معمـاری زمین‌پناه مسیری به سمت معماری پایدار به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک

حسین مدی[۱]، الهام جعفری[۲،*]

۱- استادیار گروه معماری دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته معماری

el.jafari1106@gmail.com

چکیده

امروزه با توجه به وجود مسائلی همچون بحران انرژی، آلودگی‌های زیست‌محیطی و نیز افزایش تقاضای مسکن ناشی از رشد مداوم جمعیت در جهان، راه‌حل‌های نوآورانه مانند ساختمان‌های زیرزمینی یا زمین پناه می‌تواند به‌عنوان جایگزینی مناسب برای ساختمان‌های رو زمینی در راستای کاهش نیاز ساختمان به انرژی، کاهش استفاده از زمین و مسائل اقلیمی مورد توجه قرار گیرد. پناه بردن به دل زمین و استفاده از خاصیت حرارتی خاک، یکی از راهبردهایی است که در گذشته نیز مورد استفاده قرار می‌گرفته است. پژوهش حاضر بر آن است ضمن معرفی بناهای زمین پناه و چگونگی عملکرد انواع مختلف آن، به بیان مزایای اکولوژیکی و نیز امکان پیش‌ساخته سازی این ساختمان‌ها به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک بپردازد. سؤالاتی که در این پژوهش مطرح است: وجود گیاهان یا به عبارتی کاشت گیاه در این ساختمان‌ها چه تأثیراتی می‌تواند داشته باشد؟ چگونه می‌توان به بهره‌وری هر چه بیشتر این ساختمان‌ها افزود؟ روش تحقیق در این پژوهش کیفی بوده و برای به دست آوردن نتایج مطلوب در این مقاله و ارائه پاسخ مناسب به سؤال‌های فوق از تحقیق کتابخانه‌ای اعم از کتاب، رساله، مقالات و سایت‌ها استفاده شده است.

کلمات کلیدی: زمین پناه، خاک، پایداری، پیش‌ساخته سازی، اقلیم گرم و خشک

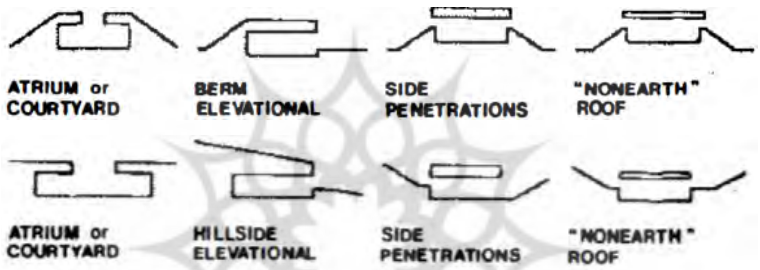
۱- مقدمه

زندگی میان بناهای زمین پناه بخش وسیعی از تاریخ بشر را دربرمی‌گیرد. استفاده از این شیوه‌ی سکونتی به زمان استفاده از غارها، پیش از زمانی که فن‌آوری نوین منجر به ساخت بناهای معمول بر زمین شد، برمی‌گردد. استفاده از این شیوه در نقاط مختلف دنیا، در حال آزمایش است ولی هنوز در ابتدای مسیر خود قرار دارد. در طول بحران انرژی و نفت در سال ۱۹۷۳ به همراه جنبش برگشت به سمت دشت‌ها، موجی از علاقه به ساخت معماری زمینی و خانه‌های زیرزمینی، به‌عنوان تلاشی جهت زندگی شایسته و ایمن به وجود آمد. در معماری کویری ایران نیز زمانی برای همساز بودن با اقلیم،بخش مهمی از ساختمان در دل خاک قرار می‌گرفت که در نتیجه ساختمان‌های زیرزمینی در تابستان خنک‌تر و در زمستان گرم‌تر از خانه‌های روی زمین بود.در معماری سنتی ایران از زمین به‌عنوان یک عایق همیشگی استفاده کرده‌اند که نشانه‌ای از پایداری است .ایجاد فضاهای زیرزمینی به فراخور اقلیم در خانه‌های سنتی ایران نظیر سرداب، زمهریر، حوض‌خانه، شبستان، شوادان، یخچال و آب‌انبار و وجود معماری صخره‌ای در روستاهای میمند و کندوان نمونه‌هایی در این زمینه‌اند .اما با وجود این‌که مزیت این نوع معماری در تک بناها برای نگهداشت انرژی به اثبات رسیده است، به دلیل ذهنیت نامناسبی که از این‌گونه معماری وجود داشته و زیرزمین را تداعی می‌کند، جبهه‌گیری‌هایی در مقابل

به‌کارگیری این ایده مطرح است و با وجود تمامی محسنات اقلیمی آن و رواج آن در معماری پیشین ایران، استفاده از آن در معماری معاصر ایران بسیار محدود شده است.

