Archive of SID

تحلیلی بر انتخاب معماری خاک پناه در عملکردهای جمعی (غیر مسکونی)

مریم عرب
دانشجوی کارشناس ارشد معماری، گروه معماری، واحد گنبد کاووس دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران
M_arab1991@yahoo.com

محمد فرخ زاد
عضو هیئت علمی و استادیار گروه معماری، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
M.farrokhzad@gu.ac.ir

چکیده
استفاده نابجا از تمامی منابع و ساخت و سازهای بی رویه و همچنین عدم توجه انسان به محیط زیست در دهه های اخیر، دنیا را با بحران مواجه کرده است. امروزه در تمامی جوامع به منظور رویارویی و حل این معضل بزرگ راه حل های متنوعی ارائه شده است. لذا در دهه های اخیر که بحران آلودگی محیط، در دنیا به طور گسترده ای مطرح و بانی نگرانی انسان ها می باشد، معماران به عنوان بخش مهمی از اجتماع که مداخله فراوانی در محیط زیست دارند، لازم است در ساخت و سازهای خود تأمل بیشتری نموده و از ایده های جدید بهره برند. معماری خاک اصیل ترین و کهن ترین نمونه معماری ایران زمین است و استفاده از خاک با داشتن خصوصیاتی از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و تاخیر حرارتی ۷ ساعته درمدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار و سبز راهگشا است. با توجه به اینکه امکان ایجاد آسایش انسان امروز در بناهای خاک پناه دغدغه اصلی نویسنده از انجام تحقیق حاضر بوده است، پژوهش حاضر در ابتدا از طریق پیمایش دانش موجود، نگاهی کلی به معماری در پناه خاک دارد و جنبه های مختلف آن را با دید سنجش امکان پذیری آن به عنوان یک ایده معمارانه مورد بررسی قرار می دهد. از آنجایی که هدف اصلی تعیین شده در این پژوهش آسایش و رضایت انسان در فضا است که خود مهمترین دلیل خلق هر فضاست. بنابراین توجه به وجود چند بعدی آنان مهمترین وظیفه یک معمار خلق فضا می باشد. هر فضا باید تأمین کننده رضایت، سلامت روان و سلامت جسم انسان باشد. این مقولات خود علت و معلول یکدیگرند و رابطه دوجانبه دارند. جداسازی کامل این مقولات میسر نبوده و مشترکات زیادی با یکدیگر دارند. در ادامه پس از بررسی مشکلات به ارائه راهکار پرداخته و الگوهای مناسب برای معماری خاک پناه را بدست آورده شد، نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می دهد که عدم شناخت کافی مردم از بنا های خاک پناه و تصاویر ذهنی گذشتگان از زیر زمین های مرطوب و تاریک سبب ایجاد این ترس شده که با ارائه راهکارهای طراحی و معماری صحیح می تواند نمونه های خوب در این شکل معماری به عموم شناسانده و مورد قبول قرار بگیرد.
واژگان کلیدی: معماری در پناه خاک، ثبات حرارتی زمین، دمای زمین، عملکرد حرارتی.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گرم شدن کره زمین و تغییر اقلیم جهانی در اثر افزایش تولید گازهای گلخانه ای توسط مصرف کنندگان انرژی، نازک شدن لایه ازن به علت افزایش آلاینده ها، افزایش آلودگی محیط زیست و انقراض گونه های زیستی، مصرف نزدیک به نیمی از منابع تجدیدناپذیر جهان، روند رو به افزایش قیمت سوخت های فسیلی و پیشی گرفتن خاکستری در برابر جهان سبز آینده، ضرورت بهینه سازی مصرف انرژی و جایگزین نمودن انرژی سوخت های فسیلی با استفاده از انواع انرژی های تجدید پذیر را مشخص می سازد(حقوقی، ۱۳۹۱).

طبق آمار منتشره توسط سازمان توانیر، ساختما ن ها حدود ۴۰ درصد از کل انرژی مصرفی کشور را به خود اختصاص داده که در این میان سهم بخش مسکونی ۳۳ درصد است. این آمار و ارقام نشان دهنده لزوم صرفه جویی در مصرف سوخت در ایران و وجود پتانسیل بالا در بخش مسکونی در راه نیل به هدف یاد شده است(محمد، ۱۳۹۲). قیمت ارزان انرژی در ایران سبب گردیده تا بهینه سازی مصرف از لحاظ اقتصادی توجیهی برای مصرف کنندگان نداشته باشد(مفیدی، ۱۳۸۷).

افزایش تقاضای انرژی، محدودیت منابع انرژی فسیلی و افزایش قیمت آن و عدم امنیت و ثبات بازار انرژی در دهه اخیر همسو با مسئله آلودگی و گرم شدن زمین مبنای رویکرد جدید در مبحث انرژی است. در دیدگاه جدید دو راه حل اساسی مورد توجه قرار گرفته است. ۱-(بهینه سازی مصرف) کاهش و یا کنترل تقاضا و تولید انرژی. ۲)- استفاده از منابع انرژی جایگزین)، عمدتاً انرژی های تجدیدپذیرتوجه به بهینه سازی در مصرف و تولید انرژی موضوع بسیار پر اهمیتی می باشد. غیر از سهم غیر قابل انکار آن در حفظ منابع انرژی فسیلی با کاهش میزان بهره برداری از آنها، رعایت و توجه به آن زمینه ی مناسبی برای بهره گیری از منابع انرژی نو و تجدیدپذیر فراهم م یآورد. در واقع برای آنکه بتوان از انرژ یهای نو و تجدید پذیر استفاده نمود, می بایست تا حد امکان تقاضای انرژی را کاهش داد(مفیدی، ۱۳۸۷). با اوج گرفتن نگرانی از عواقب فعالیت های انسانی برای کره زمین بر پایه قطع نامه مجمع عمومی سازمان ملل,توسعه پایدار تعریف شد.بدین ترتیب حفاظت و نگه داری ذخایر با رویکرد رفاه پایدار,کارایی فرآیندهای تغییر و برابری نسل های حاضر و آینده در جهت بهره برداری بهینه از ذخایر سرمایه ای را می توان هسته مرکزی توسعه پایدار به شمار آورد(مفیدی، ۱۳۸۷) در نتیجه معماری در بستر طبیعت با توجه به شرایط ذکر شده، از نتایج حاصله توسعه پایدار است و معماری در پناه خاک نمونه ای از معماری در بستر طبیعت می باشد.

طراحی معماری به عنوان راه حلی که هدف آن خلق پناهگاهی برای ایمن شدن از گزند عوامل طبیعی باشد از ابتدای تاریخ مورد توجه بشر بوده است مردم ایران به ویژه ساکنین اقلیم های گرم مبدع شیوه هایی بوده اند تا با گرمای طاقت فرسا مقابله کنند. گرمای طاقت فرسا به ویژه در فلات مرکزی ایران یکی از عواملی است که در صورت فقدان تمهیداتی لازم، گاه چنان تحمل ناپذیر میشود که جان بسیاری را میتواند در معرض خطر قرار دهد(رحیمی مهر، ۱۳۹۲). زمین به عنوان نخستین جایگاه و مصالح ساخت سرپناه، نقش بسزایی در شکلگیری معماری داشته است(برزگر، ۱۳۸۹). معماری خاک پناه پیشتر در اقلیم گرم و خشک ایران و به جهت دوری جستن از شرایط سخت آب و هوایی استفاده می گردید. تبدیل زمین های کشاورزی به توسعه های شهری، افزایش جمعیت شهرنشینی در جهان، گسترش نگرانی در مورد حفظ و بهبود محیط زیست، خصوصا در مباحث مربوط به پدیده گرمایش زمین و رشد جمعیت. استفاده از فضای زیر زمینی فرصت هایی ارائه می نماید که به اصلاح و بهبود این روند کمک نماید(استرلینگ، ۱۳۸۸). توسعه زیرزمینی ابزار مهمی جهت تغییر ساختار شهرها برای مواجه با چالش های آینده بدون تخریب میرات تاریخی و آسیب رساندن به محیط زیست در سطح زمین خواهد بود(استرلینگ، ۱۳۸۸). در راستای دلایل ذکر شده، در این تحقیق طراحی معماری خاک پناه در یکی از مناطق اقلیم گرم و خشک ایران انجام خواهد شد.

به طور خلاصه محققین معتقدند با اجرای معماری خاک پناه اهداف زیر قابل دستیابی است: کاهش مصرف انرژی و تامین شرایط آسایش داخل ساختمان ها، کاهش آلودگی صوتی بخصوص برای ساختمانهایی که در مجاورت آزادراه ها قرار دارند, کاهش آلودگی بصری با آزاد نمودن فضاهای روسطحی برای ایجاد فضای سبز، توسعه زمین های کشاورزی و حفظ و نگه داشت محیط زیست طبیعی، پایداری فضای داخل ساختمان در شرایط نامساعد جوی، شرایط محیطی پایدارتر و عدم فرسودگی بناها، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری ساختمان و درنتیجه صرفه جویی حداکثر از انرژی(استرلینگ، ۱۳۸۸).

www.SID.ir

Archive of SID

در این راستا در این مقاله مدنظر است تا تحقیقی علمی با اشاره اجمالی به سایر مسائل مرتبط با این نوع معماری، به تحلیل و ارزیابی تأثیر ثبات حرارتی خاک بر رفتار حرارتی بنای خاک پناه به ویژه برای انتخاب این نوع معماری برای عملکرد های جمعی به عنوان "مسئله اصلی تحقیق" می پردازد و از آنجایی که هدف اصلی تعیین شده در این پژوهش آسایش و رضایت انسان در فضا است که خود مهمترین دلیل خلق هر فضاست. بنابراین توجه به وجود چند بعدی آنان مهمترین وظیفه یک معمار خلق فضا می باشد. هر فضا باید تأمین کننده رضایت، سلامت روان و سلامت جسم انسان باشد. این مقولات خود علت و معلول یکدیگرند و رابطه دوجانبه دارند. جداسازی کامل این مقولات میسر نبوده و مشترکات زیادی با یکدیگر دارند. در ادامه پس از بررسی مشکلات به ارائه راهکار پرداخته و الگوهای مناسب برای معماری خاک پناه را بدست می آوریم، نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می دهد که عدم شناخت کافی مردم از بنا های خاک پناه و تصاویر ذهنی گذشتگان از زیر زمین های مرطوب و تاریک سبب ایجاد این ترس شده که با ارائه راهکارهای طراحی و معماری صحیح می تواند نمونه های خوب در این شکل معماری به عموم شناسانده و مورد قبول قرار بگیرد.

