



دانشگاه گیلان
۱۳۵۳-۱۹۷۴

نماهای دوپوسته زیست اقلیمی

تألیف:
ماری بن بونهام

ترجمه:

دکتر اردلان افلاکی

استادیار دانشکده معماری و هنر دانشگاه گیلان

سیده آیدا حسینی

دانشجوی دکتری دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز

مرکز نشر دانشگاه گیلان

چاپ اول

نماهای دوپوسته زیست اقلیمی

ماری بن بونهام

اردلان افلاکی، سیده آیدا حسینی

Bioclimatic Double Skin Façades

By:

Mary Ben Bonham

Translated by:

Ardalan Aflaki, Ph.D

Seyedeh Aida Hosseini, Ph.D Student

University of Guilan Press

کتاب نماهای دوپوسته‌ی زیست اقلیمی اثر «ماری بن بونهام»، به معرفی و اجرای نماهای دوپوسته‌ی همساز با اقلیم می‌پردازد. در این کتاب پس از معرفی اولیه و ارائه‌ی مبانی نظری، به موضوع راهکارها و ایده‌های اولیه برای بسط و توسعه‌ی نماهای دوپوسته پرداخته می‌شود. در ادامه، پس از دسته‌بندی نماهای دوپوسته، به تاریخچه‌ی این نوع نماها از جمله خاستگاه‌ها، سازگاری و انطباق آن‌ها با محیط پرداخته می‌شود. در نهایت، پس از ارائه‌ی دلایل برای استفاده از نمای دوپوسته، به کارایی آن‌ها در اجرا اشاره می‌شود و با ارائه‌ی نمونه‌های موردی در سراسر دنیا، نماهای دوپوسته‌ی زیست اقلیمی در عمل معرفی می‌شوند.

ISBN : 978-600-153-079-1



ISBN 978-600-153079-1



نماهای دو پوسته زیست اقلیمی

تألیف:

ماری بن بونهام

ترجمه:

دکتر اردلان افلاکی

استادیار دانشکده معماری و هنر دانشگاه گیلان

سیّده آیدا حسینی

دانشجوی دکتری دانشکده هنر و معماری دانشگاه شیراز

مرکز نشر دانشگاه گیلان

۱۴۰۲



۱۳۵۳-۱۹۷۴

شابک: ۱-۰۷۹-۱۵۳-۶۰۰-۹۷۸

سرشناسه	: بونهام، ماری بندیکت Bonham, Mary Benedict
عنوان و نام پدیدآور	: نماهای دو پوسته زیست اقلیمی/تالیف ماری بن‌بونهام؛ ترجمه اردلان افلاکی، سیده آیدا حسینی؛ ویراستار علمی علی‌اکبر سالاری‌پور؛ ویراستار ادبی سیده‌محدثه میرجعفری.
مشخصات نشر	: رشت: دانشگاه گیلان، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ۳۶۱ص: مصور، نقشه، جدول.
شابک	: 978-600-153-079-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Bioclimatic double-skin facades, 2020
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۳۱۹ - ۳۲۰.
موضوع	: سیستم‌های نماسازی و عایق‌کاری خارجی Exterior insulation and finish systems نماهای ساختمانی -- طراحی و ساخت Facades -- Design and construction اقلیم‌شناسی حیاتی Bioclimatology
شناسه افزوده	: افلاکی، اردلان، ۱۳۶۱-، مترجم
شناسه افزوده	: حسینی، سیده‌آیدا، ۱۳۷۲-، مترجم
شناسه افزوده	: سالاری‌پور، علی‌اکبر، ۱۳۶۴-، ویراستار
شناسه افزوده	: دانشگاه گیلان. انتشارات
رده بندی کنگره	: TH ۲۲۳۸/۷
رده بندی دیویی	: ۷۲۹/۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۴۳۳۲۹۳

مرکز نشر دانشگاه گیلان

عنوان کتاب	: نماهای دوپوسته زیست اقلیمی
مؤلف	: ماری بن بونهام
مترجمان	: دکتر اردلان افلاکی، سیده آیدا حسینی
ویراستار علمی	: دکتر علی‌اکبر سالاری‌پور
ویراستار ادبی	: سیده‌محدثه میرجعفری
نوبت چاپ	: اول، ۱۴۰۲
ناشر	: مرکز نشر دانشگاه گیلان
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد

*هرگونه چاپ و تکثیر صرفاً در اختیار مرکز نشر دانشگاه گیلان است.

برای چشمان پر امید او،
آن که نگاهش بر جان، آبی بیکران آرامش دارد....

پیشگفتار مترجمان

کتاب نماهای دوپوسته اقلیمی اثر ماری بن بنهام حاصل تلاش وی در معرفی و اجرای نماهای دوپوسته که با شرایط اقلیمی سازگار می‌باشند، است. در این کتاب پس از معرفی اولیه و مبانی نظری در خصوص این نوع از نماها، به موضوع راهکارها و ایده‌های اولیه برای نماهای دوپوسته پرداخته می‌شود. پس از دسته‌بندی نماهای دوپوسته، به تاریخچه این نوع نما از جمله خاستگاه‌ها، سازگاری و انطباق می‌پردازد. در ادامه پس از انگیزه‌ها برای استفاده از نمای دوپوسته، به کارایی نماهای دوپوسته در اجرا اشاره می‌شود و در نهایت، کتاب حاضر با ارائه نمونه‌های موردی، نماهای دوپوسته زیست‌اقلیمی را در عمل معرفی می‌کند.

مترجمان پس از تجربه تدریس در حیطه معماری و علوم ساختمان و بررسی کتاب‌های منتشرشده در زمینه معماری و تکنولوژی ساختمان به زبان لاتین، بر آن شدند تا با ترجمه این کتاب که در سال ۲۰۲۰ میلادی توسط ناشر تیلور و فرانسیس در دسترس عموم قرار گرفته است، گامی مهم در جهت کاهش فقدان منبع به زبان فارسی و رفع نیاز جامعه علمی در این زمینه بردارند. ارائه دید وسیع در زمینه نماهای دوپوسته از نوع سازگار با اقلیم هرمنطقه، به دانشجویان معماری بصیرت خواهد داد تا با به‌کارگیری این مهم در طرح‌های معماری خود در جهت معماری پایدار در میهن عزیز گام بردارند. درعین‌حال کتاب حاضر با ارائه مباحث آکادمیک در این کتاب از مبانی نظری یک ایده تا مراحل اجرا و ارزیابی پس از اسکان، به‌عنوان منبعی درخور توجه برای مدرسان علاقه‌مند به زمینه علم و فیزیک ساختمان در نظر گرفته می‌شود. لذا با ارائه مباحثی به‌روز در سرفصل دروس اصلی معماری همچون تنظیم شرایط محیطی ساختمان، معماری همساز با اقلیم و طرح‌های معماری می‌توان به اهمیت پایداری در دروس معماری اشاره کرد.

در نهایت، مترجمان بر این باورند آموزش و محیط دانشگاهی می‌تواند نقشی مهم در ارتقاء و بهبود محیط مصنوع پایدار داشته باشد. علاوه‌براین بستر فرهنگی و آموزش در جامعه، پیمایش برای ترقی و دستیابی به یک محیط پایدار را آسان می‌کند. در این حین، از نقش کارفرمایان و سازندگان بناها و شهرها نمی‌توان غافل شد؛ به‌طوری‌که می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در آینده معماری و شهرسازی میهن‌مان داشته باشند. محتوای کتاب حاضر، پاسخی دقیق و روشن به نیازهای مخاطبان عنوان‌شده است؛ به‌طوری‌که از مراحل اولیه ایده و طرح‌واره تا جزئیات اجرایی استفاده‌شده در عمل، تأسیسات در ارتباط با نماهای دوپوسته در ساختمان و در نهایت بررسی رضایت ساکنان از ساختمان‌های طراحی‌شده با نماهای دوپوسته در اقلیم‌های متنوع را دربرمی‌گیرد. مطالعه این کتاب با ارائه دید وسیع، نقشی حیاتی برای نیل به پایداری محیطی در صنعت ساختمان ایفا می‌کند.

شهریورماه ۱۴۰۲

نماهای دوپوسته زیست‌اقلیمی

کتاب «نماهای دوپوسته زیست‌اقلیمی» با بیش از ۲۵۰ عکس و طرح‌های اولیه، یک راهنمای مرجع ضروری برای درک انواع و عملکرد نماهای دوپوسته است. نویسنده «ماری بن بونهام»^۱ تاریخچه و پتانسیل مستمر معماری دوپوسته را بررسی می‌کند، از انواع رویکردهای ممکن اطلاع می‌دهد و یک فرآیند طراحی یکپارچه دقیق را که منجر به کاربرد این نما می‌شود، توصیه می‌کند. این کتاب با انتخاب گسترده‌ای از نمونه‌های معماری، موردتوجه متخصصان و دانشجویان رشته‌های معماری، مهندسی و ساخت‌وساز خواهد بود.

هدف از پنجره‌ها و نماهای دوجداره که با یک فضای محفظه‌مانند بین دوپوسته ساختمان مشخص می‌شوند، بهبود شرایط راحتی در ساختمان و عملکرد انرژی است. نمای دوپوسته شامل پیچیدگی و هزینه‌های اولیه می‌باشد، با این‌وجود ساختمان‌های قابل‌توجهی در نقاط مختلف جهان همچنان این رویکرد را انتخاب می‌کنند. این کتاب، علاوه بر بررسی محرک‌ها، مزایا و ملاحظات برای طراحی با پوسته‌های دوتایی، آغازگر مفاهیم اساسی طراحی نما و استراتژی‌های کنترل محیطی شامل حرارت، نور و صوت است. همچنین فصل‌های کتاب، به انواع جایگزین نماهای با کارایی بالا و مفاهیم مربوط به هر مرحله از طراحی و ساخت نما می‌پردازند.

نماهای دوپوسته زیست‌اقلیمی، طراحی زیست اقلیم را ترویج می‌کند که از طبیعت الهام گرفته شده است، عملکرد آن اندازه‌گیری شده و به‌طور منحصربه‌فردی با آب‌وهوا و مکان سازگار است. مطالعات موردی عمیق نشان می‌دهد که چگونه نماهای دوپوسته با طیف وسیعی از اقلیم‌ها و محیط‌های فرهنگی سازگار شده‌اند: کتابخانه مارسی و دادگاه گرنوبل در فرانسه، کتابخانه عمومی کمبریج در ماساچوست، هیدرو پلیس مانیتوبا در کانادا و برج پیرل ریور در چین. ماری بن بونهام، دانشیار گروه معماری و طراحی داخلی در دانشگاه میامی در آکسفورد، اوهاو است. او یک معمار دارای پروانه اشتغال، طراح داخلی با گواهینامه ان سی آی دی کیو^۲ و دارای گواهینامه حرفه‌ای معتبر لید^۳ است.

پوسته ساختمان، محور دستیابی به اهداف پایداری و تاب‌آوری در ساختمان‌ها و زیستگاه شهری است و نماهای دوپوسته یک استراتژی تثبیت‌شده در پیگیری این اهداف حیاتی است. بونهام با بررسی دقیق و جامع فناوری و کاربرد نماهای دوپوسته که طی زمان طولانی به پایان رسیده است، سهم مهمی در این تلاش دارد. بونهام یک بررسی مفصل و جامع در مورد فناوری و کاربردهای نمای دوپوسته به ما هدیه می‌دهد. این نگاه به عقب و جلو با یک استراتژی تثبیت‌شده در تعقیب حیاتی ساختمان‌های انعطاف‌پذیر، پایدار و زیستگاه شهری، به به‌روزرسانی و زمینه‌سازی بسیار موردنیاز برای این فناوری به‌سرعت در حال تکامل، کمک می‌کند.

میک پترسون^۴

دکتر، عضو لید و بنیان‌گذار سفیر نوآوری و همکاری،

رئیس سابق موسسه تک تونیک نما

1. Mary Ben Bonham
2. NCIDQ

3. LEED
4. Mic Patterson

برای شوهرم دانیل ال بونهام
و پسرمان ایساک بن بونهام
و برای پدر و مادرم لیبی ماتینگلی
و بن اس ماتینگلی، ۱۹۳۹_۲۰۱۵
با قدردانی و تشکر عمیق از محبت و حمایت شما.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
تقدیم مترجمان.....	الف.....
پیشگفتار مترجمان.....	ب.....
نماهای دوپوسته زیست اقلیمی.....	ج.....
قدردانی.....	ظ.....
پیشگفتار.....	غ.....
مقدمه.....	ق.....

فصل اول: معماری از دیدگاه زیست-اقلیم

طبیعت و اقلیم.....	۲.....
اقلیم و فرهنگ.....	۲.....
طراحی زیست_اقلیمی.....	۵.....
طراحی با توجه به اقلیم.....	۶.....
نگاه کل گرایانه.....	۷.....
منطقه های اقلیمی و مدل ها.....	۸.....
اصول و راهنمایی ها.....	۹.....
طراحی با طبیعت.....	۱۰.....
طراحی احیاگر و پایدار.....	۱۱.....
چهارچوبی برای تجزیه و تحلیل.....	۱۱.....
یادداشت.....	۱۳.....

فصل دوم: راهکارها و ایده های اولیه برای نمای دوپوسته

یک راهکار متحد و یکپارچه.....	۱۶.....
فضاهای بینابینی.....	۱۶.....
میزان شفافیت.....	۱۷.....
اجزای پیوسته یک زیست_اقلیم.....	۱۹.....
راهکارها و ایده های اولیه طراحی زیست اقلیمی.....	۲۸.....
عوامل تلاقی کننده (مقاطع).....	۲۸.....
ابعاد معنایی، اجتماعی و تاریخی.....	۲۹.....
بعد نور در ساختمان.....	۳۱.....
بعد گرمایشی (ساختمان).....	۳۳.....
بعد صوتی (سروصدا).....	۳۸.....
ابعاد فضایی و متحرک.....	۴۱.....
به کارگیری مفاهیم.....	۴۱.....

یادداشت ۴۲

فصل سوم: دسته‌بندی نماهای دوپوسته

دسته‌بندی و قطعه‌بندی محفظه‌ای ۴۷

پنجره جعبه‌ای ۴۸

نماهای همراه با دالان‌های هوای جعبه‌ای شکل ۵۰

(نماهای) همراه با کریدور ۵۲

نماهای چندطبقه‌ای ۵۴

حالت و نوع تهویه ۵۷

تهویه خارجی ۵۸

تهویه داخلی ۶۰

تأمین هوا ۶۱

خروج هوا ۶۴

حائل ۶۵

نمای تنفس پذیر ۶۶

نمای محفظه‌بسته ۶۷

حالت‌های متغیر تهویه ۷۰

طبقه‌بندی ساختاری ۷۰

عناصر اولیه، ثانویه و ثالثیه ۷۰

مصالح ساختمانی، ساخت و نصب ۷۱

ملاحظات آتش‌نشانی ۷۲

اصطلاحات جایگزین ۷۲

طبقه‌بندی لنگ و هرز و گ ۷۳

طبقه‌بندی بوک ۷۳

تکامل مداوم ۷۳

یادداشت ۷۴

فصل چهارم: تاریخچه نماهای دوپوسته _ بخش اول خاستگاه‌ها

مناطق حائل (محافظ) در معماری بومی ۷۸

مناطق محافظ پرده‌ای ۷۸

مناطق محافظ لعاب‌دار (شفاف) ۸۱

ظهور نماهای دوپوسته ۸۲

نیمه قرن ۱۹: شیشه به‌منظور استفاده از نور و گرما ۸۳

دیوارهای پرده‌ای شیشه‌ای ۸۵

سقف‌های شیشه‌ای ۸۵

۸۵	قرن ۲۰، شیشه به منظور ایجاد سلامت، آسایش حرارتی و (گاهی) برای تهویه
۸۶	توصیف‌ها در خصوص شیشه
۸۷	دیوارهای شیشه‌ای فعال
۸۸	دیوارهای شیشه‌ای غیرفعال
۸۸	جداسازی نور و تهویه
۸۹	جریان هوا برای (حفظ) سلامت و بهداشت
۹۰	پنجره‌های خورشیدی برای خانه‌های خورشیدی
۹۰	سیستم‌های تهویه مطبوع قاعده را عوض می‌کند!
۹۱	پیشرفت‌ها در صنعت شیشه
۹۲	پنجره‌ها و نماها برای عبور جریان هوا
۹۳	نیمه قرن ۲۰: توجه به آکوستیک و تهویه در معماری نماهای دوپوسته اولیه
۹۳	دیوارهای فعال برای یک ساختمان اداری با پلان باز
۹۴	مدرسه خورشیدی
۹۴	یک سرمایه‌گذاری ایده‌آل
۹۵	دهه ۱۹۷۰: توسعه نماهای دوپوسته با تمرکز بر مبحث انرژی
۹۵	اولین نماهای دوپوسته در آمریکای شمالی
۹۶	دهه ۱۹۸۰: آزمایش‌ها و تجربیات
۹۶	نماهای دوپوسته اولیه در اروپا
۹۸	یادداشت

فصل پنجم: تاریخچه نماهای دوپوسته - بخش دوم سازگاری و انطباق

۱۰۸	دهه ۱۹۹۰، اشاعه در اروپا
۱۰۸	نمای دوپوسته برای انواع مقیاس‌ها و کاربردها
۱۰۹	برج اداری مدرن
۱۱۰	دیگر راهکارهای حائز اهمیت در ساختمان‌های اداری مجهز به نمای دوپوسته
۱۱۴	قرن ۲۱، گسترش جهانی
۱۱۵	بازگشت به آمریکای شمالی
۱۱۷	مقاوم‌سازی نما
۱۲۰	استمرار و تداوم بهره‌گیری از نمای دوپوسته در اروپا
۱۲۱	شکستن مانعی به نام عرض جغرافیایی
۱۲۴	ساختمان‌های بلندمرتبه
۱۲۴	ساخت‌وساز واحد
۱۲۵	اختلاط و ترکیب با سازه ساختمان
۱۲۶	ساختمان‌های فوق بلند

یادداشت ۱۲۸

فصل ششم: نماهای دوپوسته: انگیزه‌ها و جایگزین‌ها

انگیزه‌ها ۱۳۲

پارادایم‌های در حال تکامل ۱۳۲

خاستگاه‌ها و مقررات ۱۳۳

شاخص‌های انتخاب نما ۱۳۴

مزایا، موارد قابل توجه و هزینه‌ها ۱۳۵

تحلیل هزینه و فایده (نمای دوپوسته) ۱۳۵

مطالعاتی در لندن ۱۳۶

هزینه‌های اضافه‌تر ۱۳۹

جایگزین‌ها ۱۳۹

نمای تک‌پوسته با دو یا سه لایه لعاب ۱۳۹

نمای تک‌پوسته با سایبان خارجی ۱۴۱

نمای تک‌پوسته با تهویه طبیعی: ساختمان کم‌ارتفاع ۱۴۲

نمای تک‌پوسته با تهویه طبیعی: ساختمان بلندمرتبه ۱۴۳

دیوارهای پرده‌ای ۱۴۵

دیوارهای پرده‌ای سبز: ساختمان‌های کم‌ارتفاع ۱۴۶

دیوارهای پرده‌ای سبز: ساختمان‌های بلندمرتبه ۱۴۶

دیوارهای پرده‌ای: در اقلیم گرم ۱۵۰

پاسخ «نه» به تمام‌شیشه‌ای بودن ۱۵۱

یادداشت ۱۵۴

فصل هفتم: کارایی نمای دوپوسته در عمل

کارایی نما ۱۵۸

فرآیند طراحی نما ۱۵۸

۱- پیش از طراحی: ایده‌های اولیه و شاخص‌ها ۱۶۰

تعیین معیارهای عملکرد کل ساختمان ۱۶۰

اهداف و ارزیابی کانسپت‌ها ۱۶۲

شاخص‌های طراحی نمای متفاوت ۱۶۳

۲- طراحی شماتیک: مدل‌ها و تکرار ۱۶۳

مدل‌های فیزیکی ۱۶۳

مراحل اولیه مدل‌های دیجیتال ۱۶۵

تدقیق طراحی نما نسبت به الزامات کل ساختمان ۱۶۵

۳- توسعه طراحی: شبیه‌سازی کارایی ۱۶۵

۱۶۶.....	مدل سازی عملکرد دیجیتال
۱۶۷.....	مطالعات نورپردازی
۱۶۸.....	مطالعات جریان هوا و حرارت
۱۷۱.....	نمونه فلوجارت در شبیه سازی
۱۷۳.....	۴- مدارک ساخت: همکاری با سازندگان
۱۷۳.....	۵- مناقصه/خرید نهایی: مدارک طراحی ساخت نهایی
۱۷۴.....	۶- ساخت و فروش: مدل های آزمایشگاهی، نصب و تضمین کیفیت
۱۷۹.....	۷- ارزیابی پس از اسکان و بازخورد
۱۷۹.....	ارزیابی موقت
۱۷۹.....	ارزیابی دائم
۱۸۰.....	چهارچوب های ارزیابی پس از اسکان
۱۸۰.....	پر کردن خلأها
۱۸۱.....	یادداشت
۱۸۳.....	فصل هشتم
۱۸۳.....	نمای دوپوسته
۱۸۳.....	مطالعات موردی

فصل هشتم - بخش اول: کتابخانه مارسی (مارسی، فرانسه، ۱۹۹۷-۲۰۰۴)

۱۸۶.....	مقدمه
۱۸۶.....	اهداف پروژه
۱۸۷.....	نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه
۱۸۷.....	نمای کلی ساختمان
۱۸۷.....	زمینه های اقلیم و فرهنگ
۱۸۸.....	سایت و برنامه
۱۹۲.....	آتریوم
۱۹۶.....	ساخت و اجرای نمای دوپوسته
۱۹۸.....	ویژگی اول نمای دوپوسته: اجتناب از گرما در آبوهوای گرم
۱۹۹.....	ویژگی دوم نمای دوپوسته: بهینه سازی نور روز برای اتاق های مطالعه
۲۰۰.....	ویژگی سوم نمای دوپوسته: نوآوری مواد
۲۰۲.....	بحث
۲۰۹.....	یادداشت

فصل هشتم - بخش دوم: دادگاه گرنوبل کاخ عدالت گرنوبل

۲۱۲.....	مقدمه
۲۱۲.....	نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

۲۱۳	نمای کلی ساختمان
۲۱۳	زمینه‌های اقلیم و فرهنگ
۲۱۴	سایت و برنامه
۲۱۸	نماها
۲۱۹	آتریوم
۲۲۱	اتاق‌های دادگاه
۲۲۳	ساختار ساختمان
۲۲۳	ساخت و اجرای نمای دوپوسته
۲۲۵	ویژگی نمای دوپوسته ۱: جریان هوای قابل تنظیم
۲۲۵	برای سازگاری فصلی
۲۲۷	ویژگی دوم نمای دوپوسته ۱: نور روز قابل کنترل
۲۲۷	ویژگی سوم نمای دوپوسته: بافر آکوستیک
۲۳۱	نمای دوپوسته ۲ ویژگی اول: نمای نازکی که نفس می‌کشد
۲۳۱	نمای دوپوسته ۲ ویژگی دوم: سایه‌اندازی بیرونی نور خورشید
۲۳۲	بحث
۲۳۴	یادداشت

فصل هشتم - بخش سوم: کتابخانه عمومی کمبریج (کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹-۲۰۰۲)

۲۳۹	مقدمه
۲۳۹	اهداف پروژه
۲۳۹	نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه
۲۴۰	نگاه اجمالی به ساختمان
۲۴۰	آب‌وهوا و فرهنگ
۲۴۳	سایت و برنامه
۲۴۸	نماها
۲۴۸	ساخت و اجرای نمای دوجداره
۲۴۹	ویژگی اول نمای دوپوسته: جهت‌گیری و حجم
۲۵۱	ویژگی نمای دوم دوپوسته: وسایل چندانة کنترل خورشیدی
۲۵۴	ویژگی نمای دوپوسته ۳: ساختاری برای شفافیت
۲۵۶	ویژگی چهارم نمای دوپوسته: جریان هوای فصلی تطبیقی
۲۵۹	ویژگی پنجم نمای دوپوسته: طراحی شده برای آسایش
۲۶۱	بحث
۲۶۳	یادداشت

فصل هشتم - بخش چهارم: هیدرو پلیس مانیتوبا (وینیپگ، کانادا، ۰۹-۲۰۰۴)

مقدمه	۲۶۷
اهداف پروژه	۲۶۷
نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه	۲۶۸
خلاصه ساختمان	۲۶۹
محتوای آب و هوا و فرهنگ	۲۶۹
موقعیت و نقشه	۲۷۰
نماها	۲۷۳
طراحی زیست اقلیمی تمام ساختمان	۲۷۴
ساخت و عملکرد نمای دوجداره	۲۷۹
ویژگی اول نمای دوپوسته: جهت گیری و حجم	۲۷۹
ویژگی دوم نمای دوپوسته: بهینه سازی برای آسایش حرارتی و بصری	۲۸۱
ویژگی سوم نمای دوپوسته: حالت های چندگانه تهویه طبیعی	۲۸۳
ویژگی چهارم نمای دوپوسته: ساخت کریدور	۲۸۴
ویژگی پنجم نمای دوپوسته: هدفمندسازی و آزمایش برای انرژی پایین / عملکرد بالا	۲۸۶
بحث	۲۸۸
یادداشت	۲۹۰

فصل هشتم - بخش پنجم: برج رودخانه مروارید گوانگژو، چین، ۱۳-۲۰۰۵

مقدمه	۲۹۴
اهداف پروژه	۲۹۵
نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه	۲۹۶
مرور کلی ساختمان	۲۹۶
آب و هوا و فرهنگ	۲۹۷
سایت و برنامه ریزی	۲۹۸
حجم و جهت گیری	۳۰۱
نماها	۳۰۲
ساخت نمای دوپوسته و کارایی آن	۳۰۳
ویژگی نمای دوپوسته شماره یک: دریافت نور روز	۳۰۴
ویژگی نمای دوپوسته دوم: ادغام با سیستم های تهویه مطبوع	۳۰۶
ویژگی شماره سوم نمای دوپوسته: دیوار پردهای یکپارچه با پروفیل نازک	۳۰۹
ویژگی شماره چهارم نمای دوپوسته: مقاومت در برابر رطوبت و نفوذ هوا	۳۱۲
ویژگی شماره پنجم نمای دوپوسته: شکل گرفته برای جذب جریان هوا و انرژی خورشیدی	۳۱۳
ویژگی شماره ششم نمای دوپوسته: کارایی بالا با مصرف انرژی کم	۳۱۶

۳۱۷	 بحث
۳۱۹	 یادداشت
۳۲۱	 منابع
۳۲۷	 نمایه



عکس هوایی از سطح زمین، آب کم عمق و توپوگرافی سایه دار.

توسط ناسا، زمین قابل رؤیت



قدردانی

هنگام تحقیق در مورد ساختمان‌های پایدار با کارایی بالا، ابتدا به دلیل زیبایی و کمی، بعد به دلیل چالش درک نحوه عملکرد آن‌ها به سمت نماهای دوپوسته جذب شدم. مروری بر ادبیات، تمام اطلاعاتی را که می‌توانستم درباره این نوع ساختمان خاص بدانم را آشکار کرد، اما همواره رؤیای تبدیل مقالات پراکنده و گنجینه‌های چاپ‌نشده را به یک کتاب مفید، داشتم.

این پروژه بدون تشویق و حمایت افراد زیادی امکان‌پذیر نبود که نام همه آن‌ها در اینجا ذکر نشده است اما باین‌وجود از آن‌ها تشکر می‌کنم. با قدردانی از «وندی فولر»^۱ برای نقش او در کتاب «لائورا ویلیامسون»^۲، «گریس هریسون»^۳ و «جولیا پولاکو»^۴ و بقیه اعضای گروه «رولتیج»، تیلور و فرانسیس^۵ برای راهنمایی‌ها در زمینه تخصصی ویراستاری. همکاران و دانشجویان کارشناسی ارشد من در دانشگاه میامی، به‌ویژه دکتر «رابرت بنسون»^۶ برای پیشنهاد کتاب، «جان ویگان»^۷ به‌عنوان حامی همیشگی توسعه کتاب، و «متیو ویلبر»^۸ برای مشارکت در تصاویر. با تشکر از کالج هنرهای خلاق دانشگاه میامی، گروه معماری + طراحی داخلی، مرکز نشر هووی^۹، کمیته تحقیقات دانشکده و دفتر پیشرفت تحقیقات و بورس تحصیلی؛ حمایت شما از پروژه درست در لحظات مناسب انجام شد. بسیاری از افراد علمی و تجربیات حرفه‌ای خود را در این تلاش سهیم کردند. تشکر ویژه از داوران ناشناس پیشنهادی کتاب و از افراد زیر برای اجازه استفاده از عکس‌هایشان و بازنشر مالکیت معنوی‌شان: تری میر بوک، مارک اسلیپس^{۱۰}، عکاسی رابرت بنسون^{۱۱}، گروه گریفث^{۱۲}، عکاس معماری؛ سیه ژانگ^{۱۳}، تنسری مولیانی^{۱۴}، جف واگلیو^{۱۵}، مایک پترسون^{۱۶}، تی جی دقانیار^{۱۷}، آندره دهیدر و معماری با اقلیم^{۱۸}؛ خاویر لونکور^{۱۹} و بی بی آر آی^{۲۰}، رولف دیتر لیب^{۲۱}، ابرهارد اوسترل^{۲۲}، مارتین لوتز^{۲۳} و وینفرید هوسلر^{۲۴}.

- **کتابخانه مارسیل:** پاسکال پوگی^{۲۵}، کورین ازاوین^{۲۶}، جین رومن ژیروده^{۲۷} و دفتر آدرین فاینسیلبر و همکاران^{۲۸}، کارول گروست جین جین^{۲۹} و بی ام وی آر مارسیل^{۳۰}، فردریک برتراند از مارسی آمیناژمان^{۳۱}.
- **دادگاه گرنوبل:** دفتر معماری واسکونی^{۳۲}، توسط توماس شینکو^{۳۳}، جین پائول لتر^{۳۴}.
- **کتابخانه کمبریج:** وارن پیرسون^{۳۵} و سوزان فلانری از کتابخانه عمومی کمبریج^{۳۶}، کوین برگرون^{۳۸}، کلیفورد گیلی^{۳۹} و دفتر ویلیام راون همکاران^{۴۰}، گلن برنارد^{۴۱} و دفتر مهندسان واندرویل^{۴۲}، جنیفر گرمک^{۴۳} و دفتر مشاوران لمسوریر^{۴۴}.
- **ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا:** تام آکر استریم^{۴۵} و جولی جروینو^{۴۶} از مانیتوبا هیدرو، جان کراکر^{۴۸}، گلن کلام^{۴۹} و دفتر معماری و مهندسی اسمیت کارتر^{۵۰} (معماری ۴۹)، جان پترسون^{۵۱}، لوئیجی لاروکا^{۵۲} و دفتر معماران کی پی ام بی^{۵۳}.
- **برج پیرل ریور:** کیت بوسول^{۵۴}، شین چنگ^{۵۵}، لوک لیونگ^{۵۶}، یو ژو^{۵۷} و دفتر اسکیدمور، اوینگز و مریل^{۵۸} و ژو مینگ ی^{۵۹}.

1. Wendy Fuller
2. Laura Williamson
3. Grace Harrison
4. Julia Pollacco
5. Routledge / Taylor & Francis
6. Dr. Robert Benson
7. John Weigand
8. Matthew Willbur
9. Howe
10. Mark Eclipse
11. Robert Benson Photography
12. Tim Griffith
13. Siye Zhang
14. Tansri Muliani
15. Jeff Vaglio
16. Mic Patterson
17. T. J. Deghanyar
18. André De Herde and Architecture et Climat
19. Xavier Loncour
20. The BBRI

21. Rolf Dieter Lieb
22. Eberhard Oesterle
23. Martin Lutz
24. Winfried Heusler
25. Pascal Poggi
26. Corinne Ezavin
27. Jean Romain Girodet
28. The office of Adrien Fainsilber Associates
29. Carole Grousset-Jeanjean
30. BMVR Marseille
31. Frédéric Bertrand of Marseille Aménagement
32. Gernoble
33. Vasconi Architectes
34. Thomas Shinko
35. Jean-Paul Leterreur
36. Warren Pearson
37. Susan Flannery
38. Kevin Bergeron
39. Clifford Gayley

40. William Rawn Associates
41. Glenn Bernard
42. Vanderweil
43. Jennifer Grymek
44. LeMessurier
45. Manitoba Hydro Place
46. Tom Akerstream
47. Julie Gervino
48. John Crocker
49. Glen Klym
50. Smith Carter
51. John Peterson,
52. Luigi LaRocca,
53. KPMB
54. Keith Boswell
55. Shean Cheng
56. Luke Leung
57. Yue Zhu
58. Skidmore, Owings and Merrill
59. Zhiming Ye

پیشگفتار

من برای اولین بار در سال ۲۰۱۲ مکاتبه با مری بن بونهام^۱ را با توجه به علاقه متقابل ما به استفاده از سیستم‌های نمای دوپوسته آغاز کردم. تحقیقات خود من درباره سیستم‌های نمای دوپوسته، در سال ۲۰۰۱ شروع شد و منعکس‌کننده علاقه دانشجویان به تعدادی از ساختمان‌های برجسته اخیر بود که برایشان از آن نوع نما استفاده کرده بودند. این نوع نماها در آن زمان کاملاً جدید بود و تجربه عملی در این زمینه کافی نبود. برخی از تحقیقات منتشرشده در آن زمان دردسترس بود که عمدتاً بر ایجاد گونه‌شناسی به‌عنوان وسیله‌ای برای درک و کاوش کاربردهای سیستم‌ها تمرکز می‌کردند اما مطالعات درباره داده‌های چاپ‌شده یا مطالعات موردی، با توجه به فرصت‌های محدود برای پیاده‌سازی سیستم، اندک بود. نوشته‌ای درباره این موضوع از ابرهارد استرل^۲ و نویسندگان همکار تا این لحظه جامع‌ترین نمونه مرجع باقی مانده است. متن سال ۲۰۰۱ تنها به پروژه‌هایی اشاره می‌کند که در اروپا، در آب‌وهوای نسبتاً معتدل و در کشورهایی که شناخته شده‌اند استراتژی‌های پیشرفته‌تری را اتخاذ می‌کنند که کاملاً برخلاف محدوده آب و هوایی با شرایط سخت‌تر است؛ به‌ویژه در محیط آمریکای شمالی که من و پروفیسور بونهام هردو مشغول تدریس بودیم.

متعاقباً پروفیسور بونهام یک بررسی بین‌المللی دقیق را انجام داد که طیف وسیع‌تری از کاربردها در آب‌وهوای مختلف را در برمی‌گرفت. تحقیقات او در مورد سیستم‌های دوپوسته، رویکردی منحصربه‌فرد و متمرکز بر طراحی دارد و به طیف گسترده‌ای از کاربردهای آن از دوران ابتدایی تاکنون اشاره می‌کند، همان‌طور که بسیاری از تحقیقات عمیق اولیه دو دهه پیش منتشر شده، کتاب او با ادغام طیف گسترده‌ای از کارهای جدیدتر خلأ بزرگی را برطرف می‌کند و ارزیابی مجدد متفکرانه‌ای از استراتژی‌های اولیه و تکالیف نوع‌شناختی ارائه می‌دهد. کتاب نمای دوپوسته زیست‌اقلیمی بیش از هفت‌سال تحقیق پرشور این نویسنده را نشان می‌دهد و در نتیجه منبع فوق‌العاده‌ای برای خواننده خواهد بود. از زمان شروع کاربرد نمای دوپوسته در عصر حاضر آمریکای شمالی که در ساختمان کسیدنتال کمیکال^۳ (آبشار نیاگارا، نیویورک، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۸۱) به‌کار گرفته شد، بحث‌های زیادی پیرامون طبقه‌بندی گونه‌شناختی، کاربرد، منافع واقعی و پایداری نماها وجود داشته است. طبقه‌بندی دقیق گونه‌شناسی، در ایجاد صحیح قابلیت‌های افزایش‌یافته سیستم محفظه‌ای نمای دوپوسته، نسبت به انواع استاندارد محفظه تک‌پوسته‌ای ضروری است. طیف وسیعی از انواع عملکرد که می‌توانند برای انواع ساختمان‌ها و اقلیم‌های مختلف اعمال شوند، جزئیات را کاملاً چالش‌برانگیز می‌کند. از آنجایی که انتشار کربن یک سیستم نمای دوپوسته به‌وضوح بیشتر از یک سیستم دیوار پرده‌ای استاندارد است، باید دلایل قانع‌کننده‌ای برای حمایت از مزایای نمای دوپوسته از نظر طراحی پایدار نسبت به انواع دیوارهای استاندارد وجود داشته باشد.

درحالی که اعتبار صرفه‌جویی در انرژی ارائه‌شده از طریق سیستم نمای دوپوسته، ممکن است به‌عنوان دلیل اصلی پیشنهاد استفاده اولیه از آن باشد، به دلایل حفظ حریم خصوصی و امنیت شرکت، به‌دست آوردن داده‌های انرژی پس از اسکان ساختمان، دشوار بوده است که البته دلیل دیگری ممکن است وجود داشته باشد، اما در اکثر موارد، ناشناخته است. پیچیدگی سیستم نمای دوپوسته و تنوع گونه‌شناختی آن در ارتباط با یک رابطه، بیشتر وابسته به عملکرد با آب‌وهوا است، همچنین گنجاندن نمای دوپوسته در نرم‌افزار مدل‌سازی انرژی را دشوار کرده است و دوباره مانع دیگری برای اجرای صحیح سیستم ایجاد می‌کند.

اگرچه داده‌های انرژی - شبیه‌سازی شده یا جمع‌آوری شده پس از اسکان - روش ارجح ارزیابی است، در چهل سال اخیر توسعه مداوم و استفاده از سیستم‌های نمای دوپوسته، طیفی از مزایا را نشان داده است. این نماها ممکن است از ساختمانی به ساختمان دیگر به‌عنوان تابعی از نمای دوپوسته^۴، بسته به نوع ساختمان و آب‌وهوا متفاوت باشند، اما می‌توانند منافع انسانی و مالی بلندمدت و صرفه‌جویی در انرژی مورد استفاده را فراهم کنند.

1. Mary Ben Bonham
2. Eberhard Oesterle

3. The Occidental Chemical
4. DSF

آن‌ها از نزدیک با معیارهای ارزیابی در بسیاری از سیستم‌های رتبه‌بندی ساختمان‌های سبز، هماهنگ هستند و ابزار معتبری برای ایجاد ارزش واقعی در کاربرد یک سیستم نمای دوپوسته فراهم می‌کنند.

پیچیدگی نمای دوپوسته از نظر طراحی، جزئیات و تجزیه و تحلیل مزایای آن، خارج از چیزی است که اکثر معماران و مهندسان مطالعه کرده‌اند. به‌منظور توسعه استفاده از آن‌ها در پروژه‌ها، لزوم درک کامل از اساس طراحی آن‌ها و یک رویکرد جامع «قوانین سرانگشتی» که با گونه‌شناسی‌های واضح و برنامه‌های کاربردی شروع می‌شود، درجایی که متون قبلی تمایل بیشتری به تمرکز بر مسائل صرفاً فنی داشتند، کتاب نمای دوپوسته زیست‌اقلیمی^۱ یک رویکرد مقایسه‌ای جامع برای ایجاد مزایای سیستم، به‌صورت پروژه به پروژه از طریق یک ماتریس طراحی زیست‌اقلیمی منحصربه‌فرد در این زمینه مطابق جدول ۱-۲ اتخاذ می‌کند. نویسنده، مبنایی برای ارزیابی طیفی از مزایا در طول مرحله طراحی پروژه در اختیار طراح قرار می‌دهد. این ماتریس مبنای، همچنین به‌عنوان یک ابزار مشارکتی عمل می‌کند که از طریق آن گفتگو با مشاوران، مشتری و پیمانکاران را شکل می‌دهد.

مطالعات موردی منبع بسیار مفیدی برای طراحان است که آن‌ها را قادر می‌سازد تا در عمل کاربرد انواع مختلف، سیستم‌ها و جزئیات را بهتر تجسم کنند. پروفیسور بونهام علاوه بر مروری بر نمونه‌های معاصر سیستم‌های نمای دوپوسته، تعداد و نمونه‌های زیادی را ارائه می‌دهد که بسیاری از آن‌ها را بازدید کرده‌است تا یک نگاه عمیق‌تر ارائه دهد. نمونه‌های گنجانده‌شده از طیف وسیعی از مناطق جغرافیایی و آب‌وهوایی انتخاب شده‌اند که مبنایی برای درک برخی از تفاوت‌های ظریف موردنیاز در طراحی دقیق بر طبق شرایط زیست‌اقلیمی فراهم می‌کند. مطالعات موردی هم با مواد ارائه‌شده از طریق عکس‌های دقیق متعدد، به‌خوبی نشان داده شده‌اند و به خواننده درک کاملی از کاربرد دقیق نوع نمای دوپوسته خاص در پروژه ارائه می‌دهند. مبنای زیست‌اقلیمی برای ماتریس طراحی، همان‌طور که در مطالعات موردی به‌کار می‌رود، آموزش باکیفیتی را برای طراحان فراهم می‌کند تا از روش‌شناسی نوع تفکر طراحی که هسته اصلی این تحقیق است، پیروی کنند.

سیستم‌های نمای دوپوسته همچنین رویکرد معتبری را برای دستیابی به طراحی پایدار سازگارتر با آب‌وهوا، هم برای ساختمان‌های جدید و هم برای استفاده مجدد تطبیقی از ساختمان‌های موجود که پوشش‌های آن‌ها نامناسب شده است، به ما ارائه می‌کنند. کتاب نمای دوپوسته زیست‌اقلیمی ابزارهایی را در اختیار ما قرار می‌دهد تا سطح بالاتری از درک مورد طراحی را فراهم کند.

تری میر بروک^۲، لیسانس و فوق‌لیسانس معماری، عضو لید^۳

تری میر بروک استاد معماری در دانشگاه واترلو، کانادا است. او مدیر پروژه «طراحی با تاکید بر عدم وجود کربن»^۴ و پروژه «انجمن مربیان علوم ساختمان» بود و همچنین در این زمینه مهم سخنرانی داشته‌است. انتشار کتاب فعلی او به بررسی استراتژی جزئیات متمرکز بر معماری برای سازه‌ای که از نظر معماری در معرض دید قرار گرفته، از جمله فولاد پیچیده و سازه‌های دیاگراید است.

1. Bioclimatic Double-Skin
Facades

2. Terri Meyer Boake
3. LEED

4. The Carbon Neutral Design

مقدمه

چرا نماهای شیشه‌ای دوپوسته بسازیم؟ نمای دوپوسته که با فضای میانی مانند فضای هوا بین دوپوسته‌ی لعابی ساختمان مشخص می‌شود، سطحی از پیچیدگی و هزینه‌ی اولیه را معرفی می‌کند که در مقایسه با نماهای تک‌پوسته در نگاه اول قابل توجه نیست. با این حال، برای پروژه‌های ساختمانی مهم در مکان‌هایی در سراسر جهان همچنان این رویکرد را انتخاب می‌کنند. کتاب نمای دوپوسته‌ی زیست‌اقلیمی، تداوم این مفهوم نمای ساختمان را بررسی می‌کند. این کتاب توضیح می‌دهد که چگونه روش لایه‌بندی چندین پوسته‌ی ساختمان - که جزء اصلی بسیاری از معماری‌های بومی است - در طول زمان توسعه یافته و دارای تنوع شده است تا نیازهای در حال تکامل زیبایی‌شناسی، راحتی انسان و استفاده از انرژی را برآورده کند.

انتخاب نوع نمای ساختمان باید نسبت به موقعیت، آب‌وهوا، کاربری و اهداف معماری پروژه با دقت انجام شود. پروژه‌های ساختمانی معاصر عملکرد زیست‌محیطی بالایی را می‌طلبند. این بدان معناست که معیارهای طراحی برای سلامت و رفاه انسان، پایداری زیست‌محیطی و کاهش اتکا به منابع انرژی تجدیدناپذیر، در کنار انتظارات آشنا برای ایمنی ساختمان، تناسب برای استفاده، مقرون‌به‌صرفه بودن و جذابیت‌های زیبایی‌شناختی اهمیتی دوباره پیدا کرده‌اند. درحالی‌که تمرکز این کتاب بر راه‌حل‌های ارائه‌شده توسط نمای دوپوسته است، همچنین بر این واقعیت تأکید می‌کند که معیارهای طراحی معاصر را می‌توان با انواع دیوارها و مصالح نما برآورده کرد. نماهایی با نسبت کمتر پنجره به دیوار را می‌توان به آسانی برای کارایی بالا با استفاده از مواد مات با مقاومت حرارتی بالا طراحی کرد. در نماهایی با لعاب (شیشه) زیاد، می‌توان انتظار داشت که عملکرد بالا نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر در مواد و طراحی داشته باشد. شیشه‌های دو یا سه عایق، پوشش‌ها و فیلم‌های کم‌تابش و سیستم‌های قاب با کارایی بالا، استراتژی‌های ضروری برای کاهش تلفات حرارتی هستند. دستگاه‌های کنترل خورشیدی، قابل تنظیم برای کاهش بیشتر گرما و حفظ راحتی بصری برای ساکنان ضروری هستند.

نمای دوپوسته برای ارتقاء بیشتر عملکرد حرارتی، نورانی، صوتی و زیبایی‌شناختی محفظه‌های شیشه‌ای با کارایی بالا، توسعه داده‌شده. علاوه بر مزایای استاتیکی فضای هوا، عناصر دینامیکی مانند دهانه‌های تهویه قابل کنترل و دستگاه‌های آفتاب‌گیر یکپارچه حفره‌ای می‌توانند به تغییر آب‌وهوا و نیازهای ساکنان پاسخ دهند. در بسیاری از موارد، بهبود از طریق ساخت‌وساز دوپوسته، کاری بیشتر از این نمی‌کند که ساختمان حداقل الزامات کد انرژی را برآورده کند. در بهترین حالت، نمای دوپوسته، عناصری از طراحی زیست‌اقلیمی کل ساختمان است و به ساختمان کمک می‌کند که به سطوح بالاتری از حفظ انرژی و آسایش محیطی دست یابد.

منتقدان فناوری نمای دوپوسته به افزایش هزینه‌های اولیه در طراحی و ساخت، از دست رفتن درآمدهای اجاره‌ای (از دست رفتن فضا و ارزش ملکی) و شکست سیستم‌ها در برآورده کردن عملکرد مدل‌سازی شده اشاره می‌کنند. طرفداران اما، کیفیت محیطی داخلی و کاهش هزینه‌های عملیاتی در طول چرخه عمر ساختمان را برجسته می‌کنند. این بحث مانع از آن می‌شود که واقعیت داده‌های عملکرد پس از اسکان جمع‌آوری شود یا خارج از دایره‌های دانش حرفه‌ای و مشتری در دسترس قرار گیرد. در این خصوص توافق کلی وجود دارد که عملکرد انرژی به‌تنهایی هزینه بالاتر رویکرد دوپوسته تمام‌شیشه را توجیه نمی‌کند. نمای دوپوسته به‌عنوان یک استراتژی در نمای ساختمان که نقش حیاتی ارتباط بصری و نقش‌های فیزیکی مرتبط با انرژی و آسایش محیطی داخلی را بهبود می‌بخشد، به بهترین شکل درک می‌شود.

ساخت‌وساز دوپوسته به طور فراگیر استفاده نمی‌شود، اما به یک گزینه تقریباً استاندارد برای پروژه‌های تجاری و عمومی در بخش‌هایی از اروپا تبدیل شده است، جایی که این فناوری در ابتدا از آنجا توسعه یافته‌است و دانش تجربی ساخت‌وساز آن گسترده شده است. با گسترش دانش، انواع مختلفی از نمای دوپوسته در ساختمان‌های دیگر کشورها و قاره‌ها اعمال شده است. صدور یک استراتژی پیچیده‌ی نما که برای یک آب‌وهوای خاص اصلاح شده است به سایر مناطق جهان، خطرات عملکرد نامناسب یا عدم تناسب مکان را دارد.

با مطالعات موردی از جمله مناطق مختلف آب‌وهوایی و تنظیمات فرهنگی، پیام این کتاب این است که نماها باید با رویکرد زیست‌اقلیمی طراحی شوند تا در پارادایم فعلی ما موفق باشند. برای اینکه اکنون نماهای معماری ماهرانه باشند، باید بخشی از یک رویکرد طراحی زیست‌اقلیمی کل ساختمان باشند؛ الهام گرفته از طبیعت، با عملکرد مناسب و به‌طور منحصربه‌فرد با مکان سازگار شوند. معماری باید انتشار کربن را کاهش دهد، سوخت‌های فسیلی را حفظ کند، به جهان طبیعی احترام بگذارد و محیطی اعتلایی و پایدار برای انسان فراهم کند. کتاب نمای دوپوسته زیست‌اقلیمی، باهدف تجلیل از تاریخچه و پتانسیل مستمر معماری نمای دوپوسته، اطلاع‌رسانی در مورد انواع رویکردهای ممکن و توصیه به یک فرآیند طراحی یکپارچه دقیق را که منجر به کاربرد می‌شود ارائه می‌دهد.



تصویر ۱-۱. تھویه در پروژه ادن^۱، منبع: مایک پیل^۲.

-
1. Eden
 2. Mike Peel(www.mikepeel.net)

فصل اول

معماری از دیدگاه زیست-اقلیم

«زیست_اقلیم» عموماً مربوط به معماری‌ای می‌شود که از شرایط اقلیمی بهره می‌گیرد و گاه‌ها در پاسخ به آن شرایط برمی‌آید. طراحی بر اساس زیست_اقلیم، با توجه به خرد اقلیم، فرم و بافت بنا، به روش‌های غیرفعال کاهش مصرف انرژی، به کار گرفته می‌شود تا وابستگی به سیستم‌های مکانیکی فعال کاهش یابد [۱]. اما باید توجه داشت که طراحی زیست_اقلیمی موضوعی فراتر است، جایی که می‌توان از آن به‌عنوان طراحی پاسخ‌ده به محیط یادکرد که به‌طور بالقوه به اجزای طراحی برای انسان اشاره می‌کند. این نوع طراحی، دانش طراحی و بومی یا اولویت‌های معماری از طبیعت را همواره به خدمت می‌گیرد، درحالی‌که اجازه می‌دهد فضایی آزاد برای بیان و رشد معماری که به دغدغه‌های معماری مدرن و صلاحیت استفاده از تکنولوژی جهان توجه دارد پرداخته شود. در این فصل به معرفی منشأ و خاستگاه طراحی زیست_اقلیمی با مراجعه به نوشتار و تحقیقات در خصوص مؤلفه‌های مؤثر در شکل‌گیری به این موضوع می‌پردازیم.

طبیعت و اقلیم

(ساختار سلولی که گنبد ژئودوزیک با آن ساخته شده) در پروژهٔ ادِن^۱ در کورن وال^۲ انگلستان در سال ۲۰۰۱، توسط تیم اسمیت^۳، شناخته شد و گروه معماری گریمشاو^۴ آن را طراحی کرد. ساخت پروژه در زمینی با پوشش گیاهی آسیب‌دیده و خاک رسی استفاده‌شده، انجام شد و پروژه قصد داشت تا آگاهی عمومی در خصوص وابستگی متقابل بین انسان‌ها و گیاهان ایجاد کند. جنبهٔ طراحی معماری در این پروژه دلالت بر استعداد، مهارت و تأثیر طبیعت به‌صورت گنبدی‌های حباب‌شکل دارد که در یک گودال با پوشش گیاهی نامنظم، در کنار هم مستقر شده‌اند. پنل‌های شش‌گوشهٔ ساخته‌شده با مصالح پلاستیکی ای تی اف ای^۵ در یک ساختار گنبد ژئودوزیک از هوا پر شده‌اند، گیاهان نواحی استوایی و مدیترانه‌ای را دربرگرفته‌اند. همچنین باغ در فضای باز نشان‌دهندهٔ اقلیم معتدل است. علاوه بر این یک ساختمان آموزشی به نام «هسته» در سال ۲۰۰۵ به مجموعه اضافه شد. پروژهٔ ادِن، علاوه بر استفاده از مصالح کارآمد به‌نمایش گذاشته در ساختار گنبدها، انرژی تجدیدپذیری را تولید و از آن‌ها بهره می‌برد. نور طبیعی روز و آب باران را جمع‌آوری می‌کند و ضایعات و مواد زائد را بازیافت می‌کند [۲]. به‌عنوان یک معماری متفاوت و خاص از معماری همسو با زیست_اقلیم، پروژهٔ ادِن، نه‌تنها برای پاسخگویی به اقلیم محل طراحی شده است، بلکه الهام از طبیعت، التیام بخشیدن به مناظر سبز و آموزش در ارتباط با اکوسیستم زمین را به خدمت می‌گیرد و درنهایت به بازدیدکنندگان ذره‌ای از تجربهٔ در طبیعت بودن را می‌دهد.

اقلیم و فرهنگ

در کنار جغرافیای یک منطقه، منابع زیرزمینی و حیوانات، اقلیم محلی در شکل‌گیری فرهنگ یک مکان و ساکنان آن نقش بازی می‌کند. اقلیم درواقع نوعی آگاهی از نحوهٔ پوشش اجتماعی، علایق، اجتماعات، آداب‌ورسوم و عادات می‌دهد.

1. Eden
2. Cornwall

3. Smit
4. Grimshaw

5. ETFE



شکل ۱-۲. بیوم‌ها^۱ در پروژه ادن در کورن وال، منبع: جولیس نوتبوک^۲.

معماری متمرکز به زیست_اقلیم، برخاسته از فرهنگ یک مکان و مردمانش در پاسخی فناورانه به اقلیم آن منطقه می‌باشد. در ساختمان مرکز فرهنگی «جیم ماری تی جیباو»^۳، در شهر نومئا، کالدونیای جدید^۴، مصالح ساختمانی بومی که هوشمندانه به اقلیم پاسخ می‌دهند، در کنار فرم‌های ساختمان‌های بومی ساخته‌شده به دست مردمان بومی جزیره کاناکس^۵ با فرم مخروطی در ناحیه جنگلی جزیره، الهام‌بخش و به وجود آورنده دسته‌ای از پوسته‌های کروی شکل ظریف در مرکز فرهنگی شده‌اند. به‌منظور پاسخ به بعد فیزیولوژیکی سایت، معماری به فاکتورهایی چون منظر سبز سایت، بادهای غالب و دیگر عرصه‌های طراحی در منطقه‌ای حاره‌ای و مرطوب توجه کرده‌است. با استفاده از تجارب فضایی و متافیزیکی به‌منظور پاسخ به آداب‌ورسوم منطقه کالدونیای^۶ (منطقه‌ای در اسکاتلند امروزی)، معماری در این منطقه توجه ویژه به ابعاد فیزیولوژیکی و فرهنگی سایت داشته است. «لیزا فیندلی»^۷ در ارتباط با این پروژه می‌نویسد: «پیانو»^۸، برای اجرای این پروژه نیازمند یک تصمیم قاطعانه برای یافتن راهکارهای تکنیکی غیربومی بوده‌است. به همین منظور ستون‌های مورد استفاده در پروژه و دیگر اجزای ساخت‌وساز که نیاز به ساخت و تکنولوژی پیشرفته داشتند در فرانسه تولید شدند»^۹ [۳]. در پروژه اشاره‌شده می‌توان این‌طور گفت که تشابهی با طراحی زیست‌اقلیمی که توجه به شرایط بومی و کاهش اثرات سوء طراحی وجود دارد دیده نشده است.

هزینه‌های صرف‌شده و تأثیر سوء محیطی مصالح ساختمانی وارداتی (از فرانسه) که از مهندسی پیشرفته‌ای در ساخت آن‌ها بهره گرفته شده است، تعادل بین اصول و معادلات پایداری را که از اقتصاد، محیط و برابری نشأت می‌گیرد بر هم می‌زند. با این حال مشارکت مداوم پروژه در میراث به‌جامانده از فرهنگ و معماری کالدونیای، با معیارهای معمول قابل سنجش نیست. همانند هر معماری‌ای، پروژه‌های ادن و تی جیباو^۹ نشان می‌دهد که اولویت‌ها و انتخاب‌ها برای هر بنا یک سناریوی عملی و اجرایی بی‌همتا و خاص رقم می‌زند.

1. Biome
2. Julies Notebook
3. Jean-Marie Tjibaou

4. Noumea, New Caledonia
5. kanaks
6. Caladonia

7. Lisa Findley
8. Piano
9. tjibaou



شکل ۱-۳. مرکز فرهنگی اِدِن و تی جیباو جدید، منبع: فانی استرچزر^۱.



شکل ۱-۴. خانه کاناک^۲ با سقف حكاکی‌شده، منبع: فانی استرچزر

1. Fanny Schertzer

2. Kanak

با توجه به موضوع زیست_اقلیم، سؤالات مطرح شده این است که: آیا همچون پروژه‌ی اِدِن، فرم معماری می‌بایست تحت اثر و الهام از پدیده‌ی طبیعی ایجاد شود یا آیا باید بر اساس اصول معماری بومی مانند آنچه در پروژه‌ی مرکز فرهنگی تی جیباو، دیده شد، عمل کرد؟ روش‌های مؤثر به کارگرفته‌شده (در این پروژه‌ها) مکان‌های بسیار خاطره‌انگیزی ایجاد می‌کنند اما نمی‌توانند به‌عنوان تنها مجوز انحصاری برای طراحی زیست_اقلیمی قلمداد شوند. جستجوی خالصانه و بهینه به‌منظور پاسخ به محیط کالبدی احاطه‌کننده‌ی معماری و توجه به نیازها با برنامه‌ای مدون، مورد اهمیت و الهام در معماری برخی بناها بوده‌است که درنهایت به فرم زیبا و قابل‌ستایش دست‌یافته‌اند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که طراحی زیست_اقلیمی، از رویکردهای متعدد انسان‌گرایانه استفاده می‌کند و علاوه بر آن، طراحی فنی و عملکردی، به‌منظور پاسخ به اقلیم به‌عنوان پایه و اساس در تمامی این رویکردها قابل‌حذف و کنار گذاشتن نیست.



شکل ۵-۱. مدلی از مرکز فرهنگی ژان ماری تی جیباو^۱، منبع: میشموشیموشی و گابی^۲

طراحی زیست_اقلیمی

تعریف و معنی واژه «بیوکلماتیک»^۳ در فرهنگ لغات به تأثیر اقلیم بر موجودات زنده و روابط بین این دو اشاره دارد [۴]. این واژه در تحقیقات زیست‌شناسی، در اوایل قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفت و بعدها در حوزه‌ی معماری نیز به کار رفت. پیش از به‌کارگیری طراحی زیست_اقلیمی، محیط‌گرایی و راهکارهای غیرفعال خورشیدی به‌منظور کاهش مصرف انرژی در طراحی‌های معماری مورد توجه قرار گرفت. طراحی زیست_اقلیمی، هوشمندانه به دلیل ادغام

1. Jean-Marie Tjibaou

2. Mishmoshimoshi/gabi

3. Bioclimatic

راهکارهای فعال و غیرفعال به شکل زیست محیط انسان‌گرایانه بود تا پاسخ مناسبی به اقلیم دهد. اصول زیست‌اقلیمی، متعاقباً پایه‌های فلسفه‌های طراحی زیست و پایدار را شکل داد که وابستگی متقابل بین طراحی و طبیعت را آشکار ساخت [۵]. اولین ردپای توجه گسترده به معماری زیست‌اقلیمی در اواسط قرن بیستم و در مطالعات «برادران اولگی»^۱ نمایان شد.

طراحی با توجه به اقلیم

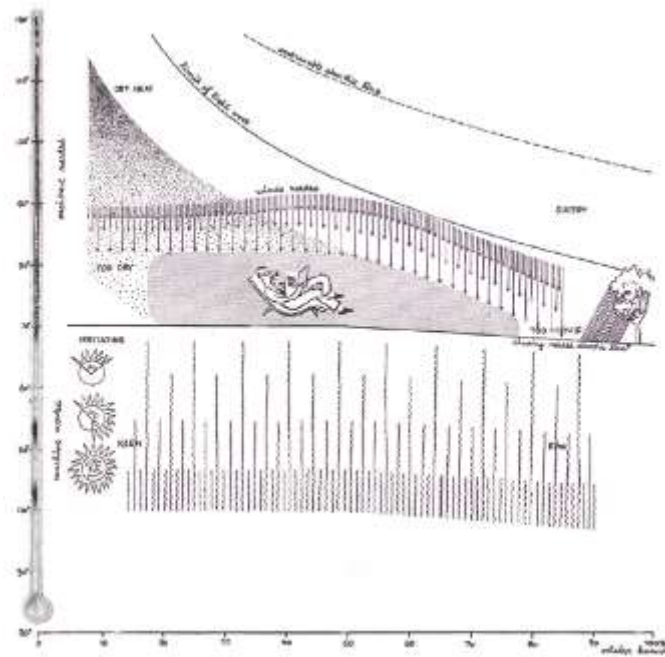
«ویکتور» و «آلادار اولگی»^۲، معماران مهاجر مجارستانی، زمانی که سالیان متمادی به تمرین و تدریس معماری در دانشکده معماری دانشگاه پرینستون^۳ در ایالات نیوجرسی آمریکا مشغول بودند، روش‌ها و تکنیک‌های طراحی خود را بسط و گسترش دادند [۶]. ویکتور اولگی در پیشگفتار کتاب «طراحی با توجه به اقلیم: رویکرد زیست‌اقلیم به معماری منطقه‌گرایانه» (۱۹۶۳)، چرا آگاهی از تأثیر اقلیمی بر ساختمان اهمیت دارد؟ می‌نویسد: «با در نظر گرفتن گسترش ملموس جمعیت‌ها و ارتباطات، به پایه و قوانین معماری نیازمند هستیم که آگاهی نسبت به تأثیر اقلیم بر محیط انسان‌ساخت و ترکیب راهکارهای گذشته در مقابل مشکلات با تکنولوژی جدید مدنظر قرار گیرد» [۷].

اگرچه نیم‌قرن می‌گذرد اما علاوه بر اینکه این موضوع هنوز جدید است، حتی عمل به آن شایسته فوریت است. در ادامه پیشگفتار این کتاب، اولگی به دنبال سازمان‌دهی مشکل کنترل اقلیمی که نیازمند کوششی مجذانه در علوم مختلف از جمله زیست‌شناسی (برای آگاهی از آسایش انسان)، آب‌وهوا (برای آگاهی از اقلیم) و مهندسی (برای یافتن راه‌حل) است، می‌پردازد. (شکل ۱-۶). ماهیت رویکرد طراحی زیست‌اقلیمی اولگی، به‌عنوان شاخص طرح‌واره زیست‌اقلیمی، به‌طور گرافیکی به نمایش گذاشته شده است. با توجه به شکل، راحتی و آسایش فیزیولوژیکی انسان در منطقه‌ای، که از برهم‌کنش دمای هوا و رطوبت نسبی به‌وجود آید دیده شده است. در روش اولگی، داده‌های آب‌وهوایی برای یک منطقه جغرافیایی خاص، بر روی چارت زیست‌اقلیمی چاپ می‌شود که به طراح کمک می‌کند تا پاسخ‌های مشخص و ویژه با راهکارهای طراحی غیرفعال به اقلیم داده شود. لذا راهکارهای معمارانه همچون کنترل تابش خورشیدی، باد و رطوبت در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد تا هوای داخل ساختمان برای ساکنان بهبود یابد. مهم‌تر از آن، اولگی همواره اصرار دارد تا معماران با وسایل غیرمکانیکی، هوای داخل ساختمان را کنترل کنند و به‌سبب آن به آسایش حرارتی دست یابند و به‌طور هم‌زمان به سلامت ساکنان و سرزندگی آن‌ها در کنار صرفه‌جویی در هزینه‌ها توجه داشته باشند.

1. Olgyay

2. Victor and Aladar Olgyay

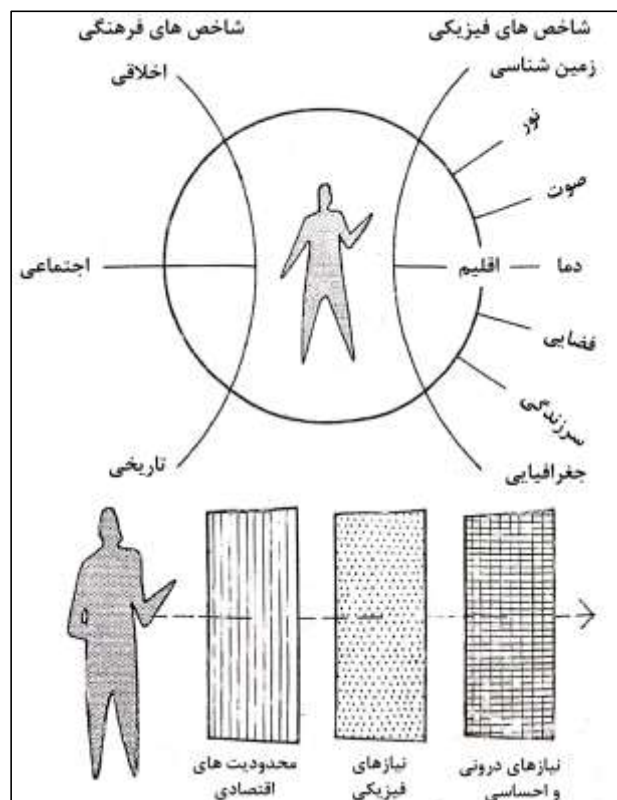
3. Princeton



شکل ۱-۶. "شاخص زیست-اقلیمی شماتیک اولگی"، منبع: باز نشر با مجوز انتشارات دانشگاه، از کتاب "دیزاین با توجه به اقلیم"^۱، ویکتور اولگی^۲، ۱۹۶۳

نگاه کل‌گرایانه

اگرچه فلسفه اولگی در موضوع معماری زیست-اقلیمی، بر پایه روش علمی و عینی و بدون نظر شخصی بود، و وجه ذهنی و وابسته به طرز تفکر شخصی طراحی و پاسخ به نیازهای انسانی در معماری دیده نشده است. در حقیقت بنیاد و اساس کار اولگی، نگاهی کل‌گرایانه نسبت به انسان در محیط زندگی می‌باشد. شکل ۱-۶، نقطه آسایش یک فرد در مرکز طرح‌واره شاخص زیست-اقلیمی را نمایش می‌دهد. این شکل توانایی انسان و محدودیت‌های او در تعدیل کردن و وفق دادن خود در بنا با مؤلفه‌های محیطی را نشان می‌دهد؛ موضوعی که امروزه مورد بحث و تبادل نظر است و متخصصان به دنبال راهکارهایی برای آسایش تطبیقی انسان با محیط و در حال مطالعاتی در زمینه رفتار تطبیقی ساکنان با محیط خود، هستند. در شکل ۱-۷، دید جامعی از انسان که در مرکز شاخص‌ها است و مؤلفه‌های فیزیکی و فرهنگی‌اش، تحت نموداری با عنوان «مؤلفه‌هایی که بر بیان معمارانه ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارد»، توسط اولگی ارائه می‌شود. با توجه به این دیدگاه، تجلی معماری دارای سه بعد اخلاقی، اجتماعی و تاریخی می‌باشد که در شاخص فرهنگی نمود پیدا می‌کند.



شکل ۷-۱. "عوامل مؤثر بر بیان معماری اولگی"، منبع: بازنشر با مجوز انتشارات دانشگاه پرینستون، از طراحی با توجه به اقلیم^۱، ویکتور اولگیای، ۱۹۶۳

از طرف دیگر عرصه‌های مربوط به زمین‌شناسی، اقلیم و جغرافیا، شاخصه فیزیولوژیکی معماری را ایجاد می‌کنند. این عرصه‌ها در قالب نور، صوت، دما، فضا و روح‌بخشیدن به فضای مصنوع انسان‌ساخت، انعکاس می‌یابد. برای پاسخ به این اثرات، اصولاً طراحی از سه فیلتر اقتصادی، فیزیکی و نیازهای درونی و احساسی می‌گذرد. رویکرد زیست‌اقليمی اولگی، قصد دارد به معماران اجازه دهد تا با ترکیب غنی این عرصه‌ها که اقلیم یکی از آنهاست، به طراحی خلاقانه ناشی از آگاهی و بصیرت دست یابند [۸].

منطقه‌های اقلیمی و مدل‌ها

طراحی همساز با اقلیم، داده‌های اقلیمی و راهکارهای طراحی برای چهار منطقه از ایالات متحده آمریکا ارائه می‌دهد: اقلیم معتدل (نیویورک)^۲، اقلیم سرد (مینیاپولیس)^۳، اقلیم گرم‌وخشک (فونیکس)^۴ و اقلیم گرم‌ومرطوب (میامی)^۵. مدل‌های آسایش زیست‌اقليمی انجام‌شده توسط باروک گیوانی^۶، با مدل اولگی در تقابل و تفاهم قرار دارند. در اوایل دهه ۱۹۶۰، زمانی که او به‌عنوان استاد تمام در دانشگاه لس‌آنجلس^۷ بود، تحقیقات خود را بر روی مناطق گسترده‌تری در جهان بسط داد؛ به‌طوری‌که اقلیم مدیریت‌شده، اقلیم گرم‌وخشک و اقلیم خشک‌وبیابانی که مربوط به زادگاهش اسرائیل است و در نهایت اقلیم حاره‌ای مرطوب را در نظر گرفت [۹]. در دهه‌های بعدی روش‌های متعدد طراحی زیست‌اقليمی بسط یافتند که در آن طراحی معماری پاسخگو به اقلیم، با فرآیند طراحی معماری ادغام شد و پیشنهادها و راهنمایی‌هایی در خصوص توده ساختمان‌ها و جهت‌گیری آن‌ها در مراحل اولیه طراحی معماری ارائه شد. در طول این مسیر، ابزارهایی چون آسایش محیطی و اقلیم‌وارد حوزه‌های محاسباتی شدند. به‌طور مثال نرم‌افزار مشاور

1. Design with Climate
2. New York
3. Minneapolis

4. Phoenix
5. Miami
6. Baruch Givoni

7. UCLA

آبوهوا^۱، که توسط موری میلن^۲ و همکاران در دانشگاه یوسی ال ای^۳ بسط و توسعه یافت، در حال حاضر نیز به ارائه و تولید نمودارهای سایکرومتریک^۴ و اقلیمی براساس داده‌های آبوهوایی یک منطقه خاص می‌پردازد که طراحان را به سمت طراحی پاسخ‌ده به محیط و اقلیم و همچنین راهکارهای کاهش مصرف انرژی و حفظ آن هدایت می‌کند [۱۰]. در فصل هفتم، به ادامه این موضوع و به معرفی دیگر نرم‌افزارهای محاسبات طراحی که به شبیه‌سازی و آنالیز محیط واقعی می‌پردازند، خواهیم پرداخت.

اصول و راهنمایی‌ها

توسعه اصول طراحی زیست-اقلیمی از طریق دولت و تحقیقاتی حمایت‌شده در دانشگاه‌ها را می‌توان در موضوعات دیگری دنبال کرد. در سال ۱۹۷۴، بخش تحقیقات و انتشارات آژانس بین‌المللی انرژی آی ای ای^۵، شکل گرفت که سعی بر ارائه برنامه‌هایی براساس به‌کارگیری سرمایه‌های گرمایش خورشیدی داشت. در بخش هشتم این تحقیقات که با تلاش ۱۴ کشور مشارکت‌کننده انجام شد، به ساختمان‌های با مصرف انرژی کم که از راهکارهای غیرفعال و یا ترکیبی خورشیدی استفاده می‌کند می‌پردازد، تا بدین منظور به سرعت بخشیدن در خصوص درک فنی و همچنین قابل‌دسترس بودن خانه‌های غیرفعال خورشیدی که مصرف انرژی بهینه‌ای دارند توجه شود [۱۱]. بعد از انجام یک تحقیق توسعه‌یافته و هماهنگ در بازه زمانی معین، آژانس انرژی آی ای ای، مجموعه هشت کتابچه در سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۸۹ به انتشار رساند. در اولین کتابچه، اصول طراحی برای انرژی در ساختمان در سال ۱۹۸۸ توسط گروهی از محققان در دانشگاه کاتولیک^۶ در لوین بلژیک مهیا شد. این سند طراحی برگرفته از دفترچه راهنمای معماری و اقلیمی بود [۱۲]. این کتاب که با هدایت و راهنمایی «آندره دی هرده»^۷، در سال ۱۹۸۰ مهیا شده بود، به دنبال ارائه راهکارها و ابزارهایی به منظور طراحی با توجه به اقلیم است که آسایش حرارتی و بصری را فراهم می‌کند. در عین حال به حفظ و صیانت از مصرف انرژی مرتبط با حفظ سرمایه‌های گرمایش و روشنایی توجه ویژه دارد. نقطه مورد تأکید در این تحقیق، آگاهی و شناخت از طرح‌واره‌های اولیه برای طراحی بنا، به منظور دستیابی به روش‌های غیرفعال سرمایه‌های گرمایش بود [۱۳]. شکل ۱-۸ و جدول ۱-۱، شش طرح‌واره اولیه برای انجام در مناطق اقلیمی مختلف را نشان می‌دهد [۱۴]. رسالت به اشتراک گذاشتن یافته‌ها و علوم در این زمینه توسط آی ای ای با کوشش‌هایی از جانب دیگر سازمان‌های چندملیتی به طور موازی انجام شد.

جدول ۱-۱. نمودار ارجاع متقابل مفاهیم طراحی زیست-اقلیم با مناطق آبوهوایی.

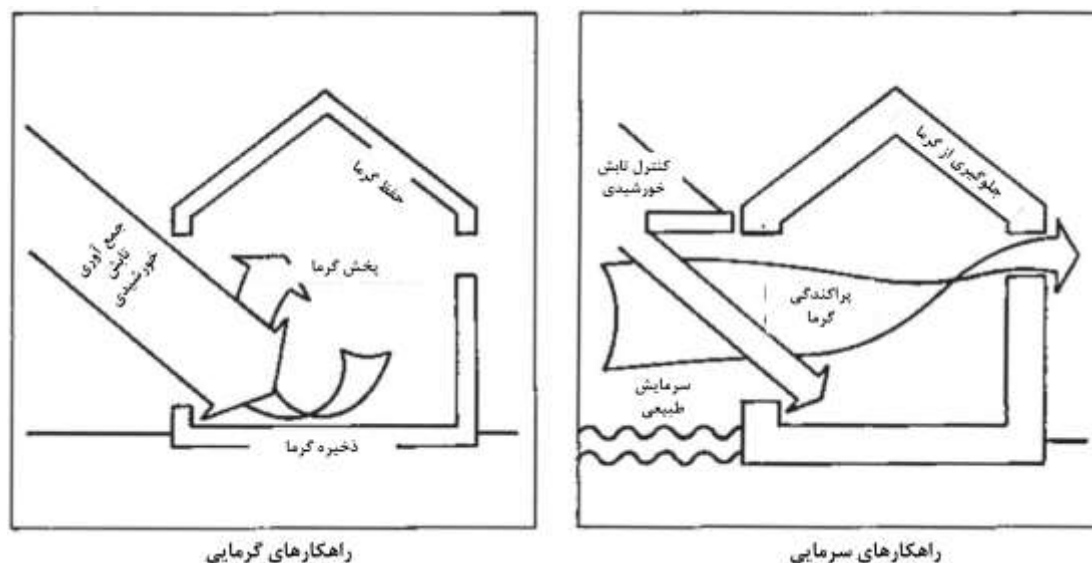
معتدل و مرطوب	گرم و خشک	حاره‌ای مرطوب		تابستان	زمستان
		خشک	بارانی		
•	•				
•	•				
•	•				
•					
	•	•	•	•	•
	•	•	•	•	•

منبع: نویسنده، از معماری و اقلیم ۱۹۸۶^۸ که با مجوز استفاده، دوباره ترسیم شده است.

1. Climate Consultant
2. Murray Milne
3. UCLA

4. Psychometric
5. IEA
6. Catholic

7. André De Herde
8. Architecture et Climat (1986)



شکل ۸-۱. تصویری از استراتژی‌های گرمایش و سرمایش از معماری و اقلیم، منبع: تکثیرشده با مجوز از معماری و اقلیم، ۱۹۸۶

گروه «جنبش مردمی» با نام «معماری با راهکارهای غیرفعال به منظور کاهش مصرف انرژی»، در اوایل دهه ۱۹۸۰، با به رسمیت شناختن «نیاز به توقع به اشتراک‌گذاری دانش فنی و حرفه‌ای در سطح جهانی» ظهور کرد [۱۵]. مجموعه مقالات به چاپ رسیده در کنفرانس‌های «پی لی»^۱ اشاره به قابلیت جایگزینی راهکارهای طراحی زیست_اقلیمی و غیرفعال به منظور کاهش مصرف انرژی دارد. در نهایت آیا تمایز و تفاوتی برای طراحی زیست_اقلیمی، فراتر از تأکید بر راحتی همراه با مصرف انرژی کم وجود دارد؟

طراحی با طبیعت

برای اکثریت پیشوند «بیو» در «بیوکلایمتیک»، این نظریه را فراتر از زمینه آسایش بیولوژیکی و اقلیم، گسترش می‌دهد؛ تا آگاه شوند ساختمان‌ها چگونه بر لایه زیستی کره زمین تأثیر می‌گذارد: طراحی زیست_اقلیمی برای محیط زیست و اکوسیستم‌های زمین مضر نیست. با توجه به نگرانی‌های فزاینده در خصوص تأثیر معماری بر محیط زیست «کن یانگ»^۲ معمار، تئوری طراحی زیست محیطی را در مطالعات دکتری خود در دانشگاه کمبریج در سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۷۴، ارائه داد. پایان‌نامه یانگ بعدها در سال ۱۹۹۵ با عنوان «طراحی با طبیعت، مبنایی زیست محیطی برای طراحی معماری»، منتشر و پس از آن، «ساختمان‌های بلندمرتبه با در نظر گرفتن زیست اقلیم» در سال ۱۹۹۶ و پس از آن مطالب تأثیرگذار دیگری منتشر شد. یانگ معتقد است که ساختمان‌ها باید از سیستم‌های اکولوژیکی تقلید کنند و به عنوان عناصر مصنوعی با بیوسفر زمین یکی شوند [۱۶].

دیدگاه مشابهی توسط «دیوید لویید جونز»^۳، در سال ۱۹۹۸ در کتابی تحت عنوان «معماری و محیط زیست: طراحی ساختمان‌های زیست اقلیم» نقل شده است. معماری در یک تعادل هماهنگ در سیستم‌های زمین، هوا و آب ادغام شده است و موجودات زنده این زیست کره را پر می‌کنند. جونز ساختمان زیست اقلیمی را به عنوان «تعادل چرخه‌های زیستی مرتبط با زمین» توصیف می‌کند [۱۷]. زمانی که رابطه بین اقلیم با انسان و زیست‌شناسی انسانی در نظر گرفته می‌شود، جونز یک پلت‌فرم^۴ زیست_اقلیمی را برای رسیدن به نیازهای عاطفی و روانی انسان، همراه با نیازهای فیزیولوژیکی‌اش، بسط و گسترش می‌دهد. امروزه این گستره کامل‌تر از نیازهای بشر به عنوان «سلامت و رفاه» بیان می‌شود. جونز

1. PLEA
2. Ken Yeang

3. David Lloyd Jones
4. Platform

معماری زیست‌اقلیمی را به‌گونه‌ای تعریف می‌کند؛ که آن چیزی بیش از صرفه‌جویی مصرف انرژی و آسایش فیزیولوژیکی است: معماری زیست‌اقلیمی؛ یعنی ساختمان‌هایی که در آن‌ها از طبیعت الهام گرفته شده است و استراتژی روشنی برای به حداقل رساندن تخریب محیط‌زیست دارند و حس رفاه را ترویج می‌دهند [۱۸]. این مرجع، دغدغه‌های انسان‌گرایانه و منطقی طراحی را قاطعانه به‌هم مرتبط می‌کند؛ درحالی‌که ممکن است این مقوله در برخی از محیط‌های تحقیقاتی که بر مؤلفه‌های عینی تمرکز دارند، کم‌رنگ شود. مفهومی کامل از طراحی زیست‌اقلیمی، کار بسیاری از محققان و متخصصان معاصر را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد.

طراحی احیاگر و پایدار

امروزه دغدغه‌های طراحی زیست‌اقلیمی در مفهوم وسیع طراحی پایدار که جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی انرژی، شهرسازی و حمل‌ونقل را همراه با ساخت و بهره‌وری از ساختمان‌های فردی در نظر می‌گیرد، پیچیده شده است.

واژه «پایداری»، در زمینه محیط مصنوع، در گزارش برتلند^۱ با مضمون «آینده مشترک ما»، در سال ۱۹۸۷ ظهور پیدا کرد. نتایج این گزارش در کمیسیون جهانی سازمان ملل متحد به دلیل تعریف توسعه پایدار به‌عنوان «توسعه‌ای که نیازهای زمان حال را بدون به‌خطر انداختن توانایی نسل آینده برای برآوردن نیازهای خود، برآورده می‌کند» به یادگار مانده است [۱۹]. امروزه معیارها و روش‌های سنجش پایداری در معماری در سیستم‌های رتبه‌بندی مانند: «بریم و لید^۲» و چالش ساختمان‌های در حال استفاده، متفاوت است [۲۰]. مفاهیم توسعه‌یافته طراحی پایدار، همچون طراحی احیاکننده و تولید انرژی مازاد بر مصرف، ماهیت ارتباط بین انسان و سیستم‌های انرژی را بیشتر تأکید می‌کند. اگرچه اصطلاح «بیوکلماتیک» از نظر معنایی محدودتر از پایداری می‌باشد، اما به دلیل تأکید آن بر رابطه بین اقلیم و روابط انسانی در طراحی، در مباحث و تحقیقات معماری مورد توجه است.

کاهش مصرف انرژی و ردپای کربن، به‌وسیله طراحی غیرفعال و استفاده از سیستم‌های مکانیکی کارآمد که توسط ارگان‌هایی مانند خانه و معماری غیرفعال در سال ۲۰۳۰ با ارائه راهکارهایی لحظه‌ای مطرح شد، حقیقتاً در چند دهه گذشته به کانون نوآوری در معماری تبدیل شده است [۲۱]. اکثر راهکارهای زیست‌اقلیمی اجرا شده در این کتاب، از نظر دستیابی به سطوح حفاظت از انرژی با استفاده از علم و مصالح ساختمانی، به‌روز است. نمونه‌های ارائه شده در این کتاب نگاه به گذشته دارد و مسیرهای نامرتب و غالباً ناقصی را که در گذشته طراحان آزموده‌اند تا از نماهای شیشه‌ای برای حفظ آسایش و کاهش مصرف انرژی بهره ببرند، معرفی می‌کند. هم‌زمان با این منظر، این کتاب نگاه به آینده نیز دارد. چشم‌انداز طراحی زیست‌اقلیمی، نوعی هم‌افزایی اساسی در طراحی می‌باشد که در پی برآورده ساختن شرایط جهت احیای پایداری برای رسیدن به مصرف انرژی صفر است. طراحی زیست‌اقلیمی رویکردی مثبت دارد که تقاضای انرژی را به شدت کاهش می‌دهد و درعین حال از سلامت انسان و سیاره محافظت می‌کند و در نهایت از رفاه انسان حمایت می‌کند. با توجه به این رویکردهای گفته‌شده، موضوع معماری زیست‌اقلیمی نمای دوپوسته در این کتاب مطرح شده است. از کارخانه اسباب‌بازی استیف^۳ در آلمان تا برج پیرل ریور^۴ در شهر گوانگژو در چین، فصل‌های این کتاب محرک‌ها و تفکرات زیست‌اقلیمی پنهان‌شده در پس استفاده گسترده از شیشه و تحقق آن‌ها به‌وسیله نوآوری‌های تکنولوژیکی را آشکار می‌سازد.

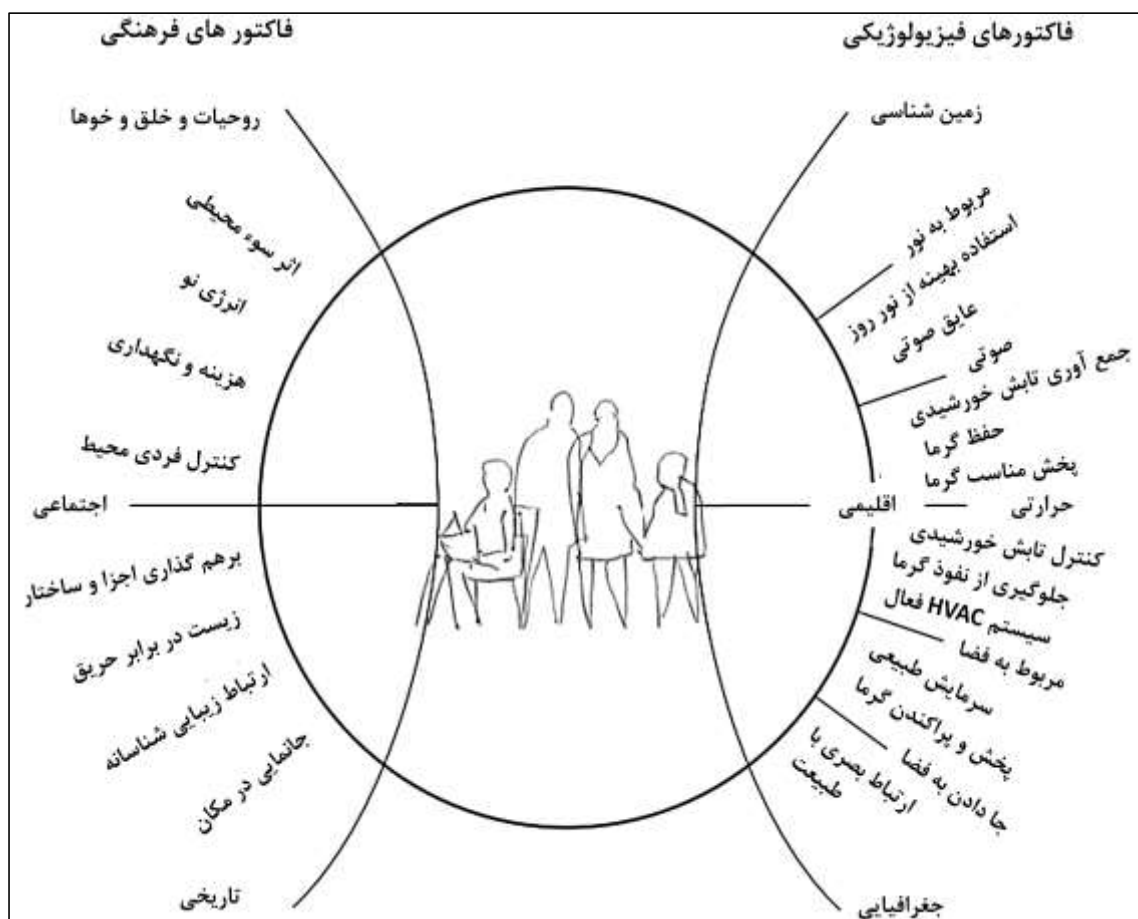
چهارچوبی برای تجزیه و تحلیل

در مقام مشاهده یا طراحی یک محیط مصنوع، ساختار سازمانی‌ای که براساس آن بتوان معماری زیست‌اقلیمی را بررسی، ارزیابی و درک کرد، مفید و پراهمیت است. به همین منظور شکل ۱-۹، چهارچوب نظری از معماری

1. Brundtland
2. BREEM & LEED

3. Steiff
4. Pearl River

زیست‌اقلیم ارائه داده‌است. این شکل، مجموعه‌ای کامل از مفاهیم و راهکارهای زیست‌اقلیمی شامل ابعاد اخلاقی، اجتماعی، تاریخی، زمین‌شناسی اقلیمی و جغرافیایی می‌باشد، که بر معماری اولگی تأثیر می‌گذارد. عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی را می‌توان به‌عنوان نیروهای سایت و برنامه‌ریزی در نظر گرفت که با یکدیگر به طریق منحصربه‌فردی تلاقی می‌کنند تا زمینه و راهکارهایی را برای پروژه‌های فردی، فراهم سازند. چهارچوب ارائه‌شده به‌عنوان راهنما برای طرح مفاهیم و استراتژی‌های زیست‌اقلیمی مطرح‌شده در فصل دوم و کاوش‌های مطالعه نمونه موردی در فصل هشتم می‌باشد.



شکل ۹-۱. چهارچوبی برای تحلیل معماری زیست اقلیم، منبع: این چهارچوب شامل «عوامل مؤثر بر بیان معماری اولگی» و استراتژی‌های گرمایش و سرمایش معماری اقلیمی است.

یادداشت

- [1] Richard Hyde and Harold N. Rostvik, "Definitions, Concepts and Principles," in *Bioclimatic Housing: Innovative Designs for Warm Climates*, ed. Richard Hyde (London: Earthscan, 2008), 21–58.
- [2] The Eden Project, www.edenproject.com.
- [3] Lisa R. Findley, "Architectural Invention and the Postcolonial Era: The Tjibaou Cultural Center in New Caledonia by the Renzo Piano Building Workshop," in *The Green Braid: Towards an Architecture of Ecology, Economy, and Equity*, eds. Kim Tanzer and Rafael Longoria (London: Routledge, 2007), 311–28.
- [4] Dictionary.com, based on the Random House Unabridged Dictionary (Random House Inc., 2019).
- [5] Andrés R. Edwards, *The Sustainability Revolution: Portrait of a Paradigm Shift* (Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 2005).
- [6] ASU Libraries, "Victor Olgyay—Design Library Collections," Arizona State University, <https://lib.asu.edu/design/collections/olgyay>.
- [7] Victor Olgyay, *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1963), v. Over ten years of directed research preceded the book *Design with Climate*. Victor Olgyay references early publications on the topic in the book including a 1953 report to the United States National Research Council in Washington, D.C., titled *Bioclimatic Approach to Architecture*. Among other university and government funding sources, the brothers received a Guggenheim fellowship in 1953 to support the work.
- [8] Olgyay, *Design with Climate*, 4.
- [9] *Baruch Givoni*, *Man, Climate and Architecture* (New York: Elsevier, 1969) and *Baruch Givoni*, *Climate Considerations in Building and Urban Design* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1998).
- [10] Climate Consultant 5.5 (Software). Climate Consultant was developed by the UCLA Energy Design Tools Group (www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/) and is copyrighted by the Regents of the University of California.
- [11] Anne Minne, "Energy Design Principles in Buildings," in *Passive and Hybrid Solar Low Energy Buildings* (IEA SHAC T.8.C.3.1), (International Energy Agency: Solar Heating and Cooling Program Task VIII, 1998).
- [12] *Architecture et Climat*, Guide d'aide à conception bioclimatique (Bruxelles: Services de Programmation de la Politique Scientifique, 1986).
- [13] In addition to solar heating and cooling, *Architecture et Climat*'s research targets daylighting and visual comfort, insulation materials, DSF, and simulation methods. See <https://uclouvain.be/fr/facultes/loci/archi-cli>.
- [14] The strategies chart is from *Architecture et Climat: Réalisations* by C. Gilot et al., Bruxelles: Programme National, RD Energie, Services de Programmation de la Politique Scientifique, 1986. The strategies diagram is from IEA Task 8 Booklet I *Energy Design Principles in Building*, 1988, which is prepared on the basis of the book *Architecture et Climat: Guide d'Aide à la Conception Bioclimatique*, M. le Paige, E. Gratia and Andre De Herde, 1986.
- [15] Jeffrey Cook, "The Origins of PLEA: 1980–1987," *Passive and Low Energy Architecture*, <http://plea-arch.org>.
- [16] Steffen Lehmann and Ken Yeang, "Meeting with the Green Urban Planner: A Conversation Between Ken Yeang and Steffen Lehmann on Eco-Masterplanning for Green Cities," *Journal of Green Building* 5, no. 1 (2010): 36–40.
- [17] David Lloyd Jones, *Architecture and the Environment: Bioclimatic Building Design* (Woodstock, NY: Overlook Press, 1998), 34.
- [18] *Ibid.*, 35.
- [19] Edwards, *The Sustainability Revolution*, 16–23.
- [20] See LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), U.S. Green Building Council, www.usgbc.org/leed; BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), Building Research Establishment, www.breeam.com; Living Building Challenge, International Living Future Institute, <http://living-future.org>.
- [21] See PHIUS (Passive House Institute U.S.), www.phius.org; PHI (Passive House Institute), www.passivehouse.com; *Architecture 2030*, <http://architecture2030.org>.



تصویر ۱-۲. گالری واقع در بال غربی موزه هنر ک ل و لند^۱ اضافه شده توسط گروه معماری رافار^۲، منبع: ماری بن بونهام^۳.

1. Cleveland

2. rafar

3. Mary Ben Benham

فصل دوم

راهکارها و ایده‌های اولیه برای نمای دوپوسته

نمای دوپوسته محفظه‌هایی بسته در نما به شمار می‌آید که توسط لایه هوا در بین چندین پوسته شفاف در ساختمان‌ها متمایز می‌گردد. در نماهای دوپوسته از فضا و یا حفره‌هایی پر شده از هوا مابین لایه‌ها به‌عنوان یک حائل عایق در برابر درجه حرارت یا صدای شدید و همچنین به‌عنوان یک منطقه حفاظت‌شده برای قراردادن دستگاه‌های کنترل تابش خورشیدی و به‌صورت اختیاری به‌عنوان منطقه‌ای برای حمایت از راهکارهای استفاده از تهویه طبیعی بهره می‌برند. نماهای دوپوسته در مقایسه با نماهای تک پوسته از قابلیت بیشتری در خصوص یکپارچگی با سیستم‌های کنترل ساختاری و محیطی ساختمان برخوردار هستند. نماهای دوپوسته در یک زیرمجموعه از دسته‌بندی‌های بزرگ‌تر همچون نماهای با کارایی بالا یا پیشرفته، فعال و هوشمند قرار می‌گیرد. در این کتاب، به‌طور اخص، نماهای دوپوسته به‌عنوان یک دیواره محفظه ساختمانی دولایه که در آن هر دولایه از جنس شیشه است، مدنظر قرار گرفته شده است. در این فصل، راهکارها و مفاهیم اولیه استفاده‌شده در معماری نمای دوپوسته ارائه می‌شود. درحالی‌که راهنمای فنی مهندسی و ساخت نمای دوپوسته، خارج از محدوده موردبحث در این کتاب است، اما جنبه‌های اساسی فناوری استفاده‌شده در نما در نظر گرفته شده است. در ابتدا، نماهای دوپوسته به‌عنوان یک استراتژی یکپارچه و یا حتی به‌عنوان مجموعه‌ای از قطعات و عناصر که می‌توانند به روش‌های مختلف درگیر شوند تا اهداف طراحی زیست‌اقلیمی کل ساختمان را برآورده سازند، مطرح می‌شود. بعدازآن مفاهیم زیست‌اقلیمی معرفی‌شده در فصل اول با تمرکز بر استراتژی‌ها و راهکارهای طراحی رایج در معماری نماهای دوپوسته با کارایی بالا تشریح شده است. کارکردهای خاص و طبقه‌بندی نماهای دوپوسته در فصل سوم دنبال می‌شود. انواع دیگر دیوارهای چندلایه مانند دیوار پرده‌ای^۱ و نماهای تک‌پوسته‌ای با فناوری‌های نو و خلاقانه، در قسمت جایگزین‌های طراحی نماها، در فصل ششم موردبحث قرار گرفته است.

یک راهکار متحد و یکپارچه

ساخت و اجرای نماهای دوپوسته از خواسته‌های به‌ظاهر متناقض سرچشمه می‌گیرد. در بسیاری از مواقع، صاحبان ساختمان و طراحان میل‌اند از تمام سطح شیشه بهره بگیرند؛ درحالی‌که همچنان کارایی و عملکرد بالایی (در ساختمان) داشته باشند [۱]. افزایش بهره‌وری مصرف انرژی به‌راحتی با ساخت دیوارهای عظیم با عملکرد بالا و ایجاد محدودیت در سطوح لعاب‌دار شیشه‌ای به دست می‌آید. در بسیاری از پروژه‌ها، این رویکرد نسبت به پوشش‌های با میزان سطح شفاف بالا، رضایت‌بخش‌تر بوده و از ارجحیت بیشتری برخوردار است. با این حال، برای یک پروژه این باور به‌طور چشمگیری موردتوجه عام قرار می‌گیرد که نه تنها ساختمان از انرژی کارآمد بهره ببرد، بلکه نماهای وسیع، آسایش بصری و حرارتی ایده‌آلی در داخل ساختمان، در کنار شفافیت و سبکی در ظاهر بنا ایجاد می‌کنند. شاخص‌ها و معیارهای طراحی، گاه می‌تواند در قالب نیاز به تهویه طبیعی برای کارکنان یک ساختمان اداری مطرح شود و یا گاه به‌صورت افزایش عایق‌های صوتی برای یک محیط شهری پرسروصدا. مهندسی شیشه و محصولات شفاف با لعاب بالا، در طول زمان طوری تکامل یافته‌است تا معماری را قادر سازد که از سطح لعاب بسیار بالا همراه با عملکرد مناسب بهره گیرد. در ساخت و اجرای نماهای دوپوسته، لایه‌ها و فضاها بین آن‌ها را می‌توان در طیف وسیعی از راهکارها به‌منظور برآورده ساختن معیارهای طراحی متنوع و نیازها دسته‌بندی کرد. رضایت در خصوص عملکرد نهایی این نوع نماها مستلزم تلاش بینابینی رشته‌هایی همچون معماری، سازه و مهندسی مکانیکی می‌باشد.

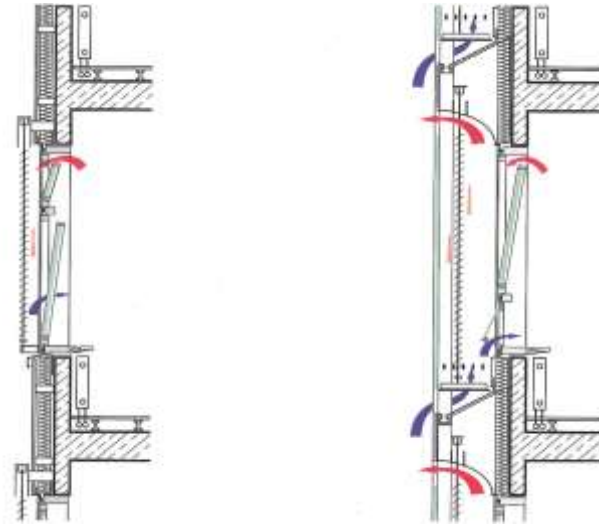
فضاهای بینابینی

همانند تمامی نماها، نماهای دوپوسته محفظه‌هایی است که محیط داخلی و خارجی ساختمان را از هم جدا می‌کند. نماها به گفته گروه تحقیقاتی «تکتونیک نما»^۲ در دانشگاه کالیفرنیا جنوبی^۳ دارای مقداری عمق که حدوداً ۶ فوت

1. Curtain walls
2. Facade tectonics

3. The University of Southern California

است، تعریف می‌شود [۲]. عملکردهای ویژه‌ای مانند گرمایش و سرمایش محیطی در ناحیه نما، از طریق سیستم سازه‌ای ساختمان که با سیستم‌های محفظه و مکانیکی در ارتباط است، فراهم می‌شود. نماها به عنوان یک عامل کنترل کننده غالب در عملکرد کل ساختمان که مساحت قابل توجهی را دربرمی گیرد مطرح می‌شود. طراحی نما در اینرسی حرارتی، افزایش و ازدست دادن گرما، عایق‌های صوتی، تهویه، روشنایی و دیده‌های بصری در ساختمان‌ها نقش بازی می‌کند. برجستگی‌های عمودی در نماها، نقش مهم و ارزشمندی در ایجاد عنصر زیبایی شناخته ساختمان و درک ساکنان از فضای معماری ایفا می‌کند.



شکل ۲-۲. مقایسه نمای یک پوسته (در چپ)، نمای دو پوسته (در راست)،

منبع: دوباره چاپ شده از کتاب، نماهای دو پوسته، برنامه ریزی یکپارچه، سال ۲۰۰۱، نویسندگان.

در یک دیوار متعارف با حفره‌ای از هوا، نمای بیرونی با مصالح ساختمانی غیر شفاف، به وسیله لایه هوا از ساختار اصلی بنا جدا می‌شود. این فضای هوا، عملکردی حیاتی به دیوار می‌دهد؛ به طوری که عایق‌های حرارتی، صوتی، کنترل بخار و رطوبت به عملکرد دیوار اضافه می‌شود. حفره‌های (هوا) در نماهای دو پوسته عملکرد مشابهی در ایجاد (فضایی) برای پنجره، یا دیوار یک پنجره ایفا می‌کند. بسیاری از فضاهای تعامل هوا در نماهای دو پوسته، به منظور پاسخ به شرایط محیطی، قابلیت باز و بسته شدن دارد. علاوه بر این، برخی از نماهای دو پوسته برای خنک کردن طبیعی و ورود هوای تازه به داخل، امکان باز شدن دارد، در حالی که برخی دیگر با سیستم‌های مکانیکی ساختمان ادغام می‌شوند. حفره‌های هوای مابین دو پوسته می‌تواند از دستگاه‌های کنترل تابش خورشیدی در برابر باد و آب و هوا محافظت کند. عمق حفره‌های هوا می‌تواند حدود ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر (۲ تا ۱۰ اینچ) باشد. برای نماهای دو پوسته با پروفیل نازک، این فاصله تا حدود یک میلی‌متر افزایش می‌یابد. همچنین برای نماهای دو پوسته با پروفیل ضخیم‌تر، این فاصله هوایی می‌تواند عمیق‌تر نیز باشد.

میزان شفافیت

تمام ارتفاع یک ساختمان ممکن است با یک نمای دو پوسته پوشیده شود؛ مشابه آنچه در ساختمان‌های «اکسیدنتال کمیکال»^۱ در سال ۱۹۸۱ در آمریکا و یا «گتزر هداکوارترز»^۲ و برج «آر دبلیو ای»^۳ در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۷ ایجاد شد. در برخی دیگر از ساختمان‌ها مانند «سندای مدیاتک»^۴ در ژاپن در سال ۲۰۰۱ برای پاسخ به معیارهای زیبایی‌شناختی و عملکرد خاص در داخل بنا و همچنین هماهنگی با زمینه خارجی، نمای دو پوسته در ترکیب با سایر

1. Occidental chemical
2. Gotz Headquarters

3. RWE
4. Sendai Mediatheque

انواع نماها به‌کارگرفته شده است. این مهم در این ساختمان به‌طور هوشمندانه‌ای، رقم خورده‌است (تصویرهای ۲-۳-۴، ۵-۲، ۴-۲، ۵-۲).

در طراحی ساختمان کتابخانه شهر سندی (ژاپن) توسط «تویو ایتو»^۱، هر یک از پنج جهت‌نما در هفت طبقه ساختمان با طراحی منحصربه‌فردی روبرو شد. شیشه همراه با پنل‌های فولادی و شبکه‌های آلومینیومی در نماها در پاسخ به نیاز نور و دیدهای منحصربه‌فرد در هر منطقه از ساختمان به‌کار گرفته شده است. درعین‌حال، جزئیات نما برای ایجاد یک کل واحد در سراسر ساختمان در نظر گرفته شده است. در کل هدف نما، گسترش بافت شهری سندی ژاپن می‌باشد. جزئیات نمای طراحی‌شده توسط تویو ایتوس تأکید بر سه عنصر دال، شفت و پوسته در بیان موجودیت معماری‌ای زنده دارد [۳].

در نمای دوپوسته جنوبی ساختمان کتابخانه، دو نوع ساختار از نماهای شیشه‌ای در سراسر حفره‌های هوایی در چندطبقه باهم متحد می‌شوند، درحالی‌که پوسته بیرونی نما از طریق یک سیستم خرپای کابلی تقویت می‌شود، شیشه‌های چندلایه در پوسته بیرونی با گیره‌های چندشبکه‌ای بافاصله وسیع از پایه‌های فولادی ضدزنگ افقی و کابل‌های پیش‌تنیده عمودی ثابت می‌شود. در سراسر شکاف (حفره هوا) پایه‌ها با ساختاری چون بال‌های شیشه‌ای به پوسته داخلی بسته و پیچ می‌شود. همچنین بال‌ها، حمایت جانبی را از پوسته داخلی که از شیشه چندلایه تشکیل شده است، برعهده دارند. تنها شبکه‌های عمودی تقسیم‌کننده پنجره‌ها که در این سیستم قرار گرفته، در ریل‌های بالا و پایین پوسته داخلی از دید دیواره داخلی دور مانده است. فضا یا حفره هوایی در نمای جنوبی به‌طور مداوم در پنج طبقه گسترش می‌یابد. پوسته بیرونی نیز از لبه ساختمان امتداد می‌یابد تا دید بصری، شکل محفظه‌مانند ساختمان را از بین ببرد. طراحی پوسته خارجی برای تهویه، یک سبب حرارتی بین محیط‌های داخلی و خارجی که همراه با تعادل نور بین نماها می‌باشد، فراهم می‌آورد.

فضاهای عبور برای تعمیر و نگهداری در حفره‌های هوا با اندازه کوچک است و درعین‌حال یک پله پایین می‌آید و از لبه‌های نما عقب می‌ماند تا شفافیت و احساس بی‌وزنی افزایش یابد. بارهای ساختمان از طریق لایه‌های دال بتنی، شفت فولادی توخالی و پوسته شیشه‌ای به فونداسیون بتنی منتقل می‌شود. این زیرسازی و فونداسیون طوری طراحی شده است که جدا از ساختمان حرکت کند تا در هنگام فعالیت لرزه‌ای، از نمای دوپوسته محافظت شود. این طرح نوآورانه اهداف زیبایی‌شناختی و مهندسی را باهم ادغام کرد تا یک طرح ابتکاری مقاوم در برابر زلزله را تحقق بخشد؛ این کتابخانه در ۱۱ مارس سال ۲۰۱۱ ژاپن با آسیب محدود به عناصر غیر سازه‌ای در برابر زلزله مقاومت کرد [۴].

ردیف‌های منظمی از ترکیب‌های سرامیکی مستطیلی «فريت»^۲ بر روی هر دولایه شیشه از الگوهای پیچیده‌ای پیروی می‌کند که منجر به ایجاد سایه در فضاهای داخلی می‌شود. پرده‌های غلتکی نیمه‌شفاف به‌اندازه ارتفاع هر طبقه را می‌توان تا مناطق با نور مستقیم و پراکنده گسترش داد. پس از تاریکی هوا، سایه‌ها بلند می‌شود و طبقات اسکان داده شده با رنگ ائانی و فعالیت‌های داخلی می‌درخشد. ایتو، در توصیف عملکرد منحصربه‌فرد ساختمان سندی مدیاتک این چنین می‌گوید:

«نمای دوپوسته جنوبی واقع در خیابان اصلی، مانند پوست انسان نفس می‌کشد. در طول تابستان، مکانیسم‌های بازشوی بالا و پایین آزاد می‌شود که جریان صعودی هوا را در داخل دیواره دولایه ایجاد کند تا دمای سطح دیوار خنک شود و در نتیجه نیاز به تهویه مطبوع اجباری کاهش یابد. در طول زمستان بازشوها بسته می‌شود، تا دیوار دوپوسته بتواند به‌عنوان یک لایه هوای بسیار عایق عمل کند و در نتیجه نیاز به گرمایش را کاهش دهد. این فناوری‌های مکانیکی در سطوح مختلف ترکیب و ادغام می‌شوند تا ساختمان به‌عنوان یک کل، ساختاری ارگانیک و کاربردی داشته باشد» [۵].

این توصیف از یکپارچگی و تداوم بین سایت، اقلیم، ساختار هوا و ساکنین، ایده یک معماری زیست-اقلیم را نشان می‌دهد که ماهیت ارگانیک و سیستماتیک دارد.

1. Toyo Ito's

2. Frit

اجزای پیوسته یک زیست_اقلیم

به‌کارگیری تکنیک زیست_اقلیم به‌عنوان جزئی از بنا، برای به‌کاربردن در سیستم ساخته شد. هنگامی که نماهای دوپوسته، به‌خوبی طراحی شده و مطابق باهدف کار می‌کنند، وضوح قابل‌توجهی برای چالش‌های معماری تمام‌شیشه‌ای ارائه می‌دهند. هنگامی که یک نمای دوپوسته دارای اشکالات در طراحی عملکردی می‌باشد، مانند دو احتمال گرمای بیش‌ازحد در فصل تابستان در حفرة هوا و یا عدم حفظ حریم خصوصی کافی در خصوص نفوذ صدا بین دو دفتر خصوصی، و یا هزینه اضافی مصالح به‌کارگرفته‌شده انرژی مصرفی و احتمالاً عدم وجود منطقه قابل اجاره که در حال حاضر از دست رفته‌است، دیگر قابل توجه نخواهد بود و عملکرد کل ساختمان به چالش می‌افتد.

رویکرد زیست‌اقلیمی پادزهر استفاده درست از فناوری دوپوسته است. در طراحی یک نمای دوپوسته، هر یک یا حتی تمام شش مفهوم حرارتی ارائه‌شده در جدول ۱-۱ و همچنین کل جنبه‌های زیست‌اقلیمی موجود در دیدگاه‌های انسان‌محور طراحی که توسط ویکتور الگی^۱ و دیوید لوئید جونز^۲ ترویج شده است، ممکن است در عملکرد ما ادغام شوند.

جدول ۱-۲، ماتریس طراحی زیست‌اقلیمی برای نماهای دوپوسته را نشان می‌دهد که چگونه اجزای فیزیکی نمای دوپوسته می‌توانند در یک کل واحد باهم ترکیب شوند تا از تکنیک‌ها و روش‌های طراحی زیست‌اقلیمی حمایت کنند. عناصر عملکردی نما (فضای هوا، عناصر سایه‌انداز، دهانه‌های تهویه، شیشه‌ها، ساختار و کنترل‌گرها) را می‌توان به‌طور متفاوتی پیکربندی کرد و به ساخت بالقوه یک نمای دوپوسته منحصربه‌فرد برای انطباق با مجموعه وسیعی از سایت‌ها، برنامه‌های طراحی و سایر عوامل طراحی پرداخت. شکل ۲-۶، جزئیات یک نمای دوپوسته را ارائه می‌دهد و برخی از اشکال بسیاری را که اجزاء آن در یک راه‌حل طراحی ادغام می‌شوند، نشان می‌دهد. بخش‌های زیر، مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی را برای اجرا ارائه می‌دهد. برای اینکه این اجزا به‌طور مؤثر باهم کار کنند، نمای دوپوسته باید با درک جامعی از عوامل آب‌وهوایی، شیوه‌های ساخت‌وساز فیزیک ساختمان و عوامل انسانی در طراحی، مهندسی شود. درحالی‌که آموزش کامل در مورد این موضوعات خارج از محدوده این کتاب است، ارائه نمودارها و بحث در این خصوص در فصل حاضر با هدف افزایش آگاهی از مفاهیم اولیه طراحی معماری که بر عملکرد ساختمان تأثیر می‌گذارد، می‌باشد.



شکل ۲-۳. سندای مדיانک، سندای، ژاپن، منبع: اسکارلت گرین^۳

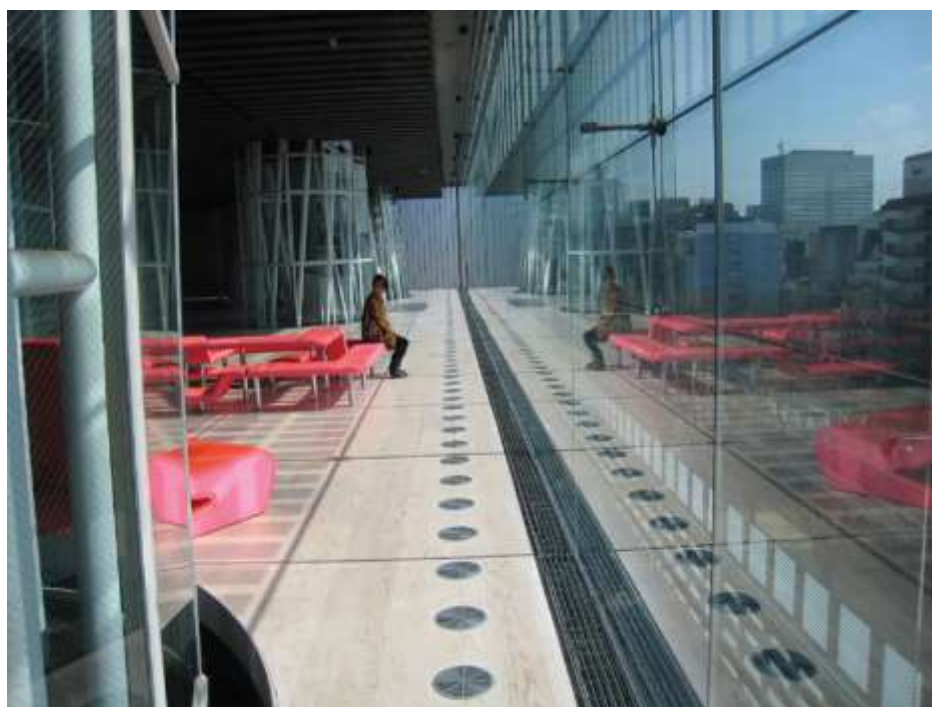
1. Victor Olgay

2. David Lyod Jones

3. CC-BY: Scarletgreen



شکل ۲-۴. سندان مدیاتک، سندان، ژاپن، منبع: اسکارلت گرین^۱



شکل ۲-۵. سندان مدیاتک، سندان، ژاپن، منبع: یوسان کن^۲

1. Scarletgreen

2. yusunkwon

جدول ۲-۱. ماتریس طراحی زیست_اقلیمی برای نماهای دوپوسته

زیست اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته		نام ساختمان محل: شهر، کشور اقلیم: ناحیه اقلیمی و توصیف آن					
عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	زیست اقلیمی	بسته‌ی قطعات نمای دوپوسته					
		● نشان می‌دهند که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست اقلیمی پشتیبانی می‌کنند.					
تشعشع	مفاهیم	فضای جریان هوا	عناصر سایه	منظدهای تهویه	لعاب کاری	ساختار	تجهیزات جانبی
		●					
حرارتی	مجموعه خورشیدی و ذخیره سازی حرارت						
صوتی	جداسازی صوتی						
فضایی متحرک	غیربصری ارتباط با طبیعت						
	کنترل فردی محیط زیست						
اخلاقی اجتماعی تاریخی	تولید انرژی‌های تجدیدپذیر						
تأثیر محیطی اندک	کاربرد نمای دوپوسته						
هزینه تعمیر و نگهداری ساختار و مونتاژ زیبایی‌شناسی ارتباطات تعبیه‌شده در مکان	استراتژی‌ها و امکانات						

ماتریس طراحی زیست_اقلیم برای نمای دوپوسته می‌تواند برای تجزیه و تحلیل ساختمان‌های موجود یا برنامه‌ریزی نماهای جدید استفاده شود. نمای دوپوسته، براساس هندسه حفره هوا و نوع تهویه، طبقه‌بندی می‌شود. در این دسته‌بندی‌های کلی، ترکیب‌های خاص پروژه از مفاهیم و اجزای نما، منجر به راه‌حل‌های منحصر به فرد برای نمای دوپوسته می‌شود. نمای دوپوسته نیازمند همکاری چندین علم در قالب یک فرآیند طراحی متحد است تا بنای کل یک ساختمان با راهکارهای زیست اقلیمی تطبیق داده‌شده با اقلیم و کاربری مشخص، موفقیت‌آمیز باشد. مفاهیم طراحی زیست اقلیمی، برگرفته از عوامل مؤثر بر بیان معماری ویکتور اولگی^۱ می‌باشد. «عوامل مؤثر بر بیان معماری» اولگی (طراحی با اقلیم، ۱۹۶۳). مفاهیم حرارتی نیز برگرفته از گروه تحقیقاتی معماری و اقلیم در دانشگاه کاتولیک لوون^۲ بلژیک (کتاب راهنمای طراحی زیست اقلیمی، ۱۹۸۶) است. ماتریس ماری بن بونهام^۳.

1. Victor Olgyay

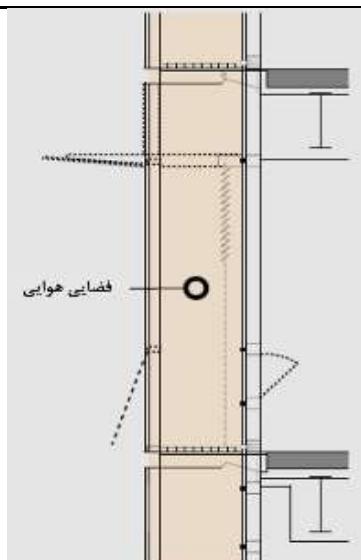
2. UCLouvain

3. Mary Ben Bonham

محفظه هوا

ایجاد فضای هوایی بین دو پوسته شیشه‌ای، یکی از ویژگی‌های بارز نماهای دوپوسته است. فضاهای هوایی که حفره یا شفت نیز نامیده می‌شوند، ممکن است با عمق، ارتفاع، ساختار، مواد و مصالح ساختمانی و دهانه‌های مختلف پیکربندی شوند. عمق محفظه هوا تعیین می‌کند که پروفیل کلی نما، نازک یا ضخیم باشد. فضاهای هوایی ممکن است به عنوان فضاهای قابل استفاده طراحی شوند و یا فقط برای اهداف نگهداری قابل دسترس باشند. روش قسمت‌بندی حفره، تعیین‌کننده وسعت هوای واقع در محفظه است که منجر به پیکربندی رایج قاب پنجره، جعبه شفت، راهرو و ایجاد چندطبقه می‌شود. شکل و ترکیب پنجره‌ها (بازشوها) در یکی یا هر دو پوسته شیشه‌ها، تعیین‌کننده حالت تهویه و فضای هوای مابینی می‌باشد.

فضاهای هوایی بدون تقسیم، حائل‌هایی را برای دود یا شعله آتش ایجاد می‌کند که به صورت عمودی یا افقی در سطح ساختمان پخش می‌شود. اقدامات ایمنی آتش‌نشانی شامل تقسیم‌بندی فضای هوا، استفاده از مواد ضدحریق بین طبقات و افزایش پوشش سیستم اسپرینگر^۱ خودکار در فضاهای مجاور است. صدا می‌تواند از طریق پوسته‌های با وزن سبک و منافذ تهویه منتقل شود؛ بنابراین طراحی نما باید به سطح معینی از کاهش صدای مزاحم و حریم صوتی بین فضاهای داخلی پاسخ دهد.

سیه ژنگ^۶تری بوک^۴آتلیرز ای اف ای^۲

مقر یونی دک^۳، واقع در پاریس، فرانسه گیاهان در فضای هوای این نمای دوپوسته چندطبقه با عمق قابل ملاحظه ادغام می‌شوند. در فصل گرم، فضای هوا از عملکرد خارج می‌شود. در فصل سرد، هوای گرم‌شده غیرفعال موجود در محفظه هوا، به‌طور مکانیکی و از طریق کانال کشی^۴ طبقه به بالا کشیده شده، از سطح سقف خارج می‌شود و به سیستم تهویه مطبوع ساختمان تحویل داده می‌شود و امکان داشتن هوای بیرونی تازه و ازپیش آماده‌شده را برای فضای داخلی فراهم می‌کند.

اتلیرز ای اف ای^۲، واقع در پاریس، فرانسه گیاهان در فضای هوای این نمای دوپوسته چندطبقه با عمق قابل ملاحظه ادغام می‌شوند. در فصل گرم، فضای هوا از عملکرد خارج می‌شود. در فصل سرد، هوای گرم‌شده غیرفعال موجود در محفظه هوا، به‌طور مکانیکی و از طریق کانال کشی^۴ طبقه به بالا کشیده شده، از سطح سقف خارج می‌شود و به سیستم تهویه مطبوع ساختمان تحویل داده می‌شود و امکان داشتن هوای بیرونی تازه و ازپیش آماده‌شده را برای فضای داخلی فراهم می‌کند.

اتلیرز ای اف ای^۲، واقع در پاریس، فرانسه گیاهان در فضای هوای این نمای دوپوسته چندطبقه با عمق قابل ملاحظه ادغام می‌شوند. در فصل گرم، فضای هوا از عملکرد خارج می‌شود. در فصل سرد، هوای گرم‌شده غیرفعال موجود در محفظه هوا، به‌طور مکانیکی و از طریق کانال کشی^۴ طبقه به بالا کشیده شده، از سطح سقف خارج می‌شود و به سیستم تهویه مطبوع ساختمان تحویل داده می‌شود و امکان داشتن هوای بیرونی تازه و ازپیش آماده‌شده را برای فضای داخلی فراهم می‌کند.

شکل ۲-۶. a-f کیت قطعات نمای دوپوسته، منبع: ماری بن بونهام.

شکل ۲-۶. a فضای هوایی

1. Sprinkler
2. Ateliers AFA
3. UniDec

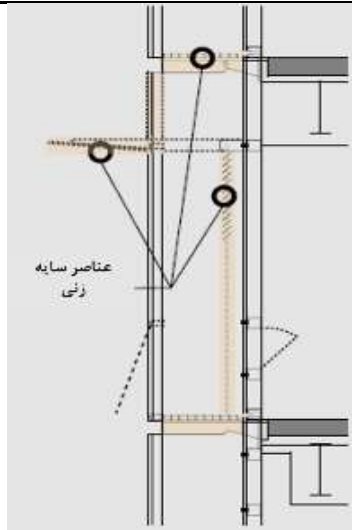
4. Terri Boake
5. Manitoba Hydro place
6. Siye Zhang

7. Pearl River Tower

عناصر و اجزای سایه‌اندازی

عناصر و اجزای سایبان در طراحی نمای دوپوسته گنجانده شده‌اند تا بهره‌گیری از تابش خورشیدی را مدیریت کنند و کیفیت نور روز به داخل را بهینه سازند. عناصر برای کنترل تابش نور خورشیدی ممکن است در نمای بیرونی ساختمان، در داخل ساختمان و یا به‌طور معمول در نمای دوپوسته در داخل محفظه هوا قرار گیرند. لوورها (کرکره)، سایه‌بان‌های غلتکی و سایر دستگاه‌ها در طیف وسیعی از مواد جامد، نیمه‌شفاف یا روزه‌دار برای تغییر جهت پخش نور روز، طراحی شده‌اند. این دستگاه‌ها به‌طور کلی متحرک هستند، اما ممکن است در موقعیت‌های ثابت نیز نصب شوند و در عین حال عملکرد آن‌ها می‌تواند دستی یا موتوری باشد. در نماهای دوپوسته با پروفیل هوای ضخیم، سایه‌اندازی از طریق عناصر ساختاری و سازه‌ای، مانند پنل‌های اسپندریل^۱، قاب‌ها و شبکه‌های دسته‌فلزی در داخل محفظه هوا انجام می‌شود.

عناصر و اجزای سایه‌بان در داخل محفظه هوایی یک نمای دوپوسته، از آسیب‌های جوی و داخلی محافظت می‌شوند و تعمیر و نگهداری این مواد را کاهش می‌دهد. وجود و موقعیت عناصر سایه‌انداز در حفره هوا باید برای تأثیر بر جریان هوا مورد مطالعه قرار گیرد و در طراحی این عناصر باید به جذب گرما و تابش مجدد ساطع‌شده از مصالح سایه‌اندازی توجه داشت.



مری بن بونهام
کتابخانه عمومی کمبریج^۴، واقع در کمبریج،
ماساچوست در امریکا
حس‌گر آفتاب‌گیر اجراشده در این نمای
دوپوسته، در چندطبقه برای بهینه‌سازی نور
اتاق مطالعه باهم متحد می‌شوند. پرده‌های
آلومینیومی که در داخل محفظه هوا، بالای
سطح چشم قرار گرفته‌اند، امکان دید بدون
مانع را فراهم می‌کند. در بیرون گیره‌های
شیشه‌ای چندلایه، سایه‌های ثابتی را برای
قسمت‌های پایین نما ایجاد می‌کند. برای
مدت کوتاهی از روز که زاویه تابش
خورشیدی کم است، سایبان‌های غلتکی که
مکانیکی کار می‌کند از کف محفظه هوا بالا
می‌رود تا تابش خیره‌کننده را کنترل کند.

مری بن بونهام
برج پیرل ریور واقع در گوانگجو، چین
کارمندان در اتاق‌های خود حتی در زمانی
که پرده‌های لوور در محفظه هوا نمای
دوپوسته کاملاً کشیده شده باشد و از
یک‌طرف بسته شده باشد، می‌توانند افق
شهری دور دست را مشاهده کنند. بازبودن
سایه‌بان‌های لوورمانند و غلتکی سوراخ‌دار
میزان کدر و شفاف‌بودن را تعیین می‌کند و
بر انتقال نور و دید از لایه‌لای مصالح
به‌کاررفته تأثیر می‌گذارد. لوورها را می‌توان
در زوایای از پیش تعیین‌شده‌ای تنظیم کرد؛
تا زمانی که تابش مستقیم خورشیدی وجود
ندارد و تنها نور پراکنده روز دریافت می‌شود،
نور را به داخل هدایت کنند.

مری بن بونهام
ساختمان دانشگاه جرنوبیل^۲ واقع در سنت
مارتین هرس، در فرانسه
درختان انگور و پوسته بیرونی شفاف موجود،
نور منتشرشده را در داخل این ساختمان
دانشگاهی ایجاد می‌کنند. فضای هوای واقع
در نمای دوپوسته در قالب چندطبقه
به‌عنوان باغ‌های با انگور بوگنویل^۳، در نمای
جنوبی و بامبو در محفظه هوا نمای
شمالی ایجاد شده‌اند. پنجره‌های مجهز به
سایه‌بان‌های مکانیکی در پوسته بیرونی
به‌منظور تخلیه گرمای اضافی در بالای هر
منطقه باز می‌شوند؛ علاوه بر این پنجره‌های
کشویی در پوسته داخلی به ورود جریان
هوا به داخل کمک می‌کنند.

شکل ۲-۶. b عناصر سایه‌اندازی

1. Spandrel
2. Grenoblealps

3. bougainvillea
4. Cambridge

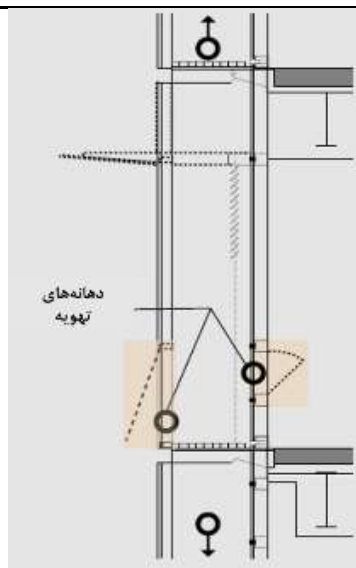
بازشوها برای تهویه

محل قرارگیری، نوع و اندازه بازشوهای تهویه، عوامل اساسی و تأثیرگذار در عملکرد حرارتی یک نمای دوپوسته تهویه شده است.

بازشوها ممکن است در یک یا هر دو پوسته در راستای پوسته شفاف باشد و یا در بالا و پایین محور هوا قرار گیرد. بازشوهای ثابت می تواند به شکل لوورها یا شکاف های ثابت باشد. بازشوهای متحرک شامل دمپرها، لوورها و دریچه های پنجره با عملکرد خودکار یا دستی می باشد.

ترکیب و موقعیت بازشوها، تعیین کننده حالت تهویه نمای دوپوسته، به صورت تهویه خارجی، تهویه داخلی، تأمین هوا، خروجی هوا یا حائل حفظ کننده است. از طریق کنترل بازشوها، نمای دوپوسته می تواند در پاسخ به تغییرات محیط خارجی، دوباره تنظیم و پیکربندی شود. در هنگام طراحی جزئیات جریان هوا در نما، مهندسان مشخصات پروژه از جمله فرم آیرودینامیک ساختمان، سرعت و جهت وزش باد، تابش خورشیدی و دمای محیط خارجی و داخلی را مطالعه می کنند، تا دریابند چگونه فشار هوا و حرکت شناوری هوا با توجه به اختلاف دما بر حرکت هوا در محفظه هوای نمای دوپوسته تأثیر می گذارد.

منافذ و بازشوها در پوسته بیرونی اثر مستقیم باد را پخش می کند و استراتژی های تهویه طبیعی را در ساختمان های مرتفع تسهیل می کند. همچنین نمای دوپوسته با سیستم تهویه مطبوع ساختمان و طراحی آکوستیکی در ارتباط بسیار نزدیک و هماهنگ است.



مری بن بونهام

ساختمان ژرنوبیل^۱ در شهر ژرنوبیل فرانسه، ایجاد عایق صوتی برای ساختمان دادگاه در مجاورت تراموا از دلایل انتخاب نمای دوپوسته بوده است. برای محافظت دفاتر قضایی در برابر سروصدای خیابان، جریان هوا در محفظه هوای چندطبقه به تهویه خارجی محدود می شود. یک طبقه بالاتر از خیابان، یک ورودی هوای بیرون زده با لوور پیوسته می باشد که با یک دمپر به صورت مکانیکی، باز بسته می شود. درجه های سایه بان در بالای شفت به طور مکانیکی و خودکار با رسیدن دمای محفظه هوا به دمای تنظیم شده، باز می شود.

تام آربان

ساختمان مانیتوبا هایدرو پلیس واقع در وینیپگ، کانادا راهروی نمای دوپوسته در دفتر مرکزی این شرکت خدماتی، به تهویه هوای تازه برای برج اداری کمک می کند. با وجود شیشه های عایق در پوسته بیرونی، محفظه هوا به عنوان یک حائل صرفه جویی در مصرف انرژی در برابر تغییرات آب و هوایی عمل می کند. سیستم خودکار کنترل کننده سایه بان های نصب شده بر پنجره ها در نمای بیرونی، برای تهویه باز می شود و در صورت وجود شرایط ایده آل بیرونی، هوا را از طریق پنجره های منحنی شکل که به صورت دستی در پوسته داخلی نما کار می کند، به داخل هدایت می کند.

مری بن بونهام

مرکز جنزیم^۲ واقع در کمبریج، ماساچوست آمریکا در این مرکز بیوتکنولوژی، دفاتر به یک ایوان سرپوشیده که همانند یک راهرو نمای دوپوسته می باشد، باز می شود. حفره های تهویه در پوسته بیرونی با یک لبه عمودی پشتیبانی می شود که هوا را به سمت بالا به داخل فضا هدایت می کند. هوا از طریق دریچه های تهویه در بالای پوسته بیرونی، خارج می شود که در این نما بسته نشان داده شده است. ورودی ها و خروجی های هوا در محفظه های کنار هم قرار گرفته اند، تا از مفقود شدن هوای استفاده شده با هوای تازه ورودی جلوگیری کنند.

شکل ۲-۶. دهانه های تهویه

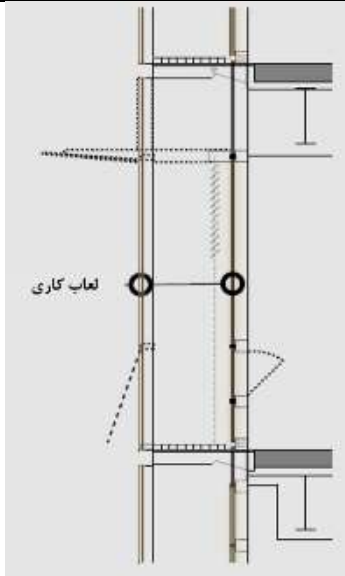
لعب (شیشه)

یکی دیگر از ویژگی‌های تعیین‌کننده نمای دوپوسته، افزودن پوسته شیشه‌ای دوم است که ظاهر و عملکرد نما را کنترل می‌کند.

مشخصات شیشه بر عواملی همچون عملکرد مقاومت حرارتی، انتقال نور، شفافیت و انتقال صدا اثر می‌گذارد. شیشه بر زیبایی نما، مقاومت در برابر آتش، امنیت، وزن و هزینه نیز تأثیر می‌گذارد. همچنین از طریق گزینه‌هایی همچون شیشه فتوولتائیک، نمای دوپوسته می‌تواند به تولید انرژی تجدیدپذیر کمک کند.

یک نمای دوپوسته رایج، از یک پوسته شیشه‌های عایق به‌عنوان مانع ورود آب‌وهوای اولیه، یک فضای هوا و یک پوسته شیشه‌ای تک‌جداره تشکیل می‌شود. اضافه بر این، لایه‌های شیشه یا لعب بیشتر نیز امکان‌پذیر است. برای دستیابی به یک سطح شیشه‌ای منحصربه‌فرد، طراحان ویژگی‌هایی را بر هر سطح شیشه‌ای در یک نمای چندلایه مشخص می‌کنند.

به‌عنوان رایج‌ترین نوع شیشه، شفافیت و پوشش موردتوجه است. یک نمای دوپوسته می‌تواند لمینت‌ها، سرامیک از نوع فريت^۱، یا انواع مواد انتقال‌دهنده نور و رنگ با جلوه‌های مختلف را در خود جای دهد. شیشه را می‌توان با انواع سیستم‌های قاب‌دار یا بدون قاب پشتیبانی و نصب کرد. اجزای سیستم لعب ممکن است شامل وادارها، اتصالات نقاط و لبه، درزگیرها و انواع ساختارهای پشتیبان مانند لوله‌ها، میله‌ها، کابل‌ها، تیرهای شیشه‌ای چندلایه و پره‌ها باشد.



ماری بن بونهام

ساختمان کتابخانه عمومی فرانسه واقع در پاریس، فرانسه

چهار برج شیشه‌ای به‌طور خیره‌کننده‌ای مجموعه کتاب‌های ملی را در اذهان عمومی ارتقا می‌بخشد. عملکرد حرارتی محفظه هوا، با بازشوهای بسته در نما حفظ می‌شود. جریان ثابت هوای خشک که به یک فضای کاملاً عایق‌بندی‌شده بین پوسته‌های شیشه‌ای چندلایه وارد می‌شود، محفظه هوا را تمیز نگه می‌دارد و از تراکم جلوگیری می‌کند. ساختار درزگیر لعب (شیشه) از جنس سیلیکونی در برابر باد و تنش‌های حرارتی مقاومت می‌کند چون پنل‌های شیشه‌ای را به قاب مقاوم در برابر آتش می‌چسباند.

ابی اسکپ^۲

ساختمان برج شارد^۴، واقع در لندن، انگلیس برای منعکس کردن آسمان، سطوح چندوجهی این برج ۷۳ طبقه با زاویه ۶ درجه از یکدیگر بالا می‌روند. قاب بسیار سفید به شفافیت مناظر و احساس سیکی در دید کمک می‌کند. پروفیل نازک نمای دوپوسته با تهویه خارجی، افزایش گرما را با یک پوشش بازتابنده اعمال‌شده بر روی شیشه بیرونی و یک پوشش با انتشار کم‌نور روی پوسته شیشه‌ای داخل دوجداره هدایت می‌کند. همچنین این مجموعه به پرده‌های غلتکی از جنس فایبرگلاس نصب‌شده در محفظه هوا بر کاهش تابش خورشیدی متکی است.

ماری بن بونهام

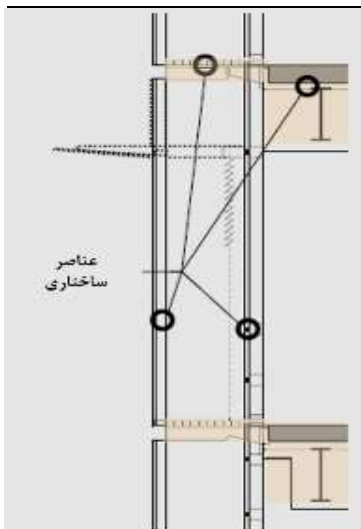
ساختمان کتابخانه عمومی مارسی^۲ واقع در مارسی، فرانسه

برش‌های نازک سنگ مرمر رگه‌دار همانند یک کتاب بین لایه‌های شیشه تقویت‌شده در پوست بیرونی لمینت شده و از فضای داخلی در برابر سروصدا و گرما محافظت می‌کند و درعین حال نوری به‌صورت پراکنده برای مطالعه ایجاد می‌کند. پانل‌ها به‌وسیله اتصالات پیچ‌ومهره ثابت می‌شود و بارها را به یک قاب فولادی ثانویه و کابل‌ها در محفظه هوا منتقل می‌کند. شفت چندطبقه در این نمای دوپوسته که همیشه باز است، به دفع گرما قبل از ورود آن به داخل کمک می‌کند.

شکل ۲-۶. d لعب کاری

1. Frit
2. Marseille

3. Abi Skipp
4. Shard Tower



روش‌ها و راهکارها برای ساختار و سازه یک نمای دوپوسته پیامدهایی برای توالی ساخت‌وساز، هزینه و عملکرد نما دارد.

مصلح، ترکیب و پیکره‌بندی نما باید مقاومت جانبی و عمومی در برابر نیروهای (وارد بر بنا) را ایجاد کند. انتخاب سازه بر ایمنی نما، شفافیت، دیدها و انتقال نور تأثیر می‌گذارد و به‌عنوان یک جرم حرارتی به پوشش ساختمان کمک می‌کند.

پوسته‌ها ممکن است به‌صورت دیوار پرده‌ای سیستم‌های نمای ارتفاعی که بین طبقات پشتیبانی می‌شود و یا ایجاد دیوارهای عظیم که با پنجره‌های حفره‌دار ساخته می‌شود، باشد. لایه‌های نما ممکن است به‌صورت چوبی ساخته و یکپارچه شود و یا از روش ترکیبی استفاده کنند.

پوسته‌های بیرونی معلق، کنسول شده و یا دارای تکیه‌گاه بر روی زمین، با سازه فونداسیون ساختمان اصلی محکم شده و مهار می‌شود. در نماهای دوپوسته با پروفایل ضخیم، پوسته بیرونی نما معمولاً با عناصر ساختاری ثانویه مانند براکت‌ها، باله‌ها، لوله‌ها، خرپاها، میله‌ها و کابل‌ها پشتیبانی می‌شود؛ اما در نمای دوپوسته با پروفیل نازک معمولاً قاب‌بندی پوسته‌های داخلی و خارجی را در واحدهای یکپارچه و پیش‌ساخته ادغام می‌کنند.

به‌عنوان ساختار سوم، خود پوسته نما را می‌توان در طیف گسترده‌ای از تکنیک‌های لعاب همراه با قاب شبکه‌ای و بدون قاب شکل داد.



اندرو نیک پالک^۴

ساختمان وان انگل اسکوتر^۵ واقع در منچستر انگلستان

یک ساختمان چندطبقه مجهز به نمای دوپوسته که از سرعت ساخت و مونتاژ بالایی برخوردار است. پره‌های آلومینیومی آویزان‌شده از براکت‌ها تا ساختار اولیه ساختمان گسترش یافته و از ناحیه اسپندردل پوسته داخلی عبور می‌کند. این ساختار ثانویه، از شبکه‌های آهنی نگهدارنده محفظه هوا و واحدهای شیشه‌(لعاب) در پوسته بیرونی پشتیبانی می‌کند. مهاربندی متقاطع به‌عنوان یک ویژگی زیبایی‌شناختی در گوشه منحنی مانند ساختاری شبیه به کشتی، یکپارچه شده است.



