کشورهای در حال توسعه بسیار گران تمام می‌شود. تا این اواخر بهای انرژی ارزان بود و قیمت نفت پایین نگه داشته می‌شد، اما از این پس برای تهیه انرژی باید بهای بیشتری پرداخت.

۳. سرانجام موضوع سوم این است که تاثیر بحران انرژی بر جامعه به شدت ناموزون بوده است. بدین معنی که هم کشورهای صنعتی و هم کشورهای روبه‌توسعه از این بحران به شدت متاثر شده‌اند، اما اثر آن بر کشورهای رو به توسعه بسیار محسوس‌تر بوده است. به‌این‌معنی که این کشورها در اجرای برنامه-های توسعه اقتصادی خود برای انرژی مجبورند بهای بیشتری از کشورهای صنعتی بپردازند. رفع این بحران جهانی بی‌شک جامعه بین‌المللی را با مسئله همکاری یکپارچه مواجه می‌سازد.

با تمام این احوال، دسترسی کشورهای رو به توسعه به انواع منابع جدید انرژی برای توسعه اقتصادی آن‌ها اهمیت اساسی دارد. شکی نیست که در امر توسعه، چه در کشورهای پیشرفته و چه در کشورهای رو به توسعه، دیگر نمی‌توان به سیستم‌های موجود انرژی متکی بود.

در سال‌های اخیر کوشش برای یافتن راه‌حل‌های ملی برای مشکل انرژی تشدید شده است. بعضی از کشورهای صنعتی که با کاهش شدید رشد اقتصادی به علت افزایش قیمت نفت روبه‌رو هستند. دست به صرفه‌جویی در مصرف سوخت زده‌اند، به این امید که از اتکای خود به این سیستم نامطمئن تامین انرژی بکاهند. کشورهایی دیگری نیز بخصوص در جهان سوم نظر خود را بر گسترش عملیات اکتشاف در مناطق دست نخورده به منظور بهره‌برداری از منابعی که تا به حال به علل فنی و اقتصادی دور از دسترس بوده است، معطوف داشته‌اند. این امر بخصوص در مورد سوخت‌های آلی، نیروی آب، انرژی خورشیدی و انرژی بادی صادق است تا از طریق آن قسمتی از انرژی‌های موردنیاز خود را برآورده سازند. به هر حال بسیاری از کشورها هنوز هم مدت‌ها باید متکی به انرژی وارداتی باشند و این یکی از نقاط ضعف راه‌حل‌های «ملی» برای تهیه انرژی است. [۷۱]

کلیه دست‌اندرکاران بزرگ جهانی معتقدند که باید پایه انرژی را از «نفت» خارج ساخت و آن را بر دوش انرژی‌های قابل‌تجدید و لایزال مانند انرژی‌های خورشیدی، بادی، آبی و ... قرار داد. استفاده از انرژی‌های فسیلی سبب آلودگی محیط‌زیست شده و زندگی افراد بشر را با خطر جدی روبرو کرده است. هم‌اکنون شهرهای بزرگ جهان از آلودگی بیش از حد هوا رنج می‌برند. «محیط‌زیست سازمان ملل متحد» بر آن شده که با همکاری کلیه کشورها راه چاره‌ای برای این مشکل همگانی بیابد. [۷۲]

۱-۴-۲ انرژی‌های تجدیدناپذیر

۱-۱-۴-۲ زغال‌سنگ

یکی از مهم‌ترین مواد سوختی است که از قرن‌ها پیش مورداستفاده دنیای صنعت بوده و به مقدار زیاد چه از نظر سوخت حرارتی در منازل و یا تامین انرژی حرارتی مورد مصرف قرار داشته است.

بهره‌برداری از این ماده سوختی به صورت اقتصادی و تجاری از قرن سیزدهم میلادی آغاز گردید ولی با اختراع ماشین‌بخار مصرف زغال‌سنگ نیز برای به کار انداختن دیگ‌های بخار افزایش یافت و تولید آن نیز به همین علت به سرعت افزایش یافت. در دهه ۱۹۵۰ بیش از ۵۰٪ انرژی تولیدی در جهان صنعتی از زغال‌سنگ بوده است. ولی از این دهه به بعد تصویر مصرف زغال‌سنگ در جهان دگرگون شد و با ورود نفت و گاز و سایر منابع انرژی‌زا، مصرف آن به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت. [۷۳]

۲-۱-۴-۲ نفت

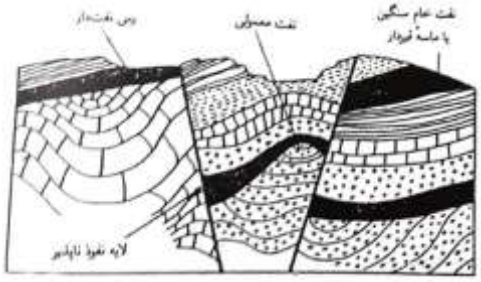
در حدود نیمی از کل انرژی که امروزه در دنیا مورداستفاده قرار می‌گیرد، از نفت تامین می‌شود. نفت مایعی است سیاه‌رنگ که در درون خلل و فرج لایه‌های زمین یافت می-گردد. نفت از لحاظ شیمیایی از دو عنصر کربن و هیدروژن تشکیل شده است. این مایع بین خلل و فرج سنگ‌های آهکی و شنی منفذدار متخلخل همراه با آب یافت می‌شود. [۷۴]

۲-۱-۴-۳ گاز طبیعی

گاز طبیعی همانند قیر و نفت از گذشته‌ای دور برای بشر شناخته شده بود. مصرف و سوخت آن در معابد دال بر آشنایی انسان در قرن‌های گذشته با این ماده انرژی‌زا بوده است. [۷۳] گاز طبیعی سوختی بسیار مناسب برای مصارف خانگی و همچنین مقاصد صنعتی است. احتمالاً ذخایر جهانی گازطبیعی بیشتر از ذخایر نفت است. مصرف جهانی گاز درحال حاضر با رشدی بیشتر از نفت در حال گسترش است. بنابراین مصرف این نیرو طی سال‌های آینده بیشتر خواهد شد. نقش عمده گاز طبیعی در آینده به وسیله منابع و ذخایر آن تعیین نمی‌شود، بلکه مشکل اساسی حمل و نقل و توزیع آن از سر چاه تا محل مصرف است. هزینه گزاف ایجاد شبکه خطوط گازرسانی در نقاطی قابل‌توجیه است که ذخایر قابل‌توجه گاز برای حمل به بازار ثابت و مطمئن وجود داشته باشد. احتمال می‌رود که گاز طبیعی آینده‌ای طولانی‌تر از نفت داشته و انتظار می‌رود تولید جهانی گاز طبیعی در سال ۲۰۱۵ م. به اوج خود برسد. در آن هنگام مصرف آن بسیار بالا و حدود سه برابر مصرف فعلی خواهد بود. [۷۴]

۲-۱-۴-۴ رس نفت‌دار و ماسه قیردار

این منابع آخرین منابع سوخت‌های فسیلی هستند. ذخایر این منابع فراوان و درحدود ذخایر گاز طبیعی است، ولی استخراج سوخت از آن‌ها مشکل است. برای تهیه سوخت باید آن‌ها را تحت حرارت قرار داد و سپس درجه خلوص سوخت به دست آمده را بالا برد تا ناخالصی‌های آن جدا شود، درنتیجه سوختی که از این طریق به دست می‌آید، هزینه زیادی برمی‌دارد. [۷۲]



تصویر ۲-۱۳- رس نفت‌دار و ماسه قیردار. [۷۲]

۲-۴-۲ انرژی‌های تجدیدپذیر

جنبش‌های طرفدار محیط‌زیست که نگران گرم شدن کره زمین در اثر استفاده از انرژی‌های فسیلی هستند و نیز خطرات احتمالی استفاده از انرژی هسته‌ای را می‌بینند، خواهان استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های لازم با سرعت در حال پیشرفت است. بحران انرژی و پایان یافتن انرژی‌های فسیلی به علاوه آلودگی شدید زیست‌محیطی حاصله از انرژی‌های فسیلی، عوامل حرکت جوامع بشری به سمت انرژی‌های پاک، بدون آلایندگی محیط‌زیست است. حق داریم ادعا کنیم که هزاره سوم، هزاره نیاز و ضرورت و الزام به سوی انرژی‌های پاک است. راه دیگری وجود ندارد. [۷۵]

۲-۴-۲-۱ انرژی خورشیدی

تقریباً تمامی منابع روی زمین به جز انرژی اتمی، انرژی زمین گرمایی و انرژی جزر و مد به وسیله خورشید تامین می‌گردد. انرژی موجود در زمین یا از تشعشعات کنونی خورشید (مثلاً در مورد نیروی آب و باد) و یا از تشعشعات آن در گذشته (مثلاً درمورد زغال‌سنگ، نفت و گاز) سرچشمه می‌گیرد. [۷۲] به قول معروف منشاء انرژی روی زمین، خورشید است. [۷۶]

انرژی خورشیدی بزرگترین منبع انرژی پاک کره زمین است و مزیت بزرگ آن در دسترس بودن آن در بیشتر نقاط است. انرژی تجدیدپذیر به طورکلی با طبیعت سازگار بوده و چنان‌که دیدیم مصرف آن‌ها آلودگی محیط‌زیست را به همراه ندارد و چون تجدیدپذیرند، پایانی برای آن‌ها متصور نیست.

۲-۴-۲-۲ انرژی باد

انرژی بادی به علت رایگان بودن و آلوده نساختن محیط‌زیست بیشتر موردتوجه قرار دارد. قبل از نصب دستگاه توربین بادی لازم است نقاط بادخیز تعیین شود (اطلس بادها[۱۶]) و مطالعاتی درخصوص شدت و دوام باد در طول سال وجود داشته باشد. [۷۲]

تولید برق از انرژی باد به دلیل دارا بودن شرایط اقتصادی بهتر، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و

---

[۱۶] در سال‌های اخیر وزارت نیرو «اطلس بادهای ایران» را تهیه کرده است.

هم اکنون در بعضی مناطق کشور شرایط نصب و راه‌اندازی آن فراهم شده است. آنچه در این انرژی موردتوجه قرار گرفته، تکنولوژی ساده و ارزان و نیز ایجاد اشتغال با ظرفیت بالاست. وجود مناطق محصور بین کوه‌ها که امکان جابه‌جایی هوا (باد) و چرخش هوا را تقریباً به طور دائم فراهم می‌آورد، امکان نصب توربین‌های بادی را برای استفاده از انرژی باد فراهم نموده است. [۷۷]

باد جزء انرژی‌های پاک است و خط مشی استفاده از آن و دلایل افزایش استقبال از آن عبارتند از:

- تجدیدپذیر بودن با استانداردهای موجود. شروع از ظرفیت کم و افزایش تولید به تدریج.
- ایجاد ابزارهای مناسب برای ارتقای کیفیت و بهره‌وری توربین‌های بادی.
- تولید با معافیت مالیاتی برای تشویق بخش خصوصی. (در تمام دنیا در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر این معافیت وجود دارد) [۷۶]
- انرژی باد اکسیدهای گوگرد SO2، کربن CO2 و نیتروژن NO2 و سایر آلاینده‌ها را ندارد و انرژی پاک است و یک منبع ثابت و دائمی به حساب می‌آید.
- بهره‌برداری از این انرژی، فناوری ساده توربین‌های بادی را می‌خواهد. [۷۶]

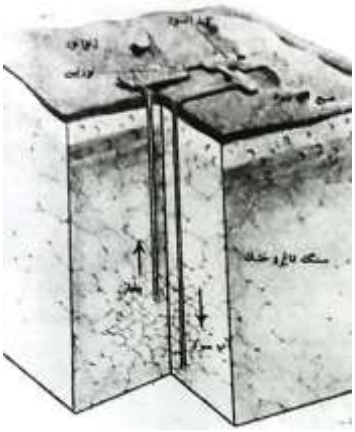
۳-۲-۴-۲ انرژی زمین گرمایی[۱۷]

انرژی زمین گرمایی طی صدها هزار سال از انرژی خورشیدی در داخل زمین ذخیره و به صورت حرارت از اعماق زمین به سطح درحال حرکت است. استخراج آن با فناوری‌های نو به تنهایی قادر است تمام نیازهای بشر به انرژی را تامین نماید. [۷۸] به تجربه معلوم شده هرچه به ژرفای زمین افزوده شود، درجه گرمای آن افزایش خواهد یافت. متاسفانه بیرون کشیدن گرما به طور مستقیم از زمین امکان‌پذیر نیست، فقط می‌توان از گرمایی استفاده کرد که در آب‌های زیرزمینی وجود دارد. با این وصف در حال حاضر بهره‌برداری از انرژی گرمایی درون زمین تنها به صورت آب گرم و بخار امکان‌پذیر است. [۷۲] حرکت حرارت همیشه از ناحیه گرم‌تر به ناحیه سردتر است، از این رو حرارت زمین به نواحی سردتر و سطح زمین حرکت می‌کند. [۷۶]

برای استفاده از گرمای لایه‌های سنگ‌های داغ خشک درون زمین شیوه‌ای ابداع شده است. دو چاه عمیق در زمین حفر می‌کنند، آن‌گاه توسط تلمبه‌ای آب سرد وارد یکی از چاه‌ها شده و پس از داغ شدن و تبخیر آن در اعماق زمین، از چاه دیگر بیرون می‌آید. مسئله عمده این است که تا چه مدت می‌توان این کار را پیش از آن‌که سنگ‌های داغ، سرد شوند، ادامه داد (برای گرم شدن مجدد سنگ‌ها، مدت زمان بسیار زیادی لازم است). در تصویر (۲-۱۴)، ایجاد بخار آب با استفاده از انرژی گرمایی درون زمین برای به حرکت درآوردن توربین بخار و ژنراتور برق متصل به آن نشان داده شده است. [۷۲]

---

[۱۷] Geothermal ژئوترمال از کلمه یونانی ژئو به معنای زمین و ترمال به معنی گرما گرفته شده است. بنابراین ژئوترمال به معنی انرژی زمین گرمایی یا انرژی با منشا درونی زمین است.



تصویر ۲-۱۴-استفاده از انرژی گرمایی درون زمین برای تولید الکتریسیته. [۷۲]

تمیز بودن ازجمله مزایای اســـتفاده از این انرژی می‌باشـــد، چرا که در این روش مانند نیروگاه‌های بادی و خورشیدی نیاز به سوخت فسیلی نیست و هیچ‌گونه آلودگی وارد هوا نمی‌شود. همچنین از نظر نیاز به فضای کمتر برای احداث و نداشتن عوارضی همچون ایجاد تونل، چاله‌های روباز، نشت نفت یا روغن برای منطقه مشکلی ندارد. قابل اطمینان است و می‌تواند در طول سال فعال باشد. به دلیل قرار گرفتن روی منبع سوخت مشکلات مربوط به قطع نیروی محرکه در نتیجه بدی هوا یا بلایای طبیعی ندارد. انرژی تجدیدپذیر و دائمی اســـت و صـــرفه‌جویی ارزی منابع زمین گرمایی هزینه‌ای برای واردات سوخت به کشور ندارد و نگرانی‌های ناشی از افزایش هزینه سوخت وجود نخواهد داشت. [۷۸]به رشد کشورهای در حال توسعه کمک می‌کند، نصب نیروگاه زمین گرمایی در نقاط دورافتاده، استاندارد و کیفیت زندگی را با آوردن نیروی برق بالا می‌برد.

۲-۴-۲-۴ انرژی بیوماس[18] (زیست‌توده)

استفاده از زیست‌توده به عنوان یک منبع انرژی به دلیل توسعه پایدار زیست‌محیطی جذاب است و آن را عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می‌دانند. بیوماس بیشتر به شکل معمولی چوب، قدیمی‌ترین شکل انرژی برای بشر بوده است که به عنوان سوخت در مصارف خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر بیوانرژی به عنوان یک منبع انرژی متفرق (خلاف انرژی‌ها فسیلی) توصیف می‌شود. تقاضای زیاد انرژی در جهان، ذخایر بیوماس را کاهش داده است. توسعه منابع متمرکز و راحت انرژی‌ها فسیلی منجر به جانشینی آن به جای بیوانرژی شده است. با این حال تعدادی از کشورهای پیشرفته جهان، مقادیر قابل‌توجهی از انرژی موردنیاز خود را از بیوانرژی تامین می‌کنند. وجود جنگل‌ها و درخت‌ها کمک شایانی به بهبود محیط‌زیست انسان می‌کنند. موضوع تاسف‌برانگیز زیاده‌روی در مصرف بیوماس و کمبود تولید آن در اکثر کشورهای جهان است. [۷۹]

پسماندهای جامد شهری، ضایعات کشاورزی و جنگلی، فضولات حیوانی و پسماندهای صنایع غذایی

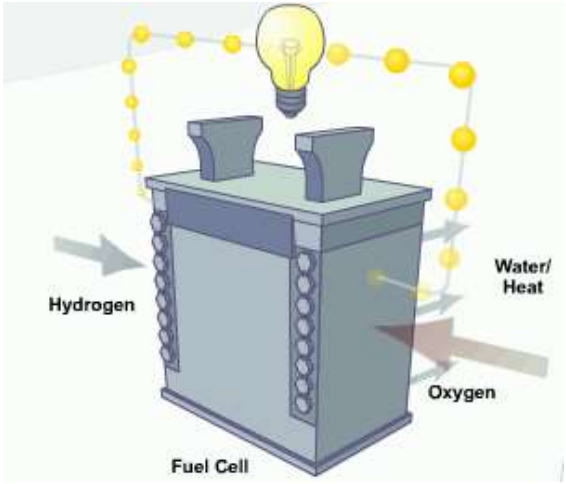
[18] Biomass Energy

و کشاورزی منابع زیست‌توده می‌باشند. سالانه میلیون‌ها تن لجن در فرآیند تصفیه فاضلاب در تصفیه-خانه‌های شهرها تولید می‌شود که پتانسیل مناسبی برای تولید انرژی دارند. در حال حاضر در اروپا و امریکا، کشاورزان قسمتی از زمین‌های کشاورزی خود را به کشت درختان سریع‌الرشد و انرژی‌زا اختصاص داده‌اند. این درختان به عنوان سوخت امن و بی‌خطر در نیروگاه‌های زیست‌توده مورداستفاده قرار می-گیرند. [۷۶]

۵-۲-۴-۲ انرژی هیدروژن

هیدروژن به عنوان یکی از عناصر حامل انرژی موردتوجه مخصوص قرار گرفته است. هیدروژن یکی از عناصر فراوان روی کره زمین است که به روش‌های گوناگون قابل تولید است. هیدروژن وقتی با اکسیژن می‌سوزد، تولید مقدار متنابهی انرژی می‌کند و حاصل این فعل و انفعال شیمیایی تولید بخار آب است که در هوا پراکنده شده و به تلطیف محیط‌زیست کمک می‌کند. [۷۲]

هیدروژن پس از ذخیره‌سازی و انتقال به محل مصرف به کار گرفته می‌شود. بسیاری را عقیده بر این است که بشر در آینده‌ای نه چندان دور، وارد عصر هیدروژن خواهد شد و به گفته‌ای دیگر: «سوخت آینده جهان هیدروژن خواهد بود». اکنون بشر در حال تجربه گاز طبیعی و حرکت به سوی اقتصاد هیدورژنی است. [۸۰] پیل سوختی یک دستگاه تبدیل انرژی است و تا زمانی که یک ماده اکسیدکننده و سوخت در الکترون‌های آن باشد، قابلیت تولید انرژی الکتریکی را دارد. [۷۲] به بیان بهتر، پیل سوختی دستگاهی است که در آن سوخت معمولی مانند گاز طبیعی یا هیدروژن، با اکسیژن به طور شیمیایی وارد فعل و انفعال شده و تا زمانی که سوخت و اکسیژن به آن وارد شود، انرژی الکتریکی به صورت جریان مستقیم تولید می‌گردد.



تصویر ۲-۱۵-نمایی از یک پیل سوختی ساده.

کاربرد پیل‌های سوختی از جهت آلوده نساختن محیط‌زیست مطلوب است، زیرا برای شروع به کار تنها اکسیژن و هیدروژن نیاز دارند که سوختی ارزان و به سهولت قابل دسترسی است. نتیجه سوختن این دو عنصر و دادن انرژی به خارج، بخارآب است که موجب تلطیف محیط‌زیست می‌شود. [۸۰]

پیل‌های هیدروژنی یا سوختی هنوز به طور وسیع به بازار مصرف عرضه نشده است، زیرا هزینه تولید آن‌ها نسبت به سوخت‌های فسیلی زیاد است و این به آن سبب است که در ساختمان این پیل‌ها از پلاتین فلزی که قیمتی است به عنوان کاتالیزور استفاده می‌شود.

۶-۲-۴-۲ انرژی آب

انرژی هیدروالکتریک (انرژی برقابی) از ریزش آب به توربین آبی و به گردش درآوردن توربین و آلترناتور متصل به آن به دست می‌آید. مقدار برق به دست آمده، به مقدار آب و ارتفاعی که آب سقوط می‌کند تا به توربین برسد، بستگی دارد. برای این منظور اقدام به ساختن سدهای مخزنی می‌کنند تا از آب ذخیره در پشت آن برای تولید برق و کشاورزی و احیاناً آب شهری استفاده شود. [۸۱] انرژی هیدروالکتریک چون از یک منبع تجدیدشونده به دست می‌آید و آلودگی محیط‌زیست را به همراه ندارد و بخصوص از آب آن می‌توان برای امور کشاورزی و شرب اهالی استفاده کرد، بیشتر موردتوجه قرار گرفته است.

فصل ۳ : مبانی نظری

۳-۱ مقدمه

امروزه امنیت، قابلیت اطمینان و در دسترس بودن منابع انرژی، امری ضروری در پایداری و توسعه اقتصادی جوامع می‌باشد. تغییرات اقلیمی، عدم امنیت حامل‌های انرژی (اغلب تجدیدناپذیر) و همچنین رشد مصرف انرژی، چالش‌های بسیاری را در حوزه انرژی و محیط‌زیست ایجاد نموده است. از این روست که ایجاد بسترهای مناسب برای تامین انرژی مصرفی و همچنین تمرکز بر روی چگونگی مصرف انرژی-های تولیدی، می-تواند به عنوان یک راهکار موثر جهت غلبه بر این چالش‌ها موردتوجه قرار گیرد. بدیهی است در این فرآیند مباحث مرتبط با محیط‌زیست، شناخت و گسترش استفاده از انرژی‌های نو و نقش نهادهایی همچون دانشگاه‌ها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. [۸۲]

از چندین سال پیش فعالیت گسترده‌ای در کشور توسط سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت در زمینه صرفه‌جویی مصرف انرژی آغاز شده است. باتوجه به این‌که حدود ۴۰٪ از انرژی مورد مصرف کشور در بخش ساختمان می‌باشد، کمبود در بخش انرژی امری اجتناب‌ناپذیر است.

معماری پایدار که در واقع زیرمجموعه طراحی پایدار است را شاید بتوان از جریان‌های مهم معاصر به حساب آورد که عکس‌العملی منطقی در برابر مشکلات عصر صنعت به شمار می‌رود. برای مثال ۵۰ درصد از ذخایر سوختی در ساختمان‌ها مصرف می‌شود که منجر به بحران‌های زیست‌محیطی شده و خواهد شد. بنابراین، ضرورت ایجاد و توسعه هرچه بیشتر مقوله پایداری در معماری بخوبی قابل مشاهده است. معماری پایدار، مانند سایر مقولات معماری، اصول و قواعد خاص خود را دارد که سه مرحله صرفه‌جویی در منابع، طراحی برای بازگشت به چرخه زندگی و طراحی برای انسان را در برمی‌گیرد. هرکدام استراتژی‌های ویژه خود را دارند و شناخت و مطالعه این تدابیر، معمار را به درک بیشتر از محیطی مورد طراحی می‌رساند.

۳-۲ استراتژی‌های عمومی تحقق ساختمان‌های پایدار

مقرون به صرفه‌ترین قدم در کاهش مصرف انرژی در ساختمان معمولاً در همان پروسه طراحی انجام می‌گیرد. آنالیزهای اطلاعات آب و هوا می‌بایست اولین قدم برای طراحی ساختمان پایدار باشد. این آنالیزها می‌توانند راهنمایی‌های مهمی جهت طراحی سیستم‌های انرژی در ساختمان و انتخاب سیستم انرژی تجدیدپذیر فراهم آورند.

DL Daylight	**SD Shading**	**NV Natural Ventilation**	**TC Transpired Collector**	**Bio-fuel**
UF Underfloor Air	**LL Low Energy Lighting**	**RS Radiant Slabs**	**EV Evaporative Cooling**	**Solar Electric**
TM Thermal Mass	**NP Night Purge**	**WP Wind Protection**	**GI Green IT**	**WIND**

تصویر ۳-۱-راهکارهای عمومی تحقق ساختمان پایدار. [۸۳]

۳-۲-۱ بهبود کارایی لفاف فضایی ساختمان

۳-۲-۱-۱ فرم بهینه

فرم توده یک ساختمان پایدار بهتر است ساده و تا حد امکان کوچک بوده و در واقع باید در فشرده-ترین حالت خود قرار داشته باشد. از دید تئوری، فرم ایده‌آل برای یک ساختمان با انرژی کم، کره می‌باشد. برای آزمودن میزان بهینگی یک فرم باید نسبت سطح به حجم آن را بررسی نمود. هرچه این نسبت کمتر باشد، فرم موردنظر در حالت بهینه‌تری به لحاظ حرارتی و سازه‌ای قرار دارد و برای مقاصد حفاظت از انرژی مناسب‌تر ارزیابی می‌گردد.

۳-۲-۱-۲ بهینه‌سازی نسبت بازشو به دیوار (WWR)

این نسبت عامل تاثیرگذاری در بهبود عملکرد حرارتی ساختمان است. وقتی این نسبت زیاد باشد، منجر به ورود بیش از حد نور به فضا، ایجاد خیرگی در صفحه نمایشگر، رنگ پریدگی در وسایل و تجهیزات، از دست دادن گرما در زمستان و ورود گرمای بیش از حد در تابستان شود.

پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه استراتژی‌های نوری در ساختمان حاکی از این است که نسبت WWR=۰,۳۰-۰,۲۰ برای کل ساختمان نسبتی مناسب و منطقی است. کاهش این مولفه تا ۳۵٪ تاثیر چشم‌گیری بر بهبود کارایی انرژی دارد. [۸۴]

۳-۲-۱-۳ بهبود عملکرد حرارتی پنجره‌ها

به منظور بهبود عملکرد حرارتی پنجره‌ها می‌بایست معیارهای زیر مدنظر قرار گیرد.

- فاکتور U (U value): تعیین‌کننده میزان حرارت عبوری از یک جزء ساختمانی می‌باشد. هرچه مقدار این فاکتور کمتر باشد، میزان انتقال حرارت کمتر است. برای بسیاری از پنجره-های معمول دولایه این مقدار معادل ۰/۳۵ می‌باشد. اگر جداره‌های بنا به خوبی عایق باشند و نسبت WWR آن نیز پایین باشد، در این صورت می‌توان از پنجره با U value =۰,۰۴ استفاده نمود. [۸۵]
- ضریب جذب حرارت خورشید[۱۹] : ضریب که مقداری بین ۰ و ۱ دارد، به این معناست که اگر این مقدار ۰ باشد، هیچ انرژی حرارتی از پنجره عبور نمی‌کند (مانند یک دیوار صلب) و اگر این مقدار معادل ۱ باشد، تمام انرژی حرارتی خورشید از آن عبور می‌کند (مانند یک حفره روی دیوار). برای بهبود کارایی حرارتی پنجره‌ها می‌بایست SHGC درستی را انتخاب نمود. در این انتخاب تامین نور روز کافی، جذب حرارت خورشید در زمستان و به حداقل رساندن جذب حرارت در تابستان را در نظر گرفت.

[۱۹] Solar Heat Gain Coefficient

- شیشه کم‌نشر[۲۰] : این نوع تاثیر چشمگیری در ورود نور و کاهش جذب حرارت خورشید دارد.
- انتقال نور مرئی[۲۱] : مقدار این فاکتور تعیین‌کننده میزان نور مرئی عبوری از یک پنجره بوده که مقداری بین ۰ و ۱ دارد. این مقدار برای پنجره‌های معمول بین ۰/۳ تا ۰/۸ می‌باشد. مقدار VLT مطلوب حدود ۰/۵ بوده که هم ورود نور روز را به حداکثر می‌رساند و هم خیرگی را کاهش می‌دهد. [۸۵]
- نسبت نور به جذب حرارت خورشید[۲۲] : این نسبت میزان بهره‌وری انتقال نور را با جذب حرارت آن مقایسه می‌کند. هرچه مقدار آن بیشتر باشد، یعنی پنجره از جذب حرارت خورشید کاسته و نور بیشتری را وارد ساختمان کرده است. برای یک ساختمان با بهره‌وری انرژی بالا، این ضریب می‌بایست معادل ۱/۶۷باشد. [۸۵]

۴-۱-۲-۳ بهبود عایق کاری

میزان عایق‌کاری یک بنا با فاکتور R اندازه‌گیری می‌شود که نشان‌دهنده میزان مقاومت مصالح در برابر جریان گرماست. هرچه مقدار R بیشتر باشد، وضعیت عایق سقف، دیوارها و کف بهتر ارزیابی می شود. عایق‌های ساختمانی به شرح زیر هستند.

- فیبرهای معدنی: شامل پشم‌سنگ، پشم‌سرباره و پشم‌شیشه که می‌تواند از مواد بازیافتی ساخته شوند. این عایق در دمای بالا ذوب ، سپس تبدیل به فیبر شده و اتصال می‌یابند و صفحات صلب عایق را می‌سازند و قابلیت بازیافت دارد. [۸۶]
- پلاستیکی سلولی: از نفت استخراج می‌شوند و شامل پلی‌ارتان، فنلیک و پلی‌سترن هستند. این نوع عایق به صورت صفحات صلب و فوم در دسترس هستند. این عایق‌ها می‌توانند بازیافت شوند، اما پروسه سنگین و پرزحمتی است. بهتر است در پایان چرخه حیات این نوع عایق، سوزانده شود و گرمای آن بازیابی گردد.
- عایق‌های گیاهی و حیوانی: شامل فیبرهای سلولی، پشم گوسفند، کتان و پارچه که این نوع، انرژی مجسم بسیار کمی دارد، زیرا از مصالح خام تجدیدشونده می‌توان ساخت. [۸۶]
- مصالح با تغییر فاز[۲۳] : براساس اصول ذخیره حرارت پنهان کار می‌کند. زمانی که دما افزایش می‌یابد، دمای گرمای نهان مصالح افزایش نمی‌یابد، اما تغییر در مصالح این گرما را در خود نگه می‌دارد.
- استفاده از مصالح خام طبیعی: بهترین مثال‌های استفاده از مواد طبیعی خام، صفحات نی و هوا هستند که عملکرد مناسبی در عایق‌سازی ساختمان دارند. [۸۷]

---

[۲۰] Low Emissitivy Glass

[۲۱] Visible Light Transmmiance

[۲۲] Light to Solar Gain

[۲۳] Phase Change Materials

۳-۲-۲ بهبود کارایی روشنایی ساختمان

به طور کلی سه استراتژی در بهبود کارایی روشنایی ساختمان وجود دارد.

۳-۲-۲-۱ استفاده حداکثری از نور روز

استفاده حداکثری از نور روز یک اصل در طراحی پایدار بوده و علاوه بر کاهش مصرف انرژی، آسایش را بهبود بخشیده و موجب بازدهی بیشتر کاربران می‌گردد. نور روز می‌بایست منبع اولیه تامین روشنایی بوده و نور مصنوعی به عنوان منبع کمکی استفاده شود. به طور معمول عمق ورود نور ۴/۵ متر از لبه‌های نورگیر فضا در طول روز بوده و استفاده از قفسه‌های نوری این عمق را تا حدود ۱۴ متر افزایش می‌دهد. همچنین استفاده از پنجره در ارتفاع و نورگیرهای سقفی می‌تواند نور بیشتری را وارد محیط کند. [۸۸] همچنین استفاده از لوله‌های توپر شیشه‌ای و پیرکس، نور روز را به درون فضاهایی با ارتفاع زیاد و مقطع کم می‌آورد و اینگونه فضاها را از نور مصنوعی بی‌نیاز می‌سازد.

۳-۲-۲-۲ جایگزینی سیستم‌های روشنایی کم مصرف LED

استراتژی نورپردازی پایدار شامل استفاده از فلوئورسنت متراکم[۲۴] به جای لامپ‌های رشته‌ای، استفاده حداکثری از نور طبیعی و استفاده از انواع حسگرهای نوری برای ذخیره انرژی می‌باشد. برای نور موضعی بهتر است از LED استفاده شود.

برخی سیستم‌ها مجهز به تکنولوژی حسگرهای نوری بوده که قادر به کنترل روشن و خاموش کردن روشنایی خارجی و روشن کردن نواحی خاص که نیاز به روشنایی دارند، می‌باشد. برخی سیستم‌های فلوئورسنت و هالیدهای فلزی می‌توانند انرژی خورشید را در طول روز ذخیره و از آن برای راه‌اندازی لامپ‌ها استفاده کنند. [۸۸]

۳-۲-۲-۳ بکارگیری سنسورهای تشخیص نور

سنسورهای کاربران در دو نوع مادون قرمز و ماوراءصوت وجود دارد. نوع اول حرکت گرما میان فضاها را تشخیص داده و این سیستم مجهز به یک خط دید بوده که افراد را در فضاها تشخیص می‌دهد. سیستم ماوراءصوت حرکت را از طریق تغییرات فرکانس موج‌های صوتی بازگشتی تشخیص و برای اتاق های بزرگ و کنترل ۳۶۰ درجه مناسب هستند. اشکال این سیستم این است که با تلاطم هوا به راه می‌افتد. [۸۸]

[۲۴] compact fluorescents

۳-۲-۳ بهبود کارایی سیستم‌های مکانیکی ساختمان

۳-۲-۳-۱ سیستم‌های تولید گرما

تولید گرما نه تنها برای گرم کردن ساختمان در زمستان، بلکه برای تولید آب گرم بهداشتی ساختمان ضروریست. بنابراین انتخاب یک سیستم گرمایش صحیح سهم بسزایی در بهبود عمکرد حرارتی ساختمان خواهد داشت. سیستم‌های گرمایشی مورداستفاده در ساختمان‌های با بهره‌وری انرژی بالا به طور عمده شامل موارد زیر می‌باشند.

- سیستم تولید همزمان الکتریسیته و گرما: تولید همزمان[۲۵] یا حرارت و برق ترکیبی[۲۶] یا به اختصار CHP از معمولی‌ترین روش‌های بازیافت انرژی است که در آن به صورت مفید الکتریسیته و حرارت تولید می‌گردد. همچنین سیستم سه گانه سرمایش، حرارت و برق[۲۷] یا به اختصار CCHP به معنی تولید همزمان برق، گرمایش و سرمایش از حرارت ناشی از احتراق سوخت و یا کلکتورهای گرمایی خورشیدی می‌باشد. [۸۹]
- سیستم بازیابی گرما[۲۸]: این سیستم گرمای گرفته شده از کندانسورهای مولد هوای سرد را بازیابی و از آن برای گرمایش فضاها استفاده می‌کند که سبب افزایش بهره‌وری تاسیسات مکانیکی می‌شود. این سیستم در زمستان هوای گرم را به درون فضا پمپاژ کرده و در تابستان هوای گرم را از محیط گرفته و به بیرون منتقل می‌کند. [۹۰]
- پمپ‌های حرارتی زمینی[۲۹]: این پمپ‌ها گرما را از یک محیط به محیط دیگر به وسیله یک پمپ مکانیکی منتقل می‌کنند. به عبارتی، زمانی که به سرما نیاز است پمپ حرارتی گرما را از محیط گرفته و به بیرون منتقل می‌کند؛ و در مقابل وقتی به گرما نیاز است حرارت را از محیط بیرون گرفته و وارد محیط داخل می‌کند. [۹۱]
- کلکتورهای خورشیدی: این سیستم به همراه تانک ذخیره آب، برای مناطقی با روزهای آفتابی بالا بسیار مناسب بوده و توانایی تامین آب گرم مصرفی ساختمان را بین ۵۰ تا ۱۰۰٪ دارند و به سیستم گرمایش ساختمان کمک می‌کنند.

۳-۲-۳-۲ سیستم‌های توزیع گرما

روش‌های متنوعی برای توزیع گرما در ساختمان با بهره‌وری انرژی بالا وجود دارد. تمامی این روش‌ها جزء سیستم‌های کم دما هستند و چنان‌چه با پمپ حرارتی همراه شوند، بهره‌وری قابل-ملاحظه‌ای

---

[۲۵] Cogeneration

[۲۶] combined heat and power

[۲۷] Combined cooling, heat and power

[۲۸] Heat recovery system

[۲۹] Ground Source Heat Pump

خواهند داشت.

- سیستم گرمایش از کف: در دو نوع سیستم آب گرم و سیستم الکتریکی وجود دارند. نوع دوم، هزینه نصب بسیارکمی داشته و کف ساختمان تنها ۱میلی‌متر بالاتر می‌آید. عیب این سیستم هزینه بالای الکتریسیته بوده و همچنین استفاده از الکتریسیته به طور مستقیم برای تولید گرما، کارایی انرژی را پایین می‌آورد. سیستم‌های گرمایش از کف با سیال آب بهره‌وری بالایی دارند؛ زیرا دمای آب در حد ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد کافی بوده و می‌توانند با سیستم‌های تولید گرما مانند انواع پمپ‌های حرارتی و کلکتورهای خورشیدی همراه شوند. [۹۰]
- سیستم گرمایش از سقف: این سیستم برعکس سیستم گرمایش از کف است. روش انتقال گرما در این سیستم همرفت نیست، بلکه انتقال گرما از طریق سقف به شیوه تابش به سطوح دیگر انجام می‌شود. در این روش دمای هوا از کف تا سقف تقریباً ثابت بوده و تنها در نزدیکی کف و سقف کمی گرم‌تر است که بهترین الگوی گرمایشی می‌باشد. مزیت این روش نسبت به گرمایش از کف، امکان عایق کردن کف بناست. [۹۰]
- سیستم گرمایش از دیوار: بسیار مشابه دو سیستم قبل است اما پشت سطح دیوار نصب می‌شود. با بالا رفتن دمای سطح دیوار، احساس آسایش حرارتی به سرعت به انسان دست می‌دهد، زیرا مقدار زیادی گرما از فاصله نزدیک به بدن انسان تابش می‌شود. تاثیر معکوس آن هنگامی که فرد در مقابل پنجره‌ای با دمای پایین می‌ایستد، حس می‌شود. [۹۰]
- سیستم گرمایش هوای تحت فشار: هوای مورداستفاده برای تهویه به نوعی انتقال‌دهنده گرماست. بدین صورت که هوای تهویه دست نخورده گذاشته می‌شود تا اجازه دهد هوا گرم شود. [۹۰] اشکال اصلی، نیاز به مقدار زیادی لوله‌های تهویه، مصرف زیاد برق و ملاحظات برای کاهش سروصدای سیستم است. هوای وارد شده به فضا، کاملاً تازه نیست. اما در مقابل، بیش از ۱۰ بار مورداستفاده مجدد قرار می‌گیرد و به صورت متعادل در تمام فضاها جریان یافته و گرما را منتقل می‌کند.