روش تحقیق

روش تحقیق به صورت مطالعات کتابخانه ای شامل: کتابهای لاتین , فارسی و مقالات علمی لاتین و فارسی و در ادامه پس از بررسی مشکلات موجود به تحلیل آن ها و به ارائه راهکار پرداخته و الگوهای مناسب برای معماری خاک پناه را بدست آوده شد و سپس به تحلیل و مقایسه ساختمان خاک پناه و مدل روی سطح زمین پرداخته شد.

معماری در پناه زمین

بنای در پناه زمین نشانگر استفاده از زمین در طراحی ساختمان برای بهبود کیفیت مشخصه های انرژی، زیبایی و ایزوله شدن آن است(Carmody&Sterling,1984). با توجه به اینکه استفاده از زمین در طراحی بنا بیشتر یک ایده کلی است، هیچ تعریف پذیرفته شده جهانی در مورد بنا در پناه زمین وجود ندارد. بیشتر تعاریف، این معماری را به بنایی اطلاق می دارند که حداقل به میزان ۵۰ تا ۸۰ درصد مساحت سقف آن با زمین یا خاک پوشیده شده باشد، ولی یک تعریف فراگیرتر که لازمه اش این است که ۵۰ درصد جداره خارجی بنا پوشیده با خاک باشد، آزادی عمل بیشتری در طراحی ایجاد می کند. برای مثال، ارتباط خانه با سطح زمین می تواند به طور قابل ملاحظه ای متنوع باشد. در واقع، یک بنا در پناه زمین می تواند به هیچ وجه زیر سطح طبیعی زمین نباشد، و سقف آن از خاک پوشیده باشد یا نباشد.

میزان پوشیدگی بنا در پناه زمین و نوع سازه برای نگهداری خاک نیز به گونه های متنوع مورد بحث هستند. «در پناه زمین بودن» می تواند شامل پوشش با خاک تنها در مجاور دیوارها در ضمن بکارگیری سقف کاملا ایزوله شده رایج باشد: از طرف دیگر، در طراحی بنای کاملا در پناه زمین، تنها سطوح پنجره ها و درها توسط خاک پوشیده نشده اند. میزان پوشش خاک روی سقف از ۲۰ - ۲۵ سانتی متر تا ۲/۷ متر خاک می باشد (Ahrens et al,1981).

معماری خاک پناه روش معماری استفاده از زمین مجاور دیوارهای ساختمان به عنوان جرم حرارتی خارجی جهت کاهش اتلاف حرارتی و حفاظت آسان برای ثابت نگه داشتن دمای هوای داخلی است. معماری خاک پناه در دوران مدرن مدافع انرژی ایستا خورشیدی و معماری پایدار میباشد و تقریباً قدمت آن به زمان ساخت سرپناه شخصی بشر بر میگردد. برخلاف ساختمان های معمولی که روی زمین ساخته می شوند، هدف از ساخت بناهای خاک پناه زندگی در زیر زمین یا خاک نیست بلکه، زندگی با زمین یا خاک است. وقتی وسعت اراضی گسترده باشد، بنا در هوا ساخته می شود که نتیجه از دست رفتن گرما و رطوبت بوده طول عمر وجه خارجی ساختمان کاهش مییابد. بنای خاک پناه، زمین یا خاک را به عنوان پوشش عایقی که آن را از باران، دمای پایین، باد و عوامل طبیعی مصون نگه میدارد، بهره میبرد. در تحقیقات انجام شده در زمینه بناهای خاک پناه توجه عمده به مسکن خاک پناه معطوف است تا دیگر ساختمان های خاک پناه چرا که، سازه های غیر مسکونی در درجه اول به دلایلی

www.SID.ir

Archive of SID

غیر از صرفه جویی در مصرف انرژی در زیر زمین ساخته میشوند، نظیر حفاظت سطح زمین از مواد آلاینده، محافظت از تند بادها و غیره. این بدان معنا نخواهد بود که حفاظت انرژی به واسطه خاک پناهی نمیتواند در زمینه بناهای آموزشی، تجاری و یا صنعتی کاربرد داشته باشد. پر واضح است که جهت استفاده در این کاربری ها نیز توانا خواهد بود و میتواند محدوده ای مثمر ثمر برای استفاده و سنجش آینده باشد(خدابخشیان، ۱۳۹۰). معماری خاک اصیل ترین و کهن ترین نمونه معماری ایران زمین است و استفاده از خاک با داشتن خصوصیاتی از قبیل ظرفیت حرارتی بالا و تاخیر حرارتی ۷ ساعته درمدیریت مصرف انرژی و رسیدن به معماری پایدار و سبز راه گشا است(مافی و همکاران،۱۳۹۱). استفاده از خاک اثر دمایی معکوسی را در طول شبانه روز وفصل های سال اعمال می نماید به طوری که بنا را در طول روزهای گرم، سرد و در طول شبهای سرد، گرم نگه دارد(khair,1991).

علل توجه به معماری در پناه زمین

مهم ترین علت پناه بردن به زمین در گذشته و همچنین در دنیای امروز، بهره گیری از ثبات حرارتی زمین در جهت تعدیل هوای داخل بنا و فرار از ناملایمات اقلیمی محسوب می شود. لذا بنا بر نظر محققین،«کارایی حرارتی»، این نوع ساختارها، اصلی ترین مزیت آنها شناخته شده است. از دیگر مزایای مهم معماری در پناه زمین، می توان به«ا فزایش فضای باز»و «کاهش آلودگی های بصری» اشاره نمود. امروزه کمبود فضای باز (سبز) یکی از معضلات شهرهای پرجمعیت است. لذا با ساخت بنا درون زمین می توان گام هایی در جهت افزایش فضای باز برداشت. در این قسمت به انواع مزایای معماری در پناه زمین بر اساس تحقیقات انجام شده در این زمینه اشاره می شود:

جدول-۱- خلاصه ای از مزایای ساختمان سازی خاک پناه(نگارندگان)

مزایا
کارایی حرارتی
حذف تابش خورشیدی از دیوارها و بام
افزایش فضای باز رو سطحی و آزاد سازی فضای بام
کاهش آلودگی صوتی
کاهش میزان تعمیر و نگه داری
ایمنی ساختمان از حوادث طبیعی

- کارایی حرارتی

بررسی تاریخی معماری در پناه زمین و نمونه های معاصر نشان می دهد که این ایده جایگزینی کارآمـد در طراحـی واحـدهای مسکونی(به جای نمونه های رایج) در جهت کاهش مصرف انرژی بخصوص در مناطق با اقلیم خشن می باشد. به دلیل خنـک تر بودن خاک پیرامون، نسبت به هوای محیط در زمان هایی از سال، ساختمان زیرزمینـی پتانسـیل کـاهش انـرژی سرمایشـی مورد نیاز را با کاهش انتقال حرارت از جداره های خارجی فراهم می سازد. کارمودی و استرلینگ چنـین اظهـار کـرده انـد کـه حتی در اعماق کمی از زمین، در گرم ترین لحظات یک روز تابستانی، دمای زمین به ندرت به حدی برابر با دمای محیط بیرون می رسد. در نتیجه گرمای کمتری به داخل ساختمان انتقال می یابد(Carmody&Sterling,1928).

در واقع بسیاری از محققین به این نتیجه رسیده اند که ساختمان های زیرزمینی در مقایسه با انواع ساختارهای رایج با کاهش بار گرمایشی و سرمایشی، صرفه جویی بیشتری در انرژی خواهند داشت. کارپنتر ادعا می کند که ساختمانهای در پناه زمین نسبت به هر طرح دیگری بیشترین پتانسیل را در صرفه جویی انرژی دارند. در این نوع ساختمانها نه تنها اختلاف دمای بین داخل و خارج کاهش می یابد، بلکه ساختمان از تابش مستقیم خورشید نیز محافظت می شود (Carpenter,1994). در نهایت

www.SID.ir

Archive of SID

بنابر تحقیقات موجود هیچ بحثی نیست که خانه های در پناه زمین، کارایی حرارتی بهتری از نمونه های مشابه روی زمین دارند(Behr,1982). کارایی حرارتی این نوع ساختمان ها از طریق سه مزیت زیر افزایش می یابد(Al-Mumin,2001).

- حذف تابش خورشیدی از دیوارها و بام .

- کاهش نفوذ ناخواسته هوا که تاثیر زیادی در جذب گرما در مناطق کویری دارد.

- جذب گرما از طریق دیوارها و بام در پناه زمین به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد، زیرا محیط اطراف ساختمان (که زمین می باشد)، دارای دمای کمتری نسبت به هوای بیرون است.

