مطالعات جامع در مدیریت شهری، نشریهٔ علمی، سال سوم، شمارهٔ نهم، بهار ۱۴۰۱، صص ۲۳-۳۴

ارزیابی و ارائه راهکاری جهت افزایش بهره وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا[1]

احسان نجف زاده[1]، فاطمه امیریان*[2]، امین‌الله احدی[3]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/.۱/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

امروزه با گسترش شهرنشینی، صنعتی شدن جوامع، افزایش تراکم شهرها و منابع دودزا، آلودگی هوا به یکی از مشکلات اساسی در کلان شهر های ایران به خصوص در پایتخت شده است. از جمله مهم‌ترین مشکلاتی که در پی آلودگی هوا رخ می‌دهد، می‌توان به افزایش بیماری‌ها مشکلات تنفسی و ریوی، کهنه شدن نمای ساختمان‌ها، تیره شدن رنگ و کوتاه‌کردن عمر آن‌ها و خسارات زیان بار باران های اسیدی اشاره کرد. در این پژوهش به افزایش بهره‌وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا در جهت افزایش سطح کیفی هوا در خرد اقلیم (micro climate) شهر تهران پرداخته خواهد شد. روش تحقیق پژوهش مدنظر شبیه-سازی و آزمایشی می‌باشد که در آن سعی شده است با استفاده از رویکرد دینامیک سیالات محاسباتی با سنجش فشار و سرعت هوا جانمایی مناسب پنجره ها در نمای دوجداره گردش مناسب جریان هوا صورت گیرد. بدین منظور چند نمونه از نمای دوجداره مورد تحلیل قرار خواهد گرفت و در نهایت یک نمای دوجداره اجرا شده که تهویه بهینه در آن انجام شده باشد مورد شبیه‌سازی قرار خواهد گرفت که توصیه می‌گردد در شهرهای آلوده از نمای دوجداره که تهویه بهینه در آن بر مبنای نتایج شبیه‌سازی باشد مورد استفاده قرار گیرد. براساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی و یافته های حاصل از تحقیق هر قسمت ساختمان که فشار هوا بالاو سرعت هوا صفر شود در آن جا باید بازشو یا پنجره‌ای جهت ورود هوا قرار بگیرد تا هوا وارد ساختمان شود و هر قسمت ساختمان، فشار منفی و سرعت هوا زیاد باشد باید بازشویی جهت خروج هوا قرار بگیرد تا هوا از آن جا تخلیه و به صورت مکش خارج شود. با ا فزایش گردش جریان هوا غلظت آلاینده‌های هوای کاهش و کیفیت هوای محیط افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: نمای دوجداره، آلودگی هوا، جریان هوا، غلظت آلاینده‌ها

---

*این مقاله برگرفته از رساله کارشناسی ارشد نگارنده اول، با عنوان "ارتقا مبانی طراحی نمای جداره تصفیه‌کننده هوا به منظور تجهیز فضاهای موجود در مراکز شهری با ضریب آلودگی هوای بالا (نمونه موردی بیمارستان پارس در منطقه ۶ تهران)" است که به راهنمایی نگارنده دوم و به مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند و رباط‌کریم انجام شده است.

۱. کارشناس ارشد معماری، گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند و رباط کریم، تهران، ایران.
ehsan.najafzadeh14@gmail.com

۲. دکتری معماری و استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند و رباط کریم، تهران، ایران.(نویسنده مسئول)
fatemeh.amirian@piau.ac.ir

۳. دکتری معماری و استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند و رباط کریم، تهران، ایران. a.ahadi@piau.ac.ir

۱.مقدمه

امروزه به دلیل سرعت فعال شهر نشینی و توسه سریع صنعت ظاهر ساختمان ها و بنا های معماری و فرهنگی شهر های مدرن از موقعیت بوم شناسی بصری نیاز به توجه ویژه دارد، هوای جوی آلوده تاثیر منفی برظاهر خارجی ساختمان ها و بناهای معماری دارد. اثر ترکیبی آلاینده های خورنده جامد، مایع وگازی در هوا همراه با هوای محیط با رطوبت بالا باعث کاهش عمر مفید عناصر منفرد قطعات مختلف ساختمان ها و سازه ها و به طور کلی کلیه اجزا ساختمان به عنوان مثال تاسیسات آن می‌شود.

طبق آمار های انجام شده از طریق سازمان بهداشت از هر ۱۰ نفر مرگ و میر ۱ نفر مربوط به آلودگی هوا بوده است.(سازمان جهانی بهداشت). توجه به اقلیم مورد مطالعه و در نظرگرفتن اصول طراحی غیرفعال، مهم‌ترین عوامل در تعیین رفتار بهینه نمای ساختمان است. در پژوهش پیش رو سعی شده مولفه‌ی اصلی نمای دوجداره از طریق شبیه سازی و آزمایش کنترل شود. فرض براین است تهویه مناسب در نمای دوجداره بر کیفیت هوای محیط داخل و خارج تاثیر بگذارد. مهم ترین عامل یا متغیر تاثیر گذار در نمای دوجداره جهت گردش جریان هوا بازشوهای ورود و خروج هوا جهت تهویه می‌باشند. جهت عملکرد مناسب و بهینه یابی نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا باید با عملکرد نماهای زیست مبنا نیز شناخت کافی داشت بدین منظور در ابتدا با مرور پیشینه پژوهش پیرامون نمای دوجداره و نماهای زیست مبنا از طریق ارزیابی گذشته نگر از تحقیقات قبلی و براساس آن، با سه دسته از نما: نمای سبز، نمای جلبک، نمای آبی، که در حوزه نمای زیستی و به عنوان نمای پایدار مقابله با آلودگی هوا کاربرد دارند آشنا شده و سپس به بررسی نقاط ضعف و کاستی‌های موجود در پیشینه پژوهش «انواع نماهای پایدار»،پرداخته خواهد شد که نتواستند عملکرد مناسبی در برابر آلودگی هوا از خود نشان بدهند. سپس درادامه راهکارهایی جهت افزایش بهره‌وری نمای دوجداره در برابر آلودگی هوا از طریق تهویه مناسب بیان خواهد شد