ماری بن بونهام

ساختمان کتابخانه عمومی مارسی واقع در فرانسه

یک پوسته بیرونی از سنگ مرمر و شیشه چندلایه‌مانند یکپارچه، از ساختار لوله‌ای کنسول‌شده روی سقف ساختمان آویزان شده است. تکیه‌گاه‌های پیچ شده در لعاب سازه، بارها از طریق یک سیستم قاب لوله کوچک‌تر به قاب بتنی اولیه در هر طبقه توزیع می‌کند. هوا می‌تواند در قسمت باز واقع‌شده در کف یا کناره‌های شفت در طبقات وارد شود. جریان هوا تحت اثر خاصیت دودکشی، گرما را از پوسته داخلی از دیواره پرده‌ای دوجداره تشکیل‌شده، می‌گیرد.

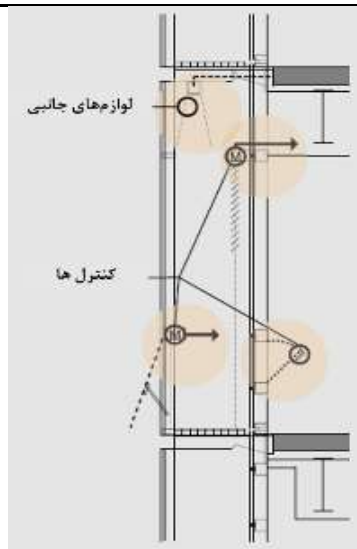


انکلوس کراپ^۶

ساختمان دانشگاه لویولا^۲ واقع در شیکاگوی آمریکا

شکل نشان‌دهنده خدمه تعمیر و نگهداری در ساختمان ریچارد جی کلارچک^۳ که از یک نمای دوپوسته چندطبقه تشکیل شده، می‌باشد. یک ساختار کابلی دوطرفه پیش‌تنیده در محفظه هوا، از پوسته بیرونی که شامل پنل‌های شیشه‌ای مقاوم که در گوشه‌ها با صفحات گیره فولادی ضدزنگ محکم شده، پشتیبانی می‌کند. در پوسته داخلی یک سیستم شبکه‌ای عمومی با گیره‌های جابه‌جاشونده از واحدهای لعاب(شیشه) عایق پشتیبانی می‌کند؛ (در نهایت) اتصالات سیلیکونی هردو پوسته را آب‌بندی می‌کند.

شکل ۲-۶. e عناصر ساختاری ریچارد جی. کلارچک. اطلاعات مشترک انکلوس کراپ. برگرفته از «کاربردهای نوظهور و روند نماهای دوپوسته» توسط جفری واگلیو، میکروپترسون، استیسی هوپر و داگ نوبل در کنفرانس بین‌المللی سیستم‌ها و فناوری‌های پوششی ساختمان^۶



کنترل‌کننده‌ها و تجهیزات جانبی

یک ویژگی طراحی کمتر مشاهده‌شده اما حیاتی برای یک نمای دوپوسته کنترل عناصر نمای پویا مانند پرده‌ها، لوورها، دمپر‌ها، دریچه‌ها و فن‌ها است.

عناصر نما ممکن است دارای کنترل موتوری یا دستی باشد. یک سیستم مدیریت ساختمان می‌تواند کنترل مرکزی عناصر پویا را فراهم کند. کنترل‌ها نیز ممکن است محلی باشد، مانند یک قفل پنجره داخلی یا یک سویچ نصب‌شده بر روی یک پنجره ساختمان اداری که به ساکنان اجازه کنترل پرده را می‌دهد.

حسگرهای متصل می‌توانند سرعت باد، دما، رطوبت، منوکسیدکربن و نور را در محفظه هوای نمای دوپوسته یا فضای داخلی کنترل کند. با تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرها و یک ایستگاه هواشناسی بیرونی، سیستم مدیریت ساختمان می‌تواند حالت تهویه و ویژگی‌های انتقال نور روز را به‌وسیله نمای دوپوسته در هماهنگی با سیستم مکانیکی فعال ساختمان مدیریت کند.

در صورت عملی بودن، می‌توان کنترل‌های دستی را نادیده گرفت. کنترل‌ها همچنین می‌تواند بر روی یک ساعت زمانی که برای تنظیم اجزای نما در پاسخ به الگوهای روزانه و فصلی پیش‌بینی‌شده برنامه‌ریزی شده است کار کند.

(درکل) نماهای دوپوسته معمولاً اجزای جانبی مانند نورپردازی نما، تابلوها یا طرح‌های رسانه‌ای را نیز در برگیرد.



ماری بن بونهام

ساختمان کتابخانه عمومی کمبریج، واقع در ماساچوست آمریکا

پرده‌های بالایی و پایینی در محفظه هوای نمای دوپوسته دوطبقه می‌تواند به‌طورمستقل، از عمل مستقیم مدیریت ساختمان، در پاسخ به دماهای شناسایی‌شده توسط حسگرهای داخل و خارج از محفظه هوا کار کند. در تصویر بالا قرائت‌ها در پنجره کنترل سیستم مدیریت ساختمان نمایش داده می‌شود. مقادیر محیطی تنظیم‌شده توسط مدیر تأسیسات ساختمان که می‌تواند تنظیمات را لغو کند تعیین می‌شود. تصویر پایین نیز نشان‌دهنده ارائه کنترل دو سیستم مکانیکی موتوردار به کارکنان کتابخانه است.

کی پی ام بی

ساختمان مانیتوبا هایدرو پلیس^۳ واقع در مانیتوبای کانادا

سایبان‌های پنجره بیرونی از طریق محرک‌های مکانیکی (موتوری) در پایه هر دریچه کار می‌کند. سیم‌کشی برای دستگاه کنترل درب دیوار، پرده‌ای قرارداد. داده از حسگرهای موجود در محفظه هوا و سیستم نظارت‌کننده بر آب‌وهوای بیرون ساختمان بی‌درنگ به سیستم مدیریت ساختمان سیگنال می‌دهد که دریچه‌های سایبان را باز کند و نما را از حالت بافر (سپر) به حالت تهویه تبدیل کند؛ یک سیستم اعلان (در ساختمان) به ساکنان زمان و شرایط مناسب برای بازکردن پنجره‌های قیف‌مانند دوپوسته داخلی را اطلاع می‌دهد.

ماری بن بونهام

ساختمان لیون کانکرت وون^۱ واقع در شهر لیون فرانسه

روکش سفالی طلایی-قرمز ویژگی ممتازی را برای مرکز همایش شهر و مجموعه ساختمان‌های مرتبط به‌وجود آورده است. بخش بزرگی از سازه‌ها با پوسته شیشه‌ای ثانویه تعبیه شده‌اند. نعل‌های شیشه‌ای متناوب را می‌توان با محرک‌های موتوری برای تهویه مستقیم ایوان‌های شیشه‌ای فرورفته کنترل کرد. محفظه هوای چندطبقه، متعلقات نما مانند سایه‌بان‌های غلتکی، لامپ‌ها و تابلوها را در خود جای داده است.

شکل ۲-۶. F کنترل‌ها و لوازم جانبی

1. Lyon concrctvon

2. KPMB

3. Manitoba hydoro place

جدول ۲-۲. معیارهای انرژی و نور روز

استقلال در خصوص نور روز	قرارگرفتن در معرض نور خورشید طی سال	روشنایی مفید بر اساس نور روز	احتمال تابش نور روز	شدت مصرف انرژی
درصدی از ساخت (بنا) که حداقل مصالح روشنایی (مثلاً ۳۰۰ لوکس) را برای حداقل درصد ساعات اسکان سالانه دریافت می‌کند، اس دی ای ^۱ یک نمای کلی از میزان روشنایی ساختمان ارائه می‌دهد.	درصدی از ساخت (بنا) که از سطح روشنایی مشخص شده (مثلاً ۱۰۰۰ لوکس) برای تعداد مشخصی از سطح اسکان در سال بیشتر است. درصد ساعات کاری که در آن روشنایی نور روز در یک فضا بین ۲۰۰-۱۰ FC می‌باشد.	درحالی که آ اس ای ^۲ مستقیماً تابش نور یا عدم آسایش حرارتی را اندازه نمی‌گیرد، برای هشدار به طراحان و در صورت نیاز تغییر در طراحی استفاده می‌شود.	ارزیابی احتمالی میدان بصری یک شخص ساکن (در بنا) با در نظر گرفتن روشنایی کلی، موقعیت منابع نور و کنتراست بصری در داخل فضا را پیش‌بینی و ارزیابی می‌کند که چه زمانی افراد ساکن (در بنا) ممکن است تابش خیره‌کننده که سبب ناراحتی می‌شود را تجربه کنند.	مصرف انرژی سالیانه یک بنا برحسب کیلووات بر ساعت بر مترمربع یا (کیلو بی تی یو بر فوت مربع در سال. ای یو آ ^۳ نشان‌دهنده مجموع انرژی خریداری‌شده توسط ساختمان برای مصرف می‌باشد. ای یو آ انرژی سایت و همچنین انرژی ازدست‌رفته در طول تولید و انتقال تحویل به سایت را در نظر می‌گیرد.

منابع: کارل استرنر^۴، «شش معیار»، ۳ ژوئیه ۲۰۱۴، راهنمای الگوی نور روز، www.advancedbuildings.net.

راهکارها و ایده‌های اولیه طراحی زیست اقلیمی

عوامل و فاکتورهای عنوان شده توسط اولگی که بر بیان معماری تأثیر می‌گذارد (شکل ۱-۷)، چهارچوبی برای درک و تجزیه و تحلیل مفاهیم طراحی زیست اقلیمی فراهم می‌کند (شکل ۱-۹). عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی را می‌توان به عنوان نیروهای سایت و برنامه در نظر گرفت که به طور منحصربه‌فردی باهم تلاقی می‌کنند تا زمینه را برای هر پروژه تشکیل دهند. همان‌طور که تنوع در معماری نماهای دوپوسته نشان می‌دهد، عوامل و استراتژی‌های (راهکارهای) پاسخگو به روش‌های بی‌شماری باهم ترکیب می‌شوند.

عوامل تلاقی‌کننده (مقاطع)

طراحی زیست اقلیمی، نیازمند هماهنگی دقیق عوامل برای اطمینان از عملکرد بالا در زمینه‌های راحتی ساکنان، دوام و حفظ انرژی است. مشخصات لعاب (جسم شفاف) برای نما، نمونه بارز چگونگی تلاقی عوامل متعدد در مشخصات مصالح واحد است. تصمیم برای استفاده از سطوح بزرگ‌تر شیشه‌ای تحت تأثیر عوامل فرهنگی مانند زیبایی‌شناختی، هنجارها، قوانین و انتظارات و هزینه‌هاست. همچنین مجموعه‌ای از عوامل فیزیولوژیکی نیز بر مشخصات تأثیر می‌گذارد. برهم‌کنش بین ویژگی‌های لعاب مانند عبور نور، مقاومت حرارتی، انتقال صدا، وزن و استحکام ساختاری که باید براساس نیازهای اقلیمی و کاربردی فضا به دقت متعادل شود. برهم‌کنش عوامل متعدد به همین ترتیب در تصمیماتی که منجر به ایجاد یک محفظه هوا در نمای دوپوسته می‌شود، قابل توجه است. ترکیبی از لایه‌های لعاب (جسم شفاف)، حجم محفظه هوا، مکان و اندازه دهانه‌های تهویه بر انتقال صدا، انتقال حرارت و جریان هوای داخل محفظه هوا تأثیر می‌گذارد. نیازهای سازه‌ای ایمنی در برابر آتش‌سوزی در ارتباط با فضای هوا نیز باید در نظر گرفته شود.

1. SDA
2. ASE
3. EUI

4. ANSI/IES RP-16,
Nomenclature and Definitions
in Illuminating Engineering

جدول ۲-۳. معیارها برای لعاب

ویژگی‌های عملکردی لعاب				
توصیه برای مشخصات فنی براساس نوع ساختمان و اقلیم، متفاوت و گوناگون می‌باشد.				
شیشه دوجداره	عایق حرارتی	ضریب جذب گرمای خورشیدی	انتقال قابل‌رؤیت	نسبت نور به تابش دریافتی
-شیشه عایق، با توجه به نیازهای پروژه، ویژگی‌ها و عملکرد خاصی برای آن تعیین شده است. -عایق کردن برای عدم ورود هوای نفوذی -فاصله‌دهنده‌های غیر رسانا بین شیشه‌ها -یک یا دو یا سه محفظه هوا -پوشش‌دهنده‌ها برای کنترل تابش خورشیدی -صفحات فیلم معلق یا گیردار شده -گازهای بی‌رنگ واقع در محفظه هوا -پرکننده‌های عایق شفاف	-ظرفیت لعاب‌ها و پنجره‌ها از نظر مقاومت در برابر انتقال حرارت -ضریب انتقال حرارت برحسب وات بر مترمربع بر درجه کلون، انتقال گرما را از طریق یک عنصر ساختمان با توجه به اختلاف دمای محیط در دو طرف عنصر توصیف می‌کند. -کمتر بودن میزان یو ویو ^۱ نشان‌دهنده ظرفیت بالاتر عایق حرارتی است.	-ضریب دریافت حرارت از تابش خورشیدی کسری از تشعشعات خورشیدی که از طریق پنجره وارد می‌شود. -اس‌اچ جی سی ^۲ در مرکز شیشه، مشابه جی ویو ^۳ یا همان ضریب خورشیدی می‌باشد. - برای ساختمان‌های تحت کنترل خنک‌کننده، لعاب کمتر از ۰٫۴۰٪ در کاهش دریافت تابش خورشیدی به‌خوبی کار می‌کند. -برای گرمایش خورشیدی غیرفعال، لعاب بیش از ۰٫۵۵٪ که دریافت تابش خورشید بالایی دارد، مؤثر است.	-انتقال (نور) قابل‌مشاهده کسری از نور در طیف مرئی و قابل دید که از طریق یک ماده یا سیستم لعاب منتقل می‌شود. -هنگامی که پوشش‌های بی‌رنگ که با انتشار کمی برای کاهش بهره خورشیدی و بهبود مقاومت حرارتی اعمال می‌شوند، نور مرئی حدود ۱۰٪ کاهش می‌یابد. -افزایش نور مرئی بالای ۷۰٪ برای استفاده از نور روز بسیار ایده‌آل است.	-نسبت بین انتقال نور مرئی ^۴ و ضریب افزایش دریافت تابش خورشیدی اس‌اچ جی سی -نسبت وی تی به اس‌اچ جی‌سی ^۵ چگونگی کاهش مؤثر دریافت تابش خورشیدی با کمترین کاهش در انتقال نور مرئی را اندازه‌گیری می‌کند. -نسبت ال اس جی ^۶ بالاتر به عملکرد کارآمدتر نور روز کمک می‌کند.
ارزش‌های معمول استفاده‌شده در شیشه توجه به این نکته حائز اهمیت است که مقادیر خالص برای پنجره مربوط به قاب است و به‌طور قابل توجهی از مقادیر ذکرشده برای مرکز شیشه متفاوت است.				
پنجره تک با شیشه پاک	پنجره دوجداره	پنجره دوجداره با رنگ برنزی	پنجره دوجداره که روی شیشه آن با low E پوشش داده شده است.	پنجره سه‌بعدی که لایه‌ای همراه با پوشش Low-E دارد.
U = 1.04 Btu/h/ft ² /°F SHGC = 0.86 VT = 0.90	U = 0.47 Btu/h/ft ² /°F SHGC = 0.70 VT = 0.79	U = 0.47 Btu/h/ft ² /°F SHGC = 0.50 VT = 0.48	U = 0.25 Btu/h/ft ² /°F SHGC = 0.27 VT = 0.69	U = 0.15 Btu/h/ft ² /°F SHGC = 0.26 VT = 0.46

منبع: «پنجره برای ساختمان‌های تجاری با کارایی بالا»، مشارکت کارآمد پنجره‌ها (۲۰۱۱-۱۸)، www.commercialwindows.org.

ابعاد معنایی، اجتماعی و تاریخی

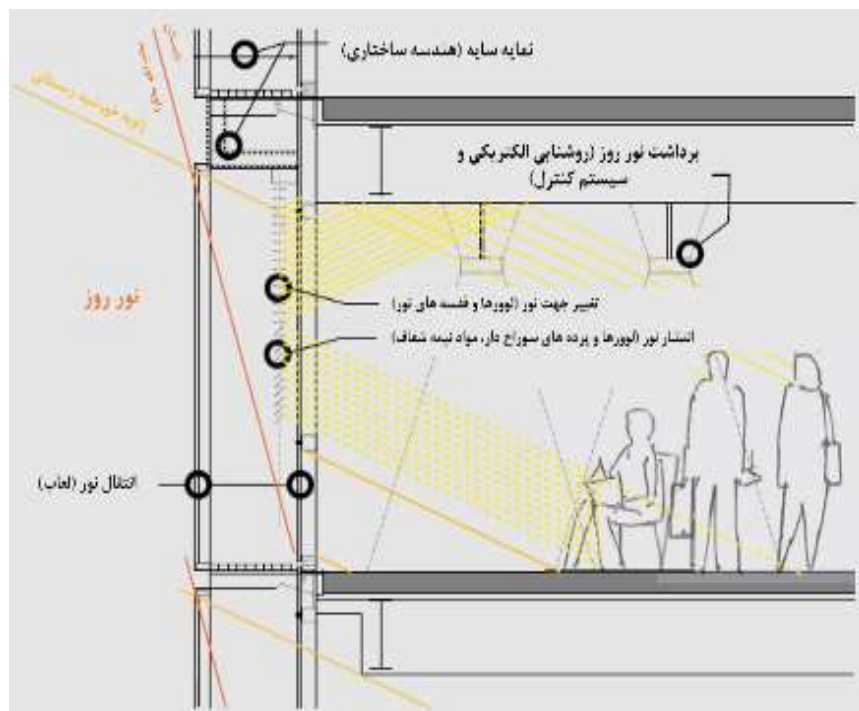
اینکه ما چگونه به‌عنوان یک فرد، یک گروه یا یک اجتماع، معیارهای قطعی را برای تصمیم‌گیری در مورد طراحی می‌بینیم بازتابی از ارزش‌ها و نگرش‌های فرهنگی ما نسبت به محیط ساخته‌شده است. با توجه به تعریف طراحی زیست‌اقلیمی، این نوع از طراحی به دنبال ارتباط مثبت با محیط است، موضعی که به‌خودی‌خود دارای ابعاد معنایی، اجتماعی و تاریخی است. استراتژی‌های طراحی غیرفعال متناسب با اقلیم هر منطقه، معمولاً منجر به اتکای کمتر به سیستم‌های فعال که انرژی مصرف می‌کنند، می‌شود که به‌نوبه خود میزان گرین تولیدشده ساختمان را کاهش می‌دهد.

1. U-Value
2. SHGC

3. G-value
4. VT

5. VT/SHGC
6. LSG

براین اساس میزانی که پروژه‌ها به کاهش مصرف انرژی یا انرژی صفر دست می‌یابند با توجه به شرایط پروژه‌ها متفاوت می‌باشد. امکان ادغام (سیستم‌های) فتوولتائیک در یک پروژه تا حد زیادی با الگوهای تابش خورشیدی در سایت، به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی تعیین می‌شود.



نور و روشنایی
مفاهیم زیست اقلیمی
بهینه سازی نور روز
مزایا
نور غیرفعال (+)
ذخیره انرژی (+)
ارتباط با طبیعت (+)
هشدارها
گرمای بیش از حد (-)
خبرگی (-)
بهینه سازی کیفیت نور روز
در دسترس با ایجاد یک
توازن بین راهکارهای
سایه اندازی، انتشار و تغییر
جهت نور، سازگاری و
انعطاف پذیری سیستم
برای تغییر در برابر نور
خارجی محیط.

راهکار: افزایش نور مرئی قابل انتقال از طریق هندسه ساختمان و ویژگی‌های لعاب (جسم شفاف): میزان نور روز در دسترس را که به فضای داخلی نفوذ می‌کند افزایش دهید. حفره هوا و عناصر ساختاری آن به همراه ساختمان به عنوان روزهایی عمل می‌کنند که بسته به تغییرات فصل در زوایا و ارتفاع‌ها، مانع عبور نور یا دریافت نور می‌شوند. همچنین لعاب با کارایی بالا می‌تواند بهره‌مندی از تابش خورشیدی را مدیریت کند و در عین حال سطوح بالایی از عایق و عبور نور مرئی را ارائه دهد.

راهکار: طراحی برای آسایش بصری و ایجاد عنصر مناسب کیفیت نور روز را از طریق ایجاد سایه، تغییر جهت و پخش نور بهینه کنید. برای دید بهتر لعاب شفاف در اولویت قرار داد، اما این لعاب‌ها می‌تواند از مجموعه‌ای از فریت‌ها، مواد نیمه شفاف و یا منطقه‌دار استفاده کند. پرده‌ها و یا سایبان‌های قابل تنظیم در محفظه هوا به طور فعال به تغییر شرایط نور بیرونی پاسخ می‌دهد. سطح متناسبی از روشنایی را فراهم کنید، تعادل در تضاد نور ایجاد کنید و تابش خیره کننده را از بین ببرید.

راهکار: دریافت کننده نور روز برای حفظ و کاهش مصرف انرژی و سیستم روشنایی الکتریکی پاسخگو به نور روز برای کاهش مصرف انرژی روشنایی طراحی کنید. وسایل مربوط به نور را با توجه به نفوذ نور روز گروه بندی و کنترل کنید. به عنوان مثال ردیف‌هایی از وسایل موازی با دیوار پنجره، حس گرهای فتوالکتریک چراغ‌های برق را کم یا خاموش می‌کند و در عین حال عملکرد پرده‌ها را در محفظه هوای نمای دوپوسته به طور خودکار کنترل می‌کند. (به این منظور) می‌توانید نما و کل ساختمان را برای بهینه سازی نور روز، مناسب با مصرف انرژی کم سالانه، مدل سازی کنید.

شکل ۲-۷. a مفاهیم و استراتژی‌های زیست اقلیم برای نمای دوپوسته لومینوس^۱، منبع: ماری بن بونهام

بالاین حال، تصمیم قطعی و نهایی در خصوص تولید انرژی تجدیدپذیر در سایت (بنا) تحت تأثیر عوامل غیر فیزیولوژیکی مانند مقررات منطقه بندی، مقررات شرکت‌های برق، تخفیف‌های مالیاتی، بازگشت سرمایه و اراده کارفرما به عنوان یک عامل همیشگی خواهد بود. از دیگر تصمیمات ارزش مرتبط با طراحی نما، می‌توان به سطوح ایمنی اعمال شده برای استفاده معین با توجه به قوانین ساختمان درجه کنترل فردی که به کاربران داده می‌شود، تعادل

هزینه‌های ساخت‌وساز در مقابل هزینه‌های جاری سازه و همچنین نحوه برخورد یک ساختمان در جهت حفظ یا تضاد با بافت تاریخی اشاره کرد.

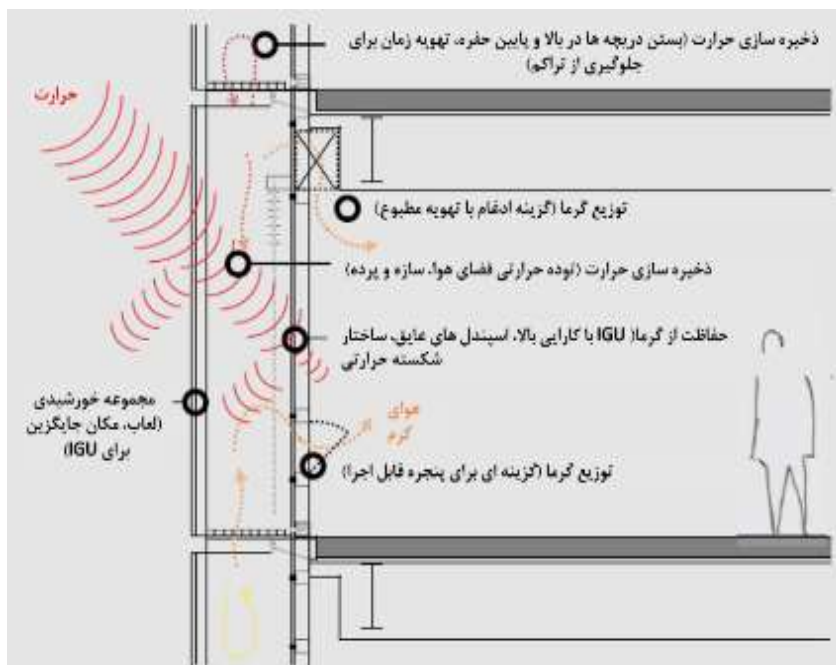
بعد نور در ساختمان

نور روز به عنوان نور کنترل‌شده تابش خورشیدی و نور پراکنده و ساطع‌شده از آسمان به‌منظور تأمین نور فضای داخلی ساختمان تعریف می‌شود. دسترسی به نور طبیعی نه‌تنها برای دیدن ضروری است، بلکه به سلامت و رفاه ساکنان ساختمان نیز کمک می‌کند. در صورت عدم کنترل نور خورشید، تضاد ناراحت‌کننده از نور، تابش خیره‌کننده یا گرمای بیش‌ازحد به فضاهای اشغال‌شده وارد می‌شود. از طریق بهره‌گیری از روشنایی خوب در طول روز، از پتانسیل تابش خورشیدی به‌جای ایجاد مانع کامل برابر آن بهره‌برده می‌شود و در نهایت بهبود می‌بخشد. افزایش استفاده از نور روز به این معنی می‌باشد که انرژی مورد استفاده برای تأسیسات الکتریکی حفظ می‌شود و هزینه انرژی کل ساختمان نیز تا یک‌سوم کاهش می‌یابد. در خصوص فضاهای بزرگ‌تر، موضوع فراتر از این مسائل اولیه است، به‌طوری‌که سازندگان فضاها سعی در فضائی نورانی و به‌یادماندنی دارند در عین حال که به فرم معماری معنا می‌بخشند و تعلق خاطر ساکنان را به مکان بیشتر می‌کنند. بهینه‌سازی نور روز در ساختمان‌ها را می‌توان از طریق اقدامات عمدتاً غیرفعال سبک کرد. (مانند) مکان‌یابی و جهت‌گیری خورشیدی، استفاده از فضای سبز و یا ساختمان‌های مجاور برای سایه‌اندازی، انبوه‌سازی و برنامه‌ریزی فضاهای داخلی، طراحی محوطه ساختمان، پنجره و نورگیر سقفی و انتشار نور از طریق مواد پوشش‌دهنده داخل ساختمان. از آنجاکه نور خورشید انرژی حرارتی را همراه با نور مرئی به ارمغان می‌آورد، باز کردن نماها به سمت نور بیشتر به معنای افزایش بالقوه گرما از طریق شیشه است. قالب‌های پنجره و لعاب باید برای بهینه‌سازی نور روز در کنار سایر اهداف پروژه به‌منظور ایجاد شفافیت، مقاومت حرارتی و انتقال صدا طراحی شوند. تیم طراحی معیارهای طراحی روشنایی را برای هر پروژه خاص معین می‌کند، این موضوع تلاشی بین‌رشته‌ای می‌باشد که شامل ارجاع استانداردهای صنعتی به‌عنوان یکی از بهترین روش‌ها علاوه بر الزامات عمومی ساختمان است. هدف الزامات عمومی ساختمان حفاظت از سلامت و رفاه ساکنان می‌باشد که حداقل نیاز برای نور و هوای تازه به فضاهای مسکونی را الزام می‌کند. [علاوه‌براین]، کدهای انرژی برای کاهش مصرف انرژی تأسیسات الکتریکی در نظر گرفته شده‌اند. این کدها و الزامات، حداکثر توان روشنایی را برای مصارف خاص معین می‌کنند. کدهای انرژی به‌طور دوره‌ای به‌روزرسانی می‌شود و بسته به توسعه فن‌آوری‌های روشنایی الکتریکی و امکان طراحی‌های با مصرف کم انرژی، همواره دقیق‌تر می‌شود. کنترل‌کننده‌های روشنایی در تعامل با نور روز، حسگرهای تشخیص فضای خالی (در بنا) و کنترل فردی روشنایی از اقدامات اختیاری در الزامات عمومی ساختمان تبدیل‌شده‌اند. روشنایی روز دسترسی به مناظر، روشنایی‌های کم‌مصرف (لامپ‌ها) و کنترل روشنایی (در بنا) مدت‌زمانی است که به‌عنوان معیارهای اصلی ساختمان‌های سبز مطرح شده‌اند. در نهایت نورپردازی معماری به افزایش آگاهی و درک تأثیر نور بر سلامت و رفاه دست یافته‌است. هنگامی‌که برای نور روز و دریافت آن طراحی می‌کنید، توصیه می‌شود از متخصصان در زمینه نور مشورت بگیرید. انجمن بین‌المللی طراحان روشنایی^۱ کیفیت نور را به‌عنوان تعادل بهینه نیازهای انسان، ملاحظات معماری و بهره‌وری انرژی تعریف می‌کند [۷]. استانداردهایی همچون ایسنا^۲ در آمریکای شمالی و EN-12464-1 مربوط به نورپردازی داخلی محیط‌های کاری در اتحادیه اروپا، اصولی را برای کیفیت و کمیت روشنایی ارائه می‌دهد [۸]. برخی از این اصول در کدهای طراحی گاهاً ادغام می‌شود. علاوه‌براین روشنایی توصیه‌شده در این کدها را می‌توان با نور روز، روشنایی الکتریکی و یا ترکیبی از هر دو تأمین کرد. مضاف‌برآن، با استفاده از معیارهای برگرفته از اقلیم منطقه مانند اس دی ای^۳ و ای اس ای^۴ می‌توان در مدل شبیه‌سازی ساختمان، کیفیت و کمیت نور را پیش‌بینی کرد [۹].

1. IALD
2. IESNA

3. sDA
4. ASE

یکی از موارد خاص در طراحی نما، دست‌کاری لایه‌های لعاب در واحدهای پنجره برای کنترل نور روز و درعین‌حال تأمین نیازهای حرارتی است. لعاب با کارایی بالا به واحدهای لعاب عایق چند جداره اطلاق می‌شود که برای دستیابی به مقاومت حرارتی متوسط رو به بالا با عبور نور مرئی به‌خوبی به کار گرفته شده‌اند که در ترکیب با قاب‌های حرارتی شکسته به کار گرفته می‌شوند.



گرم‌کننده حرارتی
مفاهیم زیست اقلیمی
جمع‌آوری تابش
خورشیدی
ذخیره گرما
حفاظت از گرما
مزایا
گرمایش غیرفعال (+)
(+) صرفه‌جویی در مصرف انرژی
هشدارها
گرمای بیش‌ازحد
محفظه (-)
متراکم شدن (-)
در طراحی برای گرمایش،
توازن بین جمع‌آوری و
اجازه دادن ورود
گرما (مجموعه) به داخل و
اجازه برای خروج آن
(ذخیره‌سازی) اهمیت
دارد.
تهویه برای جلوگیری از
گرمای بیش‌ازحد.

راهکار: استفاده از رویکرد فعال برای جمع‌آوری تابش خورشیدی. لعاب مناسب با اقلیم و جهت تابش خورشیدی را معین کنید. هنگامی که گرمایش حرارتی غیرفعال موردنظر است از لعاب شفاف و یا بهره‌بالی دریافت تابش استفاده کنید. از بازشوها باقابلیت حرکت استفاده کنید تا اجازه دهند هوا بین حالت بسته و تهویه جابه‌جا شود. جمع‌آوری تابش خورشیدی می‌تواند به کمک خنک‌کننده خورشیدی غیرفعال بیاید چون در امر حرکت هوای گرم به سمت بالا تسهیل ایجاد می‌کند.

راهکار: عایق و ایزوله کردن برای ذخیره گرما در حالت بسته، نمای دوپوسته یک منطقه عایق بسته از هوا را بین پوسته‌های داخلی و خارجی تشکیل می‌دهد. واحدهای لعاب عایق را در پوسته قرار دهید، تا به‌عنوان لایه کنترل حرارتی دیوار عمل کند. واحدهای لعاب عایق با کارایی بالا را که ضریب انتقال حرارت کم همراه با قابلیت بالای نور دارد، اختصاص دهید. علاوه‌براین با کاهش سطح لعاب میزان ضریب انتقال حرارت دیوار کاهش می‌یابد. شکست‌های حرارتی در شبکه‌های پنجره و سایر اجزای ساختمان را به حداقل برسانید.

راهکار: از فضای هوا برای توزیع گرما استفاده کنید. گرما در محفظه هوای نمای دوپوسته با توجه به تفاوت دمای پوسته داخلی به‌طورغیرفعال به فضای مجاور خنک‌تر انتقال پیدا می‌کند. توده ساختمانی در محفظه هوا به‌سرعت انتقال حرارت کمک می‌کنند. توزیع گرمای ذخیره‌شده را از طریق تهویه مستقیم یا ادغام با سیستم‌های مکانیکی ساختمان درنظر بگیرید.

شکل ۲-۷. b مفاهیم و استراتژی‌های بیوکلیماتیک برای نماهای دوپوسته _ گرمایش/حرارتی. منبع: ماری بن بونهام

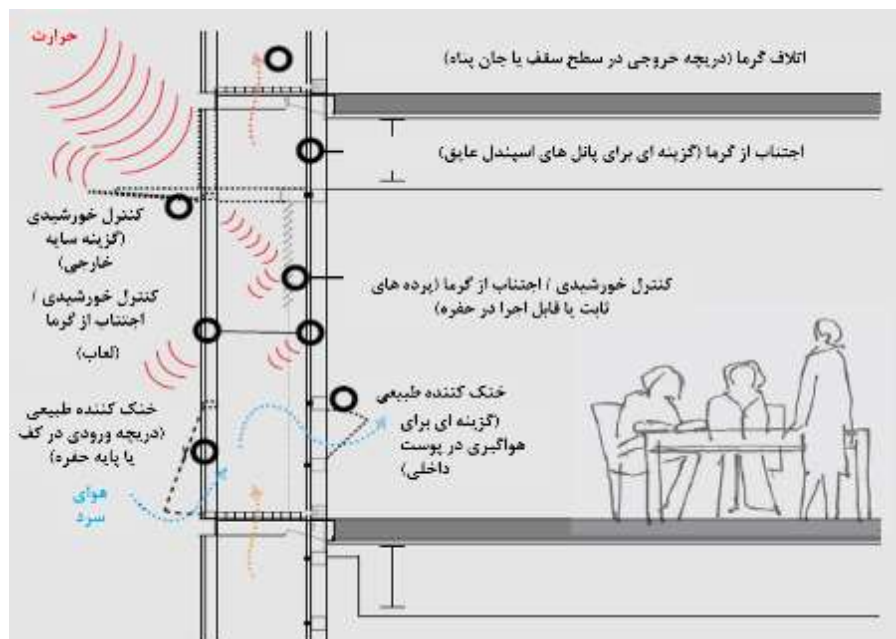
وی تی^۱ یا تی وی آی اس^۲ نسبت داده شده به لعاب، غالباً میزان نور روز از طریق نور مرئی (به داخل) بنا را تعیین می‌کند [۱۰]. لایه‌های اضافه‌تر در ساختار نمای دوپوسته فرصت‌های بی‌نظیری را برای بهینه‌سازی نور روز در فضای داخلی ارائه می‌دهد. اکثر نماهای دوپوسته منجر به ایجاد نماهای عمیق‌تر با لایه‌های بیشتری از شیشه می‌شود و یا به سایر اجزای کنترل‌کننده تابش خورشیدی برای تنظیم و دست‌کاری نور روز مجهز می‌شود. راهکارهای بهینه‌سازی نور روز در طراحی نماهای دوپوسته، در شکل ۲-۷ نشان داده شده‌اند: افزایش انتقال نور مرئی طراحی برای افزایش راحتی بصری و ایجاد (دیدهای متنوع)، دریافت نور روز و صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

بعد گرمایشی (ساختمان)

با توجه به شکل ۱-۶ آسایش فیزیولوژیکی انسان، منطقه‌ای است که از تقاطع و برهم‌کنش دمای هوا و رطوبت نسبی به دست می‌آید. حرکت جریان هوا که توسط ساکنان در یک فضا حس می‌شود با توجه به سرعت و دمای هوا در آن فضا می‌تواند خوشایند و یا ناخوشایند باشد. با توجه به اینکه انتظارها در خصوص آسایش حرارتی بسته به فرد و فرهنگ او متفاوت است، طراحی برای ایجاد آسایش حرارتی با توجه به استانداردهای تعیین شده توسط مقامات منطقه‌ای یا درخواست‌های کاربران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

1. VT

2. TVis



خنک کننده حرارتی
مفاهیم زیست اقلیمی
کنترل تابش
خورشیدی
جلوگیری از نفوذ گرما
سرمایش طبیعی
پراکنده کردن حرارت
مزایا
(+) سرمایش غیرفعال
(+) صرفه جویی در
مصرف انرژی
(+) ارتباط با طبیعت
هشدارها
(-) کیفیت هوا
(-) آلودگی صوتی
در طراحی برای
سرمایش، به منظور
آزاد کردن گرما در
محفظه هوا، از مسیر
قابل کنترل استفاده
کنید و به صورت
طبیعی محیط داخل
را خنک کنید.

راهکار: به طور طبیعی فضای داخلی را خنک کنید.

مناطق حفره های هوا به عنوان (سپر هوا) یک ریزاقلیم را در نمای ساختمان ایجاد می کند که می تواند دوره تهویه طبیعی را با کاهش نیروهای باد در تعدیل دمای خارجی افزایش دهد. در نظر گرفتن کیفیت هوای محل اهمیت دارد، برای سطوح بالای گرد و خاک و آلودگی هوا از فیلتر استفاده کنید. مدل کردن فعل و انفعالات سیال در فشار بالا و دمای متفاوت در طراحی مکانیکی وسایل سرمایش و گرمایش به طراحی بهتر کمک می کند.

راهکار: ایجاد تهویه برای جلوگیری از متراکم شدن و افزایش گرما در محفظه هوا.

قابلیت تهویه در نمای دوپوسته طوری طراحی شده است که به منظور دفع گرما، حرارت ایجاد شده را پیش از انتقال از طریق پوسته داخلی، به سمت بالا هدایت می کند، با کنترل مکان، نوع و اندازه بازشوهای موجود در محفظه هوا الگوهای جریان هوای مورد نظر را ایجاد می کند. دریچه ورودی هوا را دور از دریچه های خروجی هوا و سایر منابع آلاینده هوا یا آلودگی صوتی قرار دهید. از مسیرهای ناخواسته انتقال صدا جلوگیری کنید.

راهکار: پخش نور و گرما از طریق لایه های (مختلف)

پوسته بیرونی در نمای دوپوسته به عنوان یک صفحه اولیه به منظور تعدیل شرایط محیط خارجی مانند نور، گرما و سرما، باد و سروصدا عمل می کند. دستگاه های کنترل تابش خورشیدی که قابل حرکت اند، معمولاً برای کنترل بیشتر گرما و نور در داخل محفظه هوا قرار می گیرند. با استفاده از شیشه چند جداره و مواد عایق، انتقال حرارت بین فضای هوا و فضای داخل با هوای مطبوع را کاهش دهید. علاوه بر این با استفاده از لعاب که دارای انتشار و جذب گرمای کمتر می باشد، از حضور گرما در نمای دوپوسته جلوگیری کنید.

شکل ۲-۷. C. مفاهیم زیست اقلیم و استراتژی های خنک کننده حرارتی نماهای دوپوسته، منبع: ماری بن بونهام.

طراحی غیرفعال گرمایش ساختمان، منجر به انعطاف‌پذیری بیشتر و همچنین صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود. مادامی‌که طراحی‌های غیرفعال به‌کار گرفته شود، سیستم‌های فعال موردنیاز برای توزیع هوای تازه، گرم و خنک کردن و رطوبت‌زدایی فضای داخلی ساختمان را می‌توان کم کرد و یا با شدت کمتری مورد استفاده قرار داد. با توجه به شکل ۸-۱، گرمایش حرارتی به معنی کنترل تابش خورشیدی و گرمای محیط به‌منظور گرم کردن محیط داخلی است. (از طرف دیگر) سرمایش حرارتی در رفتار ترمودینامیکی هوا برای تهویه نماها و فضاهای داخلی استفاده می‌شود. در طراحی پاسخگو به اقلیم، شرایط راحتی با توجه به داده‌های آب‌وهوای محلی توسط تیم پروژه مطالعه می‌شود، تا در صورت عدم تناسب اقدامات اصلاحی مربوط به تابش خورشیدی، حرکت هوا و رطوبت‌زدایی انجام شود. الگوهای آب‌وهوایی شامل بارش، دما، رطوبت، تابش خورشیدی، سرعت و جهت باد گردآوری شده، برای ایجاد داده‌های آب‌وهوای یک منطقه خاص استفاده می‌گردد. از این داده‌های سالانه برای یک‌زمان و تاریخ معین در نمودار سایکرومتریک استفاده می‌شود تا درنهایت با استفاده از برنامه‌های آنالیز رایانه‌ای شرایط آگاهانه‌ای برای طراحی به‌دست آید.

به‌عنوان مثال، روز درجه گرمایی و روز درجه سرمایی از جمله معیارهایی‌اند، که نشان می‌دهد چقدر اختلاف دما بین دمای خارجی از فضا نسبت به دمای آسایش حرارتی در داخل فضا وجود دارد. لذا از این معیارها می‌توان برای ارزیابی بار سرمایش و گرمایش در داخل ساختمان استفاده کرد. با توجه به بارهای حاصل از تهویه و هوای نفوذی، از بارهای روز درجه می‌توان برای تخمین مقدار انرژی موردنیاز برای تهویه ساختمان استفاده کرد. (علاوه بر این) داده‌های آب‌وهوا توسط کد انرژی سازمان‌های ثبت‌کننده استانداردها برای ساختمان‌های سبز به‌منظور ایجاد حداقل الزامات جهت عایق‌بندی ساختمان، افزایش دریافت گرمای خورشیدی و هواپندی برای مناطق آب‌وهوای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۱].

ریزاقلیم اطراف ساختمان باید دانسته و درک شود و در صورت امکان با استفاده از منظرسازی و یا دیگر ساختارها برای کاهش و یا تقویت کانال‌های هوای سرد و گرم، طراحی انجام شود. جهت‌گیری ساختمان، فرم، پنجره‌بندی و انتخاب مصالح را می‌توان به‌گونه‌ای انجام داد که با نیروی خورشیدی و باد کار کند و بر ریزاقلیم اطراف ساختمان اثر بگذارد تا به این صورت گرمایش و سرمایش غیرفعال مؤثر ایجاد شود.

مصالح ساختمانی و کیفیت عایق‌بندی ساختمان به‌گونه‌ای باید طراحی شود که سطوح با مقاومت حرارتی متناسب با اقلیم را فراهم کند. اکثر ساختمان‌های تجاری تحت سلطه بار داخلی مانند بارهای حرارتی داخلی همچون تجهیزات، رایانه‌ها، چراغ‌ها و افراد ساکن در بنا هستند و در نتیجه گرمای بیشتری نسبت به نیاز ساختمان ایجاد می‌کنند. بنابراین هدف این ساختمان‌ها ایجاد محفظه‌ای با عایق حرارتی بالا به‌منظور کاهش گرما و حفظ هوای مطبوع در طول فصل‌های سرد می‌باشد.

جدول ۲-۴. فیزیک ساختمان

آیرودینامیک	ترمودینامیک
زمانی که جریان هوا یک ساختمان را دربرمی‌گیرد، فشار بیشتر در جبهه بادگیر ساختمان ایجاد می‌شود، درحالی‌که فشار کمتر در جبهه پشتی ساختمان حادث می‌شود. به‌منظور متعادل شدن فشار هوای تازه که از سمت بادگیر ساختمان توسط بازشو وارد شده است، هوا از سمت جبهه پشتی ساختمان خارج می‌شود. تهویه دوطرفه زمانی بهینه می‌شود که بازشوها در دو طرف مقابل هم قرار گیرند که هوا به‌خوبی مخلوط شود و همچنین خروجی هوا از ورودی هوا بالاتر در نظر گرفته می‌شود تا از امتیاز حرکت هوا با استفاده از اثر اختلاف دما استفاده شود. اثر شناوری هوا (انتقال جریان) براساس اختلاف دما، چگالی هوا بر اثر تغییرات دما و رطوبت نسبی تغییر می‌کند. زمانی که مولکول‌های هوای گرم فعال می‌شود و چگالی آن‌ها کم می‌شود، هوا در داخل فضا به سمت بالا حرکت می‌کند. برعکس زمانی که چگالی هوا بالا می‌رود و هوا متراکم‌تر می‌شود و به سمت پایین حرکت می‌کند که حرکتی خلاف جهت شناوری هوا شکل می‌گیرد. به‌طور خلاصه به این پدیده که هوای گرم بالا می‌رود و هوای سرد پایین می‌آید، اثر شناوری گفته می‌شود. خاصیت شناوری هوا در داخل بنا در کل نمای آن رخ می‌دهد. علاوه‌براین در برخی مناطق خاص عمودی ساختمان مانند چاله‌های آسانسورها و محفظه هوای نمای دوپوسته نیز این خاصیت وجود دارد.	انتقال حرارت توسط تماس، تابش و همرفت بر اساس قانون ترمودینامیک که گرما به دنبال سرما می‌گردد، انجام می‌شود. تماس از طریق اجسام جامد انجام می‌شود و میزان و سرعت آن بستگی به مقاومت حرارتی و ضخامت جسم دارد. در انتقال حرارت از طریق تماس، اتم‌ها بدون جابه‌جایی انتقال حرارت انجام می‌دهند. همرفت در هر دو سطح بیرونی و داخلی دیوارها، پنجره‌ها، در داخل حفره‌ها در دیواره و در جداره‌های شیشه رخ می‌دهد. در همرفت (جابه‌جایی) اتم‌های با دمای مختلف حرکت می‌کنند و جریان هوا ایجاد می‌کنند. به‌عنوان مثال وقتی که سطح پنجره سرد هوای اتاق مجاور را سرد می‌کند، هوا متراکم‌تر می‌شود و به پایین می‌آید و جریان همرفتی را شروع می‌کند که منجر به عدم آسایش حرارتی می‌شود. آسایش حرارتی تمامی اشیاء از خود گرما و طول‌موج‌های بلند تابشی ساطع می‌کنند درحالی‌که قابل‌دیدن نیست اما محسوس می‌باشد. اشیاء گرم‌تر گرمای تابشی بیشتری نسبت به اشیاء خنک‌تر از خود ساطع می‌کنند. یک سطح پنجره گرم‌شده با تابش خورشیدی، گرما را از طریق تابش به فضای داخلی خنک‌تر منتقل می‌کند و بر این اساس عدم آسایش حرارتی در محیط به‌وجود می‌آید.

منبع: «پنجره برای ساختمان‌های تجاری با کارایی بالا»، پنجره مشارکتی کارآمد (۱۸-۲۰۱۱).^۱

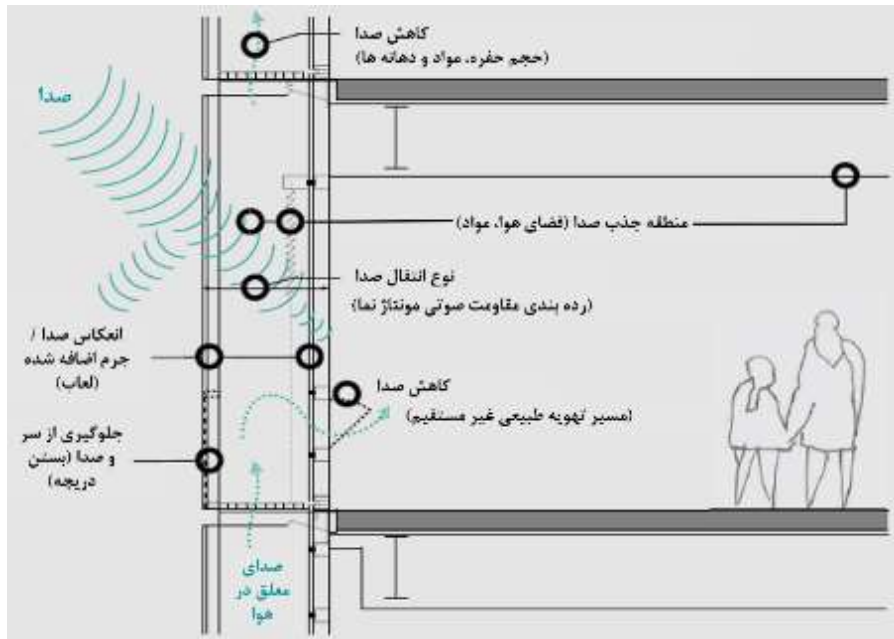
مشابه همین عمل، عایق برای کاهش تلفات حرارتی در فصل گرما عمل می‌کند. شاخص یو ولیو، انتقال گرما و حرارت از طریق یک عنصر ساختمانی در رابطه با اختلاف دمای بین دو محیط در طرفین را تعیین می‌کند. مقدار یو ولیو کمتر نشان‌دهنده ظرفیت بالاتر عایق است. ظرفیت عایق مصالح ساختمانی کدر یا مات در ساختمان با شاخص آر ولیو^۲ اندازه‌گیری می‌شود. این واحد میزان مقاومت در برابر حرکت گرما برای مصالح خاص و یا ترکیبی از مصالح را نشان می‌دهد. مقادیر بالاتر آر ولیو نشان‌دهنده ظرفیت کمتر عایق می‌باشد [۱۲].

مصالح ساختمانی را می‌توان بر اساس جرم حرارتی‌شان انتخاب کرد که می‌تواند ظرفیت نگهداری و ذخیره گرما در بنا را کاهش یا افزایش دهد و در جذب تابش خورشیدی در پوسته خارجی نقش داشته باشد. درکل این موضوع باعث می‌شود که گرما از طریق بنا کسب شود و یا به اطراف منعکس گردد. (به‌عنوان مثال) شاخص جی ولیو^۳ در اروپا به‌طوررایج برای اندازه‌گیری انتقال انرژی خورشیدی توسط شیشه مورد استفاده قرار می‌گیرد. (همچنین) ضریب کسب حرارت خورشیدی در آمریکای شمالی برای اشاره به انتقال انرژی خورشیدی یک پنجره یا درب به‌عنوان جزئی از مجموعه بنا بکار می‌رود [۱۳].

1. G. Z. Brown و Mark DeKay,
Sun, Wind & Light:

Architectural Design Strategies
(Wiley, 2000).

2. R-Value
3. G-value



مربوط به صوت
مفاهیم زیست اقلیمی
کاهش صدا
مزایا
(+) آسایش ساکنان
هشدارها
(-) حریم خصوصی
صوتی بین اتاق‌ها
با افزودن پوسته
بیرونی با قابلیت
انعکاس صدا، فضای
هوا و مواد جاذب
صدا، از فضاهای
داخلی در برابر
سروصدای مزاحم
خارجی محافظت
کنید.
توازن بین اندازه‌های
موردنیاز تهویه و
سطح موردنیاز برای
عایق صدا را برقرار
کنید.

راهکار: مسیره‌های انتقال صدا را کنترل کنید. صدا در ضعیف‌ترین نقطه وارد ساختمان می‌شود. شکاف‌ها و نفوذها را با درزگیر صوتی برای ایجاد یک محفظه هوا بنده‌شده مهروموم کنید. ورودی‌ها و خروجی‌های هوا را دور از منابع سروصدا قرار دهید. در نماهای دوپوسته با تهویه طبیعی، کنترل پنجره‌های داخلی را به کاربران بدهید تا بتوانند در صورت تمایل به کاهش سروصدا، بازشوها را ببندند. پنجره‌های داخلی را با توجه به مسیره‌های کناری بین فضاهای داخلی طراحی کنید.	راهکار: لایه‌های تعیین‌کننده قدرت نفوذ برای کاهش سروصدا. منطقه حائل (محفظه هوا) نمای دوپوسته به‌طورذاتی، انتقال صدا را در مقایسه با نماهای تک‌پوسته از طریق افزایش جرم به افزایش عمق حفره هوا و افزودنی ساختاری دوپوسته کاهش می‌دهد. حجم محفظه هوا، مصالح ساختمانی و تنظیم بازشوها بر مقاومت صوتی کل یک نمای دوپوسته تأثیر می‌گذارد. همچنین مواد جاذب صدا را می‌توان در محفظه هوا و یا در اتاق چسبیده به نما اضافه کرد.	راهکار: پوشش محافظ (سپر) در برابر سروصدا با پوسته دوم. پوسته بیرونی یک نمای دوپوسته، سروصدای مزاحم را به سمت منبع صدا منعکس می‌کند و در نتیجه یک ریزاقلیم آرام‌تر را برای نمای داخلی رقم می‌زند. براساس طیف‌های نویز خاص و همچنین کاربری داخلی طراحی کنید. به‌عنوان مثال در نظر بگیرید ترافیک کنار ساختمان در فاصله ۵ متری، تولید نویز ۸۰ دسی‌بل با فرکانس پایین می‌کند، محفظه نمای دوپوسته می‌بایست انتقال صدا به داخل را تا ۴۰ دسی‌بل یا بیشتر کاهش دهد تا در محدوده توصیه‌شده نویز پس‌زمینه قرار بگیرد.
---	--	---

شکل ۲-۷. d مفاهیم زیست اقلیم و استراتژی برای نمای دوپوسته صوتی، منبع: ماری بن بونهام.

(عموماً) لعاب (جسم شفاف) براساس بهره خورشیدی زیاد یا کم، بر مبنای اقلیم و جهت‌گیری خورشید و اینکه ساختمان در اقلیم سرد یا گرم واقع شده، انتخاب می‌شود. در آب‌وهوای سرد و معتدل که بهره خورشیدی برای گرمایش غیرفعال مطلوب است، می‌توان لعاب با بهره خورشیدی بالا را برای دیوارهای روبه‌استوا (برای نیم‌کره شمالی، جهت جنوبی ساختمان و برای نیم‌کره جنوبی، جهت شمالی ساختمان) در ترکیب با ذخیره‌سازی و حفاظت از گرما

مانند استفاده از جرم حرارتی (برای دیواره‌ها) معین کرد. عایق (حرارتی) متحرک برای پوشاندن مناطق لعاب‌دار استفاده می‌شود تا از اتلاف حرارت از طریق شیشه در شب جلوگیری شود. در طول فصل گرم در این اقلیم، دریافت تابش خورشیدی از طریق شیشه‌های روبه‌استوا می‌تواند به‌طور مؤثر با سایبان‌های افقی مسدود شود. لعاب با بهره‌گیری کم خورشیدی ممکن است برای بازشوهای غربی و شرقی که راهکار سایه‌اندازی کمتر مؤثر واقع می‌شود، توصیه گردد.

در آب‌وهوای گرم، راهکارهای لعاب و سایه با بهره‌گیری کم ممکن است برای همه نماها ضروری باشد. لعاب با بهره‌گیری کم، پوشش‌ها و لایه‌هایی با انتشار کم را در شیشه‌های چندجداره ادغام می‌کند تا انتقال حرارت از طریق تابش را به حداقل در انتقال نور مرئی، کاهش دهد. لعاب انتشار کم به لحاظ طیفی قابل انتخاب است. به این معنی که جریان گرما از طریق لعاب با انعکاس تابش مادون‌قرمز با طول‌موج بلند که به‌صورت گرما احساس می‌شود به سمت منبع خود بدون مسدود کردن طول‌موج‌های مرئی کاهش می‌یابد [۱۴].

تهویه طبیعی از اختلاف دما و فشار به‌منظور ایجاد جریان هوا در داخل ساختمان استفاده می‌کند. استراتژی تهویه، ممکن است برای تأمین هوای داخل از طریق پنجره‌ها در طول روز و یا به‌منظور تخلیه هوای گرم در شب هنگام استفاده شود. جهت و سرعت جریان هوا (در داخل) براساس اصول ترمودینامیک یا آیرودینامیک عمل می‌کند. سایت قرارگیری بنا و ابعاد و اندازه آن یک اختلاف فشار موضعی ایجاد می‌کند که بر حرکت هوا به داخل و خارج از طریق بازشوها در نما تأثیر می‌گذارد.

یکی از جذابیت‌های خاص در طراحی نماهای دوپوسته، امکان بهبود پتانسیل گرمایش و سرمایش غیرفعال مربوط به دیوارهای لعاب‌دار است. ترکیب و اشکال مختلف لایه‌های شیشه‌ای، محفظه هوا و مسیرها شرایطی ایجاد می‌کند که در اصل یک ریزاقلیم اصلاح و تعدیل‌شده برای ساختمان است. شکل ۲-۷ نشان‌دهنده راهکارهای گرمایش حرارتی که شامل رویکردی دینامیکی برای جمع‌آوری تابش خورشید، عایق‌سازی به‌منظور ذخیره گرما و استفاده از فضایی برای توزیع گرما می‌باشد. شکل ۲-۷ نشان‌دهنده راهکارهای خنک‌سازی حرارتی است که در انتشار نور و گرما از طریق لایه‌های تهویه برای جلوگیری از گرما و تراکم اضافی آن، سرمایش طبیعی فضای داخلی را شامل می‌شود. درحالی‌که به دلیل اهداف تصویری این دو شکل، گرمایش و سرمایش حرارتی در دسته‌های جداگانه‌ای نمایش داده شده‌اند، درواقع این دو پدیده کاملاً درهم‌تنیده می‌باشد. بسیاری از نماهای دوپوسته دارای استراتژی‌های سرمایش و گرمایش هستند که می‌تواند به‌طور متغیر در پاسخ به نیازهای در حال تغییر به‌کار گرفته شود.

بعد صوتی (سروصدا)

نویز صدای ناخواسته است. کاهش نویز یک استراتژی مهم برای راحتی، سلامتی، تمرکز و بهره‌وری ساکنان (بنا) می‌باشد. سروصدای پس‌زمینه (عموماً) از سیستم‌های ساختمان، از فضاهای داخلی مجاور و یا از خارج (بنا) می‌آید. مانند سایر عوامل فیزیولوژیکی، طراحی آکوستیک با درک کاربری موردنظر ساختمان و ویژگی‌های سایت اطراف آن شروع می‌شود. عملکرد مسائل آکوستیکی داخل (بنا) را می‌توان از طریق اقدامات غیرفعال تا حد زیادی کنترل کرد مانند: مکان‌یابی برای جلوگیری از منابع سروصدا، استفاده از منظر سبز و شکل زمین به‌عنوان موانع صوتی، برنامه‌ریزی فضاهای داخلی برای جداسازی فضاهای آرام و پرسروصدا و استفاده استراتژیک از جذب و انعکاس صدای داخل از طریق مصالح تمام‌شده سطوح داخلی.

جدول ۲-۵.

عملکرد صوتی							
سیستم رتبه‌بندی تک عددی	میزان انتقال صوت STC	شاخص کاهش وزنی صوت RW	میزان انتقال صدای بیرون به داخل OITC	آنالیز و تحلیل آماری انرژی SEA			
مقاومت جداکننده داخلی آزمایش شده را در برابر انتقال صدا آزمایش کنید. عدد بزرگ‌تر نشان‌دهنده عایق صوتی بهتر است.	رتبه‌بندی ای اس تی ام ^۱ در آمریکا که برای فضاهای داخلی و خارجی استفاده می‌شود، بر کاهش انتقال صدا در فرکانس‌های گفتاری ۱۲۵ تا ۴۰۰۰ هرتز تأکید می‌کند.	معادل اس تی سی ^۲ در اروپا، آر دبلیو ^۳ می‌باشد که فرکانس بیشتری را پوشش می‌دهد و مطابق با واحد دسی‌بل عمل می‌کند. مقادیر اس تی سی برای عایق صوتی حدود ۳-۴ دسی‌بل بالاتر است.	مشابه اس تی سی با تأکید بیشتر بر صداها با فرکانس پایین رایج در آلاینده‌های صوتی در فضای باز (۸۰ تا ۴۰۰۰ هرتز)	انتقال صدا و ارتعاش را از طریق سیستم‌های صوتی با ساختاری پیچیده پیش‌بینی کنید. اجزاء جداگانه در شرایط آزمایش می‌شود. سپس مؤلفه‌ها در یک مدل شبیه‌سازی جفت می‌شود.			
مقادیر آزمایش شده برای گونه‌های دیوارهای مرسوم در گذشته							
دیوار حفره‌ای آجری، دیوار حفره‌ای آجری با گل‌میخ چوبی و روکش، محفظه هوا، کانال ارتجاعی و صفحه گچی	دیوار پرده‌ای از جنس آلومینیوم همراه با شکست حرارتی به انضمام ۲۴ میلی‌متر شیشه چندجداره	دیوار آجری مشابه همراه با شیشه بزرگ عایق‌بندی شده	دیوار پرده‌ای از جنس آلومینیوم همراه با شکست حرارتی به انضمام ۲۴ میلی‌متر شیشه چندجداره	دیوار پرده‌ای مشابه به همراه شیشه لمینت‌شده در شیشه چندجداره			
۵۶	۳۹	۳۱	۳۷	۳۰			
میزان انتقال صدا	میزان انتقال صدا بیرون به داخل	-	-	-			
منبع: سیستم دیوارهای پرده‌ای سنتی ^۴							
آنالیز عددی مصرف انرژی در نماهای دوپوسته							
در مطالعه شبیه‌سازی، عمق محفظه هوا به‌عنوان یک مؤلفه اصلی در عملکرد صوتی نمای دوپوسته اثبات شد. کاهش بازده در اس تی سی باعث افزایش عمق حفره تا بیش از ۲۴ اینچ می‌شود.							
میزان انتقال صدا	۱/۴ اینچ ۳۲ میلی‌متر شیشه چندجداره	۱/۲ اینچ ۳۸ میلی‌متر شیشه چندجداره	۴ اینچ ۱۰۲ میلی‌متر محفظه نمای دوپوسته	۱۲ اینچ ۳۰۵ میلی‌متر محفظه نمای دوپوسته	۲۴ اینچ ۶۱۰ میلی‌متر محفظه نمای دوپوسته	۳۶ اینچ ۹۱۴ میلی‌متر محفظه نمای دوپوسته	۴۸ اینچ ۱۲۱۹ میلی‌متر محفظه نمای دوپوسته
۳۶	۳۸	۴۶	۵۰	۵۳	۵۵	۵۶	
میزان انتقال صدا	میزان انتقال صدا از بیرون به داخل						
۳۰	۳۰	۴۰	۴۶	۴۹	۵۰	۵۱	
«انکلس کراپ» ^۵ به‌عنوان یک پیمانکار در زمینه اجرای نماهای دوپوسته با کارایی بالا به ارزیابی عملکرد صوتی نماها (نماهای دوپوسته) از طریق ترکیبی از روش‌ها، شامل داده‌های برآمده از آزمایش کارایی نما در پروژه‌های تمام‌شده، به ارائه بهترین دستورالعمل‌ها و آنالیز اس تی سی می‌پردازد.							
برای مواردی در خصوص نماهای دوپوسته، مراجعه کنید به منبع اصلی جهت دستیابی به محتوا و اطلاعات کامل، منبع: انکلس کراپ ^۶							

1. ASTM
2. STC
3. RW

4. www.kawneer.com
5. Enclos Crop
6. SEA

7. Advanced Technology Studio, 2009

تیم طراحی، معیارهای طراحی آکوستیک در ارتباط با پروژه مانند: مقاومت دیوار و سقف در برابر هوا و ضربه و همچنین میزان قابل قبول سروصدای مزاحم (نویز) در فضاهای خاص تعیین می‌کند. فضاهایی که صحبت کردن و گوش دادن در آن‌ها مهم است، راهکارها و دستورالعمل‌های اضافی برای زمان طنین، بیان گفتار و حریم خصوصی برای گفتار دارند [۱۵]. کیفیت آکوستیک از نقطه نظر الزامات و کدهای ساختمانی کمتر به آن پرداخته شده است، یک معیار برای ساختمان سبز با هر نوع کاربری همچون آموزشی، بهداشتی، اداری، مسکونی و یا سایر کاربری‌ها است. (بنابراین) مشورت با متخصصان آکوستیک و رجوع به دستورالعمل‌های توصیه شده برای برآورده کردن سطوح عملکردی ضروری به نظر می‌رسد. به عنوان مثال، آیین‌نامه بین‌المللی ساختمان^۱ ۲۰۱۸ در حال حاضر انتقال صدا را در رابطه واحدهای مسکونی و خواب تنظیم کرده و ارائه می‌دهد. باین حال انطباق با حداقل کد، به ندرت منجر به رضایت ساکنین در خانه‌های چندخانواری می‌شود [۱۶].

یکی از جذابیت‌های متفاوت در طراحی نما، توانایی مجموعه دیوار برای کاهش انتقال نویز از بیرون به داخل است. هنگامی که صدا از یک محیط عبور می‌کند شدت انرژی آن به دلیل پراکندگی و جذب به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. البته تضعیف صدا با فرکانس صدا متفاوت است، بنابراین درک طیف فرکانس منابع صوتی خاص و نحوه جذب صدا به وسیله یک ماده معین در آن فرکانس‌ها مهم است.

آر دبلیو اس تی سی و او تی سی سی^۲ به عنوان سیستم‌های رتبه‌بندی تکریمی می‌باشند که مقاومت دیواره یا پارتیشن آزمایش شده در شرایط آزمایشگاهی در برابر انتقال صدا در هوا را مقایسه می‌کنند. در این سیستم‌ها یک کلاس درجه‌بندی وجود دارد که برابر است با تعداد دسی‌بل‌های یک صدا که هنگام عبور از یک ماده کاهش می‌یابد. بنابراین اعداد بالاتر معادل انزوای صدای بهتر است. به عنوان مثال، برابر دستورالعمل، حداقل سطح عملکرد دیوار در سطح یک کلاس درس که آن را از فضای خارجی جدا می‌کند، اس تی سی ۵۰ می‌باشد. همچنین کاهش صدای ۶۰ دسی‌بل یا بالاتر در مناطق حساس که نباید سخن و گفتار شنیده شود ضروری است [۱۷]. البته کارایی یک بنا در برابر صوت به شرایط سایت و کیفیت ساخت نیز بستگی دارد.

یک رویکرد چندجانبه برای کنترل مؤثر صدا از طریق ساخت دیوار ضروری است. مؤثرترین راهکار از ترکیب روش‌هایی برای هوابندی، اضافه کردن جرم و عمق به محفظه هوا و افزودن ساختاری به دست می‌آید. افزودن مواد جاذب در داخل حفره‌های دیوار نیز عملکرد را افزایش می‌دهد، به ویژه در ساخت‌وسازها با افزونه‌های ساختاری که در آن صدا نمی‌تواند با عبور از این افزونه‌ها از عایق محفظه عبور کند. اتصالات ارتجاعی و لایه‌های میرایی صدا از عبور صدا از سازه جلوگیری می‌کند اما در صورتی که سازه از قبل جدا شده باشد، تأثیر آن‌ها کاهش می‌یابد. اگر عایق صوتی یک مجموعه بنا به دلیل نشت صدا از شکاف و نفوذ در لایه‌های بدون عایق و از طریق مسیرهای کناری که در آن صدا از منافذ طراحی شده‌ای چون دالان‌های تهویه‌ها و پنجره‌های مجاور عبور کند، صدا به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد [۱۸]. عملکرد صوتی دیوارهای لعاب‌دار را می‌توان با شبکه‌بندی‌ها و عایق‌بندی آن برای مسدود کردن مسیرهای انتقال صدا افزایش داد. شیشه را می‌توان به وسیله لایه‌های آکوستیکی بین لایه‌های تقویت کرد که در این صورت به انرژی صوتی اجازه ارتعاش و اتلاف می‌دهد. استفاده از دو صفحه با ضخامت‌های متفاوت در یک شیشه چندجداره عملکرد (عایق صوتی) را بهبود می‌بخشد، زیرا ضخامت‌های خاص شیشه به فرکانس‌های صوتی خاص نامعین برخورد می‌کند که در این صورت می‌توان با مونتاژ صفحات با ضخامت متفاوت از هر طرف محفظه هوا، از انتقال صدای این فرکانس‌های بحرانی جلوگیری کرد. افزایش عمق فضای هوا در شیشه چندجداره تأثیر ناچیزی دارد تا زمانی که ابعاد این فضا به حد و اندازه‌های مقیاس یک نمای دوپوسته دست یابد [۱۹].

با افزایش پیچیدگی و هزینه جزئیات یک دیوار آکوستیک، نمای دوپوسته به یک گزینه مقرون به صرفه تبدیل می‌شود. در ساخت نمای دوپوسته با لایه‌بندی پوسته‌ها و محفظه عمیق هوا، جداسازی ساختاری فراهم می‌شود و در مقایسه با دیوار یک جداره شیشه‌ای و پنجره‌های تک پوسته جرم و توده افزایش می‌یابد. (همچنین) پرده‌ها و سایر

1. IBC

2. OTCC

مصالح ساختمانی موجود در محفظه هوا، نقش پشتیبانی‌کننده انتشار و جذب صدا را ایفا می‌کند. لذا از طریق این اقدامات، ساخت نمای دوپوسته می‌تواند منجر به دیوارهای شیشه‌ای باقابلیت کاهش نویز که مشابه یا حتی بهتر از دیواره با جرم بالا عمل می‌کند، شود.

نیاز به یک سپر در برابر نویز از سمت سایت (خارج بنا)، اغلب به‌عنوان معیار اصلی برای انتخاب پوسته دوتایی بیان می‌شود. اما درعین حال، نمای دوپوسته تهویه‌شده چالش‌هایی را برای مدیریت انتقال صدا بین فضا ایجاد می‌کند. شکل ۷-۲ راهکارهای کاهش نویز در طراحی نمای دوپوسته، مانند سپرشدن در برابر نویز با پوسته دوم، لایه‌های اهرمی برای کاهش صدا و کنترل سپرهای انتقال صدا را نشان می‌دهد.

ابعاد فضایی و متحرک

عوامل فضایی همچون ناهمواری‌های زمین، منظر، بافت شهرها یا جنبه‌های روستایی سایت بر بیان معماری تأثیر می‌گذارد. عوامل متحرک شامل جنبه‌های تجربی آب‌وهوا مانند: باد، باران، ابرها و غروب خورشید است. فعالیت افراد و سایر موجودات زنده نیز نشان‌دهنده عوامل متحرک مکان است. یکی از علاقه‌مندی‌های خاص در طراحی نمای دوپوسته، نقشی است که نمای ساختمان می‌تواند در اتصال ساکنان به محیط طبیعی و انسان‌ساخت بازی کند. وجود کنترل‌های خورشیدی و حرارتی به این معنی قلمداد می‌شود که در صورت تمایل می‌توان از مناظر سخاوتمندانه ارائه‌شده از طریق نمای دوپوسته، برای مدت طولانی‌تری لذت برد. منافذ تهویه در پوسته داخلی نمای دوپوسته ارتباط قابل‌کنترلی با صدا و سایر ویژگی‌های حسی آب‌وهوای محلی ایجاد می‌کند. در مقایسه با نمای تک‌پوسته، اتصال مستقیم کمتری از طریق پنجره‌های معمولی ایجاد می‌شود. اما تعدیل از طریق لایه‌های نمای دوپوسته به ساکنان بیشتر امکان بازکردن پنجره‌ها و بازشوها را می‌دهد. (در آخر) تأثیر مثبت این اتصالات به مکان را می‌توان با استفاده از اصول طراحی و طراحی بیوفیلیک برای رفاه بیشتر ساکنان ایجاد کرد.

به‌کارگیری مفاهیم

جدول ۱-۲ طرحی جامع از ماتریس طراحی زیست‌اقلیمی ارائه می‌دهد. طراحی یک نمای دوپوسته باکیفیت با تنظیم دقیق اجرا توسط تیم طراحی در یک واکنش خلاقانه و یکپارچه به آب‌وهوا (اقلیم)، محیط و عملکردهای فیزیکی اجتماعی_فرهنگی مطلوب حاصل می‌شود. ماهیت ارائه‌شده برای طراحی نمای دوپوسته با ارائه یک دستورالعمل هدایت‌کننده منجر به تشویق نوآوری می‌شود. از طریق جرح و تعدیل دقیق، نمای دوپوسته می‌تواند در مکان‌های خاص سازگار شود و در طول فصول مختلف برای نیازهای یک ساختمان به‌طور مؤثر عمل کند. اگر طرح علاوه‌براین به شرایط فرهنگی و اجتماعی منطقه موردنظر پاسخ دهد و به رفاه کاربران هم توجه کند، رویکرد زیست‌اقلیمی را به‌طور کامل پیاده کرده‌است. همچنین از نتایج این نوع طراحی، حفظ انرژی از راهکارهای غیرفعال و هماهنگی با فرهنگ یک مکان می‌باشد. این ترکیب از ویژگی‌ها به‌طور قابل‌توجهی به‌عنوان معیاری مدرن برای دستیابی به موفقیت موردتوجه قرار می‌گیرد.

یادداشت

- [1] Donald B. Corner, "All that glass? Is there an appropriate future for double skin façades?" *Journal of Building Enclosure Design* (Summer 2006): 19–24.
- [2] Façade Tectonics, <https://facadetectonics.org/>.
- [3] Designboom, "Toyo Ito: designboom interview," Designboom, March 25, 2013, www.designboom.com. 4. Ada Louise Huxtable, "Why One Remained Standing," *Wall Street Journal*, May 10, 2011, www.wsj.com. 5. Designboom, "Toyo Ito."
- [4] Gregg D. Ander, "Daylighting," *Whole Building Design Guide*, National Institute of Building Sciences, www.wbdg.org.
- [5] International Lighting Design Association, www.iald.org/Advocacy/Advocacy/Quality-of-Light.
- [6] IESNA Lighting Handbook: Reference and Application, Ninth Edition (New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000); EN 12464–1 Lighting of indoor workplaces (European Standard, August 2011).
- [7] The Illuminating Engineering Society defines terms in ANSI/IES RP-16, Nomenclature and Definitions in Illuminating Engineering, www.ies.org.
- [8] Windows for High Performance Commercial Buildings, Efficient Windows Collaborative, 2011–18, www.commercialwindows.org.
- [9] United Facilities Criteria UFC 3–400–02 Design: Engineering Weather Data, www.wbdg.org.
- [10] Michael O'Brien, "Why R is Not Simply the Inverse of U," *Door and Window Market Magazine* 11, no. 7, September 2010, www.industry.glass.com.
- [11] These definitions are applied by independent rating councils that establish and verify product performance to consumers. In the US: National Fenestration Rating Council, www.nfrc.org. In Europe: British Fenestration Rating Council, www.bfrc.org.
- [12] Pilkington NA, Technical Bulletin ATS-116: Glass and Energy (Pilkington North America, Inc., 2013), www.pilkington.com.
- [13] Acoustics.com, "Education: Acoustics 101," Acoustics.com, www.acoustics.com.
- [14] International Code Council, ICC-G2 2010: Guideline for Acoustics (International Code Council, 2010), http://media.iccsafe.org/store/2015Handbook/ICC_G2-2010.pdf.
- [15] Acoustics.com, "Summary of ANSI S12.60–2002, Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools," Acoustics.com, www.acoustics.com.
- [16] Michael Ermann, *Architectural Acoustics Illustrated* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2018).
- [17] Ignacio Fernández Solla, "Acoustic Properties of Glass: Not So Simple," *Façades Confidential*, June 30, 2012,.



تصویر ۳-۱. برج شانگهای، منبع: ارمل^۱

1. Ermell

فصل سوم
دسته‌بندی نماهای دوپوسته

درک انواع دسته‌های نماهای دوپوسته، منجر به درک نحوه عملکرد نماها و روش‌های بسیاری می‌شود که از طریق شان فناوری نمای دوپوسته می‌تواند با معیارهای مختلف طراحی سازگار شود. طبقه‌بندی نمای دوپوسته، در یک تلاش جمعی و گسترده با مشارکت بسیاری از متخصصان و محققان مناطق و بخش‌های مختلف جامعه مرتبط با ساخت محیط مصنوع ایجاد شده است. درک امروزی از فناوری دوپوسته تجربی است و طی چندین دهه آزمایش و شواهد انباشته، اصلاح شده است. مطالعه نمای دوپوسته، تا دهه کنونی، در مناطق مرکزی اروپا در فرانسه، آلمان، بلژیک، انگلستان و کشورهای همسایه متمرکز بوده است. رویکرد «کلاسیک» منتج به طراحی نمای دوپوسته با آب‌وهوای مرطوب قاره‌ای و اقیانوسی معتدل آن مناطق تطبیق یافته است که مشخصه آن زمستان‌های خنک و تابستان‌های گرم می‌باشد. معماران و کارفرمایان از نظر جغرافیایی محدود نیستند. در نتیجه، آن‌ها در یک عرصه جهانی گسترده عمل می‌کنند که در آن تأثیرات تکنولوژیکی و زیبایی‌شناختی را می‌توانند جابه‌جا کنند. فناوری نمای دوپوسته در ابتدای راه با توانایی سازگاری با تواترهای فصلی مشخص شد، اما هنوز با آب‌وهوای مختلف سازگار نبود. (اما در میانه) فناوری نمای دوپوسته می‌تواند با طیف وسیعی از کاربردها و تنظیمات سازگار باشد.

از ابتدای توسعه، سازندگان، متخصصان و محققان، مجموعه‌ای تعریف‌شده از انواع و عملکردهای نمای دوپوسته را ایجاد کرده و به رسمیت شناخته‌اند. با این حال اصطلاحات مورد استفاده در توصیف ساخت و عملکرد نمای دوپوسته در مناطق و حوزه‌های عملی، ناپایدار و متزلزل است. حتی تعیین اینکه آیا انواع خاصی از نماهای چندلایه را می‌توان رسماً «نمای دوپوسته» نامید، کاملاً روشن نیست. بنابراین درک شکل و عملکردی که توسط هر اصطلاح و زمینه معینی که نشان داده می‌شود، بسیار مهم است. هیچ سیستمی در مقیاس جهانی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد؛ بنابراین، در پایان این بخش، چند دسته‌بندی جایگزین تعریف می‌شود.

این کتاب از یک سیستم طبقه‌بندی که برگرفته از مقوله‌هایی است که قبلاً در مقیاس بین‌المللی ایجاد شده بودند، استفاده می‌کند. گزینه‌ها برای پارتیشن‌بندی و قسمت‌بندی محفظه هوا مانند: پنجره‌های قوطی‌شکل، دالان‌های هوای قوطی‌شکل، راهروها در نما و نمای چندطبقه‌ای، توسط اوسترل^۱، لیب^۲، لوتز^۳ و هیوسلر^۴ در سال ۲۰۰۱ در کتاب نمای «دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه»^۵ مطرح شده‌اند [۱]. سه معیار اصلی برای طبقه‌بندی نمای دوپوسته شامل نوع تهویه، پارتیشن‌بندی محفظه هوا و حالت تهویه، توسط محققان موسسه تحقیقات ساختمان بلژیک، بی بی آر آی^۶، در گزارش جامع‌شان در سال ۲۰۰۴ با عنوان «نماهای تهویه‌شده دوطرفه طبقه‌بندی و تصویرسازی مفاهیم نما» شناسایی شد [۲]. این گزارش سه نوع تهویه را (برای نمای دوپوسته) معرفی کرد: طبیعی، مکانیکی و ترکیبی از طبیعی و مکانیکی.

جدول ۳-۱. گونه‌شناسی نمای دوپوسته، اصطلاحات جایگزین با فونت ایتالیک

عمق محفظه هوا	قسمت‌بندی محفظه هوا	نوع تهویه	حالت تهویه
پروفایل نازک	پنجره قوطی شکل	طبیعی (غیرفعال)	تهویه خارجی (پرده هوای خارجی)
پروفایل ضخیم	جعبه هواکش کریدور نمای چندطبقه	مکانیکی (فعال)	تهویه داخلی (پرده هوای داخلی)
		ترکیبی (مرتبط باهم)	منبع هوا خروج هوا حائل نمای قابل تنفس نمای محفظه بسته متغیر (ترکیبی از آنچه قبلاً ذکر شد)

1. Oesterle
2. Lieb
3. Lutz

4. Heusler
5. Double-Skin Façades:
Integrated Planning

6. BBRI

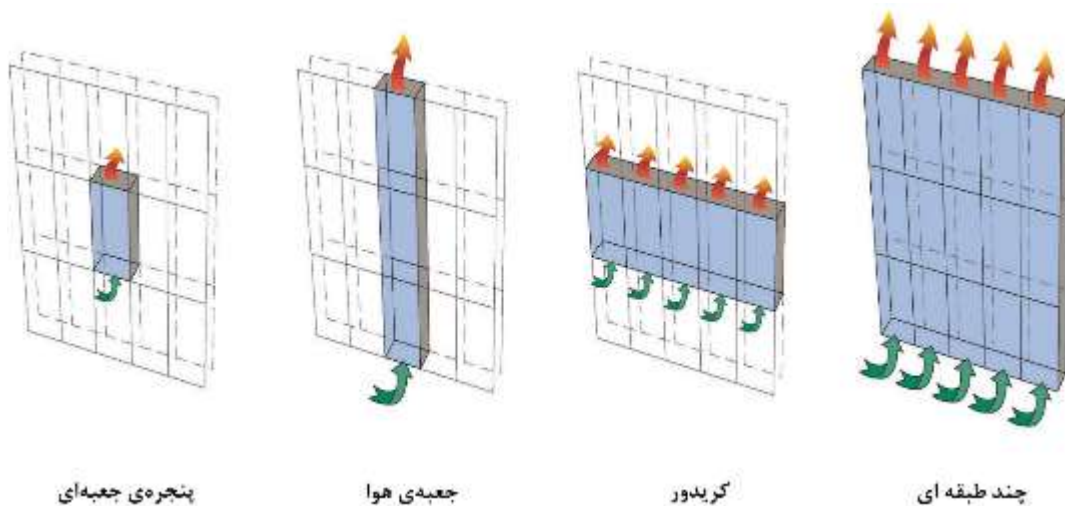
در این کتاب، حالت‌های تهویه از طبقه‌بندی اصلی بی بی آر آی پیروی می‌کند. اگرچه، برخی از اصطلاحات جایگزین شده که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، و دسته‌بندی برای نماهای با محفظه بسته سی سی اف^۱ اضافه شده است. گونه‌شناسی به دست آمده در جدول ۳-۱ به همراه یک قسمت تخصیص داده شده برای عمق حفره خلاصه شده است، تا تمایز اساسی بین طرح‌های با پروفیل نازک و ضخیم معین گردد. ساختار، یکی دیگر از مقوله‌های تجزیه و تحلیل مهم که بعداً مورد بحث قرار خواهد گرفت، از جدول حذف شده است؛ زیرا بسیاری از تغییرات و ترکیبات تکنیک‌های ساخت و ساز با طبقه‌بندی ساده مغایرت دارند.

دسته‌بندی و قطعه‌بندی محفظه‌ای

نمای دوپوسته را می‌توان بر اساس نحوه تقسیم فضای هوا برای تسهیل عملکرد تهویه در بنا طبقه‌بندی کرد: پنجره‌های قوطی‌شکل، دالان‌های هوای جعبه‌ای شکل، راهروها در نما و نمای چندطبقه‌ای. این سیستم طبقه‌بندی که در نماهای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه (۲۰۰۱) معرفی شده است، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نویسندگان جنبه‌های اصلی مؤثر بر استفاده از نوع خاصی از نمای دوپوسته را به شرح زیر خلاصه می‌کنند:

پنجره‌های جعبه‌ای^۲ برای نماهایی که صرفاً با مصالح کدر پوشیده شده‌اند و پنجره‌های مکعب‌شکل به طور جدا از هم قرار گرفته‌اند و همچنین جایی که اهمیت بیشتری به حفظ حریم خصوصی بین اتاق‌ها داده می‌شود، مناسب هستند. به دلیل اندازه کوچک‌تر دهانه‌های خارجی، نماهای همراه با دالان‌های هوای جعبه‌ای شکل^۳ در جایی مناسب‌اند که سطوح بالایی از عایق صدا مورد نیاز است. راهروها در نما به ویژه در مورد تهویه مؤثر هستند هرچند که عایق صوتی بین اتاق‌ها را محدود می‌کنند.

نماهای چندطبقه معمولاً در جاهایی استفاده می‌شود که به دلایلی امکان انجام تهویه مکانیکی وجود ندارد یا در مواردی که نیاز به نمای لعاب‌دار بدون باز شو می‌باشد [۳].



شکل ۳-۲. ریخت‌شناسی قسمت‌بندی محفظه هوا در نمای دوپوسته، منبع: جفری وگلیو^۴ از «پاسخ ساختاری به نماهای دوپوسته چندطبقه‌ای»، در گلاس پرفرمنس دیز^۵ (احتمالاً نامه مجله‌ای ست)، تجدید چاپ ۲۰۱۱.

در ادامه بخش‌هایی می‌آید که نقشه‌های اصلی از نمای دوپوسته را باز تولید می‌کند: برنامه‌ریزی یکپارچه که هندسه و عملکرد اساسی هراستراتژی در هر تقسیم‌بندی برای حفره را معین می‌کند. این متن نمونه‌هایی از نحوه اعمال و تطبیق مفاهیم تقسیم حفره در انواع دیوارها را ارائه می‌دهد.

1. CCF
2. Box window

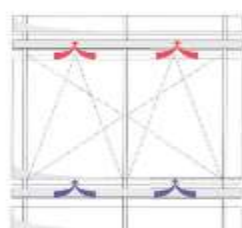
3. shaft box
4. Jeffrey Vaglio

5. Glass performance days

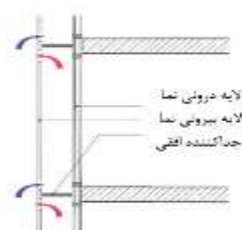
پنجره جعبه‌ای

به عملکرد بازشوهایی در یک نمای دوپوسته که در یک دیواره صلب بریده شده‌اند گفته می‌شود، مانند پنجره‌های دوتایی در برج آجری «کولهوف»^۱ (برلین، آلمان، ۱۹۹۹)، که به‌وضوح به‌عنوان ساختار پنجره جعبه قابل‌شناسایی است. باین‌حال، طبقه‌بندی پنجره جعبه برای هر نمای دوپوسته که در آن پارتیشن‌بندی حفره‌ای، جریان هوا را به‌صورت افقی بین محفظه‌ها یا ماژول‌ها و به‌صورت عمودی بین طبقات یا مناطق اسپندل محدود می‌کند، اعمال می‌شود [۴]. تقسیم‌بندی پنجره جعبه‌ای برای راحتی ساخت‌وساز نمای پیش‌ساخته و یکپارچه و همچنین به‌عنوان مزایا برای کنترل موضعی جریان‌های حرارتی و صوتی انتخاب می‌شده است. به‌عنوان مثال، برج مسکونی سی‌ویک طبقه «ریور هوس»^۲ (نیویورک، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹) با ترکیبی مرسوم از هفت سیستم نمای منحصربه‌فرد مطابق با نیازهای برنامه‌های متنوع پوشیده شده است. در این میان، یک سیستم دیوار پرده‌ای دوپوسته یکپارچه در پیکربندی پنجره جعبه‌ای همراه با تهویه خارجی برای بهبود راندمان حرارتی مناطق خاص دیوار استفاده شده است [۵].

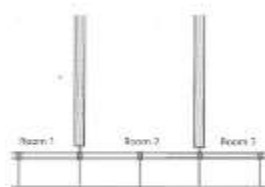
پنجره جعبه‌ای در نمای دوپوسته معمولاً با پرده‌های لوور یا غلتکی در محفظه هوا ساخته می‌شود. این پنجره‌ها با انواع حالت‌های تهویه طراحی شده‌اند. برای مثال، «لوین هال»^۳ (فیلادلفیا، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) و «برج مروارید»^۴ در گوانگژو، چین، ۲۰۱۳ نمونه‌هایی از نماهای پنجره جعبه‌ای با محفظه هوای قابل تهویه هستند که مجهز به سیستم تهویه مطبوع می‌باشند. در ساختمان «ریور هوس» و «شارد»^۵ در لندن، انگلستان، ۲۰۱۲، نمای پنجره‌ای جعبه‌ای با تهویه خارجی استفاده شده است. نماهای با محفظه بسته که در بخش بعدی به‌عنوان یک حالت از تهویه توضیح داده شده است، جدیدترین شکل نمای دوپوسته مجهز به پنجره جعبه‌ای است.



نمایی از پنجره جعبه‌ای -
تقسیمات بین هر محفظه به این
معنی می‌باشد که برای هر
محفظه، یک تورگیر لازم است



برش از یک پنجره جعبه‌ای در
نما که برای هر محفظه یک تهویه
جداگانه وجود دارد



پلان یک پنجره جعبه‌ای در نما.
تقسیمات فضای میانی بر اساس
محور ها ایجاد شده اند.

شکل ۳-۳. پنجره جعبه‌ای در ساخت نمای دوپوسته منبع: باز نشر شده با مجوز از «نماهای دوپوسته، برنامه‌ریزی یکپارچه»^۶ در سال ۲۰۰۱ با مجوز اوسترل، لیب، لوتز و هیوسل، این نقشه‌ها نمای بیرونی تهویه‌شده را نشان می‌دهد. تهویه از طریق نمای داخلی و حفره‌های بدون تهویه نیز در ساخت پنجره جعبه امکان‌پذیر است.

1. Kollhoff Tower
2. River house
3. Levine Hall

4. Pearl River tower
5. River house and the Shard

6. Double-Skin Facades:
Integrated Planning



شکل ۳-۴. برج کولهوف^۱، پست دامر پلاتز ۱^۲، برلین، آلمان، منبع: آندریاس استینهاف^۳.



شکل ۳-۵. برج کولهوف، منبع: اسلانگر^۴.

1. Kollhoff
2. Potsdamer Platz 1

3. Andreas Steinhoff
4. Slaunger



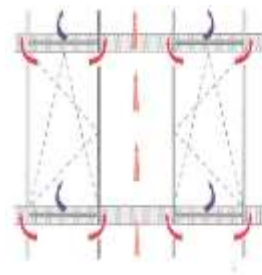
شکل ۳-۶. ساختمان ریور هوس در نیویورک آمریکا، منبع: گریفیندر^۱.

نماهای همراه با دالان‌های هوای جعبه‌ای شکل

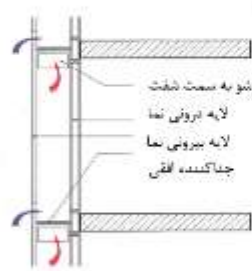
نماهای شفت باکس (دالان‌های هوای جعبه‌ای شکل) مشابه نمای پنجره‌های جعبه‌ای با افزودن شفت‌های عمودی که عملکرد تهویه دیوار را بهبود می‌بخشد، تقسیم‌بندی می‌شود. در شفت‌های لعابدار (جسم شفاف) از اصول «دودکش خورشیدی» و «جریان هوا بر اثر اختلاف دما» استفاده می‌شود. دمای هوا در شفت به دلیل افزایش انرژی (تابش) خورشیدی از طریق شیشه افزایش می‌یابد و هوا شناورتر می‌شود. میزان تهویه با افزایش ارتفاع شفت افزایش می‌یابد. (به‌طور مثال) در برج «آراگ»^۲ (دوسلدورف، ۲۰۰۰)، جعبه شفت در نمای دوپوسته، اضلاع بلند ساختمان اداری سی‌ودو طبقه مستطیلی را پوشانده است. قسمت‌های نما به چهار بخش هشت طبقه با یک طبقه مختص تأسیسات مکانیکی در طبقه هشتم هربخش نما تقسیم می‌شود. ماژول‌های شفت بین جفت ماژول جعبه پنجره با پانل‌های شیشه‌ای شفاف واحدهای جداکننده قرار می‌گیرند. شفت‌ها برای کشیدن هوا، از حفره‌های پنجره جعبه‌ای به بالا از طریق شفت در طبقه هفتم استفاده می‌کنند، جایی که هوا از طریق دریچه‌های طبقه هشتم خارج می‌شود.

1. Gryffindor

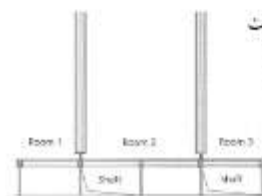
2. Arag



نما از شفت پاکس- جهت ها نشان
دهنده حرکت جریان هوا می
باشند



برش از طریق یک نمای شفت-
پاکس. قلش ها مسیر جریان هوا
را نشان می دهد که از طریق
پنجره های جعبه به شفت تهویه
مشترک جریان می یابد.



پلان نمای شفت پاکس. در قسمت
های شفت در فضای میانی نما
بازشویه های جانبی وجود دارد.

شکل ۳-۷. نوع جعبه شفت ساخت دوپوسته، منبع: باز نشر شده با مجوز از «نماهای دوپوسته برنامه ریزی یکپارچه» در سال ۲۰۰۱ با مجوز اوسترل، لیب، لوتز و هیوسل. این نقشه ها تهویه را از طریق نمای بیرونی نشان می دهند. تهویه از طریق نمای داخلی نیز امکان پذیر است.



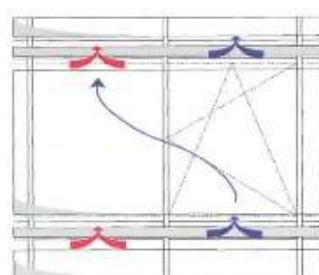
شکل ۳-۸. ۲۰۰۰ دوسلدورف آلمان، منبع: جان اچ آدیکس^۱.

1. Johann H. Addicks

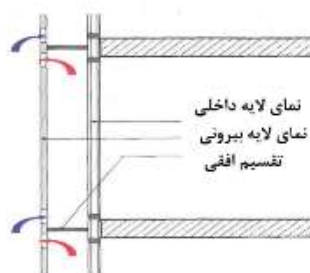
هوای تازه از طریق دریچه‌های هواکش مکانیکی (با موتور کار می‌کند)، در یک منطقه باریک در پایین هرماژول پنجره‌جعبه‌ای، وارد واحدهای پنجره جعبه می‌شود. این هوا به‌صورت اختیاری می‌تواند با بازکردن دستی پنجره‌های محفظه در پوسته داخلی (حالت تهویه تأمین هوا) به اتاق‌های داخلی وارد شود. هوای استفاده‌شده به‌واسطه نما از طریق یک دهانه فرعی در ناحیه اسپندل در بالای قسمت‌های محفظه شیشه‌ای به داخل شفت کشیده می‌شود (حالت تهویه خارجی). اندازه دهانه‌ها بسته به موقعیت‌شان در ردیف‌های عمودی متفاوت است. بال‌های تهویه در پوسته بیرونی را می‌توان تا حدی در زمان بادهای شدید بست و مناطق شفت را می‌توان برای افزایش جمع‌آوری گرمای خورشیدی در زمستان بسته نگه داشت. پرده‌های لوور در محفظه هوا نزدیک پوست بیرونی قرار دارد [۶]. پوسته بیرونی، ظاهری یکنواخت و متحدالشکل با کمترین نشانه‌ای از تغییر بین ماژول‌های جعبه و شفت در سرتاسر نما دارد.

(نماهای) همراه با کریدور

در پیکره‌بندی راهرو، محفظه هوا از طریق طبقات تقسیم می‌شود و فضای هوا به‌صورت جانبی در سراسر ماژول‌های نما کشیده می‌شود. یک فضای هوایی دالانی، ممکن است چندین ساختار را دربرگیرد. درحالی‌که مناطق راهرو در مفهوم ممکن است در سراسر یک نما گسترده شود یا به‌طور مداوم در اطراف گوشه‌های ساختمان بیچد، تقسیمات در طول افقی فضای هوایی به‌وسیله عوامل طراحی مانند محفظه آتش، مسیرهای انتقال صدا بین فضاهای اشغال‌شده مجاور و اختلاف فشار هوا در گوشه‌های ساختمان مشخص می‌شود. مواد ضدحریق و عایق را می‌توان در تقسیمات ساختاری در لبه دال هر طبقه قرار داد تا از انتشار صدا یا دود از طبقه‌ای به طبقه دیگر جلوگیری کند.



ارتفاع کریدور. هوا به صورت مورب جریان دارد تا از مکش هوای آلوده از طبقه پایین و اختلاط با هوای بالا (آلودگی مجدد) جلوگیری کند.



برش از نمای کریدور. جدا کردن جریان هوا برای هر طبقه

نمای لایه داخلی
نمای لایه بیرونی
تقسیم افقی



پلان های کریدور. فضاهای میانی از وجه افقی به بخش های منظم تقسیم نمی شوند

شکل ۳-۹. نوع راهرو در ساخت‌وساز نمای دوپوسته، منبع: با مجوز از «نمای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه» (۲۰۰۱)، توسط اوستل، لیب، لوتر و هیوسل، بازنشر شده است. این نقشه‌ها نمای بیرونی تهویه‌شده مانند دوسلدورف استدتور^۱ را نشان می‌دهد که از گزینه تکان‌دادن

1. Düsseldorf Stadtter

دهانه‌های ورودی و خروجی در طول راهرو برای تشویق جریان هوای مورب برای جلوگیری از مخلوط‌شدن هوای خروجی با هوای ورودی استفاده می‌کند. تهویه از طریق نمای داخلی و حفره‌های بدون تهویه نیز در ساخت راهرو امکان‌پذیر است.



شکل ۳-۱۰. دروازه شهر دوسلدورف، منبع: توماس رابین^۱.

کریدور در نمای دوپوسته اغلب به‌صورت خارجی با ورودی‌ها و خروجی‌های هوا تهویه می‌شود تا جریان هوای بالایی در طبقات ایجاد کند. این نماها، علاوه‌براین ممکن است با دهانه‌هایی در پوسته داخلی برای تهویه طبیعی فضاهای داخلی در حالت‌های تهویه هوا یا به‌عنوان خروجی هوا تعبیه شود. (به‌عنوان مثال) در «دوسلدورف استدتور» یا دروازه شهر (دوسلدورف، آلمان، ۱۹۹۸)، حفره‌های بلند در طبقات تا ارتفاع ۲۰ متر (۶۵ فوت) تقسیم می‌شود. ورودی‌های هوا در پایین محفظه هوا و دهانه‌های خروجی در قسمت بالا در یک جعبه ادغام شده‌اند که راهروها را از تک‌تک طبقات جدا می‌کند. (سپس) جریان هوا به‌منظور تهویه به‌طور گسترده به جهت بهینه‌سازی اندازه، مکان و کنترل دریچه‌های مکانیکی به‌صورت کامپیوتری مدل‌سازی شد. دهانه‌های ورودی و خروجی هوا در امتداد سطح پوسته بیرونی قرار گرفته‌اند تا از مخلوط‌شدن هوای خروجی استفاده‌شده با هوای تازه‌وارد شده به فضای نما در بالا جلوگیری شود.

درب‌های تمام‌شیشه در پوسته داخلی برای ایجاد تهویه و دسترسی سرنشینان به محفظه هوا، قابلیت چرخش دارد [۷]. یکی دیگر از رویکردهای طراحی برای تهویه نمای دوپوسته متشکل از راهرو در «مانیتوبا هایدرو پلیس» (وینپگ، کانادا، ۲۰۰۹) اتخاذ شده است. در اینجا، پوسته بیرونی دارای پنجره‌های مجهز به سایبان موتوری است که در هر طبقه به ارتفاع دوطبقه روی هم قرار گرفته‌اند تا ستون‌های باریکی را در راستای ستون‌های اصلی ساختمان تشکیل دهند. (درعین‌حال) ساکنان می‌توانند به‌صورت دستی، دسته پنجره را که به‌طور افقی در ارتفاع میز کار و در امتداد عرض کامل پوسته داخلی قرار گرفته به‌کار گیرند. در این ساختمان، فضای راهرو در نما صرفاً برای اهداف تعمیر و نگهداری به‌کار گرفته می‌شود.

در تمام پیکربندی‌های نمای دوپوسته، مشخصات لعاب در لایه‌های نما برای بهینه‌سازی ویژگی‌های حرارتی و نوری شیشه در هماهنگی با جریان هوای موردنظر طراحی شده است. (به‌عنوان مثال) در استدتور، یک پوسته بیرونی تک‌جداره و یک پوسته داخلی دوجداره باهم ترکیب می‌شوند، (که این نوع) پیکربندی برای اکثر ساختمان‌های با پوشش نمای دوپوسته در آب‌وهوای معتدل اروپا استاندارد است. معکوس کردن جانمایی استاندارد لایه‌های لعاب، یکی

1. Thomas Robbin

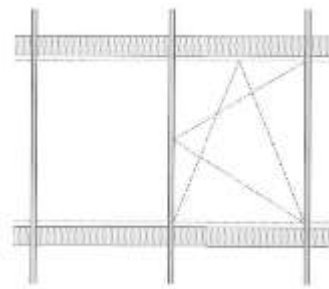
از نوآوری‌های اعمال شده در طراحی مانیتوبا هایدرو پلیس بود. این نمای دوپوسته متشکل از راهرو در اقلیم سرد دارای لعاب عایق در پوسته بیرونی است که نشان دهنده نیاز به اولین لایه محافظتی قوی تر در برابر بادهای شدید وینپیگ و سرما و گرمای شدید در فصول مختلف است.

نماهای چندطبقه‌ای

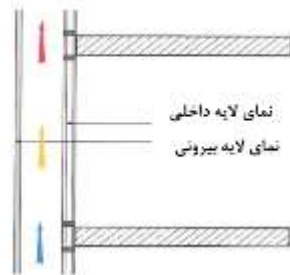
در این پیکربندی، محفظه هوا در نمای دوپوسته به یک شفت چندطبقه تبدیل می‌شود. منطقه تقسیم نشده ممکن است به اندازه ارتفاع یک ساختمان یا مجموعه‌ای از مناطق چندطبقه روی هم برای ساختمان‌های بلندتر باشد. پوسته بیرونی یک لایه محافظتی اضافی در برابر نفوذ صداهای ناخواسته و شرایط محیطی (سرما، گرما، تابش خیره کننده) به داخل است. لایه اضافی فضایی را برای نگهداری، دستگاه‌های آفتاب گیر و گاهی اوقات نورپردازی نما در محفظه هوا فراهم می‌کند. در برخی موارد، سازه اولیه ساختمان ممکن است در داخل حفره قرار گیرد. ساختار ثانویه حمایت کننده از پوسته بیرونی و راهروها برای تعمیر و نگهداری که دارای منافذی از کف است در حفره طوری طراحی شده که اجازه عبور هوا را می‌دهد. در آب و هوای سرد و معتدل، فضای هوا را می‌توان در زمستان برای ایجاد یک منطقه حائل همانند «پتو»، بسته نگاه داشت. منافذ تهویه عموماً در موقعیت‌های مختلف (بالا، رو یا پایین) به عنوان راه خروج هوا برای جلوگیری از گرمای بیش از حد ایجاد می‌شود. در آب و هوای گرم، حفره چندطبقه ممکن است به طور دائمی باز باشد و در درجه اول به عنوان یک صفحه برای تعدیل گرما و نور قبل از رسیدن به پوسته داخلی ساختمان عمل کند.

فضای جدانشده به صورت عمودی و افقی، خطری مشابه با قاب بندی بالون دارد که در آن دود و شعله می‌تواند به سرعت از طبقه‌ای به طبقه دیگر حرکت کند. بسته به سطح خطر، ممکن است برای نمای دوپوسته چندطبقه، تهویه هوای دائمی یا فعال خودکار مورد نیاز باشد. همانند نمای متشکل از راهروها، نصب سیستم‌های آبیاش اتوماتیک در فضاهای مجاور ممکن است مورد نیاز باشد. سیستم‌های اسپرینکلر (سیستم اطفاء حریق همراه با آب پرفشار) در داخل فضای هوایی نمای دوپوسته معمولاً برای جلوگیری از یخ زدگی باید از نوع خشک باشد که راه‌حلی نادر و گران قیمت است که معمولاً از آن اجتناب می‌شود.

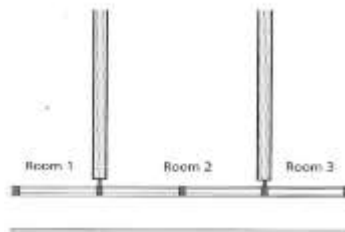
به جز در مواردی که هوا توسط فن‌ها در جهت خاصی جریان می‌یابد، نمای دوپوسته چندطبقه براساس اصل بالارفتن حرارت در محفظه هوا عمل می‌کند. هوای گرم شده بین لایه‌های شیشه، شناورتر می‌شود و بالا می‌رود و جریان همرفتی را برای تخلیه حفره و جلوگیری از گرمای بیش از حد ایجاد می‌کند.



ارتفاع بخشی از نمای دوپوسته
طبقاتی. چیدمان بازشوها که نور
را تأمین می‌کنند بستگی به نوع
تهویه و نحوه تمیز کردن آنها
دارد.



برش از یک نمای دوپوسته طبقاتی
پوسته بیرونی. به طور مستقل در
مقابل نمای داخلی تنظیم می‌شود.
فضای میانی را می‌توان در همه
جهات تهویه کرد.

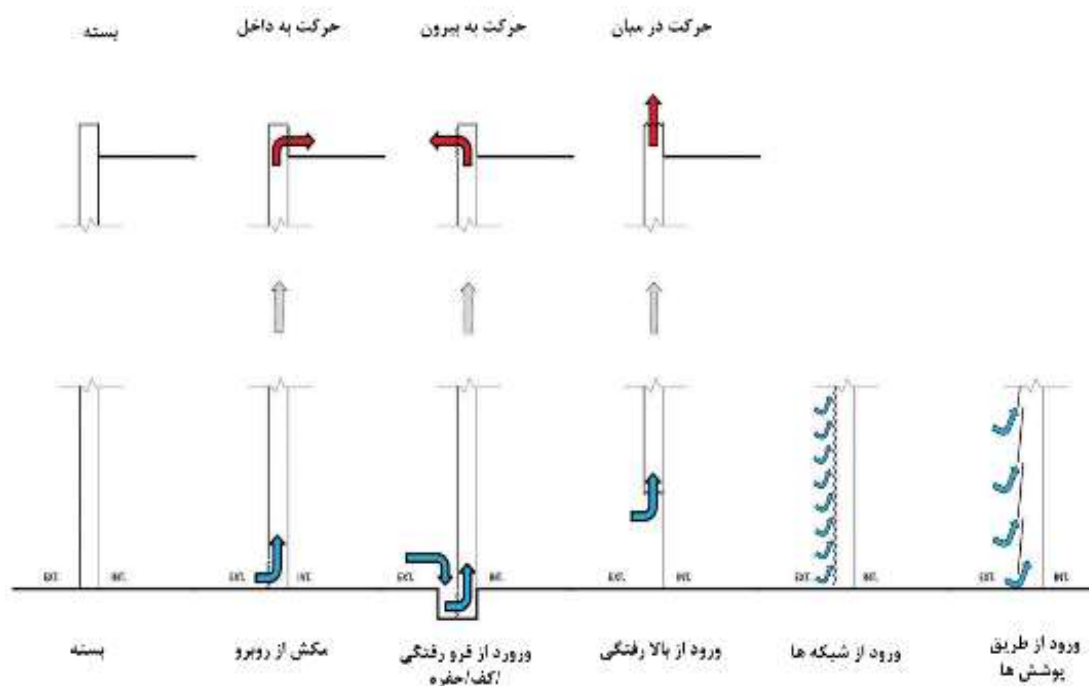


پلان نمای طبقاتی دوپوسته. فضای
میانی بدون تقسیم است و می‌توان
آزادانه تهویه کرد.

شکل ۳-۱۱. ساخت‌وساز دوپوسته از نوع چندطبقه، منبع: با مجوز از «نماهای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه» (۲۰۰۱)، با اجازه اوسترل، لیب، لوتز و هیوسل، باز نشر شد. این نقشه‌ها نمای بیرونی تهویه‌شده را نشان می‌دهد. تهویه از طریق نمای داخلی و ساخت‌وساز چندطبقه بدون تهویه نیز امکان‌پذیر است.

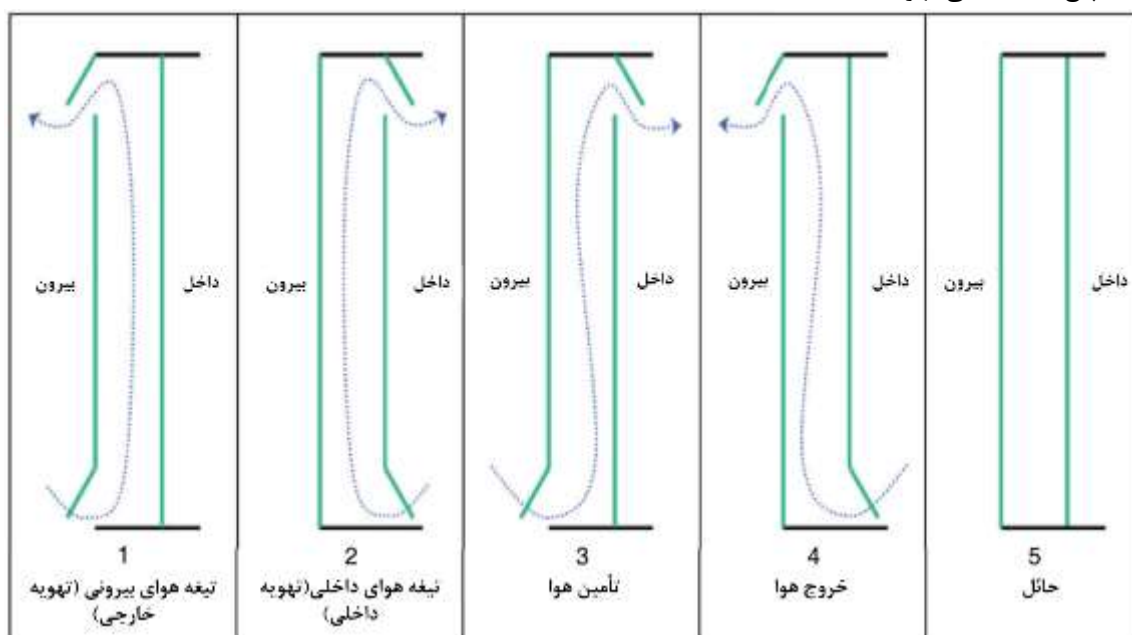


شکل ۳-۱۲. کتابخانه عمومی کمبریج، کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، منبع: مارک اسلیپس^۱.

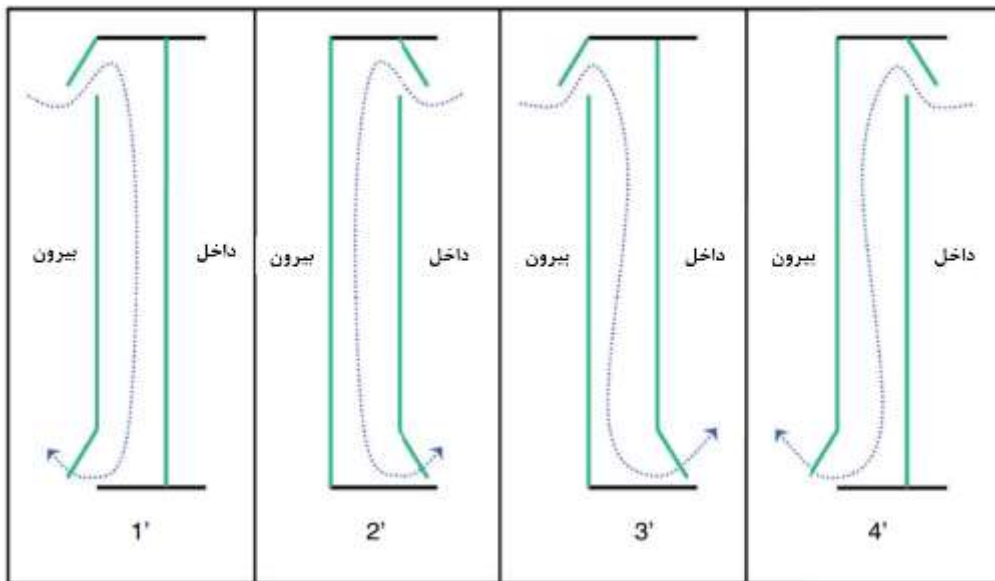


شکل ۳-۱۳. انواع باز شو برای جریان هوا در نمای دوپوسته چندطبقه را نشان می‌دهد که توسط جفری و گلیو ارائه شده است.

۵-۱ پنج حالت اصلی تهویه



۴-۱ انواع حالت‌های تهویه اصلی که جهت جریان هوا را معکوس می‌کند.



شکل ۳-۱۴. حالت‌های تهویه و انواع آن‌ها، منبع: با مجوز از «نماهای دوگانه تهویه‌شده: طبقه‌بندی‌ها و تصاویر مفاهیم نما» (بی بی آر آی، ۲۰۰۴)، توسط ووترز^۱، فلامنت^۲، بلاسکو^۳، دنیرر^۴ و لونکور^۵ باز نشر شده است.

در برخی موارد، باید احتیاط کرد؛ دینامیک متغیر باد و فشار هوا در تعامل با هندسه دهانه‌های تهویه و شرایط محلی می‌تواند منجر به جریان هوای معکوس یا لایه‌بندی هوا در حفره شود [۸]. عملکرد نما تا حد زیادی تحت تأثیر مکان باز شو برای جریان هوا، اندازه و عملکرد آن است. شکل ۲-۲۲ گونه‌شناسی باز شدن جریان هوا برای نمای دوپوسته چندطبقه را نشان می‌دهد که توسط جفری واگلیو^۶ ایجاد شده است. این اصطلاحات (به کار رفته در شکل) را می‌توان برای اجزای ساختمانی نما در رابطه با جریان هوا به کار برد. به عنوان مثال، در مورد کتابخانه عمومی کمبریج (کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹)، می‌توان مشاهده کرد که نمای دوپوسته چندطبقه دارای ورودی هوای فرورفتگی/از پایین (کف)/ فرورفتگی به شکل یک رنده فرورفته است که به یک دمپر لووردار در زیر و یک خروجی هوا به شکل یک دمپر لووردار شیشه‌ای منتهی می‌شود. همچنین ممکن است سوراخ‌هایی در پوسته داخلی نمای دوپوسته چندطبقه برای تهویه فضای داخلی قرار داده شود.

حالت و نوع تهویه

نوع تهویه نما معین می‌کند که چگونه مسیر جریان هوای مطلوب از طریق یک محفظه هوا در نمای دوپوسته به دست می‌آید؛ به طور طبیعی (غیرفعال، بدون کمک مکانیکی)، با کمک مکانیکی با فن (فعال)، یا ترکیبی از وسایل طبیعی و مکانیکی (تعاملی). تعیین حالت تهویه نما، جزئیات بیشتری را در مورد نحوه پیکربندی نما برای جریان هوا یا بسته شدن و در نهایت نحوه کمک نما به طراحی زیست‌اقلیمی ساختمان ارائه می‌دهد.

تهویه محفظه هوا در نمای دوپوسته، به طور کلی برای کنترل دمای هوا و کاهش احتمال تراکم (هوا) ضروری است. با توجه به اقلیم، محفظه هوا در نمای دوپوسته را می‌توان به صورت دائمی باز یا قابل حرکت، با باز و بسته شدن زمان‌بندی شده، تنظیم کرد. شکل ۱۵،۳ نقش تهویه را در کنترل تراکم هوا در محفظه نشان می‌دهد. هوای داخلی ممکن است از طریق پوسته داخلی یا از طریق ساختار ضعیف عایق یا با باز کردن هدفمند دریچه‌های پنجره به داخل حفره خارج شود. اگر هوای مرطوب داخل خانه با سطح سردتری مانند پوسته بیرونی در زمستان تماس پیدا کند، تراکم

1. P. Wouters
2. G. Flamant

3. M. Blasco
4. A. Deneyer

5. X. Loncour
6. Jeffrey Vaglio

می‌تواند در سطح داخلی پوسته بیرونی ایجاد شود. در حالت بسته یا حائل، هوای مملو از رطوبت نمی‌تواند از آن خارج شود و تراکم در قسمت بیرونی ایجاد می‌شود. تراکم تا زمانی که هوا و سطوح به‌اندازه‌کافی گرم شوند و رطوبت بتواند به داخل بازگردد، باقی خواهد ماند. تهویه محفظه هوا میزان تراکم را کاهش می‌دهد؛ زیرا هوای مرطوب اجازه خروج پیدا می‌کند. منافذ تهویه در پوست بیرونی را می‌توان طوری ایجاد کرد که به‌طور خودکار حفره را به حداقل میزان لازم برای جلوگیری یا از بین بردن تراکم، باز کند و حداکثر دوره زمانی برای ایجاد یک عایق را حفظ کند. بهره بالقوه انرژی خورشیدی در حفره زمانی تشدید می‌شود که پرده‌ها یا سازه‌های دیگر گرما را جذب کرده و دوباره به فضا تابش کند. دمای هوا و فشار باد نیز بر دینامیک حرارتی ساختمان اثر می‌گذارد [۹].

حالت‌های تهویه شامل تهویه خارجی، تهویه داخلی، تأمین هوا و خروج هوا است. این کتاب از اصطلاح «متغیر» برای شناسایی نمای دوپوسته استفاده می‌کند که برای جابه‌جایی بین حالت‌های تهویه از طریق باز و بسته‌شدن کنترل‌شده دمپرها و دریچه‌های پنجره طراحی شده است. ممکن است برای جلوگیری از ورود حشرات به فضای هوا از صفحات توری شکل استفاده شود. نمای دوپوسته تهویه‌شده همچنین ممکن است به‌گونه‌ای بکار گرفته و برنامه‌ریزی شود که بین حالت‌های تهویه‌شده، بدون تهویه، و هم‌زمان در ساختمان‌های حالت مختلط که در آن‌ها سیستم‌های تهویه مطبوع مکانیکی معمولی برای استفاده پاره‌وقت طراحی شده‌اند، تغییر یابد [۱۰]. هنگامی که یک نمای دوپوسته با تهویه طبیعی یا مکانیکی برای حفظ گرما به‌طور موقت بسته می‌شود، می‌توان گفت که در حالت بافر (حائل) است. نمای دوپوسته تهویه‌شده بای‌د با آگای از مشکلات احتمالی، مانند ص‌دای طرفی‌ن، هوای استفاده‌شده، یا دود و شعله‌های عبوری از دهانه‌های نما از یک فضای داخلی به فضای دیگر از طریق فضای هوایی مشترک، طراحی شود. نماهای دوپوسته بدون تهویه به سه دسته تقسیم می‌شوند: حائل، نمای حفره بسته و نمای تنفسی. نماهای بافر تهویه‌نشده، دارای فضاهای هوایی است که به‌طور دائمی عایق و بسته شده یا فقط برای نگهداری باز می‌شود.

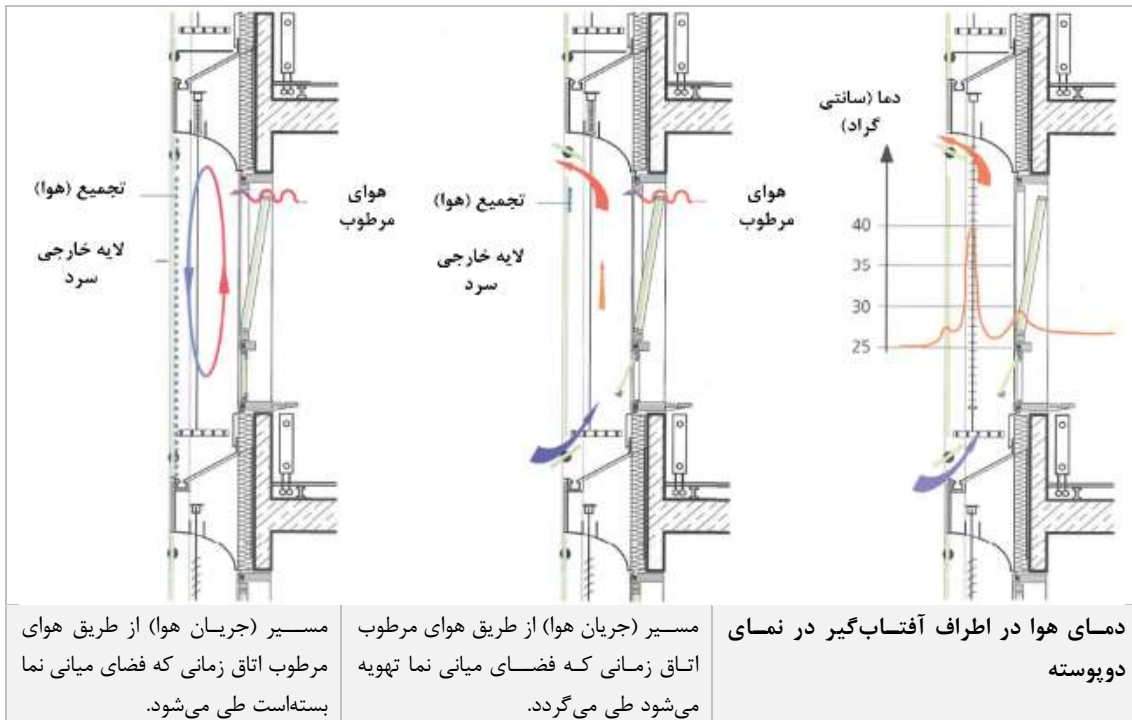
براساس طبقه‌بندی بی‌بی‌آر آی، حالت‌های تهویه در شکل ۱۴،۳ نشان داده شده است. نویسندگان بی‌بی‌آر آی با اذعان به ماهیت جزئیات قسمت‌های نمای دوپوسته خاطرنشان می‌کنند که انتظار می‌رود انواع بیشتری فراتر از موارد نشان‌داده‌شده وجود داشته باشد. دهانه‌ها را می‌توان در پوسته‌های داخلی و خارجی کاملاً متفاوت از نحوه قرارگیری آن‌ها در تصویر عمومی قرارداد. در تئوری، حالت‌های تهویه می‌تواند برای هر نوع هندسه محفظه هوا اعمال شود. هر یک از حالت‌های تهویه ممکن است دارای جهت معکوس جریان هوا باشد. گزارش بی‌بی‌آر آی مشاهدات مهمی را نشان می‌دهد که همیشه نمی‌توان حالت تهویه دقیق را در یک نمای دوپوسته با تهویه طبیعی مشخص کرد.

هنگامی که یک بازشو در موقعیت باز قرار می‌گیرد، نوع تهویه‌ای که رخ می‌دهد به شرایط فشار داخل محفظه هوا بستگی دارد. بعداز آن به عوامل متعددی از جمله شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد: سرعت و جهت باد، اختلاف دما، تابش آفتاب، نحوه عملکرد سیستم تهویه مکانیکی ساختمان، بازبودن درهای داخلی و غیره [۱۱].

بخش‌هایی که در ادامه می‌آید، نام‌ها و توصیف‌های اصلی طبقه‌بندی بی‌بی‌آر آی را ارائه می‌کند که با اصطلاحات جایگزین استفاده‌شده در این کتاب مطابقت دارد. این موارد نمونه‌هایی از نحوه به‌کارگیری و تطبیق مفاهیم تهویه در انواع نمونه‌های ساخته‌شده قابل توجه ارائه می‌دهد.

تهویه خارجی

۱. **پرده هوای خارجی؛** در این حالت تهویه، هوای واردشده به حفره از بیرون می‌آید و بلافاصله به سمت بیرون دفع می‌شود. بنابراین تهویه محفظه یک پرده هوا را تشکیل می‌دهد که نمای بیرونی را دربرمی‌گیرد. جریان هوا در نمای دوپوسته دارای تهویه خارجی معمولاً «طبیعی» است و حرکت هوا به‌طور غیرفعال توسط باد و در اثر اختلاف دما ایجاد می‌شود. فضای ایجادشده بین پوسته‌های داخلی و خارجی، حائلی است که از پوسته داخلی در برابر دمای شدید محافظت می‌کند، انتقال حرارت را از طریق تشعشع کاهش می‌دهد و آسایش حرارتی داخلی را افزایش می‌دهد.



شکل ۳-۱۵. مسیر از طریق هوای مرطوب اتاق زمانی که فضای میانی نما بسته (سمت چپ) و تهویه (وسط) باشد طی می‌شود. تهویه فضای پشت آفتاب‌گیر به‌ویژه برای اطمینان از گرمای بیش‌ازحد هوای اتاق‌ها مهم است (سمت راست).



شکل ۳-۱۶. کتابخانه عمومی، مارسی، منبع: سو پی^۱.

بازشوهای بیرونی باعث ایجاد جریان هوا براساس اختلاف دما می‌شود. تهویه باعث جلوگیری از تراکم و گرمای بیش‌ازحد در حفره می‌شود. بازشوها را می‌توان به‌صورت شکاف، دمپر یا پنجره با مصالح ساختمانی مختلف طراحی کرد که ممکن است برای عملکرد خودکار یا دستی طراحی شود.

تهویه خارجی در پیکره‌بندی چندطبقه ممکن است به‌صورت یک حالت ثابت یا متغیر طراحی شود. (به‌عنوان مثال) فضای باز دائمی هوا با تهویه بیرونی در کتابخانه عمومی مارسی (مارسی، فرانسه، ۲۰۰۴) نشان‌دهنده نیاز به اجتناب از گرما در تمام طول سال در آب‌وهوای گرم‌وخشک مارسی است.

برای نماها در اقلیم با تغییرات زیاد، مانند «دادگاه گرنوبل» (گرنوبل، فرانسه، ۲۰۰۲)، تهویه خارجی معمولاً با دمپرهای قابل حرکت طراحی می‌شود، تا فضای هوای نمای دوپوسته بتواند بین حالت‌های تهویه خارجی و حائل تغییر کند. زمانی که مفهوم تهویه خارجی در یک طبقه اعمال می‌شود، ممکن است (نما) به یک پیکره‌بندی پنجره جعبه، تقسیم شود به‌طوری‌که پارتیشن‌بندی عمودی نما از حاشیه‌های ساختاری یا طراحی مدولار نمای معماری پیروی کند، مانند آنچه در نمای ساختمان‌های شارد و ریور هوس رخ داده و یا ممکن است نما به شکل کریدور نمایان شود مانند مانیتوبا هایدرو پلیس و دوسلدورف استدتور.

از آنجایی‌که یک فضای هوا در نمای دوپوسته با تهویه خارجی اساساً با هوای محیط بیرون مرتبط است، این نماها معمولاً با یک پوسته تک‌جداره بیرونی و یک پوسته دوجداره داخلی ساخته می‌شود. صفحه داخلی سد اولیه هوایی و عایق را در بیشتر اقلیم‌ها تشکیل می‌دهد. با این حال، مانند مانیتوبا هایدرو پلیس، برخی از اقدامات با پوسته بیرونی در برخی مکان‌ها به‌عنوان مانع و عایق اولیه بهتر عمل می‌کند.

تهویه داخلی

۲. پرده هوای داخلی؛ هوا از داخل اتاق می‌آید و به داخل اتاق یا از طریق سیستم تهویه بازمی‌گردد. بنابراین تهویه حفره، یک پرده هوا را تشکیل می‌دهد که نمای داخلی را دربرمی‌گیرد.

در نماهای دارای تهویه داخلی، فضای هوایی بین دوپوسته به‌عنوان یک مسیر هوای برگشتی برای هوای مطبوع که به‌طورمعمول مستقیماً از فضاها داخلی مجاور وارد حفره دیوار می‌شود، عمل می‌کند. تهویه در محفظه هوا اثر حفظ دمای سطح شیشه داخلی را با دمایی معادل آسایش حرارتی اتاق در هر دو فصل گرما و سرما دارد.



شکل ۳-۱۷. سالن کلیر لوبین و ملوین جی^۱، منبع: دادروت^۲.

1. Melvin J. and Claire Levine Hall

2. Daderot

حرکت هوا در حفره به دلیل اثر اختلاف دما و اختلاف فشار بین محفظه هوا و فضای داخلی به صورت غیرفعال رخ می‌دهد. فن‌هایی که هوا را در نقاطی در یک سیستم مجرای هوای برگشتی می‌کشند، معمولاً جریان هوا را افزایش می‌دهند.

مانند نمای دوپوسته تهویه‌شده خارجی، فضاهای هوا در نمای دوپوسته تهویه‌شده داخلی در درجه اول یک حائل بین دمای داخلی و خارجی است که قابلیت اضافی برای بازیابی انرژی نهفته از طریق ادغام فضای هوا با سیستم مکانیکی ساختمان را دارد. کاربردهای نمای دوپوسته با تهویه داخلی در ایالات متحده شامل «کنگره ۶۰۱» (بوستون، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) و «سالن کلیر لوین^۱» و «ملوین جی^۲» (فیلادلفیا، پن، ایالات متحده آمریکا) است. در این نوع سیستم، هوای برگشتی اتاق از طریق شیرهایی که در پایین دیوار پنجره قرار دارد وارد حفره شده و از طریق مجرای متصل به بالای حفره پنجره خارج می‌شود. هوای مصرف‌شده به سیستم تهویه مطبوع بازمی‌گردد. این سیستم می‌تواند طوری طراحی شود که این هوای برگشتی از یک مبدل حرارتی عبور داده شود تا مصرف انرژی گرمایش و سرمایش ساختمان کاهش یابد. از آنجاکه سیستم تهویه سطح بالایی از عایق حرارتی را در حفره نما حفظ می‌کند، نور روز و نماها برای فضاهای داخلی را می‌توان بدون نیاز به رنگ‌آمیزی مازاد شیشه به حداکثر رساند. پرده‌های قابل تنظیم در حفره معمولاً برای بهینه‌سازی کیفیت نور روز استفاده می‌شود [۱۲]. ساختمان «لندن لوید^۳» (لندن، بریتانیا، ۱۹۸۶) یک نوع اولیه غیرمعمول است؛ جریان هوا از نما به جای بالا رفتن به سمت پایین است [۱۳]. از آنجاکه فضای هوای نمای دوپوسته به عنوان یک فضای عمودی برای فضای داخلی عمل می‌کند، نماهای دارای تهویه داخلی معمولاً با یک پوسته تک‌جداره داخلی و یک پوسته دوجداره بیرونی ساخته می‌شود. به این ترتیب، صفحه بیرونی به عنوان مانع، عایق اولیه هوا را در هردو شرایط اقلیم گرم‌وسرد را تشکیل می‌دهد.

نماهای دوپوسته تهویه داخلی، معمولاً با هندسه‌های محفظه هوای پنجره جعبه یا راهروی یک طبقه پیکربندی می‌شوند. استثنای اخیر شامل «کلینیک کلیولند» در ابوظبی، امارات متحده عربی و «برج شانگهای» در شانگهای چین است که هر دو در سال ۲۰۱۵ تکمیل شدند. در این ساختمان‌ها پیکربندی لعاب معکوس شده است (پوسته داخلی پوسته عایق‌شده است) که بیان‌کننده پلنوم هوای برگشتی است و برای نمای چندطبقه اعمال شده است.

تأمین هوا

۳. **تأمین هوا؛** تهویه نما با هوای بیرون ایجاد می‌شود، سپس این هوا به داخل اتاق یا سیستم تهویه منتقل می‌شود؛ بنابراین تهویه نما، تأمین هوای ساختمان را ممکن می‌سازد.

در نماهای تک‌پوسته‌ای مرسوم، تهویه مستقیم فضاهای داخلی معمولاً فقط در دوره‌هایی با دماهای معتدل و سرعت باد کم عملی است. (اما) نمای دوپوسته را می‌توان به گونه‌ای طراحی کرد که با جابه‌جایی ورودی‌ها در پوسته بیرونی در فاصله کمی از پنجره‌ها یا دریچه‌هایی که مستقیماً به فضای اشغال‌شده داخلی باز می‌شود، مدت‌زمان تهویه طبیعی مطبوع افزایش پیدا کند. منافذ تهویه در یک نمای دوپوسته برای تأمین هوا به طور معمول به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بین موقعیت‌های «حالت حائل» باز و بسته تغییر یابند؛ (درعین حال که) هوای تازه اضافی باید از طریق سیستم مکانیکی ساختمان ارائه شود.

1. Clear Levin

2. Melwin J

3. Lloyd's of London

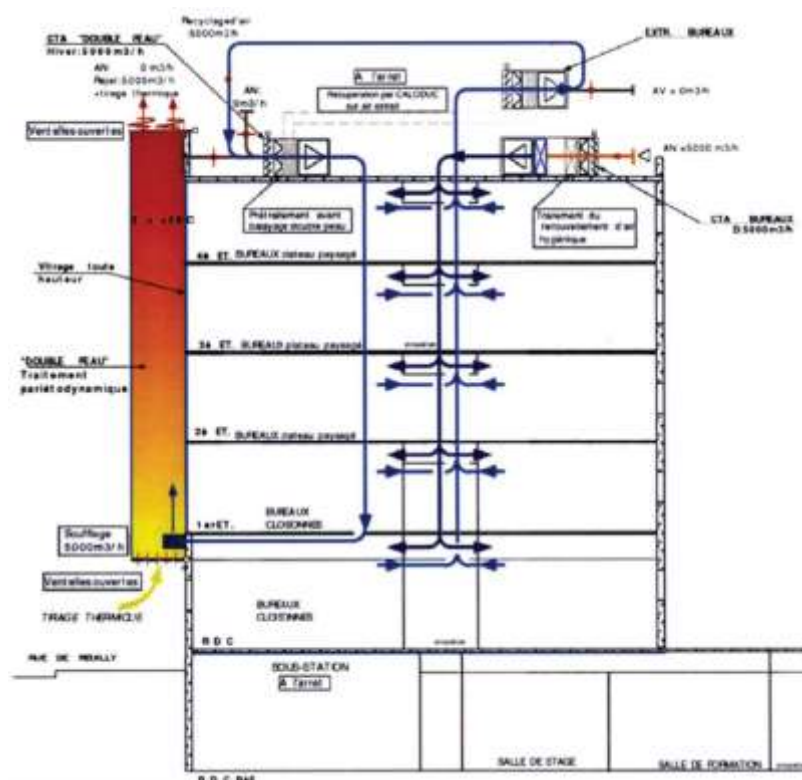


شکل ۳-۱۸. ساختمان یونی دک هدکوارترز^۱، منبع: ای اف ای آتلیرز^۲.

بازشوها برای تهویه به اشکال متنوع و در مکان‌های مختلف و با تنوعی از مصالح ساختمانی در نماها ایجاد می‌شود. در کتابخانه عمومی کمبریج، ورودی هوا برای نمای چندطبقه پنهان است که در یک حفره (شیار طولانی) به شکل یک دمپر موتوری که از طریق سیستم مدیریت ساختمان^۳ کنترل می‌شود، قرار دارد. هوارسانی به اتاق‌های مطالعه مجاور از طریق پنجره‌های محافظ دستی در پوسته داخلی انجام می‌شود. بنابراین، نما چه در حالت بافر (حائل) یا تهویه خارجی باشد حالت تأمین هوا را به وسیله دمپر لووردار که از سیستم مدیریت ساختمان واقع در منطقه جان‌پناه نما کنترل می‌شود، می‌توان تعیین کرد.

1. UNEDIC Headquarters, 80 Rue de Reuilly

2. Ateliers AFA
3. BMS



هنگامی که دما در محفظه هوا به یک نقطه تنظیم از پیش تعیین شده می‌رسد، دمبرها برای ذخیره یا آزاد کردن گرما از فضا فعال می‌شوند. در مانی‌توبا هیرو پلیس، هوا از طریق پنجره‌هایی دارای سایبان بیرونی موتوردار، که از سیستم مدیریت ساختمان کنترل می‌شود، وارد مناطق راهروی نمای دوپوسته می‌شود. پنجره‌های داخلی به صورت دستی کار می‌کنند. هنگامی که شرایط بیرونی نشان می‌دهد که پنجره‌ها باید باز یا بسته باشند تا انرژی و آسایش بهینه ایجاد شود، ساکنان این ساختمان اداری از طریق اعلان دکستاپ در رایانه مطلع می‌شوند. هر دو ترکیب (جنبه) ساختمان دارای یک حالت حائل همراه با عایق است و زمانی که شرایط آب‌وهوایی برای دریافت مستقیم هوای تازه مناسب نیست، می‌توانند به حالت تهویه خارجی تبدیل شوند تا گرمای اضافی از حفره تخلیه شود.

از ورودی هوا از طریق نمای دوپوسته نیز می‌توان برای پیش‌تهویهٔ هوای ورودی سیستم تهویهٔ مطبوع ساختمان به‌صورت غیرفعال استفاده کرد. در ساختمان دفتر مرکزی «یونی دک» (پاریس، فرانسه، ۱۹۹۶-۲۰۰۶)، هوای گرم‌شدهٔ غیرفعال در یک محفظهٔ هوای چهار طبقه از طریق فن‌ها و کانال‌هایی در سطح سقف ساختمان خارج می‌شود و به سیستم تهویهٔ مطبوع ساختمان سپرده می‌شود تا به‌این‌ترتیب هوای تازه را از بیرون برای محیط داخلی فراهم کند.

این سیستم تأمین هوا با پشتیبانی مکانیکی، میزان انرژی موردنیاز را برای پیش‌گرم کردن هوای مستقیم بیرون کاهش می‌دهد. در زمان سرمای شدید، مقداری از هوای گرم‌شدهٔ غیرفعال به پایین محفظهٔ هوای نمای دوپوسته برمی‌گردد تا کارایی سیستم را تسهیل کند. مانند نمونه‌های قبلی، نمای یونی دک می‌تواند در تابستان به حالت تهویهٔ خارجی، تغییر کند.

خروج هوا

۴. **خروج هوا؛** هوا از داخل اتاق حرکت می‌کند و به سمت بیرون تخلیه می‌شود. بنابراین تهویه نما، تخلیه هوای ساختمان را ممکن می‌سازد.

دهانه‌های تهویه در نمای دوپوسته ممکن است به گونه‌ای پیکربندی شود که هوا را از داخل خارج کند. این مورد در درجه اول، زمانی است که نمای دوپوسته بخشی از یک طرح کلی تهویه متقابل ساختمان است، همان‌طور که در ساختمان سه طبقه اطلاعات عمومی «ریچارد جی. کلارک^۱» در دانشگاه «لویولا» (شیکاگو، ایالت، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۷) این عملکرد وجود دارد. این ساختمان در سمت غرب در مقابل یک زمین چمن و در شرق به دریاچه میشیگان دید دارد و با پوسته‌های شیشه‌ای در هردو نما سعی در حفظ مناظر دریاچه دارد. پنجره‌های بلند در نمای کنار دریاچه تک‌پوسته را می‌توان برای ورود هوای تازه باز کرد. دریچه‌های پوسته داخلی نمای مقابل، که یک نمای دوپوسته چندطبقه ساختاری با شبکه کابلی است، می‌توانند برای تهویه متقاطع و یا کاهش گرمای اضافی فضا از سطح کف باز شوند.



شکل ۳-۲۰. ساختمان اطلاعات عمومی ریچارد جی کلارک، دانشگاه لویولا^۲، نمای غربی با شبکه کابلی.

منبع: میک پترسون^۳ از «کاربردها و روندهای نوظهور نمای دوپوسته»، ریچارد جی کلارک^۴، ارائه شده در کنفرانس بین‌المللی سیستم‌ها و تکنولوژی‌های نما^۵، چاپ مجدد با اجازه.