- آزاد سازی فضای بام

در بیشتر موارد، ساخت بنا در پناه زمین علاوه بر کارایی حرارتی، مزایای دیگری نیز در پی خواهد داشت. یکی از این مزیت ها، حداقل سازی تاثیر بصری ساختمان بر محیط است. در مواقعی که تغییر در محیط پیرامون، مطلوب تلقی نمی شود، ساختن بنایی در پناه زمین، کیفیت سایت های خاص را حفظ می نماید (Wilkes&Packard,1988). علاوه بر این، وجود خاک بر روی بام این نوع ساختارها ظرفیت ایجاد فضای باز (سبز) بیشتری را فراهم می سازد که نکته مهمی در طراحی خارجی ساختمان های زیرزمینی می باشد. حضور فضای سبز (به جای ساختمان های رایج تاثیری مثبت بر محیط و انسان خواهد داشت. و همچنین برای شهرهای پر جمعیت که دچار محدودیت جا هستند, یک راه حل می تواند , ساخت شهرها به صورت متراکم تر باشد. این بدان معنا نیست که تعداد افراد بیشتری در هر کیلومتر مربع زندگی خواهند کرد, بلکه بدان معناست که خط عمودی شهر با ادغام کامل فضای رو و زیر زمین, بیشتر استفاده خواهد شد(Darmisevic,1999).

- کاهش آلودگی صوتی

با ساختن بنا در پناه زمین، نویز و ارتعاش کاهش می یابد، بنابراین منابع آلودگی صوتی روی زمین تاثیر کمتری بر این نوع ساختارها خواهند داشت. مرور دانش موجود در این زمینه نشان می دهد که محققین متعددی اظهار داشته اند که ساختمان های زیرزمینی با استفاده از عایق صوتی زمین، محیط آرام تری را نسبت به ساختمان های رایج برای ساکنین فراهم می سازند. (Bligh,1975)

- کاهش میزان تعمیر و نگه داری

به دلیل مجاورت قسمت عمده سطوح خارجی ساختمان با زمین، پوسته ساختمان کمتر تحت تاثیر عوامل طبیعی نظیر باد، باران، تابش شدید، تگرگ، یخ زدگی و ... قرار گرفته و در نتیجه به تعمیر و نگهداری کمتری نیاز دارند. همچنین از گرمای شدید و تابش ماورا، بنفش خورشید (در اقلیم های گرم) که باعث رنگ پریدگی سطوح و از بین رفتن رنگ سطوح خارجی و کاهش کارایی عایق رطوبتی بام می شود، در امان هستند(Alison.1975). ساختمان در پناه زمین نسبت به سطوح ساختمان های رایج تحت تاثیر نوسانات دمائی کمتری قرار می گیرد. نوسان کمتر دما، انقباض و انبساط کمتری را در مصالح ساختمان به وجود آورده و در نتیجه ترک های حرارتی که امری معمول در بلوک های بتنی است را کاهش می دهد(Lippsmeier,1969).

-ایمنی ساختمان از حوادث طبیعی

لازم به ذکر است، از دیگر خصوصیات قابل توجه ساختمان های زیرزمینی مقاومت بهتری است که در مقابل حوادث طبیعی از جمله بادهای شدید، طوفان و رعد و برق نشان می دهند. همچنین مستعد آسیب کمتری در هنگام وقوع زلزله هستند(Baggs et al,1991) به عنوان مثال «در زلزله سال ۱۳۵۸در گناباد، بسیاری از گرمابه های قدیمی (که در زیرزمین واقع شده بودند) در روستاهای اطراف این شهر از آسیب زلزله در امان ماندند، در حالیکه گرمابه های نوساز با معماری جدید آسیب دیدند.» خانه های در پناه زمین همچنین مقاومت بیشتری در مقابل آتش سوزی نسبت به خانه های روی زمین از خود نشان می دهند. در

www.SID.ir

Archive of SID

مواقع وقوع آتش سوزی، سازه این خانه ها آسیب کمتری در آتش می بیند(Jannadi&Ghazi,1998). در نهایت لازم است به استفاده از زیرزمین ها به عنوان راهکاری در جهت دفاع غیر عامل در مواقع وقوع جنگ ها نیز استفاده نمود.

-معماری در پناه زمین و چالش های موجود

علی رغم فواید بسیار معماری در پناه زمین، فرو رفتن در خاک دارای محدودیت ها و معایبی نیز می باشد از جمله این محدودیت ها می توان به عدم مقبولیت از جانب عموم مردم (غلبه بر مسائل اجتماعی و روانشناسی)، کمبود اطلاعات کافی راجع به عملکرد حرارتی، مشکل تهویه، نور و رطوبت و همچنین هزینه بالای ساخت اشاره نمود(Golany,1983).

طراحان تصور می کنند که مردم زندگی در خانه های در پناه زمین را نمی پذیرند، اگرچه معتقدند که اگر فواید این نوع معماری برای مردم روشن گردد، خانه های در پناه زمین نیز مقبول واقع می شوند. در زیر به بخشی از کاستی ها اشاره می کنیم:

جدول-۲- خلاصه ای از معایب ساختمان سازی خاک پناه(نگارندگان)

معایب
موقعیت
ارتباطات
شرایط آب و هوایی
مسائل روانی
مسائل فیزیولوژیکی
مسائل ایمنی

موقعیت

قرار دادن تأسیسات در زیر سطح زمین، در مقایسه با اکثر ساخت و سازهای روسطحی نیازمند تعامل بیشتر با شرایط زمین شناختی محیط زمین است. لازم به ذکر است توسعه تاریخی اکثر شهرها بر روی رسوبات آبرفتی سیستم های رودخانه ای باعث شده است بسیاری از مناطق مهم شهری جهان شرایط زمین شناختی مطلوبی برای ساخت و ساز زیر زمینی دارا نباشند(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

ارتباطات

ارتباطات در درون شبکه های زیرزمینی و بین فضای روی سطح و زیر سطح زمین با مشکلاتی همراه است. تلویزیون، رادیو و ارتباطات تلفن همراه در نقاط کور زیرزمینی با مشکل مواجه می گردند و در این گونه تأسیسات نیاز به نصب آنتن های تقویتی، کابل های ارتباطی و یا سیستم های تقویت و تکرار سیگنال می باشد(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

شرایط آب و هوایی

در مناطق گرم و مرطوب ساختمان های فاقد تهویه ممکن است با رطوبت بسیار بالا و پدیده تقطیر بخار آب مواجه گردند. همچنین وقوع سیل یکی از نگرانی ها در ایجاد ساختمان های زیر زمینی است و در این بناها باید اقدامات حفاظتی در مقابل آبهای جاری، سیل آب و نفوذ آب از سطح زمین بداخل بنا پیش بینی گردد(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

مسائل روانی

www.SID.ir

Archive of SID

برای بسیاری از افراد فکر کردن به زندگی و یا کار در زیر سطح زمین واکنشی منفی به همراه دارد. تفکرات منفی همراه با فضای زیرزمینی معمولاً شامل تاریکی به همراه رطوبت و هوای نامناسب است. میان قوی ترین القائات در این رابطه آن هایی هستند که به مرگ و تدفین، یا ترس از محبوس شدن و فروریزی و خرابی بنا مربوط می گردند. دیگر ذهنیات منفی تداعی شونده، احساس کم شدن و کم کردن مکان به علت عدم وجود علامت هائی نظیر زمین، آسمان، خورشید و عوارض و فضاهای مجاور قابل رویت به وجود می آید. همچنین به علت عدم دید مستقیم به بیرون، امکان قطع ارتباط با فضای بیرون و فضای طبیعی و پدیده های آن نظیر تغییرات آب و هوا و روشنائی وجود دارد(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

مسائل فیزیولوژیکی

مسائل فیزیولوژیکی مرتبط با فضای زیرزمینی عمدتاً متمرکز بر کمبود نور طبیعی و تهویه نامناسب می باشد. ادامه نگرانی های افراد در مورد اسکان در زیر سطح زمین به این دلیل است که تصاویر تاریخی شامل محیط های تاریک، مرطوب در اذهان ما باقی مانده است، اکرچه تکنولوژی نوین بر بسیاری از این نگرانی ها غلبه نموده است(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

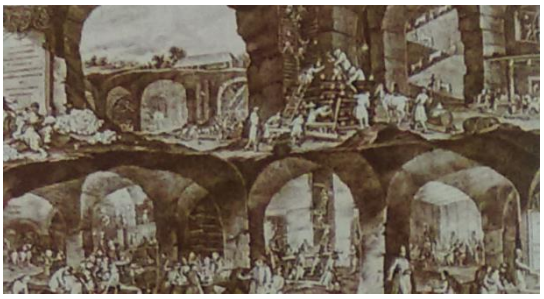
ایمنی

مسائل مربوط به ایمنی نیز معایبی برای تأسیسات زیرزمینی به همراه می آورند. خروج از یک ساختمان عمیق زیرزمینی در مواقع آتش سوزی یا انفجار درونی، به علت تعداد محدود نقاط ارتباط با سطح زمین با اختلال همراه می گردد و نیاز به انتقال فوری انسان ها از طریق خروجی های اضطراری و همچنین خارج کردن گازهای سمی ناشی از آتش سوزی مشکلاتی به همراه می آورد(استرلینگ و کارمودی, ۱۳۸۸).

نمونه های موردی بناهای خاک پناه با عملکرد جمعی

لهستان

معادن نمک نزدیک ,Krakowدر لهستان که از قرن ۱۱ مورد استفاده قرار گرفته که پر جزئیات و ماهرانه ترین مجتمع زیرزمینی است، معدن نمک wieliczka , در شهر wieliczka , در میان ابر شهر Krakow در لهستان می باشد. تا سال ۲۰۰۷ در کاربری مداوم برای تولید نمک از قرن ۱۳ میلادی بوده است. یکی از قدیمی ترین معادن نمک جهان می باشد که در (شکل۱) دیده می شود(www.krakow-info.com).



شکل۱-معادن نمک Krakow در لهستان (www.krakow-info.com)

فعالیت معدن در سال ۱۹۹۶ به دلیل قیمت کم نمک و طغیان نمک متوقف شد. اما معدن به عنوان یک جذابیت اصلی توریست باقی ماند.در عمق ۲۴۰ متری به طول ۱۲۰/۷ کیلومتر با ۷ طبقه با اماکن متنوع مثل تئاتر، کلیسا و فضاهای رقص و گردهمایی وجود دارد(Golany,1983). کلیسای Saint Kinga بزرگترین کلیسا در میان کلیسا های زیر زمینی در معدن نمک wieliczka می باشد، در واقع یک کلیسای زیر زمینی بزرگ است که در سنگ های نمک حفاری شده و با مجسمه ها و نقش های برجسته نمکین تزئین شده است(www.krakow-info.com).