۲.پیشینه پژوهش

مطالعه و بررسی پیشینه پژوهش موضوع "جداره نما "، سبب غنای بیشتر تحقیق، جلوگیری از تکرار انجام کار، علت انجام پژوهش، شناخت موضوع مورد مطالعه پژوهش و در نهایت استفاده از نتایج مطالعات گذشته در فرضیه‌سازی می‌شود که موجب مشخص شدن کاستی های موجود در طرح پژوهش مدنظر خواهد شد.

فریال احمدی در مقاله خود با عنوان،«سنجش میزان جذب دی اکسید کربن در بیوپوسته‌های شفاف ساختمان به منظور ارتقا پایداری محیط زیست شهری»، بیان می‌دارد: با بهره‌گیری از علم بیونیک و الهام از طبیعت، با تلفیق و الحاق پوشش‌های جاذب آلودگی هوا به جداره‌های ساختمان، علاوه بر جذب و کاهش آلاینده‌های هوا، می‌توان به پایداری زیست محیطی و احیای بستر طبیعی کلان شهرها کمک کرد.

متین باستانفرد در مقاله‌ای با عنوان،« کنترل آلودگی هوا توسط پوسته‌های زیست مبنا » بیان می‌دارد: روند سریع توسعه شهرها چرخهٔ حیات زیستی را بر هم‌زده و موجب بروز مشکلاتی ازجمله آلودگی هوا شده است. برنامه های مدیریت آلودگی هوا عمدتا بر کنترل منابع تولید آلاینده ها متمرکزند. این راهبرد به طور مؤثری میزان آلاینده های جدید وارد شده به هوا را کاهش داده اما در مورد آلاینده های موجود در هوا بی تأثیر است (باستان‌فرد، ۲۹،۱۳۹۶).

مریم‌آزموده در پایان‌نامه دکتری خود با عنوان ،« تاثیر دیواره های سبز برکاهش آلودگی هوا و تعدیل دمای محیط در شهر تهران» بیان می‌دارند: روند سریع توسعه شهرها بسیاری از فضاهای سبز را از بین برده و موجب بروز مشکلاتی از جمله آلودگی هوا و جزیره گرمایی شهری شده است (آزموده، ۱۳۹۵).

محمد مهدی اسدی در مقاله‌ای با عنوان،« بررسی نقش طراحی نمای ساختمان ها بر اساس معیار های توسعه پایدار در حفظ محیط زیست با تاملی بر نمای سبز » بیان می‌دارند: فضاهای انسانی جدا از دنیای طبیعی نیستند، در سال های اخیر به دلیل به وجود آمدن چالش هایی در مصرف انرژی و همچنین تغییرات آب و هوایی، معماران در سدد استفاه از روش هایی نوین برآمدند. یکی از آن روش ها کاربرد نمای سبز می باشد (محمدمهدی اسدی، ۱۳۹۴).

گیاهان ممکن است تأثیرات متعددی داشته باشند که می‌توان آن‌ها را به کیفیت هوای داخل ساختمان، مصرف انرژی و اثرات روانی طبقه‌بندی کرد (عبدالحمید سیام ، ۲۰۱۷). نماهایی که بیشترین تأثیر را بر محیط و بهزیستی انسان دارند، نمای سبز لعاب پایدار و نمای دی اکسید تیتانیوم است. (محمد فرید ، ۲۰۱۶ : ۱۸۰). نماهای سبز قادر به فیلتر کردن ذرات موجود در هوا، و سایر آلودگی‌ها هستند (پرینی، ۲۰۱۲). با پیدایش انقلاب صنعتی و شهرهای صنعتی غلظت کربن دی اکسید موجود در هوا افزایش یافته و باعث آلودگی هوا و مشکلات زیست‌محیطی شده است، تا جایی که معماران برای حفظ جان بشر پا به عرصه گذاشته، و راه حل هایی را ارائه دادند که یکی از آن‌ها طراحی نمای سبز بود (گونگ و یو یانگ،[2]۲۰۰۸.). الگوی استفاده از آب در نمای ساختمان، از پاک‌سازی هوا توسط بارش باران نشات می‌گیرد، در زمان بارش باران طبیعت به ایجاد مکانیزم حذف آلاینده ها کمک می‌کند که در آن گازهای آلاینده جذب و ذرات جامد در قطرات باران سقوط می‌کنند (شوکلا، میسرا و ساندر شیام، [3]۲۰۰۷).

امروزه از جلبک‌ها در صنعت ساختمان و در نمای ساختمان‌ها نیز استفاده می‌شود. نمای جلبک‌ها به منظور بهبود کیفیت هوا در محیط زیست از طریق تولید اکسیژن و حذف آلاینده‌ها کاربرد دارند (مطهری و حق‌پرست ۱۳۹۵). حال به ضعف وخلل‌های موجود در پیشینه پژوهش پرداخته خواهد شد و مورد ارزیابی قرارخواهند گرفت که نماهای زیستی چه نقاط ضعف و کمبود-هایی داشتند که نتوانستند عملکرد مناسبی از خود در برابر آلودگی هوا نشان بدهند.