۳-۳-۲-۳ سیستم‌های تهویه

این سیستم‌ها هوای تازه و مطبوع را وارد فضای کاربران می‌کنند. باتوجه به نوع ساختمان، هوای تهویه شده ممکن است کاملاً از محیط بیرون تامین شود و یا ممکن است ترکیبی از هوای بیرون یا هوای گردش یافته باشد. [۹۱]

- چیلرهای جذبی خورشیدی[۳۰]: این سیستم ها که در مقایسه با سیستم‌های تهویه و سرمایش رایج مانند کولرهای گازی، بسیار مقرون به صرفه هستند، بهره‌وری بسیار بالایی داشته و برمبنای مطالعات برای ایران بسیار مناسب می‌باشند. [۹۲]
- Constant air volume (CAV): در هنگام تغییر دمای هوای محیط، مقدار ثابتی از هوا را به

[۳۰] solar absorbation chillers

فضای موردنظر تحویل می‌دهد. چنانچه بیش از یک منطقه تحت پوشش این سیستم باشد، هوا در منطقه مرکزی سرد شده و به منطقه با نیاز حرارتی بالا فرستاده می‌شود. اگر یک منطقه بیش از حد سرد شده باشد و یا شرایط آسایش حاصل نشود، هوای سرد شده مجدداً گرم و موجب کاهش کارایی سیستم می‌شود. کنترل دقیق دمای محیط از مزایای آن می‌باشد. [۹۰]

- Variable air volume (VAV): این نوع سیستم مقدار متفاوتی از هوا را در بخش‌های مختلف ساختمان وارد می‌کند و دمای آن را ثابت نگه می‌دارد. این سیستم انرژی فن را ذخیره کرده و به گرمایش مجدد کمتری نسبت به سیستم CAV نیاز دارد. از مزایای این سیستم کارکردن با جریان کم هواست. [۹۰]
- Low-flow air diffusers: سیستم VAV به توزیع هوا در فضاهایی با جریان کم هوا کمک می‌کند. این وسایل می‌توانند فعال یا غیرفعال باشند. منتظرکننده‌های با جریان کم غیرفعال طراحی شده‌اند تا هوای ورودی را با هوای موجود در فضا ترکیب کنند تا کارایی بهتری کسب شود. [۹۰]
- Fan- powered VAV: این سیستم مزایای VAV و CAV را ترکیب کرده و با مصرف انرژی کمتر به جریان یافتن هوا کمک می‌کند. در دو نوع سری و موازی وجود دارد. نوع سری جریان هوا را در همه بخش‌های فضا، ثابت و در حد آسایش نگه می‌دارد. نوع موازی جریان هوای مختلفی را به فضا وارد می‌کند اما هیچ‌گاه از حد مطلوب پایین تر نمی‌رود.
- بهترین سیستم تهویه برای ساختمان‌های با بهره وری انرژی بالا و نیازمند به آرامش و سکوت، فن‌های تهویه هستند. نوع EC آن بهتر از سایر انواع می‌باشد؛ فن های DC [۳۱] حدود ۳۰٪ کارایی بهتری نسبت به نوع AC [۳۲] دارند. [۹۰]
- Raised floor air distribution: یا سیستم تهویه pvd هوا را از فضای زیر کف طبقات وارد فضاها می‌کند و باعث می‌شود تا هوای سردتر در ارتفاع کمتر (که انسان در آن ارتفاع قرار گرفته) و هوای گرم در ارتفاع بالاتر و نزدیک به سقف قرار گیرد. هوای صعود کرده از روزنه-هایی در سقف وارد فضای بین سقف و کف طبقه بعد قرار گرفته، در آنجا دمای هوا را از دست می‌دهد، پایین آمده و مجدداً از روزنه‌هایی زیر کف طبقه وارد محیط می‌شود. [۹۰]
- Single coil twin fan (sctf): این سیستم تهویه و توزیع هوا، براساس میزان"تقاضای سرما" و "تقاضای تهویه" کاربران عمل می‌نماید. در این سیستم انرژی ذخیره می‌گردد، زیرا فن هوای تازه و فن هوای سرد بازیابی شده به صورت جداگانه کنترل می‌شوند و از این طریق باعث بهینه سازی نیاز به جریان هوا و سرمایش می‌شوند. [۹۳]

[۳۱] Direct current

[۳۲] Alternating Current

۳-۲-۴ مدیریت بار الکتریکی وسایل و تجهیزات

یکی از راهکارهای کاهش مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری، مدیریت بار انرژی وسایل برقی است. این کار توسط مانیتورینگ وسایل برقی از طریق داشبورد هوشمند کاربران (ID-O) به صورت بی‌سیم و یا Cloud-based انجام می‌پذیرد. این سیستم در زمانی که از وسایل برقی استفاده نمی‌شود به صورت خودکار آن‌ها را از مدار خارج می‌کند. [۹۴]

۳-۲-۵ به کارگیری منابع انرژی تجدیدپذیر در سایت

اصل مهم در دستیابی به ساختمان پایدار، تامین انرژی موردنیاز از انرژی‌های تجدیدپذیر دردسترس است. برای انتخاب نوع انرژی تجدیدپذیر هیچ راهنمای خاصی وجود ندارد. به طور معمول برای نواحی ساحلی و جزایر از انرژی باد و امواج آب، در نواحی معتدل انرژی زمین‌گرمایی و در نواحی خشک و نیمه‌خشک از انرژی خورشید استفاده می‌شود. با این حال مطالعه امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های پاک و تعیین نوع و مقدار آن می‌بایست برای هر پروژه به صورت مجزا انجام گیرد. [۹۵]

۳-۲-۶ طراحی غیرفعال خورشیدی (Passive)

به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که پس از تبدیل انرژی تابشی به انرژی حرارتی، کنترل جریان انرژی حاصل به روش‌های طبیعی و بدون استفاده از هیچگونه انرژی ثانویه یا حداکثر با صرف انرژی بسیار کمی صورت می‌گیرد. طراحی غیرفعال خورشیدی در واقع توانایی ساختمان برای جذب، ذخیره و توزیع طبیعی انرژی در مواقع نیاز و با توجه به اقلیم خاص سایت پروژه می‌باشد. [۹۵]و [۹۶]

۳-۲-۶-۱ آبگرمکن خورشیدی

استفاده از انرژی خورشیدی برای پشتیبانی سیستم گرمایش و تامین آب‌گرم مصرفی ساختمان‌ها، از مهم‌ترین کاربردهای انرژی خورشیدی در جهان است که نسبت به سایر سیستم‌های خورشیدی قدمت بیشتری دارد. [۷۶] با توجه به شدت تابش خورشید و تعداد روزهای آفتابی در ایران (به طور میانگین ۲۸۰ روز)، استفاده از این سیستم جهت تامین بخشی از انرژی موردنیاز آب گرم مصرفی و سیستم گرمایش ساختمان، یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی است.

۳-۲-۶-۲ دودکش خورشیدی

دودکش خورشیدی عملکردی مشابه بادگیرهای معماری سنتی دارد، که نقص موجود در عملکرد دودکشی بادگیر را جبران کرده و تهویه موردنیاز را فراهم می‌سازد. [۹۷] به غیر از نصب روی بام، می‌توان در دیواری از ساختمان که به سمت خط استوا است، یا روی سطحی جداگانه که از بام ساختمان

بلندتر است، نصب کرد. [۹۸] هوا در دودکش به وسیله انرژی خورشیدی جذب و به دلیل پدیده اثر دودکشی به سمت بالا حرکت می‌کند. ترکیب تابش و همرفت در این دودکش منجر به حرکت هوای قابل‌توجه به سمت بالا و افزایش تهویه می‌شود که می‌تواند تهویه طبیعی را در فضاهای مجاور افزایش دهد. [۹۹]

۳-۶-۲-۳ دیوار ترومب

دیوار ترومب یا دیوار آفتابی تشکیل شده از جداری شیشه‌ای و عنصری خازن گرما به فاصله ۷/۵ تا ۱۰ سانتیمتر از آن، در پشت آن، به طوری که جریان هوا بین آن دو کنترل شده، می‌باشد. وضعیت استقرار این دیوار نسبت به جهات جغرافیایی مانند پنجره آفتابی است؛ یعنی بهتر است که رو به جنوب قرار گیرد تا بیشترین بازده را داشته باشد. این دیوار برای گرمایش فضای پشت آن به کار می‌رود. تابش آفتاب پس از عبور از شیشه به سطح دیوار برخورد می‌کند با گرم شدن دیوار خازن گرما می‌تواند دیواری از مصالح بنایی مثل بتن، آجر، سنگ، خشت و یا حتی از مخازن فلزی یا پلاستیکی حاوی آب درست شده باشد.

۳-۶-۲-۴ نمای دوپوسته

یک نمای دوپوسته ایده‌آل امکان تنظیم گرما، نور و صدا را به طریقی که کمترین میزان انرژی مصرف شود، فراهم می‌کند. نمای دوپوسته از لایه‌های پوسته خارجی (معمولاً یک شیشه سخت شده، می‌تواند تماماً شیشه‌ای باشد)، جداره خارجی فضای داخلی (شیشه دوجداره، معمولاً تمام شیشه‌ای نیست، استفاده از بازشوهای شیشه‌ای و مصالحی با جرم حرارتی بالا برای ذخیره انرژی حرارتی در طول روز، بازشوها می‌توانند در ایجاد تهویه طبیعی باز و بسته شوند) فضای حائل میان دو پوسته یا حفره میانی (می‌تواند کاملا طبیعی یا مکانیک تهویه شود) تشکیل شده است.

استفاده از گیاه در حفره میانی و سایبان‌های متحرک خورشیدی ازجمله متداول‌ترین راه‌حل‌ها برای سایه‌اندازی حفره میانی و معمول‌ترین راه محافظت بنا در برابر تابش مستقیم خورشید می‌باشد.

۳-۶-۲-۵ پوسته ساختمانی سازگار با اقلیم

نماهای پاسخگو نقش‌های مختلفی از کنترل نور و سایه‌اندازی تا تغییر شکل و ابعاد ساختمان را می‌پذیرند و اغلب آن‌ها به روش‌های کامپیوتری و با وارد کردن پارامترها شبیه‌سازی می‌شوند و در طول حیات خود نیز با سیستم‌های هوشمند مانیتورینگ و ارزیابی می‌گردند. [۱۰۰] در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ بر روی "پوسته‌های ساختمانی سازگار با اقلیم" صورت پذیرفت، چهار عامل محیطی حرارت، نور، جریان هوا و جریان الکتریسیته به عنوان محرک‌های اصلی برای تغییر پوسته بنا شناسایی شدند. بنابراین ساختمان‌ها بسته به محرک‌ها و عوامل محیطی می‌توانند ۱۶ حالت از پوسته‌هایی با حساسیت به این عوامل طراحی و به کارگیرند.

۶-۶-۲-۳ پنجره آفتابی

یکی از ساده‌ترین روش‌های استفاده از انرژی تابشی خورشید بوده که فقط برای تامین گرمایش استفاده می‌شود. در این شیوه، پنجره‌ای با سطح نسبتاً زیاد غالباً عمودی و رو به جنوب قرار می‌گیرد. [۱۰۱] تشعشع خورشید به دیواره‌ها، کف، ستون و وسایل داخل فضا برخورد کرده، تبدیل به تشعشع با طول موج بلند می‌شود. انرژی حرارتی حاصله داخل اتاق محبوس شده و از طریق جریان طبیعی هوا و همچنین هدایت در تمامی فضا پخش گشته و باعث افزایش دمای فضا می‌شود. از نورگیرهای سقفی به عنوان پنجره آفتابی می‌توان استفاده کرد. بنابراین استفاده از پنجره آفتابی در جهان هنوز مقرون به صرفه خواهد بود.

۷-۶-۲-۳ گلخانه

گلخانه مانند سایر عناصر خورشیدی باید رو به جنوب قرار گیرد تا از حداکثر تابش در زمستان برخوردار گردد. گلخانه‌ها سطح شیشه‌ای وسیعی دارند و به همین دلیل اتلاف زیادی در شب و یا روزهای ابری خواهند داشت. بنابراین لازم است که از شیشه‌هایی دوجداره برای ساخت آن‌ها استفاده شود. نصب عایق‌های حرارتی متحرک از داخل نیز مانع اتلاف شبانه و یا اتلاف در روزهای ابری می‌شود. [۱۰۲] مشکل دیگر گلخانه‌ها، تابش آفتاب در تابستان است. برای جلوگیری از گرمای بیش از حد، باید سایبان‌های متحرکی از خارج روی شیشه‌های گلخانه پیش‌بینی شود. علاوه براین پنجره‌های بالای گلخانه‌ها باید قابل باز شدن باشند تا از طریق جریان هوا، گرمای ناخواسته تابستان به خارج هدایت شود.

گلخانه علاوه بر اینکه برای گرمایش ساختمان به کار می‌رود، فضایی مطبوع برای زندگی و کاشت گیاهان و سبزیجات نیز هست. هوای گرم گلخانه به علت تنفس گیاهان مرطوب شده و لذا موجب بهبود شرایط هوای ساختمان می گردد. [۱۰۳]

۸-۶-۲-۳ آتریوم

ایجاد آتریوم در یک ساختمان با کاربری‌های عمومی به چند شکل می‌تواند باعث صرفه‌جویی شود. آتریوم به عنوان یک فضای حائل و به شکل میانجی حرارتی به طور معمول دارای ۱۵ تا ۱۸ درجه سانتیگراد دمای داخلی بوده اما دمای خود آتریوم همراه با نوسانات دمای محیط و با تاخیر زمانی درحال تغییر است. اگر آتریوم دارای سطوح ذخیره ساز حرارت باشد و به سمت جنوب نیز چرخیده باشد، به شکل غیرفعال از انرژی خورشیدی برای گرمایش در روز زمستان و سرمایش در شب تابستان استفاده کرده و از انرژی مصرفی می‌کاهد. [۱۰۴] ساختمان‌های دارای آتریوم مرکزی ، اثر میانجی بهتری را بر فضاهای مجاور دارند و برعکس، آتریوم‌های یکپارچه شده تنها برای قسمتی از بنا ایجاد میانجی کرده و بر زیبایی ساختمان می‌افزایند. [۱۰۵]

آتریوم‌ها در تابستان‌ها دچار افزایش دما می‌شوند و به منظور کاهش این دما می‌توان از روش‌های

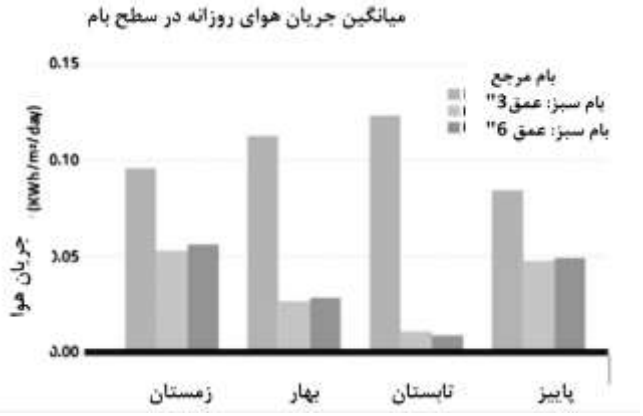
مناسبی همچون بادگیر، سایه‌اندازی سطوح با درختان یا صفحات معلق و یا سایبان‌های متصل به سازه آتریوم، تهویه و بکارگیری جرم حرارتی و برودتی تابشی استفاده نمود. گیاهان در آتریوم امکان رشد دارند چراکه به عنوان اشیای غیرفعال، تابش خورشید را صرف رشد خود کرده و آن را انعکاس یا تابش نمی‌دهند. گیاهان با جذب دی‌اکسیدکربن از فضا و تولید اکسیژن جذب بخار آب و ذرات توسط برگ-هایشان و ایجاد سایه‌اندازی محیط مناسبی را برای حضور انسان ایجاد می‌کنند.

۹-۶-۲-۳ بام سبز

عملکرد حرارتی بام سبز را می‌توان در کاهش انتقال حرارت از طریق ذخیره انرژی ساختمان بیان نمود. بام‌های سبز میزان مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش را کاهش می‌دهند. از کل تابش خورشیدی که توسط بام سبز دریافت می‌شود، ۲۷٪ انعکاس می‌یابد، ۶۰٪ توسط گیاهان جذب می‌گردد و ۱۳٪ به داخل خاک نفوذ پیدا می‌کند. [۱۰۶] مطالعات نشان می‌دهد که بام سبز می‌تواند جریان گرما را در روی بام ۷۰ تا ۹۰٪ در تابستان و ۱۰ تا ۳۰ ٪ در زمستان کاهش دهد و میزان مصرف انرژی را تا حدوداً ۷۵٪ پایین آورد. [۱۰۷]

لایه‌های بام سبز با کاهش نوسانات گرمایی سطح خارجی بام و از طریق افزایش ظرفیت گرمایی لایه‌های سقف و پوشش‌های گیاهی نیز با سایه‌اندازی، حفظ رطوبت و فتوسنتز به خنک سازی فضای زیر بام در طی تابستان کمک می‌کنند. بام سبز علاوه بر افزایش ظرفیت گرمایی ساختمان با افزایش لایه‌های بام، از طریق عایق‌سازی ساختمان (پوشش گیاهی و خاک) و کاهش سرعت باد، ساختمان را در برابر آب و هوای سرد عایق می‌کند و مصرف انرژی برای گرما را کاهش می‌دهد.

تحقیقات درباره دمای فضای زیر بام معمولی و سبز در زمستان نشان داده چنانچه میانگین دمای روزانه در یک روز زمستانی ۰ درجه سانتیگراد باشد، دمای فضای زیر بام معمولی ۰/۲ درجه و فضای زیر بام سبز ۴/۷ درجه خواهد بود که بیانگر تاثیر این بام‌ها در کاهش انتقال حرارت است. [۱۰۸]



تصویر ۳-۲- مقایسه عملکرد حرارتی بام سبز و بام معمولی.[۱۰۹]

۱۰-۶-۲-۳ دیوار زنده

دیوارهای زنده، ترکیبی از قطعات با پوشش گیاهی از پیش کاشته شده‌اند، که به صورت عمودی و توسط سیستم استراکچر سبکی، با فاصله به نمای ساختمان نصب شده و یا به صورت مستقل خودایستا می‌باشند. از دیوارهای زنده همچنین می‌توان در فضاهای داخلی ساختمان استفاده کرد. در این روش در تمام ارتفاع و در تمام سطح دیوار گیاه کاشته می‌شود.

دیوارهای زنده در دو نوع فعال و غیرفعال وجود دارند. دیوار زنده غیرفعال، جدیدترین نوع دیوارهای سبز می‌باشند. در این نوع از هوای تولید شده توسط گیاهان در سیستم تهویه هوای ساختمان استفاده می‌شود. پوشش‌های طبیعی موتورهای تصفیه‌کننده و پاک‌کننده هستند. دیوار زنده فعال با تلفیق و ادغام در تاسیسات گرمایش/ سرمایش و تهویه ساختمان به گونه‌ای طراحی شده است تا هوای فضاهای داخلی را تصفیه نموده و به صورت تنظیم‌کننده حرارتی عمل کند. [۱۱۰]

۱۱-۶-۲-۳ بام حوضچه‌ای

بام حوضچه‌ای به این ترتیب ساخته می‌شود که بر روی سقفی از جنس ورق فولادی یا بتنی با ضخامت کم کیسه‌هایی محتوی آب قرار داده می‌شود. کیسه‌ها از پلاستیک یا شیشه هستند. در مواردی نیز آب درون ضخامت سقف پر می‌شود.

در این بام، تابش خورشید بر سطح کیسه‌ها باعث افزایش دمای آب درون آن‌ها می‌شود. چون کیسه‌ها در مجاورت فولاد یا بتن سقف قرار دارند، از روش هدایت، سطح سقف را گرم می‌کنند. این گرما از روش هدایت و تشعشع به هوای اتاق منتقل می‌شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارتی سقف از عایق‌های حرارتی متحرک برای پوشاندن سطح کیسه‌ها استفاده می‌شود. این عایق ها کمک می‌کنند تا سقف در طول تابستان حتی‌المقدور کمتر در معرض تابش خورشید قرار گیرد. [۹۶] هنگام تابستان به طور معکوس می‌توان فضای داخل را خنک کرد. در طول روز گرم، عایق‌های حرارتی متحرک بسته و گرمای اتاق به آب درون کیسه‌ها پس داده می‌شود. در شب‌های تابستان، عایق‌های حرارتی باز و گرمای آب درون کیسه‌ها به آسمان تشعشع و به محیط اطراف منتقل شود. بنابراین آب خنک شده و می‌تواند مجدداً در طول روز بعد گرمای اتاق را به خود جذب کند.

۷-۲-۳ طراحی فعال خورشیدی (Active)

پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون مکانیزم‌های متحرک، الکتریسیته تولید کند، پدیده فتوولتاییک گویند که از ظرفیت‌های ۵ تا چند مگاوات و با نصب آن‌ها به طور موازی و سری می‌توان جریان‌ها و ولتاژهای موردنظر را تامین نمود. در این سیستم انرژی موجود در نور خورشید، توسط سلول‌های خورشیدی مستقیماً به برق DC تبدیل می‌شود. با استفاده از برق حاصله و بهره‌جویی از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی می‌توان انرژی الکتریکی کلیه بارهای AC و DC را تامین نمود. [۱۱۱] سیستم فتوولتاییک مانند سایر مولدها و نیروگاه‌های برق می‌تواند در هر ظرفیتی نصب و بهره‌برداری شود. حتی

محدودیت‌های آن بسیار کمتر از سایرین است و می‌تواند به صورت ژنراتورهایی با توان میلی‌وات تا چندین مگاوات ساخته شوند. لیکن باتوجه به راندمان پایین تبدیل انرژی در این سیستم و بالا بودن قیمت تجهیزات آن، برق تولیدی از این سیستم قدری گران‌تر است.

در راستای ارتقاء کیفیت زندگی در توسعه پایدار، معماری باید ضمن کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی محیط زیست، عناصر خود را به مثابه سامانه‌های کوچکتر در جهت اهداف توسعه پایدار هماهنگ سازد. ساختمان پایدار ساختمانی است که نه تنها با شرایط اقلیمی منطقه خود را تطبیق می‌دهد و ساختمانی سازگار با محیط‌زیست است بلکه حفاظت انرژی نیز از اصول مهم و اساسی در طراحی چنین ساختمانی است.

فصل ۴ : مبانی و معیارهای طراحی فضاهای پژوهشی

۴-۱ مقدمه

آزمایشگاه‌ها بسته به موضوع، در شکل‌های مختلفی ایجاد می‌شوند. استفاده از مواد شیمیایی و بقیه ترکیبات خطرناک، معماری آزمایشگاه را از دیگر فضاهای ساختمانی مثتثنی می‌سازد. حفاظت از سلامتی و ایمنی آزمایشگاه و کارکنان در این ساختمان یک نگرانی اولیه و مهم در ساخت این نوع فضاهاست. آسایش حرارتی و بازدهی انرژی عوامل دیگری هستند که اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارند. دما در آزمایشگاه باید به گونه‌ای تنظیم شود که هم برای فرآیندهای شیمیایی و تجهیزات آزمایشگاه مناسب باشد و هم برای کارکنان و اعضای آزمایشگاه در شرایط آسایش باشد. در عین حال این فراهم‌آوری‌ها باید با حداقل هزینه‌های عملیاتی همراه باشد.

اما با وجود یک سری معیارهای کلی ایمنی در آزمایشگاه، همه آزمایشگاه‌ها مشابه هم نیستند و سطوح مختلف خطر و نوع استفاده را دارند. انبوهی از سطوح مختلف معیارها شامل ایمنی، راحتی، بازدهی انرژی برای طراحی و یا نوسازی آزمایشگاه‌های مختلف باید درنظر گرفته شوند.

۴-۲ آزمایشگاه‌ها و فضاهای تحقیقاتی

آزمایشگاه‌ها بسته به موضوع، در شکل‌های مختلفی ایجاد می‌شوند. درحالی‌که اساس کار آزمایشگاه‌ها بر آزمایش و تحقیق استوار است، در سطح گسترده‌ای برای تدریس کاربرد دارند. [۶۸]

باید به آزمایشگاه به عنوان دروازه نمادین یادگیری نگریسته شود، جایی که تدریس متوقف شده و تحقیق آغاز می‌شود. درحالی‌که آزمایشگاه‌ها بسته به نیاز دانشکده‌های مختلف (پزشکی، مهندسی، علوم زیست‌شناسی و نظایر آن) طرح‌های مختلفی دارند، آن‌ها را می‌توان در چهار دسته کلی بخش تحقیقات نظری، بخش تحقیقات کاربردی، مراکز نمایش و ارائه و مراکز آموزشی تقسیم‌بندی نمود.[۱۱۲]

ساختمان‌های آزمایشگاهی تقریباً همیشه یک پلان منطقی داشته و مشخصات آن ممکن است منعکس‌کننده سازمان‌دهی یا هندسه موضوع آن‌ها باشد. نظم در پلان و مقطع، نظم در نحوه استقرار اتاق‌ها، انعطاف‌پذیری عملی و قابلیت گسترش، ابعاد مهمی از آزمایشگاه‌ها هستند. طراحی منطقی منجر به روش‌های ساخت قطعه قطعه یا پیش‌ساخته می‌شود؛ به‌علاوه خدمات ساختمانی که دردسترس هستند و بهسازی ادواری را تسهیل می‌کنند. رایانه‌ها در مرکز بیشتر آزمایشگاه‌ها وجود دارند و برای کنترل آزمایش‌ها، ثبت نتایج، تجزیه و تحلیل یافته‌ها و توضیح مشروح الگوهای آزمایشی به‌کارگرفته می‌شوند. بنابراین، آزمایشگاه‌ها دارای سه سیستم اصلی همگرا شامل محیط تحقیق، ارائه آزمایش و شبکه رایانه‌ای است. محیط تحقیق شامل گونه‌های مختلفی از تجهیزات است که امکان انجام آزمایش را فراهم می‌آورد (کارهای دشوار، میکروسکوپ‌های الکترونی، اندازه‌گیری لیزری و ...). ارائه و نمایش کارها نیازمند تابلوها و جداول، تجهیزات نمایش کار و ارائه موضوعات تلویزیون‌های صفحه بزرگ، فضای نمایش الگوها و نمونه‌ها و نظایر آن است. این سه سیستم در الگوی رایج آزمایشگاه‌های دانشگاهی با هم ترکیب می‌شوند و در فضا و نیروی انسانی مشترک‌اند، اما نیازهای عملکردی خود را نیز دارند. [۱۱۳]

۴-۳ تقسیم‌بندی آزمایشگاه‌ها

آزمایشگاه‌ها باتوجه به نوع کاربری و نظام شکل‌گیری متمایز می‌شوند. باتوجه به نوع استفاده از آزمایشگاه،دو دسته آزمایشگاه وجود دارد. آزمایشگاه‌های آموزشی با تعداد زیادی از محل‌های کار و حداقل تجهیزات؛ و آزمایشگاه‌های پژوهشی در فضاهای کوچکتر با تجهیزات خاص و اتاق‌های اضافی برای فعالیت‌هایی نظیر اندازه‌گیری و توزین، شستشو و اتاق‌های سردخانه‌ای با دمای ثابت و ... .

آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های علوم پایه (فیزیک، شیمی، زیست و ...)؛ آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های علوم پزشکی و دندانپزشکی؛ آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مهندسی (برق، متالوژی، مکانیک، عمران و ...) و کارگاه‌ها و آتلیه‌های معماری و هنر (نقشه‌کشی، چوب، مجسمه‌سازی و ...) باتوجه به موضوع و شاخه علمی آزمایشگاه دسته‌بندی می‌شوند.

میز کار، چه به صورت ثابت و یا متحرک، مانند یک مدول فضای آزمایشگاه را مشخص می‌کند. اندازه‌گیری معمول برای میز کار استاندارد ۱۲۰ سانتی‌متر عرض و ۸۰ سانتی‌متر عمق می‌باشد. [۱۰۴] آزمایشگاه‌هایی که از مواد شیمیایی استفاده می‌کنند، باید تهویه مناسب داشته باشند.

یک آزمایشگاه اتاق تمیز فضای کاری است که به صورت ویژه ساخته و به شدت ایزوله شده است. در این نوع آزمایشگاه، سیستم‌های کنترل تهویه مطبوع (HVAC) برای حفاظت از استانداردهای طراحی به منظور رسیدن به غلظت بسیارکم ذرات موجود در هوا؛ دما، رطوبت و فشار هوای ثابت و الگوهای جریان هوای مناسب طراحی می‌شوند.[۱۱۴]

اتاق‌های تمیز توسط تعداد ذرات هوا در هر فوت مکعب از هوا طبقه‌بندی می‌شوند. شش سطح از تمیزی (که به عنوان کلاس نام برده می‌شوند) در مورد اتاق تمیز شناخته شده است. [۱۱۴] این مسئله که از شروع فرآیند طراحی سطح تمیزی اتاق تمیز تعیین شود، بسیار اهمیت دارد؛ زیرا انتخاب مواد سازه‌ای، خدمات HVAC فیلترهای هوا و طرح اتاق تمیز و مبلمان آن به وسیله کلاس اتاق تمیز به طراح دیکته خواهد شد.

۴-۴ ملاحظات طراحی آزمایشگاه‌های پژوهشی

لابراتوارهای تحقیقاتی فضایی برای هدایت تحقیقات علمی هستند. در قرن بیست و یکم، کارفرماها تیم‌های طراحی را به ایجاد فضاهای تحقیقاتی برای پاسخگویی به نیازهای حال و آینده هدایت و آنان را به تعامل با دانشمندان زمینه‌های مختلف تشویق می‌کنند.

۴-۴-۱ ملاحظات معماری

در طی ۳۰ سال گذشته، معماران، مهندسین، مدیران و پژوهشگران توانسته‌اند طراحی لابراتوارهای تر و خشک را تا حد بسیار زیادی پالایش، تصحیح و تکمیل کنند. در ادامه بهترین نکات و راهکارها در خصوص طراحی لابراتوارهای پژوهشی شناسایی خواهد شد.

مدول لابراتوار، یک واحد کلیدی در هر پژوهشکده‌ای است. یک مدول درست، تمامی سیستم‌های معماری و مهندسی را به طور هماهنگ با هم در خود دارد و فواید زیر را به همراه خواهد داشت:

- انعطاف‌پذیری: مدول لابراتوار باید تشویق به تغییر کند. همانطور که پژوهش در طول زمان دچار تغییرات و دگرگونی‌هایی می‌شود، ساختمان نیز باید به این تغییرات پاسخگو باشد. [۱۱۵]
- توسعه و گسترش: استفاده از مدول در طراحی به طراحان این اجازه را می‌دهد تا براحتی و بدون لطمه به عملکرد فعلی و تسهیلات، با تغییرات سازگار شوند.

جدول ۴-۱- انواع مدول لابراتوار و ویژگی‌های فضایی آن‌ها. [۱۱۵]

نوع مدول	ویژگی‌ها
مدول پایه	یک مدول معمول برای یک لابراتوار عرضی معادل۳/۲m دارد؛ اما ممکن است بین ۶ تا ۹ متر، بسته به نیاز فضایی و هزینه‌های سیستم سازه‌ای تغییر کند. اندازه۳/۲m برمبنای قرارگیری دو ردیف میز کار و تجهیزات (عمق هر ردیف ۷۶متر) بر بروی هر دیوار، یک راهروی ۱/۵متری و دیوار جداکننده ۱۵سانتیمتری تعریف شده است.
مدول دوجهته	این نوع مدول انعطاف‌پذیری بیشتری دارد، به فضای بیشتری نیاز دارد. زیرار در آنن فضای کار را می‌توان در هر جهتی سازماندهی کرد. استفاده از شبکه دوجهتی امکان چیدمان و اندازه‌های مختلفی برای فضای کار فراهم می‌کند.
مدول سه‌جهته	- این نوع مدول، مدول پایه و یا مدول دوجهته را با یک کریدور مجاور آن ترکیب می‌کند. به این معنا که مدول پایه می‌تواند با یک، دو یا سه کریدور، بسته به پلان موردنظر ترکیب شود. برای ایجاد یک مدول سه‌جهته باید: - یک مدول پایه و یا دوجهته می‌بایست تعریف شود؛ - تمامی رایزرهای عمودی(شامل پله‌های آتش‌نشانی-آسانسورها، سرویس‌های بهداشتی و داکت‌های تاسیساتی) می‌بایست به دقت جانمایی و تعیین شود؛ - سیستم‌های تاسیسات مکانیکی، الکتریکی و لوله‌کشی می‌بایست به دقت تعیین شود تا بتواند با راهروهای چندگانه کار کنند.

۴-۴-۲ ملاحظات پایداری

یک لابراتوار به طور معمول پنج برابر یک ساختمان اداری انرژی و آب مصرف می‌کند. تقاضای انرژی تسهیلات پژوهشی به دلایلی از جمله تعداد بسیار زیاد دستگاه‌ها و تجهیزات آزمایشگاهی؛ تجهیزات گرمایشی و سرمایشی؛ حضور و دسترسی ۲۴ ساعته پژوهشگران به لابراتوارها؛ برخورداری از سیستم بک آپ اطلاعات و سیستم برق اضطراری و بی‌وقفه و نیاز تسهیلات پژوهشی به تهویه دائمی بسیار بالاست. طراحی فضاهای پژوهشی پایدار در وهله اول نیازمند ملاحظات زیر می‌باشد:

- افزایش حفاظت و بهره‌وری انرژی و آب؛
- کاهش و یا حذف مواد مضر و ضایعات آن‌ها؛
- بهبود شرایط محیط داخل و خارج که منجر به افزایش بازدهی کاربران می‌شود؛
- استفاده بهینه از مصالح و منابع و

- بازیافت و افزایش استفاده از مصالح بازیافتی.

جدول (۴-۲) معیارها و ملاحظات پایداری در یک فضای پژوهشی خاص را نشان می‌دهد. هرکدام از معیارها می‌توانند برحسب نیازهای پروژه تغییر نمایند.

جدول ۴-۲- ملاحظات طراحی پایدار یک فضای پژوهشی خاص. [۱۱۵]

معیارها		حداقل مجاز	اندازه استاندارد	هدف طراحی
تهویه		10 cfm/person	1 cfm/person	استفاده حداکثری از هوای بیرون در تهویه هوا
تهویه هوا		-	35-85%	65% Prefilter 85% Final filter
دمای محیط داخلی		Summer: 75°F Winter: 72°F	Summer: 75°F Winter: 72°F	-
کنترل رطوبت		کنترل نشده	کنترل نشده	RH Summer: 60% RH Winter: 40%
اتلاف حرارت تجهیزات		NA	34 w/sf	1,5 w/sf or 2 w/sf with 75% diversity factor
تهویه توالت‌ها		50 cfm/fixture	50 cfm/fixture	2 cfm/sf
گرمایش ناشی از روشنایی		NA	2 w/sf	0,5-0,75 w/sf Total task / ambient With occupancy sensors and daylight sensors
سطح روشنایی		100 ft. candles all direct	100 ft. candles all direct	20-3 ft. candles with ambient and task lighting
نفوذ پذیری پوسته ساختمان		6”/100 sf	3”/100 sf	1,5”/100 sf
عایق بندی دیوار های خارجی		U=0,28 btu/sfhrF	0,10 btu/sfhrF	U= 0,15 btu/sfhr South U= 0,05 btu/sfhr (N,E,W)
کنترل رطوبت دیوار های خارجی		-	-	AIB with insulation both sides
عایق‌بندی بام		U=0,07 btu/sfhr	U= 0,05 btu/sfhr	U= 0,05 btu/sfhr With low albedo surfacing
پنجره	نوع شیشه	Single / clear	Double / clear	Heat reflecting clear
	انتقال بصری	0,80	0,78	0,70
	ضریب سایه-اندازی	1,00	0,80	0,43
	U-Value	1,04	0,48	0,30
درجه حرارت نور		6,155 btu	6,155 btu	Determind by DoE2 or other energy analysis of TMY data

طراحی لفاف فضایی ساختمان شامل پیش‌آمدگی‌ها، بازشوها، عایق‌بندی و بکارگیری صفحات فتوولتاییک نقش عمده‌ای در دستیابی به بهره‌وری انرژی در ساختمان‌های پژوهشی دارد که در ادامه و در جدول (۴-۲) بدان پرداخته خواهد شد.

جدول ۴-۳- معیارهای پایداری فضاهای پژوهشی و ملاحظات مربوط به آن.