کانادا-مونترال-شبکه زیر زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

توسعه این فضاهای زیر زمینی حدود ۳۵ سال پیش شروع شد. امروز این شهر برای این شبکه زیر زمینی پیاده خود بسیار شناخته شده است. یکی از زیباترین شهرهای داخلی در زمین است که در کل، ۳۰ کیلومتر راهرو و تونل و فضاهای عمومی را در بر گرفته، زیر زمین این فضاها به زیبایی با بناهای رو زمین از نظر عملکردی و سازه ای ادغام شده است. این شبکه ۴۴ ساختمان، ۹ ایستگاه مترو را به هم متصل می کند(Boivin,1991).

ساخت مراکز خرید در مونترال کانادا در سال ۱۹۶۵ با استفاده از حفاری های حاصل از قطار زیرزمینی مونترال انجام شد. شامل: ادارات، مغازه ها، رستوران ها، تئاتر ها و دیگر مراکز می باشد. بیشتر از ۵۰ درصد فضای مرکز شهر را به هم متصل کرده و نیم میلیون نفر را همزمان در یک هوای کنترل شده امکانات می دهد. Place Vill Marie که قسمت بزرگی از این فضای زیر زمینی است توسط I.M.Pel طراحی شد(Golnay,1983). این مکان، یک برج اداری ۴۷ طبقه مربوط به سال ۱۹۶۲ است که زیرزمین آن توسط یک محل عبور عابر پیاده به ایستگاه مرکزی متصل شده است. که شامل چند عملکرد از قبیل: فضاهای اداری، مراکز خرید زیر زمینی و امکانات پارکینگ است(شکل۲)(Darmisevic,1999).

شکل۲-مرکز زیرزمینی Place Vill Marie در مونترال-کانادا(www.wikipedia.com)

مثالهای بسیار دیگری نیز در مانند این مکان در مونترال وجود دارد. این مجموعه ها در اصل شامل: فضاهای اداری در روی زمین همراه با فروشگاه ها، رستوران ها، چایخانه ها، محل های عبور، سینما ها، دیگر امکانات تفریحی در زیر زمین هستند. این ها به خوبی با سیستم حمل نقل زیر زمینی به همدیگر مرتبط هستند. حتی تونل هایی که با دیگر امکانات ترکیب نشده و تنها به عنوان راهروهای عبوری و ارتباط دهنده مترو و ساختمان ها استفاده می شوند نیز با دقت طراحی شده اند، که یکی از این راهروها، راهرویی است که به مرکز تجارت جهانی وصل می شود(شکل۳)(Darmisevic,1999).

شکل۳- راهرویی است که به مرکز تجارت جهانی وصل می شود. در مونترال-کانادا(Darmisevic,1999)

مثال دیگر این معماری در مرکز Eaton بوده که در سال ۱۹۸۰ ساخته شده و به Sainte-Catherine یکی از مهم ترین خیابان های مرکز خرید در مونترال، متصل است. این مرکز نور طبیعی فراوانی از طریق سازه بام شیشه ای خود داشته، که احساس زیر زمین بودن را بشدت کاهش می دهد. تصاویر بیرون و درون زیر زمین این مرکز در (شکل۴) دیده می شود(Darmisevic,1999). دلیل موفقیت مونترال زیر زمین، تاحدی به واسطه این است که فضاهای زیر زمینی بسیار خوب برنامه ریزی و طراحی شده و در اکثر موارد مانند بناهای رو زمینی طراحی شده اند(Darmisevic,1999).

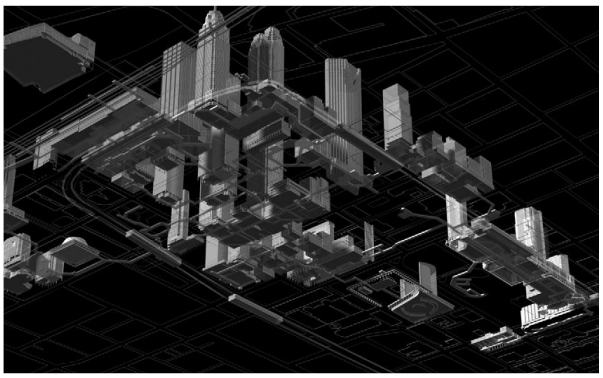
شکل۴-مرکز زیر زمینی Eaton در مونترال-کانادا(www.wikipedia.com)

تورنتو-شبکه زیر زمینی

www.SID.ir

Archive of SID

شبکه زیر زمینی تورنتو بدون شک بزرگترین شبکه خرید زیرزمینی است. این شبکه ۳۰ کیلومتر تونل مکان های خرید دارد(شکل۵)(Belanger,2007). شبکه بزرگ زیر زمینی پیاده که شهر تورنتو را با جمعیت ۳/۵ میلیون نفر سرویس می دهد, حدود ۴ بلوک شهری عرض و ۹ بلوک طول داشته و ۱۷ قطعه اصلی را به هم متصل می کند(Barker,1986). فضای زیر زمینی کنونی شامل ۱۰۰۰ مغازه, رستوران های فراوان,چندین تئاتر و سینما می باشد. در بنای اصلی, آتریوم و گالری هنری می باشد. این سازه ها توسعه دهندگان را مجهز به بهره بردن از پتانسیل تمام ترازهای زمین بالا, رو و زیر سطح می کند(Belanger,2007).



شکل۵-سه بعدی شبکه زیر زمینی تورنتو- کانادا (Belanger,2007)

شبکه زیر زمینی تورنتو منافع محیطی و اقتصادی فراوانی دارد که شامل موارد زیرند:

۱-افزایش در ارزش املاک و کاربری های زمین

۲-جداسازی ترافیک پیاده از ترافیک سواره

۳-ارتباط مدل های مختلف حمل و نقل

۴-گم شدن تراکم و فشار بر سطح زمین

۵-حفاظت پیاده از هوای بسیار سرد و طوفانی بیرون

۶-هماهنگی زیر ساخت های شهری

۷-پیشرفت حال و هوای پیاده(شکل۶)(Barkerr,1986).

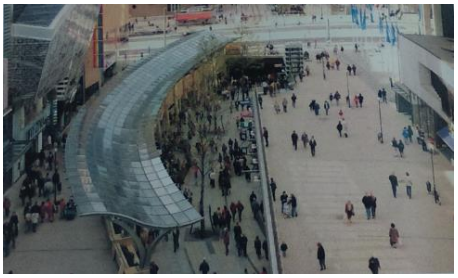
هلند

برای بعضی از مردم این معماری ممکن است باتوجه به این واقعیت که قسمت بزرگی از هلند در زیر سطح دریاست، بسیار غریب به نظر برسد، بنابراین کسی ممکن است سر در گم شود. در طول قرن ها هاندی ها آموخته اند که با تبدیل دریا به زمین شهرهای جدیدی بر روی این زمین دست ساز بنا کنند. هلند کشوری کوچک با ۴۱/۱۶۰ کیلومتر مربع مساحت و تراکم ۳۶۵ نفر در هر کیلومتر مربع می باشد(طبق گزارش سال ۱۹۹۵). بنابراین قرار دادن یک سری عملکرد خاص در زیر زمین مانند زیرساخت های ترافیکی، سینماها، تئاترها، موزه ها و فروشگاه ها، فضا های بیشتری بر روی زمین برای مسائل تفریحی و اجتماعی ایجاد نموده و کیفیت زندگی را افزایش خواهد داد. ساخت و ساز زیر زمین هنوز یک مسأله برای مهندسان سازه مطرح است در صورتیکه برای برنامه ریزان شهری به عنوان تنها راه حل به نظر می رسد. به منظور حفظ مراکز شهری تاریخی و همچنین تأمین زیر ساخت ها و دیگر تأسیسات شهری لازم, به نظر منطقی می آید که با درگیر کردن فضاهای زیر زمینی فشار را از روی فضاهای رو زمینی کم کنیم. تعداد بسیار زیادی از پروژه های زیر زمینی عالی که امروزه در هلند وجود دارد در زیر خیابان ها, فضاهای باز و میدان ها قرار گرفته اند. باید توجه شود که این بناها نباید به صورت جزایر جدا شده مانده بلکه باید بایستی در کل برنامه ریزی زیر مینی برای آینده ادغام شوند. یکی از بهترین پروژه ها در هلند مرکز خرید Beursplein است که در مرکز شهر رتردام قرار دارد(Darmisevic,1999). حدود ۵۰ سال پس از جنگ جهانی دوم، رتردام هنوز دچار

www.SID.ir

Archive of SID

بازسازی ضعیف بود. شلوغی ترافیک شهر این مرکز را تخریب کرده بود. برای حل این مشکل عده ای معمار یک خیابان محل عابر پیاده در زیر خیابان ۶ خطی خلق کردند(شکل۷).



شکل۷-خیابان خرید گودال باغچه ای Beursplein در مرکز شهر رتردام(Darmisevic,1999)

کل پروژه شامل حدود ۳۰۵۰۰ متر مربع فضاهای جدید خرید، ساختمان های بلند (۱۰۸ واحد مسکونی) و ۴۶۰ پارکینگ است. قسمت جالب پروژه یک خیابان مرکز خرید گودال اغچه ای به مساحت حدود ۱۰۰۰ متر مربع است که در سال ۱۹۹۶ اتمام یافت. این مرکز به ایستگاه مترو متصل است(Darmisevic,1999).