به هر حال به رغم تلاش‌های پژوهش‌های پیشین، اقداماتی جهت انجام طراحی نما جهت از بین‌بردن آلاینده‌ها صورت گرفته است، ولی همان‌طور که در جدول۱ به آن ذکر شد، به دلایل بیان شده سودمند و پر ثمر واقع نبوده‌اند و اقداماتی لازم و پژوهش‌هایی جدید باید در این زمینه گام برداشته می‌شد. از طریق ارزیابی گذشته نگر از تحقیقات قبلی در مورد جداره نمای تصفیه‌کننده هوا، مزایا و معایب نما بر روی انسان و محیط اطراف، بیان شد و نتیجه گرفته می‌شود؛ نماهای زیستی قادر به پاسخگویی شرایط محیطی آلودگی هوا نبوده و دارای معایبی می‌باشند و بهره‌وری لازم را ندارند. برای این‌که نمای دو جداره در برابر آلودگی بهره‌وری مناسب داشته باشد، باید تهویه کافی جهت گردش جریان هوا داشته باشد.

۳. بررسی و مطالعات (مبانی نظری)

طبقه‌بندی نماهای دو پوسته مهم است، چون می‌تواند بر رویکرد اولیه در مرحله طراحی تاثیر بگذارد. پس از انتخاب این‌که کدام نوع نما دوپوسته بر ساختمان مناسب است، ضروری است تا طراحی و پارامتر های فنی مانند "جنس و مصالح" مورد استفاده شده را مشخص کنید که آن می‌تواند بر عملکرد و بهبود بخشیدن سیستم فیزیکی ساختمان تاثیر بگذارد. دقت کردن در محاسبات طراحی نما منجر به پیش‌بینی‌های دقیق خواهد شد (پویرازیس ، ۲۰۰۴).

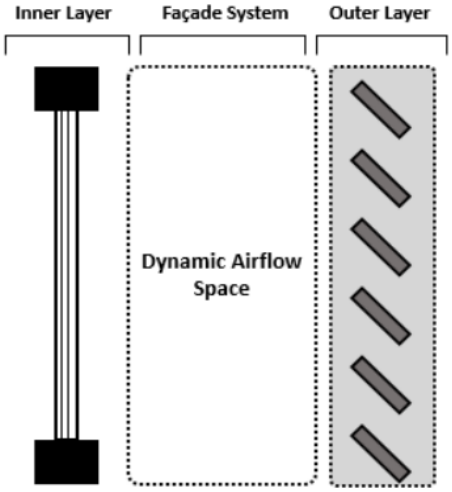
نمای دوم برای یک ساختمان موجود و فعال و یا یک ساختمان متروکه و بلا استفاده همواره می‌تواند شخصیت معمارانه جدیدی به وجود آورد و هم از جنبه‌های فنی، کاهش آلودگی، مصرف انرژی و هم از جنبه‌های مفهومی و معنایی روحی تازه به معماری بدمد (داودی مکی معین،۱۳۹۷).

[1] Perini
[2] Gong & Yu, Yang
[3] Misra, and Sundar Shyam ،Shukla

جدول ۱ : بررسی نقاط ضعف پژوهش‌های انجام‌شده (نماهای پایدار)

۱	نمای سبز	–عدم امکان اجرا در تمام اقلیم‌ها . – عدم تطابق و عملکرد یکسان در تمام فصول –بروز محدودیت در انتخاب گیاه با توجه به اقلیم . – کمبود دانش و آگاهی نسبت به مزایای اقتصادی – هزینه احداث بالا . – مصرف بالای آب . – نیازمند معیارهای سازه‌های قابل قبول –نیاز به تقویت سازه نما برای استقرار دیوارسبز . –امکان ایجاداغتشاش بصری به علت تغییرئفرم و رنگ گیاهان در فصول مختلف –امکان ایجاد بوی نامطلوب در بعضی زمان‌ها . –امکان وجود حساسیت برای بعضی افراد . –امکان جذب حشرات مزاحم.
۲	نمای جلبک	–عدم کارکرد مناسب در همه اقلیم‌ها . – هزینه ساخت زیاد به دلیل عدم وجودتکنولوژی در کشور در شرایط فعلی . – نیازمند نیروی متخصص جهت تعمیر و نگهداری . –افزایش وزن ساختمان . –مختل کردن دید بصری . –عدم شناخت و دانش نسبت به نماهای جلبک . –عدم وجود تکنولوژی مورد نیاز در شرایط فعلی.
۳	نماهای آبی	–عدم امکان اجرا در تمام اقلیم‌ها – عدم تطابق و عملکرد یکسان در تمام فصول . – محدود بودن شعاع تاثیر. – افزایش هزینه های مصرف آب – افزایش هزینه نگهداری نمای اصلی . –به صورت مستقل مانع فیزیکی نیست – امکان آسیب به نمای ساختمان به دلیل وجود املاح –امکان جذب حشرات مزاحم . – امکان یخ زدگی آب در فصول سرد –بالا رفتن مصرف آب . – نیاز به عایق کاری نمای اصلی . –عدم کنترل صوت.
۴	نمای دو جداره هوشمند با مصالح فتوکاتالیستی	مصالح فتوکاتالیستی به دلیل ناشناخته بودن و کمبود اطلاعات، در حوزه معماری استفاده نشده است. هر چند که پژوهه‌های انجام شده مرتبط چندانی به معماری ندارد.

نیاز های کاربران می‌باشند (حسین‌پور، ۱۳۹۱). از نظر ساختار یک نمای دوپوسته شامل سه بخش اصلی است: لایه فضای خارجی، فضای واسط و لایه داخلی، به گونه‌ای که اساس شکل‌گیری این سیستم‌ها طراحی یک ساختارثانویه با فاصله از نمای داخلی ساختمان است.

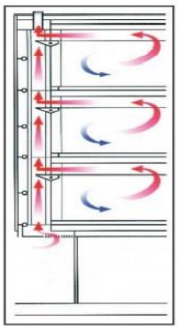


تصویر۱: اجزا تشکیل‌دهنده ساختار لایه‌ای نمای دو پوسته (منبع: داودی مکی معین،۱۳۹۷).