ملاحظات پایداری	توضیحات
سایت	باید توجه داشت که توسعه با کمترین تغییر در محیط اتفاق می‌افتد. درختان سایت می‌بایست حفظ و در صورت لزوم جابه‌جا شوند. همچنین جمع‌آوری آب باران، حفظ و استفاده از شیب طبیعی زمین، حفظ گونه‌های گیاهی و جانوری سایت و کمک به اکوسیستم، کاهش فرسایش سایت از طریق طراحی صحیح منظر، کاهش اثر جزایر گرمایی با انتخاب سطوح نفوذپذیر و منظر گیاهی، انتخاب گونه‌های گیاهی سازگار با محیط و آبیاری در یک لوپ بسته، درنظر داشتن گزینه‌های حمل و نقل در سایت مانند دوچرخه، تراموا، مونوریل و ... ازجمله راهکارهای دستیابی به سایت پایدار می‌باشد.
پیش‌آمدگی‌ها	گاهی پیش‌آمدگی پنجره‌ها، بخشی از سیستم دیوار خارجی بناست که به منظور سایه‌اندازی و بهبود کیفیت ورود نور طبیعی به فضاهای داخلی استفاده می‌گردد. نمای جنوبی عمدتاً نیازمند پیش‌آمدگی‌های افقی و جبهه شرقی و غربی نیازمند پیش‌آمدگی افقی و عمودی می‌باشد.
پنجره‌ها	مصالح موردا ستفاده در پنجره‌های خارجی می‌بایست ترمال بریک بوده و مابین فریم داخلی و خارجی عایق‌بندی باشد. فریم‌های چوبی و فایبرگلس کارآیی حرارتی بهتری نسبت به آلومینیوم دارند. پنجره‌های با ضریب عایق‌کاری حداقل R۳ می‌بایست استفاده گردد. پنجره‌های با چند لایه فیلم R Value بیش از ۱۲ داشته و بسیارمناسب هستند. پنجره‌های تنظیم‌شونده، اگرچه مصرف انرژی را بالا می‌برند، اما به خاطر کیفیت‌بخشی به محیط داخل انتخاب بسیاری از کارفرماها هستند.
بام و دیوارها	استفاده از بام با رنگ روشن و مصالح بازتابنده برای بازتاب نور و گرما پیشنهاد می شود. مقدار عایق بودن بام و دیوارها بسته به اقلیم و نوع لابراتوار متفاوت است. به عنوان مثال در برخی لابراتوارها با تجهیزات زیاد، مقدار زیادی گرما تولید می‌شود که نیاز به عایق‌کاری بام را کمتر می‌کند. تمامی تجهیزات الکتریکی، لوله‌کشی و سیم‌کشی‌ها باید کاملاً مهر و موم شوند، زیرا نشت هوا منجر به اتلاف انرژی می‌گردد. استفاده یکپارچه از صفحات فتوولتاییک برای محصور کردن لفاف فضایی و تولید الکتریسیته پیشنهاد می شود. اما اتصال آن‌ها به وسایل سنتی کار دشواری است، زیرا هزینه الکتریسیته تولیدی بیشتر از هزینه شبکه برق است. همچنین استفاده از بام و دیوار سبز در کاهش جذب حرارت بسیار موثر بوده و خود همانند عایق خارجی عمل می‌کند.
تاسیسات مکانیکی و حفاظت از آب	استفاده از هوای بیرون برای تهویه کلاس‌ها و اتاق‌های کنفرانس و استفاده مجدد از هوای آن‌ها برای لابراتوارها و سپس خروج هوا از ساختمان، نیاز به تهویه را در ساختمان نصف می‌کند. عایق‌کاری لوله‌کشی آب گرم و سرد، سرد نگه‌داشتن کندانسور آب تا حدامکان، استفاده مجدد از گرمای بازیابی شده با استفاده از سیستم بازیابی حرارت، نصب یک دستگاه ذخیره بر روی بویلرها، نگه داشتن دمای آب گرم بر روی ۴۰ درجه سانتی گراد و استفاده از تانک مجزا برای

	آب گرم سـرویس‌های بهداشـتی، اسـتفاده از توالت‌ها با جریان کم آب (۰/۵ گالن در هر فلاش تانک) و اسـتفاده از شـیرهای آب سـنسـوردار، جمع‌آوری آب باران و اسـتفاده مجدد از آب سینک‌ها برای آبیاری از جمله راهکارهای پایداری در زمینه تاسیسات مکانیکی می‌باشد.
نور روز	ا ستفاده حداکثری از نور روز یک ا صل در طراحی پایدار بوده و علاوه بر کاهش م صرف انرژی، آ سایش را بهبود بخشیده و موجب بازدهی بیشتر کاربران می‌گردد. در یک فضای پژوهشی نور طبیعی باید به بیشتر لابراتوارها برسد. در این صورت کاربران می‌توانند در طول روز آب و هوا را رصـد و موقعیت خود را نسـبت به هر زمانی از روز تغییر دهند.. نور روز می‌بایسـت منبع اولیه تامین رو شنایی بوده و نور م صنوعی به عنوان منبع کمکی ا ستفاده شود. به طور معمول عمق ورود نور ۴/۵ متر از لبه‌های نورگیر فضا در طول روز بوده و استفاده از قفسه‌های نوری این عمق را تا حدود ۱۴ متر افزایش می‌دهد. همچنین اسـتفاده از پنجره در ارتفاع و نورگیرهای سـقفی می‌تواند نور بیشتری را وارد محیط کند.
نورپردازی	اسـتراتژی های نورپردازی پا یدار شـامل اسـتفاده از فلوئورسـنت متراکم (compact fluorescents) به جای لامپ‌های رشـته‌ای، اسـتفاده حداکثری از نور طبیعی و اسـتفاده از انواع حسگرهای نوری برای ذخیره انرژی. نور موردنیاز دفاتر کار پژوهشی معمولاً کمتر از ۰/۷۵ watts/sf بوده که با کنترل نورپردازی تا کمتر از watts/sf ۰/۵ می‌رسـد. تا جایی که نور محیط و نور مو ضعی می‌بای ست ترکیب شود تا سطح نور کاهش یابد. برای نور مو ضعی بهتر است از LED استفاده شود.
کنترل نور	اصل مهم در سیستم‌های کنترل نور عبارتست از «ساده بهتر است» . برخی سیستم‌های مجهز به تکنولوژی حسگرهای نوری بوده که قادر به کنترل رو شن و خاموش کردن رو شنایی خارجی و روشن کردن نواحی خاص که نیاز به روشنایی دارند، می‌باشد. برخی سیستم‌های فلوئورسنت و هالیدهای فلزی می‌توانند انرژی خورشید را در طول روز ذخیره و از آن برای راه‌اندازی لامپ‌ها استفاده کنند. از جملهه تکنولوژی‌های نوری، سیستم‌های برنامه‌ریزی ولتاژ پایین و حسگرهای کاربران می‌باشـند. نوع اول قادر اسـت همه یا بخش‌های خاص بنا را کنترل کرده، انعطاف‌پذیر بوده، به راحتی با تغییرات بنا هماهنگ می‌شود و می‌تواند برای سیستم‌های کوچک و بزرگ به کار گرفته شود. سنسورهای کاربران در دو نوع مادون قرمز و ماوراء صوت وجود دارد. نوع اول حرکت گرما میان فضـاها را تشـخیص می‌دهد. همچنین این سـیسـتم مجهز به یک خط دید بوده که افراد را در لابراتوارها ت شخیص می‌دهد. سی ستم ماوراء صوت (Ultrasonic) حرکت را از طریق تغییرات فرکانس موج‌های صـوتی بازگشـتی تشـخیص داده و برای اتاق‌های بزرگ و کنترل ۳۶۰ درجه مناسب هستند. اشکال این سیستم این است که با تلاطم هوا به راه می‌افتد.
مصالح سبز	توصـیه می‌شـود از چوب سـخت، چوب‌های چندلایه و روکش‌های سـالم اسـتفاده شـود که از جنگل‌های مشخصی برای این کار تهیه می‌شوند. این مصالح در ساخت فضاهای کار، کابینت‌ها و قفسه‌ها در لابراتوار به کار گرفته می شوند. همچنین فضاهای کار فلزی و هودها را می‌تواند از صفحات فلزی بازیافتی تهیه کرد که ۲۰ تا ۲۵٪ فلز بازیافتی دارند.

۳-۴-۴ ملاحظات تجهیزات و مبلمان

مبلمان لابراتوار و فضاهای کار پژوهشی باید محکم بوده، براساس ارگونومی طراحی شود، توانایی تحمل بارهای پیش‌بینی شده و استفاده‌های متنوع را داشته باشد. مبلمان و فضاهای کاری تنظیم شونده، مدولار و متحرک باید برای انعطاف‌پذیری در آینده درنظر گرفته شود. این اقدامات احتیاطی، احتمال بروز آسیب‌های مربوط به ارگونومی را کاهش و موجب بهبود کارآیی پژوهشگران می‌گردد.

به منظور همساز کردن عوامل انسانی و نیازهای عملکردی یک لابراتوار، پیشنهاد می‌شود حداقل ٪۵۰ صندلی‌های کار در لابراتوار قابل‌تنظیم برای ارتفاع‌های مختلف باشد. (درصورت امکان همه صندلی‌ها چنین باشد تا حداکثر انعطاف‌پذیری و انطباق‌پذیری میسر شود). [۱۱۶]

جدول ۴-۴- ملاحظات مربوط به مبلمان فضای پژوهشی. [۱۱۶]

نوع مبلمان	ملاحظات
میز کار (کانتر)	- حداقل ٪۵۰ میزهای کار ارتفاع تنظیم‌شونده داشته باسند؛ - حداقل ۴ پایه Cشکل داشته باشد؛ - ابعاد میز کار ۱۸۲*۷۶ سانتیمتر؛ - بازده ارتفاع نشسته تا ایستاده بین ۷۰ تا ۱۱۰ سانتیمتر؛ - ابعاد فضای قرارگیری پاها ۷۶*۴۸ سانتیمتر؛ - تحمل وزن حداکثر ۳۴۰کیلوگرم و - روشنایی بالای سر قابل تنظیم برحسب نیاز کاربر.
میز تجهیزات	- محل قرارگیری تجهیزاتی نظیر میکروسکوپ، هود، سانتریفیوژ، اتوکلاو، تحلیل‌گر، لیزر و کامپیوتر؛ - تحلیل‌گرهایی که با کامپیوترها کار می‌کنند، روی یک میز مجزای متحرک قرار گیرند؛ - حداقل ۴ پایه Cشکل تلسکوپی داشته باشد؛ - ابعاد میز تجهیزات ۱۲۰-۱۸۰*۷۶-۹۰ سانتیمتر؛ - بازده ارتفاع نشسته تا ایستاده بین ۶۶ تا ۹۶ سانتیمتر؛ - ابعاد فضای قرارگیری پاها ۷۶*۴۸ سانتیمتر و - تحمل وزن حداکثر ۶۸۰ کیلوگرم
کرال‌های آز مایشگاه کامپیوتر	- در فضای خارج از لابراتوار قرار گیرد؛ - ابعاد حداقل ۷۶*۱۲۰ سانتیمتر؛ - بازده ارتفاع نشسته تا ایستاده بین ۶۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر و - گوشه‌های میز با شعاع حداقل ۴ سانتیمتر گرد شود. (نوع دو طبقه آن توصیه می‌شود).
قفسه‌ها	- قفسه‌ها باسد قابل نصب و برداشتن در هر دو طرف میزکار باشند؛ - عمق قفسه‌ها باید براساس موادی که حمل می‌کند، قابل تنظیم باشد؛ - همه قفسه‌ها باید دارای یک مانع (به ارتفاع حداقل ۴سانتیمتر) برای ایمنی در هنگام زلزله باشند و - باید کاملاً محکم و بدون کمترین لرزشی نصب شوند.

کمد های زیر کانتر	- کمدهای زیر کانتر می‌بایست قابل نصب و برداشتن و متحرک باشند؛ - تمامی کمدها می‌بایست فضایی به ابعاد ۱۰*۱۰ سانتیمتر در زیر خود برای قرارگیری پا داشته باشد و - ابعاد فضای قرارگیری پاها ۷۶*۴۸ سانتیمتر
صندلی‌ها	- ارتفاع نشیمن‌گاه بین ۶۳ تا ۸۳ سانتیمتر؛ - عمق صندلی حداقل ۶ سانتیمتر بیشتر از عمق نشیمن‌گاه، - پشتی با ارتفاع و زاویه قابل تنظیم؛ - بهتر است از نوع بدون دسته استفاده شود؛ - صندلی‌ها باید دارای تکیه‌گاه پا باشند؛ - استفاده از چرخ‌های روان برای سطوح سخت (همراه با قفل چرخ) و چرخ‌های سفت برای سطوح نرم مانند موکت و - رویه از جنس وینیل نرم و قابل شست و شو.
سطوح کار	- تمامی سطوح باید در مقابل مواد شیمیایی و شوینده‌ها مقاوم و غیرقابل نفوذ باشند؛ - سطوح میز کار از جنس اپوکسی یا رزین فنولیک؛ - سطوح میز کار خاکستری رنگ و مات باشند؛ - گوشه‌های میز کار با شعاع حداقل ۴ سانتیمتر گرد شود و - ضخامت میز کار ۲/۵ سانتیمتر.

۴-۵ برنامه‌ریزی برای طراحی آزمایشگاه‌های تحقیقاتی

رابطه میان لابراتوارها، دفاتر کار پژوهشگران و کریدورها تاثیر مهمی در شکل‌گیری پروژه دارد. پنج موضوع تاثیرگذار در تعریف این روابط به شرح زیرند.

- توجه به دید لابراتوارها به بیرون، شکل‌گیری لابراتوارها با دیوارهای جداکننده برای فضاهای کار و تجهیزات ویژه.
- توجه به نیازهای هریک از انواع لابراتوارها به نور، برخی ابزارها و تجهیزات (دستگاه تشخیص مغناطیسی هسته‌ای، میکروسکوپ‌های الکترونی و لیزر) در نور طبیعی نمی‌توانند عملکرد درستی داشته باشند. همچنین نور طبیعی برای آزمایشگاه‌های تحقیقاتی بر روی حیوانات و برخی فضاهای پشتیبانی مناسب نبوده و بنابراین این فضاها در میانه ساختمان‌ها قرار می‌گیرند.
- منطقه‌بندی ساختمان میان لابراتوارها و فضاهای غیر از لابراتوارها هزینه‌ها را به طور چشمگیری کاهش خواهد داد. لابراتوارها ۱۰۰٪ به هوای تازه بیرون نیاز دارند. درحالی‌که دیگر فضاها (مانند فضاهای اداری) می‌توانند از هوای دوباره تصفیه شده، استفاده کنند.
- لابراتوارهای بسته و باز: تعداد زیادی از موسسه‌های تحقیقاتی لابراتوارهای باز را برای پشتیبانی از کار گروهی ترجیح می‌دهند. این نوع فضا در مقابل لابراتوارهای بسته در گذشته قرار می‌گیرند که امکانات را در اختیار شخص می‌گذارند. در لابراتوارهای باز، پژوهشگران نه تنها فضای خودشان را با دیگران تقسیم می‌کنند، بلکه تجهیزات، فضای نشستن و کارکنان و پشتیبانی نیز

به صورت مشترک بوده، ارتباط میان پژوهشگران و دانشمندان را تسهیل می‌کند. طیف وسیعی از لابراتوارها، از آزمایشگاه‌های خیس بیولوژی و شیمی گرفته تا آزمایشگاه‌های خشک مهندسی و علوم کامپیوتری، به صورت «باز» طراحی می‌شوند.

فضاهای همجوار می‌توانند به وسیله یک، دو و یا سه کریدور ارتباطی سازماندهی شوند. حالت‌های مختلف قرارگیری فضاها همراه با کریدورها در جدول (۴-۵) نمایش داده شده است.

جدول ۴-۵- انواع سازماندهی و ویژگی‌های لابراتوارها و فضاهای تحقیقاتی وابسته. [۱۱۴]

سازماندهی	ویژگی‌ها
تک کریدور (single corridor)	سادگی و کارآیی بالا قرارگیری پله‌های فرار و یا دسترسی‌های خروج در دو انتهای کریدور قرارگیری هسته ارتباط عمودی (آسانسور و پله) در میانه کریدور قرارگیری لابراتوارها در یک سمت دفاتر کار پژوهشگران مناسب برای سایت‌های کم عرض امکان ایجاد بازشو به بیرون برای لابراتوارها و دفاتر کار عدم داشتن کریدورهای خدماتی عدم وجود بازشو در کریدور
لوپ میانی (Internal loop corridor)	گردش به دور ساختمان کارآیی بالا مناسب برای ایجاد طبقات وسیع امکان دسترسی به لابراتوارها و دفاتر کار از دو، سه و یا چهار جهت دسترسی کوتاه و راحت به فضاها امکان ایجاد بازشو به بیرون برای لابراتوارها و دفاتر کار افزایش تعامل میان کاربران عدم داشتن کریدورهای خدماتی عدم وجود بازشو در بخش‌های میانی کریدور و اشکال در نورگیری قرارگیری پله‌ها به صورت متقارن در گوشه‌های کریدور
لوپ محیطی (Primeter loop corridor)	امکان ایجاد کریدورهای خدماتی مجزا مناسب برای ایجاد طبقات وسیع بازشو و نورگیری زیاد در کریدورها مناسب برای لابراتوارهای بدون نیاز به نور تعامل اندک کاربران امکان ایجاد دفاتر کار باز در مجاورت کریدورهای پیرامونی امکان نورگیری و تهویه طبیعی همزمان برای کریدور و دفاتر کار باز امکان تهویه هوای لابراتوارها از طریق اختلاف موجود
کریدور شبکه‌ای (Grid corridor system)	امکان نورگیری برای دفاتر و لابراتوارها کریدورهای خدماتی مجزا مناسب برای ایجاد طبقات بسیار وسیع و عملکردهای بدون نیاز به نور

	نورگیری اندک در کریدورهای میانی تعامل اندک کاربران خوانایی کمتر فضاها طول زیاد مسیرهای دسترسی تامین کریدورهای خدماتی مجزا
کریدور خدماتی (Service corridor)	مخصوص استفاده پرسنل، پژوهشگران، تکنسین‌ها و تعمیرات و نگهداری مناسب برای ساختمان‌هایی با کریدورهای شبکه‌ای و لوپ محیطی قرارگیری داکت‌های هوای تازه در جداره‌های کریدور خدماتی
کریدور انگشتی (Finger corridor)	مناسب برای ساختمان‌هایی با تک کریدور و یا لوپ میانی مناسب برای ایجاد طبقات بسیار وسیع نورگیری و تهویه محدود کریدورها امکان ایجاد سلسله مراتب در عرض راهروها از عمومی به خصوصی عرض ۶ متر برای کریدورهای لابراتوارهایی که عرض پلان آن‌ها بیشتر از ۲۳ متر باشد

۶-۴ انعطاف‌پذیری لابراتوارها

امروزه قابلیت توسعه، چیدمان مجدد و استفاده چندمنظوره یکی از موضوعات اصلی در طراحی لابراتوارهاست. برای دستیابی به این هدف، توجه به طراحی داخلی و سیستم مهندسی انعطاف‌پذیر از طریق نکات زیر ضروری است.

- آزمایشگاه باید به گونه‌ای طراحی شود که محدوده تجهیزات و فضاهای کار ثابت و متحرک را در خود جای دهد؛
- در نظر داشتن لابراتوارهای عمومی در طراحی،
- فضای کار متحرک؛ از میزها و کابینت‌های متحرک تشکیل شده و به محققین اجازه می‌دهد تا لابراتوارها را براساس نیاز خود سازماندهی کرده و شکل دهند؛
- پارتیشن‌های منعطف؛ این اجزا می‌توانند نصب و یا باز شده به جای دیگری منتقل شوند و باعث می‌شوند فضای لابراتوار در اندازه‌های مختلفی شکل گیرد و
- حامل‌های خدماتی بالاسری؛ از سقف آویزان بوده و خدماتی نظیر لوله‌کشی، تاسیسات الکتریکی، اطلاعات، روشنایی و تهویه مطبوع را در خود جای می‌دهند. این حامل‌ها باعث شده تا زمین از تجهیزات خالی شده و فضای بیشتری در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهند. [۱۱۵]
- لابراتوارها می‌بایست به راحتی از دیوارها و سقف جدا / متصل شوند تا اتصال به تجهیزات سریع و مقرون به صرفه باشد.
- سیستم‌های مهندسی باید به گونه‌ای طراحی شوند تا هودهای بخار شیمیایی به راحتی به آن‌ها وصل شوند و یا حذف گردد.
- فضاها باید به گونه‌ای طراحی شوند که برای نیازهای آتی به تاسیسات مکانیکی، لوله‌کشی و تاسیسات الکتریکی قابل تغییر باشند. [۱۱۵]

۴-۷ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

چگونگی دستیابی به انعطاف‌پذیری باتوجه به گونه آزمایشگاه متفاوت است. در هر حال به عنوان یک قانون عمومی، در گونه‌های بزرگ و پیوسته آزمایشگاهی بخش نیازهای خدماتی تحقیقات از اعضای ساختاری متمایز شده و آن‌ها را به نحوی مستقر می‌کنند که به راحتی قابل دسترس و جایگزینی باشند. در این دسته، انواع مختلفی از نصب تجهیزات مانند گازرسانی و تجهیزات ایمنی امکان‌پذیر است که هرکدام دوره استفاده خاص خود را دارند. درواقع نقشه ساختمان باید در پلان به دو حوزه کار و حوزه خدماتی تقسیم شود و در آزمایشگاه‌های پیچیده‌تر این تقسیم‌بندی در مقطع نیز صورت می‌گیرد. ابعاد هر حوزه بستگی به شرایط محیطی دارد، اما به طور معمول عرض ۷ تا ۱۰ متر برای حوزه کار و عرض ۲ تا ۳ متر برای حوزه خدماتی در نظر گرفته می‌شود. ارتفاع اتاق‌ها معمولاً ۳ تا ۴ متر است، اما به واسطه سقف‌های کاذب ممکن است کمتر نیز باشد. در آزمایشگاه‌های چند طبقه ممکن است طبقات میانی خدماتی موجود باشد یا این‌که یک زیرزمین یا نیم‌طبقه خدماتی وجود داشته باشد. در آزمایشگاه-های بزرگ یک طبقه، خدمات همکف یا دسترسی زیرزمینی برای وسایل نقلیه ترجیح داده می‌شوند.

تامین نور طبیعی جز در موارد محدودی از آزمایشگاه‌ها (نظیر آزمایشگاه اپتیک) اساسی شمرده می‌شود و توصیه شده که در دورترین محل ثابت کار از پنجره بیش از دو برابر ارتفاع بالاترین نقطه پنجره از کف فاصله داشته باشد و در عین حال قابل تاریک شدن برای برخی از آزمایش‌ها باشد.

آزمایشگاه‌ها سه گونه اصلی جای‌گیری شامل خود آزمایشگاه‌های تحقیقاتی، اتاق‌های کوچک سمینار و تدریس، فضاهای اداری دارند. در حالی که کارکنان تحقیقات، نیازمند جای‌گیری در کنار آزمایشگاه هستند، مدیران و اساتید برجسته، از فضاهای اداری خصوصی برخوردارند. معمولاً هر آزمایشگاهی حوزه‌بندی‌هایی برای ایستگاه‌های کار، تجهیزات، حوزه امنیتی و قفسه‌های گاز دارد.

منطق کانال‌های خدمات‌رسانی و حوزه‌های ساختاری، تعیین‌کننده طرح استقرار دقیق اتاق‌هاست. در آزمایشگاه‌های ساخته شده با فناوری برتر، خدمات کامل زیرزمینی حداکثر انعطاف‌پذیری را به مجموعه می‌بخشد. فضای موردنیاز برای هر محقق به سطح تحقیق در حال اجرا بستگی دارد.

آزمایشگاه‌های پژوهشی معمولاً جزئی از مجموعه آزمایشگاه‌ها و غالباً درون یکی از آن‌ها قرار دارند و فضای سرانه از ۹ تا ۱۸ مترمربع برای آن‌ها پیشنهاد شده است.

آزمایشگاه‌های سنگین یا کارگاه‌ها دارای ارتفاعی بیشتر از ۳ متر(تا ۶ متر)، بار زنده بیشتر از ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمربع، دهانه ساختمانی بزرگ بیش از ۵۰ مترمربع و وسعت فضای بیشتر از ۱۰۰ مترمربع می‌باشند.، بنابراین لزوم تدابیر ویژه برای بار متحرک در کف و ارتفاع مشخص است. به همین دلیل گه‌گاه مناسب‌تر است که خارج از قالب اصلی ساختمان (پیوسته یا منفصل از آن)، به‌ویژه در پروژه‌هایی که از زمین کافی برخوردارند، ایجاد گردند. سطح سرانه پیشنهاد شده برای این قبیل فضاها به طور متوسط ۱۰ مترمربع و دامنه آن از ۵ تا ۲۰ مترمربع متغیر است.

نور طبیعی را در کارگاه‌های کوچک می‌توان از پنجره تامین کرد، ولی در کارگاه‌های بزرگ (سطح و تنوع زیاد ابعاد) تامین نور از سقف اقتصادی‌تر و قابلیت انعطاف فضاها و تغییرات بیشتر است.

فصل ۵ : بررسی، تجزیه و تحلیل نمونه‌های موردی

۵-۱ مقدمه

باتوجه به پیچیدگی و تعدد نیازها و اقتضائات فضایی، عملکردی و فنی یک پژوهشکده پایدار، بررسی نمونه‌های موردی و تجزیه و تحلیل آن‌ها کمک شایانی به برنامه‌ریزی و انتخاب راهکارهای طراحی می‌نماید. به همین منظور تعدادی نمونه موفق در جهان از منظر راهکارهای طراحی به منظور دستیابی به ساختمان پایدار مورد بررسی قرار خواهند گرفت. نمونه‌های انتخاب شده، پژوهشکده‌های پایدار با بهره‌وری انرژی بالا بوده که موضوع پژوهش‌های آن‌ها در دو دسته: ۱. انرژی‌های تجددپذیر و ۲. مطالعات پایداری جای می‌گیرد که به لحاظ محتوایی با موضوع طرح حاضر بیشترین مطابقت را داشته و نتایج آن برای پروژه‌های مشابه قابل تعمیم خواهد بود.

۵-۲ بررسی راهکارهای طراحی به منظور دستیابی به ساختمان پایدار

در این بخش تعدادی نمونه موردی انتخاب و راهکارهای طراحی آن‌ها از منظر: ۱. حفاظت انرژی؛ ۲. راهکارهای خورشیدی غیرفعال؛ ۳. راهکارهای خورشیدی فعال؛ ۳. به کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر و ۴. سیستم‌های بهره‌وری انرژی موردبررسی قرار می‌گیرد.

۵-۲-۱ پژوهشکده پایداری، موسسه علوم و فناوری مصدر / امارات متحده عربی[۳۳]

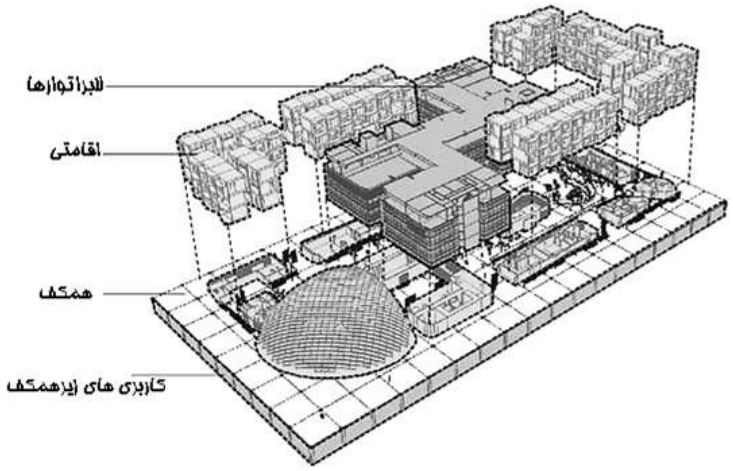
- زیربنا: ۴۰۰۰ m^2
- تراکم: ۴۰۰٪
- تعداد کاربران: ۱۰۰ نفر
- سرانه: ۴m^2
- سال ساخت: ۲۰۰۷-۲۰۱۰

انیستیتو مصدر اولین بخش از طرح جامع شهر مصدر بوده که اهداف یک شهر پایدار را دنبال می‌کند. طراحی این موسسه ترکیبی از انواع گوناگون استراتژی‌های فعال و غیرفعال محیطی است و به عنوان نمونه‌ای آزمایش شده از تکنولوژی‌های پایدار برای توسعه شهر مصدر تلقی شده که انرژی آن تماماً از طریق انرژی تجدیدپذیر خورشید تامین می‌گردد. [۱۱۷]

موقعیت ساختمان‌های پژوهشی و اقامتی به گونه‌ایست که هم‌زمان ساختمان‌های مجاور و پیاده‌راه‌ها

[۳۳] Sustainability Research Center, Masdar Institute of Science & Technology | UAE

را در سایه قرار داده و تمامی نماها بر روی خود سایه‌اندازی دارند. بیش از ۵۰۰۰ مترمربع تاسیسات فتوولتاییک مستقر در بام، انرژی موردنیاز ساختمان را تامین و آن را از تابش مستقیم خورشید محافظت می‌کند. نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی مصدر، علاوه بر تامین تمامی نیازهای انرژی انیستیتو مصدر، ٪۶۰ انرژی مازاد خود را در اختیار شبکه برق ابوظبی قرار می‌دهد. [۱۱۸]



تصویر ۵-۱-دیاگرام عملکردهای موسسه علوم و فناوری مصدر.

پردیس مصدر به طور چشمگیری انرژی و آب کمتری نسبت به ساختمان‌های مدرن در امارات متحده عربی مصرف می‌کند. پره‌های افقی و عمودی و همچنین خلل و فرج موجود در پوسته ساختمان-های پژوهشی، سایه و خلوت دیداری را تامین کرده و فضایی با انعطاف‌پذیری بالا فراهم می‌کند. همچنین بادگیر مدرنی که در میانه فضای عمومی قرار گرفته، نقش خنک‌کننده جریان هوا را داشته و حضور فضای سبز و آب، سرمایش تبخیری را تامین می‌نماید.[۱۱۷]

فضای خارجی لابراتوارهای می‌بایست نیازهای فضای داخلی و تعدیل دمای بسیار بالای منطقه را هم‌زمان پاسخگو باشد. اصلی‌ترین استراتژی، ایجاد نمایی عایق می‌باشد. بنابراین طراحان نمای لابراتوارها را از صفحات عایق ETFE پرشده از هوا طراحی کردند که در طول روز سرما را در خود نگه می‌دارد. تمامی شیشه‌های استفاده شده در نما، کمترین پل حرارتی را در جداره ایجاد نموده و بنابراین نیاز است تا در بهینه‌ترین حالت و با کمترین سطح ممکن طراحی شود. [۱۱۹]

پنجره‌ها می‌بایست نور روز را به صورت طبیعی کنترل و از طریق مجموعه‌ای از بازشوها به داخل فضای لابراتوار هدایت نموده و همچنین دید به بیرون پژوهشگران در حالت ایستاده و یا نشسته برروی صندلی کار تامین گردد. بنابراین بازشوها با ترکیبی از تیغه‌های افقی و عمودی طراحی شده تا زوایای بالا و پایین نور خورشید را در فصول مختلف پوشش داده و سایه لازم را ایجاد نماید. [۱۲۰]

سطوح صلب نمای خارجی، ترکیبی نقره‌ای رنگ را در سطوح خارجی ایجاد نموده و همچنین لایه نازکی از آلومینیوم صیقلی یا "صفحه خورشیدی" نور را به طور کنترل‌شده‌ای به پیاده‌راه زیرین خود می‌تاباند. باتوجه به مدولار بودن شبکه نما، پیش‌ساخته‌سازی و تکرار واحدهای تشکیل‌دهنده پوسته خارجی به کاهش ضایعات مصالح در طول پروسه ساخت کمک شایانی کرده؛ همچنین موجب کاهش ورود و خروج مواد و مصالح به انیستیتو شده که با مولفه‌های پایداری در شهر مصدر نیز مطابقت دارد.

[۱۱۹] استراتژی‌های طراحی فضای خارجی لابراتوارها در پیوست شماره (۱) ارائه شده است.

لابراتوارهای انیستیتو مصدر با داشتن انعطاف‌پذیری بسیار بالا، تمایز خاصی با سایر انواع لابراتوارها دارند. دفاتر کار یا فضاهای اجتماعی برای مطالعه و کار با طراحی انعطاف‌پذیر، اجازه می‌دهند تا فضاهای داخلی به راحتی برای نیازهای برنامه‌های تحقیقاتی مختلف شکل گیرند و جایگزین یکدیگر شوند که این امر نیازمند بررسی مقتضیات بنا شامل صفحات کف با لرزش کم، پلان‌های یکپارچه بدون ستون و ... در فضای لابراتوار می‌باشد. تمامی خدمات در بالای سر محققان و بر روی یک شبکه قرار گرفته است. همچنین کف لابراتوارها از جنس رزین محکم و سالم بوده تا برای آزمایش‌ها و تحقیقات نیازمند محیط مرطوب نیز مناسب باشد. بنابراین ساختمان به صورت انعطاف‌پذیر برای تغییر و نیازهای پژوهشگران، با کمترین میزان تاثیرات محیطی طراحی و ساخته شده است. [۱۲۰] استراتژی‌های طراحی فضای داخلی لابراتوارها در پیوست شماره (۲) ارائه شده است.

۲-۲-۵ مرکز پژوهشی RSF/ ایالات متحده آمریکا[۳۴]

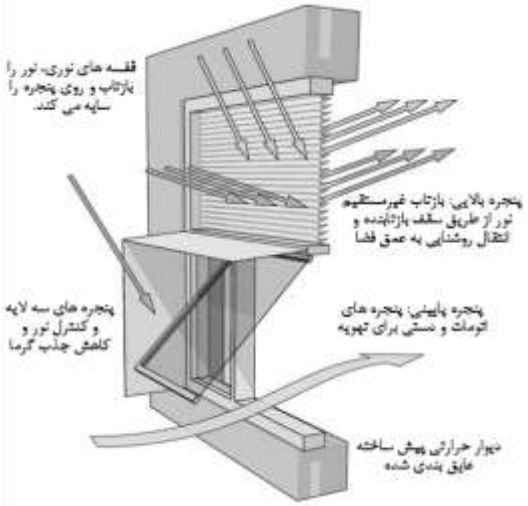
- سطح اشغال: ۵۰۰۰ m^2
- زیربنا: ۲۰۰۰ m^2
- تراکم: ۴۰۰٪
- تعداد کاربران: ۱۱۰۰ نفر
- سرانه: ۱۸m^2
- سال ساخت: ۲۰۱۰
- طراح: NRL Design

پژوهشکده RSF ساختمانی برای نمایش کارآیی بالای یک ساختمان با زیبایی خیره‌کننده و مقرون به صرفه بوده که نه تنها معیارهای رتبه پلاتینیوم در استاندارد LEED را در طراحی داراست، بلکه به عنوان اولین ساختمان انرژی صفر در نوع خود محسوب می‌شود. هدف این پژوهشکده، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تکنولوژِهای بهره‌وری انرژی و همچنین پیشرفت علوم و مهندسی در زمینه انرژی و محیط‌زیست در سطح ملی می‌باشد. این ساختمان نمونه‌ای از یک بنای پایدار با کارایی بالاست که طراحی یکپارچه و کارآمد، اجرایی بودن، تکنولوژِی‌های پیشرفته و تحقق یک ساختمان با تکنولوژی انرژی‌های تجدیدپذیر از ویژگی‌های بارز آن محسوب می‌شود. [۱۲۱]

برای بهره‌وری حداکثری ساختمان RSF ، بهره‌گیری نور روز نقش مهمی را ایفا می‌کند. بنابراین سیستم روشنایی به صورت ترکیب یکپارچه‌ای از نور روز، سیستم کنترل نور روز، سنسورهای کنترل کاربران و روشنایی با بهره‌وری بالا درآمد. همچنین، آسایش حرارتی نیز از طریق طراحی یکپارچه توده‌های حرارتی، سطوح بازتابنده، تهویه طبیعی و حفاظت انرژی محقق شد. [۱۲۲]

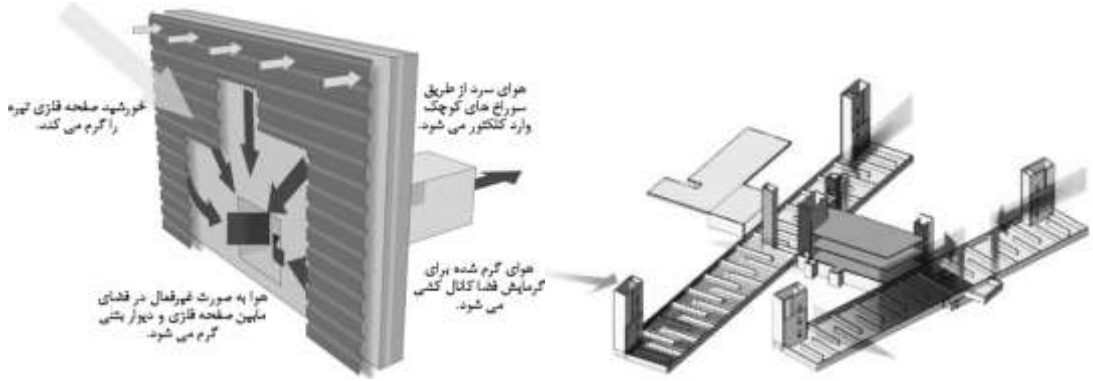
[34] The Research Support Facility | USA

در این پروژه، نور روز به صورت غیرمستقیم وارد بنا می‌شود. درواقع نورگیری از قسمت بالای پنجره انجام و از قسمت پایینی تهویه صورت می‌پذیرد. لوورهای به کاربرده شده در بخش بالایی با زاویه ۳۰ درجه نور را به سقف تابانیده و سپس از سقف در محیط منتشر می‌شود. بدین‌ترتیب نوری ملایم و مطبوع وارد فضا شده که خیرگی نداشته و حرارت محیط را بالا نمی‌برد. [۱۲۱]



تصویر ۵-۲-دیاگرام سیستم بازشوها و رود نور به فضای داخل. [۱۲۲]

ساختمان شامل لابیرنت حرارتی بتنی در زیر دو بال اصلی بوده که گرما را از کلکتورهای حرارتی در پشت نمای جنوبی دریافت و ذخیره می‌کند تا در زمستان به گرمایش فضا کمک کند. این لابیرنت گرمای اضافی را از data center دریافت کرده و به خنک‌سازی فضا و تجهیزات آن کمک می‌کند.