باز بودن به سمت آسمان، زیر سایبان های منحنی شیشه ای برای جلوگیری از آب و هوای سخت، یاد آور معماری قدیم دالان های بازار خورده فروش ها است. به همراه یک برج مسکونی ۳۰ طبقه، نتیجه این پروژه تولد دوباره یک مرکز خرید و ایستگاه مترو Beursplein تفریح، خرید و تفریح بسیار پر طرفدار شد. این خیابان گودال باغچه ای بزرگ توسط مغازه ها در دو سمت احاطه شده و آرام آرام در زیر یک خیابان بسیار شلوغ گسترش می یابد و آرام آرام نیز به سمت خیابان بالای خود می رود. برای دست یافتن به آن فضای اضافی برای مغازه ها، منطقی ترین راه حل روانه کردن عابرین پیاده به زیر خیابان و بنابراین استفاده از اطراف آن به عنوان ورودی به مغازه های پایین و بالا بوده است. ایده اصلی جداسازی عابرین پیاده و ترافیک سواره یا به عبارتی جلوگیری از تداخل اینها بوده است(Darmisevic,1999).

ژاپن

تاریخچه ساختمان های بلند و زیرزمینی در ژاپن نسبتا کوتاه است. حتی در توکیو که استفاده فشرده اینگونه ساختمان ها بسیار پیشرفته است. این معماری تنها در ۳۰ سال اخیر پدیدار شده و استفاده از فضاهای زیر زمینی در ارتباط با فضای روی سطح توسعه یافته و با افزایش در ساختمان های ضد آتش، سرعتش زیاد شده و در سال ۱۹۸۹ نسبت ساختمان های زیرزمینی به روی زمین ۴ به ۱۰ بوده است(Nishida and Uchiyama,1993).

ژاپن پیشرو دارنده مراکز خرید زیرزمینی است. در ژاپن ۱۲ شهر دارای مرکز خرید زیر زمینی وجود دارد که چیکاگی نامیده می شود(Golnay,1983). احتمالا از غیر عادی ترین مثال های بناهای در پناه زمین که در دهه ۱۹۶۰ پدیدار شده، تعداد محدودی خانه است که بیشتر به واسطه ترس از جنگ اتمی ساخته شده. در سال ۱۹۶۲ یک مثال کامل از چنین خانه ای در نمایشگاه جهانی در سیاتل واشنگتن ساخته شد که توسط هزاران نفر بازدید شد. در اواخر دهه ۱۹۶۰ ترس از جنگ اتمی جای خود را به آگاهی هر چه بیشتر از شکنندگی محیط زیست سیستم اکولوژی اطراف انسان داد. کارشناسان محیط زیست ایده بنا در پناه زمین را در ترکیب با محوطه سازی باز و فکر شده به عنوان وسیله متعادل کردن تاثیرات محیطی و بصری بناها، پیشنهاد دادند. معمار ملکم ولز در این اقدام به سمت"بناسازی بدون تخریب زمین" پیشرو بوده است. با افزایش قیمت انرژی این ساخت و سازها کم کم مورد توجه و کنجکاوی قرار گرفت(Ahrens et al, 1981).

ایران-معاصر

www.SID.ir

Archive of SID

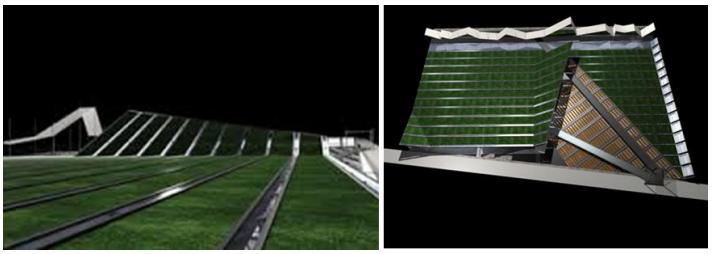
متأسفانه به نظر می آید در ایران در دوره مدرن به طور خاص تلاشی در زمینه معماری در پناه زمین انجام نشده است و اگر هم بنایی ساخته شده تلاشهای فردی یک عده از معماران این مرز و بوم بوده که در بعضی محافل علمی بهای چندانی به آن داده نشده است. معدودی از مثالهای مذکور که از طریق مجلات در دسترس بودند در زیل بررسی گردیدند.

مجموعه "باغ صبا"(مرکز همایش های آیینی)

این طرح برای زمینی ذوذنقه ای شکل به مساحت ۶۰۰۰ متر مربع در کنار خیابان شریعتی تهران توسط فرهاد احمدی در سال ۱۳۸۱-۱۳۸۲ طراحی شده است. این زمین در واقع بازمانده یکی از کردهای باغ معروف ملک در دوران قاجار است و متأسفانه در باقی سطح باغ ساخت و سازهای متراکم و نامناسبی صورت گرفته است.

سه درخواست متفاوت ازسوی کارفرما به این طرح شکل داده است. در واقع, اضافه بر کارکرد اصلی فرهنگی, یک مرکز تجاری برای تأمین هزینه طرح, یک پارک محلی و یک پارکینگ عمومی در برنامه طرح گنجانده شده است.

در جمع بندی نهایی و در پاسخگویی به برنامه,تصمیم گرفته شد برای ایجاد فضای سبز , ساختمان پایینتر از سطح زمین شکل گیرد و سقف فوقانی آن به صورت بوستان در آید و دو بخش مرکز نمایشی و مرکز خرید به صورت منفک از لحاظ کالبدی طراحی شوند(شکل۸).

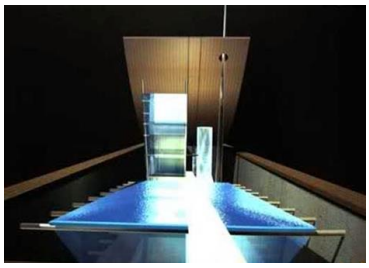


شکل۸-مجموعه "باغ صبا"(مرکز همایش های آیینی)(تجربه ای دیگر در زمینه معماری پایدار,۱۳۸۳)

در گزینه نهایی, ابتدا خاکبرداری از کل سطح زمین به عمق ۱۲ متر و سپس جا دادن یک مخزن بتنی در آن مدنظر قرار گرفت. دیوارها دندانه ای حائل از درون، فرصت عایق کاری، هوا و ور رسانی به جداره های ساختمان را فراهم می آورد. سپس روی آن یک صفحه قابل باز یافت برای ایجاد فضای سبز نهاده می شود. این صفحه هوشمند به واسطه نفوذ نور و بازتاب، هوا و باد، دید و منظر، دسترسی های سواره و پیاده، تا و شکاف خورده و شکل بیرونی طرح را پدید می آورد(تجربه ای دیگر در زمینه معماری پایدار،۱۳۸۳).

سفارت ایران در استکهلم، سوئد

مکان احداث ساختمان نمایندگی ایران در استکهلم در منطقع ای طبیعی با شیبی ملایم به سوی یک دریاچه قرار دارد. از آنجا که شهرداری لیدینگو به حفظ این شرایط طبیعی تمایل دارد و از ساخت و ساز, به ویژه به شیوه های معمول جلوگیری می کند, لذا در طرح ارائه شده توسط فرهاد احمدی تلاش شده است تا فضایی پدید آید واجد بیانی فروتنانه و همساز با بستری طبیعی به نحوی که ساختمان های معمول را در ذهن تصویر نکنند.(دو کار تازه از فرهاد احمدی،۱۳۸۰)



شکل۹- سفارت ایران در استکهلم,سوئد(دو کار تازه از فرهاد احمدی،۱۳۸۰)

www.SID.ir

Archive of SID

بألاخره تصمیم گرفته شد تا ساختمان با حداقل عرض و در منتهی الیه شرقی زمین مستقر گردد,تا کمترین مانع را از زاویه دید محور دسترسی شمالی برای شهروندان ایجاد کند که طبیعتاً در این حالت ضلع طویل ساختمان در جهت طول زمین قرار می گرفت و تنها برجستگی در بستر زمین، خط آسمان بنا، که در محور دید جاده دسترسی نیز قرار می گرفت، در زاویه غربی قابل ادراک می گردید. جهت ایجاد فضا، یک مخزن کشیده از جنس بتن در درون زمین در نظر گرفته شده که از دیواره های دندانه های مجوف برخوردار است. سپس یک پوسته از جنس چوب بلوط که معمولاً نمای ساختمان های جزیره از آن ساخته شده اند, با فاصله ای بر روی مخزن نهاده شد.برشی از میان پوسته با چند برش به سوی پایین و بالا دوران یافته است.شیب زمین که از سوی جاده به ساحل حدود۷٪ است، اختلاف رقومی، حدود سه طبقه مابین شمال و جنوب زمین ایجاد می کند که به دریافت نور و منظر در جداره جنوبی مدد رسانده، در حالیکه بخش شمالی پوسته تقریبا به بستر طبیعی مماس گردیده است.