هوا همچنین می‌تواند از طریق یک شیار یا حفره در پایین شفت وارد محفظه هوای نمای دوپوسته شود. شفت چندین فوت از پشت‌بام ساختمان امتداد می‌یابد تا جان‌پناه را تشکیل دهد. هوا در محفظه هوا به دلیل اثر اختلاف دما افزایش می‌یابد و از طریق دریچه‌های سایبان شیشه‌ای موتوردار در جان‌پناه که با پوسته داخلی هم‌راستا می‌شود (پیکربندی جریان هوا به جلو) خارج می‌شود. هنگامی که شیار یا حفره، پوسته داخلی و دریچه‌های جان‌پناه باز می‌شود، نما در حالت ترکیبی از حالت‌های تهویه خارجی و خروجی هوا عمل می‌کند [۱۴]. پرده‌ها پایین می‌آید تا دریافت تابش خورشیدی را در فصل نیاز به خنک‌کننده، کاهش دهند و برای جذب نور روز بدون تشعشع مستقیم به حالت مورب

1. Richard J. Klarchek

2. Loyola

3. Mic Patterson/Enc,os Crop.

4. Richard J. Klarchek
Information

5. ICBEST 2010

درمی‌آیند. پرده‌های غلتکی نور را در نمای شرقی پخش می‌کنند. در زمان‌های دیگر، شیشه‌ها برای ایجاد دید به دریاچه باز می‌شوند [۱۵]. شکل ۲-۶۶ بازوها در پوسته داخلی واقع در داخل محفظه هوای نمای دوپوسته را نشان می‌دهد. ترکیب خروجی هوا با تهویه دوطرفه در طرح ساختمان جی اس دبلیو هداکوارتز (برلین، آلمان، ۱۹۹۹) محرز می‌باشد. در برج بیست و دو طبقه با پلان باریک این ساختمان، نمای غربی به صورت یک شفت چندطبقه با عمق ۱ متر (۳۹ اینچ) پیکربندی شده است که ارتفاع آن بیست طبقه است. هوای تازه، وارد طبقات اداری در نمای شرقی می‌شود و تهویه طبیعی را برای پلان باز داخلی فضای اداری فراهم می‌کند و از سمت مخالف، جایی که خروج هوا در اثر اختلاف دما در شفت تسهیل می‌شود از نمای غربی گذر می‌کند. سایه‌بان‌های مرتفع خورشیدی سوراخ‌دار در فضای هوایی نمای غربی می‌تواند برای پذیرش کیفیت‌های متنوع نور روز حرکت کند. نمای شرقی جی اس دبلیو هداکوارتز یک نمای دوپوسته با پروفیل نازک است که با ترکیبی از پنجره‌های جعبه‌ای با ضخامت ۲۰۰ میلی‌متر (۸ اینچ) و پانل‌های تهویه لووردار پوشیده شده است. ورودی هوا از طریق لوور به وسیله یک صفحه فلزی ثابت و پانل‌های تهویه موتوری عایق‌بندی شده که در ترکیبی از پیکربندی‌های کیفی شکل باز شده و پشتیبانی می‌شود. کرکره‌های لوور موتوری در فضای هوای پنجره‌های جعبه‌ای تعبیه شده است. تمامی عناصر متحرک نماها از سیستم مدیریت ساختمان قابل کنترل بوده و با به صورت دستی توسط ساکنین قابل کنترل است [۱۶].

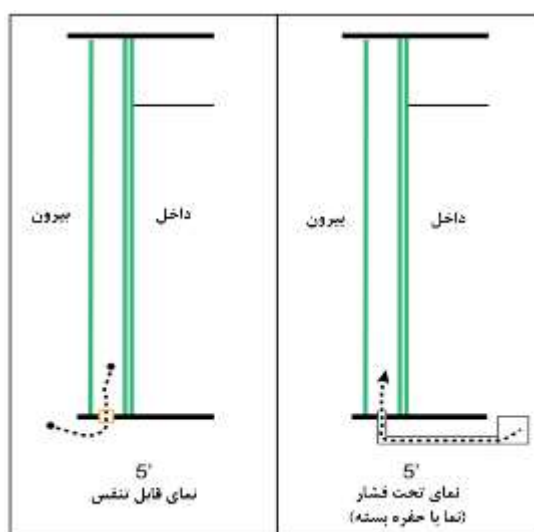
حائل

۵. منطقه حائل؛ این حالت تهویه متمایز است زیرا هریک از پوسته‌های نمای دوتایی با هوا بند ساخته شده است. بنابراین، محفظه هوا یک منطقه حائل بین داخل و خارج تشکیل می‌دهد، بدون اینکه تهویه آن امکان‌پذیر باشد. همان‌طور که در بخش‌های قبلی توضیح داده شد، بسیاری از نماهای دوپوسته تهویه‌شده، ظرفیت تغییر حالت به حائل بدون تهویه را دارد. از طرف دیگر، نماهای دوپوسته می‌توانند تنها در حالت حائل باقی بمانند. نمونه اخیر را می‌توان در بازسازی ساختمان «فدرال ای جی سلبرز ۲» (کلوند، OH، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۶) یافت. در اجرای این ساختمان فضاهای هوایی از نوع پنجره جعبه‌ای و راهرو، بین نمای مدرن برج، اجرا شده در اواسط قرن و یک پوسته بیرونی جدید «روکش شده»، شکل می‌گیرد. پوسته بیرونی و ساختار پشتی با کارایی بالا و به‌طور کامل عایق شده و برای مطابقت با استانداردهای روز از جمله؛ حفاظت از انفجار، رفع کمبود انرژی و ناکارایی پوسته قدیمی طراحی شده است. محفظه نما بسته باقی می‌ماند مگر زمانی که از طریق پنجره‌های پوسته داخلی برای نگهداری دوره‌ای به آن دسترسی داشته باشید.



شکل ۳-۲۱. ساختمان فدرال ای جی سلبرز، منبع: ماری بن بونهام.

۵. انواع حالت بافر



شکل ۳-۲۲. انواع حالت بافر، منبع: ماری بن بونهام.

این استراتژی برای ویژگی‌های عملکردی ساختمان به‌دقت مدل‌سازی شد و نتایج نشان داد برای این ساختمان با توجه به سایت قرارگیری مناسب بود [۱۷].

با وجود مواردی مانند ساختمان سلبرز، تهویه به‌طور کلی در فضاهای هوایی نمای دوپوسته برای محافظت در برابر تراکم و انتقال حرارت ناخواسته از محفظه‌های بیش‌ازحد گرم‌شده، مورد نیاز است. با این حال، تهویه محفظه یا حفره دارای اشکالات عملکردی قابل توجهی است. ورود هوای بیرون، ذرات معلق را به فضای بینابینی می‌آورد؛ بنابراین تمیز کردن منظم ضروری است. هر قسمت متحرک مربوط به تهویه نیاز به تعمیر و نگهداری و در صورت خودکار بودن، نیاز به مقداری انرژی برای کار کردن دارد. دو نوع متمایز از نمای دوپوسته پروفیل نازک بدون تهویه، باهدف بهبود عملکرد و حفظ فضا، با مزیت اجتناب از تمیز کردن فضای هوا، توسعه یافته‌اند. این محفظه‌های هوا بند، نمای تنفس‌پذیر و نمای محفظه بسته^۱ هستند.

نمای تنفس‌پذیر

(این نماها) از دهه ۱۹۸۰ در فرانسه ساخته شد؛ نمای تنفسی، نوعی نمای دوپوسته با نمایه نازک با پوسته بیرونی است که در برابر بخار نفوذپذیر است اما هوا به آن نفوذ نمی‌کند. ماژول‌های نمای یکپارچه دارای یک پوسته داخلی آبی جی یو^۲ و یک پوسته بیرونی تک یا دوجداره با یک شکاف هوای نازک در بین آن‌ها است. دهانه‌های کوچک با فیلترهای گردوغبار در قسمت پایین قاب، فضای هوای نمای دوپوسته را با محیط بیرونی مرتبط می‌کند. تعدادی دهانه‌های فیلتر برای متعادل کردن فشار بخار بین فضای هوا و فضای بیرونی تنظیم شده است؛ تا از تراکم (بخار آب) بر روی شیشه جلوگیری شود. فضای هوا در این نوع نما می‌تواند بین ۴۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر (۱/۵ تا ۱۵ اینچ) در عرض متفاوت باشد تا انواع دستگاه‌های کنترل خورشیدی را در خود جای دهد. پیکربندی لایه‌ای، عایق‌های حرارتی و صوتی را در مقایسه با نماهای تک‌پوسته دو یا سه‌جداره بهبود می‌بخشد. موفقیت سیستم منوط به یک عایق محکم در لایه کنترل بخار در سطح بیرونی آبی جی یو است تا هوای مرطوب از داخل ساختمان به فضای هوا وارد نشود [۱۸]. نسخه‌های جدیدتر این نوع نما را می‌توان با پنجره‌های قابل حرکت مشخص کرد. نماهای تنفس‌پذیر به‌ندرت در خارج از فرانسه اعمال می‌شود [۱۹]. فناوری این نوع نما و زمینه کاربردی آن، بعدتر در مطالعه موردی دادگاه گرنوبل مورد بحث قرار می‌گیرد.

1. CCF

2. IGU

نمای محفظه‌بسته

نمای حفره‌بسته متمایز از سایر انواع نماهای دوپوسته‌ای که قبلاً توضیح داده شد، می‌باشد زیرا یک فضای هوای نازک بین دوپوسته شیشه‌ای تحت فشار مکانیکی قرار می‌گیرد. عملکرد نمای حفره‌بسته برابر با نمای دوپوسته با تهویه خارجی است اما با حداقل تعمیر، نگهداری و بدون منافذ تهویه قابل مشاهده در بخش بیرونی نما (جدول ۳-۶). در نمای حفره‌بسته، یک منبع تحت فشار، هوای فیلترشده و مرطوب‌شده‌ای را به‌طور مداوم از طریق یک قاب واحد به فضای هوای عایق‌شده در مقادیر بسیار کمی و براساس شرایط آب‌وهوایی خارجی تغذیه می‌کند. این موضوع از تراکم در فضای هوا جلوگیری می‌کند و به دلیل اینکه گردوغبار و سایر آلاینده‌ها وارد فضای هوایی نمی‌شود، نیاز به تمیزکردن حفره را از بین می‌برد. اگرچه هزینه‌هایی برای سیستم و ملاحظات طراحی مربوط به تأمین هوای تحت فشار وجود دارد، نیازهای کلی مصالح و فضا در مقایسه با نمای دوپوسته ضخیم کاهش می‌یابد.



شکل ۳-۲۳. ساختمان جی تی آی^۱، منبع: گولیهم ولوت^۲.



شکل ۳-۲۴. ساختمان لئو^۳، اندکی قبل از اتمام آن، آوریل ۲۰۱۳، منبع: اپیزنتروم^۴.

1. JTI
2. Guilhem Vellu

3. LEO
4. Epizentrum

نمای محفظه‌بسته برای یکپارچه‌سازی بخش‌های سیستم به قاب‌های آلومینیومی به پیکربندی‌ای خاص متکی است: یک آی جی یوی داخلی (دوجداره یا سه‌جداره)، یک حفره عایق‌شده (عرض بین ۱۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر [۴ تا ۲۴ اینچ])، یک لایه شیشه‌ای خارجی، اجزای توزیع هوا مانند لوله‌های انعطاف‌پذیر کوچک و نازل‌های واشِر در دهانه‌های قاب و غالباً دستگاه‌های آفتاب‌گیر. مازول‌های نما مهروموم شده، در کارخانه، هم در واحدهای دیوار پرده‌ای و هم در شکل‌های جداگانه پنجره موجودند [۲۰]. ساخت نمای محفظه‌بسته ذاتاً نمایی پارتیشن‌بندی‌شده از نوع پنجره جعبه‌ای را تولید می‌کند.



شکل ۳-۲۵. ساختمان کتابخانه ملی فرانسه، منبع: فرد رومرو^۱.

مصرف انرژی توسط سیستم مرکزی توزیع هوای خشک حداقل است و تأثیر ناچیزی بر ترکیب کف یا سقف دارد. لوله کوچک تأمین هوا با قطر ۵ تا ۱۰ میلی‌متر (۱۶/۳-۸/۳ اینچ)، از منبع اصلی که معمولاً قطر آن بیشتر از ۴۰ میلی‌متر (۲/۱/۱ اینچ) نیست، به قاب‌ها وارد می‌شود [۲۱]. یک سیستم انتقال هوای مرکزی فشرده - متشکل از کمپرسور، خشک‌کن، فیلترهای متعدد، تخلیه میعان‌ات، و منبع ذخیره‌سازی - هوای تصفیه‌شده را به یک رایزر توزیعی می‌رساند که می‌تواند در هر شفت تشکیل‌دهنده تأسیسات مکانیکی، قرار گیرد [۲۲].

هنگامی که پرده‌های غلتکی یا لوور جمع‌شونده در محفظه هوا قرار می‌گیرند، قاب باید همچنین یک مجرای آب‌بندی‌شده بین پرده در حفره و یک سیستم کنترل را در خود جای دهد. سیستم‌های کنترل مخصوصاً برای نمای محفظه‌بسته ایجاد شده‌اند که موتور محرک و چرخ‌دنده تنظیم زاویه را خارج از حفره قرار می‌دهند تا تعمیر و نگهداری بدون ایجاد مزاحمت در ناحیه عایق‌بندی‌شده انجام شود. این اجزا ممکن است در یک فضای قابل دسترس بالای سر آی جی یو داخلی ادغام شود [۲۳].

نمای محفظه‌بسته را می‌توان برای تشکیل سیستم‌های منحصربه‌فرد که از استقلال دوپوسته بهره می‌برد، متفاوت کرد. یکی از نمونه‌ها ساختمان «جی تی آی» (ژنو، سوئیس، ۲۰۱۵) است که با یک دیوار پرده‌ای لحاف‌مانند از

1. Fred Romero

ماژول‌های نمای محفظه‌بسته بلند طبقه‌بندی شده است. سطح بافت آن با عمودی کردن پوسته داخلی هرواحد عایق شده و به‌طور هم‌سطح با دیگر اجزا قرار گرفته است. از طرف دیگر، پوسته‌های بیرونی به‌طور متناوب به داخل یا خارج متمایل می‌شوند، به‌طوری‌که برآمدگی‌ها بر پانل‌های مجاور سایه می‌اندازد. این ترکیب، تابش خورشیدی دریافتی در نماهای شرقی و غربی را در مقایسه با یک حالت مسطح کاملاً عمودی، ۱۳ تا ۱۴ درصد کاهش می‌دهد. (مازادیراین) یک کرکره غلتکی پارچه‌ای منعکس‌کننده گرما در محفظه هوای عایق‌شده قرار دارد. پوسته داخلی سه‌جداره با شیشه کم آهن (شیشه فوق شفاف) و دولایه پوشش کم انتشار می‌باشد. پوسته بیرونی یک صفحه شیشه‌ای کم آهن با پوشش خورشیدی بازتابنده است. این مجموعه با ارزش جی حدوداً ۰/۱۰۴ از انتقال حرارت ناخواسته به داخل ساختمان در تابستان جلوگیری می‌کند. در زمستان، میزان عایق بالای سیستم، نیازهای زیاد پروژه به انرژی را برآورده می‌کند [۲۴].

در ساختمان لئو (فرانکفورت و آلمان، ۲۰۱۳)، ماژول‌های نمای حفره‌بسته قابل‌اجرا در ترکیب با واحدهای بتنی تقویت‌شده با الیاف شیشه برای بازسازی و توسعه فضای دو ساختمان اداری موجود به یک مجتمع اداری واحد و نوسازی‌شده استفاده شد. پنجره‌های باز موازی برای ترکیبی از بازشوهای دستی و خودکار برای اهداف تهویه طبیعی یا خروج دود اضطراری طراحی شده‌اند. لوله انعطاف‌پذیر که هوای خشک را به هرپنجره می‌دهد با یک راهنما در بالای پنجره یکی شده است [۲۵]. پنجره‌ها به فاصله ثابت ۷۰ میلی‌متر (۴/۳۲ اینچ) یا ۱۸۰ میلی‌متر (۷ اینچ) باز می‌شود. یک حسگر در موتور هرپنجره شماره‌گذاری شده، جداگانه، هنگامی که یک پنجره باز می‌شود، سیگنالی را به سیستم مدیریت ساختمان می‌فرستد، در این زمان سیستم مدیریت ساختمان تهویه هوا را در آن فضا خاموش می‌کند [۲۶].

از آنجاکه استفاده از نماهای حفره‌بسته در سال‌های اخیر گسترش یافته‌است، این ماژول‌ها به‌عنوان نوع جدیدی از نما تلقی می‌شود. در واقع، در اوایل سال ۱۹۹۵ در نمای کتابخانه ملی فرانسه در پاریس، نمای دوپوسته تحت‌فشار اجرا شد؛ به این‌صورت که چهار برج شیشه‌ای نمادین کتاب با یک دیوار پرده‌ای دوجداره لعاب و همچنین ساختاری با لعاب بسیار شفاف و یک سیستم قاب مقاوم در برابر آتش در کنار هم قرار گرفتند [۲۷]. عملکرد حرارتی نما با جریان ثابتی از هوای خشک که به حفره پروفیل نازک وارد می‌شود حفظ می‌شود [۲۸]. پانل‌های چوبی چرخان داخلی، یک لایه اضافی از کنترل محیطی را برای بخش اداری و مناطق پشت قفسه کتاب واقع در برج‌ها فراهم می‌کند.



شکل ۳-۲۶. ساختمان کتابخانه ملی فرانسه، منبع: ماری بن بونهام.

حالت‌های متغیر تهویه

این کتاب برای سهولت در تعریف نمای دوپوسته که برای جابه‌جایی بین حالت‌های تهویه با مدولاسیون دهانه‌های تهویه طراحی شده، از عبارت متغیر استفاده می‌کند. تغییر حالت، تغییرات فصلی را مانند تغییر در شرایط آب‌وهوایی، مثل زمانی که یک نمای دوپوسته با تهویه خارجی به حالت بافر در زمستان تبدیل می‌شود، سازگار می‌کند. حالت تهویه متغیر همچنین می‌تواند نمای دوپوسته را توصیف کند؛ به‌طوری که الگوهای جریان هوا را از طریق باز و بسته‌شدن پنجره‌ها تغییر می‌دهد تا بر محیط داخلی تأثیر بگذارد. به‌عنوان مثال، بازکردن پنجره‌ها در یک یا هر دو پوسته نمای دوپوسته می‌تواند حالت تهویه را از بافر به منبع هوا یا از تهویه خارجی به منبع هوا تغییر دهد.

طبقه‌بندی ساختاری

نماها مانند تمام اجزای ساختمان حامل بار و انتقال نیرو هستند. بارها شامل وزن سازه‌ای نما و مصالح روی کار و نیروهای گذرا ناشی از فشار باد، حرکت لرزه‌ای، انفجار و فعالیت‌های سرویس و نگهداری است. علاوه بر مدیریت عوامل نورانی، حرارتی و صوتی، پوسته‌ها باید مانع ورود آب و رطوبت شود و عملکردی ضدباران، داشته باشد. مصالح ساختمانی و تکنیک‌های ساخت باید امکان حرکت ناشی از انحراف، انبساط حرارتی و انقباض را فراهم کند. سیستم‌های نما نیز باید برای تسهیل در نصب، به روش برنامه‌ریزی‌شده‌ای طراحی شود. یک ارزیابی کامل از قابلیت ساخت یک سیستم نما به در دسترس بودن مواد، زمان ساخت، و کارایی روش‌های نصب در محل به همراه هزینه و پیامدهای برنامه زمانی این جنبه‌ها می‌پردازد. درحالی‌که بحث کامل در مورد ساختار، مصالح و روش‌های نما خارج از محدوده این کتاب است، یادداشت‌های بعدی کتاب‌های مرجع را برای مطالعه پیشنهادی ارائه می‌کند.

عناصر اولیه، ثانویه و ثالثیه

طراحی ساختاری نمای دوپوسته، مستلزم درک چگونگی اتصال قطعات نما به یکدیگر و به‌کل ساختار ساختمان است. ساختار ساختمان را می‌توان به‌صورت سلسله‌مراتبی برحسب عناصر اولیه، ثانویه و ثالثیه تحلیل کرد. ساختار اولیه شامل چهارچوب سازه‌ای ساختمان و سایر عناصر مانند دیوارهای باربر یا هسته ساختمان است. محدوده اطراف ساختمان ممکن است از دیوارهای باربر یا پوسته‌های غیرباربر تشکیل شده باشد. سازه ثانویه شامل دال‌های ساختمانی، سقف‌ها و عناصر نگهدارنده نما می‌باشد. عناصر ساختاری سوم به ساختار اولیه و ثانویه یا بخشی از آن اضافه می‌شود، مانند یک پنجره در یک سیستم نما [۲۹]. (تصور کنید) این موارد در ارتباط با ساختمان با نمای دوپوسته سندای مدیاتک که در (شکل‌های ۳-۲ و ۵-۲) نمایش داده شده، اعمال شود. دال‌های بتنی، سازه اولیه ساختمان هستند. باله‌های شیشه‌ای ساختاری عمودی است که از پوسته داخلی حمایت می‌کند و سیستم خرابای کابلی که از پوسته بیرونی حمایت می‌کند، ساختارهای ثانویه به شمار می‌آیند. گیره‌های تثبیت نقطه‌ای و درزگیر سیلیکونی ساختاری سیستم لعاب بدون قاب، عناصر درجه سوم محسوب می‌شود.

در مطالعه پایان‌نامه کارشناسی ارشد یک نمای دوپوسته در فنلاند، نویسنده «سینی اوتو»^۱ در سال ۲۰۰۱ پیشنهاد کرد که ساختار ثانویه در ساخت نمای دوپوسته را می‌توان به‌عنوان براکت، معلق یا یک قاب طبقه‌بندی کرد [۳۰]. در نماها و محفظه‌های ساختاری شیشه‌ای در سال ۲۰۱۱، نویسنده «مایک پترسون»^۲ در مورد اشکال مختلفی که این سازه‌ها می‌توانند داشته باشند توضیح می‌دهد: (مانند) مولیون (شبکه‌بندی)، خرپا، خرپا دکل، خرپا کابل، باله شیشه‌ای، پوسته شبکه، شبکه کابلی، و شبکه درهم‌تنیده کابل [۳۱].

1. Sini Uuttu

2. Mic Patterson

مصالح ساختمانی، ساخت و نصب

جزئیات ساخت‌وساز معمولی و خاص که در ساخت‌وساز نمای دوپوسته رایج است در کتاب نماهای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه توضیح داده شده است. نمای دوپوسته می‌تواند از میان مجموعه‌ای از تکنیک‌های ساخت‌وساز، قاب یا بدون قاب انتخاب کند. قاب‌های امروزی از نوع شکسته حرارتی می‌تواند باشد.

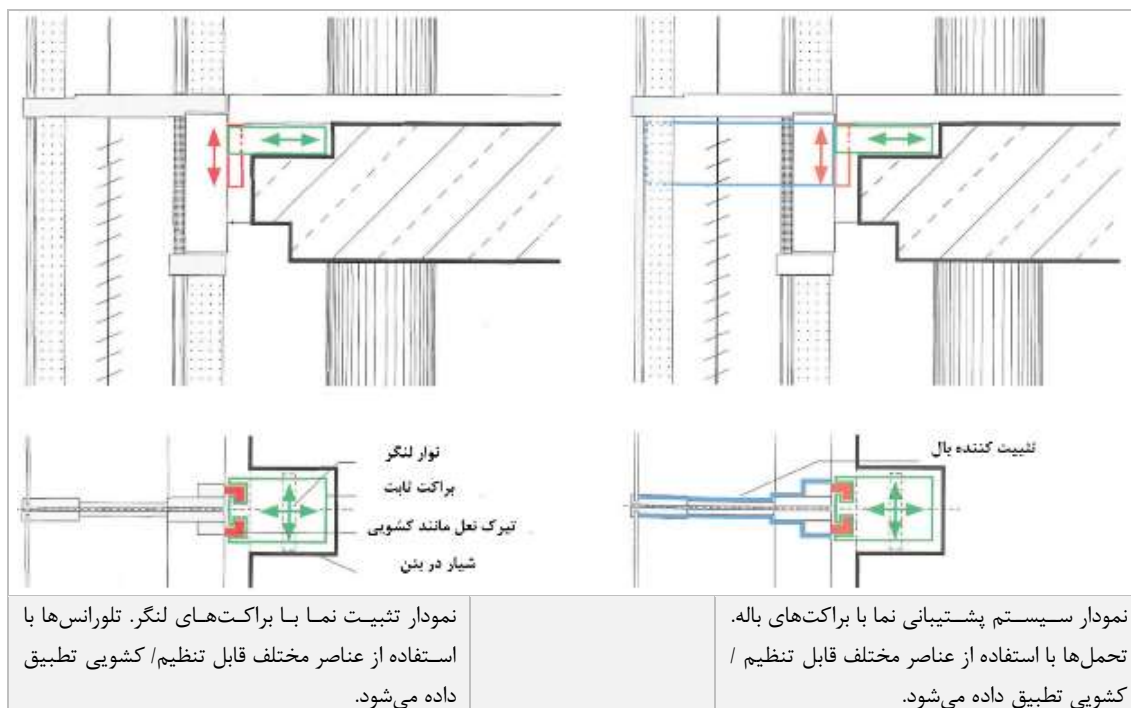
پیش‌ساخته (سازی) به‌طور رایج همانند ساخت‌وساز کاملاً یکپارچه اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که مناطق وسیعی از نما، که اغلب هر دو پوسته کاملاً لعاب‌دارند، در کارخانه مونتاژ شده و به‌عنوان ماژول به سایت منتقل می‌شود. صفحات منفرد یا پانل‌های آی جی یو را می‌توان با استفاده از نوارها یا مهره‌های ثابت به قاب‌ها وصل کرد. لعاب سازه‌ای، که در آن پانل‌های شیشه‌ای با درزگیر ساختاری به یک قاب بدون مهره یا کلاه قابل مشاهده می‌چسبد، ظاهر شفاف‌تری ایجاد می‌کند. سایر تکنیک‌ها برای از بین بردن متریکال پوست بیرونی به‌لحاظ بصری عبارت‌اند از: گیره‌های گیردار و تثبیت نقطه‌ای. برخلاف سایر تکنیک‌ها که نیاز به پشتیبانی مداوم در لبه‌های پانل دارند، لعاب با پشتیبانی نقطه‌ای در نقاط خاصی لنگر می‌یابد. (همچنین) شیشه‌های یکپارچه، چندلایه یا سکوریت‌شده (سخت شده) ممکن است براساس نیازهای ساختاری نصب انتخاب شوند. در شرایط خاص، شیشه به دلایل ایمنی براساس وضعیت خطر نصب، تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد (تقویت‌شده با حرارت) [۳۲].

واحدهای نما با استفاده از روش‌هایی که تلورانس‌های ساخت‌وساز، تغییرات قابل قبول در ابعاد یا شاقول بودن سازه اجراشده را شامل می‌شود، به سازه ساختمان پایه، متصل می‌شوند. درحالی‌که اتصالات جوشی امکان‌پذیر است، عملی‌ترین و رایج‌ترین روش لنگر انداختن نماها با براکت‌های ثابت آلومینیومی ریخته‌گری شده است. براکت‌های ثابت، که گاهی اوقات کفش‌های ثابت نامیده شده، اتصالات پیچ‌دار شکافدار یا سایر ویژگی‌ها را باهم ترکیب می‌کنند تا امکان تنظیمات در محل در سه بعد فراهم شود. می‌توان از پره‌های ثابت برای انتقال بارهای نما در عرض کامل نمای دوپوسته به براکت‌های ثابت استفاده کرد. (همچنین) برای مقاومت بیشتر در برابر آتش ممکن است به‌جای آلومینیوم به فولاد یا فولاد ضدزنگ نیاز باشد.



شکل ۳-۲۷. دانشگاه لویولا، صفحه اتصال گیره کابل دوطرفه فولادی ضدزنگ، منبع: مایک پترسون.

انکلوس کرا، «از ظهور، استفاده و روند اجرای نماهای دوپوسته» نوشته مایک پترسون و جفری وگلیو استیسی هوپر^۱ و دوگ^۲، ارائه‌شده در کنفرانس^۳، تجدید چاپ با مجوز.



شکل ۳-۲۸. نمودارهای اتصال به نما با براکت‌های لنگر (سمت چپ) و باله‌های ثابت (سمت راست)، منبع: نماهای دوپوسته، برنامه‌ریزی یکپارچه (۲۰۰۱)، لوتز و هیوسل^۴، تجدید چاپ همراه با مجوز.

ملاحظات آتش‌نشانی

درجه مقاومت در برابر آتش سازه و مصالح نما باید در ارتباط با ارتفاع و مساحت ساختمان و ویژگی‌های ایمنی زندگی مرتبط، مانند سیستم‌های تشخیص، هشدار و اطفاء حریق در نظر گرفته شود. ارتفاع ساختمان یک عامل تعیین‌کننده از نظر سازمان آتش‌نشانی محلی برای تخلیه و نجات است. به عنوان مثال، ساختمان‌های مرتفع با چندین راهکار محافظت در برابر آتش، مانند راه‌پله‌های محصور، برنامه‌ریزی می‌شود. این نماها ممکن است کاملاً آب‌بندی شود، درحالی‌که ساختمان‌های کم‌ارتفاع با انواع کاربری خاص ممکن است به دسترسی از طریق نما برای نجات افراد از طریق نردبان آتش‌نشانی متکی باشد. مقررات مربوط به انطباق با کد آتش‌نشانی نماهای دوپوسته، همیشه به‌وضوح در کدهای محلی بیان نشده است. به همین دلیل، مشاور ایمنی پروژه، باید طراحی نما را در چهارچوب رعایت ایمنی زندگی اهالی کل ساختمان بررسی کند و با تیم طراحی همکاری کند تا تأییدیه‌های لازم را به‌دست آورد [۳۴]. در موقعیت حداقلی، مواد ضدحریق باید برای لبه کف و اسپندل تأمین و برنامه‌ریزی شود.

اصطلاحات جایگزین

برای توصیف نمای دوپوسته، می‌توان از اصطلاحات متفاوتی نسبت به آنچه قبلاً ارائه شد استفاده کرد. تازمانی‌که افراد مرتبط با پروژه معانی را درک کنند، ممکن است از هر تعداد نام برای طبقه‌بندی استفاده شود. برخی از اصطلاحات جایگزین رایج‌تر، همراه با نام‌های معادل آن‌ها برای نام‌گذاری در این کتاب فهرست شده است.

1. Stacey Hooper
2. Doug

3. Envelope Systems and
Building Technologies
(ICBEST 2010)

4. Lutz and Heusle

دیوار فعال، به‌طور کلی به دیوارهایی اطلاق می‌شود که با اجزای فعال ساختمان مانند سیستم‌های تهویه مطبوع ادغام می‌شود. طبق بی بی آر آی، عنوان دیوار فعال معمولاً برای توصیف نماهای دارای تهویه مکانیکی استفاده می‌شود [۳۵]. از طرفی اصطلاح «دیوار اقلیمی» گاهی اوقات به‌جای دیوار فعال استفاده می‌شود. محققان اسکیدمور، اوپینگز و مریل^۱، نما را در کنگره ۶۰۱ به‌عنوان «دیوار دوتایی یکپارچه یا دیوار اقلیمی» توصیف می‌کنند. بوسول^۲ یک دیوار اقلیمی را به‌عنوان دیوار لایه‌ای تعریف می‌کند که مانند یک دیوار تکی با عمقی مشابه سیستم یک‌محفظه‌ای تک‌لایه پشتیبانی می‌شود. فضای هوا در دیوار اقلیمی که اغلب به‌عنوان ماژول‌های واحد ساخته می‌شود، ممکن است به‌صورت داخلی یا خارجی تهویه شود [۳۶].

طبقه‌بندی لنگ و هرز و گ^۳

پیکربندی‌های نماهای دوپوسته، اغلب با بهره‌بردن از اصطلاحاتی مانند «استفاده از پوسته‌های شیشه‌ای متعدد برای پوشش ساختمان‌ها» توسط «ورنر لنگ^۴» و «توماس هرز و گ^۵» در مجله «آرکی‌تکتچورال ریکورد^۶» شماره ۲۰۰۰ توصیف شده است. این مقاله در معرفی و یا معرفی مجدد فناوری نمای دوپوسته رایج در اروپا به مخاطبان آمریکای شمالی تأثیرگذار بود. این محققان معماری مقیم شهر مونیخ در آلمان، نماهای شیشه‌ای دولایه و پنجره‌های دولایه را براساس حالت تهویه با استفاده از اصطلاحات «بافر»، «استخراج هوا» و «دووجهی» طبقه‌بندی کرده‌اند. (شفت‌های چندطبقه، شامل دهلیزها و هال‌های اقلیمی، راهرو، نوع شفت و پنجره دابل است). نویسندگان این مقاله به هزینه‌های قابل‌توجه برای مهندسی و ساخت نماهای دوپوسته اشاره کرده و توضیح داده‌اند که بازگشت سرمایه در شرایط اروپایی باقیمت انرژی بالاتر سریع‌تر است. آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند که با ترکیب هزینه‌های انرژی کمتر و افزایش راحتی ساکنان، نماهای دوپوسته هنوز می‌تواند انتخاب خوبی برای بازارهای خارج از اروپا باشد [۳۷].

طبقه‌بندی بوک^۷

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۳ به‌طور گسترده مورد استناد قرار گرفت، «تری میر بوک^۸» و همکارانش از دانشگاه واترلو از طبقه‌بندی لنگ و هرز و گ اقتباس کردند و شاخه «سیستم هیبریدی» را برای تشخیص نماهایی اضافه کردند که در آن‌ها از جنبه‌هایی از پوسته‌های دوتایی استفاده شده، اما در هیچ‌یک از سه مورد اشاره‌شده در بالا قرار نمی‌گیرند. دسته‌های اصلی دسته هیبریدی بوک ساختارهای دوجداره را می‌شناسد که «از لایه‌ای از صفحات یا مواد بدون لعاب در داخل یا خارج از مانع اولیه محیطی استفاده می‌کنند». به‌عنوان مثال محوطه دیوار پوشش‌شده مرکز فرهنگی «تی جی باو^۹» (کالدونیای جدید، ۱۹۹۲) در این طبقه‌بندی جای می‌گیرد. در انتشار بعدی کتاب «نمای تکنونیکز^{۱۰}» در سال ۲۰۱۴، بوک استفاده از پرده در نماهای دوگانه در آب‌وهوای گرم را مورد بحث قرار می‌دهد [۳۸].

تکامل مداوم

باوجود طبقه‌بندی‌های فراوان موجود، بسیاری از طرح‌های نماهای دوپوسته در برابر این دسته‌بندی‌ها مقاوم‌اند. پس از بررسی انواع و عملکردهای نماهای دوپوسته که در این فصل توضیح داده شده است، باید مشخص شود که ساخت دیوارهای لایه‌ای یک کاردستی انعطاف‌پذیر و دائماً در حال تکامل است. پوسته‌های دابل نشان‌دهنده بسیاری از رویکردها در طیف وسیعی از استراتژی‌های رقیب، از جمله نماهای تک‌پوسته و مات است. تیم‌های طراحی باید از عناصر ساخت‌وساز نماهای دوپوسته به شیوه‌ای آگاهانه و چندرشته‌ای استفاده کنند که با دانش فیزیک ساختمان و بخشی از استراتژی طراحی پایدار کل ساختمان باشد، نکاتی که با بحث در فصل‌های دیگر به آن‌ها اشاره شده است.

1. Skidmore, Owings and Merrill
2. Boswell
3. Lang & Herzog

4. Werner Long
5. Tomas Hertzog
6. Architectural Record
7. Boak

8. Terri Meyer Boake
9. Tjibaou
10. Facade Tectonics

یادداشت

- [1] Eberhard Oesterle, Rolf-Dieter Lieb, Martin Lutz, and Winfried Heusler, *Double-Skin Façades: Integrated Planning: Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-Conditioning, Economic Viability* (Munich: Prestel Verlag, 2001), 178–98.
- [2] Xavier Loncour *et al.*, *Ventilated Double Façades: Classifications & Illustrations of Façade Concepts* (Belgian Building Research Institute, 2004).
- [3] Ibid., 27.
- [4] Ibid. The 2004 BBRI report calls box window cavity configuration in curtain wall construction “partitioning by story with juxtaposed modules.”
- [5] Enclos Corp, *Double Skins*, Façade TecNotes Series (Enclos Corp Advanced Technology Studio, 2009), 2:21–23.
- [6] Oesterle *et al.*, *Double-Skin Façades*.
- [7] Ibid.
- [8] Alison Kwok and David Bartley, “Testing the Double Skin Façade: Jaqua Academic Learning Center,” Proceedings of the American Solar Energy Society Conference (American Solar Energy Society, 2011).
- [9] Oesterle *et al.*, *Double-Skin Façades*, 67–68, 74.
- [10] Gail Brager, “Mixed Mode Cooling,” *ASHRAE Journal* 48 (2006): 30–37.
- [11] Loncour *et al.*, *Ventilated Double Façades*, 15.
- [12] Sara Hart, “Seeking Innovative Alternatives, Kieran Timberlake Associates Pumps Research into Architecture,” *Architectural Record*, November ۲۰۰۴.
- [13] Rogers Stirk Harbour + Partners, “Lloyd’s of London,” Rogers Stirk Harbour + Partners, www.rsh-p.com.
- [14] Jason Kirchhoff, Jeffrey Vaglio, and Mic Patterson, “Double-skin Cable-net Façade Case Study: Loyola Information Commons,” in *BESS 2010: High Performance Building Enclosures—Practical Sustainability Symposium*, Proceedings of the 1st Annual Building Enclosures Sustainability Symposium, eds. Juintow Lin, Salma Abdelghani, Tyler Tucker (Simpson Gumpertz & Heger, Inc. and California State Polytechnic University, Pomona, 2010).
- [15] Donald J. McLauchlan and David Lavan, “Richard J. Klarchek Information Commons Building, Chicago, IL: Efficiency by the Book,” *High Performing Buildings* (Spring 2010), www.hpbmagazine.org.
- [16] “GSW Headquarters, Berlin,” Sauerbruch Hutton, www.sauerbruchhutton.de and “GSW Headquarters,” Wikiarquitectura.com.
- [17] Charles Young, “Building a Double Wall,” *Building Design + Construction*, September ۱۹۶۱, 2012, www.bdcnetwork.com.
- [18] Pierre Martin, *Façades Légères en Detail* (Paris: Le Moniteur, 2012).
- [19] Mary Ben Bonham, “Elevating a Facade Theory into Practice,” Proceedings of the Architectural Research Centers Consortium Conference (Boulder, CO: ARCC, 2019).
- [20] The description of CCF is compiled from information provided by Permasteelisa, Wicona,
- [21] and Rinaldi-Structal.
- [22] D. Kienlen and N. Speirs, “Pressurisation as a Simple Means of Reducing Both Capital
- [23] and Whole Life Building Costs by Improving the Energy Efficiency of Double Skin Façades,” in *Facade Design and Procurement: Proceedings of the Centre for Window*
- [24] and Cladding Technology Conference (CWCT 2003), http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org/fdp/paper5.pdf.
- [25] Henk de Bleecker, “MFree-S Closed Cavity Façade: Cost-effective, Clean and Environmental,” presented at the Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) 9th World Congress, 2012.
- [26] Gerhard Geiger GmbH & Co., “Geiger INline system for Closed Cavity Façades,” Gerhard Geiger GmbH & Co., June ۲۰۱۵, www.geiger.de.
- [27] Ike Ijeh, “Skin deep: SOM’s JTI Building in Geneva,” building.co.uk, October ۲۰۱۴, ۲۲, www.building.co.uk.
- [28] Christian Schittich, *Best of Detail: Büro/Office* (Munich: Edition Detail, 2013).
- [29] Permasteelisa, “The Permasteelisa Group achieves the first Closed Cavity Façade with operable windows,” Permasteelisa, July ۲۰۱۴, www.permasteelisagroup.com.

- [30] Emmanuel Rey and Robert-Jan Van Santen, "Approche climatique de la façade: pour une évaluation multicritères," *Architecture d'Intérieur-Créé*, no. 298 (2001): 129–31.
- [31] Dow Corning, "Case Study: Bibliothèque Nationale de France, Paris," Dow Corning, <https://consumer.dow.com/documents/en-us/case-study/62/62-07/62-786-01-thermalperf-bibliotheque-nationale-france.pdf?iframe=true>.
- [32] Christian Schittich, Gerald Staib, Dieter Balkow, Matthias Schuler, and Werner Sobek, *Glass Construction Manual* (Basel, Switzerland: Birkhauser Verlag AG, 1999), 104.
- [33] Sini Uuttu, "Study of Current Structures in Double-Skin Façades," (MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology, 2001).
- [34] Mic Patterson, *Structural Glass Façades and Enclosures* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011).
- [35] Oesterle *et al.*, *Double-Skin Façades*, 132–53.
- [36] *Ibid.*, 154–60.
- [37] *Ibid.*, 83–85.
- [38] Loncour *et al.*, *Ventilated Double Façades*.
- [39] Keith Boswell, *Exterior Building Enclosures: Design Process and Composition for Innovative Façades* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2013), 170–71.
- [40] Werner Lang and Thomas Herzog, "Using Multiple Skins to Clad Buildings," *Architectural Record* (July 2000): 171–82.
- [41] Terri Meyer Boake, "Understanding the General Principles of the Double Skin Façade System," with student coauthors / research assistants at the University of Waterloo
- [42] (Vancouver: National Building Envelope Council Conference, 2003); "Hot Climate Double Façades: Avoiding Solar Gain," (Los Angeles: Façade Tectonics 14, 2014). These and additional research by Boake are accessible at www.tboake.com.



شکل ۴-۱. ایوان در تارتو، استونی^۱، منبع: مانداریانا^۲

-
1. Tartu, Estonia
 2. Mandariina

فصل چهارم

تاریخچه نماهای دوپوسته _ بخش اول خاستگاهها

این فصل معماری نمای دوپوسته را از ریشه‌های بومی آن تا اولین رخدادهای آزمایش درخصوص این نوع نما در اروپا و آمریکای شمالی پیگیری می‌کند. اگرچه گستردگی و تعمق در تاریخچه این نماها خارج از محدوده این کتاب است، در این قسمت تعدادی از موضوعات مؤثر بر تکامل نمای دوپوسته که از تغییر در زمینه‌های اجتماعی و سیاسی پدید آمده، شناسایی می‌شود. معماری نمای دوپوسته در شکل ۵-۱ در اواسط قرن نوزدهم در یک لحظه حساس در طراحی نما آغاز شد که این لحظه زمان اختراع شیشه‌های صفحه ریخته‌گری است. با این حال، خاستگاه طراحی نمای دوپوسته خیلی زودتر در واکنش‌های سنتی به آب‌وهوا و مکان در معماری بومی بود.

مناطق حائل (محافظ) در معماری بومی

تکنیک‌های بومی و سنتی ساختمان به‌طور طبیعی اقلیم و فرهنگ را موردتوجه قرار داده‌است. مصالح ساختمانی، روش‌ها و سبک‌هایی که طی صدها سال توسعه یافته‌است؛ در یک مکان موردپذیرش قرار گرفته‌است. ساختمان‌ها منعکس‌کننده سنت‌ها و عادات مردم محلی هستند و ویژگی‌های منحصربه‌فرد آب‌وهوای منطقه در آن‌ها لحاظ شده است. در کتاب «اقلیم و معماری»، «تربن دهل^۱» و «اوا تیند کریستنسن^۲»، مجموعه‌ای ساده از موضوعات آب‌وهوایی (نیروهای محیطی) را ارائه می‌دهند: گرما، رطوبت، باد و نور. اگر لباس را «پوست دوم» بدانیم، محفظه ساختمانی «پوست سوم» است که این نیروهای محیطی را در درجاتی که برای آسایش فیزیولوژیکی و روانی ما لازم است مورد استفاده یا دفع، قرار می‌دهد [۱].

فن‌آوری‌ها و تجهیزات ادغام‌شده در یک ساختار سرنخ‌هایی از جایگاه سازه در جامعه می‌دهد. روشی که ما می‌سازیم به در دسترس بودن منابع ساخت و نگهداری ساختمان‌ها، نیاز به امنیت، تمایل به ادغام هنر و صنعت و اجبار برای انتقال پیام‌ها از طریق جنبه مفهومی محیط ساخته‌شده ما بستگی دارد. معماری بومی این ترکیب پیچیده از خواسته‌ها را باظرافت و کارایی که تنها باگذشت زمان به‌دست می‌آید حل می‌کند.

مناطق حائل معمولاً در معماری بومی یافت می‌شود. این فضاها محفظه ساختمان را از یک خط تقسیم و جداکننده به یک منطقه انعطاف‌پذیر و گاه قابل اسکان تبدیل می‌کند. این نوع مناطق را می‌توان به دو نوع طبقه‌بندی کرد: صفحه پرده‌ای و لعاب. بسته به تنوع آب‌وهوا و نیاز به تنظیم شرایط محیطی داخلی، هر یک از این‌ها را می‌توان باقابلیت تنظیم کم‌وبیش (در ساختمان) پیدا کرد.

مناطق محافظ پرده‌ای

مناطق محافظ پرده‌ای، روشنایی، تهویه و حریم خصوصی را فراهم می‌کنند؛ درحالی‌که از نور و گرمای مستقیم به داخل جلوگیری می‌کنند. اجزاء پرده‌ای ثابت منعکس‌کننده آب‌وهوای تثبیت‌شده و معمولاً گرم است، درحالی‌که صفحات پرده‌ای قابل تنظیم در شرایط آب‌وهوایی متغیر یافت می‌شود. لعاب (شیشه)، در صورت استفاده، به‌عنوان یک‌لایه ثانویه اضافه می‌شود که به حالت اولیه فضای محافظ امکان می‌دهد که به‌جای حفظ یا جمع‌آوری گرما، از گرما اجتناب کند.

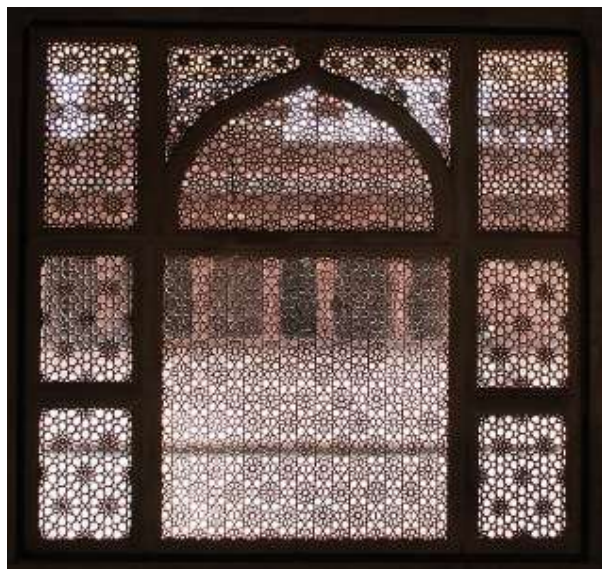
جالی^۳، در هندوستان، صفحات مشبکی باز است که از سنگ، گچ، سرامیک یا چوب تراشیده شده است. پرده‌های جالی یا همان‌طور که در جهان عرب به آن مشربیه می‌گویند، به‌خاطر نقوش پیچیده هندسی، عربی و حکاکی‌شده با گل شهرت دارد [۲]. مشربیه همچنین اصطلاحی است برای فضاها مرتفع بالکن‌مانند که با پوشش مشبک دربرگرفته شده‌اند. این پهنه‌ها از روی سازه اصلی بیرون می‌آیند و ممکن است طاقچه‌های کوچک یا پیش‌آمدگی وسیع از فضاها را داخلی باشند. ممکن است در قسمت‌هایی از محفظه از شیشه‌رنگی استفاده شود. محدود کردن، تغییر جهت و رنگ‌آمیزی نور از طریق صفحات پرده‌ای (سایبان‌ها) وارد فضا می‌شود و شیشه، «نور روز مطبوع» فراهم می‌کند [۳].

1. Torben Dahl

2. Eva Tind Kristensen

3. Jali

(علاوه بر این نوع محافظ‌های پرده‌ای)، پنجره‌های مشبک به نام سلوسیا در اسپانیا و کشورهای اسپانیایی‌زبان آمریکای جنوبی از سنگ تراشی، چوب یا ترکیبی از این مواد ساخته می‌شوند. در اروپا و آمریکای شمالی، پنجره‌های سنتی از لعاب‌هایی در ارسی‌های دوتایی یا دیواری تشکیل شده که با لایه‌هایی که نور و جریان هوا را کنترل می‌کنند، مانند کرکره‌های چوبی صلب یا پرده‌دار و پرده‌های پارچه‌ای مات یا شفاف تقویت می‌شوند.



شکل ۴-۲. جالی در معبد سلیم چیستی^۲ در فاتحپور سیکری^۳ در نزدیکی آگرا واقع در هندوستان، منبع: تصویر از دیوید کاستور^۴.

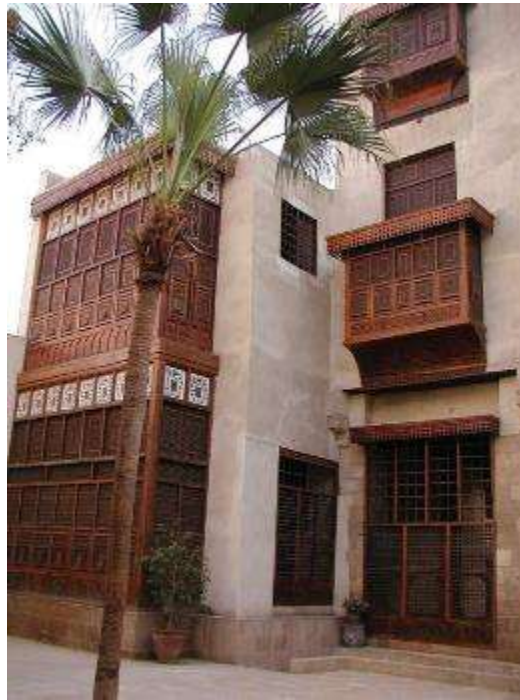


شکل ۴-۳. جالی در تاج‌محل در آگرا، واقع در هندوستان، منبع: دن سیرله^۵.

1. celosía
2. Salim Chisti

3. Fatehpur Sikri
4. David Castor

5. Dan Searle



شکل ۴-۴. مشربیه در خانه‌موزه سوهیمی^۱ در کایرو^۲ مصر، منبع: جرارد داچر^۳.



شکل ۴-۵. اتاق پذیرش در خانه‌موزه سوهیمی در کایروی مصر، منبع: جرارد داچر.

در آب‌وهوای گرم و مرطوب ایالات متحده، استرالیا، آرژانتین، ژاپن و بسیاری از کشورهای دیگر، مناطق حائل اغلب به شکل ایوان هستند. ایوان‌ها فضایی سایه‌دار را فراهم می‌کنند که می‌تواند برای محافظت از فضا در برابر گرما یا بادهای شدید و باران باشد. این فضاها با محیط ساختمان‌ها هم‌مرز هستند و امکان تهویه دوطرفه و خنک‌سازی با جریان هوای شبانه را (به ساختمان) می‌دهند. اضلاع این فضاها با مجموعه‌ای از دستگاه‌های نمایشگر قابل تنظیم یا ثابت، مانند شبکه‌های باز، پرده‌های چوبی قابل تنظیم، پرده‌های متشکل از نی، پارچه‌های روکش‌دار و پوشش گیاهی ترکیب شده‌اند. ایوان‌ها همچنین ممکن است به توری برای عدم نفوذ حشرات یا پنجره‌های شیشه‌ای قابل جابه‌جایی مجهز شوند.

1. Suhaymi

2. Cairo

3. Gerard Ducher

مناطق محافظ لعاب‌دار (شفاف)

مناطق محافظ لعاب‌دار براساس اصل پنجره طوفانی عمل می‌کنند، که یک‌لایه شیشه‌ای بیرونی در طول روز، بر مبنای تغییر آب‌وهوا یا فصول قابل تنظیم است. لعاب تقریباً همیشه قابل تنظیم است و نشان می‌دهد که فضای محافظ دارای حالت سه‌گانه است؛ جمع‌آوری گرما به‌اندازه اجتناب از گرما و تهویه اهمیت دارد. یک منطقه حائل لعاب‌دار می‌تواند متناسب با اندازه یک پنجره، یک اتاق یا فضایی در بین باشد. در مقیاس پنجره، دولایه شیشه‌ای با قاب مستقل یک منطقه حائل را تشکیل می‌دهد. برخلاف یک پنجره طوفانی منفرد با ارسی شیشه‌ای جداشدنی، یک پنجره دوتایی سنتی دارای یراق‌آلاتی است که به لایه‌های داخلی و خارجی امکان می‌دهد تا مستقل از یکدیگر تاب بخورند یا باز شوند. در ژاپن، ایوان‌های سنتی با کف چوبی به نام انگاوا^۱ دارای دولایه صفحه پرده‌مانند کشویی با قاب چوبی است. صفحه بیرونی ممکن است لعاب‌دار باشد، درحالی‌که صفحه داخلی یا شوچی^۲ از کاغذ نیمه‌شفافی ساخته شده است که روی یک شبکه مشبک از بامبو یا چوب کشیده شده است. این منطقه حد واسط، علاوه‌براین که به‌عنوان حائل آب‌وهوا است، به‌عنوان گذرگاه و فضای نشستن نیز عمل می‌کند.



شکل ۴-۶. ایوان در کالج برین مار دینری^۳، پرینستون^۴، پن، ایالات‌متحده، منبع: برایان مایر دینری^۵.

1. Engawa
2. Shoji

3. Bryn Mawr Deanery
4. Princeton Penn

5. Deanery, Bryn Mawr



شکل ۴-۷. انگاوا در خانه‌موزه کانامایا^۱ در دهکده فوکیا^۲ در نزدیکی تاکاهاشی اوکایاما^۳ ژاپن، منبع: هایلند ۶۳۳.

یک منطقه حائل لعاب‌دار در مقیاس اتاق ممکن است «فضای خورشیدی» نامیده شود، زمانی که انرژی خورشیدی را مستقیماً به یک فضای ایزوله (مجاور) دعوت کند. با پیروی از اصول گلخانه‌ای، گرما را می‌توان در فضا ذخیره کرد و به فضاهای داخلی مجاور رساند؛ یا در صورت نیاز، گرما می‌تواند از فضای خورشیدی از طریق منافذ به بیرون هدایت شود. ایوان‌های آفتابی لعاب‌دار را می‌توان در معماری بومی مکان‌های بی‌شماری یافت که تابش خورشیدی با محافظ در برابر باد مطلوب است. در کشورهای یونان و حوزه بالکان، ایوان‌های لعاب‌دار سنتی را چایاتی^۵ می‌نامند [۴]. در لاکرونی، اسپانیا، بالکن‌های لعاب‌دار با رنگ سفید، دیوار خیابانی درخشان و پس‌زمینه‌ای تماشایی را به سمت بندر تشکیل می‌دهد. گالری‌ها (بنا را) در تابستان‌های گرم تهویه می‌کنند و از زمستان‌های خنک محافظت می‌کنند؛ بدون اینکه نیازی به بستن منظره آب باشد.

ظهور نماهای دوپوسته

با توجه به آنچه گفته شده، مناطق حائل سنتی و لعاب‌دار، سازه‌های پیشینی ساخت‌وساز دوپوسته معاصر هستند. تکامل از اشکال بومی به نوع نمایی که امروزه می‌شناسیم بدون پیشرفت‌های تکنولوژیکی در مصالح و روش‌های ساختمانی امکان‌پذیر نبود. توسعه فناوری ساخت‌وساز نمای دوپوسته، به‌طور کلی به تاریخچه نماهای دیوار پرده‌ای^۶ برمی‌گردد. برخی نقاط عطف کلیدی در ارتباط با سیستم‌های لعاب، سازه و مکانیک، ماهیت ساخت‌وساز پوشش ساختمان را تغییر داد. جدول زمانی در شکل ۵-۱، موضوعات عملکرد نور، گرما، سلامت، آسایش حرارتی، تهویه، آکوستیک و انرژی را مشخص می‌کند. این موضوعات در طول زمان پدیدار شده و لایه‌بندی شدند و الزامات عملکردی

1. Katayama
2. Fukia

3. Takahashi, Okayama
4. 633highland

5. Chayati
6. Curtain wall

پیچیده‌تر را برای طراحی محوطه به ارمغان آوردند. ساختمان‌ها (با طراحی) نوآورانه، فن‌آوری‌های نوظهور را با روش‌های مبتکرانه و اصیل ترکیب کردند تا اولین نمونه‌های معماری دوپوسته را تشکیل دهند.



شکل ۴-۸. پنجره‌های شیشه‌ای مشرف به بندر لاکرونیا در گالی سیاه، اسپانیا، منبع: آلسیو داماتو^۲.



شکل ۴-۹. ساختمان‌های مجهز به گالری در بندر لاکرونیا^۳ در گالی سیاه، اسپانیا، منبع: گئورگس^۴.

نیمه قرن ۱۹: شیشه به منظور استفاده از نور و گرما

ظهور بشقاب شیشه‌سازی ریخته‌گری در سال ۱۸۴۸ باعث شد که شیشه با وسعت زیاد، ارزان و به راحتی در دسترس باشد. قصر کریستال^۵، که توسط سر «جوزف پکستون»^۶ برای نمایشگاه بزرگ لندن در سال ۱۸۵۱ طراحی شد، به طرز قابل توجهی از این فناوری جدید بهره برد. این طرح، روش‌های پیشرفته‌ای را برای طراحی مدولار در چوب، آهن و شیشه ادغام کرد تا ساختمانی با مقیاس و شفافیتی بی‌سابقه برای پذیرایی از جمعیت نمایشگاه ایجاد کند. پکستون سالن نمایشگاه را که اطراف آن بزرگ‌ترین ماژول‌های صفحه شیشه موجود در آن زمان، ۲۵۴ در ۱۲۴۵ میلی‌متر (۱۰ در ۴۹ اینچ) بود، طراحی کرد. تمام جنبه‌های سالن (از جمله یک قاب چدن مدولار و مرزهای چوبی چندلایه) حول آن ابعاد، مقیاس‌بندی شده‌اند [۵]. اندازه بالقوه، استحکام و شفافیت لعاب و هزینه‌های مربوط به تولید این محصولات همچنان تأثیرات غالب طراحی در معماری شیشه است.

در دسترس بودن بشقاب شیشه‌های ریخته‌گری منجر به گمانه‌زنی‌های الهام گرفته‌شده در مورد آینده معماری شیشه شد. در بسیاری از ایده‌ها و نمونه‌های اولیه از لایه‌های دولایه استفاده می‌کردند. در سال ۱۸۴۹، «ژان باپتیست

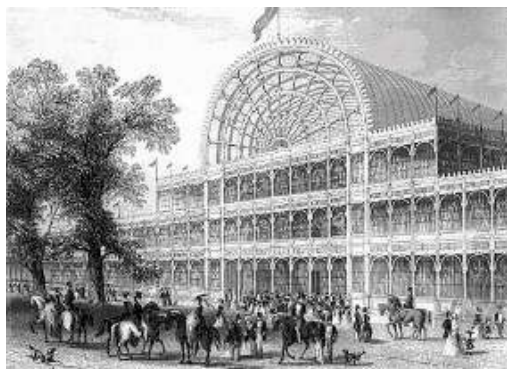
1. Galicia
2. Alessio Damato

3. L'Aronia, Galicia
4. JJ Georges

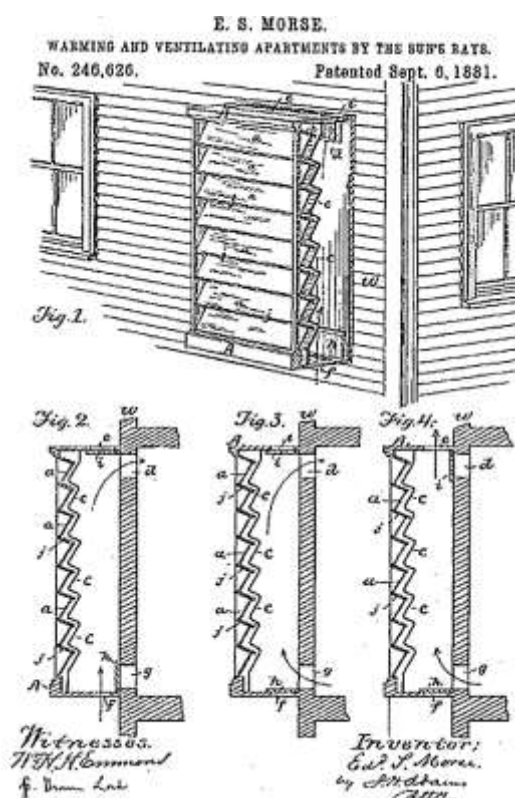
5. Crystal palace
6. Sir Joseph Paxton

ژوبارد^۱ از بلژیک تصور می‌کرد که فضای هوای بین دیوارهای شیشه‌ای شفاف بزرگ را می‌توان تهویه کرد [۶]. در سال ۱۸۸۱، گیاه‌شناس «ادوارد مورس»^۲ (سالم، ماساچوست^۳، ایالات متحده آمریکا) یک دیوار برای جمع‌آوری حرارت خورشیدی با سطح لعاب‌دار را در مقابل یک دیوار جاذب حرارت تیره ساخت و ثبت اختراع کرد. مورس در سال ۱۸۹۲ یکی (از این دیوارها) را به خانه خود اضافه کرد [۷].

آغاز قرن حاضر، مصادف با ظهور تعدادی دیوار پرده‌ای شیشه‌ای و در ابتدا به‌صورت دوپسته بود. در این موارد، نیاز به نور روز بیشتر از افزایش گرمای خورشیدی به‌عنوان نیروی محرکه مطرح بود. گرما را می‌توان با بخار یا آب گرم تولید کرد، اما کیفیت سیستم‌های روشنایی الکتریکی در آن زمان برای وظایف صنعت و تجارت ناکافی بود.



شکل ۴-۱۰. ثبت کردن قصر کریستال پالاس در هاید پارک^۴، در لندن، انگلستان، منبع: عکس برگرفته از Engines of Our Ingenuity 1158، قصر کریستال پالاس www.uh.edu/engines برگرفته از تالیس، تاریخچه و نقد قصر کریستال پالاس، ۱۸۵۲.



شکل ۴-۱۱. ادوارد مورس، گرم کردن و تهویه آپارتمان‌ها با تابش خورشیدی، ثبت اختراع شده در تاریخ ۶ سپتامبر ۱۸۸۱، منبع: دفتر ثبت اختراعات تجاری ایالات متحده آمریکا.

1. Jean-Baptiste Jobard
2. Edward Morse

3. Salem, Massachusetts
4. Hyde Park

نماهای سازه‌ای آهنی و فولادی و قاب‌های ساختمان، تغییر از پنجره‌های پانچ‌شده در دیوارهای بنایی باربر به نماهای سبک‌وزن جدا از سازه اصلی ساختمان را امکان‌پذیر کرده‌بود. دیوارهای پرده‌ای اولیه از مجموعه‌ای از مواد، به‌ویژه فلز و شیشه ساخته می‌شدند [۸]. وسعت تدریجی و بزرگ‌تر شدن پنجره شیشه‌ای و توسعه شیشه اسپندل در نهایت به دیوار پرده‌ای تمام‌شیشه‌ای منجر شد.

دیوارهای پرده‌ای شیشه‌ای

اولین دیوار پرده‌ای تمام‌شیشه در اروپا دوپوسته است. در سال ۱۹۰۳، کارخانه اسباب‌بازی استیف^۱ در جین جن^۲ آلمان، توسط «ایسن ورک مونچن ای جی»^۳ طراحی و ساخته شد (شکل ۵-۱۱ الف). پوسته بیرونی (ساختمان) یک دیوار شیشه‌ای سه‌طبقه ممتد است که از مقابل قاب فولادی سازه عبور می‌کند. دیوار شیشه‌ای داخلی به ارتفاع یک طبقه است و بین لبه‌های کف قرار می‌گیرد و فضای هوایی به عمق تقریبی ۲۵۰ میلی‌متر (۱۰ اینچ) را تشکیل می‌دهد. (درعین حال) شیشه مات ارزان‌قیمت نور فراوان و پراکنده‌ای را فراهم می‌کند. برای مقابله با زمان‌هایی که تشعشع بیش‌ازحد است، می‌توان پرده‌هایی را روی فضای داخلی کارخانه کشید. تهویه متقابل فضا از طریق دهانه‌های نمای جداشده از حفره دوپوسته امکان‌پذیر می‌باشد. اگرچه طراحی نمای استیف مبتکرانه بود، اما اتفاقی استثنائی در شهری کوچک بود که پیش از نماهای شیشه‌ای تک‌لایه شناخته‌شده در آلمان، یعنی کارخانه توربین «ای ای جی برنز»^۴، در سال ۱۹۱۰ و کارخانه «فاگوس»^۵ اثر «گروپیس»^۶ و «می یر»^۷، در سال ۱۹۱۳ بود [۹]. از طرف دیگر، در آمریکای شمالی، در سال ۱۹۱۷، «ویلیس پولک»^۸ اولین دیوار پرده‌ای تمام‌شیشه‌ای را طراحی کرد که برای ساختمان هالیدی (سان‌فرانسیسکو، کالیفرنیا، ایالات‌متحده آمریکا) ساخته شد. (در ادامه همین روند) دیوار پرده‌ای نمادین توسط «والتر گروپیس»^۸ برای باهاوس در دسائو در سال ۱۹۲۶ طراحی شد.

سقف‌های شیشه‌ای

توسعه نماهای دوپوسته با استفاده از مفهوم دولایه بودن در سقف‌های شیشه‌ای هم‌زمان اتفاق افتاد. سقف‌های لعاب‌دار نور طبیعی باکیفیتی را در حیاط‌ها و پاساژهای ساختمان‌های اداری، فروشگاه‌های بزرگ، تالارهای شهر و بانک‌ها از اواسط دهه ۱۸۰۰ فراهم می‌کرد. نمونه‌ای از این مورد، ساختمان «روکری»^۹ در سال ۱۸۸۶ در شیکاگوی ایالات‌متحده آمریکا است که توسط «بورنهام»^{۱۰} و «رووت»^{۱۱}، طراحی شده است. محوطه‌ای که نور را در مرکز بنا وارد می‌کند، از اسکلت آهنی و فولادی تشکیل شده و در نهایت با صفحه شیشه پوشیده شده است تا فضای دوطبقه وسیعی ایجاد کند. در سال ۱۹۱۲، بانک پس‌انداز اداره پست «اتو واگنر»^{۱۱} در وین، اتریش، با سقف شیشه‌ای دوپوسته بر روی سالن بانک ساخته شد (شکل ۵-۱۱ الف). فضای داخلی شیک و درخشان تالار بانکداری واگنر، شیشه را به‌عنوان یک متریال تکمیل داخلی مورد توجه و تکریم قرار داد. شیشه همچنین کف این بنا را تشکیل می‌دهد که نور روز فیلترشده را به سطح زیر انتقال می‌دهد. نور طبیعی و شیشه در این مورد یک انتخاب سبک زیبایی‌شناسانه و کاربردی بود که از هزینه‌های بالای روشنایی الکتریکی جلوگیری می‌کرد [۱۰].

قرن ۲۰، شیشه به‌منظور ایجاد سلامت، آسایش حرارتی و (گاهی) برای تهویه

در نیمه اول قرن بیستم، محفظه‌های شیشه‌ای در عمل همچنان برای روشنایی و گرمایش ساختمان‌ها کاربردی بود. اما (بعدتر) معیارهای طراحی جدید به ترکیب (ساختمان‌ها) اضافه شد. زمانی که معماران شروع به کشف و (ارائه محتوای عرفانی و هنری) فضاهای محصورشده با شیشه کردند، معماری شیشه‌ای مفاهیم آرمان‌شهری به‌خود گرفت. به‌طوری‌که

1. Steiff
2. Geingen
3. Eisenwerk München AG
4. AEG (Behrens)

5. Fagus
6. Gropius & Meyer
7. Willis Polk
8. Walter Gropius

9. Rookery
10. Burnham and Root
11. Otto Wagner

توجه به تهویه و آسایش حرارتی، طراحی نمای شیشه‌ای را به دودسته فعال و غیرفعال تقسیم می‌کند. امکان جدید خنک‌کننده مرکزی مکانیکی، ایده فضاهای داخلی عایق‌بندی‌شده را به وجود آورد که از آلودگی صوتی و هوای شهرهای صنعتی جلوگیری کند. از سوی دیگر، تهویه طبیعی مستقیم به دلیل کاربردی بودن بدون صرف انرژی و توانایی آن برای غلبه بر هوای داخلی (محبوس‌شده و ناسالم در ساختمان) مورد توجه قرار گرفت. (درنهایت) سؤالی که امروزه در انتخاب طراحی نماها مورد پرسش است، این است که: عایق‌کاری یا عدم عایق‌کاری، کدام شرایط محیط داخلی سالم‌تر و راحت‌تری را ترویج می‌کند؟

توصیف‌ها در خصوص شیشه

در سال ۱۹۱۴، کمیسیون صنعت شیشه، تصدی و اجرای غرفه شیشه‌ای در نمایشگاه کلن دوتسچر ورک بوند^۱ را به «برونو تاوت^۲» اعطا کرد. سازه گنبد کوچک یک پوسته شیشه‌ای دووجهی بود: ردیف‌هایی از بتن مسلح به شیشه بازتابنده در بیرون و بلوک شیشه‌ای رنگارنگ و منشوری در داخل. این غرفه برای تجلیل از پتانسیل شیشه در معماری در محیطی شگفت‌انگیز پر از رنگ، نور و درخشش و صدای آب در نظر گرفته شده بود. در نمای بیرونی، عباراتی از کتاب «گلس آرکیکتور^۳» از نویسنده اکسپرسیونیست «پل اسچیر بارت^۴» در بالای هر بخش از نمای اسکلت بتنی حک شده است. کتاب اسچیر بارت که در همان سال در غرفه شیشه‌ای منتشر شد، مزایای معماری شیشه‌ای و آهنی را در یک جامعه آرمان‌شهری جدید ستایش کرد [۱۱]. با این وجود، این کتاب نباید با کتابچه راهنمای فنی اشتباه شود، در عین‌اینکه بخش‌هایی از توصیه‌های فنی در متن ادبی به‌طور مانیفست‌مانند درج شده است. این قسمت به آزمایش در خصوص شیشه با لایه‌های دوگانه اشاره دارد:

از آنجایی که هوا رسانای خوبی برای انتقال گرما نیست، دیواره شیشه‌ای دولایه شرط اساسی و لازم برای تمام معماری‌های با شیشه است. دیوارها می‌توانند تقریباً یک‌متر از هم فاصله داشته باشند یا فضای بیشتری بین آن‌ها وجود داشته باشد. قراردادن عناصر گرمایشی و تابشی بین دیوار در بیشتر موارد توصیه نمی‌شود، زیرا در اثر گرما یا سرمای بیش‌ازحد، اتمسفر بیرونی از بین می‌رود [۱۲].



شکل ۴-۱۲. پاولیون شیشه‌ای برونو تاوت در نمایشگاه ۱۹۱۴، دوتسچر ورک بوند در کلن آلمان، منبع: نامعلوم.

1. Deutscher Werkbund
2. Bruno Taut

3. Glasarchitektur
4. Pol Scheerbart

دیوارهای شیشه‌ای فعال

در دوره‌ای، «لوکوربوزیه^۱» به شدت مفهوم گرمایش فعال را که توسط اسپیر بارت رد شده بود، بررسی کرد. کوربوزیه مفاهیم خنثی‌کننده «لمور نیوچلاریسنت^۲» - حفره‌های هوای مطبوع حرارتی بین شیشه‌های عایق‌بندی‌شده یا دیوارهای مات - و تهویه مطبوع مکانیکی تنفسی را که قادر به کنترل دما و رطوبت است، ترویج کرد. (این‌طور) در نظر گرفته شده بود که این تکنیک‌ها در کنار یکدیگر استفاده شود. کوربوزیه مفهوم خنثی‌کننده مور را در ویلای «چواب^۳» «لا چاکس دی فوندز^۴» در سوئیس (۱۹۱۶) به کار برده بود؛ جایی که عناصر گرمایشی بین دولایه شیشه‌ای در پنجره‌های چندطبقه قرار می‌گرفت [۱۳].

کوربوزیه در اجرای پیشنهادی مفاهیم دیوار فعال خود که در «سنتروسوز^۵»، مقر اتحادیه تعاونی‌ها در مسکوی روسیه که ۲۵۰۰ کارگر را در خود جای می‌دهد، کاملاً موفق نبود (شکل ۵-۱الف). لوکوربوزیه در سال ۱۹۲۸ با معمار روسی «نیکلای کولی^۶»، پروژه را به صورت فرآیند یک مسابقه برنده شد. مشتری دولتی به معماران اجازه داد تا نگرانی‌های زیبایی‌شناختی خود را کنار بگذارند، اما از آن‌ها خواست تا از «حداکثر آورده‌های فنی برای پیشرفت کار» استفاده کنند که «نشان‌دهنده معماری معاصر براساس دستاوردهای علم مدرن باشد». طراحی لوکوربوزیه برای ساختمان اداری شامل چرخش مجدد هوای مطبوع مکانیکی بود که دمای خود را حفظ می‌کرد؛ زیرا ساختمان در یک غشاء دوتایی با استفاده از ترکیبی از ساختمان شیشه و سنگ پوشانده می‌شد. یک ماشین مکانیکی ثانویه، سیستمی از فضاهای هوایی بین دیواره لعاب‌دار و مات با مدار مجزای هوای مطبوع را فراهم می‌کند. هوای در حال گردش در حفره‌های دیوار در تمام طول سال در دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد حفظ می‌شود. معمار خاطرنشان کرد که محفظه «عایق‌بندی شده» مزیت بیشتری برای جلوگیری از حشرات و سروصدا خواهد داشت [۱۴].

لوکوربوزیه از آزادی عمل کامل برخوردار نبود. همچنین طراحی محفظه غیرمعمول معمولاً بدون آزمایش ساخته نمی‌شود. تولیدکننده شیشه فرانسوی «سینت گوبین^۷» مفهوم خنثی‌کننده مور را در یک اتاق آزمایش به سخره گرفت. شرکت «دمنده آمریکایی^۸» نیز محاسباتی را برای آزمایش این ایده انجام داد. مهندسین سینت گوبین^۹ به این نتیجه رسیدند که لایه سوم شیشه‌ای که هوای ساکن را به دام می‌اندازد می‌تواند سیستم را بهبود بخشد (توصیه‌ای که نقش واحدهای لعاب عایق موجود در نمای دوپوسته معاصر را نشان می‌دهد). هردو سازنده تشخیص دادند که مفهوم دیوار غیرعملی است و به مقدار زیادی انرژی نیاز دارد [۱۵]. در پایان، جزء غیرفعال نمای شیشه‌ای دولایه طراحی سنتروسوز، نه به عنوان یک خنثی‌کننده مور به صورت عایق‌بندی‌شده، بلکه به عنوان پنجره‌های دوتایی در شکل نوار با پنجره‌های کشویی در هردو صورت داخلی و خارجی ساخته شد. به جای دولایه پیشنهادی بلوک‌های سنگی، دیوارهای سنگی به صورت تک‌لایه بدون حفره هوا ساخته شد. سیستم مکانیکی فعال پیشنهادی در حفره، بیش از حد گران‌قیمت و آزمایشی تلقی شد. در عین حال کنترل خورشیدی در ماه‌های تابستان در سنتروسوز یک مشکل حل‌نشده بود.

در پروژه‌های دیگر، پروژه مسکن اجتماعی کوچک که در سال ۱۹۲۸ در مسکو آغاز شد، پنجره دولایه قابل اجرا در قالب نوار پیوسته در نمای شرقی طراحی و ساخته شد. «نارکمفین^{۱۰}» توسط معمار «موسی گینزبرگ^{۱۱}» به همراه «یگاتی میلینز^{۱۲}» برای وزارت دارایی طراحی شده بود، پیش از اینکه سنتروسوز در سال ۱۹۳۰ به پایان برسد (شکل ۵-۱ الف). استراتژی دوپنجره در نمای غربی در قالب دوارتفاع تکرار می‌شود. چیدمان عمودی آپارتمان با راهروهایی در طبقات متناوب، الهام‌بخش طراحی لوکوربوزیه برای ساختمان‌های مسکونی «یونیت د هبیتیشن^{۱۳}» در فرانسه است.

1. Le Corbusier
2. Le mur neutralisant
3. Villa Schwob
4. La Chaux-de-Fonds
5. Centro Soyuz

6. Nikolay Kolli
7. Saint-Gobain
8. American Blower Corporation
9. Saint-Gobain

10. Narkomfin
11. Moisei Ginzberg
12. Ignatii Milinis
13. Unité d'Habitation

دیوارهای شیشه‌ای غیرفعال

لوکوربوزیه مفهوم خنثی‌کنندهٔ مور را دوباره در «لا سیته د رفیوج»^۱ (ساختمان ارتش نجات) در پاریس در سال ۱۹۳۳ پیشنهاد کرد. این ساختمان قرار بود با یک سیستم تهویهٔ مطبوع مجزا، به‌صورت لوپ (حلقه) بسته، برای محفظهٔ شیشه‌ای دوجداره رو به جنوب ارائه شود. به‌مانند آنچه در سنتروسوز رخ داد؛ سیستم به دلیل عدم اطمینان و هزینه حذف شد، در عوض، نما به‌صورت یک دیوار شیشه‌ای عایق‌بندی‌شده ساخته شد. در ابتدا، گرمای بیش‌ازحد در تابستان غیرقابل تحمل بود و لوکوربوزیه مجبور شد یک سری از پنجره‌های کشویی را در یک‌سوم بالای هریک از پنجره‌ها برای بهبود شرایط نصب کند [۱۶]. مدت کوتاهی پس‌ازاین تجربیات، مشاهده شد که لوکوربوزیه برای جلوگیری از گرمای بیش‌ازحد خورشیدی و مشکلات تابش خیره‌کننده مرتبط با صفحات بزرگ شیشه، از مفاهیم دیوار فعال به غیرفعال تغییر نظر می‌دهد. سفر به مناطق گرمسیری و پیشنهاد پروژه در کشورهایمانند برزیل، هند و الجزایر، به معمار سوئیس-فرانسوی این امکان را داد تا روش‌هایی را از ساختمان‌های سنتی این مناطق با آب‌وهوای گرم بیاموزد. در آغاز حدود سال ۱۹۳۷، لوکوربوزیه واژگانی از «بریز سولیل»^۲ یا سایه‌بان آفتاب، به‌همراه نماهای جعبه‌تخم‌مرغی ابداع خود را توسعه داد. سایه‌بان‌های نما در طرح‌های بعدی او به‌کار رفت، به‌طوری‌که این سایبان‌ها در ارتباط با ساختار بتنی بناها و نماهای تمام‌شیشه‌ای برای کنترل مؤثر بهره‌های خورشیدی و درعین‌حال بهره‌گیری از جرم حرارتی مؤثر واقع شد. عناصر نمای مدل‌سازی کوربوزیه را می‌توان به‌عنوان تکاملی از سایه‌بان‌های پنجره‌های کوچک در ساختمان‌های قدیمی در اقلیم گرم مشاهده کرد. عمق متمایز صفحات افقی و عمودی برآمده، راهی برای نگه‌داشتن صفحات شیشه‌ای بزرگ بود و درعین‌حال به‌طور مؤثری بر سطح روی شیشه سایه می‌انداخت. لوکوربوزیه در سال ۱۹۴۸، زمانی که در نتیجهٔ آسیب بمب در سال ۱۹۴۴ مشغول تعمیر نما بود، فرصت بازگشت به نمای ارتش رهایی را پیدا کرد. نمای جدید با ساختار بتنی از بریز سولیل برای سایبان ثابت (و یک نوار از پنجره‌های ترانسوم^۳ برای تهویه) سرانجام مشکلات گرمای بیش‌ازحد و تابش نور را حل کرد [۱۷].

تکنیک‌های کنترل محیطی آوانگارد برای دیوارهای شیشه‌ای، مانند حفره‌های هوا و ساختار بتنی بریز سولیل برای سایبان ثابت، در فرهنگ لغت بسیاری از معماران مدرنیست بین‌المللی پذیرفته شد. معماران، «لوئیجی فیگینی»^۴ و «جینو پولینی»^۵ در مجموعه‌ای از الحاقات به مجموعهٔ «اولیوتی»^۶ در «ایوری»^۷ در ایتالیا، نماهایی با دیواره‌های شیشه‌ای وسیع طراحی کردند تا راحتی و بهره‌وری کارگران کارخانه را افزایش دهند. در این کارگاه که در سال‌های ۱۹۳۹-۱۹۴۰ ساخته شد، دیوار شیشه‌ای دوپسته ۱۳۰ متری (۴۲۷ فوتی) ۳/۵ طبقه رو به شمال با ارسی‌های پنجره قابل‌اجرا و پانل‌های چرخان در محفظه هوا پوشیده شده است. دیوارهای شیشه‌ای تک‌پسته‌ای رو به جنوب با بخش‌هایی از کفی بتنی «برایز سولیل» و پرده‌های فلزی افقی قابل تنظیم تعبیه شده است. تکنیک دیوار دوشیشه‌ای در توسعه‌های ۱۹۵۶-۱۹۵۷ به کارگاه‌های دیگر بسط داده شد [۱۸].

جداسازی نور و تهویه

لوکوربوزیه هم‌زمان که در حال بررسی مشکل تهویهٔ هوا بود، یک عنصر الحاقی برای ساختار بتنی برایز سولیل ابداع کرد. بخش از ساختمان که هوا را عبور می‌دهد؛ ایراتور^۸، یک پانل چرخشی است که برای تهویهٔ مستقیم در پروژه‌هایی مانند «سینت ماری د لا تورته»^۹ (۱۹۶۰) و مرکز هنرهای تجسمی «کارپنتر»^{۱۰} در دانشگاه هاروارد (۱۹۶۲) استفاده شده است.

1. La Cité de Refuge
2. brise soleil
3. Transom
4. Luigi Figini

5. Gino Pollini
6. Olivetti
7. Ivrea
8. aerateur

9. Sainte Marie de La Tourette
10. Carpenter



شکل ۴-۱۳. بازسازی ساختمان ارتش رهایی به‌دست لوکوربوزیه که ساختار بتنی برایز سولیل در سال‌های ۱۹۴۸-۵۲ به ساختمان اضافه شد، منبع: عکس در سال ۲۰۰۳ توسط روری هیده^۱.

این اجزاء ساختمانی امکان تهویه طبیعی را از طریق نما، بدون نفوذ یراق آلات پنجره یا شبکه‌هایی که ناخواسته روی شیشه‌ها مانع دید می‌شد، می‌داد. دید از طریق شیشه می‌تواند یک سطح صاف بدون وقفه و کشیده باشد. پانل‌های چرخشی عمودی به‌طور مؤثر عملکردهای روشنایی و تهویه نما را قطع می‌کردند [۱۹].

تمایل به حذف پنجره‌ها به معنای سنتی در پروژه دیگری در فرانسه دیده می‌شود. در سال ۱۹۳۲، «پیر شارو»^۲ (به همراه برنارد بیووت^۳ و لوئیس دالبِت^۴) مصالح ساختمانی صنعتی را در معماری «میسن د ور»^۵، یک اقامتگاه خصوصی برای دکتر و مادر، به‌کار بردند. نمای مدرن نمادین از نظر تکنیکی عملکردهای محوطه را از هم جدا می‌کند: بلوک شیشه‌ای شفاف برای حداکثر نور با حفظ حریم خصوصی، شیشه شفاف برای مناظر مشخص و نور بدون حریم خصوصی، و کرکره‌های فلزی با چرخ‌دنده برای هوای تازه با امنیت. منافذ در نما امکان تهویه متقابل مؤثر ساختمان را می‌دهد، اگرچه ساختمان دارای سیستم مکانیکی مجزا نیز بود. جداسازی عناصر نما برای انجام کارکردهای تعیین‌شده، ماهیت مجموعه قطعات انتخابی نماهای دوپوسته معاصر را پیش‌بینی می‌کند.

جریان هوا برای (حفظ) سلامت و بهداشت

تمایل به کنترل جداگانه عملکردهای تهویه، نور و دید، تنها از نظر زیبایی‌شناختی حائز اهمیت نیست. اقدام برای ورود یا اجتناب از جریان هوا نیز از دغدغه‌های سلامت و بهداشت بوده‌است. متخصصین و عموم جامعه در مورد اینکه آیا بازکردن پنجره‌ها مفید و لازم است یا نه، دچار تردید شدند. در اوایل قرن نوزدهم، هوای بیرون، حتی اگر کیفیت پایینی در یک محیط شهری صنعتی داشته باشد، برای بیرون راندن هوایی که تصور می‌شد توسط انسان‌ها آلوده شده است، مطلوب تلقی می‌شد. تصور می‌شد هوای تازه از گسترش سل و سایر بیماری‌ها جلوگیری می‌کند. شفت‌های هوا که به روش همرفتی عمل می‌کرد، به‌عنوان راهکاری برای بیرون راندن هوای مصرف‌شده و ناپاک از ساختمان‌ها معرفی شد. بالاین‌حال، در طول اپیدمی آنفولانزای ۱۹۱۸، باور عمومی مبنی بر اینکه ویروس آنفولانزا می‌تواند از طریق هوا پخش

1. Rory Hayde
2. Pierre Chareau

3. Bernard Bijvoet
4. Louis Dalbet

5. Maison de Verre

شود، مردم را به بستن پنجره‌ها سوق داد. (لذا) سیستم‌های تهویه مکانیکی که در ابتدا با بخار، سپس با نیروی الکتریکی کار می‌کرد، (به‌عنوان راهکاری مناسب) که توانایی فیلترکردن یا «شست‌وشوی» هوا را داشتند، ارائه شدند. (همچنین) سازندگان تجهیزات گرمایش و تهویه اولیه بر نگرانی عمومی برای بهداشت سرمایه‌گذاری کردند [۲۰]. علاوه بر کیفیت هوا، رطوبت یک مؤلفه اساسی در حوزه هوا و سلامت است. در سیستم‌های هواگیر پیشین، کنترل اولیه رطوبت از طریق استفاده از بخار و بلوک‌های یخ انجام می‌شد. بعدها، ظهور کویل‌های خنک‌کننده امکان کنترل بیشتر رطوبت را فراهم کرد. در سال ۱۹۳۷، «آلفرد لومیس»^۱ به «ویلیام لس کاز»^۲ دستور داد تا خانه‌ای در کوه‌های رامپو نیویورک طراحی کند. لومیس برای بهبود سلامت خود خانه‌ای خواست که آب‌وهوای ملایم‌تر و مرطوب کارولینای جنوبی را شبیه‌سازی کند. لس کاز با استفاده از مفاهیمی شبیه به خنثی‌کننده مور برای لومیس، یک‌خانه با نمای دوپسته اجرا کرد. فضایی به عرض دو فوت که در اطراف کل خانه امتداد یافته بود با سیستمی مجزا از درون خانه تهویه می‌شد. لایه ثانویه و منطقه حائل، به هوای داخلی اجازه می‌داد تا باوجود رطوبت بالا، تراکم قطرات آب بر روی سطوح شیشه‌ای ایجاد نشود [۲۱]. این خانه دوجداره برای دوره‌ای که بیشتر تحقیق و توسعه بر پنجره‌ها انجام می‌شد استثنای قابل توجهی بود.

پنجره‌های خورشیدی برای خانه‌های خورشیدی

دهه ۱۹۳۰ شاهد آغاز اکتشاف در خانه‌های خورشیدی در آمریکای شمالی و اروپا بود. تحقیقات شامل همکاری بین معماران و سازندگانی بود که تحقیقات آن‌ها از راهکارهای خورشیدی فعال و غیرفعال، از فضاهای خورشیدی و پنجره‌ها گرفته تا اشکال مختلف پانل‌های خورشیدی را شامل می‌شد. یکی از این موارد، در سال ۱۹۳۴ آغاز شد، زمانی که شرکت شیشه «لیبی اوزنر فورد»^۳ حق اختراع لعاب عایق حرارتی ترمو پین^۴ را خریداری کرد. این محصول از دولایه شیشه با فضای هوای ۱۲ میلی‌متری عایق‌شده تشکیل شده است. لیبی اوزنر فورد به تحقیق و توسعه شیشه‌های عایق ادامه داد و در نهایت کارخانه‌ای را برای تولید در مقیاس بزرگ ترمو پین در سال ۱۹۴۶ افتتاح کرد. معمار شیکاگویی، جورج فرد کک، خانه‌های خورشیدی را با استفاده از پنجره‌های ترمو پین طراحی کرد و پروژه‌های تحقیقاتی گرمایش خورشیدی را بین لیبی اوزنر فورد و مؤسسه فناوری ایلینویز ایجاد کرد. این تحقیق، آگاهی میدانی را نسبت به مسائل جهت‌گیری ساختمان، جرم حرارتی، نحوه اسکان و یافته‌های مربوط به تهویه و نفوذ هوا از پنجره افزایش داد [۲۲]. پیشرفت در واحدهای لعاب عایق (آی جی یو) استفاده گسترده‌تر از شیشه را تشویق کرد (به‌طوری‌که) یک پنجره می‌تواند عملی‌تر و راحت‌تر از همیشه به یک دیوار پنجره‌ای تبدیل شود.

سیستم‌های تهویه مطبوع قاعده را عوض می‌کند!

در سال ۱۹۰۲، «ولیس کریر»^۵ اولین سیستم تهویه مطبوع برقی را برای کنترل دما و رطوبت در یک کارخانه چاپ ایجاد کرد. به‌زودی پس‌از آن، او شرکت کریر^۶ را تشکیل داد. در دهه ۱۹۲۰، کریر «آب‌وهوای ساخته‌شده توسط انسان» را در قالب سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع در مکان‌هایی مانند تئاتر و فروشگاه‌های بزرگ دردسترس عموم قرارداد. اصلاح بیشتر این فناوری منجر به معرفی تهویه مطبوع در ساختمان‌های اداری شد. در سال ۱۹۲۶، ساختمان «تی دبلیو پترسون»^۷ (فرزنو، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا) به اولین ساختمان چندطبقه‌ای تبدیل شد که با تبرید گریز از مرکز تهویه شد [۲۳]. در دهه ۱۹۳۰، تهویه مطبوع به یک پیشنهاد متداول برای کنترل محیطی فضاهایی مانند خانه‌ها، قطارهای مسافری و اتومبیل تبدیل شد. در اروپا، تهویه مطبوع دردسترس بود، اما نه به آن گستردگی. حتی زمانی که ساختمان‌ها به‌طور فزاینده‌ای به سیستم‌های خدماتی گاز و برق برای نور و گرما متکی شد، تلاش‌ها برای

1. Alfred Loomis
2. William Lescaze
3. Libbey Owens Ford (LOF)

4. Thermopane
5. Willis Carrier
6. Carrier

7. T. W. Patterson

بهینه‌سازی نور، گرما و هوای تازه در دسترس باوجود هزینه‌ها و غیرقابل‌اعتماد بودن برخی از این سیستم‌های اولیه ادامه یافت. در اواسط قرن بیستم، با همگرایی هزینه‌های کم‌انرژی و قابلیت اطمینان بالای ساختمان‌های دارای شرایط مکانیکی، طراحی ساختمان به‌طور اساسی از منابع طبیعی نور و گرما دور شد.

افزایش ارزش زمین در فضای شهری، همراه با ظرفیت فناوری برای ساخت سازه‌های بلندتر، مسیر را از ساختمان‌های بلندمرتبه به آسمان‌خراش‌ها و از دیوارهای محیطی باربر به دیوارهای پرده‌ای سبک‌وزن و فضایی هدایت کرد. «میس وندر روئه»^۱ برای اولین بار در سال ۱۹۴۹ مفهوم آسمان‌خراش شیشه‌ای را در برلین پیشنهاد کرد. و درنهایت، اولین آسمان‌خراش دیوار پرده‌ای تمام شیشه‌ای در سال ۱۹۵۲ در خانه «لور»^۲ (نیویورک، نیویورک، ایالات‌متحده آمریکا) ساخته شد. آسمان‌خراش طراحی شده توسط «گوردان بان شفت»^۳ و «ناتالی د بلیس»^۴ از اسکیدور، اوینگز و مریل، شامل دیوار پرده‌ای در بیست‌وچهار طبقه به سبک بین‌المللی از شیشه‌ای_سبز آب‌بندی شده در قاب آلومینیومی ساخته شده است.

علی‌رغم عبور نور کم شیشه‌های رنگی، ساختمان‌هایی چون خانه لور که نماهای آن‌ها عایق‌بندی شده، برای مدیریت دریافت یا از دست‌دادن گرما و تأمین تهویه، به سیستم‌های تهویه مطبوع وابسته هستند. همچنین، لعاب‌های رنگی نیز منجر به وابستگی بیشتر به روشنایی الکتریکی شد. در ساخت ساختمان‌های «جعبه‌شیشه‌ای» مجهز به سیستم‌های مکانیکی و متکی به روشنایی الکتریکی، دلیل اساسی دیگری برای پیروی از اصول غیرفعال و مبتنی بر زبان بومی برای انبوه‌سازی ساختمان، مدیریت تابش خورشیدی و خنک‌سازی طبیعی وجود نداشت.

پیشرفت‌ها در صنعت شیشه

در زمان ساخته‌شدن خانه لور، تولید شیشه‌ی قالبی بادقت پیشرفت کرده بود و بهترین انتخاب مواد برای ویتترین فروشگاه‌ها و پنجره‌های وسیع خانه‌های مدرن بود. اختراع شیشه‌ی شناور توسط «سیر آلستیر پیلکینگتون»^۵ در سال ۱۹۵۲ صنعت را از صفحه‌شیشه‌ای به شیشه‌ی شناور تغییر داد؛ به‌طوری‌که شیشه‌ی فلوت با حفظ صافی و شفافیت نوری در اندازه‌های بسیار بزرگ ساخته شد. پیشرفت‌ها در مواد شیشه‌ای در این زمان عمدتاً در دسته پوشش‌های عملکردی و خواص ساختاری بوده است.

پوشش‌ها برای شیشه‌های انعکاسی در اواخر دهه ۱۹۶۰ معرفی شدند. در اوایل دهه ۱۹۸۰، فناوری شیشه با انتشار کم (کم انتشار) به‌عنوان یک استراتژی جایگزین برای جلوگیری از افزایش و جذب گرما توسعه یافت. هر نسل از استراتژی‌های پوشش برای عبور نور مرئی بالاتر و درعین‌حال مسدودکردن اشعه مادون‌قرمز نور خورشید تلاش می‌کند. قوانینی که مستلزم استفاده گسترده‌تر از لعاب ایمنی در دهه ۱۹۷۰ و مقاومت در برابر آتش در دهه ۱۹۸۰ بود، توسعه انواع مختلف شیشه‌های سکوریت و چندلایه را افزایش داد.

توسعه در ساخت آی جی یو نیز از زمان اولین واحد ترموپین^۶ موردتوجه و پیشرفت بوده است. آی جی یوهای سه‌جداره در سال ۱۹۷۷ معرفی شدند. گازهایی با رسانایی حرارتی کمتر از هوا که می‌توانند جایگزین هوا در حفره شیشه شوند. همچنین، پیشرفت‌های فناوری در قاب‌بندی پنجره‌ها در کنار شیشه با بسیاری از تکنیک‌های جدید، مانند قاب‌های شکسته حرارتی و ترکیب مواد، همراه شده است.

پیشرفت‌ها در نصب شیشه، همانند پیشرفت‌ها در ساخت شیشه بوده است. شیشه را می‌توان از طریق مهر و موم‌های سیلیکونی ساختاری که روی قاب‌های معمولی استفاده می‌شود، به شکل بدون قاب نصب کرد. قاب ممکن است به‌طور کلی حذف شود، مانند زمانی که ساختار شیشه با گیره یا پیچ فشار به یک ساختار پشتی ثابت می‌شود. تنوعی از ساختارهای پشتیبان برای نمای شیشه‌ای ساختاری، برای کار در ارتباط با پوسته‌های شیشه‌ای بدون قاب توسعه داده

1. Mies van der Rohe
2. Lever

3. Gordan Bunshaft
4. Natalie de Blois

5. Sir Alastair Pilkington
6. Thermopane

شده است. یکی از اولین نماهای شیشه‌ای ساختاری در ساختمان «ویلیس فابر» و «دوما»^۱ (ایپسویچ^۲، انگلستان، ۱۹۷۵) یافت می‌شود. فوستر و همکاران^۳ از پره‌های شیشه‌ای ساختاری برای جذب بارهای جانبی در دیوار پرده‌ای معلق سه‌طبقه ساختمان اداری استفاده کردند. شیشه (در این ساختمان) خمیده و تیره‌رنگ است [۲۴]. علاوه بر شاه‌پره‌های شیشه‌ای، باله‌ها و دیافراگم‌ها، نمای شیشه‌ای ساختاری را می‌توان با قاب‌های لوله‌ای، پایه‌ها و کابل‌ها پشتیبانی کرد. استفاده از سیستم‌های شیشه‌ای ساختاری یک گزینه محبوب برای نمای دوپوسته است، زیرا می‌تواند برای کاهش وزن و غیرفعال کردن دید بصری یک یا چندلایه مفید باشد.

پنجره‌ها و نماها برای عبور جریان هوا

باوجود مزایای فضای هوای محصورشده‌ای جی‌یو، مفهوم دیگری از پنجره با کاربرد چندین شیشه، باعث می‌شود هوا بین شیشه‌ها جریان یابد. مفهوم «پنجره جریان هوا» از همان زمینه تحقیقاتی پنجره‌خورشیدی منفعل که به ترمو پین^۴ منتهی شد، باهدف افزایش راحتی حرارتی سرنشینان به شیوه‌ای کارآمد از نظر انرژی، نشأت گرفت.



شکل ۴-۱۴. دید هوایی از ساختمان ویلیس فابر و دوما در ایپسویچ، انگلستان، منبع: ماتو زیلینکیچ^۵، عکس گرفته‌شده در سال ۲۰۰۹.



شکل ۴-۱۵. اجزای اجرایی پشتیبان برای نصب شیشه، ساختمان فابر و دوما، عکس از اندرو دان^۶، گرفته‌شده در آگوست سال ۲۰۰۵.

پنجره‌های هدایت‌کننده جریان هوا، هوای مطبوع را از فضای داخلی بین لایه‌های شیشه می‌کشند، با این اثر، دمای سطح شیشه داخلی به دمای اتاق نزدیک‌تر می‌شود [۲۵]. اولین مورد اختراع پنجره جریان هوا در سوئد در سال ۱۹۵۷

1. Willis Faber and Dumas
2. Ipswich

3. Foster Associates
4. Thermopane

5. Mato zilincik
6. Andrew Dunn

ثبت شد. ده سال بعد، ساختمان دپارتمان «هلسینکی»^۱ اولین ساختمان اداری بود که مجهز به پنجره‌های جریان هوای طراحی‌شده توسط شرکت مهندسی «اکونو»^۲ شد [۲۶]. در نوع «هوای برگشتی» پنجره جریان هوا، هوا از طریق کانال به سیستم مکانیکی مرکزی ساختمان بازگردانده می‌شود، طرحی که نیاز به طراحی یکپارچه پوشش ساختمان با سیستم تهویه طبیعی دارد. در نوع «هوای خروجی» پنجره جریان هوا به‌صورت غیرفعال عمل می‌کند. هوای بیرون کشیده‌شده از داخل اتاق به بیرون تخلیه می‌شود [۲۷]. در مقیاس یک پنجره یا دیوار پنجره، فناوری جریان هوا با نوع پنجره‌جعبه‌ای تهویه داخلی نمای دوپوسته مطابقت دارد.

اگرچه دیوار داخلی در دیوار ترومب_میشل لعاب ندارد، در اینجا این دیوار به‌عنوان یک مفهوم دوجداره مهم که در زمینه تحقیقات خورشیدی منفعل دهه ۱۹۶۰ ظهور کرد، شایسته ذکر است. مفهوم دیوار خورشیدی ثبت‌شده مورس در سال ۱۸۸۱ در اختراع مهندس فرانسوی «فیکس ترومب»^۳ و معمار «جاکس مایکل»^۴ دوباره ظاهر شد. ترومب و مایکل که در جنوب فرانسه کار می‌کردند، یک دیوار جمع‌کننده خورشیدی با بهره غیرمستقیم ایجاد کردند و نمونه اولیه ساختمان‌ها را در سال ۱۹۶۷ و دوباره در سال ۱۹۷۴ ساختند. افزایش هوای گرم‌شده در حفره بینابینی می‌تواند از طریق دریچه‌ها به داخل اتاق مجاور وارد شود یا برای جلوگیری از گرم شدن بیش‌ازحد به بیرون خارج شود. هنگامی که گرمایش موردنظر نیست، شیشه با یک سایبان بیرون‌زده محافظت می‌شود [۲۸].

نیمه قرن ۲۰: توجه به آکوستیک و تهویه در معماری نماهای دوپوسته اولیه

پس از کارخانه‌های «استیف»^۵ و «اولیوتی»^۶ و دیوارهایی از نوع دو سطح شیشه‌ای در پنجره نواری در ساختمان‌های نارکومفین و سنترسویز، موارد قابل‌شناسایی بعدی با تعریف معماری نماهای دوپوسته مطابقت دارند و به‌عنوان اتفاقات منحصربه‌فردی از معماری مدرن‌اند؛ ایستگاه اتوبوس «استور استریت»^۷ (۱۹۵۳)، مدرسه «اس تی جورج کانتی»^۸ (۱۹۶۱)، و بانک «بایر ریستج»^۹ (۱۹۶۹) طرح‌های کاملاً متفاوتی هستند که هرکدام دارای روشی منحصربه‌فرد برای عبور تهویه مستقیم هوای بیرون از یک حفره دیواری دوشیشه‌ای به داخل هستند. دو تا از این پروژه‌ها به‌طور خاص با درنظر گرفتن عملکرد مانع صوتی در نماهای دوپوسته طراحی شده است.

دیوارهای فعال برای یک ساختمان اداری با پلان باز

ایستگاه اتوبوس استور استریت که اهالی شهر آن را «دوبلین بوسراس»^{۱۰} نامیده‌اند، یک پایانه اتوبوس و ساختمان اداری دولتی است که در سال ۱۹۴۵ توسط دفتر «مایکل اسکات»^{۱۱} در دوبلین ایرلند طراحی شد. این ساختمان یک آزمایش بزرگ بود که هنر و معماری را در سبک مدرنیسم بین‌المللی ادغام می‌کرد، به‌طوری‌که با مواد متعدد فنی پیشرفته از جمله یک قاب ساختاری بتنی تقویت‌شده که توسط «او آروپ»^{۱۲} طراحی شده بود، ساخته شد [۲۹]. در بال‌های اداری که با چهار و هفت طبقه در ساختمان می‌باشند، پنجره‌های دوتایی در یک‌سوم وسط هر قسمت نما بین پیش‌بند تک‌جداره و پانل‌های اسپندل قرار گرفته‌اند.

لوله‌های گرمایش در حفره بین دولایه پنجره‌های قاب برنزی اجرا شدند [۳۰]. فضای هوای ۴۵۷ میلی‌متری (۱۸ اینچ) اجازه می‌دهد تا هوای بیرون قبل از ورود به ساختمان گرم شود. این ساختمان یک بافر (سپر یا مانع) صوتی بین دفاتر و مرکز حمل‌ونقل پرسروصدا ایجاد می‌کند [۳۱].

1. Helsinki
2. Ekono
3. Félix Trombe
4. Jacques Michel

5. Steiff
6. Olivetti
7. Store Street
8. St. George's County

9. Bayerische
10. Busáras
11. Michael Scott
12. Ove Arup

مدرسه خورشیدی

ساختمان مدرسه متوسطه برای شهرستان اس تی سنت جورج در سال ۱۹۶۱ در والسی^۱ انگلستان، توسط «امسلی مورگان»^۲ ساخته شد (شکل ۵-۱ الف). این ساختمان خورشیدی غیرفعال (پیشگام) یک نمای دوپوسته دوطبقه در نمای جنوبی دارد. پوسته بیرونی تمام‌شیشه با قالب‌های فولادی بر ساختمان قاب شده است. (درکل نما دارای) یک فضای هوایی ۶۰۰ میلی‌متری (۲۴ اینچی) عقب‌نشینی‌شده، پوسته داخلی شامل ۷۸ درصد لعاب شفاف ثابت، ۱۰ درصد پنجره‌های تهویه در راستای محور افقی و ۱۲ درصد آجرکاری مشکی می‌باشد. آجر در زمستان یک محفظه گرم^۳ ایجاد می‌کند و می‌تواند در تابستان با پانل‌های دارای صفحات سفید که به موازات دیوار آجری تا می‌شود پوشانده شود. پانل‌ها دارای روکش آلومینیومی در سمت عقب هستند به‌طوری‌که وقتی در حالت باز تا می‌شوند - در ۹۰ درجه نسبت به دیوار آجری - نور و گرمای بیشتری را به جرم حرارتی آجر منعکس می‌کنند. بخش عمده‌ای از سازه ساختمان بتن است تا به پراکندگی گرمای بیش‌ازحد ناشی از شیشه‌های گسترده کمک کند. سکوها تعمیر و نگهداری که در فواصل عمودی در حدود ۲ متر (۶/۵ فوت) قرار دارند، برای جلوگیری از تشکیل جریان‌های همرفتی در مقیاس بزرگ عمل می‌کنند. پنجره‌های چرخشی باز می‌شوند تا ضمن حفظ امنیت محفظه، فضای داخلی را در شب خنک کنند.

هوای واردشده به کلاس از راه منافذ تعبیه‌شده در نمای دوپوسته از طریق پنجره‌های ترانسوم در یک دیوار راهرو و از آنجا از مجرای دریچه‌هایی در یک دیوار بدون پنجره شمالی به سمت بیرون کشیده می‌شود. با این حال، نیاز به باز نگه داشتن ترانسوم برای تهویه متقابل در طول ساعات مدرسه، یک مشکل صوتی غیرقابل اجتناب برای فضاهای کلاس ایجاد کرد. این طرح جامع اما پیچیده نیاز به نگهداری خوب روزانه و فصلی داشت. اگر شرایط به درستی انجام می‌شد، ساختمان تنها با انرژی خورشیدی گرم می‌شد. مورگان از همان ابتدا سیستم روشنایی الکتریکی را برای تأمین منبع گرمای داخلی در نظر گرفت. هنگامی که نورپردازی به فلورسنت تولیدکننده گرمای کم به‌روز شد و کلاس‌های درس تعداد دانش آموزان کمتری داشت، حفظ آسایش حرارتی دشوار شد. این موضوع و کاهش اشتیاق برای تنظیم دستی سیستم پانل‌های چرخشی و پنجره‌ها، منجر به استفاده دائمی از دیگ بخار کوچک و سیستم رادیاتور در سال‌های اخیر شده است. (در ادامه حتی) سیستم تهویه مطبوع نیز (برای ساختمان) تعبیه شده است [۳۲].

یک سرمایه‌گذاری ایده‌آل

سومین مورد در این دوران (مدرنیته)، ساختمان بانک در اشتوتگارت آلمان است که نمای دوپوسته به آن عمر دوباره داد. این ساختمان که در سال ۱۹۶۹ به عنوان بانک پس‌انداز دلالان گاو (که اکنون متعلق به بایرچه ورنز بانک^۴ است) ساخته شد، توسط بهنیش^۵ و شریک با پوسته دوتایی طراحی شد تا از فضای داخلی بانک در برابر صدای ترافیک پیش‌بینی‌شده در محل شهری محافظت کند. مسیر اصلی ترافیک، اتفاقاً ساخته نشده است. بیست و پنج سال بعد، زمان بازسازی ساختمان اصلی (۱۹۹۴-۱۹۹۶) فرارسید. تصدی و انجام این کار به همان شرکت معماری واگذار شد، که اکنون با نام «بهنیش ساباتک»^۶ شناخته می‌شود.

بازسازی (ساختمان) مستلزم تخلیه کامل ساختار بود. در بازسازی، نمای دوپوسته نه به دلایل صوتی بلکه به عنوان یک جزء اساسی از اهداف طراحی ساختمان به‌خاطر انرژی کم، پاسخگویی به اقلیم و راحتی ساکنین پیشنهاد شد. پوسته بیرونی جدید نمای دوپوسته دارای نوارهای افقی از پنجره‌های شیشه‌ای است. پوسته داخلی شامل پنجره‌های شیشه‌ای چرخان با قاب چوبی در بالای دیوار دوشاخه عایق‌شده با چوب است. محفظه هوا به‌صورت راهروهای یک‌طبقه تقسیم شده است. با این حال، یک شکاف چندطبقه پیوسته در امتداد لبه داخلی دیواره لوور وجود دارد. نمای جدید برای عملکرد انرژی و همچنین راحتی ساکنین بهینه شده است [۳۳].

1. Wallesey
2. Emslie Morgan

3. Heat Sink
4. Bayerische Vereinsbank

5. Behnisch
6. Behnisch, Sabatke, Behnisch

دهه ۱۹۷۰: توسعه نماهای دوپوسته با تمرکز بر مبحث انرژی

در دهه ۱۹۷۰، افزایش قیمت انرژی منجر به تجدید حیات گسترده‌تر مفاهیم طراحی غیرفعال شد. دهه‌های بعدی شاهد علاقه مجدد به پیشرفت فناوری نما برای حل معمای معماری، یعنی مدیریت نور و گرما بدون استفاده بیش‌ازحد انرژی، بودیم. فواید نور طبیعی و اتصال به طبیعت نیز در این دوره تجدید و شناخته شد.

در ایالات متحده، معماری (با توجه به تابش) خورشیدی در کاربردهای مسکونی و تجاری با مقیاس کوچک توسعه یافت. پنجره‌ها و دیوارهای جمع‌کننده و دریافت‌کننده انرژی خورشیدی به‌ویژه در تحقیق و توسعه موردتوجه قرار گرفتند و تأکید جدیدی بر صرفه‌جویی در انرژی را برجسته کردند. دونقطه عطف (دو ساختمان) قابل توجه در تاریخ نماهای دوپوسته از زمینه این تحقیق‌ها سرچشمه می‌گیرد. ساختمان «اکسیدنتال کمیکال»^۱ (آبشار نیاگارا، نیویورک، ایالات متحده آمریکا) که بین سال‌های ۱۹۷۸ و ۱۹۸۱ ساخته شد، اولین نمای دوپوسته چندطبقه در آمریکای شمالی بود (شکل ۵-۱ ب). در ادامه، ساختمان شمالی «پرونتچال انر پلکس»^۲ (ان جی پلینز بورو^۳، ایالات متحده آمریکا) که بین سال‌های ۱۹۷۹ و ۱۹۸۲ ساخته شد. هدف هر دو ساختمان اداری ارائه فضای اداری مدرن، کم‌انرژی و باکیفیت بالا بود.

اولین نماهای دوپوسته در آمریکای شمالی

ساختمان اکسیدنتال کمیکال که همچنین به‌عنوان ساختمان هوکر^۴ شناخته می‌شود، توسط «کنون دیزاین»^۵ طراحی شده است. پیش‌ازاین (ساختمان) هرگز در این مقیاس تلاشی نشده بود، به‌طوری که یک استراتژی دوپوسته برای کاهش تقاضای گرمایش زمستانی و درعین حال حفظ نماهای شیشه‌ای کامل و نور روز در دفاتر و فضاهایی برای خردفروشی (در این ساختمان) ایجاد شد. یک محفظه هوای چندطبقه به عرض ۱/۲۲ متر (۴ فوت) با یک پوسته بیرونی دوجداره آبی-سبز رنگ و یک پوسته داخلی تک‌جداره (در این ساختمان) ساخته شد. محفظه هوا در تمام نمای ساختمان کشیده شده و چهار طرف ساختمان مکعب‌مانند را دربرمی‌گیرد. حسگرهای فوتوالکتریک، حرکت پرده‌های سفیدرنگ را در محفظه هوا کنترل می‌کنند. یک دمپر موتوری در ورودی بر سطح زمین و یک فن خروجی در سقف، حرکت هوا را در محفظه هوا تسهیل می‌کند و به نما امکان می‌دهد بین حالت‌های بافر و تهویه خارجی تغییر حالت دهد. به دلیل تغییرات در برنامه ساختمان و تغییر در مالکیت، (در حال حاضر) نما به همان شکل اولیه خود از کار افتاده است. تاریخچه شگفت‌انگیز پیدایش این بنا و وضعیت فعلی فرسودگی آن توسط تعدادی از نویسندگان مستند شده است [۳۴]. مجموعه ساختمان اداری انر پلیس پرودانشال نیز جدیدترین طراحی دفتر کار با در نظر گرفتن مصرف انرژی را به نمایش می‌گذارد. معماران، اسیکدور، اوینگیز و مریل ساختمان انر پلیس شمالی را با فضای خورشیدی چندطبقه در نمای جنوبی و دوپوسته در سه نمای دیگر طراحی کردند. محققان در نزدیکی دانشگاه پرینستون به محاسبات انرژی (این ساختمان) کمک کردند که طراحی ساختمان گواه این مدعاست.

پس از چندین سال نظارت بر ساختمان (ساختمان انر پلیس شمالی) استفاده‌شده توسط کاربران، محققان دریافتند که مصرف انرژی سه‌برابر بیشتر از حد پیش‌بینی شده است. آن‌ها گزارش دادند: «عامل کلیدی، افزایش مصرف انرژی ساکنین است. به‌طوری که ساکنان از وسایل الکترونیک استفاده می‌کنند و از پتانسیل نور روز ساختمان اجتناب می‌کنند.» مطالعه پس از اسکان و استفاده از ساختمان همچنین به چالش‌های عملیاتی با اجزای سیستم تهویه مطبوع، کنترل‌ها و عدم ارائه اطلاعات به سرپرست ساختمان اشاره می‌کند [۳۵].

متأسفانه، هر درس آموخته‌شده از این سرمایه‌گذاری‌های ریسک‌پذیر منجر به پیشرفت‌های فوری در نمونه‌های اولیه نماهای دوپوسته در آمریکای شمالی نشد. با بازگشت قیمت‌های پایین نفت و کاهش بودجه دولت برای تحقیق و توسعه، پیشرفت به سمت ساختمان‌های بالانرژی کارآمد متوقف شد. در همین حال، در آن سوی اقیانوس اطلس، تغییرات

1. Occidental Chemical
2. Prudential Enerplex

3. Plainsboro, N.J
4. Hooker

5. Cannon Design

در فناوری نماهای نوظهور پیرامون هزینه‌های انرژی بالا و تلاش برای بهبود عملکرد و راحتی ساکنین موردبررسی قرار گرفت.

دهه ۱۹۸۰: آزمایش‌ها و تجربیات

در اروپا، سرعت آزمایش نمای دوپوسته بدون وقفه ناگهانی ادامه یافت. اگرچه تعداد این ساختمان‌ها کم است، اما تنوع و ماهیت اکتشافی را به تصویر می‌کشد که امروزه همچنان الهام‌بخش معماری است.

نماهای دوپوسته اولیه در اروپا

ازجمله ساختمان‌های اروپایی دارای نمای دوپوسته که در دهه ۱۹۸۰ تکمیل شد، ساختمان اداری «خانه بریا کلیف»^۱ برای لس‌لی^۲ و گادوین^۳ است که توسط اروپ و همکاران طراحی شده است (فانبرگ انگلستان^۴ در سال ۱۹۸۳). همچنین دیگر ساختمان‌ها مانند موزه هنرهای کاربردی ریچارد مایر (فرانکفورت^۵، آلمان، ۱۹۸۵)، لویدز لندن توسط ریچارد راجرز^۶ (لندن، بریتانیا، ۱۹۸۶) و کایسکا جرال د دپوزیتوس^۷ (لیسبون، پرتغال، ۱۹۸۷) دارای نمای دوپوسته هستند. ساختمان لوید یکی از اولین نمونه‌های نمای دوپوسته با تهویه داخلی است (شکل ۵-۱). در این طراحی نوآورانه، هوای گرم‌شده از طریق بارهای گرمایش داخلی از فضای داخلی دفتر استخراج می‌شود و در یک جریان رو به پایین از طریق یک حفره شیشه‌ای دوپوسته حرکت می‌کند تا افزایش گرما در فصل گرما (نیاز به سرمایش) کاهش یابد و در برابر اتلاف گرما در طول فصل گرما مانند سپر عمل شود.

مؤسسه جهان عرب از «جین ناول»^۸ (پاریس، فرانسه، ۱۹۸۷) با نمای لایه‌ای و حرکتی (از دیگر ساختمان‌ها) متمایز است. دیوار رو به جنوب ساختمان دارای یک دستگاه آفتاب‌گیر فلزی است که در داخل دولایه لعاب عایق شده قرار گرفته است. ماژول‌های نمای یکپارچه یک الگوی پیچیده تکراری را در یک طرح تشکیل می‌دهند که از عنصر طراحی سنتی معماری عربی، مشربیه الهام گرفته شده است. درابتدا، حسگرها ماژول‌های نما را وادار می‌کردند تا به شرایط متغیر خورشید پاسخ دهند تا لنزهای دیافراگم‌مانند مکانیسم‌های آفتاب‌گیر را باز کنند یا ببندند. مشکلات تعمیر و نگهداری باعث شد که لنزها کمی پس از استفاده از ساختمان در حالت نیمه‌باز ثابت شوند. این نمای به‌یادماندنی اغلب به‌عنوان یک نمای پیشرو برای استفاده از المان‌های جنبشی خودکار در ساخت نماهای چندلایه ذکر می‌شود. نمای دوپوسته قابل‌توجه در دهه ۱۹۸۰، موزه علم‌وصنعت در پارک لاولته^۹ در پاریس فرانسه در ۱۹۸۶ می‌باشد (شکل ۵-۱). معماران «آدرین فینسیلبر»^{۱۰} و همکاران از نزدیک با مهندسان شرکت «رایس فرانسیس ریچی»^{۱۱} برای طراحی نماهای گلخانه‌ای بسیار شفاف «لس سرس»^{۱۲} -مناطق چندطبقه باقابلیت عملکرد در حالت‌های تهویه متغیر (بافر، تهویه خارجی و تأمین هوا)- همکاری کردند.

هدف در معماری این ساختمان، ارتباط ملموس و نمادین بین فضای داخلی موزه و دنیای طبیعی پارک بود که نیازمند راه‌حلی بسیار شفاف بود. این هدف، باعث ایجاد شیشه‌ای با استحکام بالا و بسیار شفاف برای تثبیت نقطه‌ای به ساختار کابل خریامانند شد. همان‌طور که در مطالعه موردی کتابخانه مارسی موردبحث قرار گرفت، نمای گلخانه‌ای موزه علم‌وصنعت نقطه آغازینی برای توسعه بیشتر نمای دوپوسته توسط آدرین فینسیلبر در فرانسه و به‌طور کلی نشان‌دهنده دوره‌ای از آزمایش‌های غنی برای نمای دوپوسته اروپایی خواهد بود.

1. Briarcliff
2. Leslie
3. Godwin
4. Farnborough, UK

5. Frankfurt
6. Richard Rogers
7. Caixa Geral de Depósitos
8. Jean Nouvel

9. La Villette Park
10. Adrien Fainsilber
11. Rice Francis Ritchie
12. Les Serres

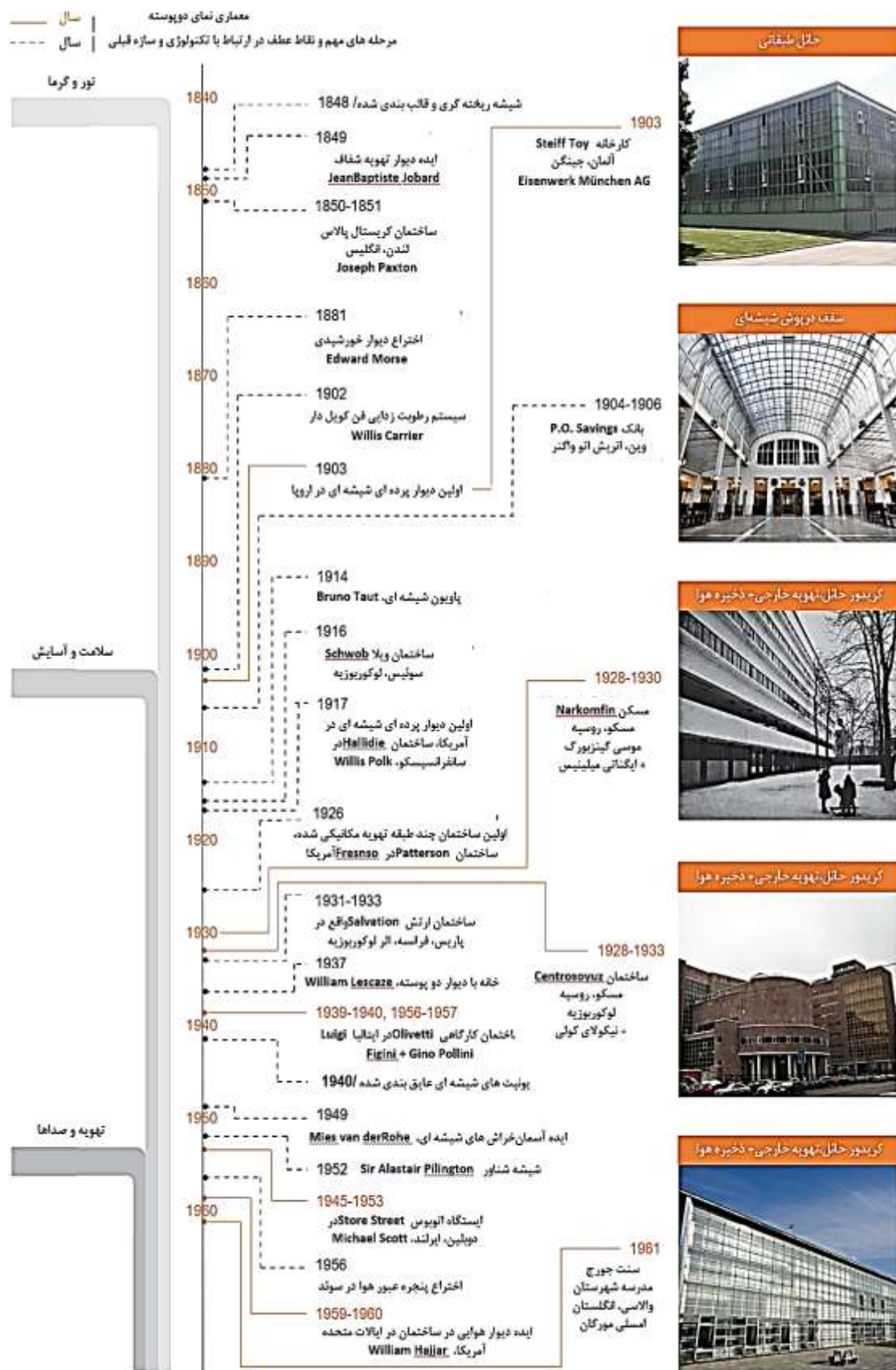


شکل ۴-۱۶. فضای داخلی کتابخانه ساختمان مؤسسه جهان عرب در پاریس فرانسه، منبع: اکتوالیته.)

یادداشت

- [1] Torben Dahl, ed., *Climate and Architecture* (London: Routledge, 2010), 60. Musée du Louvre, "Window Screen (Jali), Floral and Lattice Design," <http://mini-site.louvre.fr/trois-empires/en/sculptures-incrustations-7-z1.php>.
- [2] Marietta Millet, *Light Revealing Architecture* (New York: Van Nostrand Reinhold, 1996).
- [3] Nikolaos Lianos and Konstantinos Kostopoulos, "Double-skin Façades and their Influence on the Form of Contemporary Buildings," Democritus University of Thrace, n.d., www.researchgate.net.
- [4] Monuments and Dust: The Culture of Victorian London, "The Crystal Palace," The Institute for Advanced Technology in the Humanities, 2001, <http://www2.iath.virginia.edu/london/model/>.
- [5] Dirk Saelens, "Energy Performance Assessment of Single Story Multiple Skin Façades" (Doctoral Thesis, Katholieke Univeriteit Leuven, Belgium, 2002), <http://bwk.kuleuven.be/bwf/PhDs/PhDSaelens>.
- [6] Michael Wigginton and Battle McCarthy, "Environmental Second Skin Systems," Battle McCarthy Consulting Engineers and Landscape Architects, June 2000, archived website. David Yeomans, "The Prehistory of the Curtain Wall," *Construction History* 14 (1998), 59–82.
- [7] Ignacio Fernández Solla, "The Steiff factory and the birth of curtain walling," *Façades Confidential*, November 27, 2011, <http://façadesconfidential.blogspot.com>. Elizabeth Burns Gamard, "Post Office Savings Bank, Vienna," in *Encyclopedia of Twentieth Century Architecture*, ed. Stephen Sennott (New York: Fitzroy Dearborn, 2004), 1045–47.
- [8] Hans Morgenthaler, "Expressionism," in *Encyclopedia of Twentieth Century Architecture*, ed. Stephen Sennott (New York: Fitzroy Dearborn, 2004), 425–27.
- [9] Christopher Turner, "The Crystal Vision of Paul Scheerbart: A Brief Biography," in *Glass! Love!! Perpetual Motion!!! A Paul Scheerbart Reader*, eds. Josiah McElheny and Christine Burgin (Chicago: University of Chicago Press, 2014), 11–20.
- [10] Ignacio Fernández Solla, "Le Corbusier: A French lesson on 'Murs neutralisants'," *Façades Confidential*, April 19, 2012, <http://façadesconfidential.blogspot.com>.
- [11] Willy Boesiger and Oskar Stonorov, eds., *Le Corbusier et Pierre Jeanneret, Oeuvre Complète 1910 1929* (Zurich: Les Editions d'Architecture, 1991), 206–13. Originally published in 1964.
- [12] Wigginton and Battle McCarthy, "Environmental Second Skin Systems." Brian Brace Taylor, *Le Corbusier, the City of Refuge, Paris 1929–33* (Chicago and London: The University of Chicago Press, 1987), 111–13.
- [13] Ibid., 171–22.
- [14] Olivetti Historical Archive Association, "Factory Architecture in Italy—The Olivetti workshops in Ivrea: 1896–1958," www.storiaolivetti.it/articolo/44-le-officineolivetti-a-ivrea-1896-1958/.
- [15] Flora Samuel, *Le Corbusier in Detail* (Oxford: Architectural Press, 2007), 76. 20. D. Michelle Addington, "Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC)," in *Encyclopedia of Twentieth Century Architecture*, ed. Stephen Sennott (New York: Fitzroy Dearborn, 2004), 594–96.
- [16] William Braham, "Active Glass Walls: A Typological and Historical Account" (AIA Convention, Las Vegas, USA, 2005), http://works.bepress.com/william_braham/2/.
- [17] Wigginton and Battle McCarthy, "Environmental Second Skin Systems." Carrier.com, "1923–1929, Beyond the Factory," United Technologies Corporation, www.williscarrier.com/m/1923-1929.php.
- [18] Foster+Partners, "Willis Building," www.fosterandpartners.com
- [19] Braham, "Active Glass Walls."
- [20] Saelens, "Energy Performance Assessment of Single Story Multiple Skin Façades."
- [21] Kurt Brandle and Robert F. Boehm, "Airflow Windows: Performance and Applications," in *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of the Building II: Proceedings of the ASHRAE/DOE Conference* (Clearwater Beach, Florida, 1982), p. 361–379.
- [22] Colin Porteous, with Kerr MacGregor, *Solar Architecture in Cool Climates* (London: Earthscan, 2005).
- [23] Sarah A. Lappin and Una Walker, "Bus Transportation—Córas Iompair Éireann," in *Infrastructure and the Architectures of Modernity in Ireland 1916–2016*, eds. Gary A. Boyd and John McLaughlin (Surrey, England: Ashgate Publishing, 2015), 74–76.
- [24] Christine Casey, *Dublin: The City Within the Grand and Royal Canals and the Circular Road, with the Phoenix Park* (New Haven and London: Yale University Press, 2005), 169–70.

- [25] Lappin and Walker, "Bus Transportation." An image of the building can be found at www.buildingsofireland.ie (Buildings of Ireland: National Inventory of Architectural Heritage, Record No. 50010126, Busáras, Store Street, Beresford Place, Dublin, County Dublin).
- [26] CHAPTER 4: Double-Skin Façade History, Part I: Origins 97
Neil S. Sturrock, ed., "St George's School, Wallesey," in *Merseyside & North Wales Region of The Chartered Institution of Building Services Engineers 75th Anniversary 1933–2008*, www.hevac-heritage.org/electronic_books/M&NW_anniversary/M&NW_anniversary.htm.
- [27] Behnisch Architekten, "Projects—Bayerische Vereinsbank," <http://behnisch.com/projects/29>.
- [28] See Terri Meyer Boake, "The Tectonics of the Double Skin: North American Case Studies," www.tboake.com; Russell Fortmeyer and Charles Linn, *Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes* (Victoria, Australia: Images Publishing Group, 2014).
- [29] Les Norford, Ari Rabl, Laurie Ryan, Joe Spadaro, and Robert Socolow, "Energy Use in the Enerplex Buildings: A Progress Report" (American Council for an Energy-Efficient Economy, 1986), 147.











شکل ۵-۱a

جدول زمانی معماری نمای دوپوسته. © مری بن بونهام. تصاویر در جدول زمانی با اجازه عکاس یا تحت مجوز کرییتیو کامان آتریبوترز^۱ استفاده می‌شود. جدول زمانی معماری دوپوسته ۱۸۴۰-۱۹۶۵، ۱۹۰۳، کارخانه اسباب‌بازی، استیف ۱۹۰۴-۱۹۰۶ بانک پس انداز، P.O. خورخه رویان؛ ۱۹۲۸-۱۹۳۰، مسکن نارکومفین: ناشناخته. دامنه عمومی؛ ۱۹۲۸-۱۹۳۳، مسکونی سنتروسویز ۱۹۶۱ آکیاتارا، مدرسه شهرستان سنت جورج.

شکل ۵-۱b

جدول زمانی معماری نمای دوپوسته. © مری بن بونهام. تصاویر در جدول زمانی با اجازه عکاس یا تحت مجوز کرییتیو کامان آتریبوشن^۲ استفاده می‌شود. جدول زمانی معماری دوپوسته: ۱۹۶۶-۱۹۹۵، ۱۹۷۸-۱۹۸۱: ساختمان اکسیدنتال کمیکال^۳؛ © تری میر بروک، ۱۹۸۰-۱۹۸۶ موزه علم و صنعت: © ماری بن بونهام ۱۹۸۶-۱۹۷۸، ۱۹۸۶-۱۹۷۸ لویڈ آف لندن، ۱۹۸۹-۱۹۹۵، لارنس مک من^۴، گالری لافایت: جنس^۵ ۱۹۹۵-۱۹۸۹، کتابخانه ملی فرانسه: © مری بن بونهام.

شکل ۵-۱c

جدول زمانی معماری دوپوسته. © مری بن بونهام. تصاویر در جدول زمانی با اجازه عکاس یا تحت مجوز کرییتیو کامان آتریبوشن استفاده می‌شود. جدول زمانی معماری دوپوسته، ۱۹۹۶-۲۰۰۰، ۱۹۹۱-۱۹۹۶، ساختمان هلیکن: © تری میر بروک، ۱۹۹۲-۱۹۹۶ ساختمان دبیس^۶؛ ۱۹۹۱-۱۹۹۶، کافه ژینو کارشده در دفاتر یونی دک، ۱۹۹۴-۱۹۹۷، برج آر دبلیو ای، ۱۹۹۱-۱۹۹۷، دروازه شهر استاداتور، ۱۹۹۲-۱۹۹۸، ساختمان کتابخانه دانشگاه تی یو دلفت، ۱۹۹۱-۱۹۹۷ برج کامرزبانک، ۱۹۹۵-۱۹۹۹، مرکز کورسال توسط دانیل لوبو، ۱۹۹۵-۱۹۹۹، جی اس دبلیو هدکوارترز توسط تری میر بروک

شکل ۵-۱d

جدول زمانی معماری دوپوسته. © مری بن بونهام. تصاویر در جدول زمانی با اجازه عکاس یا تحت مجوز کرییتیو کامان آتریبوشن استفاده می‌شود. جدول زمانی معماری دوپوسته، ۲۰۰۱-۲۰۰۵. ۱۹۹۱-۲۰۰۱ ساختمان تلوس فلر، تری میر بروک، ۱۹۹۸-۲۰۰۲، سالن شهر لندن، لارن منینگ، ۲۰۰۱-۲۰۰۳، ساختمان ماری آکس، آرپینگستون، ۲۰۰۰-۲۰۰۴، مرکز جنزیم، © مری بن بونهام، ۲۰۰۱-۲۰۰۵، برج آگبار، مارتا

شکل ۵-۱e

جدول زمانی معماری دوپوسته. © مری بن بونهام. تصاویر در جدول زمانی با اجازه عکاس یا تحت مجوز کرییتیو کامان آتریبوشن استفاده می‌شود. جدول زمانی معماری دوپوسته، ۲۰۰۶-۲۰۱۶. ۲۰۰۷، مرکز جی کلار کک، آمرکیو، ۲۰۰۶-۲۰۱۱، خیابان بلیق؛ گارت ادواردز، ۲۰۰۹، اینستیتیو مدرن شیکاگو، ماری بن بونهام، ۲۰۰۷-۲۰۱۲، دروازه کپیتال، سرج بیسترو، ۲۰۰۹، ریور هووس، گریفین دور، ۲۰۰۰-۲۰۱۲، ساختمان شارد در حال ساخت، © تری میر بروک، ۲۰۰۴-۲۰۱۰، گروه بانکی کی اف دبلیو، کارستن، ۲۰۰۷-۲۰۱۴، برج سانپائلو، د آگوستینیو، ۲۰۱۵، برج در پلازا پی ان سی در حال ساخت، داوینین، ۲۰۰۸-۲۰۱۵، برج شانگهای، انودر بیلیر.

1. Creative Commons Attribution
2. Creative Commons Attribution

3. Occidental Chemical Building
4. Laurence Mackman
5. Galeries Lafayette: Jensens;

6. Debis



شکل ۵-۱. ساختمان کی اف دیلو، وستارکید^۱ در فرانکفورت، آلمان، منبع: توماس ولف^۲.

-
1. KfW Westarkade
 2. Thomas Wolf

فصل پنجم

تاریخچه نماهای دوپوسته - بخش دوم سازگاری و انطباق

این فصل به پیشرفت یا روند روبه‌جلوی معماری نمای دوپوسته از دهه ۱۹۹۰ می‌پردازد که منجر به وضعیت متنوع فعلی نما می‌شود. جدول ارائه‌شده در شکل ۵-۱، توسعه زمانی معماری نمای دوپوسته را نشان می‌دهد. به دنبال موضوعات درخور توجه مانند نور، گرما، سلامت، آسایش، تهویه، آکوستیک و انرژی که در فصل چهارم مورد بحث قرار گرفت، زمینه‌های دیگری هم در توسعه و روند تکامل در نماهای دوپوسته نقش بازی می‌کنند: دوره‌های آزمایش و کسب تجربه، اشاعه، گسترش به قلمروهای جغرافیایی جدید و کاربرد آن‌ها در مقیاس فوق‌العاده و بسیار بلند. نوآوری از طریق انتظارات روزافزون برای عملکرد بهتر نما و آزمایش‌های خلاقانه با فناوری‌های موجود، منجر به هدایت (روبه‌جلو در این نماها) می‌شود.

دهه ۱۹۹۰، اشاعه در اروپا

در اوایل دهه ۱۹۹۰، علاقه به آزمایش نمای دوپوسته در اروپا بیشتر شد که این امر منجر به افزایش اعتماد به فناوری‌هایی شد که ظهور کرده بود. همان‌طور که شرکت‌های طراحی و مهندسی انواع متعددی از نماها را برای تعداد فزاینده‌ای از مشتریان و انواع ساختمان ساختند، دانش تجربی به‌دست‌آمده توسط این متخصصان به یک تخصص بین‌رشته‌ای کامل تبدیل شد. نوآوری در جهت منافع عمومی با انواع تلاش‌ها در سطح کشور و اتحادیه اروپا با تمایل به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و بهبود شرایط کار و زندگی برای شهروندان مورد حمایت قرار می‌گرفت. همان‌طور که در فصل ۱ توضیح داده شد، بسیاری از پروژه‌های تحقیقاتی به‌عنوان تلاش‌های بین‌المللی، شامل گروه‌های تحقیقاتی از ایالات متحده و کانادا، در میان سایر کشورهای جهان، انجام شد. تلاش‌های ترکیبی منجر به تشکیل مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و شاخصه‌ها برای ساختمان‌های اداری نمای دوپوسته در مناطق آب‌وهوایی غالب اروپا شد. سیستم‌های طبقه‌بندی اولیه ناشی از تحقیق و توسعه در این دهه در فصل سوم آورده شده است.

نمای دوپوسته برای انواع مقیاس‌ها و کاربردها

در طول این دهه، نمای دوپوسته در انواع دفاتر و کتابخانه‌های کوچک و متوسط و حداقل یک ساختمان خرده‌فروشی استفاده شد. بازسازی ساختمان بیمه سووا^۱ توسط هرتز وگ و دی مورون^۲ (بازل، سوئیس، ۱۹۹۳) به‌عنوان یکی از اولین کاربردهای بازسازی نمای دوپوسته قابل توجه است.

در این ساختمان از قبل موجود، مناطق تازه‌ساخته‌شده در پوسته دوم شیشه‌ای قرار داده شده‌اند. دهانه‌های لایه بیرونی به‌طور فعال برای مدیریت انرژی و راحتی ساکنین کنترل می‌شود. در میان ساختمان‌های اداری نمای دوپوسته جدید ساخته‌شده، که مرکز ارتقای کسب‌وکار (دویسبورگ، آلمان، ۱۹۹۳) توسط فاستر و شریک، با مهندسان مشاور کایسر باوتکنیک^۳ است، درخور توجه می‌باشد. «مایکل ویگینتون»^۴ و «جود هریس»^۵ در سال ۲۰۰۲، مطالعات موردی کاملی از مرکز ارتقای کسب‌وکار و ساختمان‌های سووا در پوسته‌های هوشمند، انجام داده‌اند [۱]. (همچنین دفتر مرکزی گوتز که توسط «گیسلر آرچیتکت»^۶ و «وبلر»^۷ در وورزبورگ آلمان در سال ۱۹۹۵ ایجاد شده به دلیل نحوه ادغام نمای دوپوسته در یک طرح جامع برای کل ساختمان، از جمله سقف جمع‌شونده، آتریوم با ویژگی استفاده از آب، پانل‌های سقف فتوولتائیک و سیستم گرمایش و سرمایش زمین‌گرمایی قابل توجه است [۲].

(در کنار پروژه‌های معرفی‌شده)، کتابخانه ملی فرانسه طراحی‌شده توسط «دومینیک پرو»^۸ در پاریس فرانسه، در سال ۱۹۹۵ تکمیل شد (شکل‌های ۳-۲۵، ۳-۲۶، و ۵-۱۱). این کتابخانه آخرین پروژه بزرگ ریاست جمهوری بود، مجموعه‌ای از ساختمان‌های عمومی تحت حمایت دولت که نزدیک به پانزده سال قبل با موزه علم و صنعت راه‌اندازی شده بود. این پروژه در اقدامی غیرمعمول، مجموعه کتاب‌های کشور را در چهار برج L شکل با نمای شیشه‌ای ذخیره

1. SUVA
2. Herzog & de Meuron
3. Kaiser Bautechnik

4. Michael Wigginton
5. Jude Harris
6. Geissler Architekten

7. Weblar
8. Dominique Perrault

می‌کند. در این نمونه اولیه از ساخت نمای حفره‌بسته، یک جریان دقیقه‌ای از هوای خشک به‌طور مداوم به حفره‌های پنجره جعبه‌ای تشکیل‌شده بین دوپوسته لعاب وارد می‌شود تا دما و رطوبت کنترل شود. پانل‌های چوبی چرخشی که از دیوار دوجداره عقب نشسته‌اند، کنترل تابش خورشیدی را فراهم می‌کنند [۳]. یکی دیگر از کتابخانه‌ها با نمای دوپوسته که در این دهه تکمیل شد، کتابخانه «تی یو دلفت»^۱ ساخته‌شده توسط «مکانو»^۲ (دلفت، هلند، ۱۹۹۸) است. در این ساختمان، به‌طور قابل‌توجهی نمای دوپوسته با تهویه داخلی از لبه آویزان سقف سبز کتابخانه به داخل نمی‌رود (شکل ۵-۵۱).