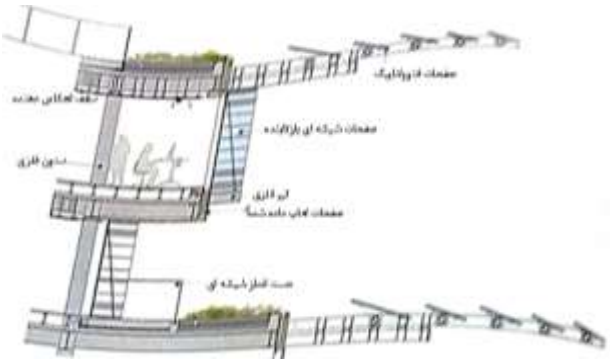
تصویر ۵-۳-لابیرنت حرارتی در زیر بال های اداری، ساختمان آر اس اف.(تصویر راست) [۱۲۲]
تصویر ۵-۴-کلکتورهای حرارتی در زیر نمای جنوبی، ساختمان آر اس اف. (تصویر چپ) [۱۲۲]

۳-۲-۵ پژوهشکده بهره‌وری انرژی / چین[۳۵]

- سطح اشغال: ۲۰۰۰ m^2
- زیربنا: ۲۰۰۰ m^2
- تراکم: ۱۰۰٪
- سال ساخت: ۲۰۱۲
- طراح: Mario Cucinella Architects

طراحان به منظور استفاده از توانایی‌های غیرفعال خورشیدی و به کارگیری المان‌های خورشیدی فعال، به طور هنرمندانه‌ای مدلی برای ساختمان‌های خودکفا و کاهش انتشار گاز کربن ارائه دادند. پروژه ترکیبی از مرکز محیط‌زیست ایتالیا و مرکز علوم و تکنولوژی جمهوری خلق چین است. بنابراین ساختمان به شکل دو بال متقارن همراه با یک گشودگی به سمت جنوب، طبقات پلکانی و یک حیاط میانی شکل گرفت. صفحات فتوولتاییک در حین دریافت انرژی خورشید، بر روی تراس‌ها سایه‌اندازی دارند که با رشد گیاهان رونده بر روی جداره‌های تراس تقویت می‌گردد. [۱۲۳]

نماهای دوپوسته شیشه‌ای همراه با سایبان‌های افقی در جبهه شرقی و غربی در نظر گرفته شده و همچنین لوورهای شیشه‌ای چرخان با سطح بازتابنده، دیوارهای خارجی حیاط میانی را پوشانده و آن را از نور طبیعی و جذب متعادل حرارت بهره‌مند می‌سازد. جبهه شمالی به منظور حفاظت ساختمان در برابر بادهای سرد زمستان کاملاً عایق می‌باشد. [۱۲۴]



تصویر ۵-۵- جزییات طراحی تراس‌ها و سایبان‌ها، ساختمان اس آی ای ای بی. [۱۲۴]

بیش از ۱۰۰m^2صفحات PV نیازهای انرژی ساختمان را برطرف می‌کنند. معماران برای به حداقل رساندن میزان انتشار CO_2، موتورهای گازسوز با ژنراتور برقی را برای عرضه انرژی انتخاب کردند. در این ساختمان گرمای بازپس‌گرفته شده از تاسیسات و تجهیزات برای تامین آب‌گرم، گرمایش در زمستان، و ترکیب شده با چیلرهای جذبی برای سرمایش در تابستان به کارگرفته می‌شود. هوای تازه از طریق همرفت، تهویه شده و با سیستم رادیاتور سقفی بهبود می‌یابد. دما و روشنایی از طریق سنسورها کنترل شده تا میزان مصرف انرژی را در زمانی خالی بودن اتاق‌ها به حداقل برساند. [۱۲۳]

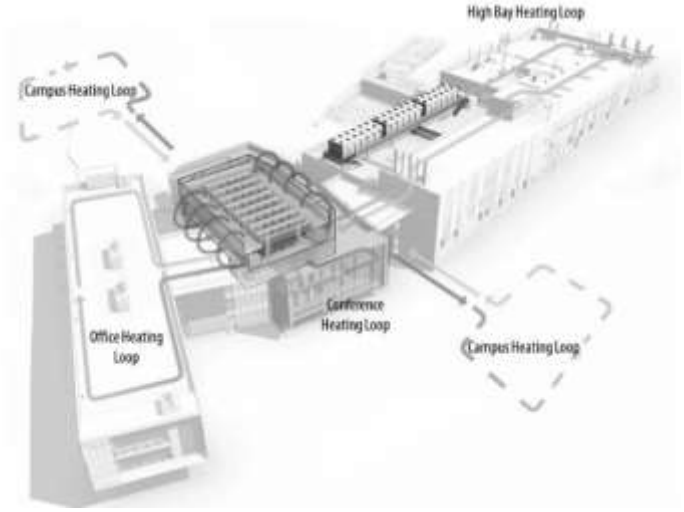
[35] **SIEEB** Solar Energy-Efficient Building | China

۴-۲-۵ پژوهشکده ملی انرژی‌های تجدیدپذیر / ایالات متحده آمریکا[۳۶]

- سطح اشغال: $۵۷۰۰\ m^2$
- زیربنا: $۱۷۰۰\ m^2$
- تراکم: ۳۰۰٪
- سال ساخت: ۲۰۱۳
- طراح: SmithGroup JJR

پژوهشکده ملی انرژی‌های تجدیدپذیر در پردیس انرژی واقع و تبدیل به مدلی از طراحی پایدار بهره‌وری انرژی شده است. این پژوهشکده محیطی را برای پژوهشگران و دانشمندان در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین بزرگترین و قوی‌ترین مرکز اطلاعات دنیا را با هدف ایجاد تغییر در زیرساخت‌های انرژی آمریکا ایجاد کرده است. این ساختمان در سه طبقه و در گوشه جنوب شرقی ساختمان قبلی قرار گرفته است. [۱۲۵]

این پروژه ترکیبی از بهترین راهکارهای بهره‌وری انرژی، کارایی محیطی و کنترل پیشرفته از طریق رویکرد "طراحی یکپارچه ساختمان" بوده که طبق استانداردهای Energy Star طراحی شده و همچنین برای دریافت رتبه پلاتینیوم در سیستم رتبه‌بندیLEED طراحی شده است. [۱۲۶]

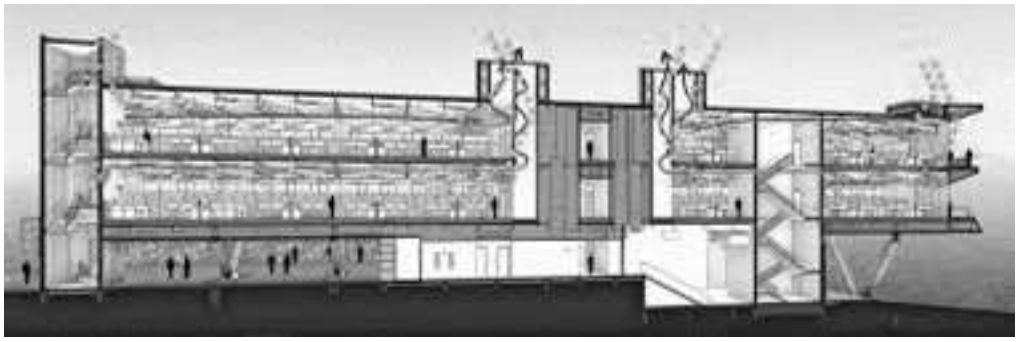


تصویر ۵-۶-نمایش ناحیه‌بندی لوپ‌های سیستم پمپ حرارتی زمین‌گرمایی در بخش‌های ساختمان. [۱۲۵]

طراحان طیفی از تکنولوژی‌های پیشرفته و آزمایش شده همچون استفاده از پنجره‌های تنظیم‌شونده (سرمایش و تهویه طبیعی)؛ فن‌های خورشیدی (کمک به بیرون راندن حرارت ناشی از دفاتر کار)؛ سایبان‌های افقی و عمودی در نمای ساختمان (کنترل ورود نور روز و کاهش جذب حرارت خورشید)؛ استفاده گسترده از پنجره‌های در ارتفاع به همراه نورگیرهای سقفی به ارتفاع ۴/۵ متر (ورود نور طبیعی

[36] National Renewable Energy Laboratory| USA

به عمق طبقات)؛ قطع سیستم روشنایی مصنوعی از ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۴:۰۰ به صورت روزانه در دفاتر کار و لابراتوارها؛ جمع‌آوری، مدیریت و مصرف مجدد انرژی الکتریکی تولید شده در آزمایش‌ها؛ بازیابی گرمای هدررفته از تجهیزات در مرکز اطلاعات و ذخیره برای گرمایش در زمستان را برای ایجاد تعادل در کارایی انرژی ساختمان به کاربرده‌اند.



تصویر ۵-۷- دیاگرام ورود و خروج هوا در مقطع طولی ساختمان. [۱۲۵]

۵-۲-۵ ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه کرج | ایران

- سطح اشتغال: $1000 m^2$
- زیربنا: $2000 m^2$
- تراکم: ٪۲۰۰
- تعداد کاربران: ۹۰ نفر
- سال ساخت: ۱۳۹۱
- طراح : شرکت مبنا

پروژه طراحی و اجرای اولین ساختمان انرژی صفر ایران در سال ۱۳۹۱ از سوی پژوهشگاه مواد و انرژی تعریف شده و طراحی و اجرای آن در قالب EPC به شرکت مشاوران بهسازی نوسازی انرژی (مبنا) واگذار گردید. این ساختمان انرژی صفر در شهرستان کرج با دیدگاه کاهش مصارف انرژی اولیه و جبران انرژی مصرف شده از طریق تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و پاک، به عنوان اولین ساختمان انرژی صفر در ایران طراحی گردید و در سال ۱۳۹۳ به بهره‌برداری رسید. ساختمان مذکور با زیر بنای $2000 m^2$ در دو طبقه و با کاربری آموزشی–پژوهشی می‌باشد. در این ساختمان سعی گردیده تا با استفاده از معماری ساختمان عواملی مانند بادگیر و گلخانه، نیاز انرژی ساختمان تا حد ممکن کاهش و بخشی از نیازهای انرژی ساختمان نیز با استفاده از انرژی خورشیدی تامین گردد.

به کارگیری مواردی مانند طراحی غیرفعال خورشیدی، جهت‌گیری ساختمان، جانمایی فضاها و عایق‌کاری در طراحی معماری ساختمان و به کارگیری استانداردهای نوین طراحی سبب گردیده مصرف انرژی این ساختمان نسبت به یک ساختمان معمولی تا ٪۹۰ کاهش یافته و به $87 KWh/m^2$ برسد که همین مقدار مصرف انرژی نیز با استفاده از تجهیزات خورشیدی جبران می‌گردد. در کنار استفاده از

رویکرد انرژی در طراحی معماری ساختمان، المان‌های متنوعی نظیر بادگیر و گلخانه نیز در ساختمان به کاربرده شده که علاوه بر بازنمایی ایده‌های معماری سنتی، تلفیق آن با جنبه‌های مدرن ساختمان درخور توجه است. همچنین استفاده از بادگیر در ساختمان سبب کاهش مصرف انرژی ساختمان در فصول میانی گردیده است. استفاده از سیستم‌های مدرن کنترلی و BMS در ساختمان نیز سبب گردیده تا کنترل مناسبی بر مصرف انرژی ساختمان ایجاد گردد. درنهایت استفاده از سیستم‌های آب گرم خورشیدی و فتوولتاییک برای تولید انرژی از منابع بازگشت‌پذیر و پاک سبب گشته تا ساختمان فوق به یک ساختمان انرژی صفر تبدیل گردد. [۱۲۷]

کشیدگی ساختمان و همچنین جهت‌گیری آن تاثیر بسزایی در کسب انرژی حرارتی خورشید و همچنین استفاده از روشنایی طبیعی ساختمان دارد. در ساختمان‌های انرژی صفر کوشیده می‌شود تا ساختمان در یک یا حداکثر دو طبقه ساخته شود و در مقابل ساختمان را بر روی زمین گسترده می‌کنند. این امر علاوه براینکه فضای بیشتری بر روی بام برای اجرای تاسیسات در دسترس قرار می‌دهد، سبب می‌شود تا فضاهای بیشتری در ضلع جنوبی ساختمان قرارگیرد و امکان استفاده از انرژی خورشید در طول روز افزایش می دهد. این ساختمان در دو طبقه و دارای کشیدگی شرقی-غربی می‌باشد تا بیشتر فضاها بتوانند از حداکثر گرمایش خورشید و روشنایی طبیعی استفاده نمایید. در جانمایی فضاهای ساختمان، فضاهایی که دارای کاربری بیشتری هستند در طبقه همکف و در ضلع جنوبی ساختمان قرار گرفته‌اند (به منظور استفاده حداکثری از نور و گرمای خورشید). ضمن اینکه با توجه به تردد بیشتری که در این فضاها صورت می‌پذیرد، قرارگیری آن‌ها در طبقه همکف موجب دسترسی ساده‌تر به این فضاها و جلوگیری از اتلاف انرژی در فضاهای کم‌تردد دیگر می‌گردد. فضاهای با کاربری کمتر نیز در ضلع شمالی ساختمان و در طبقه اول درنظر گرفته شده‌اند. با توجه به اینکه این فضاها نیاز کمتری به انرژی دارند، قرارگیری آن‌ها در ضلع شمالی سبب شده تا تنها از طریق سیستم تاسیساتی ساختمان و در مواقع کاربری، به انرژی موردنیاز خود دسترسی یافته و قرارگیری آن‌ها در طبقه اول و دوری از مکان‌های پرتردد، سبب می‌گردد تا اتلاف انرژی کمتری داشته باشند.

برای تعیین بهترین جهت‌گیری ساختمان بر روی زمین از نرم افزار شبیه سازی IES VE استفاده گردیده است. در این نرم افزار مدل سه بعدی ساخته شده از ساختمان، در زوایای مختلف چرخانده می شود و در هر بار جهت‌گیری ساختمان، میزان مصارف انرژی ساختمان و انرژی جذب شده از خورشید محاسبه می‌گردد. سپس با توجه به شرایط ساختمان و اولویت‌های در نظر گرفته شده، بهترین جهت گیری برای ساختمان برگزیده می شود. [۱۲۷]

افزایش میزان عایق‌کاری سبب می‌گردد تا میزان مصرف انرژی در ساختمان کاهش یابد. اما از سوی دیگر هزینه های اولیه اجرای پروژه افزایش می‌یابد. از سوی دیگر نیز در صورتی که مصرف انرژی در ساختمان افزایش یابد لازم است تا با استفاده از سیستم‌های خورشیدی بزرگتر، این افزایش میزان مصرف انرژی جبران گردد که در نتیجه باز هم افزایش هزینه‌های اولیه پروژه را به همراه خواهد داشت. لذا پیدا کردن یک نقطه بهینه برای میزان عایق‌کاری ساختمان که در آن بیشترین صرفه‌جویی در

مصرف انرژی با صرف کمترین هزینه اولیه حاصل می‌گردد، می‌توان میزان عایق‌کاری لازم را مشخص نمود. همچنین لازم است تا میزان عایق‌کاری حدی در نظر گرفته شود که در فرآیند ساخت ساختمان قابلیت اجرا داشته باشد. در این ساختمان نیز مواد عایق‌کاری ساختمان به گونه‌ای انتخاب شده تا ضریب توان حرارتی نسبت به الزامات مبحث ۱۹، ۴۰٪ ارتقا یافته است. در جدول (۵-۱) میزان توان حرارتی ساختمان پژوهشگاه مواد با عایق‌کاری فعلی و معمولی مقایسه شده است. [۱۲۷]

جدول ۵-۱-مقایسه توان حرارتی ساختمان انرژی صفر با عایق‌کاری فعلی و عایق‌کاری مطابق مبحث ۱۹. [۱۲۷]

توان حرارتی ساختمان با عایق-کاری فعلی(w/k)	توان حرارتی ساختمان با عایق‌کاری معمولی(w/k)	میزان کاهش توان موردنیاز
۱۸۲۷	۲۹۸۸	۴۰٪

طراحی تاسیسات الکتریکی ساختمان با رویکرد کاهش دیماند الکتریکی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته است. نیاز روشنایی ساختمان با طرح معماری مجموعه کاهش یافته و الزامات مناسب جهت حداکثر بهره‌مندی از روشنایی طبیعی در معماری دیده شده است. طراحی روشنایی ساختمان با در نظر گرفتن این موارد و با استفاده از نرم افزار Dialux با منظور نمودن نوع کاربری، انجام شده است. تجهیزات روشنایی از نوع LED انتخاب شده که علاوه بر کاهش توازن روشنایی، گزینه مناسبی در صورت استفاده از تجهیزات فتوولتاییک می‌باشد.

جهت تامین نیاز الکتریکی ساختمان از تجهیزات فتوولتاییک[۳۷] استفاده شده است. سیستمPV علاوه بر تامین نیاز ساختمان، توانایی فروش برق به شبکه را نیز داراست تا در روزهای تعطیل و ایام بدون کاربرد، ساختمان بدون استفاده نماند. با توجه به نوع کاربری ساختمان و این که میزان مصرف انرژی ساختمان تا حد زیادی متاثر از روش بهره‌برداری مجموعه است، از سیستم مدیریت ساختمان در مجموعه استفاده و کنترل اجزای مختلف ساختمان بر عهده این سیستم است. [۱۲۷]

با استفاده از الزامات انرژی در معماری، نیاز حرارتی ساختمان تقریباً ۸۵٪ نسبت به یک ساختمان معمولی مشابه کاهش یافته که باید با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر برطرف گردد. لذا با امکان‌سنجی صورت گرفته در منطقه، براساس اطلاعات اقلیمی و درنظر گرفتن محدودیت‌های اقتصادی پروژه، تامین نیاز حرارتی و آب گرم مصرفی با استفاده از انرژی خورشیدی درنظر گرفته شده است.

ذخیره‌سازی انرژی حرارتی اکتسابی در دو مخزن بافر صورت می‌گیرد که در موتورخانه ساختمان جانمایی شده‌اند. همچنین از یک منبع دو کویلی به گنجایش $۳۰۰m^2$ جهت تامین آب گرم مصرفی استفاده می‌شود. با استفاده از مدل تهیه شده در نرم‌افزارIES ، شبیه‌سازی موقعیت کلکتورها بر روی بام به شکلی تعیین شده است که کمترین میزان سایه‌اندازی بر روی هم را داشته باشند. کلکتورها از نوع تخت انتخاب شده و به صورت افقی نصب شده‌اند.

تامین هوای تازه ساختمان نیز از طریق بازیافت حرارتی و با استفاده از حرارت انباشته شده در گلخانه انجام می‌پذیرد. جهت جلوگیری از افت کیفیت شرایط آسایشی، دو دستگاه داکت فن‌کویل بر روی

[37] PV

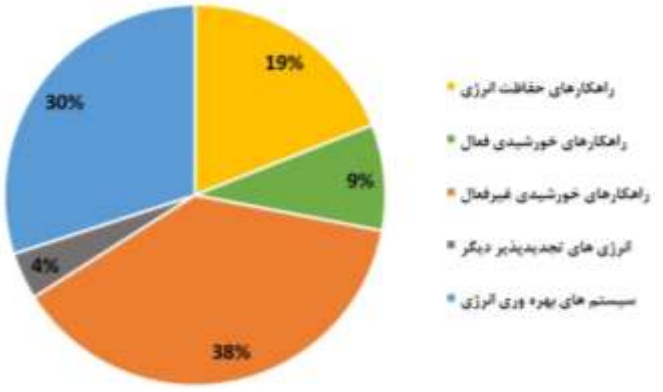
خروجی هوای گلخانه نصب گردیده که در مواقع ابری، از طریق سیستم BMS مجموعه داخل مدار آمده و دمای مناسب برای هوای تازه را تامین می‌نمایند.

پایانه‌های حرارتی ساختمان، به صورت رادیاتورهای پنلی در نظر گرفته شده است. دلیل این انتخاب در نوع کاربری ساختمان است که به صورت منقطع استفاده می‌شود.[۱۲۷]

۵-۳ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری (راهکارهای دستیابی به ساختمان پایدار)

در بخش پیشین ۵ نمونه موردی به تفصیل معرفی و راهکارهای دستیابی به طراحی پایدار در این پروژه‌ها موردبررسی قرار گرفت. این راهکارها که در پنج دسته: ۱.حفاظت انرژی و ۲.راهکارهای خورشیدی و غیرفعال؛ ۳.راهکارهای خورشیدی فعال؛ ۴.به کارگیری انرژی‌های تجدید پذیر دیگر و ۵.سیستم‌های بهره‌وری انرژی تقسیم می‌گردد، در پیوست شماره (۱۰) گردآوری و ارائه شده است. فراوانی این راهکارها و تکرار آن‌ها در هر یک از گروه‌های مورد بررسی در نمودار زیر ارائه شده است که مطابق آن عمده توجه طراحان به ترتیب معطوف به "به کارگیری راهکارهای خورشیدی غیرفعال"، "سیستم‌های بهره-وری انرژی" و همچنین "راهکارهای حفاظت انرژی" بوده و بیشترین نوآوری در این بخش‌ها به چشم می‌خورد. "راهکارهای خورشیدی غیرفعال" بیشترین اثرگذاری را در طراحی برای تحقق ساختمان پایدار داشته‌اند.

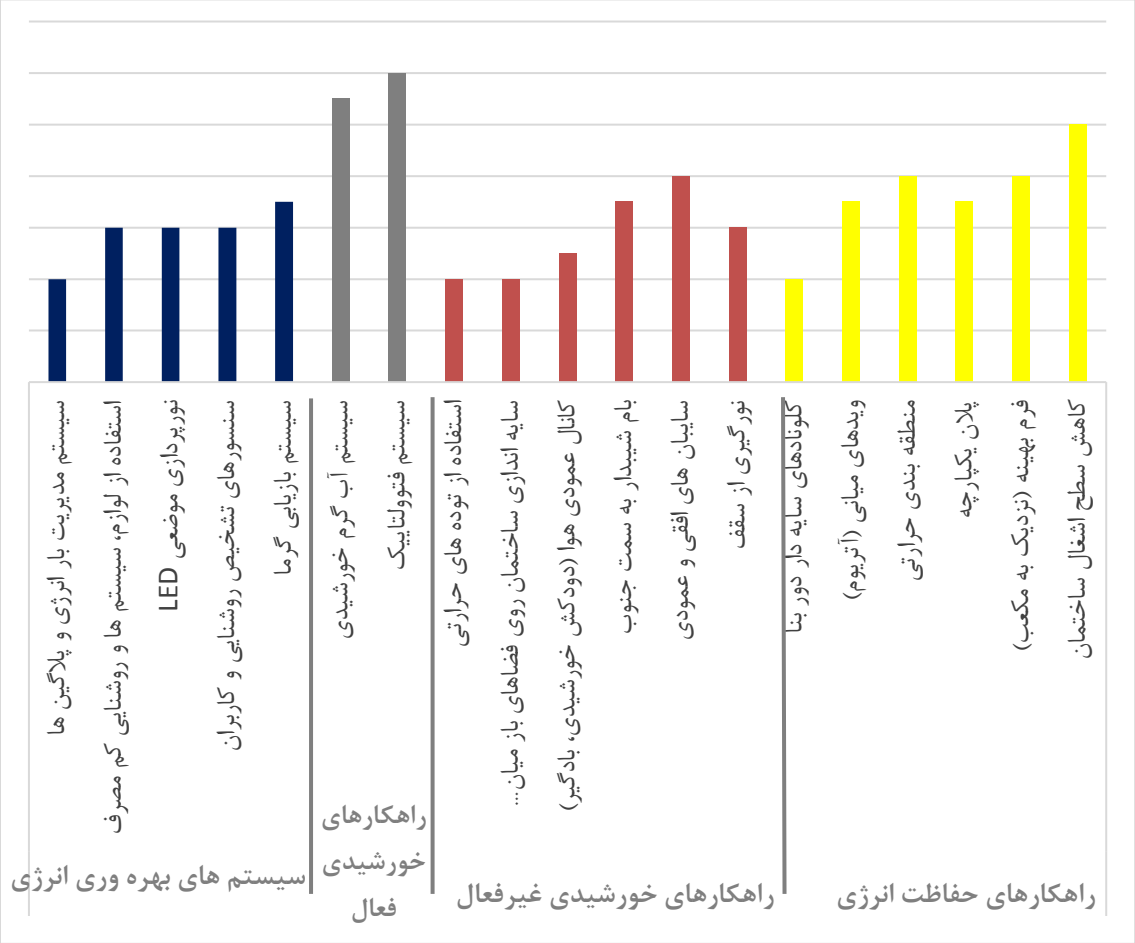
از میان انرژی‌های تجدیدپذیر، استفاده از انرژی خورشید، باد، زمین‌گرمایی و زیست‌توده به ترتیب در اولویت طراحان قرار می‌گیرد. در بخش سیستم‌های بهره‌وری انرژی نیز طراحان عمدتاً بر موضوعاتی نظیر استفاده از سیستم روشنایی، تهویه، گرمایش و سرمایش نوین و کم‌مصرف تاکید داشته و مواقعی دست به ابداعاتی در این زمینه زده‌اند.



تصویر ۵-۸- مقایسه سهم هر یک از انواع راهکارها در نمونه‌های مورد مطالعه.

به منظور بررسی دقیق‌تر و یافتن راه‌حل‌های موثرتر، راهکارهای با فراوانی بیشتر، صرف نظر از نوع اقلیم و کاربری بنا، در هر یک از گروه‌های ۵گانه شناسایی گردید. در این میان، "راهکارهای خورشیدی فعال" اگرچه تعداد راه‌حل‌های کمی را در خود جای داده‌اند، اما بیشترین تکرار را در بین نمونه‌های

مورد بررسی داشته و لذا عمومی‌ترین راهکار "استفاده از سیستم فتوولتائیک" و "آبگرمکن خورشیدی" می‌باشد. پس از آن "کاهش سطح اشغال ساختمان"، "فرم بهینه" و "منطقه‌بندی حرارتی" در رتبه‌های بعدی بوده که در گروه راهکارهای حفاظت انرژی قرار دارند.

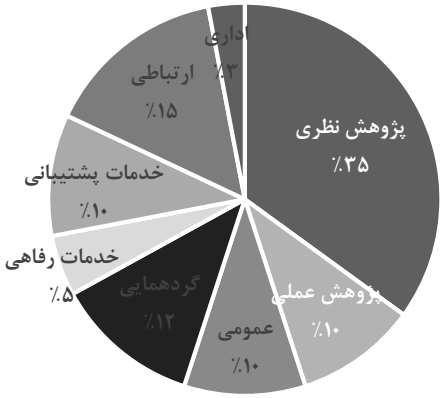
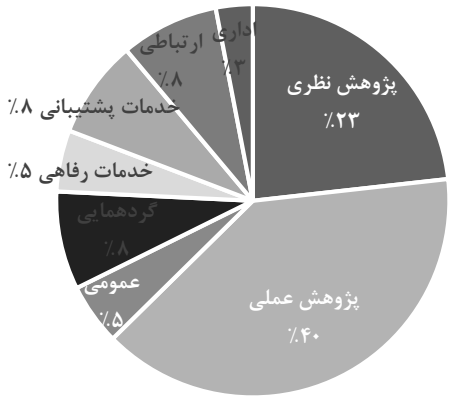


تصویر ۵-۹-فراوانی راهکارهای طراحی در گروه‌های ۵گانه.

۵-۴ بررسی برنامه‌ریزی کالبدی طرح

در جدول (۵-۲) به بررسی درصد عرصه‌های فضایی در نمونه‌های موردی می‌پردازیم.

جدول ۵-۲-درصد عرصه‌های فضایی در نمونه‌های موردی.

نمونه موردی	زیربنا	نسبت عرصه‌ها به یکدیگر
پژوهشکده پایداری مصدر	۳۰۰۰	
مرکز پژوهشی RSF	۲۰۰۰۰	
پژوهشـــ کده ملی انرژی های تجدیدپذیر	۱۷۰۰۰	

فصل ۶ : مطالعات زمینه

۶-۱ مقدمه

توجه به اقلیم‌های مناطق مختلف و شناخت آن در بررسی فعالیت‌های مختلف انسان همچون محیط-زیست، شهرسازی، حمل و نقل، جهانگردی و ... ضروری‌ترین مرحله است. معماری و اقلیم، دو سیستم انسان ساخت و طبیعی هستند که تاثیرگذاری تنگاتنگی بر یکدیگر دارند، به نحوی که بررسی چگونگی تاثیر عناصر اقلیمی و بازخوردهای آن بر معماری امری اجتناب ناپذیر است. [۱۲۸]

طراحی همساز با اقلیم عبارتست از نگهداری وضعیت میکروکلیمای ساختمان در محدوده آسایش. [۱۲۹] محدوده آسایش وضعیتی است که در آن حدود ۸۰٪ مردم احساس راحتی کنند. شش فاکتور اصلی آسایش عبارتند از دمای هوا، رطوبت، تشعشع، جریان هوا، پوشش و سطح فعالیت. فاکتورهای دیگری ازقبیل سن، جنس، فرم بدن، وضعیت سلامتی، رژیم غذایی، رنگ لباس، سازش با آب و هوای محیط و... بر میزان آسایش تأثیرگذار می‌باشند. [۱۳۰] طراحی ساختمان باتوجه به ویژگی‌های اقلیم منطقه می‌تواند در بیشتر مواقع آسایش را بدون بکارگیری وسایل مکانیکی به ارمغان آورد.

۶-۲ معرفی شهر مشهد

۶-۲-۱ هویت طبیعی

شهر مشهد، در شمال شرقی ایران و در ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه عرض جغرافیایی واقع شده است، ارتفاع از سطح دریا این شهر، ۹۹۹/۲ متر می‌باشد. [۱۳۱] دشت مشهد میان دو رشته ارتفاعات هرازمسجد-کپه داغ در شمال و محور بینالود-شاه جهان در جنوب واقع شده است. این منطقه به لحاظ موقعیت جغرافیایی، در گذرگاه عبور هوای خزری به شمال شرق قرار دارد. حضور ارتفاعات گوناگون و تنوع توپوگرافی و تغییرات ارتفاع در سطح منطقه از عوامل اصلی تنوع شرایط اقلیمی آن محسوب می‌گردد. اقلیم منطقه مشهد عمدتاً متاثر از ارتفاع البرز شرقی است که ضمناً در کنار اراضی پست کشفرود، بسیارمتغیر شده است. [۱۳۲]

۶-۲-۲ هویت انسانی

دومین مرکز پرجمعیت شهری کشور با وجود اقوام مختلف از نژادها، گویش‌ها و گرایش‌های متفاوت، موقعیت خاص جغرافیایی و همجواری با فرهنگ‌های فراملی و از همه مهم‌تر، وجود پربرکت مرقد حضرت رضا (ع)، شرایط بی‌همتایی را برای مشهد به وجود آورده است و روشن است در تمامی حوزه‌های فرهنگی، تاثیر خود را نمایان می‌کند و در ایجاد تفاوت‌های فضایی میان محلات و مناطق شهر مشهد، نقش بسیارمهمی ایفا کرده است. [۱۳۳]

۳-۲-۶ هویت کالبدی، فضایی

شهر مشهد به عنوان بزرگ‌ترین شهر کشور پس از تهران و دومین کلانشهر زیارتی جهان، در ارائه خدمات توریستی و مذهبی دارای حوزه نفوذ گسترده در سطح ملی و بین المللی است. از شروع دهه ۵۰ به بعد رشد فیزیکی مشهد تابع سیاست‌های طرح جامع شهر شد. مهم‌ترین محور اصلی توسعه در این سال‌ها جاده سنتو است که محدوده جنوبی و غربی مشهد را تا سال ۱۳۵۷ شمسی تعیین می‌کند. ایجاد دانشگاه فردوسی و پارک ملت در محدوده غربی جاده سنتو از عواملی بودند که گسترش شهر را به سمت غرب تشدید نمودند و به این ترتیب روستاهای بسیاری در اطراف، با بافت شهر ادغام شدند.

۳-۶ بررسی وضعیت اقلیمی شهر مشهد

وضعیت اقلیمی یک شهر را می‌توان بر پایه میانگین ۱۰ ساله اطلاعات آب و هواشناسی بدست آورد. به منظور بررسی اقلیم شهر مشهد، آمار اقلیم این شهر با مراجعه به سالنامه آب و هواشناسی تهیه و میانگین آن در طول ۱۰ سال محاسبه و ثبت گردید. سپس طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس ۷ روش انجام و نتایج مشخص گردید و در جدول (۶-۱) شرح هر یک گردآوری شده است.

جدول ۶-۱-کلاسه‌بندی شهر مشهد در سیستم طبقه‌بندی اقلیمی. [۱۳۴]

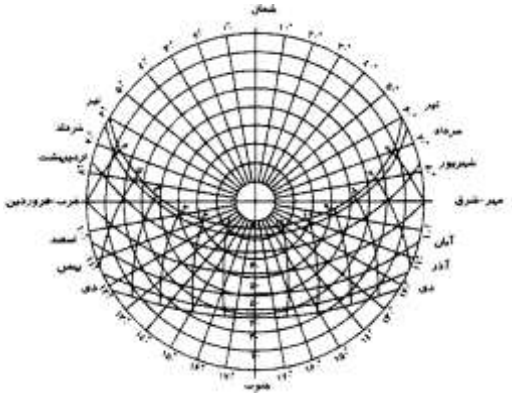
شهر	سیستم طبقه‌بندی						
مشهد	دومارتن (i)	آمبرژه (Q_2)	ایوانف (i)	بلور (Rain)	سیلیانینف (C)	گورزنسکی (C)	کریمی (i)
	خشک I=9,3	نیمه‌خشک و معتدل Q2=20,9	استپی I=0,46	خشک	خشک C=0,28	نیمه‌ابری با زمستان‌های نسبتاً سرد و نیمه‌خشک	نیمه‌خشک با تابستان گرم و زمستان سرد

براین‌اساس، مشهد در زمره شهرهای خشک و نیمه‌خشک با زمستان‌های نسبتاً سرد قرار می‌گیرد. لذا به بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی و دستورالعمل‌های طراحی اقلیمی پرداخته می‌شود.

روش‌های مختلفی برای تحلیل شاخص‌های آسایش حرارتی وجود دارد که ازجمله آن می‌توان به ۱.روش اولگی؛ ۲.روش گیونی؛ ۳.روش بیکر؛ ۴.روش ترجونگ و ۵.روش ماهانی اشاره نمود. در این میان، روش ماهانی باتوجه به رایج‌تر بودن و سادگی تحلیل‌ها موردبررسی قرار گرفته و شاخص‌های زیست-اقلیمی آن بررسی خواهد شد. شاخص‌های ماهانی مشهد در پیوست (۱۱) ارائه شده است. خصوصیات آب و هوایی مشهد به تفصیل از نظر تابش، دما، رطوبت ، بارندگی و باد به شرح زیر است:

۶-۳-۱ تابش خورشیدی

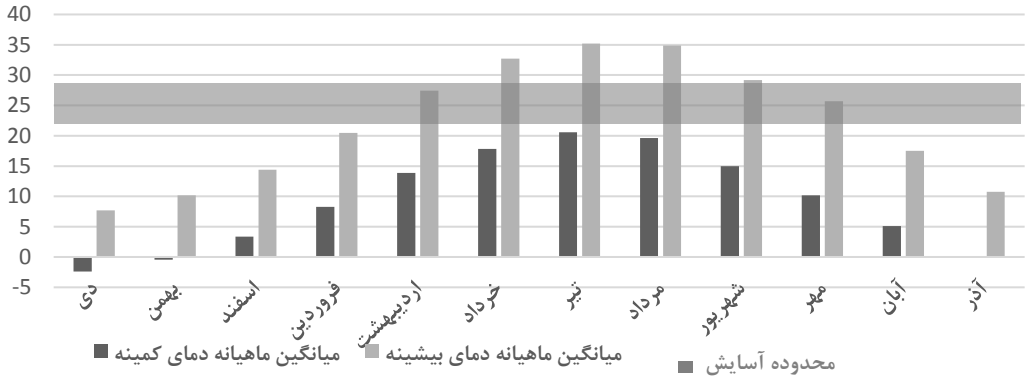
شهر مشهد در عرض جغرافیایی۳۶/۱۶درجه واقع شد، لذا بررسی تابش در آن براساس مطالعات مربوط به عرض جغرافیایی ۳۷ درجه است. [۱۳۲] میانگین مجموع سالانه ساعات آفتابی مشهد، ۲۵۰۰ ساعت است که مقدار قابل ملاحظه‌ای بوده و اهمیت سرمایه‌گذاری در زمینه کسب انرژی و توان بالقوه آفتاب برای تبخیر و تعرق را نشان می‌دهد. [۱۳۳] در مشهد هفت ماه فروردین، مهر، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند شرایط اقلیم به گونه‌ای است که برای دستیابی به شرایط آسایش در محیط خارج ساختمان، بهره‌گیری از انرژی تابشی خورشید ضروری است. در سایر ماه‌های سال شرایط آب و هوایی برای افراد در سایه به گونه‌ای است که شخص در فضا احساس آسایش خواهد کرد، اما قرارگیری در سایه برای ایجاد شرایط مطلوب در این پنج ماه ضروری است. [۱۳۲]



تصویر ۶-۱- موقعیت و زوایای تابش خورشید در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه. [۱۳۵]

۶-۳-۲ درجه حرارت

میانگین حداکثر دمای سالانه ثبت شده در ایستگاه هواشناسی مشهد، ۲۶,۴ درجه سانتی‌گراد، مربوط به تیرماه و میانگین حداقل دمای سالانه آن، ۴ درجه سانتی‌گراد، در دی ماه است. اختلاف میانگین درجه حرارت در سردترین ماه و گرم‌ترین ماه سال، حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد است که باتوجه به عرض جغرافیایی و ضعیف بودن پوشش گیاهی منطقه، غیرطبیعی نیست. [۱۳۳]



تصویر ۶-۲-نمودار مقایسه میانگین ماهیانه دمای کمینه و بیشینه شهر مشهد. [۱۳۶]

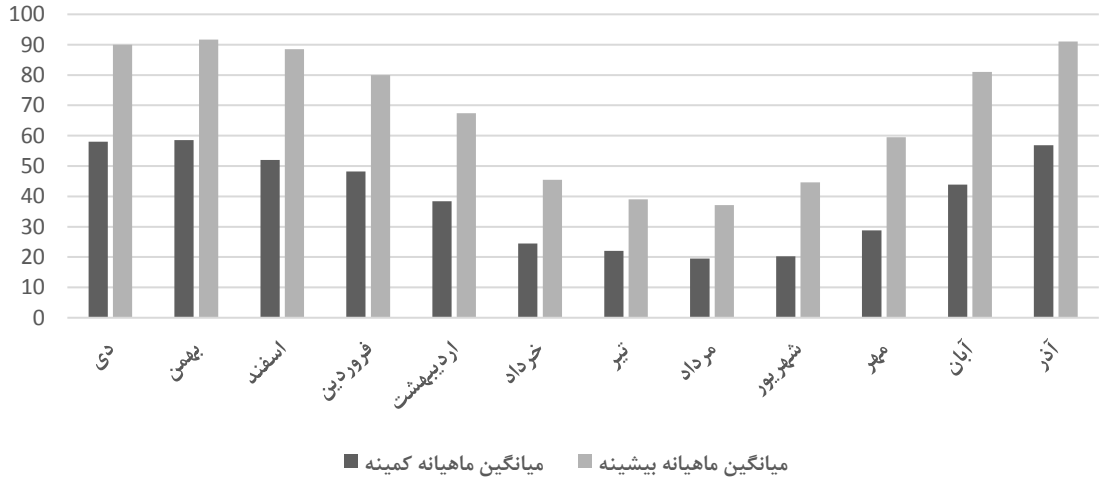
جدول (۶-۳) نشان می‌دهد که در بیشتر اوقات سال (حدود ۷۲٪) دمای هوا، پایین‌تر از دمای آسایش و علاوه براین حدود ۳۸٪ از اوقات سال، دما در حالت بحرانی از لحاظ سرما قرار دارد، لذا نیاز به درنظر گرفتن تدابیری جهت مقابله با سرما دارد. از طرفی تنها از نیمه خرداد تا اوایل مرداد (حدود ۱۳٪ اوقات سال) دما بسیارگرم می‌باشد، که این مسئله با استفاده از وسایل خنک‌کننده قابل‌حل است. [۱۳۷]

جدول ۶-۲-تقسیم‌بندی دمای مشهد براساس طبقه‌بندی هفت‌گانه اشری. [۱۳۷]

داغ	-	-
خیلی‌گرم	۱/۵ ماه: نیمه خرداد تا اوایل مرداد ماه	۱۲٪/۵
گرم	۱ ماه: اوایل خرداد تا نیمه خرداد و اوایل مرداد تا نیمه شهریور	۸٪/۴
آسایش	۱ ماه: نیمه اردیبهشت تا اوایل خرداد و اواخر مرداد تا اوایل شهریور	۸٪/۳
خنک	۱/۵ ماه: اواخر فروردین تا نیمه اردیبهشت و اوایل شهریور تا اوایل مهر	۱۲٪/۵
سرد	۲/۵ ماه: اوایل مهر تا نیمه آبان و اوایل فروردین تا اواخر فروردین	۲۰٪/۸
بسیارسرد	۴/۵ ماه: نیمه آبان تا اواخر اسفند	۳۷٪/۵