نمای دوپوسته بر اساس شیوه‌ی جریان هوا در حفره به ۵ دسته تقسیم می شوند:

۱- لایه هوای خارجی،(ارتباط حفره فقط با محیط خارج) ۲- لایه هوای داخلی (ارتباط حفره فقط با محیط داخل) ۳- تامین هوا ،(جریان هوای خارج ، وارد فضـــای داخل می گردد) ۴- خروج هوا ۵- حائل هوا (عدم ارتباط حفره با محیط داخل و خارج)(منبع: رولی لارمایی مسعود۱۳۹۲).

سیستم های تهویه معمولا جهت تامین و یا خروج هوای DSF[4]به رو شی منا سب و هم چنین توزیع هوای تازه به فضای ساختمان کاربرد دارند. در این سیستم هوای ورودی به طور مستقیم به فضای داخل، تزریق نمی‌گردد. بنابراین خطر آلودگی در ساختمان را بسیار کاهش می‌دهد. این سیستم در نواحی با شرایط آب و هوایی سخت و کیفیت پایین هوا، می‌تواند شـــرایط ثابتی را برای فضـــای داخل فراهم نماید. ســـاختمان "هلیکن[5]" نمونه ای از ســـیســـتم تهویه مکانیکی می‌باشـــد (هادیان‌پور و همکاران،۱۳۹۲)



تصویر۲: سیستم استخراج هوا (منبع: هادیان‌پور و همکاران،۱۳۹۲)

[4] Double Skin Facade
[5] Helicon

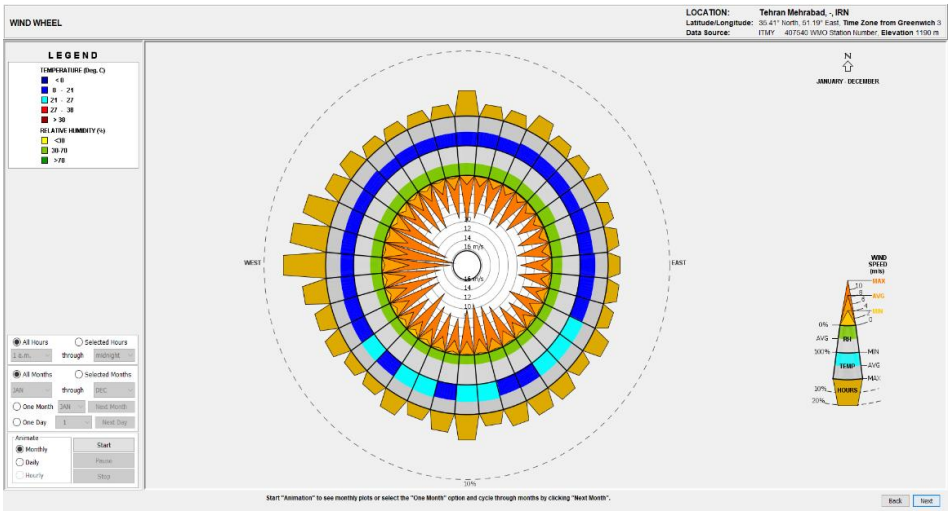
ارزیابی ی هوا

تصویر۳: استفاده از سیستم استخراج هوا مکانیکی در ساختمان هلیکن (منبع: هادیان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲)

٤. روش پژوهش

برای یافتن جواب سوالات و فرضیات از روش تحقیق شبیه سازی و آزمایش با رویکرد دینامیک سیالات محاسباتی استفاده شده است. این رویکرد به دلیل آن که توانایی شبیه سازی و محاسباتی جریان های چند فازی از جمله سرعت و جهت باد، فشار هوا، و دمای هوا می‌باشد، گزینه‌ی مناسبی برای شبیه سازی و آزمایش پژوهش مدنظر می‌باشد. به منظور تحلیل عددی سرعت و جریان هوا در نمای دوپوسته از نرم افزار انرژی پلاس با واسط کاربری دیزاین بیلدر استفاده شده است. ، مهم ترین مسئله در دینامیک سیالات محاسباتی انتخاب صحیح شرایط مرزی است، به عبارتی دیگر شرایط مرزی؛ تعیین دقیق اطلاعات نمای دوپوسته (تعریف مسئله)، در نرم افزار دیزاین بیلدر جهت شرایط بهینه نمای دوپوسته در برابر آلودگی هوا می‌باشد.

براساس استخراج فایل اطلاعات اقلیمی استان تهران از سایت انرژی پلاس و تحلیل آن در نرم افزار کلایمت کانسالتنت اطلاعات اقلیمی نمایان خواهد شد که یکی از آن ها تحلیل حرکت و سرعت باد بر اساس موقعیت آن استان می‌باشد، این اطلاعات براساس ایستگاه های سنجش در فرودگاه مهرآباد می‌باشد. براساس نمودار گلباد۳-۱: جهت باد غالب در استان تهران، غرب می‌باشد که هر گاه این باد ها شدت بگیرند، هوای آلوده از تهران را خارج می‌کنند، البته امتداد کوه‌های البرز که در میان تهران و کرج واقع شده تا حدود زیادی بادهای غربی را به سمت شهریار منحرف می‌سازد و مانع از تخلیه کامل آلودگی می‌شود (مگر آن که شدت باد زیاد باشد).