در همان سال، فروشگاه گالری لافایت^۳ (برلین، آلمان، ۱۹۹۸) توسط «ژان نوول»^۴ تکمیل شد (شکل ۵-۵۱). نمای محدب ساختمان خرده‌فروشی رو به تقاطع یک خیابان شلوغ است. شیشه‌های منحنی در پوسته بیرونی به‌صورت نقطه‌ای به مولیون‌ها متصل‌شده‌اند، درحالی‌که بخش‌های مستقیم در پوسته داخلی، یک دیوار پرده‌ای از شیشه چندجداره (وجهی از نما را) را تشکیل می‌دهند. شیارهای تهویه ورودی و خروجی غربال‌شده به‌طور دائم بازمی‌ماند. دفاتر پشت نما را می‌توان به‌طور طبیعی در طول سال تهویه کرد. نواری متحرک در مولیون‌های افقی با نمای بیرونی ادغام شده است [۴]. در دیگر ساختمان‌ها همچون موزه «کونستهایوس برگنز»^۵ که توسط «پیتر زومتور» (برگنتس، اتریش، ۱۹۹۷) و مرکز «کورسال»^۶ که توسط «رافائل مونئو»^۷ (دونوستیا سن سباستین، اسپانیا، ۱۹۹۹) طراحی شده‌اند، به‌طرز هنرمندانه‌ای نور الکتریکی را در محفظه‌های نمای دوپوسته گنجانده‌اند (شکل ۵-۵۱). ساختمان کونستهایوس^۸ از درون روشن می‌شود زیرا نور در حفره از طریق صفحات شیشه‌ای شفاف به‌طور متناوب به پوسته بیرونی می‌تابد. در مرکز کورسال از یک سیستم نورپردازی رنگی متغیر با الگوهای متغیر، نور از طریق دومینیک پرو مازول‌های نمای شیشه‌ای نیمه‌شفاف فلوت‌دار منتقل می‌شود.

برج اداری مدرن

در اوایل دهه ۱۹۹۰، در ساختمان‌های اداری بلندمرتبه از نمای دوپوسته استفاده شد که درنهایت منجر به نمونه‌هایی از این نوع ساختمان‌ها شد که برای سال‌های بعد تبدیل به استاندارد شدند. در آلمان، آگاهی زیست‌محیطی به یک نیروی قوی سیاسی، اجتماعی و اقتصادی تبدیل‌شده بود و در این زمینه استانداردهای بلندپروازانه عملکرد انرژی و دستورات (طراحی) برای کارکنان اداری به‌منظور نزدیکی به نور روز و هوای تازه تعبیه شده بود.

این نیروها منجر به نوآوری‌های عمده‌ای در برنامه‌ریزی ساختمان، به‌ویژه از نظر فرم ساختمان و مهندسی نما شد. (به‌طور ویژه) نمای دوپوسته راه‌حلی برای مشکل بهره‌وری انرژی و تهویه مستقیم طبیعی در ساختمان‌های بلند ارائه می‌دهد.

در سال ۱۹۹۱، مسابقه‌ای برای طراحی «اولین آسمان‌خراش زیست‌محیطی جهان» برای بانک کامرز^۹ در مرکز منطقه بانکی فرانکفورت، توجه و تخصص بسیاری از شرکت‌های بین‌المللی معماری و مهندسی برتر را به این چالش معطوف کرد. فاستر^{۱۰} و شرکا با همکاری آروپ^{۱۱} برای برنده شدن در این رقابت همکاری کردند. طراحی آن‌ها شامل باغ‌های آسمانی و پنجره‌های اداری اجراشده در یک نمای دوپوسته در یک طرح کلی ساختمان برای (ایجاد) تهویه طبیعی و نور روز بود. ساخت‌وساز در ساختمان حال حاضر در سال ۱۹۹۷ به پایان رسید (شکل ۵-۵۱). طبقات اداری به سه ناحیه «گلبرگ» در اطراف یک «ساقه» آتریوم پیوسته، سازمان‌دهی شده‌اند که به‌عنوان دودکش برای تهویه طبیعی عمل می‌کند. دهلیزهای چهارطبقه یکی از بخش‌های گلبرگ هرطبقه را پر می‌کنند، درحالی‌که اتاق‌های زیرشیروانی اداری دو بخش باقی‌مانده را پر می‌کنند. دهلیزها به دور ساقه می‌چرخند و اجازه می‌دهند تهویه طبیعی و نور به هسته ساختمان نفوذ کند.

1. TU Delft
2. Mecanoo
3. flagship Galleries Lafayette
4. Jean Nouvel

5. Kunsthau Bregenz
6. Kursaal
7. Rafael Moneo
8. Kunsthau

9. Commerz
10. Foster
11. Arup

نماهای دفتر بانک کومرز به شکل پنجره نمای دوپوسته با تهویه خارجی است. واحدهای پنجره شامل ۸ میلی‌متر (۰,۳۱ اینچ) شیشه ایمنی چندلایه (پوسته بیرونی)، یک فضای هوایی ۲۵۲ میلی‌متری (۱۰ اینچ) حاوی کرکره موتوری و ارسی شیشه‌ای با پوشش پایین انتشار نور با عملکرد موتوری (پوسته داخلی) است. حفره به‌طور دائم از طریق شکاف‌های آیرودینامیکی در بالا و پایین هرواحد تهویه می‌شود. برای تهویه فضای داخلی اداری، هم ساکنان و هم سیستم مدیریت ساختمان می‌توانند پنجره‌های داخلی لولایی پایین موتوری را کنترل کنند [۵]. به گفته سازندگان، سطح مصرف انرژی بانک کومرز نصف برج‌های اداری معمولی است. پس از گذشت پنج سال از اسکان این ساختمان، بانک کومرز گزارش داد که ساختمان در ۸۵ درصد از سال در حالت تهویه طبیعی به‌جای ۶۰ درصد پیش‌بینی شده بود [۶].

برج پنجاهوسه طبقه بانک کومرز تا سال ۲۰۰۵ عنوان «بلندترین آسمان‌خراش اروپا» را داشت؛ اما این برج اداری دیگری بود که در رقابت برای اتمام ساخت‌وساز به‌عنوان اولین ساختمان مرتفع اداری با تهویه طبیعی - طی چند ماه - پیروز شد. «ینگن‌هوفن اووردیک کاهلن»^۱ و شریکش «آی او کی»^۲ و تیم آن‌ها در جایگاه دوم نزدیک به فاستر برای ساختمان بانک کومرز قرار داشتند. بعدها و در همان سال، برنده رقابتی دیگر برای یک دفتر مرکزی بلندمرتبه شد. اگرچه یک رویکرد اکولوژیکی به‌طور خاص بخشی از برنامه مختصر برج «آر دبلیو ای»^۳ نبود (اسن، آلمان، ۱۹۹۴-۱۹۹۷)، تجربه طراحی آی او کی با ورود به رقابت بانک کومرز آن‌ها را به سابقه‌ای برای ادغام یک پوسته دوتایی با تهویه طبیعی در طراحی برج استوانه‌ای سی‌و‌دو طبقه شرکت برق (شکل ۵-۱) رهنمون کرد. در این ساختمان، معماران با مهندسان خدمات ساختمان به نام «های بوروهاپولد»^۴ و «اچ ال تکنیک»^۵، طراحان نما، «ژوزف گارتنر»^۶ و کارشناسان آیرودینامیک برای مدل‌سازی و اصلاح جزئیات پوسته واکنش‌گرا کار کردند [۷]. یک عنصر اسپندل آیرودینامیکی با شیارهای تهویه کنترل‌شده سیستم مدیریت ساختمان و پنجره‌های کشویی در پوسته داخلی، حالت‌های تهویه متغیر را در پنجره جعبه‌ای لعاب‌دار نمای دوپوسته تسهیل می‌کند.

دیگر راهکارهای حائز اهمیت در ساختمان‌های اداری مجهز به نمای دوپوسته

بسیاری از برج‌های اداری در اروپا باوجود فرم‌های متفاوتی از نمای دوپوسته، از طراحی و ساخت مشابه ساختمان‌های آر دبلیو ای و بانک کامرز پیروی می‌کنند.

به‌منظور تسهیل در تهویه دوطرفه در ساختمان دفتر مرکزی جی اس دبلیو^۷ که «سائوربروخ هوتن»^۸ آن را در سال ۱۹۹۹ در برلین آلمان طراحی کرده‌است، خروج هوا از طریق یک پنجره جعبه‌ای با پروفیل نازک در نمای دوپوسته، انجام می‌شود (شکل ۵-۱).

نماهای دوپوسته که پیکربندی آن‌ها با راهرو صورت گرفته‌است، باحالت‌های تهویه متغیر برای ساختمان اشتادتور^۹ توسط پترینکا^{۱۰}، پینک و پارتنر^{۱۱} در دوسلدورف آلمان، در سال ۱۹۹۸ ارائه‌شده در شکل‌های ۳-۱۰ و ۵-۱ (C) و برج‌های دبیس^{۱۲} و فروم^{۱۳} پوتسدامر پلاتز^{۱۴}، برلین آلمان تعبیه شد.

برج‌های دبیس و فروم که توسط کارگاه ساختمانی رنزو پیانو آر پی بی دبلیو^{۱۵} و با همکاری کریستوف کولبرگر طراحی شده‌اند، بخشی از یک بلوک گوه‌شکل بزرگ از ساختمان‌ها در منطقه بازسازی‌شده پوتسدامر پلاتز واقع در امتداد محل دیوار سابق برلین هستند. برج دبیس با ارتفاع ۸۵ متر -۲۷۹ فوت- (آیچورنستراسه^{۱۶} ۳، ۱۹۹۹) در انتهای جنوبی مجموعه بالا آمده‌است. برج فروم ۷۰ متری -۲۳۰ فوت- (پوتسدامر پلاتز ۱۱، ۱۹۹۹) در نقطه شمالی این بخش قرار گرفته‌است. تمرکز بر سیستم‌های تهویه طبیعی و سایه‌اندازی باعث کاهش استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع

1. Ingenhoven Overdiek Kahlen
2. IOK
3. RWE
4. BuroHappold
5. HL Technik
6. Josef Gartner

7. GSW Headquarters
8. Sauerbruch Hutton
9. Stadttor
10. Petzinka
11. Pink and Partner
12. Debis

13. Forum
14. Potsdamer Platz
15. RPBW
16. Eichhornstrasse

مکانیکی ساختمان شد. نماهای سرتاسر مجموعه، با پوشش داخلی از لعاب عایق کم‌انتشار بین دیوارهای اسپندل عایق‌شده با پوشش سفالی پوشیده شده است. ساکنان (این ساختمان‌ها) می‌توانند به‌طور دستی قاب‌های پنجره‌ای شیب‌دار را باز کنند. سایبان‌های نصب‌شده بر روی پنجره‌ها که با موتور کار می‌کنند در ارتفاع ترانسوم (نوعی پنجره در بالای درب) از طریق سیستم مدیریت ساختمان کنترل می‌شوند تا خنک‌شدن شبانه را تسهیل کنند. نواحی وسیع نماها به پوسته بیرونی شیشه‌های چندلایه با کنترل سیستم مدیریت ساختمان مجهز شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۵-۷۱ (ساختمان دبیس) و شکل ۵-۶۲ (ساختمان فروم) مشاهده می‌شود، شکاف‌های هوایی ریز به شکل لوورهای توفال‌مانند که باهم همپوشانی دارند، باقی می‌مانند. مساحت شکاف ایجادشده با دستورالعمل اجرایی برای محل کار در آلمان برای حداقل باز شو ۲۰۰ سانتی‌متر مربع در هر مترمربع از زون اداری مطابقت دارد. فاصله بین پوسته‌ها ۷۰ سانتی‌متر (۲۷ اینچ) است. همچنین یک کف شیشه‌ای عایق‌بندی شده متصل به توری فلزی یک مانع ضد دود بین طبقات ایجاد می‌کند [۸].

در ضلع شمالی برج فروم، یک پنجره نمای دوپوسته با آجر پوشیده‌شده، ارائه‌شده توسط «هانس کولهوف»^۱ در ساختمان «پوتسدامر پلاتز»^۱، در سال ۱۹۹۹ شناخته شده است. در سراسر ساختمان پوتسدامر استراسه^۲، باهنتاور^۳، مقر سابق دوپچه باهن ای جی^۴ در مجتمع سونی سنتر^۵ در پوتسدامر پلاتز^۲، این نما در سال ۲۰۰۰ تکمیل شده است. در نهایت این برج‌ها دروازه‌ای را تشکیل می‌دهند که در آن خیابان پوتسدامر شرق و غرب شهر را به هم متصل می‌کند. تنوع بیان معماری در این نماها نمایانگر روح فردی مربوط به هر ساختمانی است که به توسعه مجدد شهری عظیم کمک می‌کند. در این دوره راه‌حل‌های چندطبقه ابتکاری برای بسیاری از ساختمان‌های اداری با ارتفاع پایین‌تر ابداع شد. در ساختمان اداری یونیدک^۶ (پاریس، فرانسه، ۱۹۹۴) ارائه‌شده توسط آدرین فاینسلیبر^۷ و همکاران از یک حفره بلند چهارطبقه از یک فضای پیش‌فرض بیرونی برای استفاده در فضای داخلی ساختمان استفاده می‌شود (شکل ۵-۷۱). بنای هلیکون^۸، در یک ساختمان خرده‌فروشی و اداری با کاربری مختلط (لندن، انگلستان، ۱۹۹۶) دو نوع مختلف نمای دوپوسته چندطبقه برای پاسخ به شرایط شهر به کار رفته‌است. یک پوسته دوگانه پنج طبقه منحنی بر روی ورودی گوشه اصلی ساختمان قرار گرفته‌است. ساختار بیرونی پوسته شیشه‌ای با یک خرپای خارجی و سازه کابلی متمایز حمایت می‌شود که حفره داخلی را اساساً از ساختار ساختمان محو می‌کند. در نماهای شرقی و غربی بنای هلیکون، حفره‌های چندطبقه به‌طور معمول با توری‌های تعبیه‌شده برای تعمیر و نگهداری که بر روی ساختار کانال فولادی که از لبه هر دال طبقه‌ای به شکل کنسول قرار دارند، ایجاد شده‌اند (شکل ۵-۷۱). پشتیبانی عمودی غیرمعارف به شکل میله‌های کششی فولادی در قسمت بیرونی و بالون‌های فولادی سوراخ‌شده در داخل حفره قرار گرفته‌اند. درپچه‌های کنترل با حسگر در بالا و پایین حفره‌ها به نماها امکان می‌دهد تا از حالت بافر به حالت تهویه خارجی تغییر کنند. هر دو نوع نما دارای پرده‌های قابل تنظیم برای کنترل خورشیدی در زمان تابش مضاعف است. بنای هلیکون یکی از اولین ساختمان‌هایی بود که به یک استاندارد از سیستم‌ها برای کنترل محیطی پیشرفته در فضای داخلی اداری تبدیل شد: سیستمی از حسگرها و کنترل‌ها برای کچ کردن، بالابردن و پایین آوردن تیغه‌های آلومینیومی سوراخ‌دار با مشخصات گسترده به‌منظور کنترل خورشیدی، توزیع هوای کف و پانل‌های سقفی خنک‌کننده تابشی.

1. Hans Kollhoff
2. Potsdamer Strasse
3. Bahntower

4. Deutsche Bahn AG
5. Sony Center
6. UNEDIC

7. Adrien Fainsilber
8. Helicon



شکل ۵-۳. عکس هوایی از ساختمان پوتسدامر پلاتز به سمت جنوب، این بخش که براساس طرح جامع توسط آر پی بی دبلیو و کولبر توسعه یافته است، از نقطه مثلی برج فروم به سمت جنوب تا برج دبیس در مرز کانال لاندور^۱ امتداد دارد، لوگوی نمادین مکعب دبیس مستقیماً فراتر از برج فروم قابل مشاهده است، همچنین ساختمان‌های کولهوف و بهنتاور در پیش‌زمینه سمت راست قابل مشاهده هستند. منبع: تونی دپیکسل^۲.

ساختمان هلیکون که توسط «شپرد رابسون»^۳ طراحی شده و توسط آروپ اجرا شده است، دارای یک حیاط داخلی شش طبقه است که به تهویه و روشنایی روز در ساختمان با پلان عمیق کمک می‌کند [۹].

در اواخر دهه ۱۹۹۰، ساختمان اداری مرتفع با تهویه طبیعی در اروپا به سن بلوغ رسیده بود. برخی موضوعات طراحی و استراتژی‌های فنی رایج شده بودند: مانند لعاب بادوام بیشتر و عایق حرارتی بهبود یافته. سیستم‌های تابشی (سقف‌های سرد و تیرها) اغلب همراه با تهویه دودکشی استفاده می‌شود و تهویه طبیعی با پنجره‌های قابل اجرا ارائه می‌شود. کنترل محیط توسط کاربر بخشی از طراحی خوب است و اتوماسیون سیستم‌ها از طریق سیستم مدیریت ساختمان ارائه می‌شود.

لازم به ذکر است که همه نماهای دوپسته در اروپا همچون ساختمان هلیکون برای تهویه فضای داخلی ساختمان، به‌ویژه در مکان‌هایی که دارای آلودگی هوا یا صوتی است، ساخته نشده‌اند. علاوه بر این، تهویه طبیعی به‌ندرت در مناطقی وجود دارد که در زمره آب‌وهوای معتدل اروپای مرکزی قرار نمی‌گیرند. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۱، «سینی یوتیو»^۴ مشاهده کرد که ساختمان‌های اداری در فنلاند معمولاً از پوسته بیرونی نمای دوپسته به‌عنوان یک «کت بارانی» عایق‌بندی شده چندطبقه، در پاسخ به آب‌وهوای شدید شمالی بدون تلاش برای تهویه غیرفعال فضای داخلی استفاده می‌کنند. از طرف دیگر، اولین نمای دوپسته فنلاندی برای دفتر مرکزی نوکیا ساخته شد (منطقه کیلهاهتی، اسپو، فنلاند، ۱۹۹۷) که در آن حفره‌های پنج‌طبقه می‌توانند از حالت بافر به حالت تهویه خارجی برای حذف گرمای اضافی تنظیم شوند. تا سال ۲۰۰۱ حداقل ۱۴ ساختمان نمای دوپسته در فنلاند وجود داشت که در مطالعه یوتیو مستند شده است [۱۰].

در طول دهه ۱۹۹۰، طراحی و ساخت بسیاری از سازه‌های نمای دوپسته، نوآورانه‌تر در کشورهای اروپایی که در اینجا ذکر نشده‌اند - به‌عنوان مثال، بلژیک، یونان، لوکزامبورگ، پرتغال و سوئد - شکوفا شد و محصولی غنی از ساختمان‌های اداری متوسط و بلند را برای تاریخچه نمای دوپسته رقم زد.

1. Landwehr
2. Tonythepixel

3. Sheppard Robson
4. Sini Uttu



شکل ۴-۵. دفتر مرکزی دبیس (برج اتریوم)^۱، آیچورنستراسه ۳، پوتسدامر پلاتز، برلین، آلمان، نمایی از کانال نمای دوپوسته رو به جنوب و غرب، منبع: کافه ژینو^۲.



شکل ۵-۵. برج فروم، پوتسدامر پلاتز ۱۱، برلین، آلمان، نمای دوپوسته شیشه‌ای از نظر طراحی بسیار شبیه به برج دبیس است. در اینجا پنجره شیشه‌ای در خط کف با قاب فلزی افقی ارائه شده است و صفحات ثابت شیشه‌ای پوسته بیرونی را تشکیل می‌دهد که در آن ساختمان به یک نقطه مثلی می‌رسد. منبع: تری میر بروک^۳.

1. Eichhornstrasse

2. Cafezinho

3. Terri Meyer Boake

قرن ۲۱، گسترش جهانی

در دهه اول قرن بیست‌ویکم، کاربردهای نمای دوپوسته از نظر جغرافیایی با نمونه‌هایی در کشورهای جدید مانند استرالیا، ژاپن، چین و ترکیه گسترش یافت. پس از سال ۲۰۱۰، زمانی که مراکش (برج مخابراتی مارکو، ۲۰۱۳) و امارات متحده عربی (کلینیک کیولند ابوظبی، ۲۰۱۵) ادعا کردند که ساختمان‌های جدید پوشیده‌شده با نمای دوپوسته ساخته‌اند، دسترسی تقریباً جهانی به این نوع نما مشهود است. به‌عنوان بخشی از گسترش این موج، نمای دوپوسته دوباره در معماری آمریکای شمالی ظاهر شد.



شکل ۵-۶. جزئیات لوورهای شیشه‌ای برج فوروم^۱، منبع: تری میر بروک.



شکل ۵-۷. برج‌ها در پستدامر پلاتز از چپ به راست: تالار گفتگو کولهوف و باهنتاور، منبع: مانفرد بروکلز^۲.

1. Forum

2. Manfred Bruckels

بازگشت به آمریکای شمالی

پس از وقفه تقریباً بیست‌ساله‌ای که بعد از ساختمان‌های اوکسیدنتال^۱ شیمیایی و انریپلکس^۲ ایجاد شد، اولین (نمای دوپوسته) قرن بیست‌ویکم در آمریکای شمالی در یک بازسازی نما ایجاد شد. در دفتر مرکزی تلوس^۳ توسط بازبی^۴ و همکاران معمار در ونکوور، (استان بریتیش کلمبیا ۱۹۹۹-۲۰۰۱)، پوسته دوم در مقابل نمای ساختمان موجود قرار داده شد تا انرژی، ارتقاء کیفیت محیط داخلی و افزایش عمر ساختمان را حفظ کند. (شکل ۵-۵d). پنجره‌های چوبی لولای دوطرفه در نمای اولیه بازسازی شدند. پوسته بیرونی جدید دارای پنجره‌های متحرک با موتور، شبکه‌های سایه‌روشن آفتاب و ترکیبی از شیشه‌های شفاف و سرامیکی است. لوورهای موتوری جریان هوا را از طریق فضای هوایی هفت طبقه کنترل می‌کنند. دمپرهای واقع در طبقه همکف واقع در حفرة چندطبقه در زمان‌های ترافیک سنگین بسته می‌شوند تا صدا و کیفیت هوا را کنترل کنند [۱۱].

در ادامه در قرن حاضر، به‌طور متوالی تعدادی ساختمان با نمای دوپوسته چندطبقه در ایالات متحده برای طیف گسترده‌ای از انواع پروژه‌ها ساخته شد: دفتر مرکزی یازاکی^۵ در آمریکای شمالی (کانتون، میشیگان، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۰)، مرکز عدالت سیاتل (سیاتل، واشینگتن، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲)، میدان فوندر^۶ (سانفرانسیسکو، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) و دانشکده پزشکی دانشگاه ماساچوست (ورچستر، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۴). دیگر نماهای دوپوسته چندطبقه که در اواخر دهه ساخته شدند، عبارت‌اند از: ساختمان تحقیقات علوم زیست‌پزشکی در دانشگاه میشیگان (آن آربر، میش، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۶)، پایگاه اطلاعاتی ریچارد جی. کلارک در دانشگاه لویولا (شیکاگو، ایالت، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۷). (شکل ۵-۵e)، کتابخانه عمومی کمبریج (کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹) (فصل هشتم - بخش سوم)، مرکز ورزشی جاکوا در دانشگاه اورگان (یوجین، اورگان، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۰)، مرکز قلب میلشتاین در پرسبیتریان بیمارستان نیویورک (نیویورک، نیویورک، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۰) و مرکز دانشگاه ویل در دانشگاه کیس وسترن رزرو (کلوند، اوهایو، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۴).

دیگر پروژه‌های آمریکای شمالی از انواع رایج نماهای دوپوسته چندطبقه بیرون آمدند تا پیشگامان دیگر اشکال دوپوسته‌ای باشند که در اروپا در حال توسعه بودند. شرکت معماران بهنیش^۷ یک راهروی نمای دوپوسته باحالت‌های تهویه متغیر برای مرکز ژنزیم^۸ (کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) طراحی کرد (شکل ۵-۵d). نمای دوپوسته که تقریباً یک‌سوم پوشش ساختمان را شامل می‌شود، دارای فضای هوایی به عمق چهار فوت است که به‌عنوان نوعی ایوان برای ساکنان قابل دسترسی است.



شکل ۵-۸. دفتر مرکزی یازاکی در آمریکای شمالی (کانتون، میشیگان، ایالات متحده آمریکا)، منبع: وایت برود^۹.

1. Occidental Chemical
2. Enerplex
3. Telus

4. Busby
5. Yazaki
6. Founder

7. Behnisch
8. Genzyme
9. Dwight Burdette

در هر طبقه، هوای بیرون از طریق دریچه‌های کم ارتفاعی که بر پوسته بیرونی تأکید می‌کنند، وارد نما می‌شود. دریچه‌های خروجی هوا در محفظه‌های کنار هم در ناحیه بالای راهرو قرار دارند تا جریان هوای تازه را تسهیل کنند. از طریق بازکردن خودکار دریچه‌های بیرونی و عملکرد دستی درها در پوسته داخلی، نمای دوپوسته می‌تواند بین عملکردهای بافر، تهویه خارجی و تأمین هوا تعدیل کند.

همکاران «کیران تیمبرلیک»^۱ (کی تی ای) یک نمای دوپوسته همراه با یک «دیوار فعال» با تهویه داخلی را در دانشگاه پنسیلوانیا، دانشکده مهندسی و علوم کاربردی لوین هال (فیلادلفیا، پن، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) اجرا کردند. کی تی ای ساختمان را به‌عنوان یک فضا همراه با سطوح شیشه‌ای زیاد برای به حداکثر رساندن نور روز موجود در سایت و به‌عنوان نقطه مقابل بافت موجود ساختمان‌های آجری نزدیک به اطراف تصور می‌کرد (شکل ۳-۱۷). با مشاوره با مشاور انرژی، دونالد پروولر و مهندسان اروپ، کی تی ای یک دیوار پرده‌ای سفارشی ایجاد کرد تا اطمینان حاصل شود که محفظه شیشه‌ای راحتی سرنشینان را تضمین می‌کند و با کدهای جدید و سخت‌گیرانه انرژی مطابقت دارد [۱۲]. در سیستم سفارشی حاصل، که در اروپا توسط پرماستالینسا^۲ ساخته شده است، هوای مطبوع از فضاهای اشغال‌شده به‌طور مداوم از طریق یک فضای هوای عمیق ۱۰ سانتی‌متری (۴ اینچی) با فشار برابر بین پوسته بیرونی دوجداره و پوسته داخلی تک‌جداره کشیده می‌شود [۱۳]. حفره‌های پارتیشن‌بندی‌شده به‌عنوان پلنوم هوای برگشتی برای سیستم تهویه مطبوع ساختمان عمل می‌کنند. جریان هوای حفره‌ای تلاش بر حفظ دمای سطح شیشه داخلی در دمای راحتی فضا در هر دو فصل گرمایش و سرمایش دارد. از پیش ساخته‌شدن واحدهای نما، کنترل کیفیت را بهبود بخشید و زمان نصب در محل را برای ترکیب نما از شرایط اسپندل ثابت، قابل‌اجرا و غیرشفاف کوتاه کرد [۱۴].

در همان سال، پرماستالینسا یک سیستم دیوار پرده‌ای فعال مشابه را برای ساختمان اداری چهارده طبقه «مالی مانولیف»^۳ طراحی‌شده توسط سام، که به‌عنوان کنگره ۶۰۱ (بوستون، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۳) نیز شناخته می‌شود، عرضه کرد [۱۵]. در هر دو سیستم نمای لوین‌هال^۴ و مانولیف^۵، فضای هوا در هر لایه عمودی و در هر سطح طبقه تقسیم شده است، و نماها را به‌عنوان پنجره نمای دوپوسته با تهویه داخلی طبقه‌بندی می‌کند.

در سایر ساختمان‌های آمریکای شمالی ساخت‌وساز یکسان با عملکرد نمای دوپوسته تهویه خارجی را انتخاب کردند. در این پیکربندی، هوای بیرون بین لایه‌های نما برای جلوگیری از گرما در گردش است. در برخی از طرح‌ها، حفره را می‌توان برای تشکیل یک بافر حرارتی بسته نگه داشت. شرکت مشاور «پولشک»^۶ (اکنون اناد^۷) یک نمای دوپوسته چندطبقه با تهویه خارجی را برای ساختمان تحقیقات علوم زیست‌پزشکی دانشگاه میشیگان طراحی کرد و به توسعه دیوار پرده‌ای یکپارچه پنجره جعبه تهویه خارجی در ریورهاوس، ۲۰۰۹ ادامه داد (شکل ۵-۱). ریورهاوس که بانام «وان ریور تراس»^۸ نیز شناخته می‌شود، اولین ساختمان بلندمرتبه مسکونی در شهر نیویورک بود که نشان پلاتینیوم‌لید را کسب کرد. در بنایی دیگر، مرکز «الی»^۹ و «ایدیت‌براد سسی آی آر ام»^{۱۰} (لس آنجلس، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۰)، یک سیستم نمای دوپوسته چندطبقه با تهویه خارجی را با پوسته بیرونی پشتیبانی‌شده از شبکه کابلی برای نمای اولیه خود انتخاب کرد [۱۶].

علاوه بر ساختمان‌های اداری، آموزشی و مسکونی، نمای دوپوسته در طول این دهه در دو موزه قابل توجه اضافه شد؛ مؤسسه هنر شیکاگو (شیکاگو، ایل، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹) (شکل ۵-۱) و الحاقات گالری جعبه‌شیشه‌ای به موزه هنر کلیولند (کلیولند، اوهایو، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳) (شکل ۲-۱).

درحالی‌که نمی‌توان تمام نماهای دوپوسته آمریکای شمالی در قرن بیست‌ویکم را در اینجا مستند کرد، بنای دوبرج به دلیل مقیاس و تأثیرشان شایسته بحث است. ساختمان «هیدرو پلیس مانیتوبا»^{۱۱} (وینیپگ، کانادا) در سال ۲۰۰۹ افتتاح شد و در ساخت آن فناوری نمای دوپوسته از نوع راهرو به‌عنوان یک عنصر کلیدی در طراحی ساختمان‌های

1. Kieran Timberlake
2. Permasteelisa
3. Manulife Financial
4. Levine Hall

5. Manulife
6. Poulashk
7. Ennead
8. One River Terrace

9. Eli
10. Edythe Broad CIRM
11. Manitoba Hydro Place

اداری با مصرف کم انرژی و تهویه طبیعی - اولین مورد برای آمریکای شمالی (فصل هشتم - بخش چهارم) - در کانون توجه قرار گرفت. در برج دیگر، (پیسبورگ، پن، آمریکا، ۲۰۱۵) «پی ان سی»^۱ (شکل ۵-۱) از برخی استراتژی‌های مشابه هیدرو پلایس مانیتوبا از جمله راهروی نمای دوپوسته کاملاً شفاف (شیشه‌ای) و تهویه‌شده و یک دودکش خورشیدی برای تسهیل حرکت هوا در ساختمان استفاده کرد. درحالی‌که راهروها در نمای هیدرو پلایس مانیتوبا فقط برای تعمیر و نگهداری قابل دسترسی هستند، فضاهای هوایی در «پلازا پی ان سی» در امتداد خطوط پیشین ژنیزم^۲ پیش‌بینی شده است و کارمندان می‌توانند انتخاب کنند که از طریق درهای چوبی کشویی به فضا دسترسی داشته باشند [۱۷].

مقاوم‌سازی نما

پتانسیل استفاده از پوسته‌های دوتایی برای مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود تا حد زیادی در آمریکای شمالی بدون توجه باقی مانده است، درحالی‌که منطقه‌ای است که باید نوآوری مداوم در فناوری نما به کار گرفته شود. نمای دوپوسته را می‌توان به عنوان بخشی از جایگزینی کلی نما که در آن پوسته اصلی برداشته شده و دولایه نمای جدید اعمال می‌شود یا در یک پیکربندی «روکش‌دار» مشابه نمای ۲۰۰۱ دفتر مرکزی تلوس^۳ که در ابتدای این بخش ذکر شد، اعمال کرد.

نمای ساختمان «فدرال سلبرز»^۴ (اکلوند، اوهایو، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۱۶) نمونه‌ای جدیدتر از روکش کاری را ارائه می‌دهد. در بازسازی توسط معماران طراحی تعاملی، پوسته دوم بر روی نمای مدرن اصلی که در اواسط قرن بر برج سی‌ودو طبقه اجرا شده بود، اعمال شد. معماران با مهندسان سازه «تورنتون توماسی»^۵ برای طراحی پوسته بیرونی نمای چندجداره جدید با کارایی بالا و محکم و عایق‌بندی‌شده، جهت مطابقت با استانداردهای روز حفاظت از انفجار و برای رفع کمبود انرژی و راحتی، بر روی پوسته قدیمی همراه شدند. جایگزینی نمای موجود با یک نمای تک‌پوسته، مقاومت ساختاری لازم در برابر انفجار را فراهم نمی‌کرد. استراتژی ساختاری برای توزیع بارهای اضافی شامل پیچیدن یک کمر بند لوله فولادی عمیق در اطراف محیط ساختمان در هر سطح طبقه است. لوله‌های فولادی، به براکت‌هایی که سیستم را به ستون‌های موجود ساختمان در هر سطح طبقه متصل می‌کنند، یک قفسه پیوسته را تشکیل می‌دهند که اساس حفره‌های هوای نمای دوپوسته است. یک سیستم جدید دیوار پرده‌ای با قاب آلومینیومی در حدود ۳ فوت (۱ متر) جلوی دیوار پرده‌ای حاضر موجود است [۱۸]. با حفظ نمای موجود، راه حل روکش دوپوسته از هزینه‌های قابل توجه مربوط به جابه‌جایی ساکنان ساختمان جلوگیری کرد.

هر دو استراتژی تهویه و عدم تهویه نمای دوپوسته در نظر گرفته شد. گزینه‌های روکش تهویه‌شده، هزینه‌های قابل توجه بالاتری مربوط به اجزای سیستم و نوسازی سقف موجود و سیستم‌های تهویه مطبوع دارند. چندین مسیر طراحی با دقت با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی سی اف دی^۶ برای درک تغییرات فصلی در ویژگی‌های عملکرد مدل‌سازی شدند که در نهایت منجر به راه حل بافر نمای دوپوسته بدون تهویه شد. این واقعیت که ساختمان موجود از لحاظ تاریخی رطوبت زمستانی پایینی دارد، عامل مهمی در تأیید رویکرد حفره عایق‌بندی‌شده بود. در زمستان، اثر حرارتی فضای هوایی نمای دوپوسته باعث کاهش تقاضا برای واحدهای فن کوئل محیطی می‌شود. در تابستان، مقررات سایه‌اندازی، سود مستقیم را کاهش می‌دهد؛ دما در حفره افزایش می‌یابد اما تأثیر مخربی بر محیط داخلی یا عملکرد سیستم مکانیکی موجود نخواهد داشت [۱۹].

در نماهای شمال غربی و شمال شرقی، نما به پیکربندی پنجره جعبه تقسیم شده است. حفره‌های ۸/۵ متری (۲۸ فوت) یک الگوی نمای مدولار ایجاد می‌کند که نمای موجود را که در پشت پوسته بیرونی جدید قابل مشاهده است، بازتاب می‌دهد. پیکربندی راهروی یکپارچه‌تر، نماهای جنوب شرقی و جنوب غربی برج را دربرمی‌گیرد. در اینجا، فریت

1. PNC
2. Genzyme

3. Telus
4. Celebrezze

5. Thornton Tomasetti
6. CFD

سرامیکی به‌صورت نقطه‌ای روی واحد لعاب بیرونی، محافظت بیشتری در برابر خورشید ایجاد می‌کند و قفسه‌های نور شیشه‌ای حکاکی‌شده که بالاتر از ارتفاع سردر حفره قرار گرفته‌اند، هم‌زمان با حفظ نما، نور مستقیم خورشید را کاهش می‌دهند. پرده‌های غلتکی دستی در فضای داخلی اتاق، استراتژی کنترل خورشیدی را کامل می‌کند. پانل‌های نمای فولادی ضدزنگ متمایز پوسته داخلی و قاب پنجره‌های آلومینیومی دست‌نخورده باقی می‌مانند. صفحه شیشه اصلی با شیشه لمینت جایگزین شد. در مکان‌های منتخب، قاب‌ها با ارسی‌های لعاب‌دار جدید نصب شدند تا جهت تعمیر و نگهداری دسترسی به خلیج‌ها و راهروها را فراهم کنند [۲۰].



شکل ۵-۹. نمای شمال شرقی ای جی، ساختمان دفتر فدرال سلبرز در کلیولند، اوهایو، نمای اصلی برای تشکیل نمای دوپوسته پنجره جعبه‌ای در نماهای شمال شرقی و شمال غربی روکش شده است، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۵-۱۰. نمای جنوب غربی A.J. ساختمان دفتر فدرال سلبرز در کلیولند، اوهایو، نمای اولیه برای تشکیل یک راهروی نمای دوپوسته در نماهای جنوب غربی و جنوب شرقی روکش شده است، منبع: ماری بن بونهام.

نمای جدید برج سلبرز هزینه‌های انرژی تهویه مطبوع محیط داخلی ساختمان را تا ۶۵ درصد بهبود می‌بخشد [۲۱]. توجه به این نکته مهم است که اقلیم‌هایی با بارهای سرمایشی بالاتر از کلیولند^۱ احتمالاً به یک حفره تهویه‌شده نیاز دارند که پیچیدگی و هزینه را به رویکرد روکش اضافه می‌کند. این هزینه‌ها را می‌توان در کنار مزایایی مانند حفظ بافت تاریخی ساختمان و اجتناب از هزینه‌های مربوط به تعویض پوسته داخلی و جابه‌جایی مستأجران سنجید. سوابق تلوس^۲ و سلبرز نشان‌دهنده پتانسیل نادیده گرفته‌شده برای استفاده از نمای دوپوسته در مقاوم‌سازی ساختمان‌های موجود با استانداردهای بالاتر برای راحتی ساکنین و صرفه‌جویی در انرژی است.

1. Cleveland

2. Telus



شکل ۵-۱۱. تصویری از نمای راهروی ای جی، ساختمان دفتر فدرال سلبرز، فریت سرامیکی در شیشه بیرونی و نوری که از طرف شبکه‌های شیشه‌ای حکاکی‌شده کنترل می‌شود، پنجره‌ها در پوسته اصلی داخلی فقط برای اهداف تعمیر و نگهداری باز می‌شوند، منبع: ماری بن بونهام.

استمرار و تداوم بهره‌گیری از نمای دوپوسته در اروپا

در حالی که آمریکای شمالی در حال کشف مجدد فناوری نمای دوپوسته بود، آزمایش و توسعه نمای دوپوسته و سایر انواع نماهای پیشرفته بدون وقفه در اروپا در دهه اول قرن بیست و یکم ادامه یافت. اگرچه گستره‌های معماری نمای دوپوسته اروپا را نمی‌توان در اینجا به تصویر کشید، اما سه ساختمانی که در ادامه مطلب درباره‌شان توضیح داده می‌شوند، پیشرفت‌هایی را در معماری کم‌انرژی و با کارایی بالا نشان می‌دهند که پروژه‌های بعدی را در مکان‌هایی در سراسر جهان تحت تأثیر قرار دادند.

برج «داستچ پست»^۱، طراحی شده توسط «جان»^۲ و «مورفی»^۳ (بن، آلمان، ۲۰۰۲) دارای دو برج نیمه‌بیضی‌شکل با پوشش نمای دوپوسته است که در اطراف هسته دهلزهای داخلی روی هم قرار گرفته‌اند. جهت‌گیری و فرم آیرودینامیکی ساختمان، نیروهای باد را بهینه می‌کند تا ساختمان به‌طور طبیعی بدون نیاز به سیستم تهویه مکانیکی مرکزی تهویه شود [۲۲].

نماهای خمیده «واستارکاد»^۴ کی اف دبلیو (فرانکفورت، آلمان، ۲۰۱۰) (شکل ۵-۲) به‌طور مشابه یک رویکرد آیرودینامیکی برای از بین بردن اثرات فشار باد بر روی نما دارند. در یک ساختمان مرتفع معمولی، اختلاف فشار در نمای رو به باد (فشار مثبت) و پشت به باد (فشار منفی) باعث ایجاد نیروهای باد بیش‌ازحد می‌شود که مانع از تهویه متقابل در نمای یک‌پوسته سنتی می‌شود. برای افزایش مدت‌زمانی که ساختمان می‌تواند بدون تهویه مکانیکی کار کند، ساوربروخ هاتون^۵ با ورنر سوبک^۶، ترانسولار^۷ و دیگر همکاران یک نمای «حلقه فشار» ایجاد کردند که تهویه طبیعی را کنترل می‌کند؛ نوک ساختمان به فرمی شبیه به برگ به سمت بادهای غالب از سمت جنوب غربی است، جریان باد به موازات نماها جریان دارد و به این ترتیب به ناحیه فشار منفی در طرف مقابل ساختمان کشیده می‌شود.

فلپ‌های دندانه‌اره‌ای شکل که کنترل تهویه را با سیستم مدیریت ساختمان در پوسته بیرونی انجام می‌دهند، می‌توانند باز و بسته شوند تا جریان هوای طبیعی را گرفته یا از آن جلوگیری کنند. کنترل‌ها فشار ثابتی را در اطراف محیط ساختمان تضمین می‌کنند، ویژگی‌ای که می‌تواند اتلاف حرارت ناشی از فشار را از طریق محوطه ساختمان

1. Deutsche Post
2. Jann
3. Murphy

4. Westarkade
5. Sauerbruch Hutton
6. Werner Sobek

7. Transsolar

کنترل کند. این سیستم همچنین یک اختلاف فشار عمده بین حفره نمای دوپوسته و فضای داخلی ایجاد می‌کند که به‌طور طبیعی هوا را از طریق دریچه‌های کف یا پنجره‌های کاربر در پوسته داخلی به داخل می‌کشد. هنگامی که شرایط آب و هوایی نامساعد در زمستان یا تابستان مانع تهویه طبیعی از طریق نما می‌شود، هوای تازه از طریق یک طبقه مرتفع در یک سیستم هوای مستقیم از طریق زمین با بازیابی گرما به دفاتر عرضه می‌شود. فرم ساختمان همچنین به‌طور استراتژیک نماها را برای روشنایی روز و دیدداشتن از منطقه شهری اطراف جهت می‌دهد [۲۳]. هم در برج داستچ پست و هم ساختمان واستارکاد کی اف دبلیو برای کنترل نور و جلوگیری از افزایش گرمای بیش‌ازحد، از پرده‌های متحرک در حفره نمای دوپوسته استفاده شده است.

«وان انجل اسکوار»^۱، دفتر مرکزی گروه کو آپ^۲ ارائه شده توسط «رید»^۳ (منچستر، انگلستان، ۲۰۱۳)، یکی از اولین ساختمان‌های اداری بزرگ بود که بنایی را با انتشار کربن صفر خالص معرفی کرد. این تلاش استراتژی‌های متعددی را از جمله: سوخت زیست‌توده‌ای، حرارت و برق ترکیبی سی‌اچ پی^۴، خنک‌کننده تبخیری، تهویه از طریق جابه‌جایی، پرتوهای سرد و برداشت آب باران ادغام می‌کند. هوای تازه ساختمان با عبور از یک سیستم مجرای زمین بزرگ در زیر ساختمان و میدان مجاور مهیاسازی می‌شود. هوای تهویه به کمک دودکشی از طریق یک فضای دهلیز مرکزی تهویه می‌شود. نمای دوپوسته چندطبقه با تهویه خارجی با انحنای ملایم همه‌طرف ساختمان پانزده طبقه را احاطه کرده است تا عملکرد حرارتی، سایه، نور روز و نماها را بهینه کند [۲۴].

شکستن مانعی به نام عرض جغرافیایی

استفاده از نمای دوپوسته در سال‌های اخیر به مناطق آب‌وهوایی گرم‌تر جهان مانند مدیترانه، خاورمیانه و بخش‌های جنوبی آسیا گسترش یافته است. در این اقلیم، کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما به دلیل اصلی برای ساختن پوسته تبدیل شده است. مانند انواع غربالگری هوا از طریق راهکارهای بومی، همچون مشربیه و سلوسیا، دیوارهای غربالگری در مقیاس ساختمان ممکن است در سازه‌های مدرن کاملاً لعاب‌دار، حتی در برج‌های بلند، ادغام شوند.



شکل ۵-۱۲. ساختمان وان انجل اسکوار، منچستر انگلیس، منبع: ایی جی فوکوس^۵.

1. One Angel Square
2. Co-op

3. Reid
4. CHP

5. EG Focus

فن‌آوری تمام‌شیشه‌ی دوپوسته نیز برای مبارزه با گرمای بیش‌ازحد در تمام طول سال و ارائه‌ی استاندارد بالایی از کیفیت هوای داخلی بومی‌سازی شده (انطباق) است. به گفته‌ی «تری مایر بوک^۱» در «نماهای دوپوسته در آب‌وهوای گرم، اجتناب از بهره‌گیری از تابش خورشیدی» (تکتونیک نما، ۲۰۱۴) دیوارهای دوتایی آب‌وهوای گرم می‌توانند در دودسته قرار گیرند که با مواد پوسته‌ی خارجی متمایز می‌شوند:

۱. پوسته‌ی بیرونی، صفحه‌ای با سایه‌بان ثابت یا قابل‌اجرا است که لعاب ندارد. پوسته‌ی داخلی یک دیوار پرده‌ای شیشه‌ای با کارایی بالا است. فضای هوا به‌طور کلی گسترده است تا تمیز کردن اجزای بیرونی را تسهیل کند. مواد باید بادوام باشند تا در برابر قرارگرفتن در معرض عناصر بیرونی مقاومت کنند.

۲. پوسته‌های بیرونی و داخلی مانند نمای دوپوسته معمولی با لعاب یا شیشه پوشیده می‌شوند. فضای هوا برای مقاومت در برابر دمای بالا استفاده می‌شود و ممکن است با یک سیستم خنک‌کننده مکانیکی ادغام شود یا نشود. اگر فضای هوا عایق‌بندی نشده باشد، معمولاً دستگاه‌های آفتاب‌گیر در حفره قرار نمی‌گیرند [۲۵].

در این کتاب، دیوارهای دوپوسته‌ی دسته اول که از مواد غیرشیشه‌ای در پوسته‌ی بیرونی‌شان استفاده می‌شود، «دیوارهای پرده‌ای» نامیده می‌شوند. طیف وسیعی از مواد ساختمانی از پلاستیک گرفته تا فلز حفره‌دار یا منفذدار.

دو مورد از مطالعات موردی در آب‌وهوای گرم که توسط بواکه بررسی شده است، از طرح‌های نمای دوپوسته با تهویه داخلی عایق‌بندی شده استفاده می‌کنند که از ورود ذرات شن و ماسه جلوگیری می‌کند و گرما را از طریق جریان هوای مدیریت شده در حفره پخش می‌کند. در نمای ساختمان بیمارستانی کلینیک کلیولند ابوظبی (۲۰۱۵)، حفره‌های چندطبقه بین پوسته‌های بیرونی شیشه‌ای تک‌جداره با تکیه‌گاه دیاگراید و پوسته‌های داخلی دیوار پرده‌ای شیشه‌ای عایق شده تشکیل شده‌اند. هوای مطبوع استفاده شده از داخل دوبار بازیافت می‌شود قبل از اینکه به بیرون ساختمان هدایت شود [۲۶]. هوای خروجی از داخل بیمارستان ابتدا در لوله‌ها از ورودی‌های هوای تازه ساختمان عبور می‌کند تا هوای ورودی، قبل از سرد شدن برای استفاده در فضای داخلی بیمارستان خنک شود. هوای خروجی در مرحله بعدی به فضاهای هوای چندطبقه وسیعی که محیط ساختمان را می‌پوشاند هدایت می‌شود. هوای نسبتاً خنک‌تر در حفره بافر در برابر دمای بالای بیرونی تشکیل می‌شود. مقداری از گرما که معمولاً از طریق نما به داخل منتقل می‌شود، از طریق همرفت منتقل می‌شود. در این پیکربندی چندطبقه با تهویه داخلی، حرکت هوا در حفره از طریق اثر دودکشی تسهیل می‌شود؛ همان‌طور که تابش خورشیدی از طریق پوسته‌ی بیرونی هوای حفره را گرم می‌کند، هوا به بالای حفره صعود می‌کند، جایی که از طریق لوورهای فیلترکننده شن و ماسه به بیرون تخلیه می‌شود [۲۷].

در ساختمان «کپیتال گیت^۲» (ابوظبی، امارات متحده عربی، ۲۰۱۱)، یک برج اداری و هتلی با کاربری مختلط، پیکربندی نمای دوپوسته با تهویه داخلی، به طبقات بالای هتل محدود شده است. کل نمای سی‌وپنج طبقه، با ساختار منحنی و متمایل به عقب به‌طور یکنواخت با واحدهای شیشه‌ای عایق مثلی با کارایی بالا پوشیده شده است که در واحدهای دیوار پرده‌ای الماسی شکل هم‌راستا با قاب دیاگراید برج قرار گرفته‌اند. در قسمت پایین دفتر کپیتال گیت، یک صفحه توری مشبک ضدزنگ نوزده طبقه، ناحیه نماهای اداری را که بیشترین تابش مستقیم خورشید را دریافت می‌کنند سایه‌اندازی می‌کند. دیگر نواحی پوسته در اثر شیب نمای ساختمان برهم سایه می‌اندازند. در هرطبقه بالای بنا که شامل اتاق‌های هتل می‌شود، اضافه شدن یک پوسته لعاب داخلی، یک پلنوم عمودی ایجاد می‌کند. هوای استفاده شده از اتاق‌های هتل، که هنوز بسیار خنک‌تر از هوای بیرون است، به‌عنوان حائلی در برابر آب‌وهوای گرم بیابان قبل از بازگرداندن آن از طریق پلنوم‌های سقفی برای بازیابی انرژی، به داخل حفره کشیده می‌شود [۲۸].

1. Terri Meyer Boake

2. Capital Gate



شکل ۵-۱۳. ساختمان کپیتال گیت، ابوظبی، امارات متحده عربی، منبع: تری میر بوک.

سایر نماهای دوپوسته با آب‌وهوای مدیترانه‌ای تطبیق داده شده‌اند؛ جایی که تابستان‌ها به‌طور کلی گرم‌وخشک و در سایر فصول معتدل با مقداری رطوبت است. اگرچه این نماها به‌طور محکم عایق‌بندی نشده‌اند، اما صفحه‌های شیشه‌ای بیرونی در دو نمونه بعدی به‌طور کامل نما را می‌پوشانند، به‌طوری‌که نقش محافظ باران و خنک‌کننده حرارتی را برای محوطه ساختمان ایفا می‌کنند؛ بنابراین، این ساختارها نام نمای دوپوسته را به خود اختصاص می‌دهند. در کتابخانه عمومی مارسی در مارسی فرانسه (فصل هشتم - بخش اول)، با سنگ مرمر نیمه‌شفاف و پوسته بیرونی شیشه‌ای، این تصور را ایجاد می‌کند که در مقابل پوسته داخلی دیوار پرده‌ای شیشه‌ای شفاف قرار گرفته‌است.

حفره وسیع به‌صورت غیرفعال از طریق اثر دودکشی (اختلاف دما) تهویه می‌شود. هوا می‌تواند از طریق یک طبقه باز که یک طبقه بالاتر از سطح خیابان شروع می‌شود و از اضلاع باز نمای تقریباً ۲۸۴۰ سانتی‌متری (۹۳ فوت) وارد شفت ارتفاع سه‌طبقه شود. هوای گرم حفره به‌طور غیرفعال در سطح سقف تخلیه می‌شود و باعث کاهش گرما در فضای داخلی اتاق مطالعه می‌شود. نور فیلترشده با سنگ مرمر توزیع یکنواخت نور پراکنده را برای فضای داخلی اتاق مطالعه فراهم می‌کند.

کنترل نور و تهویه در برج سی‌وپنج طبقه آگبار (بارسلونا، اسپانیا، ۲۰۰۵)، دفتر مرکزی شرکت آب شهری، شکل دیگری به‌خود می‌گیرد (شکل ۵-۱۱d). پنجره‌ها در پوسته داخلی «منفذهای سوراخ‌شده» مجزا در یک ساختار بتنی استوانه‌ای مخروطی هستند. پوسته بیرونی با ظاهری ظریف از قسمت‌های شیشه‌ای چندلایه شفاف، فضای هوایی تهویه‌شده‌ای ایجاد می‌کند که به آرامی استحکام برج را می‌پوشاند. در این ساختمان، بیش از پنجاه‌وشش هزار شیار، می‌توانند برای افزایش تهویه مستقیم و انعکاس نور در زوایای متغیر کج شوند. نوارهای رو به جنوب دارای سلول‌های فتوولتائیک هستند [۲۹]. با نگاه کردن از دور به برج، یک الگوی پیکسلی از پنجره‌ها و پانل‌های روکش آلومینیومی با رنگ‌های متنوع قرمز، آبی و قره‌ای از طریق غلاف شیشه‌ای قابل مشاهده است. ظاهر این برج که برای اهمیت و ارزش آب این‌طور در نظر گرفته شده است، دائماً با شرایط آسمان و روش‌های بی‌نهایتی که نور با وجوه شیشه و فلز در تعامل است، تغییر می‌کند.

ساختمان‌های بلندمرتبه

ساختمان‌های بلند و فوق بلند به دلیل ارتفاعشان با چالش مواجه می‌شوند تا در برابر باد و نیروهای لرزه‌ای واکنش مناسب نشان دهند، به‌طوری‌که ساکنان احساس راحتی داشته باشند. طراحی نما برای این نوع سازه‌ها باید این نیروهای طبیعت را در خود جای دهد و بر چالش‌های ساخت‌وساز منحصر به فرد مربوط به مقیاس و ارتفاع بزرگ غلبه کند.

ساخت‌وساز واحد

به دلیل سطح وسیع ساختمان‌های بلند، نماها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که مصالح ساختمانی به‌مقدار کافی در دسترس باشد و امکانات ساخت بتوانند با حجم بالای تولید همگام شوند. نماها نیز باید برای ساده‌سازی فعالیت‌های ساختمانی در محل ساخته شوند. واحدهای مونتاژ شده در کارخانه دارای کنترل کیفیت برتر هستند و تعداد بالابرها را کاهش می‌دهند. ساختمان‌ها با نمای دوپوسته راهرویی و پنجره‌جعبه‌ای مخصوصاً برای ساخت‌وسازهای پیش‌ساخته و یکپارچه مناسب است. این تکنیک‌ها برای نماهای دوپوسته بلند و فوق بلند با انواع حالت‌های تهویه اعمال می‌شود.

برج «پیرل ریور در گوانگژو» در چین (فصل هشتم - بخش پنجم)، یکی از اولین کاربردهای استراتژی نمای دوپوسته با تهویه داخلی در آب‌وهوای گرم بود. همچنین این اولین کاربرد نمای دوپوسته در یک ساختمان بسیار بلند بود. این برج با ارتفاع ۳۰۹٫۶ متر (۱۰۱۵ فوت)، به نسبت بلندترین نقطه برج، معیار حداقل ارتفاع ۳۰۰ متری برای ساختمان‌های فوق بلند را مطابق با تعریف ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری برآورده می‌کند [۳۰].

برج پیرل ریور محدودیت‌های فوق‌العاده ساخت‌وساز را تا حدی از طریق استفاده از ساختار واحد نمای دوپوسته برآورده کرد. قاب‌های آلومینیومی از پیش ساخته‌شده عمیق، شکاف بین پوسته‌های داخلی و خارجی واحدها را در چهارطرف و یک جعبه یک‌طبقه را تشکیل می‌دهند که شامل یک پانل اسپندل لعاب‌دار است [۳۱]. واحدها با یک عایق بیرونی که در جای خود عایق‌بندی شده بود و داخل حفره نمای دوپوسته تمام‌شده بود، به‌صورت از پیش ساخته اجرا شدند.

هنگامی که اجزاء از پیش ساخته با جرثقیل‌ها به موقعیت‌های در نظر گرفته‌شده خود انتقال پیدا می‌کردند، کارگران در کف برج با پانل لبه‌دال روبه‌رو می‌شدند، جایی که واحدها در درزگیر قرار می‌گرفتند و به لنگرها در لبه‌دال پیچ می‌شدند. این باعث شد که تنها پانل‌های تک‌جداره داخلی و پرده‌های غلتکی به سبب ایمنی از طبقات داخلی نصب شوند [۳۲].

برج پل لندن (لندن، بریتانیا، ۲۰۱۲) که به دلیل سطوح شیشه‌ای و حفره‌های نما «شارد»^۱ نامیده می‌شود، از نظر ارتفاع شبیه به برج پیرل ریور است. شارد با ارتفاع ۳۰۶ متری (۱۰۰۴ فوت) تا نوک، بلندترین ساختمان اتحادیه اروپا در این کتاب است. برج طراحی شده توسط کارگاه ساختمان پیانو رنزو با حداکثر یازده هزار صفحه شیشه‌ای با شیب شش‌درجه به نسبت عمودی پوشیده شده است. پانل شارد معمولی ۱٫۵ متر (۴٫۹ فوت) عرض و ۳٫۸ متر (۱۲٫۵ فوت) ارتفاع دارد. ساختار یکپارچه در اینجا به شکل یک پنجره نمای دوپوسته با تهویه خارجی است. در این حالت، یک IGU لعاب‌دار با ضریب انتشار کم، پوسته داخلی را تشکیل می‌دهد و پوسته بیرونی از یک صفحه شیشه‌ای منفرد تشکیل شده است که از چندین لایه شیشه چندلایه ساخته شده است. هرلایه از لعاب با قاب‌های آلومینیومی آماده مقاومت در برابر حرارت قاب شده است. براکت‌های آلومینیومی فاصله ۲۰۰ میلی‌متری (۷٫۹ اینچی) بین دوپوسته را پر می‌کنند [۳۳]. کرکره‌های غلتکی موتوری در حفره نمای دوپوسته برای کنترل افزایش گرما یا تابش خیره‌کننده، بالا یا پایین می‌آیند.

1. Shard

واحدهای نمای ازپیش‌مونتازشده شارد، به محل آورده شده و با جرثقیل به‌عنوان واحدهای منفرد در محل قرار گرفتند. با رسیدن نصب روکش فلزی به ارتفاعات بالاتر، یک جرثقیل به‌طور موقت در بخش میانی برج ساخته شد (شکل ۷-۱). جرثقیل اصلی برای پوشاندن سطوح بالای برج با سرعتی شتابان - با نزدیک شدن به بازی‌های المپیک ۲۰۱۲ هیچ جرثقیلی در آسمان لندن وجود نداشت. - جرثقیل اصلی یک جرثقیل عنکبوتی را به طبقه‌ای به ارتفاع ۲۸۳ متر برد. جرثقیل عنکبوتی در نصب ۴۴۰ پانل در بالاترین ارتفاعات ساختمان به شیشه‌های شناور کمک کرد [۳۴].

اختلاط و ترکیب با سازه ساختمان

رابطه نمای دوپوسته با سازه در ساختمان‌های بلند، موضوعی مملو از آزمایش‌های فنی و زیبایی‌شناختی است. نمای دوپوسته ممکن است مانند ساخت‌وساز تک‌جداره پشتیبانی شود، مانند برج پیرل ریور و شارد؛ یا پوسته بیرونی نمای دوپوسته ممکن است به‌طور جداگانه روی یک ساختار کنسولی حمایت شود، مانند مورد مرکز نانجینگ کین (نانجینگ، چین، ۲۰۱۳ - که قبلاً به‌عنوان برج جینائو و مرکز بین‌المللی کینگ تاون شناخته می‌شد) که توسط «اسکیدمور اوینگز» و «مریل» ساخته شد. در اینجا، یک قاب فولادی جانبی خارجی در خارج از ساختار ساختمان پایه بین پوسته‌های یک نمای دوپوسته تهویه‌شده خارجی قرار گرفته است.

مهاربندهای ساختار مورب مرکز نانجینگ کین، برج پنجاه‌وشش طبقه ۲۳۱/۲ متری (۷۵۹ فوت) را از پایه به بالا می‌پیچد و سازه را محکم می‌کند و بارهای بتن و میله‌گرد را برای سازه اصلی کاهش می‌دهد. پوسته داخلی از کف تا سقف شیشه چندجداره با انتشار نور کم در قاب‌های آلومینیومی به خارج انتقال داده شده، پیش‌ساخته و یکپارچه است. در هر طبقه، روکش‌های فولادی مخروطی در طول‌های مختلف گسترش می‌یابند تا هندسه نوارهای فلزی و پوسته بیرونی را ایجاد کنند. پوسته بیرونی نمای دوپوسته به بخش‌های گوه‌ای شکل با ساختار کج به‌طور ملایم در چهار طبقه و به دنبال خطوط مهاربندی مورب تقسیم می‌شود. فرم چندوجهی متمایز، چین‌های یک فانوس کاغذی را به یاد می‌آورد.



شکل ۵-۱۴. برج شارد واقع در لندن، انگلیس، منبع: Terri Meyer Boake.

شکاف‌های تهویه به‌طور مداوم در جلو و عقب رفتگی‌های افقی پوسته بیرونی تک‌جداره با قاب آلومینیومی واحد قرار دارند. تهویه حفره‌ای غیرفعال است؛ فشار باد بر روی نمای ساختمان بلند، هوای گرم‌شده را از حفره بیرون می‌کشد که این امر باعث کاهش دمای سطح پوسته داخلی می‌شود. این طرح با جهت باد متغیر کار می‌کند - به دلیل اختلاف فشار، هوا به‌طور طبیعی در سمت رو به باد وارد می‌شود و در سمت مخالف آن تخلیه می‌شود [۳۵].

برج «پلی اینترنشنال پلازا»^۱ (پکن، چین، ۲۰۱۶)، که توسط اسکیدمور^۲، اوپننگز^۳ و مریل طراحی شده است، روش دیگری برای یکپارچه‌سازی ساختار با محفظه نمای دوپوسته ارائه می‌دهد. در این برج سی‌ویک طبقه، یک پوسته بیرونی شیشه چندجداره به‌خوبی بین اعضای قاب زاویه‌دار یک اسکلت بیرونی دیاگراید قرار می‌گیرد [۳۶].

ساختمان‌های فوق بلند

برج شانگهای (شانگهای، چین، ۲۰۱۵)، طراحی‌شده توسط جنسler^۴، یک برج ۱۲۱ طبقه است که به‌عنوان یک شهر عمودی با کاربری‌های مختلط برای اسکان بیش از بیست‌هزار نفر در نظر گرفته شده است. ساختمان بلندمرتبه به‌آرامی پیشش دارد که با افزایش ارتفاع به ۶۳۲ متر (۲۰۷۳ فوت) می‌رسد. در نما، برج در هر سطحی تغییر می‌کند؛ زیرا پوسته بیرونی کج شده، محفظه نمای دوپوسته ۱۲۰ درجه از پایین به بالا می‌چرخد. فرم مهندسی‌شده آیرودینامیکی بارهای جانبی باد را کاهش می‌دهد و مقدار سازه موردنیاز را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. ساختار اصلی ساختمان دارای یک مگاقاب فولادی استوانه‌ای است که یک هسته بتنی را احاطه کرده است. درحالی‌که پوسته بیرونی در پلان بادامک‌شکل است (در پلان تقریباً مثلثی با منحنی به‌جای گوشه‌های تیز)، پوسته شیشه چندجداره داخلی برج عمودی است و از محیط صفحات کف‌دایره‌ای پیروی می‌کند. پوسته بیرونی تک‌جداره دیوار پرده‌ای از یک حلقه که از طریق پایه‌های فولادی شعاعی که از لبه طبقات امتداد می‌یابد، آویزان شده است. با بزرگ‌شدن شکاف افقی بین دوپوسته در گوشه‌های ساختمان، سه فضای هلالی‌شکل تشکیل می‌شود. برج به‌صورت عمودی از طریق طبقات مکانیکی به بخش‌هایی تقسیم می‌شود که وسعت کامل شکل بادامک را گسترش می‌دهد و هندسه فضاهای دهلیز چندطبقه را بین دوپوسته تشکیل می‌دهد [۳۷].

فضاهای هوایی در نمای دوپوسته برج شانگهای به‌اندازه‌ای بزرگ است که آن را تبدیل به ساختمانی فوق‌العاده کرده است. فضاهای دهلیزمانند به‌عنوان باغ‌های آسمانی با درختان و سایر گیاهان کاشت شده‌اند. فریت سرامیکی در هر دوپوسته برای کنترل افزایش نور و گرما استفاده می‌شود. پوسته داخلی، روکش کم‌انتشار نور و پرده‌های غلظتی را روی نمای داخلی اضافه می‌کند. هر منطقه باغ آسمانی، از ۵۰ تا ۶۰ متر (۱۵۰ تا ۲۰۰ فوت) ارتفاع دارد که حدود ۱۲ طبقه را به مجامع عمودی برای استفاده اداری، خرید و سرگرمی متصل می‌کند. باغ‌های آسمانی و طبقات مربوطه مانند یک کیک لایه‌ای، هفت‌لایه باغ آسمانی با مناطقی برای تأسیسات مکانیکی دوطبقه بین هر لایه و یک پایه و لایه بالایی، در مجموع نه منطقه، روی هم چیده شده‌اند. هوای استفاده‌شده از طبقات اشغال‌شده به داخل پلنوم عمودی جریان می‌یابد، جایی که به‌عنوان یک بافر حرارتی قبل از بازگشت به طبقات مکانیکی برای بازیابی گرما و خروجی نهایی از ساختمان عمل می‌کند. همان‌طور که برای نمای دوپوسته در آب‌وهوای معتدل مانند شانگهای معمول است، محفظه هوا، هوای خنک بیرون را در زمستان گرم می‌کند و گرما را از داخل ساختمان در تابستان دفع می‌کند. از نظر مکانیکی، ۹ منطقه به‌عنوان ساختمان‌های جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند که زیرساخت مشترکی دارند که منجر به افزایش بهره‌وری انرژی و منابع آب می‌شود [۳۸].

محوطه برج شانگهای با طبقه‌بندی نمای دوپوسته چندطبقه با تهویه داخلی مطابقت دارد. درواقع، باغ‌های آسمانی برج شانگهای گلخانه‌های غول‌پیکری هستند. تمایل به فراتر رفتن از محدودیت‌های قبلی فناوری ساخت‌وساز، استفاده از شیشه شفاف برای ایجاد ارتباط بین مردم و طبیعت، و به رسمیت شناختن باغ‌ها و پارک‌ها به‌عنوان فضاهای

1. Poly International Plaza
2. Skidmore

3. Owings
4. Gensler

اجتماعی ضروری برای شهرها، به سال ۱۹۸۶ برمی گردد، زمانی که این ایده‌ها برای ایجاد گلخانه‌ها همگرا شدند، نماهای گلخانه‌ای که موزه علم و صنعت را به پارک «لا ویلت»^۱ در پاریس متصل می‌کند.



شکل ۵-۱۵. آسمان‌خراش‌ها در شانگهای چین، از چپ به راست: برج جین مائو، مرکز مالی شانگهای، برج شانگهای، منبع: ارمل.^۲

این فضای سبز در پاریس، با مساحت سخاوتمندانه ۳۵٫۵ هکتار، هنوز از مساحت ۴۲۰۰۰۰ مترمربعی ناخالص برج شانگهای کوچک‌تر است. فاصله ۳۰ ساله بین ایجاد این دو بنای تاریخی نسبتاً کوتاه است. زمان نشان خواهد داد که آیا «پارک‌های فوق‌العاده در آسمان» می‌توانند به یک شهر عمودی سرزندگی ببخشند. بدیهی است که معماری نمای دوپوسته از مبدأ خود به‌طور گسترده گسترش یافته و به تنوعی از رویکردهای ساخت‌وساز قدرتمند تبدیل شده است. پروژه‌های آینده باید باهدف بهینه‌سازی طراحی نما با یک دیدگاه فراگیر از موفقیت معماری باشد که به چگونگی تأثیرات محیطی کم‌ساختمان‌ها، ارتقای سلامت و رفاه انسان، تعبیه‌شده در محل و انتقال پیام‌های موردنظر اهمیت بدهد.

1. La Villette

2. Ermell

یادداشت

- [1] Michael Wigginton and Jude Harris, *Intelligent Skins* (Oxford: Architectural Press, 2002).
- [2] Peter Buchanan, *Ten Shades of Green: Architecture and the Natural World* (New York: Architectural League of New York, 2005).
- [3] Robert-Jan Van Santen, "Façades complexes," *Architecture Intérieure-Créé* 298 (2001):128–31.
- [4] Harris Poirazis, *Double Skin Façades: A Literature Review*, a report of the International Energy Agency SHC Task 34 ECBCS Annex 43 (Lund, Sweden: Lund University, 2006).
- [5] Wigginton and Harris, *Intelligent Skins*, 59–64.
- [6] Foster+Partners, "Commerzbank Headquarters," www.fosterandpartners.com. 5.15 Skyscrapers in Shanghai, China. From left to right: Jin Mao Tower, Shanghai Financial Center, Shanghai Tower. Source: Ermell. CHAPTER 5: Double-Skin Façade History, Part II: Adaptations 127
- [7] George Baird, *The Architectural Expression of Environmental Control Systems* (London: Spon Press, 2001).
- [8] Eberhard Oesterle, Rolf-Dieter Lieb, Martin Lutz and Winfried Heusler, *Double-Skin Façades: Integrated Planning: Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-Conditioning, Economic Viability* (Munich: Prestel Verlag, 2001), 170–72.
- [9] Dean Hawkes and Wayne Forster, *Energy Efficient Buildings: Architecture, Engineering, and Environment* (London: Norton, 2002).
- [10] Sini Uuttu, "Study of Current Structures in Double-Skin Façades," (MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics, Department of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology, 2001).
- [11] Terri Meyer Boake, "Understanding the General Principles of the Double Skin Façade System," with student coauthors / research assistants at the University of Waterloo (Vancouver: National Building Envelope Council Conference, 2003).
- [12] Andy Pressman, ed., *Architectural Graphic Standards* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007), 985.
- [13] Joann Gonchar and Peter Reina, "Glass Façades Go Beyond Skin Deep," *Engineering News-Record*, February 10, 2003.
- [14] Kieran Timberlake, "On the Performance and Characteristics of an Active, Pressureequalized, Double-skin Curtain Wall," www.KieranTimberlake.com.
- [15] Gonchar, "Glass Façades Go Beyond Skin Deep."
- [16] Jeffrey Vaglio, Mic Patterson, Stacey Hooper, and Doug Noble "Emerging Applications and Trends of Double-Skin Façades," *International Conference on Building Envelope Systems and Technologies (ICBEST)* (Vancouver: National Research Council Canada, 2010), 191–99.
- [17] Denzil Gallagher and Jeremy Snyder, "The Tower at PNC Plaza," *BuroHappold Engineering*, www.burohappold.com.
- [18] William Bast, Kevin Jackson, Dziugas Reneckis, and Eric Wheeler, "A Structural Facelift: Blast Resistant Over-Clad of a 33-story 1967 Federal Building," *Structure Magazine*, June 2012, 26–28.
- [19] Charles Young, "Building a Double Wall," *Building Design + Construction*, September 17, 2012, www.bdcnetwork.com.
- [20] In discussion with the author: Chris Mourgelas (Project Manager, US General Services Administration), October 13, 2016 and Bruce Wolf (Design & Construction Coordinator), US General Services Administration, October 14, 2016.
- [21] Young, "Building a Double Wall."
- [22] Oldfield, and "Post Turn," *The Skyscraper Center: The Global Tall Building Database of the CTBUH*, www.skyscrapercenter.com.
- [23] Joann Gonchar, "More than Skin Deep: An integrated façade strategy helps designers create more comfortable and better-performing glass buildings," *Architectural Record*, July 2010.
- [24] Graham Hickson-Smith, "One Angel Square, Manchester 3DReid," May 2, 2013, www.architectsjournal.co.uk.
- [25] Terri Boake, "Hot Climate Double Façades: Avoiding Solar Gain" (Los Angeles: Façade Tectonics 14, 2014), www.tboake.com.
- [26] Ibid.
- [27] Russell Fortmeyer, "Transparency: Literal and Sustainable," *Architectural Record*, July 2009, 100–6.
- [28] Boake, "Hot Climate Double Façades."
- [29] Giampiero Manara, "I 'sarti' dei grattacieli," *Progetto&Pubblico*, May 2008, 20–24.
- [30] CTBUH Height Criteria, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, www.ctbuh.org/criteria/.

- [31] Yue Zhu (Associate Director, SOM), in discussion with the author, September 2015.
- [32] "Texno Park—Pearl River Tower," Lider TV, Nov. 18, 2013, www.youtube.com/watch?v=wGC-55WimdQ. 128
- CHAPTER 5: Double-Skin Façade History, Part II: Adaptations
- [33] Federico Bucci, Chiara Calderini, and Alfredo Zappa, "Building the Shard," *Casabella* 818, October, 2012, 66–99.
- [34] Liam Stoker, "Shaping the Shard: spider crane scales Europe's tallest building," May 3, 2012, www.designbuild-network.com.
- [35] 2012, www.designbuild-network.com.
- [36] Mark Sarkisian, C. Keith Boswell, Neville Mathias, and Eric Long, "Jinao Tower—The
- [37] Design Integration of Structural Efficiency, Architectural Expression and High Performance Exterior Wall Systems" (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2010), www.ctbuh.org. Originally published in Munich Tall Building Conference 2010.
- [38] ctbuh.org. Originally published in Munich Tall Building Conference 2010.
- [39] Skidmore, Owings and Merrill, "Poly International Plaza," www.som.com.
- [40] Jun Xia, Dennis Poon, and Douglas C. Mass, "Case Study: Shanghai Tower," *CTBUH Journal* (2010 Issue II). 38. Ibid.



تصویر ۶-۱. ساختمان وندل وایت^۱ در (پورتلند آمریکا، مارس ۲۰۱۴)، منبع: اس ای^۲

1. Wendell Wyatt
2. SA

فصل ششم

نماهای دوپوسته: انگیزه‌ها و جایگزین‌ها

نمای دوپوسته، سطحی از پیچیدگی و هزینه را برای پروژه‌های معماری معرفی می‌کند که در مقایسه با نماهای تک‌پوسته با کارایی بالا قابل‌توجه نیست. تاریخچه و مثال‌های فصل‌های قبل شروع به پاسخ‌دادن به این سؤال می‌کنند: «چرا (ساختمان را) با نمای دوپوسته بسازیم؟» این فصل انگیزه‌ها و معیارهای انتخاب نمای دوپوسته و سایر انواع نما را خلاصه می‌کند و به سؤال بعدی می‌پردازد: «جایگزین‌ها چیست؟» بحث در مورد مزایا و هزینه‌های ساختمان با نمای دوپوسته همراه با نکات قابل‌توجه و حائزاهمیت ارائه شده است. این فصل با بحث در مورد انواع جایگزین نماهای با عملکرد بالا که با نمای دوپوسته رقابت می‌کنند و به‌جای یا همراه با آن استفاده می‌شوند، پایان می‌یابد.

انگیزه‌ها

نماها به دلایل مختلف و مرتبط با شرایط و اهداف پروژه انتخاب می‌شوند. جدول ۶-۱ نشان می‌دهد که چگونه مطالعات موردی فصل هشتم از نمای دوپوسته در ترکیب با انواع دیگر نماها و سیستم‌های سقف با عملکرد بالا، برای تکمیل پوستهٔ ساختمان استفاده می‌کند. برای یک پروژه معین، هر یک از عوامل زیست‌اقلیمی، فیزیولوژیکی یا اجتماعی_فرهنگی نشان داده‌شده در شکل ۹-۱ یا ترکیبی از عوامل، ممکن است در تصمیم‌گیری در مورد نوع نما مؤثر باشد. تصمیم‌گیری با تعیین اهداف و اولویت‌ها آغاز می‌شود تا پروژه‌ها برای منافع همهٔ ذی‌نفعان در نظر گرفته شود. عوامل محرک (در تصمیم‌گیری) به درک درحال‌تکامل و اهداف مرتبط با تأثیری که ساختمان‌ها بر انرژی، محیط‌زیست و سلامت و رفاه ساکنان می‌گذارند، مربوط می‌شود. این تأثیرات باید در سطح کل ساختمان در هنگام بررسی گزینه‌های نما موردتوجه قرار گیرد.

پارادایم‌های درحال‌تکامل

سیاست ایالات‌متحده در خصوص انرژی در سال ۲۰۰۵ بیان می‌کند که اصطلاح «ساختمان با عملکرد بالا» به معنای ساختمانی است که تمام ویژگی‌ها را ازجمله: بهره‌وری انرژی، دوام، بهره‌وری بالا در چرخهٔ عمر و بهره‌وری ساکنان ادغام و بهینه می‌کند [۱].

جدول ۶-۱: انواع نماهای جایگزین و کاربرد آن‌ها در مطالعات موردی فصل ۸

نماهای جایگزین	کتابخانهٔ عمومی مارسی	دادگاه گرنوبل	کتابخانهٔ عمومی کمبریج	ساختمان هیدروپلیس مانیتوبا	برج مروارید رودخانه
نمای دوپوسته	•	•		•	•
نمای دوپوسته با سایبان خارجی			•	•	
نمای یک‌پوسته با پنجرهٔ دوجداره	•	•	•	•	
نمای یک‌پوسته با پنجرهٔ دوجداره همراه با سلول‌های خورشیدی					•
نمای یک‌پوسته با پنجرهٔ سه‌جداره همراه با سایبان خارجی					•
پوشش با سنگ طبیعی	•		•		
پوشش با فلز		•	•	•	
مصالح آجری با روکش سفالی					
محافظ دیوارهای تاریخی	•		•		
دیگر مصالح (پلاستیک، کامپوزیت و غیره)					

با انعکاس یک پارادایم به سرعت در حال تحول، این تعریف در قانون امنیت و استقلال انرژی ایالات متحده در سال ۲۰۰۷ به شرح زیر به روز شد: اصطلاح «ساختمان با عملکرد بالا» به معنای ساختمانی است که تمام ویژگی‌های اصلی عملکرد بالا را از جمله: صرفه‌جویی در انرژی، محیط‌زیست، ایمنی، امنیت، دوام، دسترسی، هزینه_منفعت، بهره‌وری، پایداری و عملکرد، براساس چرخه عمر یکپارچه و ملاحظات عملیاتی بهینه می‌کند [۲].

از آن زمان، برنامه‌های دولتی متمرکز بر تاب‌آوری برای ایجاد دستورالعمل‌های با کارایی بالا برای حفاظت در برابر انفجار مواد منفجره و حفاظت شیمیایی، بیولوژیکی و رادیولوژیکی پوشش‌های ساختمانی پدیدار شدند [۳]. مطمئناً امروزه، صرفه‌جویی در مصرف انرژی کافی نیست؛ معماری با کارایی بالا اکنون به دنبال ویژگی‌های انرژی صفر خالص و عاری از کربن است [۴].

آگاهی به‌طور مؤثر در مورد تأثیر منفی ساخت‌وساز ساختمان و اثر آن بر محیط‌زیست گسترش یافته‌است. در این زمینه، ما می‌پرسیم: «چرا پوسته‌های ساختمانی بسیار لعاب‌دار (شیشه‌ای چندجداره) اغلب مورد توجه قرار می‌گیرند، زمانی که ساخت‌وساز جایگزین می‌تواند به آسانی ایجاد سایه، عایق و ایزوله کند [۵]؟ درخواست برای ساختمان‌های کم‌انرژی و کم‌کربن با تقاضاهای زیاد برای فضاهای داخلی با کارایی بالا که سلامت و رفاه انسان را بهینه می‌کند، همراه است. میل به معماری برای بازبودن مناظر، نور روز و تهویه طبیعی و داشتن کیفیت محیطی مطلوب در داخل ساختمان همچنان انتظارات را برای عملکرد پوسته ساختمان افزایش می‌دهد. در کنار این معیارهای عمل‌گرایانه، انگیزه‌های شاعرانه پدیدار وجود دارد: گستره‌های شیشه‌ای ارتباط ملموسی با طبیعت ایجاد می‌کنند و نماهای شیشه‌ای از دیرباز برای نشان دادن چیزهای ناملموس، مانند معاصر بودن، شفافیت در عملیات و قدرت عمومی مالکیت و حوزه یک ساختمان به کار گرفته شده‌اند.

همان‌طور که در فصل‌های خاستگاه‌ها و سازگاری مربوط به نمای دوپوسته بحث شد، پیشرفت‌های تکنولوژیکی در ساخت نما - در طول زمان و با شکست‌های قابل توجه در طول مسیر - باعث شده نماهای تمام‌شیشه‌ای به سطوح بالاتری از عملکرد دست یابند. بنابراین، ما معماری شیشه‌ای را به‌عنوان یک موضوع ثابت در تاریخ ساختمان‌های زیست‌اقلیم و ساختمان‌های با کارایی بالا می‌یابیم.

خاستگاه‌ها و مقررات

برخی از ساختمان‌های پیشگام با کارایی بالاتر براساس دستور کار یک مالک یا یک گروه ساخته می‌شوند. اهداف بلندپروازانه، مانند اهداف تعیین‌شده توسط هیدرو پلپس مانیوتوبا (وینیپگ، کانادا، ۲۰۰۹)، منجر به نوآوری می‌شود و منجر به اثبات ساختمان‌های «مفهومی» می‌شود. برنامه‌های ساختمان سبز در سراسر جهان، ساختار را به مراحل اولیه فرآیند طراحی می‌آورد و به اطمینان از طراحی یکپارچه کمک می‌کند [۶]. برآوردن سطح معینی از استاندارد ساختمان سبز یا ساخت‌وساز با استانداردهای انرژی خالص صفر در حال حاضر برای برخی از پروژه‌ها الزامی است. آیین‌نامه‌های ساختمانی همچنین می‌توانند محرک سطوح بالاتر عملکرد باشند زمانی که حوزه‌ها داوری می‌کنند و به‌طور دوره‌ای کدها و استانداردها را بررسی و به‌روز می‌کنند. همان‌طور که در فصل هفتم مورد بحث قرار گرفت، به‌روزرسانی کد انرژی باعث طراحی مجدد نماها برای برج شارد^۱ در لندن شد. همچنان که مقررات سخت‌گیرانه‌تر رایج‌تر می‌شود، تأکید باید از عملکرد پیش‌بینی‌شده به عملکرد واقعی تغییر کند [۷]. علاوه بر این، با افزایش بهره‌وری انرژی مصرفی ساختمان، تأثیر انتشار کربن در ساختمان‌ها به‌طور فزاینده‌ای در تحقق اهداف اقلیمی قابل توجه خواهد بود [۸].

1. Shard

شاخص‌های انتخاب نما

در حال حاضر به‌طور کلی مورد قبول واقع شده است که در ساختمان‌ها باید به‌طور مؤثری مصرف انرژی کم را با کیفیت بالا در سایر جنبه‌های عملکرد ساختمان مانند راحتی و لذت ساکنان، همه در چهارچوب هزینه‌های معقول و پارامترهای تعمیر و نگهداری مرتبط کنند [۹]. با انتظارات فراوان برای تعادل، معیارهای عملکرد کل ساختمان، مانند مثال جدول ۷-۲، برای آشکار کردن انگیزه‌ها و هدایت اولویت‌های منحصربه‌فرد برای هر مشتری، پروژه و بودجه خاص مفید است. به همین ترتیب، معیارهای نما را می‌توان تعیین کرد و سلسله‌مراتبی برای تعیین این که کدام طراحی نما برای یک پروژه خاص مناسب است، لحاظ کرد.

نگاهی به خط آسمان هر شهر بزرگی نشان می‌دهد که بازار از انواع نماهای ساختمانی از پنجره‌های «عمدتاً کدر» با اندازه متوسط تا «عمدتاً شیشه» با مناطق اسپندرل شیشه‌ای یا سایر مواد جامد پشتیبانی می‌کند. مشاور امور هزینه در بریتانیا چهارچوب پنج‌معیار را برای ارزیابی و مقایسه سیستم‌های مختلف نما از مفهوم تا توسعه طراحی ارائه می‌کند:

- (۱) هدف معماری - زیبایی‌شناسی فرم و جزئیات
- (۲) عملکرد - در تمام جنبه‌های مرتبط، از آکوستیک گرفته تا مقاومت در برابر آب‌وهوا
- (۳) قابلیت ساخت - سهولت ساخت‌وساز (ایمن، کارآمد) و نگهداری طولانی‌مدت
- (۴) تدارکات - دریافت بهترین قیمت از پیمانکار متخصص مناسب
- (۵) هزینه - تطبیق قیمت باهدف طراحی و متعادل کردن سرمایه و مخارج کل زندگی [۱۰]

جدول ۲-۶. چک‌لیست - انگیزه‌های انتخاب نمای دوپوسته تهویه‌شده و نقاط قابل توجه. این جدول برای هر پروژه‌ای قابل تکمیل است. طراحان (معمار، مهندسان و دیگران) ممکن است اولویت‌های متفاوتی داشته باشند. طراحان در فرآیند طراحی می‌توانند چنین جدولی را تکمیل کنند.

شاخص‌ها	اولویت بالا	اولویت متوسط	اولویت پایین	نامناسب
معماری	نمای تمام‌شیشه‌ای			
	نما با تکنولوژی بالا			
	افزودن فضاهای مورد استفاده			
آسایش حرارتی	در فصل گرم			
	در فصل سرد			
صدا	عملکرد بالای آکوستیکی با توجه به صدای بیرونی			
	توجه به مشکلات احتمالی جانبی			
آسایش در دید و منظر	کنترل خیرگی			
	دلایلی مربوط به حریمیت			
مصرف انرژی	محدود کردن مصرف انرژی گرمایشی			
	محدود کردن مصرف انرژی سرمایشی			
تهویه	تحقق تهویه طبیعی در دفاتر			
	تحقق تهویه شبانه در دفاتر			
سیستم‌ها	جلوگیری از استفاده کامل از تهویه مکانیکی			
	عدم استفاده از اجزاء حرارتی در دفاتر			
	امکان استفاده از سایبان‌های خورشیدی در تمام شرایط آب‌وهوایی			
نگهداری	محدود کردن نگهداری از سایبان‌های خورشیدی			
	محدود کردن نگهداری از سیستم‌های سرمایشی			
استفاده‌کنندگان	نیاز به کنترل سیستم توسط کاربر (سایبان‌های خورشیدی و غیره)			
	امکان باز کردن پنجره‌ها (ارتباط با بیرون)			
بقیه موارد	تصویر سبز، ساختمان با مصرف کم			

منبع: طراحی مجدد نمای دوپوسته تهویه‌شده: طبقه‌بندی و تصاویر مفهومی نما، بروکسل: (BBRI, 2004)، بهره‌گیری با مجوز

زیبایی‌شناسی، به‌ویژه اجتناب از لعاب‌های رنگی یا انعکاسی و کاهش در عبور نور، یک عامل محرک در انتخاب نمای دوپوسته در مقایسه با دیوارهای پرده‌ای شیشه‌ای تک‌پوسته معمولی است. نمای دوپوسته با حفره‌های تهویه‌شده و سیستم‌های خودکار اغلب به عملکرد بهتر عایق صوتی، راحتی حرارتی، نور روز و کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند. این عوامل می‌توانند منجر به انتخاب نمای دوپوسته نسبت به گزینه‌های مصالح جامد/شیشه یا سایر گزینه‌های تمام‌شیشه‌ای شود، با در نظر گرفتن این‌که معیارهای ساخت، خرید و هزینه نیز باید باهم هماهنگ باشد [۱۱].

در صورتی که رویکرد نمای دوپوسته مناسب برای اهداف پروژه در نظر گرفته شود، معیارهای خاص نمای دوپوسته می‌توانند به تیم‌ها در جزئیات طراحی کمک کنند. چک‌لیست برنامه‌ریزی در جدول ۶-۲ توسط مؤسسه تحقیقات ساختمان بلژیک^۱ به‌طور خاص برای تیم‌های پروژه ایجاد شده است تا معیارهای طراحی برای نمای دوپوسته تهویه‌شده را ایجاد و اولویت‌بندی کنند [۱۲]. اولویت‌بندی متفاوت معیارها، منجر به پیکربندی‌های طراحی متفاوتی می‌شود که از ماهیت جزئیات نمای دوپوسته بهره می‌برد. چک‌لیست مؤسسه تحقیقات ساختمان بلژیک، معیارهای عملی مانند «محدود کردن مصرف انرژی» و «کنترل تابش نور» و انگیزه‌های کمتر قابل‌اندازه‌گیری مانند «فناوری پیشرفته» و «تماس با فضای بیرونی» را تشخیص می‌دهد. نمای دوپوسته تا حدی برای حل‌وفصل شاخص‌های طراحی اغلب متناقض ایجاد شده است. به‌دلیل تمایل به انتخاب «اولویت بالا» برای عوامل شفافیت زیاد، مصرف انرژی کم و کیفیت بالای محیط داخلی، همچنان پیشرفت‌های فنی در صنعت نما ادامه می‌یابد.

چک‌لیست مؤسسه تحقیقات ساختمان بلژیک را می‌توان برای در نظر گرفتن انواع دیگر نماها تطبیق داد و استفاده کرد. این نوع ابزار برنامه‌ریزی منجر به بحث‌های مفید در مراحل اولیه طراحی و شفاف‌سازی نحوه عملکرد نما برای همه ذی‌نفعان می‌شود.

مزایا، موارد قابل توجه و هزینه‌ها

نمای دوپوسته همساز با اقلیم را می‌توان برای دستیابی به عملکرد بهتر در جنبه‌های حرارتی، تهویه، روشنایی و صوتی در مقایسه با گزینه‌های تک‌پوسته طراحی کرد. باین‌حال، راه‌حل‌های نمای دوپوسته می‌تواند پیچیده باشد و نیاز به هماهنگی چندرشته‌ای داشته باشد. اگر ارتباط درستی بین طراحی، مهندسی، اجرا و نگهداری اعمال نشود، عملکرد نمای دوپوسته می‌تواند در مقایسه با نماهای تک‌پوسته غیراستاندارد باشد یا هزینه اضافی را توجیه نکند.

تحلیل هزینه و فایده (نمای دوپوسته)

ماهیت ریز اجزای نمای دوپوسته، سیستم انعطاف‌پذیری را در اختیار طراحان قرار می‌دهد. اجزای نمای دوپوسته را می‌توان برای ایجاد یک راه‌حل منحصربه‌فرد برای یک پروژه خاص گنجانده، حذف و مدوله کرد. سفارشی‌سازی می‌تواند به یک راه‌حل «طراحی ناب» منجر شود که در آن عناصر خارجی پروژه‌های استاندارد را می‌توان کوچک یا حذف کرد. از سوی دیگر، زمانی که نمای دوپوسته با راه‌حل‌های ساده‌تر تک‌پوسته مقایسه می‌شود، سفارشی‌سازی می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌ها در طراحی، ساخت و نگهداری شود. مکان و بازار ساخت‌وساز، نوع ساخت‌وساز، کمیت و ویژگی‌های عملکرد طراحی، عوامل تعیین‌کننده‌ای است که نشان می‌دهند هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای نمای دوپوسته، از چه درجه‌ای بالاتر است و آیا می‌توان این افزایش هزینه را با افزایش عملکرد جبران کرد؟

در (کتاب) نمای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه (۲۰۰۱)، اثر اوسترل^۲ و همکاران، فصلی به قابلیت اقتصادی نمای دوپوسته اختصاص داده شده است [۱۳]. در یک موقعیت فرضی، بدون در نظر گرفتن زیبایی‌شناسی یا سایر ملاحظات خاص، نویسندگان توصیه می‌کنند که نمای دوپوسته را می‌توان با استفاده از عناصر پیش‌ساخته و محدود کردن تنوع اجزای نما، محدود کردن دهانه‌های پوسته بیرونی به نوع غیربسته‌شونده و اجتناب از مکانیزه، اقتصادی‌تر کرد.

1. BBRI

2. Oesterle

بسته‌کننده‌های روی پنجره‌ها در پوسته داخلی، حفره را از نظر عمق محدود نگه می‌دارد و فقط برای تمیزکردن قابل‌دسترسی است و برای جلوگیری از گسترش آتش، آن را تقسیم‌بندی می‌کند [۱۴].

ساخت‌وساز نمای دوپوسته یکپارچه می‌تواند هزینه‌های مواد و نصب را از طریق پیش‌ساخته کاهش دهد، اگرچه این رویکرد به دلیل صرفه‌جویی در مقیاس برای پروژه‌های بزرگ‌تر مناسب‌تر است. در مقاله «کاربردهای نوظهور و روندهای نمای دوپوسته»، اثر واگلیو^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۰، وی اقتصاد را به‌عنوان یک محرک اصلی در افزایش استفاده از برنامه‌های کاربردی نمای دوپوسته در ایالات متحده شناسایی کرد. پیش‌ساخته و کاهش هزینه‌های نصب نماهای یکپارچه، حق بیمه اولیه را کاهش می‌دهد. افزایش استفاده از نمای دوپوسته یکپارچه در ایالات متحده به‌عنوان بخشی از گرایش به سمت «واگرایی مقیاس» با نمای دوپوسته یکپارچه در یکسر مقیاس و محبوبیت مداوم نمای دوپوسته چندطبقه در مقیاس بزرگ در سمت دیگر دیده می‌شود [۱۵].

مطالعه تحقیقاتی «سیستم‌های محیطی پوسته دوم»^۲ (۲۰۰۰)، که توسط مهندسان مشاور «باتل مک کارتی»^۳ و معماران منظر آغاز شد، باهدف راهنمایی متخصصان ساختمان درباره مزایا و هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی نمای دوپوسته تهیه‌شده انجام شد. این پروژه با همکاری «مایکل ویگینتون»^۴ از دانشکده معماری دانشگاه پورتموث^۵ و مشاوران بین‌المللی املاک و ساختمان، فرانکلین^۶ و اندروز^۷ انجام شد. محققان ابتدا ساختمان‌های نمای دوپوسته را براساس پیکربندی نما و نحوه عملکرد بررسی و دسته‌بندی کردند. آن‌ها از دینامیک سیالات حرارتی، محاسباتی و مدل‌سازی نور روز با هدف ارزیابی آسایش ساکنین و صرفه‌جویی در انرژی، برای هفت پیکربندی نمای دوپوسته در مقایسه با نمای معمولی با کارایی بالا، به‌جهت طراحی‌های عمیق و باریک ساختمان استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که ساختمان‌های نمای دوپوسته کاهش قابل‌توجهی در مصرف انرژی، انتشار دی‌اکسید کربن و هزینه‌های جاری در مقایسه با نمای معمولی ارائه می‌کنند؛ پیکربندی‌هایی که از حفره هوا برای از پیش گرم کردن هوای تازه یا استخراج هوای خروجی استفاده می‌کنند، ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش در مصرف انرژی را نشان می‌دهند، درحالی‌که آن‌هایی که حالت مختلط یا تهویه طبیعی را اتخاذ می‌کنند، کاهش در حدود ۵۰ تا ۶۵ درصد ایجاد می‌نمایند [۱۶]. همچنین این مطالعه مسائل مربوط به هزینه‌های سرمایه، عملیاتی بودن و نگهداری را در مورد ساخت‌وساز نمای دوپوسته در نظر گرفت. آن‌ها دریافتند که یک نمای دوپوسته باکیفیت بالا، در مقایسه با یک نمای تک‌پوسته معمولی ۲۰ درصد به هزینه اضافه می‌کند. هنگامی که کاهش اندازه نیروگاه تهویه مطبوع در نظر گرفته شد، حق بیمه هزینه ساخت با نمای دوپوسته در محدوده ۲/۵ تا ۵ درصد قرار گرفت [۱۷].

مطالعاتی در لندن

مطالعات حاضر، اطلاعات بیشتری در مورد هزینه‌های نمای دوپوسته و مصرف انرژی ارائه می‌دهد، اگرچه هیچ‌کدام به‌اندازه تلاش باتل مک کارتی جامع نیست. دو مطالعه‌ای که در پاراگراف‌های زیر به آن‌ها اشاره شده است، هرکدام به زمینه موضوع در لندن انگلستان می‌پردازند. اولی هزینه انواع مختلف نمای با کارایی بالا را مقایسه می‌کند. دومی، جنبه عملکرد انرژی یک آرایه مشابه از نماها را بررسی می‌کند. هنگامی که این مطالعات باهم در نظر گرفته می‌شوند، «ترتیب تقریبی بزرگی» از هزینه‌ها و مزایای ساخت نمای دوپوسته برای زمان و مکان خاص ارائه می‌کنند. در مقاله‌ای در سال ۲۰۱۱ در مورد ساختمان، یک منبع خبری آنلاین مستقر در بریتانیا، استیو مودی^۸، مشاور هزینه ساخت، درباره هزینه نسبی نماهای با کارایی بالا که در ساختمان‌های اداری درجه یک لندن رایج شده‌اند، بحث می‌کند، روندی که تا حدی نیاز به برآورده کردن الزامات دقیق عملکرد انرژی‌بخش را پاسخ می‌دهد. در مقایسه با نمای تک‌پوسته دوجداره، نمای دوپوسته با پروفیل نازک، ۳۰ تا ۵۰ درصد هزینه بیشتری دارد. از طرف دیگر، نمای تک‌پوسته با اسپندل ضد باران

1. Vaglio
2. Environmental Second Skin
Systems

3. Battle McCarthy
4. Michael Wigginton
5. Portmouth

6. Franklin
7. Andrews
8. Steve Mudie

جامد و سایه‌بان خارجی ثابت (که برای پرداختن به انرژی و راحتی در نمای با لعاب بالا لازم است) ۲۰ تا ۴۰ درصد هزینه بیشتری دارد. مودی، خاطرنشان می‌کند که نمای دوپوسته با پروفیل نازک، تهویه داخلی یا خارجی، طیف انعطاف‌پذیری از طرح‌ها را امکان‌پذیر می‌کند که ساختمان‌های تمام‌شیشه‌ای، به‌ویژه ساختمان‌های بلند را قادر می‌سازد تا استانداردهای مصرف انرژی را کاهش دهند [۱۸]. با خواندن مقاله بعدی درباره ساختمان نوشته مودی در سال ۲۰۱۷، مقایسه گزینه‌های نما را ادامه دهید و شرایطی را که ساختمان‌های تجاری تمام‌شیشه‌ای می‌توانند از نظر مالی منطقی باشند را مشخص کنید. هزینه‌های تخمینی برای نمای تک‌پوسته با پانل‌های جامد با روکش شیشه‌ای و نمای دوپوسته با مشخصات نازک مشابه، برآوردهای سال ۲۰۱۱ باقی می‌ماند. این مقاله خاطرنشان می‌کند که درک صنعت در حال تکامل از عملکرد نمای دوپوسته با پروفیل نازک، امکان توسعه مفهوم نمای حفره‌بسته^۱ را فراهم کرده‌است و هزینه‌های تهیه نمای حفره‌بسته می‌تواند شبیه به نمای دوپوسته تهویه‌شده باشد [۱۹]. مزایای مصرف انرژی نماهای با کارایی بالا، در یک مطالعه جداگانه که در لندن نیز واقع شده است، مورد بررسی قرار گرفته‌است. در ارائه‌ای در سال ۲۰۱۲ در کنگره جهانی ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری، محقق نمای «پرماستیلیسا^۲»، «هنک دی بلیکر^۳»، یافته‌های یک مطالعه در مورد عملکرد انرژی انواع نما را به اشتراک گذاشت. این مطالعه موردی یک دفتر منفرد رو به جنوب در یک ساختمان بلند لندن را مورد بررسی قرار می‌دهد، بنابراین نتایج، مختص این سناریو و آب‌وهوا هستند. مانند مودی، دی بلیکر، یک نمای تک‌پوسته دوجداره را با تنظیمات نمای دوپوسته و نمای حفره‌بسته تهویه‌شده با نمای نازک مقایسه می‌کند. مطالعه پرماستیلیسا علاوه‌براین، داده‌های عملکردی را برای نمای تک‌پوسته سه‌جداره فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که اگر تنها معیارهای حالت پایدار در نظر گرفته شود، یک نمای تک‌پوسته سه‌جداره بهتر از گزینه‌های نمای دوپوسته عمل می‌کند. برای دقت بیشتر، پرماستیلیسا از نرم‌افزار شبیه‌سازی برای محاسبه فاکتورهای عملکرد پویا مانند جریان هوا استفاده کرد. نتیجه این بود که، تحت پارامترهای این مطالعه، یک نمای دوپوسته با تهویه خارجی با صفحه نازک بهترین عملکرد را از نظر مصرف کلی انرژی دارد و بعداز آن نمای حفره‌بسته دنباله‌رو می‌باشد. این مطالعه در فصل هفتم مورد بحث قرار می‌گیرد تا نقش مدل‌سازی انرژی پیشرفته را در مراحل اولیه تصمیم‌گیری نما برجسته کند.

جنبه‌های مربوط به دو مطالعه لندن در جدول ۶-۳ گردآوری شده است. هنگامی که این دو مطالعه باهم در نظر گرفته می‌شوند، برای شروع بحث هزینه موقت ساخت نمای دوپوسته در آن زمان و مکان خاص مفید است. باید تأکید کرد که در عمل، نتایج هر تحلیل هزینه و فایده، براساس مشخصات پروژه متفاوت است.

1. CCF

2. Permasteelisa

3. Henk De Bleecker

جدول ۶-۳. تخمین مرتبه تقریبی بزرگی^۱ هزینه‌های ساخت و ساز و عملکرد انرژی با مقایسه چهار نوع نما در یک مورد فرضی در لندن. براساس اطلاعات دو منبع، همان‌طور که در جدول ذکر شده است؛ برای متن کامل به منابع اصلی مراجعه کنید.

۱	۲	۳	۴	۵
پیکربندی نما (یادداشت الف)	نمای تک پوسته - شیشه دوجداره ^۲ دیوار پرده‌ای	نمای تک پوسته - شیشه سه جداره دیوار پرده‌ای، پرده از فضای داخلی	نمای دوپوسته پروفیل نازک - تهویه خارجی شیشه دوجداره به علاوه دولایه پوسته شیشه‌ای نازک و پرده‌ها در حفره هوا	نمای حفره بسته هوای فیلتر شده در حفره عایق بندی شده، شیشه دوجداره به علاوه دولایه پوسته شیشه‌ای نازک و پرده‌ها در حفره هوا
دامنه هزینه مودی در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ (یادداشت ب)	مدل پایه ۶۵۰-۶۰۰ پوند در مترمربع (۷۲-۷۸ \$/ft ²) ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر با صفحه شیشه‌ای اسپندل جامد؛ ۲۰ تا ۴۰٪ دلار بیشتر با سایه خارجی ثابت	\$\$	دلار بیشتر ۳۰-۵۰٪ ۸۰۰-۹۵۰ پوند در مترمربع (۹۶-۱۱۴ \$/ft ²)	\$\$ مشابه نمای دوپوسته
عملکرد لعاب در حالت پایدار De Bleecker 2012 یادداشت ج	U= 1.07 W/m ² /°K (0.19 Btu/h/ft ² /°F) g= 0.36 (0.23 w/blinds) LT= 60%	U= 0.68 W/m ² /°K (0.12 Btu/h/ft ² /°F) g= 0.52 (0.38 w/blinds) LT= 67%	U=0.93 W/m ² /°K (0.16 Btu/h/ft ² /°F) g= 0.53 (0.13 w/blinds) LT=69%	U=0.89 W/m ² /°K (0.16 Btu/h/ft ² /°F) g=0.55 (0.15 w/blinds) LT=69%
تأثیر نما بر عملکرد ساختمان (فعال) De Bleecker 2012 یادداشت د	مصرف سالانه انرژی برای سرمایش و گرمایش 106 kWh/m ² (34 kBtu/ft ²)	مصرف سالانه انرژی برای سرمایش و گرمایش 118 kWh/m ² (37 kBtu/ft ²)	مصرف سالانه انرژی برای سرمایش و گرمایش 86 kWh/m ² (27 kBtu/ft ²)	مصرف سالانه انرژی برای سرمایش و گرمایش 88 kWh/m ² (28 kBtu/ft ²)

برای دیدن محتوای کامل این اطلاعات به منابع مراجعه کنید:

Steve Mudie, "Specialist Costs: Curtain Walling," Building.co.uk, May20, 2011.

Steve Mudie, Rachel Coleman, Steve Watts, "Facades: Do all-glass buildings make financial sense?" Building.co.uk, July12, 2017. See original source for complete context of this information

Henk De Bleecker, "Permasteelisa MFree-S Closed Cavity Facade: Cost-effective, Clean and Environmental," presented at the Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) 9th World Congress, 2012.

یادداشت‌های جدول:

الف: نکات پیکربندی: SSF = نمای تک پوسته. DSF = نمای دوپوسته؛ CCF: نمای حفره بسته. HP IGU = 1 in. Mudie 2011. واحد دوجداره با پوشش خنثی/شفاف "نقره سه لایه" کم‌انتشار در سطح دوم. پرده‌ها قابل حرکت هستند. گزینه‌های تهویه طبیعی در نظر گرفته نشد.

ب: محدوده هزینه به £/m² بریتانیا ارائه شده است. این واحدها به USD/ft² (براساس نرخ مبادله ۱ پوندی به ۱٫۲۹ دلار آمریکا در سال ۲۰۱۷) تبدیل شده‌اند. Mudie 2011

ج: مقادیر عملکرد حالت پایدار. مقادیر فقط برای مقایسه لعاب است که براساس ISO 15099 با استفاده از نرم‌افزار WIS محاسبه شده است. داده‌های اصلی در واحدهای SI به واحدهای IP تبدیل شده است: U=U-value (ضریب انتقال حرارت) W/m²/°K (Btu/h/ft²/°F). R=R-value (معکوس U-value). g= تابش خورشیدی برخوردی که به شیشه نفوذ می‌کند. LT=انتقال نور (درصد نور مرئی که به شیشه نفوذ می‌کند)، درصد مشخص شده بدون پرده است. De Bleecker 2012

د: مقادیر مصرف انرژی اولیه سالانه. شبیه‌سازی عملکرد نمای پویا با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی Capsol Excellent برای یک مورد آزمایشی رو به جنوب انجام شد. De Bleecker 2012

هزینه‌های اضافه‌تر

هزینه‌های اضافی فراتر از خرید ممکن است در تجزیه و تحلیل گزینه‌های نما نقش داشته باشد. عوامل اساسی برنامه‌ریزی ساختمان، مانند مساحت کف قابل استفاده و ارتفاع کف به طبقه، براساس نوع نما متفاوت است و بر هزینه‌های اولیه و جاری تأثیر می‌گذارد. در مورد ساختمان‌هایی که محفظه، مقدار زیادی به حد بیرونی ساخت‌وساز رانده می‌شود، یک نمای دوپوسته با پروفیل ضخیم در مقایسه با نمای دوپوسته یا نمای تک‌پوسته با پروفیل نازک، سطح خالص کمتری در هر طبقه ایجاد می‌کند. چنین کاهش در کارایی خالص به ناخالص سطح زمین می‌تواند عامل مهمی در برنامه‌ریزی سرمایه‌گذاری در املاک باشد. در موارد دیگر، استفاده از نمای دوپوسته می‌تواند یک مزیت فضایی باشد. معماران «راجر فریشت»^۱ و «راسل گیلچرست»^۲ توضیح می‌دهند که چگونه رویکرد مکانیکی در برج «پیرل ریور»^۳، که از یک حفره نمای دوپوسته با نمای نازک به عنوان هوای برگشتی استفاده می‌کند، به تیم طراحی اجازه داد تا ارتفاع برج را طبقه به طبقه کاهش دهند، بدون اینکه به ارتفاع از کف تا سقف آسیبی وارد شود. در نتیجه کاهش هزینه پوشش ساختمان براساس مساحت قابل استفاده مشهود بود. کاهش ارتفاع از یک طبقه به طبقه دیگر برج هفتادویک طبقه، معادل صرفه‌جویی در ساخت پنج طبقه است [۲۰].

اگرچه در اینجا مورد بحث قرار نگرفته است، بارهای باد، سختی هوا و آب، تاب‌آوری سازه‌ای، حفاظت در برابر آتش، استراتژی‌های امنیتی و هزینه‌های نگهداری نیز ملاحظات مهم پروژه برای هر نما هستند.

جایگزین‌ها

جایگزین‌های با کارایی بالا برای نمای دوپوسته متعدد و متنوع است. با توجه به معیارهای طراحی یک پروژه، یک سطح انتخاب این است که آیا یک پوسته ساختمان باید تمام‌شیشه باشد یا می‌خواهد تمام‌شیشه باشد؟ با شیشه‌های قبلی، طیف مادی معماری دوباره باز می‌شود: آجر سنگ تراشی، سنگ طبیعی، فلز و غیره. هر نوع دیوار دارای مجموعه منحصر به فرد مجزایی از مزایا و ملاحظات خاص خود است، اما به‌طور کلی، دیوارهایی با نسبت پایین‌تر پنجره به دیوار را می‌توان به‌طور معمول از طریق جرم حرارتی و سفتی هوا برای دستیابی به عملکرد انرژی بالا مهندسی کرد. نفوذ نور روز، نماها و حس شفافیت به‌طور طبیعی به نسبت کاهش سطح شیشه کاهش می‌یابد. سطح دیگر، انتخاب نوع ساخت است. سبک یا حجم، دیوار پرده‌ای یا دیوار پنجره، یکپارچه یا چوبی؛ این‌ها انتخاب‌هایی هستند که صرف‌نظر از اینکه نما تماماً شیشه‌ای باشد یا ترکیبی از مواد، مورد توجه قرار می‌گیرند. انتخاب ممکن است براساس تأثیر این انتخاب‌ها بر هزینه ساختمان، ترتیب ساخت‌وساز، ظاهر بیرونی، کیفیت محیط داخلی، مصرف انرژی و پایداری مصالح انجام شود. در نهایت، مهم است که به یاد داشته باشید که چندین نوع نما را می‌توان به‌طور انتخابی در یک ساختار واحد اعمال کرد.

نمای تک‌پوسته با دو یا سه لایه لعاب^۴

نمای تک‌پوسته می‌تواند مناسب‌تر از نمای دوپوسته برای ساختمان‌های کوچک‌تر باشد، جایی که صرفه‌جویی در مقیاس یک رویکرد پویا را توجیه نمی‌کند، جایی که ارتفاعات پایین‌تر ساختمان تأثیر سرعت باد را بر فضای داخلی با تهویه طبیعی کاهش می‌دهد و جایی که جداسازی صدای مزاحم از بیرون کمتر نگران‌کننده است. هزینه‌های نگهداری به تمیزکردن شیشه و تعویض واحد و آب‌بندی در طول عمر نما محدود می‌شود [۲۱].

از نظر مقایسه مستقیم نمای دوپوسته با نماهای تمام‌شیشه‌ای تک‌پوسته، نوعی که بهترین عملکرد را دارد، واحد شیشه عایق سه‌جداره با پوشش کم انتشار است، که گاز آرگون یا حفره‌های پر شده با خلأ و با پرده‌های انتگرالی شکل در یک قاب شکسته حرارتی در کنار هم قرار می‌گیرند.

1. Roger Frechette
2. Russell Gilchrest

3. Pearl River
4. IGU

نمونه‌ای از این نوع ساخت‌وسازهای نمای تک‌پوسته با کارایی بالا در کریستال (لندن، انگلستان، ۲۰۱۲) یافت می‌شود که توسط تیمی از جمله «ویلکینسون ایر^۱»، «پرینگل براندون پرکینز^۲»، «ویل^۳» و «آرپ^۴» طراحی شده است. ساختمان کنار اسکله یک مرکز نمایشگاه عمومی و غرفه شرکتی متعلق به شرکت زیمنس است. این بنا با ترکیبی از پانل‌های نمای شفاف و مات پوشیده شده است. شش نوع لعاب با درجات مختلف شفافیت در پاسخ به نیازهای نور روز یا منظره یا برای جلوگیری از تابش خیره‌کننده یا افزایش گرمای بیش‌ازحد در دیوار پرده‌ای توزیع می‌شود. صفحات کج‌شده، نواحی پایینی کریستالی‌شکل را مشخص می‌کنند و بر سطوح پایین‌تر سایه می‌اندازند [۲۲]. شیشه سه‌جداره با گاز آرگون در حفره‌های واحد، تقریباً ۷۰ درصد نور مرئی و ۳۰ درصد تابش خورشیدی را منتقل می‌کند.



شکل ۶-۲. نمای تک‌پوسته با سه لایه لعاب در ساختمان کریستال لندن، انگلیس، منبع: مات باک^۵.

در مجموع ۱۵۰ پانل در نما، پنجره‌های موازی خودکار هستند که بخشی از سیستم تهویه حالت ترکیبی ساختمان است [۲۳]. حسگرهای خارجی و داخلی با سیستم مدیریت انرژی ساختمان جهت تعیین زمان بهینه برای تهویه طبیعی ارتباط برقرار می‌کنند. بیش از ۳۵۰۰ نقطه به سیستم مدیریت ساختمان متصل است که داده‌های ایستگاه هواشناسی، سیستم‌های ایمنی ساختمان، گرمایش، تهویه مطبوع، سیستم‌های تهویه و روشنایی، پمپ حرارتی منبع زمینی، سیستم آب گرم حرارتی خورشیدی، بازیافت آب سیاه و باران را هماهنگ می‌کند. بر طبق گزارش سیستم‌های فتوولتائیک زیمنس، انتشار دی‌اکسید کربن برای دفاتر، حدود ۷۰ درصد کمتر از ساختمان‌های مشابه در بریتانیا است [۲۴].

نمای دوپوسته سه‌جداره دارای مزیت متمایز نرخ انتقال پایین حرارت در یک پروفیل نازک است. با این حال، این مزیت توسط جدیدترین نوع نمای دوپوسته با پروفیل نازک، نمای حفره‌بسته، که در فصل سوم توضیح داده شده، به چالش کشیده شده است. با این حال، با اضافه شدن ویژگی‌هایی برای افزایش عملکرد، هزینه‌ها افزایش می‌یابد. علاوه بر مشخصات معمول با کارایی بالا، مانند گازها، پوشش‌های کم‌انتشار نور و پرده‌ها در حفره، یک طراحی نمای تک‌پوسته دو یا سه‌جداره ممکن است برای ارتقاء، به شیشه‌های سرامیکی، فتوولتائیک یا الکتروکرومیک دینامیکی مجهز شود. در عین حال، کنترل خورشیدی به فضای داخلی اتاق و دستگاه‌های سایه‌بان خارجی برای حل مشکل باید به‌نما اضافه شوند.

1. Wilkinson Eyre
2. Pringle Brandon Perkins

3. Will
4. Arup

5. Matt Buck

نمای تک‌پوسته با سایبان خارجی

گزینه‌های طراحی برای سایبان خارجی در ترکیب با نمای تک‌پوسته تقریباً از نظر فرم و مترتال نامحدود هستند. نمای تک‌پوسته با لعاب با کارایی بالا و سایه خارجی با طراحی خوب می‌تواند عملکردی عالی را به‌خصوص برای ساخت‌وسازهای کم‌ارتفاع ارائه دهد. نمونه‌ای از آن در ساختمان مجسمه‌سازی دانشگاه ییل، ارائه‌شده توسط «کایران تیمبرلیک»^۱ و همکاران (۲۰۰۷)، دیده می‌شود. دیوار پرده‌ای سه‌جداره هر چهار طرف ساختمان را می‌پوشاند. نمای تک‌پوسته برای عملکرد استثنایی حرارتی و نوری در استودیوهای داخل متفاوت اجرا شده است. پانل‌های بلند، که برخی از آن‌ها قاب‌های چرخشی قابل اجرا هستند، از ارتفاع قفسه سینه شروع می‌شوند و مجهز به شیشه کم‌انتشار با سه‌جداره هستند. در زیر پانل‌ها، اسپندل‌های نیمه‌شفاف با طراحی متفاوت از یک نمای خارجی دوجداره شیشه کم انتشار، یک فضای هوا و یک پانل پلاستیکی نازک شفاف پر از عایق ایروژل تشکیل شده‌اند. ایروژل یک ماده تغییر فازدهنده^۲ است که حتی زمانی که افزایش سطوح تابش خورشیدی عملکرد حرارتی آن را افزایش می‌دهد، نیمه‌شفاف می‌ماند. همه پنجره‌ها دارای پرده‌های داخلی برای کنترل خورشیدی هستند. یک سیستم سایه‌بان بیرونی برای عملکرد نمای بیرونی ساختمان ضروری است و نقش مهمی در ظاهر ساختمان دارد [۲۵]. لوورهای افقی به نما عمق و لایه‌بندی می‌بخشند و تناسب عمودی با معماری که احیای معماری دوران گوتیک می‌باشد، طنین‌انداز می‌شود.

سایه‌بان‌ها نیز می‌توانند به‌عنوان جمع‌کننده انرژی خورشیدی دوباربر شوند. در نماهای شرقی و غربی برج پیرل ریور، نمای تک‌پوسته سه‌جداره با پرده‌ها در حفره، از طریق پنجره‌های آفتاب‌گیر بیرونی با سلول‌های فتوولتائیک که در لبه‌های بیرونی پرده‌های فلزی مشبک ادغام شده‌اند، تقویت می‌شوند. در ساختمان‌های بلند، سایبان‌های خارجی باید با توجه به افزایش سرعت باد و دسترسی سخت‌تر به تعمیر و نگهداری طراحی شوند.



شکل ۳-۶. نمای تک‌پوسته با شیشه سه‌جداره، اسپندل آئروژل و صفحه آفتاب‌گیر خارجی،

ساختمان مجسمه‌سازی دانشگاه ییل در آمریکا، منبع: انزو فیگورس^۳.

1. Kieran Timberlake

2. PCM

3. Enzo Figueres



شکل ۴-۶. نمای تک پسته با تهویه طبیعی و پنل های فتوولتائیک در مسکن مقرون به صرفه (قابل استطاعت) سانتا مونیکا، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا، منبع: کالدر اولیور^۱.

نمای تک پسته با تهویه طبیعی: ساختمان کم ارتفاع

تهویه طبیعی همیشه در ساختمان های کم ارتفاع استفاده شده است. با این حال، استفاده انحصاری از آن، در برخی مواقع جای خود را به تهویه مکانیکی و تهویه مطبوع، زمانی که آن فناوری ها در دسترس هستند، داده است. از طرف دیگر، نگرانی های مربوط به انرژی و محیط زیست، طرح های جدیدی را بررسی می کند که به دنبال بازیابی مزایای تهویه طبیعی و حفظ استانداردهای بالاتر برای راحتی ساکنین هستند.

بسیاری از نمونه های این فصل دارای نوعی تهویه طبیعی به عنوان مکمل تهویه مکانیکی هستند. به ندرت می توان ساختمان های امروزی را یافت که در آن ها، تهویه مطبوع (مکانیکی) به کلی حذف شده باشد. ساختمان «انویرومنتال»^۲ (گارستون، انگلستان، ۱۹۹۷) توسط گروه معماران «فیلدن کِلگ»^۳ به عنوان یک ساختمان اداری مدل، با استفاده از مشخصات ایجاد شده توسط دفتر کارآمد آینده انرژی، با مشارکت بین مؤسسه تحقیقاتی ساختمان، تولیدکنندگان، طراحان و شرکت ها طراحی شد. این طراحی از اصول تهویه دوطرفه و دودکشی استفاده می کند. سایه اندازی بیرونی که بخش های بزرگی از نمای جنوبی را پوشش می دهد، یک منطقه حائل سازگار ایجاد می کند که بسیار شبیه فضای هوایی نمای دوپسته عمل می کند؛ لوورهای شیشه ای که از طریق سیستم مدیریت ساختمان کنترل می شوند، برای تنظیم نور روز و باد براساس شرایط آب و هوایی متغیر می چرخند [۲۶].

یک نمونه ساختمان مسکونی که از تهویه طبیعی استفاده می کند، مسکن «سانتا مونیکا»^۴ در دادگاه کلرادو، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا دیده می شود. این ساختمان پنج طبقه که در سال ۲۰۰۲ توسط «پوگ»^۵ و «اسکار پا»^۶ تکمیل شد، دارای چهل و چهار واحد مسکونی مقرون به صرفه است که برای آسایش در آن، از انرژی کم و جهت گیری مکان، پوشش کارآمد ساختمان از نظر حرارت و تهویه طبیعی استفاده شده است. (لازم به ذکر است که فقط یک قسمت مشترک کوچک در طبقه ورودی دارای تهویه مطبوع است. رواق های سایه دار عمیق در نمای جنوبی، یک منطقه حائل خنک ایجاد کرده اند؛ در کنار این که واحدها برای تهویه متقابل طراحی شده اند.

1. CalderOliver
2. Environmental

3. Feildon Clegg
4. Santa Monica

5. Pugh
6. Scarpa



شکل ۶-۵. پنل‌های خورشیدی در ورودی ساختمان دادگاه‌های کلرادو، منبع: ماروین راند^۱.

پنجره‌های دوجداره دارای شیشه با انتشار پایین هستند. دیوارها از انواع سازه‌ها، از جمله در طبقه همکف از بتن‌آرمه، تشکیل شده‌اند. طبقات بالایی به‌جای چوب ابعاد با چوب کامپوزیت سبک قاب شده، با سلولز عایق شده و با گچ پوشیده شده است. صفحه‌نمایش پنل‌های خورشیدی رو به جنوب غربی در ورودی، یک منطقه حائل سایه‌دار دیگر را تشکیل می‌دهد. پنل‌های خورشیدی و یک سیستم تولید هم‌زمان میکرو توربین گازی برق در محل، برای این پروژه بی‌نظیر انرژی تولید می‌کنند [۲۷].

نمای تک‌پوسته با تهویه طبیعی: ساختمان بلندمرتبه

تأمین تهویه طبیعی در ساختمان‌های بلند چالش بزرگ‌تری است. نماها باید مسائل مربوط به سرعت باد و فشار را که بر بازشوها در ارتفاعات بالاتر تأثیر می‌گذارد، حل کنند. بسیاری از ساختمان‌ها هوای تازه را تنها از طریق یک سیستم تهویه وارد می‌کنند که به‌طور مرکزی هوای بیرون را تنظیم و فیلتر می‌کند. با این حال، ظرفیت ورود مستقیم هوای تازه خارج، یک هدف برای بسیاری از پروژه‌ها به‌منظور کاهش مصرف انرژی، بهبود کنترل شرایط محیط داخلی به‌دست ساکنان و حس ارتباط با طبیعت است. همان‌طور که در مثال‌های فصل‌های قبل نشان داده شد، انواع طرح‌های دوپوسته و آتریوم به‌طور خاص برای حل مشکل تهویه طبیعی در ساختمان‌های بلند با ایجاد مسیرهای هوایی غیرمستقیم برای رسیدن هوا به داخل، اغلب با کنترل‌های خودکار، تکامل یافتند تا مانع از بازشدن دریچه‌ها در زمان‌هایی شود که بادهای شدید یا دمای هوا باعث نامطلوب شدن تهویه می‌شود.

به‌عنوان جایگزینی برای نمای دوپوسته، ساختمان‌های بلند با نمای تک‌پوسته که تهویه طبیعی را امکان‌پذیر می‌سازند، اخیراً در بسیاری از تابلوهای طراحی یا در بالای آن‌ها قرار دارند. منافذ تهویه معمولاً از بخش‌های شیشه‌ای که برای دید تعبیه شدند جدا می‌شوند.

1. Marvin Rand



شکل ۶-۶. نمای تک‌پوسته با تهویه طبیعی در برج‌های های‌لایت بیزینس^۱ واقع در مونیخ آلمان، منبع: لارس^۲.



شکل ۶-۷. نگاهی به نمای تک‌پوستی برج‌های های‌لایت بیزینس، پنجره‌های باریک قابل اجرا مجهز به پانل‌های فولادی ضدزنگ سوراخ‌دار با پانل‌های سه‌جداره ثابت عریض‌تر جایگزین می‌شوند، منبع: مارتین فالبیزونر^۳.

یکی از نمونه‌ها برج‌های های‌لایت بیزینس طراحی شده توسط معماران مورفی^۴/جان^۵ (مونیخ، آلمان، ۲۰۰۴) است. دو برج - یکی بیست‌وهشت طبقه و دیگری سی‌وسه طبقه - با یک نمای شیشه‌ای تک‌پوسته پوشیده شده‌اند که تهویه مستقیم و غیرفعال فضای داخلی دفتر را امکان‌پذیر می‌کند. پانل‌های ثابت سه‌جداره، پانل‌های تهویه کمتر را جایگزین می‌کنند. صفحه داخلی لولایی پانل‌های تهویه، یک شیشه نیمه‌شفاف است که روی یک پانل ثابت از فولاد ضدزنگ سوراخ‌شده با سطح بیرونی قاب نما باز می‌شود. این دهانه‌های موتوری را می‌توان توسط ساکنان دفتر از طریق یک صفحه کنترل اتاق یا توسط سیستم مدیریت ساختمان جهت خنک کردن شب کنترل کرد. کنترل خورشیدی از طریق پرده‌های قابل کار با موتور در داخل فضای اداری مدیریت می‌شود [۲۸].

1. Highlight Business Towers
2. Lars20070

3. Martin Falbisoner
4. Murphy

5. Jahn

دیوارهای پرده‌ای

هنگامی که یک سایه‌بان بیرونی به‌طور جامع نمای بسیار لعاب‌دار را پوشش می‌دهد، می‌توان آن را یک دیوار پرده‌ای نامید. دیوارهای پرده‌ای معمولاً در آب‌وهوای معتدل و گرم یافت می‌شوند که نیاز به کاهش عبور نور و بهره‌خوردگی زیاد است؛ درحالی‌که نیاز به گرمایش خوردشیدی کم است. پرده‌ها را می‌توان تقریباً از هر ماده‌ای مانند فلز، چوب و مصالح بنایی انتخاب کرد و ساخت. دیوار پرده‌ای را می‌توان به‌صورت غشاء (مثلاً ورق فلزی سوراخ‌دار) یا ساخت ترکیبی مانند شبکه سیم بافته‌شده یا ردیف میله‌های سرامیکی ساخت. طبقه‌بندی عناصر محافظ شیشه در یک‌لایه نمای بیرونی می‌تواند دشوار باشد. صفحه‌های شیشه‌ای که نما را به‌طور کامل می‌پوشانند، به‌طوری‌که نقش پرده در برابر باران را برای پوشش ساختمان انجام می‌دهند، می‌توانند به‌عنوان نمای دوپوسته طبقه‌بندی شوند (برای مثال، نمای دوپوسته شیشه‌ای قابل اجرا در ساختمان «دبیس هید کوارترس»^۱ در برلین آلمان، و یا نمای دوپوسته را در ساختمان کتابخانه مارسیل^۲ که در پوسته خارجی‌اش از سنگ مرمر و شیشه استفاده شده است، ببینید.



شکل ۶-۸. دیوار پرده‌ای در دیواره جنوب شرقی ساختمان فدرال سانفرانسیسکو در کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا، برخی از پانل‌های سوراخ شده در موقعیت باز، منبع: کن لوند.^۳

هنگامی که یک‌لایه شیشه‌ای دوم که فقط تا حدی نما را می‌پوشاند اضافه می‌شود، ساختمان به‌طور مناسب‌تری به یک ساختمان تک‌پوسته با سایبان بیرونی تبدیل می‌شود، همان‌طور که در ساختمان انویرونمنتال قبلاً توضیح داده شد. دیوارهای پرده‌ای مانند نمای دوپوسته تهویه‌شده از خارج عمل می‌کنند زیرا دائماً یک اقلیم حائل مانند سایه‌دار در کنار دیوار حائل حرارتی ساختمان ایجاد می‌کنند. منطقه حائل بین نمای اولیه و دیوار پرده‌ای علاوه بر انجام یک عملکرد سایه، تهویه را تسهیل می‌کند. در مورد ساختمان فدرال سانفرانسیسکو، طراحی شده توسط «مورفوزیس»^۴ (سان فرانسیسکو، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۷)، یک دیوار پرده‌ای جزء ضروری برای تهویه کل ساختمان است. جدای از این، هویت بصری قوی‌ای را به ساختمان می‌بخشد. مهندسان مشاور اروپا می‌کنند که آب‌وهوای معتدل سانفرانسیسکو طراحی تهویه را ممکن کرده‌است. ساختمان اداری هجده طبقه به‌طور طبیعی در بالای طبقه پنجم با استفاده از اصول تهویه دوطرفه و دودکشی تهویه می‌شود. این طرح متکی بر توده و جهت‌گیری پلان باریک برای گرفتن بادهای غالب شمال غربی است. نمای شمال غربی با یک سیستم سایه‌انداز خارجی از پره‌های شیشه‌ای

1. Debis Headquarters
2. Marseille Library

3. Ken Lund
4. Morphosis

عمودی که عمود بر صفحه ساختمان ثابت شده‌اند و دریچه‌های هواکش کنترل‌شده توسط سیستم مدیریت ساختمان، تعبیه شده است. نمای جنوب شرقی یک دیوار پرده‌ای است که از پانل‌های فلزی سوراخ‌دار تشکیل شده است که از یک محفظه دیوار پرده‌ای تمام‌شیشه‌ای جدا شده و بر روی یک سیستم قاب‌بندی مانند داربست قرار گرفته‌اند. هنگامی که هوا در شکاف بین دیوار ساختمان و دیوار پرده‌ای گرم می‌شود، با بالارفتن هوای گرم، هوای تازه از طریق سقف‌های اداری با پلان باز از دهانه‌های نمای شمال غربی وارد می‌شود. ردیف‌هایی از پانل‌های قابل‌اجرا در دیوار پرده‌ای می‌توانند باز شوند تا در صورت نیاز، گرمای بیش‌ازحد را آزاد کنند. این طراحی عملکردهای روشنایی و تهویه روز را بهینه می‌کند؛ به‌طوری‌که سیستم خنک‌کننده مکانیکی لازم نیست. براین‌اساس، ۱۱ میلیون دلار در هزینه‌های ساخت‌وساز ۵۰۰۰۰۰ دلاری مصرف سالیانه انرژی صرفه‌جویی می‌شود [۲۹].



شکل ۶-۹. ساختمان فدرال سانفرانسیسکو زمانی که تمام پنل‌های دیوارهای پرده‌ای بسته شده‌اند، منبع: میشل اورینزو^۱.

دیوارهای پرده‌ای سبز: ساختمان‌های کم‌ارتفاع

گنجاندن پوشش گیاهی در حال رشد در معماری می‌تواند ظاهر ساختمان را بهبود بخشد و یک ریزاقلیم طبیعی مطلوب در محیط‌های شهری ایجاد کند. دیوارهای سبز مانند بام‌های سبز دارای خواص عایق مفیدی هستند اما به دلیل تکیه‌گاه محکم، این سیستم‌ها به‌عنوان ابزار سایه‌بان مفید نیستند. ازسوی دیگر، صفحه‌های سبز عمدتاً به‌عنوان ابزارهای سایه‌انداز با گیاهانی که با توجه به آب‌وهوای محلی، جهت‌نما، مقررات آبیاری و نگهداری انتخاب شده‌اند، طراحی می‌شوند. گیاهان معمولاً در زمین ریشه دارند و برای رشد بر روی یک چهارچوب فلزی مهیا شده‌اند.

دیوارهای پرده‌ای سبز: ساختمان‌های بلندمرتبه

صفحات سبز را نیز می‌توان در ساختمان‌های بلند ادغام کرد، اما کاربردهایش به دلیل توانایی پوشش گیاهی برای رشد در ارتفاع و مقاومت در برابر بادهای بیشتر، محدود شده است و باید برای آبیاری و نگهداری تفکر شود. در ساختمان

1. Michele Urisino

بازسازی‌شده «ادیت گرین وندل وایت فدرال»^۱ (پورتلند، اوره، ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۳)، یک نمای بتنی ازپیش‌ساخته ضخیم و بدون عایق که به برج اداری مربوط به دوره ۱۹۷۴ متصل بود، به‌عنوان بخشی از ارتقاء نوسازی کل ساختمان در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ برداشته شد.

در طراحی مجدد توسط «گروه‌های معماران سِرا»^۲ و معماران «کاتلر اندرسون»^۳، سازه بتنی هجده طبقه با یک دیوار پرده‌شیشه‌ای با کارایی بالا و وزن سبک‌تر بازسازی شد. محفظه شیشه‌ای با دیوارهای پرده‌ای که نقش سایبان خارجی را دارند در تمام نماها به‌جز نمای شمالی همراه شده است.

دیوار پرده‌ای جدید به قاب آلومینیومی با لعاب سه لایه مقاوم در برابر انفجار به‌رنگ سبز مجهز شده است. شیشه برای دید از یک‌طاقچه با ارتفاع ۱۰۶۷ میلی‌متر (۴۲ اینچ) تا سقف گسترش می‌یابد. لعاب اسپندل در بخش دیوار پایینی با عایق ترموفیبر ۲۲۹ میلی‌متری (۹ اینچ) ساخته شده است. بعدازظهرها در نمای شمال غربی، خورشید با زاویه پایین از طریق یک ردیف منحنی از «نی»های عمودی آلومینیومی اکستروژده توخالی، رد می‌شود. در نماهای جنوب غربی و جنوب شرقی، صفحه به‌صورت کفی بریز شکل گرفته‌است که از قاب دیوار پرده‌ای به‌سمت بیرون کشیده شده است. سایبان‌های افقی فلزی مانند قفسه‌های سبک هستند. قسمت بالایی صفحات با رنگ نقره‌ای بازتابنده و قسمت پایینی با رنگ سبز ظریف رنگ‌آمیزی شده است. چهارچوب عمودی شفاف کفی بریز، از یک‌سری میله‌های فلزی نازک تشکیل شده است. انگورهای کاشته‌شده در سطح زمین از میله‌ها و نیزارها فقط تا ارتفاع سه یا چهار طبقه اول بالا می‌روند، اما باین‌وجود، شرایطی از سرسبزی خنک و ارتباط با طبیعت را ایجاد می‌کنند که در طبقه‌های بدون پوشش گیاهی بالا در ساختار پرده‌مفصلی ادامه دارد.



شکل ۶-۱۰. صفحه سبز در سفارت فنلاند در واشنگتن دی سی، ایالات‌متحده آمریکا، طراحی‌شده توسط معماران هیککینن کومونن^۴ (۱۹۹۴)، منبع: اسلوکینگ^۵.

عملکرد سیستم تنظیم‌شده سایه‌انداز بیرونی در ترکیب با دیوار پرده‌ای با کارایی بالا، جایگزین سیستم تهویه مطبوع با حجم هوای متغیر قبلی، از طریق پانل‌های سقفی خنک‌کننده و گرمایش تابشی کارآمد و یک سیستم هوای ۱۰۰ درصد تازه‌تهویه مجزا شده است. لبه‌های دال در ناحیه‌ای که توسط نمای ازپیش‌ساخته ضخیم، خالی باقی مانده بود، گسترش یافت، به‌گونه‌ای که ظرفیت بار انفجار سازه اصلی را افزایش داد [۳۰].

1. Edith Green—Wendell Wyatt Federal

2. SERA
3. Cutler Anderson

4. Heikkinen-Komonen
5. Slowking



شکل ۶-۱۱. ادیت گرین - ساختمان فدرال وندل وایت^۱ (پورتلند، اورگان، ایالات متحده آمریکا)، نمای ساختمان اصلی توسط اسکیدمور اوینگز^۲ و مریل^۳ در سال ۱۹۷۴ طراحی شده است، عکس گرفته شده در سال ۲۰۰۸، منبع: ام او استیونز^۴.



شکل ۶-۱۲. ادیت گرین - ساختمان فدرال وندل وایت (پورتلند، اورگان، ایالات متحده آمریکا)، نمای شیشه‌ای تک‌پسته و روند ساخت دیوار پرده‌ای در سال ۲۰۱۱، منبع: انودر بیلپور^۵.

1. Wendell Wyatt
2. Skidmore Owings

3. Merrill
4. M. O. Stevens

5. Another Believer



شکل ۶-۱۳. ادیت گرین-ساختمان فدرال وندل وایت در پورتلند، اورگان، ایالات متحده، نمایی از نمای جدید شمال غربی در حال اتمام در سال ۲۰۱۲، منبع: انودر بیلیور.



شکل ۶-۱۴. برج‌های آل باهار^۱ (ابوظبی، امارات متحده عربی)، واحدهای نما در واکنش حرکتی به محیط: بسته در آفتاب و باز در سایه، منبع: تری میر پروک.

1. Al Bahar

دیوارهای پرده‌ای: در اقلیم گرم

پرده‌ها در هر آب‌وهوایی برای کاهش نور خورشید، باد، ایجاد تهویه و حریم خصوصی مفید هستند، اما در آب‌وهوای گرم که نیازی به بسته‌شدن کامل پوسته بیرونی در یک منطقه حائل نیست، نیز مناسب هستند. فضای هوایی بین نما و محفظه ساختمان یک ریزاقلیم ایجاد می‌کند که از بسیاری جهات مانند پوسته بیرونی یک نمای دوپوسته تهویه‌شده عمل می‌کند. استفاده از موادی غیر از شیشه برای لایه بیرونی نمای بیرونی در آب‌وهوای گرم منطقی است، همان‌طور که سنت‌های بومی بی‌شماری با استفاده از صفحات چوبی سوراخ‌دار، فلزی یا بنایی صحرای این مورد می‌گذارند، که بسیاری از آن‌ها در فصل چهارم به‌عنوان پیش‌سازهای نمای دوپوسته مدرن ذکر شده‌اند.



شکل ۶-۱۵. مصالح پی تی اف ایی^۱ با پوشش تفلون در برج آل باهار یک غشاء محافظ کششی و شفاف در برابر نور خورشید و شن و ماسه ایجاد می‌کند، منبع: تری میر بروک.

شاید همان‌طور که توسط تری مایر بواکه^۲ در «نماهای آب‌وهوای گرم: اجتناب از دریافت تابش خورشیدی» پیشنهاد شده است، بسیاری از طرح‌ها نشان‌دهنده نسل جدیدی از نمای دوپوسته است که برای آب‌وهوای گرم سازگار شده است [۳۱].

یک نمونه معاصر از نمای چندلایه آب‌وهوای گرم، پوسته پویا و مدولار است که در دفتر مرکزی شورای سرمایه‌گذاری ابوظبی، که به‌عنوان برج‌های آل باهار (۲۰۱۲) شناخته می‌شود، به کار گرفته شده است. دو برج اداری تقریباً یکسان، بیست‌وشش طبقه بالاتر از یک تریبون مشترک در مرکز منطقه مالی ابوظبی، در امارات متحده عربی قرار دارند.