۳-۳-۶ رطوبت

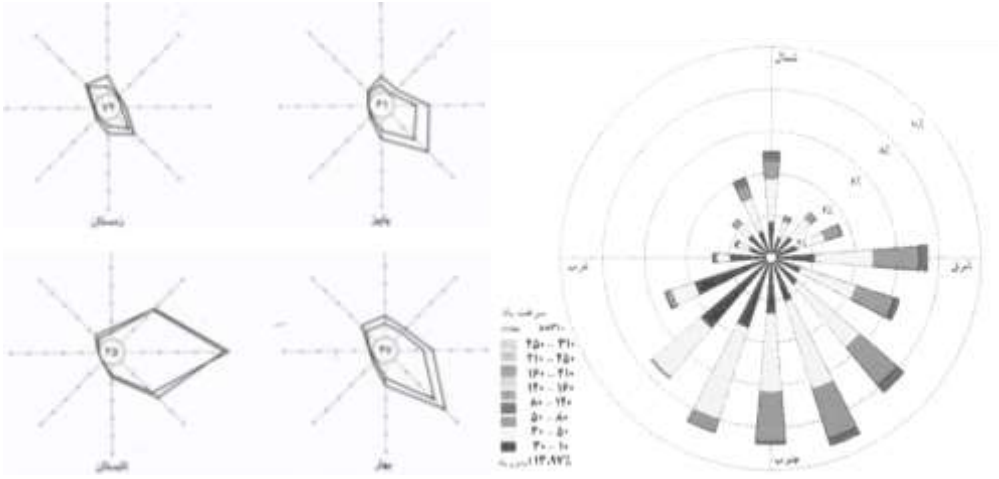
از نمودار زیر می‌توان دریافت که تقریباً تمام ماه‌های سال در محدوده آسایش رطوبتی قرار دارند. بخصوص در ماه‌های گرم سال، کمترین میزان رطوبت نسبی وجود دارد که استفاده از برودت تبخیری برای خنک کردن هوا کافی است. [۱۳۷] همچنین استنباط می‌گردد که درصد رطوبت هوا، با دمای هوا نسبت عکس داشته و همزمان با کاهش میزان رطوبت نسبی، میزان تبخیر افزایش می‌یابد. [۱۳۸]



تصویر ۶-۳- نمودار مقایسه میانگین ماهیانه رطوبت نسبی کمینه و بیشینه مشهد. [۱۳۶]

۶-۳-۴ باد

در بررسی وضعیت باد آمار سینوپتیک مشهد، این نتیجه حاصل می‌شود که وزش باد غالب در مشهد طی سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۹۵ میلادی (۸۴-۱۳۷۴شمسی) از جهت شرق و جنوب شرقی است. سرعت متوسط سالانه وزش باد در مشهد ۱/۵ متر بر ثانیه می‌باشد و در ۲۷٪ اوقات، باد آرام می‌باشد. هنگام صبح جهت وزش بادها به طور عمده شمالی و شمال غربی و بعدازظهرها جنوب شرقی است. وزش این بادها باعث کاهش تراکم آلودگی هوای سطح شهر، تعدیل دمای هوا و کاهش اختلاف دمای شب و روز نسبت به اقلیم‌های مشابه و افزایش تبخیر در مشهد می‌گردد. [۱۳۸] در مجموع طی دوره آماری (۱۳۹۲-۱۳۶۸) در فصل بهار جهت باد جنوب‌شرقی تا شرق، در تابستان شرق تا جنوب‌شرقی، در پاییز جنوب تا جنوب‌شرقی و در زمستان جنوب‌شرقی تا جنوب می‌باشد (تصویر ۶-۵). [۱۳۷]



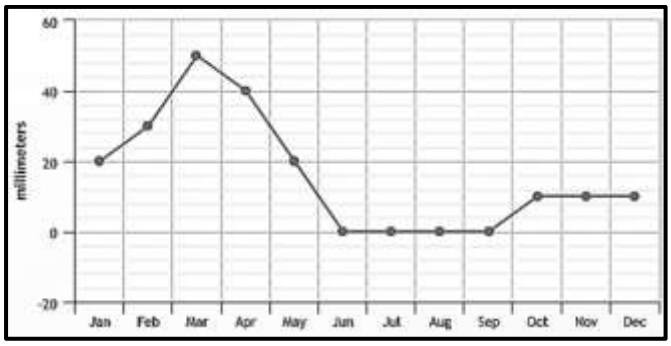
تصویر ۶-۴-گلباد سالیانه. (تصویر راست) [۱۳۹]

تصویر ۶-۵- جهت و سرعت باد مشهد. (تصویر چپ) [۱۳۵]

جهت استفاده مطلوب از باد بهترین حالت این است که مجموعه نسبت به بادهای مزاحم در سایه باد قرار گیرد و نسبت بادهای مطلوب در سایه باد نباشند. در شهر مشهد بادهای مطلوب در جهت شرقی-غربی است و باد نامطلوب باد جنوبی در نظر گرفته شده است که باد جنوبی با سرعت ۵/۵۷ متربرثانیه است و جهت جلوگیری از تاثیرات نامطلوب این باد، باید از بادشکن استفاده شود. [۱۳۲]

۶-۳-۵ بارندگی

میزان بارش در مشهد تحت تاثیر ارتفاعات بلند هزارمسجد و بینالود و متاثر از جبهه‌های متنوع مدیترانه‌ای، خزری و سیبری است. [۱۴۰] بیشترین بارندگی در زمستان و سپس در بهار رخ می‌دهد، کمترین بارش نیز مربوط به تابستان است. به طورکلی میزان نزولات جوی در مشهد کم است. به دلیل زیاد نبودن بارش، مشکلی از لحاظ فرسایش حاصل از باد و باران بوجود نخواهد آمد. [۱۳۷]



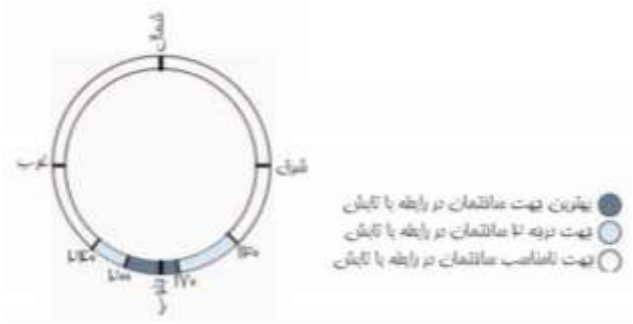
تصویر ۶-۶- میانگین بارش ماهانه شهر مشهد. [۱۳۶]

۶-۴ دستورالعمل‌های عمومی طراحی اقلیمی در مشهد

مهم‌ترین مسئله مناطق خشک، حداکثر دمای روزانه و نوسان آن است. مقدار حرارت خورشیدی جذب شده در دیوار عامل مهمی است که به جهت قرارگیری و رنگ سطح خارجی دیوار بستگی دارد. انتخاب مصالح در این اقلیم، به اندازه پنجره‌ها و کیفیت سایبان نیز بستگی دارد. اگر پنجره‌ها کوچک و سایبان آن‌ها موثر باشد، حرارت کسب شده ساختمان معمولاً نتیجه انتقال حرارت از دیوارهای آن است. در این شرایط مصالحی نظیر بتن سبک با ضخامت متوسط مناسب می‌باشد. ولی اگر مساحت پنجره‌ها نسبتاً زیاد باشد یا سایبان‌ها به طور مناسب پنجره‌ها را در برابر تابش آفتاب محافظت نکند، قسمت عمده‌ای از حرارت کسب شده ساختمان ناشی از عملکرد پنجره‌هاست و چون مصالح ساختمانی سبک بیشتر از مصالح سنگین گرم می‌شود. در این حالت ظرفیت حرارتی نسبت به مقاومت حرارتی اهمیت بیشتری دارد. [۱۴۱]

۶-۴-۱ بررسی و تحلیل جهت‌گیری ابنیه در رابطه با تابش

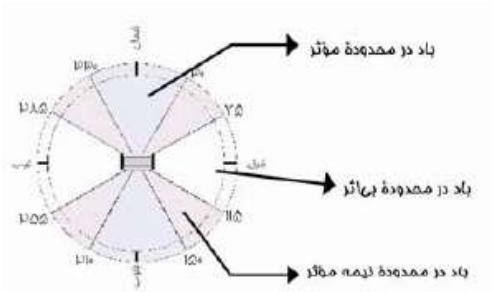
در بحث کنترل تابش آفتاب بر بنا باید حالتی را پیدا نمود که جداره‌ها در دوره گرم، حداقل انرژی و در دوره سرد حداکثر انرژی را جذب نمایند. در دیاگرام تصویر زیر، ارزیابی جهت ساختمان در رابطه با تابش خورشید آورده شده است. [۱۳۲]



تصویر ۶-۷- اولویت جهت گیری ابنیه در رابطه با تابش عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی. [۱۳۲]

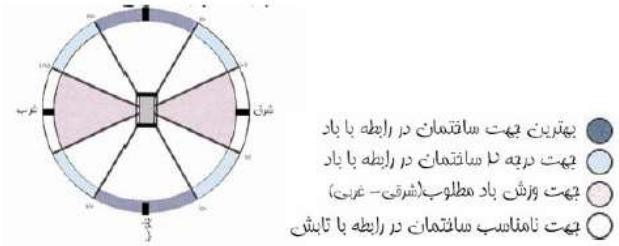
۶-۴-۲ شناخت و تحلیل جهت‌گیری ابنیه با توجه به باد

بررسی جهات شبکه معابر در رابطه با باد زمانی کامل است که تاثیر باد بر ساختمان‌های واقع در مجاورت معابر نیز مورد مطالعه واقع شود. این بررسی از نظر میزان تهویه طبیعی داخل بنا و همچنین تاثیر باد در خنک کردن ساختمان اهمیت دارد. شکل کلی بنا نیز همچون جهت قرارگیری آن در میزان بهره‌وری بنا از باد دخالت دارد. درصورتی که باد با زاویه عمود بر جبهه ساختمان و تا ۳۰ درجه انحراف به بنا بوزد، بیشترین تاثیر را در به جریان انداختن هوا در ساختمان خواهد داشت. درصورتی که با زاویه ۶۵-۳۵ درجه به بنا بوزد، تمهیداتی در بنا برای به تله انداختن باد در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند در تهویه موثر باشد. درصورتی که باد به صورت موازی با جبهه بنا تا زاویه ۲۵ درجه به آن بوزد، تاثیری در به جریان انداختن هوا در داخل بنا نخواهد داشت. [۱۳۲]



تصویر ۶-۸- محدوده تأثیر باد در جهات مختلف ساختمان. [۱۳۲]

به منظور کاهش اتلافات حرارت ساختمان، باد سرد زمستانی باید حدالامکان خارج از محدوده موثر و سپس خارج از محدوده نیمه‌موثر ساختمان قرار گیرد. جهت ایجاد شرایط آسایش در داخل بنا در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور می‌توان از کوران باد استفاده نمود .از آنجا که باد وزنده در ماه‌های مذکور، همان باد غالب جنوبی است، بر این اساس سعی شده تا باد مذکور و سپس باد شمال‌شرقی-جنوب‌غربی در صورت امکان در محدوده‌های به ترتیب بی‌اثر و نیز نیمه‌موثر واقع گردند.



تصویر ۶-۹- اولویت جهت گیری ابنیه در رابطه با باد. [۱۳۲]

۶-۴-۳ دیوارها

بهترین نوع دیوار در این منطقه، دیوارهای ترکیبی شامل یک لایه عایق نزدیک به سطح خارجی و یک لایه مصالح سنگین در قسمت داخلی است. اگر یک لایه مصالح سنگین به وسیله لایه‌ای از عایق حرارتی همراه با لایه ضدرطوبت و رنگ روشن محافظت شود، میزان جذب انرژی خورشیدی در سطح

خارجی دیوار و انتقال آن از سطح خارجی به سطح داخلی بوسیله لایه عایق به حداقل میزان ممکن می‌رسد و فقط مقدار بسیارکمی حرارت در لایه داخلی جذب می‌شود. لایه سنگین داخلی نیز بدون آن‌که تاثیر چندانی در دمای هوای داخلی بگذارد، حرارت نفوذ یافته به داخل ساختمان را جذب می‌کند. [۱۳۵] به طورکلی دیوارهای بتنی با ظرفیت حرارتی زاید که سطح خارجی آن به وسیله یک لایه عایق حرارتی(پشم سنگ) پوشیده شده برای خنک نگه داشتن ساختمان مفید می‌باشد.

۶-۴-۴ فرم ساختمان

بهینه‌ترین فرم در این اقلیم، فرمی است که کمترین مقدار حرارت را در زمستان از دست داده و در تابستان کمترین مقدار حرارت را دریافت کند. یک توده مکعب‌مربع، با بیشترین حجم، کمترین سطح را دارد. بنابراین اضلاعی که بیشتر در معرض تابش و دمای هوا قرار دارند، کوچک‌ترند. [۱۳۴]

در مشهد، فرم ساختمان باتوجه به شرایط زمستانی می‌تواند در طول محور شرقی-غربی گسترش یابد، ولی باتوجه به شرایط تابستانی، ساختمان‌ها باید فشرده و مکعبی باشد. در هر صورت با بریدن قسمتی از مکعب و پر کردن حفره ایجاد شده با سایه و هوای خنک شده به وسیله تبخیر آب می‌توان فضای مناسبی در ساختمان ایجاد کرد. لذا بهتر است از شکل‌های توپر و فشرده استفاده شود.

۶-۴-۵ ترکیب فضاهای داخلی (نورگیری)

فضاهای اصلی که در طول روز استفاده می‌شوند و نیاز به حرارت بیشتری دارند، بهتر است در طول نمای جنوبی قرار گیرند که سه برابر بیشتر از اضلاع دیگر انرژی دریافت می‌کنند. همچنین در قسمت شمالی به دلیل دریافت نکردن نور خورشید، فضاهایی که احتیاج به گرمایش کمتری دارند، قرار می‌گیرند. جهت استقرار خیابان براساس وزش باد و آفتاب باید به گونه‌ای انتخاب شود که حداکثر استفاده از تابش آفتاب در فصل سرد و دوری از بادهای سرد زمستانی انجام گردد. [۱۳۴] در این ارتباط جهت بادهای غالب در فصول سرد سال در مدت یک ماه از شمال‌غرب بوده و در مدت یک ماه از سمت جنوب‌شرق می‌وزد که با جهت‌گیری ساختمان در ارتباط با خورشید نیز هماهنگی دارد.

۶-۴-۶ کیفیت سطوح (رنگ و جنس)

شدت تابش بر سطوح مختلف بستگی به جهت قرارگیری آن سطح دارد، اما میزان حرارت ایجاد شده در اثر تابش آفتاب به یک سطح با روشنی رنگ و سرعت جریان هوا نسبت عکس داشته و با جنس آن سطح نسبت مستقیم دارد. هرچه جنس سطح مورد تابش زبرتر و ناصاف‌تر باشد، انرژی بیشتری را جذب می‌کند. اگر سطحی دارای رنگ روشن باشد، مقدار حرارت جذب شده در اثر تابش آن کم است و بیشتر تحت‌تاثیر حرارت محیط اطراف می‌باشد.

باتوجه به خصوصیات اقلیم مورد مطالعه بهتر است رنگ‌های تیره در جداره‌های ساختمان مورد

استفاده قرار گیرند. زیرا با توجه به خصوصیات جغرافیایی با ایجاد سایه توسط درختان می‌توان در تابستان از تابش آفتاب بر جداره‌های تیره جلوگیری کرد اما در زمستان که امکان ایجاد سایه وجود ندارد، رنگ تیره باعث جذب بیشتر گرما و استفاده بهینه از تابش آفتاب می‌گردد. [۱۳۵]

۶-۴-۷ تهویه

در اقلیم موردمطالعه، تهویه در تابستان‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این حالت با باز کردن پنجره‌ها در بعدازظهر و شب میزان ورود هوای تازه افزایش یافته و چون در این هنگام هوای خارج معمولاً خنک‌تر از هوای داخل ساختمان است، می‌توان با باز کردن پنجره‌ها و ایجاد کوران در داخل، از گرمای سطوح داخلی دیوارها کم کرد. در ماه‌های سرد که تنش سرد را به همراه دارد، در وهله اول باید از ورود هوای خارج به داخل جلوگیری کرد و در فصول گرم برای کنترل هوای داخلی با استفاده از تهویه طبیعی و انتخاب مصالح ساختمانی مناسب می‌توان بهره برد.

۶-۴-۸ تاثیر نوع و شکل پنجره

چنان‌چه پنجره‌ها مجهز به سایبان باشند و هوا نیز در جریان باشد، جهت قرارگیری پنجره‌ها تاثیر چندانی در دمای داخلی ندارد. اما اگر پنجره‌ها بدون سایبان باشند یا سایبان پنجره‌ها به طور موثری بر روی شیشه آن‌ها سایه ایجاد ننماید، می‌بایست از مصالح سنگین استفاده کرد. [۱۳۴]

در جدول (۶-۴) راهکارهای عمومی طراحی اقلیمی در شهر مشهد ارائه شده است.

جدول ۶-۳- راهکارهای عمومی طراحی اقلیمی در شهر مشهد.

اقلیم	خشک و سرد	**فرم بنا**	مکعب کشیده در راستای شرقی-غربی
جهت‌گیری	۲۵ درجه شـــرقی تا ۳۵ درجه جنوب شرقی	**بافت مجموعه**	متراکم، فشـــرده، کوچه‌های باریک با دیوارهای بلند
نوع پلان	متراکم و فشرده	**رنگ خارجی**	حد واسط بین تیره و روشن
نوع مصالح	ظرفیت حرارتی بالا و مقاومت در برابر رطوبت (آجر، بتن)	**ســطح و تعداد پنجره**	تعـداد کم، عـدم قرارگیری پنجره در جبهه شرقی و غربی بنا
شکل بام	مسطح	**نوع در و پنجره**	چوبی، عایق‌کاری شده
تراکم بنا	پر تراکم با حداقل ســطوح خارجی، ارتفاع حدود دو طبقه	**نما**	عدم اســتفاده از نماهای صـاف و بدون شکستگی
ترکیب فضا	قرارگیری فضاهای با نیاز گرمایی کمتر در ضلع شمالی و برعکس	**دیوار**	دیوارهای ضخیم با ظرفیت حرارتی بالا
ار ت باط با زمین	اتصال بلاواسطه با در نظر گرفتن عایق رطوبتی	**باد غالب**	جنوب شرقی

تهویه	در فصل گرم ضروری بوده و در شب‌ها با باز کردن بازشوها فراهم می‌شود	**گیاهان**	کا شت گیاهان پر شاخ و برگ در ضلع شمالی و با فاصله از بنا

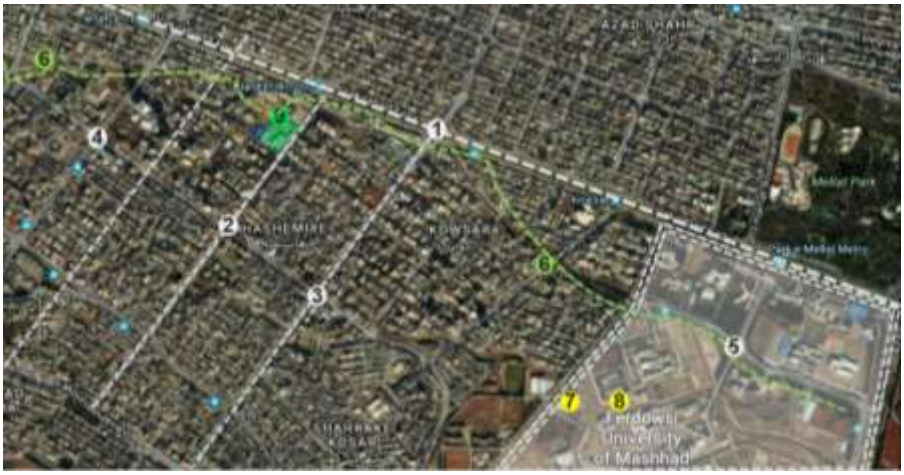
۶-۵ معرفی سایت و بستر طراحی

مهمترین کار در طراحی معماری، داشتن درک کاملی از بستر طرح است. به صورت کلی تحلیل سایت در معماری به تحقیق و تجزیه و تحلیل آن می‌پردازد. بر این اساس، طراح هر پروژه باید قبل از شروع کار طراحی، به شناخت کلی زمین پروژه بپردازد.

سایت پروژه، زمینی به مساحت ۱۰۹۰۰ مترمربع بوده که کشیدگی شمال شرقی- جنوب غربی دارد. این سایت در حاشیه بلوار هنرستان واقع شده و زیرمجموعه‌ای از کاربری‌های آموزشی می‌باشد.

۶-۵-۱ موقعیت

سایت پروژه در جنوب بلوار وکیل آباد واقع شده است. همانطور که در تصویر (۶-۱۰) مشاهده می‌گردد، قرارگیری در حاشیه بلوار هنرستان موقعیت مطلوبی را به لحاظ ارتباط با شهر ایجاد کرده و باعث پیوند پروژه با شهر می‌گردد. همچنین با فاصله گرفتن از بلوار وکیل آباد در محیطی نسبتاً آرام قرار گرفته است.



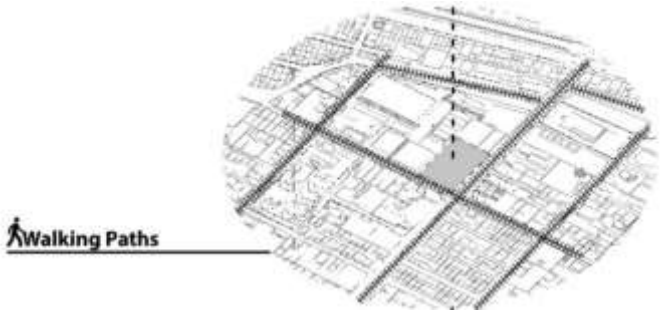
تصویر ۶-۱۰- نقشه هوایی از سایت پروژه.

۶-۵-۲ دسترسی‌ها

دسترسی سواره به سایت پروژه از دو جبهه جنوب شرقی و جنوب غربی که به ترتیب بلوار هنرستان و هنرستان یک می‌باشند، امکان‌پذیر است. از میان این دو مسیر، بلوار هنرستان شریان اصلی سواره بعد از بلوار وکیل‌آباد بوده و سرعت ماشین‌ها در آن به نسبت زیاد است، بنابراین استفاده از هنرستان یک برای دسترسی پارکینگ و ورود ماشین‌ها به داخل سایت مناسب‌تر است.

تصویر ۶-۱۱- تحلیل دسترسی سواره به سایت.

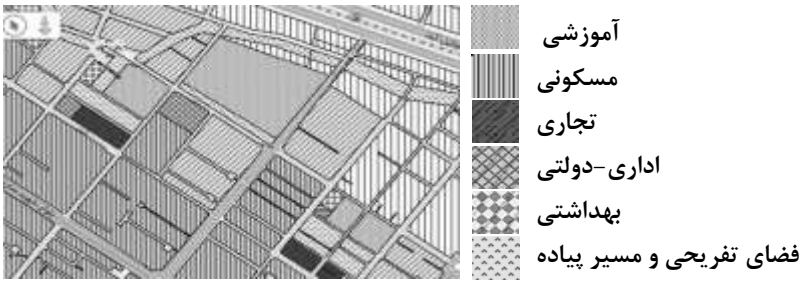
دسترسی پیاده و قرارگیری ورودی‌های سایت پروژه نیز از دو جبهه جنوب شرقی و جنوب غربی که به ترتیب بلوار هنرستان و هنرستان یک می‌باشند، امکان‌پذیر است. از میان این دو مسیر، بلوار هنرستان شریان اصلی بوده و دسترسی عمومی‌تری را به پروژه میسر می‌سازد و همچنین هنرستان یک برای دسترسی خصوصی‌تر به پروژه مناسب می‌باشد.



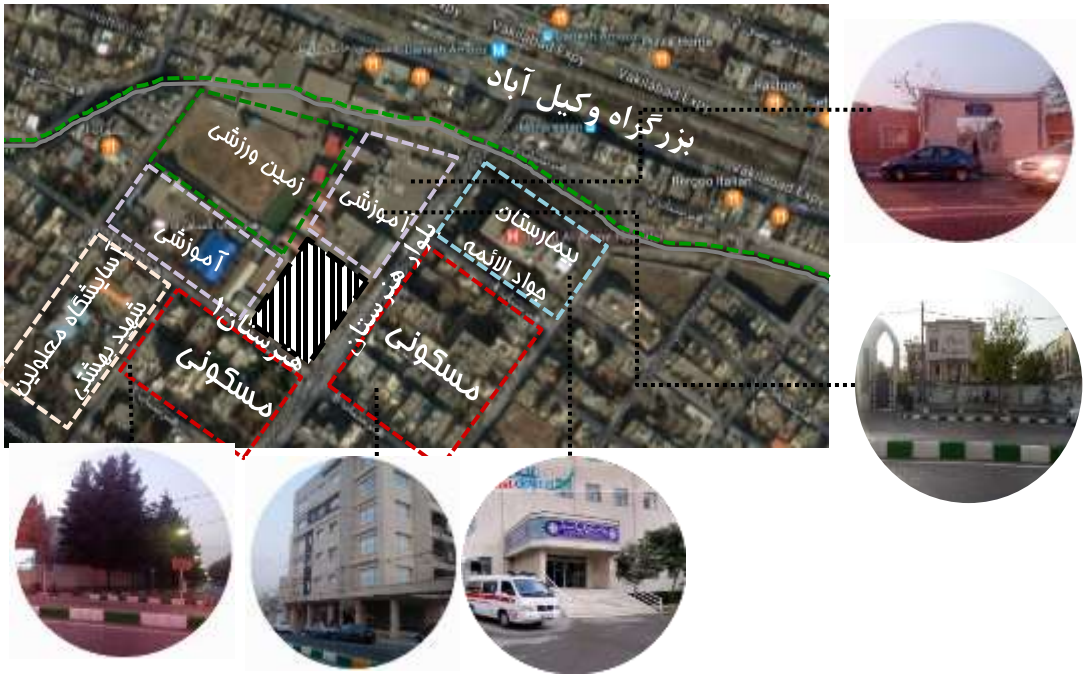
تصویر ۶-۱۲- تحلیل دسترسی پیاده به سایت.

۶-۵-۳ همجواری‌ها

در حال حاضر و مطابق نقشه کاربری اراضی مشهد، سایت مورد نظر در سایتی آموزشی قرار گرفته است. همانطور که در تصویر (۶-۱۲) مشاهده می‌شود، کاربری‌های فعلی همجوار طیف متنوعی شامل مراکز آموزشی، بلوک‌های مسکونی و بیمارستان جواد الائمه می‌باشد.



تصویر ۶-۱۳- نقشه کاربری اراضی مشهد. [۱۴۲]



تصویر۶-۱۴- نمایش همجواری‌های پروژه.

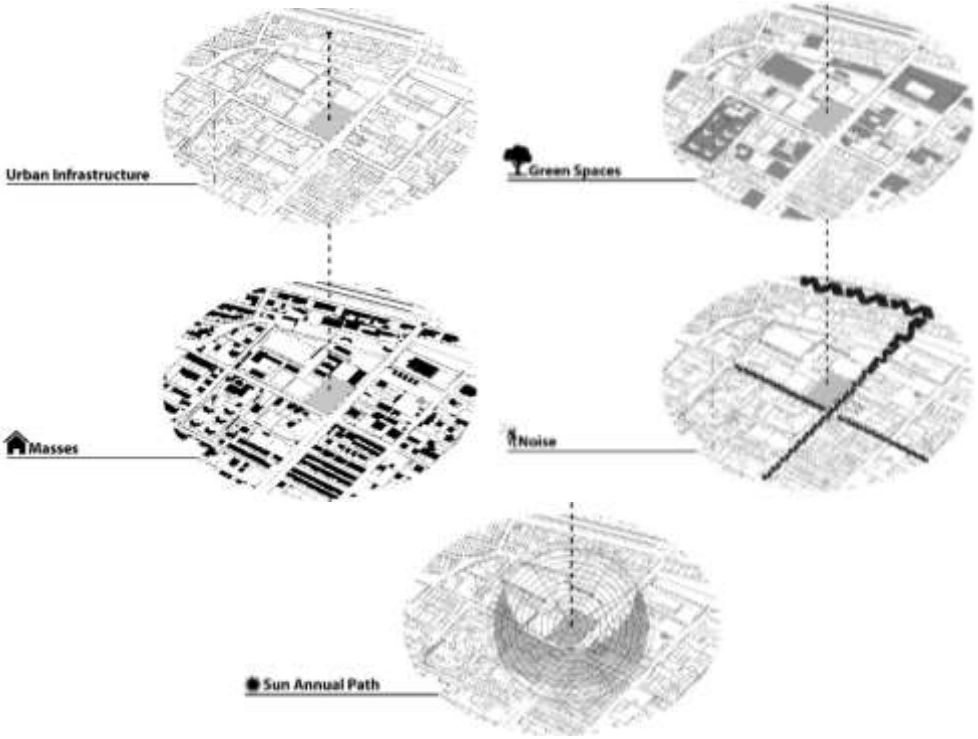
۶-۵-۴ ارتباط با سایر مراکز پژوهشی

تصویر (۶-۱۵) تمرکز دانشکده‌ها و مراکز آموزش را در شهر مشهد نشان می‌دهد، که این مراکز در حوالی دو شریان اصلی بلوار وکیل آباد و بزرگراه امام علی(ع) می‌باشد. بنابراین، سایت پروژه در محدوده‌ای مناسب مابین این مراکز آموزش قرار گرفته است. لازم به ذکر است که پژوهشکده هوا و خورشید پژوهشکده نفت و گاز در بخش غربی پردیس دانشگاه فردوسی واقع شده‌اند.

تصویر ۶-۱۵- تمرکز دانشکده‌ها و مراکز آموزشی، موقعیت قرارگیری پژوهشکده‌های دانشگاه فردوسی.

۵-۵-۶ اقلیم

کشیدگی سایت شمال شرقی- جنوب غربی بوده که چندان مناسب توده‌گذاری در مشهد (شمال غربی- جنوب شرقی) نمی‌باشد، با این حال بخش وسیعی از سایت از نور شمال و جنوب برخوردار می‌باشد. بزرگ‌ترین ضلع سایت روبه جنوب شرق بوده و دارای نورگیری مناسب می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که جریان باد در مشهد، شرایط مناسبی را برای تهویه فراهم کرده است.



تصویر ۶-۱۶-تحلیل سایت.

فصل ۷ :فرآیند طراحی

۷-۱ مقدمه

یک فضای پژوهشی کامل صرف‌نظر از نوع پژوهشی که در آن صورت می‌گیرد، شامل ۷ عرصه پژوهش نظری، پژوهش عملی، آموزشی، اداری، عرصه نمایشی، خدمات پشتیبانی و خدمات رفاهی می‌باشد. ارتباط میان عرصه‌ها باید به گونه‌ای باشد که عرصه‌های با فعالیت‌های تخصصی به صورت غیروابسته و فضاهای دیگر در لایه‌های بعدی ارتباط با آن‌ها قرار گیرند. در یک فضای پژوهشی ارتباط میان عرصه پژوهش نظری و پژوهش عملی می‌بایست پررنگ‌تر از سایرین بوده و خدمات رفاهی مخصوص به خود را داشته باشد. سایر فضاها مانند اداری، خدمات پشتیبانی و رفاهی با این دو عرصه کمترین تداخل فعالیتی را داشته باشند.

۷-۲ برنامه‌ریزی کالبدی

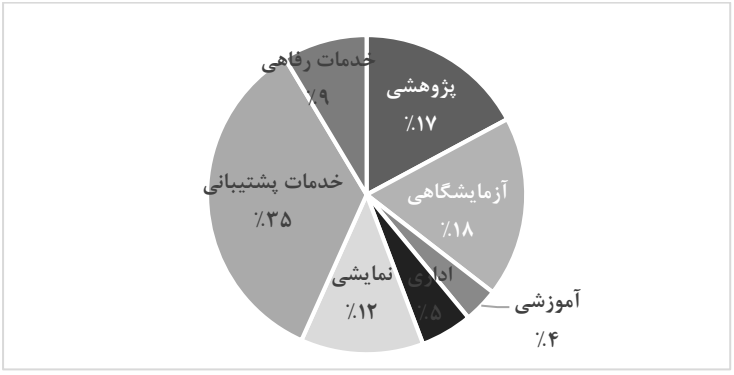
در جدول (۷-۱) برنامه فیزیکی طرح در قالب عرصه‌های پژوهشی، آزمایشگاهی، آموزشی، ارائه، اداری و خدماتی شامل خدمات رفاهی و پشتیبانی آورده شده است.

جدول ۷-۱- برنامه فیزیکی طرح.

عرصه‌ها	فضاها	طبقه	زیربنا فضاها (m)	زیربنای عرصه (m)	درصد زیربنای عرصه
پژوهشی (پژوهش نظری)	دفتر طراحی	۰	۳۴۰/۵	۲۰۴۱	۱۷/۱۶
	دفتر تحقیق	+۱	۲۵۲		
	دفتر تحقیق و توسعه (R&D)	+۱	۳۵۳		
	دفتر پژوهش گروهی	+۱	۳۴۳/۵		
	مرکز اطلاعات	۰	۱۷۲		
	کتابخانه	-۱	۵۸۰		
آزمایشگاهی (پژوهش عملی)	آزمایشگاه عمومی	+۱و۰	۵۳۴	۲۱۷۹	۱۸/۳۲
	آزمایشگاه تخصصی	+۲	۹۹۴		
	آزمایشگاه اتاق تمیز	+۱و۰	۱۱۲		
	آزمایشگاه کامپیوتر	+۱	۱۰۳/۵		
	آزمایشگاه باز	+۱	۹۰		
	کارگاه کار گروهی	۰	۲۵۰		
	اتاق تست	+۱	۵۲		
	تعویض لباس	۰	۴۳/۵		
آموزشی	کلاس تئوری	۰	۲۲۵/۵	۴۱۹	۳/۵۲
	کلاس طراحی	۰	۱۹۳/۵		

ارائه و نمایش	گالری دستاوردها	۰و۱+	۵۴۶	۱۴۸۰/۵	۱۲/۴۵
	سالن کنفرانس	۰	۴۴۲/۵		
	اتاق‌های کنفرانس	۱+و۲+	۸۱		
	سمعی بصری	۰	۱۹۹/۵		
	اتاق سمینار	۲+	۲۱۱/۵		
اداری	اطلاعات و پذیرش	۰و۱+	۴۵	۶۲۴/۵	۵/۲۵
	دفاتر اداری-کارکنان	۱+	۷۱/۵		
	دفاتر گروه‌ها	۱+	۱۲۵		
	اتاق اساتید	۱+	۵۳/۵		
	اتاق محققین	۱+	۳۶/۵		
	دفتر انجمن انرژی‌ها	۱+و۲+	۱۷۹/۵		
	اتاق جلسات	۱+و۲+	۱۷		
	آرشیو	۰	۸۰		
	انتشارات	۰	۱۶/۵		
خدماتی-پشتیبانی	پارکینگ	۱-	۲۲۸۰	۴۱۲۷	۳۴/۷
	تاسیسات	۱-	۲۳۵		
	سرویس بهداشتی	۰و۱+و۲+	۲۳۵/۵		
	راهروهای عبوری	۰و۱+و۲+	۱۰۵۶/۵		
	شفت‌های عمودی		۳۲۰		
خدماتی-رفاهی	نمازخانه	۰	۱۴۲/۵	۱۰۲۳	۸/۶
	کافه‌تریا	۰	۱۳۹/۵		
	استراحت پژوهشگران	۰و۱+	۱۳۵		
	لابی		۵۵۰		
	فضاهای ملاقات	۱+و۲+	۵۶		
مجموع			**۱۱۸۹۴**	**۱۱۸۹۴**	**۱۰۰٪**

باتوجه به جدول (۷-۱) و نیازهای فضایی پروژه، درصد عرصه‌های فضایی در برنامه‌ریزی کالبدی در تصویر (۷-۱) آورده شده است.



تصویر ۷-۱- درصد عرصه‌های فضایی پروژه.

۷-۳ طراحی شماتیک

در طراحی شماتیک به تنظیم چشم‌اندازی از طرح پرداخته و موضوعاتی همانند اطول طراحی پژوهشکده انرژی نو پایدار، اهداف پروژه و استراتژی‌های تحقق آن، گزینه‌های توده‌گذاری و انتخاب گزینه برتر برای توسعه ایده‌های طراحی در آن مطرح است.

۷-۳-۱ چشم‌انداز طرح

۷-۳-۱-۱ - استراتژی‌های تحقق ساختمان پایدار

بدون شک، مهم‌ترین بخش یک ساختمان پژوهشی پایدار، استراتژی‌های اتخاذ شده برای دستیابی به کاهش مصرف انرژی و خودکفایی انرژی می‌باشد. در همین راستا، راهکارهای کاهش مصرف انرژی در سه سطح شامل اصول طراحی پایه ساختمان[۳۸]، سیستم‌های غیرفعال و انرژی‌های طبیعی[۳۹] و تاسیسات مکانیکی[۴۰] ارائه می‌گردد.

۷-۳-۱-۲ ایجاد فضای میان‌رشته‌ای و پژوهش تیمی

به منظور ایجاد فضایی میان رشته‌ای و مناسب برای پژوهش‌های تیمی می‌بایست فضاهایی منعطف با عملکردهای جمعی همچون فضاهای ملاقات، بحث و گفت و گو، ارائه دستاوردها، آزمایشگاه‌های باز پژوهش تیمی و دفاتر کار باز در نظر گرفته شود.

۷-۳-۱-۳ ارتباط با شهر

پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر با قرارگرفتن در ابتدای بلوار هنرستان و لبه جنوبی بلوار وکیل آباد، موقعیت مناسبی برای برقراری ارتباط با شهر دارد. لذا برخی ملاحظات درخصوص طراحی چنین عملکردی می‌بایست درنظر گرفته شود که عبارتند از:

- عقب‌نشینی طرح از لبه بلوار هنرستان و به وجود آمدن مکث؛
- اتصال در مرز به وسیله یک پارک خطی؛
- قرار دادن فضاهایی با درجه عمومیت بالا مانند فضاهای ارائه دستاوردها،کافه تریا، ملاقات و گفت و گو در همکف و جبهه جنوب شرقی که رو به خیابان قرار دارد و

[38] Basic Building Design
[39] Passive systems and Natural energies
[40] Mechanical Equipment

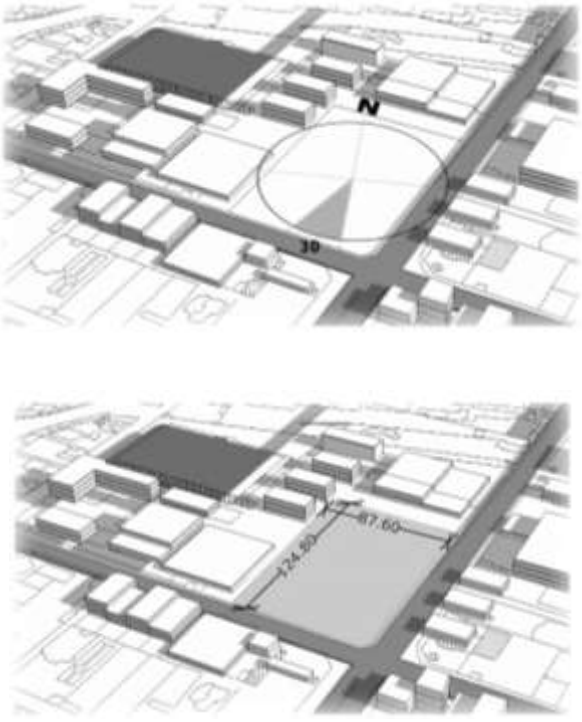
- ایجاد حسی از یک فضای پژوهشی دوستدار محیط‌زیست با استفاده از المان‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر توربین‌های بادی، صفحات فتوولتاییک، برج‌های خورشیدی، بادگیر و ... .