چند مکعب متشکل از سطوح شیشه ای که با زوایای تا بشی زمستان,میان فصلی و تابستانی بریده شده درون مخزن و زیر پوسته و یا فاصله از جداره نهاده شده است. این برش ها همچون حیاط های مرکزی نور و هوا را برای فضای درونی تأمین می کردند.(شکل۹)(دو کار تازه از فرهاد احمدی,۱۳۸۰:۳۶)

سفارت ایران در سئول،کره جنوبی

مساحت زمین در این پروژه که توسط فرهاد احمدی طراحی شده است، حدود ۶۳۰ متر مربع بوده و مساحت بنا ۲۰۰۰ متر مربع می باشد. از آنجایی که مساحت زمین بسیار کوچک بود,تلاش شد تا با بکارگیری عمق زمین و فراز آسمان هرچه بیشتر,سطح زمین آزاد گردد. در این طرح ۴برجک بتنی در شکل مکعب مستطیل در ۴ گوشه قرار داده شد. در بدنه شرقی، در یک جعبه شیشه ای، پلکان، آسانسورها و راهروها نهاده شد تا دسترسی به ۶ طبقه (۳طبقه برفراز زمین و ۳طبقه در درون زمین) را فراهم سازد. فضای میانی پل ها تهی گردید تا از این طریق نور به عمق زمین وارد شود. در واقع بدین ترتیب فضای سفارت به صورت معلق و میان تهی بر فراز زمین و در میان برج ها استقرار یافت و فضای میانی آن در هیأت یک فضای مرکزی با سقف، دیواره ها و کف شفاف، به صورت یک انباره انرژی برای زمستان ها شکل گرفت. سطح تحتانی شفاف این حیاط که به صورت مورب طراحی شده، علاوه بر هدایت هوای تعدیل شده زیرین در تابستان ها، فضای سفارت را با فضای ارتباطات یکپارچه ساخته، حس فرارونده و سه بعدی در آن ایجاد می کرد. کارکنان برای ورود به سفارت از درون پارکینگ در زیر زمین با سوار شدن بر بالابر از فضای بسته و تاریکی به اعماق زمین از میان یک آبنما به سطح گودال باغچه (فضای نیمه زمین، نیمه آسمان) سپس به سطح زمین که با رواقی به فضای بیرون متصل است رسیده و در حرکت در مسیر آسمانی وارد حیاط بلورین معلق بر فراز برج ها می شوند(شکل۱۰)(حسینمردی، ۱۳۸۷).

شکل۱۰- سفارت ایران در سئول،کره جنوبی(حسینمردی، ۱۳۸۷)

این طرح در اولین جشنواره معماری و شهرسازی(جشنواره شیخ بهایی)که توسط وزارت مسکن و شهرسازی در بهار ۱۳۸۶ برگزار شد, در گروه ساختمان های عمومی جایزه اول را به خود اختصاص داد و مجله Space مجله بین المللی معماری کره هم، این طرح را بررسی و تقدیر کرد(دو پروژه از فرهاد احمدی، ۱۳۸۷).

مرکز آموزش مدیریت صنعتی کردان کرج

www.SID.ir

Archive of SID

زمینه این طرح در منطقه کوهپایه ای البرز و در بستری که به صورت یک مجموعه از قطعات مربع شکل که توسط محورهای دسترسی مجزا شده اند, در نظر گرفته شده بود به ترتیبی که جنوب آن به محور اصلی شرقی و غربی مجموعه دانشگاهی مجاور بوده و شمال آن به چین خوردگی های البرز ختم می شد. در طرح تصمیم گرفته شد تا وضعیت طبیعی بستر حفظ گردد,بنابراین شیار عمیق میانی آن که تداوم توپوگرافی طبیعی بالادست بود جهت استقرار طرح در نظر گرفته شد. در کف این دره که به طرف جنوب شرق که جهت طلوع آفتاب بود باز می شد، بخشی از بنای دانشکده در کند و کاوی باستان شناسانه پدیدار می گشت,این بخش که در مرکز آن منطبق بر مرکز مربع شکل زمین یک حیاط گود مرکزی پلکانی قرار دارد، فضای تهی و یا عدمی را در مرکز بنا پدید می آورد و کلاس های آموزشی که در پیرامون آن قرار داشته از آن نور و هوای طبیعی استفاده می کردند. صفه، همچون پوسته ای فوقانی، به واسطه شبکه ای از ستون های مجوف که در روز وظیفه نوررسانی به درون بخش های میانی و در شب نورپردازی در صفه را به عهده دارند، نقش احیاء کننده ای را بر طرح ایفا می کنند. در واقع در این طرح هیچ تمایزی ما بین محوطه، طبیعت و معماری وجود ندارد و به ترتیب لاینفکی در هم آمیخته شده اند. نظم و ساخت و ساز تنها در کف صفه در قعر دره دیده می شود که کمتر از ۲۵٪ از سطح کل بستر را اشغال نموده و الباقی در شکل توپوگرافی طبیعی سبز شده است. برشی میانی زمین"سطح صفه" در واقع برش خورشیدی است که در آن هوای طبیعی مناسب جریان داشته و در عین حال معبری عمومی است که خیابان اصلی را به کوهپایه های البرز مرتبط می سازد(احمدی، ۱۳۸۲).

ساختمان اداری وزارت نفت

بستر طرح که تنها دره باقی مانده در اراضی عباس آباد است بازسازی شده و با ایجاد یک دریاچه و پیوند با پارک در جداره جنوب شرقی بادهای نامطلوب, قابل استفاده گردیده و یک واحه امن طبیعی را پدید آورده است. یک حجم منشور بلورین که صفحه وتر آن واجد حداکثر ارتباط با دریاچه و پارک می باشد به سوی جنوب شرقی متمایل شده و حجم اصلی ساختمان را به وجود می آورد این حجم از طریق تعدد مجرا های نوری همچون یک اسفنج مجوف, هوای تعدیل شده از سطح دریاچه را به درون کشیده و در عین حال سازه اصلی و هسته عملکردی پروژه را در حول خود پدید می آورد. این منشور ابتدا میان تهی شده و سپس حجمی گوه ای شکل در آن نفوذ کرده, تا ورودی فضاهای اجتماعات و دسترسی های عمودی را در خود جای دهد و امکان دسترسی میان شهری از ایستگاه مترو به پارک مجاور را فراهم آورد و بألاخره یک صفحه مستطیل چاک خورده که نقش سایه بان و نگه داری آیینه های منعکس کننده و عناصر خورشیدی را دارد, با ایجاد نمای پنجم به صورت جزئی از محوطه سازی پارک مجاور به ساختمان وحدت بخشیده, به آن جنبه نمادین می دهد. در بخش منشور بلورین فضاهای منضبط کار مستقر شده و فضاهای خدماتی رفاهی در جدار دیگر دریاچه در زیر سطحی سبز و در فضای توپولوژیک شکل گرفته اند. با استفاده از واحه طبیعی و میله های تهیه شده در ساختمان, مصرف انرژی جهت نور و تهویه بیش از ۵۰ درصد کاهش می یابد و کارکنان خود را در محیطی طبیعی حس می کنند و یکپارچگی حجم، امکان برنامه ریزی مجدد را فراهم می سازد. حداکثر ارتفاع ساختمان از خیابان های مجاور ده طبقه می باشد، اسکلت فلزی ساختمان با قطعات بتنی شکل که کف کاذب کانال های هوا و نور را در خود جای می دهد, ترکیب شده است. نمای ساختمان کاملا شیشه ای است و صفحه سایبان از فلز ساخته شده است.(مسابقه طراحی ساختمان مرکزی صنعت نفت، ۱۳۸۱)

راهکارها و الگوهای طراحی

انسان مهمترین دلیل خلق هر فضاست. بنابراین توجه به وجود چند بعدی آنان مهمترین وظیفه یک معمار خلق فضا می باشد. هر فضا باید تأمین کننده رضایت، سلامت روان و سلامت جسم انسان باشد. این مقولات خود علت و معلول یکدیگرند و رابطه دوجانبه دارند. جداسازی کامل این مقولات میسر نبوده و مشترکات زیادی با یکدیگر دارند، بنابراین برای بهبود شرایط و کاستی های ذکر شده در این نوع معماری به ارائه راهکار برای آن می پردازیم:

www.SID.ir

Archive of SID

۱- طراحی بهتر است امکان دید مستقیم به بیرون از مقاطع درون خانه را ایجاد کند.

۲- بنا بهتر است بر روی شیب قرار گیرد تا روی زمین صاف.

۳- طراحی بایستی سیستم تهویه کارآمدی را ایجاد کند تا تمامی بوهای نامطلوب همراه با رطوبت فضاهای زیر زمینی را حذف کند.

۴- برای افزایش احساس امنیت و ایمنی بایستی بیشتر از یک خروجی آسان از بنا وجود داشته باشد.

۵- طراح باید در طرح خود از راهروهای باریک، تاریک و تهویه نشده و راهروهای کم ارتفاح که کلاستروفوبیا ایجاد می کند دوری کند. ترجیح بر آن است که ارتفاع سقف از سقف معمولی بلندتر باشد.

۶- بهتر است حداکثر نفوذ نور طبیعی و آفتاب از طریق پنجره ها، بازشوی سقف و پاسیوها صورت گیرد، زیرا در مورد دنیای بیرون اطلاعات می دهد، به دلیل تغییر در شدت نور، به فضا پویایی می بخشد و در بعضی موارد موقعیت یابی بهتری ایجاد می کند(Durmisevic,1999).

۷- طراحی بایستی شکل آزاد و انعطاف پذیر در میان خانه با تیغه های حداقل و قابل جابجایی ارائه دهد. این طراحی احساس فضای باز و کم کردن تراکم را تقویت می کند. تمام فضای داخل خانه همواره می تواند بعنوان یک فضا از واحدهای کوچکتر در اطراف و یک واحد بزرگتر مرکزی بعنوان اتاق نشیمن معرفی شود.

۸- طراحی باییستی یک الگوی سیرکولاسیون واضح و آزاد که تمام قسمت های بنا را به خروجی متصل می کند، ارائه دهد.

۹- ورودی بنا بهتر است به سمت پایین جهت گیری نکرده بلکه، به سمت بالا بوده یا حداقل داخل بنا هم سطح با خارج باشد، وارد شدن به فضای زیر زمینی از درون بنای روزمینی می تواند فواید بسیاری داشته باشد از جمله کم شدن حس پایین رفتن و نزول در زیر زمین(Durmisevic,1999).

۱۰- طراحی فضای داخلی بایستی المانهایی از طبیعت مانند گیاهان کوچک، گلها و مشابه آنها را ارئه دهد. اگر پاسیوی مرکزی به سمت آسمان باز بوده یا پنجره سقفی در طراحی خانه آمیخته شده باشد، جزئیات طراحی پاسیو می تواند یک محیط طبیعی ایجاد کند. در هر صورت بسیار مطلوب است که در بناهای بدون پنجره المان های بیرون را در فضای داخلی خانه ارائه کند.