نمودار ۱: نمودار گلباد

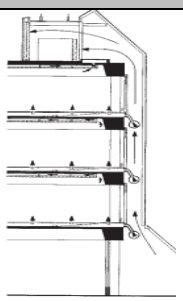
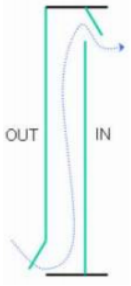
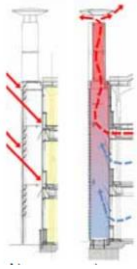
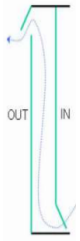
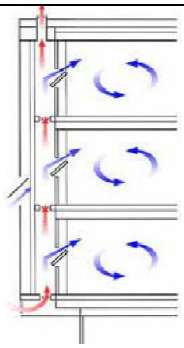
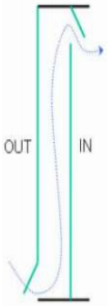
نمودار گلباد از سه بخش اصلی تشکیل شده است، یک بخش ساعت‌های ما است یعنی هر اندازه که قسمت نارنجی بزرگ‌تر باشد ساعت های بیشتری باد می‌وزد و خط چین دایره‌ای نشان دهنده این است که وزش باد به هیچ یک از ۱۰ درصد کل بادهای سال هم نمی‌رسد، قسمت بعد(محدوده آبی رنگ) دمای هوا را نشان می‌دهد که وقتی این باد می‌وزد دمای هوا در چه میانگینی است، رده‌ی بعدی نشان دهنده وضعیت رطوبت نسبی است، در تمامی ساعاتی که باد می‌وزید رطوبت نسبی ۳۰الی ۷۰ درصد بوده است و ردیف آخر یعنی درون دایره جهت باد را نشان می‌دهد که از سمت غرب می‌وزد. به‌علت غربی بودن جریان باد غالب و استقرار بخش مهمی از صنایع استان در غرب شهر تهران، غالب آلودگی‌های ناشی از صنایع مستقر در غرب تهران به سمت مرکز شهر فوق رانده می‌شوند. کوه‌های واقع در شمال و شمال شرق شهر تهران مانع خروج آلودگی‌ها از طریق جریان بادها می‌شوند. در نتیجه هوای نواحی مرکزی شهر به‌خاطر انباشته شدن آلودگی‌های ناشی از خودروها، انواع دودکش‌ها و سایر منابع با آلودگی‌های انتقالی از حومه آلوده‌تر می‌شوند و آلودگی آن بیش از پیش افزایش می‌یابد.

وزش باد می‌تواند نقش موثری در کاهش آلودگی، تامین اکسیژن مورد نیاز (در صورت عبور از سطوح گیاهی) و خنک‌کنندگی محیط داشته باشد. به علت وضعیت ویژه استان از نظر تراکم جمعیت، در بررسی عوامل اقلیمی در استان، آلودگی هوا و به خصوص اثر گذاری جریان باد بر کیفیت هوای شهرهای استان اهمیت زیادی دارد. تراکم بیش از حد جمعیت و فعالیت‌ها در فضاهای محدود و حساس نقش مهم و اصلی در آلودگی هوا ایفا می‌کند. به علت استقرار جمعیت زیاد در فضای محدود، همراه با استقرار بی رویه صنایع، شهر تهران بحرانی‌ترین مکان استان از نظر انواع آلودگی‌های محیط زیست به‌خصوص آلودگی هوا محسوب می‌شود.

-ارزیابی نمونه موردی سیستم های نمای دو پوسته، در افزایش بهره‌وری آن در برابر آلودگی هوا از طریق دینامیک سیالات محاسباتی

از آن جایی که نمای دوجداره مدنظر باید به گونه‌ای طراحی گردد که به سرعت جریان هوا و بهبود کیفیت هوا کمک کند، بنابراین نمونه های انتخابی از جنبه عملکرد و نوع تهویه هوا مورد بررسی قرار خواهند گرفت. مطابق جدول نمونه های انتخابی دارای عملکرد تهویه داخل به خارج و خارج به داخل می‌باشند. انتخاب نوع نمای دو پوسته‌ایی، می‌تواند در دما، سرعت هوا و کیفیت هوای درخواست شده در درون ساختمان بسیار مهم باشد، اگر این سیستم ها به خوبی طراحی شوند، تهویه طبیعی می‌تواند با گردش جریان هوا غلظت تراکم آلاینده‌ها را کاهش دهد و نقش موثری در بهبود کیفیت هوا و افزایش بهره وری نمای دوجداره در برابر آلودگی داشته باشد. در جدول۲ چند نمونه از نماهای دوپوسته براساس نوع تهویه و ابعاد فضای میانی (عمق حفره) دسته بندی شده‌اند، نماهای دوپوسته انتخابی دارای مولفه های تاثیر گذار نوع تهویه و عمق حفره می‌باشند و از آن جایی که در پژوهش مدنظر نیز نوع تهویه و عمق حفره جزء متغیر های مستقل هستند، در نتیجه تحلیل و بررسی آن ها کمک شایانی، بر نتایج شبیه‌سازی و آزمایش خواهد گذاشت. برای شبیه‌سازی و آزمایش، یک نمونه از نماهای دو پوسته که از نظر عملکرد نوع تهویه وعمق حفره به پیش فرض‌های پژوهش مدنظر نزدیک باشد انتخاب می‌گردد. در میان نمونه ها، ساختمان دی‌بی گارگو به دلیل نوع تهویه و عمق حفره مناسب برای شبیه‌سازی و تحلیل گزینه مناسبی می‌باشد، براساس جدول ۲، ساختمان دی بی کارگو دارای تهویه داخل به خارج و با عمق حفره ۱۸۰۰میلی متر می‌باشد که هوای تازه از محیط بیرون داخل ساختمان شده و به بهبود کیفیت هوا داخل کمک می‌کند، از طرفی در تهویه خارج به داخل با افزایش بهره‌وری های لازم می‌توان هوای آلوده محیط بیرون را تصفیه و وارد فضای داخل کرد.