۲- معماری زمین پناه[1]

بناهای زمین پناه فضاهایی هستند که تمام یا درصدی از کالبد آن‌ها در زیرزمین ساخته شده باشد و درواقع شیوه‌ای از ساختمان‌سازی است که در آن از جرم حرارتی موجود زمین پشت دیوارهای خارجی ساختمان، جهت کاهش اتلاف حرارتی و متعادل نمودن دمای هوای داخلی در حد آسایش انسان استفاده می‌گردد. به عبارتی در این شیوه، زمین به‌عنوان مؤلفه‌ی اصلی سامانه‌ی نظارت حرارتی ساختمان به شمار رفته است و در دهه‌های اخیر به‌عنوان شاخه‌ای از معماری پایدار و طراحی بر اساس فناوری و روش‌های نوین اجرایی درحال توسعه است .این‌گونه فضاها در طول تاریخ با فرم‌ها و اهداف گوناگون ازجمله اقلیمی، امنیتی، اقتصادی،حفاظتی، عمر بیشتر ساختمان‌های زیرزمینی،کمبود فضا،کاهش آلودگی و... مورد استفاده قرارگرفته‌اند(خدابخشیان،۱۳۹۰). انواع مختلفی از ساختمان‌های زمین پناه که می‌توان میان آن‌ها تمایز قائل شد، در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- انواع بناهای زمین پناه(۱۴)

۲-۱- انواع بناهای زمین پناه

بناهای زمین پناه بر اساس روش‌های کلی ساخت، به سه دسته قابل تقسیم‌بندی است:

- استفاده از پشته‌ی خاکی: این شیوه‌ی ساخت، با استفاده از روش متراکم نمودن زمین اطراف دیوارهای خارجی ساختمان انجام‌شده و می‌تواند دارای سقف کاملاً پوشیده از زمین باشد. در این نوع، گشودگی‌ها در یک وجه یا بیش‌تر قرار می‌گیرند. به دلیل قرارگیری ساختمان در سطحی بالاتر از زمین، مسائل ناشی از رطوبت در مقایسه با نوعی که به‌طور کامل زیرزمین قرار می‌گیرد، کم‌تر است. نقش پشته‌ی خاکی را می‌توان با ساخت دیوارهایی با ضخامت مناسب از مصالحی، نظیر خشت ایفا نمود.
- ساخت در شیب دامنه‌ی کوه یا تپه: در این نوع، ساختمان، داخل شیب، دامنه‌ی کوه یا تپه بنا می‌شود و جبهه‌ی نمایان آن جهت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی به سمت استوا قرار می‌گیرد(Mihanblog,2016))
- کاملاً زیرزمین: این شیوه شامل قرارگیری کامل بنا در زیرزمین است که با حفاری همراه بوده و جهت تأمین نور و تهویه می‌تواند دارای حیاط مرکزی به شکل گودال باغچه باشد(همان).

1. Earth-sheltered architecture

۳- جنبه‌های پایداری معماری زمین پناه

۳-۱- تأثیر معماری زمین پناه در صرفه‌جویی انرژی

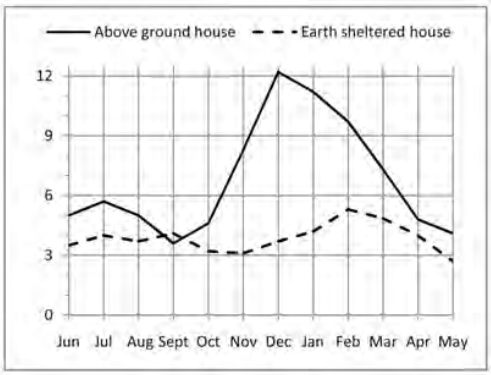
امروزه که در جوامع در حال رشد ازجمله ایران، بر سوخت‌های فسیلی تکیه کرده‌اند و با میزان مصرفی که در حال حاضر وجود دارد، در قرن‌های آتی برخی سوخت‌های فسیلی به اتمام می‌رسد، معماران مدافع معماری در پناه زمین توافق دارند که این نوع معماری در پیوستگی و ادغام با طراحی خورشیدی می‌تواند کاهش چشمگیری در نوسانات درجه حرارت در داخل بنا و در نتیجه تأثیر چشمگیری در کاهش مصرف انرژی و به دلیل شرایط دمایی خاص بهترین پتانسیل را برای ذخیره انرژی در میان تمام طراحی‌ها داشته باشد.که با رجوع به آمار موجود برای سرمایش و گرمایش، هم‌اکنون ثابت‌شده است که خانه‌های زیرزمینی بیش از نصف تا۶۶٪ هزینه خانه‌های معمولی را برای چنین منظوری صرفه‌جویی می‌کنند. این صرفه‌جویی با طراحی بهتر این خانه‌ها و به‌کارگیری انرژی‌های غیرفعال دیگر بیشتر هم خواهد شد .به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت، هزینه‌های بهره‌برداری برای سرمایش و گرمایش به‌اندازه‌ی ۱۰٪ درصد سازه مشابه روی زمین برای یک سازه زیرزمینی عمیق گزارش شده است و ۳۰٪ خانه نزدیک سطح زمین که دارای آتریوم می‌باشد(قدیر، ۱۳۹۴). این میزان صرفه‌جویی در هزینه می‌تواند برای جبران هزینه‌های بالاتر ساخت‌وساز اولیه به کار برده شود.