در این دو برج که توسط «آروپ» و «معماران آنداس»^۳ به‌عنوان مهندسان سازه و مکانیک طراحی شده، یک دیوار پرده‌ای در اطراف، به جز یک نوار کوچک رو به شمال، بر روی برج‌های دوجداره، سایه می‌اندازد. پی تی اف ای با روکش

1. PTFE

2. Terri Meyer Boake

3. Aedas

تفلون یکپارچه نیمه‌شفاف که در سازه‌های کششی استفاده می‌شود، به قاب‌های آلومینیومی مثلثی کشیده می‌شود تا واحدهایی را تشکیل دهد که مانند یک چتر آفتابی سه‌طرفه عمل می‌کنند. هرواحد با پایه‌های فولادی ضدزنگ به خطوط کف ساختمان متصل می‌شود. این واحدها به‌طور تدریجی از طریق یک میلهٔ محرک مرکزی که با کابل کنترل می‌شود، به داخل ساختمان باز می‌شوند. هربرج بیش از هزارواحد دارد که از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند تا با حرکت خورشید در آسمان بازوبسته شوند تا از شدت زیاد نور مستقیم خورشید جلوگیری کنند. در پاسخ به یک سیستم حسگر، سیستم مدیریت ساختمان، می‌تواند برنامهٔ روزانه را برای بازکردن واحدها در روزهای ابری یا در زمان‌های باد شدید لغو کند [۳۲].

وقتی این واحدها بسته می‌شوند، آن‌ها به‌هم می‌رسند تا صفحه‌ای یکپارچه از مثلث‌ها و شش‌ضلعی‌های به‌هم‌پیوسته را تشکیل دهند. نقوش غنی، یادآور پرده‌های مشربیهٔ بومی منطقه و فرهنگ اسلامی است. بوک^۱ مشاهده می‌کند که نماهای دوپوسته باتوجه به آب‌وهوای گرم در این منطقه از استراتژی معمولی نمای دوپوسته برای قراردادن دستگاه‌های سایه‌دار لووردار در یک حفرهٔ هوای عایق‌بندی‌نشده اجتناب می‌کنند، زیرا مشکلاتی با تجمع گردوغبار و ماسه‌های ریز به‌وجود می‌آورد. در عوض، سیستم سایه به لایهٔ بیرونی انتقال می‌یابد [۳۳]. البته مشکلات گرما، باد و شن از بین نمی‌روند. این «پوسته‌های سایه‌دار» باید به‌گونه‌ای قوی طراحی شوند که در برابر فشارهای محیطی مرتبط با این محیط مقاومت کنند.

تعریف دقیق نمای دوپوسته به‌عنوان دولایهٔ تمام‌شیشه‌ای، نه‌تنها باتوجه به سازگاری با آب‌وهوای مختلف بلکه با ظهور مواد و تکنیک‌های ساخت جدید به چالش کشیده شده است. علاوه‌بر پی تی اف ای، نماهای ساختمانی با پلاستیک‌های نیمه‌شفاف دیگر مانند اکریلیک قالب‌گیری‌شدهٔ پی ام ای ای^۲ (دفتر مرکزی ریس، لندن، انگلستان، ۲۰۰۸) و غشاهای ای تی اف ای (یونیلور هاوس، هامبورگ، آلمان، ۲۰۰۹) ساخته می‌شوند.

پاسخ «نه» به تمام‌شیشه‌ای بودن

البته، بسیاری از پروژه‌ها با نسبت کمتر پنجره به دیوار، نسبت به گزینه‌هایی که قبلاً توضیح داده شد، اجرا می‌شوند. مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر^۳، نمایندهٔ ساخت‌وساز «دیوار عظیم» است (گلدن، کلرادو، ایالات‌متحدهٔ آمریکا، ۲۰۱۰). مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، اهداف بلندپروازانه‌ای را برای پروژهٔ نمایشی تعیین کرد که درنظر داشت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و فن‌آوری‌های بهره‌وری انرژی را به‌نمایش بگذارد و الگویی برای فضای اداری مقرون‌به‌صرفه و بسیار کارآمد در سراسر کشور باشد. اهداف «پلاتین لید»^۴ و مصرف انرژی کم (۵۰ درصد انرژی یک ساختمان اداری معمولی در مقیاس بزرگ) بدون اضافه کردن هزینه، نوآوری را در طول فرآیند پروژه هدایت کرد [۳۴]. استراتژی‌های جمع‌آوری انرژی خورشیدی غیرفعال با آب‌وهوای آفتابی اما اغلب سرد کلرادو، هم‌سو بودند و تیم را به ارزیابی تعدادی از استراتژی‌های طراحی برای ازپیش گرم کردن هوای بیرون برای محدودکردن انرژی مصرف‌شده برای گرمایش واداشت. در بحث‌های اولیه، تیم پروژه یک دیوار دوپوسته در نمای جنوبی را برای گرم کردن هوا درنظر گرفت اما از مسائل فنی، هزینه و نگهداری راضی نبودند [۳۵]. سپس یک نمای کلکتور خورشیدی مقعر را انتخاب کرد که به‌طور غیرفعال هوای تهویه را در یک سیستم روکش فلزی سوراخ‌دار ازپیش گرم می‌کند.

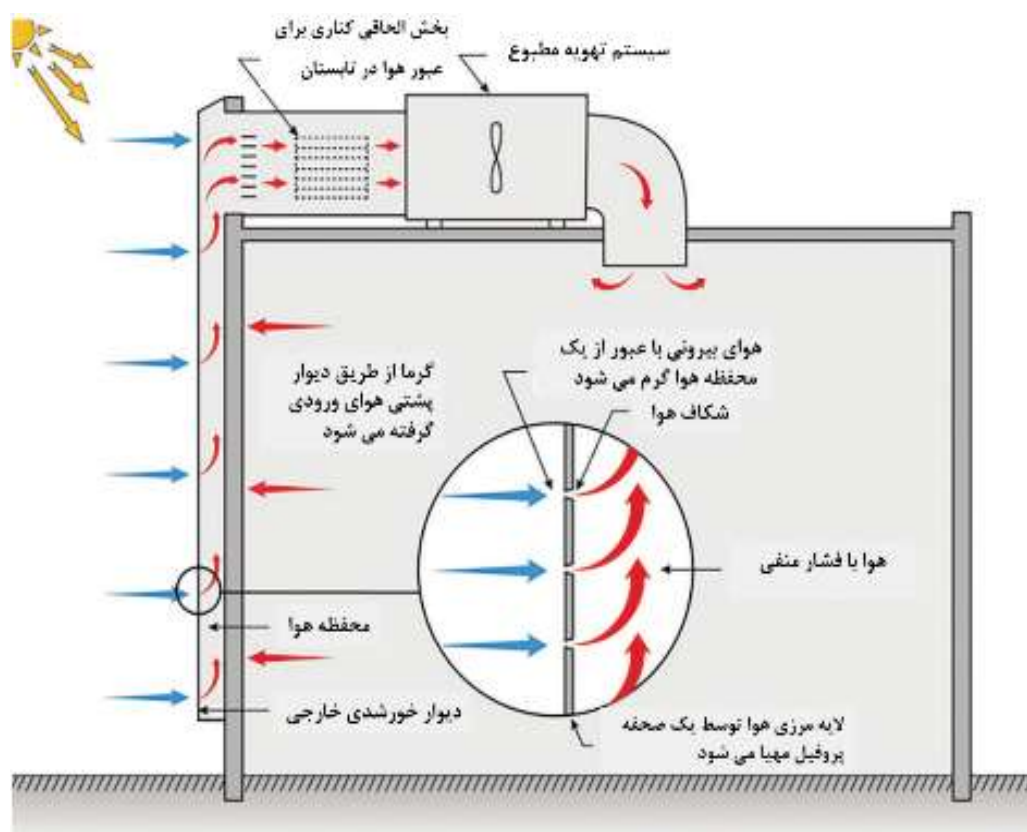
دیوار کلکتور خورشیدی مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر از روکش فولادی سوراخ‌دار برنزی‌رنگ تشکیل شده است که در جلوی لایهٔ کنترل حرارتی دیوار قرار می‌گیرد تا یک فضای هوایی پیوسته ایجاد کند. فلز تیره‌رنگ تابش خورشید را جذب می‌کند. هوای بیرون روی سطح فلز گرم می‌شود و درحین عبور از سوراخ‌های کوچک جاذب، هوای داخل حفره با گرمای تابش‌شده از داخل پوست فولادی، بیشتر گرم می‌شود. هوای موجود در

1. Boake
2. PMAA

3. NREL
4. LEED

پلنوم به کانال‌های ورودی هوای تازه واحدهای تهویه مطبوع ساختمان تحویل می‌شود. دمپرها در مجرای ورودی، ورود هوای ازپیش گرم‌شده را در زمستان کنترل می‌کنند و هوای تازه ورودی می‌تواند کلکتور خورشیدی را در تابستان دور بزند. مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر براساس تجربه خود در توسعه فناوری در کنار یک شرکت بخش خصوصی در دهه‌های قبل با عملکرد نماهای کلکتور خورشیدی مقعر آشنا بود. این اولین بار بود که کلکتور خورشیدی در یک ساختمان اداری اعمال می‌شد. با این حال، تجربه قبلی با سیستم نما، سطح راحتی مشتری را با خطر یک تکنیک ساختمانی نوآورانه افزایش داد [۳۶].

معیارهای یک نمای تمام‌شیشه‌ای به‌طور قابل‌توجهی در فهرست اولویت‌های مرکز تحقیقاتی آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر برای ساختمان اداری تحقیقاتی آن‌ها وجود نداشت و به این ترتیب یک عامل غالب در کنار گذاشتن راه‌حل نمای دوپوسته بود. تیم‌های طراحی باید سعی کنند با ایجاد و رتبه‌بندی معیارهای طراحی در مراحل اولیه برنامه‌ریزی پروژه، برآورد هزینه‌ها و شبیه‌سازی عملکرد تغییرات نما در چندین نقطه در طول طراحی، به این سؤال پاسخ دهند که «چه نوع نما بهترین است؟» حتی پس از تکمیل و استفاده از پروژه، بسته به انگیزه‌ها و علایق ذی‌نفعان، به سؤال «این نما بهترین انتخاب بود؟» پاسخ‌های متفاوتی خواهند داد.



شکل ۶-۱۶. عملکرد دیوار جمع‌کننده هوای تعریق‌شده خورشیدی به‌طور شماتیک، منبع: شرکت مهندسی کانسروال^۱.



شکل ۶-۱۷. نمایی از ساختمان تحقیقاتی در لابراتوار ملی انرژی‌های نو واقع در کلرادوی ایالات متحده آمریکا، منبع: با نیت از اتحاد برای انرژی پایدار و وزارت انرژی ایالات متحده، عکس از: دنیس اسچرودر^۱.

1. Dennis Schroeder

یادداشت

- [1] High Performance Building Council, "About the Council," National Institute of Building Science, www.nibs.org/page/hpbc.
- [2] Ibid.
- [3] Ibid.
- [4] Architecture 2030, "Why the Building Sector?" https://architecture2030.org/buildings_problem_why/.
- [5] Donald B. Corner, "All that Glass? Is there an appropriate future for double-skin facades?" in *Journal of Building Enclosure Design*, Summer 2006, 19–24.
- [6] Stephanie Vierra, "Green Building Standards and Certification Systems," National Institute of Building Sciences, Whole Building Design Guide (WBDG), www.wbdg.org.
- [7] Vidar Lerum, *High-Performance Building* (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008), 6–7.
- [8] Architecture 2030, "Why the Building Sector?"
- [9] Lerum, *High-Performance Building*.
- [10] Steve Mudie, Rachel Coleman, and Steve Watts, "Façades: Do all-glass buildings make financial sense?" *Building* (July 12, 2017), www.building.co.uk.
- [11] Ibid.
- [12] Ibid.
- [13] Xavier Loncour et al., *Ventilated Double Façades: Classifications & Illustrations of Façade Concepts* (Brussels: Belgian Building Research Institute, 2004).
- [14] Eberhard Oesterle, Rolf-Dieter Lieb, Martin Lutz, and Winfried Heusler, *Double-Skin Façades: Integrated Planning: Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-Conditioning, Economic Viability* (Munich: Prestel Verlag, 2001), 178–98.
- [15] Ibid., 185.
- [16] Jeffrey Vaglio, Mic Patterson, Stacey Hooper, and Doug Noble, "Emerging Applications and Trends of Double-Skin Façades," in *International Conference on Building Envelope Systems and Technologies (ICBEST)* (Vancouver: National Research Council Canada, 2010), 191–99.6.17 View of the Research Support Facility at the National Renewable Energy Laboratory (Golden, Colorado, USA). Source: Courtesy of Alliance for Sustainable Energy, LLC and the U.S. Department of Energy. Image: Dennis Schroeder/NREL.156 CHAPTER 6: Double-Skin Façades: Motivations and Alternatives
- [17] 16. Michael Wigginton and Battle McCarthy, "Research and Development—Double Skin Technology," 2000, archived website.
- [18] Ibid.
- [19] Steve Mudie, "Specialist Costs: Curtain Walling," *Building* (May 20, 2011), www.building.co.uk.
- [20] Mudie, Coleman, and Watts, "Façades."
- [21] Roger Frechette and Russell Gilchrist, "Towards Zero Energy: A Case Study of the Pearl River Tower, Guangzhou, China," *Proceedings of the CTBUH 2008 8th World Congress*, Dubai (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 2008), www.ctbuh.org.
- [22] Mudie, Coleman, and Watts, "Façades."
- [23] Mark Plummer, "Case Study: The Crystal," *CIBSE Journal* (October, 2013), 32–36.
- [24] Siemens Press Release, "LEED Platinum Certification for the Crystal," November 14, 2013, www.siemens.com.
- [25] 2013, www.siemens.com.
- [26] Siemens, "The Crystal," www.thecrystal.org/about/architecture-and-technology/.
- [27] The American Institute of Architects, "Top Ten Projects: Yale Sculpture Building and Gallery," www.aiaopten.org.
- [28] BRE, "The Environmental Building," (BRE, 2000), <http://projects.bre.co.uk/envbuild/>.
- [29] U.S. Department of Energy, "Building Catalog: Case Studies of High Performance Buildings: Colorado Court Affordable Housing," EERE Building Technologies Office, <https://buildingdata.energy.gov/project/colorado-court-affordable-housing>.
- [30] Antony Wood and Ruba Salib, *Natural Ventilation in High-Rise Office Buildings: An output of the CTBUH Sustainability Working Group* (Chicago: CTBUH in conjunction with IIT and Routledge / Taylor and Francis Group, 2012), 92–97.
- [31] Arup, "San Francisco Federal Building," www.arup.com/en/projects/s/ San-Francisco-Federal-Building.
- [32] Logan Ward, "In Detail: Edith Green-Wendell Wyatt Federal Building Modernization," *Architect*, June 25, 2014, and Benson Industries, "Edith Green-Wendell Wyatt Federal Building," www.bensonglobal.com.

- [33] Terri Boake, "Hot Climate Double Façades: Avoiding Solar Gain" (Los Angeles: Façade Tectonics 14, 2014), www.tboake.com.
- [34] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, "Featured Tall Buildings: Al Bahar Towers, Abu Dhabi" and "2012 CTBHU Awards Book," www.ctbuh.org.
- [35] Boake, "Hot Climate Double Façades."
- [36] Rob Guglielmetti et al., "Energy Use Intensity and Its Influence on the Integrated Daylighting Design of a Large Net Zero Energy Office Building," *ASHRAE Transactions* 117, no. 1 (2011): 610–20.
- [37] George Douglas, NREL, "Labyrinth to Store Energy in Basement for Later Use," *Renewable Energy World*, June 9, 2009, www.renewableenergyworld.com.
- [38] Mary Ben Bonham, "Leading by Example: New Professionalism and the Government Client," *Building Research and Information* 41, no. 1 (2013): 77–94.



شکل ۷-۱. ساختمان شارد در زمان ساخت، در زمان نصب روکش فلزی در ارتفاعات بالاتر، یک جرثقیل به‌طور موقت در بخش میانی برج ساخته شده، منبع: تری میر بروک.

فصل هفتم

کارایی نمای دوپوسته در عمل

این فصل یک نمای کلی از مسائل و عملکرد نما که در هر مرحله از تحویل پروژه معماری رخ می‌دهد، ارائه می‌دهد. برای دستیابی به ساختمان‌های با کارایی بالا، فرآیند طراحی نما باید با طراحی پایدار کل ساختمان در یک فرآیند یکپارچه که معماران، مهندسان و سازندگان را برای ایجاد و برآورده کردن معیارهای عملکرد گرد هم می‌آورد، همراه شود. ارزیابی عملکرد به صورت پیش‌بینی‌کننده در تمام مراحل پروژه مورد نیاز است، از مفاهیم پیش از طراحی گرفته تا شبیه‌سازی رایانه‌ای تا آزمایش فیزیکی یک ماکت نما در مقیاس کامل قبل از ساخت بنا. به منظور تأیید پیش‌بینی‌ها برای ساختمان‌های تکمیل‌شده، ارزیابی‌های عملکردی در زمان ساخت و پس از اسکان مورد نیاز است. تیم پروژه باید دانش گسترده و نسبتاً عمیقی از طراحی نما داشته باشد تا بتواند تصمیمات هوشمندانه‌ای در مورد نوع و عملکرد نما برای یک پروژه خاص اتخاذ کند. دانش تجربی، با فرآیندی تثبیت‌شده جهت آزمایش ایده‌های جدید و مدیریت ریسک، مسیری است که به معماری با عملکرد بالاتر منجر می‌شود.

کارایی نما

از زمان پیدایش نمای دوپوسته، این نوع از نما عملکرد بالا در زمینه‌ی کیفیت محیط داخلی را هدف قرار داده‌است. با گذشت زمان، ملاحظات عملکرد نمای دوپوسته به دلیل افزایش انتظارات برای استفاده کم انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی تکامل یافت. دستیابی به انرژی خالص صفر یا مثبت خالص به یک هدف ضروری تبدیل شده است. نوآوری در عمل زمانی اتفاق می‌افتد که معماران، مهندسان، متخصصان نما و سازندگان با همدیگر محدودیت‌های فناوری را برای رسیدن به ترکیب‌های جدیدی از عملکرد و زیبایی‌شناسی به پیش می‌برند. عوامل اولیه عملکرد را نمی‌توان در پیگیری برای عملکرد بالا فراموش کرد. ساختمان‌ها باید باکیفیت یا استاندارد ساخته شوند که از سلامت، ایمنی و رفاه ساکنان حمایت شود. نماها بخش قابل توجهی از پوسته خارجی کل ساختمان شامل سقف، دیوارها و پایه‌ها را نشان می‌دهد. به این ترتیب، نماها نقش مهمی در درجه نفوذپذیری ساختمان در برابر نیروهای طبیعی و انسانی مانند باد، نور خورشید، گرما، سرما، رطوبت، ذرات معلق در هوا و صداها دارند. پوسته خارجی برای مقاومت و پذیرش این نیروهای ذکرشده طراحی شده است.

نما همچنین باید برای محافظت از ساکنین و اموال در برابر نیروهای متناوب یا غیرمنتظره مانند سیل، آتش‌سوزی، طوفان، زلزله یا انفجارهای دست‌ساز طراحی شود.

عملکرد یک نما در هر یک از این حوزه‌ها منوط به انطباق با استانداردها و کدهای نظارتی ساختمان محلی، ایالتی و ملی است. مالکان و سازمان‌ها می‌توانند دنباله‌رو ساختمان‌هایی باشند که از حداقل سطوح عملکرد مورد نیاز کد، فراتر می‌روند تا به اهداف فردی برای هزینه‌های اولیه ساختمان، هزینه بهره‌برداری و نگهداری و سطح راحتی ارائه‌شده به ساکنان برسند. دستورالعمل‌های طراحی، سیستم‌های رتبه‌بندی و سایر ابزارها برای کمک به طراحان و مالکان در تصمیم‌گیری در مورد عواملی که در یک پروژه ساختمانی اولویت‌بندی می‌کنند، وجود دارد. معمار باید کدها و استانداردهای مربوطه را تفسیر کند و آن‌ها را به مقادیر عملکرد واضح و قابل اندازه‌گیری کاهش دهد. وظایف مربوط به عملکرد نما در تمام مراحل در طول پروژه گسترش می‌یابد و به تلاش‌های هماهنگ رشته‌های مختلف نیاز است.

فرآیند طراحی نما

یک شرکت طراحی برای یک پروژه ممکن است چندین رشته در داخل خود داشته باشد، مانند شرکت‌های معماری و مهندسی «ای ای ۱»^۱، یا یک شرکت معماری ممکن است تیمی از مشاوران را برای انجام این همکاری جمع کند. در هر دو سناریو، یک مشاور نما معمولاً مشغول تمرکز بر این جنبه پیچیده طراحی ساختمان است و به معمار و مهندسان در حد نیاز کمک می‌کند. شرکت‌های مشاوره نما دارای تخصص بین‌رشته‌ای در معماری، سازه‌ها، آب‌وهوا، روشنایی،

1. A/E

آکوستیک و غیره هستند. آن‌ها طرح را بررسی می‌کنند، اجزا و جزئیات جایگزین را پیشنهاد می‌کنند و به مشخصات نما برای اجزا و عملکرد کمک می‌کنند.

تقریباً هر مشاور در تیم پروژه تا حدودی با طراحی نما درگیر است که میزان مشارکت آن بستگی به راه‌حل طراحی دارد. نما مشابه وضعیت سقف باز یا اکسپوز است که در آن سیستم‌های ساختمان نیاز به هماهنگی دارند و تقریباً همه چیز در معرض دید قرار می‌گیرد. مهندس سازه باید بارهای متمرکز نما بر روی سازه را در نظر گرفته و مقدماتی را برای اتصال عناصر پوشش‌دهنده به حساب انحراف و انبساط در نظر بگیرد. درعین حال، مهندس مکانیک به تیم کمک می‌کند تا سیستم‌هایی را که در داخل یا مجاور حفره نما اجرا می‌شوند، به عنوان مثال، سیستم‌های گرمایش و سرمایش محیطی در نظر بگیرند. پروفیل انتقال حرارت و نور نما برای محاسبه سود و تلفات حرارتی به منظور اندازه‌گیری سیستم تهویه مطبوع ساختمان استفاده می‌شود. هنگامی که نمای دوپوسته به صورت مکانیکی تهویه می‌شود، مهندس مکانیک باید با معمار و مشاور نما همکاری نزدیکی داشته باشد تا فضای هوا و منافذ جریان هوا را به تفصیل بررسی کند. طراح نور، نما را از نظر پتانسیل برداشت در نور روز ارزیابی می‌کند و طرح‌های نورپردازی نمای بیرونی و داخلی را طراحی می‌کند. زمینه‌های هماهنگی شامل میزان انتقال نور شیشه، اندازه و فرم دهانه‌های لعاب‌دار و تمهیداتی برای سایه و تغییر جهت نور، مانند طاقچه‌های پنجره و پرده‌های قابل تنظیم است. سیستم‌های نورپردازی یا نمای تبلیغاتی نصب‌شده در حفره ممکن است نیاز به هماهنگی با مشاوران در آن تخصص‌ها داشته باشد. طراح داخلی به بسیاری از دغدغه‌ها، به‌ویژه مبلمان و استفاده از فضای مجاور نما و تأثیر پوشش داخلی بر توزیع نور توجه می‌کند.

مشاور پروژه احتمالاً پیامدهای مربوط به ایمنی آتش‌سوزی و ایمنی جانی در طراحی نما را بررسی خواهد کرد، به‌ویژه در مورد ساختمان‌های بلند و شفت‌های چندطبقه.

به عنوان مثال، یک نمای دوپوسته راهرو ممکن است به جزئیات خاصی برای توقف آتش در اتصال بین طبقات نیاز داشته باشد و یک نمای دوپوسته چندطبقه، ممکن است به یک سیستم اطفاء حریق خودکار در حفره یا سطوح پیشرفته ساخت‌وساز مقاوم در برابر آتش و سیستم‌های تشخیص و اعلام حریق نیاز داشته باشد. بسته به شرایط پروژه، یک مشاور آکوستیک ممکن است در مورد جزئیات نما برای اجرا به عنوان یک مانع صوتی توصیه‌هایی ارائه کند. الزامات طراحی برای سیستم‌های کنترل فعال نما نیز باید توسط مهندسان مکانیک و برق پروژه شناسایی و هماهنگ شود؛ جنبه‌های این سیستم‌ها ممکن است توسط مهندس برق پروژه طراحی و مستند شود، جایی که با سیستم‌های اصلی ساختمان ارتباط برقرار می‌کنند. بالین حال، اجزایی مانند سیستم‌های امنیتی و پرده‌های خودکار معمولاً توسط یک پیمانکار کنترل برق طراحی و نصب می‌شود. نیازهای این سیستم‌ها باید پیش‌بینی شود تا از ناهماهنگی احتمالی با بقیه پروژه جلوگیری شود.

همان‌طور که این بحث از همکاری چندرشته‌ای خبر می‌دهد، طراحی نماهای با کارایی بالا به‌طور مؤثر با یک فرآیند طراحی یکپارچه انجام می‌شود. نمایندگان مالک و کاربر نهایی، مدیران ساخت‌وساز و برآوردگران هزینه، علاوه بر تیم طراحی چندرشته‌ای مورد توجه می‌باشند.

در ادامه، فعالیت‌های مربوط به عملکرد نما در هر فاز پروژه از پیش‌طراحی تا پس از اسکان را مورد بحث قرار می‌دهیم. آخرین مرحله به مرحله اول اطلاع می‌دهد؛ عملکرد اندازه‌گیری شده، پیوند ضروری در حلقه‌های بازخورد لازم، برای ایجاد دانش تجربی مورد نیاز این حرفه به جهت طراحی مؤثر نماهای ساختمانی با کارایی بالا است.

جدول ۷-۱. عملکرد نما با توجه به کارهای مربوط به هر مرحله از پروژه

مراحل پروژه						
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
طرح‌های اولیه، کانسپت‌ها	طراحی شماتیک	توسعه طراحی	مدارک ساخت	مناقصه/خرید نهایی	پایان ساخت و ساز	بعد از اسکان
برنامه‌ریزی و برنامه‌دهی	شبیه‌سازی کارایی	شبیه‌سازی کارایی	پروژه و سناریوهای طراحی	مناقصه: ارزیابی مهندسی	مدل در مقیاس واقعی	رصد کارایی پس از اسکان
انتخاب سایت و تحلیل	حرکت عظیم، مقایسه مدل‌های سه‌بعدی	پیش‌بینی کارایی نما و اثر آن بر کل ساختمان	نقشه‌های ساخت		رصد ساخت و ساز	اصلاح تنظیمات سیستم و اجزای آن
تعیین بودجه	تنظیم مسیر طراحی برای کارایی نما وابسته به کل	مدل‌سازی دقیق‌تر و پالایش	چک نهایی با توجه به مدارک ساخت نما	نقشه‌های ساخت/چک نهایی	اجرای دقیق سنسورها و سیستم مدیریت ساختمان محوطه ساختمان	رفتار ساکنان
کانسپت اولیه نما براساس تجربه، علم و تخصص	استراتژی ساختمان		چرخه بازخورد			مطالعه بر رضایت ساکنان

۱- پیش از طراحی: ایده‌های اولیه و شاخص‌ها

دستیابی به عملکرد بالا با تعیین اهداف برای پروژه آغاز می‌شود. در حالت ایده‌آل، مالک، تیم طراحی (شامل مشاوران) و نمایندگان اپراتورها و ساکنان ساختمان آینده، عملکرد ساختمان مانند هزینه ساخت، نگهداری، راحتی کاربر و عملکرد انرژی را فهرست کرده و اولویت‌بندی می‌کنند. هنگامی که اهداف چالش‌برانگیز زودتر از موعد تعیین می‌شوند، احتمال بیشتری وجود دارد که تیم طراحی برای یافتن راه‌حلی ماهرانه دست به نوآوری بزنند.

تعیین معیارهای عملکرد کل ساختمان

نمونه‌ای از ایجاد معیارهای عملکرد کل ساختمان در استانداردهایی که توسط تیم‌های طراحی‌ای که برای اداره خدمات عمومی ایالات متحده^۱ کار می‌کنند تعیین شده، مشاهده می‌شود. به عنوان رابط بین کاربران نهایی ساختمان‌های دولتی و تیم‌های پروژه که برای طراحی و ساخت ساختمان‌ها استخدام می‌شوند، اداره خدمات عمومی ایالات متحده، حداقل سطوح عملکرد را الزامی می‌کند و فرآیندهایی را برای طراحی و تحویل ساختمان ایجاد می‌کند. در استانداردهای تسهیلات برای خدمات ساختمان‌های عمومی پی ۱۰۰^۲، اداره خدمات عمومی ایالات متحده توصیه می‌کند که تیم‌های پروژه در ابتدای پروژه باهم کار کنند تا «ماتریس‌های انتظارات عملکرد» را تکمیل کنند. «نمونه ماتریس اهداف برنامه» نشان داده شده در جدول ۷-۲ چهارچوبی را ارائه می‌دهد. برای برنامه‌ریزان پروژه، به جهت شناسایی اینکه چگونه سیستم‌ها یا ویژگی‌های ساختمان متمایز ممکن است تأثیری کم‌وبیش در ارائه اهداف عملکردی پروژه داشته باشند. تیم‌ها موظف‌اند استراتژی‌ها را در مراحل اولیه پی ۱۰۰ انجام دهند.

1. GSA

2. P-100

پیگیری‌های مؤثر، نیاز به بحث‌های فنی تیم طراحی رسمی برای کمک به بهینه‌سازی راه‌حل‌های طراحی دارد. این بحث‌های فنی باید به شکل یک طرح طراحی پیش‌مفهوم و یا از طریق یک‌سری جلسات فنی تیم طراحی در طول فاز مفهومی باشد [۱].

با توسعه پروژه، مدارک به‌روز می‌شوند. به‌عنوان مثال، در پایان هر دو فاز طراحی مفهومی و توسعه طراحی، از اعضای تیم معمار/مهندس انتظار می‌رود که یک گزارش سیستم‌به‌سیستم ارائه دهند که توضیح دهد چگونه طرح پیشنهادی از انتظارات عملکرد پروژه پشتیبانی می‌کند [۲].

ابزارهایی از این نوع، تصمیمات درخصوص نما را در زمینه سیستم‌های دیگر و کل ساختمان زمینه‌سازی می‌کنند. به‌عنوان مثال، ماتریس اهداف برنامه اداره خدمات عمومی ایالات متحده، تیم پروژه را بر آن می‌دارد تا اهداف کاربردی را برای دیوارهای محصور با بیشترین تأکید بر پایداری، امنیت، لرزه‌نگاری و حفاظت تاریخی توسعه دهند. معیارهای تعیین شده می‌تواند پیچیدگی فرآیند تصمیم‌گیری را کاهش دهد، مشکلات را برطرف کند، تلاش‌های تیمی را در جهت یکپارچه تقویت کند و به‌عنوان سنگ محک مهمی برای بازگشت در طول فرآیند پروژه عمل کند.

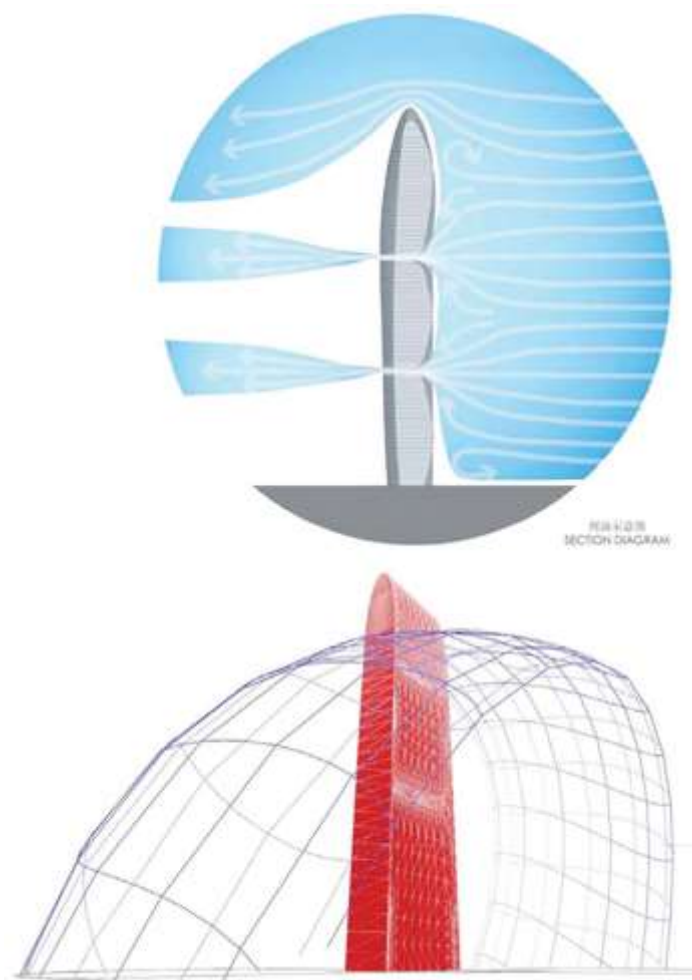
جدول ۷-۲. نمونه ماتریس اهداف برنامه، از استانداردهای تأسیسات پی ۱۰۰ برای خدمات ساختمان‌های عمومی.

اهداف عملکردی									
نگهداری	حفاظت تاریخی	دسترسی	اطفاء حریق و ایمنی	مسائل لرزه‌ای	امنیت	پایداری	بهره‌وری		
سیستم‌ها									
۱	۱	۱	۱	۳	۱	۱	۱	فونداسیون	
۱	۱	۲	۱	۳	۲	۱	۱	بالا یا پایین ارزش	
۱	۲	۲	۲	۳	۳	۱	۱	ابرسازها	
۲	۳	۱	۲	۳	۳	۳	۲	دیوارها	نما
۳	۳	۳	۱	۲	۳	۳	۳	درب و پنجره‌ها	پشت‌بام
۳	۳	۱	۳	۱	۲	۳	۱	پوشش	
۳	۳	۱	۱	۱	۲	۳	۲	بازشوها	
۲	۳	۳	۳	۲	۳	۲	۲	تقسیم‌بندی‌ها و درها	ساختار داخلی
۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۳	دسترسی به طبقات	
۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۳	دیوارها	لایهٔ نهایی داخلی
۳	۱	۱	۲	۱	۱	۳	۳	کف‌ها	
۳	۱	۱	۲	۲	۱	۳	۳	سقف	
۳	۱	۳	۲	۲	۱	۱	۲	انتقال	
۳	۱	۳	۲	۲	۱	۳	۱	لوله‌کشی	
۳	۱	۱	۱	۲	۱	۳	۳	مرکزی	سیستم تهویه
۳	۱	۱	۳	۲	۱	۳	۳	پخش	
۱	۱	۱	۳	۳	۲	۱	۱	اطفاء حریق	
۱	۱	۱	۲	۳	۲	۱	۲	پخش سرویس	تأسیسات الکتریکی
۳	۱	۱	۲	۲	۳	۳	۳	نورپردازی	
۲	۱	۱	۲	۱	۳	۱	۱	تجهیزات	
۲	۱	۳	۲	۱	۱	۳	۳	مبلمان	
۲	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱	سازهٔ خاص	
۱	۳	۱	۱	۱	۱	۳	۳	اجزاء ساختمان	تخریب
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۳	۳	مضامین خطرناک	
۱	۱	۲	۱	۱	۱	۳	۱	مهیاسازی سایت	عملیات مربوط به سایت ساختمان
۳	۱	۱	۱	۱	۲	۳	۲	فضای سبز	
۲	۱	۱	۲	۳	۱	۱	۱	خدمات رفاهی	
۲	۱	۳	۱	۲	۱	۳	۲	عملیات سایت	

اهداف و ارزیابی کانسپت‌ها

ایده‌هایی درمورد اینکه چگونه نماها معیارهای طراحی ساختمان را پشتیبانی می‌کنند، معمولاً در مراحل اولیه و طراحی مفهومی ظاهر می‌شود. همان‌طور که در مطالعه موردی هیدرو پلایس مانیتوبا، توضیح داده شد، پروژه جدید دفتر مرکزی شرکت خدمات عمومی با یک سری جلسات تیم طراحی یکپارچه آغاز شد که منجر به توسعه یک «منشور پروژه» شد. ایده استفاده از نمای دوپوسته برای نمای بلوک‌های اداری در حین ازپیش‌طراحی ظاهر شد؛ به‌عنوان راهی برای هماهنگ کردن استراتژی‌ها برای روشنایی روز، آسایش حرارتی و تهویه طبیعی که به اهداف منشور محیط کار حمایتی و بهره‌وری انرژی در سطح جهانی کمک می‌کند. در ابتدای مرحله طراحی مفهومی، تیم، پانزده مفهوم گسترده را توسعه داد که معیارهای پروژه را به روش‌های منحصربه‌فردی برآورده می‌کرد. سپس هرگزینه با استفاده از یک چک‌لیست با اشاره به اهداف منشور پروژه ارزیابی شد.

در مورد برج پیرل ریور، شرکت اسکیدمور^۱، اوینگز^۲ و مریل یک رویکرد دوجداره با کارایی بالا را در مرحله رقابت برای پروژه در نظر گرفت. یک نما با کارایی بالا با نمای دوپوسته به‌عنوان یکی از «استراتژی‌های انرژی وابسته به هم» پروژه، برای دستیابی به هدف جاه‌طلبانه انرژی صفر خالص در آب‌وهوای گرم و مرطوب پیشنهاد شد. پیشنهاد نمای دوپوسته با تهویه داخلی با این نوع نمای تلفیقی تهویه مطبوع در پروژه‌های گذشته ارائه شده است.



شکل ۷-۲. طرح‌های مفهومی جهت طراحی پیرل ریور، (گوانگژو، چین)،
بالا: مطالعه جهت باد غالب، پایین: مطالعه جهت خورشیدی. منبع: اسکیدمور، اوینگز و مریل.

1. Skidmore

2. Owings

این ایده نوآورانه برای اجرا در این شرایط آبوهوایی، توسط کارکنان بین‌رشته‌ای شرکت و مشاوران، که در مراحل اولیه پروژه بر روی این مفهوم تمرکز کردند، حمایت شد و جزئیات عملکرد در طول مراحل طراحی بعدی انجام شد.

شاخص‌های طراحی نمای متفاوت

با بیان اهداف پروژه و تعیین معیارهای کل ساختمان، تیم پروژه می‌تواند با دقت بیشتری به معیارهای طراحی خاص نمای ساختمان نگاه کند. در اینجا دوباره، چک‌لیست‌ها برای سلسله‌مراتب انجام کار، به جهت اهدافی که اغلب رقیب هم هستند، مفید واقع می‌شوند. به عنوان مثال، به «چهارچوب پنج‌معیار» (فصل ششم) و چک‌لیست مؤسسه تحقیقات ساختمان بلژیک برای نمای دوپوسته تهویه‌شده (جدول ۶-۲) مراجعه کنید. تیم‌ها می‌توانند معیارهای نما را شناسایی، اولویت‌بندی و متعادل کنند تا در جهت اهداف کلی پروژه کار کنند.

۲- طراحی شماتیک: مدل‌ها و تکرار

در طول مراحل طراحی شماتیک، توسعه طراحی و مراحل پیش‌ساخت، موفقیت، کمتر به تجربه یا گزینه متکی است و به تحلیل دقیق و پیش‌بینی‌های شبیه‌سازی‌شده عملکرد روی می‌آورد. یک فرآیند معمولی از ابزارهای آنالوگ و دیجیتال و درگیرشدن چندین متخصص چندرشته‌ای استفاده می‌کند. فرآیندها معمولاً تکراری هستند، با «پیشرفت قابل توجه» پروژه که در طراحی شماتیک تصمیم‌گیری و آزمایش می‌شوند، پس‌از آن، تصمیمات طراحی دقیق و آزمایش عملکرد در مرحله توسعه طراحی انجام می‌شود. تست ایده‌های طراحی از طریق نقشه‌ها، مدل‌های فیزیکی و شبیه‌سازی طرح در محیط دیجیتال انجام می‌شود. فرآیندهای شبیه‌سازی که هدف آن‌ها پیش‌بینی عملکرد نما است، در بخش توسعه طراحی (در ادامه این فصل) توضیح داده می‌شود، اگرچه شبیه‌سازی در مرحله طراحی شماتیک نیز انجام می‌شود، به موازات نقشه‌ها و مدل‌سازی شبیه‌سازی، یک برآوردگر هزینه یا مدیر ساخت‌وساز با تیم کار می‌کند تا هزینه راه‌حل‌های نما را پیش‌بینی کند و آن‌ها را در برابر بودجه‌های تعیین‌شده بررسی کند.

مدل‌های فیزیکی

باوجود تأکید صنعت بر فرآیندهای دیجیتال، مدل‌های فیزیکی «آنالوگ» جایگاه مهمی در بسیاری از گردش‌های کاری دارند. هر نرم‌افزار شبیه‌سازی، محدودیتی در توانایی خود برای پیش‌بینی دقیق تعاملات پیچیده خواهد داشت. در مواقعی، مدل‌سازی فیزیکی صرفاً نسبت به مدل‌سازی دیجیتال، از نظر زمان پیچیده‌تر و مقرون به‌صرفه‌تر است. مطالعات تونل باد، مانند فرآیندهای توصیف‌شده در مطالعه موردی برج پیرل ریور، اغلب برای تکمیل مدل‌سازی دینامیک سیالات محاسباتی ضروری است. مدل‌های توده ساختمان‌ها و منظر با مدل ساختمان اصلی برای مطالعه الگوهای باد در بافت شهری گنجانده شده است.

مدل‌های دقیق‌تر از ساختمان پیشنهادی را می‌توان برای مطالعه بارگذاری باد در نما، سازه پشتی و قاب سازه استفاده کرد.

ماکت‌های مقیاس‌دار و در اندازه کامل اجزای نمای دوپوسته یا اتاق‌های کامل نیز برای تست آنالوگ عملکرد حرارتی و روشنایی استفاده می‌شوند. مدل‌های فیزیکی مقیاس‌شده را می‌توان در هر نقطه از فرآیند طراحی برای مطالعه دستگاه‌های سایه‌انداز، روشنایی اتاق، کیفیت‌های فضایی و خطوط دید جمع‌آوری کرد. مدل‌های فیزیکی نیز برای انتقال مفاهیم فضایی و رسمی به مشتریان مفید هستند. مدل‌های شکل‌های ۷-۳ و ۷-۴ به‌طور خاص برای مطالعه شفافیت و نماهای کتابخانه عمومی کمبریج در مراحل اولیه طراحی ساخته شده‌اند.



شکل ۷-۳. یک مدل مطالعه در اندازه کامل از نمای کتابخانه عمومی کمبریج، تأثیر پرده‌های لوور را به تصویر می‌کشد، تصویری از سایت کتابخانه به دیوار پشت مدل چسبانده شده است، منبع: ویلیام راون و همکاران.^۱



شکل ۷-۴. از مدل‌های مطالعه فیزیکی برای مطالعه شفافیت و نماها از طریق نمای کتابخانه عمومی کمبریج استفاده شد، یک مطالعه ارائه‌شده به وسیله یک عکس از یک مدل مطالعه فیزیکی به عنوان پایه استفاده می‌کند، منبع: ویلیام راون و همکاران.

مراحل اولیه مدل‌های دیجیتال

مدل‌های دیجیتال در مراحل اولیه طراحی برای مدّ نظر قراردادن هزینه، انرژی و اثرات زیست‌محیطی تأثیرات گزینه‌های طراحی پیشنهادی که باید در کنار نگرانی‌های ساخت‌پذیری، راحتی و زیبایی‌شناسی در نظر گرفته شوند، مفید هستند. مطالعات مراحل اولیه به تیم، بازخورد «ترتیب تقریبی» را در مورد میزان انرژی موردنیاز یک طرح پیشنهادی در قالب سیستم‌های برقی مانند گرمایش، سرمایش، روشنایی و بارهای برق می‌دهد. پیش‌بینی‌های مصرف انرژی محاسبه‌شده از مدل عملکرد نیز می‌تواند مدل هزینه عملیات را اطلاع دهد و در تحلیل‌های «بازپرداخت» یا بازگشت سرمایه کمک کند. اطلاعات دقیق در مورد مواد و اجزای موردنیاز برای ساخت مدل تحلیل عملکرد را می‌توان به مدل هزینه ساخت وارد کرد. از پانزده انتخاب برای هیدرو پلّیس مانیتوبا، سه‌گزینه برای مدل‌سازی دقیق‌تر انرژی، طراحی و هزینه انتخاب شدند. شبیه‌سازی کل ساختمان، عملکرد ساختمان را در پاسخ به آب‌وهوا مورد مطالعه قرارداد. آزمایش طرح‌ها، انتخاب نهایی برای هیدرو پلّیس مانیتوبا، یعنی طرح «برج راحتی» را تأیید کرد. اعضای تیم در مقاله خود برای پلّی^۱ ۲۰۰۹، «هیدرو پلّیس مانیتوبا: نمونه فرآیند طراحی یکپارچه»، این فرآیند را به تفصیل شرح می‌دهند [۴].

تدقیق طراحی نما نسبت به الزامات کل ساختمان

میزان ادغام نمای دوپوسته و تأثیر بر سایر سیستم‌ها، به‌ویژه سیستم‌های سازه‌ای و تهویه مطبوع، به این معنی است که تیم طراحی باید یک گزینه نمای دوپوسته را در مراحل اولیه طراحی شناسایی و ارزیابی کند. بالاین‌حال، از طریق فرآیند طراحی، مفروضات اصلی ساخته‌شده در طراحی از پیش طراحی یا حتی طرح شماتیک ممکن است به تنظیمات قابل توجهی برای بهینه‌سازی یک طرح در حال تکامل نیاز داشته باشند. نمونه‌ای از آن ساختمان «شارد»^۲ (لندن، انگلستان، ۲۰۱۲) است که توسط کارگاه ساختمانی «رنزو پیانو» طراحی شده است (شکل ۵-۱۴). برج شیشه‌ای هفتادودو طبقه چندمنظوره از ابتدا به‌عنوان دارنده یک محفظه نمای دوپوسته در نظر گرفته شد. تیم طراحی می‌خواست از نور آفتاب خارجی در این نماها جلوگیری کند. قراردادن دستگاه‌های سایه‌انداز خورشیدی در داخل یک حفره نمای دوپوسته باعث کاهش گرما می‌شود و ظاهر بسیار شفاف و صاف محفظه را حفظ می‌کند. در ابتدا این طرح با حفره‌های تهویه مکانیکی کاملاً عایق‌بندی‌شده از هوای بیرون پیشنهاد شد. بالاین‌حال، همان‌طور که طراحی توسعه یافت (در طول یک فرآیند تأیید بیش از یک دهه)، استراتژی از یک پیکربندی فعال به یک پیکربندی نمای دوپوسته با تهویه خارجی غیرفعال تغییر کرد. در مصاحبه‌ای با طراحی آنلاین ساختمان در انگلستان، معمار پروژه ویلیام متیوز توضیح داد که این تغییر برای برآوردن الزامات عملکرد افزایش بهره‌وری انرژی، در بازنگری‌های سال ۲۰۰۶ به قسمت ال^۳ مقررات بازنگری‌شده ساختمان بریتانیا در مورد صرفه‌جویی در مصرف سوخت و نیرو، ضروری است. برای برآورده کردن الزامات جدید قسمت ال، تهویه مکانیکی فضای هوا به فن‌هایی با سرعت کمتر با بخش مجرای بسیار بزرگ‌تر نیاز داشت، یک سناریوی نامطلوب که میزان سطح شفاف را کاهش می‌دهد [۵]. طراحی کارآمد انرژی شارد تا ۲۵ درصد از قسمت ال فراتر رفته و همچنین استانداردهای سختگیرانه‌تری را برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶ تصویب می‌کند [۶]. طراحی نهایی برای نمای خارجی شارد در فصل پنجم توضیح داده شده است.

۳- توسعه طراحی: شبیه‌سازی کارایی

تجزیه و تحلیل نمای دوپوسته اهداف مشابهی با ساختمان‌هایی با پوسته‌های منفرد دارد، درعین حال تفاوت عمده‌ای در ویژگی‌های دینامیکی حفره نمای دوپوسته دیده می‌شود. حفره و هریک از ویژگی‌های آن، مانند دهانه‌های تهویه و دستگاه‌های سایه‌انداز، به محاسبات استاندارد که بر عملکرد انرژی و راحتی سرنشینان تأثیر می‌گذارد، مانند افزایش و از دست دادن گرما، دمای سطح شیشه، عبور نور و تابش خیره‌کننده، به پیچیدگی می‌افزاید. ماهیت دینامیکی نمای دوپوسته ایجاب می‌کند که برهم‌کنش توزیع‌های حرارتی، فشار هوا، سرعت جریان هوا، رطوبت و جرم حرارتی در نظر

1. PLEA

2. Shard

3. L

گرفته شود. به همین دلیل، نمای دوپوسته معمولاً به تجزیه و تحلیل دینامیک سیالات حفره، علاوه بر روشنایی استاندارد و آنالیزهای حرارتی نیاز دارد. آنالیز آکوستیک نیز برای پروژه‌هایی که نویز بیرونی یا حرکت نویز بین فضاهای اشغال شده یک مخاطره در نظر گرفته می‌شود، مناسب است.

مدل سازی عملکرد دیجیتال

این جنبه‌های عملکرد نما زمانی منحصراً با محاسبات دستی، صفحات گسترده و مدل‌های فیزیکی تحلیل می‌شدند. این ابزارها هنوز هم امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌ویژه در مراحل بعدی طراحی، زمانی که می‌توان برای تجزیه و تحلیل یک طرح با سطح دقت بالاتری زمان گذاشت. با این حال، تمایل به سنجش سریع و دقیق پارامترهای عملکردی متعدد با دقت منجر به توسعه و استفاده گسترده از برنامه‌های رایانه‌ای شده است که به تاریخچهٔ آب‌وهوای خورشید، باد و باران از پایگاه‌های داده در سراسر جهان دسترسی دارند و از یک مدل دیجیتال سه‌بعدی برای تعریف پارامترهای فضا و مصالح معماری استفاده می‌کنند.

هنگام تجزیه و تحلیل عملکرد نمای دوپوسته، برنامه‌های شبیه‌سازی روشنایی و حرارتی باید از مدل‌هایی استفاده کنند که بتوانند هندسهٔ لایه‌ای و پویای دوپوسته را در نظر بگیرند. بسیاری از برنامه‌های نرم‌افزاری، هندسهٔ پیچیده را نمی‌پذیرند، که منجر به راه‌حلی می‌شود که در آن ورودی‌ها، مانند مقادیر کل نما برای عبور نور و مقدار یو، به‌طور جداگانه محاسبه می‌شوند و به یک نسخهٔ ساده‌شده از مدل دیجیتال متصل می‌شوند.

مهندسان آب‌وهوا و شرکت‌های بزرگ‌ای می‌توانند از نرم‌افزار اختصاصی خود استفاده کنند. در موقعیت‌های دیگر، تیم‌های پروژه برنامه‌های زیادی را برای بررسی دارند. برنامه‌های نرم‌افزاری را می‌توان براساس عملکرد، درجهٔ دقت، سهولت استفاده، حالت‌های ورودی و خروجی و هزینه انتخاب کرد. برای دقت بیشتر، نرم‌افزار اعتبارسنجی می‌شود تا نتایج شبیه‌سازی منعکس‌کنندهٔ نتایج آزمایش آنالوگ باشد. روش‌ها و پارامترهای محاسبهٔ نرم‌افزار را می‌توان برای انطباق با استانداردهای ساخت‌وساز مرتبط ارزیابی کرد؛ به عنوان مثال، به استانداردهای انجمن مهندسين گرمایش، تبريد و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE^۱) یا مؤسسهٔ مجاز مهندسين خدمات ساختمان^۲ می‌توان اشاره کرد.

جدول ۷-۳ بسیاری از فرآیندهای ممکن با نرم‌افزار شبیه‌سازی را همراه با معیارها و گزینه‌های مربوطه برای تجسم نتایج فهرست می‌کند. توجه به این نکته ضروری است که هیچ نرم‌افزاری به تنهایی تمامی این وظایف را انجام نخواهد داد و قابلیت‌ها و محدودیت‌های نرم‌افزار بسته به محصول متفاوت خواهد بود. این فصل تلاشی برای فهرست کردن یا رتبه‌بندی برنامه‌های فردی ندارد. با این جدول به‌طور کلی انواع تجزیه و تحلیل پیش‌بینی را که می‌توان انجام داد و به دنبال آن برخی از نمونه‌های گردش کار را توصیف می‌کند.

عملکرد نما را می‌توان با استفاده از برنامه‌های نرم‌افزاری که جنبه‌های منفرد یا چندگانهٔ یک طراحی را بررسی می‌کنند، تجزیه و تحلیل کرد. برای مثال، در تحلیل تک‌معیاری، افزایش و تلفات حرارتی ساختمان با یک برنامه بررسی می‌شود؛ جریان هوا در حفره، با دیگری. از آنجایی که افزایش گرما در حفره باعث افزایش شتابوری در هوا و تأثیر بر جریان هوا می‌شود، مهندسان باید تعامل بین این پارامترها را در نظر بگیرند. برخی از نرم‌افزارها می‌توانند وجود متغیرهایی مانند عناصر ساختاری یا سایه‌انداز را در حفره توضیح دهند، درحالی‌که در سایر گردش‌های کاری نرم‌افزار، این متغیرها باید به‌صورت دستی با تنظیم ورودی‌ها یا نتایج مدل محاسبه شوند. به‌طور فزاینده‌ای، برنامه‌های نرم‌افزاری چندمعیاره در دسترس هستند که با پلت‌فرم‌ها و پایگاه‌های داده یکپارچه کار می‌کنند تا تعامل چندین جنبهٔ عملکرد ساختمان را در نظر بگیرند. به کاربران هر دو نوع نرم‌افزار توصیه می‌شود محدودیت‌هایی را که ممکن است در برنامه‌ها وجود داشته باشد، مانند مفروضات پایه و روش‌های محاسبه، مورد توجه قرار دهند.

1. ASHRAE

2. CIBSE

مطالعات نورپردازی

همان‌طور که برای نمای تک‌پوسته تحلیل‌ها انجام می‌شود، مطالعات عملکرد نمای دوپوسته نه تنها باید سایه و اثرات بازتابی ساختمان‌های مجاور یا عناصر منظره را در نظر بگیرد، بلکه باید اثربخشی دستگاه‌های سایه‌بان نصب‌شده در نما یا سراسر نما را نیز در نظر داشته باشد. از منظر بیرونی، نما را می‌توان برای درجه بازتابی که نسبت به هندسه، جهت‌گیری و تنظیمات محلی آن خواهد داشت مورد بررسی قرار داد تا از هرگونه تأثیر نامطلوب بر محیط محلی جلوگیری شود. میزان تابش خورشیدی دریافتی سطوح نما نیز قابل ارزیابی است. این اطلاعات می‌تواند راهبردهای جمع‌آوری خورشیدی و اجتناب از خورشید را ارائه دهد.

جدول ۷-۳. فرآیندهای نرم‌افزار شبیه‌سازی، معیارها و فرمت‌های تصویرسازی

بسته به نوع محصول، توانمندی‌ها و محدودیت‌ها برنامه‌های شبیه‌سازی متفاوت است.		
مدل‌سازی سه‌بعدی یا وارد کردن مدل از بیم ^۱ یا کد ^۲ دسکتاپ یا محاسبات تجزیه و تحلیل تک‌معیاری یا چندمعیاره تحلیل پارامتری تغییرات چندگانه/بهینه‌سازی، یکپارچه‌سازی با فایلهای منبع و سایر برنامه‌های اعتبارسنجی نتایج		
فرآیندها	معیارها	فرمت‌های تصویرسازی
- محاسبات بار ساختمان - آنالیز انرژی براساس شرایط اقلیمی - مدل‌سازی انرژی براساس کدها و سیستم‌های امتیازدهی	روند انرژی / مصرف انرژی / شدت مصرف انرژی / انتشار کربن	- نمودارها - سالانه، ماهانه، روزانه و ساعتی - گزارش‌های انطباق با سیستم برای انرژی - استار، لید و پارت ال
تل اولیه تخمین هزینه‌های ساختمان	هزینه‌های ساخت/آنالیز بازگشت به چرخه طبیعت	
- آنالیز سایه‌اندازی - مطالعات نور روز - مطالعات بازتابش نور	دمای هوای تشعشعی و سطحی / میزان درخشندگی و روشنایی / احتمال خیرگی در نور روز / شاخص‌های نور روز / آناتومی نور روز / کاهش نور مصنوعی دمای هوا و رطوبت انتقال حرارت دریافت تابش خورشیدی ساعات همراه با افزایش حرارت شاخص‌های راحتی	- نماهای شبه‌رنگی یا نماهای خاکستری - نماهای طرح، برش‌ها، پرسپکتیوها، یا نقشه‌های منطقه
- آنالیز حرارتی - آنالیز سیستم‌های تهویه مطبوع	جریان هوا/ فشار هوا/ تراکم هوا/ حالت پایدار یا جریان گذرا/ پخش حرارتی/ پتانسیل تهویه طبیعی	
- آنالیز صوتی - مصرف آب و هزینه‌ها	انتقال صوت شدت استفاده از آب	

مطالعات تشعشع خورشیدی برج رودخانه مروارید به تیم پروژه کمک کرد تا مکان‌های ایده‌آلی را برای سلول‌های فتوولتائیک تعبیه‌شده در شیشه‌ها تعیین کنند. تکنیک رندر «شبه رنگ»، میانگین سطوح تابش خورشیدی برخوردی را نشان می‌دهد (شکل ۷-۵).

کیفیت و کمیت نور روز در فضای داخلی نیز قابل مدل‌سازی است. مطالعات روشنایی، تصویری از شدت و توزیع نور در یک فضا ارائه می‌دهد. از آنجایی که نماهای بسیار لعاب‌دار پتانسیل ایجاد کنتراست بصری بسیار ناراحت‌کننده بین درخشندگی دیوار پنجره و اتاق اطراف را دارند، مطالعات کنتراست روشنایی نیز برای این مناطق ضروری است. اجزای

نمای دوپوسته، مانند دستگاه‌های سایه‌بان ثابت یا قابل حرکت، می‌توانند به دلیل توانایی‌شان در هدایت نور خورشید به منبع نور غیرمستقیم، توزیع نور به عمق فضا و کاهش احتمال روشنایی یا تابش بسیار زیاد مورد مطالعه قرار گیرند. تمام جنبه‌های هندسه نما از بیرون به داخل؛ جهت‌نما، دستگاه‌های سایه‌انداز خارجی، عبور نور مرئی لعاب، عمق و ارتفاع حفره، وجود لوور، پرده غلتکی یا سایر کنترل‌ها در حفره به‌عنوان بخشی در توزیع نور حتی عناصر سازه‌ای و صفحات پره‌ای فلزی داخل حفره بر نفوذ و توزیع نور تأثیر می‌گذارند و می‌توانند به طراحی نورپردازی نما کمک کنند. پتانسیل حفظ انرژی در نماها نیز قابل ارزیابی است. اصطلاح «برداشت نور روز» به‌صرفه‌جویی در انرژی اشاره می‌کند که می‌توان با کاهش بارهای روشنایی الکتریکی در هنگام بهینه‌سازی نور روز در فضای داخلی به‌دست آورد. سنسورهای فوتوالکتریک نصب شده‌اند که نور روز موجود را حس می‌کنند و سیستم روشنایی الکتریکی را برای کم‌نور یا خاموش کردن وسایل در قسمت‌های داخلی تنظیم می‌کنند. از آنجایی که نور خورشید از طریق نما تعدیل شده است تا نور روز باکیفیت در فضای داخلی ارائه شود و یک طرح روشنایی الکتریکی برای صرفه‌جویی در انرژی ضمن پاسخ به نور روز در دسترس پیکربندی شده است، می‌توان ادعا کرد که نور روز «بهینه‌سازی‌شده» گشته است.

مطالعات جریان هوا و حرارت

تجزیه و تحلیل حرارتی نمای دوپوسته از طریق جریان هوا در داخل نما، فرآیندی پیچیده است. در شبیه‌سازی عملکرد، لازم است هم جریان گرمای گذرا و هم جریان هوا مدل شوند [۷]. جریان هوا را می‌توان با شبکه تعادل جرم یا رویکردهای محاسبات دینامیک سیالات مطالعه کرد. در فصل «شبیه‌سازی جریان هوای ساختمان یکپارچه» در شبیه‌سازی ساختمان پیشرفته، هنسن^۱ توصیه می‌کند که مراحل مختلف طراحی مستلزم سطوح مختلفی از پیچیدگی و وضوح است و نوع و وضوح شبیه‌سازی باید با سؤال موردنظر مطابقت داشته باشد:

به‌عنوان مثال، اگر اطلاعات مصرف انرژی موردنیاز باشد، (شبیه‌سازی انرژی ساختمان) کافی خواهد بود. اگر بازه دما موردنیاز است، نیاز به (شبکه جریان هوا) است. اگر دمای میانگین محلی هوا موردسؤال باشد، دینامیک سیالات ضروری است [۸].

جریان گرما و جریان هوا به‌ویژه در نمای دوپوسته که جریان هوای حفره‌ای نامتقارن، متلاطم و شناور است به یکدیگر وابسته هستند. هنسن توضیح می‌دهد که یک رویکرد یکپارچه برای شبیه‌سازی دقیق‌تر نمای دوپوسته تهیه‌شده ضروری است و چندین روش را برای جفت کردن مدل‌های گرما و جریان هوا با استفاده از نرم‌افزارها مورد بحث قرار می‌دهد [۹].

محاسبات دینامیک سیالات امکان اندازه‌گیری سرعت، دما، فشار، چگالی، رطوبت، غلظت‌های شیمیایی و اثربخشی تغییر هوا را در سرتاسر نقاط محفظه فراهم می‌کند. ویژگی‌های ورودی و خروجی هوای نماها را می‌توان به‌صورت آیرودینامیکی در این فرآیند بهینه کرد. مطالعات محاسبات دینامیک سیالات، معمولاً برای فضای داخلی اتاق انجام می‌شود و ممکن است برای یک حفره نمای دوپوسته نیز انجام شود، به‌خصوص زمانی که نما با سیستم تهویه مطبوع یکپارچه شده است. چنین مطالعاتی برای بررسی جریان هوا و الگوهای حرارتی در فضا، پیش‌بینی رفتار جریان هوا در اطراف موانع (مانند پرده‌های داخل حفره) و پیش‌بینی احتمال تراکم بر روی سطوح لعاب‌دار مفید است. این تجزیه و تحلیل می‌تواند از مطالعات کیفیت هوای داخلی با بررسی چگالی و حرکت ذرات معلق در هوا پشتیبانی کند. محاسبات دینامیک سیالات همچنین برای مطالعه الگوهای باد در داخل و اطراف ساختمان‌ها استفاده می‌شود [۱۰]. این مطالعات ورودی‌های لازم را بر روی بارهای باد مورد استفاده جهت طراحی به پاسخ سازه‌ای نما و سازه پستی ارائه می‌دهد.

1. Hensen

دو مورد از مطالعات فصل هشتم، کتابخانه کمبریج و برج پیرل ریور، روش‌های مختلف ادغام مدل‌سازی انتقال حرارت «استاتیک» با مدل‌سازی جریان هوای «دینامیک» را نشان می‌دهند. هر دو پروژه شامل مدل‌سازی انرژی ساختمان در فرآیندی بودند که در آن ویژگی‌های حرارتی ساکن مواد و اجزای محفظه ساختمان، مانند مقدار ظرفیت حرارتی و ضریب افزایش حرارت خورشیدی، وارد مدل می‌شوند. نرم‌افزار مدل‌سازی انرژی به ورودی‌های مختلفی از جمله: مکان، داده‌های آب‌وهوا، جرم‌گیری و جهت‌گیری خورشیدی و فرضیاتی برای جزئیات اسکان، گرمایش، سرمایش، تهویه و بارهای الکتریکی تجهیزات و روشنایی، نیاز دارد.

برای کتابخانه عمومی کمبریج، مهندسان مشاور اروپ، مدل‌سازی انرژی ساکن نمای دوپوسته دوطبقه یا چندطبقه پیشنهادی پروژه را انجام دادند و سپس مدل‌سازی‌هایی را انجام دادند که جریان هوای ناشی از شناوری را در حفرة نمای دوپوسته به حساب آورد. دینامیک جریان هوای متغیر، بدون محاسبات دینامیک سیالات با تجزیه و تحلیل یک‌سری از نرخ جریان ایجاد شد. در این مورد، تجزیه و تحلیل اروپ نزدیک به پایان طراحی شماتیک انجام شد و اطلاعات حاصل، از مدل‌سازی انرژی کل ساختمان توسط مهندسان و اندرویل^۱ خبر داد [۱۱].

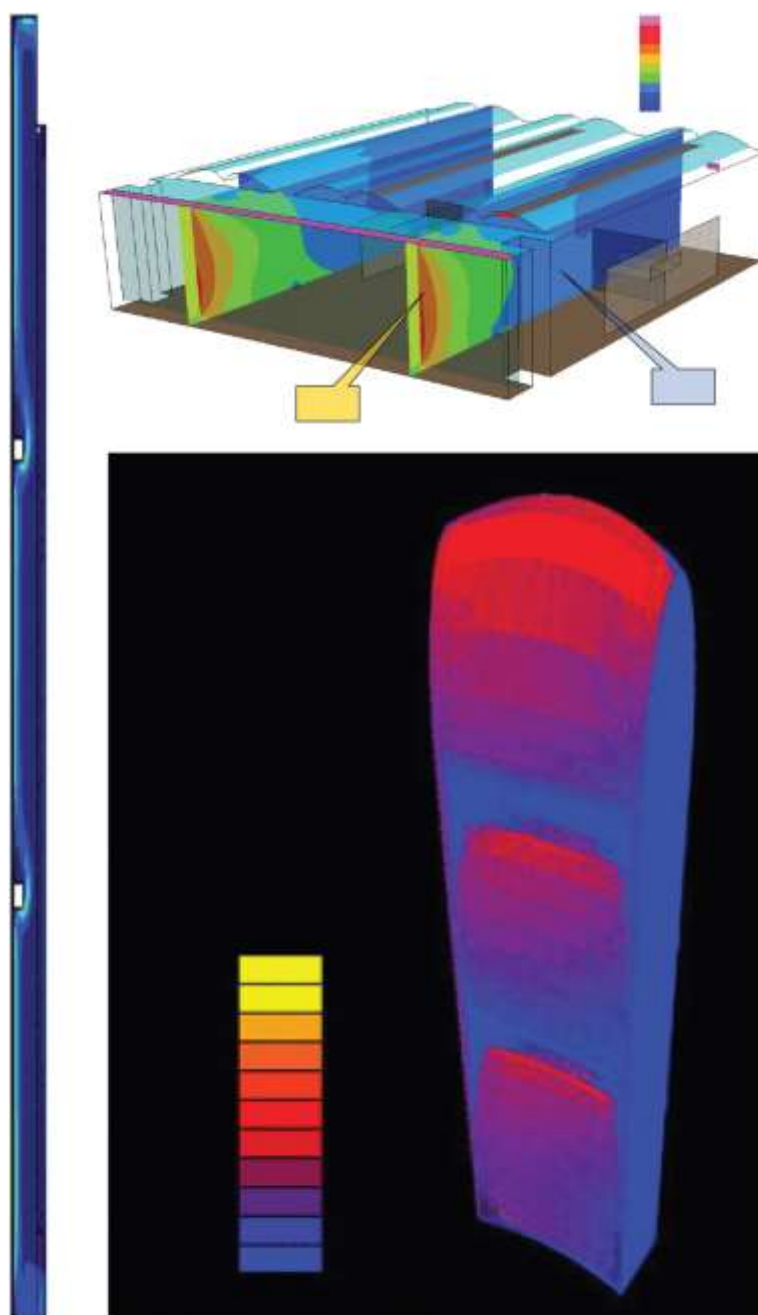
نمای دوپوسته تهویه‌شده داخلی برج پیرل ریور به هماهنگی نزدیک بین نما و طراحی سیستم تهویه مطبوع نیاز داشت. مشاوران آر دبلیو دی آی^۲ عملکرد سیستم‌های تهویه مستقیم هوای بیرون و سیستم‌های خنک‌کننده تابشی ساختمان را مدل‌سازی کردند و مطالعات محاسبات دینامیک سیالات جریان هوا را در حفرة نمای دوپوسته انجام دادند. آر دبلیو دی آی همچنین تأثیر نفوذ هوای ناشی از اثر دودکشی را تحلیل کرد - در پی یک دغدغه ویژه برای ساختار هفتادویک طبقه - و از مدل‌سازی محاسبات دینامیک سیالات در کنار مطالعات تونل باد مدل فیزیکی برای بهینه‌سازی آیرودینامیک نما در توربین‌های بادی یکپارچه ساختمان استفاده کرد [۱۲]. شکل (۷-۵)، یک شبیه‌سازی محاسبات دینامیک سیالات از توزیع دما را در فضای داخلی دفتر برج پیرل ریور نشان می‌دهد. این مدل برای تشخیص اتصال توده هوا بین حفرة نمای دوپوسته و منطقه اداری، بازساخته شده است. اطلاعات مربوط به مصالح دیوار، سقف تابشی و توزیع هوای تهویه طبقه مرتفع در مدل وارد شده است تا بتوان انتقال حرارت را محاسبه کرد. این مدل تأثیری را که پرده‌های حساس به نور روز در حفرة نمای دوپوسته بر دما و جریان هوا می‌گذارند، توضیح می‌دهد. نتایج مدل آر دبلیو دی آی اندازه سیستم رطوبت‌زدایی و نرخ جریان هوای موردنیاز برای حذف رطوبت از فضا و کنترل تراکم را نشان می‌دهد [۱۳]. تعدادی از مفروضات مانند نقاط تنظیم برای سقف تابشی و نرخ تهویه برای جریان هوا در مدل مطرح شد که در نمودار قابل مشاهده نیست.

مدل‌سازی انرژی که فاکتورهای عملکرد نمای پویا را در نظر می‌گیرد، زمانی مفید است که انواع نما برای کاربردی خاص در نظر گرفته می‌شوند. مطالعه عملکرد نمای «پرماستیلیسا»^۳ که در جدول (۶-۳) خلاصه شده است؛ نمونه‌ای از نقشی است که مدل‌سازی انرژی پیشرفته ویژه اقلیم می‌تواند در مراحل اولیه طراحی ایفا کند. سازنده نما با استفاده از سناریوی فضای اداری رو به جنوب لندن انگلستان، عملکرد انواع پیکربندی نما، از جمله چندین نوع نمای تک‌پوسته و نمای دوپوسته را با لعاب با کارایی بالا مقایسه کرد. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که هنگام مقایسه معیارهای حالت پایدار به‌تنهایی، یک نمای تک‌پوسته سه‌جداره بهتر از گزینه‌های نمای دوپوسته عمل می‌کند. در سناریوی مورد مطالعه، یک پیکربندی نمای تک‌پوسته سه‌جداره با عایق بیشتر، با ضریب انتقال حرارت $U = 0.68 \text{ W/m}^2/\text{°K}$ ($0.12 \text{ Btu/h/ft}^2/\text{°F}$) در مقایسه با $U = 0.93 \text{ W/m}^2/\text{°K}$ ($0.16 \text{ Btu/h/ft}^2/\text{°F}$) برای یک نمای دوپوسته با تهویه خارجی با پروفیل نازک در نظر گرفته شد.

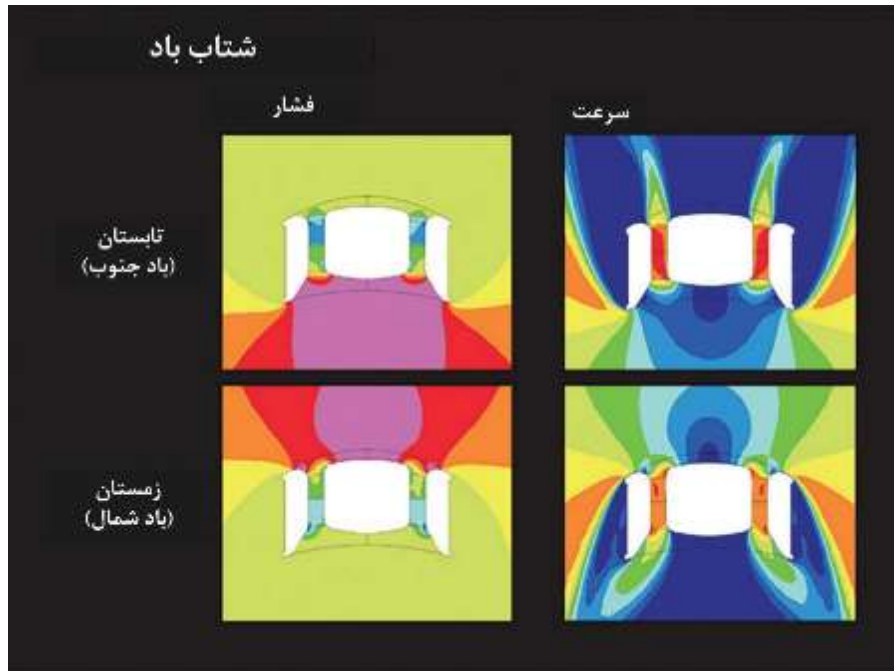
1. Vanderweil

2. RWDI

3. Permasteelisa



شکل ۵-۷. مطالعات شبیه‌سازی برای برج پیرل ریور: مطالعه مقطعی محاسبات دینامیک سیالات سایبان‌ها در محفظه هوا (چپ)، تحلیل حرارتی توزیع دما در فضای داخلی دفتر (بالا سمت راست)، مطالعه زاویه تابش خورشیدی بر نمای جنوبی (پایین سمت راست)، منبع: اسکیدمور، اوینگز، مریل.



شکل ۷-۶. برج پیرل ریور، مطالعه شدت باد دینامیک سیالات، نمای پلان با بادهای غالب شمالی و جنوبی، منبع: اسکیدمور، اوپینگز، مریل.

باین حال، هنگامی که گزینه‌های مشابه دیوار با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی با دینامیک سیالات تجزیه و تحلیل شد، نمای تک‌پوسته سه‌جداره منجر به مصرف انرژی گرمایش و سرمایش سالانه بالاتر ۱۱۸ کیلووات ساعت در مترمربع (۳۷ کیلو بی تی یو / فوت مربع) در مقایسه با ۸۶ کیلووات ساعت بر مترمربع (۲۷ کیلو بی تی یو / فوت مربع) برای نمای دوپوسته می‌شود. یکی از عوامل مؤثر در عملکرد نمای دوپوسته، تهویه حفره‌ای است که بار خنک‌کننده نما را در آب‌وهوای تابستانی لندن به میزان زیادی کاهش می‌دهد. مطالعه ساختمان پرماستیلیسا به حداکثر دما در شیشه سه‌جداره ۵۳/۳ درجه سانتی‌گراد (۱۲۷/۹ درجه فارنهایت) اشاره می‌کند، درحالی که حداکثر دما در نمای دوپوسته تهویه‌شده خارجی ۳۳/۷ درجه سانتی‌گراد (۹۲/۷ درجه فارنهایت) بود [۱۴]. این پروژه، عواملی مانند تغییرات عملکرد (از طبقه به طبقه و در جهت‌های مختلف) و عوامل خاص مکان، از جمله دمای محیط و سایه‌اندازی از ساختمان‌های مجاور را در نظر گرفته و تقویت می‌کند.

نمونه فلوجارت در شبیه‌سازی

شبیه‌سازی باید برطبق صرفه‌جویی در زمان و منابع محاسباتی برنامه‌ریزی شود. دو نمونه فلوجارت، بینشی را در مورد بسیاری از ابزارهای نرم‌افزاری و نقاط تصمیم‌گیری که یک تیم پروژه باید در تجزیه و تحلیل پیش‌ساخت یک نمای دوپوسته در نظر بگیرد، ارائه می‌دهد. سناریوهای ارائه‌شده تنها دو مسیر ممکن در طیف وسیعی از روش‌ها و ابزارهای ممکن هستند.

در نمونه فلوجارت الف (جدول ۷-۴)، از نرم‌افزارهای تک‌معیاری چندگانه برای تحلیل حرارتی و روشنایی استفاده می‌شود. هدف این است که جنبه‌های مهندسی مکانیک، اجتناب از خورشید و روشنایی روز در طراحی نما را به‌گونه‌ای بهینه کنیم که از اهداف طراحی کل ساختمان نیز پشتیبانی کند. برنامه‌های تجزیه و تحلیل حرارتی و روشنایی را جدا کنید که ممکن است هم‌زمان برای اطلاع‌رسانی به تیم طراحی در حین انجام تنظیمات طراحی استفاده شوند. نمونه فلوجارت ب (جدول ۷-۵) نشان می‌دهد که چگونه می‌توان از یک نرم‌افزار چندمعیاره برای مطالعه تعاملات بین جهت‌گیری کل ساختمان، فرم، هندسه نما و سیستم‌های مکانیکی استفاده کرد تا عملکرد کلی ساختمان بهینه شود. در این سناریو، شبیه‌سازی نمای دوپوسته ویژگی‌های خورشیدی، حرارتی و جریان هوای حجیم را ترکیب می‌کند.

سپس سطح پوسته داخلی نمای دوپوسته با شبکه جریان هوای تهویه مطبوع مانند شبیه‌سازی‌های نمای تک‌پوسته تعامل دارد.

بازخوردهای مدل‌های شبیه‌سازی به طراحان کمک می‌کند تا قطعات نمای دوپوسته و مصالح ساختمانی مرتبط، هندسه و سیستم‌های فعال را بهینه کنند. اندازه و شکل ورودی‌ها و خروجی‌های تهویه طبیعی را می‌توان از نظر آیرودینامیکی برای حرکت و سرعت هوای موردنظر بهینه کرد. عمق حفره و محل پرده‌ها و سایر دستگاه‌های سایه‌بان را می‌توان برای بهینه‌سازی سیستم تنظیم کرد. می‌توان انواع طرح‌های نمای تک و دوپوسته را از نظر عملکردشان در معیارهایی که قبلاً ذکر شد مقایسه کرد. برعکس، با تغییر پارامترهای آب‌وهوایی، می‌توان یک طراحی نمای دوپوسته خاص را برای اثربخشی آن در مکان‌های مختلف جهانی تجزیه و تحلیل کرد.

جدول ۷-۴. نمونه‌ای از فلوچارت شبیه‌سازی (الف)

تحلیل حرارتی و روشنایی با استفاده از نرم‌افزار چندمعیاره (الف)			
۱. شاخص‌های عملکرد را برای لعاب‌ها پیدا کنید. (ب)	۲. عملکرد روشنایی مجموعه را تعیین کنید. (ج)	۳. عملکرد حرارتی مجموعه را تعیین کنید. (د)	۴. تکرار تا متعادل کردن عوامل
لایه‌ها و مجموعه‌های لعاب‌دار را با استفاده از واحدهای استوک یا سفارشی مدل کنید. ارجاع داده‌های سازنده برای تعیین کمیت عملکرد اجزا.	خواص مواد و ابعاد هرلایه نما: لعاب، فیلم، پوشش، فضاهای هوایی را مدل کنید. تأثیر نور روز را بر نمای بیرونی و داخلی ساختمان برای زمان‌ها و شرایط مختلف آسمان مطالعه کنید. معیارهایی مانند بازتاب، روشنایی، ضریب نور روز، احتمال تابش نور، استقلال نور روز، کنتراست روشنایی را تجزیه و تحلیل کنید. عناصر پویا مانند لوورهای قابل‌اجرا یا پرده‌های غلتکی را در نظر بگیرید.	هرلایه نما را مدل‌سازی کنید تا ورودی‌های مناسب برای SHGC و رسانایی شیشه‌ها، فیلم‌ها، پوشش‌ها، فضاهای هوایی فراهم شود. تأثیر بارهای حرارتی تابشی و هدایت‌شده آب‌وهوای محلی را بر پیکربندی نمای پیشنهادی از جمله هر وسیله سایه‌انداز خارجی مطالعه کنید.	مجموعه را طوری تنظیم کنید که عملکرد انرژی، حرارت و روشنایی دلخواه داشته باشد. این موضوع ممکن است گاهی اوقات در تضاد باشد.
مقادیر عملکرد موردنظر را از نظر SHGC، U-value، نقاط رطوبت نسبی که باعث تراکم، VLT و بازتاب می‌شوند، پیدا کنید.	نتایج را برای مرکز شیشه‌ها و سیستم کامل از جمله قاب بررسی کنید.	U-value حاصل را برای عملکرد نسبت به کدهای انرژی ساختمان و اهداف طراحی ارزیابی کنید. پتانسیل یکپارچه‌سازی با سیستم‌های HVAC را در نظر بگیرید.	با انتخاب‌های طراحی، شرایط را آزمایش کنید.

الف: فلوچارت الف به‌طور غیرمستقیم فرآیند لوئیسوس^۱ و اوبلوهده^۲ را برای کلینیک ابوظبی کیلوند همان‌طور که توسط راسل فورتمایر در "شفافیت: تحت‌اللفظی و پایدار" توصیف کرده‌است، تشریح می‌کند. 106, Architectural Record 194:12 (July 2009),
 ب: به ابزارهای نرم‌افزاری توسعه‌یافته توسط آزمایشگاه ملی لارنس برکلی (LBNL)، از جمله پایگاه داده بین‌المللی شیشه، Optics، WINDOW و THERM مراجعه کنید.
 ج: موتور روشنایی Radiance را ببینید که توسط Greg Ward, LBNL, Anywhere Software و National Renewable Energy Laboratory (NREL) توسعه یافته‌است. Radiance در ابزارهای شبیه‌سازی متعددی از جمله AGI32, IESVE, Design Builder, Sefaira, DAYSIM, DIVAfor-Rhino, SPOT, VELUX Daylight Visualizer, ds Max3, OpenStudio, WINDOW و COMFEN تعبیه شده است.
 د: برنامه شبیه‌سازی انرژی کل ساختمان EnergyPlus را ببینید که با همکاری NREL و سایر آزمایشگاه‌های ملی DOE ایالات متحده، مؤسسات دانشگاهی و شرکت‌های خصوصی توسعه یافته‌است. EnergyPlus فهرست مفصلی از رابط‌های گرافیکی، از جمله Solar Shoe, COMFEN, Hevacomp Simulator V8i, AECOsim Energy Simulator, EFEN, DesignBuilder, Box, N++, gEnergy, Simergy, Beopt, Sefaira, Archsim, FineGREEN و EBEST ارائه می‌دهد.

جدول ۷-۵. نمونه‌ای از فلوچارت شبیه‌سازی (ب)

تجزیه و تحلیل گرمایی با استفاده از نرم‌افزار چندشاخصه‌ای (ه)				
۱. هندسة نما از جمله سایه، عمق حفره و دهانه‌های تهویه را تعریف کنید. خصوصیات مواد را به لایه‌های پوششی اختصاص دهید، از جمله SHGC، U-value، VLT. جزئیاتی مانند پوشش کم E و گاز در IGU را حساب کنید.	۲. عملکرد و اجزای سیستم را با تخصیص یکی از سیستم‌های مکانیکی الگوی برنامه یا ایجاد یک شبکه سفارشی شده مشخص کنید. مدل باید طوری تنظیم شود که با یک هدف عملکرد انرژی عمل کند و اجزای HVAC را مشخص کند.	۳. برنامه زمان‌بندی عملیات و مجموعه نقاط عملیاتی را به فضاها اختصاص دهید. با تنظیم کامل پارامترهای مدل، شبیه‌سازی‌های سال کامل یا سایر دوره‌های زمانی مانند توزیع حرارتی و مصرف انرژی را اجرا کنید.	۴. درجایی که به دقت نیاز است، با تجزیه و تحلیل CFD تقویت کنید. با شروع شرایط مرزی یک گام زمانی واحد از مدل حرارتی، مدل حرکت هوا و تأثیر آن بر دمای هوا و سطح، که به نوبه خود بر راحتی در فضای اشغال شده تأثیر می‌گذارد.	۵. می‌توان از نرم‌افزار خواست که چندین خروجی شبیه‌سازی را با آن نمایش دهد، مانند متغیرهای آب‌وهوا، انیمیشن‌ها و نمایش نماهای دوبعدی مانند نمای مقطعی نمای دوپوسته.
ه. فلوچارت ب با استفاده از یک نرم‌افزار چندمعیاره، مانند IES-VE، به‌طور آزادانه یک فرآیند تحلیل را ترسیم می‌کند. به تی موتی مور ^۱ ، «روش‌های مدل‌سازی برای سیستم‌های تهویه مطبوع یکپارچه و ترکیبی»، IES-VE، ارائه شده در انجمن شبیه‌سازی انرژی ساختمان، در سال ۲۰۱۳ مراجعه کنید.				

۴- مدارک ساخت: همکاری با سازندگان

مانند سایر جنبه‌های طراحی ساختمان، معمار نقش هماهنگ‌کننده اولیه نما را در طول فرآیند طراحی دارد. نقطه‌ای که در آن طرح‌های نمای دوپوسته و جزئیات در نهایت مشخص می‌شوند و شخص یا گروهی که جزئیات نما را انجام می‌دهد از پروژه‌ای به پروژه دیگر متفاوت است. چه روش تحویل پروژه طراحی، به‌صورت تحویل پروژه یکپارچه، یا به‌شکل طراحی (پیشنهاد) ساخت (سنتی) باشد، به‌ندرت پیش می‌آید که یک تیم ای‌ای یا یک مشاور نما، قبل از اینکه سازنده نما روی مصالح کار کند، جزئیات نما را به‌طور کامل شرح دهد. مواد و روش‌ها، به‌دلیل ماهیت پیچیده‌یشان، در بسیاری از نماهای دوپوسته با قراردادهای طراحی و ساخت اجرا می‌شوند که در آن سازنده اساساً عضوی از تیم طراحی می‌شود. در طراحی یکپارچه، مشارکت سازنده ممکن است در ابتدای طراحی یا طرح شماتیک باشد. در پروژه‌های طراحی -مناقصه- ساخت با نمای‌های پیچیده یا نوآورانه، زمانی که طراحی‌های دقیق برای هماهنگی نما با سایر اجزای پروژه ضروری است، احتمالاً قبل از مناقصه در مرحله توسعه طراحی، با سازندگان مشورت می‌شود. در هریک از این ترتیبات قراردادی، سازندگان با خلق نقشه‌های بازاری نقش رهبری را برعهده می‌گیرند. جزئیات سازنده و نقشه‌های ساخت، اسناد ساخت‌وساز تهیه‌شده توسط معمار، مهندس سازه و سایر مشاوران را نشان می‌دهد.

برای کتابخانه عمومی کمبریج، سازنده نما جوزف گارتنر در مراحل اولیه طراحی درگیر بود و در کنار تیم طراحی برای جزئیات نما کار کرد. این نوع همکاری تخمین هزینه را تسهیل می‌کند و نیاز به یک قرارداد توافقی دارد، زیرا قرارداد نما پیشنهاد نخواهد شد.

۵- مناقصه/خرید نهایی: مدارک طراحی ساخت نهایی

در یک سناریوی مناقصه، تیم طراحی پروژه، نما را تا سطح توسعه طراحی با اهداف عملکردی مشخص، مستند و معین می‌کند. در این مرحله می‌توان از تعدادی از سازندگان نما درخواست کرد که برای قراردادهای فرعی پروژه در مناقصه

1. Timothy Moore

شرکت کنند. این فرآیند این مزیت را دارد که به تیم طراحی اجازه می‌دهد تا چندین رویکرد را برای جزئیات نهایی و ساخت یک مفهوم نمای معین در نظر بگیرند.

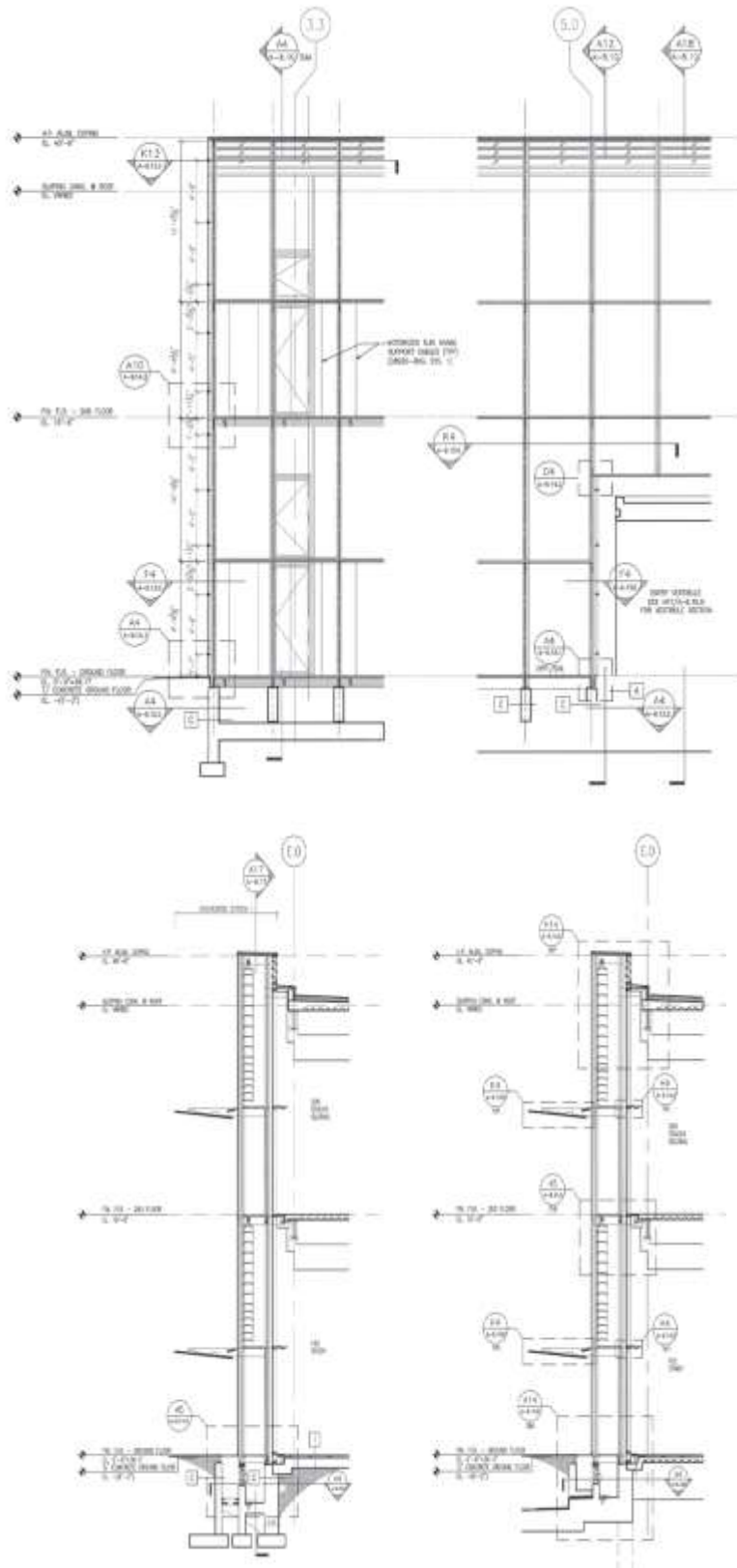
صرف‌نظر از اینکه پروژه، مورد مذاکره قرار گرفته است یا مناقصه شده است، سازنده نما مجموعه‌ی نهایی از نقشه‌های دقیق فروشگاهی را آماده می‌کند که به‌صراحت نحوه‌ی ساخت و مونتاژ اجزای نما را مستند می‌کند. معمار، معمولاً با کمک مشاور نما، مسئول بررسی نقشه‌های سازنده از نظر انطباق با اسناد قرارداد و هماهنگی با نقشه‌های ساخت در حال توسعه‌ی سایر رشته‌ها، به‌ویژه ساختار و سیستم‌های مکانیکی/الکتریکی است.

۶- ساخت و فروش: مدل‌های آزمایشگاهی، نصب و تضمین کیفیت

به دلیل ماهیت سفارشی نمای دوپوسته، ماکت‌ها معمولاً برای اطمینان از کارکرد ظاهری عملکرد و قابلیت ساخت نما ضروری هستند. یک یا چند ماژول واحد از یک پنجره‌جعبه یا نمای راهرویی - یا یک منطقه‌ی انتخابی از یک نمای چندطبقه - در مقیاس کامل توسط سازنده، به‌منظور پیش‌نمایش و تأیید سطوح عملکرد موردنظر، انجام می‌شود. این موضوع معمولاً قبل یا نزدیک به آغاز مرحله‌ی ساخت‌وساز در محل انجام می‌شود، زمانی که پیمانکار به‌طور کامل درگیر پروژه است اما قبل از ساخت نما، ماکت‌ها را می‌توان در محل انجام داد؛ اما نمای دوپوسته اغلب در تأسیسات تخصصی با تجهیزاتی برای آزمایش مقاومت نما در برابر باد، رطوبت و سایر شبیه‌سازی‌های نیروهای طبیعی ساخته می‌شود.

قراردادهای نما به‌طور فزاینده‌ای از یک منبع هستند، به این معنی که یک‌نهاد مسئولیت بخش‌های مختلف نما و نصب هماهنگ آن‌ها را برعهده دارد. در مواقع دیگر، ممکن است قراردادها با متخصصان مختلف بسته شود. به‌عنوان مثال، دیوارهای پرده‌ای و لعاب، زیرسازی، کنترل‌ها، پرده‌ها و اجزای تهویه مطبوع نمای دوپوسته ممکن است نیاز به قراردادهای جداگانه‌ای داشته باشند. در این صورت پیمانکار یا مدیر ساخت‌وساز اصلی مسئولیت اصلی اطمینان از هماهنگی این عناصر را برعهده دارد. عناصر ناهماهنگ مجموعه‌های نما برای طرفین درگیر مسئولیت ایجاد می‌کند و خطرات جدی را برای اهداف پروژه ایجاد می‌کند.

در طول مراحل ساخت‌وساز یک پروژه، هماهنگی اولیه‌ی نما از معمار به مدیر پروژه تغییر می‌کند. هنگامی که شبیه‌سازی کامپیوتری و مدل‌سازی فیزیکی نما به رهبری معمار به پایان می‌رسد، با برنامه‌ریزی و تلاش‌های کنترل کیفیت به رهبری پیمانکار و سازنده نما جایگزین می‌شود.



شکل ۷-۷. گزیده‌ای از اسناد قرارداد کتابخانه عمومی کمبریج. این نقشه‌های نما قبل از نقشه‌های ساخت تهیه شده توسط گارتنر بود، منبع: ویلیام راون و همکاران.^۱

1. William Rawn Associates



شکل ۷-۸. ماکت و تست عملکرد نما در مقیاس کامل برای کتابخانه عمومی کمبریج، ژوزف گارتنر جیم بی اف^۱ این ماکت را ساخت و مجموعه را برای نفوذ هوا، فشار، نفوذ آب و تغییر شکل لرزه‌ای در تأسیسات گاندلفینگن^۲ آلمان آزمایش کرد، منبع: ویلیام راوون و همکاران.

معمار مسئول بازدیدهای منظم از محل برای مشاهده ساخت‌وساز است. نصب نمای دوپوسته می‌تواند در بازه‌های زمانی مختلف بسته به نحوه هماهنگی برنامه ساخت‌وساز انجام شود. به‌عنوان مثال، در مرکز تحقیقات سلولی و بیومدیکال «ترنس دانلی»^۳ دانشگاه تورنتو (تورنتو، کانادا، ۲۰۰۶)، پوسته داخلی کاملاً قبل از شروع نصب پوسته بیرونی نصب شد. برعکس، در برج «پیرل ریور» (گوانگژو، چین، ۲۰۱۳)، ماژول‌های یکپارچه پیش‌ساخته با پوسته بیرونی در جای خود، قبل از لعاب‌دادن به پوسته داخلی نصب شدند و به دلیل مقیاس بزرگ پروژه، طبقات پایین کاملاً قبل از طبقات بالا محصور شدند.

در طول دوره ساخت‌وساز، اجزاء و سیستم‌های ساختمان هنگام نصب بررسی می‌شوند. در هفته‌های منتهی به تکمیل، سیستم‌ها به لحاظ عملکردی آزمایش می‌شوند، چک‌لیست‌های راه‌اندازی انجام می‌شود و پرسنل در مورد عملیات ساختمان آموزش می‌بینند. در طول این مدت، تنظیمات نهایی برای سیستم‌های ساختمانی مانند گرمایش و سرمایش، ایمنی برای زندگی و سیستم‌های امنیتی انجام می‌شود. برنامه‌های سیستم مدیریت ساختمان برای یکپارچه‌سازی عملکرد کارآمد سیستم‌های ساختمانی متعدد در پاسخ به شرایط داخلی و خارجی نظارت‌شده تنظیم شده‌اند. برخی از آزمایش‌ها و نظارت‌ها به دوره پس از ساخت موكول می‌شود تا افراد ساکن در ساختمان را در نظر بگیرند و اجازه دهند نظارت و تنظیمات در طول یک چرخه از فصول انجام شود.

1. Josef Gartner GmbH

2. Gundelfingen

3. Terrence Donnelly



شکل ۷-۹. مرکز تحقیقات سلولی و زیست‌پزشکی ترنس دانلی (تورنتو، کانادا، ۲۰۰۶). ساخت نمای دوپوسته با نصب پوسته داخلی آغاز شد، یک دیوار پرده با شیشه چندجداره در یک قاب آلومینیومی با شکست حرارتی، بخش‌هایی از نما که به‌صورت تک‌پوسته باقی می‌مانند، مانند دهلیز، ۱ متر جلوتر قرار می‌گیرند. منبع: تری میر بوک.



شکل ۷-۱۰. مرکز تحقیقات سلولی و زیست‌پزشکی ترنس دانلی، کارگران ساخت‌وساز روی صفحات معلق کار کردند تا نما را برای نصب پوسته بیرونی آماده کنند. براکت‌های فولادی از پوسته بیرونی و یک راهروی لعبادار در حفره آنان را پشتیبانی می‌کنند. دریچه‌های داخلی نشان داده‌شده هوای حفره‌ای را به واحدهای فن کوئل در پلنوم سقف اداری می‌رسانند، منبع: تری میر بوک.



شکل ۷-۱۱. مرکز تحقیقات سلولی و زیست‌پزشکی ترنس دانلی، نمایی از نمای جنوبی تکمیل‌شده، پوسته بیرونی تک‌جداره در دهلیز حذف شده است. ساکنان دفتر می‌توانند دریچه‌های بیرونی و پنجره‌های داخلی را در دفتر خود باز و بسته کنند، منبع: تری میر بوک.

انطباق نما با الزامات پروژه در فرآیند راه‌اندازی محوطه ساختمان، آزمایش و مستند شده است. عملکرد نما همچنین بر راه‌اندازی سیستم‌های دیگر تأثیر می‌گذارد؛ به‌عنوان مثال، تنظیم دقیق نقطه تنظیم دما که دریچه نما را باز یا بسته می‌کند. راه‌اندازی درواقع یک فرآیند چندمرحله‌ای با فعالیت‌هایی است که در کل فرآیند تحویل پروژه با برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت‌وساز و پس از ساخت شروع می‌شود [۱۵]. نخست در این فرایند، طرح راه‌اندازی بودجه‌ای و تشریح اقداماتی که برای اطمینان از برآورده شدن الزامات عملکرد تعیین‌شده توسط پروژه انجام خواهد شد، ارائه می‌شود. عمق و مدت فعالیت‌های راه‌اندازی براساس اندازه و پیچیدگی پروژه متفاوت است. جنبه‌های یک طرح راه‌اندازی علاوه‌براین، ممکن است توسط قوانین ساختمان یا سیستم‌های درجه‌بندی ساختمان سبز که به سطوح عملکرد سیستم خاصی نیاز دارند یا صرفاً تخفیف‌ها یا مشوق‌های دیگری را برای تسهیلات راه‌اندازی ارائه می‌دهند، کنترل شود [۱۶].

۷- ارزیابی پس از اسکان و بازخورد

اندازه‌گیری عملکرد ساختمان پس از استقرار ساکنان برای بستن حلقه‌های بازخورد ضروری است به‌طوری‌که جزئیات موفقیت‌ها و شکست‌های پروژه‌های تکمیل‌شده، به پروژه‌های آینده آگاهی می‌دهد. رضایت، عدم‌حضور و عملکرد ساکنین قابل نظارت و مطالعه است. جداسازی تأثیر عملکرد انرژی نمای دوپوسته بر عملکرد کلی انرژی ساختمان، حتی زمانی که داده‌های مصرف انرژی کل ساختمان در دسترس باشد، دشوار است. با این حال، با استفاده از ساب متر، مصرف انرژی دستگاه‌های خاص نما، مانند محرک‌های باز تهویه یا فن‌ها، ممکن است اندازه‌گیری شود. عملکرد نمای ساخته‌شده را می‌توان از طریق ارزیابی‌های موقت یا سیستم‌های نظارت دائمی ارزیابی کرد. برخی از روش‌ها و مثال‌ها در بخش زیر توضیح داده شده است.

ارزیابی موقت

تجهیزات رصدکننده عملکرد نما شامل نمایشگرهای دمای سطح، سنسورهای دمای هوا و سنسورهای رطوبت نسبی است. یک ایستگاه هواشناسی در ساختمان یا نزدیک آن برای ارائه یک رکورد مداوم از تابش خورشیدی، دما، رطوبت و سرعت و جهت باد مورد نیاز است. اندازه‌گیری حرکت هوا در فضاهای دارای تهویه طبیعی به دلیل شرایط جریان پویا و غیریکنواخت دشوار است. بادسنج‌ها را می‌توان در فواصل زمانی در حفره نما قرار داد تا یک پروفیل سرعت ایجاد کند. متناوباً، یک گاز ردیاب را می‌توان از طریق لوله‌ای سوراخ شده در نزدیکی پایه حفره وارد کرد، در بالای حفره جمع‌آوری کرد و میزان سطح رقیق‌بودن گاز را تجزیه و تحلیل کرد [۱۷]. حرکت هوا را می‌توان با وارد کردن دود یا حباب‌های صابون در حفره و عکس‌برداری از نتایج به‌طور موقت مشاهده کرد. توصیفی از این روش، که برای تکمیل مطالعه پروفایل حرارتی نمای دوپوسته استفاده می‌شود، در تحلیل کوک و بارتلی^۱ از مرکز دانشگاهی «جان ای. جاکوا» برای ورزشکاران دانشجوی در دانشگاه اورگان یافت می‌شود [۱۸]. در نظارت موقت پروژه‌ها، داده‌ها ممکن است به دستگاه‌های دستی یا یک برنامه رایانه‌ای که در آن نرم‌افزار برای ثبت داده‌ها استفاده می‌شود، وارد شود. در نماهای دوپوسته؛ با برنامه‌ریزی یکپارچه، نویسندگان جزئیات تعدادی از مطالعات پس از اسکان را ارائه می‌دهند، از جمله مطالعه میدانی از دست‌دادن انتقال صدا از طریق دروازه شهر در دوسلدورف آلمان و تجزیه و تحلیل داده‌های حرارتی و صوتی اندازه‌گیری‌شده جمع‌آوری‌شده در ساختمان مرکزی دبیس در برلین آلمان از این نمونه است [۱۹].

ارزیابی دائم

در نصب تأسیسات نظارت دائمی، سیستم مدیریت ساختمان، از بازخورد حسگر برای هدایت عملیات سیستم ساختمان استفاده می‌کند. تنظیم را می‌توان براساس اندازه ساختمان و سطح کنترل خودکار مورد نیاز طراحی، از کوچک به گسترده تغییر داد. در کتابخانه عمومی کمبریج، تجهیزات مانیتورینگ نما در دوطبقه نمای دوپوسته چندطبقه، به‌سادگی از دو سنسور دما که به‌طور دائم نصب شده‌اند، یکی در سمت شرق و دیگری در ضلع غربی حفره دیوار رو به جنوب تشکیل شده است.

مهندس ساختمان یک نقطه تنظیم دما را برای کنترل عملکرد یک ردیف مداوم از دمپرهای تهویه لووردار در بالا و پایه نمای دوپوسته تعیین می‌کند [۲۰]. سپس سیستم مدیریت ساختمان می‌تواند دمپر را باز کند یا ببندد تا بین حالت‌های تهویه بافر، تهویه خارجی و تهویه هوا جابه‌جا شود (شکل‌های ۶-۲f و ۷-۷).

در ساختمان‌های بزرگ‌تر با طرح‌های تهویه هیبریدی و پنجره‌های خودکار، سایه‌بان‌ها و روشنایی به کنترل‌ها و مکان‌های حسگر بیشتری نیاز دارند. بیش از بیست و پنج هزار نقطه رصد در هیدرو پل‌س مانیتوبا بازخوردی را به نرم‌افزار مدیریت انرژی مبتنی بر وب ارسال می‌کند. روشنایی، بارهای پریر، مصرف انرژی اجزای تهویه مطبوع و مصرف

1. Kwok & Bartley

انرژی گرمایش آب از جمله بارهای نظارت‌شده هستند. حسگرهای انتخاب‌شده بازخورد را مستقیماً به سیستم مدیریت ساختمان ارسال می‌کنند که به‌نوبه خود عملکرد سیستم را کنترل می‌کند [۲۱].

در هیدرو پلپس مانیتوبا، یک مرحله بهینه‌سازی پس از راه‌اندازی برای درگیرکردن گروه عملیات ساختمان و اعضای کلیدی تیم طراحی یکپارچه برای مدت دو سال پس از تکمیل ساختمان، از قبل ایجاد شد. نکته مهم این است که فرآیند پروژه با وارد کردن کارکنان عملیات ساختمان به تیم در طول طراحی و ساخت‌وساز، ترکیب تجهیزات اندازه‌گیری دقیق و توسعه یک طرح اندازه‌گیری مورد تأیید در اوایل فرآیند طراحی، زمینه را برای مرحله بهینه‌سازی فراهم کرد.

ساختمان هیدرو پلپس مانیتوبا دارای مزایای استفاده از تیم مهندسی داخلی است که قادر به همکاری نزدیک با تیم طراحی برای تجزیه و تحلیل عملکرد ساختمان ساخته‌شده است. یک مدل ساخته‌شده از ساختمان ایجاد شد تا شبیه‌سازی‌های خاص را بتوان با اندازه‌گیری‌های مستقیم در ساختمان واقعی مقایسه کرد. مرحله بهینه‌سازی دارای طول و دامنه کافی برای شناسایی مناطقی بود که ساختمان طبق پیش‌بینی‌ها عمل نمی‌کرد، تیم مهندسی تغییراتی ایجاد کرد و در نهایت تأیید کرد که سطوح عملکرد مورد انتظار به دست آمده است. نظارت بر سیستم‌های ساختمان درحالی‌که ساختمان اشغال شده بود، تیم را به جایگزینی برخی از اجزای سیستم تهویه مطبوع هدایت کرد که عملکرد ساختمان را با عملکرد پیش‌بینی‌شده هماهنگ می‌کرد. با شفافیت قابل ستایش، کارکنان که مرحله بهینه‌سازی را هدایت کرده بودند، جزئیات این فرآیند را در مقاله «معاملات آشری»^۱ منتشر کردند [۲۲].

چهارچوب‌های ارزیابی پس از اسکان

پروژه‌های تکمیل‌شده به مالکان و تیم‌های طراحی اجازه می‌دهد تا دانش تجربی در مورد طراحی و عملکرد نما به دست آورند، اگرچه این دانش می‌تواند به دلایل حفظ حریم، خصوصی باقی بماند. مالک ممکن است بخواهد جزئیات عملکرد را برای حفظ ارزش اقتصادی ساختمان، خصوصی نگه دارد. تیم‌های طراحی ممکن است مایل نباشند داده‌های عملکرد ساختمان را که ناقص هستند یا به صورت موقتی جمع‌آوری شده‌اند، عمومی کنند. بر این موانع می‌توان با کاهش خطر شفافیت و پیروی از مسیرهای تعیین‌شده برای جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از چهارچوب‌های ارزیابی پس از اسکان (POE) غلبه کرد. برنامه‌های قابل توجه در ایالات متحده شامل دانشگاه کالیفرنیا در مرکز برکلی، برای ساختمان در حال استفاده، بررسی راحتی ساکنین، عملیات نما و تعمیر و نگهداری با تمرکز ویژه بر روی سیستم‌های نما است [۲۳]. برنامه تحقیقات کاربردی سرویس ساختمان عمومی جی اس ای ایالات متحده، از جمله مطالعه پی او ای^۲ منتشرشده از بیست و دو ساختمان سبز جی اس ای (۲۴)، دفتر کارایی انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر وزارت انرژی ایالات متحده و پایگاه داده عملکرد ساختمان بیش از ۹۵۰۰۰۰ ساختمان تجاری و مسکونی است [۲۵].

در بریتانیا، برنامه انجمن تحقیقات و اطلاعات خدمات ساختمان، به تیم‌های پروژه چهارچوبی می‌دهد تا خدمات حرفه‌ای را پس از اتمام دوره معمولی دوازده ماهه گسترش دهند.^۳ «فرودهای نرم» دستورالعمل‌هایی را برای پنج مرحله تعامل ارائه می‌کند: شروع و توضیح، توسعه و بازبینی طراحی، قبل از تحویل، مراقبت‌های اولیه پس از آن و سال‌های یک تا سه، مراقبت‌های بعدی طولانی‌مدت و پی او ای [۲۶].

پر کردن خلأها

همان‌طور که طراحی یکپارچه رایج‌تر می‌شود، مالکان و تیم‌ها باید اقدامات لازم را برای بستن حلقه دانش و پرکردن خلأها در فرآیند انجام دهند. برای دستیابی به ساختمان‌های با کارایی بالا، مالکان و تیم‌های طراحی تشویق می‌شوند تا از قبل برنامه‌ریزی کنند و به صورت قراردادی، ترتیبی دهند تا عملکرد نما را در تمام مراحل پروژه اندازه‌گیری و بهینه کنند.

1. ASHRAE Transactions

2. POE

3. Soft Landings

یادداشت

- [1] US Government Services Administration, *PBS-P100 Facilities Standards for the Public Buildings Service* (US GSA, 2015), 251.
- [2] Ibid.
- [3] Adrian Smith, *The Architecture of Adrian Smith, SOM: Toward a Sustainable Future*, ed. Robyn Beaver (Victoria, Australia: Images Publishing Group, 2007).
- [4] Bruce Kuwabara, Thomas Auer, Tom Gouldsborough, Tom Akerstream, and Glen Klym, "Manitoba Hydro Place: Integrated Design Process Exemplar," in *PLEA2009–26th Conference on Passive and Low Energy Architecture* (Quebec City, Canada, 2009).
- [5] Liam Stoker, "Shaping the Shard: spider crane scales Europe's tallest building," *Design- Build Network*, 3 May 2012 and Federico Bucci, Chiara Calderini, and Alfredo Zappa, "Building the Shard," *Casabella* 818 (October 2012): 66–99.
- [6] Nick Dardalis, "The Shard. Architecture, Building, Design and Glazing at its Finest," *Aluminum Trade Supply* (May 2012, 2012), www.aluminiumtradesupply.co.uk.
- [7] Eberhard Oesterle, Rolf-Dieter Lieb, Martin Lutz and Winfried Heusler, *Double-Skin Façades: Integrated Planning: Building Physics, Construction, Aerophysics, Air-Conditioning*,
- [8] *Economic Viability* (Munich: Prestel Verlag, 2001), 71.
- [9] Jan Hensen, "Integrated Building Airflow Simulation," in *Advanced Building Simulation*, eds. Ali Malkawi and Godfried Augenbroe (New York and London: Spon Press, 2004), 111.
- [10] Henson, "Integrated Building Airflow Simulation," 87–118.
- [11] IES, "CFD Studies," Integrated Environmental Solutions, www.iesve.com.
- [12] Glenn Bernard (Associate Principal, Vanderweil Engineers, LLP) in discussion with the author March 2013.
- [13] RWDL, "Pearl River Tower," www.rwdi.com.
- [14] Kyra Epstein, "Case Study Pearl River Tower: How Far Can You Go?," *High Performance Buildings Magazine* (Winter 2008), 22–29.
- [15] Henk de Bleecker, "MFree-S Closed Cavity Facade: Cost-effective, Clean and Environmental," Permasteelisa, presented at the Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) 9th World Congress, 2012. Original data in SI units has been converted to IP units. See original source for complete context of the Permasteelisa analysis.
- [16] US Government Services Administration Public Buildings Service, *The Building Commissioning Guide* (US GSA PBS 2005), www.wbdg.org.
- [17] Whole Building Design Guide Project Management Committee, "Owner's Role and Responsibilities in the Commissioning Process" (National Institute of Building Sciences 2016), www.wbdg.org.
- [18] Olena Kalyanova Larsen, Rasmus Lund Jensen, and Per Kvols Heiselberg, "Measurement of Air Flow Rate in a Naturally Ventilated Double Skin Facade," *Proceedings of Roomvent 2007*, eds. O. Seppänen and J. Säteri (Helsinki: FINVAC, 2007).
- [19] Alison G. Kwok and Bartley, "Testing the Double Skin Facade: Jaqua Academic Learning Center," *Proceedings of ASES 2011* (American Solar Energy Society, 2011).
- [20] Oesterle *et al.*, *Double-Skin Façades*, 71.
- [21] Warren Pearson (Facilities Manager, Cambridge Public Library) in discussion with the author March 2013.
- [22] Manitoba Hydro Place—A Climate Responsive Design Model, "Data Wall Handout," (KPMB, 2009), www.manitobahydroplace.com.
- [23] Tom Akerstream, Alexander Knirsch, and Mark Pauls, "Manitoba Hydro Place: Energy Efficiency 2.0," *ASHRAE Transactions* (ASHRAE, 2013).
- [24] Center for the Built Environment, "Our Research Portfolio," 2000–12 The Regents of the University of California, www.cbe.berkeley.edu.
- [25] US GSA Applied Research, "Sustainable Buildings Performance," www.gsa.gov/portal/content/103961.
- [26] US Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, "Building Performance Database," US Department of Energy, <https://energy.gov/eere/buildings/building-performance-database>.
- [27] Building Services Research and Information Association (BSRIA), www.bsria.co.uk/services/design/soft-landings and Usable Buildings Trust, *The Soft Landings Framework* (2009), www.usablebuildings.co.uk.

فصل هشتم

نمای دوپوسته

مطالعات موردی

مطالعات موردی زیر عمیقاً به جزئیات معماری بیوکلیماتیک نمای دوپوسته می‌پردازد. هریک از پنج ساختمان توسط نویسنده بازدید شده است. این مطالعات نمونه‌های اجراشده را بیان می‌کند و پویایی این ساختمان را بررسی می‌نماید، که چرا یک نمای دوپوسته در طراحی به کار رفته و این که چگونه در تأمین اهداف پروژه عمل می‌کند؟ عملکرد نما در طیف وسیعی از عوامل با استفاده از ماتریس طراحی زیست‌اقلیمی^۱ تجزیه و تحلیل می‌شود. داده‌های عملکرد تا حدی در دسترس است. مطالعات موردی برای انتقال تفاوت‌های گسترده در چگونگی نمایان شدن نماهای خارجی در مناطقی با آب‌وهوای مختلف و زمینه‌های متفاوت اجتماعی-فرهنگی انتخاب شده‌اند. شباهت‌ها هم‌چنین نشان داده‌است که تمایل دستیابی به نمای خارجی و آسایش محیطی داخلی، در سطحی بیش از قاعده‌های ساخت‌وساز است. این اهداف معماری و از همه مهم‌تر، تمایل در به کارگیری فن‌آوری‌های جدید، میان تمامی مطالعات موردی مشترک است.

۸-۱ کتابخانهٔ مارسی ۱۹۹۷-۲۰۰۴

مارسی، فرانسه؛ آب‌وهوای گرم‌وخشک مدیترانه‌ای/ پروفایل ضخیم/ تهویهٔ خارجی/ چندطبقه

۸-۲ دادگاه گرنوبل ۱۹۹۴-۲۰۰۲

گرنوبل، فرانسه؛ آب‌وهوای معتدل اقیانوسی/ پروفایل ضخیم/ تهویهٔ متغیر/ چندطبقه/ پروفایل سبک/ قابل تنفس/ محفظهٔ پنجره

۸-۳ کتابخانهٔ عمومی کمبریج ۲۰۰۲-۲۰۰۹

کمبریج، انبوه، ایالات متحده؛ معتدل/ آب‌وهوای قاره‌ای مرطوب/ پروفایل ضخیم/ تهویهٔ متغیر/ چندطبقه

۸-۴ ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا ۲۰۰۴-۲۰۰۹

وینیپگ، کانادا؛ سرد/ آب‌وهوای قاره‌ای مرطوب/ پروفایل ضخیم/ تهویهٔ متغیر/ راه سرپوشیده

۸-۵ برج رودخانه مروارید ۲۰۰۵-۲۰۱۳

گوانگژو، چین؛ گرم/ آب‌وهوای نیمه گرمسیری مرطوب/ پروفایل نازک/ تهویهٔ داخلی/ محفظهٔ پنجره



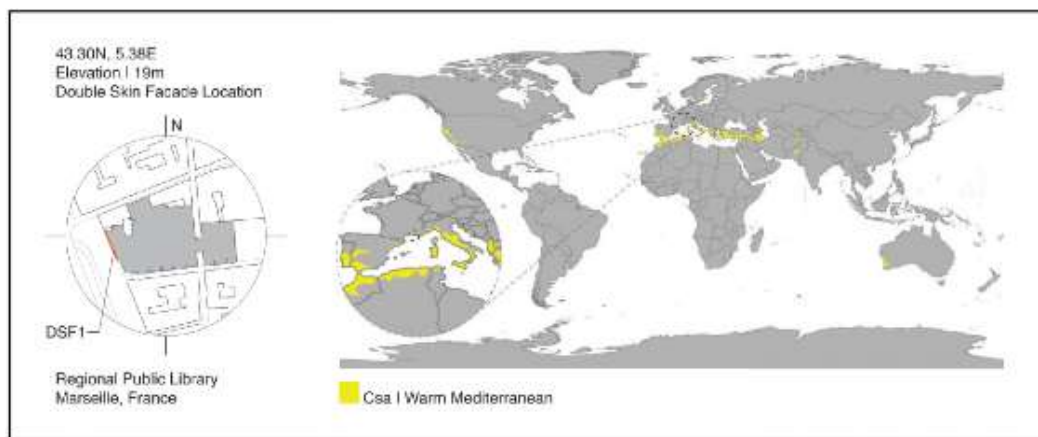
شکل ۸-۱-۱. بی ام وی آر^۱ مارس، منبع: پاسکال پگی^۲.

1. BMVR
2. Pascal Poggi] [paspog@noos.fr]

فصل هشتم - بخش اول

کتابخانه مarseی

(مارسی، فرانسه، ۱۹۹۷-۲۰۰۴)



شکل ۸-۱-۲. موقعیت مکانی، تصویرسازی توسط متیو ویلبر، منبع: ماری بن بونهام.

جدول ۸-۱-۱. اطلاعات ساختمان کتابخانه مarseی.

تاریخ	مسابقه تاریخ ۱۹۹۷؛ کاوش‌های ۱۹۹۸؛ ساخت‌وساز ۲۰۰۰-۰۳؛ فوریه ۲۰۰۴، افتتاحیه رسمی
مالک شهر مarseی	مدیر پروژه مالک شرکت توسعه مarseی ^۱
طرح	
معماری	آدرین فینسیلبر و همکاران ^۲ و دیدیر روگئون ^۳
مهندسی	بترم ^۴
طراح نورپردازی	اسپیچ و مایکل ^۵
ساخت و ساز	
مدیر ساخت‌وساز	مدیر پروژه مالک شرکت توسعه مarseی
سنگ شیشه‌ای لمینیت‌شده	سنگ مرمر
ساختمان	
مساحت خالص ساختمان	۲۱۰۰۰ مترمربع (۲۲۶۰۴۲ فوت مربع)
شرح نما	۴ (بلوک عمومی)؛ ۵ داستان (بلوک اداری)
از کتابخانه عمومی منطقه‌ای استفاده کنید	

منبع: ای اف ای آتلیرز^۶ و بی ام وی آر مarseی

1. Marseille Aménagement
2. Adrien Fainsilber & Associates (AFA)

3. Didier Rogeon
4. Beterem
5. Speeg & Michel

6. Ateliers AFA

مقدمه

کتابخانه مارسی یک مؤسسه عمومی مهم است که به عنوان یک کتابخانه شهری و همچنین توسعه بخش کتابخانه ملی فرانسه در پاریس فعالیت می کند. در حالی که، نام طولانی آن به «بی ام وی آر مارسی» خلاصه شده است، از این کتابخانه معمولاً با عنوان مستعار «آلکازار»^۱ نام برده می شود. آلکازار، بیانگر تجسم قبلی سایت به عنوان یک مکان مشهور برای سرگرمی های محبوب و اجرای سرودی فرانسوی با این نام است. ساخت این کتابخانه در سال ۱۹۹۷، در یک مسابقه به «آدرین فاینسیلبر»^۲ سپرده شد و در سال ۲۰۰۴، افتتاح شد که با دقت در یک بلوک موجود در محله تاریخی بلسونس^۳ مارسی قرار داده شده است. کتابخانه ۲۱,۰۰۰ مترمربعی (۲۲۶,۰۴۲ ft^۲) در مقیاس متوسط به نظر می رسد، به طوری که سطح وسیعی از برنامه ها پشت نمای سنگی اصلی و محوطه های جدید نگهداری می شوند که به تجمع و تناسب ساختمان های مجاور احترام می گذارد [۱]. یک شیشه شفاف در سطح زمین، به صورت بصری کتابخانه را به خیابان بسط می دهد. بالای در ورودی، یک نمای دوپوسته شیشه ای براق به یک باره پایداری دیوار را برقرار می نماید و از آن می خواهد که ناپیدا باشد. در این مطالعه موردی، نمای دوپوسته، به عنوان یک راه حل طراحی زیست اقلیمی که مواد جدید را با هم ترکیب کرده و تکنولوژی های ساختمانی توسعه یافته برای مناطق آب و هوایی معتدل فرانسه را با آب و هوای گرم و خشک سواحل مدیترانه تطبیق می دهد، قابل توجه است.



شکل ۸-۱-۳. نمای دوپوسته سریع، حقایق: نمای دوپوسته چندطبقه در یک حالت تهویه خارجی ثابت پیکربندی شده است و ساختار دوپوسته معمولی را با رویکردی نوآورانه برای غربالگری نمای آب و هوای گرم تطبیق می دهد. نمای دوپوسته به دلیل استفاده از سنگ مرمر سفید نیمه شفاف با شیشه و ادغام اشکال و مواد معاصر در بافت شهری تاریخی قابل توجه است، منبع: پاسکال پگی.

اهداف پروژه

مارسی بی ام وی آر، یک مؤسسه مدنی بزرگ در فرانسه است که اهمیت آن مطمئناً می تواند تضمین کننده یک عمارت به یادماندنی و دوست داشتنی باشد. در عوض، این ساختمان به طرز ماهرانه ای در بافت یک محله تاریخی متراکم ادغام شده است. مانند کتابخانه ملی جدید فرانسه در پاریس، یک کتابخانه منطقه ای که در سال ۱۹۹۵ به عنوان بخشی از پروژه های بزرگ ریاست جمهوری تکمیل شد و بخشی از یک ابتکار ملی باهدفی مشابه برای دایرکردن مؤسسات فرهنگی برای عموم بود. ای اف ای، قصد خود را برای طراحی معماری کتابخانه این گونه بیان می کند: «ساخت یک کتابخانه بزرگ در بخش حفاظت شده مرکز تاریخی مارسی، خلق یک رویداد مهم معماری است؛ ساختمانی که به راحتی قابل شناسایی است و نشان دهنده خاص بودن، مدرن بودن و تکنولوژی بالای محتوای آن است [۲].

1. l'Alcazar

2. Adrien Fainsilber

3. Belsunce

نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

معماران نمای دوپوسته شیشه‌ای/مرمری، کتابخانه را به‌عنوان «ویترین شهر» در نظر گرفتند که از نور خورشید غربی محافظت می‌کند و درعین حال اجازه می‌دهد نور از مواد ظریف عبور کند. از نظر عملکردی، ساختار لایه‌ای، اتاق‌های مطالعه رو به غرب را از نور، گرما و صدای اضافی محافظت می‌کند. از نظر مصالح و متریال، جداره خارجی از طریق استفاده از نمای شیشه‌ای با زمینه سبک معماری ملی/اجتماعی فرانسه ارتباط برقرار می‌کند و جزئیاتی را که از پروژه‌های بزرگ نشأت گرفته است، تثبیت می‌نماید. نما همچنین یک بیان مادی از ترکیب منحصر به فرد شهر مarse با سنت‌های فرهنگی محلی است. مرمر شفاف در پوسته شیشه خارجی یک نوآوری است که به سنت قدیمی فیلترینگ نور و حرارت در حال پراکنده شدن در آب‌وهوای مدیترانه‌ای کمک می‌کند. نما بخشی از رویکرد طراحی کل ساختمان است که کتابخانه را در بافت شهری قرار می‌دهد و آن را با آب‌وهوای محلی هماهنگ می‌نماید.

نمای کلی ساختمان

زمینه‌های اقلیم و فرهنگ

مارسی در منطقه اداری «پروونس آلپ کوته دآزور»^۱ در جنوب فرانسه قرار دارد که از غرب با ایتالیا و از جنوب با دریای مدیترانه هم‌مرز است. در مarse از زمان‌های قدیم به‌طور مداوم مردمی از گوشه و کنار دریای مدیترانه مستقر شده‌اند. مarse یکی از ناهمگون‌ترین شهرهای اروپا است که از جمعیت قابل توجهی مسیحی، یهودی، ارمنی ارتدوکس و مسلمان در کنار بسیاری از هویت‌های قومی و فرهنگی دیگر تشکیل شده است. با جمعیت کنونی بیش از ۸۰۰۰۰۰ نفر، به‌عنوان «دومین شهر» فرانسه و «اولین بندر اروپای مدیترانه» شناخته می‌شود. اقتصاد این شهر برای مدت طولانی تحت سلطه تجارت و صنعت بوده است. مarse همچنین با رشد گردشگری، خدمات، تحقیقات، فناوری پیشرفته و اقتصاد فرهنگی متمایز گشته است.

این شهر در حوزه حفاظت‌شده «بندر قدیمی»، بر روی دامنه‌های تپه سنگ‌آهک قرار دارد و به‌طور متراکم تا آنجا که خط ساحلی صخره‌ای اجازه می‌دهد، بالا می‌رود. کتابخانه مarse در مرکز شهر تاریخی بین بندر و ایستگاه قطار پاریس_سنت چارلز^۲ قرار دارد که در حدود ۱۹ متر (۶۲ فوت) بالاتر از سطح دریا جای گرفته. مarse دارای آب‌وهوای گرم مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و خشک است. این شهر با حدود ۲۹۰۰ ساعت آفتابی در یک سال، آفتابی‌ترین شهر فرانسه است. در گرم‌ترین ماه، جولای، دما به‌طور متوسط ۲۹/۱ درجه سانتی‌گراد (۸۴ درجه فارنهایت)، ۵۹ درصد رطوبت و با کمترین میانگین بارش ماهانه سال (۹/۱ میلی‌متر [۰/۴ اینچ]) است. میانگین بارندگی سالانه ۵۸۸ میلی‌متر (۲۳ اینچ) است. سردترین ماه ژانویه، میانگین دمای ۶/۳ درجه سانتی‌گراد (۴۳ درجه فارنهایت) است [۳].

در محله‌های متراکم شهری مarse، ساختمان‌های سنگی با دیوارهای ضخیم و سقف‌های کاشی سفالی چهار تا شش طبقه دارند که به‌اندازه کافی بلند هستند تا بر خیابان‌های باریک سایه اندازند. جرم حرارتی بالا، به‌طور مؤثر گرما را در روز ذخیره کرده و آن را در طول شب آزاد می‌کند.

1. Provence-Alpes-Côte d'Azur

2. Saint Charles



شکل ۸-۱-۴. پانورامای مarseسی، محله بلسونس بین ایستگاه قطار مarseسی_سنت چارلز (پیش‌زمینه سمت راست تصویر) و بندر قدیمی قرار دارد، منبع: جین پیر دالبِرا^۱ مکان بی ام وی آر مarseسیل که توسط نویسنده مشخص شده است.

کتابخانه مarseسی جرم حرارتی را در ساختار خود گنجانده و سایر استراتژی‌های سازگار با آب‌وهوا را که در این منطقه رایج است، مانند حیاط‌ها و صفحه‌های خورشیدی اتخاذ می‌نماید.

سایت و برنامه

به‌عنوان یک بی ام وی آر، کتابخانه مarseسی جزو اولین گروه از دوازده کتابخانه منطقه‌ای در فرانسه است که به‌طور مشترک با منابع دولتی، منطقه‌ای و محلی تأمین می‌شود. این کتابخانه‌های بزرگ منطقه‌ای ارتباط نزدیکی با منابع نهادی کتابخانه ملی فرانسه دارند. برنامه بی ام وی آر با قانون تصویب‌شده در فرانسه در سال ۱۹۹۲ برای تشویق و تأمین بودجه ساخت کتابخانه‌های منطقه‌ای باهدف اصلی افزایش مشارکت شهروندان در فعالیت‌های فرهنگی آغاز شد. کتابخانه‌های بی ام وی آر طبق تعریف باید مجموعه‌های بزرگی داشته باشند و به جمعیت وسیع منطقه‌ای حداقل ۱۰۰۰۰ نفری خدمات ارائه دهند [۴]. کتابخانه مarseسی به‌راحتی این نیاز را برآورده می‌نماید.

کاربران کتابخانه، مجموعه‌ای چندلایه از سیاستمداران، وزرای فرهنگی و مدیران نهادهای کتابخانه بودند. شهر مarseسی، شوراهای عمومی و منطقه‌ای آن و دولت فرانسه در تأمین مالی پروژه آلکازار سهیم بودند. در مورد بی ام وی آر مarseسی، سهم ایالت ۲۰ درصد از کل سرمایه‌گذاری پروژه بود، درحالی‌که بخش شهر مarseسی ۵۲ درصد بود [۵]. علاوه‌بر نقش مورد انتظار آن در ارائه خدمات کتابخانه چندرسانه‌ای نوین و تبدیل‌شدن به یک منبع فرهنگی برای منطقه، این ساختمان به‌عنوان عنصری کلیدی در مarseسی جدید شناخته شد. مدیر پروژه و شرکت پیمانکاری «آمی»^۲ کتابخانه مarseسی، قبلاً به‌عنوان مدیر پروژه در بسیاری از پروژه‌های حفاظت و بازسازی تاریخی در منطقه مarseسی مشغول بوده‌است. آن‌ها متخصصان را در نوسازی نواحی تاریخی منطقه به این تیم آورده بودند [۶]. در طی کاوش‌های اولیه برای کتابخانه، بقایای باستان‌شناسی مربوط به بیست‌وشش قرن تاریخ کشف شد که قدمت آن به زمان تأسیس شهر فوکیه^۳ می‌رسد [۷]. درحالی‌که این امر پروژه را به مدت یک سال به تعویق انداخت و هزینه آن را افزایش داد، این اکتشافات تنها به داستان فرهنگی غنی این پروژه افزودند.

سایت کتابخانه روبروی یک بلوار پر رفت‌وآمد و پر از درخت به نام گورس بلسنس^۴ است. این پروژه فرصتی بود برای احیای خاطره تئاتر ملی آلکازار که از اواسط قرن نوزدهم این مکان را اشغال کرده‌بود. این تئاتر، با چادر بزرگ نمادین، برای چندین دهه تعطیل شده‌بود. تحت تأثیر هنر نو که قرار بود از سال ۱۸۸۹ ساخته شود اما هنوز هم نیازمند تعمیر است. امکان حفظ چادر بزرگ وجود نداشت؛ باین‌حال، ورودی به‌سختی بازسازی شد، به‌طوری‌که اغلب

1. Jean-Pierre Dalbéra
2. Amé

3. Phocaeen
4. Cours Belsunce

تصور می‌کنند اصل و اساس آن حفظ شده است. تعدادی دیگر از مقررات حفاظتی تاریخی موردنیاز شهر مarsey به‌طور قابل‌توجهی در پاسخ به معماری نقش داشتند. این‌ها شامل محدودیت ارتفاع مطابق با ساختمان‌های معمولی در منطقه، حفظ نمای سنگی اصلی در گوشه خارجی محل ساختمان، شکستن برنامه ساختمان به دو ساختمان برای حفظ یک کوچه وسط بلوک و استفاده از سقف کاشی‌کاری بر روی اکثریت سطح بام بود [۸].



شکل ۸-۱-۵. ورودی تئاتر آلكازار مarsey قبل از بازسازی (۱۹۹۴)، منبع: کریستوفه موستیر^۱.

فضای برنامه‌ریزی عمومی کتابخانه شامل: پذیرش، قفسه‌هایی برای امانت دادن کتاب، موسیقی، فیلم و چندرسانه‌ای، نشریات ادواری، محوطه کودکان و اتاق‌هایی برای مطالعه، تحقیق، نمایشگاه و جلسه است. سالن پایینی به‌راحتی از ورودی اصلی قابل‌دسترسی است. مناطق زیادی برای خدمات داخلی ارائه شده است. یکی از الزامات خاص تعیین BMVR این بود که ساختار ساختمان باید با تغییرات مداوم تکنولوژیکی و سازمانی سازگار باشد.



شکل ۸-۱-۶. نمایی از نمای ورودی مarsey بی‌ام‌وی آر، منبع: مارین کاسامانس^۲.

1. Christophe Moustier

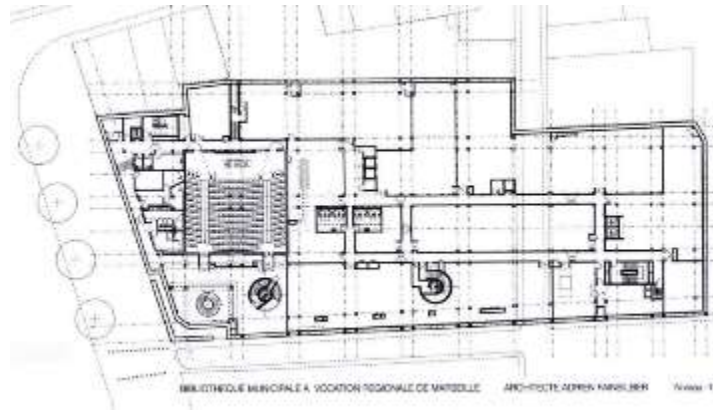
2. Marianne Casamance

معماران به این درخواست به‌سرعت و با روشی یکپارچه واکنش نشان دادند. اسکلت بتنی ساختمان به‌صورت شبکه‌ای چیده شده است که در آن ستون‌هایی بافاصله نزدیک از مسیرهای گردشی بین بخش‌های بزرگ فضای برنامه‌ریزی‌شده قرار دارند [۹]. فضای بین ستون‌ها یک چهارچوب روباز و سازمان‌یافته، هم برای افراد و هم برای فناوری فراهم می‌کند. سقف‌های مسیر، یک مسابقه باز برای مجراها ایجاد می‌کنند و کف‌ها با عناصری لمس‌شدنی برای دسترسی پوشانده شده‌اند. پایه‌ها مکان‌هایی را برای نصب بنرها روی ستون‌ها ارائه می‌دهند که به‌صورت بصری طرح ساختمان را از هر نقطه‌ای در آتریوم مرکزی توضیح می‌دهند. لامپ‌های طراحی‌شده سفارشی که بر روی ستون‌ها نصب شده‌اند، سلسله‌مراتب ساختاری را بیشتر برجسته می‌کنند.

نماها

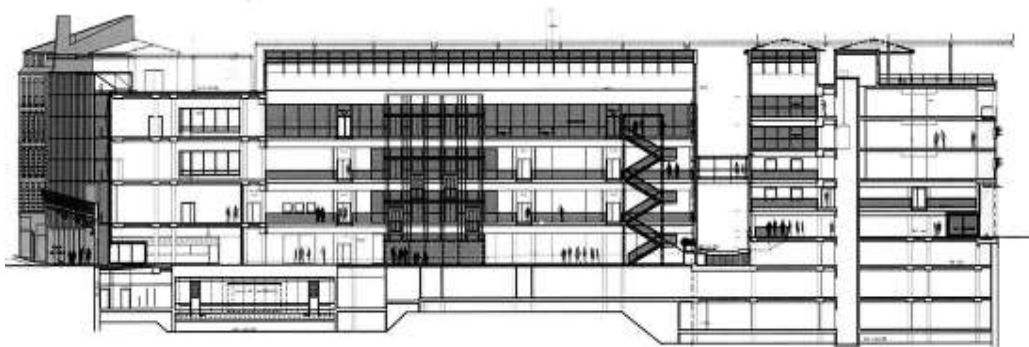
نمای ورودی با شیشه مرمری و با نماهای سنگی تاریخی در هر طرف قاب شده است. در سمت چپ، یک ملک مجاور دست‌نخورده باقی مانده بود. در سمت راست، نماهای سنگی حفظ شد و ساختمان پشت آن تخریب شد تا فضایی جدید برای کتابخانه باز شود.



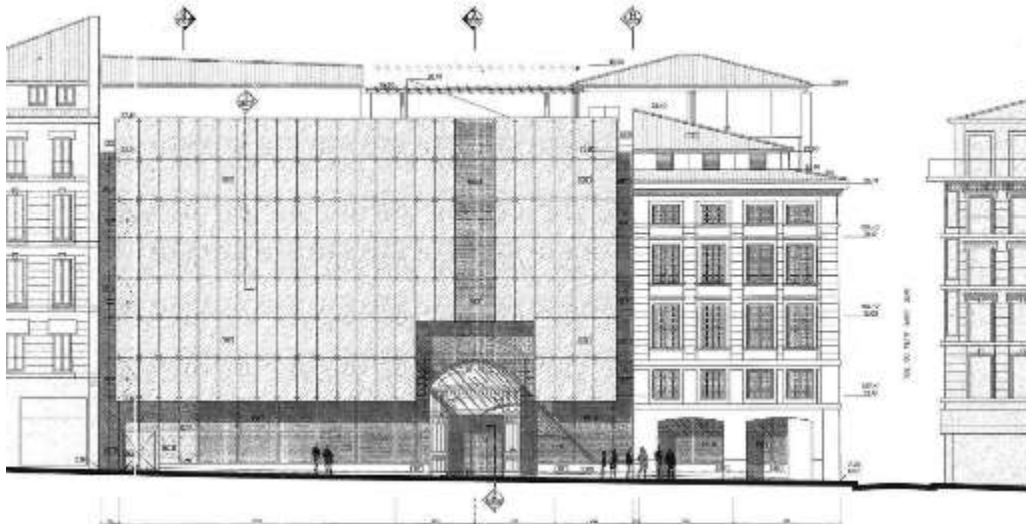


سایت پلان

شکل ۸-۱-۷. نقشه سایت و طبقه بی ام وی آر مارسی، منبع: آتلیرز ای اف ای.



شکل ۸-۱-۸. مقطع طولی مارسی بی ام وی آر، منبع: ای اف ای آتلیرز.



شکل ۸-۱-۹. نمای غربی مارسی بی ام وی آر، ای اف ای آتلیرز.

ساختمان جدید کتابخانه، پس از حمایت از ساختار جدید، نمای سنگی حفاظت‌شده در نزدیکی تقاطع «سن ژان - سن» پنهان شده است و منظر بافت شهری را از گورس پلسینس حفظ می‌کند.

نمای طولانی کتابخانه به سمت جنوب، سیمای معاصرتری دارد که از دیوارهای مات با پنجره‌های پانچ‌شده تشکیل شده است. سطح زمین یک دیوار شیشه‌ای ساده است که به عابران اجازه می‌دهد تا فضای داخلی کتابخانه را ببینند. ساختمان‌ها در امتداد خیابان باریک بر روی این نما سایه می‌افکند، اما پنجره‌های طبقات بالا دارای دستگاه‌های آفتاب‌گیر خارجی است. بخش عمده کتابخانه در قسمتی از این خیابان تقسیم شده است تا امکان ادامه مسیر خیابان دو باگنوار^۱ را فراهم کند. بلوک شرقی کوچک‌تر کتابخانه، که به وظایف اداری اختصاص دارد، با دوطبقه زیرزمین و یک محوطه محصور به بلوک عمومی غربی متصل است.