جدول۲: ارزیابی نمونه موردی سیستم‌های نمای دوپوسته

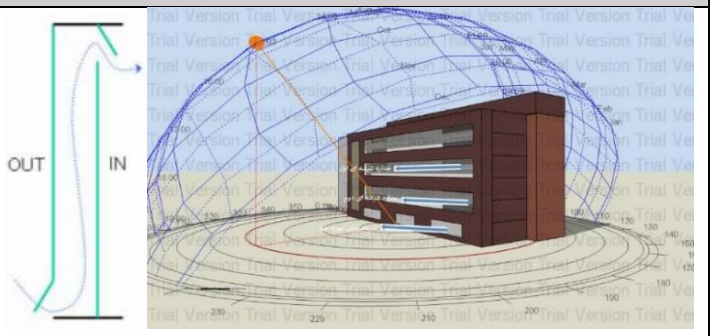
نام پروژه	نوع نما دوپوسته	نوع تهویه	عمق حفره	تهویه حفره
خانه بریارکلیف[6]. (منبع: هریس پویرازیس[7]۲۰۰۴) خانه بریارکلیف[8].	 نمای دو جداره فعال	 تهویه مکانیکی خارج به داخل	۱۰۰۰ میلی متر	نوع تهویه هوا در حفره به صورت مکانیکی انجام می‌شود که سرعت جریان هوا در آن ۷٫۵ متر بر ثانیه می‌باشد و از هوای تهویه برای کنترل رطوبت و کیفیت هوای داخل استفاده می‌شود. سایه‌انداز های پرده مانند، داخل حفره قرار دارند که به صورت خودکار کنترل می‌شوند.
ساختمان تاسیس تحقیقات[9] (منرازیس۲۰۰۴)	 نمای دوجداره	 نوع تهویه: داخل به خارج	۱۵۰۰ میلی‌متر	یک سیستم منفعل غیر فعال می‌باشد، دودکش-های عمودی تعبیه شده هوای گرم را در فصول گرم از ساختمان بیرون می‌کشند و باعث خنکسازی و بهبود کیفیت هوای ساختمان می‌شوند.
ساختمان دی بی گارگو (منبع: هریس پویرازیس۲۰۰۴) موقعیت: ماینز[1] آلمان	 نمای دوجداره پنجره‌ای[1]	 نوع تهویه: خارج به داخل	۱۸۰۰ میلی متر	تهویه هوا به صورت طبیعی انجام می‌شود، از طریق دریچه های تعبیه شده در پایین و بالای نمای دوجداره تهویه طبیعی انجام می‌شود و باعث بهبود کیفیت هوای ساختمان می‌شود و میزان تغییرات سرعت جریان هوا در داخل حفره متغیر می‌باشد که حداکثر سرعت جریان هوا در حفرهر به ۱۰متر بر ثانیه نیز می‌رسد.

براساس اطلاعات موجود از نمای ساختمان دی بی کارگو؛ یک ساختمان ۶ طبقه دارای نمای دوجداره به صورت ثابت می‌باشد و فقط عبور هوا از دریچه های تعبیه شده در بالا و پایین نمای هر طبقه صورت می‌گیرد، میزان فاصله بین دو جداره ۱/۸ متر که هوا در کل حجم در جریان می‌باشد و سه بازشو به ابعاد ۰/۵*۱ متر در پایین ترین سطح نما برای ورود هوا و

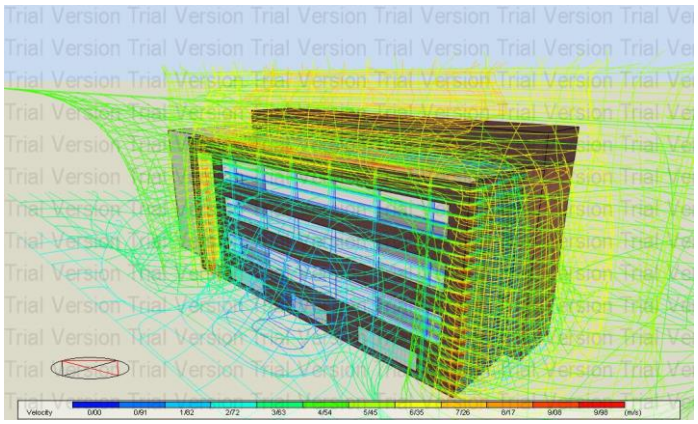
[6] Briarcliff House
[7] Harris Poirazis
[8] Briarcliff House
[9] Building Research Establishment

سه بازشو به ابعاد ۱*۰/۵ متر در بالاترین سطح نما نزیک به سقف برای خروج هوا درنظر گرفته شده و کل پوسته بیرونی به صورت شیشه در نظر گرفته شده و از تهویه طبیعی بهره گرفته شده است که تعویض هوا در ساختمان به صورت طبیعی رخ می‌دهد. براساس اطلاعات ساختمان از نمای دوجداره، شبیه سازی شروع می‌شود. رویکرد شبیه‌سازی از نوع دینامیک سیالات محاسباتی میکروسکوپی می‌باشد که به تحلیل سرعت و حرکت جریان باد پرداخته خواهد شد، در قدم نخست اطلاعات نمای دوجداره ساختمان دی بی کارگو طبق جدول ۳ در نرم افزار دیزاین بیلدر وارد می‌شود، از جمله ابعاد فضای میانی، مکان و ابعاد بازشو ورود و خروج هوا و موقعیت ساختمان دی بی کارگو جهت استخراج فایل اطلاعات اقلیمی و ارزیابی نتایج بهتر وارد می‌شود. سپس شبکه بندی مناسبی در نرم افزار در نظر گرفته می‌شود، بدیهی است هر چه مقیاس شبکه‌بندی ریزتر باشد تحلیل و استخراج نتایج دقیق تر خواهد بود.