۳-۲- کاهش هدایت حرارتی

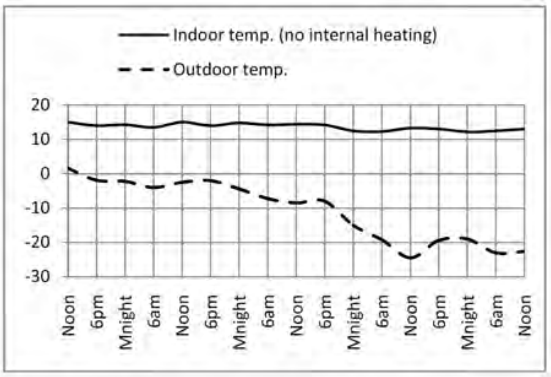
یک اشتباه عامه در مورد زمین، عایق بودن آن است. در صورتی که درست برخلاف این تصور، زمین یک عایق ضعیف بوده، به خصوص در هنگام قیاس با موارد عایقی که امروز در دسترس است و در ساختمان سازی به کار برده می‌شود. اما حتی یک ماده‌ی عایق ضعیف نیز در صورتی که میزان کافی حجیم باشد، می‌تواند عایق مؤثری باشد. این واقعیت که گرما باید فاصله‌های زیادی را طی کند، زمین را به یک پتوی مناسب که بنا را احاطه کرده تبدیل کرده است(Barker,1986).

۳-۳- ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی

ظرفیت ذخیره‌سازی حرارتی ساختمان‌های زمین پناه، با توجه به جرم حرارتی بالای بنا و زمین‌های اطراف آن، ویژگی مهم دیگری است که در این نوع از بناها وجود دارد. جرم حرارتی بنا تابعی از ظرفیت حرارتی، چگالی و ضریب هدایت حرارتی لایه‌های تشکیل‌دهنده آن است. هر ساختمان با جرم حرارتی بالا ، هنگامی‌که در معرض حرارت قرار می‌گیرند، می‌توانند حرارت بیشتری در قیاس با سایر مصالح در خود ذخیره کنند(Gregory et al, 2008). آن‌ها همچنین هنگامی‌که منبع حرارت حذف شود، گرمای ذخیره در خود را با سرعت کمتری آزاد می‌کنند. به طور مثال در روزهای زمستان، در یک ساختمان زمین پناه با جرم حرارتی بالا این فرایند می‌تواند به اندازه کافی آهسته انجام شود که در این صورت به مدت چندین ساعت نیاز ساختمان به منبع اضافی جهت گرمایش حذف خواهد شد. در مقابل، خانه‌های معمولی گرمای اضافی بسیار کمی ذخیره نموده و همچنین حرارت خود را نسبتاً سریع در هنگام عصر به محیط پس می‌دهند(El-Hamid,1991). پس می‌توان چنین نتیجه گرفت که جرم حرارتی در بهبود آسایش ساختمان به‌ویژه در اقلیم گرم و خشک که نوعی از نوسانات درجه حرارت روزانه را تجربه می‌کند، مؤثر است، چه در زمستان و چه در تابستان. زمانی که از جرم حرارتی به درستی و همراه با طراحی غیرفعال خورشیدی استفاده شود، جرم حرارتی می‌تواند نقش مهمی در کاهش عمده استفاده از انرژی در سیستم‌های گرمایش و خنک‌کننده فعال بازی کند. شکل(۲)و (۳).



شکل۲- مقایسه نوسان دمای داخلی در ساختمان زمین پناه و ساختمان رو زمینی در طول یک سال(۱۵)



شکل ۳- مقایسه نوسان دمای بیرون و دمای داخلی ساختمان زمین پناه در طول یک روز(۱۵)

۳-۴- پایداری دمای خاک

با توجه به درجه حرارت نسبتاً پایدار خاک، در فصل تابستان ساختمان زمین پناه به جای گرفتن حرارت از هوای پیرامون، حرارت را به زمین نسبتاً خنک اطراف خود انتقال می‌دهد و در زمستان خاک نسبتاً گرم، محیطی با دمای مناسب‌تر از دمای هوای زیر صفر درجه بیرون ارائه می‌دهد(El-Hamid,1991) به عبارتی تنها انرژی موردنیاز، جهت غلبه بر اختلاف بین دمای زمین و دمای آسایش می‌باشد، بنابراین انرژی موردنیاز جهت تهویه فضا در زمان اوج مصرف تقلیل می‌یابد(Barker,1986) پتانسیل صرفه‌جویی در انرژی به درجه حرارت خاک پیرامون ساختمان بستگی دارد که نه‌تنها از آب‌وهوا، بلکه عوامل دیگری همچون پوشش زمین، رطوبت خاک و حرارت ساختمان‌های مجاور نیز تأثیر می‌پذیرد(Carmody,1983).

۳-۵- کنترل بر نفوذ هوا

از عوامل دیگر در صرفه‌جویی انرژی به‌واسطه پناه گرفتن در زمین، کاهش نفوذ هوای بیرون به داخل ساختمان می‌باشد که اثربخشی این مشخصه را می‌توان با پوشش دادن بخش وسیع‌تری از ساختمان توسط خاک، افزایش داد. در بناهای سطحی، غالب اوقات بیشتر از ۳۵ حرارت ازدست‌رفته به دلیل نفوذ هوا به ساختمان می‌باشد، درحالی‌که در بناهای زمین پناه، نفوذ هوا به داخل تقریباً حذف و در نتیجه هر دو بار گرمایشی و سرمایشی کاهش می‌یابد. بااین‌حال، نفوذناپذیری بیش‌ازحد لزوم در ساخت‌وساز می‌تواند میزان آلاینده‌های هوا در محیط داخلی را افزایش دهد، حتی برخی از کارشناسان معتقدند که آلاینده‌های هوای داخلی به مراتب ناسالم‌تر از بدترین نوع آلاینده‌های هوای شهری می‌باشند(Barker,1986) یک ساختمان زیرزمینی فرصت بیشتری را جهت کنترل نرخ ورود هوای خارج به داخل ساختمان فراهم می‌نماید.