۷-۳-۱-۴ کاربرد نشانه‌ای در مشهد

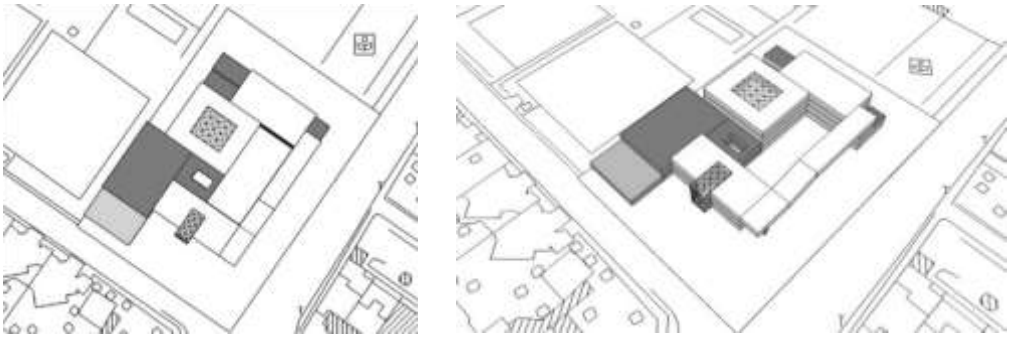
پژوهشکده انرژی‌های تجدیدپذیر با پیروی از چشم‌انداز دستیابی به ساختمان پایدار، به عنوان نمادی از پیشرفت این هدف تلقی شده و به واسطه قرارگیری در حاشیه بلوار، کاربرد نشانه‌ای دارد.

۷-۳-۱-۵ گزینه‌های توده‌گذاری

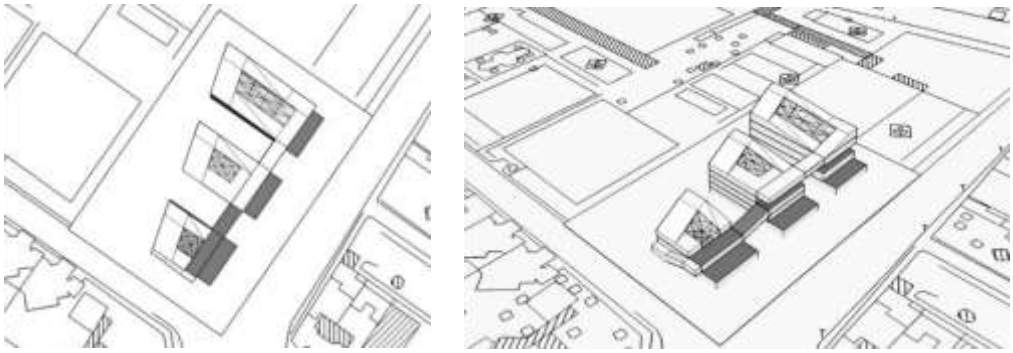
هندسه زمین پروژه مستطیل شکل است و کشیدگی راستای شمال شرقی- جنوب غربی دارد که یکی از اضلاع بزرگ سایت در کنار بلوار هنرستان (مسیر اصلی سواره و پیاده) و یکی از اضلاع کوچکتر در کنار خیابان هنرستان یک قرار گرفته است.



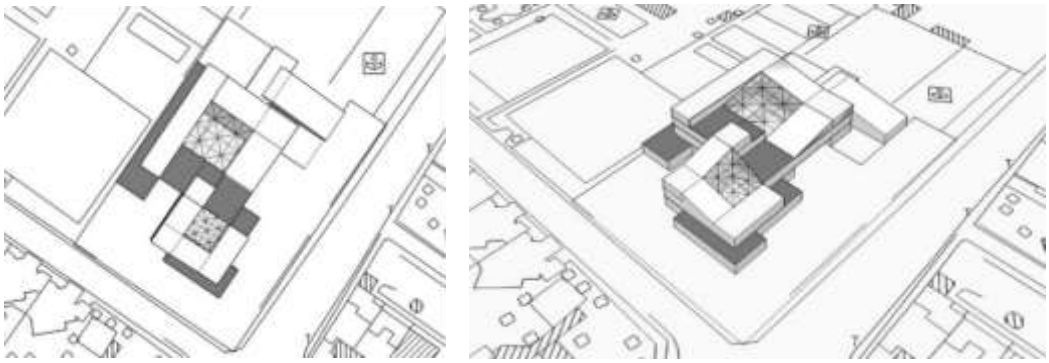
تصویر ۷-۲- مشخصات سایت.



تصویر ۷-۳- گزینه طراحی شماره (۱).



تصویر ۷-۴- گزینه طراحی شماره (۲).



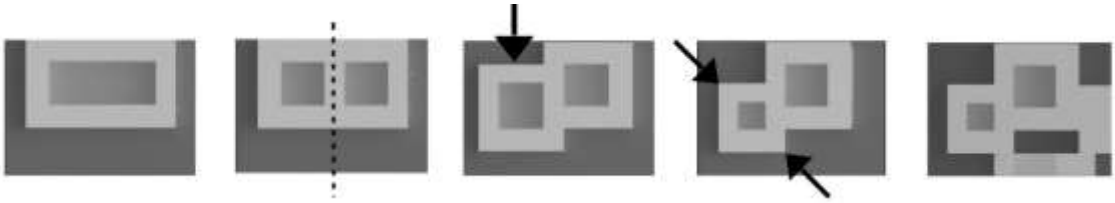
تصویر ۷-۵- گزینه طراحی شماره (۳).

برای ارزیابی گزینه‌های توده‌گذاری چند فاکتور وجود دارد که از جمله آن می‌توان به نسبت سطح به حجم،جهت‌گیری، فضاهای پر و خالی، نوع سازماندهنده، جانمایی هسته‌های ارتباطی و تاسیساتی اشاره نمود. گزینه‌ای قابل قبول است که از این بین در حالت تعادل قرار داشته باشد، پس گزینه شماره (۳) انتخاب و برای ادامه بدان پرداخته شد.

۷-۴ توسعه طرح

۷-۴-۱ ایده‌های شکل‌دهنده طرح

هندسه: از سادگی و خلوص در هندسه که متناسب با شخصیت موضوع پروژه (پایداری) بوده، استفاده شده است. گسترش افقی بنا و پرهیز از توده ساختمانی متراکم در جهت سازگاری اقلیمی (باد مناسب و نور) می‌باشد.



تصویر ۷-۶- هندسه.

ایجاد گودال باغچه در میانه احجام و دسترسی‌های پیاده اطراف آن: گودال باغچه‌ها، علاوه بر تامین نور موردنیاز فضاهای زیرزمین، به عنوان خازن‌های حرارتی عمل کرده و با استفاده صحیح از پوشش گیاهی فضایی با رطوبت مطبوع و دمایی نسبتاً ثابت فراهم می‌آورند. همپنین شبکه مسیرهای پیاده، تمام بخش‌های سایت را قابل دسترس می‌کند.

تصویر ۷-۷- گودال باغچه.

ورود طبیعت به ساختمان (گلخانه و آتریوم): آتریوم علاوه بر تامین نور موردنیاز فضاهای ارتباطی و جمعی یکپارچه، با پوشش شفاف خود، دید از درون به بیرون و بالعکس را تامین می‌کند. گشودگی در حجم شامل بازشوهایی اتومات بوده که با جهت‌گیری به سمت جنوب‌شرق باد مطلوب را به درون پروژه کشانده و در تابستان به عملکرد تهویه طبیعی کمک می‌کند.

تصویر ۷-۸- طبیعت در ساختمان

کاهش توده به منظور افزایش فضاهای باز کاربردی و ایجاد بام‌های سبز : ایجاد بام‌های سبز علاوه بر امکان دسترسی به فضاهای بام و ایجاد حیاط‌های متصل به فضا، امکان گسترش فضاهای داخلی را می‌دهد. علاوه بر این، پوشش سبز بام طبقات، دمای فضاهای زیرین را به طور چشمگیری در طول

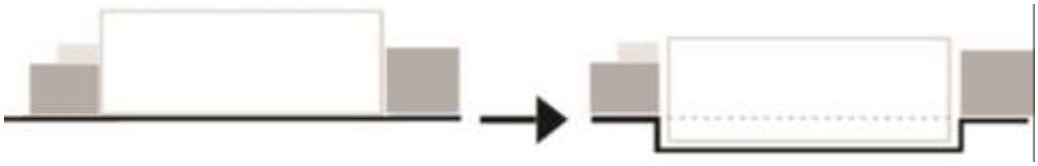
سال ثابت نگه می‌دارد.

تصویر ۷-۹- توده گذاری.

استفاده از حیاط‌های متصل به ساختمان(حیاط های داخلی و نه عبوری): به حرکت در آوردن مخاطبین در مسیرهای مجموعه و ترکیب این فضاها با حیاط‌های داخلی **به** منظور تلطیف بخش‌های داخلی که این حیاط‌ها نه تنها برای عبور و مرور بلکه تبدیل به حیاط‌های داخلی می‌شوند. همچنین لازم به ذکر است که این حیاط‌ها دارای کاربری بوده و تنها فضاهای جمعی نمی‌باشند.

تصویر ۷-۱۰- حیاط‌های داخلی.

استفاده از زیرزمین (شکستن خط آسمان): زیرزمین در مشهد به عنوان خازن‌های حرارتی عمل کرده و از نظر اقلیمی مناسب می‌باشد.

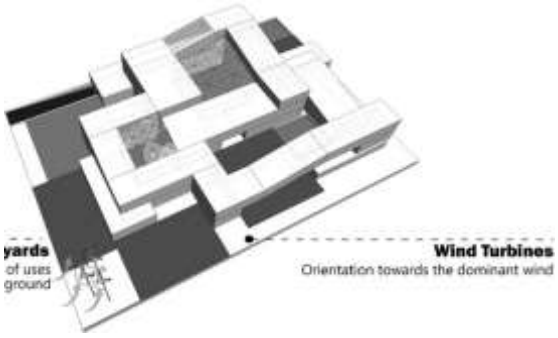


تصویر ۷-۱۱- خط آسمان.

افزایش ارتباطات داخلی و خارجی= استفاده از سایبان و لوور

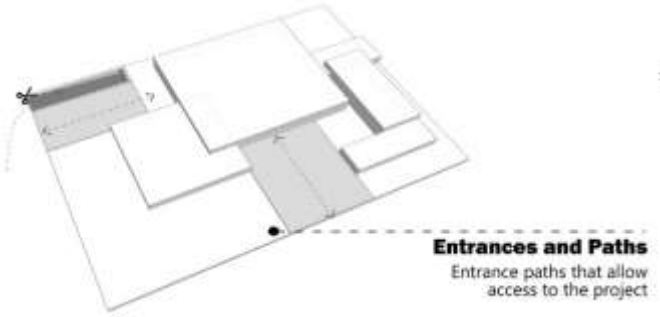
تصویر ۷-۱۲- سایبان و لوور.

توربین‌های باد: فضای خالی توده‌ها، با جهت‌گیری به سمت باد غالب (**جنوب‌شرق**) مکان مناسبی برای قرارگیری توربین‌های بادی به منظور حداکثر تولید الکتریسیته می‌باشد.



تصویر ۷-۱۳- جانمایی توربین های بادی.

تعریف ورودی‌ها و مسیر دسترسی به پروژه: دو ورودی برای پروژه در نظر گرفته شده، که دسترسی به پروژه را از دو جبهه جنوب شرقی و جنوب غربی فراهم می‌کند. ورودی اصلی در قسمت گشایش هندسی ساختمان تعریف شده است.



تصویر ۷-۱۴- نمایش ورودی‌ها.

سایر ایده‌های به کاربرده شده به شرح زیر می‌باشند:

- چرخش ساختاری احجام در ایجاد دیدهای متنوع در دیدهای ناظر مخاطب؛
- ارائه فضاهای باز و پیلوتی در کناره‌های حجم به منظور دعوت‌کنندگی مخاطب به داخل؛
- تراس‌های پویا و بزرگ شکل گرفته درفضاهای بین احجام و بام‌ها فرصت بهره‌گیری از فضای باز را برای فضاهای داخلی در طبقات بالا فراهم نموده است.

به طور کلی این پروژه در هندسه خود و تمامی ویژگی های ظاهری و کالبدی متوجه هم‌زیستی میان انسان و طبیعت بوده و از طریق این عامل مهم سعی در ایجاد و ارتقا احساس پایداری در پروژه گشته است.

۷-۴-۲ استراتژی‌های طراحی

استراتژی‌های دستیابی به بهره‌وری انرژی در یک ساختمان پایدار را می‌توان در سه سطح بررسی نمود. سطح اول، طراحی پایه بوده که ناظر بر موضوعاتی همچون موقعیت و قرارگیری ساختمان در سایت، جهت‌گیری، فرم و توده‌گذاری، طراحی سایت و منظر، رنگ و جنس سطوح داخلی و خارجی، مصالح ساخت، بهبود عملکرد حرارتی پنجره‌ها و ... می‌باشد. در سطح دوم، سیستم‌های غیرفعال و

انرژِهای طبیعی قرار دارند که شامل راهکارهایی در خصوص گرمایش، سرمایش و روشنایی‌اند نظیر جذب مستقیم، دیوار ترومپ، پنجره آفتابی، گلخانه، تهویه طبیعی، نورگیرهای سقفی، قفسه‌های نوری و ... . سطح سوم دربردارنده تاسیسات مکانیکی با بهره‌وری بالاست که سیستم‌هایی نظیر پمپ حرارتی زمین گرمایی، سیستم بازیابی حرارت، سیستم فتوولتاییک، توربین‌های باد، سیستم آب گرم خروشیدی، سیستم CHP و ... را شامل می‌شود. در نمودار زیر این سه سطح استراتژی ارائه شده است.

تصویر ۷-۱۵- سه سطح راهکارهای طراحی ساختمان پایدار.

۱-۲-۴-۷ سطح اول: طراحی ساختمان پایه

موقعیت قرارگیری پروژه در سایت: ساختمان پژوهشکده در قالب حجم‌های به هم پیوسته در بخش شمالی و شمال غربی سایت و با رعایت فاصله مناسب با سایر همجواری‌ها قرار گرفته است.

جهت‌گیری: جهت‌گیری توده‌ها، ۳۰ درجه غربی و کشیدگی آن شرقی-غربی می‌باشد. این نوع کشیدگی سبب دریافت نور و تابش در ساعات طولانی‌تری نسبت به حالت بدون چرخش می‌شود. همچنین فضاهای خالی میان احجام در راستای باد غالب قرار گرفته است.

فرم: فرم و تناسبات سهم عمده‌ای در کاهش تقاضای انرژی دارد. فرم ساختمان براساس کاهش نسبت سطح به حجم توده در نظر گرفته شده است. براساس مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، هرچه فرم ساختمان به مربع نزدیک‌تر باشد، نسبت سطح به حجم آن کمتر خواهد بود.

توده‌گذاری: ساختمان از سه توده مکعب شکل تشکیل شده که با هم تداخل دارند. فواصل میان

توده‌ها براساس سایه‌اندازی تعیین شده است. به منظور کاهش سایه‌اندازی در سایت، ساختمان‌ها از شمال به جنوب کاهش ارتفاع دارند.

لایه‌بندی حرارتی فضاها: در این ساختمان فضاهایی که در آن تولید گرمای کمتری صورت می-گیرد در جبهه جنوبی (مانند خدمات رفاهی و فضاهای ملاقات) و فضاهایی با تولید گرمای بیشتر نظیر دفاتر کار و آزمایشگاه‌ها در جبهه شمالی بنا قرار می‌گیرند

طراحی سایت و منظر: در طراحی سایت به حفاظت ساختمان در برابر باد نامطلوب توجه شده است. بدین ترتیب در غرب و شمال غرب سایت درختان چتری با پوشش متراکم و بوته‌های شمشاد در نظر گرفته شده است. همچنین در پیاده‌راه‌های اطراف بنا از درختان برگریز استفاده شده تا در تابستان سایه ایجاد کرده و در زمستان و همزمان با ریزش برگ‌ها، آفتاب بر سطح پیاده‌راه‌ها بتابد. اختصاص بخش‌هایی از بام به یک لایه سبزینگی سبب اعتدال دمای فضای داخلی در طول تابستان و زمستان می‌گردد. در کفسازی و علی‌الخصوص کف گودال باغچه‌ها زهکشی آب باران در نظر گرفته شده تا از جمع شدن آب بر روی سطوح جلوگیری و از آن برای آبیاری محوطه استفاده گردد.

رنگ و جنس سطوح خارجی و داخلی: باتوجه به اقلیم مشهد و تنش‌های سرمایی آن، سطوح خارجی می‌بایست دارای ظرفیت حرارتی بالا و رنگ متوسط تا تیره باشد و همچنین سطوح داخلی می‌بایست بازتابنده و روشن بوده تا روشنایی روز را در فضا گسترش دهد. مصالح بازتابنده با شکست‌های متوالی سبب انتقال نور به عمق فضا می‌شوند. از این راهکار برای دفاتر کار باز و آزمایشگاه پژوهش تیمی استفاده شده است.

نسبت بازشو به مساحت فضا: رعایت این نسبت علاوه بر تامین روشنایی در حد مطلوب، از هدررفت ناخواسته انرژی جلوگیری کرده که مقدار آن برای شهر مشهد ۲۳٪ در نظر گرفت شده است.

نسبت بازشو به دیوار: این مقدار برای جبهه جنوبی بنا ۰/۵، برای جبهه شرقی و غربی ۰/۲ تا ۰/۳ و برای جبهه شمالی ۰/۵ و قابل کاهش تا ۰/۲ (به منظور کاهش نفوذپذیری ساختمان در برابر بادهای سرد و زمستانی) در نظر گرفته می‌شود.

سایبان‌های خارجی: نوع سایبان‌ها بسته به موقعیت و عوامل محیطی در چهار جبهه بنا متفاوت می‌باشد. جبهه شمالی دارای نمایی دو پوسته بوده که پوسته بیرونی با چرخش روی یک محور عمودی نسبت بازشو به دیوار را بین ۰ تا ۰/۵ تغییر می‌دهد. علت این امر، جریان هوای نامطلوبیست که در فصل سرد از شمال و شمال غرب می‌ورزد.

در جبهه جنوبی از نوعی نمای دینامیک خورشیدی بهره گرفته شده است که علاوه بر سایه‌اندازی بر روی پنجره‌ها، بخشی از الکتریسیته موردنیاز ساختمان را تامین می‌کند. در جبهه شرقی بنا از لوورهای چوبی ثابت بهره گرفته شده و جبهه غربی دارای پنجره‌های دوجداره به تعداد محدود در عمق می‌باشد.

۲-۲-۴-۷ سطح دوم: سیستم‌های غیرفعال و انرژی‌های طبیعی

گرمایش: در جبهه جنوب شرقی از پنجره آفتابی استفاده شده که امکان ذخیره گرما را در ساعات

اولیه روز خصوصاً در زمستان داراست. همچنین گلخانه‌ای در جداره جنوبی در نظر گرفته شده است که سبب مجبوس کردن گرما در طول روزهای زمستان شده و در شب این گرما را به محیط می‌دهد. در تابستان با باز کردن شیشه‌های آن تهویه مطلوب صورت گرفته و عبور جریان هوا از روی گیاهان سبب تلطیف و تعدیل دمای آن پیش از ورود به فضای داخلی می‌شود.

استفاده از آتریوم‌های میانی با بازشوهای قابل تنظیم در سقف به تهویه هوا در طول تابستان و ثابت نگه داشتن دما در طول زمستان کمک می‌کنند که برای اقلیم مشهد بسیار مناسب می‌باشد و در فضاهایی همچون پژوهشکده‌ها، فضایی جمعی برای ملاقات فراهم می‌آورد.

سرمایش: پنجره‌های باز و بسته شونده به کار گرفته شده در سقف آتریوم امکان صعود هوای گرم و تهویه طبیعی را فراهم می‌آورد. همچنین قرارگیری بخش قابل توجهی از پروژه در حفاظت خاک سبب انتقال گرما به زمین شده و ساختمان را به طور طبیعی خنک می‌کند.

روشنایی: در این پروژه، علاوه بر جداره‌ها، سقف نیز به عنوان عامل مهمی برای ورود نور در نظر گرفته شده و استفاده از قفسه‌های نوری در دفاتر کار و آزمایشگاه‌ها، عمق ورود نور را افزایش داده است. همپنین ستون‌های نوری که از جنس شیشه توپر هستند، نور را از طریق کلاهک‌های نیم‌کروی روی بام، به درون فضاهای داخلی طبقات می‌آورند.

۷-۴-۲-۳ سطح سوم: تاسیسات مکانیکی

آب گرم خورشیدی: تامین آب گرم مصرفی از طریق آبگرمکن‌های خورشیدی تحت فشار و کلکترهای تخت صورت می‌گیرد.

سیستم روشنایی LED: به منظور بهره‌وری حداکثر،از سیستم روشنایی LED همراه با سنسورهای تشخیص کاربران استفاده شده است.

توربین‌های باد: تعداد ۵ میکروتوربین که مصرف پژوهشی دارد در سایت در نظر گرفته شد است. اساس مکان‌یابی آن‌ها، قرارگیری در مسیر باد غالب می‌باشد.

سیستم فتوولتاییک: برای تامین بخشی از الکتریسیته سالانه از سیستم فتوولتاییک استفاده شده است که در سطح اشغال ساختمان جای گرفته است.

۷-۵ اطلاعات و مدارک فنی طرح

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۳۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

فهرست فضاها

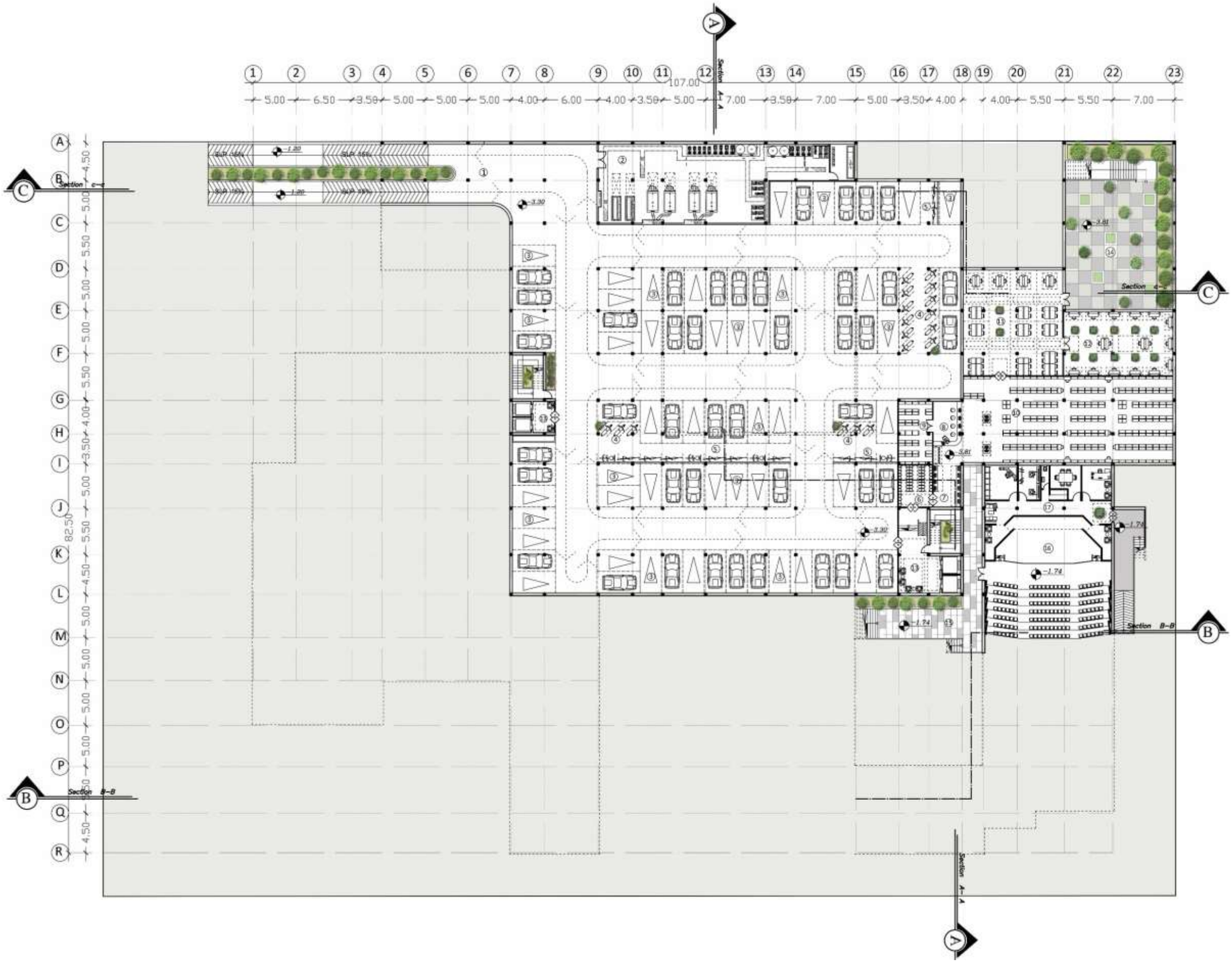
۱- ورودی پارکینگ
۲- تاسیسات
۳- محل پارک خودروها
۴- محل پارک موتورسیکلت
۵- محل پارک دوچرخه
۶- ورودی کتابخانه و اتاق وسایل
۷- محل جست و جوی کتاب
۸- محل تحویل کتاب
۹- مخزن بسته کتاب
۱۰- مخزن باز کتاب
۱۱- سالن مطالعه جمعی
۱۲- سالن مطالعه فردی
۱۳- آسانسورها و پلکان‌ها
۱۴- حیاط کتابخانه
۱۵- حیاط سالن کنفرانس
۱۶-سالن کنفرانس
۱۷- فضای پشت صحنه

مشخصات نقشه

عنوان پلان زیرزمین

مقیاس ۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

فهرست فضاها

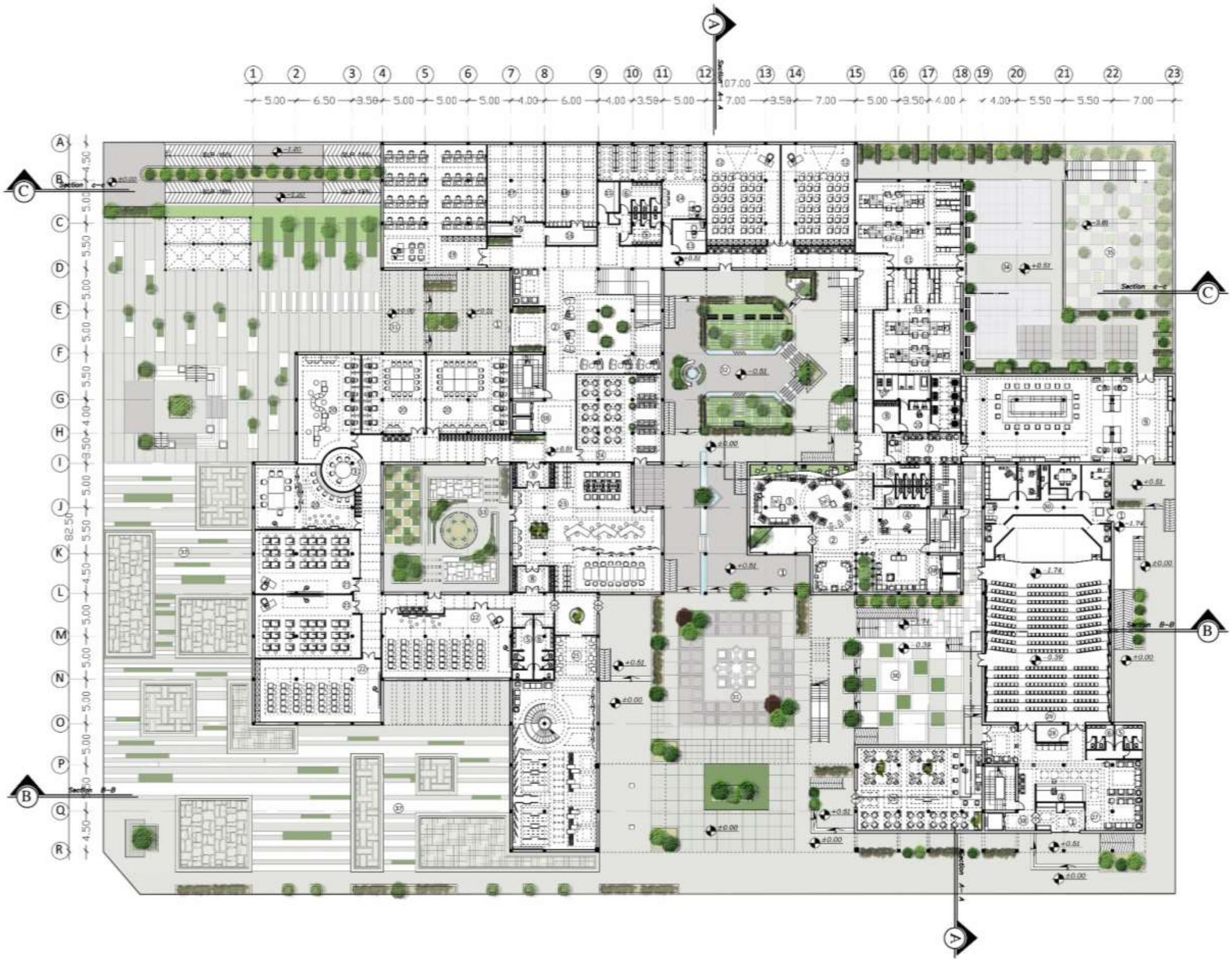
۱. ورودی
۲. لابی
۳. فضای گفتگوی جمعی
۴. کانتر اطلاعات
۵. سرویس بهداشتی بانوان
۶. سرویس بهداشتی آقایان
۷. دفتر مسئول کارگاه
۸. رختکن
۹. کارگاه کار گروهی
۱۰. آزمایشگاه اتاق تمیز
۱۱. آزمایشگاه عمومی
۱۲. اتاق سمعی و بصری
۱۳. انتشارات
۱۴. آرشیو
۱۵. آبدارخانه
۱۶. کفش‌کن
۱۷. نمازخانه بانوان
۱۸. نمازخانه آقایان
۱۹. مرکز اطلاعات
۲۰. دفتر طراحی
۲۱. کلاس طراحی
۲۲. کلاس تئوری
۲۳. دفتر پژوهش و طراحی گروهی
۲۴. فضای استراحت پژوهشگران
۲۵. گالری نمایش دستاوردها
۲۶. کافه تریا
۲۷. لابی سالن کنفرانس
۲۸. اتاق نور و صدا
۲۹. سالن کنفرانس
۳۰. فضای پشت سن کنفرانس
۳۱. حیاط ورودی
۳۲. حیاط جمعی
۳۳. حیاط پژوهشی
۳۴. حیاط کار گروهی
۳۵. حیاط کتابخانه
۳۶. حیاط سالن کنفرانس
۳۷. حیاط نمایش دستاوردها
۳۸. آسانسورها و پلکان‌ها

مشخصات نقشه

عنوان پلان همکف

مقیاس ۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

فهرست فضاها

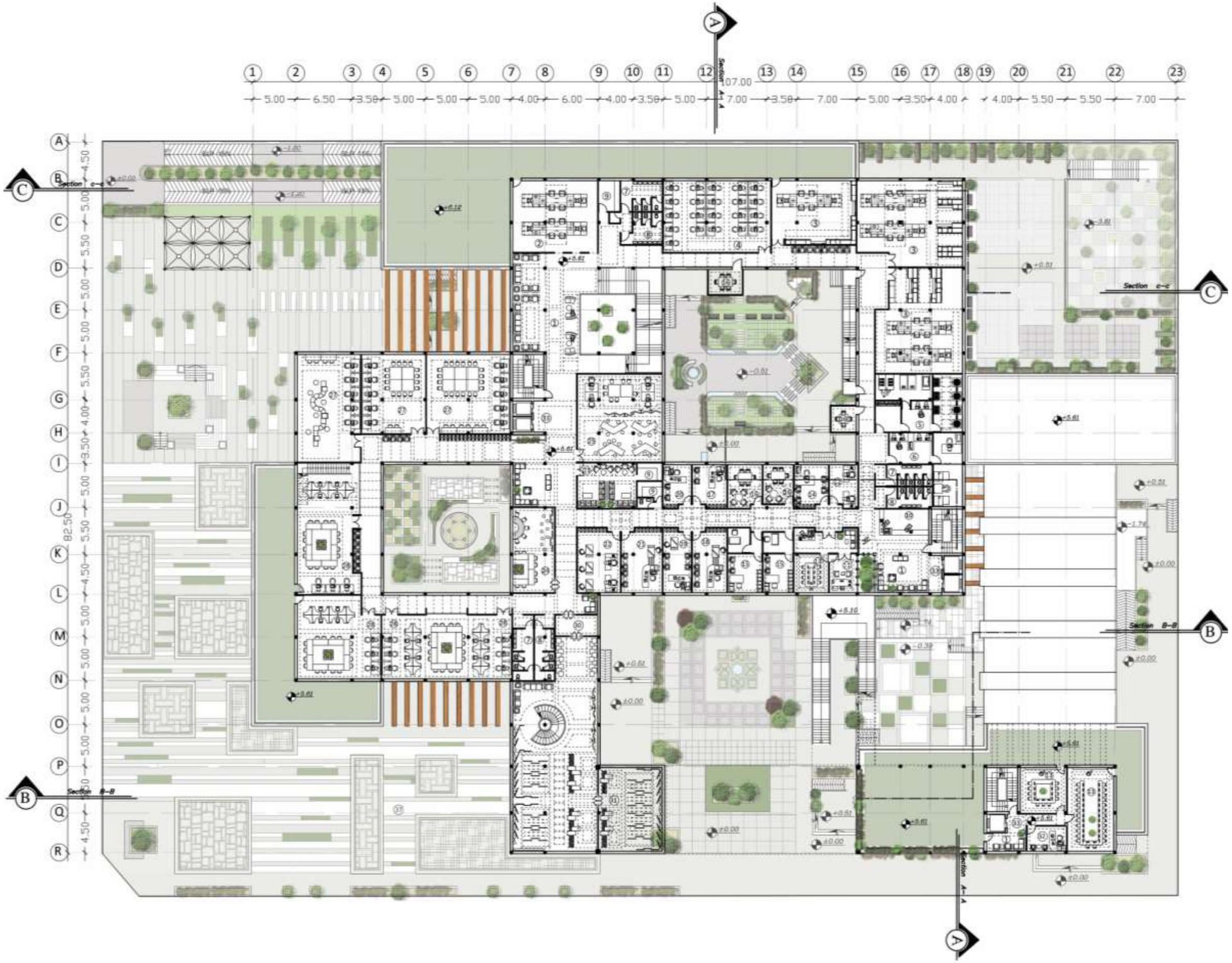
۱. لابی
۲. آزمایشگاه باز
۳. آزمایشگاه عمومی
۴. آزمایشگاه کامپیوتر
۵. آزمایشگاه اتاق تمیز
۶. اتاق تست
۷. سرویس بهداشتی بانوان
۸. سرویس بهداشتی آقایان
۹. آبدارخانه
۱۰. کانتر اطلاعات
۱۱. دفتر مدیریت
۱۲. دفتر معاونت
۱۳. اتاق جلسات
۱۴. روابط عمومی
۱۵. دفتر اساتید
۱۶. اتاق ملاقات
۱۷. دفتر گروه نوآوری
۱۸. دفتر گروه تکنولوژی
۱۹. دفتر گروه طراحی
۲۰. دفتر گروه مستندسازی
۲۱. دفتر گروه پژوهشی
۲۲. اتاق دانشجویان دکترا
۲۳. فضای استراحت پژوهشگران
۲۴. دفتر کار باز
۲۵. فضای پژوهش گروهی
۲۶. دفتر تحقیق
۲۷. دفتر تحقیق و توسعه
۲۸. گالری نمایش دستاوردها
۲۹. فضای نمایش دستاوردهای جدید و خاص
۳۰. دفتر انجمن انرژی‌ها
۳۱. آسانسورها و پلکان‌ها

مشخصات نقشه

عنوان پلان طبقه اول

مقیاس ۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

فهرست فضاها

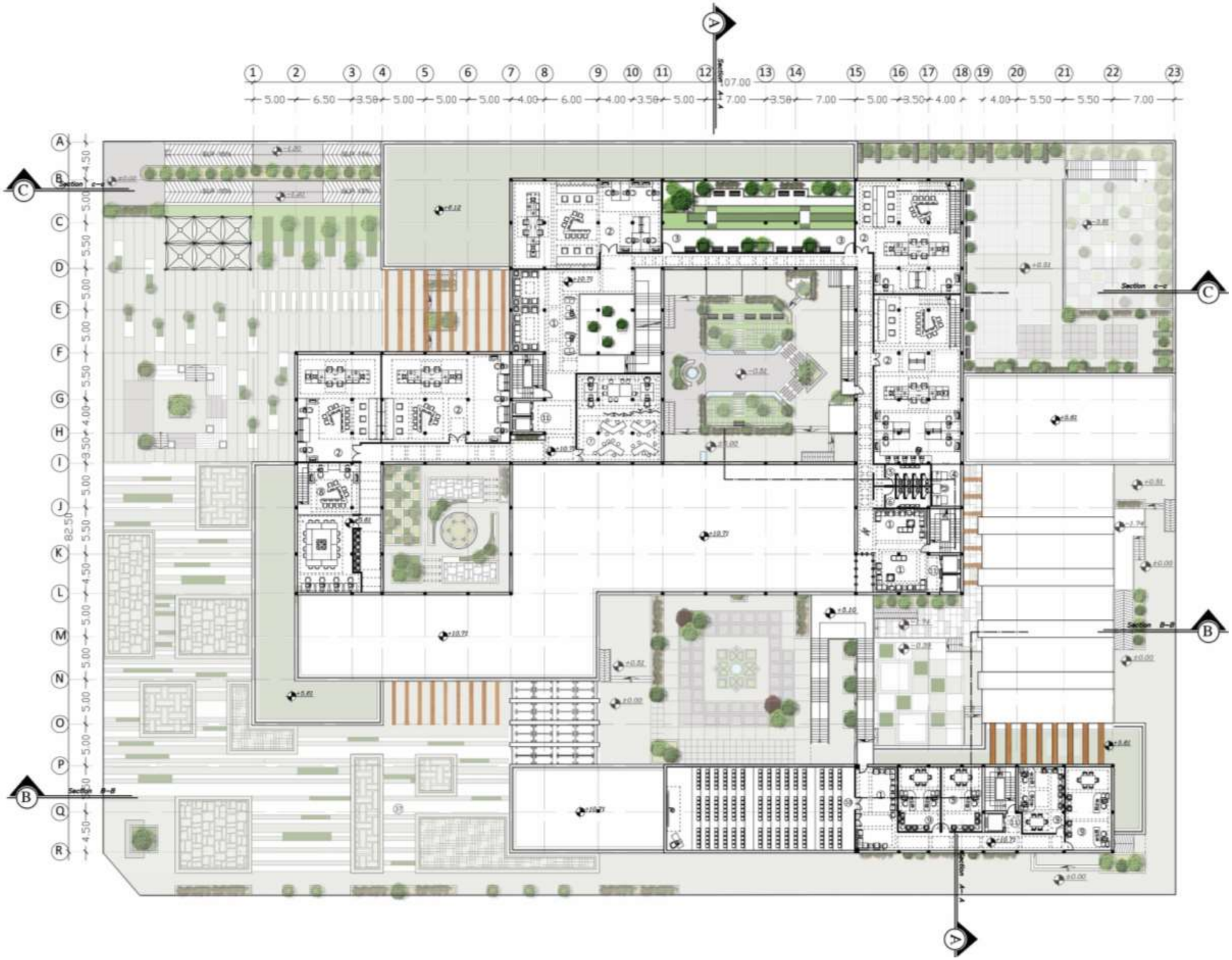
۱. لابی
۲. آزمایشگاه تخصصی
۳. گلخانه
۴. اتاق تست
۵. سرویس بهداشتی بانوان
۶. سرویس بهداشتی آقایان
۷. فضای کار گروهی
۸. دفتر تحقیق و توسعه
۹. دفتر انجمن انرژی‌ها
۱۰. اتاق سمینار
۱۱. آسانسورها و پلکان‌ها