جدول۳: اطلاعات نمای دوپوسته ساختمان دی بی کارگو جهت شبیه‌سازی

مدل نمای دوپوسته با تهویه خارج به داخل برای تعیین شرایط بهینه تهویه در فضای مابین نمای دوپوسته	
 حجم مدل ساختمان دی بی کارگو.	
ابعاد فضای میانی	۱/۸ متر
ابعاد باز شو ورود هوا	۱*۰/۵ متر
ابعاد بازشو خروج هوا	۱*۰/۵ متر

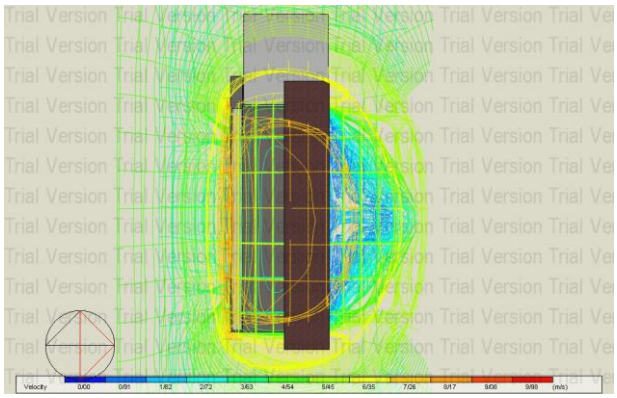
پس از مدل‌سازی نمای ساختمان دی بی کارگو در سطح ماکروسکوپی و تعریف مسئله در نرم‌افزار دیزاین بیلدر شبیه‌سازی و آزمایش آغاز می‌شود که به این طریق می‌توان یک جریان را به طور کامل شبیه‌سازی کرد، از جمله جریانی که در این شبیه‌سازی استخراج خواهد شد، جریان هوا و سرعت حرکت باد می‌باشد.



تصویر۷: الگوی توزیع فشار و سرعت جریان هوا در ساختمان

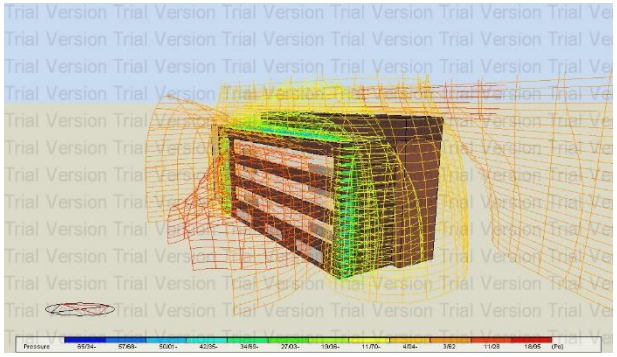
۵. تحلیل یافته‌ها

طبق شبیه‌سازی‌های انجام شده همـان طورکه در تصویر۷ مشاهده می‌کنید، الگوی توزیع سرعت و گردش هـــــوا در ساختمان بسیار نامنظم است. علامـــــــت قرمز رنگ در گوشه نقشه، جهت باد را نشان می‌دهد که از سمت غرب می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌کنید، سرعت باد با خطوط بازه رنگی آبی تا قرمز یکسان نمی‌باشد.



تصویر۸: الگوی توزیع سرعت جریان هوا در ساختمان

از دید پلان در تصویر ۸ مشاهده می‌شود در قسمت شرقی ساختمان سرعت باد به حداقل مقدار خود رسیده است و از سمت غرب باد وزیده و پس از برخورد آن در جبهه غربی ساختمان سرعت صفر شده و پس از حرکت بر روی ساختمان در قسمت شرقی پشت ساختمان، به دلیل فشار زیاد هوا سرعت باد صفر شده است.



تصویر۹: الگوی توزیع فشار هوا در ساختمان

مطابق تصویر۹ در هرقسمت که فشار هوا بالا و سرعت هوا صفر باشد، در آن جا باید پنجره قرار گیرد تا هـوا وارد ساختمان شود و هر قسمت ساختمان، فشار منفی، یعنی سرعت هوا زیاد باشد در آن جا پنچره خروجی هوا باید جاگذاری شود تا هوا تخلیه و به صورت مکش خارج شود.

٦. نتیجه‌گیری

طبق شبیه‌سازی های انجام شده نتیجه گرفته شد: جهت ایجاد کوران هوا در نقاط و قسمت هایی از ساختمان که سرعت باد در آن نواحی صـفر می‌باشـد و آلاینده‌های هوا در آن نواحی به دلیل نبود کوران هوا و سـرعت باد تجمع یافته‌اند؛ باید جانمایی نمای دوجداره در آن محل در نظرگرفته شود که سرعت باد به حداقل مقدار خود ر سیده ا ست، یعنی ق سمتی از سـاختمان که فشـار مثبت می‌باشـد، به این علت که آن قسـمت از سـاختمان محل تجمیع آلاینده‌های هوا اسـت. در شبیه‌سازی‌های انجام شده خطوط آبی رنگ نشان‌دهنده سرعت کم باد در این قسمت می‌باشد و مناسب‌ترین مکان برای

جانمایی نمای دو جداره جهت افزایش سـرعت باد، متراکم سـاختن آلاینده‌های هوا و افزایش بهره‌وری نمای دوجداره در برابر آلودگی می‌باشـد. برای شـهر تهران نمای دوجدار پیشـنهادی باتوجه به تهویه مناسـب گزینه مناسـبی و باید عوامل اقلیمی از جمله سرعت باد در جهت افزایش بهره وری نمای دو جداره درنظر گرفته شود.