۳-۶- کاهش گرمای دریافتی

پوشش خاک سقف و دیوارها، میزان دریافت گرمای تابشی از خورشید را کاهش می‌دهد. خاک پیرامونی بنا می‌تواند مقدار قابل‌توجهی از حرارت ناشی از تابش را قبل از رسیدن به بنا، جذب نماید. یکی دیگر از مؤلفه‌های بسیار مهم در کاهش میزان گرمای دریافتی از خورشید، گیاهان هستند. در فرایند تبخیر و تعرق، گیاهان می‌توانند بسیاری از اشعه‌های دریافتی از خورشید را بی‌تأثیر نمایند(Carmody,1983). البته این امر مستلزم سطحی با میزان رطوبت مناسب جهت رشد گیاهان می‌باشد.

۳-۷- کاهش فشار بر محیط

زندگی در ساختمان‌های زمین پناه یک سازش فوق‌العاده با محیط است، یک مثال خوب برای استفاده مناسب منابع طبیعی و مصالح ساختمانی بوده و نسبت به خانه‌های معمول روزمینی کمتر برای محیط طبیعی و اکوسیستم مضر است. بنای زمین پناه،

اکوسیستم منطقه را نسبت به یک اجتماع روزمینی کمتر مختل می‌کند. بنابراین فضاهای زیرزمینی می‌توانند با رها کردن اکوسیستم حساس طبیعی از فشار، تأثیرات مثبت محیطی داشته باشند(جعفری،۱۳۸۸).

۴- نقش گیاهان در بناهای زمین پناه

۴-۱- کنترل فرسایش

مادامی‌که عوامل فرساینده خاک از قبیل رواناب و باد کنترل نشوند، انسان شاهد هدر رفتن عناصر غذایی از این طریق خواهد بود. فرسایش سطح رویی خاک که حاوی بیشترین مواد آلی و غذایی است در بسیاری از زمین‌ها رخ می‌دهد و گیاهان زراعی از قسمت خیلی حاصلخیز خاک محروم می‌شوند. گیاهان پوششی می‌توانند نقش بزرگی در جلوگیری از فرسایش خاک بازی کنند. یک بارندگی شدید می‌تواند باعث رانده شدن ذرات خاک تا مسافت ۱۸۰ سانتی‌متر گردد.(Brady,1990). وقتی ذرات خاک سست شوند، آسیب‌پذیر شده و به‌وسیله آب جاری حمل می‌شوند .در یک بارندگی شدید اندام هوایی گیاهان پوششی از برخورد قطرات آب ب ه سطح خاک جلوگیری می‌کند .یک گیاه پوششی همچنین می‌تواند به‌وسیله برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌های خود سرعت حرکت آب ر ا آهسته کند و بدین ترتیب موجب جذب و نگهداری آب شده و از هدر رفتن آن جلوگیری کند .کند شدن جریان آب از فرسایش آبی عناصر غذایی خاک نیز جلوگیری نموده و به تثبیت ذرات خاک در سیستم ریشه گیاهان کمک می‌کند . کاهش فرسایش خاک به‌وسیله گیاهان پوششی متناسب با میزان سطح پوشش خاک به‌وسیله آن‌ها است. موسسه تحقیقاتی حفظ منابع طبیعی امریکا [1] پیش‌بینی کرده که اگر در طول زمستان ۴۰ درصد سطح خاک دارای پوشش گیاهی باشد، این امر می‌تواند تا فصل رویش بهار از فرسایش خاک به‌طور مؤثر جلوگیری کند(Sattell, 1999))

۴-۲- کنترل باد و جریان هوا

جریان باد تأثیر مستقیمی بر میزان تحمل درجه حرارت و رطوبت محیط‌زیست انسان دارد. همچنین به کنترل درجه حرارت نیز کمک می‌نماید. باد در سرعت پایین به صورت نسیمی ملایم در روزهای گرم و مرطوب تابستانی لذت‌بخش و مطبوع است اما به‌محض اینکه سرعت آن افزایش یابد ممکن است باعث ناراحتی و خسارت شود. فضای سبز می‌تواند در مقابل باد همچون مانع و سپر عمل کرده و جهت محافظت از بادهای زمستان کاشته شوند .طراحان می‌توانند از گیاهان برای جلوگیری، هدایت و یا تشدید باد استفاده کرده و شرایط نامناسب اقلیم خرد را تعدیل نمایند(لقایی، ۱۳۸۲: ۱۶-۱۲). پوشش گیاهی، سبب کنترل حرکت باد در فصل تابستان و زمستان و نیز تعدیل دما در ساختمان و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود.