مشخصات نقشه

عنوان پلان طبقه دوم

مقیاس ۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

فهرست فضاها

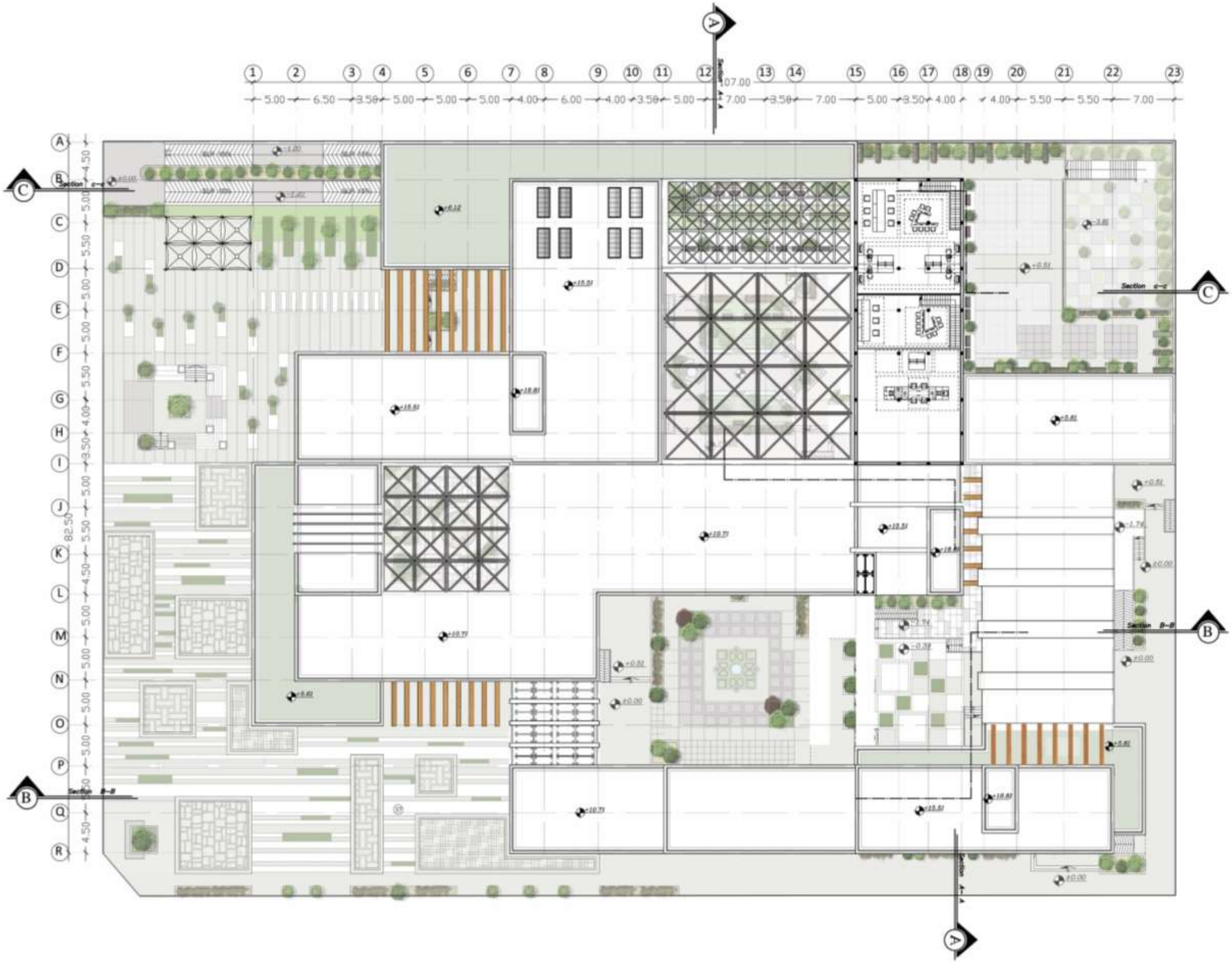
آزمایشگاه تخصصی

مشخصات نقشه

عنوان: پلان طبقه سوم

مقیاس: ۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس



دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان	سایت پلان
مقیاس	۱:۸۰۰

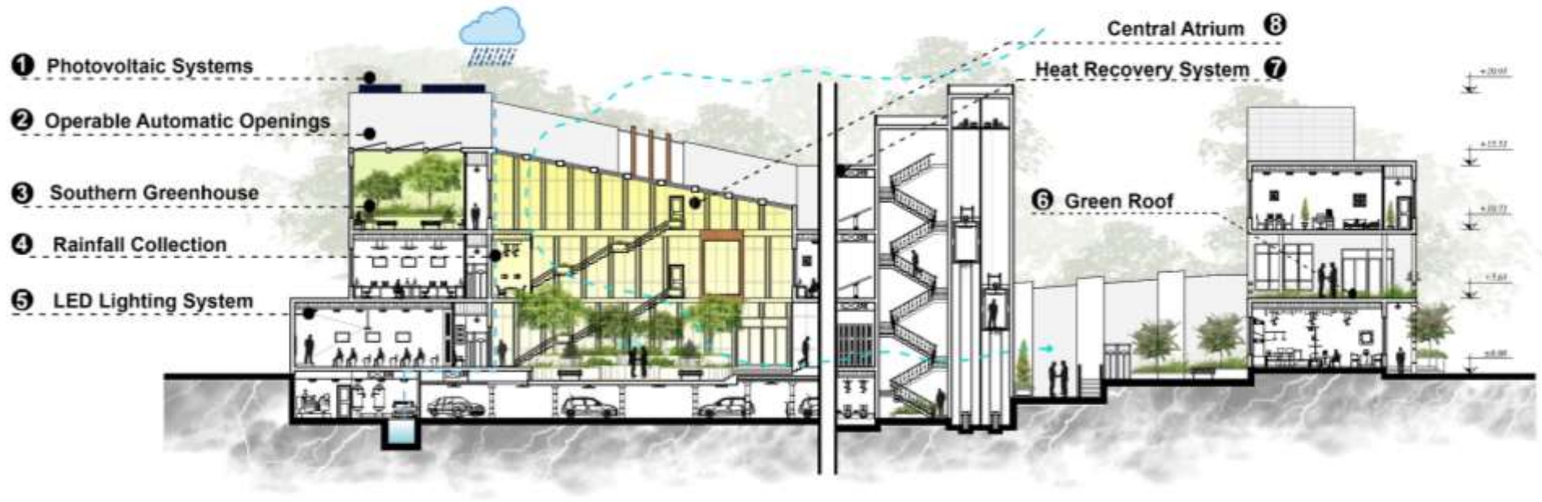
استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹



مشخصات نقشه

عنوان	مقطع A-A
مقیاس	۱:۴۵۰

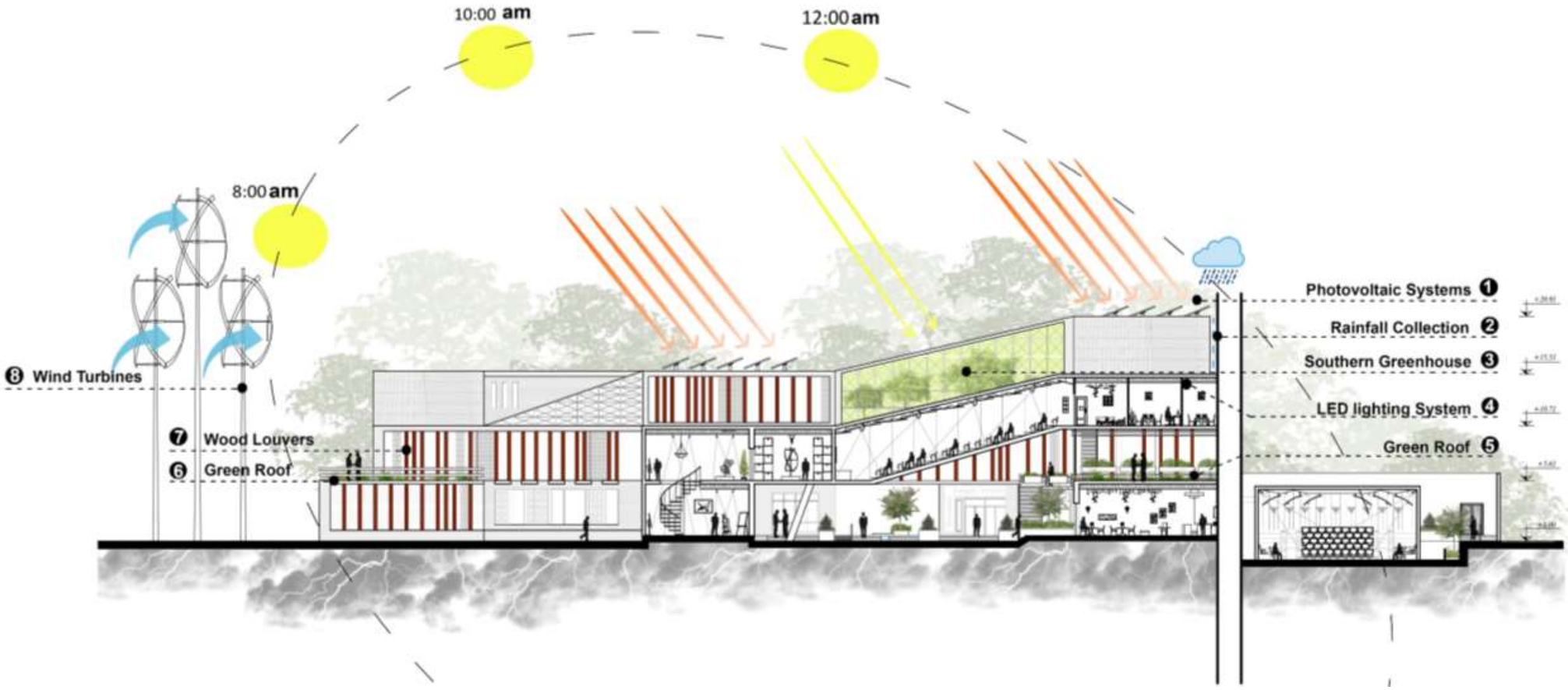
استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹



مشخصات نقشه

عنوان	مقطع B-B
مقیاس	۱:۴۵۰

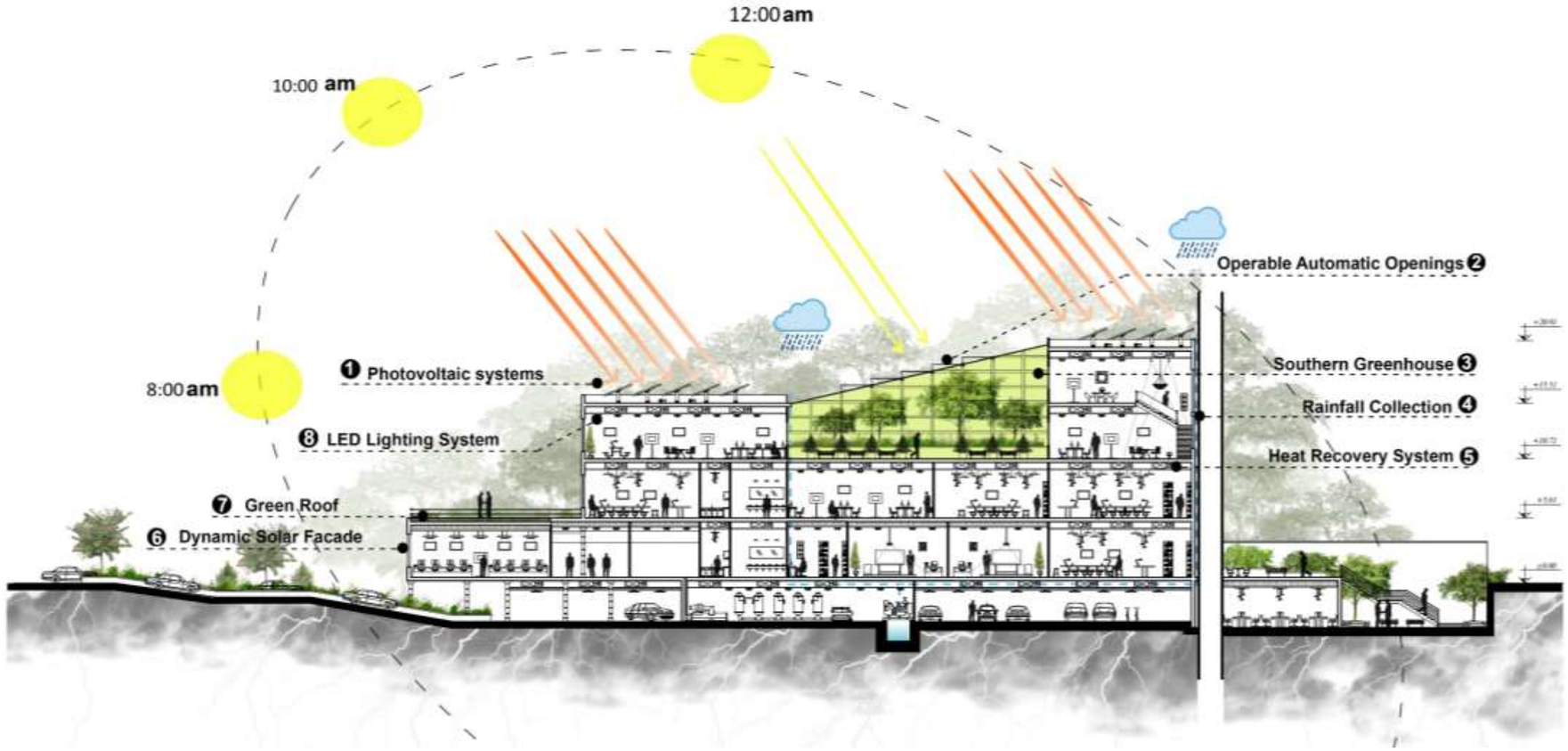
استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹



مشخصات نقشه

عنوان	مقطع C-C
مقیاس	۱:۴۵۰

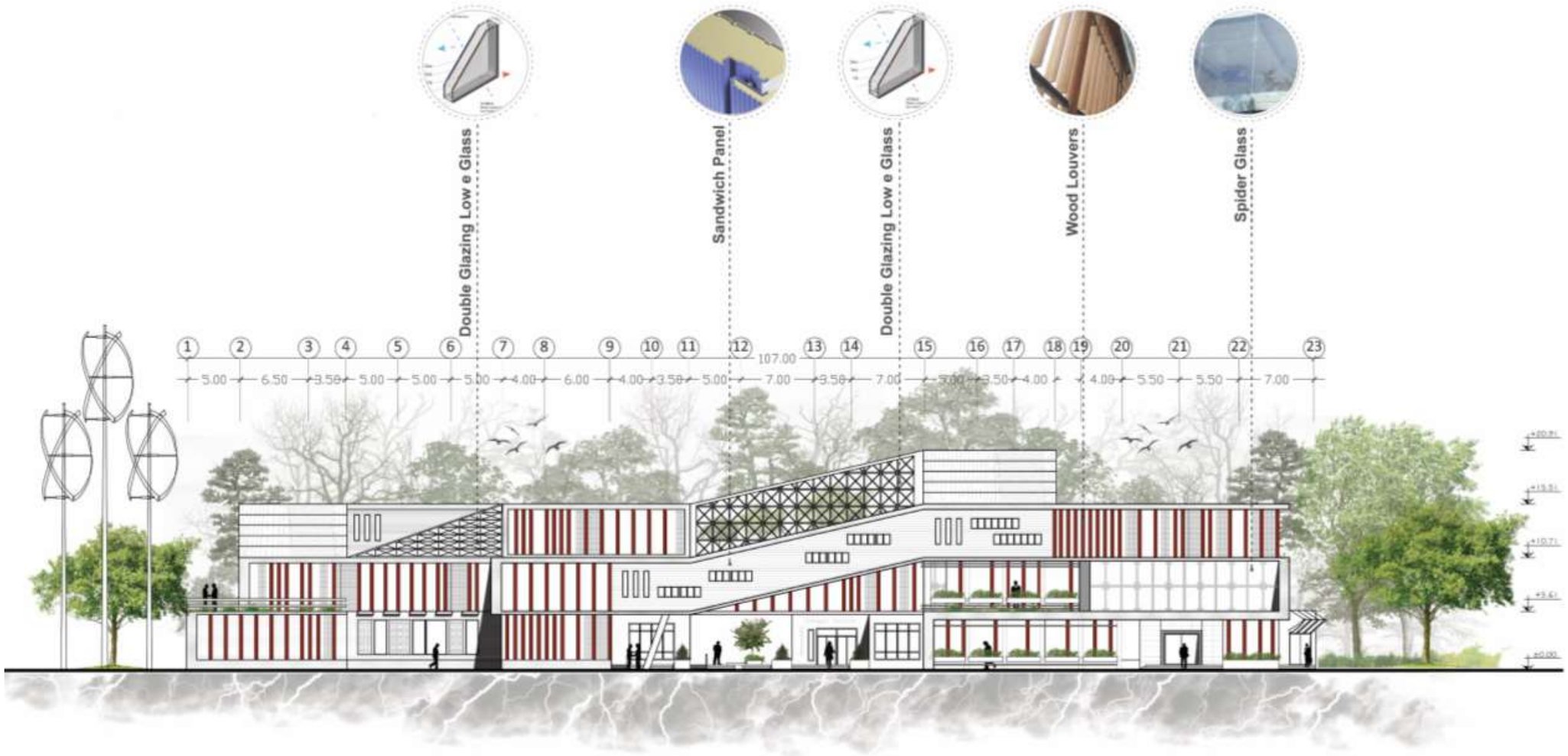
استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹



مشخصات نقشه

عنوان	نمای شرقی
مقیاس	۱:۴۵۰

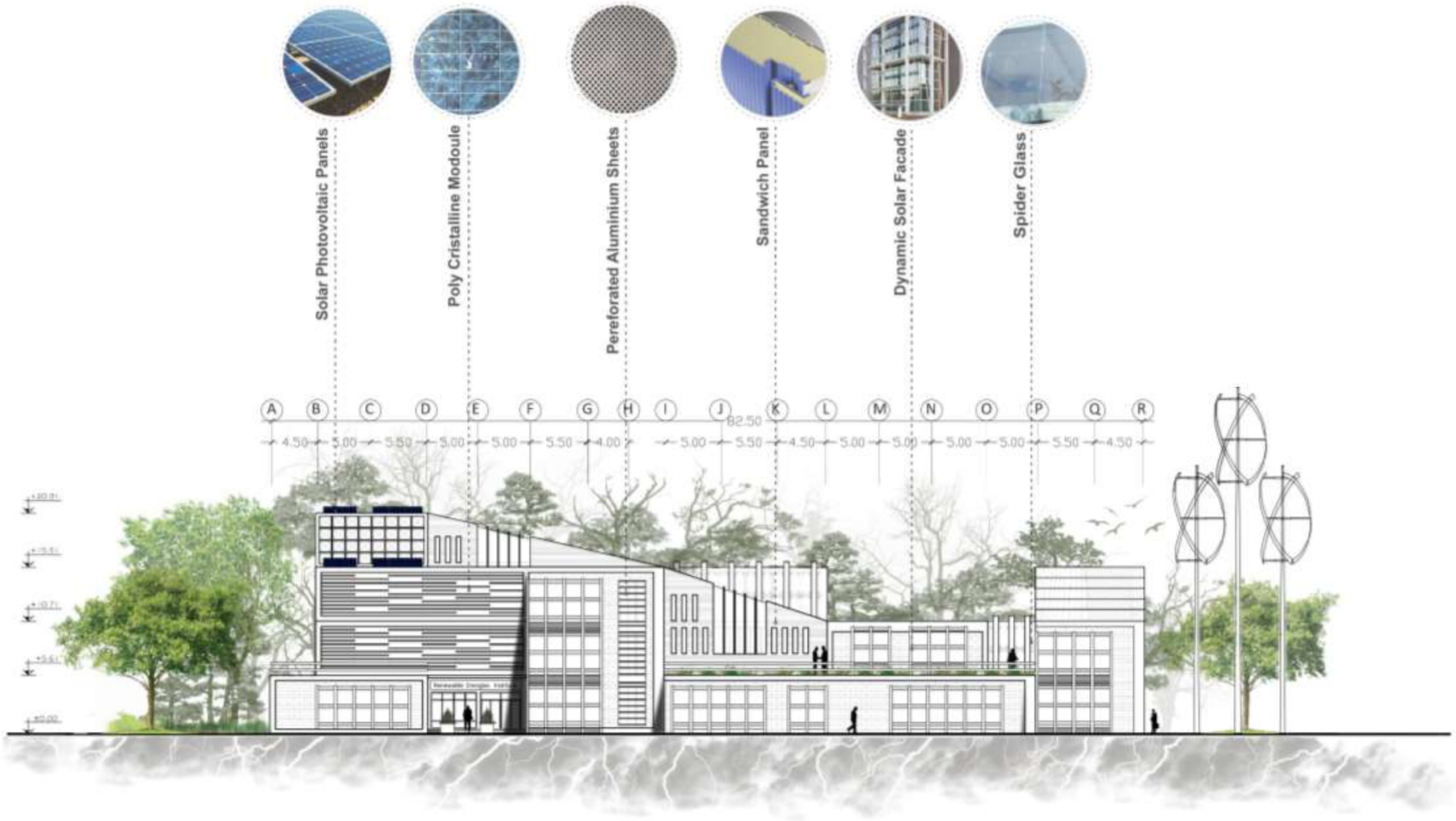
استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹



مشخصات نقشه

عنوان	نمای جنوبی
مقیاس	۱:۴۵۰

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان دید به حیاط

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان **دید ناظر**

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان: دید پرنده

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد
با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان دید ورودی خصوصی - شب

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی

عنوان پروژه: پژوهشکده انرژی های نو مشهد با رویکرد معماری پایدار

اطلاعات عمومی پروژه

زیربنا	۱۱۸۹۴
مساحت زمین	۱۰۹۳۵
سطح اشغال	۴۶۳۲/۵
تعداد طبقات	۵
فضای باز در همکف	۶۳۰۲/۵
مساحت پارکینگ	۲۲۸۰
مساحت عرصه پژوهشی	۲۰۴۱
مساحت عرصه آزمایشگاهی	۲۱۷۹
مساحت عرصه آموزشی	۴۱۹

مشخصات نقشه

عنوان دید ورودی خصوصی - روز

استاد راهنما: جناب آقای دکتر طاهری
دانشجو: مریم غفوریان قدس

پیوست

پیو ست ۱- ا ستراتژی‌های طراحی ف ضای خارجی لابراتوارها، انی ستیتو علوم و تکنولوژی مصدر.

پیوست ۲- استراتژی‌های طراحی فضای داخلی لابراتوارها، انیستیتو تکنولوژی مصدر.

پیوست ۳- مولفه‌ها و راهکارهای طراحی پژوهشکده انیستیتو علوم و تکنولوژی مصدر.

ردیف	مولفه‌های طراحی	راهکارهای طراحی
۱	سایت	جهت‌گیری زاویه‌دار به منظور به حداقل رساندن نفوذ نور خورشید به درون فضاها و به درون کشیدن جریان باد قالب برای خنک کردن توده‌های ساختمانی
۲	فرم و توده‌گذاری	جهت‌گیری زاویه‌دار به منظور ایجاد سایه و سایه‌اندازی ساختمان‌های مجاور بر روی یکدیگر، طراحی پوسته نما به منظور خفظ خلوت و امنیت، تراکم بالا و ارتفاع کم.
۳	طراحی غیر فعال (اقلیمی)	ایجاد یک میکرواقلیم در بیابان، استفاده از حایل‌های دمایی (لابی‌های buffer)، به منظور کاهش رد و بدل دمای درون و بیرون، استفاده از سرمایش تبخیری در محوطه به وسیله آب و هدایت جریان باد (بادخوان در فضای باز)، فرورفتگی عمیق در تراز همکف و ایجاد کلونادهای سایه‌دار در تمام طول سال، نماهای عایق برای تمام ساختمان‌ها، استفاده از صفحات خورشیدی در نما، محبوس کردن گرما در آتریوم‌ها و استفاده از توده‌های حرارتی بیرون‌زده به منظور انتقال گرما به بیرون و سرمایش غیرفعال
۴	سیستم‌های محیطی	بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته محیطی نظیر واحدهای پیشرفته فن‌کویل، active chilled beams همراه با سنسور عبور هوا به منظور کاهش مقدار رد و بدل هوا، سیستم روشنایی با انرژی کم، پیلرهای بدون اصطکاک، بازیابی سرما و گرما از هوای خروجی

۵	انرژی‌های تجدیذیر	استفاده از تمام سطح بام برای صفحات PV و سایه‌اندازی آن‌ها بر روی بام
۶	زیرساخت‌های انرژی	نیروگاه ۵۰ مگاواتی خورشیدی در نزدیکی سایت پروژه
۷	منظر و اکولوژی	طراحی منظر و استفاده از گونه‌های گیاهی سازگار به منظور تامین سرما و سایه از طریق پروسه طبیعی تبخیر و تعریق
۸	مصالح و ضایعات	استفاده از بتن بدون کربن با سیمان جایگزین، جداسازی کامل ضایعات در محل، پیش‌ساخته‌سازی المان‌های نما و حمام‌ها، استفاده از چوب نخل در ساخت صفحات نما و الوارهای چوبی در ساختمان کتابخانه، بررسی چرخه حیات مواد در فرآیند انتخاب مصالح
۹	آب	کاهش مصرف آب آشامیدنی، استفاده از تاسیسات و تجهیزات با جریان محدود آب، بازیافت آب و استفاده برای مصارف غیرآشامیدنی، طراحی منظر و محوطه در راستای کاهش نیاز به آب آشامیدنی
۱۰	حمل و نقل	توسعه پیاده‌راه‌های سایه‌دار به منظور تشویق به پیاده‌روی، مجموعه بدون ماشین، سیستم حمل و نقل PRT به منظور حرکت در پردیس به صورت زیرزمینی
۱۱	برنامه‌ریزی برای تغییر	طراحی انعطاف‌پذیر، طراحی ساختمان‌های اقامتی به گونه‌ای که امکان تغییر کاربری به لابراتوار را داشته باشد و برعکس

پیوست ۴- راهکارهای بهره‌وری انرژی در ساختمان آر اس اف.

۱. سازماندهی ساختمان در دو بال بلند به طول ۶۰ فوت به منظور جهت¬گیری بهینه نسبت به خورشید.
۲. تولید ۶/۱ مگاوات انرژی در سایت و ۴۵۰ کیلووات در سطح اشغال از طریق سیستم فتوولتاییک.
۳. استفاده از لوورهای افقی در مقابل ورودی برای محافظت در برابر تابش مستقیم.
۴. دستیابی به نسبت بهینه ٪۲۵ بازشو به دیوار در جبهه شمالی و جنوبی.
۵. انتقال لوله¬های سرمایش و گرمایش از طریق سازه اکسپوز در سقف.
۶. پنجره¬های تنظیم¬شونده دستی برای تهویه طبیعی و اتومات برای باز شدن در شب در فصول گرم سال.

۷. شیشه الکتروکرومیک در جبهه غربی و ترموکرومیک در جبهه شرقی و ایجاد سایه از طریق بالکن عمیق روی نما.
۸. کلکتورهای حرارتی در گشت نمای جنوبی ساختمان.
۹. نفوذ نور روز و تهویه طبیعی با پلان یکپارچه اداری و تعداد اندک دفاتر کار مجزا.
۱۰. ارتفاع ۱۲ اینچی طبقات و تامین تهویه و الکتریسیته.
۱۱. لابیرنت بتنی و نقش آن به عنوان توده حرارتی برای ذخیره غیرفعال سرما و گرما.

پیوست۵- مولفه‌ها و راهکارهای طراحی پژوهشکده آر اس اف.

ردیف	مولفه‌های طراحی	راهکارهای طراحی
۱	سایت	قرارگیری در یک پردیس انرژی در حومه شـهر، هندسـه و جهت‌گیری به منظور استفاده حداکثری از نور روز و به حداقل رساندن جذب و دفع گرما
۲	فرم و توده‌گذاری	لفاف فضایی متشکل از دو بال بلند (۶۰فوت)، بهره حداکثری از نور جنوب، ایجاد فضای میانی سایه‌دار
۳	طراحی غیرفعال (اقلیمی)	سـاختار بتنی لابیرنتی در زیرزمین (گربه‌رو) برای ذخیره حرارت و یرمایش و گرمایش غیرفعال، اسـتفاده از مصـالح بازتابنده در سـقف و تامین نور روز تا عمق فضـا، اسـتفاده از کلکتور خورشـیدی در سـطح نمای جنوبی به منظور گرمایش هوای سـرد بیرون و انتقال آن به زیرزمین (در زمسـتان)، اسـتفاده از لوور در بال میانی (شـمالی-جنوبی)، اسـتفاده از پنجره‌های الکتروکرومیک در جبهه غربی و ترموکرومیک در جبهه شرقی، پنجره‌های دوقسمتی در جبهه جنوبی (قسمت بالا نورگیری غیرمستقیم، قسمت پایین تهویه)، استفاده از توده‌های حرارتی بتنی در فضـای زیرزمین به صـورت لابیرنتی برای تامین سـرمایش و گرمایش غیرفعال، دال‌های طبقات بازتابنده گرما به بیرون (در تابسـتان)، اسـتفاده از پنجره‌های تنظیم‌شونده و اتومات عایق پیش‌ساخته و تعدیل دمای فضای داخلی
۴	سیستم‌های محیطی	سنسورهای تشخیص نیاز تهویه، سنسورهای تشخیص دما و روشنایی، استفاده از تهویه زیرطبقات، سیستم بازیابی گرما و سرما از وسایل و تاسیسات، استفاده از آسانسورهای کم‌مصرف
۵	انرژی‌های تجدیذیر	سـیسـتم فتوولتاییک در بام با شـیب ۱۰ درجه، سـیسـتم آب گرم خورشـیدی، استفاده از انرژی زمین‌گرمایی برای راه‌اندازی پمپ حرارتی
۶	زیرساخت‌های انرژی	تامین ۲/۵مگاوات انرژی از طریق سیستم فتوولتاییک در بام ساختمان، پارکینگ کارکنان و بازدیدکنندگان
۷	منظر و اکولوژی	استفاده از گیاهان بومی و سازگار با شرایط محیط، هماهنگی رنگ بنا با محیط طبیعی پیرامون
۸	مصالح و ضایعات	استفاده از ضایعات ساخت و ساز و مصالح بازیافتی استفاده از مصالح با انتشار کربن کم، اسـتفاده از دیوارهای سـنگی (گابیون) با اسـتفاده از سـنگ‌های گودبرداری ساختمان، استفاده از چوب کاج محلی برای پوشش بدنه لابی، استفاده از پنل‌های عایق بتنی پیش‌سـاخته در نمای داخلی و خارجی، بازیابی گرمای تجهیزات و تاسیسات data center
۹	آب	آبیاری قطره‌ای، سـیسـتم هوشـمند کنترل آبیاری، هدایت آب باران از بام به باغچه‌ها، تاسیسات بهداشتی با فشار کم آب
۱۰	حمل و نقل	پیاده‌راه‌های سایه‌دار درختکاری شده
۱۱	برنـامـه‌ریزی برای تغییر	پلان یکپارچه اداری با حداقل جداسازی

پیوست۶- مولفه‌ها و راهکارهای طراحی ساختمان اس آی ای ای بی.

ردیف	مولفه‌های طراحی	راهکارهای طراحی
۱	سایت	قرارگیری در پردیس دانشگاهی، آب و هوای معتدل و بارانی، دسترسی بلافصل به خیابان
۲	فرم و توده‌گذاری	فرم Hشکل، لفاف فضایی بهینه (نزدیک به مکعب)، گشودگی رو به جنوب همراه با یک حیاط میانی، قرارگیری طبقات به صورت پلکانی، کاهش سطح اشغال و امتداد طبقات با پوشش‌های متخلخل در فضای بیرون، منطقه‌بندی حرارتی و روشنایی در حجم
۳	طراحی غیر فعال (اقلیمی)	استفاده از گیاه برای سایه‌اندازی در طبقات، استفاده از لوورهای افقی در تمام سطح نما، استفاده از قفسه نوری برای دریافت غیرمستقیم تابش خورشید، نمای دوپوسته و جریان هوا در بین دولایه، ایجاد تراس‌های سایه‌دار رو به جنوب، نمای تمام شیشه در جبهه شمالی بنا، استفاده از استخر آب و گیاهان سایه‌انداز به منظور ایجاد سرمایش تیخیری در فضای بین دو توده، بام‌های بازتابنده، قرارگیری هسته خدماتی در ضلع شمالی
۴	سیستم‌های محیطی	سنسور تشخیص میزان نور، سنسور تشخیص کاربران، ترکیب گرما و الکتریسیته، سیستم روشنایی کم‌مصرف، لفاف فضایی عایق و بازتابنده
۵	انرژی‌های تجدیذیر	سیستم فتوولتاییک، استفاده از گرمای زمین برای راه‌اندازی پمپ‌ها
۶	زیرساخت‌های انرژی	-
۷	منظر و اکولوژی	به کارگیری گیاهان بومی نظیر بامبو و حوضچه آب در حیاط میانی، کاشت گیاهان بلند در جبهه شمالی و در مقابل بادهای سرد زمستان
۸	مصالح و ضایعات	بازیابی گرمای تاسیسات برای گرمایش غیرفعال در زمستان
۹	آب	جمع‌آوری آب باران و ذخیره آن در استخر طبقه همکف به منظور آبیاری گیاهان
۱۰	حمل و نقل	حمل و نقل به صورت پیاده و یا دوچرخه
۱۱	برنامه‌ریزی برای تغییر	پلان‌های یکپارچه با هسته‌های خدماتی و ارتباطی در کنج بال‌ها

پیوست۷- مولفه‌ها و راهکارهای طراحی پژوهشکده ان آر ای ال.

ردیف	مولفه‌های طراحی	راهکارهای طراحی
۱	سایت	قرارگیری در یک پردیس انرژی در حومه شـهر، هندسـه و جهت‌گیری به منظور استفاده حداکثری از نور روز و به حداقل رساندن جذب و دفع گرما
۲	فرم و توده‌گذاری	کاهش عرض پلان (لفاف فضـایی باریک و بلند) برای بهره حداکثری از نور جنوب، پودیوم کوچک، کلونادهای سایه‌دار پیلوت.
۳	طراحی غیر فعـال (اقلیمی)	تراس‌های در عمق در جبهه شرقی و غربی و قرارگیری پنجره‌ها در سایه، استفاده از ویدهای باریک و بلند برای ایجاد مکش، پنجره‌های تنظیم شونده، اسکرین‌های خاکستری در نما، استفاده از سایبان‌های متخلخل افقی بر روی باز شوهای نما، کنسول شدن حجم و ایجاد سایه عمیق دورتادور بنا، جدا شدن بخش‌های اصلی بنا از زمین، پودیوم کوچک، انتقال گرما و سرما و تاسیسات الکتریکی در فاصله ۶۰ سانتیمتری زیر سقف، استفاده از ساندویچ پنل و صفحات آلومینیوم بازتابنده در نما، پنجره های مرتفع برای نورگیری و کم‌ارتفاع برای تهویه، اسـتفاده از گرمایش ناشی از تجهیزات
۴	سیستم‌های محیطی	سنسور تشخیص نیاز به تهویه، سنسورهای تشخیص دما و روشنایی، استفاده از تهویه زیر طبقات، سیستم بازیابی گرما و سرما از وسایل و تجهیزات
۵	انرژی‌های تجدیذیر	سیستم فتوولتاییک، سیستم آب گرم خورشیدی، استفاده از انرژی زمین گرمایی برای راه‌اندازی پمپ حرارتی
۶	زیرساخت‌های انرژی	تامین ۲/۵ مگاوات انرژی از طریق سیستم فتوولتاییک در بام ساختمان، پارکینگ کارکنان و بازدیدکنندگان
۷	منظر و اکولوژی	استفاده از گیاهان بومی و سازگار با شرایط محیط، هماهنگی رنگ بنا با محیط طبیعی پیرامون
۸	مصالح و ضایعات	از دیوارهای سـنگی (گابیون) با اسـتفاده از سـنگ‌های گودبرداری سـاختمان، ، بازیابی گرمای تجهیزات و تاسیساتdata center ، استفاده مجدد از الکتریسیته تولید شده در آزمایش‌ها
۹	آب	آبیاری قطره‌ای، سـیسـتم هوشـمند کنترل آبیاری، هدایت آب باران از بام به باغچه‌ها، تاسیسات بهداشتی با فشار کم آب
۱۰	حمل و نقل	پیاده‌راه‌های سایه‌دار درختکاری شده
۱۱	برنـامـه‌ریزی برای تغییر	پلان‌های یکپارچه اداری با حداقل جداسازی

پیوست۸- مولفه‌ها و راهکارهای طراحی ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه کرج.

ردیف	مولفه‌های طراحی	راهکارهای طراحی
۱	سایت	قرارگیری در یک سایت خارج از شهر
۲	فرم و توده‌گذاری	فرم خطی مستطیل شکل در دو طبقه، کشیدگی در راستای شرقی-غربی
۳	طراحی غیرفعال (اقلیمی)	گستردگی ساختمان رو به جنوب،استفاده از گلخانه در نمای جنوبی، استفاده از بادگیر در بنا، جانمایی فضاهای با نیاز انرژی بالاتر در جبهه جنوبی و نیاز انرژی کمتر در ضلع شمالی
۴	سیستم‌های محیطی	تجهیزات روشنایی از نوع LED، استفاده از کلکتورهای خورشیدی و رادیاتورهای پنلی برای گرمایش.
۵	انرژی‌های تجدیذیر	سیستم فتوولتاییک، سیستم آب گرم خورشیدی.
۶	زیرساخت‌های انرژی	-
۷	منظر و اکولوژی	استفاده از گیاهان بومی سایه‌انداز در جبهه شرق و جنوب، امتداد فضای سبز بیرون به درون پروژه
۸	مصالح و ضایعات	استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و رنگ روشن در نما
۹	آب	-
۱۰	حمل و نقل	-
۱۱	برنامه‌ریزی برای تغییر	-

پیوست۹- طبقه‌بندی راهکارهای دستیابی به ساختمان پایدار.