۷. منابع فارسی و انگلیسی

- آزموده، مریم. (۱۳۹۸). ***تاثیر دیواره های سبز بر کاهش آلودگی هوا وتعدیل دمای محیط در شهر تهران،*** (پایان نامه دکتری) دانشکده معماری، دانشگاه تهران، تهران.
- اسعدی، محمدمهدی. (۱۳۹۴) ***. بررسی نقش طراحی نمای ساختمان‌ها براساس معیارهای توسعه پایداردر حفظ محیط زیست (با تاملی بر نمای سبز)،*** دومین کنگره علمی پژوهشی افق‌های نوین در حوزه مهندسی عمران، معماری، فرهنگ و مدیریت شهری ایران، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین .
- باستان‌فرد، متین. (۱۳۹۷). ***کنترل آلودگی هوا توسط پوسته‌های زیست مبنا (راهکاری برای کنترل آلودگی هوای شهر تهران).*** *نشریه باغ نظر*، ۱۵(۶۵)، ۲۵-۴۰.
- داودی مکی، معین. (۱۳۹۷). ***طراحی پژوهشکده تکنولوژی ساختمان ایران با تمرکز بر کاربرد آلیاژهای حافظه دار در نمای هوشمند*** پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس دانشکده هنر و معماری.
- رولی لارمایی، مسعود. (۱۳۹۲)**. *طراحی نمای دوپوسته بدن تهویه با قابلیت تطبیق پذیری پوسته خارجی در برابر شرایط متغیر محیطی*** . پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه هنر اسلامی تبریز دانشکده هنر و معماری.
- مطهری‌راد، ریحانه؛ حق‌پرست، فرزین. (۱۳۹۵). ***تاثیر استفاده از نمای بیو راکتور به عنوان مصالح هوشمند در صرفه جویی مصرف انرژی در ساختمان های زیستی.*** پنجمین کنفرانس بین اللملی پژوهش در علوم و تکنولوژی انگلستان.
- هادیان‌پور، محمد و مهدوی‌نژاد، محمدجواد، بمانیان، محمدرضا، حق‌شناس، محمد. (۱۳۹۲) ***. ظرفیت‌سنجی به کارگیری پوسته های دوجداره در طراحی معماری اقلیم گرم و خشک ایران به منظور کاهش مصرف انرژی (نمونه موردی شهر یزد)*** نشریه هنرهای زیبا – معماری و شهرسازی ۱۹(۳): ۲۹-۳۸ .
- Faridah, Hanim., Mohamed, Farid., Sabarinah Sh, Ahmad., Abu Bakar, Abd., Raub, Mariam Felani, Shaar. (2016). ***Green "Breathing Facades" for Occupants' Improved Quality of Life*** ASEAN-Turkey ASLI (Annual Serial Landmark International) Conferences on Quality of Life (2016) AMER International Conference on Quality of Life, AicQoL2016Medan 25 – 27 February 2016, Medan, Indonesia Procedia - Social and Behavioral Sciences 234 (6) : 173 – 184.
- Harris, Poirazis.(2004). ***Double Skin Façades for Office Buildings Department of Construction and Architecture, Division of Energy and Building Design***. Lund University, Lund Institute of Technology, Lund 2004.
- Shaimaa, Fouad., Mohamed, Abdelhamid Seyam., (2017). ***The Impact of Plants on Indoor Air Quality, Energy Use, and Psychological Status of Occupants*****.** A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Master Science Department of Civil Engineering University of Toronto 2017.
- Yu, Y**.,** Kwok, K**.,** Liu, X**.,** & Zhang, Y**.(** 2017 *).* ***Air pollutant dispersion around high-rise buildings under different angles of wind incidence***. International Journal Of Wind Engineering And Industrial Aerodynamics,16(7), 51-61. https://doi.org/doi:10.1016/j.jweia.2017.04.006.

- Kuzmichev, A.A , Loboyko V.F. (2016**).** ***Impact of the Polluted Air on the Appearance of Buildings and Architectural Monuments in the Area of Town Planning*** International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 Available online at www.sciencedirect.com Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, Akademicheskaya str.,1,Volgograd 400074, Russia.

Evaluating and providing a solution to increase the efficiency of double-skin Façade against air pollution

Ehsan Najaf Zadeh[1], Fatemeh Amirian[*2], Amin Alah Ahadi[3]

Abstract

Today, with the expansion of urbanization, the industrialization of societies, the increase in the density of cities and sources of smoke, air pollution has become one of the main problems in Iran's metropolises, especially in the capital. The most important problems that occur due to air pollution can be pointed out the increase of diseases, breathing and lung problems, the aging of the facade of buildings, the darkening of the color and shortening of their life, and damages. Loads of acid rain. In this research, will be discussed about of increasing the efficiency of double-skin façade against air pollution in order to increase the air quality level in the micro climate of Tehran. The research method of the study is simulation and experiment, that it has been tried to use the approach of computational fluid dynamics by measuring the pressure and air velocity to find the appropriate placement of the windows in the double-skine facade for the proper circulation of the air flow. For this purpose, several examples of double-skin facades will be analyzed and finally a double-skin facade with optimal ventilation will be simulated, which is recommended in polluted cities from double-skin facades with optimal ventilation It should be used based on the simulation results. Based on the results of the simulation and the findings of the research, every part of the building where the air pressure is high and the air speed is zero, there should be an opening or a window for the air to enter the building, and every part of the building, negative pressure and If the air speed is high, the air outlet should be placed in the direction of the air exit so that the air can be discharged from there and taken out in the form of suction. With the increase in air circulation, the concentration of air pollutants will decrease and the ambient air quality will increase.

Key words: Double skin facade**,** air pollution**,** air flow**,** Density of pollution

1. Master of Arch, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Parand and Robat karim Branch, Tehran, Iran**.** ehsan.najafzadeh14@gmail.com
2 Ph.D. in Architecture, Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Parand and Robat karim Branch, Tehran, Iran. (**Correspondence Author**). fatemeh.amirian@piau.ac.ir
3. Ph.D. in Architecture, Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Parand and Robat karim Branch, Tehran, Iran. a.ahadi@piau.ac.ir.