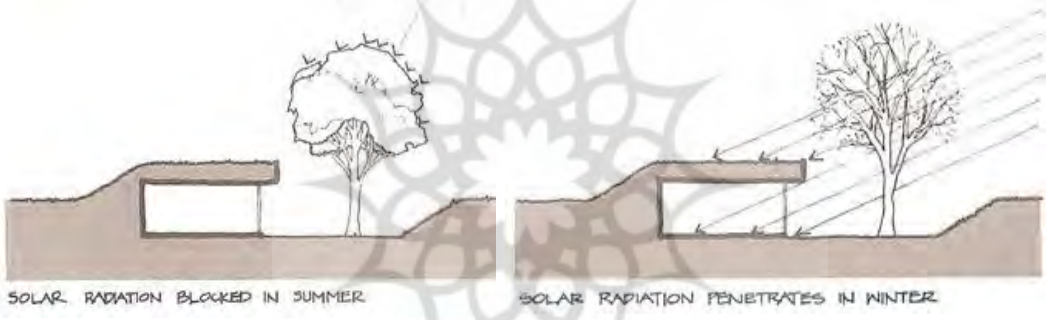
شکل۴- نقش گیاه در کنترل باد(۱۶)

[1] Natural Resources Conservation

۴-۳- کنترل تابش نور و کاهش مصرف انرژی

یکی از کاربردهای مهم فضای سبز، کنترل میکروکلیما یا اقلیم خرد است که در این میان نور خورشید مهم‌ترین عامل مؤثر بر آن است. در مناطقی که پوشش گیاهی مناسب وجود دارد، اشعه خورشید به سطح فضای سبز برخورد کرده و مقدار کمی از آن جذب و بیشتر آن منعکس می‌شود و حرارت بسیار جزئی را به بخش زیرین خود منتقل می‌نماید .همین امر سبب می‌شود که نیازی به خنک کردن این فضاها و مصرف بیهوده انرژی نباشد(همان).

- **نقش درختان و درختچه‌ها در کاهش مصرف انرژی (کنترل تابش نور):** گونه درختی باید در جایی مستقر گردد که سایه آن، در گرم‌ترین روز سال بر روی قسمت بیشتری از ساختمان و خانه قرار بگیرد .جایگزینی دقیق درختان و درختچه‌ها می‌تواند با علم به محل تشکیل سایه‌های آنان صورت پذیرد و در صور مشخص بودن محل سایه موردنظر می‌توان محل درختان را تعیین نمود .میزان سایه‌اندازی ی درخت به میزان زیادی بستگی به ارتفاع درخت، شکل و قطر تاج درخت و متراکم و یا پراکنده بودن شاخ و برگ‌ها (بافت درخت) دارد(Welch,2008)) به منظور کاهش دمای ساختمان‌ها در فصل تابستان و افزایش دما در فصل زمستان از درختان خزان کننده برگ پهن استفاده می‌شود زیرا این‌گونه درختان در فصل تابستان اشعه خورشید را توسط برگ‌ها جذب کرده و در زمستان با از دست دادن برگ‌ها، سبب عبور نور خورشید و رسیدن به ساختمان و در نهایت گرم شدن آن می‌شوند .از آنجایی که ضلع جنوبی و غربی ساختمان بیشترین نور خورشید را دریافت می‌کند، بنابراین درختان خزان کننده برگ پهن باید در این ضلع‌ها کشت شوند.



شکل۵ - نقش درختان در کنترل تابش نور زمستان(۱۶)

شکل ۶ - نقش درختان در کنترل تابش نور در تابستان(۱۶)

- **نقش گیاهان پوششی در کاهش مصرف انرژی :** گیاهان پوششی، گیاهانی هستند کوتاه و سریع الرشد که حداکثر رشد طولی آن‌ها یک متر باشد، در تعریف دیگری که از گیاهان پوششی آمده است، هر نوع پوشش گیاهی کم ارتفاع که در جهت پوشاندن سطح زمین استفاده شود، گیاه پوششی نامیده می‌شود .این گیاهان از طریق تعریق ، آب را از برگ‌ها خارج کرده و این آب سبب خنک کردن هوای اطراف گیاه از طریق تبخیر می‌شود . سطح پوشیده شده توسط گیاهان پوششی در مقایسه با سطح بدون پوشش تا حدود 5 درجه سانتی‌گراد فضا را خنک‌تر می‌کند(Parker,1982)) چمن یکی از مهم‌ترین گیاهان پوششی است که امروزه به طور بسیار وسیع در طراحی فضای سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵- معایب بناهای زمین پناه

همان‌طور که در هر نوع ساخت‌وساز غیرمعمول، معایبی وجود دارد. در بناهای زمین پناه نیز جنبه‌های منفی وجود دارد که عبارت است از:

- هزینه‌های اولیه ساخت‌وساز، که ممکن است تا ۲۰٪ بالاتر از ساختمان‌های رو زمینی باشد.
- نیاز به مراقبت بیشتر برای جلوگیری از نفوذ رطوبت چه در دوران ساخت و چه در زمان زندگی

- همچنین مشکلات نشت آب، میعان داخلی، کیفیت آکوستیک پایین و کیفیت ضعیف هوای داخلی، در صورت عدم طراحی مناسب می‌تواند در یک زمین پناه ایجاد گردد.

استانداردسازی و استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند راه‌حلی جهت برطرف نمودن معایب و مشکلات این نوع از شیوه ساخت و افزایش بازده و بهره‌وری هرچه بیشتر آن باشد. استانداردسازی در طراحی امکان پیش‌ساختگی را فراهم می‌کند، که این امر می‌تواند بهره‌وری این تکنیک را به‌طور چشمگیری بهبود بخشد و باعث بهینه‌سازی کیفیت آن شود. برای مثال طراحی استاندارد اجزا، امکان تولید انبوه آن را می‌دهد و در نتیجه هزینه‌ها کاهش می‌یابد.