شکل ۸-۱-۱۰. نمای غربی: نمایی از تراموا، منبع: ماری بن بونهام.

پل عابر پیاده، نمای شرقی در مقابل میدان کوچکی قرار دارد که در آن ورودی اداری در نظر گرفته شده است. ستون‌های بتنی در نمایان شدن، نماهای شرقی و جنوبی را برجسته می‌کند و ریتمی متناسب ایجاد می‌کند که با عرض محله سنتی مارسیزی^۲ یا ساختار پنجره‌های ترویز^۳ مطابقت دارد. بخش شمالی کتابخانه، ساختمان‌های موجود را پوشش می‌دهد و چندین حیاط در امتداد این حاشیه قرار دارد.

آتریوم

پس از ورود به ساختمان از کورس پلسنس، کاربران کتابخانه با یک راهروی بزرگ مواجه می‌شوند که به یک سالن عمومی بلند منتهی می‌شود. معماران این فضا را به‌عنوان ادامه‌ای از خیابان شهری ابداع کردند، فضایی شاد و روشن که در آن بازدیدکنندگان کتابخانه می‌توانند جهت خود را انتخاب کنند و به بخش‌های موردنظر کتابخانه حرکت کنند. در اینجا، می‌توان با مداخلات هنری مواجه شد که به کاوش در فضا دعوت می‌کند: یک لوستر ماریپچی از لامپ‌های سیلیکونی قرمز در داخل یک پلکان شیشه‌ای منتهی به سالن نمایش طبقه پایین، معلق است، مجسمه‌های فلزی که در کف مرمر آتریوم گذاشته شده‌اند، زمین‌شناسی سایت را به یاد می‌آورد، و نام «آلکازار» به‌صورت نقش برجسته بر روی ساحلی از آسانسورهای شیشه‌ای درخشان ترسیم شده است. فضا مملو از نور فراوان روز با یک نورگیر سقفی لعاب‌دار پیوسته است که در بالای آن ردیفی از پنجره‌های آفتاب‌گیر قرار دارد. حائل‌های خطی ثابت کج شده و برای تغییر جهت نور روز فاصله دارند تا بیشتر پراکنده و غیرمستقیم باشد. با این حال، بسته به زاویه خورشید و شرایط آسمان، گاهی اوقات فضای گردش با باریکه‌هایی از نور سفید روشن که بین تیغه‌ها گیر می‌کند، فعال می‌شود.

1. du Bagnoir

2. marseillaise

3. trois



شکل ۸-۱-۱۱. نمای جنوبی: نمای خیابان دو پتی-سن-ژان^۱، منبع: پاسکال پگی.



شکل ۸-۱-۱۲. نمای بین بلوک‌ها: خیابان دو باگنوار^۲، منبع: پاسکال پگی.

1. du Petit-Saint-Jean

2. du Baignoir



شکل ۸-۱-۱۳. نمای شرقی: محل د لا پروویدنس^۱، منبع: پاسکال پگی.



شکل ۸-۱-۱۴. داخل دهلیز رو به غرب، منبع: ای اف ای آتلیرز.

1. de la Providence



شکل ۸-۱-۱۵. پنجره‌های آفتاب‌گیر بیرونی بر روی دهلیز، منبع: پاسکال پگی.

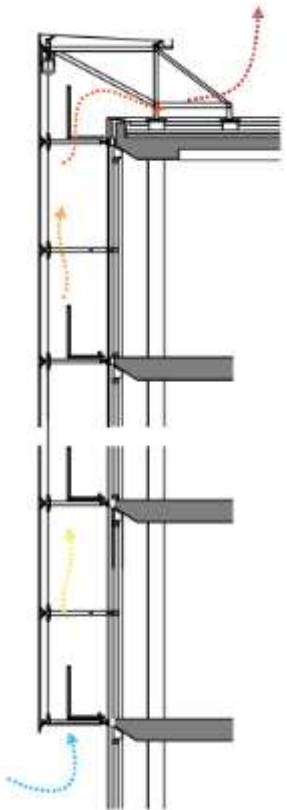
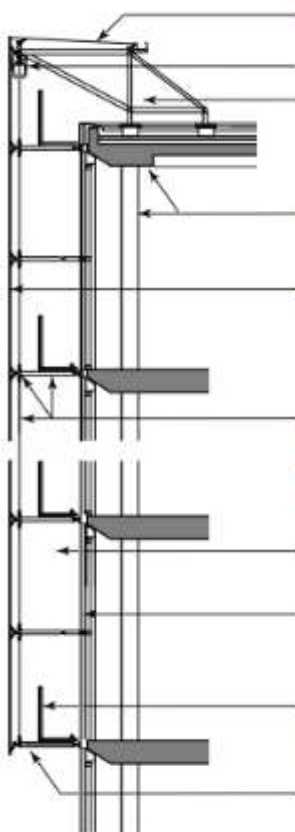


شکل ۸-۱-۱۶. سقف با ساختار نمای دوپوسته، منبع: پاسکال پگی.

در یک حرکت نمایشی معماری، نورگیرهای آفتاب‌گیر در تمام طول کتابخانه گسترش یافته و مانند یک سایبان دوم از بالای ورودی بیرون زده و بر روی کوچه‌ای که دو بلوک کتابخانه را از هم جدا می‌کند، تا ورودی شرقی امتداد می‌یابد. از مسیر ستون فقرات مرکزی آتریوم، مراجعه‌کنندگان کتابخانه، می‌توانند از طریق پله یا آسانسور تا قفسه‌های کتاب، سالن نمایشگاه و اتاق‌های مطالعه در طبقات بالا بروند. اتاق‌های مطالعه مشرف به آتریوم مستقیماً در پشت نمای دوپوسته شیشه‌ای مرمری قرار دارند. پوسته شفافش نور غیرمستقیم و آرامی را فراهم می‌کند که برای مطالعه عالی است. ویژگی‌ها و عملکرد نمای دوپوسته به‌طور مفصل توضیح داده شده است.

ساخت و اجرای نمای دوپوسته^۱

ارائه و بحث در مورد نمای دوپوسته کتابخانه مارسی با نمای کلی ساخت در شکل ۸-۱-۱۷ آغاز می‌شود. ماتریس طراحی در جدول ۸-۱-۲ به‌طور خلاصه نشان می‌دهد که چگونه مفاهیم و مؤلفه‌های طراحی زیست‌اقلیمی ویژه در بیان معماری نمای دوپوسته این ساختمان خاص آشکار می‌شوند. این تحقیق کل ساختمان را به‌عنوان زمینه در نظر می‌گیرد، اما بر ویژگی‌ها و عملکردهای پوسته دوگانه تمرکز دارد.

نمای دوپوسته ساخت‌وساز بررسی اجمالی	ساختمان: کتابخانه بی ام وی آر مارسی مکان: مارسی، فرانسه آب‌وهوا: گرم مدیترانه‌ای	تهویه: تهویه خارجی محفظه: چندطبقه جهت‌گیری: غرب
 حالت تهویه خارجی (در تمام طول سال)		سقف شیشه‌ای سکوریت‌شده به سمت ناودان
		نورپردازی نما روی قاب نصب‌شده است
		خروجی هوا: باز
		سازه ساختمان: اسکلت بتنی (حجم گرمایی)
		لایه بیرونی: سنگ مرمر شیشه‌ای چندلایه
		پانل‌های نقطه ثابت با مفصل پیچ و مهره به قاب فولادی لوله؛ سیلیکون
		درزگیر بین پانل‌ها
		ساختار نما: لوله فولاد رنگ‌آمیزی شده با میله‌های کششی فولادی نصب‌شده به خرپا روی سقف و مهاربندی‌شده به سازه پایه
		فضای هوایی: ارتفاع ۳ طبقه عمق ۱۵۶۶ میلی‌متر (۵٫۱ فوت)
		پوسته داخلی IGU: با قاب آلومینیومی دیوار تیغه‌ای با فولاد تقویت‌شده میلیون‌های عمودی و فولاد پخت راهروی نگهداری: فولاد رنگ‌شده پیاده‌روی آهنی با میله فولادی و نرده محافظ
		ورودی هوا: پایین و کناره‌ها باز است

شکل ۸-۱-۱۷. نمای کلی ساخت نمای دوپوسته برای کتابخانه مارسی، اطلاعات از ای اف ای آتلیرز،

منبع: تصویرسازی توسط ماتیو ویلبر^۲ و ماری بن بونهام.

جدول ۸-۱-۲:

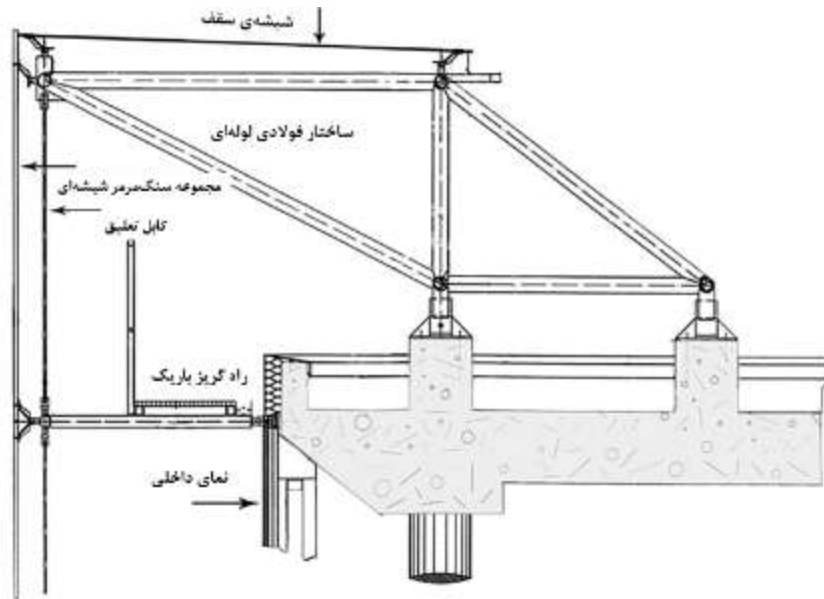
زیست‌اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته						زیست‌اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته	
ساختمان: دادگاه گرنوبل محل: گرنوبل، فرانسه اقلیم: معتدل اقیانوسی						زیست‌اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته	
بسته‌ی قطعات نمای دوپوسته						عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	
● نشان می‌دهند که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی پشتیبانی می‌کند.						مفاهیم زیست‌اقلیمی	
فضای جریان هوا	عناصر سایه	منفذهای تهویه	لعاب‌کاری	ساختار	تجهیزات جانبی	مفاهیم زیست‌اقلیمی	
●	●		●		●	تشنه	
●	●		●		●	مجموعه خورشیدی و ذخیره‌سازی حرارت	
						توزیع حرارت	
●	●	●	●		●	حفاظت از گرما	
●	●		●		●	کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما	
●	●	●			●	خنک‌کننده طبیعی و اتلاف حرارت	
						تهویه مطبوع فعال	
	●		●			جداسازی صوتی	
●	●		●		●	فضایی متحرک	
						غیربصری ارتباط با طبیعت	
●	●				●	کنترل فردی محیط زیست	
						تولید انرژی‌های تجدیدپذیر	
						اخلاقی اجتماعی تاریخی	
کاربرد DSF						تأثیر محیطی اندک	
نمای دوپوسته ۱: نمای ۸ طبقه رو به جنوب غربی برای دفاتر قضایی						هزینه تعمیر و نگهداری	
چندطبقه باحالت‌های تهویه متغیر						ساختار و مونتاژ	
مفاهیم زیست‌اقلیمی و بخش‌هایی که در جدول بالا بیان شد، منجر به راهکارها و خصوصیات در ارتباط با طراحی نمای دوپوسته خواهد شد. برای بحث و گفت‌وگو به نمونه موردی نگاه کنید.						زیبایی‌شناسی	
۱. جریان هوای قابل تنظیم برای سازگاری فصلی						ارتباطات تعبیه‌شده در مکان	
۲. نور روز قابل کنترل							
۳. بافر آکوستیک							
ماتریس طراحی زیست‌اقلیم برای نمای دوپوسته می‌تواند برای تجزیه‌وتحلیل ساختمان‌های موجود یا برنامه‌ریزی نماهای جدید استفاده شود. نمای دوپوسته، براساس هندسه محفظه هوا و نوع تهویه، طبقه‌بندی می‌شود. در این دسته‌بندی‌های کلی، ترکیب‌های خاص پروژه از مفاهیم و اجزای نما منجر به راه‌حل‌های منحصربه‌فرد برای نمای دوپوسته می‌شود. نمای دوپوسته نیازمند همکاری چندین علم در قالب یک فرآیند طراحی متحد است تا کل یک ساختمان با راهکارهای زیست‌اقلیمی تطبیق داده‌شده با اقلیم و کاربری مشخص، به موفقیت دست یابد. مفاهیم طراحی زیست‌اقلیمی، برگرفته از عوامل مؤثر بر بیان معماری ویکتور اولگی ^۱ می‌باشد، «عوامل مؤثر بر بیان معماری» اولگی (طراحی با اقلیم، ۱۹۶۳)، مفاهیم حرارتی نیز برگرفته از گروه تحقیقاتی معماری و اقلیم در دانشگاه کاتولیک لوون ^۲ ، بلژیک (کتاب راهنمای طراحی زیست‌اقلیمی، ۱۹۸۶) است، ماتریس ماری بن بونهام.							

نور اولین نیاز برنامه‌نویسی برای یک کتابخانه است. در این شهر بندری در جنوب فرانسه، نور فراوان خورشید می‌تواند گرمای بی‌امان و تابش خیره‌کننده را به ارمغان بیاورد. نمای دوپوسته کتابخانه مارسی این موقعیت را با جزئیاتی که از سنت‌های مدیترانه‌ای برای فیلترکردن نور و اتلاف گرما نشأت می‌گیرد، حل می‌کند و این مفاهیم را با استفاده از مواد و روش‌های فنی پیشرفته به‌روز می‌کند. مانند یک کرکرهٔ مرمری، پوستهٔ بیرونی نما از یک خرپای فولادی لوله‌ای روی سقف آویزان شده است تا یک فضای هوایی چندطبقه به عرض ۱۵۶۶ میلی‌متر (۵/۱ فوت) در مقابل پوستهٔ داخلی لعاب‌دار از کف تا سقف ایجاد کند. پانل‌های بدون قاب در پوستهٔ بیرونی، دارای لایه‌ای از سنگ مرمر شفاف هستند که بین دو ورقهٔ شیشه‌ای شفاف ساخته شده است. پانل‌های شیشهٔ مرمری با پیچ و مهره‌های مفصلی ثابت نگه داشته می‌شوند. پیچ‌ها روی نمای عمودی از طریق بازوهای فلزی «پنجه‌عنکبوتی» می‌چرخند تا به قاب لوله‌های فولادی متصل شوند. لبهٔ بیرونی این قاب محفظه‌ای با میله‌های کششی فولادی از خرپای سقف آویزان شده و در خطوط کف با سازهٔ بتنی ساختمان مهار می‌شود. پیچ و مهره‌ها ثابت هستند و فضاهای مابین پانل‌ها از نظر ساختاری آب‌بندی شده‌اند تا یک لایهٔ خارجی یکپارچه را تشکیل دهند [۱۱].

ویژگی اول نمای دوپوسته: اجتناب از گرما در آب‌وهوای گرم

بدون قطعات متحرک، شفت تهویه‌شدهٔ خارجی به‌طور دائم در حالت جلوگیری از گرما قرار دارد. سنگ مرمر شفاف سایه را تأمین می‌کند. تهویهٔ محفظه‌ای از انباشت گرما و حرارت جلوگیری می‌کند و انتقال حرارت همرفتی به داخل کتابخانه را کاهش می‌دهد. گرمایی که توسط جرم حرارتی قاب بتنی ساختمان جذب می‌شود، هنگامی که دما در طول شب کاهش می‌یابد، به‌آرامی آزاد می‌شود. نمای کتابخانه ساختار و شکل نمای دوپوستهٔ قابل تنظیم فصلی «کلاسیک» را به خود گرفته و آن را به‌صورت یک زمینهٔ جدید به‌روز می‌کند و تکنیک‌های پاسخگو به آب‌وهوا را از زبان‌های بومی مدیترانه‌ای به عاریت گرفته است، مانند شفت‌های تهویه، دیوارهای صفحه‌ای و سنگ تراشیده‌شده برای فیلترکردن نور. پوستهٔ بیرونی همانند یک صفحهٔ مشبک، اولین خط دفاعی در برابر نور و گرمای مرتبط با آن است. برخلاف صفحه‌های مرسوم که معمولاً مشبک هستند، پوستهٔ بیرونی کتابخانه به‌صورت یکپارچه در سطح آن قرار دارد. به‌جز محیط نما، اتصالات پانل با درزگیر سیلیکونی ساختاری شفاف آب‌بندی می‌شود. در رابطه با جریان هوا، نمای دوپوسته بیشتر شبیه یک دودکش خورشیدی شیشه‌ای عمل می‌کند. پایین و کناره‌های پوستهٔ بیرونی به‌عنوان ورودی هوا بازمی‌ماند. هنگامی که هوای پشت شیشهٔ مرمری در نتیجهٔ گرمایش خورشیدی شناور می‌شود، هوای محیط به‌وسیلهٔ دهانهٔ ورودی برجسته در یک طبقه بالاتر از سطح خیابان از طریق اثر دودکش در محفظه کشیده می‌شود. هوای گرم‌شده به بالای شفت سه‌طبقه صعود می‌کند و به سمت جلو جریان می‌یابد. پوستهٔ بیرونی شیشهٔ مرمری بر بالای فضای هوایی قرار دارد تا با سقف کتابخانه همپوشانی داشته باشد، فضای هوایی را خشک نگه می‌دارد و تودهٔ هوا را به سمت دودکش هدایت می‌کند تا از بالای سقف کتابخانه خارج شود.

پوستهٔ بیرونی هم‌زمان نقش یک سپر صوتی در برابر صداهای خیابان شلوغ و تراموا را نیز ایفا می‌کند؛ درحالی‌که کناره‌های باز اجازه می‌دهد صدا به‌طور غیرمستقیم به فضای هوایی منتقل شود، سطح کلی انتقال صدا به داخل کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۱-۱۸. جزئیات ساختار سقف نمای دوپوسته، منبع: ای اف ای آتلیرز.

ویژگی دوم نمای دوپوسته: بهینه‌سازی نور روز برای اتاق‌های مطالعه

این ساختمان برای روشنایی طبیعی برنامه‌ریزی شده است. آتریوم و سه محفظه نوری کوچک‌تر، عمق بلوک را تفکیک می‌کند، درغیراین‌صورت فضای داخلی بزرگ و تاریک خواهد بود. کتابخانه مارسی، به‌جای یک اتاق مطالعه بزرگ، دارای چندین قسمت مطالعه است که به‌وسیله مجموعه‌ای از کتاب‌ها تقسیم شده است؛ بزرگ‌ترین آن‌ها در طبقات بالایی بین نمای ورودی و آتریوم قرار گرفته‌است. نور طبیعی به‌صورت دوطرفه و غیرمستقیم از طریق حائل‌های نمای دوپوسته و آتریوم وارد اتاق مطالعه می‌شود.

اتاق‌های مطالعه با نور پراکنده، دارای محیطی آرام و متمرکز هستند که برای مطالعه عالی است. سنگ مرمر با طرح‌های سفید و خاکستری گرم، که در پشت لایه‌های ستون‌ها و جرزهای سفیدرنگ‌شده و شیشه‌های شفاف پوسته درونی قابل مشاهده است، محفظه مناسبی را تشکیل می‌دهد.



شکل ۸-۱-۱۹. ساختار نما که از پشت‌بام دیده می‌شود، منبع: ماری بن بونهام.

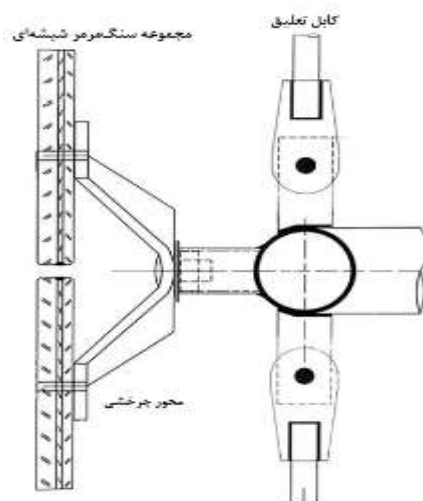


شکل ۸-۱-۲۰. اتاق مطالعه مشاهده‌شده از دهلیز، منبع ماری بن بونهام.

محور مرکزی ورودی و آتریوم را نواری از لعاب شفاف تشکیل داده و به کتاب‌خوانان ارتباط با دنیای بیرون را ارائه می‌دهد. نور روز با یک مجموعه از نورهای پس‌زمینه و چراغ‌های سفارشی طراحی شده تکمیل می‌شود. میزهای مطالعه بلند دارای چراغ مطالعه هستند. رنگ‌های نارنجی در سایه‌های گل‌جام‌های شیشه‌ای، سردر رنگ شادخانه آکازار را به یاد می‌آورند. وسایل نصب‌شده بر روی ستون که دارای یک بازتابنده بادبان‌مانند هستند، روشنایی غیرمستقیم را فراهم می‌کنند.

ویژگی سوم نمای دوپوسته: نوآوری مواد

در زیر نور مستقیم خورشید، کامپوزیت مرمر_شیشه استحکامی مات دارد، بنابراین به نماهای سنگی تاریخی همسایه مربوط می‌شود و شاید هم، شأن و بزرگی ساختمان‌های کتابخانه‌ای سنگی دوره‌های قبل را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱-۲۱. جزئیات نما، منبع: ای اف ای آتلیرز.

پوشش شیشه‌ای از سنگ شکننده محافظت می‌کند و جلوه‌ای صیقلی به آن می‌بخشد. مواد قابل تغییر در زیر آسمان صاف یا ابری، هنگام غروب، یا در شب به‌طور متغیر نیمه‌شفاف یا بازتابنده هستند. این سیستم دارای قلاب است که با جزئیات بدون قاب تأکید می‌شود. دهانه‌های کناره‌ها راز ساختار پشته دیوار و نماهایی از زندگی درون آن را آشکار می‌کند. لامپ‌های نصب‌شده در داخل فضای هوایی نمای خارجی، جلوه‌ای درخور تماشا را ارائه می‌کند و بر این واقعیت تأکید دارد که کتابخانه برای عموم باز است.

نوآوری فنی فرآیند برش سنگ و لمینیت که برای ایجاد پانل‌های شیشه‌ی مرمری کتابخانه استفاده می‌شود، یک تکنیک مناسب است که توسط سازنده‌ای فرانسوی در نزدیکی لیون توسعه یافته‌است. «فایبراستون»^۱ با انتقال دانش فن‌آوری لمینیت شیشه به ساخت سنگ، سنگ هیبریدی و محصولات شیشه‌ای را در ورق‌های نازک‌تر، سبک‌تر و بزرگ‌تر از آنچه به‌گونه‌ای دیگر از نظر ساختاری برای سنگ روکش امکان‌پذیر بود، میسر می‌کند [۱۲]. مواد کامپوزیت در انواع کاربردهای نمای خارجی به‌عنوان دستگاه‌های روکش یا نورگیر استفاده شده‌بود، اما هرگز به‌اندازه‌ی نمای متغیر و نور پس‌زمینه‌ی کتابخانه‌ی مارس‌ی چشمگیر نبود.

شیشه‌ی لمینت در زبان فرانسوی «ور فیلته»^۲، از کلمه‌ی فیولی^۳ به معنای برگ یا ورق است. نازکی، کیفیت تعیین‌کننده‌ی مواد ورق‌مورد استفاده در ساخت‌وساز ساختمان و یک استراتژی ضروری برای کاهش وزن است. در فن‌آوری شیشه، ورق‌های نازک با تمپر کردن^۴ و در مواقعی که مقاومت بیشتری در برابر ضربه مورد نیاز است، با لمینت کردن یک‌لایه، لایه یا رزین بین دو یا چند ورق شیشه، استحکام پیدا می‌کنند. هنگامی که سنگ‌های خاصی مانند سنگ مرمر و اونیکس نازک تراشیده می‌شوند، علاوه بر سبکی، شفافیت نیز به‌دست می‌آید.



شکل ۸-۱-۲۲. نمای سنگ مرمَر_شیشه در نور خورشید، منبع: پاسکال پگی.



شکل ۸-۱-۲۳. نمای سنگ مرمَر_شیشه در شب، منبع: ای اف ای آتلیرز.

1. Fiberstone
2. verre feuilleté
3. feuille

۴. تمپر کردن یا برگشت‌دادن (Tempering) یک عملیات حرارتی است که در آن فولاد سخت‌کاری یا نرم‌اله شده، معمولاً تا دمایی کمتر از دمای بحرانی پایین

(Ac1) گرم شده و با نرخ مناسبی خنک می‌شود، این کار عمدتاً برای افزایش شکل‌پذیری، انجام می‌شود.

بالین‌حال، در این حالت، استحکام و مقاومت ماده در برابر عوامل جوی به خطر می‌افتد. شکندگی سنگ با لمینت کردن بین دو ورقه شیشه کاهش می‌یابد [۱۳].

تکه‌ای از سنگ مرمر به نازکی و بزرگی پانل‌های نمای کتابخانه (تا ۲۶۰۰×۱۴۰۰ میلی‌متر $[۸/۵ \times ۴/۵]$ فوت) به اندازه‌ای پایدار نخواهد بود که برش داده شود، برداشته شود و بین دو لایه شیشه قرار گیرد. فرآیندی که فیبرستون برای ایجاد پانل‌های کتابخانه ماری به کار برد بسیار پرزحمت بود: ابتدا سطح یک بلوک از سنگ مرمر «آرابسکاتو کارارا»^۱ استخراج شده و صاف شد. سپس، یک ورق ۸ میلی‌متری ($۰/۳۱$ اینچی) با استفاده از یک رزین ساختاری شفاف روی سطح بلوک لمینت شد. در این مرحله، سنگ مرمر را می‌توان به ضخامت ۴ میلی‌متر ($۰/۱۶$ اینچ) برش داد و با ورق شیشه‌ای متصل‌شده، آن را از بلوک جدا کرد. لایه دوم شیشه سکوریت، ساندویچ سنگ را در ضخامت ۱۲ میلی‌متر ($۰/۴۷$ اینچ) تکمیل می‌کند که برای پاسخگویی به بارهای باد طراحی شده است.

سازندگان باید این فرآیند را با دقت برنامه‌ریزی می‌کردند تا از چیدمان نما پیروی کنند که در آن سنگ در هر دو جهت افقی و عمودی مطابقت داده می‌شود [۱۴]. الگوی ارگانیک و تکراری حاصل در سراسر سطح نما تا لبه‌های آن گسترش می‌یابد، ویژگی‌های هنر اسلامی متناسب با تاریخ فرهنگی گذشته و حال ماری.

استفاده از سنگ نیمه‌شفاف به عنوان یکی از مصالح نمای معاصر با اثرات کیفی بی‌سابقه نیست: در کتابخانه کتاب و نسخه خطی کمیاب «بینک»^۲ در دانشگاه ییل (نیوهمپتون، کانکتیکات، ایالات متحده آمریکا، ۱۹۶۳)، پانل‌های سنگی ضخیم نیمه‌شفاف که در یک قاب بتنی قرار داده شده‌اند، به‌گونه محافظی محیط ساختمان را می‌پوشانند و نور تیره‌ای را به داخل ساختمان منتشر می‌کنند. در یک ساختمان پارسی که مأموریت آن ترویج درک جهان عرب در فرانسه بود، به‌نام «مؤسسه جهان عرب» (۱۹۸۷)، دیوارهای حیاط داخلی با کاشی‌های سنگی ریز نیمه‌شفاف پوشانده شده‌اند و فضایی آرام و عرفانی را ایجاد می‌کنند. این نمونه‌های امروزی به استفاده باستانی از سنگ برای خنک‌کردن و زیباسازی فضای داخلی در آب‌وهوای گرم در سراسر جهان تعمیم‌پذیر است. در قلعه سرخ دوران مغول در دهلی هند (۱۶۳۸-۱۶۳۸)، مرمر ضخیم با دقت بسیار بر روی پوسته نازک شفاف در بالای توری‌های مرمر حکاکی شده؛ در بازگشت به منطقه مدیترانه، در سویل اسپانیا، سنگ اسپانیایی نیز به‌ظرافت با طرح‌های تزئینی و تکراری بالای طاق‌های سنگی و کرکره پنجره‌های پراکنده از نور آلكازار اصلی سویل، یک کاخ سلطنتی، تراشیده شده است. پیشینه قرارداد سنگ نیمه‌شفاف آرابسکاتو کارارا، در نمای دوپوسته کتابخانه ماری به‌عنوان یک کاربرد ویژه ماهرانه از یک ایده باستانی است [۱۵].

بحث

ساختار شیشه‌ای به‌کاررفته در سردر کتابخانه ماری، تکاملی در فناوری ساخت‌وساز است که ریشه در پروژه‌های بزرگ دوره میتران در پاریس دارد. «آدرین فاینسلیبر» پیشگام نمای بافر زیست‌اقلیمی در شیشه‌های تکیه‌گاه نقطه‌ای در موزه علم‌وصنعت (پاریس، فرانسه، ۱۹۸۲-۱۹۸۶) است. این موزه یکی از اولین پروژه‌های بزرگ بود، کتابخانه ملی فرانسه و مرکز فرهنگی تیجیباو^۳ ده‌ها سال بعد، آثار آن را از بین بردند. موزه ۱۶۵۰۰ مترمربعی (۱۷۷۶۰۰۰ فوت مربع) بر روی پایه‌های یک کشتارگاه ازکارافتاده به عنوان بخشی از تبدیل لاولیت^۴ از یک سایت صنعتی متروکه به یک پارک شهری پرجنب‌وجوش و مرکز فرهنگی ساخته شد. سه گلخانه شیشه‌ای چندطبقه رو به جنوب، «لی سرس»^۵، از هدف معمار برای «تأیید مکمل بودن علم و طبیعت» پشتیبانی می‌کند [۱۶]. مناطق حائل تهویه‌شده به معنای واقعی کلمه و به‌طور نمادین موزه را به باغ‌های وسیع و چمنزار پارک لا ویلت متصل می‌کند. محوطه‌هایی با عرض ۳۲ متری و ۳۲ متر ارتفاع دارای دهانه‌های موتوری هستند که فضای هوا را قادر می‌سازد تا در داخل و خارج از حالت بافر تعدیل شود تا هوای ازپیش گرم‌شده را به فضای داخلی موزه در زمستان یا هوای گرم‌شده را در تابستان تخلیه کند؛ یک نمای دوپوسته برای

1. Arabescato Carrara
2. Beinecke

3. Tjibaou
4. La Villette

5. Les Serres

همه مقاصد، البته در قالب عمیق ۸ متری (۲۶ فوتی) که با گیاهان کامل شده است. فاینسیلبر در تلاش برای ساخت گلخانه‌ها با حداکثر شفافیت، با مهندسان رایس فرانسیس ریچی ۱ آر اف ۲ آر اف همکاری کرد. در آن زمان این پروژه، آر اف آر موجب پیشرفت‌هایی در زمینه فناوری شیشه‌ای با پشتیبانی از ماده شیشه‌ای ایجاد کرد. آن‌ها نوع جدیدی از پیچ و مهره مفصلی را برای سیستم ایجاد کردند که به شیشه تقویت شده امکان می‌دهد تمام بارهای مرده نما را تحمل کند. بارهای باد از طریق یاتاقان‌های کروی در پیچ، به یک قاب فولادی حداقل و ساختار پستی کابل کششی منتقل می‌شود [۱۷].

اندکی پس از نوآوری ساختار «لس سرس»^۳، آر اف آر، درمورد پروژه بزرگ دیگری که هدف آن شفافیت حداکثری و ساخت بادگیرها به شکل هرم بود مشورت کرد (ای امپی ۱۹۸۹-۱۹۸۴). «نیکولت چارتراند»^۴ از مونترال، مهندس طراح این سازه بود. آر اف آر در طول مرحله ساخت‌وساز توسط پیمانکار نما که با آر اف آر در ساخت و ساز لس سرس کار کرده بود، مشغول مشاوره بود. اگرچه شیشه هرم‌مانند «لس سرس»^۵ ساختاری یا بدون قاب نیست، اما طراحی ساختار را با استفاده از کابل‌ها و میله‌های سفت‌کننده برای کاهش اندازه اعضای لوله‌های فولادی ممکن می‌سازد. در سال ۱۹۹۳، آر اف آر، «پی»^۶ را به عنوان مهندس طراحی برای هرم معکوس (هرم وارونه) استخدام کرد؛ نوآوری بزرگ دیگری که لعاب آن کاملاً ساختاری و بدون قاب بود [۱۸]. هر دو هرم استفاده از شیشه را از یک اتصال شفاف که علم و طبیعت را به هم مرتبط می‌کند به یک مفهوم انتزاعی‌تر از خلوص و نمادگرایی رسمی تغییر دادند. بدون ساخت لایه‌ای گلخانه‌های موزه علم و صنعت، این پروژه‌ها بسیاری از پتانسیل زیست‌اقلیمی محفظه‌های شیشه‌ای را پشت سر گذاشتند. شیشه‌های سازه‌ای بدون قاب و نماهای خرابایی کابلی، درحال حاضر به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما نه همیشه در ارتباط با جنبه‌های مفاهیم زیست‌اقلیمی خنک‌کننده طبیعی، اتلاف گرما، جمع‌آوری خورشیدی و توزیع گرما که در موزه علوم و صنعت پیشین دیده می‌شود. با این حال، آدرین فاینسیلبر و همکارانش به ترکیب شیشه‌های نقطه‌ای به عنوان بخشی از سیستم‌های نمای دولایه و بیوکلیماتیک ادامه دادند. همانطور که این شرکت پروژه‌هایی را در مناطق مختلف فرانسه برای استفاده‌های مختلف توسعه داد، فرم و عملکرد نمای دوجداره زیست‌اقلیمی با توجه به این نیروها تطبیق داده شد. برای مرکز فرماندهی «یونیدیک» در پاریس (۱۹۹۱-۱۹۹۶)، ای اف ای یک نمای دو پوسته چندطبقه بلورین طراحی کرد که فضای داخلی دفتر را به طبیعت و نور متصل می‌کند. نمای دوپوسته چهارطبقه در گوشه ساختمان که با روکش سنگی قاب شده است می‌پیچد. در غیاب پارک وسیعی که می‌توان به آن نگاه کرد، گیاهان درحال رشد در نرده‌های راهرو در فضای هوایی چندطبقه گنجانده شده‌اند.



شکل ۸-۱-۲۴. موزه علم و صنعت، لا ویلت، پاریس، منبع: ای اف آتلیرز.

1. Rice Francis Ritchie
2. RFR

3. Les Serres
4. Nicolet Chartrand

5. Les Serres
6. pie



شکل ۸-۱-۲۵. جزئیات نمای موزه علم و صنعت، منبع: ای اف آتلیرز.



شکل ۸-۱-۲۶. دفتر مرکزی یونی دک^۱، پاریس، منبع: ای اف آتلیرز.



شکل ۸-۲۷. جزئیات نمای دفتر مرکزی یونی دک، منبع: ای اف ای آتلیرز.

این اجرای نازک‌تر از «لِس سِرِس»، عملکرد مشابهی از پراکنده شدن گرما در تابستان و جبران گرما در زمستان را انجام می‌دهد (تصویر ۳-۱۹). مشابه سیستم توسعه‌یافته «لِس سِرِس»، لعاب ساختاری پوسته بیرونی به‌صورت نقطه‌ای پشتیبانی می‌شود، اما لوله فولادی پشتیبان و ساختار میله‌کشی به‌جای پشتیبانی از زمین، از قاب ساختمان آویزان شده است. به‌جای خرپاهای کابلی ظریف، اعضای لوله ساده، پوسته بیرونی را به ساختار ساختمان در هر سطح طبقه متصل می‌کند و در راهروهای تعمیر و نگهداری، به‌عنوان تکیه‌گاه دوبرابر می‌شوند.



شکل ۸-۲۸. دپارتمان هتل کولمار دو هاتو راین^۱، منبع: ای اف ای آتلیرز.

1. Colmar Hôtel du
Département du Haut-Rhin



شکل ۸-۱-۲۹. جزئیات نمای کولمار، منبع: ای اف ای آتلیرز.



شکل ۸-۱-۳۰. بی ام وی آر مارس، منبع: ای اف ای آتلیرز.

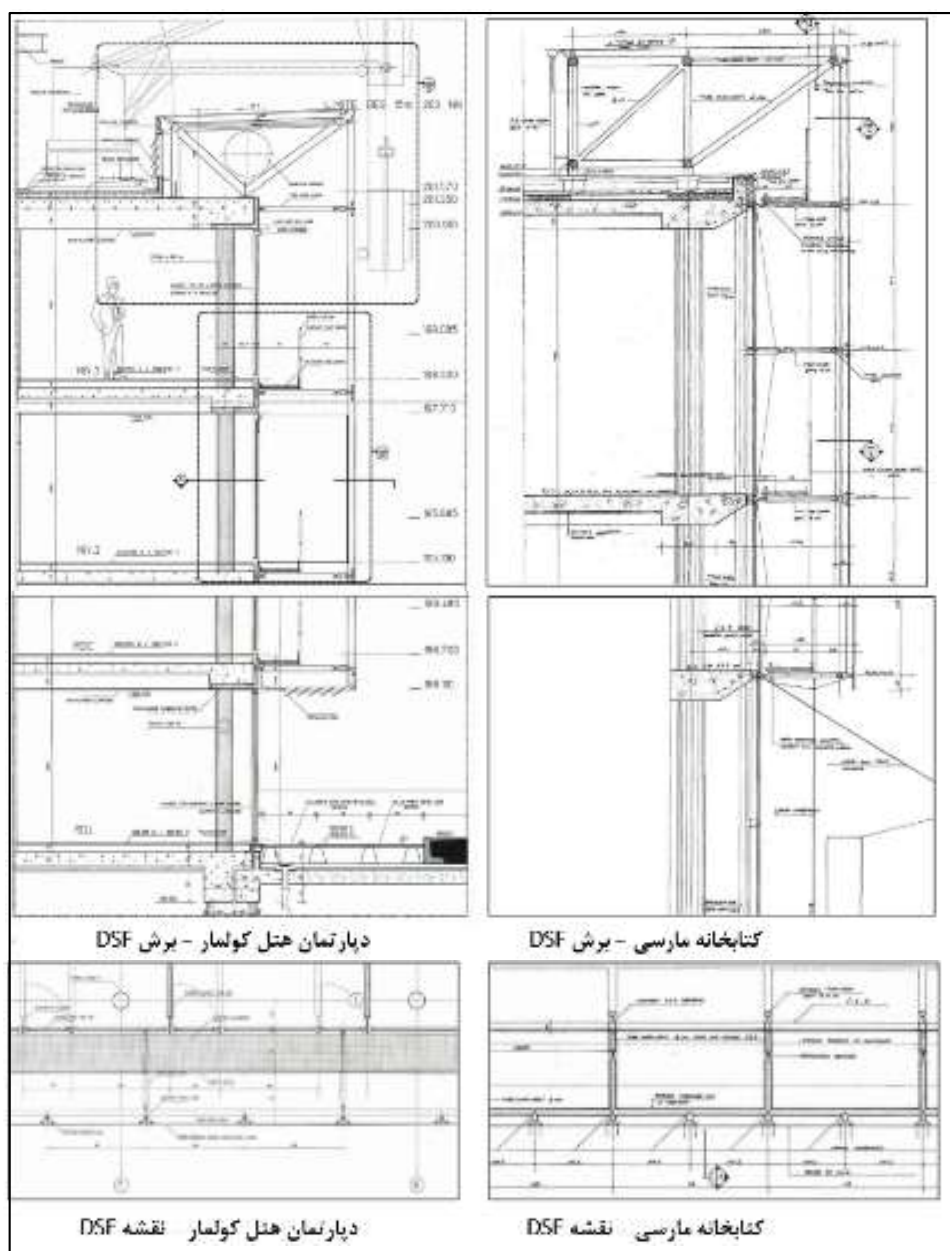
یک سال پس از تکمیل «یوندیک»، ای اف ای، پروژه کتابخانه مارس را دریافت کرد. معماران کیت^۱، برنامه ساختمانی قطعات نمای دوپوسته خود را برای استفاده در آب‌وهوای کاملاً متفاوت تغییر دادند. درحالی‌که جنس شیشه، مرمر و روش تهویه متفاوت است، سیستم پشتیبانی نما اساساً مانند «یوندیک» است.

1. KIT



شکل ۸-۱-۳۱. جزئیات نمای بی ام وی آر مارسی، منبع: ماری بن بونهام.

در حالی که ساخت کتابخانه هنوز در حال انجام بود، ای اف ای، طرح هتل کولمار دپارتمان دو هاوت راین، دفاتر شورای دولتی در کولمار فرانسه (۲۰۰۱-۲۰۰۴) را دریافت کرد. کولمار، در شرق پاریس و در نزدیکی مرز آلمان واقع شده است که آبوهوای معتدل اقیانوسی مشابهی با پایتخت دارد؛ اگرچه کولمار با زمستان‌های خنک‌تر کمی خشک‌تر است. در کولمار، کارکردهای اداری در یک نوار بلند و نازک چهارطبقه که مشرف به ساختار اتاق شورای استوانه‌ای و میدان است، ادغام شده‌اند. اتاق شورا در یک استخر انعکاسی قرار دارد که یادآور حوضه‌های اطراف لِس سِرس است. نمای دوپوسته آن بسیار شبیه به «یونیدک» و کتابخانه مارسی ساخته شده است، با یک پوسته بیرونی شیشه‌ای که از یک لوله فولادی و ساختار میله کششی آویزان شده است.



شکل ۸-۲۲. نقشه‌های برش نمای دوپوسته برای کولمار (چپ) و مارسی (راست)، منبع: آلتیرز ای اف ای.

کانال بازیابی گرما در بالای فضای هوایی چندطبقه کولمار یکپارچه شده است اما بدون ویژگی تأمین هوا در پایگاه، همانطور که در پروژه دفتر پاریس انجام شد. هردو ساختمان اداری پاریس و کولمار، دستگاه‌های سایبان قابل اجرا را در فضای هوایی در مقابل پوسته داخلی دوجداره قرار می‌دهند [۱۹]. این چهار نمونه از نمای دوپوسته، توسط همان شرکت معماری بر ماهیت مجموعه قطعات نمای دوپوسته تأکید می‌کند، که در آن اشکال و عملکردهای نما را می‌توان تکرار یا متنوع کرد تا متناسب با اهداف منحصربه‌فرد هر پروژه باشد.

یادداشت

- [1] Ateliers AFA, project information in email to author, January 2018.
- [2] Ibid.
- [3] Climate and elevation information from Climate-Data.org, www.weather-atlas.com and <http://veloroutes.org>.
- [4] Bruno Blasselle, *Bibliothèque Nationale de France: L'esprit du Lieu* (Paris: Editions Scala, 2001).
- [5] Carole Grousset-Jeanjean, *Fiches Techniques Alcazar* (Marseille: Bibliothèque Municipale à Vocation Régionale de Marseille, 2008).
- [6] Frédéric Bertrand (Marseille Aménagement), in discussion with the author, June 2008. Bibliothèques de Marseille, "Bibliothèque de l'Alcazar: Présentation,"
- [7] www.bmvr.marseille.fr.
- [8] Grousset-Jeanjean, *Fiches Techniques Alcazar*.
- [9] Bertrand, discussion.
- [10] Bibliothèques de Marseille, "Bibliothèque de l'Alcazar."
- [11] Ateliers AFA, project information.
- [12] Fiberstone, "References: suspended opaque façades,"
- [13] www.fiberstone.com/anglais/realisations/rea_facades.html.
- [14] realisations/rea_facades.html.
- [15] Mary Ben Bonham, "The Open Book: Laminated Translucent Stone Façade at Marseille's Alcazar Library," in *Material Matters: Making Architecture*, Proceedings of the 2008 Association of Collegiate Schools of Architecture West Fall Conference (Los Angeles: University of Southern California, 2008).
- [16] Bertrand, discussion.
- [17] Mary Ben Bonham, "Hybrid Cultural Significance for the Bibliothèque Municipale à Vocation Régionale de Marseille," in *France and the Mediterranean: International Relations, Culture and Politics*, eds. Emmanuel Godin and Natalya Vince, Modern French Identities, Vol. 86 (Oxford: Peter Lang, 2012), 193–215.
- [18] Ateliers AFA, project information.
- [19] Annette Fierro, *The Glass State: The Technology of the Spectacle, Paris, 1981–1988* (Cambridge, MA: MIT Press, 2003).
- [20] Ignacio Fernández Solla, "The Louvre pyramids revisited." *Façades Confidential*, December 4, 2011, www.facadesconfidential.blogspot.com.

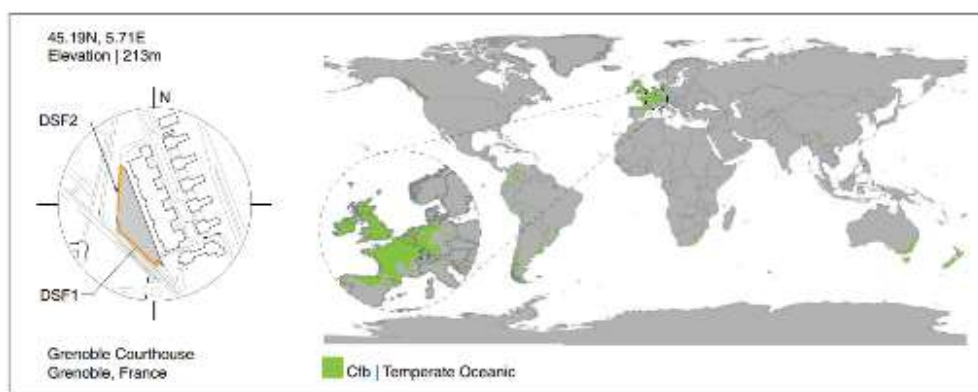


شکل ۸-۱. دادگاه گرنوبل.^۱ منبع: © Philippe، مهندسه فیلیپ روئولت^۲، با کسب اجازه از^۳ معماری‌های توماس شینکو^۴.

1. Grenoble
2. Philippe Ruault

3. Vasconi
4. Thomas Schinko

فصل هشتم - بخش دوم
دادگاه گرنوبل
کاخ عدالت گرنوبل
(گرنوبل، فرانسه، ۱۹۹۴-۲۰۰۲)



شکل ۸-۲-۲. موقعیت مکان، منبع: ویلبر متیو، مری بن بونهام.

جدول ۸-۲-۱. اطلاعات ساختمان دادگاه گرنوبل

رقابت تاریخ ۱۹۹۴؛ طراحی ۱۹۹۴-۹۶؛ ساخت و ساز ۱۹۹۸-۲۰۰۲؛ اکتبر ۲۰۰۲، افتتاحیه رسمی	تاریخ
آژانس ساختمانی وزارت دادگستری فرانسه ^۱ آژانس عمومی ساختمان قضایی ^۲	مالک
طرح	
معماری کلود واسکونی (در حال حاضر معماران واسکونی توسط توماس شینکو)	معماری
ژو، گرین و هانت ^۳	مهندسی
ساخت و ساز	
جاکوب سرته ^۴	مدیر ساخت و ساز
رینالدی استرکتال ^۵	محوطه ساختمان
ساختمان	
مساحت ناخالص ساختمان: ۳۷۱۰۰ متر مربع (۳۹۹۳۴۱ فوت مربع)	مساحت خالص ساختمان
۹ طبقه بالاتر از سطح	شرح ارتفاع
۸ طبقه	ارتفاع نمای دوپوسته
کاربری: دادگاه	

منبع: اطلاعات از معماران واسکونی^۶ ارائه شده توسط توماس اسپینکو^۷

1. Ministère de la Justice
2. (APIJ)
3. Green and Hunt • Xu

4. Jacobs Serete
5. Rinaldi Structal
6. Vasconi Architectes

7. Thomas Schinko

مقدمه

دادگاه گرنوبل جدیدتر در سال ۲۰۰۲ به‌عنوان بخشی از یک ساختمان دادگاه منطقه‌ای در فرانسه به پایان رسید. با این حال، تصور می‌شد سال‌ها قبل تکمیل شود. این پروژه توسط وزارت دادگستری فرانسه به دفتر معماری کلود واسکونی^۱ در سال ۱۹۹۴ پس از یک روند رقابت طراحی سفارش داده شد. محل تعیین شده برای ساختمان جدید دادگاه، یک کوه مثلثی شکل نامناسب از زمین در مجاورت ایستگاه قطار مرکزی گرونوبل، در بخشی از شهر بود که از کاربری‌های صنعتی قبلی به یک منطقه تجاری و مسکونی در حال گسترش بود. مساحت ۲۴۳۰۰ متر مربع (۲۶۱۵۶۳ فوت مربع خالص) دادگاه، شامل یک بلوک اداری قضایی ۹ طبقه، یک بخش دادگاه در پایین‌ترین طبقه و زیر آن طبقه برای خدمات پارکینگ و ساختمان است. یک آتریوم مرکزی، میدان عمومی اصلی را در خود جای داده است که دفتر خصوصی و بخش‌های عملکردی دادگاه نیمه عمومی را به هم متصل می‌کند [۱]. دادگاه دارای دو نوع نمای دوپوسته است؛ یک نمای ضخیم با فضای هوایی چندطبقه وسیع و یک نمای نازک «تنفس پذیر»^۲. نمای دوپوسته، در این مطالعه موردی مهم است زیرا راه‌حل‌های نمای زیست‌اقلیمی که در هراتفاعی سفارش شده‌اند تا به زیبایی، اهداف عملکردی و زیبایی‌شناسی پروژه را برآورده سازند و برای درخواست چگونگی استفاده از تکنولوژی‌های نمای خارجی، که هنوز در فرانسه نسبتاً جدید است، نیاز به فرآیند مجوز نوآوری فنی، تحت نظارت دولت دارند.



شکل ۸-۲-۳. حقایق نمای دو پوسته: دونوع نمای دوپوسته به‌طور استراتژیک در فرم مثلثی غیرمعمول در ساختمان دادگاه اعمال می‌شود. یک نمای دوپوسته چندطبقه با حالت‌های تهویه متغیر، تصویری از شفافیت را در سیستم قضایی ایجاد می‌کند و درعین حال راحتی صوتی، حرارتی و بصری را برای دفاتر دادگاه بهینه می‌کند. یک نمای دوپوسته نازک با قابلیت تنفس در نما دارای پوسته بیرونی قابل نفوذ بخار است، منبع: فالملکی^۳.

نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

نمای دوپوسته از چندجهت به اهداف پروژه کمک می‌کند. لایه‌های شیشه‌ای تمایل به شفافیت بصری و نور روز را در حین مدیریت انتقال صوتی و حرارتی در بخش حائل دارند. نمای دوپوسته با نمای ضخیم بلوک اداری، به‌گونه‌ای ترکیب شده است تا محیطی را فراهم کند که برای خیابان مجاور و تراموا عایق صوتی باشد و به ساکنان اجازه می‌دهد کنترل بیشتری بر نور و منظره‌ها داشته باشند. کرکره‌های کنترل شده توسط کاربر در سطح وسیع، کمیت و کیفیت نور را در هردفتر جداگانه کنترل می‌کنند، با این حال پوسته لعاب‌دار بیرونی پیوسته سطحی از تداوم را در نظر عموم فراهم می‌آورد.

1. Claude Vasconi

2. Breathable façade

3. Falmilky

نمای دو پوستهٔ پروفیل نازک، یک دیوار تیغه‌ای است که توسط ستون‌های خریابی که تمام ارتفاع فضای بلند را دربرمی‌گیرند پشتیبانی می‌شود. سایبان‌های ثابت خارجی راهکاری با کمترین هزینه برای سایه انداختن نما ارائه می‌دهند و یک حرکت خطی پویا در نمای بیرونی ساختمان ایجاد می‌کنند. سیستم سایبان اجازه می‌دهد بخش‌هایی از نور در زوایای خاصی نفوذ کند و یک الگوی درخشان مناسب برای گردش از طریق میدان ایجاد نمایند. دو نمای دوپوسته، همراه با سایر ویژگی‌های ساختمانی که در آن زمان نوآورانه بودند، بیانگر مدرنیته هستند و درعین‌حال اعتبار و منزلت را برای سیستم قضایی حفظ می‌کنند.

نمای کلی ساختمان

زمینه‌های اقلیم و فرهنگ

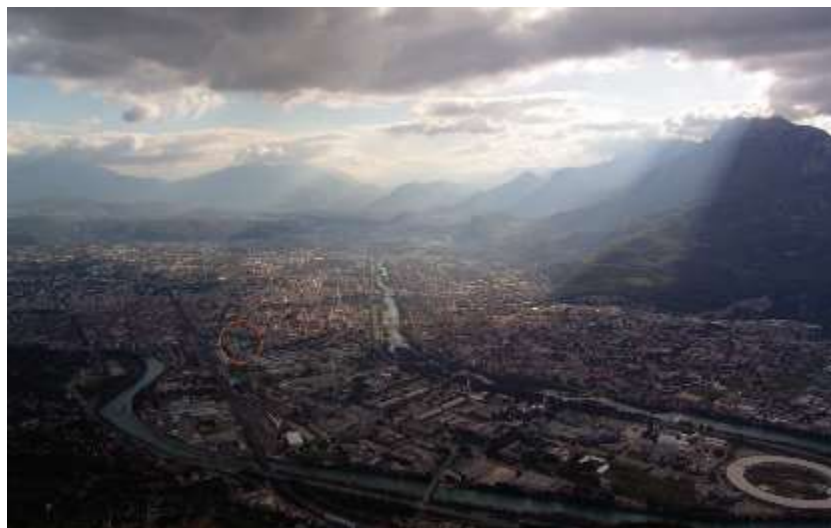
گرنوبل شهری دره‌ای است که در میان کوه‌های آلپ در محل تلاقی رودخانه‌های ایزیر^۱ و دراک^۲ قرار گرفته‌است. گرنوبل که گاهی «پایتخت کوه‌های آلپ فرانسه» نامیده می‌شود، پایگاه ورزش‌های زمستانی و یک مرکز علمی بزرگ در منطقهٔ رون_آلپ^۳ در جنوب شرقی فرانسه است که با سوئیس و ایتالیا هم‌مرز است. اگرچه دامنه‌های کوه با آب‌وهوای آلپی سردتر شهر را احاطه کرده‌است، درهٔ گرنوبل، جایی که دادگاه در آن قرار دارد، در منطقهٔ آب‌وهوایی معتدل اقیانوسی قرار دارد (طبقه‌بندی اقلیمی Cfb کوپن-گیگر^۴). این شهر دارای ویژگی‌های اقلیمی مشترک در یک منطقهٔ جغرافیایی بزرگ از جمله: فرانسهٔ مرکزی، انگلستان، بلژیک و آلمان غربی است. سازه‌های اینجا چهار فصل مجزا را در خود جای می‌دهد. در سردترین ماه، ژانویه، میانگین دما ۱/۷ درجهٔ سانتیگراد (۳۵+ درجهٔ فارنهایت) است. در گرم‌ترین ماه، جولای، میانگین دما ۲۰/۲ درجهٔ سانتیگراد (۶۸+ درجهٔ فارنهایت) با میانگین رطوبت ۷۰ درصد است. رطوبت در بقیهٔ ایام سال در محدودهٔ ۷۲ تا ۸۴ درصد، بالا باقی می‌ماند. میانگین بارندگی سالانه ۸۵۶ میلی‌متر (۳۴ اینچ) است. جغرافیای دره یک دشت آبرفتی تقریباً هموار را تشکیل می‌دهد. سایت دادگاه تقریباً ۲۱۳ متر (۶۹۹ فوت) بالاتر از سطح دریا است [۵].

میراث تحقیقات علمی و توسعهٔ گرنوبل زمینه‌ای تکمیلی برای نوآوری‌های این دادگاه در ساخت علم در این سایت خاص را فراهم می‌کند. دادگاه در شبه‌جزیره‌ای ساخته شده است که از محل تلاقی رودخانه‌های ایزیر و دراک تشکیل می‌شود. این زمین که از لحاظ تاریخی «چند ضلعی» نامیده می‌شود، قبل از این که پس از جنگ جهانی دوم به شهر داده شود، مدت‌ها به عنوان یک انبار نظامی مورد استفاده قرار می‌گرفت. «لوییس نیل»^۵ برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک، اولین آزمایشگاه‌های فیزیک را در سال ۱۹۵۶ در آنجا راه‌اندازی کرد. این منطقه به محله‌ای پر از مؤسسات بین‌المللی آموزش عالی و صنعت علمی تبدیل و به «علم چندضلعی»^۶ معروف شد. در پی کمرنگ شدن تاریخ نظامی در آن، این منطقه را شبه‌جزیرهٔ علمی^۷ نیز می‌نامند [۶]. رگه‌های با تکنولوژی پیشرفتهٔ گرنوبل که توسط حلقهٔ درخشانی از تأسیسات اشعهٔ سنکروترون^۸ اروپایی دیده می‌شود، غیرقابل توصیف است. دستگاه شتاب‌دهندهٔ ذرات در حلقه‌ای به قطر ۳۲۰ متر (۱۰۵۰ فوت) در نوک شبه‌جزیره قرار دارد.

1. Isère
2. Drac
3. Rhône-Alpes

4. Cfb Köppen-Geiger
5. Louis Néel
6. Polygone Scientifique

7. Presqu'île Scientifique
8. Synchrotron



شکل ۸-۲-۴. بخش غربی گرنوبل از نرون^۱، ایزر^۲، فرانس^۳، منبع: پتروس^۴ مکان دادگاه گرنوبل توسط نویسنده مشخص شده است.

این وسیله برجسته، شدیدترین نور تولیدشده توسط سنکروترون جهان را به شکل پرتوهای اشعه ایکس بسیار درخشان به نازکی یک موی انسان تولید می‌کند [۷]. ای اس آر اف^۴ در سال ۱۹۹۴ شروع به کار کرد، همان سالی که واسکونی^۵ پروژه دادگاه گرنوبل را دریافت کرد. دادگاه، تنها چند ایستگاه تراموا با ای اس آر اف در لبه جنوبی شبه‌جزیره علمی در منطقه تجاری تر معروف به «یورویل»^۶ فاصله دارد. منطقه یورویل، در دهه ۱۹۹۰ در جهت تجدید حیات این بخش از شهر که قبلاً صنعتی بود، توسعه یافت. قبلاً یک محوطه قطار، یک کارخانه گاز و سایر ساختمان‌های صنعتی این منطقه را اشغال کرده بودند. علاوه بر دادگاه، اروپل اکنون میزبان یک نمایشگاه و مرکز کنفرانس، یک دانشگاه تجاری، یک کالج بین‌المللی و مدرسه متوسطه، یک سالن ورزشی و چندین هتل است.

سایت و برنامه

سایت مثلثی و انبوه ساختمان به طور مستقیم از بافت شبه‌جزیره و کوه‌های اطراف بیرون می‌آید. خط اصلی قطار که از شمال به گرنوبل منتهی می‌شود، کرانه ایزر و پایه رشته کوه «چارتروز»^۷ را در آغوش می‌گیرد و پس از عبور از رودخانه به مرکز دره و شهر می‌رسد. این مسیرها از طریق شبه‌جزیره علمی به ایستگاه اصلی قطار گرنوبل و مرکز منطقه اروپل منتهی می‌شوند. به موازات مسیرها، خیابان آرمنی^۸ طولانی‌ترین پایه مثلث متساوی‌الساقین سایت را تشکیل می‌دهد. خیابان «پیر سمارد»^۹ که از شبکه خیابانی شبه‌جزیره به موازات دراک بیرون می‌آید، یکی از اضلاع کوتاه را تشکیل می‌دهد. سمت کوتاه باقی مانده توسط تراموا شکل می‌گیرد که از خیابان پیر سمارد به سمت نقطه شمالی جزیره منحنی می‌شود. معمار به روشی قدرتمند به سایت پاسخ داد و از پتانسیل ایجاد یک ترکیب شهری معنادار و درعین حال رفع نگرانی‌های عملکردی دادگاه بهره برد.

مرزهای ساختمان از لبه‌های سایت پیروی می‌کنند و به اندازه‌ای منحرف می‌شوند که ردپای ساختمان یک مثلث متساوی‌الساقین کامل است، شکلی نمادین از تعادل ترازوی عدالت [۸]. هنگام وارد شدن به میدان ورودی ساختمان، نقوش مثلثی بیشتر بر بازدیدکننده تأثیر می‌گذارد. سقف فلزی شیب‌داری مانند شل بر فراز آتریوم ورودی و وجه‌های کناری دادگاه است که به طور مجازی اشکال زاویه‌دار کوه‌های اطراف را منعکس می‌کند. بلوک اداری بلندتر با پوشش نمای دوپوسته، به موازات مسیر تراموا نیز با زاویه‌ای بالا می‌آید و به آسمان اشاره می‌کند، اما به معنای واقعی کلمه اشکال کوهستانی قدرتمند را با دیوارهای یکپارچه از لعاب منعکس می‌کند. این ساختمان ممکن است از لحاظ هندسی

1. Néron
2. Isère
3. Pethrus

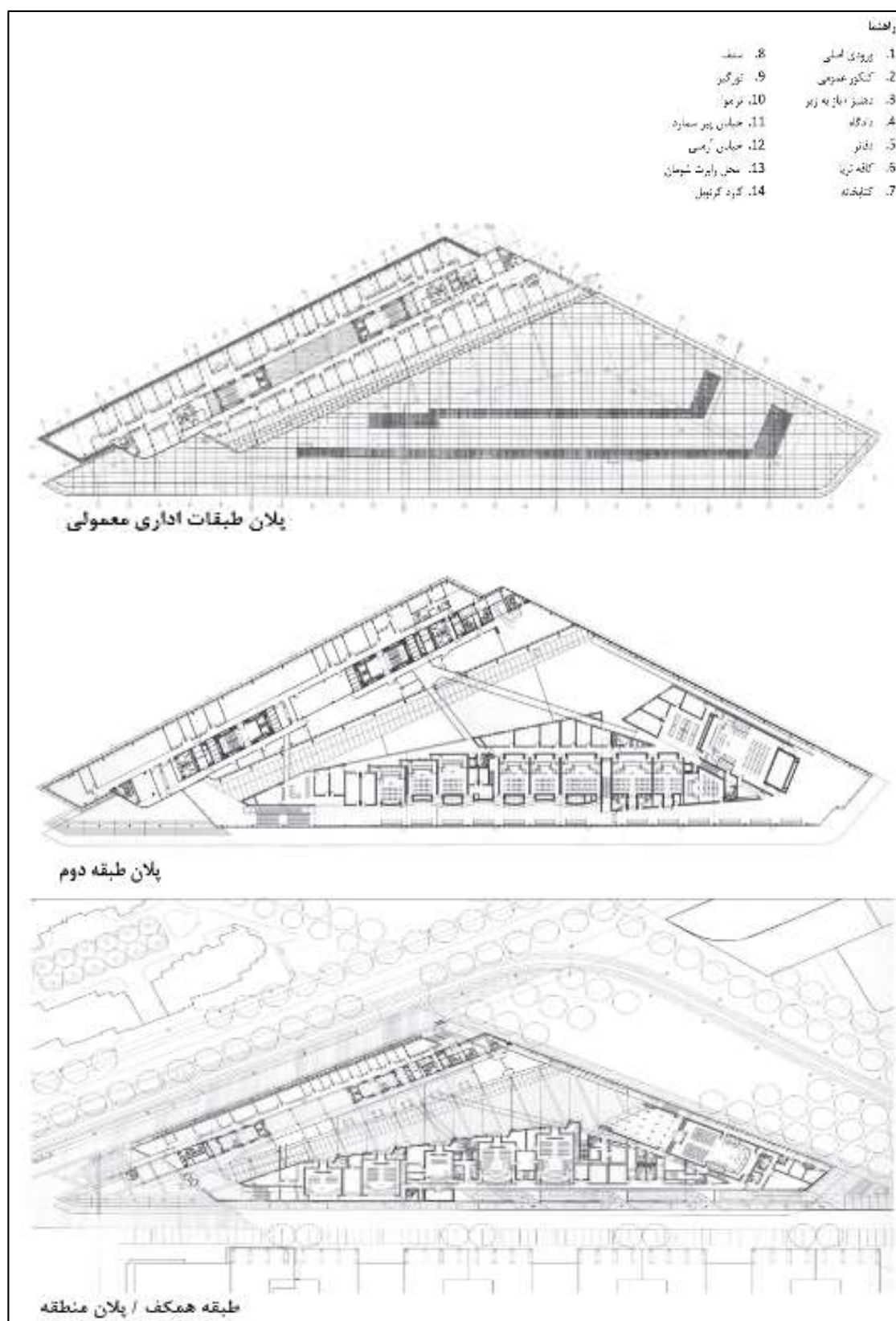
4. ESRF
5. Vasconi
6. Europole

7. Chartreuse
8. Arménie
9. Pierre Sémard

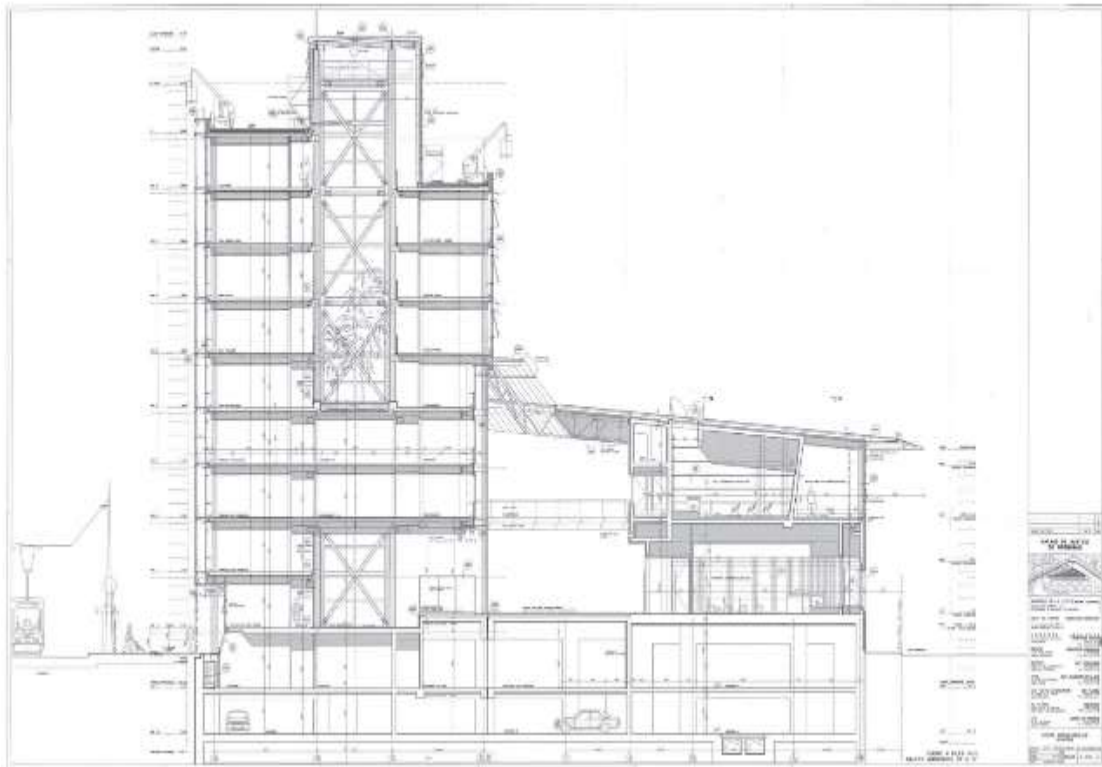
الهام گرفته شده باشد، اما فرم‌های آن فرمولی یا صلب نیستند. در عوض، به نظر می‌رسد این ساختمان در جای خود تعبیه شده است، در بافت شهر گره خورده است و با منظره کوهستانی که در هویت گرنوبل مرکزی است، طنین‌انداز می‌شود.

ساختمان دادگاه جانشین کاخ اصلی گرونوبل (قبل از انقلاب فرانسه، کاخ پارلمان سابق) است، یک سازه سنگی که به سبک گوتیک پر زرق و برق و بعدها به سبک رنسانس ساخته شده است و هنوز هم در مرکز شهر تاریخی در سواحل ایزر اداره می‌شود. در دادگاه جدید، مناطق اصلی برنامه، همچنان مانند قبل شامل فضاهای عمومی، سالن‌های دادگاه و دفاتر قضایی است اما اندازه دادگاه جدید تقریباً سه برابر مساحت کاخ قدیمی است [۹].

نظم سه‌جانبه در تقسیم برنامه‌ای و توزیع فضاهای داخلی در دادگاه جدید مشهود است. دفاتر قضایی در امتداد سمت جنوب غربی مثلث قرار دارند، درحالی‌که سالن‌های دادگاه در سمت شرقی در امتداد خیابان آرمنی هستند. فضای آتریوم عمومی مانند گوه‌ای است که بین این توده‌ها حرکت می‌کند. مسیرهای عمومی، خصوصی و مشترک با دقت از طریق این فضای آرام، به‌طور طبیعی درهم تنیده شده‌اند که کارکردهای دادگاه را به‌وضوح از هم جدا می‌کند. پس از بازرسی امنیتی در ورودی اصلی، دسترسی عمومی به سالن‌های دادگاه طبقه همکف از طریق سالن آتریوم و محوطه انتظار است. دسترسی به سالن‌های دادگاه در طبقه بالایی از یک میدان عمومی دوم در امتداد نمای شمال شرقی صورت می‌گیرد که مستقیماً از طریق یک پله‌برقی و پله، در ورودی اصلی یا به‌طور غیرمستقیم از طریق یک سطح شیب‌دار در انتهای آتریوم به آن می‌رسید. راهروهای بالای سر آتریوم، دفاتر قضایی را مستقیماً به فضای داخلی دادگاه متصل می‌کنند. ترکیب پل‌ها و رمپ‌ها، جداسازی ضروری بخش‌های عمومی و خصوصی را در آرایش بصری باز حفظ می‌کند.

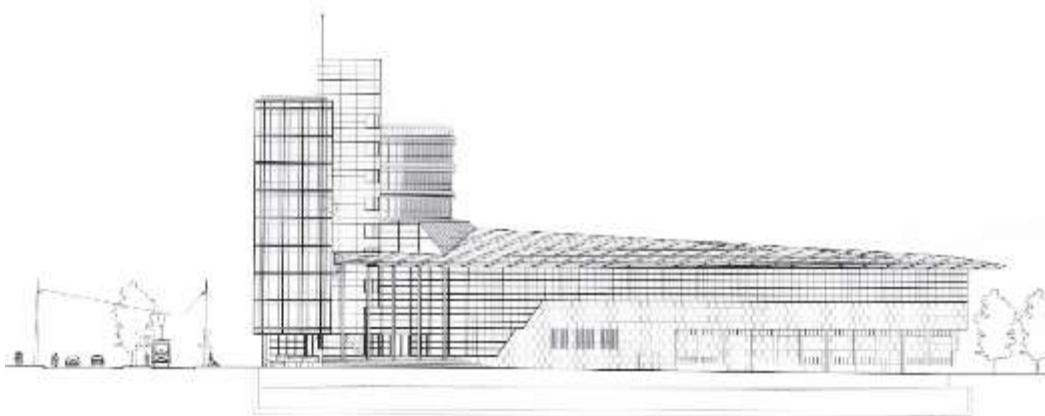


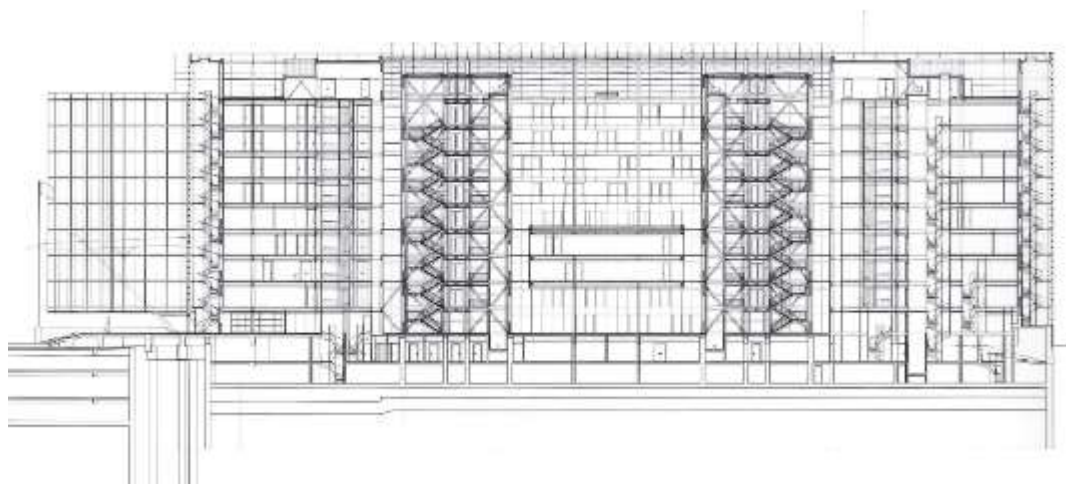
شکل ۸-۲-۵. سایت دادگاه گرنویل و پلان‌های طبقات، منبع: معماران واسکونی، توماس اسچینکو^۱.



شکل ۸-۲-۶. برش عرضی ساختمان دادگاه گرنوب، منبع: معماران واسکونی، توماس اسپنکو.

اگرچه فرم و ساختار کلی ساختمان مدیون سایت آن است اما تنظیم دقیق نماها و فضاهای داخلی مدیون پاسخ معمار به آبوهوای محلی و جهت‌گیری خورشیدی است. استفاده گسترده از شیشه، ماده‌ای که بسیار با مفهوم شفافیت مرتبط است، می‌تواند تلفات حرارتی ناخواسته را در این اقلیم افزایش دهد. نور، که برای مفهوم مدرن عدالت ضروری است، در صورت کنترل‌نشدن، می‌تواند باعث ایجاد تابش خیره‌کننده و آسیب به مواد شود. لعاب دیوار تیغه‌ای معمولی نیز مانع ضعیفی در برابر سروصدا و در تضاد با الزامات حریم خصوصی کارکردهای دادگاه است. این تضادها، رویکردهایی از طراحی و ساخت زیست_اقلیم را ایجاد می‌کند که با سنت‌ها و هنجارهای معمول ساخت‌وساز متفاوت بود. در طراحی واسکونی برای دادگاه، نماهای لعاب‌دار به سه‌جهت منحصربه‌فرد خورشیدی پاسخ می‌دهند، دواثریوم در ترتیبات رسمی بسیار متفاوت، فضای باز و مشترک را فراهم می‌کنند و درعین حال امکان می‌دهند نور روز و تهویه طبیعی جریان داشته باشد و اتاق‌های دادگاه در دوسطح، نور طبیعی را از بالا دریافت کنند.





شکل ۸-۲-۷. بخش ساختمان طولی و ارتفاع جنوبی دادگاه گرنوبل، منبع: معماران واسکونی، توماس اسپنکو.

نماها

هر نما به طور خاص برای جهت گیری و عملکرد داخلی منحصربه فرد تنظیم شده است. بلوک اداری دارای یک نمای دوپوسته هشت طبقه است که جهت جنوب غربی دادگاه را به موازات خیابان پیر سمارد و تراموا می پوشاند. محفظه دوپوسته در حاشیه جنوبی و غربی بلوک، قبل از برخورد با ساختار آتریوم، پایان می یابد. این نما دارای یک محفظه چند طبقه ضخیم با تهویه متغیر است که با شرایط آب و هوایی بین حالت های بافر و تهویه خارجی، تغییر می کند.



شکل ۸-۲-۸. ایوان ورودی دادگاه گرنوبل، منبع: فیلیپ رالت^۱ با اجازه از گروه معماران واسکونی، توسط توماس اسپنکو.

1. Philippe Ruault

در آتریوم، یک نمای دوپوسته با رویه نازک، تمام دیوار غربی آتریوم را می پوشاند تا پس زمینه ای دراماتیک برای فضای عمومی ایجاد کند. این نما، با کرکره های آفتابگیر عمیق نصب شده در بیرون، به دلیل مشخصات نازک خود، ظاهری شبیه به یک نمای دوپوسته دارد. هر واحد پنجره یا «جعبه» که به وسیله میلیون ها واحد^۱ دیوار تیغه ای تشکیل شده است، دارای یک فضای هوایی جداگانه است و با اینکه آب بندی شده، اما بخار از بیرون نفوذ می کند. این ساختار، که «تنفس نما^۲» یا «نمای تنفسی^۳» نامیده می شود، با توضیحات نمای پنجره ای دوپوسته و پنجره جعبه ای حائل مطابقت دارد.

نمای دوپوسته با رویه نازک، همچنین در نماهای رو به شمال شرقی دادگاه به موازات خیابان آرمنی، برای احاطه کردن سطح بالایی میدان عمومی استفاده می شود. لعاب ها از سقف گسترده سالن دادگاه (بر خیابان) سایه می اندازند و ساختمان های کم ارتفاع در سراسر خیابان، نور صبحگاهی را با زاویه کم، تأمین می کنند. در اینجا، قضات و مراجعه کنندگان به دادگاه عمومی، اتاق های تعیین شده خود را در محوطه ای مرتفع و غرق در نور طبیعی می یابند. پس از تاریک شدن هوا، چراغ های برقی سطوح به رنگ سفید دیوار و سقف را می شویند. شیشه بدون مانع در این نما، صحنه درخشانی را برای تماشاگران بیرون به نمایش می گذارد تا عملکرد عدالت را ببینند. ویژگی ها و عملکرد نمای دوپوسته دادگاه، در بخش های بعدی این فصل به ترتیب به عنوان نمای دوپوسته^۴ و نمای دوپوسته^۲ به تفصیل توضیح داده شده است.

آتریوم

آتریوم مرکزی حجیم، علاوه بر نورپردازی جانبی از نمای دوپوسته با نمای نازک که قبلاً توضیح داده شد، دارای نوری عالی است. یک نورگیر شیک، از خط سقف در طول فضا پیروی می کند و نور طبیعی را توزیع می کند و جهت را به فضا می افزاید. سطوح سنگی کف و دیوار، با بازتاب ملایم به پخش نور کمک می کند. عبور گذرگاه ها از فضای باز به قضات امکان دسترسی خصوصی اما قابل مشاهده را به سالن های دادگاه در هر دو سطح می دهد.



شکل ۸-۲-۹. نمای بلوک اداری، نمایی از خیابان پیر سمارد^۴ در سراسر تراموا، منبع: فالمیلی.

1. modules
2. facade respirante

3. breathable façade
4. Pier Smard



شکل ۸-۲-۱۰. دهلیز بزرگ تالار دس پاس پردوس^۱، داخلی رو به غرب، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۲-۱۱. سالن فوقانی با ورودی‌های دادگاه و نمای شمال شرقی بین ورودی‌های دادگاه، نرده‌های نورگیر برای سالن‌های دادگاه سطوح پایین‌تر در پشت دیوار موج کج قرار گرفته‌اند، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۲-۱۲. دهلیز کوچک در بلوک اداری، منبع ماری بن بونهام.

چیدمان نورگیر همچنین به دفاتر رو به غرب در سه طبقه پایین بلوک اداری اجازه می‌دهد تا به‌طور مؤثر نور را از آتریوم قرض بگیرند، تا هردفتر در بلوک از مزایای نور روز دوطرفه برخوردار شود. آتریوم دوم، باریک‌تر و بلندتر، یک هسته خطی برای بلوک اداری است. دیوارهای این آتریوم، یک طبقه بالاتر از سطح اداری کشیده شده و یک مانیتور لعاب‌دار را تشکیل می‌دهد که نور بالایی را به سطوح زیر ارائه می‌دهد. نور روز از طریق یک پنجره مشبک فلزی در بالای سقف شیشه‌ای و میله‌های افقی فلزی عمودی کنترل می‌شود. دهانه‌های موتوری برای خروج هوا و دود در نظر گرفته شده است. فضای آرام، ارتباطات بصری و نور روز را برای دفاتر قضایی فراهم می‌کند. سطح کف آن متشکل از گلدان پر از گیاهان سبز است که از طریق یک جفت شفت آسانسور پله‌ای که با شیشه مقاوم در برابر آتش، لعاب داده شده‌اند، ساخته شده است. کل بلوک اداری یک منطقه امن با دسترسی محدود است. پس از داخل شدن، گذرگاه‌های باز در همسایگی محیط آتریوم، به دفاتر شیشه‌ای منتهی می‌شوند. این طرح، ارتباط بین ساکنین اطراف (آتریوم) را در سطوح مختلف بلوک ارتقا می‌دهد. اشخاص اداری می‌توانند در جاتی از حریم خصوصی را برای مکان خود، با کرکره‌های داخلی قابل اجرا بر روی دیوارهای رو به آتریوم کنترل کنند. آتریوم همچنین به عنوان یک فضای اشغال شده برای ارائه هوای مطبوع و استخراج هوای استفاده شده عمل می‌کند. ارتفاع آن به اندازه یک طبقه از سقف بیرون می‌زند تا ردیف‌هایی از پنجره‌های نمایشگر و دریچه‌های قابل اجرا را در خود جای دهد که طبق دستور «سیستم مدیریت ساختمان» باز و بسته می‌شوند.

اتاق‌های دادگاه

موضوع نور طبیعی که فضاهای داخلی را مشخص و روشن می‌کند، در بلوک دادگاه ادامه دارد. دسترسی عموم به سالن‌های دادگاه در سطح اصلی از طریق آتریوم بزرگ است. دسترسی به سالن‌های دادگاه در طبقه بالایی، یا از طریق یک پله‌برقی در ورودی اصلی یا به وسیله یک رمپ طولانی با کف چوبی در سمت غرب دور آتریوم به موازات نمای

دوپوسته انجام می‌شود. دیوار دوپوسته لعابدار براق، در گوشه ساختمان قرار گرفته‌است تا نور طبیعی و چشم‌اندازی را برای سالن فوقانی فراهم کند. دیوار روبه‌روی محوطه فوقانی با پوششی موجدار از گچ سفید اجرا شده است، که به‌طرز ماهرانه‌ای زمین‌های آلپ برفی گرنوبل را به یاد می‌آورد.



شکل ۸-۲-۱۳. سطح بالایی دادگاه با روکش چوبی طبقه‌بندی‌شده در پایل شفت نورگیر، منبع: با مجوز از معماران واسکونی توسط توماس اسپینکو.



شکل ۸-۲-۱۴. سطح اصلی دیوار دادگاه، نورگیری با فرم کج و مقعر دارد که با بافت گچ به‌رنگ خاکستری روشن برای توزیع نور ایجاد شده است، منبع: فیلیپ رالت با مجوز از معماران واسکونی توسط توماس اسپینکو.

دیوار کج شده است تا یک محور نورگیر، در سمت دیگر قرار گیرد. در یک چیدمان ساده، به‌طرز مبتکرانه‌ای اتاق‌های دادگاه در هردو طبقه، نور چشمگیر عالی از منبع مخفی دریافت می‌کند. شفت‌های نورگیر تابش خیره‌کننده را از بین می‌برند و محیطی آرام و بدون حواس‌پرتی ایجاد می‌کنند. این صحنه‌ها نور نمادین عدالت را به یاد می‌آورد و درعین حال نور پراکنده، با کیفیت و تمرکز قابل توجهی را برای فعالیت‌ها در سراسر دادگاه ارائه می‌دهند.

ساختار ساختمان

اسکلت فلزی و مهاربندی متقاطع که در داخل آتریوم اداری قابل مشاهده است، تنها اشاره‌ای به مهندسی پیچیده موردنیاز برای تثبیت ساختمان بلند و نماهای شیشه‌ای یکپارچه آن است. محل تلاقی رودخانه، دارای ظرفیت تحمل منافذ خاک می‌باشد که در ترکیب با سطح بالای آب، منجر به طراحی غیرعادی شده است. ساختمان پایین دادگاه و سطوح پایین‌تر ساختمان، در یک حوض بتنی تقویت شده، با بیش از هزارشمع، محصور شده است. برج اداری و سقف‌های آتریوم مجاور آن اسکلت فلزی است. سقف شیب‌دار و نماهای مات دادگاه با روکش فلزی لاک‌پوشیده شده است.

ساخت و اجرای نمای دوپوسته

ارائه و بحث درباره نمای دوپوسته دادگاه گرنوبل با مروری بر ساخت‌وساز آغاز می‌شود: شکل ۸-۲-۱۵ برای نمای دوپوسته ۱ و شکل ۸-۲-۲۰ برای نمای دوپوسته ۲، ماتریس‌های طراحی (جدول ۸-۲-۲ و ۸-۲-۳)، چکیده این‌که چگونه مفاهیم و اجزای طراحی زیست‌اقلیمی خاص، در بیان معماری نماها آشکار می‌شوند. این تحقیق کل ساختمان را به‌عنوان زمینه در نظر می‌گیرد اما بر ویژگی‌ها و عملکردهای پوسته‌های دوگانه تمرکز دارد. نمای دوپوسته ساختمان اداری، به عنوان تهویه خارجی با تهویه متغیر، طبقه‌بندی می‌شود. این نما دارای بسیاری از نشانگرهای ساخت‌وساز نمای دوپوسته چندطبقه، با ظاهر ضخیم کلاسیک است که در این زمان، در مکان‌هایی با آب‌وهوای مشابه، مانند آلمان و بریتانیا ساخته شده است. منافذ تهویه در بالا و پایین محفظه چندطبقه گسترده، باز و بسته می‌شوند تا جریان هوا را در هماهنگی با تغییرات فصلی و آب‌وهوایی تعدیل کنند. کرکره‌های لوور در محفظه قابل تنظیم هستند تا به شرایط تغییر نور روز و خواسته‌های ساکنان پاسخ دهند. فضای هوا نیز یک مانع صوتی است.

تهویه: حالت‌های متغیر محفظه: چندطبقه جهت‌گیری: جنوب غربی	ساختمان: دادگاه گرنوبل مکان: گرنوبل، فرانسه آب و هوا: Cfa معتدل اقیانوسی	نمای دوپوسته ساخت‌وساز بررسی اجمالی
خروجی هوا: پنجره‌های قیف‌دار موتوردار (جریان هوای برگشتی)		
سازه ساختمان: اسکلت فلزی		
پوسته بیرونی: تک‌جداره ساختاری		
مهر و موم شده به روی قاب فولادی ترمولاک شده		
فضای هوایی: ارتفاع ۸ طبقه؛ حدود ۶۹۲ میلی‌متر (۲۷ اینچ) عمق		
ساختار نما: پراکتهای باله فولادی ضد زنگ که از ساختار ساختمان ساخته شده‌اند. از کت واک‌های نگهداری و پوسته بیرونی پشتیبانی می‌کند.		
پوسته داخلی: شیشه چندجداره در قاب کرکره آلومینیومی لاک‌پوش		
سقف کاذب خنک‌کننده تابشی		
کنترل خورشیدی: کرکره‌های از نوع قابل تنظیم موتوری، با کنترل سرنشین		
قفسه فلزی سوراخ‌دار توکار		
گرمایش محیطی تابشی		
ورودی هوا: کرکره باز با دمپر موتوری (ورودی برجسته)		
حالت تهویه خارجی (زمستانی)	حالت بافر (تابستان)	

شکل ۸-۲-۱۵. نمای کلی ساخت نمای دوپوسته برای دادگاه گرنوبل با نمای دوپوسته، اطلاعات از معماران واسکونی، توسط توماس

اسچینکو، منبع: ماری بن بونهام و متیو ویلبر.

جدول ۸-۲-۲:

زیست_اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته						ساختمان: دادگاه گرنوبل محل: گرنوبل، فرانسه اقلیم: معتدل اقیانوسی	
عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	مفاهیم زیست‌اقلیمی	بسته قطعات نمای دوپوسته					
		● نشان می‌دهند که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی پشتیبانی می‌کنند.					
تجهیزات جانبی	فضای جریان هوا	عناصر سایه	منفذهای تهویه	لعب کاری	ساختار	تجهیزات جانبی	
	●	●		●			
تشعشع	بهینه‌سازی نور روز				●		
	مجموعه خورشیدی و ذخیره‌سازی حرارت					●	
	توزیع حرارت						
	حفاظت از گرما						
	کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما	●	●		●		
	خنک‌کننده طبیعی و اتلاف حرارت	●		●		●	
حرارتی	تهویه مطبوع فعال			●			
	جداسازی صوتی	●			●		
فضایی متحرک	بازدیدها		●				
	غیربصری ارتباط با طبیعت						
	کنترل فردی محیط‌زیست						
	تولید انرژی‌های تجدیدپذیر						
	● ↔						
اخلاقی اجتماعی تاریخی	تأثیر محیطی اندک هزینه تعمیر و نگهداری ساختار و مونتاژ زیبایی‌شناسی ارتباطات تعبیه‌شده در مکان	کاربرد نمای دوپوسته	نمای دوپوسته شیشه‌ای مرمی شفاف رو به جنوب غربی برای کتابخانه				
		طبقه‌بندی	چندطبقه با تهویه خارجی				
		استراتژی‌ها و امکانات	مفاهیم زیست‌اقلیمی و بخش‌هایی که در جدول بالا بیان شد، منجر به راهکارها و خصوصیات در ارتباط با طراحی نمای دوپوسته خواهد شد. برای بحث و گفت‌وگو به نمونه موردی نگاه کنید. کتابخانه بی ام وی آر ماری، ماری، فرانسه، اقلیم مدیترانه‌ای گرم ۱. اجتناب از گرما در آب‌وهوای گرم ۲. بهینه سازی نور روز برای اتاق‌های مطالعه ۳. نوآوری مواد				
ماتریس طراحی زیست_اقلیم برای نمای دوپوسته می‌تواند برای تجزیه‌وتحلیل ساختمان‌های موجود یا برنامه‌ریزی نماهای جدید استفاده شود. نمای دوپوسته، براساس هندسه محفظه هوا و نوع تهویه، طبقه‌بندی می‌شوند. در این دسته‌بندی‌های کلی، ترکیب‌های خاص پروژه از مفاهیم و اجزای نما منجر به راه‌حل‌های منحصربه‌فرد برای نمای دوپوسته می‌شود. نمای دوپوسته نیازمند همکاری چندین‌علم در قالب یک فرآیند طراحی متحد است تا کل یک ساختمان با راهکارهای زیست‌اقلیمی تطبیق داده‌شده با اقلیم و کاربری مشخص، به موفقیت دست یابد. مفاهیم طراحی زیست‌اقلیمی، برگرفته از عوامل مؤثر بر بیان معماری ویکتور اولگی ^۱ می‌باشد. «عوامل مؤثر بر بیان معماری» اولگی (طراحی با اقلیم، ۱۹۶۳). مفاهیم حرارتی نیز برگرفته از گروه تحقیقاتی معماری و اقلیم در دانشگاه کاتولیک لوون ^۲ ، بلژیک (کتاب راهنمای طراحی زیست‌اقلیم، ۱۹۸۶) است. ماتریس ماری بن بونهام							

این ویژگی‌ها، یک نمای بیوکلیماتیک را تشکیل می‌دهند که هدف آن انتقال حس شفافیت به عموم مردم همراه با ارائه یک دفتر کارآمد انرژی با آسایش محیطی داخلی عالی برای کارمندان قضایی است.

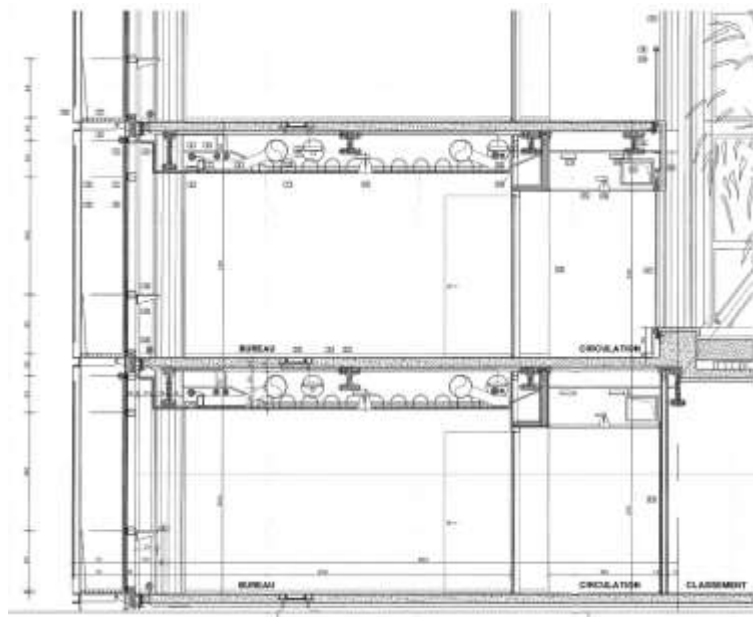
1. Victor Olgyay

2. UCLouvain

ویژگی نمای دوپوسته ۱: جریان هوای قابل تنظیم

برای سازگاری فصلی

فضای هوایی چندمنظوره، یک طبقه بالاتر از سطح میدان شروع می‌شود و هشت طبقه را تا بالای بلوک اداری هدایت می‌کند. دو ورقه شیشه‌ای، یک منطقه بافر گسترده تقریباً ۶۹۲ میلی‌متری (۲۷ اینچی) ایجاد می‌کند تا شرایط نامساعد حرارتی، نوری و صوتی را کاهش دهد. پوسته بیرونی دیوار تیغه‌ای تک‌جداره است، لایه داخلی، ساخت دیوار تیغه‌ای دوجداره و قاب نما از جنس آلومینیوم لاک‌پشت است.



شکل ۸-۲-۱۶. طراحی بخش نمای دوپوسته چندطبقه دادگاه گرنوبل، منبع: معماران واسکونی، توماس اسپینکو.



شکل ۸-۲-۱۷. خروجی هوای: نمای دوپوسته پنجره‌های قیف شیشه‌ای با کنترل موتوری، هوای گرم‌شده را از بالای شفت چندطبقه خارج می‌کنند، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۲-۱۸. فضای داخلی محفظه: نمای دوپوسته کت واک‌های میله‌ای فلزی جریان هوا بین سطوح را امکان پذیر می‌کند، کرکره‌های قابل تنظیم کنترل موتوری در داخل محفظه و در کنار پوسته داخلی نصب شده‌اند و کنترل‌های کاربر بر روی میل پنجره در هردفتر قرار دارند، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۲-۱۹. ورودی هوای: نمای دوپوسته هوا از طریق بازشوی افقی از پایه شفت چندطبقه وارد می‌شود، جریان هوا با یک دمپر موتوری در راستای پوسته داخلی کنترل می‌شود، منبع: ماری بن بونهام.

فضای بین پوسته‌ها یک دودکش حرارتی پیوسته است که تنها توسط ساختار پشتیبان فلزی معلق، با توری‌های نگهداری در هر سطح طبقه شکسته می‌شود. اگرچه در درجه اول (نما) جنوب غربی به نظر می‌رسد، اما سیستم محفظه پیرامونی، انتهای زاویه بلوک اداری کوتاه را می‌پوشاند، به گونه‌ای که سطح کمتری از نمای دوپوسته، رو به جنوب، غرب و شمال شرق نیز وجود دارد.

طراحی نمای دوپوسته، به آب‌وهوای گرنبول واکنش نشان می‌دهد، زیرا گرمایش خورشیدی غیرفعال یا اجتناب از گرما را مطابق با تقاضای فصل فراهم می‌کند. یک سیستم تهویه هوای پیوسته و یک ورودی هوای برجسته برای تهویه

محفظه نما فراهم می‌کند. دریچه‌های موتوری به شکل قیف، در بالای محفظه در پاسخ به سنسورهای دما، از راه دور کار می‌کند. فضای هوا می‌تواند در زمستان بسته شود تا یک مانع عایق (حالت بافر) ایجاد شود و دریچه‌ها می‌توانند در تابستان باز شوند تا امکان دهند هوای گرم شده از طریق اثر انبساط به بالای دیوار برود و از آنجا خارج شود (حالت تهویه خارجی).

پوسته بیرونی نمای دوپوسته، به وسیله یک قاب فولادی لاک‌ی که از قاب فولادی ساختمان اصلی با براکت‌های فولادی ضدزنگ ساخته شده است، پشتیبانی می‌شود. دریچه نگهداری باریک، از فولاد گالوانیزه ساخته شده است. درهای دسترسی تعمیر و نگهداری در چهار تا شش مکان در طول نما در هر سطح طبقه ارائه می‌شود. پانل‌های انتخابی در پوسته بیرونی به عنوان دسترسی اضطراری برای آتش‌نشانان تعیین شده است.

سیستم‌های تهویه مطبوع فعال بلوک اداری مستقیماً با نمای دوپوسته ادغام نمی‌شوند، اگرچه سهم بار گرمایش و سرمایش نمای کاملاً لعاب‌دار، با طراحی فضای هوا و دستگاه‌های سایه‌انداز یکپارچه کاهش می‌یابد. سقف‌های خنک‌کننده تابشی باعث صرفه‌جویی بیشتر در انرژی و افزایش راحتی سرنشینان در دفاتر خصوصی می‌شود. سقف‌های فلزی معلق شبکه‌ای از لوله‌های مسی را که در آن آب در دمای ۵ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد به گردش درمی‌آید، یکپارچه می‌کند. سیستم خاصی که در دادگاه گرنوبل استفاده می‌شد یک فناوری نوظهور در آن زمان در فرانسه بود [۱۰].

ویژگی دوم نمای دوپوسته ۱: نور روز قابل کنترل

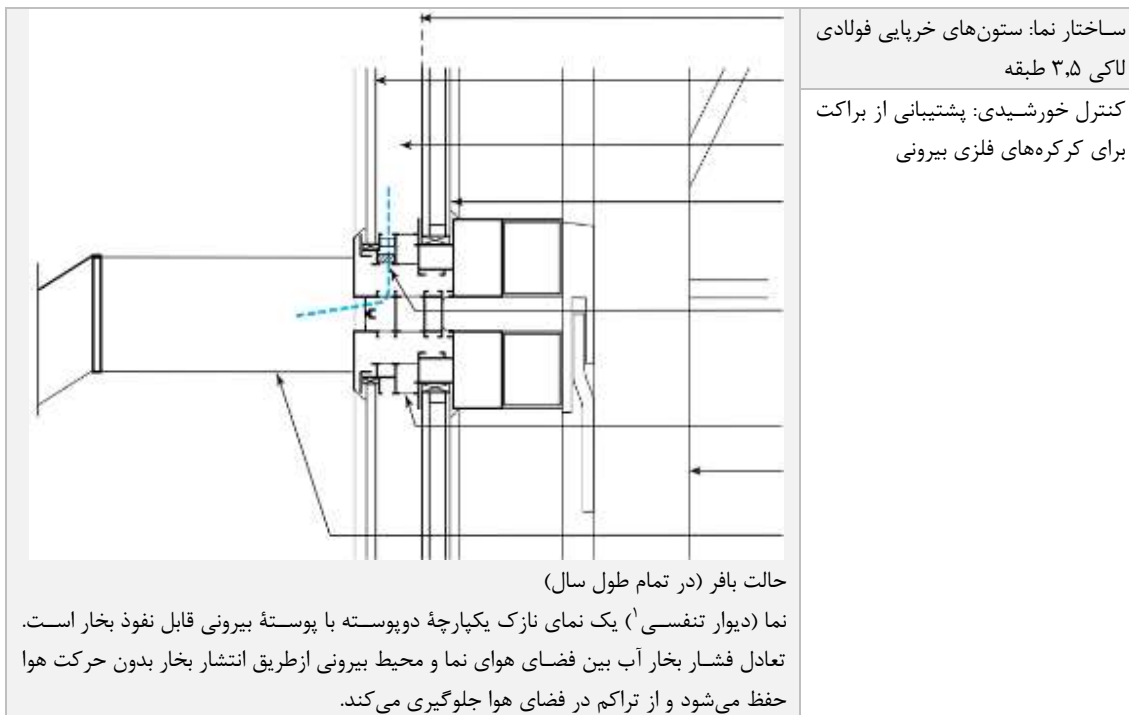
عمق فضای نما و راهروهای تعمیر و نگهداری، درجه‌ای از سایه‌افکنی را برای فضای داخلی فراهم می‌کند. کرکره‌های قابل تنظیم موتوردار با راهنماهای کابل، در محفظه نمای دوپوسته محصور شده‌اند تا کنترل خورشیدی بیشتری را فراهم کنند. دکمه‌های کنترلی برای هر کرکره روی قاب آلومینیومی پوسته داخلی نصب شده است تا سرنشینان بتوانند کرکره‌ها را به صورت جداگانه برای هر قسمت از نما تنظیم کنند. کرکره‌ها را می‌توان به طور کامل با تیغه‌هایی که برای روشنایی غیرمستقیم روز بدون تابش خیره‌کننده کج شده‌اند، پایین آورد. در یک دفتر دیگر، کرکره‌ها را می‌توان به طور کامل بالا برد تا امکان مشاهده شهر و کوه‌های اطراف را فراهم کند.

ویژگی سوم نمای دوپوسته: بافر آکوستیک

تهویه: حالت های متغیر	ساختمان: دادگاه گرنوبل	نمای دوپوسته
محفظه: چندطبقه	مکان: گرنوبل، فرانسه	ساخت و ساز
جهت گیری: جنوب غربی	آب و هوا: Cfa معتدل اقیانوسی	بررسی اجمالی
صفحه کنترل هوا و بخار آب (هرمتیکال ^۱ مهر و موم شده)		
پوسته بیرونی: تک‌جداره در قاب آلومینیومی لاک‌ی		
فضای هوا: ۱ ماژول پنجره بالا. تقریباً ۴۰ میلی‌متر (۱/۵ اینچ) عمق		
پوسته داخلی: IGU در قاب دیوار تیغه‌ای آلومینیومی لاک‌ی		
عملکرد تنفس: دهانه‌های مستطیلی شکل در قسمت پایین قاب مجهز به فیلترهای فولادی ضدزنگ		
توری ریز قابل نفوذ به بخار		
ترمال باریک ^۲ در قاب نما		

1. hermetically

2. Thermal break



شکل ۸-۲-۲۰. نمای کلی ساخت نما دوپوسته برای دادگاه گرنوبل، نمای دوپوسته ۲، اطلاعات دقیق درمورد سیستم جابه‌جایی هوا در نما از ادبیات عمومی تولیدکنندگان است که مختص این پروژه نیست، منبع: ماری بن بونهام.

جدول ۸-۲-۳:

زیست_اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته		ساختمان: دادگاه گرنوبل محل: گرنوبل، فرانسه اقلیم: معتدل اقیانوسی ^۱					
عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	مفاهیم زیست‌اقلیمی	بسته قطعات نمای دوپوسته					
		● نشان می‌دهند که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی پشتیبانی می‌کنند.					
		فضای جریان هوا	عنصر سایه	منفذهای تهویه	لعب کاری	ساختار	تجهیزات جانبی
تشعشع			●		●		
حرارتی		●	●		●		
		●			●		
		●			●		
		●		●			
		●					
صوتی		●			●		
فضایی			●		●		
متحرک							
اخلاقی اجتماعی تاریخی							

1. Cfa

2. Victor Olgyay

3. UCLouvain



شکل ۸-۲-۲۱. جابه‌جایی هوا در نمای رو به غرب سطح شیب‌دار به اتاق‌های دادگاه در سطح بالا منتهی می‌شود.
منبع: فیلیپ رالت، با اجازه از گروه معماران واسکونی توسط توماس اسپینکو.

ساختمان دادگاه از نزدیک به خیابان‌های اطراف در محدوده اجباری سایت مثلثی متصل است. در مقابل تراموا و خیابان شلوغ، نمای بلوک اداری باید دفاتر دادگاه را از منابع صوتی بیرونی جدا کند. نقش نمای دوپوسته، به عنوان یک بافر صوتی مؤثر، عامل محرکی در انتخاب این نوع نما بود. افزودن پوسته بیرونی موجب افزایش جرم مجموعه دیوار می‌شود و صدا را به محیط منبع بازتاب می‌دهد. صدایی که به لایه اولیه تک‌جداره نفوذ می‌کند، می‌تواند تا حدی در فضای هوای تهویه‌شده خارجی پخش شود. ضخامت‌های متفاوت شیشه چندجداره در پوسته داخلی (لعب‌های ۱۰ میلی‌متری و ۴ میلی‌متری با فاصله‌دهنده ۱۶ میلی‌متری) فرکانس‌های مختلف صدا را جذب می‌کند و عملکرد کلی آکوستیک نما را بهبود می‌بخشد. از آنجایی که هیچ پنجره قابل‌بازشدنی در دفاتر وجود ندارد، این نما این خطر را ندارد که برخی از نماهای تهویه‌شده دیگر، از «مسیر کناری»^۱ صدایی را که بین دفاتر مجاور از طریق فضای هوایی عبور می‌کند، ایجاد کند.

نمای دوپوسته با مشخصات نازک در آتریوم عمومی، به عنوان دریچه جعبه حائل طبقه‌بندی می‌شود. سیستم نمای یکپارچه ۳،۵ طبقه رو به غرب با قاب آلومینیومی لاکه توسط ستون‌های خرابایی فولادی عمودی مهار شده است. کرکره‌های افقی بزرگی که در بیرون نصب شده است، به‌طور جسورانه‌ای از طریق شیشه قابل‌مشاهده است. این مجموعه یک نمای زیست اقلیمی را تشکیل می‌دهد که هدف آن بهینه‌سازی عملکرد حرارتی و صوتی و درعین حال ایجاد یک نقطه کانونی درخشان برای مهم‌ترین فضای عمومی ساختمان است.

1. Flanking path

نمای دوپوسته ۲ ویژگی اول: نمای نازکی که نفس می کشد

یک نمای تنفسی، دارای یک پوسته خارجی قابل نفوذ با بخار است. ماژول‌های نما یک پوسته داخلی شیشه چندجداره و یک پوسته خارجی تک‌جداره با یک فضای هوای نازک در بین آن‌ها دارند. دهانه‌های کوچک با فیلترهای گردوغبار در قسمت پایین قاب، فضای هوای نمای دوپوسته را با محیط خارجی پیوند می‌دهد، تکنیکی که امکان می‌دهد تا فشار بخار بین فضای هوا و فضای خارجی تعادل برقرار کند و از تراکم بر روی شیشه جلوگیری می‌کند. درحالی‌که فضای هوا در این نوع نما می‌تواند به اندازه کافی عمیق باشد تا انواع وسایل آفتابگیر را در خود جای دهد، در ساختمان دادگاه گرنوبل این شکاف کوچک است، در حدود ۴۰ میلیمتر (۱٫۵ اینچ) بدون هیچ کرکره‌ای که در محفظه ادغام شده باشد. پیکربندی لایه‌ای، عایق حرارتی و صوتی را در مقایسه با نماهای تک‌پوسته دو یا سه‌جداره بهبود می‌بخشد [۱۱].

نمای دوپوسته ۲ ویژگی دوم: سایه‌اندازی بیرونی نور خورشید

دریچه‌های فلزی خارجی ثابت، بر نمای دوپوسته دهلیز رو به غرب سایه می‌زنند. این استراتژی کنترل خورشیدی به‌طور مؤثر از افزایش گرما در ناحیه‌ای از ساختمان که نیاز به کنترل روشنایی دقیق برای کارها ندارد، جلوگیری می‌کند. مقیاس بزرگ دریچه‌ها شکاف‌های سخاوتمندانه‌ای را برای اتصال بصری به محوطه‌سازی پارک مانند تراموا و درعین‌حال حفظ تمرکز داخلی ایجاد می‌کند. آفتابگیرها بیشتر نور خورشید را مسدود یا تغییرجهت می‌دهند، اما مقداری نور مستقیماً در ساعات معینی از روز و سال وارد می‌شود. تضادهای نوری به‌دست آمده برای فضای اداری مناسب نیست اما درخششی پویا به فضای عمومی می‌دهد. الگوهای درحال‌تغییر نور و سایه، فضایی گردش از سرزندگی‌ای با وقار ایجاد می‌کند.

در نمای بیرونی، خطوط معماری لبه‌فلزی مشبک، حرکت معماری خطی سقف نامرئی‌مانند را تقویت می‌کند که عملکردهای دهلیز و تالار دادگاه را متحد می‌کند. زاویه‌دار بودن منحصربه‌فرد دریچه‌ها با شکل تقسیم‌بندی‌شده کوه‌ها در پس‌زمینه طنین‌انداز می‌شود.



شکل ۸-۲-۲۲. ماژول‌های پنجره واحد دارای شکاف‌های نفوذپذیر بخار، بین پوسته‌های لعاب‌دار عایق‌بندی‌شده هستند. منبع: ماری بن بونهام.

بحث

دادگاه گرنوبل در استفاده از تکنولوژی‌های درحال‌ظهور برای پروژه‌های کارهای عمومی تنها نبود. این پروژه بخشی از موج بلندپروازانه ساخت دادگاه جدید در فرانسه بود که از سال ۱۹۹۱ آغاز شد و چندین دهه ادامه یافت. وزارت دادگستری فرانسه ساختمان‌های دادگاه‌های خود را بررسی کرد و کمبودهایی را در فضا، اثربخشی عملیاتی و جایگاه نمادین یافت. بنابراین برنامه ساختمان برای تجدید و تغییر موقعیت معماری قضایی جهت پاسخگویی به نیازهای معاصر توسعه داده شد.

این دادگاه‌ها سطح بالایی از یکپارچگی تکنولوژی‌های ساختمانی جدیدتر یا تجربی ساختمان ذهنی را نشان می‌دهند. میشل زولبرتی^۱، معاون مدیر کل آژانس ساختمان وزارت دادگستری فرانسه در سال ۲۰۰۱، در مجله حرفه‌ای معماری «اینتریور کری»^۲ فرانسه نوشت که معماری قضایی جدید در خدمت خواسته‌های جدید درمورد زیبایی‌شناسی و افزایش عملکرد زیست‌محیطی است؛ زیرا کارکردهای مدرن امروزی را برآورده می‌کند.



شکل ۸-۲-۲۳. نمای بیرونی غربی با سیستم پنجره ثابت، منبع: ماری بن بونهام.

او ادامه می‌دهد که این نیروها باهم ترکیب می‌شوند تا به‌عنوان «موتورهای نوآوری» در طراحی فنی عمل کنند؛ برای دادگاه در نانت^۳، تیرهای عظیم ساختاری و شیشه‌های فوق شفاف توسعه داده شدند، در کان^۴، مواد کامپوزیت در روکش ساختمان دادگاه استفاده شد و در دادگاه بوردو^۵ (با مشارکت ریچارد راجرز، ۱۹۹۲) یک محفظه شیشه‌ای ساختاری با چوب سرو و منحنی‌ای نامنظم ایجاد کردند. تقریباً هردادگاه در این برنامه یک ساختمان بسیار اصیل با عناصر مهندسی و تولید خاص است [۱۲].

بسیاری از استراتژی‌های نوآورانه ساخت‌وساز در فرانسه از طریق فرآیندی که از طریق آن فناوری‌های نوظهور که اثبات نشده و یا فاقد استانداردهای کیفیت رسمی هستند، ارزیابی می‌شوند. برنامه ارزیابی آزمایش فنی^۶ که به‌دست

1. Michel Zulberty
2. intérieure Créé

3. Nante
4. Caen

5. Bor deaux
6. ATEX

مرکز علمی و فنی ساختمان فرانسه^۱ اداره می‌شود، از کاربرد آزمایشی یک تکنیک جدید با ارزیابی محدود در جهت ایمنی، امکان‌سنجی و خطر نقص پشتیبانی می‌کند. دانشمندان در آزمایشگاه‌های مرکز علمی و فنی ساختمان فرانسه، نوآوری‌های فنی را آزمایش و توسعه می‌دهند و تولیدکنندگان ممکن است برای ارزیابی اولیه محصولات جدید به مرکز علمی و فنی ساختمان فرانسه مراجعه کنند. معماران، مشتریان، یا کل تیم‌های طراحی با درخواست‌هایی برای به‌کارگیری تکنیک‌های ساختمانی اثبات‌نشده به مرکز علمی و فنی ساختمان فرانسه نزدیک می‌شوند [۱۳]. برنامه ارزیابی آزمایش فنی یک گام مقدماتی به‌سوی وضعیت تکنیک آویس^۲ می‌باشد که پس از آن محصولات و تکنیک‌ها می‌توانند توسط کمیته فنی بیمه‌گران فرانسوی با هدف کسب وضعیت «پوشش عادی» در بیمه خسارات و مسئولیت، موردپذیرش قرار گیرند [۱۳]. در مورد دادگاه گرنوبل، استفاده از سقف‌های خنک‌کننده تابشی در ارتباط با نمای دوپوسته تهویه‌شده از طریق فرآیند برنامه ارزیابی آزمایش فنی انجام شد [۱۴]. فن‌آوری نمای قابل تنفس نیز نیاز به یک ارزیابی فنی توسط مرکز علمی و فنی ساختمان فرانسه دارد که جزئیات هر نصب خاص را ارزیابی می‌کند؛ به‌عنوان مثال، در مورد تعداد دریچه‌های فیلتر نسبت به اندازه واحدها پیشنهاد می‌دهد [۱۵].

تلاش برای نمای نازک با عملکرد بالا همچنان منجر به راه‌حل‌های جدید می‌شود. کریستوف هسپل^۳ در مقاله‌ای در سال ۲۰۱۱ برای روزنامه لومونیتور^۴، اشاره می‌کند که حدود نیمی از درخواست‌های برنامه ارزیابی آزمایش فنی در سال ۲۰۱۰ برای اجرای نماهای دوپوسته بود که بیشتر آن‌ها به تحقیق درمورد فشردگی یا نیازهای فنی برای پنجره‌های قابل تنفس مربوط می‌شدند. سازندگان علاوه بر معماران، بحث را جلو می‌برند و دامنه احتمالات را گسترش می‌دهند. پیشرفت‌هایی که در ابزارآلات صنعتی با دقت بالا به‌کار رفته، در صنعت ساخت‌وساز به واحدهای نما امکان می‌دهد تا از طریق موتوری کردن درزها و دریچه‌ها و با توسعه انواع جدیدی از درزگیرهای سیلیکونی، فشرده‌تر و قابل تغییر باشند [۱۶].

تیم طراحی دادگاه گرنوبل و مشتری وزارت دادگستری در شرایطی کار می‌کردند که نوآوری تشویق می‌شد تا براساس سنت در میان نیروهای معاصر تغییر پارادایم فرهنگی در رابطه با نقش معماری قضایی، فناوری‌های نوظهور ساخت‌وساز، افزایش تقاضا برای صرفه‌جویی در انرژی و تغییر اقتصاد تشویق شود و مناظر سیاسی بسیاری از ویژگی‌های دادگاه که در آن زمان ابتکاری یا آزمایشی بودند؛ شامل خنک‌کننده تابشی، پوشش ساختمان با عملکرد بالا، توجه به عملکرد صوتی داخلی، امکانات استاندارد در شبه‌جزیره گرونوبل می‌شود، یک پروژه بزرگ توسعه شهری در شبه‌جزیره علمی که هدف آن گسترش محله همراه با افزایش زیست‌پذیری و پایداری آن است [۱۷].

دادگاه امروز به‌عنوان پیشگام توسعه پایدار در این بخش از شهر است. در این مطالعه موردی، «بیوکلیماتیک» یک رویکرد طراحی را توصیف می‌کند که در آن خواسته‌های سایت، برنامه، نمادگرایی و عملکرد با متعادل کردن فن‌آوری‌های ساختمانی پیشرفته با اصول طراحی غیرفعال، جاودانه حل می‌شود.

1. CSTB
2. Avis

3. Christophe Hespel
4. Le Moniteur

یادداشت

- [1] L'Agence de Maitrise d'Ouvrage des Travaux du Ministère de la Justice, *Palais de Justice de Grenoble* (Besançon: Néo-typo, 2003), ii
- [2] Ibid., 10.
- [3] Ibid.
- [4] The influence and heritage of the *Grands Projets* (Grand Projects) on the architecture of French cultural and state institutions is described in the case study on the Marseille Library and the work of Adrien Fainsilber Architects.
- [5] Climate and elevation information from Climate-Data.org, www.weather-atlas.com, and <http://veloroutes.org>
- [6] Grenoble Innovation for Advanced Technologies (GIANT), "An Exceptional Scientific History," GIANT, www.giant-grenoble.org/en/an-exceptional-scientific-history/
- [7] European Synchrotron Radiation Facility, "ESRF in Brief and Key Figures," www.esrf.eu/about/press-room/intro-esrf-journalist
- [8] *Palais de Justice de Grenoble*, 8.
- [9] http://fr.wikipedia.org/wiki/Palais_du_parlement_du_Dauphiné
- [10] CSTB, "Bâtiment 2001," Centre Scientifique et Technique du Bâtiment Newsletter April 3, 2001, www.cstb.fr
- [11] Pierre Martin, *Façades Légères en Detail* (Paris: Le Moniteur, 2012).
- [12] Michel Zulberty, "Maîtrise d'ouvrage publique et innovations techniques," *Architecture intérieure-Créé* 298 (2001): 66–71
- [13] George A. Atkinson, *Construction Quality and Quality Standards, The European Perspective* (London: E & FNSpon, 1995), 61–65.
- [14] Mary Ben Bonham, "New French Judicial Architecture: Interpreting Laws of Site and Climate; Innovating within a Context of Managed Risk," Proceedings of the Solar 2011 Conference of the American Solar Energy Society (Boulder, CO: ASES, 2012)
- [15] CSTB, "La technique du vitrage respirant s'exporte au Luxembourg," Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, www.cstb.fr/archives/webzines/editions/decembre-2007.
- [16] Christophe Hespel, "Details: Double Peau en Verre," *AMC*, February 2011.
- [17] City of Grenoble, "Presqu'île," www.grenoble.fr/545-presqu-ile.htm.

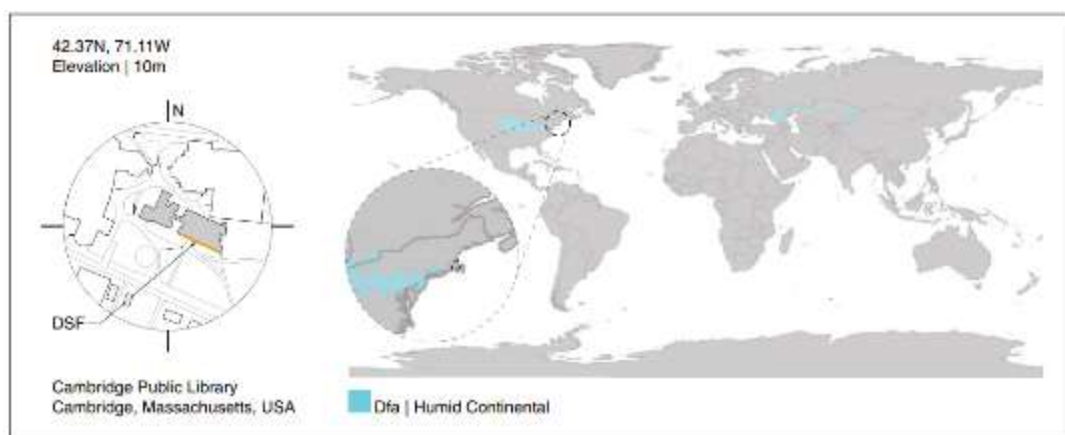


شکل ۸-۳-۱. نمای کامل در صفحه جلد، منبع: عکاسی رابرت بنسون.^۱

فصل هشتم - بخش سوم

کتابخانه عمومی کمبریج

(کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۲-۰۹)



شکل ۸-۳-۲. موقعیت مکانی، منبع: تصویرسازی Mary Ben Bonham .Matthew Willbur. ©

جدول ۸-۳-۱. اطلاعات ساختمان برای کتابخانه عمومی کمبریج

تاریخ	طراحی اضافه ۲۰۰۲-۰۴؛ ساخت و ساز مرحله‌ای ۲۰۰۵-۰۹
مالک	شهر کمبریج، کتابخانه عمومی کمبریج
طرح	
معماری	همکاران ویلیام راون ^۱ (جمع) معماران آن بها ^۲ (نوسازی)
آکوستیک	استات ^۳
مهندسی عمران	اچ دبلیو مور ^۴
مشاور دیوار تیغه‌ای	مهندسی نمای اوه اروپ ^۵ ، لندن
فناوری اطلاعات و صوتی/بصری	هرم سی سی آر ^۶
معماران منظر	همکاران مایکل ون والکنبرگ ^۷
مشاور ال ای ای دی ^۸	انرژی و محیط زیست ویریدین ال ال سی ^۹
اثاثیه کتابخانه	وردن ^{۱۰}
نورپردازی	هورتون لیز بروگدن ^{۱۱}

1. William Rawn

2. Ann Beha

3. Acetech

4. HW Moore

5. Ove Arup

6. CCR

7. Michael Van Valkenburgh

8. LEED

9. Viridian Energy &

Environment LLC

10. Worden

11. Horton Lees Brogden

مهندسی مکانیک، برق و لوله کشی، مهندسی حفاظت در برابر آتش	مهندسان واندرویل ^۱
ساخت و ساز	
پیمان کار عمومی	کونسیگلی/جی اف سفید ^۲
سازنده دیوار تیغه	جوزف گارتنر جی ام بی ایچ ^۳ (ساختمان جدید)
نصاب دیوار تیغه‌ای	فولاد و شیشه گارتنر
لوازم جانبی دیوار تیغه و گیره	گروه سازه‌های فولادی معماری پرماسستیلیسا ^۴ گارتنر
توری فولادی	مایزر گیتروست کا جی ^۵
لعاب کاری	سنت گوبین ^۶
آفتابگیر آلومینیومی اتوماتیک	کلت بین المللی ال تی دی ^۷
کرکره غلطکی	سیستم‌های مکانیکی
ساختمان	
مساحت	مساحت ناخالص ساختمان: ۹۶۵۳ متر مربع (۱۰۳۹۰۰ فوت مربع) اضافه ۷۱۲۶ متر مربع (۷۶۷۰۰ فوت مربع) بازسازی ۲۵۲۷ متر مربع (۲۷۲۰۰ فوت مربع)
ارتفاع اضافه	۳ طبقه بالاتر از سطح: ۹۸,۶ متر (۳۲۳ فوت)
ارتفاع نمای دوپوسته	۲ طبقه بالاتر از سطح: ۱۲,۳ متر (۴۰,۵ فوت)
کاربری: کتابخانه عمومی	

منبع: اطلاعات از؛ همکاران ویلیام راون^۸، معماران، شرکت و مارو^۹، کتابخانه مارسی، دارای اولین نمای دوپوسته از نوع خود در ایالات متحده، معماری فلزی (۶ ژوئیه ۲۰۱۱)، www.metalarchitecture.com.



شکل ۸-۳-۳. حقایق نمای دوپوسته: نمای دوپوسته چندطبقه با حالت‌های تهویه متغیر برای حداکثر شفافیت بین فضای داخلی پارک و کتابخانه طراحی شده‌است. نمای دوپوسته به دلیل قاب نردبانی ساختاری منحصربه‌فرد و گیره‌های شیشه‌ای خارجی آفتابگیر، قابل توجه است. منبع: مارک اکلیپس.

1. Vanderweil
2. Consigli/JF White
3. Josef Gartner GmbH

4. Permasteelisa
5. Meiser Gitterroste KG
6. Saint-Gobain

7. Colt International Ltd
8. William Rawn Associates
9. Marro

مقدمه

کتابخانه عمومی کمبریج در نزدیکی مرکز جغرافیایی شهر کمبریج، ماساچوست^۱ در منطقه جنوبی نیوانگلند^۲ ایالات متحده واقع شده است. کتابخانه یک مرکز مدنی مهم در یک محیط غنی بصری و فرهنگی است. این بنا برای بازسازی دقیق ساختمان شاخص تاریخی خود (۸۹-۱۸۸۸) و برای افزودن شیشه و سنگ‌های به‌روزش (۲۰۰۹) دارای اهمیت معماری دوگانه است. ون برون و هو، کتابخانه اصلی را به سبک رومی «ریچارد سون»^۳ طراحی و در سال‌های ۱۸۹۴ و ۱۹۰۲ به این سازه اضافه کردند. سومین افزوده مهم ساخته‌شده در سال ۱۹۶۷ به‌عنوان بخشی از پروژه توسعه در سال ۲۰۰۹ حذف شد. اهمیت تاریخی این ساختمان با قرارگرفتن آن در فهرست ملی مکان‌های تاریخی شناخته شده است [۱]. با رشد شهر، شش‌شعبه به ساختمان اصلی کتابخانه اضافه شد و به کتابخانه اصلی در سیستم شهری تبدیل شد. گسترش اصلی کتابخانه با مشارکت بین معماران «آن بیها»^۴، معمار ساختمان تاریخی ۲۵۲۷ متر مربع (۲۷۲۰۰ فوت مربع) و انجمن معماری «ویلیام راون»^۵، ۷۱۲۶ متر مربع (۷۶۷۰۰ فوت مربع) طراحی و اضافه شد. این کتابخانه هم‌اکنون ظرفیت بیش از ۲۷۵۰۰۰ کتاب را دارد و روزانه به بیش از دوهزار مراجعه‌کننده خدمات می‌دهد [۲]. ورودی اولیه دارای یک نمای شیشه‌ای دولایه (نمای دوپوسته) است که در مقابل یک پارک عمومی قرار دارد. نمای دوپوسته برای وضوح تصویر، در تمایل کتابخانه به حداکثر شفافیت با کیفیت بالای محیط داخلی و انطباق ظریف آن از تکنیک‌های مدرن طراحی نمای دوپوسته چندطبقه اروپایی قابل توجه است.

اهداف پروژه

برنامه‌ریزی برای گسترش کتابخانه از اوایل سال ۱۹۹۲ با شناخت رسمی کمبریج از نیاز به فضای بیشتر در کتابخانه آغاز شد [۳]. اندازه، مکان و برنامه پروژه گسترش کتابخانه، از طریق یک فرآیند عمومی چندساله تعیین شد. جدول ۲-۳ اهداف پروژه را همان‌طور که توسط یک گروه مشاوره شهروندی، معماران و کارفرما، بیان شده است، خلاصه می‌کند. احترام به ساختمان کتابخانه تاریخی، ساختمان‌های مدرسه مجاور و فضای سبز باز از عوامل غالب طراحی بود. با تمایل معماران برای معاصر بودن، شفافیت و کیفیت بالای محیطی به عوامل محرکه برای طراحی کتابخانه افزوده شد.

نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

متوازن کردن «قدیمی و جدید» یک هدف مشترک مهم بود که تصمیم‌گیری در مورد متریا و مصالح نما را تعیین می‌کرد. انتخاب نمای تمام‌شیشه‌ای برای نمای ورودی رو به جنوب غربی برای ایجاد هم‌زمانی و یک تضاد مکمل بین ساخت‌وساز قدیم و جدید مناسب بود. همچنین نمای شیشه‌ای تمایل مشترک ذی‌نفعان را برای یافتن رابطه هماهنگ بین ساختمان و پارک نشان می‌دهد. وسعت دوطبقه شیشه‌ای، امکان دید در داخل و خارج از محدوده جدید مطالعه و فضای پارک بازسازی‌شده را فراهم می‌آورد. برای رهگذرانی که به داخل نگاه می‌کنند، شفافیت شیشه و روشنایی بصری ساختار نما، دید واضحی به قسمت‌های نشیمن و قفسه‌های کتاب می‌دهد و درخواست مشتری برای به نمایش گذاشتن کتاب‌ها و کتاب‌خوانی را برآورده می‌سازد. با نگاه کردن به بیرون، شیشه به حامیان کتابخانه امکان ارتباط بصری را با زندگی جاری جامعه می‌دهد. راه‌حل نمای دوپوسته این قابلیت دید را به حداکثر می‌رساند؛ در حالی که نور روز و آسایش حرارتی را در مناطق مطالعه عمومی به حداکثر می‌رساند.

1. Massachusetts
2. New England

3. restoration
4. Ann Beha

5. William Rawn

نگاه اجمالی به ساختمان

آب و هوا و فرهنگ

همان طور که تیم طراحی پتانسیل راه حل نمای دوپوسته را برای پروژه ارزیابی می کرد، نمونه های نسبتاً کم ساخته شده از نمای دوپوسته را در ایالات متحده مورد توجه قرار دادند. برای افزودن تخصص در این نوع طراحی نمای پیشرفته، معماران، دفتر مهندسی نمای «اُو آروپ» مستقر در لندن را استخدام کردند. با راهنمایی آروپ، اعضای تیم کتابخانه های عمومی کمبریج، از بیش از ده ساختمان در انگلستان و آلمان بازدید کردند تا سوابق مربوط به نمای دوپوسته را به صورت جامع تری مورد بررسی قرار دهند. در نهایت، تیم به یک راه حل طراحی رسید که آن ها توصیف می کنند: «همه اجزای کلیدی فناوری پیشرفته دیوار تیغه ای دوپوسته اروپایی: فضای هوایی عمیق ۳-۰، دودکش حرارتی چندطبقه، سایبان عمیق ۱-۰ متحرک». باین حال، جهت تطبیق این کیت قطعات نمای دوپوسته برای هماهنگی با نیازهای عملکردی و آب و هوای منحصربه فرد پروژه، هنوز یک دستورالعمل سفارشی مورد نیاز بود.



شکل ۸-۳-۴. کتابخانه عمومی کمبریج از بردوی^۱ مشاهده شد. منبع: عکاسی رابرت بنسون^۲.

کمبریج از چهار فصل متمایز با زمستان های سرد و برفی، تابستان های گرم و بارندگی در تمام طول سال برخوردار است. سردترین ماه ژانویه دمای متوسط ۳- درجه سانتی گراد (۶.۲۶ درجه فارنهایت) دارد. درجه حرارت در گرم ترین ماه، جولای، متوسط ۲۲٫۳+ درجه سانتی گراد (۷۲+ درجه فارنهایت) با میانگین رطوبت ۷۱ درصد است. میانگین بارش سالانه ۱،۱۱۶ میلی متر (۴۴ اینچ) است. بادهای از سمت غرب در طول سال از جمله فصول پاییز و بهار غالب هستند، زمانی که تهویه طبیعی از طریق نمای دوپوسته امکان پذیرتر است. این شهر در نزدیکی لبه های همگرای تعدادی از مناطق آب و هوایی «کوپن گیگر^۳» واقع شده است. کمبریج که در بخش کوچکی از منطقه گرم تابستانی مرطوب قاره ای (Dfa) در نیمه شرقی شهرستان میدلزکس^۴ واقع شده است، تابستان های گرم تر نسبت به مناطق همسایه در شمال (عمدتاً آب و هوای Dfb) و زمستان های سردتر نسبت به مناطق همسایه در جنوب (غالباً آب و هوای Cfa) دارد [۵]. هنگامی که تیم طراحی در حال ارزیابی بهترین شیوه های پیشین نمای دوپوسته اروپایی بود، از آن ها خواسته شد تا تفاوت های آب و هوایی ظریف بین مناطق را در نظر بگیرند. برای مثال، شهرهایی مانند لندن و فرانکفورت، دارای طبقه بندی اقیانوسی کوپن گایگر هستند. آلمان به دلیل تأثیرات ساحلی، کوهستانی و قاره ای، آب و هوای متنوعی در داخل مرزهای خود دارد. باین حال، مناطق آن در مقایسه با کمبریج، دارای دمای کلی ملایم تر هستند. یک طرح نمای دوپوسته را نمی توان به سادگی از این مناطق «وارد» کرد؛ نمای دوپوسته و یکپارچه سازی آن با بقیه عملیات های ساختمان باید برای سازگاری با تابستان های گرم تر و زمستان های سردتر کمبریج با شرایط آسمان صاف تر، سازگار شود. به عنوان بخشی از این فرآیند «تنظیم آب و هوا»، گروه نمای آروپ^۵، تحلیل حرارتی مقدماتی از پیکربندی نمای

1. Broadway
2. Robert Benson

3. Köppen-Geiger
4. Middlesex

5. Arup

پیشنهادی را ارائه کرد و مهندسان وندرویل ال ال پی^۱، مهندس مکانیک پروژه، به مقادیر عملکرد پیش‌بینی‌شده نمای دوپوسته در مدل انرژی ساختمان اشاره کردند [۶].



شکل ۸-۳-۵. در داخل ورودی جدید، «خوش آمدید» به زبان‌های بسیاری که شهروندان کمبریج صحبت می‌کنند، روی دیوارهای شیشه‌ای حک شده است. منبع: مارک اکلیپس.

در کمبریج، پروژه‌های تأثیر و مقیاس کتابخانه عمومی از طریق یک فرآیند عمومی توسعه می‌یابد که برای کسانی که با این فرآیند آشنا نیستند پیچیده به نظر می‌رسد. این کتابخانه به‌عنوان نهادی در کمبریج، به دنبال حمایت و تأیید شهروندان کمبریج و سازمان‌های نظارتی شهر برای گسترش آن بود. علاوه بر بیان نظرات به‌عنوان ساکنان، مالیات‌دهندگان و کاربران کتابخانه، تعداد بی‌شماری از شهروندان نقش‌های عمومی‌ای را به‌عنوان اعضای گروه‌های کانونی برنامه‌ریزی کتابخانه، انجمن‌های محله، کمیسیون‌های تاریخی شهر و منطقه، هیأت امنای کتابخانه و کمیته‌های مشاوره برنامه و طراحی کتابخانه ایفا کردند. این کتابخانه همچنین با کمیته مدارس عمومی شهر و دانشگاه هاروارد در مجاورت آن گفت‌وگو کرد. فرآیند انتخاب محل، برنامه‌ریزی، تأییدیه‌ها و ساخت‌وساز یک جدول زمانی غیرمعمول داشت: هفده سال از زمانی که نیاز به یک کتابخانه گسترده بیان شد، ۱۹۹۲ و تکمیل ساخت کتابخانه، در سال ۲۰۰۹ گذشت.

ده سال اول با فرآیند یافتن اجماع بر روی یک مکان و برنامه مناسب انجام شد. علاوه بر در نظر گرفتن پتانسیل گسترش در سایت کتابخانه تاریخی موجود، مکان‌های متعدد دیگری برای کتابخانه اصلی گسترش‌یافته پیشنهاد و ارزیابی شد. در نهایت، رویکرد «گسترش در محل» در دسامبر سال ۲۰۰۰ تصویب شد [۷]. با حل‌وفصل مکان و جهت برنامه، دنباله‌ای از مراحل طراحی و بازبینی که برای کمبریج معمولی است به‌وجود آمد. در سال ۲۰۰۲، تیمی از همکاران ویلیام راون^۲ و معماران آن بها^۳ که پس از درخواست اولیه برای پروپوزال در سال ۱۹۹۵ به این پروژه اضافه شده بودند، برای شروع کار روی پروژه قرارداد بستند.

1. Vanderweil, LLP

2. William Rawn

3. Ann Beha

جدول ۸-۳-۲. خلاصه‌ای از اهداف پروژه برای کتابخانه عمومی کمبریج

اهداف مشخص‌شده توسط کمیته مشاوره طراحی کتابخانه شهروندی (۲۰۰۲)	رویکرد به ساخت و مکانی که معماران و مشتری آن را بیان می‌کنند
جایی غرور آمیز برای شهر: موجب شگفتی؛ یک ساختمان «فوق العاده» ^۱ با هنر عمومی در داخل و خارج	حمایت از طراحی نوآورانه معاصر در محیط‌های تاریخی و برای نوسازی پایدار ساختمان‌های موجود (آن بیها ^۲ ، معمار)
کتابخانه‌ای که به شهروندان کمبریج کمک می‌کند	طراحی معاصر را به محیطی بیاورید که از دیرباز مورد توجه بوده و از لحاظ تاریخی پیچیده است (ویلیام راون ^۳ ، معمار).
تعادل خلاقانه بین قدیم و جدید	تعریف مجدد کتابخانه به عنوان قلب مشترک و مدنی یک جامعه بسیار متنوع: کتابخانه جدید شانه‌به‌شانه با همتای تاریخی خود می‌نشیند تا لبه سبز شهری جدید را شکل دهد (ویلیام راون، معمار).
یک رابطه هماهنگ بین ساختمان کتابخانه و پارک	هنگامی که وارد ساختمانی می‌شوید که می‌دانید ساختمانی برای کتاب و خواندن است، جشنی از کتاب‌ها برپا کنید. (سوزان فلنری ^۴ ، مدیر کتابخانه)
تقویت رابطه مدرسه و کتابخانه به حداقل رساندن تأثیر سرریزها (برای پارکینگ‌های زیرزمینی) بر ترافیک عابران پیاده در پارک	

منبع: اطلاعات از کتابخانه عمومی کمبریج، به روزرسانی پروژه گسترش کتابخانه اصلی از ۲۶ سپتامبر ۲۰۰۲. Gov/ cpl/ کتابخانه عمومی کمبریج/ کتابخانه عمومی کمبریج^۵؛ معماران بها، انجمن معماران ویلیام راون، انجمن معماران ویلیام راون، (ویکتوریا استرالیا: انتشارات گروه تصاویر، ۲۰۱۴)، ۱۳-۸.

چندین کمیته مشاوره شهروندی در سال‌های گذشته به روند عمومی کمک کرده بودند. در حال حاضر یک کمیته مشاوره طراحی کتابخانه جدید تشکیل شد تا به عنوان یک گروه نماینده از ساکنان کمبریج و کارکنان شهر عمل کند و نظرات و مشاوره در مورد مسائل مربوط به طراحی ساختمان و منظر ارائه دهد. این گروه مجموعه‌ای از اهداف را برای تأثیر و شخصیت کتابخانه به وجود آورد [۸]. از جمله اهداف، دستور کلی مدیر کتابخانه، سوزان فلنری برای «تجلیل از کتاب» در همه جا بود، به طوری که: «هنگامی که وارد ساختمان می‌شوید، می‌دانید که ساختمانی درباره کتاب و مطالعه است» [۹]. این اهداف سبک را تعیین کردند و معیارهای موفقیت مورد نیاز برای هدایت طراحی گسترش کتابخانه را تشکیل دادند.

در مرحله طراحی مفهومی، معماران طرح‌های متعددی را برای بررسی کمیته ایجاد کردند. منطقه حفاظت‌شده محله مید کمبریج این طرح را در سال ۲۰۰۳ تصویب کرد. پس از توسعه طرح‌های تفصیلی برای این پروژه، هیئت برنامه‌ریزی شهر مجوز ویژه‌ای را برای این پروژه در سال ۲۰۰۴ تصویب کرد. سال بعد، یک کمک مالی ساخت و ساز از سوی هیئت نمایندگان کتابخانه ماساچوست به عنوان درصدی از هزینه‌های پروژه اعطا شد. یک کتابخانه موقت در ساختمان مجاور تأسیس شد و ساختمان تاریخی کتابخانه برای نوسازی بسته شد. عملیات نوسازی و ساخت و ساز سایت جدید در مراحل بین سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۹ رخ داده است [۱۰].

1. WOW
2. Ann Beha
3. William Rawn

4. Susan Flannery

5. WWW.Cambridgema Gov/
cpl/ Cambridgepubliclibrary/
cambridgepubliclibrary1

سایت و برنامه



شکل ۸-۳-۶. سایت پلان کتابخانه عمومی کمبریج، منبع: شرکت همکاران و معماران ویلیام راون^۱.