نمونه موردی	راهکارهای طراحی			
	راهکارهای حفاظت انرژی	راهکارهای خورشیدی غیرفعال	راهکارهای خورشیدی فعال	راهکارهای بهره‌وری انرژی
پژوهشکده پایداری علوم و فناوری مصدر- امارات متحده عربی	جهت‌گیری زاویه‌دار به منظور ایجاد سایه و سایه اندازی ساختمان‌های مجاور روی یکدیگر- طراحی پوسته نما به منظور حفظ خلوت و امنیت- تراکم بالا و ارتفاع کم	ایجاد یک میکرواقلیم در بیابان- استفاده از حایل‌های دمایی (لابی های حائل) به منظور کاهش ردو بدل دمای درون و بیرون- استفاده از سرمایش تبخیری در محوطه به وسیله آب و هدایت جریان باد (بادخوان در فضای باز)- فرورفتگی عمیق در تراز همکف و ایجاد کلونادهای سایه‌دار در تمام طول سال- استفاده از صفحات خورشیدی در نما- محبوس کردن گرما در	سیستم فتوولتائیک – سیستم آب گرم خورشیدی	بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته محیطی نظیر واحدهای پیشرفته فن کویل، تیرهای سرد فعال همراه با سنسور عبور هوا به منظور کاهش مقدار رد و بدل هوا- سیستم روشنایی با انرژی کم- چیلرهای بدون اصطکاک- بازیابی سرما و گرما از هوای خرو جی- نماهای عایق برای تمام ساختمان‌ها- برر سی چرخه حیات مواد در فرایند انتخاب مصالح- استفاده از بادگیر

		آتریوم‌ها و استفاده از توده های حرارتی بیرون زده به منظور انتقال گرما به بیرون و سرمایش غیرفعال		برای تهویه طبیعی در فضای باز میان توده‌ها
مرکز پژوهشی RSF- ایالات متحده آمریکا	لفاف فضایی متشکل از دو بال بلند (۶۰فوت)- بهره‌گیری حداکثر از نور جنوب- ایجاد فضای میانی سایه‌دار	استفاده از کلکتور خورشیدی در سطح نمای جنوبی به منظور گرمایش هوای سرد بیرون و انتقال آن به زیرزمین (در زمستان)- استفاده از لوور در بال میانی (شمالی- جنوبی)- استفاده از پنجره‌های الکتروکرومیک در جبهه غربی- پنجره های دوقسمتی در جبهه جنوبی (قسمت بالا نورگیری غیرمستقیم، قسمت پایین تهویه)	سیستم فتوولتائیک- سیستم آب گرم خورشیدی	استفاده از توده‌های حرارتی بتنی در فضای زیرزمین به صورت لابیرنتی برای تامین سرمایش و گرمایش غیرفعال- دال های طبقات بازتابنده گرما به بیرون (در تابستان)- استفاده از پنجره‌های تنظیم شونده و اتومات- روزنه‌های ورود هوای سرد در نمای شمالی و کانال‌کشی به زیرزمین- استفاده از انرژی زمین گرمایی برای راه‌اندازی پمپ حرارتی
پژوهشکده بهره‌وری انرژی چین	فرم H شکل، لفاف فضایی بهینه (نزدیک به مکعب)- کاهش سطح اشغال و امتداد طبقات با پوشش‌های متخلخل در فضای بیرون- منطقه‌بندی حرارتی، روشنایی در حجم	استفاده از گیاه برای سایه‌اندازی در طبقات- استفاده از لوورهای افقی در تمام سطح نما- استفاده از قفسه نوری برای دریافت غیرمستقیم تابش خورشید- نمای دو پوسته و جریان هوا در بین دو لایه- ایجاد تراس های پلکانی سایه‌دار رو به جنوب- نمای تمام شیشه در جبهه شمالی بنا	سیستم فتوولتائیک	سنسور تشخیص میزان نور- سنسور تشخیص کاربران- ترکیب گرما و الکتریسیته- سیستم روشنایی کم‌مصرف- بام های باز تابنده- لفاف فضایی عایق و بازتابنده- استفاده از پمپ‌حرارتی در زمین- استفاده از استخر آب و گیاهان سایه انداز به منظور ایجاد سرمایش تبخیری در فضای بین دو توده
آکادمی BCA- اداره ساختمان و ساخت و ساز – مالزی	لفاف فضایی مکعب مستطیل کشیده- استفاده از بام منحنی- فرورفتگی در بخش پودیوم	دیوار سبز- قفسه‌های نوری و سایبان های افقی روی بازشوها- استفاده از سطوح براق و بازتابنده در نما- پیش‌آمدگی بام و قرارگیری بخشی از نما در سایه- دودکش خورشیدی- نورگیرهای سقفی نیم‌کره-	سیستم فتوولتائیک در بام و نما- سیستم آب گرم خورشیدی	سیستم تهویه SCTF- سنسورهای تشخیص حرارت و تعداد کاربران در سیستم تهویه- سنسورهای نوری در فضای داخلی- سیستم روشنایی تنظیم شونده و انعطاف پذیر (Redwood System)- استفاده از

		استفاده از پنل‌های خورشیدی در نما (سایه-اندازی بر روی نما و پیاده‌راه زیر آن)- کانال های بیرون زده فلزی براق (انتقال نور روز از بیرون به داخل)- عناصر سازه‌ای نمایان(ایجاد سایه بر روی نما)- شیشه الکتروکرومیک در نمای جنوبی		پنل‌های Inflector بر روی بازشوها (ورود نور و بازتاب گرما و UV)- استفاده از هرمفت آزاد در تهویه (PVD)- بام سبز- استفاده از مصالح براق در سقف فضای داخلی
مرکز عالی تکنولوژی دانشگاه اوکاناگان- کانادا	فراهم نمودن حیاط‌های نیمه عمومی محافظت شده از بادهای غالب شمالی جنوبی- جهت-گیری جنوبی جداره ورودی (کاهش گرمایش در زمستان)-	پوسته با عملکرد حرارتی بالا- حداقل تعداد درهای خروجی- درهای دارای فیلتر – سقف‌های آویزان بزرگ و سایبان‌ها (کاهش دریافت خورشیدی در تابستان)	سیستم فتوولتائیک به دو صورت صفحه مسطح و لوله خلاء- سیستم پمپ گرمایی زمینی-	استفاده از بام سبز- سنسورهای مصرف بهینه انرژی باتوجه به ساعات استفاده- استفاده از واحدهای صیقلی سه لایه پرشده از آرگون در تمامی پنجره‌ها و دیوارهای حائل- بهره‌گیری از تهویه طبیعی باتوجه به اثر دودکشی- محوطه سازی به شیوه اکسرااسکیپینگ (استفاده از گیاهان آب و هوای خشک بومی در مواقعی آبیاری کم و یا اصلا موردنیاز نباشد)- استفاده از آب‌های خاکستری در فلاش‌تانک‌ها، آبیاری و ...
ساختمان انرژی صفر پژوهشگاه کرج-ایران	گستردگی ساختمان رو به جنوب- فرم خطی مستطیل شکل دو طبقه- کشیدگی شرقی غربی- قرارگیری فضاهای با انرژی بالاتر در جبهه جنوبی و انرژی کمتر در ضلع شمالی	استفاده از گلخانه در نمای جنوبی- استفاده از بادگیر در بنا	سیستم فتوولتائیک- سیستم آب گرم خورشیدی	تجهیزات روشنایی از نوع LED- استفاده از کلکتور های خورشیدی و رادیاتورهای پنلی برای گرمایش- استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و رنگ روشن در نما- استفاده از گیاهان بومی سایه‌انداز در جبهه شرق و جنوب- امتداد فضای سبز بیرون به درون پروژه

پیوست۱۰- شاخص‌های ماهانی شهر مشهد.

شاخص		دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
دما	میانگین ماهیانه دمای بیشینه	۷/۶۸	۱۰/۱۶	۱۴/۳۹	۲۰/۴۵	۲۷/۴۱	۳۲/۷۰	۳۵/۲۱	۳۴/۸۶	۲۹/۱۶	۲۵/۶۸	۱۷/۵۳	۱۰/۷۶
	میانگین ماهیانه دمای کمینه	-۲/۳۸	-۰/۴۴	۳/۳۴	۸/۲۵	۱۳/۸۴	۱۷/۸۵	۲۰/۵۸	۱۹/۶۱	۱۴/۹۸	۱۰/۱۷	۵/۱۲	۰/۴۲
	نوسان ماهیانه دما	۲/۶۲	۴/۸۹	۸/۸	۱۴/۳۷	۲۰/۶۴	۲۵/۲۶	۲۷/۷۲	۲۷/۳۰	۲۲/۷۶	۱۷/۹۰	۱۱/۳	۵/۵۵
RH	میانگین ماهیانه بیشینه	۹۰	۹۱/۷	۸۸/۵	۸۰	۶۷/۴	۴۵/۵	۳۹	۳۷/۱	۴۴/۶	۵۹/۵	۸۱	۹۱
	میانگین ماهیانه کمینه	۵۸	۵۸/۵	۵۲	۴۸/۱۷	۳۸/۴	۲۴/۵	۲۲	۱۹/۵	۲۰/۲	۲۸/۸	۴۳/۹	۵۶/۹
	میانگین کل	۶۹/۶۶	۶۷/۶	۶۲/۸	۵۹/۴۵	۴۸/۰۸	۳۱/۱۲	۳۵/۲۱	۲۵/۴	۲۹/۷۰	۳۹/۵۴	۵۷/۳۷	۶۹/۵۸
	گروه رطوبت نسبی	۳	۳	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۳	۳
باد	باد غالب	↘	↘	↘	↘	↘	→	→	→	→	↓	↓	↘
	باد غالب غالب	↓	↓	↓	↓	↓	↘	↑	↑	↘	↘	↘	↓
بارندگی به میلیمتر		۲۹/۴۹	۲۴/۳۱	۴۳/۷۶	۴۱/۲۴	۸۲/۲	۴/۱۴	۲/۲۵	۰/۷۲	۲/۶۸	۱/۵۱	۲۰/۴۶	۲۳/۳۹

مراجع فارسی

[۱] گلابچی، م. ؛ خرسندنیکو، م. (۱۳۹۳) ، **معماری بایونیک**، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[۲] قیابکلو، ز. (۱۳۹۰)، **مبانی فیزیک ساختمان۲، تنظیم شرایط محیطی**، انتشارات جهاد دانشگاهی، تهران.

[۳] صیادی، ا. ؛ مداحی، س. (۱۳۹۰)، **معماری پایدار**، چاپ اول، انتشارات لوتس، تهران.

[۴] کامل نیا، ح. ؛ مهدوی نژاد، م. (۱۳۹۰)، **آشنایی با معماری معاصر از شرق تا غرب**، انتشارات علم معمار رویال، تهران.

[۶] خردمند، ص. ؛ ستاری ساربانقلی، ح. (۱۳۹۴)، **"بررسی نقش پژوهشکده ها و مراکز تحقیقاتی انرژی های تجدید پذیر در دستیابی به معماری پایدار"**، اولین کنفرانس بین المللی انسان، معماری، مهندسی عمران و شهر، تبریز.

[۸] سازمان نقشه برداری کشور، *https://www.ncc.org.ir*.

[۹] مرکز آمار ایران، *https://www.amar.org.ir*.

[۱۰] شم آبادی، ا. (۱۳۸۶)، **حاشیه نشینی در کلانشهر مشهد با تاکید بر مدیریت شهری**، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

[۱۱] وب سایت استانداری خراسان رضوی، *https://www.ostandari.khorasan.ir*.

[۱۲] فهیمی‌فر، س. ؛ افشار، ف. (۱۳۸۹)، **"بررسی و اندازه گیری الودگی هوای شهر مشهد"**، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مشهد.

[۱۳] وب سایت هواشناسی خراسان رضوی، *https:// www.razavimet.ir*.

[۱۴] بریمانی، م. ؛ کعبی نژادیان، ع. (۱۳۹۳)، **"انرژی های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در ایران"**، فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، شماره اول، انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران، صص. ۲۱-۲۶.

[۱۵] فروغی، د. (۱۳۷۵)، **انرژی برای جهان فردا**، شورای جهانی انرژی، کمیته ملی انرژی ایران، تهران.

[۱۶] انجمن جهانی سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر (۱۳۹۲)، **روند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر**، انتشارات آریانا قلم، تهران.

[۱۹] کریمی صفا، ه. ؛ برادران رحیمی، ا. (۱۳۹۰)، **"بررسی ساختمان ها با انرژی صفر"**، دومین کنفرانس مدیریت و بهینه‌سازی انرژی، پژوهشگاه نیرو، تهران.

[۲۱] دفتر تحقیقات و فناوری های نو سازمان انرژی های نو ایران(سانا) (۱۳۹۳)،**"عملکرد و دستاوردهای سازمان انرژی های نو ایران در سال ۹۳"**، وزارت نیرو.

[۲۶] ایازی، م. ؛ قدیریان، ح. (۱۳۸۴)، **"معرفی مدل ساده و کاربردی برای تصمیم گیری در مراکز تحقیق و توسعه"**، رهیافت، صص. ۳۹-۴۴.

[۲۷] حیدری، ح. (۱۳۸۶)، **"نظام ملی نوآوری به عنوان چارچوبی برای تحلیل نوآوری؛ رویکردی نظری"**، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، جلد۱،صص. ۱۲۹-۱۶۴.

[۲۸] دفتر سیاست پژوهی فناوری دفاعی (۱۳۸۳)، **موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی**، انتشارات مرکز آینده پژوهی علوم و فناوری اطلاعات، تهران.

[۲۹] حاجی زاده، پ. ؛ سرداری، ا. (۱۳۹۱)، **"برر سی اهداف و وظایف پارک های علم و فناوری ایران و میزان تمرکز آن ها بر مراحل مختلف فرآیند نوآوری"**، مدیریت فناوری اطلاعات، جلد اول، صص. ۱۹۸-۲۰۵.

[۳۰] علی احمدی، ع. ؛ قدس، ک. (۱۳۸۵)، **"تاثیر نظام مشـــارکت در بهره وری مراکز تحقیقاتی"**، مجله علمی پژوهشی مدیریت فردا، جلد اول، صص. ۳-۱۴.

[۳۱] دانشـگاه فردوســی مشــهد، **مراکز پژوه شی و تولید علم در دان شگاه فردو سی مشهد**، انتشارات بی تا، مشهد.

[۳۲] عمید، ح. (۱۳۳۵)، **فرهنگ عمید**، ویرایش: فرهاد قربانزاده، انتشارات امیرکبیر، تهران.

[۳۳] دهخدا، ع. ا. (۱۳۳۰)، **لغت نامه دهخدا**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[۳۷] خاکی، غ. (۱۳۹۰)، **روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی**، نشر بازتاب.

[۳۸] گروت، ل. ؛ وانگ، د. (۱۳۸۴)، **روش های تحقیق در معماری**، انتشـــارات دانشـــگاه تهران، تهران.

[۳۹] انصاری، م. ؛ غفارزاده، ا. (۱۳۸۶)، **"کارآفرینی سازمان ها و مراکز پژوهشی کشور"**، اطلاعات سیاسسی-اقتصادی، جلد اول، صص. ۲۶۰-۲۷۱.

[۴۰] میلر، ر. (۱۳۸۰)، **راهنمای سنجش و تحقیقات اجتماعی**، نشر نی، تهران.

[۴۱] دوامی، پ. (۱۳۷۹)، **"پژوهش و توسعه در صنعت و نارسایی ها در ایران"**، همایش سراسری مراکز تحقیق و توسعه صنایع کشور، تهران.

[۴۸] وب سایت ویکی‌پدیا، *https://fa.wikipedia.org* .Available:

[۴۹] معین، م. (۱۳۵۰)، **فرهنگ معین**، ویرایش: شهیدی، انتشارات امیرکبیر، تهران.

[۵۰] شورای م شترک کمی سیون‌های ۱ و ۲ (۱۳۶۹)، **"تعاریف و ضوابط تا سیس مراکز تحقیقاتی"**، شورای عالی انقلاب فرهنگی، فروردین ماه.

[۵۲] ســـلجوقی، خ. (۱۳۸۲)، **"اهداف تشـــکیل پارک های تحقیقاتی"**، مجله برنامه و بودجه، شماره ۱۶، فروردین.

[۵۵] ادواردز، ب. (۱۳۸۶)، **معماری دانشگاه**، انتشارات هنر و معماری، تهران.

[۶۲] محمودی نژاد، ه. ؛ پورجعفر، م. ؛ بمانیان، م. ؛ انصـــاری، م. ؛ تقوایی، ع. ا. ؛ آذری، ا. (۱۳۸۸)، **"بررســـی مفهوم پایداری در معماری منظر به مثابه رویکردی بومی"**، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، شماره ۴۳، صص. ۲۵-۳۵.

[۶۵] دی کاستری، ف. (۱۳۷۶)، **"صندلی توسعه پایدار"**، نشریه طبیعت و منابع، شماره ۷.

[۶۸] کامل نیا، ح. (۱۳۹۴)، **مفاهیم پایه در معماری دانشگاه**، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.

[۷۱] انجمن جهانی ســـیاســـت گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر (۱۳۹۳)، **آینده انرژی‌های تجدیدپذیر**، انتشارات آریاناقلم، تهران.

[۷۲] ثقفی، م. (۱۳۸۸)، **انرژی های قابل تجدید**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[۷۳] ر شویان، م. (۱۳۷۳)، **منابع انرژی ایران**، انتشارات دانشگاه آزاد ا سلامی واحد تهران، تهران.

[۷۵] اعرابی، س.م. (۱۳۸۸)، **"برنامه‌ریزی ا ستراتژیک سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی ایران (ساتبا)"**، دفتر پژوهش‌های فرهنگی، تهران.

[۷۶] محمدی نژاد، ی. (۱۳۹۳)، **انرژی پاک نیاز و ضـــرورت هزاره ســـوم**، نشـــر نگارنده دانش، تهران.

[۷۸] ســـازمان انرژی نو ایران (۱۳۹۰)، **"انرژی زمین گرمایی (گزارش دوم)"**، دفتر آگاه سازی سازمان انرژی های نو ایران/سانا، تهران.

[۷۹] شریف، ا. (۱۳۹۴)، **انرژی تجدیدپذیر (زیست توده)**، سفیر رشد، تهران.

[۸۲] ســـازمان بهره‌وری انرژی ایران (۱۳۹۰)، **"ســـاختمان انرژی صـــفر"**. Available: *http://saba.org.ir*.

[۸۹] سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا) (۱۳۹۰)، **"مدیریت عملکرد سیستم CHP راز صرفه جویی طولانی مدت و کارایی بیشینه"**.Available: *http://www.dg.saba.org.ir/index.php?module=news&cmd=newsdetail&id=23*.

[۹۱] ســـازمان انرژی‌های نو ایران (ســـانا) (۱۳۹۳)، **"پمپ های حرارتی"**. Available: *http://www.suna.org.ir/fa/geothermal/pump* .

[۹۶] واتســـون، د. (۱۳۸۰)، **طراحی اقلیمی:اصـــول نظری و اجرایی کاربرد انرژی در ساختمان**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[۹۷] فخاری، م. ؛ حیدری، ش. (۱۳۹۲)، **"بهینه سازی دودکش خورشیدی و بررسی اثر آن بر تهویه ساختمان"**، نشریه هنرهای زیبا، شماره۱۸، صص.۸۳-۸۸.

[۱۰۱] حیدری، ش. (۱۳۸۸)، **برنامه ریزی انرژی ایران (با تاکید بر بخش ســـاختمان)**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

[۱۰۴] مفیدی شمیرانی، م. ؛ مدی، ح. (۱۳۸۶)، **"آتریوم نماد یک معماری پایدار"**، ششمین همایش ملی انرژی، تهران.
[۱۱۰] قیابکلو، ز. (۱۳۸۹)، **"دیوار سبز گزینه ای جهت کاهش مصرف انرژی"**، کنفرانس بین المللی بهینه سازی انرژی، تهران.
[۱۱۳] علی‌پور، م. (۱۳۹۲)، **طراحی و راه اندازی آزمایشگاه ها (آزمایشگاه آب و فاضلاب)**، انتشارات سخن گستر، تهران.
[۱۲۷] مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی (مبنا) (۱۳۹۴)، **"اولین ساختمان انرژی صفر در ایران"**. Available: *http://zero-energy.ir*.
[۱۲۸] نوحی, ا.؛ خوانساری عقیق, ق. (۱۳۹۲)، **مبانی هوا شناسی و اقلیم شناسی**، آب و هوا، تهران.
[۱۲۹] محمدی، ح. (۱۳۸۶)، **آب و هواشناسی کاربردی**، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
[۱۳۰] فرج زاده اصل، م. ؛ قربانی، ا. ؛ لشکری، ح. (۱۳۸۷)، **"بررسی انطباق معماری ساختمان های شهر سنندج با شرایط زیست اقلیمی آن به روش ماهانی"**، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره۱۲، شماره۲.
[۱۳۱] پوردیهیمی، ش. (۱۳۹۰)، **زبان اقلیمی در طراحی محیطی پایدار**، جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
[۱۳۲] مهندسان مشاور فرنهاد (۱۳۷۸)، **مطالعات پایه محیط طبیعی، طرح توسعه و عمران کلانشهر مشهد**، ویرایش اول، وزارت مسکن و شهرسازی شهرداری مشهد، مشهد.
[۱۳۳] رضوانی، ع. (۱۳۸۴)، **در جستجوی هویت شهری مشهد**، جلد۳، انتشارات وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.
[۱۳۴] کامیابی، س. ؛ احمدی، ا. (۱۳۹۲)، **"بررسی شاخص های آسایش حرارتی ساختمان در شهر مشهد"**، همایش معماری و شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار.
[۱۳۵] کسمایی، م. (۱۳۸۴)، **اقلیم و معماری**، چاپ سوم، نشرخاک، اصفهان.
[۱۳۶] وب سایت هواشناسی، Available: *http://www.weatherbase.com*.
[۱۳۷] دفتر تدوین طرح جامع دانشگاه فردوسی مشهد (۱۳۹۴)، **گزارش مطالعاتی برج فناوری**، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد.
[۱۳۸] آسیایی، م. ؛ قوامی، م. (۱۳۸۳)، **جغرافیای گردشگری استان خراسان**، جلد اول، سخن گستر، مشهد.
[۱۳۹] پژوهشکده اقلیم شناسی. Available: *http:// www.cri.ac.ir*.

[۱۴۰] م.شاور اردام (۱۳۶۷) **طرح جامع شهر مشهد**، جلد چهارم، مطالعات منطقه شهری مشهد، مشهد.

[۱۴۱] اسماعیلی، ر. ؛ منتظری، م. (۱۳۹۲)، **"تعیین محدوده بیوکلیماتیک مشهد برمبنای داده ها ساعتی"**، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، جلد۲۴، صص. ۲۳-۲۱۵.

[۱۴۲] مدیریت طرح‌های توسعه شهری، شهرداری مشهد. Available: *https://esup.mashhad.ir*.

مراجع لاتین

[۵] Schaber, K. ; Steinke, F. ; Hamacher, T. (2010), **Energy Efficiency and Renewable Energy Research, Development, and Deployment in Meeting Greenhouse Gas Mitigation Goals: The Case of the Lieberman-Warner Climate**, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.

[۷] REN21 (2013), **Renewables: Global Futures Report**, France.

[۱۷] U.S. Department Of Energy (۲۰۰۳)**"moving toward Zero Energy"** . Available: *https:// www.Buildings.gov.*

[۱۸] Hernandez, p. ; Kenny, p. (2010) **"Form Net Energy To Zero Energy Building: Defining Life Cycle Zero Energy Buildings(LC-ZEB)"** , Energy and Buildings, NO. 42, pp. 815-821.

[۲۰] Azure (2007), **The Heliotrope As Hotel, Rolfdish:solar Architektur**, Freiburg.

[۲۲] Bambrook, S. ; Sproul, A. ; Jacob, D. (2011), **"Design Optimisation For Low Energy Home In Sydney,"** Energy and Buildings, NO. 43, pp. 1702-1711.

[۲۳] Serra A. ,(۲۰۱۱), **"High Performance Buildings, case study: The Energy LAB at Hawall Preparatory Academy "**, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc, pp. 26-36 .

[۲۴] Green World Capital, LLC (2012) **Opportunity Assessment: Clean Technology and Renewable Energy in Wuhan,** China.

[۲۵] Mamalis, S. ; Lawler, B. ; Longtin, J. & Assanis, D. (2016), **Advanced Energy Center**, Advanced Energy Research and Technology Center, Stony Brook University.

[۳۴] Cambridge University (۲۰۰۳), **Cambridge Advanced learner's Dictionary**, Cambridge University Press.

[۳۵] Webster, N. (2005), **Webster's Dictionary**, David Micklethwait, MCFarland.

[۳۶] Available: *http://www.shutterstock.com*.

[۴۲] Available: *http://www.edutopia.org.*

[۴۳] Available: *http://www.st.com*.

[۴۴] Campbell, D. ; Standly, J. (1963**), Experimental and quasi-experimental designs for Research on Teaching**, American Educational Research Association.

[۴۵] Weiss, C. (1970), **"The Politicization of Evaluation Research"**, Journal of Social Issues, VOL.26, pp. 57-68.

[۴۶] Tash, W. (2006), **Evaluating Research Centers and Inistitutes for Success!**, Bill Tash.

[۴۷] Weiser, C. (1995), "**Faculty Scholarship and productivity Expectations - An Adminstrator's Prespective"**, Hortscience, VOL. 30, pp. 746-756.

[۵۱] Link, A. ; Scott, J. (2006), **"US University Research Parks"**, Journal of productivity Analysis, VOL.25, pp. 43-55.
[۵۳] Available: *http://edinburghsciencetriangle.com.*
[۵۴] Available: *http://www.lund.se.*
[۵۶] Available: *http://massarodb.com.*
[۵۷] Available: *http://www. Architizer.com.*
[۵۸] Available: *http://www.pagethink.com.*
[۵۹] Available: *http:// www.egr.msu.edu.*
[۶۰] Available: *http://www.commonsenseof.com.*
[۶۱] Available: *http://www.hok.com.*
[۶۳] World Commission on Environment and Development (۱۹۸۷) , **Our Common Future**, Oxford United States, United States.
[۶۴] Malkoun, R. (۱۹۹۸), **"Sustainable Development Programming Principles"**, The 2nd National Conference of Long Time Viewpoint About Sustainable development Programs, Tehran.
[۶۶] International Sustainable Development Group (2013), **"Aims of Sustainable Development"** .
[۶۷] Camona, M. ; Punter, J. (2002), **From Design Policy To Design Quality: The Treatment of Design in Community Strategies**, Editor: T. Telford, Local development frameworks and action plans, London.
[۶۹] Jayawardena, A. (۲۰۱۳), **Sustainable University.**
[۷۰] Palmer, J. (2005), **Environment Education in 21st Century**, SAMT, Tehran.
[۷۴] Hom, Geoffrey M. (۲۰۱۰), **Biofules**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۷۷] Fitzgerald, S. (۲۰۱۰), **Wind Power**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۰] Davis, B. J. (۲۰۱۰), **Hydrogen Fuel**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۱] Burgan, M. (۲۰۱۰), **Water Power**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۳] Lobato, C. ; Pless, S. ; Sheppy ; M. & Torcellini, P. (2011), **"Reducing Plug and process Loads for a large scale,low energy office building:Nrel's research support facility"**, ASHRAE Winter Conference.
[۸۴] Cortese, A. ; DiNola, R. ; Graves, R. ; VanHarmelen, C. ; Clem, S. & Heider, E. (2013), **"Net Zero and Living Building Challenge Financial Study: A cost Comparison Report For Buildings in the District of Columbia"**, District of the Environment, District's Green Building Fund Grant.
[۸۵] Garage, G. (2009), **"Sustainable Window Design,"** .Available: *http://www.greengaragedtroit.com/index.php/sustainable_window_Design .*
[۸۶] Spiru, P. (2014), **"Saving Energy In Buildings Through Thermal Insulation"**,Universitatii Maritime Constanta, VOL. 15.
[۸۷] Hausladen, G. (2005), **"Climate Design: Solutions for Buildings that can do more with less technology"**, Birkhauser.
[۸۸] Watch, D. ; Tolat, D. (2012), **"Sustainable Labratory Design"** . Available: *http://www.wbdg.org/resourcse/sustainableslab.php.*
[۴۲] Available: *http://www.edutopia.org.*

[۴۳] Available: *http://www.st.com*.
[۴۴] Campbell, D. ; Standly, J. (1963**), Experimental and quasi-experimental designs for Research on Teaching**, American Educational Research Association.
[۴۵] Weiss, C. (1970), **"The Politicization of Evaluation Research"**, Journal of Social Issues, VOL.26, pp. 57-68.
[۴۶] Tash, W. (2006), **Evaluating Research Centers and Inistitutes for Success!**, Bill Tash.
[۴۷] Weiser, C. (1995), "**Faculty Scholarship and productivity Expectations - An Adminstrator's Prespective"**, Hortscience, VOL. 30, pp. 746-756.
[۵۱] Link, A. ; Scott, J. (2006), **"US University Research Parks"**, Journal of productivity Analysis, VOL.25, pp. 43-55.
[۵۳] Available: *http://edinburghsciencetriangle.com.*
[۵۴] Available: *http://www.lund.se.*
[۵۶] Available: *http://massarodb.com.*
[۵۷] Available: *http://www. Architizer.com.*
[۵۸] Available: *http://www.pagethink.com.*
[۵۹] Available: *http:// www.egr.msu.edu.*
[۶۰] Available: *http://www.commonsenseof.com.*
[۶۱] Available: *http://www.hok.com.*
[۶۳] World Commission on Environment and Development (۱۹۸۷) , **Our Common Future**, Oxford United States, United States.
[۶۴] Malkoun, R. (۱۹۹۸), **"Sustainable Development Programming Principles"**, The 2nd National Conference of Long Time Viewpoint About Sustainable development Programs, Tehran.
[۶۶] International Sustainable Development Group (2013), **"Aims of Sustainable Development"** .
[۶۷] Camona, M. ; Punter, J. (2002), **From Design Policy To Design Quality: The Treatment of Design in Community Strategies**, Editor: T. Telford, Local development frameworks and action plans, London.
[۶۹] Jayawardena, A. (۲۰۱۳), **Sustainable University.**
[۷۰] Palmer, J. (2005), **Environment Education in 21st Century**, SAMT, Tehran.
[۷۴] Hom, Geoffrey M. (۲۰۱۰), **Biofules**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۷۷] Fitzgerald, S. (۲۰۱۰), **Wind Power**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۰] Davis, B. J. (۲۰۱۰), **Hydrogen Fuel**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۱] Burgan, M. (۲۰۱۰), **Water Power**, Chelsea ClubHouse, New York.
[۸۳] Lobato, C. ; Pless, S. ; Sheppy ; M. & Torcellini, P. (2011), **"Reducing Plug and process Loads for a large scale,low energy office building:Nrel's research support facility"**, ASHRAE Winter Conference.
[۸۴] Cortese, A. ; DiNola, R. ; Graves, R. ; VanHarmelen, C. ; Clem, S. & Heider, E. (2013), **"Net Zero and Living Building Challenge Financial Study: A cost Comparison Report For Buildings in the District of Columbia"**, District of the Environment, District's Green Building Fund Grant.

[۸۵] Garage, G. (2009), **"Sustainable Window Design,"** .Available: *http://www.greengaragedtroit.com/index.php/sustainable_window_Design .*

[۸۶] Spiru, P. (2014), **"Saving Energy In Buildings Through Thermal Insulation"**,Universitatii Maritime Constanta, VOL. 15.

[۸۷] Hausladen, G. (2005), **"Climate Design: Solutions for Buildings that can do more with less technology"**, Birkhauser.

[۸۸] Watch, D. ; Tolat, D. (2012), **"Sustainable Labratory Design"** . Available: *http://www.wbdg.org/resourcse/sustainableslab.php.*

[۹۰] Graham, C. (2014), **"High-Performance HVAC"**. Available: *http://www.wbdg.org/resources/hvac.php.*

[۹۲] Vaghefpour, H. ; Zabeh, K. (2012), **"Zero energy building in Iran"**, Energy Procedia, VOL. ۱۸, pp. 652-658.

[۹۳] Zero Energy Building (2010), **"Office of the Future"**. Available:*http://www.bca.gov.sg/zeb/officeoffuture.html.*

[۹۴] New Building Institute (۲۰۱۴), **Managing Your Office Equipment Plug Load**, United States.

[۹۵] Goldemberg, J. (2004), **"The case for renewable energies, Renewable Energy: A Global Review of Technologies"**, Policies and Markets, pp. 3-14.

[۹۸] Bainbridge, D. ; Hagged, K.(2011), **Passive Solar Architecture: Heating, Cooling, Ventilation, daylighting and more Using Natural Flows**, Chelsea Green Publishing.

[۹۹] Miyazaki, T. ; Akisawa, A. ; Kashiwagi, T. (2006), "**The effects of Solar Chimneys on Thermal Load Mitigation of Office Buildings Under The Japanese Climate"**, Renewable energy, VOL.31, pp. 981-1010.

[۱۰۰] Grozdanic, L. (2016), **"8 Impossibly Dynamic Facades That Were Actually Built"**. Available: *http://architizer.com/blog/8-impossibly-dynamic-facades-that-were-actually-built/.*

[۱۰۲] Nielsen, B. ; Madsen, H. (1995), "**Identification of transfer functions for control of greenhouse air temprature"**, Agricultural Engineering Research, VOL.60, pp. 25-34.

[۱۰۳] Lu, T. ; Viljanen, M. (2009), **"Prediction of indoor temperature and relative humidity using neural network models: model comparison"**, Neural Computing and applications, VOL.۱۸ , pp. 345-357.

[۱۰۵] Etzion, Y. ; Pearlmutter, D. ; Erell, E. & Meir, I. (1997), **"Adaptive Architecture: Integrating Low- Energy Technologies for Climate Control in the Desert"**, Automation in Construction, VOL.۶ , pp. 417-425.

[۱۰۶] Doug, B. ; Hitesh, D. ; James, L. & Paul, M. (2005), **Report on the environmental benefits and costs of green roof technology for the city of Torento**.

[۱۰۷] Liu, K. ; Bass, B. (2005), **Performance of green roof systems**.

[۱۰۸] Kosareo, L. ; Reis, R. (2007), **"Comparative environmental life cycle assessment of green roofs"**, Building and environment, VOL.۴۲ , pp. 2606-2613.

[١٠٩] Intermountain Roof Space (2015), **"Green Roof Benefits"**. Available: *http://intermountainroofspaces.com/benefits.*

[١١١] California Energy Commission (2001**), A Guide to photovoltaic system design and installation**,CA, USA.

[١١٢] Edwards, B. (2014), **University Architecture**, Taylor & Francis.

[١١٤] Diberardinis, L. ; Baum, J. ; First, M. ; Gatwood, G. & Seth, A. (2013), **Guidelines for laboratory Design: Health, Safty and environmental considerations**, John Wiley and Sons.

[١١٥] Watch, D. ; Tolat, D. (2012), "**Sustainable Labratory Design"**. Available: *http://www.wbdg.org/resources/sustainablelab.php.*

[١١٦] Lawrence Berkeley National Labratory (2015), **"LBNL Design Guidelines For Laboratory Furniture"**.

[١١٧] Foster & Partners (2010), **"Masdar Inistitue of Science and Technology"**. Available: *http://www.fosterandpartners.com/projects/masdar-inistitue/.*

[١١٨] Alsheghri, A.; Sharief, S.A.; Rabbani, Sh.; Aitzhen, N.Z. (2015), **"Design and Cost Analysis of a Solar Photovoltaic Powered Reverse Osmosis Plant for Masdar Institute"** . Energy Procedia, No. 75, pp. 319-324.

[١١٩] Masdar Institue of Science and Technology(2015), **"Exploring the masdar institue Campus"** . Available: *http://www.masdarcity.ae.*

[١٢٠] Lau, A. (2015), **"Masdar City: A model of urban environmental sustainability"** . Social Sciences Journal, PP.78-82.

[١٢١] RNL Design (2011), **"The Research Support Facility"**. Available: *http://archdaily.com/148060/the-research-support-facility-rnl-design.*

[١٢٢] US Department of Energy (2012), **"The Design-Build Process For the Research Support Facility"**, NREL Report.

[١٢٣] Butera, F.; Adhikari, R.S.; Caputo, P.; Ferrari, S.; Oliaro, P. (٢٠٠٥), **"The Sino-Italy Environment & Energy Building (SIEEB): A model for a new generation of sustainable buildings"**, International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Greece.

[١٢٤] Guzowski, M. (2010), **Towards Zero Energy Architecture**, Laurence, London.

[١٢٥] SmithGroupJJR (2013), **"National Renweable Energy Labratory"**. Available: *http://www.archdaily.com/442969/national-renweable-energy-labratory-smithgroupjjr.*

[١٢٦] Midwest Research Institute (٢٠٠٦), **National Renewable Energy Laboratory**. Ten-Year Site Plan, Midwest.

Abstract

The two major crises energy and the environmental consequences are undoubtedly one of the most important issues facing contemporary people and threatens the future of mankind. All these issues lead us to reduce these destructive effects. So, "sustainable architecture" created a massive evolution in the building sector by replacing the use of clean and renewable energies and reducing energy consumption. To realize sustainable building, public strategies were conducted through studying their resources and classifying them. These strategies are divided into seven groups: improving the efficiency of building spacecraft, improving the lighting performance of the building, improving the efficiency of mechanical systems and managing the energy load of electrical equipment, the active and passive solar design and the use of renewable energy to provide energy for building and reduce Energy consumption. The present study seeks to find ways to achieve sustainable strategies by studying and Analysis successful examples of the world. To this end, five successful examples in the world and one sample in Iran were selected and their strategies were investigated in four categories: energy conservation solutions, inactive solar solutions, active solar design and energy efficiency systems. The findings suggest that "inactive solar solutions" have the greatest impact on design for sustainable construction. Most innovations are evident in these sectors and solutions are more developed in this area.

The subject of this research project is "the design of the New Energy Institute of Mashhad with a Sustainable Architecture Approach". In addition to providing research, testing and research space on renewable energy, the research center provides its energy from renewable energy and follows the principles of sustainable design. According to the country's scientific master plan, "new and renewable energies" are in the top priority of science and technology of the country; therefore, the present research seeks to provide all the potential for interdisciplinary research to create new knowledge and technology for new energies, and as a scientific and educational institution on renewable energy, to achieve scientific and professional interaction with other relevant institutions.

Balancing between production and energy consumption and achieving sustainable buildings is the ultimate goal of this research; however, different strategies can be adopted to achieve this goal. In the design of this research, solar energy and wind energy will be used as the main sources of renewable energies.

The main areas of the complex are the research offices, specialized laboratories and clean rooms, multimedia laboratories, workshops, meeting rooms, researchers' welfare spaces, community halls, specially designed facilities and equipment.

The project site is located on the edge of the Honarestan Boulevard, which is located in the Mashhad land use map to the educational area and is located near the research centers of Mashhad. Hence, in designing this research complex, special attention will be paid to the interaction of the project with other research centers.

Keywords : Sustainable Building, Renewable Energy, Research & Research Center, Mashhad.

Shahrood University of Technology

Faculty of Architectural Engineering and Urbanism

M.Sc. Thesis in Architectural Engineering

Design Institute of New Energies in Mashhad
(with the Approach of Sustainable Architecture)

By: Maryam Ghafurian Ghods

Supervisor:
Dr. M. Taheri Shahraein

August, 2017