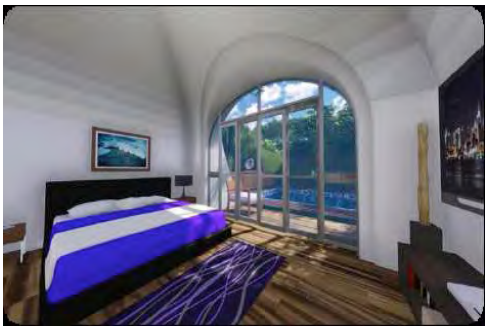
۶- پیش‌ساخته سازی در بناهای زمین پناه

همان‌طور که در مطالب فوق اشاره شد، ساختمان‌های زمین پناه علی‌رغم کارآمد بودن در ذخیره انرژی و متعادل نگه‌داشتن دمای داخلی ، بسیار پرهزینه می‌باشند. در راستای حل این مسائل، یک شر کت ساختمانی در فلوریدای آمریکا، نوعی پلیمر تقویت‌شده با الیاف را طراحی نموده است که امکان ساخت یک ساختمان زمین پناه با قیمتی مناسب(حدود ۴۱ دلار آمریکا برای هر فوت مربع) و نیز امکان طراحی گسترده را فراهم می‌آورد. قطعات این سازه را می‌توان به سرعت و به آسانی در محل پروژه، سرهم و سوار نمود. اجزای پلیمری در داخل کارخانه ساخته شده و در محل توسط چسب و پیچ‌های فولادی ضدزنگ از طریق لبه‌های گیردارشان سرهم و سپس توسط خاک و گیاهان پوشش داده می‌شوند. ضریب مقاومت حرارتی این سازه یا پوسته پلیمری، تقریباً برابر ۱ در هر ۱۰ سانتی‌متر خاک می‌باشد[۱۷]. این نوع از معماری را می‌توان برای ایجاد کمپ‌های تفریحی، اتاق‌های هتل، خانه، اداره، کلینیک، کلاس‌های درس و بسیاری دیگر به کار گرفت.

شکل۷- پیش‌ساخته سازی در بناهای زمین پناه(۱۷)

علاوه براین، این معماری زیبا و پاک، ضمن ایجاد محیطی با صفحات نرم، دیوارهای قابل شستشو و گوشه‌های گرد؛ سقف طاقی شکل، ضد آب، ضد قارچ و مقاوم در برابر پوسیدگی را ارائه می‌دهد. این نوع معماری یک طراحی ترکیبی منحصربه فرد است که با به کارگیری اجزای مدولار، یک فناوری پایدار را ایجاد که از ارزان‌ترین و قدیمی‌ترین مصالح ساختمانی چون خاک استفاده نموده و با صرف هزینه‌ای اندک، محیطی دلپذیر و هماهنگ با طبیعت را جهت زندگی به وجود آورده است.

شکل۸- فضای بیرونی بنای زمین پناه (۱۷)



شکل۹- فضای داخلی بنای زمین پناه(۱۷)

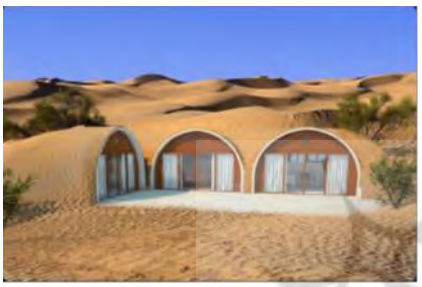
۶-۱- مزایا

- مقاوم در هر نوع شرایط آب‌وهوایی
- استحکام بالا
- روشنایی طبیعی
- غیر خورنده
- امکان ایجاد فضاهای بزرگ و کوچک
- ۱۰۰٪ غیر سمی
- مدولار
- ضد آتش
- سبک
- آزاد از هرگونه رطوبت

۶-۲- پوشش نهایی

خانه‌های پیش‌ساخته با توجه به محل استقرار، می‌توانند برای مثال در اقلیم سرد با برف و در اقلیم کویری با ماسه‌های کویر و همچنین گیاهانی چون کاکتوس پوشش داده شوند. همچنین این خانه‌ها می‌توانند توسط سبزیجات و میوه‌ها پوشش داده شوند که از این طریق می‌توان غذای ساکنان خانه را تأمین نمود.

شکل۱۰- پوشش بنا با برف(۱۷)



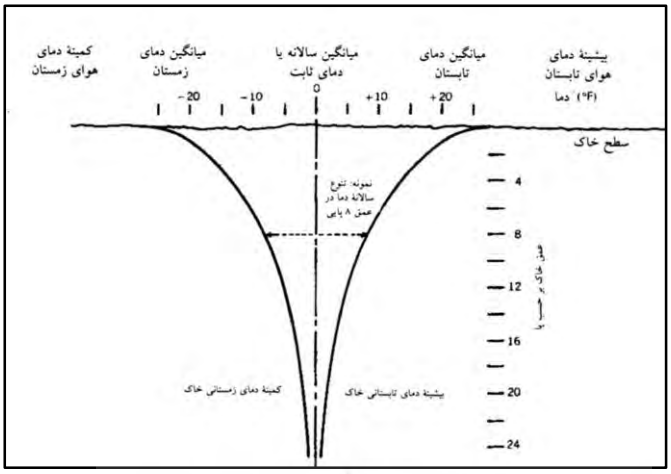
شکل۱۱- پوشش بنا با ماسه‌های کویری (۱۷)

