

# معماری، اقلیم و فناوری

Architecture, Climate, and Technology

نویسندگان:

شفا شاگری راد، مهرگان محمدی



RAAD GROUP

گروه هنر و معماری راد



به نام خدا

# معماری، اقلیم و فناوری

نویسندگان:

مهندس شفا شاکری راد، مهرگان محمدی



انتشارات برکت مریم

سرشناسه: شاکری راد، شفا، ۱۳۷۰؛ محمدی، مهرگان، ۱۳۸۰.  
عنوان و نام پدیدآور: معماری، اقلیم و فناوری / نویسندگان مهندس شفا شاکری راد، مهرگان محمدی؛  
صفحه آرا مهرگان محمدی.  
مشخصات نشر: شیراز: انتشارات برکت مریم، ۱۴۰۵.  
مشخصات ظاهری: ۶۷ص.  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۲۷۱۸-۷-۲  
وضعیت فهرست نویسی: فیپا  
موضوع: معماری  
Architecture  
رده بندی کنگره: PIR۸۳۴۶  
رده بندی دیویی: ۸ فا ۱/۶۲  
شماره کتابشناسی ملی: ۱۰۶۱۶۲۷۱  
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

---

## شناسنامه کتاب

نام کتاب: معماری، اقلیم و فناوری  
نویسندگان: مهندس شفا شاکری راد، مهرگان محمدی  
ناشر: انتشارات برکت مریم  
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۲۷۱۸-۷-۲  
تیراژ: ۵۰۰  
نوبت چاپ: اول، تابستان ۱۴۰۵  
قیمت: ۲۰۰۰۰۰۰ تومان



حق چاپ محفوظ است.

نشانی ناشر: شیراز، بلوار هفت تنان، کوچه ۲۸، پلاک ۳۴۵

barekatmaryam@gmail.com

www.barekatmaryam.com - ۰۹۱۷۷۰۷۱۶۰۷

## پیشگفتار

معماری همواره فراتر از ساختن بنا، بازتابی از شیوه تفکر انسان درباره فضا، فرهنگ و محیط بوده است. هر دوره تاریخی، با تغییر ارزش‌ها، فناوری‌ها و شرایط زیست، پرسش‌های تازه‌ای را پیش روی معماری قرار داده است. در شرایط معاصر، گسترش فناوری، تغییرات زیست‌محیطی و دگرگونی روابط اجتماعی، ضرورت بازنگری در رویکردهای طراحی را بیش از پیش آشکار کرده است. معماری امروز دیگر تنها به شکل دادن به کالبد فضا محدود نمی‌شود، بلکه نیازمند درک عمیق‌تر از ارتباط میان انسان، محیط و بستر فرهنگی است. کتاب حاضر تلاشی است برای بررسی دیدگاه‌ها، تجربه‌ها و رویکردهایی که در مسیر بازتعریف معماری معاصر پدید آمده‌اند. این مجموعه با تمرکز بر پیوند میان معماری، فرهنگ، فناوری و محیط‌زیست به مطالعه ایده‌ها و نمونه‌هایی می‌پردازد که می‌توانند زمینه‌ای برای فهم بهتر مسیرهای نوین طراحی فراهم کنند. هدف این کتاب ارائه پاسخی قطعی به آینده معماری نیست، بلکه ایجاد بستری برای پرسش، تحلیل و گفت‌وگو درباره چگونگی شکل‌گیری فضاهایی است که بتوانند پاسخگوی نیازهای انسان و محیط در جهان امروز باشند.



## فهرست

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| شماره ۱.....                                                                              | صفحه ۲-۵   |
| ترکیب علم محیط زیست و هنر اجتماعی (پروژه‌ی شهر مصدر - Smog Free - ساختمان هایو - CO2next) |            |
| شماره ۲.....                                                                              | صفحه ۶-۹   |
| درخت مایع - سنگ فرش فتوکاتالیستی                                                          |            |
| شماره ۳.....                                                                              | صفحه ۱۰-۱۳ |
| برج (Warka Water) - برج باد (Masdar)                                                      |            |
| شماره ۴.....                                                                              | صفحه ۱۴-۱۸ |
| معماری پروبایوتیک و طراحی اکولوژیک - معماری چندزیستی (Hy-Fi - Alive)                      |            |
| شماره ۵.....                                                                              | صفحه ۱۹-۲۲ |
| احیای هویت آبی (پارک خطی Doca)                                                            |            |
| شماره ۶.....                                                                              | صفحه ۲۳-۲۷ |
| بازتعریف ساختمان صفر کربن در پورتلند                                                      |            |
| شماره ۷.....                                                                              | صفحه ۲۸-۳۳ |
| میان نور و طاق؛ منطق شکل گیری فضا در معماری ایرانی                                        |            |
| شماره ۸.....                                                                              | صفحه ۳۴-۳۸ |
| منطق فضایی سکونت در معماری ژاپن؛ تداوم سنت در خوانش معاصر                                 |            |
| شماره ۹.....                                                                              | صفحه ۳۹-۴۳ |
| معماری ژاپن در تعادل با زلزله                                                             |            |
| شماره ۱۰.....                                                                             | صفحه ۴۴-۴۷ |
| معماری به مثابه‌ی سپر اقلیم (The Big U)                                                   |            |
| شماره ۱۱.....                                                                             | صفحه ۴۸-۵۳ |
| معماری کم کربن و برج چوبی (میوسا)                                                         |            |
| شماره ۱۲.....                                                                             | صفحه ۵۴-۵۶ |
| سوگند معماران آینده (بیانیه‌ای برای بازگشت به وجدان شهر)                                  |            |
| منابع.....                                                                                | صفحه ۵۷-۶۳ |

## چگونه می‌توان از هنر و طراحی شهری برای آگاهی‌بخشی و کاهش اثرات آلودگی هوا در کشورهای آلوده جهان استفاده کرد؟



پیامدهای تغییرات اقلیمی در شهرهای اروپایی بیش از هر زمان دیگری آشکار شده است. شهرها با موج‌های گرمایی فزاینده و مکرر و شدید دست و پنجه نرم می‌کنند و مدیران شهری را به سمت بررسی استراتژی‌های جدید سوق می‌دهند. یکی از جذاب‌ترین ابتکارات را می‌توان در قلب وین یافت: یک پروژه هنری که نشان می‌دهد چگونه رنگ می‌تواند به تنظیم دمای زمین کمک کند.

### ترکیب علم محیط‌زیست و هنر اجتماعی

یوناس گریسلر، هنرمند اتریشی، با یک دماسنج مادون قرمز نشان داد که پوشاندن آسفالت سیاه با طیفی از رنگ‌های روشن می‌تواند دمای سطح را از ۵۱ درجه به حدود ۳۱ درجه کاهش دهد. این ایده در حیاط مرکزی موزه‌ای که مجموعه خصوصی هیدی هورتن میلارد اتریشی، را به نمایش گذاشته، اجرا شد و توانست توجه گردشگران و متخصصان را جلب کند. گریسلر در توضیح این اقدام می‌گوید: رنگ‌های شاد و کود کانه، در واقع بازتابی از نحوه سبک‌انگاران جامعه نسبت به بحران اقلیمی است. او که سابقه فعالیت در هنر گرافیتی دارد، اضافه می‌کند سطوح رنگی هر یک نمادی از یک سال هستند. روی هر سطح، نقاطی کوچک دیده می‌شود که هر کدام بیانگر انتشار یک میلیارد تن دی‌اکسید کربن است. با گذشت زمان تعداد این نقاط چند برابر می‌شود و تصویری روشن از رشد نگران‌کننده انتشار جهانی بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۰ ارائه می‌دهد.



## نقش معماری پایدار و هنر عمومی در بهبود کیفیت هوا و ادراک محیط شهری چیست؟

معماری پایدار و هنر عمومی نقش های مهمی در بهبود کیفیت هوا و ادراک محیط شهری دارند. این دو روش به طراحی و ساخت عمومی با هدف بهبود کیفیت هوای داخلی و ادراک محیط شهری کمک می کنند.



ساختمان هایو، مرکز یادگیری دانشگاه تکنولوژی نانیانگ، سنگاپور.

### معماری پایدار

با استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و طراحی با در نظر گرفتن تأثیرات اقلیمی می توان به کاهش تولید پسماندها و انتشار گازهای گلخانه ای کمک کرد. این معماری به حفظ منابع طبیعی و بهبود کیفیت زندگی انسانها و مدیریت منابع می پردازد.

### هنر عمومی

با ایجاد فضاهای سبز و استفاده از گیاهان و باغچه ها، می توان به جذب دی اکسید کربن و بهبود کیفیت هوا کمک کرد. همچنین هنر عمومی می تواند به ایجاد ارتباطات اجتماعی و فضاهای مشترک در ساختمانها و شهرها کمک کند.

### ساختمان هایو

مرکز یادگیری هایو - در دانشگاه فنی نانیانگ در سنگاپور واقع شده است. این مرکز که توسط استودیو هدرویک (بریتانیا) طراحی شده است، یکی از نمادین ترین نمونه های معماری پایدار در سنگاپور است. این ساختمان ترکیبی از طراحی فضایی نوآورانه، بهره وری انرژی و مسئولیت پذیری زیست محیطی است.

هزینه ساخت:

۳۲ میلیون دلار

مساحت کل:

۱۴,۰۰۰ متر مربع

صرفه جویی در انرژی:

۳۰-۵۰٪

صرفه جویی در آب:

۵۰٪

کاهش کربن دی اکسید

(برآورد شده):

۱,۵۰۰ - ۱,۰۰۰ تن در سال

(در مقایسه با طراحی معمولی)

## چگونه هنرهای تجسمی می‌توانند آلودگی هوا و بحران‌های زیست‌محیطی را در بافت‌های شهری منعکس کنند؟



برای بازنمایی بحران آلودگی هوا در شهرهای آلوده از عناصر بصری مثل نقاشی، نور، و نصب‌های شهری می‌توان بهره زیادی برد. این عناصر نه تنها می‌توانند آلودگی را به صورت مستقیم و بصری به نمایش بگذارند، بلکه می‌توانند احساسات و واکنش‌های عاطفی مردم را برانگیزند و آگاهی‌سازی را تسهیل کنند.



برج Smog Free، طراحی شده توسط استودیو روزگارد، یک سیستم تصفیه هوای شهری است که با استفاده از فناوری یونیزاسیون مثبت تا ۳۰۰۰۰ متر مکعب هوا در ساعت را تمیز می‌کند. هوای آلوده به داخل برج کشیده می‌شود، جایی که ذرات ریز گرد و غبار شارژ شده تا روی صفحات با بار منفی جمع‌آوری می‌شوند. نتیجه، هوای پاک‌تری است که در محیط منتشر می‌شود. این پروژه هم به عنوان یک نمونه‌ی اولیه‌ی فناوری و هم به عنوان یک اثر هنری عمومی عمل می‌کند و آگاهی از آلودگی هوا را افزایش می‌دهد و در عین حال بهبود کیفیت هوای محلی را در مناطق شهری متراکم مانند مواردی که در تصاویر بالا ذکر شده فراهم می‌کند.

حلقه‌های Smog Free بخشی از این پروژه هستند که توسط هنرمند و مبتکر هلندی، دان روزگارد، طراحی شده است. پس از اینکه این سازه هوای آلوده را فیلتر می‌کند، ذرات ریز کربن سیاه جمع‌آوری شده در داخل برج، تحت فشار بالا به سنگ‌های مکعبی کوچک فشرده می‌شوند. هر حلقه تقریباً حاوی ۱۰۰۰ متر مکعب کربن از هوای آلوده است که نمادی از پاداشی ملموس برای شهرهای پاک‌تر است.



## آیا می‌توان از الگوهای معماری سنتی، مانند حیاط مرکزی و بادگیرها، برای طراحی فضاهای کم‌آلودگی در شهرهای مدرن بهره گرفت؟



الگوهای معماری سنتی ایران (مانند حیاط مرکزی، بادگیر، ایوان، و حوض) در واقع نمونه‌های زود هنگام معماری پایدار هستند. در شهرهای مدرن، با بازتفسیر این عناصر می‌توان:

\_ جریان طبیعی هوا و تهویه را تقویت کرد.

\_ آلودگی را کاهش داد.

\_ کیفیت ادراک محیطی و روانی مردم را بهبود بخشید.

به بیان دیگر، بازگشت به این الگوها بازگشت به حکمت اقلیم‌محور است، نه صرفاً نوستالژی سنت.

می‌توان از الگوی حیاط مرکزی در مجموعه‌های مسکونی، مدارس، یا مجتمع‌های اداری استفاده کرد تا فضاهای تهویه‌شونده طبیعی و کم‌آلودگی ایجاد شوند. طراحی این فضاها با درختان و سطوح سبز مانند «حیاط‌های تنفسی» به جذب ذرات معلق و بهبود کیفیت هوا کمک می‌کند.

در شهرهای متراکم، «حیاط عمودی» یا حفره‌های نوری و تهویه‌ای در برج‌ها می‌تواند نقش همان حیاط سنتی را ایفا کند.

پروژه‌ی شهر مصدر در ابوظبی از الگوی حیاط و سایه‌اندازی سنتی بهره برده تا در اقلیم گرم، جریان باد و تهویه طبیعی را حفظ کند.



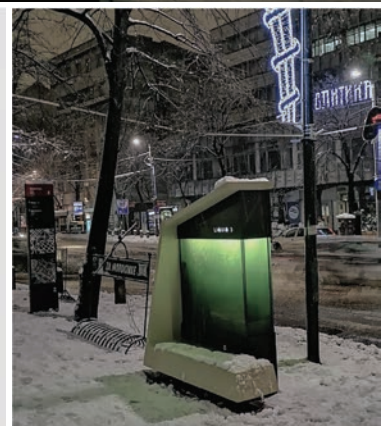
پروژه‌ی شهر مصدر، ابوظبی، امارات متحده عربی.

## درخت مایع: آینده تصفیه هوای شهری

درخت مایع، یک فتو-بیورآکتور نوآورانه که برای مقابله با آلودگی هوا در محیط‌های شهری پرتراکم طراحی شده است؛ یک درخت معمولی نیست. درون طراحی شیک و آینده‌گرایانه آن، میکروجلبک‌های آب شیرین به طور مداوم دی‌اکسیدکربن را جذب کرده و از طریق فتوسنتز، اکسیژن خالص تولید می‌کنند. این یک گام بزرگ به جلو برای شهرهایی است که با مه‌دود و فضای سبز محدود دست و پنجه نرم می‌کنند. درخت مایع فناوری پایداری و طراحی را تلفیق می‌کند تا تاثیر واقعی بر کیفیت هوای شهری داشته باشد.

### چگونگی عملکرد: علم پشت پرده‌ی درخت مایع

- ورود هوای آلوده (کربن دی‌اکسید): این سیستم، هوای محیط را که سرشار از دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت‌های شهری است؛ می‌کشد.
- جادوی ریزجلبک‌ها (اکسیژن): داخل بیورآکتور، ریزجلبک‌های آب شیرین با استفاده از نور خورشید یا نور مصنوعی فتوسنتز انجام می‌دهند و به طور مؤثری کربن دی‌اکسید را به اکسیژن تبدیل می‌کنند.
- خروج هوای پاک: هوای تازه و غنی از اکسیژن به محیط باز گردانده می‌شود و به طور مستقیم کیفیت هوای محلی را بهبود می‌بخشد.
- تولید زیست‌توده: جلبک‌ها تکثیر می‌شوند و زیست‌توده ارزشمندی ایجاد می‌کنند که می‌تواند به عنوان کود ارگانیک استفاده شود. این سیستم چرخه‌ای، هم کارآمد و هم پایدار است.





## درخت مایع: تأثیرات زیست محیطی

کارایی درخت مایع در مقایسه با فضا‌های سبز سنتی چشمگیر است:

- قدرت تصفیه هوا ۱۰ تا ۵۰ برابر بیشتر از درختان معمولی در جذب کربن دی اکسید است.
- هر درخت مایع ۶۰۰ لیتری می تواند به اندازه دو درخت بالغ ۱۰ ساله یا ۲۰۰ متر مربع چمن، کربن دی اکسید جذب کند.
- یک کیلوگرم میکرو جلبک می تواند تقریباً ۱/۸۳ کیلوگرم کربن دی اکسید در روز جذب کند.
- زیست توده تولید شده جلبکی به عنوان کود ارگانیک با کیفیت بالا عمل می کند.
- طراحی شده برای مناطق شهری متراکم، با حداقل مصرف انرژی کار می کند و اغلب با منابع انرژی تجدیدپذیر تغذیه می شود.

این نوآوری نشان می دهد که چگونه طراحی و بیوتکنولوژی می توانند با هم ترکیب شوند تا شهرهایی پاک تر و پایدارتر برای آینده بسازند.



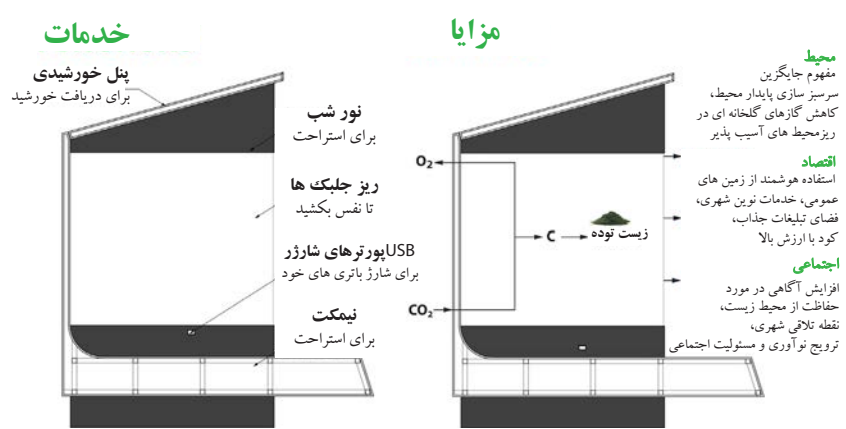
### محدودیت ها و چالش ها:

هنوز شواهد قوی یا گسترده ای از نصب های در مقیاس بزرگ وجود ندارد؛ پروژه های موجود عمدتاً محدود بوده و به عنوان نمونه های آزمایشی ارائه می شوند. اثربخشی واقعی در مقیاس بزرگ، از جمله هزینه، دوام تجهیزات، نگهداری و تأثیر واقعی بر کیفیت هوای شهری (در مقیاس محله یا شهر) همچنان در حال ارزیابی و بحث است. برخی منتقدان استدلال می کنند که اگر فضایی برای نصب چنین دستگاهی وجود داشته باشد؛ می توان به سادگی یک درخت واقعی کاشت. درختان نه تنها کربن دی اکسید را جذب می کنند، بلکه مزایای دیگری مانند خنک کردن محیط، ایجاد سایه، زیستگاه برای حیات وحش، ارتباط روان شناختی با طبیعت و ارزش زیبایی شناختی شهری را نیز فراهم می کنند.