۱۱- امکان شبیه سازی تصویری محیط خارج- از طریق تصاویر دوربین فیلمبرداری که در بیرون جایگذاری شده که از طریق پنجره ای در داخل دیده می شود، وجود دارد(Golany,1983).

۱۲- فضاهای عمیق زیرزمین که لزوما بی پنجره هستند قابلیت جبران بسیاری از عملکردهای پنجره را با استفاده از طراحی فضایی تخیلی به وسیله پانل های تصویری و جایگزین های پنجره دارند(Labs,2008).

۱۳- استفاده از رنگها و مواد گوناگون: این عمل موجب تنوع در فضا و خلق پویایی در بنای زیر زمین می شود.

۱۴- از دید تکنیکی، توزیع نور طبیعی در فضای زیرزمینی توسط انواع سیستم های بازتاب قابل انجام است. ابزار موجود شامل داکتهای نور، پرده های منعکس کننده، فیبرهای نور، لنزها و غیره می باشند(Sala,1998).

۱۵- برای جبران منظر در بعضی از انواع بناهای در پناه زمین، راه حلهای مختلف مانند بکارگیری پاسیو و موارد جایگزین پنجره وجود دارد که در قسمت قبل (پذیرش عمومی) بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶- «ون تیلیش» در صنعت تهویه مطبوع به عمل جانشین کردن و یا حرکت دادن هوا در یک فضا توسط وسایل مکانیکی یا طبیعی گفته می شود. تهویه اغلب از طریق جابجا کردن هوای داخل با هوای بیرون انجام می گیرد. تهویه در کنترل محیطی خانه به سه منظور انجام می پذیرد: ۱-تامین هوای تازه جهت ساکنین ساختمان (تهویه بهداشت). ۲-افزایش از دست دادن حرارت و تبخیر در بدن(تهویه آسایشی) ۳- خنک کردن داخل ساختمان به وسیله تعویض هوای گرم داخل با هوای خنک خارج (تهویه ساختمانی)(واتسون و لبز، ۱۳۹۲).

الگوهای طراحی(استرلینگ و کارمودی، ۱۳۸۸)

الگوی ۱: ساختمان های تراس دار با ورودی واقع در دامنه شیب

در سایت های شیب دار، تأسیسات زیر زمینی را در دامنه بلندی ایجاد کنید تا ورود به آن ها افقی و بدون نیاز به دسترسی های عمودی انجام پذیرد.

الگوی ۲: ورود به تأسیسات منفرد واقع در دامنه شیب

برای فضاهای ساخته شده در زیر سایت های تپه ای، ورود به بنا را از طریق تونل های افقی به تنهایی یا در کنار ورودی های عمودی به وجود آورید.

الگوی ۳ : ورود از طریق حیاطهای محصور زیر سطحی (گودال باغچه ها)

در زمین های صاف و هنگامی که توده ساختمانی روسطحی وجود ندارد، ورودی را از طریق حیاطهای محصور زیر سطحی (گودال باغچه ها) ایجاد نمایید.

الگوی ۴: سازه های واقع در فضای بالای راه پله ها و پله های برقی

سازه های فضایی را بر روی راه پله ها و پله های برقی قرار دهید تا سیمایی قابل تشخیص و دسترسی مطبوعی به داخل تأسیسات فراهم گردد.

الگوی ۵: پاویون های ورودی بر روی سطح زمین

در سایت های هموار، از سازه های محصور رو زمینی به عنوان ورودی تأسیسات زیرزمینی استفاده نمایید.

الگوی ۶: ورود از طریق توده بزرگ ساختمانی بر روی سطح زمین

ورود به ساختمان زیرزمینی را از میان یک ساختمان رو سطحی که ممکن است بنای مجاور و مجزای یا جزئی از سازه ساختمان زیرزمینی باشد، فراهم آورید.

الگوی ۷ : راه پله ها، رمپ ها و پله های برقی روباز

راه پله ها، رمپ ها و پله های برقی را در فضاهای باز چند طبقه قرار دهید تا توانایی جهت یابی و کیفیت ورود از بالای سطح زمین به زیر آن بهبود یابد.

www.SID.ir

Archive of SID

الگوی ۸ : آسانسورهای عمودی و مورب شیشه ای

آسانسورهای شیشه ای را در فضاهای باز چند طبقه قرار دهید تا جهت یابی بهبود و واهمه از محبوس شدن کاهش یابد. همچنین از بالابرهای مورب محصور در شیشه در طول پله های برقی استفاده نمایید تا دسترسی جهت یابی و امنیت بهبود یابد.

الگوی ۹: نظامی از مسیرها، گره های فعالیتی و نشانه ها

به منظور بهبود جهت یابی و فراهم آوردن محیطی پویا، طرح کلی یک ساختمان زیرزمینی (یا گروهی از ساختمانهای زیرزمینی مرتبط با هم)را به صورت نظامی از مسیرها، ناحیه ها، گره های فعالیتی و نشانه ها به وجود آورید، همانند عناصری که فضاهای عمومی را در شهرها شکل می دهند.

الگوی ۱۰: ساختمان واقع در شیب و دارای دید بیرونی

در سایت های شیب دار تأسیسات زیر زمینی را طوری داخل دامنه شیب طراحی کنید که حداکثر دید به بیرون و جذب نور طبیعی در آن ها صورت پذیرد.

الگوی ۱۱: حیاط های زیر سطحی (گودال باغچه های) خارجی

بر روی یک سایت هموار، از گودال باغچه های بیرونی استفاده نمایید تا نور طبیعی، چشم انداز، ارتباطی به بیرون و جهت یابی در درون ساختمان تأمین گردد. این حیاطها را به گونه ای طراحی کنید که حداکثر نور طبیعی به آنها نفوذ کند، از گیاهان و سایر عناصر طبیعی در آن استفاده کنید و آن را در دسترس افراد قرار دهید.

الگوی ۱۲: فضای آتریوم داخلی

در داخل ساختمانهای زیرزمینی، فضای آتریوم چند طبقه ایجاد نمایید تا چشم اندازهای وسیع تر، پویایی بصری، حس جهت یابی، نور طبیعی (در برخی موارد) و نوعی تمرکز فعالیتی در داخل بنا به وجود آید.

الگوی ۱۳: معبر ورود به ساختمان

علاوه بر استفاده از راهروهای متعارف و منفرد، یک معبر اصلی ورودی به تأسیسات زیرزمینی ایجاد نمایید. آن را عریض تر و مرتفع تر (چند طبقه در صورت امکان) از راهروهای معمولی طراحی کند و مکان های نشستن و ارتباطات و برخوردهای اجتماعی شبیه یک خیابان سرزنده بیرونی در آن به وجود آورید.

الگوی ۱۴: گذرگاه های کوتاه و سرزنده

تا حد امکان از طراحی راهروهای طولانی و بدون پنجره اجتناب و بجای آنها از گذرگاههای کوتاه و خوشایند استفاده کنید.

الگوی ۱۵: حوزه های دارای صفات یگانه

در داخل تأسیسات بزرگ زیرزمینی(و گروهی از تأسیسات به هم مرتبط زیرزمینی)، حوزه های با ویژگی های یگانه به وجود آورید تا حسی جهت یابی، پویایی و خوشایندی در محیط داخل این بناها بهبود یابد.

الگوی ۱۶: پنجره های درونی مشرف بر فعالیت ها

از پنجره های درونی در داخل ساختمانهای زیرزمینی که بر حوزه های دارای فعالیت مشرف هستند، استفاده نمایید و چشم اندازهای گسترده درونی به وجود آورید.

www.SID.ir

Archive of SID

الگوی ۱۷: سلسله مراتب محرمیت

هنگامی که در تأسیسات زیرزمینی از پنجره های داخلی استفاده می شود، حس محرمیت را با جانمایی فضاها به نحوی ایجاد کنید که قلمروهای عمومی بر فضاهای خصوصی اشراف نداشته باشند.

الگوی ۱۸: فرم های پیچیده اتاقها و فضاهای متصل

فضاهای خصوصی (یا گروهی از فضاهای مرتبط) را از نظر هندسی، پیچیده طراحی نماید تا ادراک گشودگی فضا در داخل ساختمان های زیرزمینی افزایش یابد. احجام بزرگ و ساده فضا را به فضاهای کوچکتر و متصل به هم با استفاده از اتاق های نزدیک سقف، تورفتگی ها و دیوارهای کوتاه، به عنوان مثال، تبدیل نمایید. چیدمان فضاها را به گونه ای انجام دهید تا این فضاها کاملاً محصور نباشند و چشم اندازهای طولانی از طریق فضاهای مجاور بدون امکان دیدن کل فضا در یک نگاه فراهم شود.

الگوی ۱۹: سقف های بلند و متنوع

در تأسیسات زیرزمینی ارتفاع سقف را از ساختمان های متعارف بلندتر طراحی کنید تا حس گشودگی فضایی افزایش یابد. با تنوع بخشیدن به ارتفاع سقف ها بر اساس عملکردهای مختلف و ویژگی های هر کدام از فضاها، محیطی متنوع و جذاب درونی در ساختمان به وجود آورید.