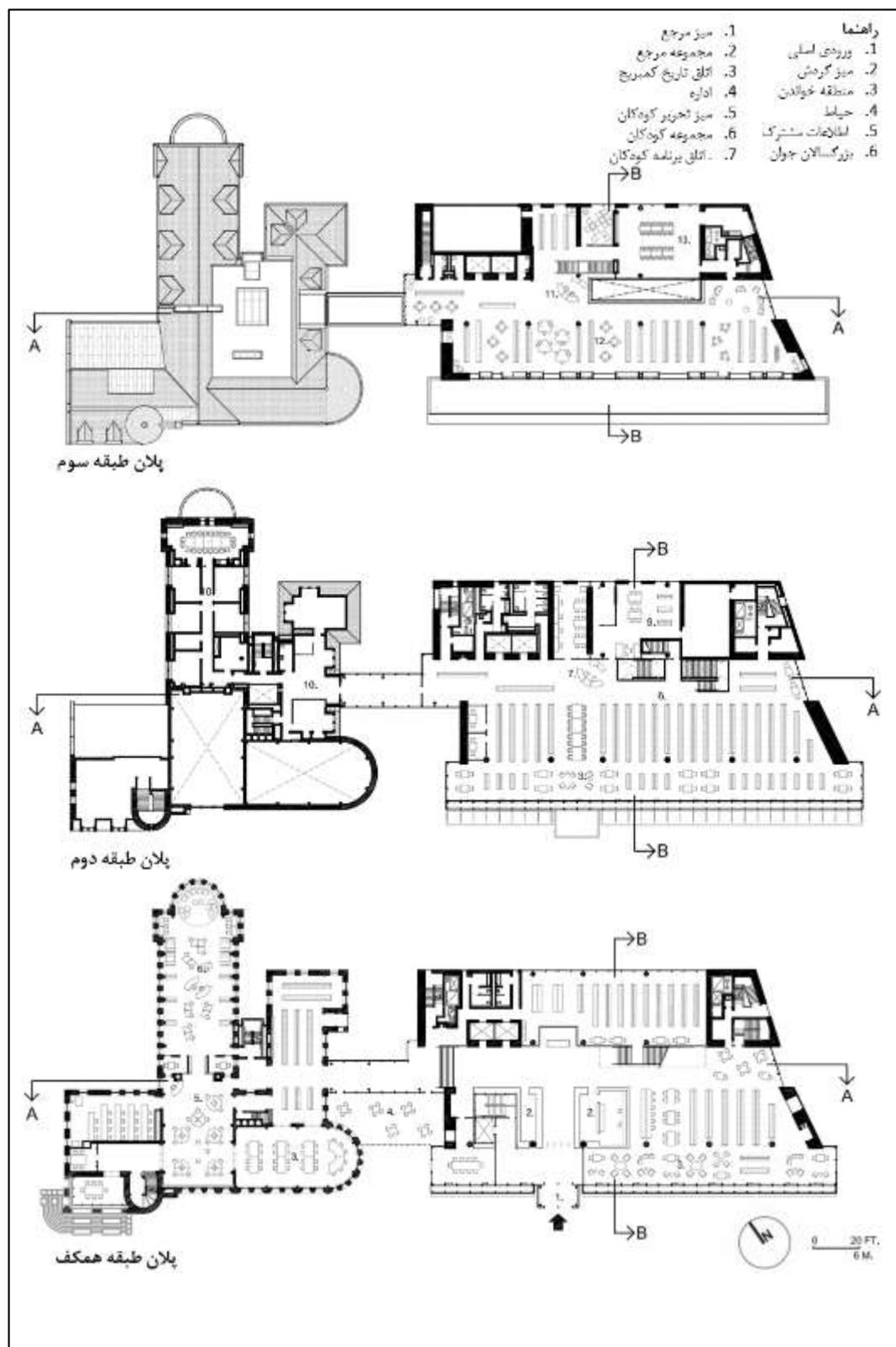
دومعمار و شرکت معماری منظر «مایکل ون والکنبورگ»^۲ در برطرف ساختن شرایط سایت توجه ویژه‌ای داشتند. این کتابخانه در شمال و غرب توسط ساختمان‌های کمبریج رینج و مدرسه لاتین احاطه شده است. پردیس دانشگاه هاروارد تنها چندبلوک دورتر است. کتابخانه اصلی در ابتدا به عنوان یک ساختار مستقل در یک بلوک کامل شهری قرار گرفته بود. اضافه شدن به دبیرستان و کتابخانه در طول سال‌ها، سبب شد که این بناها، بیشتر این منطقه را اشغال کنند. زمین باقی‌مانده در جلو و شرق کتابخانه، پارک جوآن لورنتز^۳، فضای باز ارزشمندی برای این محله بود. معماری الحاقی با دقت طراحی شده بود تا حضور معماری‌ای معاصر را در داخل سایت معرفی کند؛ به نحوی که با احترام با ساختمان تاریخی ترکیب شود و فضای باز را به یک فضای سبز مدنی بازسازی‌شده تغییر دهد. مقیاس افزودن با چندین سطح پایین‌تر، از جمله یک پارکینگ زیرزمینی به حداقل رسید. گاراژ هفتادفضایی دارای یک بام سبز با متراژ ۳۰۶۵/۸ مترمربع (۳۳۰۰۰ فوت مربع) است که به‌طور یکپارچه با چشم‌انداز پارک ترکیب شده است [۱۱].

در این طرح به حفظ دسترسی بصری به نمای شرقی ساختمان اصلی، جایی که به نمای جدید متصل می‌شود، توجه شده است. ساختمان ۱۸۸۸ ارائه‌شده توسط «ون برون»^۴ و «هاو»^۵ دارای فرم‌های عمیق مدل‌سازی‌شده با ترکیبی از گرانیب با سطح سنگ و ماسه‌سنگ قهوه‌ای مایل به قرمز است. ایوان‌های عمیق و برجک‌های سقفی با تخته‌سنگ قرمز، ترکیب خیره‌کننده را تکمیل می‌کنند [۱۲]. ارتباط بین سازه‌های قدیمی و جدید با یک راهروی شیشه‌ای شفاف صورت می‌گیرد. اتصال لولایی مانند از نمای اصلی ساختمان به عقب تنظیم می‌شود و فضای کافی برای حفظ یک درخت قدیمی «داستان‌گو» فراهم می‌کند که اهمیت ویژه‌ای برای جامعه دارد. طبقه بالای ساختمان سه طبقه در پشت نمای دوپوسته دوطبقه قرار گرفته است و به‌طور مؤثر حجم اضافه‌شده را نسبت به ساختمان تاریخی کاهش می‌دهد. این ساختمان‌ها باهم مانند هم‌تایان در یک مجموعه هستند که لبه و پس‌زمینه مشخصی به پارک بازسازی‌شده می‌بخشد.

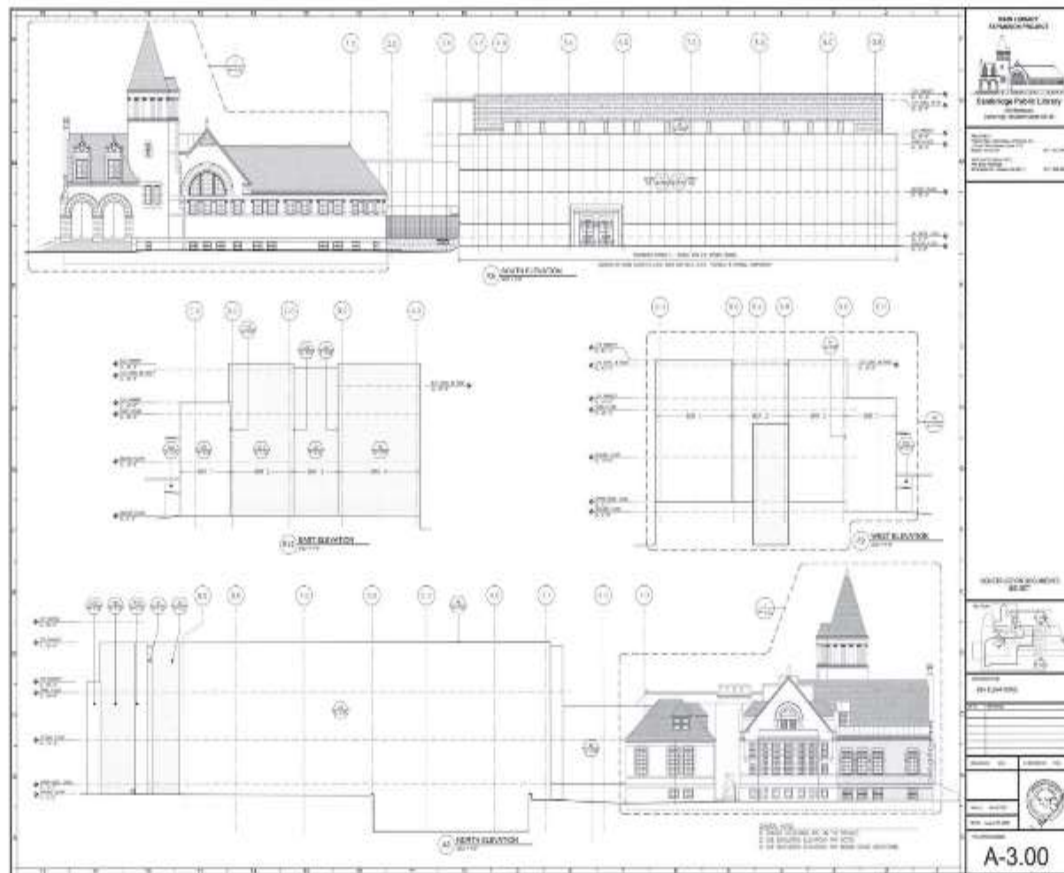
1. William Rawn
2. Michael Van Valkenburgh

3. Joan Lorentz Park
4. Van Brunt

5. Howe



شکل ۸-۳-۷. پلان‌های طبقه کتابخانه عمومی کمبریج، منبع: همکاران معمار، شرکت ویلیام راون.



شکل ۸-۳. کتابخانه عمومی کمبریج در جنوب غربی ساختمان و برش از قسمت ساختمان جدید و نمای دوپوسته، منبع: شرکت همکاران معمار ویلیام راون.

در حالی که کتابخانه عمومی کمبریج، از رسانه‌های دیجیتالی به اندازه هر رسانه مدرن امروزی استقبال می‌کند، نمایش برجسته مطالب خواندنی و توزیع سخاوتمندانه بیش از دویست صندلی را برای مطالعه و تأکید بر کتاب استوار می‌سازد. در بخش جدید کتابخانه، مناطق مطالعه، مناطق خطی رو به پارک هستند که در پشت شیشه نمای دوپوسته قابل مشاهده است. در هر طبقه، مراجعه‌کنندگان به کتابخانه از مرکز گردش و خدمات ساختمان به سمت بیرون، از مسیر منطقه‌ای از توده‌های کتاب، حرکت می‌کنند تا به مناطق مطالعه برسند. انبارهای کتاب دارای ارتفاع متوسط هستند و اطمینان حاصل می‌کنند که مناظر و نور می‌توانند به سراسر طبقه برسند. لایه‌های دیوار شیشه‌ای با (این نوع) لایه‌بندی فضای داخلی را تقویت می‌کنند. این ترتیب، اصرار شاعرانه «لویی کان»^۱ را برای «برداشتن کتاب و رفتن به سوی نور» در طراحی او برای کتابخانه آکادمی فیلیپس اکستر به یاد می‌آورد [۱۳].

هنگام مشاهده فضای داخلی کتابخانه از بیرون، لایه‌های فضا با یک دیوار با رنگ آمیزی قرمز جذاب و راه‌پله‌هایی با نوربالا به پایان می‌رسند که کاوش در هریک از سطوح کتابخانه را تشویق می‌کنند. یک سالن ۲۲۰ نفره و محوطه‌های پارکینگ در زیر طبقه است. طبقه ورودی اصلی دارای میز گردش، مرکز اطلاعات و نشریات است. قفسه‌های کتابخانه، صندلی‌ها، رایانه‌ها و اتاق‌های جلسه در همه سطوح یکپارچه شده‌اند. این گسترش، کتابخانه را قادر ساخت تا «اتاق کمبریج» را در طبقه دوم ایجاد کند تا مجموعه‌ای از مطالب تحقیقاتی درمورد شهر را در خود جای دهد. طبقه سوم به برنامه‌های کودکان اختصاص دارد.

1. Louis Kahn's

اتاق مطالعه اصلی ون برون و هاو بازسازی شد تا نشان دهد که در سال ۱۸۸۹، وقتی کتابخانه باز شد، به چه شکل خواهد بود از جمله بازسازی مجموعه‌ای از نقاشی‌های دیواری در حدود سال ۱۹۳۴ (دوره مدیریت پیشرفت کار). بخش سابق ذخیره کتاب، اکنون یک اتاق برای بزرگسالان جوان است. پنجره‌های بلند دوطبقه و فضای داخلی آجری اینجا جذابیتی صنعتی و شیک را به همراه دارد که مکمل استفاده جدید است. آثار هنری امروزی در پیوند بین بخش‌های قدیم و جدید ادغام شده‌اند. در مجموع، این کتابخانه ۹۶۵۳ مترمربع (۱۰۳۹۰۰ فوت) است [۱۴]. اگرچه مساحت آن تقریباً سه‌برابر مساحت ساختمان تاریخی است، اما طراحی دقیق آن مانع از تسلط بصری ساختار جدید بر ساختار قدیمی می‌شود.



شکل ۸-۳-۹. منطقه مطالعه طبقه دوم، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۳-۱۰. منطقه مطالعه طبقه همکف، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۳-۱۱. اتاق مطالعه بازسازی شده در ساختمان ون برانت و هاو^۱، نقاشی‌های دیواری که در سال ۱۹۳۴ سفارش و نقاشی شدند، ده بخش دانش را به تصویر می‌کشند که سیستم فهرست‌نویسی اعشاری دیویی را تشکیل می‌دهند. منبع: ماری بن منهام.



شکل ۸-۳-۱۲. فضای قفسه کتابخانه سابق ساختمان ون برانت و هاو، بازسازی شده تا به اتاق مطالعه بزرگسالان جوان تبدیل شود. پنجره‌هایی در قسمت شمالی اتاق، فضای پاتوق نوجوانان را با نور غیرمستقیم پر می‌کند. منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۳-۱۳. نمایی از کتابخانه عمومی کمبریج از چمن غربی، منبع: مارک اکلپس.

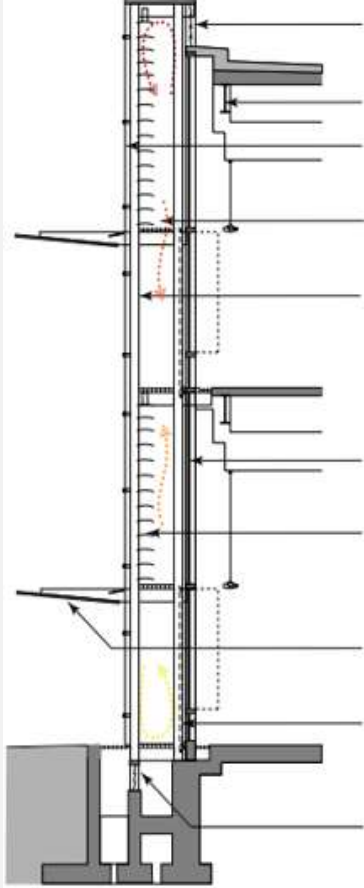
نماها

علاوه بر این، سه نوع سیستم روکش فلزی را به کار می‌گیرد: روکش شیشه، آلومینیوم و گرانیات. سنگ و فلز به رنگ روشن با آسمان ترکیب می‌شوند و بارنگ‌های عمیق‌تر سنگ تاریخی در نزدیکی آن، کنتراست پیدا می‌کنند. شیشه بسته به شرایط نوری به طور متغیری بازتابنده محیط اطراف یا شفاف است. این مواد باهم، حجم ساختمان را به طور بصری کاهش می‌دهند. روکش سنگ گرانیات طبقه سوم با روکش‌های خاکستری و پنجره‌های بزرگ به دلیل موقعیت عقب‌نشینی آن در بالا و پشت نمای دوپوسته تنها در فاصله کمی از ساختمان قابل مشاهده است. روکش سنگی نیز بخشی از نمای شرقی را پوشش می‌دهد. نمای عقب و بخش‌هایی از نماهای جانبی با سیستم دیوار تیغه‌ای پانل آلومینیومی کامپوزیت با ترکیبی از پنجره‌های قابل حرکت و ثابت پوشیده شده‌اند.

شیشه به دلیل قرار گرفتن در بخش‌های قابل مشاهده ساختمان، ظاهر یک ماده غالب را دارد. ارتباط بین ساختمان‌های قدیمی و جدید با نمای تک‌پوسته، متشکل از سیستم دیوار تیغه‌ای دوجداره با قاب آلومینیومی ایجاد شده است. این سیستم همچنین برای مناطق لعابدار دیوارهای جانبی که اطراف نمای دوپوسته رو به جنوب غربی را برکت‌بندی می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مساحت نمای دیوار تیغه‌ای تک‌داره (600 m^2 [۶۵۰۰ فوت مربع]) تقریباً برابر با مساحت نمای دوپوسته (680 m^2 [۷۳۰۰ فوت مربع]) است [۱۵]. ویژگی‌ها و عملکرد نمای دوپوسته در قسمت بعدی به تفصیل توضیح داده شده است.

ساخت و اجرای نمای دوجداره

ارائه و بحث نمای دوپوسته کتابخانه عمومی کمبریج با نمای کلی ساخت‌وساز در شکل ۸-۳-۱۴ آغاز می‌شود. ماتریس طراحی در جدول ۸-۳-۳ به طور خلاصه بیان می‌کند که چگونه مفاهیم و مؤلفه‌های طراحی زیست‌اقلیمی خاص آشکار می‌شوند. این تحقیق کل ساختمان را به عنوان زمینه در نظر می‌گیرد، اما بر ویژگی‌ها و عملکردهای پوسته دوتایی تمرکز می‌کند.

نمای دوپوسته ساخت و ساز بررسی اجمالی	ساختمان: کتابخانه عمومی کمبریج مکان: کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا اقلیم: Dfa مرطوب قاره‌ای	تهویه: حالت‌های متغیر محفظه: چندطبقه جهت‌گیری: جنوب غربی
 قابل اجرا به صورت دستی پنجره‌های محفظه‌ای برای حالت تامین هوا (پاییز / بهار) حالت تهویه خارجی (تابستانی)	 حالت بافر (زمستانی)	خروجی هوا: دریچه‌های شیشه‌ای موتوردار (جریان هوا به جلو) سازه ساختمان: اسکلت فلزی پوسته بیرونی: پانل‌های شیشه‌ای شفاف تک‌جداره که به قاب محکم شده‌اند فضای هوایی: ارتفاع ۲ طبقه؛ عمق تقریبی ۱ متر (۳ فوت). ساختار نما: قاب نردبان فولادی جوش داده‌شده مستطیلی توخالی، با تکیه بر زمین، به رنگ سفید. پشتیبان‌های تعمیر و نگهداری، دستگاه‌های کنترل خورشیدی، هردو جدار را پشتیبانی می‌کند پوسته داخلی: دیوار تیغه‌ای با قاب آلومینیومی low-e IGU کنترل خورشیدی ۱: کرکره‌های آلومینیومی با سوراخ گسترده قابل تنظیم موتوری در محفظه کنترل خورشیدی ۲: آفتاب‌گردان شیشه‌ای چندلایه ثابت خارجی در بالای چشم کنترل خورشیدی ۳: کرکره‌های غلتکی پارچه‌ای سوراخ‌دار موتوری که در سطح کف در محفظه نصب شده‌اند ورودی هوا: میله‌های آهنی داخل محفظه در زمین با دمپر موتوری

شکل ۸-۳-۱۴. ساختار کلی نمای دوپوسته برای کتابخانه عمومی کمبریج، برگرفته از شرکت معماری ویلیام راون و همکاران. منبع: عکس توسط ویلیام راون و همکاران

ویژگی اول نمای دوپوسته: جهت‌گیری و حجم

جهت‌گیری و حجم نمای دوپوسته کتابخانه در درجه اول به‌عنوان پاسخی به بافت سایت تاریخی و شهری تعیین شد. جهت‌گیری جنوب غربی ورودی اولیه به‌گونه‌ای تنظیم شده بود که با وجه اصلی کتابخانه تاریخی به‌موازات خیابان برادوی^۱ (وسیع) هماهنگ شود. طول ۵۴ متر (۱۷۷۱۶ فوت) نمای دوپوسته با محدودیت‌های سایت ساختمان موجود

1. Broadway

در غرب و زمین‌های تنیس مدارس مجاور در شرق تعیین شد. ارتفاع نمای دوپوسته، ۱۲/۳ متر (۴۰/۵ فوت) تا بالای پوشش، به دوطبقه محدود شد تا از جرم ساختمان نسبت به ساختمان ۱۸۸۹ کاسته شود.

جدول ۸-۳-۳.

ساختمان: کتابخانه عمومی کمبریج محل: کمبریج، ماساچوست، ایالات متحده آمریکا اقلیم: Dfa مرطوب قاره‌ای						زیست_اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته	
بسته قطعات نمای دوپوسته (DSF) ● نشان می‌دهند که قطعات DSF از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی پشتیبانی می‌کنند.						زیست‌اقلیمی	عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی
تجهیزات جانبی	ساختار	لعب‌کاری	منفذهای تهویه	عناصر سایه	فضای جریان هوا		
●	●	●		●	●	بهینه‌سازی نور روز	تشعشع
		●		●	●	مجموعه خورشیدی و ذخیره‌سازی حرارت	حرارتی
●			●		●	توزیع حرارت	
●		●	●		●	حفاظت از گرما	
●		●		●	●	کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما	
●			●		●	خنک‌کننده طبیعی و اتلاف حرارت	
						تهویه مطبوع فعال	
		●			●	جداسازی صوتی	صوتی
●	●	●		●		بازدیدها	فضایی متحرک
			●		●	غیربصری ارتباط با طبیعت	
			●			کنترل فردی محیط زیست	
						تولید انرژی‌های تجدیدپذیر	
↔ ●						تأثیر محیطی اندک هزینه تعمیر و نگهداری ساختار و مونتاژ زیبایی‌شناسی ارتباطات تعبیه‌شده در مکان	اخلاقی اجتماعی تاریخی
نمای دوپوسته ۲ طبقه رو به جنوب غربی برای اتاق مطالعه روبه‌روی پارک					کاربرد DSF		
چندطبقه باحالت‌های تهویه متغیر					طبقه‌بندی		
مفاهیم زیست‌اقلیمی و بخش‌هایی که در جدول بالا بیان شد، منجر به راهکارها و خصوصیات در ارتباط با طراحی نمای دوپوسته خواهد شد. برای بحث و گفت‌وگو به نمونه موردی نگاه کنید. ۱. جهت‌گیری و توده ۲. ابزارهای متعدد کنترل خورشیدی ۳. ساختار برای شفافیت ۴. جریان هوا سازگار فصلی ۵. برای راحتی طراحی شده است					استراتژی‌ها و امکانات		

ماتریس طراحی زیست_اقلیم برای نمای دوپوسته می‌تواند جهت تجزیه و تحلیل ساختمان‌های موجود یا برنامه‌ریزی نماهای جدید استفاده شود. نمای دوپوسته، براساس هندسه محفظه هوا و نوع تهویه، طبقه‌بندی می‌شود. در این دسته‌بندی‌های کلی، ترکیب‌های خاص پروژه از مفاهیم و اجزای نما منجر به راه‌حل‌های منحصربه‌فرد برای نمای دوپوسته می‌شود. نمای دوپوسته نیازمند همکاری چندین‌علم در قالب یک فرآیند طراحی متحد است تا کل یک ساختمان با راهکارهای زیست‌اقلیمی تطبیق داده‌شده با اقلیم و کاربری مشخص، به موفقیت دست یابد. مفاهیم طراحی زیست‌اقلیمی، برگرفته از عوامل مؤثر بر بیان معماری ویکتور اولگی^۱ می‌باشد. «عوامل مؤثر بر بیان معماری» اولگی (طراحی با اقلیم، ۱۹۶۳)، مفاهیم حرارتی نیز برگرفته از گروه تحقیقاتی معماری و اقلیم در دانشگاه کاتولیک لوون^۲، بلژیک (کتاب راهنمای طراحی زیست‌اقلیمی، ۱۹۸۶) می‌باشد. ماتریس ماری بن بونهام.

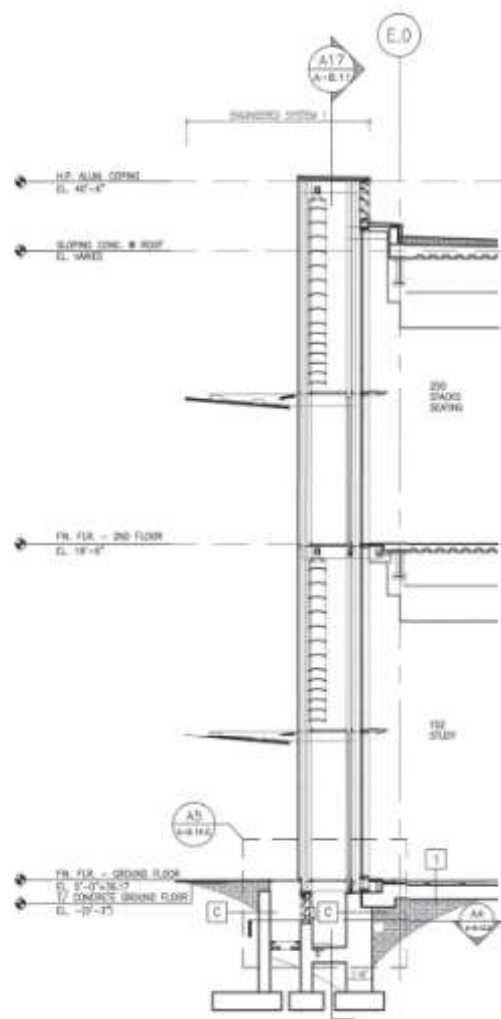
ترکیب نوردهی جنوب غربی با محفظه کاملاً شیشه‌ای و شفاف نیاز به یک سیستم نما داشت که بتواند انتقال حرارت و مشکلات تابش نور را بدون انسداد نور روز یا خطوط دید مدیریت کند. این تیم یک سیستم نمای دوپوسته با محفظه چندطبقه و ترکیبی از دستگاه‌های سایه‌سازی داخلی و خارجی تشکیل دادند. هوا از طریق یک شبکه فلزی به داخل زمین وارد می‌شود و از طریق وجه عمودی پشت نمای دوپوسته در ناحیه جان‌پناه سقف طبقه دوم خارج می‌شود. طراحی جریان هوا یک ظاهر صاف و یکپارچه را از خیابان پشتیبانی می‌کند، درحالی‌که طراحی کنترل خورشیدی نور روز را برای مطالعه بهینه می‌کند و دید بین داخل و خارج را به حداکثر می‌رساند.

نسبت نما با هردو معیار عملی و زیبایی‌شناختی تعیین می‌شود. عمق محفظه نمای دوپوسته تقریباً ۱ متر (۳ فوت) است. این عمق، به دلیل نیاز کارگران برای دسترسی عملی به محفظه جهت نگهداری تعیین می‌شود. عمق حفره دارای کرکره‌های قابل تنظیم موتوری و کرکره‌های غلتکی است که بر روی راهروهای نگهداری نصب شده‌اند. ارتفاع نمای دوپوسته به چهار بخش افقی تقسیم می‌شود. طبقه اول، در همان طبقه پارک اضافه شده است؛ طبقه دوم، در مسیر پیش رو و هم‌سطح با طبقه دوم کتابخانه تاریخی است. فاصله مولرهای عمودی، منعکس‌کننده فاصله چهارچوب داخلی نمای دوپوسته است. مائول‌های لعاب‌زنی ۱/۶۷۶ میلی‌متر (۵/۵ فوت) عرض و با ۲/۶۴۲ میلی‌متر (۸/۷ فوت) یا ۳/۲۸۵ میلی‌متر (۱۰/۸ فوت) در ارتفاع هستند، نسبت‌هایی که با بازشوهای پنجره و ایوان ساختمان تاریخی هماهنگ است. تنها ورودی شیشه‌ای سایبان‌دار کتابخانه، الگوی تکراری نمای شیشه‌ای بدون قاب را قطع می‌کند. ورودی خارج از مرکز در داخل جرم اضافه قرار گرفته است تا یک نقطه ورودی کارآمد در نزدیکی محل اتصال با ساختمان قدیمی ایجاد کند.

ویژگی نمای دوم دوپوسته: وسایل چندگانه کنترل خورشیدی

اولویت‌بندی نماهای داخل و خارج از ساختمان توسط کتابخانه منجر به یک‌راه‌حل ترکیبی متشکل از نورگیر خارجی ثابت، دریچه‌های قابل تنظیم موتوری در محفظه نمای دوپوسته بالای ارتفاع سر و کرکره‌های غلتکی موتوری در داخل محفظه نزدیک جداره داخلی شد. دیوار تیغه‌ای بیرونی با شیشه ۱۲ میلی‌متری (۲/۱ اینچ) کم‌آهن با اتصالات وصله فولادی ضدزنگ ساخته شده است. دیوار تیغه‌ای داخلی دارای واحدهای لعاب عایق دوجداره (آی جی یو) است که در لایه‌های آلومینیومی که از نظر حرارتی شکسته شده‌اند، قرار گرفته‌اند. آی جی یو، با شیشه‌های داخلی و خارجی ۶ میلی‌متری (در ۱/۴) با یک پوشش کم انتشار نور بر روی سطح دوم مونتاژ می‌شود.

برخلاف یک کاربرد معمولی ساختمان اداری، که در آن یک‌نوع دستگاه سایه‌اندازی، ارتفاع منطقه حائل را گسترش می‌دهد، آفتاب‌گیرهای دریچه کرکره‌ای، در محفظه بالاتر از ارتفاع سر ساکنین قرار گرفته‌اند تا نماهای باز را نسبت به چشم‌انداز پارک حفظ کنند. در این سیستم، دریچه‌های کرکره‌ای آلومینیومی از رهروهای تعمیر و نگهداری معلق هستند. وزن تیغه‌های آلومینیومی روکش‌دار سوراخ شده، سبک است و گردش هوا را ممکن می‌سازد. پروفایل پره‌ای (تیغه‌ای) با عرض ۳۰۴/۸ میلی‌متر (۱۲ اینچ)، با انحنای ملایم طراحی شده است تا نور را درحالی‌که به بیرون یا داخل هدایت می‌شود، پخش کند. سیستم مدیریت ساختمان حرکت موتوری پره‌ها را در پاسخ به تغییر شرایط نور کنترل می‌کند. زاویه پره در دو موقعیت از پیش تعیین شده تنظیم می‌شود: افقی (زاویه ۰ درجه) و روبه‌جلو (تقریباً در زاویه ۴۵ درجه). در تابستان، زمانی که مسیر خورشید در آسمان بالاتر است، موقعیت پره عمده‌تاً به‌صورت افقی باقی می‌ماند؛ در زمستان، زمانی که زاویه‌ها کمتر هستند، موقعیت تیغه (پره) برای جلوگیری از برخورد مستقیم نور خورشید، کج می‌شود. در پاییز و بهار، موقعیت تیغه از یک تایمر پیروی می‌کند تا بهترین شرایط نور را حفظ کند. سیستم معمولاً به‌صورت پنهان، در محدوده نمای بالایی به‌طور کامل گسترش یافته است. با این حال، در صورت لزوم برای فعالیت‌های تعمیر و نگهداری در محفظه، کرکره‌ها را می‌توان با یک سوئیچ کنترل دستی جمع کرد [۱۶].



شکل ۸-۳-۱۵. طراحی نمای دوپوسته بخش کتابخانه عمومی کمبریج، منبع: همکاران معمار، شرکت ویلیام راون.



شکل ۸-۳-۱۶. نمای دوپوسته جلویی کتابخانه عمومی کمبریج، منبع: مارک اکلیپس.

با قراردادن کرکره‌های دریچه در ناحیه بالایی نما در هرطبقه، یک دستگاه کنترل خورشیدی قابل توجه که به صورت خارجی نصب شده باشد، برای ایجاد سایه در ناحیه پایینی ضروری بود. «گیره‌های» شیشه‌ای لمینیت، به میزان ۱/۹۷۶ میلی‌متر (۶/۵ فوت) گسترش می‌یابند تا افزایش گرمای تابستان را مدیریت کرده و شرایط تابش نور بالقوه را برای مناطق خواندن واقع در کنار هر سطح از نما کاهش دهند. آفتاب‌گیر، کمی به سمت نما متمایل می‌شود که به جای چمن، بارش باران یا آب شدن برف را به داخل شبکه هدایت کند. یک پانل لمینیت شیشه‌ای ۲۵۴ میلی‌متری (۱۰ اینچ) که بر روی گیره‌های پانل‌های اصلی قرار دارد، مانع ورود نور به شکاف بین آفتاب‌گیر و نما می‌شود. پانل‌های ضخیم شیشه‌ای، ساخته شده از دو سطح داخلی ۱۰ میلی‌متری (۶/۱۶ اینچ) که توسط یک لایه پی وی بی^۱، ۱/۹ میلی‌متری (۱۶/۱ اینچ) به هم متصل شده‌اند، با زوایای فولادی به پره‌های صفحه فولادی پیچ می‌شوند. باله‌ها در امتداد قاب خرابای نردبانی جوش داده شده نمای دوپوسته هستند و وزن آفتاب‌گیر را به هسته خرابا منتقل می‌کنند. معماران یک رنگ خاکستری را برای شیشه آفتاب‌گیر انتخاب کردند تا انتقال خورشیدی را به طور مؤثر کاهش دهند و درعین حال ظاهر شیشه شفاف را شبیه‌سازی کنند [۱۷].



شکل ۸-۳-۱۷. اتاق مطالعه در طبقه همکف با آسمان کمی ابری: در این نما، کرکره‌های قابل تنظیم در موقعیت افقی قرار دارند. سطوح کرکره نور روز را به سقف داخلی هدایت می‌کنند. منبع نور پراکنده مکمل، نور مستقیم بعد از ظهر با زاویه پایین را که وارد فضای زیر آفتاب‌گیر شیشه‌ای می‌شود متعادل می‌کند. منبع: عکاسی رابرت بنسون^۲.



شکل ۸-۳-۱۸. اتاق مطالعه در طبقه همکف با آسمان صاف: در این نما، کرکره‌های قابل تنظیم به حالت ۴۵ درجه چرخانده می‌شوند و نور روز را به بیرون هدایت می‌کنند. کرکره‌های غلتکی از سطح کف بلند شده‌اند تا نور خورشید بعد از ظهر زمستانی را در زاویه پایین برای خوانندگان نشسته پخش کنند و بخشی از شیشه بدون پوشش در زیر گیره نمای واضحی از پارک را حفظ می‌کند. منبع: ماری بن بونهام.

در زمان‌های خاصی از روز و شرایط آسمان، هنوز هم مقداری از خورشید با زاویه پایین می‌تواند در زیر پوشش شیشه‌ای نفوذ کند و تابش خیره‌کننده ایجاد کند. به همین دلیل، کرکره‌های غلتکی موتوری در داخل محفظه، در سطح هر طبقه بر روی راهرو نصب می‌شدند. کارکنان کتابخانه بر میز گردش، به کنترل‌ها دسترسی دارند. در صورت نیاز، کرکره‌ها را می‌توان از سطح زمین بالا برد تا نور مستقیم را مسدود کند. ماهیت سوراخ‌دار سبک معماری پنهان، کنتراست نور را کاهش می‌دهد و امکان درجه‌ای از ارتباط بصری با بیرون را فراهم می‌کند. با کارکردن به صورت ترکیبی، سه عنصر کنترل خورشیدی در نمای دوپوسته، نور روز را بهینه کرده و نمای کتابخانه را در طول روز و سال بهبود می‌بخشند.

ویژگی نمای دوپوسته ۳: ساختاری برای شفافیت

هدف حداکثری شفافیت بین پارک و فضای داخلی کتابخانه نیز بر طراحی قاب فولادی سازه‌ای ساختمان تأثیر گذاشت و یک عامل تعیین‌کننده در استراتژی ساختاری برای نمای دوپوسته بود. مشاوران «لی مسوریر»^۱ از بوستون، ساختار ساختمان را مهندسی کردند و «گارتنر»^۲ نمای دوپوسته را در یک حالت تحویل «طراحی / ساخت» مهندسی کرد. لی مسوریر، طرح گارتنر را برای بارها و نقاط اتصال مورد بررسی قرار داد [۱۸]. معماران علاوه بر نظارت بر هماهنگی بین نما و ساختار پایه‌ای ساختمان، مدل‌های مطالعات فیزیکی را برای تجسم شخصیت فضای داخلی و ارزیابی تأثیر عناصر نما بر نور ساختند. (شکل‌های ۷-۳ و ۷-۴). در طول فرآیند طراحی، ستون‌های فولادی مجاور نما حذف شدند، بنابراین لازم بود لبه کف بتنی به طول ۴/۸ متر (۱۵/۸ فوت) از خط مرکزی قاب خمشی فولادی تا لبه دال، کنسول شود. ستون‌های خود ایستا و ساده در اتاق مطالعه کتابخانه، دارای روکش‌های دایره‌ای شکل چوبی هستند که از نظر بصری آن‌ها را در فضای داخلی مبله ادغام می‌کند.

1. LeMessurier

2. Gartner (یک شرکت تحقیقاتی و مشاوره فناوری مستقر در استمفورد، کانکتیکات است که تحقیقاتی را در مورد فناوری انجام می‌دهد و این تحقیقات را هم از طریق مشاوره خصوصی و هم از طریق

برنامه‌های اجرایی و کنفرانس‌ها به اشتراک می‌گذارد. مشتریان آن شامل شرکت‌های بزرگ، سازمان‌های دولتی، شرکت‌های فناوری و شرکت‌های سرمایه‌گذاری هستند. در سال ۲۰۱۸، این شرکت گزارش داد که پایگاه مشتریان آن متشکل از بیش از

۱۲۰۰۰ سازمان در بیش از ۱۰۰ کشور است. از سال ۲۰۲۲، گارتنر بیش از ۱۵۰۰۰ کارمند در بیش از ۱۰۰ دفتر در سراسر S&P 500 جهان دارد. این یکی از اعضای

است).

برای بازکردن هرچه بیشتر نقاط دید، نمای دوپوسته با یک ساختار خرپای فولادی تحت حمایت «قاب نردبانی» طراحی شد. هر قاب نردبان از دو بخش ساختاری مستطیلی توخالی (آر اچ اس^۱) عمودی ۱۴۰ میلی‌متر × ۷۰ میلی‌متر (۵/۵ اینچ × ۲/۷۵ اینچ) ساخته شده است تا یک شاسی عریض ۹۲۷ میلی‌متری (۳ فوت، ۵/۵ اینچ) تشکیل دهد. در پنج نقطه در امتداد ارتفاع ۱۲/۲ متری (۴۰ فوت، ۲ اینچ) قاب، صفحات فولادی بین لوله‌ها جوش داده شده تا قاب محکم شود. در نقطه بالا و میانه سیستم، صفحات فولادی از کنار قاب امتداد می‌یابند و در آنجا به صفحات فولادی‌ای که در دال‌های بتنی در سقف و طبقه دوم تعبیه شده‌اند، جوش داده می‌شوند. در سطح آفتاب‌گیرهای شیشه‌ای طبقه اول و دوم، صفحات فولادی از سطح قاب به صورت کنسول باز می‌شوند تا بازوهای نگهدارنده شیشه‌های آویزان را تشکیل دهند. در مجموع، سی‌وسه قاب نردبانی در طول ۵۴ متر (۱۷۷ فوت، ۳ اینچ) از نمای جنوب غربی در فواصل ۱۶۷۶/۴ میلی‌متر (۵ فوت، ۶ اینچ) حرکت می‌کنند. یک دهانه در طبقه همکف برای دهلیز ورودی لعابدار فراهم شده است. اعضای قاب‌بندی داخلی نردبان از جداره لعابدار داخلی نمای دوپوسته حمایت می‌کنند؛ درحالی‌که اعضای قاب‌بندی خارجی از جداره لعابدار بیرونی حمایت می‌کنند، قاب نردبانی که از زمین پشتیبانی می‌شود، کانتیلور^۲ قلیل توجهی از کف زمین را امکان‌پذیر می‌سازد، ساختار نما را به صورت بصری سبک‌تر می‌کند و خطوط دید را از زوایای دید مختلف افزایش می‌دهد.

قاب‌های نردبان فولادی با یک رنگ سفید کارخانه‌ای به محل تحویل داده شد. پس از نصب، قاب نردبان به تکیه‌گاه کل سیستم نما تبدیل شد که شامل نرده‌های فولادی نگهدارنده راهرو، دیوارهای تیغه‌ای لعابدار داخلی و خارجی، گیره‌های شیشه‌ای آفتاب‌گیر و کرکره‌های حائل داخل محفظه می‌شود. اکثر قطعات سیستم، اجزای استاندارد بودند که از تولیدکنندگان مختلفی تهیه می‌شدند و توسط گارتنر به عنوان قرارداد تک‌منبع، شرح داده و نصب می‌شدند. نصب کرکره‌های غلتکی و سیم‌کشی برق برای هر دو نوع کرکره‌های خودکار و کنترل پرنده (کوادکوپتر) توسط پیمان‌کار فرعی الکترونیک، طبق الزامات اتحادیه کارگری محلی انجام شد [۱۹].



شکل ۸-۳-۱۹. اجزای دوجداره، قاب نردبان ساختاری با روکش کارخانه باریک سفید یک چهارچوب بصری محجوب برای کیت قطعات نما فراهم می‌کند. منبع: همکاران معماران، شرکت ویلیام راون.

1. RHS

2. cantilever (قطعه یا طاقی که فقط از یک‌طرف به دیوار وصل است. مثل طاق بالکن)

ویژگی چهارم نمای دوپوسته: جریان هوای فصلی تطبیقی

نمای دوپوسته کتابخانه‌ای برای عملکرد چهارفصل در آب‌وهوای ساحلی مرطوب قاره‌ای نیوانگلند کمبریج طراحی شده است. گنجاندن دریچه‌های قابل‌اجرا در پوسته داخلی به این معنی است که این جریان هوای متغیر نمای دوپوسته می‌تواند در سه حالت تهویه خارجی، بافر و تأمین هوا کار کند.



شکل ۸-۳-۲۰. توالی ساخت نمای دوپوسته: (A) نصب قاب نردبان سازه، (B) قاب نردبان سازه، (C) قاب دیوار تیغه‌ای داخلی نصب‌شده، (D) نصب لعاب دیوار تیغه‌ای داخلی در حال انجام است، (E) نصب دیوار تیغه‌ای بیرونی در حال انجام است، (F) نصب گیره شیشه‌ای در حال انجام است. منبع: همکاران معماران، شرکت ویلیام راون.

محفظه چندطبقه دارای ورودی هوا با شکل محفظه می‌باشد. هوا از طریق توری‌های پیوسته به داخل یک محفظه بتنی وارد می‌شود. ردیفی از دمپ‌های دریچه‌ای موتوری در شیارهای طولانی در طول نمای دوپوسته قرار دارد. ردیف دوم دمپ‌های دریچه‌ای موتوری در یک جان‌پناه در بالای شفت رو به بدنه ساختمان تعبیه شده است (نوع جریان هوای روبه‌جلو). دمپ‌های بالایی و پایینی را می‌توان به‌طور مستقل از طریق سیستم مدیریت ساختمان شناسایی کرد و در پاسخ به نقاط تنظیمی، توسط حسگرهای دما در بیرون و در محفظه نمای دوپوسته، اجرا نمود [۲۰]. خط اتصال سیستم مدیریت ساختمان در شکل ۲-۴۶ نشان داده شده است.

در تابستان، نما در حالت تهویه خارجی به‌عنوان یک مانع حرارتی ایزوله و یک دودکش حرارتی به‌منظور جلوگیری از گرما عمل می‌کند. دمپ‌های بالا و پایین برای تشویق جریان هوا از طریق محفظه باز هستند. هوای ورودی به محفظه در سطح زمین از طریق گودال بتنی، خنک‌تر از دمای محیط بیرون است. دریچه‌های آلومینیومی سوراخ‌شده در محفظه که در نزدیکی جداره بیرونی قرار دارد، تابش خورشید را جذب می‌کنند. گرمای مستقیم و بازتابیده شده از کرکره‌ها، بخش زیادی از این اثر را تسهیل می‌کند. هنگامی که گرم می‌شود، هوا در محفظه شناورتر می‌شود، بالا می‌رود و از طریق دمپ‌های باز بالا خارج می‌شود. هیچ فن مکانیکی‌ای برای ایجاد حرکت وجود ندارد. این طرز قرارگیری از محفظه تهویه‌شده و کرکره‌های دریچه‌ای، مقدار گرمایی که به جداره شیشه‌ای داخلی می‌رسد را کاهش می‌دهد.



شکل ۸-۳-۲۱. خروجی هوای نمای دوپوسته: کرکره‌های خروجی با کنترل محرک، هوا را از بالای شفت چندطبقه گرم می‌کند. نمایی از پنجره‌های محوطه کودکان طبقه سوم.



شکل ۸-۳-۲۲. کت واک‌های^۱ رنده فلزی اجازه می‌دهد تا جریان هوا بین سطوح از نمای داخلی طبقه دوم مشاهده شود.
منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۳-۲۳. ورودی هوای نمای دوپوسته، در سطح ترانشه طبقه اول، کرکره‌های فلزی کنترل‌شده توسط محرک در زیر رنده فلزی در راستای دیوار تیغهای بیرونی قرار دارند. منبع: ماری بن بونهام.

1. catwalks

در زمستان، نما عمدتاً در حالت حائل عمل می‌کند. هر دو دمپر می‌توانند برای جذب هوا در سیستم و افزایش ظرفیت عایق محفظه بسته شوند. در طول روز، هوای داخل محفظه با تابش خورشیدی گرم می‌شود و یک «پوشش حرارتی» ایجاد می‌کند. دمپرهای بالایی طوری برنامه‌ریزی شده‌اند که اگر محفظه بیش‌ازحد گرم شود، برای آزادکردن هوا باز شوند. ورود هوای گرم از محفظه به داخل کتابخانه با بازکردن پنجره محفظه امکان‌پذیر است، باین‌حال، این سیستم برای تکیه‌بر تأمین هوای نمای دوپوسته در جهت مدیریت بار گرمایش فضای زمستانی طراحی نشده است. در فصل‌های معتدل بهار و پاییز، شرایط آب‌وهوایی گاهی اوقات امکان تهویه طبیعی را در فضای داخلی کتابخانه مهیا می‌کند. دمپرهای ورودی و خروجی هوا در نمای دوپوسته را می‌توان طوری تنظیم کرد که هوای تازه بیرون را جذب کند یا هوای بیرون را در محفظه برای گرم‌شدن نگه دارد. پنجره‌های محفظه‌ای در پوسته داخلی به‌صورت دستی با بست زانویی، توسط کارکنان یا مراجعین کتابخانه باز می‌شوند. یک دستگاه کنترل بازشدن، پنجره را به عرض ۱۰ سانتی‌متر (۴ اینچ) محدود می‌کند. کارکنان تعمیر و نگهداری می‌توانند دستگاه محدودکننده را برای دسترسی تعمیر و نگهداری به محفظه نمای دوپوسته آزاد کنند [۲۱].

ویژگی پنجم نمای دوپوسته: طراحی شده برای آسایش

نمای دوپوسته برای تعادل مصرف انرژی کم با آسایش حرارتی و بصری خوب داخلی طراحی شده است. اعضای تیم طراحی، علاوه‌بر بازدید از ساختمان‌های قدیمی، از دفتر مهندسی نما آروپ^۱ در لندن، انگلستان و تأسیسات ساخت نمای جوزف گارتنر در گاندلفینگن^۲ آلمان نیز بازدید کردند. آروپ با ارزیابی عملکرد حرارتی ساختار نمای دوپوسته پیشنهادی معمار، به فرآیند تنظیم طرح نمای دوپوسته با اقلیم محلی کمک کرد [۲۲]. در پایان مرحله طراحی شماتیک، آروپ عملکرد نما را برای به‌دست آوردن مقادیر عبور و انعکاس نور مرئی، هدایت حرارتی (مقدار U ،^۳ انتقال انرژی خورشیدی (ضریب افزایش حرارت خورشیدی «اس اچ جی سی»^۴، که در اروپا نیز مقدار G نامیده می‌شود)، دمای داخلی محفظه و دمای سطح داخلی در فواصل زمانی در طول سال مورد مطالعه قرار داد.

این اطلاعات با توجه به عناصر ضروری، ساختار نمای دوپوسته (جهت‌گیری، ارتفاع، عمق، جریان هوا، شیشه و کنترل خورشیدی) را ایجاد و به دیگر اطلاعات پوشش ساختمان اضافه شد و برای مدل‌سازی انرژی کل ساختمان مورد استفاده قرار گرفت. مهندسان وندرویل^۵ محاسبات بار گرمایش و سرمایش را برای ساختمانی که مقادیر U ، تابش خورشیدی و انتقال حرارتی نمای دوپوسته را برای آن در نظر گرفته شده بود، انجام دادند. نمای دوپوسته، به مجراهای توزیع کوچک‌تر امکان داد و اندازه کلی سیستم تهویه مطبوع را کاهش داد. برای مدیریت تغییرات در تهویه مطبوع هوای بین نواحی مرکزی و محیطی، به یک ردیف پیوسته از دریچه‌های تغذیه به موازات دیوار تیغه‌ای داخلی در پایه هر طبقه نیاز است. وندرویل همچنین سیستم کنترل محرک دمپر را برای نمای دوپوسته طراحی کرد [۲۳].

گارتنر به‌عنوان مدیر ساخت‌وساز پروژه کانسیگلی/جی اف وایت^۶ قرارداد فرعی امضا کرد و پشتیبانی طراحی را برای مدت زمان پروژه درحالی‌که تیم برای ایجاد یک محصول نمای سفارشی برای کتابخانه کار می‌کرد، فراهم کرد. اسناد ساخت‌وساز ساخته‌شده توسط معماران و مهندسان، نمای دوپوسته پیشنهادی را با جزئیات در مورد عملکرد، پیکربندی، ابعاد و ترکیب نما با ساختار کل ساختمان، پوشش و سیستم‌ها توصیف می‌کنند (منتخب‌هایی در شکل‌های ۷-۷ و ۸-۳-۱۵) به دنبال این موارد، نقشه‌های گارتنر به‌طور کامل جزئیات سیستم نمای دوپوسته را برای ساخت شرح می‌دهد. گارتنر همچنین سیستم را برای انبساط حرارتی و تراکم (چگالش) مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. گزارش آن‌ها مشخصات سیلانت‌های آب‌وهوا و درجه حرکت اتصالات شکاف‌دار را مشخص می‌کند. گارتنر یک ماکت در اندازه کامل از بخشی از نما در تأسیسات گاندلفینگن^۷ خود ساخت تا جزئیات ساخت را تثبیت کند (شکل ۷-۸ و ۸-۳-۲۴). این مجموعه برای نفوذ هوا، فشار، نفوذ آب و تغییر شکل لرزه‌ای مورد آزمایش قرار گرفت. معماران و مهندسان نقشه‌های

1. Arup
2. Gundelfingen
3. U-values

4. SHGC
5. Vanderweil
6. Consigli/Jf White

7. Gundelfingen

ساخت، مشخصات، گزارش‌ها و ماکت‌های فیزیکی را قبل از شروع تولید کامل نما بررسی کردند. گارتنر بر تحویل و نصب اجزای نما نظارت داشت [۲۴].

اگرچه نمای دوپوسته به‌وضوح تأثیر مثبتی بر آسایش حرارتی و بصری در نواحی مطالعاتی دارد، اما میزان تأثیر نما بر مصرف انرژی کتابخانه، به‌صورت جداگانه مشخص نشده است. سوابق انرژی سایت خریداری‌شده، سالانه نشان‌دهنده استفاده برای کل ساختمان، مناطق تاریخی و بخش‌های اضافه‌شده است. برای یک دوره ۱۲ ماهه در سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۳، کل ساختمان ۲۶۰/۶ کیلووات ساعت بر مترمربع (۸۲/۶ کیلوپایت بر ۲ فوت) مصرف کرده است [۲۵].



شکل ۸-۳-۲۴. گارتنر، ماکت بخشی از مجموعه نمای دوپوسته را برای نفوذ هوا، فشار، نفوذ آب و تغییر شکل لرزه‌ای ساخت و آزمایش کرد. منبع: همکاران معماران، شرکت ویلیام راون.

بحث

تصمیم برای ساختن با پوستهٔ دوتایی می‌تواند ریشه در هرانگیزه‌ای داشته باشد. در مورد کتابخانهٔ عمومی کمبریج، واکنش دقیق به بافت تاریخی و شهری، تیم را به سمت دیوار تمام‌شیشه‌ای با جهت‌گیری جنوب غربی هدایت کرد. پس از این تصمیم، یک نمای دوپوسته به‌عنوان یک استراتژی فنی برای بهینه‌سازی عملکرد دیوار با توجه به این شرایط بالقوه مشکل‌ساز انتخاب شد. مدیر انجمن ویلیام راون^۱، کلیفورد گایلی^۲، در مورد انتخاب ساخت با نمای دوپوسته گفت: «این یک استدلال ریاضی نیست، بلکه یک استدلال تجربی است. در نظر گرفته شده است که کتابخانه مکانی متحول‌کننده باشد.» [۲۶]. در حالی که نمای دوپوسته از نظر عملکرد، به‌طور بی‌عیب و نقصی دقیق است، تجربهٔ کاربر نهایی به‌عنوان اولویت اول در ترکیب آن غالب است.

اگرچه زیبایی‌شناسی و راحتی معیارهای اولیهٔ طراحی بودند، اما عملکرد زیست‌محیطی از نظر انرژی و بهره‌وری آب به‌هیچ‌وجه در طراحی کتابخانه نادیده گرفته نشد. کتابخانهٔ عمومی کمبریج رتبهٔ نقره‌ای «ال ای ای دی»^۳ را از «یواس جی بی سی»^۴ کسب کرد. از جمله ویژگی‌های سبز مربوط به مواد و سیستم‌ها، تلاش مخفی برای حفظ کیفیت آب است که نشان می‌دهد این پروژه تا چه حد در نزدیکی بافت شهری برنامه‌ریزی شده است: یک مخزن آب زیرزمینی ۳۵۰۰۰ گالنی در کنار ورودی جلویی، رواناب آب طوفانی را برای این بخش از شهر جذب می‌کند. این مخزن زیرزمینی باعث کاهش سیلاب‌های محلی شده و از کیفیت آبراه‌های محلی محافظت می‌کند [۲۷].

اگرچه اساس فنی طراحی و قطعات فیزیکی آن از اروپا تأمین شده است اما نمای دوپوسته کتابخانهٔ عمومی کمبریج با تمام وجود در محل خود تعبیه شده است. تیم‌های معماری و مهندسی فرآیند طراحی دوپوسته را در بهترین تجارب خود در طراحی این فضای محصور ادغام کردند و ترکیب زیبایی‌شناختی نمای دوپوسته برای این پروژه منحصر به فرد است. این کتابخانه نقطه عطف مهمی در چیزی است که می‌توان آن را «بازگشت» معماری دوپوسته به آمریکای شمالی نامید که در فصل پنجم مورد بحث قرار گرفت.



شکل ۸-۳-۲۵. نمای روز از کتابخانهٔ عمومی کمبریج، منبع: مارک اکلپس.

1. William Rawn
2. Clifford Gayley

3. LEED
4. USGBC



شکل ۸-۳-۲۶. نمای عصر از کتابخانه عمومی کمبریج، منبع: عکاسی رابرت بنسون.



شکل ۸-۳-۲۷. یک درخت راش باشکوه نقطه اتصال بال‌های قدیمی و جدید کتابخانه را نشان می‌دهد. دوستان کتابخانه عمومی کمبریج هر سال یک رویداد «داستان و آهنگ زیر ستاره‌ها» را در اینجا برگزار می‌کنند. منبع: ماری بن بونهام.

یادداشت

- [1] Ann Beha Architects, Inc., "Main Library Expansion Project: Existing Conditions Report and Preservation Recommendations, January 31, 2003."
- [2] Cambridge Public Library, "Main Library," www.cambridgema.gov/cpl/hoursandlocations/mainlibrary.
- [3] Cambridge Public Library, "Main Library Design History," www.cambridgema.gov/cpl/cambridgepubliclibrary/cambridgepubliclibrary1.
- [4] William Rawn Associates, Architects, Inc., "Cambridge Public Library," www.rawnarch.com.
- [5] Climate information from Climate-Data.org.
- [6] Clifford Gayley (Principal, William Rawn Associates, Architects, Inc.) in discussion with the author March 2013.
- [7] Cambridge Public Library, "Main Library Design History."
- [8] Ibid.
- [9] William Rawn Associates Architects, William Rawn Associates Architects (Victoria, Australia: Images Publishing Group, 2014), 13–14.
- [10] Cambridge Public Library, "Main Library Expansion Project—Design Process," www.cambridgema.gov/cpl/annbeha/index.htm.
- [11] William Rawn Associates, Architects, Inc., "Cambridge Public Library."
- [12] Ann Beha Architects, Inc., "Main Library Expansion Project."
- [13] Lobell, John, *Between Silence and Light: Spirit in the Architecture of Louis I. Kahn*, 2nd edition (Boston & London: Shambala, 2000), 100.
- [14] Cambridge Public Library, "Main Library."
- [15] Josef Gartner, GmbH, "Project Gallery: Cambridge Public Gallery," <http://josef-gartner.permasteelisagroup.com/project-gallery/468>.
- [16] Gayley, in discussion with the author March 2013.
- [17] Gonchar, Joann. "More Than Skin Deep: An Integrated Façade Strategy Helps Designers Create More Comfortable and Better-Performing Glass Buildings," *Architectural Record* 198, no. 7 (July 2010): 103–11.
- [18] Jennifer Grymek (Structural Engineer, LeMessurier Consultants) in discussion with the author March 2013.
- [19] Gayley, in discussion with the author March 2013.
- [20] Warren Pearson (Facilities Manager, Cambridge Public Library) in discussion with the author March 2013.
- [21] Ibid.
- [22] William Rawn Associates, Architects, Inc., "Cambridge Public Library Case Study: A Double-Skin Glass Wall," www.rawnarch.com.
- [23] Glenn Bernard (Associate Principal, Vanderweil Engineers, LLP) in discussion with the author March 2013.
- [24] Gayley, in discussion with the author March 2013.
- [25] Pearson, in discussion with the author March 2013.
- [26] Gayley, in discussion with the author March 2013.
- [27] William Rawn Associates, Architects, Inc., "Celebrating a City's Commitment to Sustainability: Cambridge Public Library," www.rawnarch.com.



تصویر ۸-۴-۱. ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا^۱، نمایی از شمال شرقی، بام‌های سبز روی سکو با آب باران از مخازن موجود در سطح پارکینگ آبیاری می‌شوند. چهارنوع نما قابل مشاهده است (از چپ به راست): دیوار تیغه‌ای دوپوسته، دیوار تیغه‌ای تک پوسته با اسپندل شیشه‌ای جعبه‌ای برای سایه در انتهای کوتاه بلوک اداری، دیوار تیغه‌ای تک پوسته در دهلیز شمالی و روکش فلزی در دودکش خورشیدی. ادوارد هوبر با مجوز از کی پی ام بی^۲.

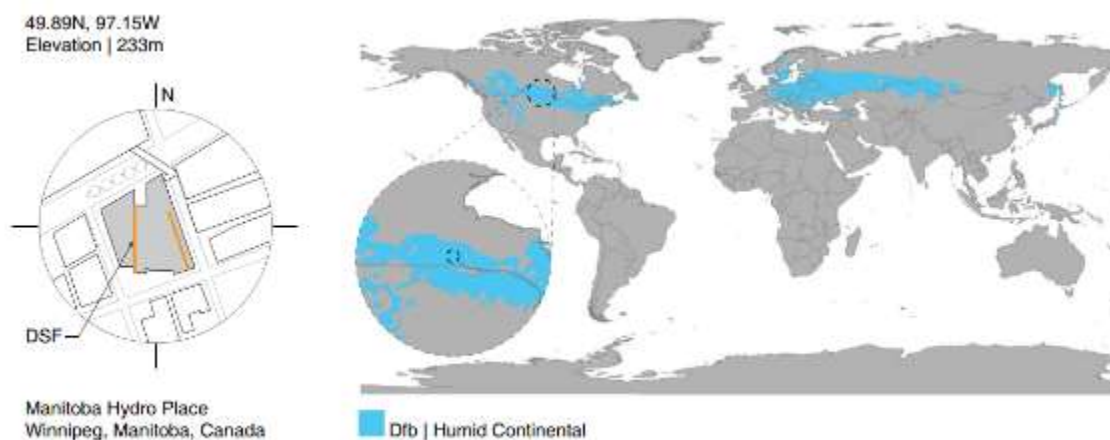
1. Manitoba Hydro Place

2. Eduard Hueber. Courtesy of KPMB

فصل هشتم - بخش چهارم

هیدرو پلِیس مانیٹوبا^۱

(وینیپگ^۲، کانادا، ۲۰۰۹-۲۰۰۴)



تصویر ۸-۴-۲. موقعیت مکانی، تصویر توسط متیو ویلبر^۳، منبع: ماری بن بونهام.

جدول ۸-۴-۱. اطلاعات هیدرو پلِیس مانیٹوبا

طراحی ۲۰۰۴-۰۶؛ ساخت و ساز ۲۰۰۶-۰۸؛ پایان دسامبر ۲۰۰۸؛ افتتاحیه رسمی سپتامبر ۲۰۰۹	تاریخ
هیدرو مانیٹوبا	مالک
	طرح
معماران کووایارا پین مک کنا بلومبرگ (کا پی ام بی) ^۴	معماری
معماران و مهندسان اسمیت کارتر ^۵ (در حال حاضر معماری)	معمار ثبت
شرکت معماران پیری ^۶	معماری حامی
	هماهنگ کننده
شرکت طراحی برای همه ^۷	دسترس/طراحی جهانی
با مسئولیت محدود مهندسی هوازی ^۸	آکوستیک
با مسئولیت محدود بروک ون دالن و همکاران ^۹	پوشش ساختمان
استین پوپ ان آر سی ^{۱۰}	مشاور C-2000
شرکت مهندسی وارد راپ ^{۱۱}	مهندسی عمران
فناوری انرژی فراخورشیدی جی ام بی اچ ^{۱۲}	مهندسی آب و هوا

1. Manitoba Hydro Place
2. Winnipeg
3. Matthew Wilbur
4. Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects (KPMB)

5. Smith Carter
6. Prairie
7. Design For All
8. Aercoustics Engineering Ltd

9. Brook Van Dalen & Associates Ltd
10. Steven Pope, NRC
11. Wardrop
12. GMBH

طرح‌های یکپارچه	عامل راه‌اندازی
محدودیت هانسکام ^۱	برآورد هزینه
با مسئولیت محدود مهندسی اوما ^۲ مشاوران دیرگروو ^۳	مهندسی ژئوتکنیک
گروه آی بی آی؛ شماره ۱۰؛ برنامه‌ریزی فضایی محیطی کا پی ام بی	طراحی داخلی
هیلدرمن توماس فرانک کرام ^۴ فیلیپس فارواگ اسمالبرگ ^۵	چشم‌انداز
لیبر روبز ^۶	قانون و مدرک ایمنی
مهندسی	
طراحی نور محور	نورپردازی
ایرس تک ^۷	مکانیک، برق و لوله‌کشی
روآن ویلیامز دیویس و ایروین ^۸	میکرو اقلیم
کروسیر کیلگور و همکاران، هالکرو یولس ^۹	مهندسی سازه
تریپل ام گروپ ^{۱۰}	ترافیک، دسترسی و پارکینگ
مهندسی سوبرمن ^{۱۱}	حمل‌ونقل عمودی
دن ایوزر_معماری آب ^{۱۲}	ویژگی‌های آب
ساخت‌وساز	
سازندگان پی سی ال در کانادا ^{۱۳}	مدیر ساخت‌وساز
شیشه فرگوسن نیودورف ^{۱۴}	سازنده دیوار تیغه‌ای
آلومینیوم و شیشه بوردر ^{۱۵}	سازنده دیوار شیشه‌ای داخلی
ویراکون ^{۱۶} ، (دیوار تیغه‌ای) پرلیکو ^{۱۷} ، (دیوار داخلی) و سامفای ^{۱۸}	لعب‌کاری
	فعال‌کننده‌های خودکار پنجره
	کرکره‌های قابل تنظیم اتوماتیک
نیسان ^{۱۹}	کنترل خورشیدی
ساختمان	
مساحت ناخالص ساختمان: ۶۵۵۹۰ مترمربع (۶۹۵۲۴۱ فوت مربع)	مساحت
۲۲ طبقه؛ بالای پنت هاوس: ۹۸٫۶ متر (۳۲۳ فوت)؛ بالای دودکش خورشیدی: ۱۱۵ متر (۳۷۷ فوت)	ارتفاع
دفتر با خرده‌فروشی؛ ظرفیت سرنشین ۲۲۴۵	کاربری

منبع: اطلاعات از «دفتر مرکزی مانیتوبا هایدروپلیس^{۲۰}»، بازده پایداری: تنظیم دقیق پس از اسکان به ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا کمک می‌کند تا به اهداف خود دست یابد، مجله آرکیتهکوال ریکورد^{۲۱} (می ۲۰۱۳).

1. Hanscom
2. UMA
3. Dyregrov
4. Hilderman Thomas Frank Cram
5. Phillips Farevaag Smallenberg
6. Leber Rubes
7. Earthtech

8. Rowan Williams Davis & Irwin, Inc. (RWDI)
9. Crosier Kilgour & Partners Ltd.; Halcrow Yolles
10. MMM Group Ltd
11. Soberman
12. Dan Euser Water architecture, Inc
13. PCL Constructors Canada, Inc.

14. Ferguson Neudorf Glass
15. Border Glass & Aluminum
16. Viracon
17. Prelco
18. Somfy
19. Nysan
20. Manitoba Hydro Place" ، www.hydro.mb.ca/corporate/mhplace/ Nadav Malin
21. Architectural Record

مقدمه

شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا، یک برج بیست و دو طبقه در مرکز شهر وینیپگ^۱ کانادا است. دفتر مرکزی شرکت خدمات عمومی به عنوان یک نقطه عطف احیاکننده برای شهر و در سطح بین‌المللی به خاطر موفقیتش به عنوان برج اداری کم‌انرژی و با کارایی بالا، جایگاه ویژه‌ای دارد. در نگاه اول، نمادین‌ترین ویژگی آن یک دودکش خورشیدی ۱۱۵ متری است که در انتهای شمالی ساختمان در خیابان پرتیج^۲ قرار گرفته است. این دودکش یک علامت متمایز بر روی افق ایجاد می‌کند و اگر ناظر از عملکرد شفت (به صورت منفعلانه کشیدن هوا از میان ساختمان) آگاهی یافته باشد، پیام‌رسانی برای استراتژی منحصربه‌فرد تهویه طبیعی ساختمان است. درواقع، دودکش تنها یکی از عناصر کمک‌کننده به عنوان راه حل کل ساختمان برای ارائه ۱۰۰ درصد هوای تازه به داخل ساختمان در تمام طول سال است. باغ‌های زمستانی چندطبقه رو به جنوب، سیستم‌های طبقه بالا، دفاتر با پلان باز و نمای دوپوسته با پنجره‌های قابل حرکت، شبکه را برای حرکت هماهنگ هوای تازه کامل می‌کنند. نمای دوپوسته در این مورد به دلیل نقشش در استراتژی تهویه طبیعی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا و برای دقت عملکردش در پاسخ به شرایط آب‌وهوایی شدید وینیپگ قابل توجه است.

اهداف پروژه

پروژه ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا زمانی آغاز شد که شرکت خدمات شهری تصمیم گرفت عملیات غیرمتمرکز سابق را در یک مکان مرکزی ادغام کند و بخش‌ها و پرسنل را از امکانات کاملاً مجزا گردهم آورد. ساختمان جدید این فرصت را برای ایجاد یک محل کار نوآور و سالم فراهم کرد. این هدف منجر به توسعه و اولویت‌بندی معیارهای طراحی انسان‌محور، مانند ۱۰۰ درصد هوای تازه، روشنایی روز، کنترل فردی روشنایی و تهویه شد.

ساختمان هیدرو پلیس مانیتوبا می‌توانست یک مکان حومه‌ای را برای دفتر مرکزی جدیدشان پیدا کند. اما فرصت دومی را در این تغییر مکان پیدا کرد. با انتخاب یک سایت در مرکز شهر در پایتخت مانیتوبا، هدف شرکت این بود تا از قدرت پروژه‌های عظیم برای تقویت تلاش‌های احیای مرکز شهر وینیپگ استفاده کند [۱]. شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا به عنوان مروج حفاظت از انرژی و منابع انرژی تجدیدپذیر، مانند انرژی زیستی، سلول‌های سوختی، نیروگاه‌های کوچک خورشیدی، آب و باد، این پروژه را فرصتی برای نشان دادن هویت شرکت و اصول اصلی خود دید [۲]. بنابراین با توجه به مأموریت و هویت شرکتی آن‌ها، ضروری بود که دفتر مرکزی اصلی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا نوآوری و عملکردی بالا در طراحی صرفه‌جویی در انرژی نشان دهد.

پیگیری این اهداف عملکردی در ساختمانی با این مقیاس، هنوز در کانادا انجام نشده بود. تأمین هوای تازه در آب‌وهوای سرد نیاز به گرم کردن هوای بیرون دارد و وسعت زیاد شیشه مورد نیاز برای پذیرش حداکثر نور روز منجر به اتلاف انرژی می‌شود. شرکت مهندسی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا، با دانستن این که تکنیک‌های طراحی سنتی و ساخت‌وساز متعارف، نتایج مطلوب را به ارمغان نمی‌آورد، گام‌هایی اساسی برای راه‌اندازی پروژه جهت دستیابی به موفقیت برداشت: رهبران پروژه در محل کارشان، از پیشرفته‌ترین طراحی کارآمد در مصرف انرژی مطلع شدند و پروژه یک‌روند فشرده را دنبال کرد؛ فرآیند طراحی یکپارچه^۳ و یک مرحله راه‌اندازی چندساله پس از ساخت اجرا شد. درجه آمادگی و پیگیری پروژه بی‌سابقه بود و کلید موفقیت پروژه در بسیاری از سطوح وجود داشت.

1. Winnipeg

2. Portage

3. IDP

جدول ۸-۴-۲. منشور پروژه شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا

محل کار حمایتی	محیط اداری سالم و مؤثر معاصر برای ۲۰۰۰ کارمند سازگار با تکنولوژی در حال تغییر و محیط کاری برای نیازهای حال و آینده
کارایی انرژی کلاس جهانی	هدف ۶۰٪ بهره‌وری انرژی بیشتر از مدل کد ملی انرژی کانادا برای ساختمان‌ها
پایداری	گواهی‌نامه سطح طلایی لید ^۱
اثر معماری	طراحی صدور برای تجلیل از اهمیت شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا در استان و افزایش تصویر وینپیک در مرکز شهر
بازسازی شهری	تقویت و کمک به آینده پایدار مرکز شهر وینپیک
هزینه	مقرون به صرفه و سرمایه‌گذاری مالی مناسب

منبع: خلاصه از «نمونه فرآیند طراحی مجتمع مدیریت شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا»، بیست‌وششمین کنفرانس معماری منفعل و کم‌انرژی (پلی ای ۲۰۰۹)، توسط بروس کوآبارا^۲، توماس آیر^۳، تام گلدزبروت^۴، تام آکرستیریم^۵ و گلن کلایم^۶.

یک سال کامل به توسعه مفهوم طراحی اختصاص داده شد. در طول این مدت یک تیم طراحی متحد به صورت ماهانه تشکیل جلسه داد که با یک جلسه برای روشن کردن و توافق بر سر اهداف اصلی پروژه آغاز شد. مزایای به دست آمده از این برنامه راهنمایی بود برای تمام مراحل بعدی پروژه.

در طول سال دوم، تیم طراحی متحد هر دو هفته یکبار برای توسعه مسائل طراحی و تعادل طراحی، عملکرد و هزینه، تشکیل جلسه دادند. در طول این مرحله، یک طرح ترجیحی به نام «برج آسایش» از زمینه‌های متشکل از پانزده گزینش استخراج شد که به بررسی تغیریات در حجم و جهت‌گیری پرداخت. هرگزینش با استفاده از یک چک‌لیست با اشاره به اهداف و مزایای پروژه ارزیابی شد. سه‌گزینش برای انرژی، طراحی و مدل‌سازی هزینه انتخاب شد که منجر به طرح نهایی شد.

این طراحی با استفاده از دهلیزهای چندطبقه انباشته‌شده رو به جنوب برای تهویه غیرفعال هوای بیرونی و یک دودکش خورشیدی برای حرکت هوای تهویه غیرفعال متمایز می‌شود؛ دو بال اداری هجده طبقه که مرکز ساختمان را «مفصلی ۷» می‌کند تا فضایی برای دهلیز جنوبی ایجاد کند، در نتیجه منجر به شکل متمایز «حرف ای» یا «کتاب روباز» برج می‌شود. دهلیزها به همراه توزیع هوای زیرزمین، دودکش خورشیدی، یک گاراژ زیرزمینی و نمای دوپوسته با پنجره‌های قابل حرکت، سیستم تهویه طبیعی کل ساختمان را تشکیل می‌دهند. سیستم‌های غیرفعال توسط سیستم گرمایش و سرمایش تبادل حرارتی منبع زمینی (زمین‌گرمایی) برای استفاده کلی از انرژی بسیار کم ساختمان، بیش از ۶۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در مقایسه با یک ساختمان اداری با مقیاس بزرگ، مورد هدف قرار می‌دهد [۳].

سیستم گرمایشی و سرمایشی برای مصرف انرژی بسیار پایین ساختمان که بیش از ۶۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف انرژی را در مقایسه با یک ساختمان اداری در مقیاس بزرگ هدف قرار داده است.

نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

نمای دوپوسته در نماهای شرقی و غربی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا نقش اساسی را در رویکرد غیرفعال ساختمان به تهویه، گرمایش، سرمایش و روشنایی ایفا می‌کند. اگرچه دهلیزها و دودکش خورشیدی دارای ویژگی‌های خیره‌کننده‌ای است، اما زمانی که تأثیر نمای دوپوسته بر تک‌تک کارکنان اداری در نظر گرفته می‌شود، در مرکز توجه قرار می‌گیرد. نماها به کارکنان شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا امکان دسترسی به نور روز، مناظر و هوای تازه را از طریق پنجره‌های قابل حرکت در جداره داخلی می‌دهد.

1. LEED
2. Bruce Kuwabara
3. Thomas Auer

4. Tom Goldsborough
5. Tom Aker stream
6. Glen Klym

7. Hinge

خلاصه ساختمان

محتوای آب و هوا و فرهنگ

آب و هوای شدید وینی پگ، محرک نوآوری در طراحی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا بود، که منجر به یکپارچگی فعال_غیرفعال کل ساختمان شد که به نماهای نوینی در حفظ انرژی رسید. طبقه بندی «کوپن گایگر»^۱ از وینیپگ، اقلیم مرطوب قاره ای^۲ است. وینیپگ از چهار فصل مشخص برخوردار است، باین وجود به دلیل شرایط آب و هوایی شدیدش مشهور است. زمستان های خشک همراه با طوفان برف، بادهای شدید و سرمای سوزان است. تابستان ها به طور مداوم گرم و گاهی اوقات بسیار گرم هستند. دما از ۳۵- درجه سانتی گراد (۹۵- درجه فارنهایت) تا ۳۵+ درجه سانتی گراد (۹۵+ درجه فارنهایت) در نوسان است. سردترین ماه ژانویه، با دمای متوسط ۱۷- درجه سانتی گراد (۱+ درجه فارنهایت) است. دما در گرم ترین ماه، جولای، میانگین ۲۰+ درجه سانتی گراد (۶۸+ درجه فارنهایت) با میانگین رطوبت ۶۷ درصد است. در طول سال، بادهای از تمام جهات در محدوده ۳ تا ۵ متر بر ثانیه (۷ تا ۱۱ مایل بر ساعت) هستند. باین حال، میانگین جهت باد از جنوب به مدت هشت ماه از دوازده ماه است. شدیدترین تندبادهای در سردترین ماه هستند؛ بادهای ژانویه غالباً از جنوب می وزد، با میانگین سرعت ۶ متر بر ثانیه (۱۳ مایل بر ساعت) و سرعت تندباد بسیار بیشتر است. متوسط بارندگی باران در طول هر سال، ۵۱۹ میلی متر است [۴].



تصویر ۸-۴-۴. شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا در افق وینیپگ، نمایی از جنوب شرقی، منبع: گری کوپلو.^۳

وینیپگ دارای درصد به نسبت بالایی از آسمان صاف و نور خورشید در طول زمستان های بسیار سرد است که راه را برای یک بهره غیرفعال و مفهوم پیش گرمایش خورشیدی نشان می دهد. تابستان های گرم منطقه نیازمند سایه اندازی و تهویه گرمای اضافی هستند. در نهایت، صرفه جویی گسترده ای در مصرف انرژی از ادغام تهویه غیرفعال با سیستم های تهویه مطبوع فعال، در برج اداری به دست آمد؛ قبل از مطالعه مکانیک حرکت ریزاقلیم خیابان پورتاج ۳۶۰. باین حال، اولین گام جمع آوری یک تیم پروژه تخصصی بود.

شرکت هیدرو مانیتوبا، معماران پرایری (دشتزار)^۴ را به عنوان یک معمار حامی مالک برای هدایت آی دی پی^۵ در تمام مراحل پروژه، از برنامه ریزی گرفته تا طراحی تا ساخت و ساز و راه اندازی گسترده پس از تصرف، استخدام کرد. برنامه پروژه آی دی پی براساس منابع طبیعی کانادا C-۲۰۰۰ مدل سازی شد و توسط کارکنان این سازمان دولتی کانادا نظارت شد. به جای انتخاب یک تیم کامل از معماران و مشاوران در یک زمان، شرکت هیدرو مانیتوبا پس از بررسی

1. Köppen Geiger
2. Dfb
3. Gerry Kopelow

4. این اصطلاح شامل منطقه ای (Prairie) است که به عنوان دشت های داخلی کانادا، (ایالات متحده و مکزیک شناخته می شود)

5. IDP

تعدادی از داوطلب‌های ملی و بین‌المللی، معماران «کوآبارا پین مک‌کنا بلومبرگ»^۱ مستقر در تورنتو را به‌عنوان معمار طراحی انتخاب کرد. سپس شرکت هیدرو مانی‌توبا، معماران پرایری و معماران کوآبارا پین مک‌کنا بلومبرگ، بقیه تیم طراحی یکپارچه را انتخاب کردند: معماران اسمیت کارتر^۲ و مهندسان وینیپگ، به‌عنوان معماران سابق، مهندس آب‌وهوا؛ ترانس سولار^۳ با روان ویلیامز^۴، دیویس^۵ و ایروین^۶ آر دبلیو دی آی^۷ مدیران ساخت‌وساز پی سی ال^۸، برآوردگران هزینه هانسکام^۹ و تعدادی مشاور تخصصی دیگر^۵].

ترانسولار^{۱۰} و آر دبلیو دی آی، تخصص جهانی در مهندسی آب‌وهوا و تجزیه و تحلیل ریزاقلیم را به‌عنوان گزینه‌های مورد مطالعه تیم برای فراتر رفتن از عملکرد استاندارد فراهم کردند. ریزاقلیم، نشانه محیطی منحصربه‌فرد یک سایت دما، رطوبت، پوشش آسمان، باد و ساختمان‌های اطراف است. تنها با درک عمیق و دقیق از ریز اقلیم و علم ساختمان، تیم طراحی یکپارچه می‌تواند ابزار کار ساختمان و قطعات نمای دوپوسته را تنظیم کند تا به آن پاسخ دهد و از آب‌وهوا نهایت استفاده را ببرد.

یکی از اعضای مهم تیم مشتری، از همان ابتدا به‌عنوان راه‌حلی برای اقلیم و اهداف پروژه، مفهوم نمای بافر را در ذهن داشت. تام «آکر استریم»^{۱۱}، مدیر تسهیلات سهامی شرکت هیدرو مانی‌توبا، با سابقه‌ای در معماری، ساختمان‌های سبز و سی سال فعالیت در زمینه مدیریت انرژی، استعدادی بالقوه برای یک نمای دوپوسته در راستای رسیدن به اهداف بلندپروازانه پروژه داشت. «دادلی تامپسون»^{۱۲} از شرکت پرایری^{۱۳} ترتیبی داد تا مدیران شرکت هیدرو مانی‌توبا از نمونه‌های ساختمان‌های با کارایی بالا در ایالات متحده و اروپا بازدید کنند که بسیاری از آن‌ها با نمای دوپوسته بود^{۱۴}]. در طول مراحل بعدی طراحی، اسمیت کارتر، کی پی ام بی^{۱۴}، ترانسولار و بقیه تیم طراحی ایده نمای دوپوسته را بیشتر ارزیابی کردند. در ابتدا تصمیم گرفته شد که پوسته‌های دوتایی را در نماهای رو به غرب و شرق برج ادغام کنند^{۱۷}].

طراحی نمای دوپوسته شرکت هیدرو مانی‌توبا از بسیاری از بهترین شیوه‌های موجود در ساختمان‌های اداری بلندمرتبه نمای دوپوسته در اروپا، از جمله موقعیت راهرو، پنجره‌های قابل حرکت در هردو پوسته داخلی و خارجی برای تهویه طبیعی و ادغام با سایر سیستم‌های ساختمان از طریق یک سیستم مدیریت ساختمان هوشمند پیروی می‌کند. با این حال، تیم، رویکرد رایج را قبول نکرد که پوسته داخلی نمای دوپوسته به‌عنوان لایه عایق و آب‌وهوا عمل کند. براساس تجزیه و تحلیل آب‌وهوا، شرکت هیدرو پلیس مانی‌توبا، در طراحی نمای دوپوسته یک شیشه دوجداره را بر روی پوسته بیرونی قرار داد. پنجره‌های تهویه با سایبان بزرگ نیز دوجداره هستند و در صورت بسته شدن، محکم می‌شوند. این پیکربندی ظرفیت جمع‌آوری و ذخیره‌سازی خورشیدی را به حداکثر رسانده و پتانسیل تراکم در محفظه (چگالی) را کاهش می‌دهد. مساحت وسیع دریچه‌های تهویه، کاهش سریع گرمای اضافی در هرفصل را تسهیل می‌کند؛ هنگامی که در بهار و پاییز شرایط معتدل تر است، دریچه‌های داخلی در پوسته داخلی تک‌جداره، تهویه طبیعی مستقیم و کاهش مصرف انرژی را فراهم می‌کنند. این برج با روکش شیشه‌ای نشان‌دهنده یک تغییر فرهنگی به دور از رویکرد سنتی آب‌وهوای سرد در ساخت دیوارهای عظیم با نسبت کوچک پنجره به دیوار است.

موقعیت و نقشه

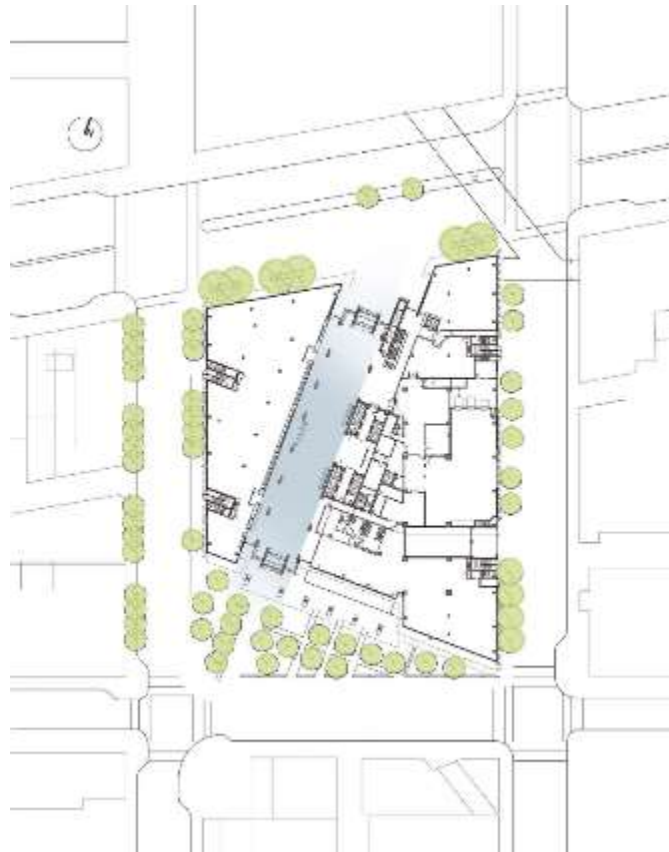
جبهه‌های شرکت هیدرو پلیس مانی‌توبا در خیابان پورتیج، یک مسیر دسترسی مهم از سمت غربی وینیپگ به قلب مرکز شهر است. برج ساختمان در جهت بهینه‌سازی عملکرد ساختمان نسبت به آب‌وهوای محلی است. سکوی دوطبقه با شبکه شهری وینیپگ مطابقت دارد و از نظر برنامه‌ریزی در محیط شهری آن ادغام می‌شود. در سطح خیابان، این

1. Kuwabara Payne McKenna Blumberg (KPMB)
2. Smith Carter
3. Transsolar
4. Rowan Williams

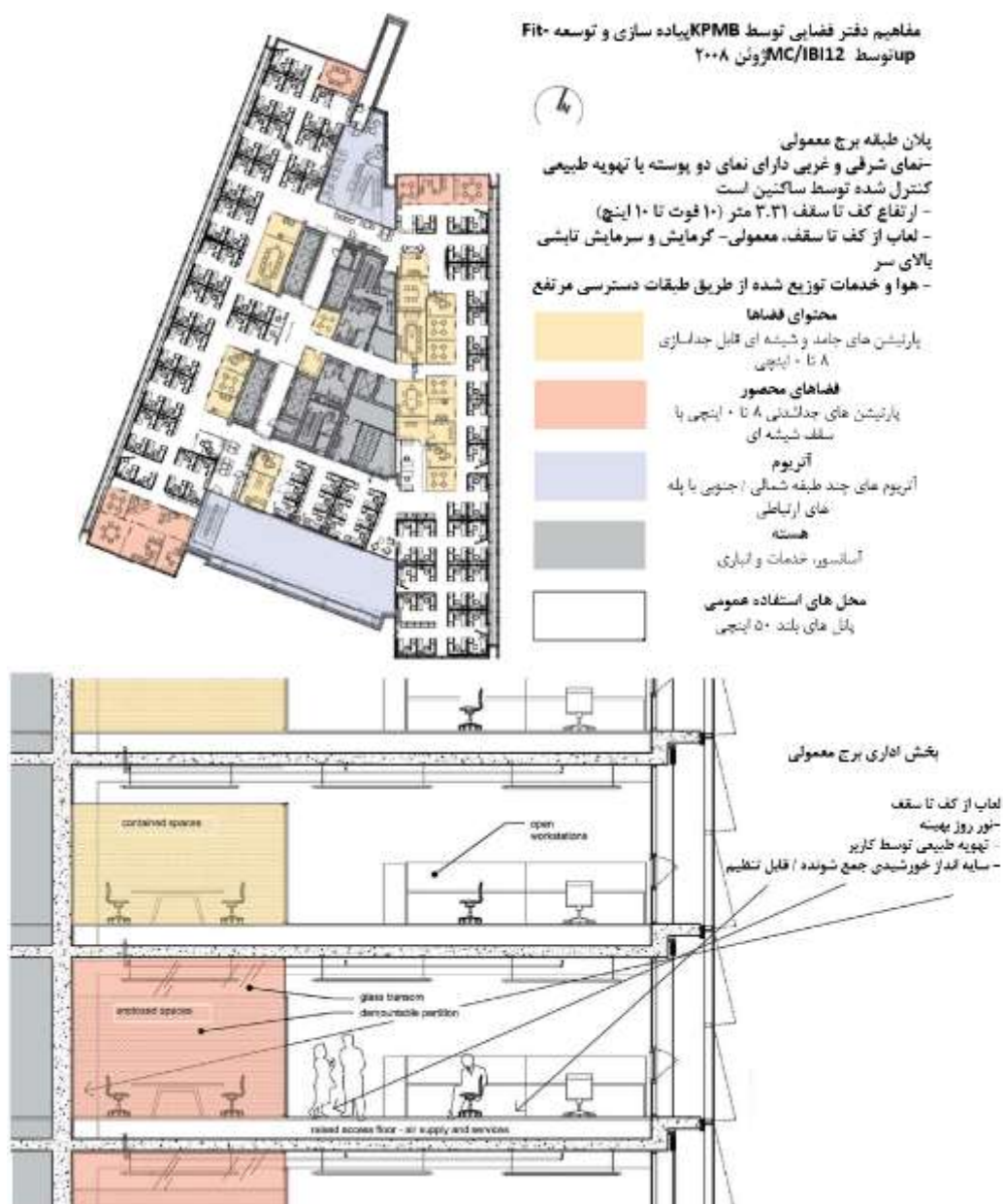
5. Davis
6. Irwin
7. RWDI
8. PCL
9. Hanscomb

10. Transsolar
11. Tom Akerstream
12. Dudley Thompson
13. Prairie
14. KPMB

پروژه یک میدان عمومی در جنوب رو به آفتاب و پارکی در مجاورت یک ایستگاه اتوبوس شهری فراهم می‌کند. ایستگاه حمل‌ونقل به‌عنوان بخشی از طرح شرکت هیدرو مانیتوبا برای تشویق کارکنان به استفاده از حمل‌ونقل عمومی اضافه شد، یک تلاش جامع که شامل محدودکردن تعداد فضاهای پارکینگ در گاراژ زیر سکو بود. یک گالری عمومی سه‌طبقه که ورودی‌های ساختمان‌های شمالی و جنوبی را به هم متصل می‌کند، به‌عنوان گسترش فضاهای عمومی در شهر طراحی شده است و کاربردهای خرده‌فروشی را که اقتصاد شهری وینیپگ را ارتقا می‌دهد، ادغام می‌کند. بخش عمده‌ای از مساحت ناخالص ساختمان به وظایف دفتر مرکزی شرکت هیدرو مانیتوبا در سطوح برج اختصاص داده شده است.



شکل ۸-۴-۵. شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا، طبقه همکف و نقشه سایت، منبع: کی پی ام بی.



شکل ۸-۴-۶. پلان و بخش اداری معمولی شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا، منبع: کی پی ام بی.



شکل ۸-۴-۷. نمای داخلی گالری رو به ورودی جنوبی و میدان، منبع: ماری بن پونهام.

نماها

سه‌نوع سیستم نما با کاربردهای خاص در فضای داخلی برج، پنل فلزی عایق‌دار، شیشه تک‌جداره و شیشه دوجداره در ارتباط هستند. در رأس ساختمان «ای» شکل، دودکش خورشیدی با ارتفاع ۱۱۵ متری (۳۷۷/۳ فوت) پوشیده شده با پنل‌های فلزی، رنگ‌های ملایم آسمان و پهنه چمنزار را منعکس می‌کند. دودکش زمانی در بالای سقف اصلی ساختمان امتداد می‌یابد که روکش آن به شیشه تبدیل شده باشد. لعاب در بالای دودکش، انرژی خورشیدی را جمع کرده و اثر آن را خیلی زیادتر می‌کند. نواحی دهلیز رو به شمال که در کنار دودکش خورشیدی قرار دارند، با نماهای شیشه‌ای عایق تک‌پوسته تا سقف پوشیده شده‌اند. شش دهلیز سه‌طبقه فضاهای کاری اتاق نشیمن عمومی هستند که کارکنان طبقات مختلف را دورهم جمع می‌کند.

در طرف مقابل ساختمان، دهلیزهای رو به جنوب در فضای وسیع بین دو بلوک اداری قرار می‌گیرد. این مناطق حائل، در سه‌بخش و در شش طبقه ارتفاع، برای پیش‌تنظیم غیرفعال هوای بیرون قبل از توزیع آن به داخل ساختمان از طریق سیستم توزیع طبقه بالا مورد استفاده قرار می‌گیرند. نماهای اینجا دیوارهای تیغه‌ای شیشه‌ای عایق‌بندی‌شده تک‌پوسته هستند. شیشه‌های ثابت با ردیف‌هایی از پنجره‌های تهویه قابل حرکت احاطه شده است. کرکره‌های افقی خودکار در قسمت داخلی دیوار تیغه‌ای می‌توانند به‌طور کامل بالا یا پایین شوند و زاویه کرکره‌های افقی، بسته به موقعیت خورشید و شرایط آسمان قابل تنظیم است. مناطق اداری در مرکز مثلثی ساختمان مشرف به دهلیز است. هر «باغ زمستانی» دارای یک پلکان ارتباطی باز و یک آب‌نمای کنترل‌کننده رطوبت است و به‌عنوان یک فضای گردهمایی غیررسمی عمل می‌کند. صدای آب، احساس نسیم و گرمای نور روز به ساکنان دهلیز یک ارتباط مستقیم و چندحسی با طبیعت می‌دهد، چون بدین‌وسیله به آرامی به وعده سازندگان ساختمان مبنی بر وجود «۱۰۰٪ هوای تازه در تمام سال» عمل می‌شود [۹].



شکل ۸-۴-۸. شرکت هیدرو پلیرس مانیتوبا، نمایی از غرب در امتداد خیابان پرتیج، منبع: کی پی ام بی.

نماهای عایق شیشه‌ای تک‌پوسته‌ای نیز در انتهای قسمت‌های کوتاه شمالی و جنوبی دو بلوک اداری بنا گردیده است. در نماهای جنوبی، شیشه چندجداره کم آهن دارای فریت^۱ سرامیکی با روکش ابریشمی، در یک الگوی سفارشی برای کنترل افزایش گرمای خورشیدی و تابش خیره‌کننده است. الگوی نوار اسپندرل^۲ افقی فریت نیز برای بخش‌هایی در طول نمای جنوبی اعمال می‌شود.



شکل ۸-۴-۹. داخلی آتریوم شمالی، روکش فلزی دودکش خورشیدی به داخل گسترش می‌یابد. یک توری هوای برگشتی ارتفاع فضای سه‌طبقه را گسترش می‌دهد. بام سبز و اتصال پل عابر پیاده به طرف دیگر خیابان حمل‌ونقلی از طریق دیوار تیغه‌ای تک‌جداره قابل مشاهده است. منبع: کی پی ام بی.

نوع سوم نما، کریدور نمای دوپوسته باحالت‌های تهویه متغیر، در نماهای شرقی و غربی بلوک‌های اداری اعمال می‌شود. این نماها و تأثیر آن‌ها بر طراحی کل ساختمان به‌طور مفصل در بخش‌های بعدی این فصل به تفصیل توضیح داده خواهد شد. دفتر مجزا، در موقعیت‌هایی در گوشه و کنار ساختمان محدود می‌شوند. در اظهار موفقیت نمای دوپوسته در این برنامه، معمار «بروس کوابارا» و مدیر تأسیسات «تام آکر استریم» هردو موافق هستند که نمای دوپوسته باید اطراف انتهای شمالی و جنوبی بلوک‌های اداری را پوشش می‌داد تا سطح بالاتری از راحتی را به آن مناطق ارائه بدهد [۱۰].

طراحی زیست اقلیمی تمام ساختمان

طراحی غیرفعال ساختمان به وسیله سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی فعال برای یک راه‌حل ترکیبی تقویت شده‌اند. هوای تهویه طبیعی در ساختمان، مسیر اصلی جنوب به شمال را از طریق قلب ساختمان طی می‌کند، که با ورود هوای تازه از طریق نمای دوپوسته از سمت شرق و غرب تکمیل می‌شود (شکل ۸-۴-۱۲ و ۸-۴-۱۳). در تمام طول سال، هوای بیرون از طریق شکاف‌هایی در پایه دیوارهای تیغه‌ای شش طبقه به یک ناحیه سکوماند در سطح اصلی هردهلیز وارد می‌شود. هوا از طریق دریچه‌ها مستقیماً به واحدهای مکانیکی فن کوئل واقع در سکو کشیده می‌شود. بسته به نیاز فصل، هوای ورودی را می‌توان با استفاده از گلیکول^۳ که در میدان زمین‌گرمایی گسترده ساختمان به گردش درمی‌آید، توسط این واحدها از پیش گرم یا از قبل خنک کرد.

۱. ترکیبی سرامیکی که ابتدا ذوب و Frit. 1 سپس سر دیده شود تا به شکل خرده‌شیشه درآید. (ماده شیشه‌مانند که خورد و گردد)

می‌شود و با آن سفال و غیره را لعاب می‌کنند.
۲. spandrel (یک فضای تقریباً مثالی شکل است که معمولاً به صورت جفت)

بین بالای یک قوس و یک قاب مستطیل شکل یافت می‌شود. آن‌ها اغلب با عناصر تزئینی پر می‌شوند.
3. Glycol



شکل ۸-۴-۱۰. فضای داخلی دهلیز جنوبی، نمایی از پلکان ارتباطی، در انتهای دهلیز، ستونی از پنجره‌های موتوری بزرگ در کنار آب‌نمای کنترل‌کننده رطوبت قرار دارد. در این دیدگاه، کرکره‌های قابل تنظیم برای تابش کامل خورشیدی به‌طور کامل جمع می‌شوند. دیوارهای تک‌جداره فضاهای اداری مشرف را دربرمی‌گیرد. در هرطبقه، یک پانل اسپندل لعاب‌مات، ورودی‌های هوا را برای سیستم توزیع هوای زیر کف پنهان می‌کند. دیوارهای داخلی دهلیز نور روز را با کرکره‌های غلتکی در جنوب و فریت‌های سرامیکی در نماهای شرقی و غربی کنترل می‌کنند. منبع: ماری بن بونهام.

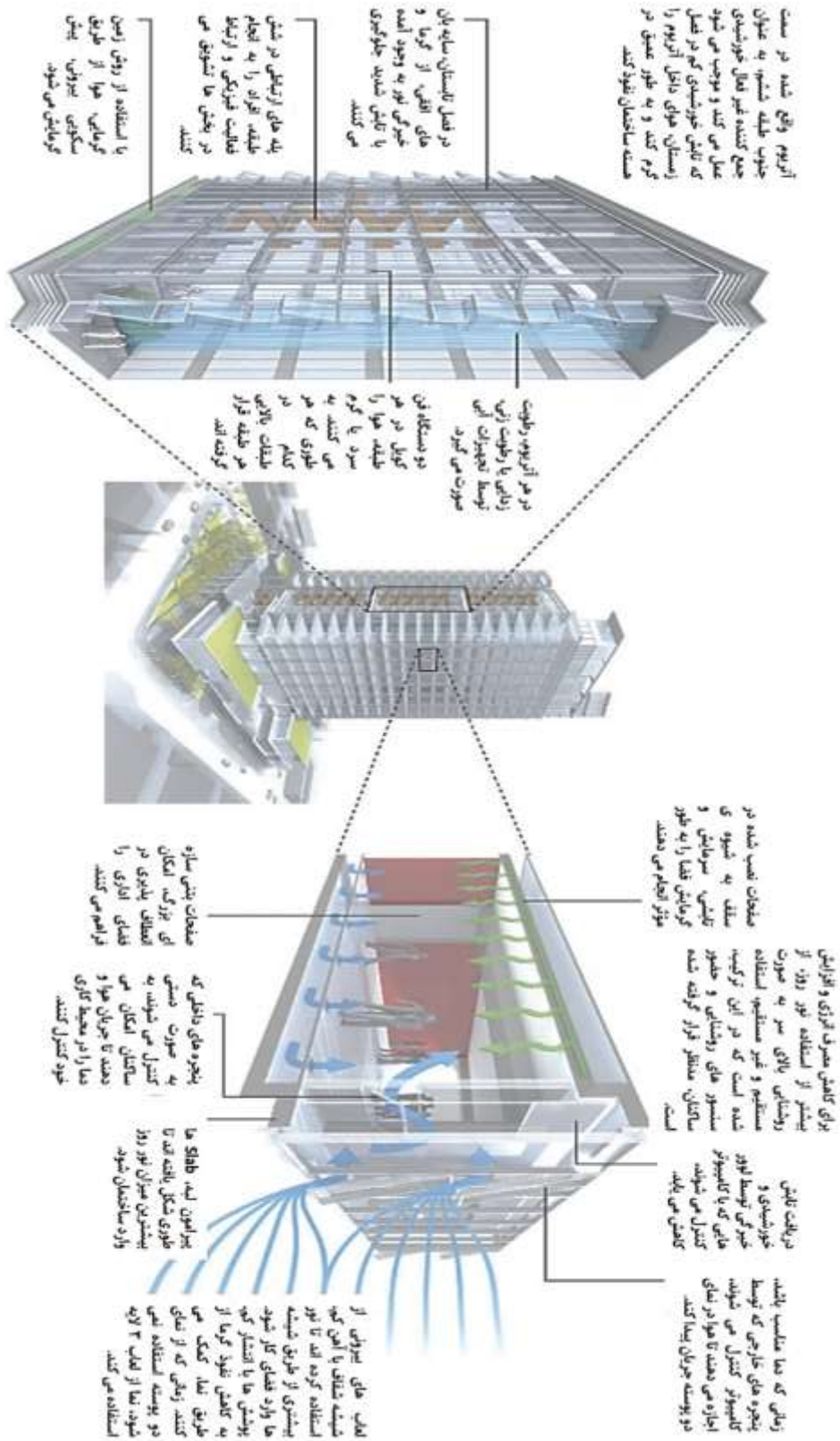


شکل ۸-۴-۱۱. پنجره‌های موتوری در نمای شیشه‌ای آتریوم برای مقاومت در برابر وزش باد طراحی شده‌اند. منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۴-۱۲. تصویری از گرمایش/سرمایش منبع زمینی و جریان هوا در سراسر شرکت هیدرو پلیس مانیئوبا. منبع: کی پی ام بی.

در بیشتر طول سال، هوا نیز می تواند مستقیماً از طریق دو ستون پنجره‌هایی که به‌طور خودکار کار می‌کنند و در کنار نماهای آتریوم شیشه‌ای محکم شده‌اند، به داخل دهلیزها کشیده شود. برای اینکه پنجره‌ها در تمام بادها به‌جز تندبادترین بادها باز بمانند، پنجره‌های سایبان‌دار دارای پنجره‌هایی با مقاومت فوق‌العاده هستند. بازوهای فلزی که با مهربانی، به آن‌ها «چوب‌هاکی» گفته می‌شود، در جای خود کشیده شده و قفل می‌شوند تا لنگه بازشوی لبه پایینی پنجره را باز کنند.



شکل ۸-۴-۱۳. ادغام سیستم‌های غیرفعال و فعال در شرکت هیدرو پلیس مانیوتوبا، آتریوم و مناطق حائل در نمای فضای اداری، منبع: کی پی ام بی.

رطوبت هوای ورودی را می‌توان به صورت غیرفعال با ویژگی آب که در دیواره شرقی هردهلیز قرار دارد افزایش یا کاهش داد. آب در امتداد نوارهای مایلر^۱ که تا ارتفاع کامل ۲۴ متری (۷۸/۷ فوت) دهلیز گسترش می‌یابد، گردش می‌کند. آب در حال چرخش را می‌توان به وسیله یک مبدل حرارتی متصل به سیستم زمین گرمایی گرم یا خنک کرد. در زمستان، آب گرم شده از روناها^۲ به سمت پایین می‌رود، که این عمل، موجب پراکنده شدن رطوبت در هوای خشک ورودی می‌شود. در تابستان، رطوبت نهفته در هوای بیش از حد مرطوب ورودی هنگامی که آب خنک از روناها^۳ مایلر عبور می‌کند جذب می‌شود. عمل مرطوب کننده یا رطوبت زدایی از طریق سیستم مدیریت ساختمان^۴ براساس رطوبت نسبی داخل فضای اداری، به صورت خودکار انجام می‌شود [۱۲].

توقف بعدی در مسیر هوای تازه، سیستم توزیع طبقه بالا است. شیارهای ورودی هوا در پشت نوار اسپندرل سفیدرنگ در هر طبقه از دیوارهای اداری رو به جنوب که مشرف به دهلیز است، پنهان شده‌اند. واحدهای فن کوئل در هر طبقه، هوا را قبل از ورود به سیستم توزیع هوای زیرزمینی یو اف ای دی^۴ در صورت نیاز، تنظیم می‌کند. تقاضای انرژی در این مقطع حداقل است زیرا بارهای معقول گرمایش یا سرمایش فضا از طریق سیستم تابشی درون دال ادغام شده در هر سازه سقف بتنی هر دفتر اداری، کنترل می‌شود. صفحات تابشی گرما را به فضا می‌افزاید یا در صورت نیاز به خنک شدن، گرما را جذب می‌کند. در حالی که طراحی مکانیکی مرسوم، هوای تهویه را تا حدی تنظیم می‌کند که دمای داخلی مطلوب را حفظ کند، طراحی شرکت هیدرو مانیوبا به طور مؤثری هوای تهویه را از عملکرد گرمایش و سرمایش فضا جدا می‌کند.

با عبور هوا از میان اتاقک‌های اداری، (هوا) توسط ساکنین و تجهیزات گرم می‌شود و به طور طبیعی در داخل فضا بالا می‌رود. ساکنین می‌توانند محیط محلی خود را با تنظیم جریان هوا در شبکه‌های توزیع هوا در سطح کف و همچنین با باز کردن یا بستن پنجره‌ها و کرکره‌ها در پوسته داخلی نمای دوپوسته کنترل کنند. هوا تا انتهای شمالی ساختمان که از طریق پنجره‌های کرکره‌ای شیشه‌ای به دهلیز سه طبقه کشیده می‌شود، ادامه می‌یابد. در اینجا، هوای مصرف شده به درون دودکش خورشیدی کشیده می‌شود. به منظور تسهیل اثر دودکش با لعاب بسیار در بالاترین ارتفاع خود، دودکش حدود ۱۶ متر (۵۲٫۵ فوت) بالاتر از سطح اتاقک مکانیکی بالای بام کشیده شده است. در تابستان، هوای گرم شده به سمت بالا کشیده می‌شود و در آنجا تخلیه می‌شود. در زمستان، جریان هوا در دودکش معکوس می‌شود؛ در پیچه‌های بالایی بسته می‌شوند و هواکش‌ها هوای گرم شده را به سمت پایین می‌کشند تا کف پارکینگ‌های زیرزمینی را گرم کنند. در این مرحله، مبدل‌های حرارتی گرمای باقی مانده را جمع‌آوری می‌کنند و آن را به دهلیز جنوبی برمی‌گردانند تا هوای ورودی را از پیش گرم کنند.

سیستم زمین گرمایی مدار بسته ساختمان، به معنای واقعی کلمه پایه و اساس رویکرد طراحی غیرفعال و کم انرژی ساختمان است. دوپست و هشتاد گمانه، که هر کدام ۱۲۲ متر (۴۰۰ فوت) عمق دارند، در سراسر سایت اندازه بلوک شهر گسترده شده‌اند، و در اطراف بسیاری از عناصر بنیادی ساختمان کار می‌کنند. تخمین زده می‌شود که این سیستم، که بزرگ‌ترین در نوع خود در کانادا است، تقریباً ۶۰ درصد از نیاز گرمایشی ساختمان را تأمین می‌کند. دیگ‌های چگالشی کم مصرف انرژی سیستم را در سردترین ماه‌ها تکمیل می‌کنند [۱۳].

هوای تازه از سمت بلند نمای دوپوسته بنا وارد شده و موجب تقویت سیستم تهویه اصلی ساختمان می‌شود. در اینجا، تهویه مسیر مستقیم‌تری را از طریق نمای دوپوسته طی می‌کند و برای رفع خستگی ساکنان از این نوع راهرو استفاده می‌کنند. این هوای تازه به هوای تغذیه شده از دهلیز می‌پیوندد و از طریق دهلیز شمالی در دودکش خورشیدی تخلیه می‌شود.

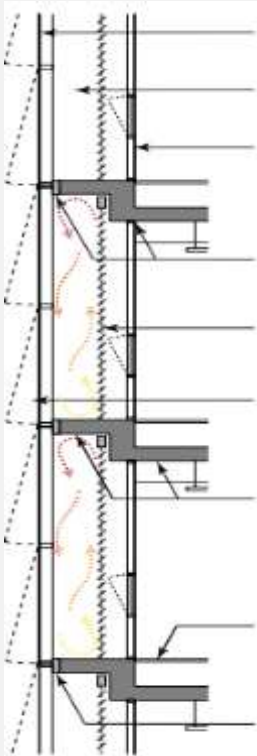
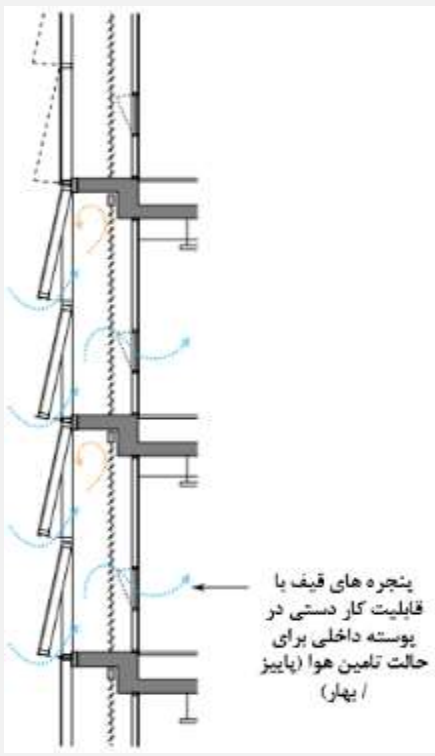
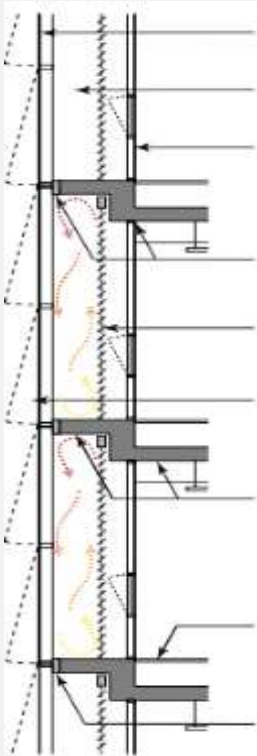
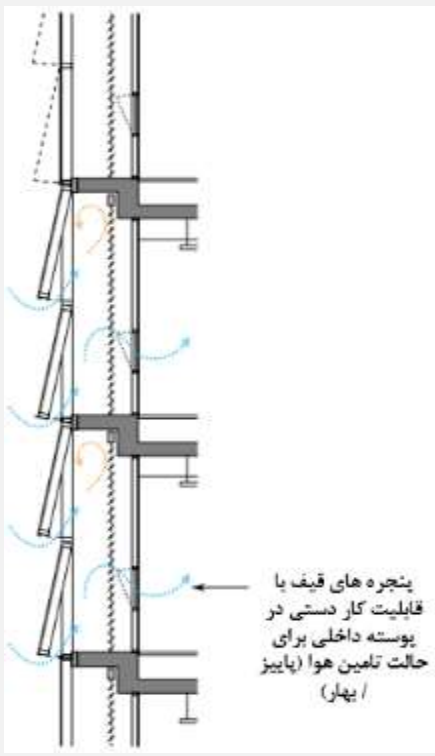
1. mylar (پلی استر نازک و محکم)

2. Run
3. BMS

4. UFAD

ساخت و عملکرد نمای دوجداره

ارائه و بحث نمای دوپوسته شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا با مرور کلی ساختوساز آغاز می‌شود (شکل ۴-۱۴). ماتریس طراحی در جدول ۸-۴-۳ به‌طور خلاصه نشان می‌دهد که چگونه مفاهیم و اجزای طراحی زیست‌اقلیمی خاص در بیان معماری نما آشکار می‌شوند. این تحقیق کل ساختمان را به‌عنوان زمینه در نظر می‌گیرد، اما بر ویژگی‌ها و عملکردهای پوسته دوتایی تمرکز می‌کند.

تهویه: حالت‌های متغیر محفظه: راهرو جهت‌گیری: شرق و غرب	ساختمان: هیدرو پلیس مانیتوبا مکان: وینیپگ، منیتوبا، کانادا آب‌وهوا: مرطوب قاره‌ای، Dfb	نمای دوپوسته ساخت‌وساز بررسی اجمالی
پوسته بیرونی: آهن مکم انتشار IGU، در قاب دیوار تیغه‌ای آلومینیومی	 حالت بافر (زمستانی)	 حالت تهویه خارجی (تابستانی)
فضای هوایی: ارتفاع ۱ طبقه؛ تقریباً ۱۲۵۰ میلی‌متر (۴۹ اینچ) عمق		
پوسته داخلی: تک‌جداره دیوار تیغه‌ای آهنی با IGU کم؛ پوشش پیرولیتیک ^۱ کم E در قسمت داخلی		
ساختار نما: واحدهای نما به قاب ساختمان در سطح طبقه ثابت می‌شوند.		
کنترل خورشیدی: کرکره‌های فلزی سوراخ‌دار قابل تنظیم موتوردار		
ورودی و خروجی هوا: دریچه‌های لعاب‌دار موتوری		
ساختار ساختمان: اسکلت بتنی با دال وارونه برای بهینه‌سازی نور روز، سقف گرمایش و سرمایش تابشی یکپارچه در دال	 حالت بافر (زمستانی)	 حالت تهویه خارجی (تابستانی)
طبقه مرتفع (توزیع هوای زیر کف) بت ^۲ آتش و دود مه‌روموم بین سطوح کف		

شکل ۸-۴-۱۴. نمای کلی ساخت نمای دوپوسته برای شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا، اطلاعات از معماران کی پی ام بی، منبع: ماری بن بونهام تصویر توسط متیو ویلبر^۳ و مری بن بونهام.

ویژگی اول نمای دوپوسته: جهت‌گیری و حجم

جهت‌گیری و الگوی کلی فرم ساختمان در طول فرآیند طراحی مفهومی، زمانی که دهلیزها به‌عنوان نیروگاه‌های غیرفعال برای پیش‌تهویه هوای تازه در طول سال در نظر گرفته شدند، ظاهر شد. منطقه وسیع دهلیز رو به جنوب برای برداشت بهینه از خورشید و باد است که توسط بلوک‌های اداری رو به شرق و غرب احاطه شده‌اند. بلوک برج غربی، عمود بر نمای دهلیز جنوبی است. از این‌رو، جهت‌گیری طولانی آن به سمت غرب است. بلوک برج شرقی کمی به سمت

1. pyrolytic

2. batt

3. Matthew Willbur

شمال شرقی می‌چرخد تا با سکوی تریبون و خیابان مجاور هماهنگ شود. شکل برج نیز برای به حداقل رساندن تأثیر سایه در خیابان پرتیج مورد مطالعه قرار گرفت.

جدول ۸-۴-۳.

زیست اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته						ساختمان: هیدرو پلیس مانیتوبا مکان: وینیپگ، مانیتوبا، کانادا آب و هوا: اقلیم مرطوب قاره‌ای
عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	مفاهیم زیست اقلیمی	● نشان می‌دهد که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی‌های طراحی زیست اقلیمی پشتیبانی می‌کند.				بسته قطعات نمای دوپوسته
		فضای جریان هوا	عناصر سایه	منفذهای تهویه	لعب کاری	ساختار
تشعشع	بهینه‌سازی نور روز	●	●		●	●
حرارتی	مجموعه خورشیدی و ذخیره‌سازی حرارت	●	●		●	●
	توزیع حرارت	●		●		●
	حفاظت از گرما	●		●	●	
	کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما	●	●		●	●
	خنک کننده طبیعی و اتلاف حرارت	●		●		●
	تهویه مطبوع فعال					
صوتی	جداسازی صوتی	●			●	
فضایی متحرک	بازدیدها		●		●	●
	غیربصری ارتباط با طبیعت	●		●		●
	کنترل فردی محیط زیست		●	●		●
	تولید انرژی‌های تجدیدپذیر					
اخلاقی اجتماعی تاریخی	تأثیر محیطی اندک هزینه تعمیر و نگهداری ساختار و مونتاژ زیبایی‌شناسی ارتباطات تعبیه‌شده در مکان	●				
		کاربرد نمای دوپوسته	نمای دوپوسته رو به شرق و غرب برای دفتر مرکزی شرکت آب و برق			
		طبقه‌بندی	راهرو باحالت‌های تهویه متغیر			
		استراتژی‌ها و امکانات	مفاهیم زیست اقلیم و قطعات ذکر شده در بالا منجر به استراتژی‌ها و ویژگی‌های طراحی نمای دوپوسته زیر شد. برای بحث به مطالعه موردی مراجعه کنید.			
			۱. جهت‌گیری و توده ۲. برای راحتی حرارتی و بصری بهینه شده است ۳. حالت‌های چندگانه تهویه طبیعی ۴. ساخت راهرو ۵. هدف‌گیری و آزمایش برای انرژی کم/ عملکرد بالا			

نماهای شرقی و غربی برج پوشیده از نمای دوپوسته از برخی بادهای مستقیم بهره می‌برد؛ درحالی‌که از فشار تندبادهای جنوبی با سرعت بالاتر جلوگیری می‌کند. در وضعیتی که جهت‌گیری‌های شرقی و غربی به‌اندازه نماهای لعاب‌دار رو به جنوب که در آن تابش خیره‌کننده به‌راحتی با دستگاه‌های آفتاب‌گیر افقی مدیریت می‌شود، ایده‌آل نیست، نور روز با یک سیستم دریچه قابل تنظیم کنترل می‌شود. نسبت بلوک‌های اداری، با ارتفاعی بزرگ‌تر از حد معمول، از کف تا سقف و پیکربندی باریک بالکن «پلان باز»، برای بهینه‌سازی نفوذ نور روز در مناطق اداری عمل می‌کند.

ویژگی دوم نمای دوپوسته: بهینه‌سازی برای آسایش حرارتی و بصری

ویژگی‌های کلیدی کمک‌کننده نمای دوپوسته به آسایش حرارتی و کاهش تقاضای انرژی عبارت‌اند از: فضای هوای عریض ۱ متر (۳/۲۸ فوت)، مشخصات لعاب و جرم حرارتی سازه بتنی اکسپوز^۱. هنگامی که نمای دوپوسته در حالت حائل است، پنجره‌های پوسته بیرونی بسته می‌مانند. محفظه پیکربندی راهرو با یک واحد لعاب عایق شیشه چندجداره محکم بسته شده است تا در برابر دمای شدید تابستان و زمستان محافظت شود و از تراکم یا تشکیل یخ در زمستان جلوگیری کند. یک سیستم تابشی درون دال، مانند آنچه در فضای اصلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای محفظه نمای دوپوسته در نظر گرفته شده است، اما این امر در طرح نهایی حذف شد. هوا در محفظه به‌طور مرتب به ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۶۸ درجه فارنهایت) می‌رسد حتی با دمای بیرونی زیر ۲۵- درجه سانتی‌گراد (۱۳- درجه فارنهایت) [۱۴]. تهویه فضای هوا از گرمای بیش‌از حد جلوگیری می‌کند و به آسایش حرارتی ساکنان کمک می‌کند، همان‌طور که در بخش بعدی بحث خواهد شد.

مشخصات لعاب استراتژی‌های چندگانه جمع‌آوری گرما، اجتناب از گرما و بهینه‌سازی نور روز مورد نیاز برای این کاربرد را در خود جای می‌دهد. شیشه کم‌آهن در هر دوپوسته شفافیت بالایی دارد و رنگ سبز طبیعی شیشه شفاف را برای یک ظاهر بی‌رنگ کاهش می‌دهد. برای بهینه‌سازی بهره‌خوشیدی و انتقال نور، پوسته بیرونی با شیشه چندجداره و کم‌انتشار طراحی شده است. پوسته داخلی تک‌جداره دارای یک پوشش پیرولیتیک کم‌انتشار، بر روی سطح داخلی است تا انتقال حرارت را در تابستان به حداقل برساند و در عین حال انتقال نور را به داخل حفظ کند [۱۵]. هنگامی که گرما وارد محفظه شده و در آن جمع می‌شود، سطوح شیشه‌ای با پوشش کم‌انتشار نور، متقابلاً آن را تقویت می‌کند تا در آنجا بماند. پیکربندی شرکت هیدرو مانیتوبا، یک معکوس از رویکرد کلاسیک تر نمای دوپوسته است، جایی که شیشه چندجداره روی پوسته داخلی قرار می‌گیرد، سازگاری‌ای که در پاسخ به آب‌وهوای وینپگ انجام شده است [۱۶].

علاوه بر شیشه‌های کف تا سقف، ویژگی‌های کلیدی کمک‌کننده برای به حداکثر رساندن نفوذ نور روز، لبه دال بتنی پله‌ای و مرکزی با عرض باریک است. فاصله از نمای داخلی تا هسته ۱۱/۵ متر (۳۸ فوت) است. بالکن‌ها حدود ۲ متر (۶٫۵۶ فوت) عمیق‌تر از استانداردهای آیین‌نامه آلمانی تعیین شده برای روشنایی روز هستند، باین‌حال بسیار باریک‌تر از یک ساختمان اداری محلی معمولی هستند [۱۷]. چیدمان مبلمان، استراحتگاه‌های کاری کارکنان را در اطراف محیط قرار می‌دهد که در آن مناظر و نور روز فراوان است. فضاهای کاری انعطاف‌پذیری که مرکز را می‌پوشانند و با پارتیشن‌های شیشه‌ای محصور شده‌اند تا نور روز را از فضاهای بالکنی مجاور دریافت کنند.

کیفیت نور روز و بهره‌خوشیدی با کرکره‌های خودکار کنترل می‌شوند. کرکره‌های مشبک به رنگ سفید و عریض از طریق سیستم مدیریت ساختمان همراه با یک سیستم کنترل سایه جداگانه کنترل می‌شود. پروتکل کنترل‌کننده تاریکی، براساس یک مدل کامپیوتری با استفاده از داده‌های مسیر خورشیدی و سایه‌های ایجاد شده با ساختمان‌های اطراف بود [۱۸]. سنسورهای دما و نور برای حفظ آسایش و بهره‌وری انرژی بهینه استفاده می‌شوند. یک رابط کاربری سفارشی به هر کارمند امکان می‌دهد تا سایه‌های اطراف خود را کنترل کند [۱۹]. پنجره‌های کرکره‌ای می‌توانند به‌طور کامل از دید خارج شوند و به فضایی که در اثر واژگونی دال تشکیل شده است، جمع شوند. پنجره‌های کرکره‌ای در

1. Exposed

می‌شود. سقف‌های بتنی در معرض دید، به رنگ سفید نقاشی شده‌اند تا توزیع نور را افزایش دهند. بتن اکسپوز، عامل اصلی برای سیستم گرمایش و سرمایش تابشی درون دال و گسترش دیوارهای شیشه‌ای می‌باشد که آکوستیک نامطلوب اتاق را در قالب دفتر کار بازتولید می‌کند. تیم طراحی برای به حداکثر رساندن جذب صدا با ساخت سطوح دیگر، یک سیستم پوشش صدا را در محدوده طبقه بالا نصب نمود تا نویز ناشی از مکالمه و فن‌های تهویه را خنثی کند [۲۱].



شکل ۸-۴-۱۶. نمای داخلی نمای دوپوسته با کرکره‌های پایین، قسمت بالایی کرکره‌ها در حالت افقی قرار می‌گیرد و به عنوان قفسه‌های سبک عمل می‌کنند. منبع: تری میر بوکه.



شکل ۸-۴-۱۷. نمای داخلی نمای دوپوسته با کرکره در حالت جمع شده. منبع: تری میر بوکه.

ویژگی سوم نمای دوپوسته: حالت‌های چندگانه تهویه طبیعی

نمای دوپوسته سه حالت اصلی تهویه دارد: بافر (جمع‌آوری و حفظ گرما)، تهویه خارجی (اتلاف گرما) و تأمین هوا. هنگامی که محفظه در حالت بافر بسته می‌شود، ویژگی‌های لعاب‌زنی به حرارت امکان می‌دهد تا به سرعت در فضای محصور ساخته شود. هنگامی که بالارفتن تولید گرما، افزایش تقاضا برای خنک‌سازی را تهدید می‌کند - که می‌تواند زمانی رخ دهد که دمای بیرونی بالای ۵ درجه سانتی‌گراد (۴۱ درجه فارنهایت) افزایش یابد - سنسورهای موجود در محفظه به سیستم مدیریت ساختمان سیگنال می‌دهند که دریچه‌های سایبان را باز کند. باد و جریان هوای همرفتی هوای گرم‌شده را از محفظه خارج می‌کنند. انباشت عمودی دوپنجره در فضای هوایی همراهی، حرکت جریان هوای

برگشتی را تسهیل می‌کند. سیستم مدیریت ساختمان همچنین عملیات پنجره را براساس داده‌های آب‌وهوایی زمان واقعی از خارج از محفظه، مانند دمای هوای بیرون، رطوبت، سرعت باد و بارش کنترل می‌کند.

مرحله بهینه‌سازی پس از اقامت، بر به حداکثر رساندن دوره زمانی‌ای که نمای دوپوسته می‌توانست در حالت تأمین هوا باشد، متمرکز بود که تقاضای انرژی سرمایشی ساختمان را کاهش می‌داد. این تلاش شامل تعامل و آموزش کارکنان در مورد استفاده از پنجره‌ها در پوسته داخلی بود. بازکردن پنجره‌ها در دفتر نشان‌دهنده تغییر فرهنگ برای کارمندی بود که به محیط‌های کاری کاملاً بسته عادت داشتند. تیم مدیریت انرژی متوجه شد که وقتی پنجره‌ها بسته باشد، فشار منفی در فضا ایجاد می‌شود و اگر تنها یک کارمند پنجره خود را باز کند، منجر به وزش باد خواهد شد. در پاسخ، شرکت هیدرو مانیوبا، یک ویدئوی آموزشی برای کارمندان خود تهیه کرد؛ این ویدئو شامل یک آزمایش دود بود که نشان می‌داد چگونه تنظیم دهانه دریچه هوا، فشار به جلو را کاهش می‌دهد. آن‌ها همچنین یک برنامه کامپیوتری رومیزی ایجاد کردند که به کارکنان اطلاع می‌دهد؛ برای مواقعی که شرایط برای بازکردن پنجره‌ها در آب‌وهوای مناسب یا بستن پنجره‌ها زمانی که ساختمان به حالت تهویه مکانیکی قرار می‌گیرد، مناسب است.

دوره تهویه طبیعی بعد از این که تیم متوجه شد که هوا بدون معطلی و اختلاط، به‌طور مستقیم از طریق محفظه وارد فضای اداری می‌شود، بیشتر شد. اطلاعات دمای محفظه ارسال شده به سیستم مدیریت ساختمان دقیق بود، اما به دلیل موقعیت سنسور سیستم، تا حد امکان به حالت تهویه طبیعی سیگنال داده نمی‌شد. این مشکل با تنظیم کنترل‌های سیستم تهویه برای ایجاد شرایط هوای بیرون به جای شرایط محفظه نمای دوپوسته اصلاح شد. با این مقررات، در یک سال معمولی شرکت هیدرو پلیس مانیوبا در حالت تهویه طبیعی برای ۳۵ درصد از ساعات کاری سالانه برای دوره‌ای از آوریل تا اکتبر قرار دارد [۲۴].

ویژگی چهارم نمای دوپوسته: ساخت کریدور

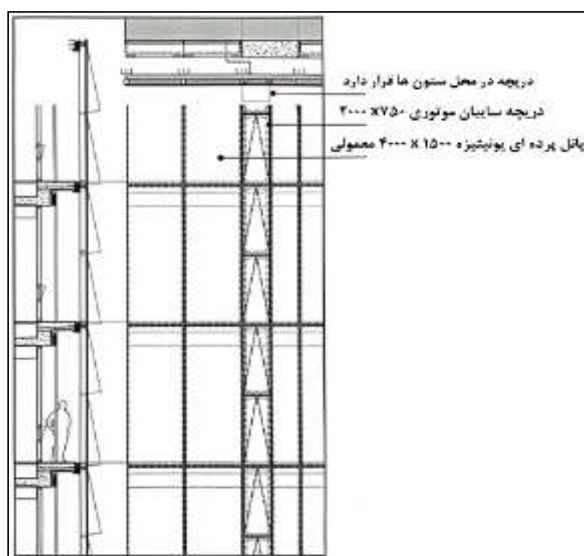
ظاهر بیرونی نمای دوپوسته صاف و منظم است. هر نما یک شبکه براق است که به‌دقت با ستون‌ها و دال‌های قاب بتنی ساختمان هماهنگ شده است. فضای هوایی یکی از طبقات شرکت هیدرو پلیس مانیوبا با نمای دوپوسته ضخیم، در امتداد سمت طولانی بلوک‌های اداری پیوسته است. عرض کل سیستم ۱۳۰۰ میلی‌متر (۵۱ اینچ) با یک فضای هوای بین دوشیشه تقریباً ۱۲۵۰ میلی‌متر (۴۹ اینچ) است. پوسته بیرونی، از جنس آلومینیوم یکپارچه و دیوار تیغه‌ای شیشه‌ای عایق شده است که لبه بیرونی دال‌های کف بتنی را می‌پوشاند. واحدهای معمولی با قاب آلومینیومی، ۱۵۰۰ میلی‌متر (۵۹ اینچ)، عرض و ۴۰۰۰ میلی‌متر (۱۵۷ اینچ) ارتفاع دارند و به لبه دال متصل می‌شوند. حتی در فواصلی که با ستون‌های بتنی هم‌تراز هستند، واحدهای پنجره یک خط باریک به شبکه اضافه می‌کنند. سایبان‌های پنجره هر کدام به عرض ۷۵۰ میلی‌متر (۲۹/۵ اینچ) و ارتفاع ۲۰۰۰ میلی‌متر (۷۹ اینچ)، برای تسهیل جریان هوا به سبک متداول، در دوار ارتفاع روی هم قرار گرفته‌اند.

پوسته تک‌جداره داخلی از کف تا سقف کشیده شده است. وادار^۱های عمودی با آن‌هایی که در پوسته بیرونی قرار دارند، همسو می‌شوند. دو وادار افقی تقریباً در ارتفاع کمر و میز، پنجره‌های قابل حرکت را به‌صورت دستی تنظیم می‌کنند. این پنجره‌های با سبک قیفی به محفظه متصل بوده اما در ناحیه کرکره‌ها نفوذ نمی‌کنند. پنجره‌ها بین وادارهای دیگر قرار می‌گیرند که منجر به سه‌پنجره در هر انحنای کناری می‌شود. یک درب منفرد، در نزدیکی مرکز طولی نمای دوپوسته به‌جای یکی از پنجره‌ها جایگزین می‌شود تا دسترسی تعمیر و نگهداری به فضای هوا را فراهم کند. برنامه تعمیر و نگهداری مستلزم تمیزکردن سالانه داخلی محفظه و یک برنامه تعمیر و نگهداری منظم برای شست‌وشوی پنجره‌های بیرونی است.

۱. چوب یا قطعه فلزی عمودی یا افقی، که شیشه‌های پنجره یا درازها را از هم جدا می‌کند.



شکل ۸-۴-۱۹. فضای داخلی محفظه نمای دوپوسته، منبع: کی پی ام بی.



شکل ۸-۴-۲۰. نقشه‌های دیوار تیغه‌ای: پلان جزئی نمای دوپوسته، مقطع و نما، منبع: کی پی ام بی.



شکل ۸-۴-۲۱. مدولاسیون فعال شده با آب‌وهوا در پنجره‌های کرتین وال^۱ نمای دوپوسته، باعث ایجاد الگوها و بافت‌های متغیر در نمای ساختمان می‌شود. منبع: کی پی ام بی.

محفظه در پشت سازه شیشه‌ای و بتنی خالی، به هم ریخته و ناتمام می‌باشد. یک چرخش به سمت بالا در دال بتنی که برای افزایش نفوذ نور روز طراحی شده است، مکان مناسبی را برای جدا کردن کرکره‌ها زمانی که آن‌ها در موقعیت جمع شده هستند، فراهم می‌کند. اینجا در بالای محفظه در کنار پوسته بیرونی، یک محفظه آلومینیومی اتصالات نما و مواد ضد آتش را بین طبقات پنهان می‌کند. یک فرورفتگی آستانه در محل پایه محفظه قرار دارد تا هرگونه نفوذ یا تراکم بالقوه رطوبت را مدیریت کند.

ویژگی پنجم نمای دوپوسته: هدفمندسازی و آزمایش برای انرژی پایین / عملکرد بالا

هیدرو پلیس مانیتوبا در مقایسه با ۲۵۰ کیلووات ساعت بر مترمربع (۲۳ کیلووات ساعت بر فوت مربع) برای یک ساختمان اداری معمولی در وینیپگ، دارای مصرف نهایی گرمایش حرارتی سالانه ۲۸ کیلووات ساعت بر مترمربع (۳ کیلووات ساعت بر فوت مربع) است [۲۵]. نقش نمای دوپوسته در عملکرد انرژی کل ساختمان در خواص عایق، تهویه و روشنایی نور روز آن است که به طور مستقیم به کاهش بارهای تهویه مطبوع و روشنایی کمک می‌کند. در طول مرحله توسعه طراحی، نمای دوپوسته توجه بسیاری از متخصصان دیگر را به تیم طراحی یکپارچه جلب کرد. مشاوران حلقه «بروک ون دالن» با معماران برای نوشتن مشخصات دیوار تیغه‌ای، بررسی طراحی‌های کارگاه و تسهیل تست ماکت در اندازه کامل، کار کردند. این ماکت شامل یک فضای کامل از یک طبقه معمولی بود تا بتوان طراحی محل کار را در ارتباط با نما بررسی کرد. این تیم همچنین مطالعات دینامیک سیالات محاسباتی و قابلیت ساخت را انجام دادند. دیوار تیغه‌ای یک جزء «کمک طراحی» بود که به پیمان کار دوم، «فرگوسن نیودورف»^۲ برای توسعه طراحی شیشه‌آلات، از جمله مدل‌سازی حرارتی، یک آزمایش ساختگی دوم از نما در شرایط پویا، نقشه‌های کارگاهی ساخت و نصب، اعطا شد. قرارداد پوسته داخلی برای لبه شیشه و آلومینیوم مقرر شد. «ترانسولار»^۳، که در مرحله انبوه‌سازی شرکت کرده بود، برای شرکت در بررسی طرح‌ها و مشخصات نمای دوپوسته بازگشت [۲۶].



شکل ۸-۴-۲۲. شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا در حال ساخت، منبع: وان ای جی اس^۴.

1. Brook Van Dalen
2. Ferguson Neudorf

3. Transsolar
4. 1ajs

در تمام سطح ساختمان، دستاوردهای انرژی شرکت هیدرو مانیتوبا را می‌توان به‌عنوان یک فرآیند پایدار هدف‌گذاری و آزمایش عملکرد دنبال کرد. با پیش‌بینی نیاز به اندازه‌گیری و بررسی عملکرد ساختمان، تصمیم به استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری دقیق در مراحل اولیه فرآیند طراحی گرفته شد. پرسنل عملیات ساختمان در مراحل طراحی و ساخت گنجانده شدند تا از طراحی مطلع شوند و دانش عملیات سیستم را برای تغییر بی‌نقص به‌دست آورند. پس از تصرف، کارمندان اصلی و تیم طراحی برای مطالعه بهره‌وری محیط کار و عملکرد ساختمان حفظ شدند. این آینده‌نگری در برنامه‌ریزی برای تحقق اهداف پروژه در راستای آسایش محیط کار و عملکرد انرژی ضروری بود [۲۷].

ابتدا، تیم طراحی یک هدف بلند پروازانه عملکرد انرژی را در طراحی اولیه ایجاد کرد. نرم‌افزار شبیه‌سازی به تیم پروژه کمک کرد تا گزینه‌های مختلف طراحی را در چندین نقطه در فرآیند طراحی ارزیابی کند. در طراحی مفهومی، ترانسولار با دیگر طراحان برای ارزیابی ده‌ها ترکیب رسمی در سایت کار کرد، که منجر به انتخاب و اجرای راه‌حل (ای) شکل شد. این امر به تیم اعتماد به نفس داد تا یک هدف انرژی تعریف‌شده کم‌تر از ۱۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع در سال را دنبال کنند. در مقایسه، یک ساختمان اداری معمولی در مقیاس بزرگ، سالانه بیش از ۴۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع مصرف می‌کند.

هدف تعیین‌شده برای شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا جهت صرفه‌جویی بی‌سابقه ۶۰ درصدی انرژی در مقایسه با یک ساختمان اداری با اندازه مشابه «پایه» بود که برای پاسخگویی به عملکرد مؤثر انرژی توصیه‌شده منطقه در آن زمان، قانون انرژی ملی ساختمان‌های مانیتوبا^۱ طراحی شده بود [۲۸]. مدل‌های انرژی پایه، ابزارهای پویایی هستند که باید با پیشرفت طراحی به‌روز شوند تا تغییرات قابل‌توجهی را در ساختمان پیشنهادی منعکس کنند. پس از ساخته‌شدن و تصرف ساختمان، مدل شبیه‌سازی به‌عنوان یک ابزار بسیار ارزشمند برای ردیابی استفاده از انرژی پس از ساخت باقی ماند. مدل پایه اکنون می‌تواند برای در نظر گرفتن شرایط اجرایی واقعی، مانند آب‌وهوا، سکونت و پارامترهای فعالیتی سیستم تنظیم شود [۲۹].

اگرچه مدل شبیه‌سازی هیدرو پلیس مانیتوبا پیش‌بینی کرده بود که بارهای کنترل‌شده، سالانه ۹۰/۹ کیلووات ساعت بر مترمربع (۲۸/۸ کیلووات بر فوت مربع) مصرف خواهند کرد، کنتورها مصرف واقعی انرژی را در پایان اولین سال اسکان ساختمان، ۱۶۱/۲ کیلووات ساعت بر مترمربع (۵۱/۱ کیلووات بر فوت مربع) نشان دادند. زمانی که مصرف انرژی اندازه‌گیری‌شده با مدل شبیه‌سازی ساخته‌شده مطابقت نداشت، تیم راه‌اندازی تلاش کرد تا محدوده‌های مشکل را برای تطبیق مشخص کند. شکاف عملکرد برای بارهای تنظیم‌شده خاص (انرژی مورد استفاده برای آب گرم، روشنایی، گرمایش، سرمایش، کنترل رطوبت، تهویه، پمپ‌ها و فن‌ها) با اقداماتی مانند تنظیم هدف‌های مجموعه در سیستم کنترل تهویه مطبوع، تغییر و اصلاح کنترل و ایجاد اصلاحات مکانیکی کوچک بدون کاهش آسایش ساکنین، بسته شد [۳۰].