شکل۱۲- پوشش بنا با سبزیجات(۱۷)

۷- معماری زمین پناه در اقلیم گرم و خشک

در گذشته استفاده از فضاهای زیرزمینی یکی از شیوه‌های معمول در برخی از نواحی اقلیمی، ازجمله گرم و خشک به شمار می‌رفت. این فضاها جهت استفاده در مواقعی که دمای هوا مطلوب نبود، با ایجاد شرایط دمایی مناسب‌تر مورد بهره‌برداری قرار می‌گرفت. دمای درون این فضاها با دمای خارج، حدود ۵ تا ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، بنا به منطقه‌ی احداث اختلاف داشت. برای مثال: خانه‌های قدیمی استان اصفهان به دلیل قرارگیری در اقلیم گرم و خشک قابلیت استفاده از فضایی خاک پناه، به نام زیرزمین یا سرداب را داشته‌اند، چراکه رطوبت در این منطقه به حداقل رسیده و دیواره‌های زیرزمین کم‌تر دچار آسیب می‌شدند. یکی دیگر از نمونه‌های معماری خاک پناه در این اقلیم گودال باغچه یا باغ چال است، گودال باغچه یا باغ‌چال، در وسط حیاط مرکزی، به صورت طبقه‌ای فرو رفته در زمین ساخته می‌شد که علاوه بر تأمین خاک موردنیاز خشت‌های استفاده شده در بنا، امکان دسترسی به آب قنات را فراهم می‌کرده است. بنابراین در گودال باغچه‌ها معمولاً آب روانی دیده می‌شود که حوض میانی را پر کرده و سرریز آن به خانه‌های دیگر می‌رفته است. در حاشیه‌ی این حیاط اغلب رواق و گاه چند اتاق ساخته می‌شد و کاشت درخت در آن مرسوم بوده است. با توجه به کوچک‌تر و پایین‌تر بودن این حیاط‌ها استفاده از رطوبت و خنکی زمین، علاوه بر رطوبت گیاهان و خنکی آب، در واقع فضایی به مراتب اقلیمی‌تر از حیاط شکل می‌گرفته است.

علاوه براین، زمین منبع گرمایی تقریباً نامحدودی است که میزان ظرفیت حرارتی بالای آن امکان ذخیره‌سازی فصلی گرما را فراهم می‌آورد. دمای خاک در عمق‌های پایین‌تر از ۶متری تقریباً پایدار و برابر با میانگین سالانه دمای سطح می‌باشد، که به دلیل تابش خورشید و دمای بسیار زیاد هسته عمیق زمین معمولاً دو یا سه درجه گرم‌تر از میانگین سالانه دمای هواست (شکل ۱). همان‌طور که در شکل مشخص است، با افزایش عمق، نوسانات سالانه دمای خاک کاهش می‌یابد.



شکل ۱۳- تغییرات درجه حرارت زمین به همراه تغییرات در عمق آن(۵)

ویژگی‌های حرارتی خاک بسته به نوع خاک(ثابت) فشردگی آن(سبتاً ثابت) و رطوبت (که با شرایط باران و آب‌های زمینی تغییر می‌کند) متفاوت می‌باشد. در ساختمان‌های زیرزمینی، جرم حرارتی افزایش یافته خاک، دماهای نسبتاً پایداری را در سال فراهم می‌آورد که منجر به ذخیره‌سازی فصلی گرما می‌شود .بنابراین گرمای جذب‌شده سطوح زمین در تابستان، چندین ماه ذخیره شده و دمای فضای زیرزمینی را در فصول دیگر متعادل می‌سازد. در تابستان نیز خاک خنک با دمای کمتر از دمای هوا منبع مناسب سرمایش است. پس می‌توان گفت این نوع از شیوه ساخت از مزایای قابل‌توجهی جهت اجرا در اقلیم گرم و خشک برخوردار می‌باشد که عبارت است از:

- ظرفیت حرارتی بالای خاک که با توجه به نوسانات دما در اقلیم گرم و خشک می‌تواند تأثیرگذار باشد. درواقع توده‌های خاک مانعی مؤثر در برابر دمای بالای اقلیم گرم و خشک است .عمق زمین معمولاً دمایی نزدیک به دمای متوسط سالانه آن منطقه دارد. در تابستان بسیار خنک‌تر و در زمستان گرم‌تر از سطح روی زمین است .
- این نوع معماری می‌تواند در اتلاف انرژی گرمایی و تعدیل و تنظیم دما و در نهایت صرفه‌جویی در مصرف انرژی جهت خنک یا گرم نمودن مکان‌ها مؤثر باشد.

بنابراین این شیوه ساخت‌وساز در اقلیم گرم و خشک نه‌تنها نوسان دمایی کاملاً کمتری نسبت به نمونه‌های روی زمین خود دارد بلکه مزایای آشکاری در آسایش حرارتی و اقتصاد انرژی را دارا می‌باشد.