## بتن فوتوکاتالیستی چه کاری انجام می دهد؟



سطح پیاده رو فتوکاتالیستی به سطح جاده یا پیاده رو (بتن، آسفالت یا بلوک های سنگفرش) اطلاق می شود که با یک فتوکاتالیست، معمولاً دی اکسید تیتانیوم ( $\text{TiO}_2$ ) یا نسخه های آلاینده یافته آن اصلاح شده باشد، به طوری که هنگام قرار گرفتن در معرض نور (به ویژه اشعه ماوراء بنفش یا نور خورشید) واکنش های شیمیایی را تحریک می کند که به تجزیه آلاینده های هوا (مانند  $\text{VOC}$ ،  $\text{NO}_x$ ) کمک می کنند و یا سطوح خود تمیز شوند. فراهم می آورند. به عنوان مثال ( $\text{TiO}_2$ ) یا در لایه بالایی بتن و آسفالت جای گذاری می شود یا به عنوان پوشش روی سطح پیاده رو اعمال می شود. تحت تابش نور، جفت های الکترون-حفره در کاتالیزور تولید می شوند؛ این جفت ها منجر به تشکیل گونه هایی واکنش پذیر مانند  $\text{OH}^\cdot$ ،  $\text{O}_2^\cdot$  می شوند که آلاینده هایی مانند ( $\text{NO}_2$ ،  $\text{NO}$ ) اکسید های نیتروژن و ترکیبات آلی فرار را اکسید می کنند. محصولات جانبی حاصل، برای مثال ( $\text{NO}_x$ ) نیترات ها یا توسط باران شسته می شوند یا به روش دیگری از سطح پیاده رو حذف می گردند.





## پیاده‌رو سازی فوتوکاتالیستی: مزایا و تأثیرات زیست‌محیطی

فراتر از تصفیه هوا، این فناوری چندین مزیت شهری ارائه می‌دهد:

قدرت تصفیه هوا: در شرایط کنترل‌شده می‌تواند VOC و NOx ها را تا ۳۰٪ کاهش دهد و به پیشگیری از تشکیل اوزون در سطح زمین کمک کند.

خودتمیز شونده و نگهداری کم: آلودگی و مواد آلی روی سطوح را تجزیه می‌کند، نیاز به تمیز کاری دستی را کاهش می‌دهد و هزینه‌های نگهداری را پایین می‌آورد.

پایداری و طول عمر: ساخته شده از دی‌اکسید تیتانیوم فراوان و غیر سمی است. همچنین سطوح تمیز تر نور خورشید را بیشتر منعکس می‌کنند و به ایجاد اثر «شهر خنک‌تر» کمک می‌کنند.

غیر فعال و مداوم: به‌طور خودکار در طول ساعات روز، بدون نیاز به دخالت انسان عمل می‌کند.



نمونه‌های کف پوش فتوکاتالیستی در رنگ‌های مختلف:



**چالش‌ها، محدودیت‌ها و مواردی که باید مورد توجه قرار گیرند:**

- از آنجا که فتوکاتالیست به نور مناسب نیاز دارد، کارایی در شرایط نور کم، مناطق سایه‌دار، طول‌های جغرافیایی بالا یا پوشش ابری سنگین کاهش می‌یابد.
- تأثیر شرایط سطح / تمیزی: آلودگی، خاک و گرد و غبار موجب کاهش فعالیت سطح کاتالیزور می‌شوند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که اگر سطح تمیز نشود، کارایی با گذر زمان کاهش می‌یابد.
- عملکرد نسبی در شرایط واقعی در مقایسه با آزمایشگاه: آزمایش‌های آزمایشگاهی اغلب نتایج قوی نشان می‌دهند؛ مطالعات میدانی کاهش‌های متواضعانه‌تری را نشان می‌دهند. (به دلیل متغیرهای دنیای واقعی مانند جریان ترافیک، باد، رطوبت و هندسه)
- دوام: در حالی که برخی مطالعات نشان می‌دهند که کاتالیزور پس از سال‌ها فعال باقی می‌ماند، هنوز سوال‌هایی درباره دوام بلندمدت وجود دارد. (مثلاً اتصال کاتالیزور و فرسودگی سطح آسفالت)
- هزینه در مقابل سود: این سطوح اغلب بیشتر از آسفالت یا پوشش‌های معمولی هزینه دارند. کمی‌سازی مزایای کیفیت هوا (و منافع زیست‌محیطی و بهداشتی دارای ارزش پولی) هنوز در حال تکامل است.
- مقیاس تأثیر: برداشت واقعی جرم آلاینده ممکن است نسبت به کل انتشارها کم باشد مگر اینکه مناطق وسیعی مورد استفاده قرار گیرند، به‌خوبی در معرض نور خورشید قرار داشته باشند و در پیکربندی مناسب اجرا شوند.

## معماری برای زندگی، قطره‌ای از هوا، جرعه‌ای از امید برج Warka Water (درخت وارکا)

در قلب مناطق خشک اتیوپی، جایی که مردم برای دستیابی به آب باید کیلومترها راه بروند، سازه‌ای بامبوئی قد برافراشته است. که توسط آرتورو ویتوری، معمار ایتالیایی طراحی شده است. این برج الهام گرفته از درخت وارکا (درختی مقدس در فرهنگ محلی) نمادی از پناه، اجتماع و حیات است.



### ایده و عملکرد

وارکا واتر با بهره‌گیری از رطوبت هوا و پدیده‌ی میعان، بدون برق و تجهیزات صنعتی، آب آشامیدنی تولید می‌کند. هوای مرطوب درون ساختار وارد شده، بر روی توری داخلی متراکم می‌شود و قطرات حاصل در مخزنی در پایین برج جمع می‌گردند. هر برج می‌تواند روزانه ۲۵ تا ۱۰۰ لیتر آب پاک فراهم کند.

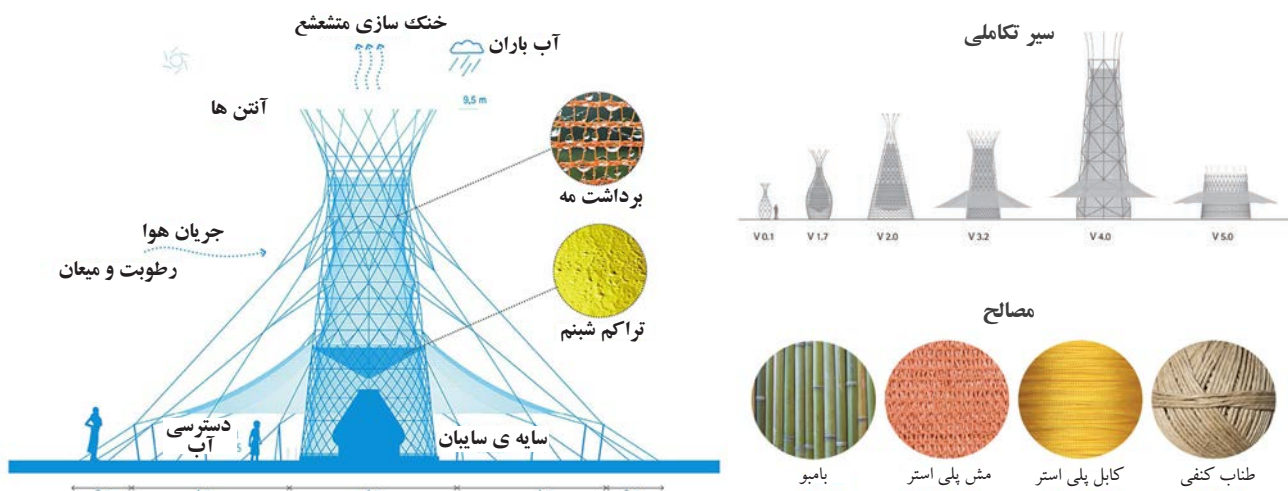




## برج Warka Water : طراحی و ساخت

ارتفاع: حدود ۱۰ تا ۱۲ متر

سازه: اسکلت مشبک از بامبو، متشکل از حلقه‌های مدولار به هم پیوسته با طناب‌های الیاف طبیعی  
سطح داخلی: توری زیست تخریب پذیر برای میعان بخار آب و جمع آوری قطرات  
فونداسیون: سبک و انعطاف پذیر، قابل نصب روی زمین‌های ناهموار، با استفاده از خاک و سنگ محلی  
مونتاژ: بدون ماشین آلات سنگین، به صورت دستی توسط نیروهای محلی در کمتر از یک هفته  
فرم مخروطی برج، پایه‌ی پهن، میانه‌ی باریک و قسمت باز بالای سازه برای افزایش جریان هوا و کارایی میعان طراحی شده است.  
این ساختار امکان ورود آزادانه‌ی هوا و هدایت قطرات به مخزن پایین را فراهم می‌کند.



## تأثیر اجتماعی

وارکا واتر نه تنها آب، بلکه آرامش و استقلال به جوامع محلی می‌آورد، زنان و کودکان دیگر مجبور نیستند ساعت‌ها برای آوردن آب راه بروند. این سازه‌ی ساده، نمادی از طراحی پایدار، انسان‌محور و الهام گرفته از طبیعت است.



برج Warka Water 1.9



برج Warka Water 3.2



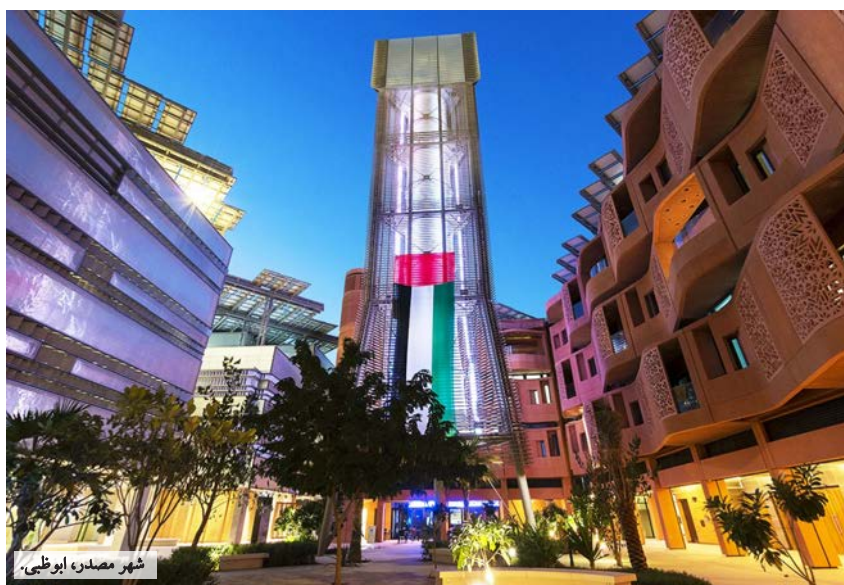
برج Warka Water 3.7



برج Warka Water 4.1

## برج باد Masdar

این سازه در شهر ابوظبی و در قلب پروژه‌ی پایدار شهر مصدر قرار دارد؛ شهری که توسط گروه نورمن فاستر و همکاران طراحی شده و هدف آن خلق الگویی کم کربن برای زندگی در اقلیم گرم و خشک امارات است. این برج حدود ۴۵ متر ارتفاع دارد و به عنوان یکی از نمادهای اصلی این شهر آینده‌نگر شناخته می‌شود.



### ساختار، متریال و فناوری به کار رفته

سازه‌ی برج از فولاد و آلومینیوم سبک ساخته شده و پوسته‌ای کامپوزیتی با هندسه‌ی عمودی و آیرودینامیک دارد. بخش فوقانی برج مجهز به پره‌های متحرک است که با کمک حسگرهای دیجیتال جهت باد را تشخیص داده و به‌طور خودکار تنظیم می‌شوند. این فناوری میزان باد ورودی را افزایش داده و عملکرد برج را در ساعات مختلف روز پایدار می‌کند.

### هزینه‌ی تقریبی و ارزش افزوده‌ی پروژه

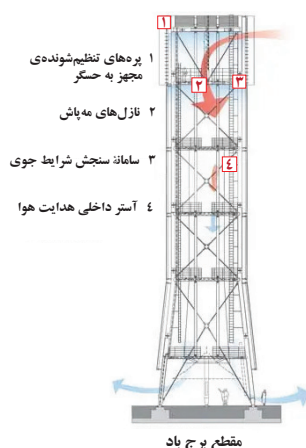
اگرچه هزینه‌ی دقیق ساخت به‌صورت رسمی منتشر نشده است، اما برآوردهای مبتنی بر پروژه‌های مشابه نشان می‌دهد که هزینه‌ی ساخت برج حدود دو تا سه میلیون دلار بوده است. این رقم شامل سازه‌ی فلزی، فناوری هوشمند و ادغام آن با طراحی شهری می‌شود. با این حال، ارزش برج تنها در عملکرد اقلیمی خلاصه نمی‌شود؛ بلکه به‌عنوان نماد شهر مصدر نقش مهمی در ارتقای تصویر عمومی این پروژه‌ی پایدار دارد.





### نحوه عملکرد اقلیمی و تهویه طبیعی

در بالاترین نقطه، پره‌ها باد خنک‌تر و پایدارتر ارتفاعات را جذب کرده و آن را وارد بدنه عمودی برج می‌کنند. جریان هوا با اثر دودکشی معکوس به سمت پایین حرکت کرده و از خروجی‌های محیطی در سطح زمین منتشر می‌شود. این فرآیند کاملاً غیرفعال است و بدون مصرف انرژی می‌تواند دمای محیط را بین پنج تا ده درجه سانتی‌گراد کاهش دهد؛ به‌ویژه در فضاهای پیاده و پلازای مرکزی.



### مزایا و معایب سیستم بادگیر نوین

عملکرد برج در کاهش دما، افزایش آسایش حرارتی و ایجاد هویت شهری پایدار بسیار مؤثر است. فرم آیرودینامیک، مصرف صفر انرژی و سازگاری با اقلیم از مزیت‌های اصلی آن محسوب می‌شود. در مقابل، وجود پره‌های مکانیزه نیازمند نگهداری دوره‌ای است و هزینه‌ی اولیه‌ی ساخت نسبت به سازه‌های ایستا بیشتر است. همچنین در روزهایی که سرعت باد بسیار کم باشد، عملکرد برج محدودتر می‌شود.



## معماری پروبایوتیک و طراحی اکولوژیک؛ آینده‌ای نو برای شهرها

### تغییر نقش معماری در برابر بحران محیطی

شهرهای امروز با چالش‌های جدی مانند آلودگی و مصرف بالای منابع روبه‌رو هستند؛ بنابراین معماری باید از یک مصرف‌کننده منابع به بازیگری فعال در بهبود اکوسیستم تبدیل شود. استفاده از مصالح زیستی (زنده) و طراحی مبتنی بر هم‌زیستی گونه‌ها راهکاری نو برای ساخت فضاهایی است که می‌توانند رشد کنند، ترمیم شوند و به طبیعت بازگردند.





## Hy-Fi، نوآوری در مصالح چرخه‌ای (بازیافتی)

طراح: استودیو The Living

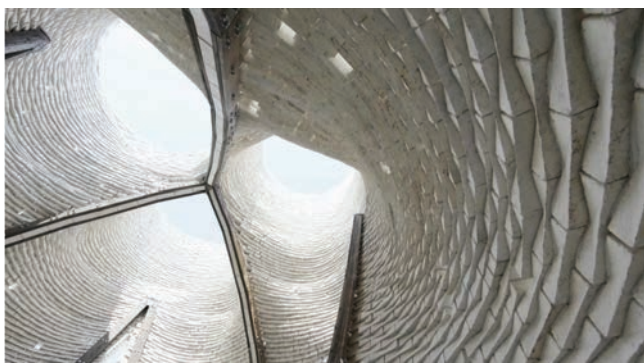
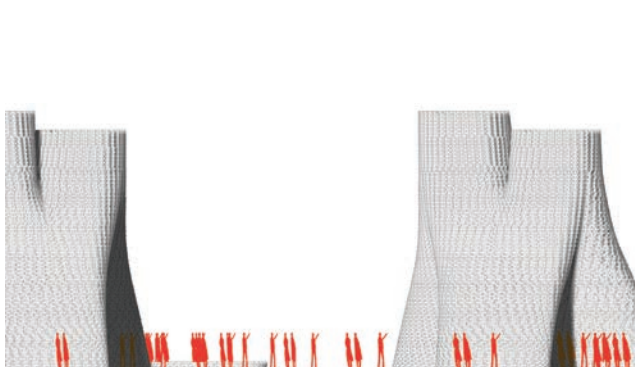
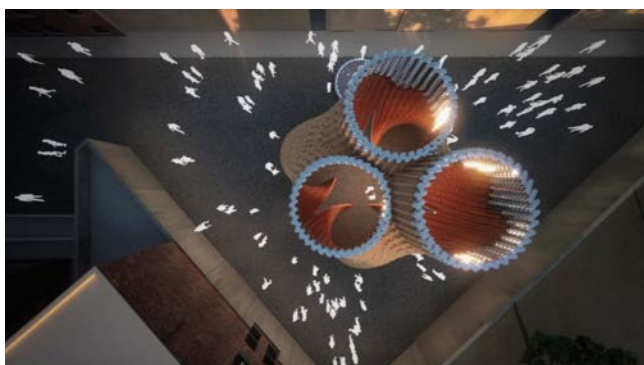
مکان: نیویورک، موزه MoMA PS1

ایده: ساخت و ساز با مصالحی که رشد می‌کنند، نه مصالحی که تولید می‌شوند.

ویژگی‌ها: آجرهای زیستی مبتنی بر قارچ، بدون کربن، کاملاً قابل بازگشت به طبیعت

کاربری: پلایون موقت فرهنگی و شهری

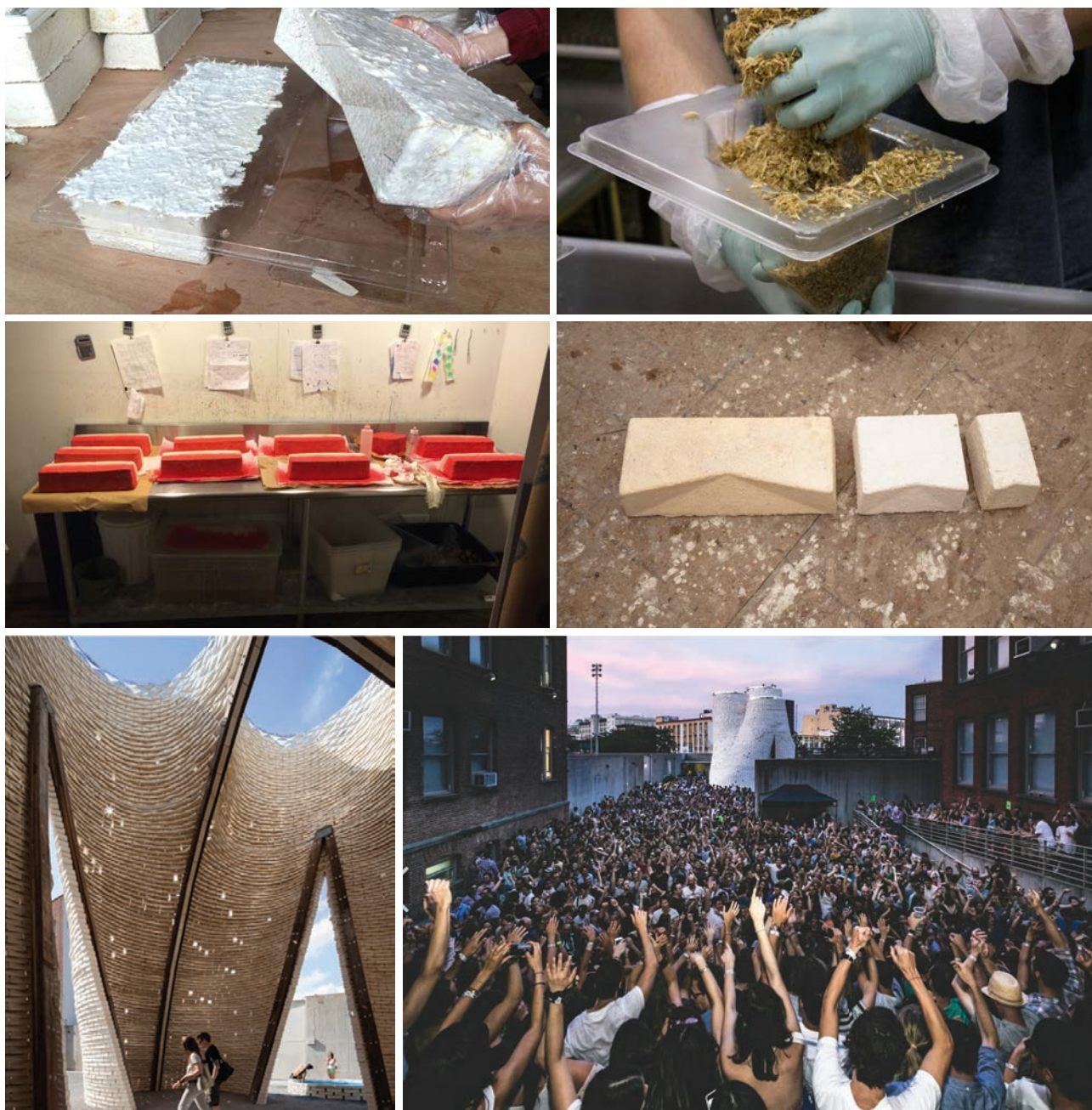
مصالح اصلی: آجرهایی که از میسلیم (بافت مولد رشد قارچ و باکتری)، ساقه ذرت و مواد آلی بازیافتی رشد داده شده‌اند.





## Hy-Fi

Hy-Fi نمونه‌ای موفق از معماری شهری پایدار است که نشان می‌دهد می‌توان بناهایی ساخت که در تمام چرخه عمر خود بدون آلودگی باشند. این پروژه ثابت کرد که معماری می‌تواند هم‌زمان زیبا، سبک، و سازگار با محیط زیست باشد و به اقتصاد چرخه‌ای شهری کمک کند.





## Alive، معماری چندزیستی

طراح: استودیو The Living

مکان: ونیز، بینال (دوسالانه یا رویداد) معماری - Arsenale

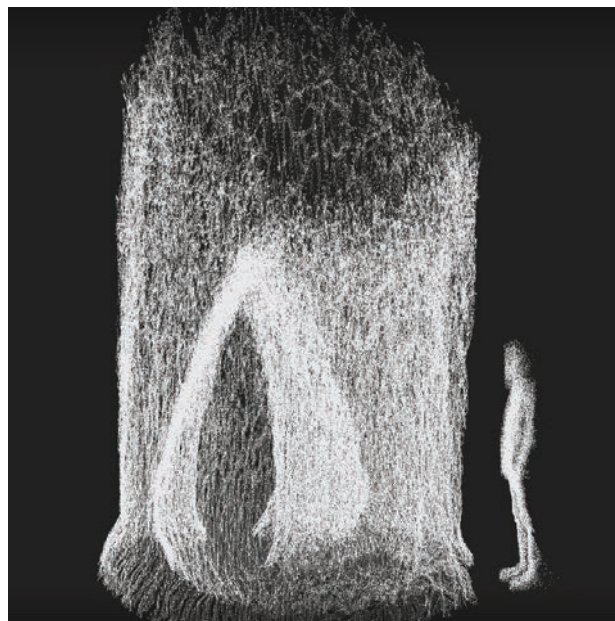
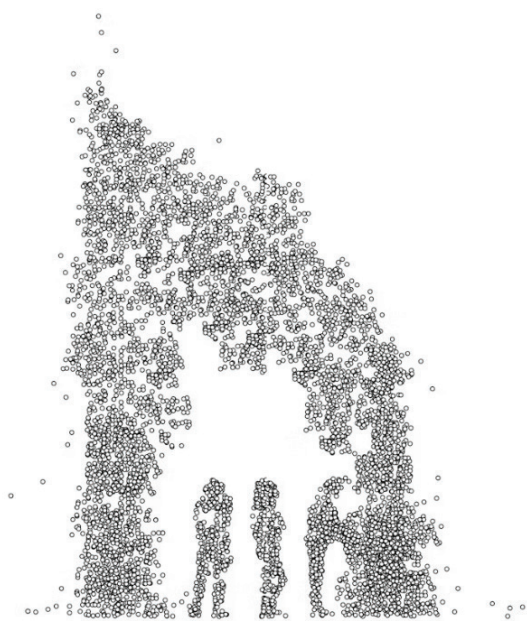
سال: ۲۰۲۱

نوع: پاپیون هنری تجربی

ایده: معماری به عنوان زیستگاهی مشترک برای انسان و میکرو ارگانیسم‌های مفید  
ویژگی‌ها: سطوح متخلخل ارگانیک، تقویت تنوع میکروبی، بهبود کیفیت اکولوژیک فضا  
مصالح: بافتنی متخلخل و ارگانیک (بر پایه لوفه) است که سطوح متعدد و محیط‌های خرد مناسب برای رشد و تکامل گونه‌های میکروبی را ایجاد می‌کند. این ساختار با طراحی دقیق جریان هوا و نور، به «معماری پروبایوتیک» معنا می‌بخشد.



## Alive، معماری چندزیستی



این پروژه معماری را از مفهوم «فضای استریل» دور کرده و به سوی «معماری پروبایوتیک» می‌برد؛ یعنی بناهایی که به افزایش کیفیت هوا، سلامت زیستی و تنوع اکولوژیک در شهرها کمک می‌کنند. این پروژه گامی مهم در تصور آینده‌ای است که ساختمان‌ها بخشی از شبکه‌ی زنده‌ی طبیعت به شمار می‌روند.



## احیای هویت آبی بلم: بازآفرینی شهری در پارک خطی DOCA



پارک خطی DOCA یک پروژه بازآفرینی شهری در بلم دو پارا، برزیل است که توسط دفتر معماری Natureza Urbana طراحی شده است. این پارک در بستر سابق آبراه طبیعی Igarapé das Almas ساخته شده و حدود ۱.۲ کیلومتر طول دارد. هدف پروژه بازگرداندن هویت آبی شهر و فراهم کردن یک فضای سبز پیوسته برای تفریح، تعامل اجتماعی و ارتقای کیفیت محیط شهری است.







## کانسپت

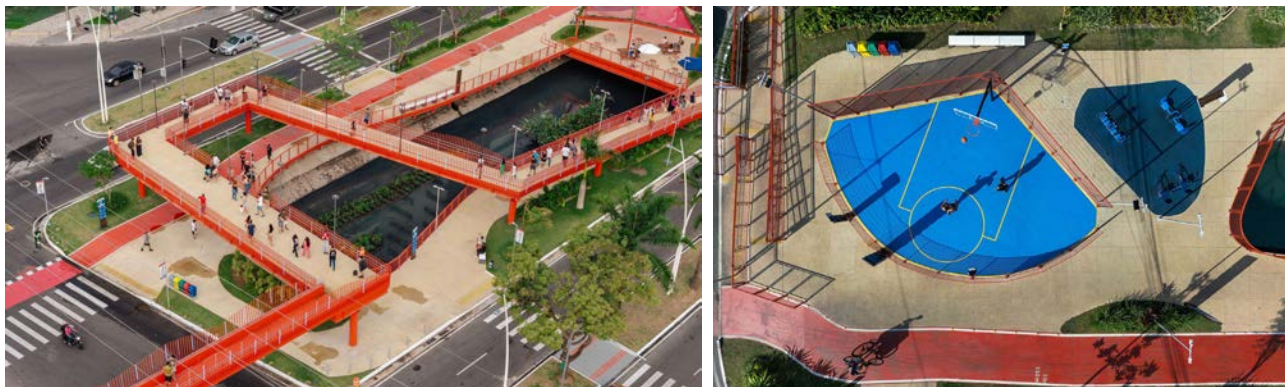
کانسپت اصلی احیای «هویت آبی» بلم و پیوند دوباره ساختار شهری با سامانه‌های آبی طبیعی آن است. آب نقش عنصر راهنما در طراحی دارد و سامان‌دهی منظر، مسیرها و تجربه فضایی را هدایت می‌کند. با تلفیق زیرساخت، منظر و کاربری‌های اجتماعی، پروژه کانال سابق را به یک کوریدور شهری چندمنظوره، قابل دسترس و اکولوژیک تبدیل می‌کند.

## مصالح و منابع محلی

طراحی از راهکارهای مبتنی بر طبیعت مانند خاک و کف‌های قابل نفوذ، زهکشی بهینه و سامانه‌های تصفیه طبیعی با گیاهان بهره می‌برد. گونه‌های گیاهی بومی برای تقویت تنوع زیستی و سازگاری اقلیمی منطقه آمازون به کار گرفته شده‌اند. عناصر زیرساختی شامل گذرگاه‌های مرتفع و پل‌های فلزی در ترکیب با منظرسازی و مبلمان شهری برای پشتیبانی از کاربری‌های متنوع است.

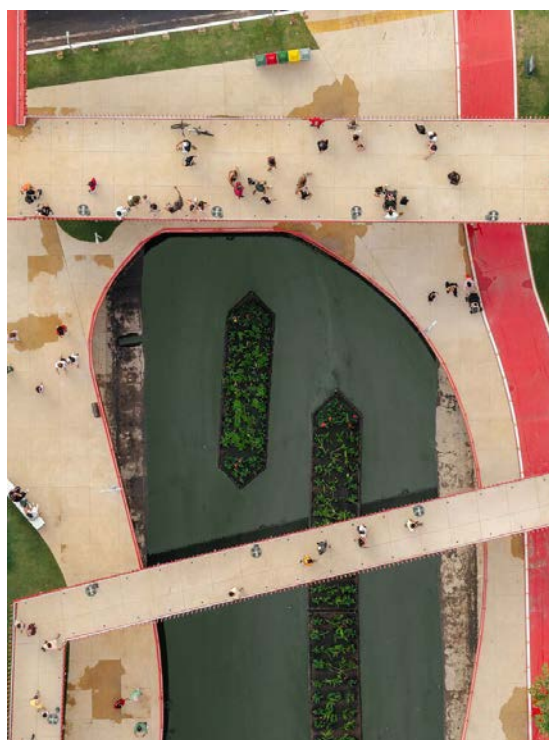






## مزایا و چالش‌ها

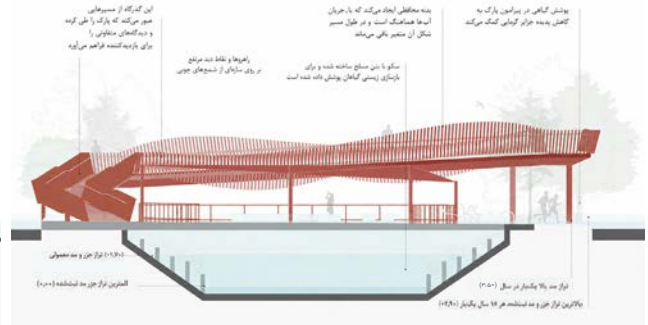
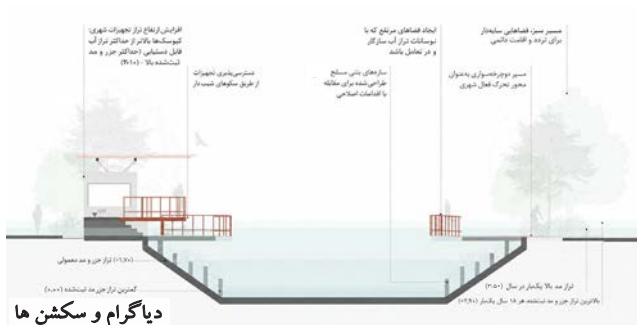
مزایا: این پروژه کیفیت محیط شهری را ارتقا می‌دهد، هویت آب و منظر شهری شهر را بازسازی می‌کند و فضای عمومی منصفانه برای سرگرمی، ارتباطات اجتماعی و حمل و نقل پایدار فراهم می‌آورد. همچنین تاب‌آوری در برابر سیل و مدیریت آب را از طریق بهبود زیرساخت‌های هیدرولیکی و زهکشی و تصفیه مبتنی بر طبیعت مورد توجه قرار می‌دهد. چالش‌ها: از آنجا که مشخصات فنی جزئی (مانند ظرفیت تصفیه آب، نگهداری بلندمدت، دوام ساختاری) به‌طور کامل عمومی نیست؛ اثربخشی بلندمدت به نگهداری مستمر و مدیریت جامعه بستگی دارد.



## ویژگی‌های کلیدی و متمایز

پارک یک کانال فرسوده را به یک محور سبز پر جنب و جوش و قابل دسترس تبدیل می کند و پیوند تاریخی شهر با آب را باز می گرداند و جود مسیرهای پیاده و دوچرخه، فضاها، سایه دار، پارک سگ، زمین بازی، کیوسک ها و امکانات تفریحی کاربری های چندگانه را پشتیبانی می کند.

ترکیب منظرسازی، طراحی هیدرولیک و فضای جمعی، این پروژه را به نمونه‌ای برجسته از بازآفرینی اجتماعی و اکولوژیک شهری در بافت گرمسیری تبدیل می‌کند.





## زیست‌ساخت مانا: بازتعریف ساختمان‌های صفر کربن در پورتلند

### مشخصات پروژه

این ساختمان شش طبقه در سال ۲۰۲۲ در پورتلند ساخته شد و نخستین پروژه کاملاً منطبق با استاندارد Living Building Challenge در بافت شهری آمریکا است. کاربری آن اداری است و به صورت انرژی مثبت عمل می‌کند و با سامانه‌های پیشرفته، خود کفایی آب را به سطح عملیاتی رسانده است.

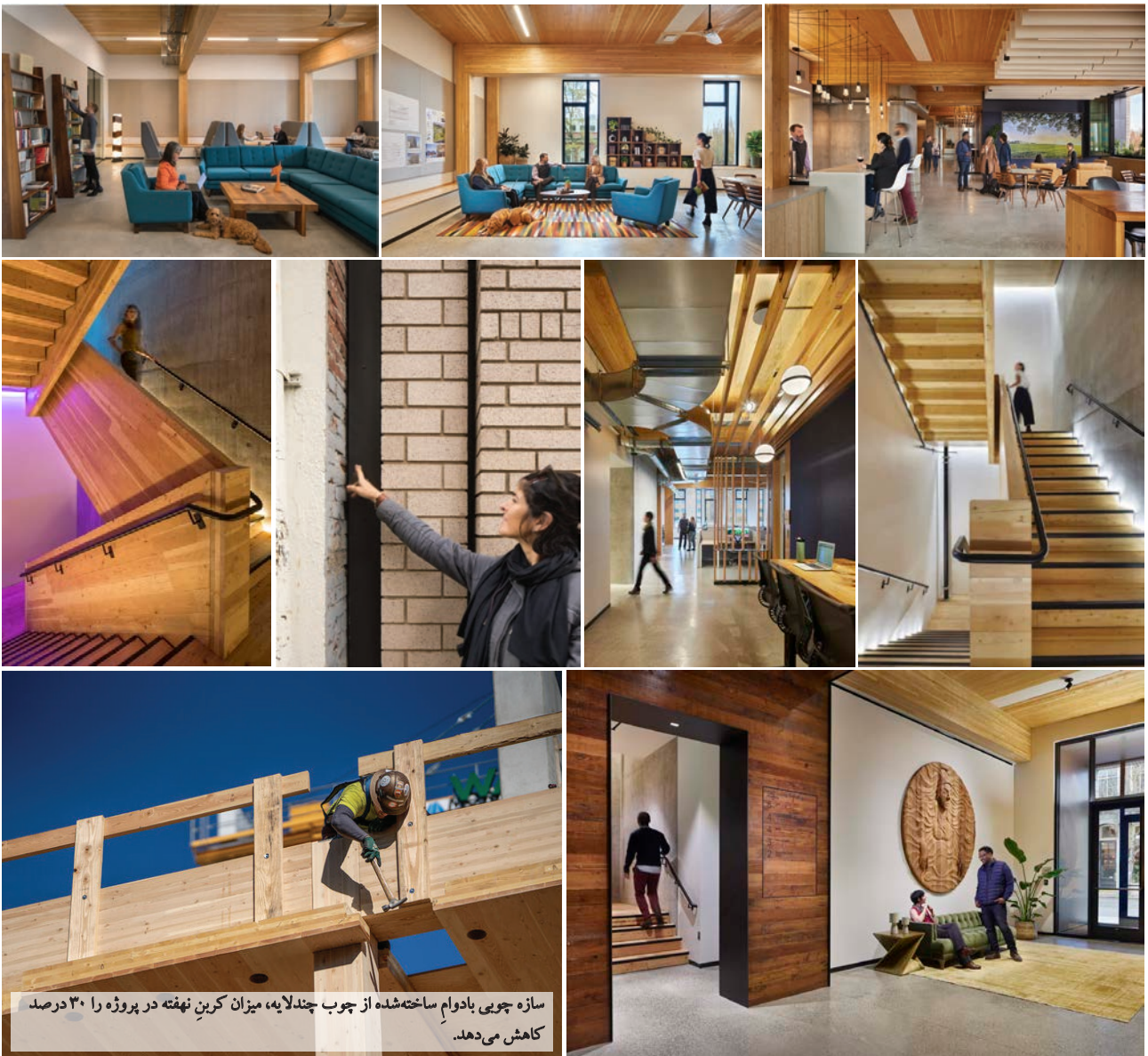


### معمار

طرح توسط دفتر معماری ZGF Architects ارائه شد که رویکردی تحقیق‌محور و پاسخگو به اقلیم مرطوب پورتلند دارد. تیم طراحی با همکاری مهندسان انرژی، سازه و محیط‌زیست، راه‌حل‌هایی فراتر از معیارهای رایج ارائه کرده است.

## متریال‌های استفاده‌شده

سازه و پوسته از چوب مهندسی‌شده، فولاد بازیافتی و بتن کم‌کربن تشکیل شده تا انتشار کربن دی‌اکسید تجسم‌یافته کاهش یابد. پایان‌کاری‌های داخلی شامل چوب‌های دارای گواهی FSC، پوشش‌های کم‌سولفات و متریال‌هایی با ترکیبات آلی فرّار نزدیک به صفر است.







ساختمان، ۱۰۰٪ آب مورد نیاز خود را از طریق جمع‌آوری و تصفیه آب باران تأمین می‌کند و سیستم آب خاکستری را برای استفاده مجدد در توالت و آبیاری به کار می‌گیرد. با پنل‌های خورشیدی روی بام و بخش‌های جانبی ساختمان و سیستم ذخیره باتری، بیش از ۱۱۰٪ انرژی مصرفی تولید شده و مازاد آن وارد شبکه می‌شود. سامانه‌های توالت‌های کم‌مصرف کمپوست‌محور و بازیابی مواد مغذی، مصرف آب را کاهش داده و پسماند را به منابع قابل استفاده تبدیل می‌کنند.



سیستم کمپوست سازی



منبع آب خاکستری



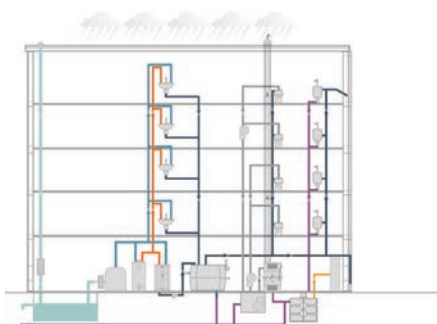
سیستم کمپوست سازی

## مزایا

بهره‌برداری بیش از ۱۰۰٪ انرژی مورد نیاز از طریق پنل‌های فوتوولتائیک سقفی، ردپای کربن عملیاتی را به حداقل می‌رساند. سیستم جمع‌آوری و تصفیه آب باران و استراتژی‌های تهویه طبیعی، استقلال عملیاتی و کیفیت بالای فضای داخلی را تضمین می‌کنند.

## معایب

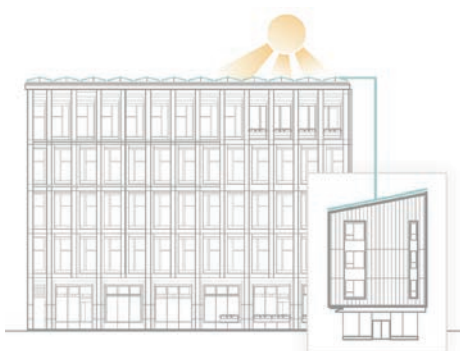
هزینه اولیه ساخت به دلیل فناوری‌ها و الزامات سختگیرانه Living Building Challenge به طور قابل توجهی بالاتر است. نگهداری سیستم‌های تصفیه آب و کمپوست و نیاز به نظارت فنی مستمر، بهره‌برداری را پیچیده‌تر از ساختمان‌های اداری سنتی می‌سازد.



## آب

آب باران از پشت بام جمع آوری شده و در مخزن ۷۱ هزار گالنی ذخیره و تصفیه می شود، ۱۰۰۰ گالن برای استفاده فوری نگه داشته می شود. پساب روشویی ها، دوش ها و ماشین ظرف شویی برای فلاش توالت ها و آبیاری دوباره استفاده می شود. سیستم کمپوست سازی با ۱۸ توالت پسماند را به کمپوست تبدیل می کند و برای ایمنی اتصال اضطراری به شبکه شهری وجود دارد.

## انرژی



نیمی از پنل های خورشیدی روی یک پروژه مسکن مقرون به صرفه نصب شد. ساختمان PAE اعتبار انرژی تجدیدپذیر را حفظ می کند و پروژه مسکن از برق رایگان بهره مند می شود. خرید برق اضافی باعث می شود هر دو ساختمان\* انرژی پاک داشته باشند و مزایای زیست محیطی و اجتماعی بیشتری ایجاد شود. (PAE دارای سیستم های خورشیدی بزرگ روی سقف و نمای خود است، اما از آنجا که موقعیت شهری اجازه نصب پنل های کافی را نمی دهد، با ساختمان نزدیکش به نام The Armory وارد همکاری شده است). \*



باتری های داخلی انرژی اضافی را ذخیره می کنند و سیستم تابشی با گردش آب به صورت کم مصرف فضا را گرم و سرد می کند. فناوری اطلاعات بی سیم مصرف انرژی را کاهش داده و با کمک هوش مصنوعی بهینه می شود. پنل های خورشیدی پشت بام و خارج از ساختمان ۱۰۵٪ برق مورد نیاز را تولید می کنند و پنل های شرق-غرب نور خورشید را در تمام طول روز جذب می کنند.



## سلامتی و شادی

۶۷٪ فضاهای شرقی و غربی نور طبیعی دریافت می کنند و میزها کنار پنجره ها قرار دارند تا مصرف انرژی کاهش یابد و راحتی افزایش پیدا کند. پله های تعاملی با نور LED حرکت کاربران را تشویق می کنند و استفاده از آسانسور را کاهش می دهند. دسترسی عالی به حمل و نقل، دوچرخه سواری، نبود پارکینگ و شاخص رکورد پیاده روی برابر عدد ۹۹، سبک زندگی سالم و کم مصرف را تقویت می کنند.



## سیستم کمپوست سازی چگونه کار می کند؟

| مؤلفه سیستم                 | مرحله / نوع               | روش ها و اقدامات                                                                                             | نتایج و دستاوردها                                                                        |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| مدیریت پسماند خشک           | مرحله ساخت و ساز          | تفکیک دقیق مصالح ساختمانی (فلز، چوب، بتن، مقوا)، استفاده از مصالح پیش ساخته                                  | جلوگیری از دفن حدود ۹۸٪ پسماند ساختمانی، بازیافت یا استفاده مجدد از حدود ۱۰۱۹۸ تن پسماند |
| مدیریت پسماند خشک           | مرحله بهره برداری         | اجرای برنامه جامع مدیریت مواد و پسماند، تفکیک پسماند در فضاهای اداری و مشترک                                 | کاهش تولید پسماند در طول عمر ساختمان، افزایش نرخ بازیافت                                 |
| پسماند آلی (پسماند غذایی)   | پسماند روزانه<br>کارکنان  | تفکیک در مبدأ با استفاده از مخازن مشخص شده، آموزش کاربران و کارکنان                                          | جداسازی کامل پسماند غذایی در محل تولید                                                   |
| کمپوست سازی پسماند آلی      | پردازش خارج از محل        | جمع آوری منظم توسط خدمات شهری یا شرکت های تخصصی انتقال به مراکز کمپوست سازی                                  | تبدیل پسماند غذایی به کمپوست، جلوگیری از دفن پسماند آلی                                  |
| سیستم بهداشت و فاضلاب       | توالته ها و سامانه انتقال | استفاده از توالتهای وکیوم با مصرف بسیار کم آب، انتقال فاضلاب با مکش وکیوم، مستقل از شیب و شبکه فاضلاب متعارف | کاهش چشمگیر مصرف آب، مناسب برای ساختمان های چندطبقه                                      |
| تصفیه پسماند انسانی         | پردازش در محل             | ذخیره سازی در مخازن کنترل شده و متمرکز، کمپوست سازی هوازی با تأمین اکسیژن                                    | تولید کمپوست پایدار و ایمن، زمان فرآوری: ۱۸ تا ۲۴ ماه                                    |
| خروجی های سیستم کمپوست سازی | محصولات نهایی             | تولید کمپوست جامد برای کشاورزی و فضای سبز، تولید کود مایع غنی از مواد مغذی                                   | بازگرداندن مواد مغذی به چرخه طبیعی                                                       |
| سیستم های تکمیلی            | کاهش مصرف آب              | جمع آوری و پردازش جریان فاز مایع غنی از ترکیبات نیتروژنی جهت بازیابی منابع غذایی و تولید کود مایع            | کاهش مصرف آب، افزایش بهره وری چرخه مواد مغذی                                             |

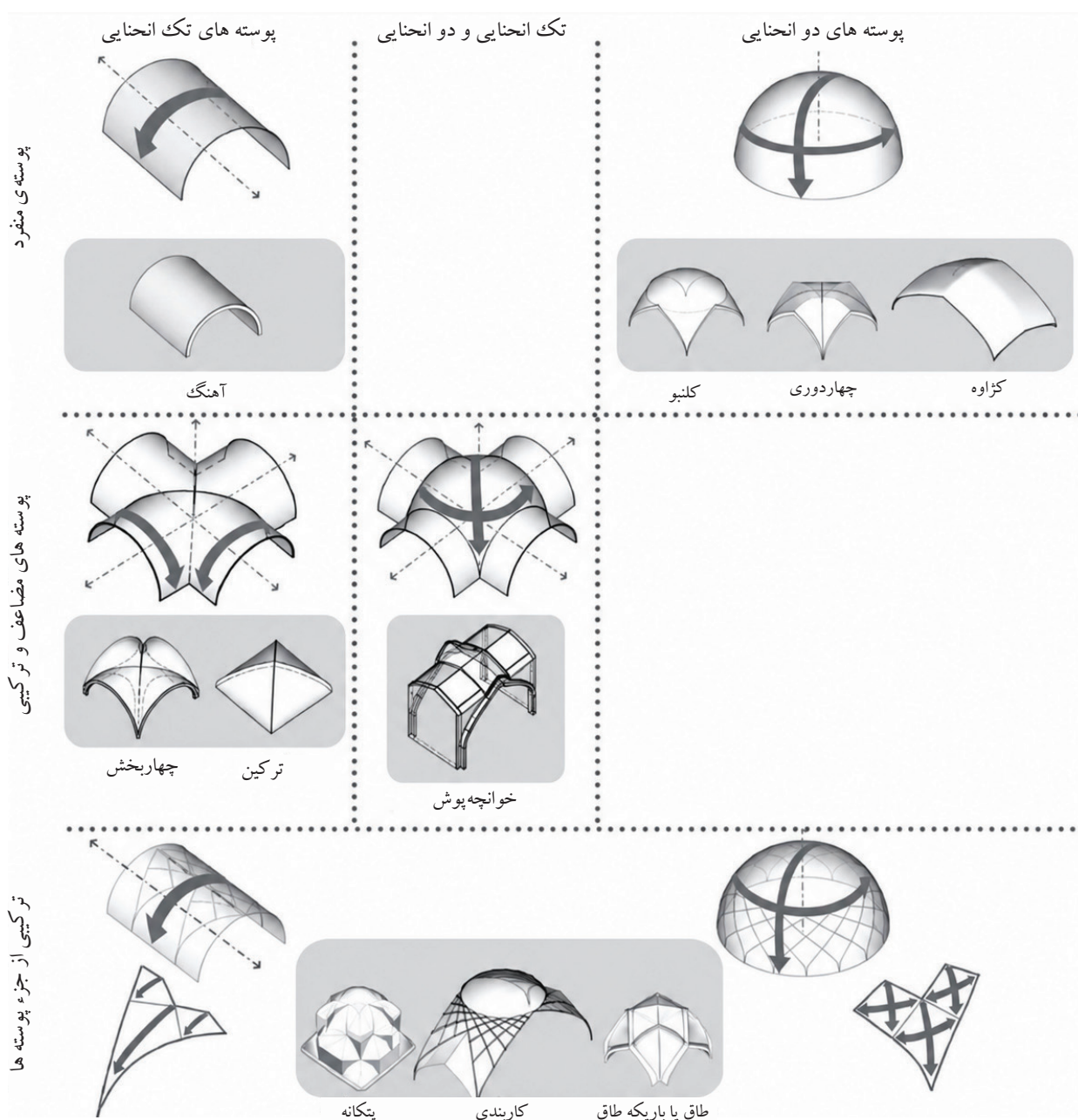


# میان نور و طاق؛ منطق شکل‌گیری فضا در معماری ایرانی

## انواع طاق‌ها

معماری ایرانی، بیش از آنکه صرفاً یک زبان بصری تاریخی باشد، محصول درک عمیق معمار از سازه، هندسه و رفتار مصالح است. شاخصه‌هایی مانند طاق، گنبد، ایوان، حیاط مرکزی و نورپردازی طبیعی، همگی نتیجه‌ی ضرورت عملکردی و پاسخ به اقلیم و فرهنگ بوده‌اند و زیبایی‌شان نه از تزئین صرف، بلکه از منطق ساخت و هندسه‌ی فضا ناشی شده است. همان‌طور که استاد محمدکریم پیرنیا در آثار خود تأکید کرده است؛ معماری ایرانی بر انسان‌مداری، پرهیز از بیهودگی، و خودبسندگی مصالح استوار است و هر عنصر در یک آن و همزمان دارای کارکرد سازه‌ای، فضایی و معنایی بوده است. در ادامه به بررسی طاق‌ها در معماری ایرانی می‌پردازیم که شامل تقسیم‌بندی طاق‌ها بر اساس موارد ۱ و ۲ می‌باشد:

## ۱- هندسه‌ی شکل پوسته‌ها و توپزه‌ها





## ۲- نقش سازه‌ای پوسته‌ها و تويزه‌ها در طاق‌ها

| نظام سازه                            |  |                   |  |  |  | بدون تويزه | تويزه‌ی محيطی | تويزه‌ی عرضی | تويزه‌ی قطری | تويزه‌ی مرکزی | تويزه‌ی چلیپایی |
|--------------------------------------|--|-------------------|--|--|--|------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| نظام شکل پوسته                       |  | نام طاق           |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
| پوسته‌ی منفرد                        |  | آهنگ              |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | چهاردوری          |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | کزاوه             |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
| پوسته‌های دو آنحنایی                 |  | کلبو              |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | چهاربخشی          |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
| پوسته‌های مضاعف ترکیبی               |  | ترکین             |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | خوانچه پوش        |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
| چند پوسته ترکیبی از ترک و دو آنحنایی |  | طاق یا باریکه طاق |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | کاربندی           |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |
|                                      |  | پنکانه            |  |  |  |            |               |              |              |               |                 |

تويزه در معماری ایرانی به المانی خطی یا نواری از آجر، سنگ یا چوب گفته می‌شود که روی طاق یا گنبد کشیده می‌شود تا بار را به پایه‌ها منتقل کند یا فرم طاق را شکل دهد.

## نور، سایه و ساختن فضا

در معماری ایرانی، نور هرگز به صورت عنصری خام و مسلط وارد فضا نمی‌شود، بلکه پس از مهار، شکست و تعدیل، به کیفیتی فضایی و ادراکی تبدیل می‌گردد. ساز و کارهایی چون ضخامت دیوارها، رواق‌ها، طاق‌نماها و شبک‌ها شدت و جهت تابش را کنترل کرده و با تولید سایه‌های هدفمند، از خیرگی و آشفته‌گی بصری جلوگیری می‌کنند. در فضاها داخلی، عناصری مانند اُرسی‌ها با شیشه‌های رنگین، حوض‌خانه‌ها و سطوح کاشی‌کاری‌شده، نور طبیعی را به لایه‌هایی از رنگ و انعکاس بدل می‌سازند و تغییرات زمانی آن را به تجربه‌ای پویا تبدیل می‌کنند. در این رویکرد، نور، سایه و رنگ به مثابه‌ی مصالح نامرئی معماری در خدمت ایجاد سلسله‌مراتب فضایی، آرامش ادراکی و معنا در فضا قرار می‌گیرند.



### تیمچه بزرگ قم (نمایش هندسه طاق کاربندی)

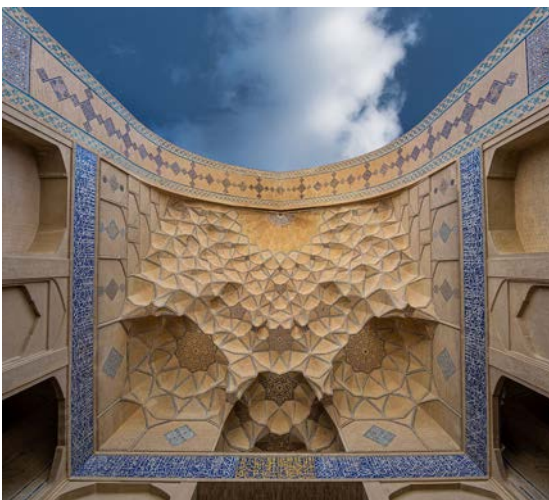
طاق: پوشش این بنا نمونه‌ای پیشرفته از کاربندی و یزدی‌بندی (پوسته‌های ترکیبی) است که امکان پوشش دهانه‌ای وسیع را بدون استفاده از ستون‌های میانی فراهم می‌کند. در این سیستم، بار سقف از طریق تقاطع قوس‌ها به دیوارهای باربر منتقل می‌شود. نور و سایه: نور متمرکز از روزنه‌های سقفی (هورنو) تضاد شدیدی میان خطوط برجسته هندسی و فرورفتگی‌ها ایجاد می‌کند. در خارج نیز، فرم گنبدی سقف با ایجاد سایه متقابل، از جذب بیش از حد گرمای خورشید جلوگیری می‌کند.





مسجد جامع اصفهان (موزه‌ی طاق‌های ایرانی)

طاق: این بنا سیر تکامل طاق را از آهنگ (تک‌انحنایی) در ایوان‌ها تا صدها نوع کلبو (دوانحنایی) در شبستان‌ها نشان می‌دهد. گنبدهای عظیم آن نیز اوج مهندسی پوسته‌های دوانحنایی در تبدیل پلان مربع به دایره هستند. نور و سایه: در فضاهاى داخلی، نور محدود و نقطه‌ای ریتمی از سایه‌روشن میان ستون‌ها ایجاد می‌کند که به فضا عمق و آرامش می‌بخشد. ایوان‌های رفیع نیز با ایجاد سایه‌های عمیق در صحن، تضاد بصری زیبایی ایجاد کرده و فضایی خنک برای مراجعان فراهم می‌کنند.



مقرنس کاری ایوان شاگرد (ایوان شرقی)



طاق پتکانه (نمای داخلی گنبد تاج الملوک)



طاق آهنگ (نمای ایوان جنوبی از ضلع شمالی) (ایوان رفیع)

## خانه اتحادیه (خانه‌ی دائی جان ناپلئون)

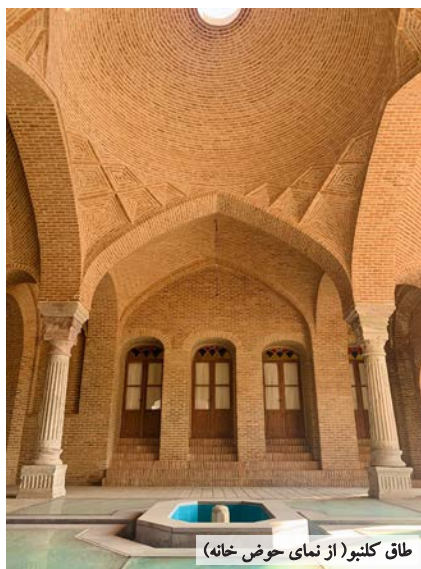
به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین بازمانده‌های معماری مسکونی دوره قاجار، خانه اتحادیه مجموعه‌ای ارزشمند از نظام‌های طاق‌زنی اصیل ایرانی را در خود جای داده است.

طاق خوانچه‌پوش (پوسته تک و دوانحنایی): در تالارهای اصلی و پذیرایی، سقفی با عمق کم و سطح گسترده ایجاد کرده و وقار و شکوه فضا را افزایش می‌دهد.

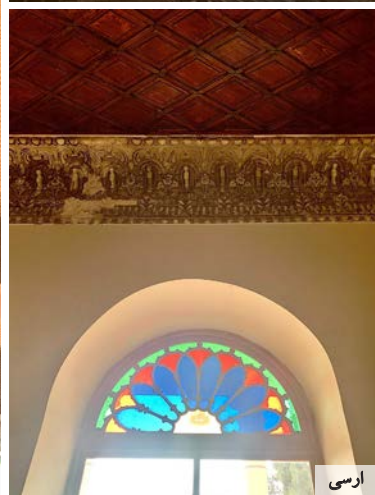
طاق آهنگ (پوسته تک‌انحنایی): برای راهروها و ورودی‌ها به کار رفته و تداوم بصری و پایداری مسیرهای ارتباطی را تضمین می‌کند. طاق کلنبو (پوسته دوانحنایی): در زیرزمین‌ها و سرداب‌ها استفاده شده و با تحمل بار طبقات فوقانی و ایجاد جرم حرارتی، نمونه‌ای از هماهنگی سازه و اقلیم است.



مقرنس کاری



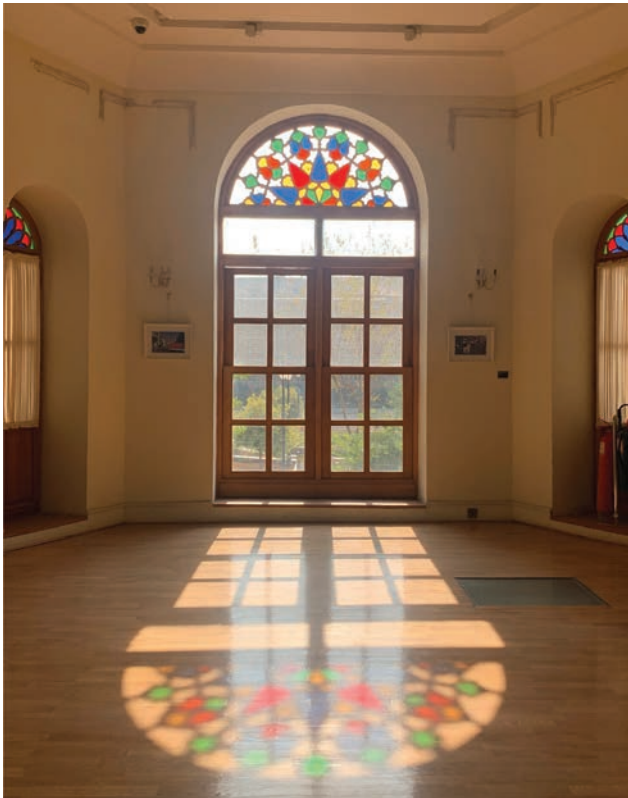
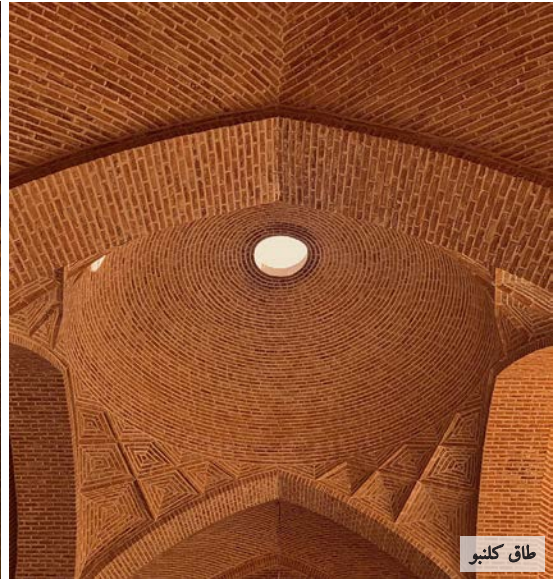
طاق کلنبو (از نمای حوض خانه)



ارسی



در خانه اتحادیه، شیشه‌های رنگی اُرسی و طاق‌های هشتی نور را به صورت فیلترشده و رنگین وارد فضاها می‌کنند. حوض‌خانه‌ها و کاشی‌ها انعکاس نور را چندلایه کرده و سایه‌ها با رنگ‌های متحرک تلفیق می‌شوند تا تجربه‌ای پویا، آرام و بصری جذاب در حیاط و تالارها ایجاد کنند.



## منطق فضایی سکونت در معماری ژاپن؛ تداوم سنت در خوانش معاصر

در معماری سنتی ژاپن سازمان‌دهی فضا بر پایه‌ی ادراک تدریجی، مرزهای نرم و سلسله‌مراتب فضایی شکل می‌گیرد؛ نه بر اساس تفکیک صلب فضاها، بلکه بر مبنای حرکت، تغییر نور، تماس با طبیعت و مفهوم **ما (Ma)** به‌عنوان فاصله‌ی معنادار میان عناصر. خانه ژاپنی شبکه‌ای از فضاها پیوسته است که از عمومی به خصوصی به‌صورت لایه‌لایه و سیال سازمان می‌یابد. به‌طور کلی، عرصه‌بندی فضای مسکونی ژاپن را می‌توان به چهار حوزه‌ی اصلی تقسیم کرد: عرصه‌ی عمومی (ارتباط با بیرون)، عرصه‌ی گذار یا نیمه‌عمومی، عرصه‌ی نیمه‌خصوصی و عرصه‌ی خصوصی. عناصر فضایی سنتی هر کدام نقشی دقیق در این سلسله‌مراتب دارند و هم‌زمان حامل فلسفه‌ای زیباشناختی و زیستی‌اند؛ عناصری که در معماری معاصر ژاپن نیز به‌صورت انتزاعی و مفهومی بازتولید شده‌اند.



### Genkan

نخستین لایه‌ی ورود به خانه و فضای گذار میان شهر و سکونت است و در عرصه‌ی نیمه‌عمومی/گذار قرار می‌گیرد. این فضا با اختلاف تراز کف، مرز نمادین بیرون و درون را مشخص می‌کند. فلسفه‌ی آن مبتنی بر پالایش، احترام و نظم است؛ نوعی آمادگی ذهنی برای ورود به حریم خصوصی که در معماری معاصر به‌صورت ورودی‌های مینیمال و فضاها‌ی تعلیقی بازخوانی شده است.



## Engawa

فضای خطی و واسط میان داخل و خارج بوده و در عرصه‌ی نیمه‌خصوصی جای می‌گیرد. این عنصر تجسم مفهوم «بینابین» است؛ نه کاملاً داخلی و نه خارجی. Engawa امکان مشاهده، مکث و ارتباط غیرمستقیم با طبیعت را فراهم می‌کند و در معماری معاصر به شکل تراس‌ها، سکوه‌های پیرامونی و فضاهای انتقالی دیده می‌شود.

## Tsuboniwa

حیاطی کوچک و درون‌گراست که در عرصه‌ی نیمه‌خصوصی قرار دارد و نور، تهویه و طبیعت را به عمق بنا می‌کشاند. این فضا بیانگر نگاه ژاپنی به طبیعت به‌عنوان عنصری کنترل‌شده، شاعرانه و درونی است؛ مفهومی که در معماری معاصر به‌صورت پاسیو و حیاط‌های میانی فشرده تداوم یافته است.

## Shoji

صفحات کشویی نیمه‌شفاف‌اند که در عرصه‌ی نیمه‌خصوصی نقش فیلتر نور و تنظیم حریم را ایفا می‌کنند. فلسفه‌ی آن‌ها مبتنی بر نور ملایم، ابهام و سادگی است؛ جایی که نور به‌جای شدت، کیفیت می‌یابد. در معماری معاصر، این مفهوم در پوسته‌های نیمه‌شفاف و فیلترهای نوری بازتفسیر شده است.



## Fusuma

دیوارهای کشویی مات هستند که عمدتاً در عرصه‌ی خصوصی به کار می‌روند و امکان تغییرپذیری فضا را فراهم می‌کنند. این عنصر بیانگر اصل سیال بودن فضا و پرهیز از عملکردهای ثابت است؛ اصلی که در پلان‌های باز و پارتیشن‌های متحرک معماری معاصر ژاپن به وضوح دیده می‌شود.

## Rotenburo

حمام روباز سنتی و متعلق به عرصه‌ی کاملاً خصوصی است. این فضا فراتر از عملکرد بهداشتی، تجربه‌ای آیینی از آرامش، خلوت و پیوند مستقیم با طبیعت ارائه می‌دهد. در معماری معاصر، این مفهوم به صورت حمام‌هایی با دید به آسمان، حیاط یا فضای سبز بازخوانی شده است.

## Shosai

فضایی کوچک، خلوت و متمرکز در معماری سنتی ژاپن است که معمولاً به عنوان اتاق مطالعه یا نوشتن شکل می‌گیرد. این فضا با حداقل مترآژ و حداکثر تمرکز، بر درون‌گرایی، سکوت و ارتباط ذهن با فضا تأکید دارد. Shosai بازتاب نگاه ژاپنی به خلوت فردی و ارزش تفکر در مقیاس انسانی است؛ مفهومی که در معماری معاصر در قالب فضاهای کار خانگی، اتاق‌های مینیمال و گوشه‌های آرام چندمنظوره تداوم یافته است.



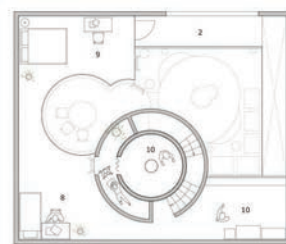


## :Pit House (UID Architects)

پروژه ی Pit House نمونه‌ای شاخص از معماری معاصر ژاپن است که با بازخوانی منطق فضایی سنتی، به جای تقلید فرم‌های تاریخی، تجربه ی سکونت ژاپنی را در بستری معاصر بازتولید می‌کند. این خانه با فضاهای فرو رفته و چندتراز، مرز میان داخل و خارج را نرم کرده و ارتباط پیوسته‌ای با طبیعت ایجاد می‌کند که یادآور نقش Engawa در خانه‌های سنتی است. ورودی خانه با اختلاف تراز و گذر تدریجی، حس ورود مرحله‌ای و آرام مشابه Genkan ایجاد می‌کند. فضاهای داخلی فرو رفته و بازوهای گسترده، همان عملکرد Tsuboniwa در ورود نور و طبیعت به قلب خانه را دنبال می‌کنند. هرچند Shoji، Fusuma و Rotenburo به طور مستقیم حضور ندارند اما منطق آن‌ها در نحوه کنترل نور، انعطاف فضا و ارتباط با منظر طبیعی به وضوح بازتاب یافته است. Pit House نشان می‌دهد که مفاهیم بنیادین معماری ژاپنی مانند سلسله مراتب ورود، فضاهای گذرنده و پیوند با طبیعت، قابلیت بازتفسیر در زبان معاصر را دارند و می‌توانند تجربه سکونت را همزمان مدرن و متکی بر سنت غنی ژاپنی کنند.

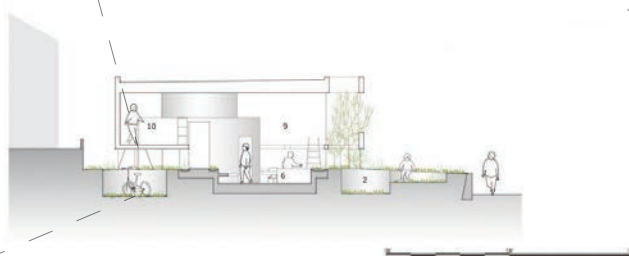
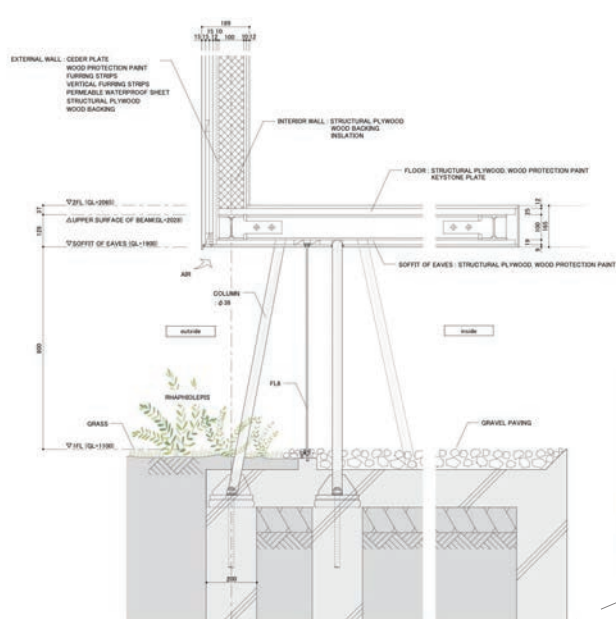


Architectural drawings of the 'Box' by EEB architects. The top drawing is an isometric cutaway of a 'FLOATING BOX' showing an interior with a curved wall, a desk, and people. The bottom drawing is an isometric view of the 'CONCRETE CYLINDER CORE' on a grassy site, showing a circular structure with a ramp, stairs, and people. Labels include 'column: steel pipe', 'PST', and 'ANOMETER'.



A hand-drawn site plan of a school building complex. The plan shows a central building with a semi-circular section, surrounded by various outdoor areas. A large tree is on the right, and a smaller tree is on the left. A path leads from the top right towards the center. A compass rose is in the bottom left corner.

### طبقه اول



۱. گاراژ خودرو
۲. ترانس
۳. ورودی
۴. آشپزخانه
۵. سالن غذاخوری
۶. سالن نشیمن
۷. سرویس حمام
۸. اتاق کودکان
۹. اتاق خواب
۱۰. انبار



## معماری ژاپن در تعادل با زلزله

ژاپن، کشوری که به دلیل قرارگیری در «حلقه آتش» اقیانوس آرام، یکی از پرخطرترین مناطق زلزله‌خیز جهان است، همواره به دنبال راه‌هایی برای کاهش اثرات و آسیب‌های زلزله بوده است. در این کشور، مهندسان و معماران با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، سازه‌هایی مقاوم در برابر زلزله طراحی کرده‌اند. این روش‌ها از گذشته‌های دور در معماری ژاپن ریشه دارند، اما در دهه‌های اخیر با پیشرفت‌های مهندسی، به سطوح جدیدی از کارایی رسیده‌اند.



### مقاوم‌سازی سازه‌ای

اساسی‌ترین شکل مقاومت در برابر زلزله، تقویت ساختاری است. ساختمان‌ها با استفاده از دیوارهای برشی، مهاربندی‌های فولادی و اتصالات تقویت شده مستحکم می‌شوند تا نیروهای جانبی ناشی از زلزله را تحمل کنند. این تکنیک ساده اما موثر، از فروپاشی سازه‌ها جلوگیری کرده و پایه‌ای‌ترین سطح محافظت را ایجاد می‌کند.

## میرایی یا جذب انرژی

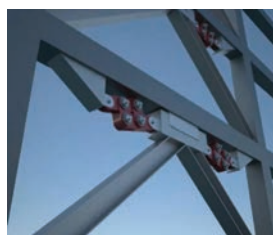
در ساختمان‌های بلند، جذب و کاهش نوسانات ناشی از زلزله اهمیت زیادی دارد. در این راستا از دمپرها (شبه به کمک فنر خودروها) برای جذب انرژی لرزه‌ای و کاهش حرکت سازه استفاده می‌شود. این سیستم‌ها انرژی زلزله را به گرما تبدیل کرده و اجازه نمی‌دهند ساختمان به شدت حرکت کند.

سیستم‌های میرایی و تبدیل انرژی زلزله به گرما (نمونه‌های رایج در ژاپن):

| نوع سیستم                                    | مکانیزم عملکرد                                                                  | نحوه تبدیل انرژی به گرما                                                 | مزایا در ساختمان‌های بلند                            | نمونه کاربرد در ژاپن                        |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ۱. دمپر ویسکوز (روغنی)                       | حرکت پیستون داخل سیلندر حاوی سیال غلیظ هنگام زلزله                              | اصطکاک داخلی سیال هنگام عبور از روزنه‌ها باعث تولید گرما می‌شود          | کاهش سریع نوسان، آسیب کم به سازه اصلی، عملکرد پایدار | برج‌های مسکونی و اداری مدرن در توکیو        |
| ۲. دمپر هیستریزیسی (مهاربند کمانش‌تاب (BRB)) | انرژی از طریق فرآیند تسلیم فولاد و اصطکاک داخل ساختار فلز، به گرما تبدیل می‌شود | تسلیم فولاد و اصطکاک داخلی فلز به گرما تبدیل می‌شود                      | اتلاف انرژی بالا، قابل تعویض پس از زلزله             | ساختمان‌های مقاوم‌سازی شده و سازه‌های اداری |
| ۳. دمپر اصطکاکی                              | لغزش کنترل شده بین صفحات فولادی تحت فشار                                        | اصطکاک خشک بین سطوح لغزنده باعث تولید گرما می‌شود                        | ساختار ساده، نگهداری آسان، هزینه مناسب               | برخی پروژه‌های مقاوم‌سازی لرزه‌ای           |
| ۴. میراگر جرمی (TMD) تنظیم شده               | نوسان جرم بزرگ در خلاف جهت حرکت سازه                                            | انرژی منتقل شده به جرم از طریق دمپ‌های ویسکوز متصل، به گرما تبدیل می‌شود | کاهش محسوس شتاب و حرکت در طبقات بالایی               | Tokyo Skytree و برج‌های بسیار بلند          |



۴



۳



۲



۱



## الهام از معابد قدیمی

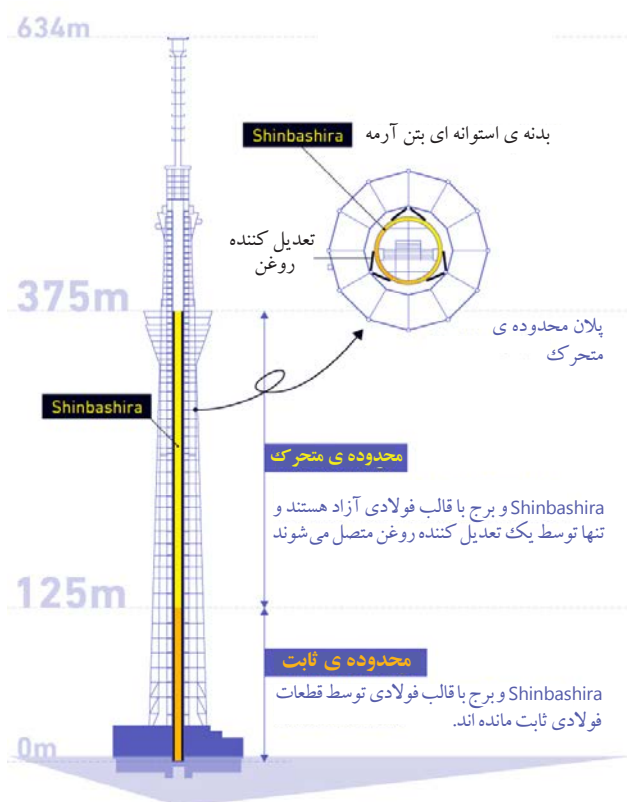
ساختار برج توکیو اسکای تری، به ویژه در بخش های بالایی، از پاگوداها و معابد ژاپنی الهام گرفته شده است. در این معابد، ستون های مرکزی به عنوان عنصری کلیدی در تحمل نیروهای لرزه ای عمل می کردند. در اسکای تری نیز یک ستون مرکزی بتنی مستقل از سازه ی بیرونی برج قرار دارد که در هنگام زلزله، نوسانات سازه و ستون مرکزی به صورت متفاوت انجام می شود و این اختلاف، اثرات لرزش را کاهش می دهد.

## میراگرهای جرمی

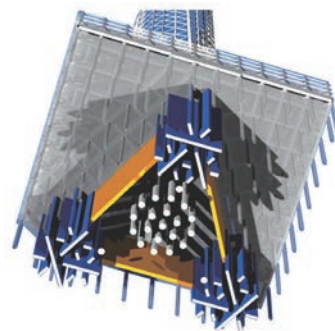
در طبقات بالایی برج، وزنه های سنگین (که به نام میراگرهای جرمی شناخته می شوند) نصب شده اند. این وزنه ها با حرکت مخالف نوسانات برج تعادل آن را حفظ می کنند و از تکان های شدید آن جلوگیری می کنند.

## طراحی هندسی منحصر به فرد

ساختار برج در بخش های پایین به صورت مثلی طراحی شده تا پایداری بیشتری داشته باشد، در حالی که در قسمت های بالایی به صورت دایره ای طراحی شده است تا مقاومت در برابر باد را کاهش دهد.



این برج دارای یک سازه ی اسکلتی داخلی است که از چندین مثلث تشکیل شده است. بر اساس سیستم خرابایی، این نوع معماری ایمنی بیشتری را برای سازه های بلندمرتبه فراهم می کند.



## جداسازی لرزه‌ای

پیشرفته‌ترین و مؤثرترین تکنیک در معماری زلزله‌محور ژاپن، جداسازی لرزه‌ای است. در این روش، سازه از فونداسیون جدا می‌شود و روی لایه‌های لاستیکی و سربی قرار می‌گیرد. این تکنیک باعث می‌شود که زمین و ساختمان با سرعت‌های مختلف حرکت کنند، و در نتیجه اثرات زلزله به حداقل می‌رسد.



## برج توکیو اسکای تری: نماد نوآوری و پایداری

معماران: Nikken Sekkei , Tadao Kamei, Shigeru Yoshino, Tetsuo Tsuchiya

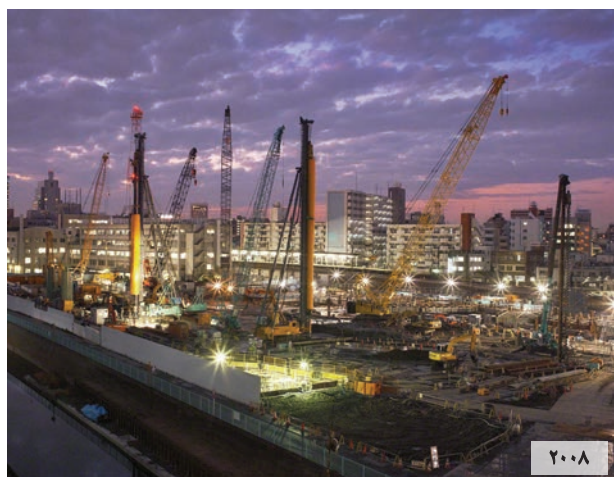
سال: ۲۰۰۸-۲۰۱۲

موقعیت مکانی: Sumida, Tokyo, Japan

برج توکیو اسکای تری، با ارتفاع ۶۳۴ متر، بلندترین سازه ژاپن و یکی از بزرگ‌ترین شاهکارهای مهندسی زلزله در جهان است. این برج نه تنها به عنوان نماد شهری توکیو شناخته می‌شود، بلکه ترکیبی از معماری سنتی و تکنولوژی مدرن در طراحی آن به چشم می‌آید.



این تکنیک‌ها و طراحی‌ها باعث شده‌اند که توکیو اسکای تری نه تنها در برابر زلزله‌های شدید مقاوم باشد، بلکه به عنوان نمادی از هم‌زیستی معماری سنتی و تکنولوژی‌های نوین در خدمت پایداری سازه‌ای در نظر گرفته شود.



علاوه بر ایفای نقش به عنوان یک برج پخش امواج و جاذبه گردشگری، برج توکیو اسکای تری به عنوان یکی از پایگاه‌های مهم جمع‌آوری داده در حوزه پژوهش‌های جوی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. گروه‌های پژوهشی گوناگون در طول سال در این محل به انجام مشاهدات علمی می‌پردازند. این مشاهدات شامل اندازه‌گیری ولتاژ تخلیه‌های الکتریکی صاعقه، ویژگی‌های ذرات ابر، غلظت آئروسول‌ها (مجموعه‌ای از ذرات بسیار ریز جامد یا قطرات مایع گفته می‌شود که در هوا یا یک گاز معلق هستند) و گازهای گلخانه‌ای از جمله دی‌اکسید کربن موجود در جو است.

## The Big U

معماری به مثابه‌ی سپر اقلیم

طوفان سندی، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های ساحلی نیویورک را آشکار کرد. مناطق مسکونی، فضاها و عمومی و شبکه‌های حیاتی شهری در معرض خطر مستقیم قرار گرفتند. در چنین شرایطی، رویکرد سنتی ساخت دیوارهای دفاعی صلب نمی‌توانست پاسخگوی پیچیدگی بافت شهری منتهن باشد.



### از فاجعه تا فرصت

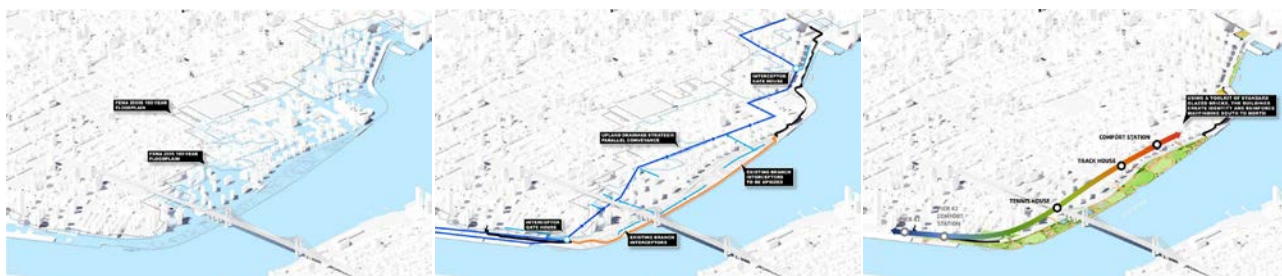
پروژه The Big U که توسط دفتر بیار که اینگنز طراحی شد، بخشی از برنامه «Rebuild by Design» است؛ برنامه‌ای که با هدف بازاندیشی در آینده شهرهای ساحلی شکل گرفت. این طرح، نوار ساحلی جنوب منتهن را در قالب سیستمی U شکل به طول تقریبی ۱۶ کیلومتر در بر می‌گیرد و به‌جای جداسازی شهر از آب، به دنبال همزیستی هوشمندانه با آن است.





## معماری به عنوان زیرساخت

آنچه این پروژه را از یک پروژه مهندسی صرف متمایز می‌کند، ادغام عملکرد دفاعی در بطن زندگی روزمره شهری است. دیواره‌های سیل‌بند که به نیمکت، رمپ، سازه‌های خدماتی یا فضاهای فرهنگی تبدیل می‌شوند. پارک‌های مرتفع در شرایط عادی بستر تفریح و تعامل اجتماعی‌اند و در زمان بحران، نقش سپر دفاعی را ایفا می‌کنند. در برخی نقاط، پانل‌های متحرک تنها هنگام هشدار طوفان فعال می‌شوند و در حالت عادی بخشی نامرئی از منظر شهری هستند. در این پروژه، معماری، منظر و مهندسی آب به یک سیستم یکپارچه بدل می‌شوند. طراحی از مقیاس «ابژه معماری» فراتر می‌رود و به «چارچوبی شهری» تبدیل می‌شود؛ چارچوبی که هم‌زمان کیفیت فضایی و امنیت اقلیمی را تضمین می‌کند.

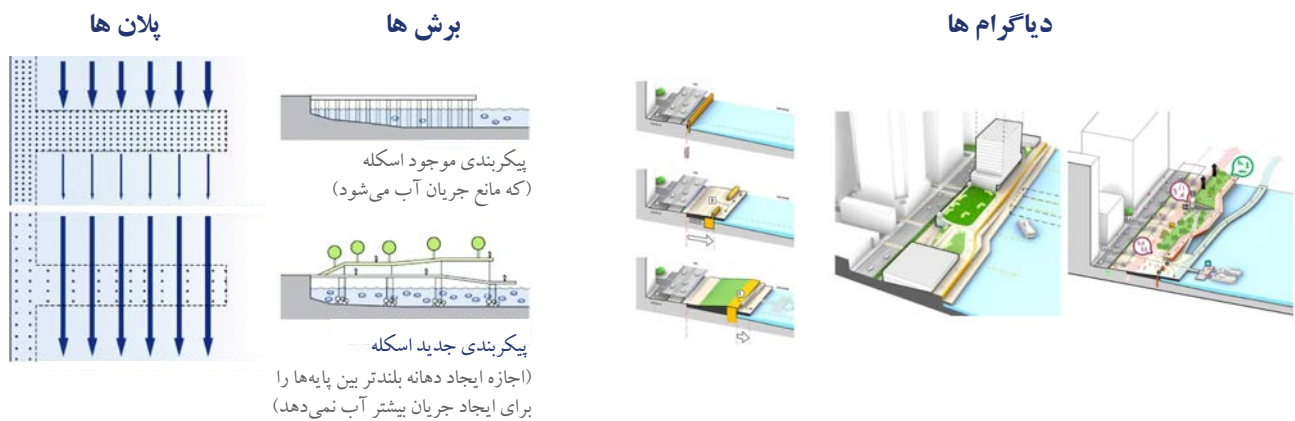


--- دشت سیلابی ۱۰۰ ساله طبق پیشبینی های  
آژانس مدیریت بحران فدرال آمریکا  
برای دهه ۲۰۵۰

--- دشت سیلابی ۱۰۰ ساله طبق پیشبینی های  
آژانس مدیریت بحران فدرال آمریکا  
در سال ۲۰۱۵

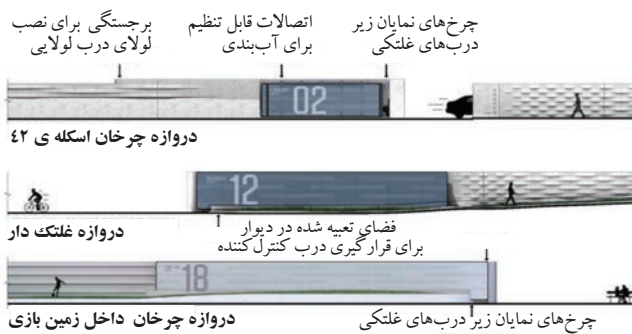
○ دروازه حائل  
— استراتژی هدایت و تخلیه آب‌های سطحی  
مناطق بالادست (با سیستم انتقال موازی)  
— کانال‌های جمع‌آوری فرعی موجود باید با  
قطر بزرگ‌تر جایگزین یا ارتقا داده شوند.

● ایستگاه آسایش واقع در اسکله ۴۲  
● ساختمان خدماتی زمین تنیس  
● ساختمان خدماتی کنار مسیر  
● ایستگاه آسایش (سرویس بهداشتی و ...)



## پایداری فراتر از انرژی

در بسیاری از پروژه های معاصر، پایداری به کاهش مصرف انرژی ساختمان محدود می شود. اما The Big U مفهوم پایداری را به سطحی گسترده تر ارتقا می دهد: تاب آوری شهری. تاب آوری به معنای توانایی شهر برای جذب شوک های محیطی، بازیابی سریع و ادامه حیات است این پروژه علاوه بر حفاظت در برابر سیلاب، کیفیت فضاهای عمومی را بهبود می بخشد، دسترسی به ساحل را تقویت می کند و ظرفیت های اجتماعی تازه ای ایجاد می کند. در نتیجه، پایداری در این طرح در سه لایه شکل می گیرد: زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی.





## چالش‌ها و افق آینده

اجرای چنین پروژه‌ای در شهری پیچیده مانند نیویورک، با چالش‌های نهادی، مالی و اجتماعی همراه بوده است. هماهنگی میان سازمان‌های متعدد هزینه‌های بالا و دغدغه‌های عدالت فضایی از جمله مسائل مطرح در مسیر تحقق آن هستند. با این حال، این پروژه به الگویی برای بسیاری از شهرهای ساحلی جهان تبدیل شده است. افزایش سطح آب دریا دیگر سناریویی دوردست نیست؛ واقعیتی جاری است. شهرهای ساحلی در خط مقدم بحران اقلیم قرار دارند و نیازمند راه‌حل‌هایی هستند که هم‌زمان زیباشناسانه، عملکردی و انعطاف‌پذیر باشند. The Big U نشان می‌دهد که معماری می‌تواند به‌جای عقب‌نشینی از طبیعت، وارد گفت‌وگویی فعال و سازنده با آن شود.



اگر قرن بیستم شهرها را با بزرگراه‌ها تعریف می‌کرد، قرن بیست‌ویکم احتمالاً آن‌ها را با زیرساخت‌های اقلیمی تعریف خواهد کرد و پروژه‌ی مطرح شده نماد این گذار است؛ معماری به‌عنوان سپری هوشمند برای حفاظت از زندگی شهری.

## معماری کم کربن و برج چوبی (میوسا) Mjøstårnet



### رد پای کربن و چالش‌های ساخت و ساز

در دهه ی اخیر، ردپای کربنی به یکی از شاخص‌های اصلی سنجش کیفیت معماری تبدیل شده است؛ شاخصی که ارزیابی چرخه عمر ساختمان را از استخراج مواد اولیه و تولید مصالح تا ساخت، بهره‌برداری و تخریب در بر می‌گیرد. بر اساس گزارش‌های آژانس بین‌المللی انرژی، بخش ساختمان و ساخت‌وساز حدود ۳۷ درصد از انتشار جهانی دی‌اکسید کربن مرتبط با انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. با افزایش بهره‌وری انرژی در دوره بهره‌برداری، سهم کربن نهفته در مصالحی چون سیمان، بتن و فولاد پررنگ‌تر شده و در برخی ساختمان‌های جدید حتی تا حدود ۵۰ درصد کل انتشار چرخه عمر را شامل می‌شود؛ در مقابل، کربن عملیاتی\* به انتشار ناشی از مصرف انرژی در زمان استفاده از ساختمان اشاره دارد. از مهم‌ترین چالش‌ها می‌توان به ارزانی نسبی مصالح پر کربن، بازتاب نیافتن هزینه‌های زیست‌محیطی در قیمت نهایی، نبود الزام‌های فراگیر برای ارزیابی چرخه عمر و فاصله میان سیاست‌گذاری اقلیمی و اجرای عملی در مقیاس پروژه اشاره کرد. در این میان، ابزارهایی مانند مالیات بر کربن و نظام‌های قیمت‌گذاری انتشار نقش اصلاح‌کننده بازار را ایفا کرده‌اند. کشورهایی چون سوئد، کانادا و آلمان با اعمال این سیاست‌ها، هزینه واقعی انتشار را وارد محاسبات اقتصادی ساخت‌وساز کرده‌اند؛ اقدامی که به افزایش رقابت‌پذیری مصالح کم کربن، توسعه بتن‌های کم‌انتشار، گسترش چوب‌های مهندسی شده و تقویت بازیافت فولاد انجامیده است.

\* اگر یک ساختمان برای گرمایش از گاز طبیعی استفاده کند یا برق آن از نیروگاه‌های سوخت فسیلی تأمین شود، انتشار ناشی از این مصرف انرژی در طول سال‌ها، «کربن عملیاتی» محسوب می‌شود.



## معرفی پروژه:

برج میوسا، یک آسمان‌خراش چوبی ۱۸ طبقه در شهر Brumunddal نروژ حدود ۸۵ متر است. این ساختمان یکی از بلندترین ساختمان‌های چوبی جهان و نمونه‌ای شاخص از معماری کم‌کربن در مقیاس بلندمرتبه به شمار می‌آید.

مشخصات کلیدی:

ارتفاع: ۸۵.۴ متر

تعداد طبقات: ۱۸

سال تکمیل: ۲۰۱۹

معمار: Voll Arkitekter

مصالح اصلی: چوب (گلولم و صفحات CLT) {۳۴٪} - عایق بندی {۳۳٪} - بتن {۲۶٪} - فولاد {۱٪} - مصالح دیگر {۶٪}

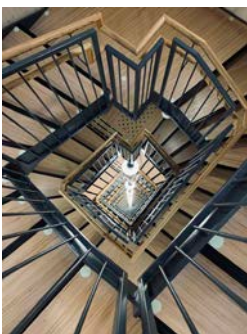


## کاربری و سازمان فضایی

این برج چندمنظوره شامل:

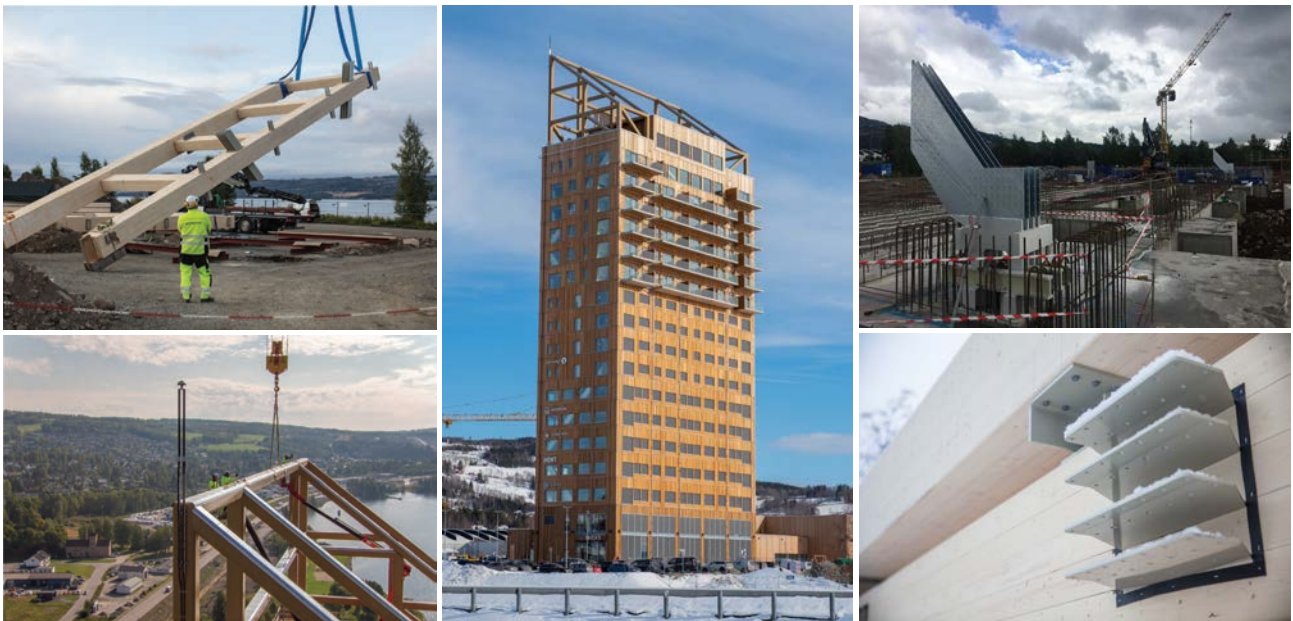
هتل، واحدهای مسکونی، دفاتر اداری، رستوران و تراس بام است.

همچنین یک مجموعه استخر عمومی مجاور از طریق پل شیشه‌ای به آن متصل شده است. این ترکیب عملکردی نشان می‌دهد که سازه‌های چوبی می‌توانند پاسخگوی الزامات متنوع عملکردی در مقیاس شهری باشند.



## سیستم سازه و ساخت

سازه اصلی برج شامل ستون‌ها و تیرهای گلولم و دال‌های CLT است که بار قائم و جانبی را تحمل می‌کنند. مهاربندهای قطری چوبی و اتصالات فولادی تقویت‌شده، سختی جانبی سازه را تأمین می‌کنند. بتن تنها در بخش‌های محدودی مانند زیرساخت یا هسته استفاده شده است. اجزای سازه‌ای به صورت پیش ساخته و تولید محلی آماده شدند که باعث کاهش زمان اجرا، افزایش دقت ساخت و کاهش انتشار گازهای مرتبط با حمل و نقل شده است.

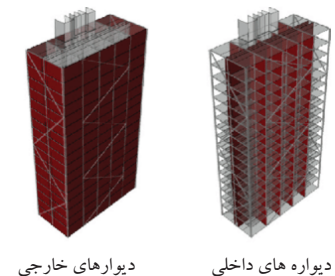
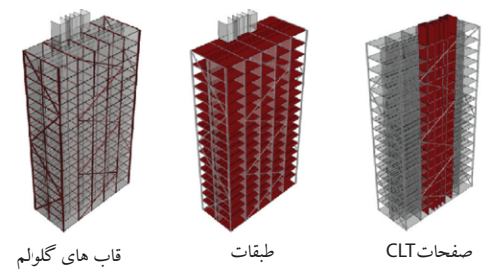
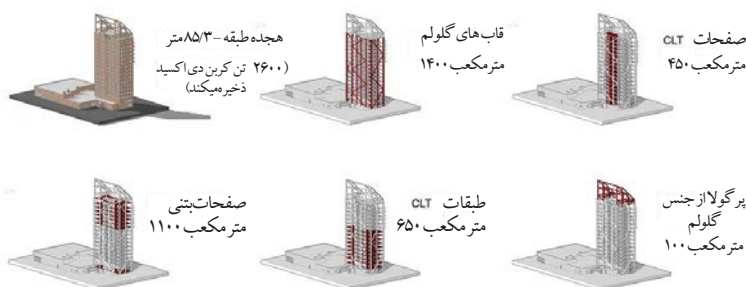


تصویر ۱:

تصویر ۲: کلیسای چوبی گل (ساخته شده در حدود سال ۱۲۰۰ میلادی)



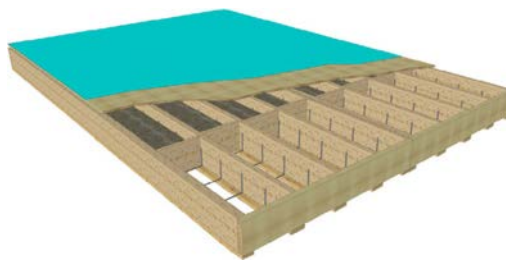
ساخته شده در سال (۲۰۱۹) - هتل چوبی Mjøstårnet







تیر چوبی توپر فضاهای داخلی (گلولم)



تصویر گرافیکی از سیستم کف (CLT)

## تیرهای چسب لایه‌ای - (Glulam) گلولم

گلولم از چندین لایه چوب (لاملا) که با چسب‌های قوی روی هم قرار گرفته‌اند ساخته می‌شود. این لایه‌ها معمولاً در یک جهت هستند و تحت فشار به هم چسبانده می‌شوند.

ویژگی‌ها:

مقاومت بالا نسبت به چوب طبیعی

امکان ساخت تیرهای بلند و قوسی

کنترل بهتر ترک و ضعف‌های طبیعی چوب

ظاهر زیبا (مناسب برای فضاهای نمایان)

## چوب لایه‌ای متقاطع - CLT

از لایه‌های چوبی تشکیل شده که به صورت متقاطع (عمود بر هم) روی هم قرار گرفته و چسبانده می‌شوند (مثلاً لایه اول افقی، لایه دوم عمودی).

ویژگی‌ها:

مقاومت بالا در دو جهت (به دلیل لایه‌های متقاطع)

پایداری ابعادی عالی

عملکرد خوب در برابر زلزله

اجرای سریع (به صورت پنل‌های پیش ساخته)

## تفاوت اصلی گلولم و CLT

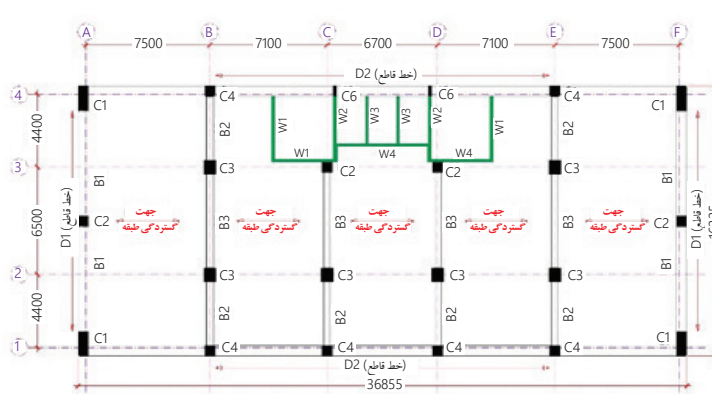
گلولم: بیشتر برای تیر و ستون (اعضای خطی) استفاده می‌شود.

CLT: بیشتر برای دیوار و دال (اعضای صفحه‌ای) استفاده می‌شود.

تصویر ۱-۳: نمونه‌ی ستونها، تیرها، قطر (خطوط) متقاطع و دیوارها

| ارتفاع | عرض | ساختمان          |
|--------|-----|------------------|
| 1485   | 625 | C1               |
| 630    | 625 | C2               |
| 810    | 725 | C3 در قسمت پایین |
| 630    | 625 | C3 در قسمت بالا  |
| 625    | 625 | C4               |
| 625    | 215 | C5               |
| 439    | 625 | B1 طبقه چوبی     |
| 585    | 625 | B1 طبقه بتنی     |
| 585    | 395 | B2 طبقه چوبی     |
| 585    | 625 | B2 طبقه بتنی     |
| 675    | 395 | B3 طبقه چوبی     |
| 720    | 625 | B3 طبقه بتنی     |
| 990    | 625 | D1               |
| 495    | 625 | D2               |
| -      | 220 | W1               |
| -      | 180 | W2               |
| -      | 160 | W3               |
| -      | 140 | W4               |

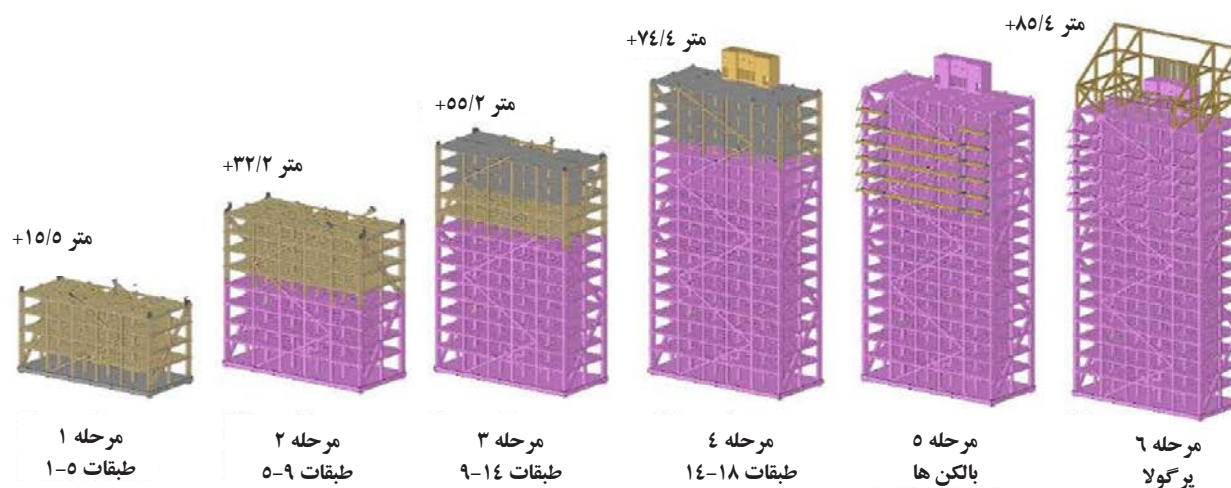
تصویر ۳: ستون گذاری ها و سیستم های اصلی تحمل بار



## سوار کردن قطعات

مونتاژ و سوار کردن قطعات مختلف ساختمان به ۶ مرحله تقسیم شده است. بدنه‌ی اصلی آن که تا طبقه ی ۱۸م می‌باشد در ۴ مرحله ساخته شده است؛ که هر مرحله دربردارنده‌ی ۴ یا ۵ طبقه می باشد . پس از آن نوبت به کارگذاری و نصب بالکن ها و در نهایت به پرگولای بالای بام می رسد.

تصویر ۴:



## طراحی در برابر آتش

گزارش راهبرد آتش سوزی برای برج میوسا بیان می کند که سیستم اصلی باربر باید توانایی مقاومت در برابر آتش به مدت ۱۲۰ دقیقه را داشته باشد. اجزای باربر ثانویه مانند کف ها نیز باید ۹۰ دقیقه مقاومت کنند. علاوه بر این، سازه باید توانایی تحمل یک سوختن کامل را داشته باشد و از فروپاشی کلی جلوگیری کند. این بدان معناست که پس از سوختن کامل، سیستم باربر همچنان سالم باقی می ماند و آتش در اجزای سازه ای به صورت خودبه خود خاموش می شود.

طراحی ایمنی در برابر آتش از طریق آزمایش های سوختن ۹۰ دقیقه ای که در سال ۲۰۱۶ در SP Fire Research AS در (تروندهایم) انجام شد، تأیید شده است. این آزمایش ها رفتار آتش در مقاطع بزرگ چوب لایه ای گلولم و اتصالات آن ها را نشان می دهند.

تصویر ۳: آزمایش سوختن در SP Fire Research AS در تروندهایم.





## اهمیت زیست محیطی

چوب به عنوان ماده ای زیستی، کربن را در خود ذخیره می کند و استفاده گسترده از گلولم و CLT به کاهش کربن نهفته در مقایسه با ساختمان های بتن و فولاد کمک کرده است. این پروژه نمونه ای عملی از امکان جایگزینی مصالح پرانرژی با چوب مهندسی شده در ساختمان های بلند است.



## تأثیر و جایگاه جهانی

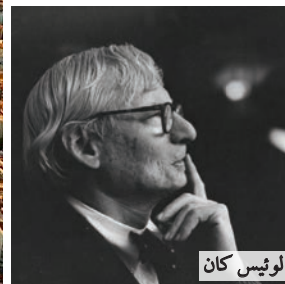
برج میوسا به عنوان یک اثبات امکان در معماری چوبی بلندمرتبه شناخته می شود. موفقیت آن موجب تسریع اصلاح مقررات ساختمانی و توسعه پروژه های مشابه در اروپا و آمریکای شمالی شده است. این ساختمان نشان می دهد که کاهش رد پای کربنی می تواند هم زمان با کیفیت فضایی بیان سازه ای صادقانه و نوآوری معماری همراه باشد.

## سوگند معماران آینده بیانیه ای برای بازگشت وجدان به شهر

معماری صرفاً طراحی ساختمان نیست؛ معماری تصمیم‌گیری درباره زمین، منابع، شهر و آینده انسان‌ها است. هر ساختمان: انرژی مصرف می‌کند؛ چشم‌انداز شهر را تغییر می‌دهد و دهه‌ها یا حتی قرن‌ها باقی می‌ماند. با این حال، در حالی که پزشکان قرن‌هاست به سنتی که به بقراط (پدر علم مدرن دارو و فیزیکیان یونانی) نسبت داده می‌شود سوگند می‌خورند؛ معماران اغلب بدون یک سوگند اخلاقی مشترک وارد حرفه می‌شوند. نتیجه آن را می‌توان در بسیاری از شهرهای معاصر مشاهده کرد. شهرهایی که گاه بیشتر شبیه بازار سرمایه هستند تا محیطی برای زندگی انسان.



آلوار آلتو



لوئیس کان

بارسلونا، اسپانیا.

### بحران معماری معاصر

مشکل معماری امروز کمبود خلاقیت نیست؛ بلکه فقدان مسئولیت اخلاقی و شهری است. در بسیاری از شهرها ساختمان‌ها برای فروش ساخته می‌شوند، نه برای زندگی؛ نماها مهم‌تر از فضاها شده‌اند و توسعه شهری اغلب بدون توجه به اقلیم، انرژی و محیط زیست انجام می‌شود. در حالی که معماران بزرگی مانند لوئیس کان و آلوار آلتو همواره تأکید می‌کردند که معماری در نهایت باید در خدمت انسان و زندگی روزمره باشد.



## ده گناه کبیره ی معماری معاصر



۱. بی توجهی به اقلیم
  ۲. تقلیل معماری به طراحی نما
  ۳. تبدیل شهر به کالای سرمایه‌ای
  ۴. نابودی فضاهای عمومی
  ۵. از بین رفتن مقیاس انسانی
  ۶. تقلید بدون فهم از معماری جهانی
  ۷. نادیده گرفتن آینده شهر
  ۸. مصرف بی‌رویه انرژی و منابع
  ۹. حذف طبیعت از بافت شهری
  ۱۰. سکوت معماران در برابر کیفیت شهر
- این گناهان نه تنها کیفیت معماری را کاهش می‌دهند، بلکه آینده شهرها را نیز تهدید می‌کنند.



## معماری در عصر بحران اقلیم

در قرن بیست و یکم، معماری دیگر نمی‌تواند تنها به زیبایی یا فرم محدود شود. معماری باید به مسائلی مانند بحران انرژی، کمبود آب، تغییرات اقلیمی و رشد سریع شهرها پاسخ دهد. اینجاست که مفهوم معماری آینده‌نگر بومی اهمیت پیدا می‌کند. معماری که همزمان از فناوری‌های جدید استفاده می‌کند و به اقلیم و فرهنگ محلی احترام می‌گذارد. برای مثال، فناوری‌هایی مانند تولید آب از رطوبت هوا (AWG) می‌توانند ساختمان‌ها را به زیرساخت‌های فعال شهری تبدیل کنند.

## ساختمان به عنوان زیرساخت شهری

در شهرهای آینده، ساختمان‌ها تنها مصرف‌کننده منابع نخواهند بود. آن‌ها می‌توانند انرژی تولید کنند؛ آب تولید کنند؛ هوا را تصفیه کنند و فضاهای عمومی ایجاد کنند. در چنین رویکردی، ساختمان تبدیل می‌شود به یک میکرو زیرساخت شهری.



## سوگند معماران آینده

برای بازگرداندن اعتماد عمومی به معماری، شاید زمان آن رسیده که معماران نیز سوگندی اخلاقی داشته باشند. من به عنوان معمار سوگند می‌خورم:

ساختمانی طراحی نکنم که به شهر آسیب بزند؛ اقلیم و منابع زمین را نادیده نگیرم؛ معماری را به کالای نمایشی تقلیل ندهم؛ فضاهای عمومی را تقویت کنم و همیشه به یاد داشته باشم که ساختمان‌ها بخشی از زندگی انسان‌ها هستند.

آینده معماری نه در بازگشت به گذشته است و نه در تقلید از فرم‌های جهانی. آینده معماری در ترکیب سه عنصر است: فرهنگ، اقلیم و فناوری.