مرحله بهینه‌سازی دوساله پس از راه‌اندازی پروژه، یک گام ضروری برای شناسایی مشکلات، بازنگری اجزای کلیدی سیستم (در صورت عملی‌شدن) و آموزش بیشتر ساکنان در برخی از جنبه‌های تعاملی تر، مانند تهویه و روشنایی بود. در سال سوم، در نتیجه تلاش‌های بهینه‌سازی پس از راه‌اندازی، مصرف انرژی سالانه بارهای تنظیم‌شده به ۸۵٫۳ کیلووات ساعت بر مترمربع (۲۷ کیلووات بر فوت مربع) کاهش یافت. در آن زمان، عملکرد ساختمان از هدف کاهش مصرف انرژی تا ۶۰ درصد نسبت به پایه قانون انرژی ملی ساختمان‌های مانیتوبا فراتر رفت. تیم مدیریت انرژی مالک همچنان به نظارت و ارزیابی عملکرد سیستم، به‌عنوان بخشی از عملیات منظم سازمان ادامه می‌دهد [۳۱].

نظارت بر عملکرد با زیرساخت‌های اندازه‌گیری و تأیید گسترده امکان‌پذیر می‌شود. بیش از بیست‌وپنج هزار نقطه مشاهده در ساختمان به‌طور مداوم به نرم‌افزار مدیریت انرژی مبتنی بر وب، بازخورد ارسال می‌کند. روشنایی، بارهای پریز، مصرف انرژی اجزای تهویه مطبوع و مصرف انرژی گرمایش آب از جمله بارهای اندازه‌گیری‌شده هستند. حسگرهای

انتخاب‌شده بازخورد را مستقیماً به سیستم مدیریت ساختمان ارسال می‌کنند که به‌نوبه خود عملکرد سیستم را کنترل می‌کند [۳۲].

برنامه اندازه‌گیری گسترده ساختمان مناطقی را برای بهبود مستمر نشان می‌دهد. بارهای متصل‌شونده و مرکز داده‌ها، نیمی از کل انرژی مصرفی ساختمان را تشکیل می‌دهند. این بارهای «تنظیم‌نشده» به بارهای تنظیم‌شده اضافه می‌شوند تا ای‌یو‌آی^۱ سایت که نشان‌دهنده مجموع مصرف انرژی خریداری‌شده برای یک سال است، تعیین شود. مصرف انرژی خرید سالانه هیدرو پلیرس مانیتوبا برای سال ۲۰۱۱-۲۰۱۲ برابر با ۱۷۶,۶ کیلووات ساعت بر مترمربع (۵۶ کیلوپایت بر فوت مربع) بود، که نشان‌دهنده ۴۲ درصد کاهش نسبت به مقدار پایه است [۳۳]. این امر نیاز به هدف‌گذاری و پیگیری عملکرد فناوری اطلاعات و سایر بارهای غیرقابل تنظیم همراه با سایر معیارهای عملکرد در طول فرآیند طراحی یکپارچه دارد.

بحث

هیدرو پلیرس مانیتوبا گواهی‌نامه لید پلاتینیوم را از شورای ساختمان سبز کانادا در سال ۲۰۱۲ دریافت کرد، اولین برج اداری کانادا که به این افتخار دست‌یافت. این ساختمان علاوه بر کسب هر امتیاز ممکن در رده «انرژی» به‌جز امتیاز انرژی‌های تجدیدپذیر در محل، عملکردی مثال‌زدنی در سایر زمینه‌های پایداری ازجمله انتخاب مکان، بهره‌وری آب، مواد و منابع و کیفیت محیط داخلی از خود نشان داد [۳۴].



شکل ۸-۴-۲۳. نمای خیابان شرکت هیدرو پلیرس مانیتوبا، منبع: تری میر بواکه.



شکل ۸-۴-۲۴. عکس تیم شرکت هیدرو پلیرس مانیتوبا، منبع: کی پی ام بی.

1. EUI

تأثیر طراحی زیست‌اقليمی بر شهر، فراتر از دیوارهای ساختمان است. مشاهده الگوی بازشوهای پنجره بر روی نماها و توجه به تفاوت بین بخش‌های شرقی و غربی ساختمان در ارتباط با زمان روز بسیار جذاب است. ظاهر شیشه‌ای از انعکاس درخشان آسمان با یک نمای شفاف به گرمای فضای داخلی تغییر می‌کند. کرکره‌ها بالا و پایین می‌آیند و گاهی اوقات پنجره‌ها فقط در سطوح انتخابی از یک‌جهت معین باز می‌شوند که منجر به تفکر در مورد اثرات زاویه خورشید، اثر حجم و سایر نیروهای مؤثر می‌شود که موجب تعدیل پوسته ساختمان شده‌اند. شهروندان وینیپگ این را بیشتر شاعرانه می‌دانند تا علمی. کی پی ام بی بازشدن پنجره در شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا را به‌عنوان یک رویداد شهری توصیف می‌کند و می‌گوید که به «معادل بصری زنگ‌های کلیسا» برای وینیپگرها^۱ تبدیل شده است [۳۵].

شرکت هیدرو پلیس مانیتوبا نیز شناخته شده و نفوذ بین‌المللی داشته‌است. مدل با عملکرد بالا به‌عنوان نقطه بهار برای دیگر ساختمان‌های اداری «مدرن» بزرگ در آمریکای شمالی کپی شده است. پشت دستاوردهای فنی شرکت هیدرو مانیتوبا داستان قدرتمندی از طراحی و فرآیند راه‌اندازی آن وجود دارد. مطالعه موردی، پتانسیل یک فرآیند طراحی یکپارچه را به‌عنوان مسیری برای نوآوری و سطوح بالاتر عملکرد و رضایت مالک/ استفاده‌کننده، نشان می‌دهد.

1. Winnipeggers

یادداشت

- [1] Manitoba Hydro. 360 Portage Avenue. Manitoba Hydro (n.d.).
- [2] Manitoba Hydro. "Sources of energy," www.hydro.mb.ca/environment/index.shtml
- [3] Bruce Kuwabara, Thomas Auer, Tom Gouldsborough, Tom Akerstream, and Glen Klym, "Manitoba Hydro Place: Integrated Design Process Exemplar," in PLEA2009–26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada (PLEA, 2009).
- [4] Climate information from Climate Consultant and Climate-Data.org.
- [5] Kuwabara et al, "Manitoba Hydro Place: Integrated Design Process Exemplar."
- [6] Peter Sampson, "Climate Controlled," *Canadian Architect* (January 2010): 16–22.
- [7] Tom Akerstream (Manitoba Hydro Corporate Facilities Manager), in discussion with the
- [8] author June 2013.
- [9] Julie Gervino (Manitoba Hydro Visitor Services Coordinator), in discussion with the author June 2013.
- [10] Manitoba Hydro. 360 Portage Avenue.
- [11] Nadav Malin, "Persistence Payoff: Post-occupancy Fine-tuning Helps Manitoba Hydro Place Achieve Its Goals," *GreenSource* 8, no. 3 (May 2013): 76 and Akerstream, in discussion with the author June 2013.
- [12] Gervino, in discussion with the author June 2013.
- [13] Kuwabara Payne McKenna Blumberg Architects, *Manitoba Hydro Place—A Climate Responsive Design Model*, (KPMB 2009). www.manitobahydroplace.com.
- [14] Ibid.
- [15] Bruce Kuwabara, Thomas Auer, Tom Akerstream, Glen Klym, Mark Pauls, Kael Opie, John Peterson, "Manitoba Hydro Place Case Study: Harnessing Climate," in *High Performance Buildings*, ed. Amanda Sebris, Fall 2011 (ASHRAE, 2011), 7–16.
- [16] Joann Gonchar, "More than Skin Deep," *Architectural Record* (July 2010): 102–11.
- [17] Tom Akerstream, Alexander Knirsch, and Mark Pauls, "Manitoba Hydro Place: Energy Efficiency 2.0," *ASHRAE Transactions* (ASHRAE 2013), www.ashrae.org.
- [18] Sampson, "Climate Controlled."
- [19] John Crocker (Smith Carter Architects and Engineers), in discussion with the author June 2013.
- [20] Embedia Technologies, "Manitoba Hydro Tower," www.embedia.com.
- [21] Akerstream, Knirsch, and Pauls, "Manitoba Hydro Place."
- [22] Royal Architectural Institute of Canada, "2030 Challenge Case Studies: Manitoba Hydro Place," RAIC 2011.
- [23] Gonchar, "More than Skin Deep."
- [24] Akerstream, Knirsch, and Pauls, "Manitoba Hydro Place."
- [25] Ibid.
- [26] Kuwabara et al., "Manitoba Hydro Place Case Study."
- [27] John Crocker, in discussion with the author June 2013.
- [28] Akerstream, Knirsch, and Pauls, "Manitoba Hydro Place."
- [29] Kurabawa et al., "Manitoba Hydro Place."
- [30] Efficiency Valuation Organization, *IPMVP Vol. II1, Part I*.
- [31] Akerstream, Knirsch, and Pauls, "Manitoba Hydro Place."
- [32] Ibid.
- [33] KPMB, "Data Wall Handout," *Manitoba Hydro Place—A Climate Responsive Design Model* (KPMB, 2009), www.manitobahydroplace.com.
- [34] Malin, "Persistence Payoff."
- [35] Canadian Green Building Council, "Project Profile: Manitoba Hydro Place," <http://leed.cagbc.org>.
- [36] KPMB, "Manitoba Hydro Place," in *xia IntelligenteArchitektur* 73, (2010), www.xiaonline.de.



شکل ۸-۵-۱. برج رودخانه مروارید^۱، منبع: تیم گریفیت^۲.

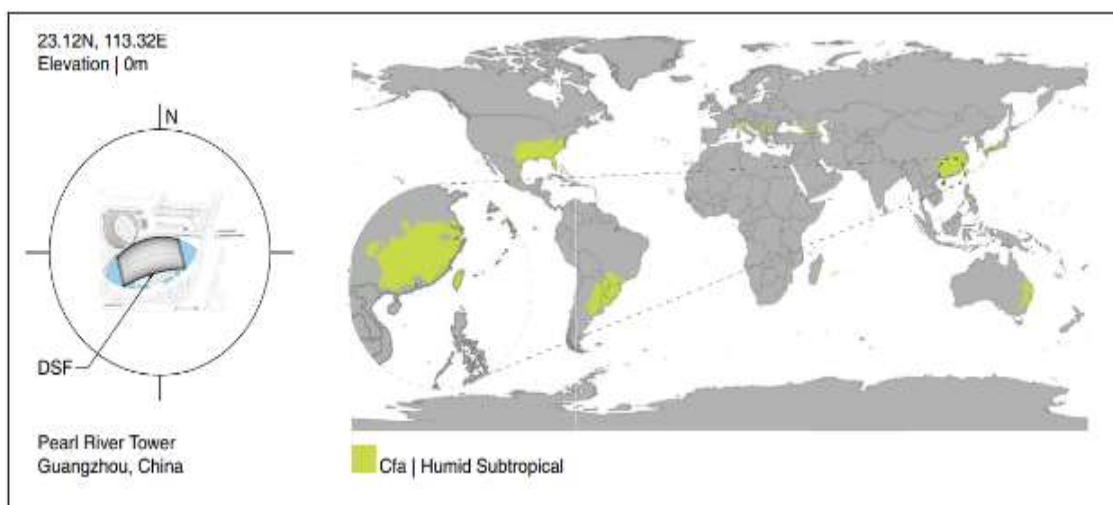
1. Pearl River

2. Tim Griffith

فصل هشتم - بخش پنجم

برج رودخانه مروارید

گوانگژو، چین، ۲۰۰۵-۱۳



شکل ۸-۵. موقعیت مکانی، منبع: ماری بن بونهام، تصویر ارائه شده توسط متیو ویلبر.

جدول ۸-۵-۱. اطلاعات ساختمان برای برج رودخانه مروارید

تاریخ	رقابت ۲۰۰۵؛ ساخت و ساز ۲۰۰۶-۱۳
مالک	شرکت دخانیات گوانگدونگ / شرکت خصوصیات برج رودخانه مروارید گوانگژو، با مسئولیت محدود
طرح معماری	اسکیدمور، اوپینگز، مریل، ال ال پی ^۱
مؤسسه طراحی محلی	مؤسسه طراحی گوانگژو
آکوستیک	شرکت شن میلسون ویلک ^۲
پوشش ساختمان	مین هارد ^۳
آتش نشانی/ ایمنی جان	شرکت رولف جنسن و همکاران ^۴
چشم انداز	گروه اس دبلیو ای ^۵
نورپردازی	محوری
نگهداری	شرکت سیستم های بلندمرتبه
مهندسی مکانیک و سازه	اسکیدمور، اوپینگز، مریل، ال ال پی
حمل و نقل عمودی	شرکت فورتون شپلر سیلینگ ^۶

1. Skidmore, Owings & Merrill, LLP
2. Shen Milsom Wilke

3. Meinhardt
4. Rolf Jensen & Associates
5. SWA

6. Fortune Shepler Saling

روآن ویلیامز دیویس و ایروین. آر دبلیو دی آی ^۱	باد
گروه ساختمانی شانگهای	ساخت‌وساز
گروه جانگو بیجینگ ^۲	پیمانکار
شیشه جنوبی چین	سازنده دیوار تیغه‌ای
کوکس گومیل ^۳	لعب‌کاری
	سیستم دسترسی نما
	ساختمان
مساحت سایت: ۱۰,۶۳۵ متر مربع (۱۱۴,۴۷۴ فوت مربع)، مساحت ناخالص ساختمان: ۲۱۴,۰۲۹ متر مربع (۲,۳۰۳,۷۸۹ فوت مربع)	مساحت
۷۱ طبقه، ارتفاع ساختمان: ۳۰۹,۶ متر (۱۰۱۶ فوت)	ارتفاع
دفتر با خرده‌فروشی، ظرفیت سرنشین ۲۲۴۵	کاربری

منبع: اس او ام و سی تی بی یو اچ^۴.



شکل ۸-۵-۳. حقایق سریع نمای دوپوسته (نمای دوپوسته دارای تهویه داخلی اولین نمونه از نوع خود در این منطقه بود. فضای هوایی نمای دوپوسته یک پیکربندی پنجره جعبه است که توسط تقسیم‌بندی عمودی و افقی پانل‌های دیوار تیغه‌ای یکپارچه با ارتفاع بالا تعریف می‌شود. نمای دوپوسته به دلیل نقشش در هدف انرژی صفر پروژه و ادغام استراتژی‌های انرژی تجدیدپذیر قابل توجه است. منبع: ماری بن بونهام.

مقدمه

برج پیرل ریور یک برج اداری مرتفع در منطقه تجاری و مرکز شهر جدید ژوجیانگ گوانگژو است. این منطقه در دو دهه گذشته به عنوان یک منطقه تجاری و مسکونی برنامه‌ریزی و توسعه یافته بود که توسعه سریع آن تا بازی‌های آسیایی ۲۰۱۰ به طول انجامید. این محله، با آسمان‌خراش‌هایی که نوار باریکی از پارک را پوشانده‌اند، شکل گرفته است. در انتهای جنوبی محله، مجموعه‌ای از مؤسسات فرهنگی در امتداد ساحل رودخانه مروارید لنگر انداخته‌اند. اگرچه رسماً با ارتفاع ۳۰۹/۶ متر و ۷۱ طبقه، برج پیرل ریور بلندترین یا پُرآذین‌ترین برج در گروه عظیم برج‌ها نیست؛ در عوض، قامت آن در طراحی شیک و نوآورانه برج نهفته است که به دلیل هدف اولیه آن که اولین آسمان‌خراش با انرژی خالص

1. Rowan Williams Davis & Irwin, Inc. (RWDI)

2. Beijing Jangho Curtain Wall Co., Ltd.

3. CoxGomyl

4. SOM and CTBUH

صفر در جهان است، قابل توجه است. طراحی برج پرل ریور که به سفارش شرکت گوانگژو با مسئولیت محدود توسط تیم سام^۱، مریل^۲، اوینگز^۳ و اسکیدمور^۴ در یک رقابت طراحی در سال ۲۰۰۵، از یک چشم انداز مشترک بین مشتری و تیم طراحی برای طراحی نمادین و عالی بیرون آمد^[۱]. ساخت و ساز نمای دوپوسته، نماهای شمالی و جنوبی برج را می پوشاند. برج پرل ریور که در سال ۲۰۱۳ تکمیل شد، یکی از اولین ساختمان هایی است که در آب و هوای گرم مرطوب از نوع تهویه داخلی نمای دوپوسته استفاده می کند. طراحی نمای دوپوسته برای ادغام نزدیک شکل و عملکرد آن با استراتژی های ساختمانی جهت کاهش، جذب، احیا و تولید انرژی قابل توجه است.

اهداف پروژه

آسمان خراش ها صرفاً یکسری فضاهای داخلی قابل اجاره نیستند. آن ها بیانیه هایی از هویت و آرزوهای شرکتی یا مدنی هستند. برج پرل ریور زمانی به وجود آمد که شرکت ملی تنباکوی چین^۵، شرکت تنباکوی گوانگ دونگ، دفتر مرکزی خود را در منطقه تجاری مرکزی جدید گوانگژو قرار داد. املاک و مستغلات، شرکت تنباکوی گوانگ دونگ، یکی از شرکت های تابعه این شرکت منطقه ای است. هدف مشتری چیزی بیش از یک ساختمان فوق العاده دیگر با ارجاع به یک ساختمان برجسته بود. رقابت خواستار یک برج فوق العاده با کارایی بالا بود که باید به «طبیعت و بشر اجازه دهد تا در هماهنگی زندگی کنند»^[۲].

شرکت برنده رقابت، «سام»، باهدف جاه طلبانه ای برای ایجاد تعادل متمایز شد و یک ساختمان «خالص صفر» را پیشنهاد کرد که در آن زمان توسط سام به عنوان ساختمانی تعریف شد که مصرف انرژی سالانه آن با مقدار برابر انرژی تولیدشده در محل جبران می شود^[۳]. از همان ابتدا، رهبران پروژه در سام این پروژه را به عنوان فرصتی برای آزمایش به منظور فراتر رفتن از اهداف عملکرد معمولی برای ساختمان های بلند می دانستند. آن ها قصد داشتند ساختمانی فوق العاده با انرژی صفر طراحی کنند که از آن فرم از عملکرد پیروی کند^[۴]. نوآوری در طراحی به جای اختراع فناوری های جدید، در ترکیب اختراع و ادغام استراتژی ها به وجود آمده است.

سام رویکرد طراحی خود را برای پی آر تی^۶ به عنوان استفاده از چهار مرحله وابسته به هم که مرتبط با انرژی است، توصیف می کند: کاهش، جذب، احیا و تولید (جدول ۸-۵-۲). وابستگی متقابل این استراتژی ها و سیستم های مختلف ساختمانی برای دستیابی به اهداف کم انرژی ضروری بود. تیم طراحی، رویکرد عملکردمحور را به عنوان محافظی در برابر حرکات زیبایی شناختی تصادفی توصیف می کند. این برج دارای یک پوشش با کارایی بالا و ساختار نازک است که برای ایجاد منظرها، کیفیت عالی هوای داخل ساختمان، کنترل خورشیدی با نور روز و دستیابی و استفاده از انرژی تجدیدپذیر باد و خورشید در محل قرار گرفته است^[۵].

در نهایت، ساختمان به هدف انرژی صفر خالص خود نرسید. یک استراتژی برنامه ریزی شده تولید انرژی در محل اجرا نشد؛ محدودیت های محلی می توانست از فروش مجدد نیروی برق تولیدشده به وسیله میکرو توربین ها به شبکه برق، جلوگیری کند. هنگامی که شرایط سایت این تاکتیک جذب غیرفعال را ممنوع کرد، برنامه های استفاده از دمای پایدار زمین در زیر سایت برای تبادل حرارت منبع زمین نیز باید کنار گذاشته می شد. با این وجود، ساختمان نسبت به نوع خود، عملکرد کم انرژی مثال زدنی ای دارد و زیرساخت هایی برای نصب میکروتوربین های گازی در پیش بینی اتصال ساختمان به شبکه برق گوانگژو در آینده وجود دارد^[۶]. عملکرد انرژی ساختمان بعداً در همین فصل مورد بحث قرار می گیرد.

1. SOM
2. Merrill

3. Owings
4. Skidmore

5. CNTC
6. PRT

جدول ۸-۵-۲. استراتژی‌های انرژی وابسته به برج پیرل ریور. *راهبردهایی که به صورت ایتالیک نوشته شده‌اند، در طراحی نهایی اجرا نشده است.

اختصار	احیاء مجدد	جذب	تولید نیرو
جهت ساختمان سیستم‌های تهویه مطبوع با راندمان بالا شامل خنک‌کننده تابشی و تهویه زیرزمینی براساس تقاضای پوشش با کارایی بالا شامل نما کرکره‌های قابل تنظیم و سایه‌انداز خارجی. ادغام نما با سیستم تهویه مطبوع با روشنایی بالا و کنترل‌های پاسخگو به نور روز تجهیزات بدون جریان آسانسورهای مسافربری دوطبقه	بازیابی گرمای هوای خروجی بازیابی حرارت چیلر بازیابی میعانات	سرمایش زمین گرمایی* برداشت نور روز جذب انرژی خورشیدی با استفاده از بی آی پی وی ^۱ جذب انرژی باد با استفاده از وی ای دبلیو تی ^۲	تولید هم‌زمان نیرو در محل با میکرو توربین*

منبع: Information from Roger Frechette and Russell Gilchrest (CTBUH Technical Paper, 2008) and Richard Tomlinson, William Baker, Luke Leung, Shean Chien, Yue Zhu (CTBUH Journal, 2014).

نقش نمای دوپوسته در اهداف پروژه

وابستگی متقابل استراتژی‌های انرژی به‌ویژه در نمای دوپوسته برج مشهود است. کیفیت محیط داخلی و نما نیز در تعیین بیان معماری نما مؤثر بود. در یک گزارش فنی در سال ۲۰۰۸ برای مرکز ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری، «راجر فرچت^۳» و «راسل گیلچست^۴» از سام توضیح می‌دهند که نمای دوپوسته پی آر تی یک جزء حیاتی در حفظ تعادل بین حداکثر شفافیت و دستیابی به استاندارد بالایی از راحتی ساکنان است که با کاهش تابش خیره‌کننده و استفاده از تابش خورشیدی به‌دست می‌آید [۷].

مرور کلی ساختمان



شکل ۸-۵-۴. نمایی از برج رودخانه مروارید و منطقه شهر جدید ژوجیانگ در گوانگژو، چین. منبع: تانسری مولیانی^۵.

1. BIPV
2. VAWT

3. Roger Frechette
4. Russell Gilchrest

5. Tansri Muliani

آبوهوا و فرهنگ

گوانگژو در جنوبی‌ترین لبه یک منطقه نیمه‌گرمسیری مرطوب (طبقه‌بندی آبوهوای کاپن)^۱ است که بخش اعظم جنوب چین، از جمله منطقه دلتای رودخانه مروارید را در برمی‌گیرد. شهرهای ساحلی نزدیک به جنوب، مانند شنژن، نیز در تمام طول سال گرم هستند اما با زمستان‌های خشک متمایز می‌شوند. مطابق طبقه‌بندی آبوهوای کاپن، گوانگژو در تمام طول سال مرطوب است و از آوریل تا سپتامبر در معرض فصل باران‌های موسمی سالانه است. در سردترین ماه، ژانویه، میانگین دما ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد (۵۷ درجه فارنهایت) است. در گرم‌ترین ماه، جولای، میانگین دما ۲۸/۹ درجه سانتی‌گراد (۸۴ درجه فارنهایت) است. میانگین بارندگی سالانه ۱۷۱۵ میلی‌متر (۶۸ اینچ) است. این برج در فاصله کوتاهی از رودخانه ژوجیانگ (مروارید) تقریباً در سطح دریا قرار دارد [۸]. این عوامل آبوهوایی همراه با آلودگی هوا تأثیر زیادی بر طراحی نمای پی آر تی داشت. برای نماها ضروری بود که مقاومت بالایی در برابر باد همراه با باران، گرما و رطوبت داشته باشند.

زمینه فرهنگی پروژه با جدیدبودن و رشد سریع منطقه ژوجیانگ و تخصص جهانی به‌کار گرفته‌شده برای ایجاد برجی منحصربه‌فرد متمایز می‌شود. گوانگژو بخشی از یک کلان‌شهر در اطراف دلتای رودخانه مروارید است که شامل شهرهای هنگ‌کنگ، شنژن، گوانگژو و تعداد زیادی شهرهای در حال رشد در استان گوانگدونگ است. این منطقه شاهد افزایش سریع جمعیت و رشد در نتیجه اصلاحات اقتصادی چین در سال ۱۹۷۸ و تلاش‌ها برای بازکردن چین برای تجارت بین‌المللی بود. در سال ۱۹۸۰، اولین نواحی ویژه اقتصادی در مناطقی از استان گوانگدونگ و شهر شنژن ایجاد شد. گوانگژو در سال ۱۹۸۴ به روی سرمایه‌گذاران خارج از کشور باز شد. معماری در دلتای برج پل ریور تحت فشار بی‌سابقه زمان، سرعت و کمیت طراحی‌شده است. معماران کمتری در چین نسبت به هم‌تایان خود در ایالات متحده وجود داشتند که در مدت زمان کوتاه‌تری حجمی از پروژه‌ها را بیشتر طراحی می‌کردند [۹]. نحوه راه‌اندازی و طراحی پی آر تی یک انحراف قطعی از این کلیات است که با صدور یک گزارش رقابتی دقیق و چالش‌برانگیز توسط مشتریان در سال ۲۰۰۵ آغاز شد.

سام در میان گروه منتخبی از شرکت‌های معماری و مهندسی از سراسر جهان بود که برای شرکت در این رقابت دعوت شده بود. سام پروژه را به روشی یکپارچه با یک تیم بین‌رشته‌ای مفهوم بخشید. «آدریان اسمیت^۲» و «گوردون گیل^۳» سرپرست تیم طراحی مسابقه، در دفتر سام شیکاگو با مشاوران بسیاری، از اعضای تیم سام بودند. «راسل گیلکریست^۴» رهبر طراحی مراحل بعدی بود. «راجر فراچت^۵» مهندس اولیه سام برای پروژه‌ای بود که در مرحله رقابت وارد پروژه شد. «لوک لئونگ^۶»، مدیر مهندسی پایدار سام، بعداً این نقش را بر عهده گرفت. «یوئه زو^۷» طراحی فنی را در طول مدت پروژه رهبری کرد. چشم‌انداز سام برای پروژه مستلزم یک رویکرد طراحی و تحویل ساختمان بود که به‌طور قطع «تجارت طبق معمول» نبود. مراحل تحقیق، طراحی و تدارکات به‌طور یکسان با استفاده از شبکه بین‌المللی شرکت به‌عنوان پایگاه، به یک شرکت جهانی تبدیل شد.

تیم سام شامل کارکنان فنی و مدیریتی کلیدی با نقش‌های گسترده‌تر بود، مانند رابط با مشتری چینی، تسهیل‌کننده برای درک کدهای چینی و تعامل با مقامات محلی. سام علاوه بر این از کارکنان و منابع دفتر خود در شانگهای بهره‌مند شد. شرکت معماری باسابقه، موسسه طراحی گوانگژو^۸، یک شرکت طراحی بین‌رشته‌ای محلی، با مشارکت نزدیک سام، پیشرو در سند ساخت‌وساز و مراحل ساخت پروژه شد.

پیمانکار اصلی، گروه ساختمانی شانگهای بود. این پروژه از یک روش رایج در چین پیروی می‌کند که در آن مالک تمام قراردادهای فرعی را در اختیار دارد. این ترتیب نیاز به هماهنگی بیشتری (توسط تیم معماری و مهندسی سام برای اطمینان از برآورده شدن اهداف پروژه) نسبت به یک پروژه معمولی به رهبری مدیر ساخت‌وساز در ایالات متحده داشت [۱۰].

1. Köppen-Geiger
2. Adrian Smith
3. Gordon Gill

4. Russell Gilchrist
5. Roger Frechette
6. Luke Leung

7. Yue Zue
8. GZDI

بیشتر اجزای ساختمانی پروژه از چین تأمین شده است؛ با این حال، راه‌حل‌های طراحی و ساخت برای طراحی منحصربه‌فرد دیوار پرده‌ای نیازمند تخصص جهانی و یک زنجیره تأمین جهانی بود، شرکت مهندسی تخصصی بین‌المللی آر دبلیو دی آی از دفتر کانادایی خود درمورد پروژه، نسبت به جنبه‌های طراحی باد و حرارتی پروژه، مشاوره گرفت. مشاور ایمنی آتش‌نشانی و نجات، «رولف جنسون و همکاران»^۱ درمورد پروژه از محل خود در شانگهای مشاوره گرفت. نماهای «مینهارت»^۲ درمورد طراحی و مهندسی دیوار پرده مشاوره گرفت. در ساخت دیوار پرده جانگو^۳، نماها در مرکز تولید گوانگژو، با استفاده از آلومینیومی که منبع آن در نیویورک است، ساخته شد [۱۱].

مانند فرآیند طراحی و تحویل پروژه، ظاهر برج هم ابعاد جهانی و هم محلی دارد. این برج مستقیماً از فرم‌ها یا مصالح بومی سنتی نشأت نمی‌گیرد و ظاهر آن از هیچ‌گونه ارجاع یا تداعی مستقیم فرهنگی استفاده نمی‌کند. زیبایی‌شناسی جهانی معاصر نمی‌تواند به زیست-اقلیم در نظر گرفته‌شده اشاره کند؛ زیرا شکل آن در پاسخ به برداشت انرژی در ریزاقلیم محل آن ترسیم می‌شود. پی آر تی با بیرون آمدن از بافت‌های ترکیبی «شهر جدید» و رویکردی جدید به ساختمان آسمان‌خراش، سابقه جدیدی برای عملکرد و ظاهر آسمان‌خراش ایجاد کرد.

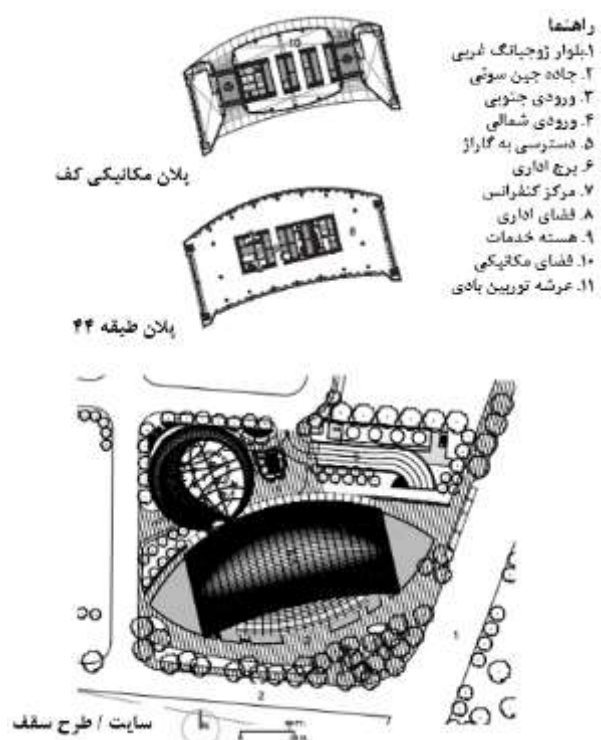
سایت و برنامه‌ریزی

برج پیرل ریور در ضلع غربی پارک مرکزی شهر جدید ژوجیانگ قرار دارد که توسط فضای سبز خطی از بلوار شلوغ غربی ژوجیانگ جدا شده است. این پارک، ترکیبی جذاب از تضادها است، با یک سیستم متروی جدید خنک و کارآمد در زیر جاده‌های پرسروصدا و شلوغ بالا. چمن‌های سبز و آراسته با گیاهان بومی و موسیقی سنتی چینی احاطه شده است. از لابی جنوبی یا شمالی می‌توان وارد برج شد. اگرچه شکل منحصربه‌فردی دارد، اما هرورودی دارای یک سایبان بیرونی منحنی و لابی چندطبقه است. فضای داخلی لابی عمده‌تاً سفیدرنگ، جادار و پر از نور است. نور شدید بیرونی روز با عبور از دریچه‌های بیرونی منتشر می‌شود و با پانل‌های فلزی سفید روبان‌مانند معلق و سقف داخلی با طرح شیشه‌ای سفیدرنگ به سمت داخل هدایت می‌شود. میزهای نگهبان و نقاط امنیتی دسترسی به آسانسورهای مرکزی را کنترل می‌کنند. از طریق پل عابر پیاده از سطح بالایی لابی به مرکز کنفرانس غلاف‌مانند می‌رسید. یک پارکینگ پنج طبقه زیرزمینی پایه و اساس برج را تشکیل می‌دهد. قسمت اعظم برج را فضای اداری تشکیل می‌دهد که دارای طبقات مکانیکی دوطبقه در هریک از دو سطح توربین بادی است. دفاتر مالک برای طبقات پنجاه‌ونه تا شصت و هشت تعیین شده است، در حالی که طبقات دیگر برای اجاره مستأجر در نظر گرفته شده است. رویه شیشه‌ای مخروطی برج، یک رستوران دوطبقه و فضای نمایشگاهی هنری را در خود جای داده است.

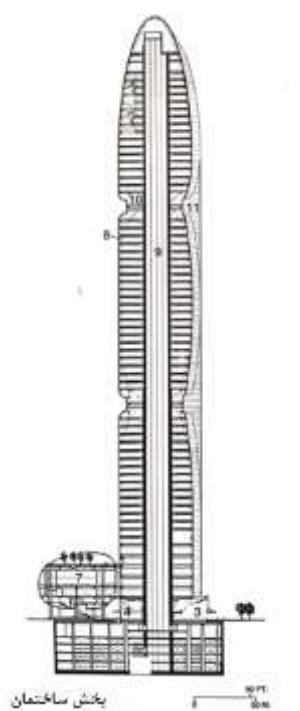
1. RJA

2. Meinhardt

3. Jangho



شکل ۸-۵-۵. سایت برج رودخانه مروارید و پلان‌های طبقه، منبع: اس او ام.



شکل ۸-۵-۶. بخش ساختمان برج رودخانه مروارید، منبع: اس او ام.



شکل ۸-۵-۷. نمایی از جنوب غربی، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۵-۸. نمای ورودی جنوبی، منبع: اس او ام.



شکل ۸-۵-۹. فضای داخلی لابی جنوبی، منبع: اس او ام.

حجم و جهت‌گیری

جهت‌گیری ساختمان برای کاهش دریافت تابش خورشیدی و درعین حال بهینه‌سازی استفاده از نور روز در فضای داخلی اداری در نظر گرفته شده است. محور طولانی ساختمان عمدتاً شرقی-غربی با چرخش ۱۳/۶ درجه به سمت شمال شرق است تا تأثیر آفتاب غربی اواخر بعدازظهر بر نمای جنوبی را کاهش دهد. نماهای شرقی و غربی دارای طول کمتری برای به حداقل رساندن قرارگرفتن در معرض خورشید در این نماها هستند، جایی که کنترل زوایای خورشید دشوارتر است. فرم آیرودینامیکی طوری جهت‌گیری شده است تا بادهای غالب را جذب کند و آن‌ها را به بازشوهای طبقات مکانیکی برج هدایت کند (شکل ۷-۲).

جهت چرخش، منظره‌های خیره‌کننده را برای ساکنان ارائه می‌دهد زیرا از فضای باز ایجادشده رو به پارک شهر جدید ژوجیانگ در شرق استفاده می‌کند. این موقعیت در سایت همچنین دید برج را از رودخانه افزایش می‌دهد. در مقایسه با برخی از همراهان (ساختمان‌ها) خود که در خط افق گوانگژو قرار دارند، پی آر تی دارای یک طرح نورپردازی زیبا در شب است که شامل چراغ‌های نقطه‌ای ال ای دی با کنترل کامپیوتر در هر واحد نما است که برای یادآوری ستارگان در آسمان شب طراحی شده است. نورافکن‌ها بر روی تراس‌های دهانه توربین بادی نصب می‌شوند تا بر این سطوح تأکید کنند. هنگامی که افزایش سرعت باد باعث افزایش تولید انرژی توربین بادی می‌شود، نورها به‌طور خودکار شدت خود را افزایش می‌دهند و رنگ آن‌ها گرم‌تر می‌شود [۱۲]. به این ترتیب، طرح روشنایی برای انتقال هویت برج به عنوان تولیدکننده انرژی و اتصال به بادهای طبیعی کار می‌کند، اگر بیننده از این جنبه از ساختمان آگاهی داشته باشد.

«آدریان اسمیت^۱ از سام داستانی را بیان می‌کند که چگونه مشتری سی ان تی جی^۲ متوجه شد که نمای بخش‌بندی‌شده با انحنا می‌تواند ملائم‌شکلی که توسط سام به عنوان تابعی از جذب خورشیدی و باد خاص سایت ایجاد می‌شود؛ روش نمادین رئیس‌جمهور چین را به مشتری یادآوری می‌کند که انگشت سبابه خود را نگه داشته‌است، زمانی که در خصوص نکته‌ای به حالت ایستاده سخن می‌گوید [۱۳]

شکل انگشت‌مانند این برج با حرکتی باشکوه و مطمئن به محور پارک - و به همین ترتیب مردم - می‌پردازد. این شکل انسانی برج در تصور عموم، در طرح ژست‌های مورد استفاده در لوگوی تبلیغاتی برج مشهود است. این موضوع مفهوم ساختمانی را تقویت می‌کند که در آن طبیعت و انسان در هماهنگی باهم قرار دارند.



شکل ۸-۵-۱۰. روشن‌شدن برج رودخانه مروارید در شب، منبع: اس او ام.

1. Adrian Smith

2. CNTG



شکل ۸-۵-۱۱. تابلوی ساختمان با آرم، منبع: ماری بن بونهام.

نماها

ساختار نمای دوپوسته دارای تهویه داخلی نمای جنوبی و شمالی به تفصیل در بخش بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت. نماهای کوتاه تر رو به شرق و غرب، دیوارهای پرده‌ای سه‌جداره با پرده‌های خودکار در داخل حفره واحد لعاب عایق شیشه چندجداره هستند، در این نماها از ردیف‌هایی از نورگیرهای افقی خارجی استفاده می‌کنند که با دیوارهای پرده‌افقی هماهنگ شده‌اند. سلول‌های فتوولتائیک‌ها در لبه‌های لوور گنجانده شده‌اند. لوورهای منتخب در این نماها حذف شده‌اند و یک الگوی یکس‌شکل روان ایجاد می‌کنند که به‌طور آزاد، مهاربندی متقاطع سازه‌ای فولادی ساختاری شش طبقه برج را درست در داخل نماها منعکس می‌کند. فرم کلی برج که در بالا به شکل منحنی مخروطی و انحناهای ظریف نما که منجر به نفوذ توربین بادی می‌شود قابل‌شناسایی است.



شکل ۸-۵-۱۲. نمایی از شمال شرقی در پارک ژوجیانگ^۱، منبع: اس او ام.

1. Zhujiang



شکل ۸-۵-۱۳. نگاهی به نمای شرقی، منبع: ماری بن بونهام.



شکل ۸-۵-۱۴. نمایی از نمای شرقی سه‌جداره با ساختار مهاربندی متقاطع ساختمان در پیش‌زمینه، منبع: ماری بن بونهام.

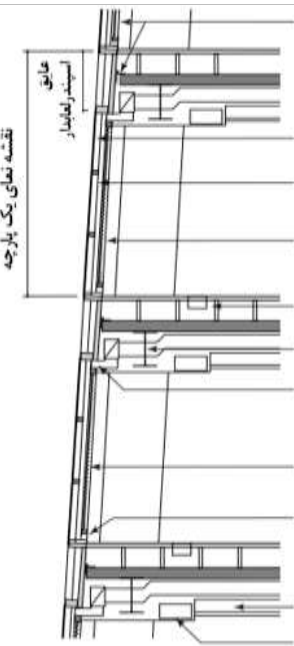
ساخت نمای دوپوسته و کارایی آن

ارائه و بحث در مورد نمای دوپوسته برج رودخانه مروارید با نمای کلی ساخت‌وساز در شکل ۸-۵-۱۵ آغاز می‌شود. ماتریس طراحی در جدول ۸-۵-۳ به‌طور خلاصه نشان می‌دهد که چگونه مفاهیم و اجزای طراحی زیست‌اقلیمی خاص در بیان معماری نماها آشکار می‌شوند. این مطالعه کل ساختمان را به‌عنوان زمینه در نظر می‌گیرد، اما بر ویژگی‌ها و عملکردهای دوپوسته تمرکز می‌کند.

برج نمای دوپوسته در دسته پنجره جعبه‌ای تهویه داخلی طبقه‌بندی می‌شود. سیستم دیوار پرده‌ای یکپارچه از ماژول‌های آلومینیومی با ارتفاع یک طبقه با فضای هوای نازک تشکیل شده است که به عنوان پلنوم هوای برگشتی برای سیستم تهویه مطبوع ساختمان عمل می‌کند. پوسته بیرونی شیشه دوجداره است. اسپندل‌های شیشه‌ای با روکش سرامیکی که با لعاب دید، هم‌سطح می‌شوند، یک اسپندل عایق را در هر سطح طبقه پنهان می‌کنند. پوسته داخلی تک‌جداره با پانل‌هایی است که برای دسترسی به تعمیر و نگهداری به سمت داخل باز می‌شوند. پرده‌های قابل تنظیم در حفره نزدیک به پوسته داخلی قرار می‌گیرند. هوای اتاق از طریق فضای هوای نمای دوپوسته کشیده می‌شود و به عنوان یک بافر حرارتی برای گرمای بیرون عمل می‌کند. هوای حفره گرم‌شده از طریق کانال در سقف استخراج می‌شود و برای تبادل حرارت و رطوبت‌زدایی هوای تهویه از خارج به واحدهای هواساز روی زمین بازگردانده می‌شود.

ویژگی نمای دوپوسته شماره یک: دریافت نور روز

لعاب با کارایی بالا و پرده‌های یکپارچه در حفره به دیوار امکان می‌دهد تا انرژی خورشیدی را به صورت گرما دفع کند و آن را به صورت نور مرئی جذب کند.

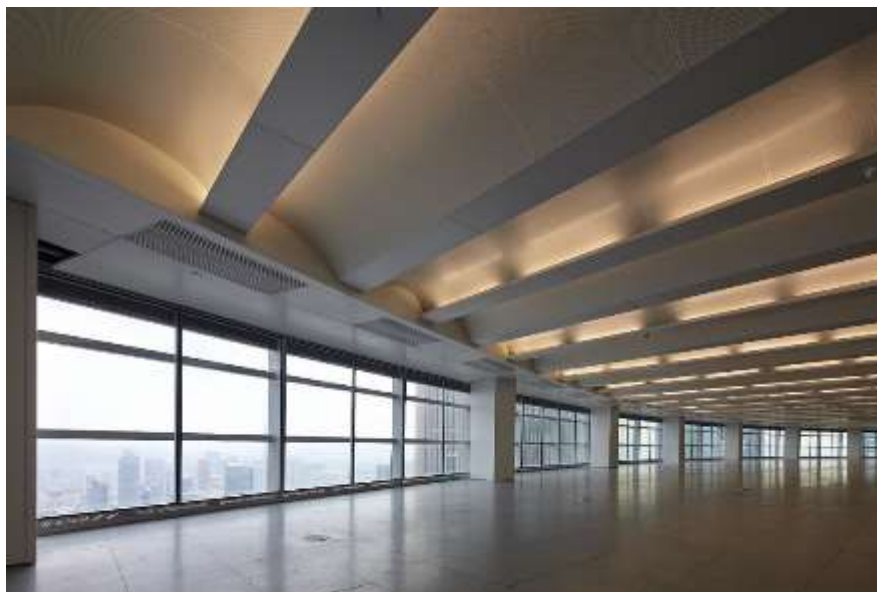
تهویه: دارای تهویه داخلی حفره: پنجره جعبه‌ای جهت‌گیری: جنوب و شمال	ساختمان: برج رودخانه مروارید مکان: گوانگژو، چین آب‌وهوا: مرطوب نیمه‌گرمسیری	نمای دوپوسته ساخت‌وساز بررسی اجمالی
ساختمان نما: دیوار تیغه‌ای یکپارچه ثابت‌شده روی لبه دال بتنی، ماژول معمولی ۳۰۰۰ میلی‌متر (۱۱۸ اینچ) عرض، ۳۹۰۰ میلی‌متر (۱۵۳٫۵ اینچ) ارتفاع، ۳۰۰ میلی‌متر (۱۱٫۸ اینچ) عمق پوسته بیرونی: شیشه چندجداره کم‌انتشار در قاب آلومینیومی، شیشه خردشده در اسپندل^۱ فضای هوایی: ارتفاع ۱ طبقه؛ ۲۴۰ میلی‌متر (۹٫۵ اینچ) عمق (پلنوم هوای برگشت) پوسته داخلی: تک‌جداره کم‌آهن در قاب آلومینیومی طبقه مرتفع با سیستم توزیع مستقیم هوای بیرون (هوای تهویه) سازه ساختمان: اسکلت فلزی خروجی هوا: هوا را از بالای حفره نما به سیستم بازیابی گرما بازمی‌گرداند. کنترل خورشیدی: پرده‌های سوراخ‌دار قابل تنظیم در حفره، ۱۰٪ باز ورودی هوا: شکاف فلزی سوراخ‌شده در پایه پوسته داخلی (مسیر هوای برگشتی) سقف خنک‌کننده تابشی و پشتیبان نور واحد فن کوئل نوع خشک در محیط		 حالت تهویه در تمام طول سال

شکل ۸-۵-۱۵. نمای کلی ساخت برج رودخانه مروارید، اطلاعات از Russell Gilchrest و Roger Frechette (مقاله فنی CTBUH، ۲۰۰۸) و Richard Tomlinson, William Baker, Luke Leung, Shean Chien, Yue Zhu (ژورنال CTBUH، ۲۰۱۴)، و Yue Zhu در بحث با نویسنده (۲۰۱۵)، منبع: Mary Ben Bonham. Illustration by Matthew Willbur and Mary Ben Bonham.

نمای دوپوسته از طریق استفاده از شیشه چندجداره با انتشار پایین در پوسته بیرونی، فضای هوایی عمیق ۲۴۰ میلی‌متری (۹٫۵ اینچ) و پوسته داخلی کم‌آهن تک‌جداره، افزایش گرما را کاهش می‌دهد و در عین حال عبور نور بصری بالا را حفظ می‌کند. نفوذ مستقیم خورشید و تابش خیره‌کننده از طریق یک سیستم کور افقی قابل تنظیم در حفره کاهش می‌یابد.

جدول ۱-۵-۳.

زیست اقلیم ماتریس طراحی برای نمای دوپوسته		ساختمان: برج رودخانه مروارید مکان: گوانگژو، چین آب و هوا: مرطوب نیمه گرمسیری					
عوامل فیزیولوژیکی و فرهنگی	زیست اقلیمی مفاهیم	● نشان می دهند که قطعات نمای دوپوسته از مفاهیم و استراتژی های طراحی زیست اقلیمی پشتیبانی می کنند. بسته ی قطعات نمای دوپوسته					
		فضای جریان هوا	عناصر سایه	منفذهای تهویه	لعب کاری	ساختار	تجهیزات جانبی
تشعشع	بهینه سازی نور روز	●	●		●		●
حرارتی	مجموعه خورشیدی و ذخیره سازی حرارت	●	●		●		
	توزیع حرارت						
	حفاظت از گرما	●			●		
	کنترل خورشیدی و اجتناب از گرما	●	●		●	●	●
	خنک کننده طبیعی و اتلاف حرارت	●		●			●
	تهویه مطبوع فعال	●		●			●
	جداسازی صوتی	●			●		
فضایی متحرک	بازدیدها		●		●		●
	غیربصری ارتباط با طبیعت						
	کنترل فردی محیط زیست		●				●
	تولید انرژی های تجدیدپذیر					●	
اخلاقی اجتماعی تاریخی	تأثیر محیطی اندک هزینه تعمیر و نگهداری ساختار و مونتاژ زیبایی شناسی ارتباطات تعبیه شده در مکان						
		کاربرد نمای دوپوسته	نمای دوپوسته رو به جنوب و شمال برای برج اداری در آب و هوای فوق العاده گرم				
		طبقه بندی	پنجره جعبه ای تهویه داخلی				
		استراتژی ها و امکانات	مفاهیم زیست اقلیم و قطعات ذکر شده در بالا منجر به استراتژی ها و ویژگی های طراحی نمای دوپوسته زیر شد. برای بحث به مطالعه موردی مراجعه کنید: ۱. برداشت در روز ۲. یکپارچه سازی با سیستم های تهویه مطبوع ۳. دیوار تیغه ای یکپارچه با مشخصات نازک ۴. مقاومت در برابر رطوبت و نفوذ هوا ۵. شکل برای جذب انرژی باد و خورشید ۶. انرژی کم/ عملکرد بالا				
ماتریس طراحی زیست اقلیم برای نمای دوپوسته می تواند برای تجزیه و تحلیل ساختمان های موجود یا برنامه ریزی نماهای جدید استفاده شود. نمای دوپوسته، براساس هندسه محفظه هوا و نوع تهویه، طبقه بندی می شود. در این دسته بندی های کلی، ترکیب های خاص پروژه از مفاهیم و اجزای نما منجر به راه حل های منحصر به فرد برای نمای دوپوسته می شود. نمای دوپوسته نیازمند همکاری چندین علم در قالب یک فرآیند طراحی متحد است تا کل یک ساختمان با راهکارهای زیست اقلیمی تطبیق داده شده با اقلیم و کاربری مشخص، به موفقیت دست یابد. مفاهیم طراحی زیست اقلیمی، برگرفته از عوامل مؤثر بر بیان معماری ویکتور اولگی ^۱ می باشد. «عوامل مؤثر بر بیان معماری» اولگی (طراحی با اقلیم، ۱۹۶۳)، مفاهیم حرارتی نیز برگرفته از گروه تحقیقاتی معماری و اقلیم در دانشگاه کاتولیک لوون ^۲ ، بلژیک (کتاب راهنمای طراحی زیست اقلیمی، ۱۹۸۶) می باشد. ماتریس ماری بن بونهام.							



شکل ۸-۵-۱۶. فضای داخلی اداری رو به شمال با پرده‌های کاملاً برجسته، منبع: سیه ژنگ^۱.

ویژگی نمای دوپوسته دوم: ادغام با سیستم‌های تهویه مطبوع

نمای دوپوسته دارای تهویه داخلی هم به صورت غیرفعال به عنوان یک بافر حرارتی و هم به صورت فعال به عنوان یک جزء یکپارچه از طراحی تهویه مطبوع برج عمل می‌کند. سیستم‌های یکپارچه در اتاق‌های زیرشیروانی به راحتی حرارتی ساکنین و کیفیت هوای برتر کمک می‌کند. با توجه به اقلیم و کاربری ساختمان، ساختمان بر سرمایش با مقداری گرمایش فصلی غالب است. طراحی پی آر تی از سیستم‌های هماهنگ برای تهویه، خنک‌کننده و بازیابی انرژی تشکیل شده است.

هوای بیرونی که وارد ساختمان می‌شود ابتدا از فیلترهای با راندمان بالا عبور می‌کند تا کیفیت هوا بهبود یابد. یک سیستم هوای مستقیم بیرونی هوای تهویه بدون رطوبت مطبوع را فراهم می‌کند که از طریق مجاری در یک پلنوم طبقه مرتفع به مناطق اداری تحویل داده می‌شود. هوای تازه از طریق پخش‌کننده‌های کف وارد فضای اداری می‌شود. هوای تهویه جابه‌جایی را می‌توان در دمای بالاتر و سرعت کمتری در مقایسه با منبع هوای تهویه مطبوع با فن در یک سیستم تهویه مطبوع تمام‌هوا ارائه داد.

محفظه نمای دوپوسته به عنوان یک پوشش کامل عمودی عمل می‌کند که منجر به بازگشت جریان هوای پنهان در یک سقف معلق می‌شود. هوای استفاده‌شده از محیط اطراف فضای اداری به یک شکاف باریک و سوراخ‌شده در پایه پوستانه داخلی نمای دوپوسته کشیده می‌شود. هوا از سمت هسته فضای اداری از طریق توری‌هایی که در مقابل دیوار راهرو یا زیر راهرو قرار دارند، بازگردانده می‌شود.

1. Siye Zhang



شکل ۸-۵-۱۷. فضای داخلی اداری رو به جنوب با پرده‌های باز شده و کرکره‌ها به حالت افقی چرخانده شده است. منبع: اس او ام.



شکل ۸-۵-۱۸. پرده‌های سوراخ‌دار نما را فراهم می‌کنند و نور روز را حتی در حالت بسته پخش می‌کنند. منبع: ماری بن بونهام.

مکان‌های مخالف از عبور مسیرهای هوای برگشتی از عرض فضای اشغال‌شده جلوگیری می‌کند، اقدامی که کیفیت هوای داخل را بهبود می‌بخشد.

تیم پی آر تی از یک فرآیند مدل‌سازی حرارتی برای مطالعه توزیع دما و بهینه‌سازی طراحی سیستم استفاده کرد (شکل ۷-۵). هوای موجود در حفره نمای دوپوسته، که قبلاً تا حدودی تحت تأثیر ساکنین، روشنایی و تجهیزات اداری گرم شده است، از طریق بهره خورشیدی که از طریق پوسته بیرونی منتقل می‌شود، بیشتر گرم می‌شود. پرده‌های داخل حفره نیز گرما را جذب می‌کنند و بازتاب می‌دهند. حرکت شناوری حاصل‌شده، حرکت رو به بالای هوا را در حفره تسهیل می‌کند. هوای استخراج‌شده از بالای حفره از طریق کانال‌کشی به واحدهای هواساز روی زمین که در آن سیستم مدیریت ساختمان تبادل حرارت و خروجی‌اگزوز را کنترل می‌کند، بازگردانده می‌شود. خشکی نسبی هوای مورد استفاده در مقایسه با هوای بیرون، میزان انرژی مورد نیاز برای رطوبت‌زدایی هوای تهویه را کاهش می‌دهد.

در بیشتر سال، هوا در حفره نمای دوپوسته خنک‌تر از دمای هوای بیرونی است و یک بافر حرارتی پویا در برابر گرمای خارجی از طریق نما تشکیل می‌شود؛ دمای سطح رو به اتاق لعاب داخلی، نزدیک‌تر به دمای هوای محیط داخلی حفظ می‌شود. یک دیوار با عملکرد کمتر شرایط بیرون را مستقیماً به داخل ساختمان منتقل می‌کند و یک گرادیان

دمایی ناخواسته در اطراف محیط ایجاد می‌کند. این طراحی تفاوت دما را بین مناطق مرکزی و محیطی دفتر کاهش می‌دهد و در نتیجه دمای متوسط تابشی راحت‌تری برای ساکنین ایجاد می‌کند.

سقف خنک‌کننده تابشی معلق دارای روکش فلزی سوراخ‌دار سفید است. شکل سهموی برای افزایش سطح برای خنک‌کردن، انتشار و توزیع نور از لامپ‌های خطی کار مضاعفی انجام می‌دهد. سرهای آبپاش آویز مخفی در امتداد خارهای سقف مدولار یکپارچه شده‌اند که پنل‌های تابشی خنک‌کننده معقولی را بدون نیاز به فن ارائه می‌کنند [۱۵]. استفاده موازی از سیستم‌های تهویه خنک‌کننده و جابه‌جایی تابشی جداگانه به‌طور مؤثر بارهای خنک‌کننده محسوس و نهان را در فضا از هم جدا می‌کند. این امر کارایی کلی سیستم را در مقایسه با سیستم حجم هوای متغیر اجباری معمولی هم با بهره‌گیری از این واقعیت که آب یک رسانه انتقال کارآمدتر از هوا است و هم با کاهش قابل توجه مصرف انرژی فن، بهینه می‌کند [۱۶]. پنل‌های خنک‌کننده تابشی به‌طور کلی هزینه‌های اولیه سیستم‌های تهویه مطبوعی را در مقایسه با سیستم‌های VAV تمام‌هوا افزایش می‌دهند. با این حال، زمانی که صرفه‌جویی در سایر بخش‌های ساخت‌وساز ساختمان در نظر گرفته شود (در این مورد، کاهش ارتفاع از کف به طبقه و نما و فضای کمتری که به سیستم‌های مکانیکی اختصاص داده می‌شود)، سیستم می‌تواند صرفه‌جویی خالصی را برای پروژه ارائه دهد. هم هزینه‌های اولیه و هم هزینه‌های عملیاتی به عملکرد موفقیت‌آمیز سیستم به کنترل هوشمند متغیرهای حیاتی سیستم، مانند دمای هوای تأمین دی او ای اس^۱ متکی است [۱۷].

در دوره‌های اوج تابش خورشیدی، بارهای خنک‌کننده محیطی بیشترین تقاضا را دارند. در این شرایط، واحدهای فن کوئل نوع خشک که به موازات نماها در سقف فرورفته‌اند، یک سیستم خنک‌کننده ثانویه را فراهم می‌کنند. این سیستم، هنگامی که در حالت خنک‌کننده تقویت‌شده قرار می‌گیرد، واحدهای فن کوئل محیطی یک حلقه همرفتی از هوای خنک در محیط ساختمان ایجاد می‌کنند [۱۸].

از آنجایی که ساختمان برای مستأجران مجزا تجهیز شده است، حسگرها در فضای اشغال شده و حفره‌های نمای دوپوسته مجاور، سیستم مدیریت ساختمان را هدایت می‌کنند تا نرخ جریان هوای تهویه و دمای منبع آب سرد را در صورت نیاز برای حفظ راحتی در مناطق مختلف اشغال شده مدیریت کنند، سیستم کنترل‌کننده منطق برنامه پی ال سی^۲ انعطاف‌پذیری و زمان پاسخ سریع مورد نیاز این برنامه را فراهم می‌کند [۱۹].



شکل ۸-۵-۱۹. نمای سیستم سقف خنک‌کننده تابشی با یک پنل باز برای آشکار کردن اجزای سیستم، منبع: سیه ژنگ.

1. DOAS

2. PLC



شکل ۸-۵-۲۰. یک «پنجره حقیقی»^۱ در سیستم طبقه مرتفع در دفتر اجاره پی آر تی، انتقال هوای تهویه کانالی و استفاده از این پلنوم را برای توزیع انعطاف‌پذیر سایر سیستم‌ها نشان می‌دهد. منبع: ماری بن یونهام.

ویژگی شماره سوم نمای دوپوسته: دیوار پرده‌ای یکپارچه با پروفیل نازک

این برج دارای هفت‌نوع پنجره مجزا در نمای ساختمان و تقریباً شش‌هزار پانل نما است [۲۰]. در این میان، گسترده‌ترین پیکربندی اعمال‌شده، پنجره جعبه تهویه داخلی نمای دوپوسته است که نماهای شمالی و جنوبی برج را پوشش می‌دهد. ماهیت پیش‌ساخته و یکپارچه طراحی دیوار پرده، تأثیر مثبتی بر روند مونتاژ ساخت‌وساز برج، کارایی فضا و ایمنی در برابر آتش داشت.

نمای دوپوسته به‌صورت افقی در هر سطح طبقه و به‌صورت عمودی بین ماژول‌های دیوار پرده تقسیم می‌شود. پانل‌های نما با قاب‌های آلومینیومی با روکش فلوروکربن^۲ و شیشه‌های خارجی با عایق کم‌انتشار در محل پیش‌ساخته شدند. واحدهای عمق ۳۰۰ میلی‌متری (۱۱/۸ اینچ) با جرثقیل به‌عنوان ماژول‌هایی با طول دهانه بلند شدند و به صفحات فولادی تعبیه‌شده در لبه کف بتنی سازه پیچ شدند. بزرگ‌ترین پانل، حدود ۲۴ مترمربع (۲۵۸/۳ فوت مربع) در اندازه، بیش از سه برابر اندازه پانل در سازه‌های مرتفع مرسوم است. پانل‌های لعاب داخلی و پرده‌ها در محل از داخل نصب شده‌اند. شکستگی‌های حرارتی در شبکه‌های آلومینیومی، مهر و موم‌های سیلیکونی و واشرهای سیلیکونی از پیش‌ساخته شده، نصب ضد آب‌وهوا را تضمین می‌کند [۲۱].

نمای بیرونی تمام‌شیشه نیاز به تمیزکردن مکرر دارد؛ سیستم دسترسی به نمای ساختمان دارای وسعت و عملکرد پیچیده‌ای مشابه سایر ساختمان‌های فوق بلند است، با این حال، فقدان مساحت سقف مسطح نیاز به یک راه‌حل منحصر به فرد داشت. تجهیزات دسترسی به نما یا واحدهای تعمیر و نگهداری ساختمان در داخل ساختمان در سه سطح ذخیره می‌شوند و پوشش کل ساختمان را فراهم می‌کنند. راه‌اندازی واحدهای تعمیر و نگهداری ساختمان از دهانه‌های نما با جمع‌شدن پانل‌های نما شکل می‌گیرد (شکل ۸-۵-۲۴) [۲۲]. برای دسترسی تعمیر و نگهداری در داخل حفره نما، پانل‌های پوسته شیشه‌ای داخلی روی لولاهای پنهان باز می‌شوند. یک ماژول نمای معمولی دارای دو پانل لولایی است. پانل‌ها فقط تا حدی نیاز به بازشدن دارند تا دسترسی داشته باشند، اما این نوع دسترسی نمای دوپوسته محدودیت‌هایی را در چیدمان مبلمان ایجاد می‌کند.

1. Truth window

2. PVDF

عمق اضافی یا «فضای» مورد نیاز نمای دوپوسته به‌طور کلی می‌تواند تأثیر منفی بر کارایی فضای ساختمان داشته باشد؛ سازه‌های نمای دوپوسته نازک‌تر و یکپارچه این مزیت را دارند که به فضای کمتری نسبت به نوع نمای دوپوسته ضخیم نیاز دارند. طراحی تهویه مطبوع کاهش جریان هوای پی آر تی یکپارچه با نما، آن را به طرز مثبتی به کارایی فضای برج تبدیل کرد؛ طراحی شامل دی‌او‌ای اس، سقف‌های خنک‌کننده تابشی و نمای دوپوسته تهویه داخلی به کانال‌کشی کمتر و فن‌های کمتری نیاز دارد. این امر منجر به ارتفاع کف تا سقف ۳/۹ متر (۸/۸ فوت) به جای ۴/۲ متر (۱۳/۸ فوت) معمولی شد که باعث صرفه‌جویی در ارتفاعی معادل پنج طبقه اضافی در ساختمان شد. طراحی تأسیسات مکانیکی همچنین یک چیدمان مکانیکی کارآمد در فضا را امکان‌پذیر می‌کند که می‌تواند دهانه‌های توربین بادی و مناطق مربوط به دسترسی و نگهداری آن‌ها را در خود جای دهد [۲۳].

جنبه تهویه داخلی طراحی نمای دوپوسته نیازمند توجه ویژه از منظر ایمنی است. هنگامی که یک طبقه اداری در حالت آتش‌سوزی یا دود است، مسیر هوای برگشتی در حفره نما را می‌توان با دمپرهای دود در کانال برگشت اتصال، بست [۲۴]. نماها در ابتدا به‌عنوان مجموعه‌ای از محفظه‌های چندطبقه تصور می‌شدند، اما مقامات چینی کد آتش‌نشانی، تمایلی به تأیید این مفهوم نداشتند. حفره‌های چندطبقه را می‌توان با سیستم‌های اسپرینکلر یا توسط دمپرهای سایر اجزایی که برای جداسازی حفره در یک رویداد دود یا آتش فعال می‌شوند محافظت کرد. پیکربندی‌های راهرو یا پنجره جعبه‌ای، بخش‌بندی دائمی حفره را فراهم می‌کنند.



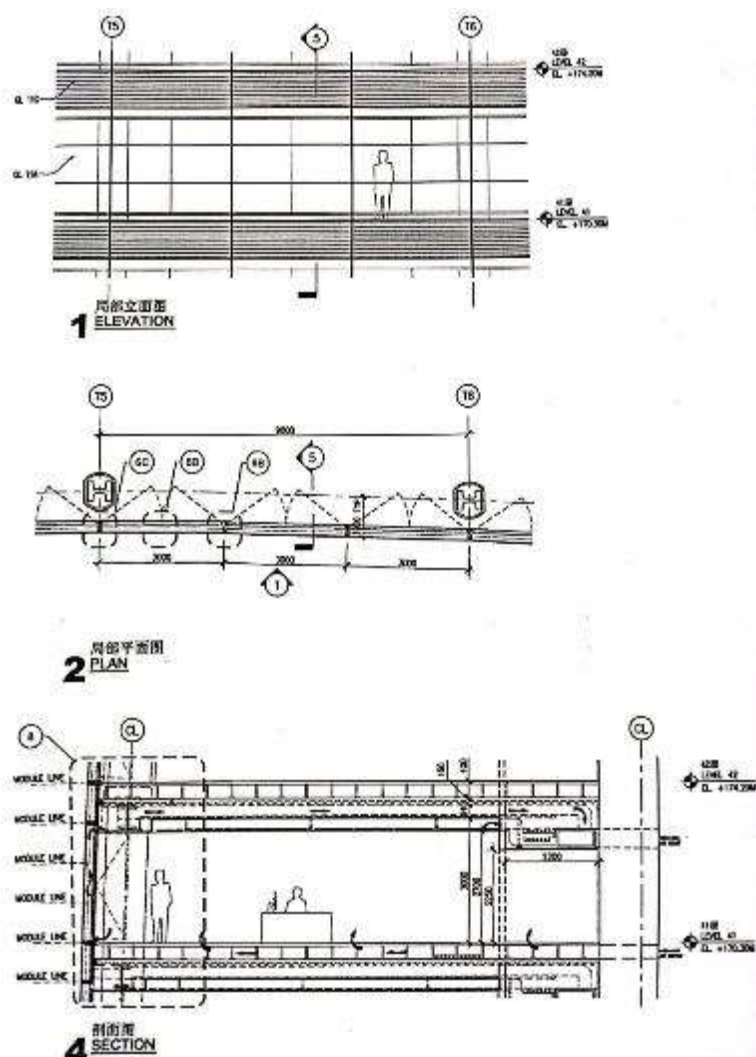
شکل ۸-۵-۲۱. نصب ماژول‌های نمای واحد در حال انجام است. منبع: اس او ام.

در طراحی پی آر تی، حفره‌ها توسط شبکه‌های عایق با روکش آلومینیومی که در قسمت اسپندل هر مدول نما با مواد آتش‌گیر در لبه هر دال طبقه یکپارچه شده‌اند، جدا می‌شوند. مشاوران ایمنی زندگی از یک رویکرد طراحی مبتنی بر عملکرد همراه با بهترین شیوه‌های بین‌المللی برای دستیابی به اهداف گروه طراحی و جلب رضایت مقامات آتش‌نشانی محلی استفاده کردند. مدل‌های آتش‌سوزی مبتنی بر رایانه برای مطالعه مسافت سفر و اندازه محفظه دود و آتش در فضاهای اداری باز و بزرگ آماده شدند [۲۵].



۲۲-۵-۸. پوسته داخلی هر ماژول نمای دوپوسته از دو پانل تک‌جداره تشکیل شده است که برای دسترسی به تعمیر و نگهداری باز می‌شوند. منبع: سیه ژنگ.

ویژگی شماره چهارم نمای دوپوسته: مقاومت در برابر رطوبت و نفوذ هوا



شکل ۸-۵-۲۳. نقشه‌های ساختمانی: پلان جزئی نمای دوپوسته، مقطع و نما. منبع: سیه ژنگ.

حفاظت از ساکنان در برابر کیفیت بد هوای خارج یکی از نگرانی‌های پروژه‌ها در مناطق شهری است که سطوح ناسالم آلودگی هوا در آن شایع است. کیفیت هوای داخلی عالی برای انتظارات مشتری در جهت یک برج با عملکرد بالا بود. علاوه بر جلوگیری از باران ناشی از باد و تشکیل یک بافر حرارتی، پی آر تی نمای دوپوسته، نفوذ هوا را مدیریت می‌کند که در پاسخ به اختلاف فشار بین محیط بیرون و داخل رخ می‌دهد، لئونگ^۱ رابطه معمولی نمای مرتفع بانفوذ هوا را این‌گونه شرح می‌دهد:

در اثر وزش باد، نواحی پرفشار در نمای بیرونی نما در مقایسه با نواحی کم‌فشار داخلی اداری ایجاد می‌شود. حتی در بهترین سیستم‌ها، هوا می‌تواند در ارتفاعات بالاتر به عایق‌بندی لعاب نفوذ کند. در پی آر تی نمای دوپوسته، رطوبت و ناخالصی‌های موجود در هوا که به پوسته بیرونی نفوذ می‌کند، وقتی با هوای خروجی دیگر منتقل می‌شود، می‌تواند از رسیدن به داخل منحرف شود [۲۶].

1. Leung

در طول مرحله طراحی، مهندسان مشاور آر دبلیو دی آی تأثیر نفوذ هوای ناشی از تهویه دودکشی را در کنار مطالعه بارها و فشارهای باد مربوط به ساختار و مشخصات بادگیر فوق‌العاده ساختمان تجزیه و تحلیل کردند [۲۷]. هنگامی که طراحی کامل شد، لئونگ سازنده دیوارهای پرده، یک ماکت تمام‌مقیاس از نمای دوپوسته را برای آزمایش در ایستگاه کنترل کیفیت کانتون در گوانگژو ساخت. نمای دوپوسته در معرض انبوه باران و هوا قرار گرفت تا بدترین شرایط موسمی را شبیه‌سازی کند. درحالی که تست ماکت نما برای ساختمان‌هایی در این مقیاس استاندارد است، اولین بار بود که این پیکربندی نمای دوپوسته در این منطقه آزمایش می‌شد و این آزمایش برای اثبات این که طراحی نمای دوپوسته برج قادر به مقاومت در برابر نفوذ رطوبت است، حیاتی بود. نتایج آزمایش خوب بود؛ هیچ رطوبتی به مجموعه دوجداره نفوذ نکرد [۲۸].

ویژگی شماره پنجم نمای دوپوسته: شکل گرفته برای جذب جریان هوا و انرژی خورشیدی

برای نصب توربین بادی یکپارچه در ساختمان معمولاً از پشت‌بام یا لبه ساختمان استفاده می‌کنند. در این پیش‌فرض «افزودنی» به جای طرح مفهومی، طراحی آیرودینامیکی کل ساختمان کنار گذاشته شد که عنصری کلیدی در استراتژی انرژی خالص صفر پروژه از ابتدا بود. مقیاس فوق‌العاده پی آر تی، فرصتی برای آزمایش انرژی بادی بدون استفاده از پشت‌بام - درعین حال در ارتفاعات بسیار بالا - ارائه می‌دهد. باد در ارتفاعات بالاتر سریع‌تر حرکت می‌کند و احتمال دارد که در یک جهت حرکت کند، نه اینکه به دلیل نامنظم قرارداشتن ساختمان‌های اطراف متلاطم شود. عریض‌ترین وجه برج به سمت بادهای غالب، به جهت مهار قدرت آن است، برخلاف پاسخ، جهت‌گیری یک گوشه یا کوتاه‌ترین ضلع به سمت بادهای برای کاهش نیاز ساختمان بلندمرتبه به مقاومت در برابر بارهای باد، معقول‌تر به نظر می‌رسد [۲۹]. مجموع توان اسمی تأسیسات تولید برق بادی پی آر تی در بالاترین میزان، ۲۴ کیلووات (kWp) است. چهاردهانه برای توربین بادی وجود دارد که هرکدام دارای دو دهانه در سطوح مکانیکی طبقات ۲۶/۲۵ و ۵۰/۴۹ هستند که از نماهای شمالی و جنوبی ساختمان نفوذ می‌کنند [۳۰]. دهانه‌ها به‌طور کلی با دو جهت باد غالب در گوانگژو همسو، اما از نظر آیرودینامیکی به شکل قیف هستند و برای تسریع، باد از هر جهت به توربین‌های بادی محور عمودی می‌رسد. دیافراگم‌ها در نمای جنوبی بازتر است، جایی که بادهای غالب در ۸۰ درصد سال می‌وزند، بنابراین فرم تقعر کم در این ارتفاع برای مجموعه انرژی‌های خورشیدی و بادی بهینه می‌شود (شکل ۷-۶).

طراحی برای جذب باد، منجر به یک عمل متعادل‌کننده استراتژی‌های ساختاری شد. با جهت‌دهی سطح وسیع ساختمان به سمت قوی‌ترین نیروهای باد، پوشش ساختمان و قاب سازه‌ای لازم بود تا در برابر نیروهای باد بیشتر مقاومت کند. در همان زمان، دهانه‌های توربین بادی باعث آزادشدن انرژی باد می‌شد که منجر به ساختاری لاغرتر از آنچه بدون بازشوها لازم بود، می‌شد [۳۱]. تجزیه و تحلیل باد نشان داد که دهانه‌ها مانند یک «شیر کاهش فشار» برای باد عمل می‌کنند و مقدار توده ساختمان را که در غیر این صورت برای مقاومت در برابر این نیروها مورد نیاز است، کاهش می‌دهند.

برخورد باد با نمای ساختمان باعث ایجاد فشار مثبت بر روی آن و یک ناحیه فشار منفی در سمت مقابل می‌شود. در ساختمان‌های بلند، گرداب‌های باد می‌توانند در طرف مقابل ایجاد شوند که آن سمت را نیز تحت فشار مثبت قرار می‌دهند که منجر به نوسان شدید برای ساختمان می‌شود. این موضوع را می‌توان با تعدادی از استراتژی‌ها، مانند یک هسته گسترده، ساختار محکم‌تر و میرایی کمکی کنترل کرد. در مورد پی آر تی، تسکین ایجادشده به وسیله دهانه‌های آیرودینامیکی، الزامات سختی نماها و ساختار ساختمان را کاهش داد. ساختار کامپوزیت - دارای هسته بتن‌آرمه و هسته فولادی سازه‌ای با قاب بیرونی فولادی سازه‌ای - در مجموع لاغرتر از آن چیزی است که بدون بازشوها وجود دارد. با این حال، هندسه و نیروهای اطراف دهانه نیاز به شبکه محکم‌تری از قاب فولادی برای شکل‌دهی و مهار دهانه‌های شکل منحصربه‌فرد نسبت به نمای بدون بازشوها داشت.

نمای ساختمان تأکید زیادی بر خطوط کف دارد. ماژول‌های نمای دوپوسته با شبکه ستون‌های فولادی و خرپاهای تسمه‌ای نماهای شمالی و جنوبی همسو هستند اما به‌صورت پنهان عمل می‌کنند. در چهارگوشه ساختمان، ساختار نمای دوپوسته قبل از انتقال به دیوارهای پرده‌ای تک‌پوسته نماهای شرقی و غربی، اطراف مگاستون‌های کامپوزیت می‌پیچد. این امر حضور ساختارهای گوشه‌ای عظیم را از نظر بصری کم‌اهمیت می‌کند و توهمی از فضای اشغال‌شده با پوسته بیرونی در شیشه‌های شفاف کم‌انتشار و پوسته داخلی در شیشه‌های اسپندل ایجاد می‌کند. بادبندهای انتهایی مورب در نماهای شرقی و غربی، تمام ارتفاع ساختمان را به شکل ایکس‌های شش‌طبقه در پشت نماها گسترش می‌دهد. ویژگی ساختاری با خطوط متقاطع متمایز و با انحنا می‌لایم تأیید می‌شود که با کنار گذاشتن منتخب نورگیرهای آفتاب‌گیر در این نماها ایجاد شده است.

ترکیبی از مدل‌سازی آنالوگ و دیجیتال به تیم کمک کرد تا فرم ساختمان را برای افزایش سرعت باد و در نتیجه قدرت باد به توربین‌ها بهینه کنند. مدل‌سازی دینامیک سیالات ارائه‌شده توسط آر دبلیو دی آی تخمین‌های اولیه‌ای از سرعت باد در سرتاسر نماهای ساختمان و داخل دهانه‌ها عرضه کرد. مدل‌سازی تونل باد همچنین به تیم کمک کرد تا بار باد را برای نماها تعیین کند و این تیم را به سمت طراحی نماها با مقاومت بالاتر در برابر باد نسبت به کد موردنیاز برای این مکان سوق داد.

همان‌طور که طراحی توسعه یافت، نگرانی‌هایی در مورد اثرات منفی احتمالی لرزش و صدا توربین بادی بر ساختار ساختمان و ساکنان ایجاد شد. مطالعات اولیه باد بسیار گسترده بود، اما هیچ سابقه‌ای از این نوع نصب در چین وجود نداشت تا مقامات به آن مراجعه کنند. دور دوم مدل‌سازی دقیق باد که در مرکز تحقیقات مهندسی دانشگاه هونان انجام شد، خوشبختانه این نگرانی‌ها را کاهش داد. مهندسان با استفاده از مدلی در مقیاس ۱:۱۵۰ در یک تونل باد کامل با توربین‌های کوچک، فشار باد را در برابر سطوح برج، فرکانس‌های محاسبه‌شده آزمایش کردند و این فرکانس‌ها را با فرکانس ارتعاش طبیعی طبقات برج مقایسه کردند [۳۲].

ادغام فتوولتائیک یک فرض اساسی در طراحی بود، اما نحوه اجرای آن در نهایت مسیر آزمایش و مطالعه را دنبال کرد. در اوایل تصور می‌شد که فتوولتائیک می‌تواند در طراحی پرده‌ها در حفرة نمای دوپوسته یکپارچه شود، اگرچه این ایده بعداً کنار گذاشته شد. در مرحله طراحی، تابش خورشیدی روی نما مدل‌سازی و از نزدیک مورد مطالعه قرار گرفت تا مکان‌هایی برای فتوولتائیک یکپارچه ساختمان تعیین شود، جایی که تولید انرژی حداکثر باشد (شکل ۷-۵). نواحی رو به آسمان نمای دوپوسته، در دو سطح مکانیکی طبقه/توربین بادی در ابتدا به‌عنوان مکان‌هایی برای فتوولتائیک یکپارچه ساختمان در نظر گرفته شدند. انحنا نمای جنوبی جریان‌های هوا را به داخل دهانه‌های توربین بادی هدایت می‌کند و این مزیت را ایجاد می‌کند که دوناچه از صفحات شیشه‌ای غیرعمودی ایجاد کند که مقادیر زیادی تابش خورشیدی فرودی را دریافت می‌کنند. پانل‌های اسپندرل در این مناطق با فتوولتائیک یکپارچه ساختمان ساخته می‌شدند. با این حال، پس از مطالعه بیشتر، فتوولتائیک تنها در شیشه‌های تاج برج و در دستگاه‌های سایه‌انداز خارجی نماهای شرقی و غربی اعمال شد.



شکل ۸-۵-۲۴. نمای جنوبی برج رودخانه مروارید، روزنه‌های توربین بادی بین دو سطح مکانیکی قرار دارند. یکی از تجهیزات تعمیر و نگهداری نما محل قرارگیری دهانه‌های نما با پانل در حالت باز جمع شده دیده می‌شود. منبع: تری میر بواکه.



شکل ۸-۵-۲۵. توربین بادی محور عمودی، منبع: اس او ام.

محفظه تاج برج تمام لعاب از ساخت شیشه دوجداره تک پوسته است. سلول‌های فتوولتائیک سیلیکونی کریستالی بر روی لعاب در چهار ردیف لعاب در تاج برج لمینت می‌شوند. حدود ۳۴۸ مترمربع (۳۷۴۵/۸ فوت مربع) در مساحت، طرح نهایی در تاج با تجزیه و تحلیل تابش خورشیدی هدایت شد [۳۳]. ماژول‌های فتوولتائیک همچنین در پنجره‌های افقی آفتاب‌گیر خارجی در نماهای شرقی و غربی در طبقات سی و یک تا سی و هفت ادغام می‌شوند. مجموع توان خروجی نامی برج در بیشینه‌ترین حالت ۱۸۵ کیلووات است. سیستم فتوولتائیک حدود ۲۰۰۰۰۰ کیلووات ساعت در سال انرژی تولید می‌کند [۳۴].

در هر دو کاربرد لعاب و لوور، سلول‌های فتوولتائیک به عنوان عبوردهنده نور عمل می‌کنند، که در آن نور از اطراف الگوی سلول‌های مات با فاصله یکنواخت عبور می‌کند. الگوی به دست آمده به عنوان نوعی کنترل خورشیدی شبیه به مناطق پوشش داده شده سرامیکی شیشه‌های خرد شده عمل می‌کند. مانند توربین‌های بادی یکپارچه در ساختمان، دید تأسیسات فتوولتائیک آشکارا نشان می‌دهد که ساختمان یک تولیدکننده انرژی تجدیدپذیر است.



شکل ۸-۵-۲۶. نمای شیشه‌های فتوولتائیک از داخل تاج دوطبقه برج، منبع: اس او ام.

ویژگی شماره ششم نمای دوپوسته: کارایی بالا با مصرف انرژی کم

اگرچه محدودیت‌های محلی مانع از دستیابی پروژه به وضعیت انرژی خالص صفر شد، هویت ساختمان به عنوان «کم انرژی/ عملکرد بالا» در عملکرد و بیان زیبایی‌شناختی آن نقش اساسی دارد. عملکرد دقیق انرژی ساختمان در این مقاله رقمی مبهم است. در یک مطالعه فاز طراحی شماتیک، پیش‌بینی می‌شد که این طرح با کاهش تقریباً ۵۸ درصدی مصرف انرژی به صورت سالانه عمل کند. برای این مطالعه، سام عملکرد انرژی پیش‌بینی شده برج رودخانه مروارید را در برابر یک مورد پایه فرضی مطابق با کد، مدل‌سازی کرد، «ساختمانی با هندسه یکسان اما بدون اقدامات پایدار گنجانده شده و با تکیه بر استراتژی تثبیت شده استفاده از هوا برای خنک کردن ساختمان به جای یک سیستم سقف تابشی با استفاده از آب.» [۳۵].

در دسامبر ۲۰۱۳، برج تکمیل شده پرل ریور گواهینامه «لید پلاتین» را تحت سیستم رتبه بندی لید طراحی ساختمان «ساخت: هسته و شل» از شورای ساختمان سبز ایالات متحده دریافت کرد. با توجه به کارت امتیازی لید برای ساختمان، تخمین زده می شود که این پروژه در مقایسه با ساختمانی که مطابق با استاندارد اشری^۱ انرژی آمریکا ۲۰۰۷-۹۰،۱ ساخته شده است، ۴۴ درصد انرژی کمتری مصرف کند [۳۶]. در مقاله ای در سال ۲۰۱۴ در ژورنال سیتی بی بو اچ^۲، سام مقایسه عملکرد دیگری را ارائه می کند و بیان می کند که «بنابر این تکمیل، ساختمان تقریباً ۳۰ درصد انرژی کمتری نسبت به مصرف انرژی سازه ای مشابه در چین مطابق با قوانین سخت گیرانه انرژی در چین، مصرف می کند» [۳۷]. اطلاعات عملکرد انرژی موجود به دلیل این واقعیت که ساختمان به طور کامل اشغال نشده و در حال سرویس نبوده محدود است. ارزیابی مجدد سیاست های دولت برای شرکت های دولتی، اسکان ده طبقه فوقانی را به تعویق انداخت. در سال ۲۰۱۴، زمان بازدید نویسنده، تنها چند طبقه اشغال شده بود. سام و مشتری اش قصد دارند تمام نقاط عملکرد ساختمان را با سیستم مدیریت ساختمان برای بهینه سازی این ساختمان و اطلاع رسانی به تلاش های طراحی ساختمان های بلند بانرژی پایین در آینده نظارت کنند.

تلاش های ساختمان برای کاهش اثرات زیست محیطی آن فراتر از کاهش مصرف انرژی و سایر تلاش های طراحی سبز، به ویژه کاهش مصرف آب است. در مرحله طراحی، پیامدهای مالی اقدامات سبز به دقت در نظر گرفته شد. سام در سال ۲۰۰۸ در تجزیه و تحلیل «تأثیر سرمایه گذاری جمع شده اقدامات پایدار» تخمین زد که هزینه اضافی (افشا نشده) ویژگی های غیر استاندارد برج در کمتر از پنج سال بازپرداخت خواهد شد [۳۸].

در سال ۲۰۰۵، دولت چین دستوری برای کاهش شدت مصرف انرژی صادر کرد و به دنبال آن اقدام ریاست جمهوری در سال ۲۰۰۹ کشور را به کاهش انتشار کربن متعهد کرد [۳۹]. طراحی در جهت مصرف کم انرژی برج رودخانه مروارید به کاهش رد پای کربن در راستای اهداف چین برای کاهش مصرف سوخت فسیلی و آلودگی مرتبط کمک می کند.

بحث

واکنش یک ساختمان فوق العاده به آب و هوا دارای پارامترهای منحصربه فردی است که دلیل آن ریزاقلیمی است که با افزایش ارتفاع ساختمان ایجاد می شود. در ارتفاعات بالاتر، سرعت هوا افزایش می یابد و پتانسیل برای مهار پتانسیل نیروی باد به طور تصاعدی افزایش می یابد. در ارتفاع، دمای هوا، رطوبت و چگالی به طور کلی پایین تر است؛ همه عواملی که هزینه های انرژی در ساختمان های تحت کنترل خنک کننده را کاهش می دهد. آلودگی و صدا در سطح زمین از بین می رود. تابش خورشید در ارتفاعات بالا ممکن است بسته به آب و هوای محلی افزایش یا کاهش یابد [۴۰]. در ارتفاعات بالای خود، ساختمان بلندمرتبه، اختلاف فشار بالاتری را تجربه می کند و در معرض محدودیت های سایت کمتری است، مانند سایه های خورشید یا باد از سازه ها یا مناظر مجاور. طراحی برج رودخانه مروارید از ارتفاع، به جهت دریافت خورشید و باد به نفع خود استفاده می کند. باین حال، انتخاب طراحی نمای دوپوسته پنجره جعبه تهویه داخلی سابقه نداشت. در سال ۲۰۰۶، زمانی که جهت طراحی ساختمان آغاز شد، در نظر گرفتن نمای دوپوسته با تهویه مکانیکی داخلی در آب و هوای گرم/مرطوب غیر معمول بود. این نوع تالین زمان در آب و هوای سرد یا معتدل به کار می رفته است.

تنها پس از طراحی و مدل سازی گسترده، معماران و مهندسان می توانند اطمینان حاصل کنند که استفاده از نمای دوپوسته تهویه داخلی واقعاً مناسب است. برای مثال یک راه حل غیر نمای دوپوسته را می توان تصور کرد، نماهای شمالی و جنوبی می توانند از همان سیستمی استفاده کنند که در نماهای شرقی و غربی (واحدهای شیشه عایق سه جداره با کارایی بالا با پرده های یکپارچه). باین حال، پوشاندن این نماها با دستگاه های سایبان خارجی، نماها را مبهم می کند و اثر جذب باد، نمای صاف منتهی به دهانه های توربین بادی را از بین می برد. حذف عملکرد پلنوم هوای

1. ASHRAE

2. CTBUH

برگشتی از این نماها، مزایای کیفیت هوای داخلی استراتژی خنک‌کننده/تهویه هوای تابشی/ تهویه مطبوع را مختل می‌کند و احتمالاً ارتفاع کف تا طبقه را افزایش می‌دهد. سایر استراتژی‌های بالقوه برای ساختمان‌های بلند در آب‌وهوای گرم، مانند دیوارهای پرده‌ای، می‌توانست به کار گرفته شود، اما توانایی ایجاد یک عایق مضاعف در برابر نفوذ هوا را نداشت که نمای دوپوسته تهویه‌شده داخلی انجام می‌دهد. طراحان در چنان ادغام عمیقی از سیستم‌ها موفق شدند که «مهندسی ارزش» یا کنار گذاشتن هریک از استراتژی‌ها بدون ایجاد اختلال در عملکرد کل ساختمان را ایجاد کنند.

در سال ۲۰۱۳، این برج نهایی جایزه بهترین ساختمان بلند سیتی بی یو اچ شد. رئیس هیئت‌منصفه «رابرت اوکپالا»^۱، از ایالت‌های بورو هاپولد^۲ می‌گوید: برج پرل ریور توانسته است به‌طور مؤثر فناوری و سیستم‌های مهندسی را برای تولید ساختمانی که به‌مراتب بیشتر از مجموع قطعات آن است، یکپارچه کند [۴۱]. این نوع نوآوری، استاندارد جدیدی را برای پایداری ساختمان‌های بلند ایجاد کرده‌است، همان‌طور که در سازه‌های فوق‌بلند بعدی که در حال بررسی مسیرهای منحصربه‌فرد و خاص آب‌وهوا برای بهره‌برداری با انرژی کم و صفر هستند، مشهود است.

1. Robert Okpala

2. Buro Happold

یادداشت

- [1] Adrian Smith, *The Architecture of Adrian Smith, SOM: Toward a Sustainable Future*, ed. Robyn Beaver (Victoria, Australia: Images Publishing Group, 2007).
- [2] Russell Fortmeyer, "SOM's Pearl River Tower," *Architectural Record* (2006 دسامبر).
- [3] Joann Gonchar, "Pearl River Tower," *Architectural Record* (March 2014).
- [4] Roger Frechette and Russell Gilchrest, "Towards Zero Energy—A Case Study of the Pearl River Tower, Guangzhou, China," CTBUH Technical Paper, Chicago (2008).
- [5] Ibid.
- [6] Gonchar, "Pearl River Tower."
- [7] Frechette and Gilchrest, "Towards Zero Energy."
- [8] Climate and elevation information from Climate-Data.org, www.weather-atlas.com, and <http://veloroutes.org>.
- [9] Nancy Lin, "Architecture Shenzhen," in *Great Leap Forward, Harvard Design School Project on the City*, eds. Chung, Chihua Judy, Jeffrey Inaba, Rem Koolhaas, and Sze Tsung Leong (Cambridge, MA: Harvard Design School, 2001), 161–64.
- [10] Kieth Boswell (Technical Partner, SOM), in discussion with the author, June 2014.
- [11] Ibid.
- [12] Richard Tomlinson, William Baker, Luke Leung, Shean Chien, and Yue Zhu, "Case Study: Pearl River Tower," *CTBUH Journal*, no. II (2014): 11–17.
- [13] Smith, *The Architecture of Adrian Smith, SOM*.
- [14] Tomlinson et al., "Case Study."
- [15] Ibid.
- [16] Frechette and Gilchrest, "Towards Zero Energy."
- [17] Stanley A. Mumma, "Chilled Ceilings in Parallel with Dedicated Outdoor Air Systems: Addressing Concerns of Condensation, Capacity, and Cost," *ASHRAE Transactions* 108, part 2 (2002): 220–31.
- [18] Yue Zhu (Associate Director, SOM), in discussion with the author, September 2015.
- [19] Chu Nan Zhu, (Pearl River Tower Properties), in discussion with the author, June 2014.
- [20] Philip Day, Dugald Maudsley, 7mate (Television Network) and National Geographic Channel (Television Channel, Washington, D.C.). "China's Smart Tower," in *Megastructures* series. Videorecording. Original television air date November 26, 2010.
- [21] Ibid.
- [22] Coxgoyml, "Pearl River Tower, Guangzhou," www.coxgoyml.com.
- [23] Frechette and Gilchrest, "Towards Zero Energy."
- [24] Tomlinson et al., "Case Study."
- [25] Fang Li, James Antell, and Martin Reiss. "Pearl River Tower, Guangzhou: Fire Strategies for an Energy-Efficient High Rise Building," CTBUH 8th World Congress, Dubai (2008).
- [26] Luke Leung (Director, SOM), in discussion with the author June 2014.
- [27] www.rwdi.com.
- [28] "China's Smart Tower," in *Megastructures* series.
- [29] Ibid.
- [30] Chu Nan Zhu (Pearl River Tower Properties), in discussion with the author, June 2014.
- [31] Tomlinson et al., "Case Study."
- [32] "China's Smart Tower," in *Megastructures* series.
- [33] Yue Zhu (Associate Director, SOM), in discussion with the author, September 2015.
- [34] Chu Nan Zhu (Pearl River Tower Properties), in discussion with the author, June 2014.
- [35] Frechette and Gilchrest, "Towards Zero Energy."
- [36] United States Green Building Council. "Pearl River Tower LEED Scorecard," www.usgbc.org.
- [37] Tomlinson et al., "Case Study."
- [38] Russell Gilchrest, "Towards Zero Energy—Pearl River Tower," Presentation at CTBUH Conference, Chicago (2009).
- [39] Institute for Building Efficiency, "China's 12th Five-Year Plan: More Opportunities and Greater Momentum for Energy Efficiency In Commercial Buildings," <https://buildingefficiencyinitiative.org/>.
- [40] Luke Leung and Peter Weismantle, "Sky-sourced Sustainability—How Super Tall Buildings Can Benefit From Height," CTBUH 8th World Congress (2008).

- [41] CTBUH, *Best Tall Buildings: A Global Overview of 2013 Skyscrapers*, Antony Wood, Steven Henry & Daniel Safarik, eds. (Chicago: CTBUH with IIT and Routledge / Taylor and Francis Group, 2013), 75.

منابع

خارج از شبکه‌های عملی، دانش تجربی در مورد عملکرد نمای دوپوسته نسبتاً آهسته گسترش یافته است. ادبیات معماری نمای دوپوسته در ترکیبی از گزارش‌های سازمانی، کتاب، مقاله مجله و قالب‌های وبسایت یافت می‌شود که گزیده‌ای از آن‌ها در بخش‌های زیر ذکر شده است.

گزارش‌های سازمانی

تعداد انگشت‌شماری از کنسرسیوم‌های تحقیقاتی - با همکاران آژانس‌های تحقیقاتی دولتی علم ساختمان، دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی خصوصی - مؤثرترین گروه‌ها برای انتشار گسترده اطلاعات مفید بوده‌اند. این مؤسسات علاوه بر انجام تحقیقات اصلی، به دنبال نظرات معماران، مشاوران نما و سازندگان برای ارائه توصیه‌ها هستند. برخی از سازمان‌های بین‌المللی که گزارش‌های مهم «به‌روز شده» را جمع‌آوری کرده‌اند در اینجا ذکر شده‌اند. تعداد سازمان‌های دولتی و دانشگاه‌ها برای فهرست کردن بسیار زیاد است.

۲۰۰۲ آزمایشگاه ملی لارنس برکلی، وزارت انرژی ایالات متحده. "نمای ساختمان‌های تجاری با کارایی بالا"

گزارشی از Eleanor Lee, Stephen Selkowitz, Christian Kohler, Vladimir Bazjanac, and Vorapat Inkarojrit (LBNL-50502) است. تحقیقاتی که توسط شرکت آب و برق ادیسون کالیفرنیا جنوبی از طریق دانشگاه کالیفرنیا با حمایت وزارت انرژی ایالات متحده تأمین می‌شود.

۲۰۰۴ مؤسسه تحقیقات ساختمان بلژیک «نماهای دوگانه تهویه‌شده: طبقه‌بندی و تصویرسازی مفاهیم نما» اثر Xavier Loncour, Arnaud Deneyer, Marcelo Blasco, Gilles Flamant, and Peter BBRI. Wouters. یک کنسرسیوم خصوصی است که توسط صنعت ساختمان حمایت می‌شود. پروژه تهویه دونا توسط وزارت امور اقتصادی بلژیک حمایت شد.

۲۰۰۵ BESTFACADE (بهترین تمرین برای نمای دوپوسته)، گزارش به‌روز شده WP1، Streicher, ed، یک پروژه با حمایت برنامه هوشمند انرژی اتحادیه اروپا که هنر نمای دوپوسته را در هفت کشور اروپایی؛ اتریش، بلژیک، فرانسه، آلمان، یونان، پرتغال و سوئد جمع‌آوری کرد.

۲۰۰۶ آژانس بین‌المللی انرژی «نماهای دوپوسته: مروری بر ادبیات آن» گزارشی از ضمیمه IEA SHC Task 34 ECBCS توسط Harris Poirazis, (Lund)، سوئد: دانشگاه Lund) است.

وبسایت‌ها، مقاله‌ها و کتاب‌ها

تعدادی کتاب فنی عالی، مقالات ژورنالی و وبسایت‌ها در دسترس هستند که مبانی نظری و بهترین شیوه‌های طراحی نما را مستند می‌کنند.

برخی از منابع بر طراحی نمای دوپوسته تأکید دارند. برخی دیگر دارای تعادلی از انواع دیوارهای خارجی از رویکردهای معمولی تا جدیدتر هستند یا بر طراحی پایدار کل ساختمان تمرکز دارند. آن‌ها در اینجا به ترتیب زمانی فهرست شده‌اند. ارجاعات قدیمی به دلیل تأثیرشان در شکل‌گیری مبانی نظری و بهترین شیوه‌ها برای طراحی نما قابل توجه هستند. منابع جدیدتر ادبیات را گسترش داده و به‌روز می‌کنند.

۱۹۹۵-۲۰۰۲ نماهای شیشه‌ای هوشمند: مصالح، اجرا، طراحی توسط آندریا کمپاگنو^۱، اولین بار در سال ۱۹۹۵ به زبان آلمانی و انگلیسی منتشر شد. پنجمین ویرایش اصلاح‌شده و به‌روز شده (Basel: Birkhäuser, 2002).

1. Andrea Compagno

- ۱۹۹۹-۲۰۰۱ نماهای دوپوسته: برنامه‌ریزی یکپارچه: فیزیک ساختمان، ساخت‌وساز، آتروفیزیک، تهویه مطبوع، پایداری اقتصادی توسط Eberhard Oesterle, Rolf-Dieter Lieb, Martin Lutz, and Winfried Heusler. اولین بار در سال ۱۹۹۹ به زبان آلمانی منتشر شد. نسخه انگلیسی زبان (مونخ: Prestel Verlag, ۲۰۰۱). این اولین کتابی بود که یک چهارچوب نظری جامع برای استفاده از ساخت نمای دوپوسته ارائه کرد. مطالعات موردی شامل داده‌های عملکرد اندازه‌گیری شده در عملکرد ساختمان است.
- ۲۰۰۰ "استفاده از پوسته‌های چندگانه برای پوشاندن ساختمان‌های شیشه‌ای" توسط Werner Lang and Thomas Herzog در Architectural Record (ژوئن ۲۰۰۰). این مقاله در به‌روزرسانی مخاطبان حرفه‌ای آمریکای شمالی در مورد برنامه‌های کاربردی نمای دوپوسته اروپا مفید بود.
- ۲۰۰۰ Environmental Second Skin Systems توسط Michael Wigginton با مهندسان مشاور بتل مک کارتی^۱، وب‌سایتی که اکنون بایگانی شده است شامل بخش‌هایی در مورد تاریخچه نمای دوپوسته، پیکربندی، هزینه‌ها و مطالعات موردی است.
- ۲۰۰۱-۲۰۰۶ در جزئیات: پوسته‌های ساختمان: مفاهیم، لایه‌ها، ویرایش شده توسط Christian Schittich with coeditor Andrea Weigelmann. اولین بار در نسخه‌های انگلیسی و آلمانی توسط Birkhäuser/Edition Detail در سال ۲۰۰۱ منتشر شد. ویرایش دوم (Birkhäuser, 2006).
- ۲۰۰۲ پوسته‌های هوشمند اثر Michael Wigginton and Jude Harris. به زبان انگلیسی (Oxford: Butterworth-Heinemann/Architectural Press) منتشر شده است.
- ۲۰۰۲ تکتونیک پوسته دوتایی اثر Terri Meyer Boake، مقالات و ارائه‌های پژوهشی از وب‌سایت اصلی دانشگاه واترلو در سال ۲۰۰۲ همراه با تحقیقات جدیدتر در www.tboake.com/research.html آرشیو شده است.
- ۲۰۰۶ «این همه شیشه؟ آیا آینده مناسبی برای نمای دوپوسته وجود دارد؟ توسط Donald B. Corner در مجله طراحی نمای ساختمان (تابستان ۲۰۰۶).
- ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۸ کتاب راهنمای Green Studio: Environmental Strategies for Schematic Design توسط Walter T. Grondzik و Alison G. Kwok. منتشر شده توسط Routledge Architectural Press: چاپ اول (۲۰۰۶)، چاپ دوم (۲۰۱۱)، چاپ سوم (۲۰۱۸)، مطالعات موردی آرشیو شده در www.greenstudiohandbook.org موجود است.
- ۲۰۰۸ ClimateSkin: Building-Skin Concepts که می‌تواند با انرژی کمتر کارهای بیشتری انجام دهد اثر Gerhard Hausladen, Michae de Saldanha و Petra Liedl به زبان انگلیسی (بازل؛ بوستون: Birkhäuser) منتشر شده است.
- ۲۰۱۰ نماهای ساختمانی، یک رویکرد یکپارچه توسط Jenny Lovell (نیویورک: چاپخانه معماری پرینستون).
- ۲۰۱۳ نماهای پایدار: روش‌های طراحی برای نماهای ساختمانی با کارایی بالا توسط Ajla Aksamija (Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons).
- ۲۰۱۳ نماهای بیرونی ساختمان: فرآیند طراحی و ترکیب برای نماهای نوآورانه توسط Keith Boswell (Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons).
- ۲۰۱۴ معماری جنبشی: طرح‌هایی برای نماهای فعال توسط Russell Fortmeyer and Charles Linn (Mulgrave, Australia: Images Publishing Group).

1. Battle McCarthy

شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری، www.ctbuh.org. وبسایت CTBUH یک منبع به‌روزرسانی مکرر شامل مقالات تحقیقاتی، ارائه‌های کنفرانس و پایگاه داده ساختمان‌های بلند است.

راهنمای طراحی کل ساختمان، www.wbdg.org. صفحات منابع را مربوط به راحتی صوتی، اصول و استراتژی‌های طراحی نمای ساختمان، دیوارهای پرده‌ای، نور روز، شیشه، مدیریت جریان گرما در نما، تهویه طبیعی و موارد دیگر، ببینید. این وبسایت یک برنامه در حال انجام مؤسسه ملی علوم ساختمان است.

این منابع در ایده‌پردازی این کتاب مؤثر بوده و به‌هیچ‌وجه فهرستی جامع را نشان نمی‌دهد. منابع به زبان‌های غیرقابل‌دسترس نویسنده متأسفانه حذف شده‌اند. انبوهی از دانش دقیق در مقالات مجلات فنی با داوری در دسترس است. اگرچه ارتباط بالایی دارند، اما به دلیل تعداد زیاد و تمرکز کلی آن‌ها در مقایسه با منابع جامع‌تر، در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرند. مقالات و مواد آموزشی که توسط تولیدکنندگان نما و لعاب به‌صورت عمومی منتشر می‌شوند، فهرست نشده‌اند، اما با این وجود توصیه می‌شود که مطالعه شوند.

به دنبال منابعی بگردید که برای مکان پروژه کاربرد دارند تا از آب‌وهوا و فرهنگ محلی، کدهای منطقه‌ای و شیوه‌ها و مقررات محلی ساختمان مطلع شوید. تخصص شرکت‌های معماری/مهندسی، مشاوران چندرشته‌ای، مهندسين آب‌وهوا، مشاوران نما، سازندگان و نصاب‌ها، بهترین منبع دانش در «سرمایه انسانی» افراد، شرکت‌ها و مؤسساتی است که تجربه عملی در طراحی و ساخت نما با کارایی بالا دارند.



شکل ساختمان شارد^۱ هنگام غروب، منبع: تری میر بواکه.

نمایه

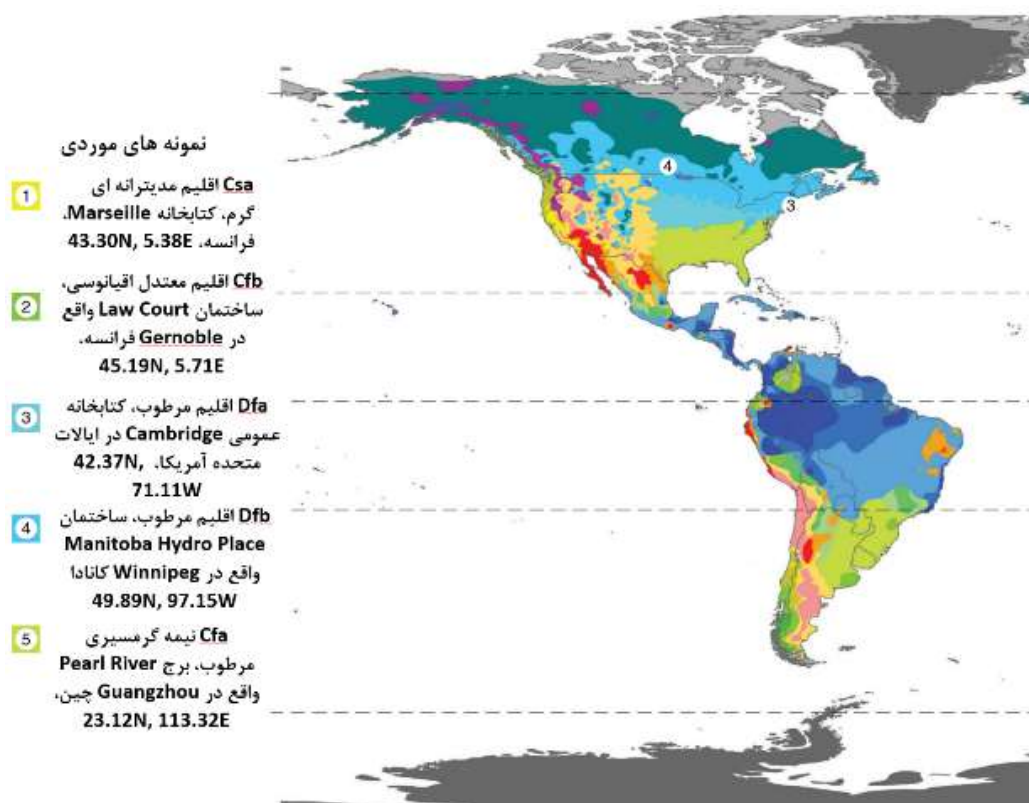
ابعاد بخ. د. ۳، ۱۲، ۳۰، ۳۹، ۴۱، ۳۰۹، ۲۶۸، ۱۷۹، ۸۹، ۷۴، ۴۲ ابوظبی، امارات متحده عربی، ۶۴، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۵۷ اسپانیا، ۱۲۹، ۱۱۴، ۸۸، ۸۷، ۸۴، ۲۰۹ افزایش و ازدست دادن گرما، ۱۸، ۱۷۲	۲۹۷، ۲۹۸، ۳۰۵، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۰۹، ۳۱۲، ۳۱۶، ۳۱۷، ۳۱۸، ۳۱۹، ۳۲۰، ۳۲۵، ۳۲۶، ۳۲۸، ۳۲۹، ۳۳۰، ۳۳۴، ۳۳۵ انگلستان، ۲، ۲۷، ۴۷، ۴۹، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۱، ۱۱۶، ۱۲۷، ۱۴۳، ۱۴۷، ۱۵۹، ۱۷۲، ۱۷۶، ۲۲۰، ۲۴۹، ۲۶۸ اولیوتی ۹۹، ۹۴، اوهایو ج. ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵ ایالات متحده آمریکا، ۴۹، ۵۷، ۶۳، ۶۷، ۹۶، ۱۲۱، ۱۵۶ ایالات متحده آمریکا، ۵۹، ۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۶، ۱۰۰، ۱۲۱، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۴۹، ۱۵۲، ۱۵۴، ۱۵۵، ۱۵۹، ۱۶۰، ۲۵۸، ۲۵۹ ایستگاه اتوبوس ۲۸۰، ۹۹، ایوان ۲۲۶، ۱۲۱، ۸۵، ۸۶، ۸۱، ۲۵، ۲۶۰ آلمان، ۵۳، ۵۵، ۵۰، ۴۷، ۱۱، ۱۰۰، ۹۲، ۹۰، ۷۶، ۷۲، ۶۸، ۱۰۱، ۱۱۱، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۶، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۶، ۱۵۱، ۱۵۲، ۱۵۹، ۱۸۳، ۱۸۶، ۲۱۴، ۲۲۰، ۲۳۰، ۲۴۹، ۲۶۸، ۳۳۴ آیرو دینامیک، ۱۱۵، ۳۹، ۳۷، ۲۵، ۱۷۶ باد، ۱۸، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۳۵، ۳۶، ۸۷، ۸۳، ۷۳، ۶۴، ۶۰، ۵۹، ۴۲، ۱۴۸، ۱۴۶، ۱۳۲، ۱۳۰، ۱۲۶، ۱۵۹، ۱۵۸، ۱۵۷، ۱۵۰، ۱۴۹، ۱۷۵، ۱۷۳، ۱۷۰، ۱۶۹، ۱۶۵، ۲۰۹، ۱۸۶، ۱۸۱، ۱۷۸، ۱۷۶، ۲۸۵، ۲۸۰، ۲۷۹، ۲۷۷، ۲۱۰، ۳۰۶، ۳۰۵، ۲۹۴، ۲۹۳، ۲۸۹، ۳۱۷، ۳۱۲، ۳۰۹، ۳۰۸، ۳۰۷، ۳۳۰، ۳۲۶، ۳۲۵، ۳۲۴ بارسلونا ۱۲۹، بافت شهری تاریخی ۱۹۳، بانک پس انداز اداره پست ۹۱،	۳، ۱۲، ۳۰، ۳۹، ۴۱، ۳۰۹، ۲۶۸، ۱۷۹، ۸۹، ۷۴، ۴۲ افزایش و ازدست دادن گرما، ۱۸، ۱۷۲ اقلیم، ب. ج. خ. ر. خ. ع. ۲، ۳، ۲۵، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۴۲، ۵۵، ۵۹، ۶۲، ۶۴، ۸۳، ۹۳، ۱۰۰، ۱۲۷، ۱۴۲، ۱۵۲، ۱۵۷، ۱۷۶، ۱۹۴، ۲۰۴، ۲۲۰، ۲۲۴، ۲۳۱، ۲۳۲، ۲۳۶، ۲۳۷، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۸، ۲۷۶، ۲۷۸، ۲۸۰، ۲۹۰، ۳۰۹، ۳۱۷، ۳۴۳۱۸، اکسیدنتال کمیکال، ۱۰۰، ۱۸، ۱۱۰، ۱۰۱ الهام از طبیعت ۲، انتشار کربن، ف. ک. ۱۲۷، ۱۴۰، ۱۷۴، ۳۳۰ انریلکس ۱۲۰، انرژی ج. ذ. ش. ص. ف. ک. ۲، ۵، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۷، ۲۰، ۲۵، ۲۶، ۲۹، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۵۱، ۶۰، ۶۳، ۶۶، ۶۸، ۶۹، ۷۱، ۷۲، ۷۶، ۸۷، ۹۱، ۹۳، ۹۷، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۲۸، ۱۳۳، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۵۳، ۱۵۰، ۱۴۹، ۱۶۹، ۱۶۷، ۱۶۵، ۱۶۰، ۱۵۹، ۱۷۸، ۱۷۶، ۱۷۵، ۱۷۴، ۱۷۲، ۲۳۲، ۱۸۷، ۱۸۶، ۱۸۰، ۱۷۹، ۲۵۰، ۲۴۵، ۲۴۱، ۲۳۷، ۲۳۵، ۲۷۷، ۲۷۵، ۲۷۰، ۲۶۹، ۲۶۸، ۲۸۸، ۲۸۲، ۲۸۰، ۲۷۹، ۲۷۸، ۲۹۶، ۲۹۴، ۲۹۲، ۲۹۱، ۲۹۰،
--	--	--

۱۹۵، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۱۰، ۲۲۴،
۲۳۱، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۳۷،
۲۳۹، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۰، ۲۶۲،
۲۶۳، ۲۶۸، ۲۷۳، ۲۷۶، ۲۷۷،
۲۷۸، ۲۷۹، ۲۸۰، ۲۸۲، ۲۸۳،
۲۸۴، ۲۸۵، ۲۸۸، ۲۸۹، ۲۹۰،
۲۹۱، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۱۲، ۳۱۶،
۳۱۷، ۳۱۹، ۳۲۰، ۳۲۵، ۳۲۶،
۳۲۸، ۳۴۲، ۳۴۳
دادگاه کلرادو ۱۴۹،
دادگاه گرنویل ج، خ، ع، ۶۲، ۶۹،
۱۳۹، ۱۹۰، ۲۰۴، ۲۱۷، ۲۱۸،
۲۱۹، ۲۲۱، ۲۲۴، ۲۲۵، ۲۲۶،
۲۳۰، ۲۳۱، ۲۳۳، ۲۳۵، ۲۳۶،
۲۳۹، ۲۴۰، ۲۴۱،
دانشگاه اورگان ۱۸۶، ۱۲۱،
دانشگاه پنسیلوانیا ۱۲۱،
دانشگاه تورنتو ۱۸۳،
دانشگاه میشیگان ۱۲۲، ۱۲۱،
دپارتمان هلسینکی ۹۸،
دروازه کپیتال ۱۱۰،
دسترسی تعمیر و نگهداری ۲۳،
۳۲۱، ۲۹۴، ۲۶۸، ۲۳۵،
دوسلدورف ۶۲، ۵۵، ۵۴، ۵۳، ۵۲،
۱۸۶، ۱۱۵،
دووجهی ۹۱، ۷۶،
دیوار پرده ۳۲۱، ۳۰۹، ۱۸۴،
دیوار عظیم ۱۵۹،
دیوار فعال ۱۲۱، ۹۳، ۹۲، ۷۶،
راهکارهای سرمایه‌ی ۳۴۲، ۹،
۳۴۳
رودخانه مروارید ۳۰۳، ۳۰۲، ۱۹۰،
۳۲۷، ۳۱۶،
روسیه ۹۲،
روند ساخت ۱۵۶،
ریور هوس ۵۱، ۴۹،
زیست اقلیمی ۲۳۸، ۲۳۷،
ساخت ج، د، ز، خ، س، ش، ک، ۲،
۳، ۶، ۸، ۱۱، ۱۷، ۲۰، ۲۷، ۲۹،
۴۱، ۴۷، ۵۰، ۵۲، ۵۴، ۷۱، ۷۳،
۷۴، ۷۶، ۷۷، ۸۳، ۸۹، ۹۶، ۹۷،
۱۰۲، ۱۱۰، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۷،

۱۱۹، ۱۴۶، ۱۵۹، ۱۶۶، ۱۷۴،
 ۱۹۰، ۲۲۶، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۷،
 ۲۶۰، ۲۶۸، ۲۷۶، ۲۸۰، ۲۸۶،
 ۲۹۴، ۲۹۹، ۳۰۵، ۳۱۶، ۳۱۷،
 پنجره جعبه‌ای ۳۱۷، ۳۱۶،
 پنجره دوجداره ۱۳۹، ۳۰،
 پورتلند ۱۵۶، ۱۵۵، ۱۵۴، ۱۳۷،
 ترمودینامیک ۳۹، ۳۷،
 تک پوسته ۱۷،
 تلوس ۱۲۵، ۱۲۳، ۱۲۰، ۱۱۰،
 تنفس نما ۲۳۷، ۲۲۶،
 تهیه طبیعی، ر. ش. ۱۷، ۲۵، ۳۵،
 ۳۸، ۳۹، ۵۵، ۶۰، ۶۴، ۶۸، ۷۲،
 ۹۱، ۹۵، ۹۸، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۱۶،
 ۱۱۷، ۱۲۲، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۴۰،
 ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷،
 ۱۴۹، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۷۴، ۱۷۹،
 ۱۸۶، ۲۲۴، ۲۴۹، ۲۶۸، ۲۷۷،
 ۲۷۸، ۲۸۰، ۲۸۴، ۲۹۰، ۲۹۳،
 ۲۹۴، ۳۳۶، ۳۴۲، ۳۴۳،
 جی اس دبلیو هذکوارتز ۱۱۰، ۶۸،
 جی تی آی ۷۲، ۷۰،
 حفاظت، ۳۸، ۳۳، ۳۲، ۲۲، ۱۱،
 ۱۶۸، ۱۴۶، ۱۴۰، ۱۲۳، ۶۸،
 ۲۴۷، ۲۳۷، ۲۳۱، ۲۰۴، ۱۹۵،
 ۳۲۴، ۳۱۷، ۲۹۰، ۲۷۷، ۲۵۹،
 خانه بریا کلیف «برای لس لی و
 گادوین ۱۰۱،
 خروجی هوا، ۵۹، ۵۵، ۳۷، ۳۵، ۲۵،
 ۲۵۸، ۲۳۱، ۲۰۳، ۱۲۱، ۶۸، ۶۷،
 ۳۱۶، ۲۸۹، ۲۶۸،
 خورشیدی، ذ. س. ش. ک. ۵، ۶، ۹،
 ۱۷، ۱۸، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶،
 ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶،
 ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۲، ۵۱، ۵۳، ۶۰،
 ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۲، ۸۷، ۸۹، ۹۰،
 ۹۳، ۹۵، ۹۶، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰،
 ۱۰۱، ۱۱۴، ۱۱۶، ۱۲۲، ۱۲۳،
 ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۵،
 ۱۴۷، ۱۴۸، ۱۵۰، ۱۵۱، ۱۵۲،
 ۱۵۸، ۱۵۹، ۱۶۰، ۱۷۲، ۱۶۹،
 ۱۸۶، ۱۷۸، ۱۷۷، ۱۷۶، ۱۷۴،

- ۳۲۰, ۳۲۱, ۳۲۳, ۳۲۴, ۳۲۹,
۳۳۰, ۳۳۴, ۳۳۵
عملکرد کل ساختمان ۱۴۱, ۱۸,
فایر و دوماس ۹۸,
فاکتورهای عملکرد پویا ۱۴۴,
فتوولتائیک ۱۴۷, ۱۲۹, ۱۱۳, ۳۱,
۱۴۸, ۱۴۹, ۱۷۴, ۳۲۶, ۳۲۸,
۳۲۹
فدرال ای جی سلبیز ۶۸,
فدرال وندل وایت ۱۵۵,
فرانسه ج.خ, ۳, ۲۳, ۲۴, ۲۵, ۲۶,
۲۷, ۲۸, ۴۷, ۶۲, ۶۶, ۶۹, ۷۱,
۷۲, ۷۳, ۹۳, ۹۵, ۹۸, ۱۰۲,
۱۱۰, ۱۱۳, ۱۱۶, ۱۲۹, ۱۹۰,
۱۹۲, ۱۹۳, ۱۹۴, ۱۹۵, ۲۰۳,
۲۰۴, ۲۰۵, ۲۰۹, ۲۱۰, ۲۱۴,
۲۱۸, ۲۱۹, ۲۲۰, ۲۲۲, ۲۳۱,
۲۳۲, ۲۳۵, ۲۳۶, ۲۴۰, ۳۳۴,
فرانکفورت ۱۱۴, ۱۱۱, ۱۰۱, ۷۲,
۱۲۶, ۲۴۹
قسمت بندی حفره ۲۳,
قصر کریستال پالاس در هاید پارک,
در لندن, انگلستان ۸۹,
قوانین ق.ع, ۶, ۲۹, ۳۱, ۱۸۵, ۳۲۹
کارایی ب.ج, ز.ش, ص.ع, ک,
۱۷, ۳۰, ۳۱, ۳۳, ۳۷, ۴۰, ۴۱,
۶۶, ۶۸, ۷۳, ۸۳, ۱۲۳, ۱۲۶,
۱۲۸, ۱۳۹, ۱۴۰, ۱۴۳, ۱۴۶,
۱۴۷, ۱۴۸, ۱۵۴, ۱۶۴, ۱۶۵,
۱۶۶, ۱۶۷, ۱۶۹, ۱۷۲, ۱۷۶,
۱۸۷, ۲۷۶, ۲۷۷, ۲۸۰, ۳۰۶,
۳۰۷, ۳۱۵, ۳۱۶, ۳۲۰, ۳۲۱,
۳۲۲, ۳۲۹, ۳۳۰, ۳۳۴, ۳۳۶,
کارایی بالا ج.ع, ک, ۱۷, ۳۰, ۳۳,
۳۷, ۴۰, ۶۸, ۱۲۳, ۱۲۶, ۱۲۸,
۱۳۹, ۱۴۰, ۱۴۳, ۱۴۶, ۱۴۷,
۱۴۸, ۱۵۴, ۱۶۵, ۱۶۶, ۱۶۹,
۱۷۶, ۱۸۷, ۲۷۶, ۲۸۰, ۳۰۶,
۳۰۷, ۳۱۶, ۳۲۹, ۳۳۰, ۳۳۴,
۳۳۶
کالیفرنیا ۱۲۲, ۱۲۱, ۹۶, ۹۱,
۱۴۹, ۱۵۲, ۱۸۷, ۳۳۴
- شبه سازی ز. ۹, ۳۲, ۴۰, ۹۵,
۱۴۴, ۱۴۵, ۱۶۰, ۱۶۵, ۱۶۷,
۱۷۰, ۱۷۲, ۱۷۳, ۱۷۴, ۱۷۵,
۱۷۶, ۱۷۷, ۱۷۸, ۱۷۹, ۱۸۰,
۱۸۱, ۲۶۲, ۲۹۷, ۲۹۸, ۳۲۵,
شیشه ذ.ک, ۱۱, ۱۷, ۱۹, ۲۶,
۲۷, ۳۰, ۳۲, ۳۴, ۳۷, ۳۹, ۴۱,
۵۱, ۵۵, ۵۶, ۶۳, ۶۹, ۷۲, ۷۴,
۸۳, ۸۸, ۸۹, ۹۰, ۹۱, ۹۲, ۹۳,
۹۵, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۱۲۸, ۱۳۰,
۱۴۱, ۱۴۲, ۱۴۵, ۱۴۶, ۱۵۰,
۱۵۲, ۱۵۴, ۱۵۷, ۱۶۶, ۱۷۲,
۱۷۹, ۱۹۳, ۲۰۷, ۲۰۸, ۲۰۹,
۲۱۰, ۲۱۳, ۲۲۴, ۲۳۸, ۲۳۹,
۲۴۸, ۲۵۷, ۲۶۳, ۲۶۸, ۲۸۲,
۳۳۶, ۳۳۵, ۲۹۶,
شیکاگو ۱۲۲, ۱۲۱, ۱۱۰, ۶۷,
۳۰۸
صوت ج. ۸, ۳۸, ۴۰, ۴۱, ۱۷۴
طراحی احیاگر خ, ۱۱
طراحی پاسخگو ۳۶,
عایق صوتی ۴۸, ۴۱, ۴۰, ۲۵,
۲۱۹, ۱۴۲
عملکرد ج. ز. ش. ع. ف. ک, ۱۷,
۱۸, ۱۹, ۲۰, ۲۳, ۲۴, ۲۵, ۲۶,
۲۷, ۲۹, ۳۰, ۳۱, ۳۹, ۴۰, ۴۱,
۴۷, ۴۸, ۴۹, ۵۱, ۵۹, ۶۰, ۶۲,
۶۷, ۶۹, ۷۰, ۷۲, ۸۷, ۹۹,
۱۰۰, ۱۰۱, ۱۰۲, ۱۱۳, ۱۱۴,
۱۱۵, ۱۲۱, ۱۲۲, ۱۲۳, ۱۲۷,
۱۳۹, ۱۴۰, ۱۴۱, ۱۴۲, ۱۴۳,
۱۴۵, ۱۴۶, ۱۴۷, ۱۴۸, ۱۵۲,
۱۵۴, ۱۵۹, ۱۶۰, ۱۶۶, ۱۶۵,
۱۷۳, ۱۷۲, ۱۷۰, ۱۶۸, ۱۶۷,
۱۷۹, ۱۷۸, ۱۷۶, ۱۷۵, ۱۷۴,
۱۸۶, ۱۸۵, ۱۸۳, ۱۸۱, ۱۸۰,
۲۱۲, ۲۱۰, ۲۰۲, ۱۹۰, ۱۸۷,
۲۴۰, ۲۳۸, ۲۳۵, ۲۲۶, ۲۲۵,
۲۶۸, ۲۶۵, ۲۵۷, ۲۵۰, ۲۴۱,
۲۸۸, ۲۸۰, ۲۷۸, ۲۷۷, ۲۷۰,
۲۹۸, ۲۹۷, ۲۹۶, ۲۹۰, ۲۸۹,
۳۱۹, ۳۱۷, ۳۰۹, ۳۰۶, ۲۹۹,
- ۲۳۰, ۲۳۱, ۲۳۲, ۲۳۵, ۲۳۶,
۲۴۵, ۲۴۱, ۲۴۰, ۲۳۹, ۲۳۸,
۲۵۲, ۲۵۱, ۲۴۹, ۲۴۸, ۲۴۷,
۲۵۸, ۲۵۷, ۲۵۶, ۲۵۵, ۲۵۴,
۲۶۸, ۲۶۶, ۲۶۳, ۲۶۰, ۲۵۹,
۲۷۷, ۲۷۶, ۲۷۴, ۲۷۳, ۲۶۹,
۲۸۸, ۲۸۴, ۲۸۲, ۲۸۰, ۲۷۸,
۲۹۳, ۲۹۲, ۲۹۱, ۲۹۰, ۲۸۹,
۲۹۸, ۲۹۷, ۲۹۶, ۲۹۵, ۲۹۴,
۳۰۷, ۳۰۶, ۳۰۵, ۳۰۳, ۲۹۹,
۳۱۳, ۳۱۲, ۳۱۰, ۳۰۹, ۳۰۸,
۳۱۹, ۳۱۸, ۳۱۷, ۳۱۶, ۳۱۵,
۳۲۶, ۳۲۵, ۳۲۲, ۳۲۱, ۳۲۰,
۳۳۵, ۳۳۴, ۳۳۰, ۳۲۹, ۳۲۸,
۳۳۶, ۳۴۱
ساختمان ارتش ۹۴, ۹۳,
ساختمان بیمه ۱۱۳,
ساختمان کتابخانه دانشگاه تی یو
دلفت ۱۱۰,
ساختمان هالیدی ۹۱,
ساختمان های شاردر ۶۲,
سانتا مونیکا ۱۴۹,
سانفرانسیسکو ۱۵۲, ۱۲۱, ۹۱,
۱۵۳
سایبان ر. ۲۴, ۲۸, ۵۵, ۶۶, ۶۷,
۹۴, ۹۸, ۱۳۹, ۱۴۸, ۱۵۲,
۱۵۴, ۲۰۲, ۲۱۵, ۲۲۰, ۲۴۹,
۲۸۰, ۲۹۳, ۳۰۹, ۳۳۰,
سنتروسویز ۱۱۰,
سندای مدياتک ۲۱, ۲۰, ۱۹, ۱۸,
۷۴
سوئیس ۲۲۰, ۱۱۳, ۹۲, ۷۲,
سی آی آرام ۱۲۲,
سیستم تهویه مطبوع ۴۹, ۲۵,
سیستم مدیریت ساختمان ۲۸,
۱۱۷, ۱۱۶, ۱۱۵, ۷۲, ۶۸, ۶۵,
۱۸۳, ۱۵۸, ۱۵۳, ۱۴۹, ۱۴۷,
۲۹۴, ۲۸۰, ۲۶۶, ۲۶۰, ۱۸۶,
۳۳۰, ۳۲۰, ۲۹۸,
سیستم های مکانیکی ۱۸, ۱۱, ۲,
۱۸۱, ۱۸۰, ۱۷۸, ۱۷۴, ۹۶, ۳۳,
۳۲۰, ۲۸۴, ۲۴۷

- کتابخانه عمومی کمبریج، ج. س. ع.، ۵۷، ۵۹، ۶۵، ۱۲۱، ۱۳۹، ۱۷۰، ۱۷۱، ۱۷۶، ۱۸۰، ۱۸۲، ۱۸۳، ۱۸۶، ۱۹۰، ۲۴۵، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۴، ۲۵۷، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۱، ۲۷۰، ۲۷۱
- کتابخانه عمومی مارسسی، ۲۶، ۲۷، ۶۲، ۱۲۹، ۱۳۹
- کتابخانه ملی، ۲۶، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۱۱۰، ۱۱۳، ۱۹۳، ۱۹۵، ۲۰۹
- کتابخانه ملی فرانسه، ۱۹۵، ۲۰۹
- کدها، ۱۷۹، ۱۷۴، ۱۶۵، ۱۴۰، ۳۲، کلارچک، ۲۷
- کلوند، ۱۲۱، ۶۸، کلینیک کلیولند ابوظبی، ۱۱۹، ۱۲۸
- کمبریج، س. س. ع.، ۱۰، ۲۴، ۲۵، ۵۷، ۵۹، ۱۲۱، ۱۷۶، ۱۹۰، ۲۴۵، ۲۴۸، ۲۴۹، ۲۵۰، ۲۵۱، ۲۵۲، ۲۵۳، ۲۵۴، ۲۵۸، ۲۵۹، ۲۶۵
- کنگره ۶۳۶۰۱، کورن وال، ۲، ۳
- کولهوف، ۱۱۷، ۱۱۶، ۵۱، ۵۰، ۴۹، ۱۲۰
- کی اف دیلو، وستارکید، ۱۱۱
- گارستون، انگلستان، ۱۴۹
- گالری لافایت، ۱۱۰
- گتزر هدکوارترز، ۱۸
- گرمایی، ۲۶۶، ۲۰۵، ۲۰۳، ۱۸۰، ۳۶، گزینه‌ها، ۴۷
- گلخانه‌ای، ۱۳۳، ۱۰۲، ۸۷، لس آنجلس، ۱۲۲
- لندن، ۲۶، ۴۹، ۶۳، ۸۸، ۸۹، ۱۰۱، ۱۱۰، ۱۱۶، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۴۰، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۷، ۱۵۹، ۱۷۲، ۱۷۶، ۱۷۸
- ۲۴۵، ۲۴۹، ۲۶۸
- لور، ۹۷، ۹۶
- لویدز، ۱۰۱
- لثو، ۷۲، ۷۰
- ماده تغییر فازدهنده، ۱۴۸
- محفظه هوا، ۹۴، ۳۰، ۲۸
- محیط و عملکردهای فیزیکی اجتماعی_فرهنگی، ۴۲
- مدرسه، ۱۱۰، ۹۹
- مدل سازی، ج. ف. ک.، ۳۱، ۵۵، ۶۹، ۹۳، ۱۱۵، ۱۲۳، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۶۷، ۱۷۰، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۷۴، ۱۷۶، ۱۷۸، ۱۷۹، ۱۸۰، ۱۸۱، ۲۶۸، ۲۷۸، ۲۷۹، ۳۱۹، ۳۲۶، ۳۲۹، ۳۳۰
- مدول، ۳۲۳
- مرکز ارتقای کسب و کار، ۱۱۳
- مرکز فرهنگی «جیم ماری تی جیباو»، ۳
- مرکز کورسال، ۱۱۴، ۱۱۰
- مرکز نانجینگ کین، ۱۳۱
- مزایا و ملاحظات، ۱۴۶
- مسکو، ۹۳
- معیارهای اصلی ساختمان‌های سبز، ۳۲
- مناطق حائل، ۸۳، ۸۵، ۸۷، ۲۰۹، ۲۸۲
- مناطق و حوزه‌های عملی، ۴۷
- موزه هنر ک ل و لندن، ۱۵
- موزه «کونستهایوس برگنز»، ۱۱۴
- مؤسسه جهان عرب، ۲۰۹، ۱۰۲
- نمای تنفسی، ۲۳۹، ۲۲۶، ۶۹، ۶۰
- نمای دویوسته تحت فشار، ۷۲
- نور، ج. د. ذ. خ. س. ش.، ۲، ۸، ۱۹، ۲۲، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۹، ۵۶، ۶۳، ۶۷، ۶۸، ۸۳، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۹، ۱۰۰، ۱۰۱، ۱۱۳، ۱۱۴، ۱۱۵، ۱۲۱، ۱۲۳، ۱۲۷، ۱۲۹، ۱۳۱
- ۱۳۳، ۱۴۰، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۵، ۱۴۶، ۱۴۷، ۱۴۹، ۱۵۲، ۱۵۷، ۱۵۸، ۱۷۳، ۱۷۲، ۱۶۶، ۱۶۵، ۱۷۴، ۱۷۵، ۱۷۶، ۱۷۹، ۱۹۴، ۱۹۶، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۶، ۲۰۷، ۲۰۸، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۹، ۲۲۰، ۲۲۱، ۲۲۴، ۲۲۶، ۲۲۷، ۲۲۸، ۲۲۹، ۲۳۰، ۲۳۱، ۲۳۲، ۲۳۳، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۳۹، ۲۴۸، ۲۵۴، ۲۵۶، ۲۵۹، ۲۶۰، ۲۶۲، ۲۶۳، ۲۶۸، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۸، ۲۷۹، ۲۸۳، ۲۸۵، ۲۸۹، ۲۹۰، ۲۹۱، ۲۹۲، ۲۹۶، ۳۰۶، ۳۰۷، ۳۰۹، ۳۱۲، ۳۱۶، ۳۱۷، ۳۱۹، ۳۲۰، ۳۲۸، ۳۳۶
- نوع تهویه، د.، ۲۲، ۴۷، ۵۹، ۲۰۴، ۲۳۲، ۲۳۷، ۲۵۹، ۲۹۰، ۳۱۷
- نوکیا، ۱۱۷
- وان انگل اسکوتر، ۲۷
- ویلی، ۹۲
- هتل کولمار دو هاوت راین، ۲۱۲
- هدکوارترز، ۶۸، ۶۶، ۶۵
- هزینه، ر.، ۲۶، ۲۷، ۷۳، ۹۳، ۱۲۵، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۲، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۵۹، ۱۶۶، ۱۷۰، ۱۷۲، ۱۷۳، ۱۸۰، ۲۲۰، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۸، ۲۷۹
- هوای داخل، ۱۵۹، ۳۹، ۲۹، ۶، ۳۱۹، ۳۰۶، ۲۶۸
- هیدرو پلیس مانیتویا، ج. س. ع.، ۱۲۲، ۱۴۰، ۱۶۹، ۱۷۲، ۱۸۶، ۱۸۷، ۱۹۰، ۲۷۳، ۲۷۴، ۲۷۶، ۲۷۷، ۲۷۸، ۲۷۹، ۲۸۰، ۲۸۱، ۲۸۲، ۲۸۳، ۲۸۶، ۲۸۹، ۲۹۰، ۲۹۴، ۲۹۶، ۲۹۷، ۲۹۸، ۲۹۹
- یازاکی، ۱۲۱



طبقه بندی ها Köppen-Geiger

استوایی

Af Am Aw

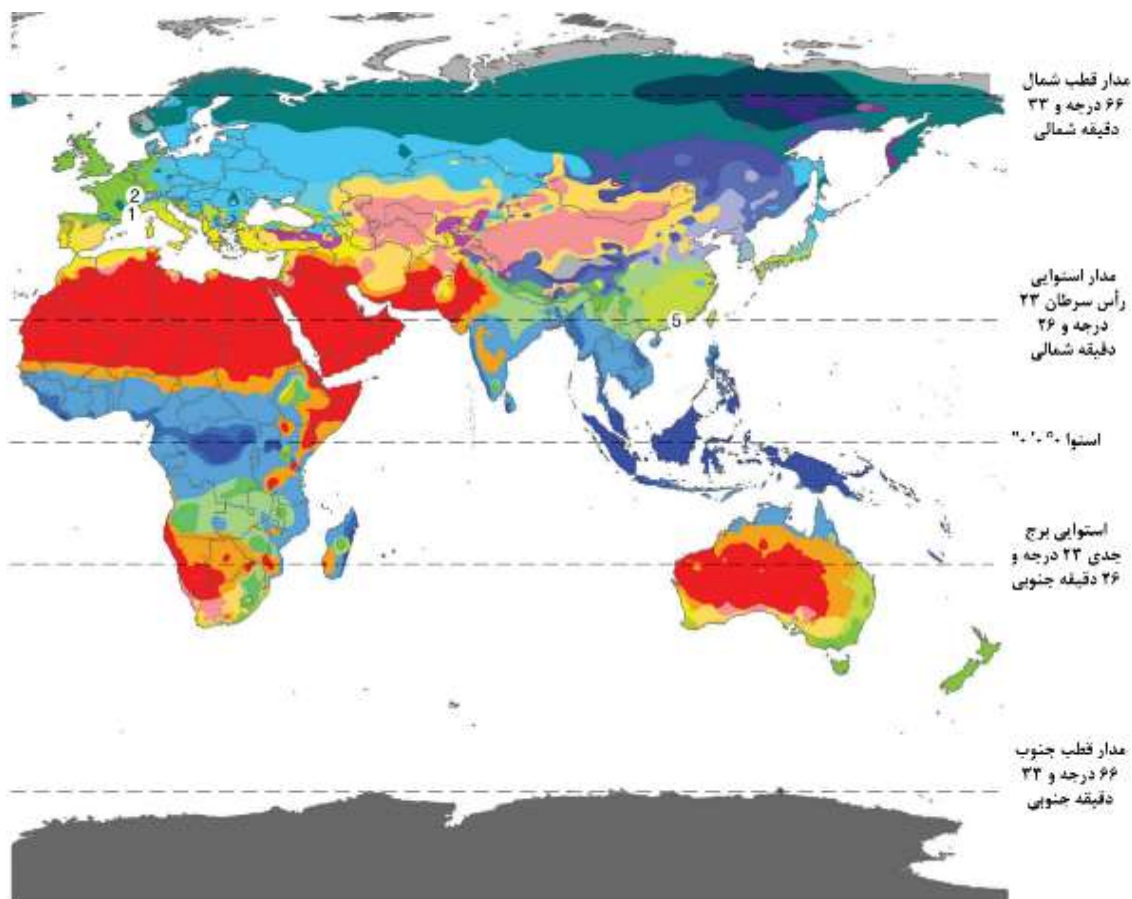
خشک

BWh BWk BSh BSk

گرم و خشک کم بارش	گرم و مرطوب دمای گرم سالیانه، فصل های بارانی و خشک	اقلیم
زمستان راهکارهای گرمایشی استفاده از تابش خورشیدی ذخیره گرما پخش گرما		راهکارهای طراحی زیست اقلیمی
تابستان راهکارهای سرمایشی کنترل تابش خورشیدی دوری از گرما تهویه طبیعی و سرمایش	در تمام طول سال راهکارهای سرمایشی کنترل تابش خورشیدی دوری از گرما تهویه طبیعی و سرمایش	

شکل اصلی: نسخه به روز شده نقشه جهانی دسته بندی اقلیمی The Köppen-Geiger منبع: M. C. Peel, B. L. CC-BY-SA:

Finlayson, T. A. McMahon. بحث های هیدرولوژی و علوم سیستم زمین، اتحادیه علوم زمین اروپا ۴، شماره ۲ (۲۰۰۷): ۴۳۹-۷۳.



معتدل و مرطوب

Csa	Csb
Cwa	Cwb
Cfa	Cfb
	Cfc

نسبتاً خشک

Dsa	Dsb	Dsc	Dsd
Dwa	Dwb	Dwc	Dwd
Dfa	Dfb	Dfc	Dfd

قطبی

ET	EF
----	----

سرد دمای بسیار سرد سالیانه	معتدل و مرطوب زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم	معتدل و مرطوب دمای سالیانه ملایم
در طول سال راهکارهای گرمایشی استفاده از تابش خورشیدی ذخیره گرما پخش گرما حفظ گرما	زمستان راهکارهای گرمایشی استفاده از تابش خورشیدی ذخیره گرما پخش گرما حفظ گرما	زمستان راهکارهای گرمایشی استفاده از تابش خورشیدی ذخیره گرما پخش گرما حفظ گرما
	تابستان راهکارهای سرمایشی کنترل تابش خورشیدی دوری از گرما تهویه طبیعی و سرمایش	تابستان راهکارهای سرمایشی کنترل تابش خورشیدی دوری از گرما تهویه طبیعی و سرمایش

University of Guilan Press

**Bioclimatic Double
skin Facades**

By:

Mary Ben Bonham

Translated by:

Ardalan Aflaki, Ph. D

Seyedeh Aida Hosseini, Ph. D Student