نتیجه گیری

مرور ویژگی های فضای زیرزمینی نشان می دهد که استفاده از این نوع فضاها می تواند ابزار مؤثری در نیل به اهداف پایداری باشد. فضای زیرزمینی دارای قابلیت های بالایی در صرفه جویی انرژی ، کاهش آلودگی صوتی، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی بصری، ایجاد فضاهای شهری پاسخده از نظر اقلیمی، کالبدی و ... می باشد. این فضاها معمولاً در زمستان گرمتر از بیرون و در تابستان سردتر از بیرون بوده و بطور کلی ثبات دمایی خوبی را دارند. معماری در پناه خاک به دلیل هماهنگی با طبیعت، کمترین خدشهای از لحاظ بصری و زیستی به آن وارد میکند که به این واسطه یک معماری پایدار محسوب میشود. در شهرهای بزرگ با مسائل متعدد زیست محیطی، رویکرد استفاده از فضاهای زیرسطحی بویژه در مراکز متراکم شهری و علل الخصوص در عملکرد های جمعی می تواند به پایداری این مراکز و شهرهای بزرگ کمک نماید. البته قابل ذکر است که این فضاها باید با نگرشی جامع و درنظرگرفتن تمامی جوانب موضوع استفاده شود. همچنین توجه لازم به ارتباط این فضاها با فضاهای بیرونی، تأمین حداکثر روشنایی و تهویه طبیعی، می تواند به پایداری هرچه بیشتر این فضاها و موفقیت در کاهش مصرف انرژی، منتهی شود. پس از بررسی مشکلات به ارائه راهکار پرداخته و الگوهای مناسب برای معماری خاک پناه را بدست می آوریم، نتایج حاصل از این ارزیابی نشان می دهد که عدم شناخت کافی مردم از بنا های خاک پناه و تصاویر ذهنی گذشتگان از زیر زمین های مرطوب و تاریک سبب ایجاد این ترس شده که با ارائه راهکارهای طراحی و معماری صحیح می تواند نمونه های خوب در این شکل معماری به عموم شناسانده و مورد قبول قرار بگیرد. البته قابل ذکر است که چگونگی و نحوه باززنده سازی این الگو در فضای شهری امروز زمینه پژوهش های کاربردی آینده را فراهم می کند. در ذیل به مقایسه ویژگی های ساختمان خاک پناه و مدل روی سطح زمین آن می پردازیم.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳-مقایسه میان ویژگی های ساختمان خاک پناه و روی سطح زمین (نگارندگان)

ویژگی ها	خاک پناه	در سطح زمین
تأمین آسایش حرارتی	به علت ظرفیت حرارتی و تأخیر حرارتی خاک بسیار عالی صورت می گیرد	در شرایط سخت جوی با مشکل روبرو هستیم.
تأمین نور	به علت فرو رفتن در دل خاک به صورت غیر مستقیم و با استفاده از راهکارهای مناسب صورت می گیرد.	قابلیت استفاده مستقیم از نور خوشید
میزان تعمیر و نگه داری	به علت وجود سطح پوششی خاک مانع ارتباط مستقیم ساختمان با عوامل جوی می گردد و بسیار کاهش می یابد.	به علت تماس مستقیم پوسته ساختمان با عوامل جوی، زودتر مورد آسیب قرار می گیرد.
موقعیت	اجرای سازه این نوع ساختمان به جنس خاک و پایین بودن سطح آب زیر زمینی مرتبط است.	به نسبت ساختمان خاک پناه از شرای بهتری برخوردار است.
ایمنی	خطر سیل گرفتگی و انفجار دارد ولی پناهگاه خوبی در برابر طوفان و جنگ های اتمی است.	در برابر بلایای طبیعی از استقامت کمتری برخوردار است ولی در صورت آتش گرفتگی راه فرار مناسب تر است
مسائل روانی	احساس خفگی و ترس از مبحوس شدن افراد.	مناسب تر است
شرایط آب و هوایی	به دلیل رطوبت و نبود تهویه دچار مشکل است. ولی در شرایط آب و هوایی ناملایم احساس آسایش بیشتری فراهم است	وجود تهویه مناسب و طبیعی و به صورت مستقیم. ولی در شرایط آب و هوایی نا ملایم آسایش حرارتی فراهم نمی باشد.

منابع

۱. استرلینگ، ریموند، کارمودی، جان ،(۱۳۸۸)، طراحی فضاهای زیرزمینی، ت، وحید رضا ابراهیمی، چاپ اول، تهران، نشر مرندیز.

۲. برزگر، زهرا. مفیدی شمیرانی، مجید.(۱۳۸۹). چگونگی بهره گیری از توده زمین در معماری بومی جهان. فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، شماره ۱۵. ص۱۳-۲۶.

۳. حسینمردی، حمید،(۱۳۸۸) گفت و گو با فرهاد احمدی، مجله معمار، جلد۴۸، ص۸۴-۸۹.

۴. حقوقی، بهشید(۱۳۹۱)، مجتمع مسکونی با رویکرد صفر انرژی، پایان نامه کارشناسی ارشد معماری پایدار، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۵. خدابخشیان، مقدی،(۱۳۹۰)، بنای خاک پناه شیوه ای جهت ذخیره انرژی، اولین همایش اقلیم- ساختمان و بهینه سازی مصرف انرژی، سازمان بهره وری انرژی ایران.

۶. دو پروژه از فرهاد احمدی(۱۳۸۷)، مجله معمار، جلد ۱۸، تهران، ص۸۳- ۸۹.

۷. دوکار تازه از فرهاد احمدی،(۱۳۸۰)، مجله معمار، جلد۱۳، تهران، ص۳۶-۳۹.

۸. رحیمی مهر، وحیده،(۱۳۹۲)، نگاهی به توسعه پایدار در معماری خاک پناه، اولین همایش ملی معماری-مرمت-شهرسازی و محیط زیست پایدار؛ همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه.

۹. کارهای تازه مهندسان مشاور پلشیر،(۱۳۸۳)، مجله معمار مرداد و شهریور ، جلد۲۶، ص۴۲-۴۴

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰. مافی، عزت الله، جاوید، محمد هادی، حسین پور، سیدعلی، غریب، امید،(۱۳۹۱)، تحلیل قابلیت های خاک و زمین به جهت مدیریت انرژی و حفظ محیط زیست در معماری بومی ایران، ششمین همایش ملی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.

۱۱. محمد، شقایق،(۱۳۹۲)، مطالعه رفتار حرارتی مصالح رایج در ساخت دیوار، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره۱، ص۶۹-۷۸.

۱۲. مسابقه طراحی ساختمان مرکزی صنعت نفت،(۱۳۸۱)، مجله معمار، جلد۱۸، ص۴۹-۶۳.

۱۳. مفیدی شمیرانی، سید مجید،(۱۳۸۷)، اقلیم شناسی در معماری، درسنامه معماری همساز با اقلیم، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

۱۴. مهندسان مشاور پلشیر،(۱۳۸۳)، مجموعه استخر و بازیهای آبی آبسار، مجله معمار، جلد۲۶، ص۴۸-۵۴.

۱۵. واتسون، دانلد، لبز، کنت،(۱۳۸۴)، طراحی اقلیمی اصول نظری و کاربردی در ساختمان، ت، قبادیان، وحید، فیض مهدوی، وحید، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

16. Ahrens, D. Ellison, T. Sterling, R.(1981). Earth Sheltered Homes, Plans & Designs, New York: University of Minnesota

17. Allison, T. Building in the Kuwait CJimate. Kuwait Institute Scientific Research1975

18. Al-Momin, Adil.A.(2001). Suitability of sunken courtyards in the desert climate of Kuwait. Energy and Buildings. Volume 33. Issue 2. pp 103-111.

19. Baggs, S. Baggs, J.C. Baggs, D.(1991). Australian Earth Covered Building, NSW University Press, Kensington.

20. Barker,Michael.B.(1986). Toronto´s Undrground Toronto's Underground Pedestrian System. Tunneling and Underground Space Tecnology. Vol,1. No,2. PP 145-151.

21. Behr, R.A. Suitable thin shell structural configurations for earth sheltered housing. ph.D. Thesis. Texas Tech University. 1982

22. Belanger, Pierre.(2007). Underground landscape: The Urbanism and infrastructure of Toronto´s downtown pedestrian network. Tunneling and Underground Space Tecnology.PP. 272-292.

23. Bligh, T.A.(1975). Comparison of energy consumption in earth covered vs. non-earth covered buildings. in proceeding of the conference on Alternatives in Energy Conservation: The Use of Earth-covered Buildings, Forth Worth. TX. National Science Foundation.

24. Boivin, Daniel.J.(1991). Montreal´ Underground Network:A Study of the Tunnelling and Underground Space Technology. Vol. 1. PP. 83-91.

25. Carpenter, P.(1994). Sod It: An Introduction to Earth Sheltered Development in England and Wales. Coventry : Coventry University.

www.SID.ir

Archive of SID

26. Carmody, J. Sterling, R.(1984). Earth Sheltered Housing Design. 2°d edition. New York. University of Minnesota. Space 8. Pp 352-362.

27. Durmisevic, S.(1999). The future of the underground. Cities 16. Vol.16. N.4. pp 233-245

28. Golany, G.S.(1983).Earth-Sheltered Habitat: History. Architecture and Urban Design. Van Nostrand Reinhold. New York.

29. Jannadi, M.O. Ghazi, S.(1998). Earth-Sheltered housing: the way of the future. Journal of Urban Planning & Development. Vol.124 N.3. 101- 115

30. Kair-El-Din. Abd-El-Hamid.(1991). Earth Sheltered Housing:An Approach to Energy Conservation in Hot Arid Areas. Architecture and Planning. Vol.3. Page 3-18.

31. Labs,K.(2008). The Architectural Use of Underground Space:Issues & Application, Washington: Washington University.

32. Lippsmeier, G.(1969).Building in the Tropics. Verlag. Munich.

33. Nishidia, Y. Uchiyama, N.(1993). Japan´s Use of Underground Space in Urban Development and Redevelopment. Tunneling and Underground Space Technology. Vol. 8. PP. 41-45.

34. Sala, M.(1998). Advanced Bioclimatic Architecture for Buildings. Renewable Energy. Vol.15. pp 271-276

35. Wilkes, J.A. Packard, R.T.(1988). Encyclopedia of Architecture Design. Engineering and Construction. Wiley. New York.

36. www.krakow-info.com

37. www.wikipedia.com

www.SID.ir