اگر معماری بتواند این سه را با هم ترکیب کند، شهرهای آینده نه تنها کارآمد تر، بلکه انسانی تر خواهند بود.



## منابع

- پیرنیا، محمد کریم. سبک‌شناسی معماری ایرانی. تدوین غلامحسین معماریان. تهران: سروش دانش، ۱۳۸۴.
- زمرشیدی، حسین، و ریما فیاض. طاق و قوس در معماری ایران. تهران: انتشارات کیهان، ۱۳۶۸.
- قبادیان، وحید. بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران. چاپ پنجم. تهران: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۸.
- معماریان، غلامحسین. نیارش سازه‌های طاقی در معماری اسلامی ایران. تهران: جهاد دانشگاهی دانشگاه علم صنعت ایران، ۱۳۶۷.
- Aalto, Alvar. *Alvar Aalto in His Own Words*. Edited by Göran Schildt. New York: Rizzoli, 1998.
- Abrahamsen, Rune B. "Mjøstårnet—Construction of an 81 m Tall Timber Building." In *Proceedings of the 23rd Internationales Holzbau-Forum IHF 2017*. Garmisch-Partenkirchen, Germany, 2017.
- Abrahamsen, Rune B., and Morten Malo. *Structural Design and Assembly of Mjøstårnet, an 18-Storey Timber Building in Norway*. Moelven Limtre and Sweco, 2019.
- Aerts, Jeroen C. J. H., et al. "Evaluating Flood Resilience Strategies for Coastal Megacities." *Science* 344, no. 6183 (2014): 473–475.
- AFP. "Keeping Cool with Colors: Vienna Museum Paints Asphalt to Fight Heat." *Phys.org*, 2025.
- American Society of Landscape Architects. "The BIG U: Rebuild by Design." *ASLA Professional Awards*. Washington, DC: ASLA. Accessed June 16, 2026.
- ArchDaily. "Doca Linear Park / Natureza Urbana." *ArchDaily*, 2025.
- ArchDaily. "Mjøstårnet—The Tower of Lake Mjøsa / Voll Arkitekter." Published February 25, 2020. Accessed June 16, 2026.
- ArchDaily. "Pit House / UID Architects." Published June 19, 2013. Accessed June 16, 2026.
- Archnet. "Masjid-i Jami, Isfahan, Iran." *Aga Khan Documentation Center at MIT*. Accessed June 16, 2026.
- Archnet. "Timchah-i Qum, Qum, Iran." *Aga Khan Documentation Center at MIT*. Accessed June 16, 2026.
- Arquine. "Parque Lineal Doca." *Arquine*, 2025.
- Arup. "Hy-Fi: Sustainable Material Innovation and Circular Construction Strategies." *Arup Research*, 2014.
- Bahadori, Mehdi N. "Passive Cooling Systems in Iranian Architecture." *Scientific American* 238, no. 2 (1978): 144–154.
- Benemann, John R. "Microalgae for Biofuels and Carbon Capture." In *Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013.
- Benyus, Janine M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow, 1997.

BIG—Bjarke Ingels Group. "East Side Coastal Resiliency, New York." BIG Projects. Accessed June 16, 2026.

BIG—Bjarke Ingels Group, One Architecture, Starr Whitehouse Landscape Architects and Planners, James Lima Planning + Development, Green Shield Ecology, AEA Consulting, Level Agency for Infrastructure, Arcadis, and Buro Happold. *The BIG U: Rebuild by Design Proposal for Lower Manhattan*. New York, 2014.

Brandon, Daniel, and Andrea Frangi. "Fire Safety Engineering of Tall Timber Buildings." In *Fire Safe Use of Wood in Buildings: Global Design Guide*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2022.

Brandon, Daniel, and Anne Steen-Hansen. "Fire Safety Engineering of Buildings with Visible Timber Structures." In *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering*. Oslo, 2023.

Brandner, Reinhard, Gerhard Flatscher, Andreas Ringhofer, Gerald Schickhofer, and Andreas Thiel. "Cross Laminated Timber—CLT: Overview and Development." *European Journal of Wood and Wood Products* 74 (2016): 331–351.

Buchanan, Andrew H., and Birgit Östman. *Fire Safe Use of Wood in Buildings: Global Design Guide*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2022.

Cassar, Luigi. "Photocatalysis of Cementitious Materials: Clean and Green Construction Materials." *Cement and Concrete Research* 34, no. 9 (2004): 1515–1521.

Chen, Jun, and Chi-Sun Poon. "Photocatalytic Construction and Building Materials: From Fundamentals to Applications." *Building and Environment* 44, no. 9 (2009): 1899–1906.

Coaldrake, William H. *Architecture and Authority in Japan*. London and New York: Routledge, 1996.

Design Indaba. "Linear Park." Design Indaba, 2026.

Designboom. "Elevated Linear Park Reclaims Canal Running Along Brazilian City Center." Designboom, 2026.

Elkhateeb, Ahmed, and Ahmed Al-Sakkaf. "Mycelium-Based Materials in Sustainable Architecture and Design." *Journal of Cleaner Production*, 2020.

Encyclopaedia Iranica. "Chahartaq." Encyclopaedia Iranica. Accessed June 16, 2026.

Engel, Heino. *Measure and Construction of the Japanese House*. Rutland, VT: Charles E. Tuttle Company, 1985.

European Commission. *Nature-Based Solutions and Innovative Approaches for Urban Environmental Challenges*. Brussels: European Commission Publications, 2020.

European Committee for Standardization. EN 15978: Sustainability of Construction Works—Assessment of Environmental Performance of Buildings—Calculation Method. Brussels: CEN, 2011.

European Committee for Standardization. EN 1995-1-1: Eurocode 5—Design of Timber Structures—Part 1-1: General—Common Rules and Rules for Buildings. Brussels: CEN, n.d.

European Committee for Standardization. EN 1995-1-2: Eurocode 5—Design of Timber Structures—Part 1-2: General—Structural Fire Design. Brussels: CEN, n.d.



Fathy, Hassan. *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.

Federal Emergency Management Agency. *Flood Insurance Rate Maps for New York City*. Washington, DC: FEMA, n.d.

Federal Emergency Management Agency. *Flood Insurance Study: City of New York, New York*. Washington, DC: FEMA, n.d.

Folli, Andrea, Morten Strøm, Claus Pade, Thomas Henriksen, and Donald E. Macphee. "Photocatalytic Concrete for NO<sub>x</sub> Reduction: Performance and Limitations." *Cement and Concrete Research* 40, no. 2 (2010): 285–290.

Foster + Partners. "Masdar City: Sustainable Urban Development Project, Abu Dhabi." Foster + Partners, 2007.

Fujii, Koji, and Nacasa & Partners. "Pit House: Architectural Photography." In "Pit House / UID Architects." *ArchDaily*, 2013.

Givoni, Baruch. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

Government of Japan. "Lightning Observations at the Tokyo Skytree." *Highlighting Japan*, October 2017.

Government of Japan. "Pillars of Strength: The Earthquake-Resistant Technologies of TOKYO SKYTREE." *Highlighting Japan*, December 2011.

Government of Japan. "The Merits of Traditional Japanese Houses." *Highlighting Japan*, November 2018.

Heatherwick Studio. "Learning Hub, Nanyang Technological University, Singapore." Heatherwick Studio, 2015.

Hillenbrand, Robert. *Islamic Architecture: Form, Function and Meaning*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1994.

Hou, Z., et al. "The Engawa as Spatial Mediator: Transformation of Design Mechanisms in Japanese Architecture." *Buildings* 16, no. 6 (2026): 1113.

Ingarden, Krzysztof. "The Japanese Traditional House: Spatial Representation of Dualistic Social Codes." *Humanities and Education*, 2025.

Intergovernmental Panel on Climate Change. "Chapter 9: Buildings." In *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change—Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

International Energy Agency. "Buildings." *Energy System*. Paris: International Energy Agency, 2023.

International Living Future Institute. "PAE Living Building." *Living Future*, 2024. Accessed June 16, 2026.

International Organization for Standardization. *ISO 14040: Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework*. Geneva: ISO, 2006.

- International Organization for Standardization. ISO 14044: Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. Geneva: ISO, 2006.
- Ishii, Masaru, et al. "Observation of Lightning at Tokyo Skytree." Paper presented at the International Lightning Detection Conference and International Lightning Meteorology Conference, Tucson, Arizona, 2014.
- Isozaki, Arata. *Japan-ness in Architecture*. Translated by Sabu Kohso. Cambridge, MA: MIT Press, 2006.
- Japan Science and Technology Agency. "Monitoring Greenhouse Gases at Tokyo Sky Tree." Science Portal Asia Pacific, September 2017.
- Japan Seismic Isolation Laboratory. *Further Development of Seismic Isolation and Response Control Technologies*. Japan Seismic Isolation Laboratory, 2024.
- Japan Society of Seismic Isolation. *Terminology for Seismic Isolation Systems*. Tokyo: Japan Society of Seismic Isolation, 2018.
- Jones, Mitchell, Andreas Mautner, Susana Luenco, Alexander Bismarck, and Sabu John. "Engineered Mycelium Composite Materials for Sustainable Construction Applications." *Materials & Design* 187 (2020).
- Kahn, Louis I. *Conversations with Students*. Houston: Rice University School of Architecture, 1998.
- Kani, Nagahide. "Current State of Seismic-Isolation Design." *Journal of Disaster Research* 4, no. 3 (2009).
- Kleffmann, Jörg, and Peter Wiesen. "Photocatalytic Removal of Nitrogen Oxides from the Atmosphere: TiO<sub>2</sub> Applications." *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2005.
- Liven, Håkon, Rune B. Abrahamsen, and Morten Malo. "Mjøstårnet: The World's Tallest Timber Building." In *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2023*. Oslo, 2023.
- Masdar City. "Sustainable Urban Development and Climate-Responsive Design." Masdar City, n.d.
- Masdar City. "Wind Tower and Passive Cooling Strategies in Masdar City." Masdar City Documentation, n.d.
- Miyakawa, Hiroshi. *BIM Utilization in TOKYO SKYTREE*. Tokyo: Obayashi Corporation and Building Research Institute, 2012.
- Moelven Limtre AS. "Mjøstårnet." Official Project Documentation. Moelv, Norway: Moelven Limtre. Accessed June 16, 2026.
- MoMA PS1. "Hy-Fi by The Living: Young Architects Program Exhibition." Museum of Modern Art, 2014.
- Myers, William. *Bio Design: Nature + Science + Creativity*. London: Thames & Hudson, 2012.
- Nakagawa, Kentaro, Dai Shimazaki, Satoshi Yoshida, and Ken Okada. "Application of Seismic Isolation Systems in Japanese High-Rise Buildings." *CTBUH Journal*, no. 2 (2015).
- Nakagawa, Takeshi. *The Japanese House: In Space, Memory, and Language*. Translated by Geraldine Harcourt. Tokyo: International House of Japan, 2005.



Nakamura, Yutaka, and Keiichi Okada. "Review on Seismic Isolation and Response Control Methods of Buildings in Japan." *Geoenvironmental Disasters* 6, no. 1 (2019): 7.

Nanyang Technological University. "The Hive: Learning Hub at NTU Singapore." Nanyang Technological University, 2015.

Natureza Urbana. "Parque Linear Doca, Belém, Pará, Brazil." Natureza Urbana Official Website, 2023.

New York City Department of Design and Construction. "East Side Coastal Resiliency." Official Project Website. City of New York. Accessed June 16, 2026.

New York City Department of Design and Construction. *East Side Coastal Resiliency: Project Background and Design Elements*. New York: City of New York, n.d. Accessed June 16, 2026.

New York City Mayor's Office of Climate and Environmental Justice. "Coastal Infrastructure: East Side Coastal Resiliency." City of New York. Accessed June 16, 2026.

New York City Office of Management and Budget. *East Side Coastal Resiliency Project: Final Environmental Impact Statement*. New York: City of New York, 2019.

New York City Panel on Climate Change. *Advancing Tools and Methods for Flexible Adaptation Pathways and Science Policy Integration*. New York: New York Academy of Sciences, 2019.

Nikken Sekkei Ltd. "TOKYO SKYTREE." Nikken Sekkei Project Archive. Tokyo: Nikken Sekkei, 2012. Accessed June 16, 2026.

Nitschke, Günter. *From Shinto to Ando: Studies in Architectural Anthropology in Japan*. London: Academy Editions, 1993.

Obayashi Corporation. "TOKYO SKYTREE Construction Project." Obayashi Thinking. Tokyo: Obayashi Corporation. Accessed June 16, 2026.

O'Kane, Bernard. "Domes." *Encyclopaedia Iranica* 7, no. 5 (1995): 479–485. Updated November 20, 2013.

Olgyay, Victor. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1963.

Oxman, Neri. *Material Ecology: The Design of Biological and Living Materials*. Cambridge, MA: MIT Media Lab Publications, 2015.

Pannone, M., et al. "The Application of Photocatalytic Materials for Air Pollution Reduction in Urban Environments." *Environmental Science and Pollution Research*, 2016.

Pawlyn, Michael. *Biomimicry in Architecture*. London: RIBA Publishing, 2016.

PICADA Project. *Photocatalytic Innovative Coverings Applications for De-pollution Assessment*. European Union Research Project, 2006.

Pomponi, Francesco, and Alice Moncaster. "Embodied Carbon Mitigation and Reduction in the Built Environment: What Does the Evidence Say?" *Journal of Environmental Management* 181 (2016): 687–700.

Pope, Arthur Upham, ed. *A Survey of Persian Art: From Prehistoric Times to the Present*. London and New York: Oxford University Press, 1938–1939.

Ramage, Michael H., Henry BurrIDGE, Marta Busse-Wicher, George Fereday, Thomas Reynolds, Darshil U. Shah, Guanglu Wu, et al. "The Wood from the Trees: The Use of Timber in Construction." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017): 333–359.

Rapoport, Amos. *House Form and Culture*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1969.

Rebuild by Design. *Rebuilding with Resilience: Lessons from the Rebuild by Design Competition*. New York: Rebuild by Design, n.d.

Rebuild by Design. "The BIG U." *Funded Projects*. New York University, Institute for Public Knowledge. Accessed June 16, 2026.

Rebuild by Design. *The BIG U: Hurricane Sandy Design Competition Report*. New York: Rebuild by Design, 2014.

Rebuild by Design. "The BIG U: Ten-Year Update." New York University, Institute for Public Knowledge, 2024.

Richie, Donald. *A Tractate on Japanese Aesthetics*. Berkeley: Stone Bridge Press, 2007.

Röck, Martin, Marcella Ruschi Mendes Saade, Maria Balouktsi, Freja Nygaard Rasmussen, Harpa Birgisdóttir, Rolf Frischknecht, Guillaume Habert, Thomas Lützkendorf, and Alexander Passer. "Embodied GHG Emissions of Buildings—The Hidden Challenge for Effective Climate Change Mitigation." *Applied Energy* 258 (2020): 114107.

Rosenzweig, Cynthia, and William Solecki, eds. *Climate Risk Information 2013: Observations, Climate Change Projections, and Maps*. New York: New York City Panel on Climate Change, 2013.

SP Fire Research AS. *Fire Testing of Glulam Columns and Connections for Mjøstårnet*. Trondheim: SP Fire Research AS, 2016.

Studio Roosegaarde. "Smog Free Project and Urban Air Purification Technologies." Studio Roosegaarde, n.d.

Studio Roosegaarde. "Smog Free Tower." Studio Roosegaarde, n.d.

The Living. "Alive: A New Spatial Contract for Multispecies Architecture." 17th International Architecture Exhibition, La Biennale di Venezia, Venice, 2021.

The Living. "Hy-Fi: A Biological Brick Tower at MoMA PS1 Young Architects Program." The Living Studio, 2014.

Tokyo Metropolitan Government. "The Japanese Earthquake-Resistance Technologies That Protect TOKYO SKYTREE." Tokyo Updates, December 22, 2023.

TOKYO SKYTREE. "As a Research Site: Scientific Observations at TOKYO SKYTREE." Official TOKYO SKYTREE Website. Accessed June 16, 2026.

TOKYO SKYTREE. "Structural Design: Steel Framework and Core Column Vibration Control System." Official TOKYO SKYTREE Website. Accessed June 16, 2026.



UID Architects. "Pit House, Okayama, Japan." Completed 2011. Architect in Charge: Keisuke Maeda.

UID Architects. "Pit House: Floor Plans, Section, Construction Detail and Exploded Axonometric Drawing." In "Pit House / UID Architects." ArchDaily, 2013.

UNESCO World Heritage Centre. Masjed-e Jame of Isfahan: Nomination Dossier, No. 1397. Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2012.

UNESCO World Heritage Centre. "Masjed-e Jame of Isfahan." World Heritage List, Property No. 1397. Paris: UNESCO World Heritage Centre. Accessed June 16, 2026.

United Nations Children's Fund. Water Scarcity and Access to Safe Drinking Water in Developing Regions. New York: UNICEF, 2019.

United Nations Environment Programme and Global Alliance for Buildings and Construction. 2023 Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond Foundations—Mainstreaming Sustainable Solutions to Cut Emissions from the Buildings Sector. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2024.

United States Department of Housing and Urban Development. Hurricane Sandy Rebuilding Strategy: Stronger Communities, a Resilient Region. Washington, DC: Hurricane Sandy Rebuilding Task Force, 2013.

United States Department of Housing and Urban Development. "Rebuild by Design Hurricane Sandy Design Competition." Washington, DC: HUD, 2013–2014.

Universes in Universe. "The Living: Alive—A New Spatial Contract for Multispecies Architecture." Venice Architecture Biennale, 2021.

Vittori, Arturo. "Warka Water: A Sustainable Solution for Water Access in Rural Communities." Warka Water Project, 2015.

Voll Arkitekter. "Mjøstårnet—The World's Tallest Timber Building." Voll Arkitekter Project Archive. Trondheim: Voll Arkitekter. Accessed June 16, 2026.

Walsh Construction Co. "PAE Living Building." Walsh Construction Co., n.d.

Warka Water. "Warka Water: Atmospheric Water Harvesting Structure." Warka Water Project Documentation, n.d.

Wired. "Daan Roosegaarde and the Smog Free Project: Turning Pollution into Design." Wired Magazine, 2018.

World Architects. "Towards a Probiotic Architecture." World Architects, 2021.

World Health Organization. Drinking-Water: Key Facts and Global Water Access Challenges. Geneva: World Health Organization, 2022.

Young, David, and Michiko Young. The Art of the Japanese Garden. Tokyo: Tuttle Publishing, 2005.

ZGF Architects. "PAE Engineers, The PAE Living Building." ZGF Architects, n.d.

ZGF Architects. "The PAE Living Building Receives Living Building Challenge Certification." ZGF Architects, 2024.