۸- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در مطالب فوق به آن اشاره گردید، معماری زمین پناه روشی معمارانه برای استفاده از زمین در پیرامون دیوارهای ساختمان به‌عنوان توده حرارتی خارجی است که نقش اساسی در کاهش افت حرارت و متعادل نگه‌داشتن دمای هوای داخلی بر عهده دارد. همچنین استفاده از این نوع فضاهابهدلیل هماهنگی با طبیعت، کمترین خدشه ای از لحاظ بصری و زیستی به آن وارد کرده و می‌تواند ابزاری مؤثر در نیل به اهدافی چون صرفه‌جویی در انرژی،کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا،کاهش آلودگی بصری، ایجاد فضاهای پاسخده از نظر اقلیمی، کالبدی و .. باشد. این فضاها معمولاً در زمستان گرم‌تر و در تابستان سردتر از بیرون بوده و به‌طورکلی از ثبات دمایی خوبی دارا می باشند، از این جهت، برای ساخت وساز در اقلیم گرم و خشک که دارای نوسانات

دمایی بالایی است می‌تواند مناسب باشد. البته همان‌طور که گفته شد در هر نوع ساخت‌وساز غیرمعمول، معایبی وجود دارد که معماری زمین پناه نیز از این امر مستثنا نیست. امروزه با توجه به رشد افزون جمعیت و نیاز به مسکن ارزان‌قیمت، معماری زمین پناه با توجه به هزینه‌های بالای ساخت، شاید گزینه‌ی مناسبی نباشد، اما استانداردسازی و پیش‌ساخته سازی می‌تواند راه‌حلی جهت برطرف نمودن این دست از مسائل باشد.

مراجع

۱. جعفری، صدف(۱۳۸۸)« تحلیل قابلیت‌های معماری در پناه زمین در مقیاس شهری برای ایجاد شهری پایدار»، اولین همایش معماری پایدار، تهران.

۲. خدابخشیان، مقدی(۱۳۹۰)« بنای خاک پناه شیوه‌ای جهت ذخیره انرژی»، اولین همایش اقلیم ، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی، اصفهان.

۳. قدیر، پوریا، همتی، سیف الله و رفیعیان، امیرحسین(۱۳۹۳)، «بررسی قابلیت های معماری زمین پناه در کاهش مصرف انرژی»، همایش سازه و مصالح نوین در مهندسی راه وساختمان، سمنان.

۴. لقایی، حسنعلی(۱۳۸۲)،« اصول طراحی فضای سبز در محیط‌های مسکونی»، تهران :مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ص ۱۲-۱۶.

۵. لکنر، ن (۱۳۸۵)،« گرمایش ، سرمایش ، روشنایی :رویکردهای طراحی برای معماران»، ترجمه کی نژاد .م .و آذری،ر، تبریز: انتشارات هنر اسلامی

6. Barker. M, 1986. "Using the Earth to Save Energy: Four Underground Buildings," Tunneling and Underground Space Technology, vol. 1, no. 1, pp. 59-65.
7. Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils. Macmillan Pub. Co., N.Y.
8. Carmody. Jand Sterling.R, 1983. Underground Building Design, Minnesota: Van Nostrand , Reinhold Company Inc.
9. El-Hamid.A and Khair-El-Din. M, 1991. "Earth Sheltered Housing: An Approach to Energy Conservation in Hot Arid Areas," Architecture and Planning, vol. 3, pp. 3-18.
10. Gregory, K, Moghtaderi, B, Sugo, H, Page, A,2008, Effect of thermal mass on the thermal performance of various Australian residential constructions systems, Energy and buildings, 40, pp .459- 465.
11. Parker, J. H.1982. An energy and ecological analysis of alternate residential landscapes. J.Environ. Syst. 11: 271-288
12. Sattell, R., R. Dick, D. Hemphill, J. Selker, F. Brandi-Dohrn, H. Minchew, M. Hess, J. Sandeno and S. Kaufman. 1999. Nitrogen scavenging: using cover crops to reduced nitrate leaching in Western Oregon. Oregon Cover Crops. Em 9728.
13. Welch, william C. 2008. Landscaping for energy conservation, Texas Agricultural Extension Service,pp.100-112.
14. earthshelter.sustainablesources.com
15. www. energy.gov
16. www.daviddarling.info
17. www.GreenMagicHomes.com
18. www.meyfam.mihanblog.com

Earth shelter Architecture path to sustainable architecture, especially in hot and dry climates

Hossein medi, elham jafari*

1. Assistant Professor Department of Architecture of the International University of Imam
2. MA student of architecture, el.jafari1106@gmail.com

Abstract

Nowadays, according to existence of issues such as the energy crisis, environmental pollution and increased housing demand caused by the continuous growth of population in the world, innovative solutions such as earth shelter building can be considered an alternative to Aboveground building to reduce building energy needs, land use and climate issues. Taking refuge in the earth and theE use of thermal properties of the soil, is one of the strategies that have been used in the past the present study is addition of introducing and how different types of earth shelter buildings, to express the ecological benefits and the possibility of pre-fabricated these buildings, especially in hot and dry climate. The research questions are raised: what effect can have been existence of plants in these buildings? How can we improve the efficiency of these buildings? The method of research is qualitative and a primary All the contents research have been Collected based of library studies, the Internet and the websites.

Key words: earth sheltered, earth, sustainability, prefabricated, hot and dry climate

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی