



Breathing Wall Modeling to Absorb Indoor Pollutants in the Living Room of a House Inspired by the Buffer Zones of Traditional Architecture in Hot and Arid Climate of Iran

ARTICLE INFO

Article Type

Original Research

Authors

Heidari Sh.¹ PhD,
Motallaei S.* PhD

How to cite this article

Heidari Sh, Motallaei S. Breathing Wall Modeling to Absorb Indoor Pollutants in the Living Room of a House Inspired by the Buffer Zones of Traditional Architecture in Hot and Arid Climate of Iran. *Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(1):1-7.*

ABSTRACT

Aims Indoor air quality (IAQ) is one of the factors that determines the performance and maintenance of the building and affects the health and well-being of building users. The present study aimed at evaluating the breathing wall modeling to absorb indoor pollutants in the living room of a house inspired by the buffer zones of traditional architecture in hot and arid climate of Iran.

Materials & Methods The present descriptive study was carried out, using library method and computer modeling inspired by traditional Iranian architecture and sub-climate design of indoor climate and, as a result, the combination of pollutant adsorbent plants design in architectural space. Through ANSYS FLUENT 6.3.26 software, the effect of contaminated fluid release in the room space, as well as the concentration of the matter and its release were investigated by the snake plant with the boundary conditions. The air inlet was considered fixed at a speed of 0.5m/s, the output was considered relative constant pressure at zero atmospheres, and the walls were considered fixed with non-slip condition.

Findings The wind situation in the room was useful for diluting pollutants. The process of reducing the concentrations of pollutants was suitable for the time, adequate, and appropriate by using plants.

Conclusion Based on wind condition modeling and the combination of pollutant adsorbent plants design in architectural space, plants contribute to dilution of pollutants, air conditioning, and deposition of suspended particles through the production of oxygen during photosynthesis and also the absorption of pollutants from the environment.

Keywords Indoor Air Quality; Buffer Zones; Computer Simulation; Air Conditioning; Reducing; Energy Consumption

*Architecture Department, Architecture Faculty, City Center Branch, University of Applied Sciences & Technology, Isfahan, Iran

¹Architecture Department, Art Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran

Correspondence

Address: Architecture Department, Architecture Faculty, City Center Branch, University of Applied Sciences & Technology, Third floor of Isfahan City Center, In front of South Entrance Sepahan City, Shahid Dastjerdi Highway, Isfahan, Iran.
Postal Code: 8169414847
Phone: +98 (31) 36730111
Fax: -
smotalaei.ut@gmail.com

Article History

Received: September 16, 2015
Accepted: April 21, 2016
ePublished: August 21, 2018

CITATION LINKS

[1] Familiarity with Islamic architecture of Iran [2] Climate impact on architectural ornament analyzing shadow of khavoon in Dezful historical context using image processing [3] Climate architecture [4] Indoor air quality factors in designing a healthy building [5] A model for gaseous pollutant sorption by leaves [6] Indoor air quality guide [7] Comparison of various types of k-ε models for pollutant emissions around a two-building configuration [8] Impact of building facades and ground heating on wind flow and pollutant transport in street canyons [9] Comparison of Numerical Simulation of NOx with Modeling of IAQX in Indoor Environments [10] Efficiency of dracaena deremensis and hederahelix plants in elimination of benzene from air using SPME-GC-FID [11] Better indoor air quality by design [12] The green building envelope: Vertical greening

مدلسازی دیواری با قابلیت تنفس برای جذب آلاینده‌های داخلی در اتاق نشیمن یک منزل مسکونی با الهام از فضاهای بافر در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران

شاهین حیدری * PhD

گروه معماری، دانشکده هنر، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ساناز مطالی MSc

گروه معماری، دانشکده معماری، واحد سیتی‌سنتر، دانشگاه علمی کاربردی، اصفهان، ایران

چکیده

اهداف: کیفیت هوای داخل در فضاهای بسته یکی از عواملی است که وضعیت کارایی و نگهداری ساختمان را تعیین می‌کند و روی نحوه فعالیت و سلامت کاربران ساختمان تاثیر می‌گذارد. هدف پژوهش، مدلسازی دیواری با قابلیت تنفس برای جذب آلاینده‌های داخلی در اتاق نشیمن یک منزل مسکونی با الهام از فضاهای بافر در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران بود.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع توصیفی با روش مطالعه کتابخانه‌ای و مدلسازی کامپیوتری با الهام از معماری سنتی ایران و طراحی خرد اقلیم داخل فضای بسته و در نتیجه استفاده از طرح ترکیب گیاهان جاذب آلاینده در فضای معماری انجام گرفت. بستر طرح مورد نظر در شهر اصفهان در نظر گرفته شد. از طریق نرم‌افزار ANSYS FLUENT 6.3.26، به بررسی رفتار انتشار سیال آلوده در فضای اتاق و نیز بررسی وضعیت غلظت و انتشار آن توسط جعبه گیاه زبان مادرشوهر با شرایط مرزی پرداخته شد. ورودی هوا به‌صورت سرعت ثابت و برابر ۵/۵ متر بر ثانیه، خروجی به‌صورت فشار نسبی ثابت در صفر اتمسفر و دیوارها نیز دیوار ثابت با شرط عدم لغزش در نظر گرفته شدند.

یافته‌ها: وضعیت باد در اتاق برای رقیق‌ساختن آلاینده‌ها مفید بود. روند کاهش غلظت آلاینده‌ها با استفاده از جذب توسط گیاهان در محیط متناسب با زمان، کافی و مناسب بود.

نتیجه‌گیری: براساس مدلسازی وضعیت باد و طرح ترکیب گیاهان جاذب آلاینده در فضای معماری، گیاهان از طریق تولید اکسیژن طی عمل فتوسنتز و نیز جذب آلاینده‌ها از محیط به رقیق‌سازی آلاینده‌ها، تصفیه هوا و ته‌نشینی ذرات معلق کمک می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: کیفیت هوای داخلی، فضاهای بافر، مدلسازی کامپیوتری، تصفیه هوا، کاهش مصرف انرژی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۰۲

*نویسنده مسئول: smotalaei.ut@gmail.com

مقدمه

معماری و اقلیم دو امر جدایی‌ناپذیر هستند که از گذشته‌های دور نیز معماران تیزهوش ایرانی بدان توجه می‌نمودند. معماری همیشه و همه‌جا وابسته به زندگی بوده و در ایران زمین نیز بیش از هر جای دیگر به این مساله توجه شده است. معمار ایرانی، افزاز درگاه را به اندازه بالای مردم می‌گرفته و روزن و روشنندان را چنان می‌آراسته که فروغ خورشید و پرتوی ماه را به اندازه دلخواه درون سرای آورد [1]. حتی در این راستا از تزیینات معماری هم در بحث سایه‌اندازی برای اقلیم دریغ نمی‌نموده است [2]. معماران ایرانی به کیفیت هوا در فضاهای بسته نیز توجه می‌نمودند. به‌عنوان مثال در اقلیم گرم و خشک ایران با توجه به گردوغباری که در هوای این مناطق وجود دارد، استاد معمار سعی در کاهش این ذرات در داخل بنا می‌کرده و با ترفندهایی نظیر طراحی بازشو در بالای جداره رو به گذر، ایجاد هشتی و دالان، پایین‌بردن کف حیاط نسبت به گذر اصلی، حوض در حیاط مرکزی و حوض‌های زیر بادگیر، پوشش‌های

گیاهی در حیاط مرکزی، گودال باغچه‌ها و نظایر این موارد، علاوه بر رطوبت‌زنی به هوای خشک، گردوغبار هوای کویر را فیلتر می‌نموده و هوای پاکیزه را برای افراد ساکن در فضاهای زندگی به ارمغان می‌آورده است [3].

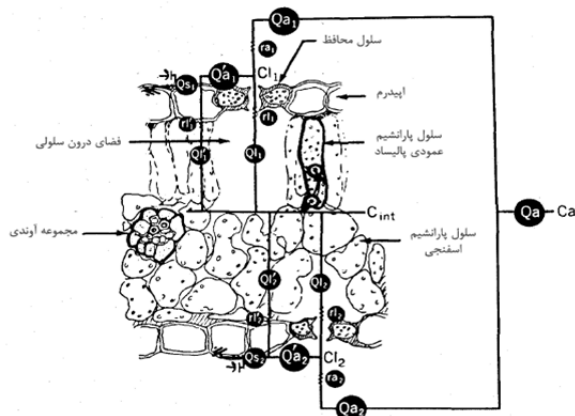
آلاینده‌هایی که در فضای بسته وجود دارند یا مانند ذرات معلق موجود در هوا، بیرون بنا تولید می‌شوند و به داخل فضای بسته راه می‌یابند یا در اثر گرم شدن مصالح به‌صورت ترکیبات آلی فزاز از آنها در فضا منتشر می‌شوند [4]. در ساختمان‌های سنتی اقلیم گرم و خشک عمدتاً به‌دلیل تهویه کافی که در ساختمان‌ها وجود داشت، مقدار آلاینده‌هایی که به فضاهای داخلی راه می‌یافت، از طریق تهویه کاملاً رقیق می‌شد و خطری برای سلامتی افراد به وجود نمی‌آورد. اما امروزه با افزایش هزینه‌های انرژی و حذف پیرانه‌های مربوط به آن، طراحان سعی می‌نمایند تا منافذ ساختمان مانند در و پنجره‌ها را به‌طور کامل، مقابل نفوذ هوا ایمن نمایند. این عمل اگر چه می‌تواند کاهش بارهای سرمایشی و گرمایشی را به‌همراه داشته باشد، ولی از طرف دیگر باعث افزایش غلظت آلاینده‌هایی می‌شود که بسیاری از آنها در خود فضاهای بسته تولید و منتشر می‌شوند و به‌دلیل اینکه هوایی از بیرون وارد فضای بسته نمی‌شود، غلظت این آلاینده‌های داخلی بالا می‌رود. هوای داخلی بد علاوه بر تاثیر روی اقتصاد و فعالیت کاربران به‌صورت مستقیم بر سلامت افراد ساکن در محل تاثیرگذار است، به‌طوری که می‌تواند باعث بروز مشکلاتی مانند سردرد، سرگیجه، تهوع، سوزش چشم و بینی، آبریزش و در شرایط حادتر باعث بروز مشکلات تنفسی مانند آلرژی و آسم و همچنین بروز سرطان‌های ریوی شود.

از دیگر سو، پوسته ساختمان به‌عنوان پوست دوم انسان، نقش مهمی را در سلامتی و کیفیت زندگی انسان ایفا می‌کند و می‌تواند به‌عنوان فیلتری برای ورود آلاینده‌ها به داخل فضا عمل نماید یا از طریق بازشوهای کافی، هوای خارج را به مقدار مورد نیاز برای فضای داخلی تامین نماید و از این راه می‌تواند در رقیق‌کردن آلاینده‌های داخلی نقش موثری داشته باشد. با این وجود بسیاری از افراد دخیل در امر ساخت‌وساز، ساختمان‌هایی را بر پا می‌دارند که بعد از گذشت پاسی از عمر ساختمان، متوجه آثار مיעان روی سطوح ساختمان می‌شویم و به‌دنبال آن مسلماً باکتری‌ها و قارچ‌هایی رشد خواهند کرد که با چشم قابل دیدن نیستند، ولی تاثیر بسیار بدی روی سلامت ساکنان خواهند گذاشت. همچنین ساختمان‌هایی ساخته می‌شوند که به‌علت عدم تهویه کافی یا طراحی نامناسب نسبت به جهت بادهای غالب منطقه، گردوغبار و بوهای نامطبوعی درون فضا می‌پیچد و کاربران قادر به کنترل آن نخواهند بود، بنابراین احساس ناراضیاتی افراد را در ساختمان افزایش خواهد داد.

جذب ترکیبات آلی فزاز (VOC) توسط مصالح ساختمانی تاثیر عمده‌ای روی بالارفتن غلظت این ترکیبات و کیفیت هوای داخل ساختمان دارد. ترکیبات آلی فزاز دارای نقطه جوش پایینی هستند و با افزایش دما در فضای داخلی می‌توانند از مصالحی که طی ساخت از این مواد در آنها استفاده شده است، آزاد شوند. برخی از مهم‌ترین این ترکیبات در فضای بسته موسوم به ایزومرهای زایلین (BTEX) هستند. بدین منظور لازم است برای هوای داخل ساختمان‌ها شرایط‌سازی انجام گیرد، بدین صورت که در فصول سرد، گرم و در فصول گرم، خنک شود. برای اینکه سیستم تهویه مطبوع به‌طور موثر عمل کند و اثربخش باشد، ضروری است هوایی که وارد ساختمان می‌شود و الزاماً دارای شرایط حرارتی مطلوب نیست کنترل شود. بنابراین لازم است ساختمان‌ها به‌خوبی

در اتاق بستری یک بیمارستان را از طریق دینامیک سیالات محاسباتی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است [7]. در دانشگاه شانگهای نیز با استفاده از تحلیل وضعیت سیال در فضا به بررسی تاثیرات تهویه با شدت‌های مختلف در کنترل کیفیت هوای داخلی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که تهویه به‌روش جایگزینی بهتر از تهویه با روش دودکشی عمل می‌کند [8].

در ایران نیز پژوهش‌های محدودی در زمینه کیفیت هوا در فضای بسته انجام گرفته است که می‌توان به پژوهش انجام‌گرفته در زمینه بررسی پراکنش عددی آلاینده اکسید نیتروژن در فضای بسته و مقایسه آن به‌وسیله دو مدل انتشار داخلی IAQX و مدل FLUENT اشاره نمود. نتایج حاکی از این بوده است که اعداد به‌دست‌آمده از نرم‌افزار ANSYS FLUENT 6.3.26 نسبت به مدل IAQX به اندازه‌گیری‌های واقعی نزدیک‌تر هستند [9]. همچنین پژوهشی با موضوع بررسی میزان اثربخشی گیاهان عشقه، کاکتوس و دراسنا در حذف BTEX در هوا انجام گرفته و حاکی از اثربخشی گیاهان نسبت به حذف آلاینده‌ها در محیط بوده است [10]. در جست‌وجوی انجام‌شده بین مقالات در دسترس، پژوهشی که به‌منظور بررسی کیفیت هوا در کاربری مسکونی انجام گرفته باشد، یافت نشد. بنابراین هدف پژوهش، مدل‌سازی دیواری با قابلیت تنفس برای جذب آلاینده‌های داخلی در اتاق نشیمن یک منزل مسکونی با الهام از فضاهای بافر در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران بود.



شکل ۱) مقطع عرضی یک گیاه دولپه

ابزار و روش‌ها

پژوهش کاربردی حاضر از نوع توصیفی با روش مطالعه کتابخانه‌ای و مدل‌سازی کامپیوتری انجام شد. بستر طرح مورد نظر در شهر اصفهان در نظر گرفته شد. بارندگی سالیانه اصفهان حدود ۱۶/۳°C میلی‌متر و درجه حرارت متوسط سالانه آن معادل ۴/۸ خواهد بود و است. بدین ترتیب ضریب خشکی این منطقه ۴/۸ خواهد بود و اقلیم منطقه براساس روش دومارتن، خشک محسوب می‌شود (شکل ۲). براساس گزارشات و آمار ایستگاه سینوپتیک اصفهان، دوره مرطوب از اوایل آذر تا اوایل فروردین است و بقیه سال در دوره خشکی قرار می‌گیرد. همچنین تحلیل‌های انجام‌گرفته در این ایستگاه نشان داده است که غیر از ماه‌های تیر، مرداد و شهریور که جهت باد غالب، شرقی و آبان که جهت باد غالب، جنوب غربی است، در سایر ماه‌ها، جهت باد غالب از غرب است و متوسط سرعت باد غالب، ۴/۵ متر بر ثانیه است. همچنین در فصل تابستان با گرم‌شدن هوا، بادهای جبهه غربی ضعیف می‌شوند و در عوض

درزگیری شوند و حجم هوا برای جایگزینی هوای داخل ساختمان دقیقاً محاسبه و کنترل شود تا از تحمیل بارهای اضافی به ساختمان و مصرف بی‌رویه انرژی جلوگیری شود. دو راهکار اصلی و اساسی کاهش و رقیق‌سازی آلاینده‌هایی که در فضای بسته تجمع یافته‌اند، یکی استفاده از تهویه (طبیعی یا مکانیکی) و دیگری استفاده از گیاهان جاذب آلاینده است.

گیاهان هنگامی که فصل رشد آنها شروع می‌شود، می‌توانند به‌عنوان جاذبی مهم برای جذب آلاینده‌ها موثر واقع شوند. البته باید به این مهم توجه داشت که اگر چه گیاهان می‌توانند نقش موثری در کاهش برخی از آلاینده‌ها ایفا نمایند، ولی در برابر بعضی از آلاینده‌های دیگر اثر کمتری دارند. آلاینده‌هایی که به‌وسیله گیاهان جذب می‌شوند، تحت تاثیر فرآیندهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک عمل می‌کنند. برگ گیاه که کار اصلی را در جذب آلاینده‌ها به عهده دارد، از سیستم‌های بافتی اپیدرمی (بیرونی‌ترین لایه سلول)، بافت آوندی و بافت پارانشیمی تشکیل شده است (شکل ۱). وظیفه بافت آوندی، رساندن آب و مواد غذایی به برگ‌ها است. بافت‌های پارانشیمی حاوی حجم زیادی از کلروپلاست هستند و قسمت اعظمی از کار فتوسنتز را به عهده دارند. این سلول‌ها به‌طور معمول بیشترین آسیب را در مقابل آلاینده‌ها می‌بینند. این آسیب زمانی اتفاق می‌افتد که آلاینده با مواد سلولی واکنش دهد و عملکرد سلول را دچار اختلال نماید (شکل ۱). بنابراین توانایی گیاه برای جذب آلاینده‌ها بستگی به مقاومت سلول‌های گیاهی در مقابل آن آلاینده خاص دارد. پتانسیل انتشار پخش آلاینده‌ها در فاز گازی به‌گرا دیان غلظت گاز بین هوای آزاد و سلول‌های مزوفیل گیاه بستگی دارد. قانون اول فیک به‌صورت زیر می‌تواند این انتقال را توضیح دهد [5]:

$$\partial q / \partial t = DA \partial c / \partial x$$

در این رابطه، q نشان‌دهنده کمیت (برحسب گرم و غیره) گاز منتشرشده در واحد زمان t (ثانیه، دقیقه و غیره) در طول مقطعی از سطح A (سانتی‌متر مربع) در سیستم است که به‌وسیله گرا دیان غلظت C (گرم بر سانتی‌متر مکعب و غیره)، در طول مسیر موثر X (سانتی‌متر) اتفاق می‌افتد. ضریب انتشار برای یک گاز مخصوص با D (سانتی‌متر مربع بر ثانیه) نشان داده می‌شود. شکل دیگری از قانون فیک به‌صورت زیر نوشته می‌شود که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [5]:

$$Q(\Delta q / A \Delta t) = \frac{\Delta c}{\Delta x / D}$$

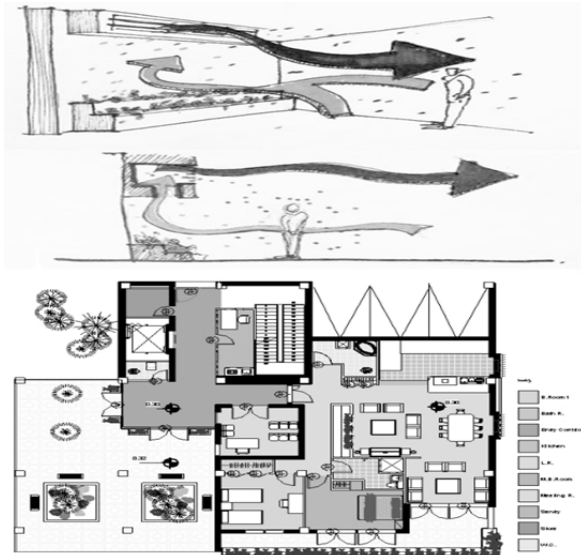
همچنین براساس قانون اهم، مقدار جریان Q به‌صورت زیر است:

$$Q = \frac{\theta(\text{اختلاف پتانسیل})}{R(\text{مقاومت به انتقال})}$$

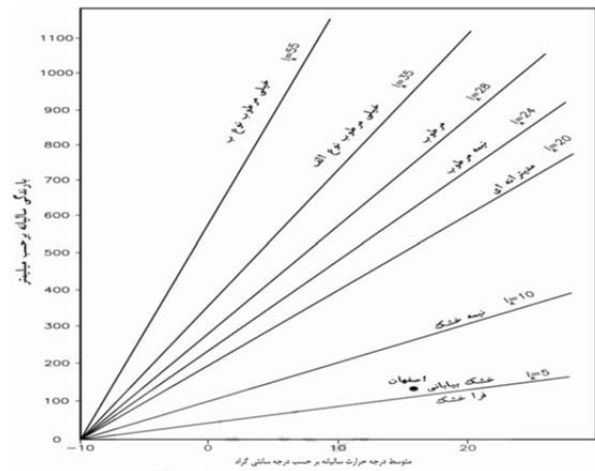
مقدار اختلاف پتانسیل که نیروی به‌حرکت‌درآوردنده است، برابر با اختلاف غلظت گاز Δc ، و عبارت R برابر نسبت طول موثر مسیر Δx و ضریب انتشار گاز D است [6].

در سال‌های اخیر، تحقیقات متعدد در زمینه سلامت کیفیت هوا در فضاهای داخلی صورت گرفته است که هر کدام فضاهایی با کاربری‌های مختلف را مورد آنالیز قرار داده‌اند. از جمله تحقیقات پیشین در این زمینه می‌توان به پژوهش انجام‌شده در دانشگاه روترگز در شهر نیوجرسی اشاره نمود که وضعیت سیستم‌های تهویه

بادهای جبهه شرقی (شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی) شدت می‌گیرد[3].



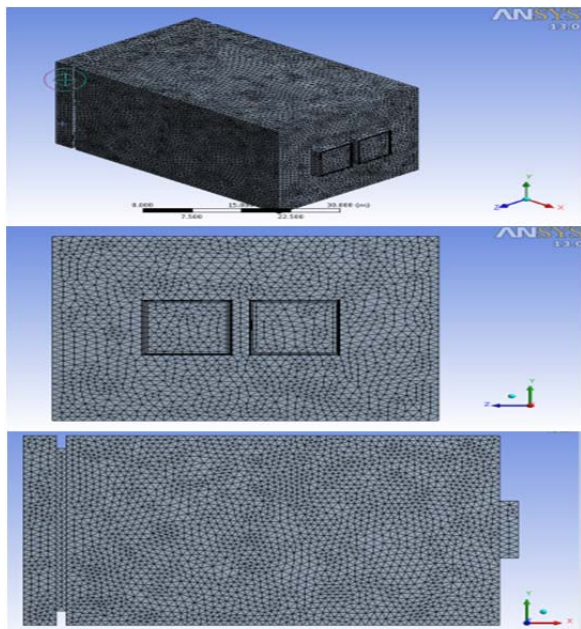
شکل ۱) کانسپت استفاده از گیاهان در فضای داخلی به‌عنوان جاذب‌های زیستی، پلان طرح مسکونی و استفاده از جعبه گیاه به‌عنوان جاذب



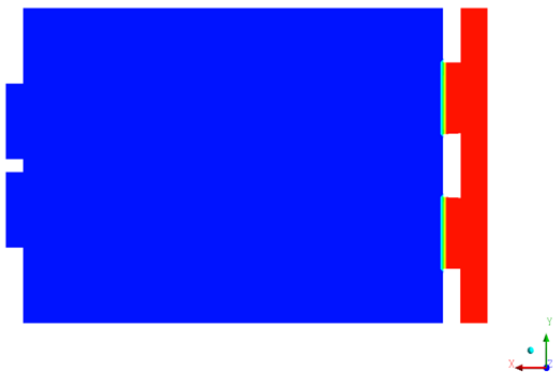
شکل ۲) اقلیم شهر اصفهان به‌روش دومارتن

کانسپت طرح: زندگی پرمشغله امروز و سکونت در آپارتمان‌ها باعث شده است تا افراد ساکن در محیط‌های بسته کمتر به گیاهان روی آورند. در پرسش‌نامه‌ای که توسط تعدادی از افراد ساکن در مجتمع‌های مسکونی و آپارتمان‌ها تکمیل شد[11]، کمبود وقت برای رسیدگی به گیاهان و کمبود فضا از دلایل اصلی بی‌رغبتی افراد به گیاهان بود. حال اگر گیاهانی انتخاب شوند که علاوه بر نیاز به مراقبت کم بتوانند آلاینده‌ها را جذب نمایند و نیز در فضای آپارتمان‌ها جعبه پُری از این گیاهان در نظر گرفته شود تا هوای آلوده را جذب نماید و به‌جای هوای آلوده، هوای تصفیه‌شده و پاک را به‌وسیله عمل فتوسنتز و تولید اکسیژن به محیط منتشر کند، می‌تواند در فضای مسکونی مانند پاسیوها و آتریوم‌های قدیمی مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۳). از این رو در طرح حاضر از جعبه‌ای با گیاه زبان مادرشوهر (*Sansevieria trifasciata Laurentii*) استفاده شد. این گیاه علاوه بر اینکه به‌علت مقاومت به بی‌آبی، نیاز به نگهداری بسیار کمی دارد، در نور کم آپارتمان نیز رشد خوبی از خود نشان می‌دهد، ریزش برگ ندارد و می‌تواند به‌عنوان جاذب آلاینده‌ها در فضای داخلی بسیار موثر باشد. همچنین در طرح یک منزل مسکونی که برای اقلیم شهر اصفهان طراحی شد، این جعبه گیاه در فضای نشیمن طراحی شد تا علاوه بر ایجاد طراوت و شادابی در محیط، بتواند آلاینده‌هایی را که از طریق بازشوها یا پوسته ساختمان ممکن است به فضا وارد شوند، حذف یا رقیق نماید. با زیادترکردن حجم سبزی‌نگی می‌توان از هوای تصفیه‌شده توسط این دیوار در بقیه فضاها نیز استفاده نمود.

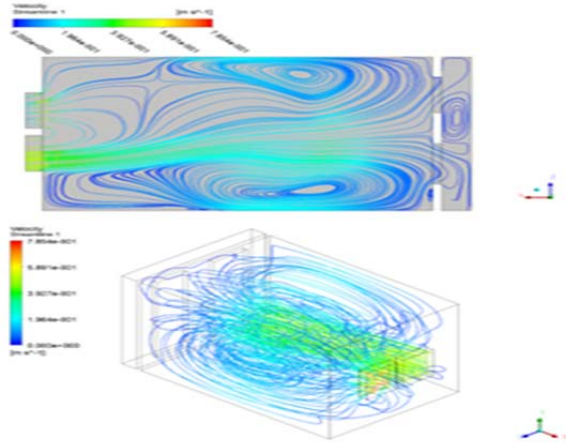
روش کار: ابتدا با نرم‌افزار ANSYS FLUENT 6.3.26، فضای نشیمن منزل مسکونی که جعبه گیاه مورد آزمایش در آن طراحی شده بود، مدل‌سازی و شبکه‌بندی شد. این نرم‌افزار برای مطالعه و بررسی رفتار سیالات به کار می‌رود و با توجه به اینکه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی حاصل از پژوهش‌های قبلی [9، 12]، داده‌های نرم‌افزار ANSYS FLUENT 6.3.26 به داده‌های حاصل از کارهای میدانی و تونل‌های باد واقعی شباهت بیشتری دارد و به واقعیت نزدیک‌تر است، هندسه مساله با استفاده از این نرم‌افزار، هندسه مساله مدل‌سازی شد. به نظر می‌رسید که با توجه به ابعاد هندسه موجود، تنها با همین روش قابل حل با نرم‌افزار بود (شکل ۴ و ۵).



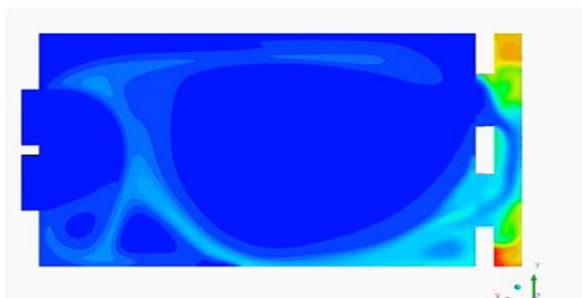
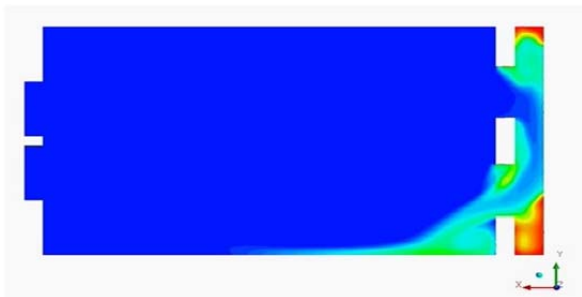
شکل ۳) شبکه اعمال شده



شکل ۴) نمای بالای طرح مدل‌سازی شده قسمت قرمز نشان‌دهنده محل قرارگرفتن گیاهان و قسمت آبی فضای داخلی اتاق است. همچنین رنگ قرمز نشان‌دهنده هوای تهویه‌شده (غلظت اوزن مینیموم) و رنگ آبی هوای آلوده (غلظت اوزن ماکزیموم) است



شکل ۷) نمایش مسیر و سرعت جریان باد در فضا



شکل ۸) نمایش رقیق شدن غلظت آلاینده‌ها در جعبه حاوی گیاه از بالا به پایین، رنگ آبی (رنگ تیره‌تر) نشان‌دهنده حداکثر غلظت و رنگ قرمز (رنگ روشن‌تر) نشان‌دهنده هوای بسیار پاک و تمیز است

بحث

پژوهش حاضر با هدف مدل‌سازی دیواری با قابلیت تنفس برای جذب آلاینده‌های داخلی در اتاق نشیمن یک منزل مسکونی با الهام از فضاهای بافر در معماری سنتی اقلیم گرم و خشک ایران انجام شد. امروزه با افزایش قیمت انرژی و نیز افزایش آگاهی افراد نسبت به تجدیدنای پذیر بودن سوخت‌های فسیلی، طراحی‌های معماری و نیز مصالح به سمتی رفته است که معماران و کارفرمایان برای کاهش تحمیل بارهای اضافه و در نتیجه کاهش مصرف انرژی، ساختمان را طوری طراحی می‌نمایند که هوای بسیار کمی قدرت نفوذ به فضای داخلی را داشته باشد. در واقع روند تجمع آلاینده‌ها در فضاهای بسته به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی شامل مراحل زیر است:

۱) جلوگیری از هدررفت انرژی

۲) تجمع آلاینده‌ها در فضای بسته

۳) طراحی ساختمان‌ها با تهویه ناکارآمد

در نتیجه این تهویه ناکافی، اقلیم‌های متفاوت ممکن است با انواع علایم کیفیت هوای نامطلوب مواجه شوند. به‌عنوان مثال در

شبکه‌بندی (Mesh generation): برای شبکه‌بندی دامنه حل از المان‌های مثلثی در فضای داخلی و چهاروجهی در نزدیکی دیوار استفاده شد.

شرایط مرزی: ورودی به‌صورت سرعت ثابت و برابر ۰/۵ متر بر ثانیه و خروجی به‌صورت فشار نسبی ثابت در صفر اتمسفر در نظر گرفته شد و دیوارها نیز دیوار ثابت با شرط عدم لغزش در نظر گرفته شدند.

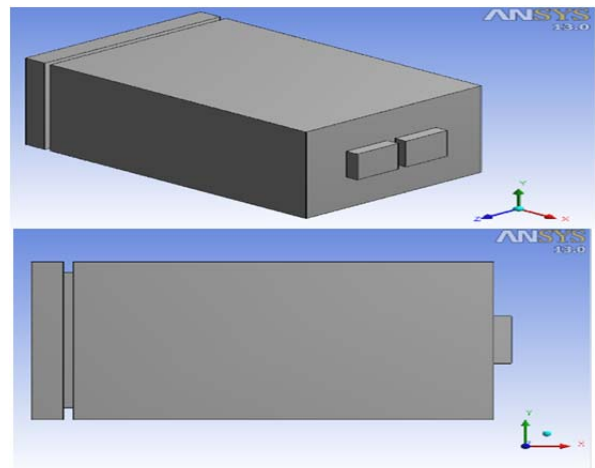
انتخاب ماده و مدل مورد استفاده: ماده موجود در هوا با استفاده از فرض ساده‌کننده به‌صورت ترکیبی از اکسیژن (ماده زمینه) و ازون (آلاینده) در نظر گرفته شد و از حضور سایر عناصر در آن صرف نظر شد. دیگر فرض ساده‌کننده تبدیل مستقیم ازون به اکسیژن در محدوده انتهایی اتاق (جایی که جعبه گیاه وجود دارد) و انتقال آن در محیط توسط جریان کلی سیال است. غلظت‌های مطابق با داده‌های موجود برای تعیین غلظت در ورود و خروج استفاده شد (شکل ۵).

همچنین مقدار غلظت آلاینده در هوای آزاد با استفاده از پژوهش‌های انجام‌شده^[5] برابر $Ca=1 \times 10^{-6}$ میلی‌مول ازون/سی‌سی حجم هوا و غلظت میانگین آلاینده پس از حذف به‌وسیله گیاه^۱ $C_{in}=4/6 \times 10^{-6}$ میلی‌مول ازون/سی‌سی حجم هوا در نظر گرفته شد. مدل مورد استفاده برای این مساله مدل Mixture با اکسیژن به‌عنوان فاز غالب و ازون به‌عنوان فاز پراکنده بود. با توجه به اینکه الگوی جریان داخل اتاق پیچیده است و خطوط جریان انحنا بسیاری دارند از مدل K-W SST RANS برای شبیه‌سازی جریان مغشوش استفاده شد. برای جلوگیری از افزایش بیش از حد تعداد شبکه در نزدیکی دیوار نیز از توابع آماده دیوار (Realized wall function) بهره برده شد.

روش حل مساله: از آنجا که تغییرات جریان داخل اتاق وابسته به زمان است، از جریان گذرا (Transient) برای شبیه‌سازی استفاده و مدت‌زمان کلی شبیه‌سازی ۵۰ ثانیه و گام‌های زمانی برابر ۰/۰۵ ثانیه در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

طرح مورد نظر مدل‌سازی و شبکه‌بندی شد (شکل ۵ و ۶). تعداد المان‌ها حدود دومیلیون (۱۹۶۰۶۳۳) بود (شکل ۴). با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از نرم‌افزار، وضعیت باد در اتاق برای رقیق‌ساختن آلاینده‌ها مفید بود (شکل ۷). همچنین روند کاهش غلظت آلاینده‌ها با استفاده از جذب توسط گیاهان در محیط متناسب با زمان، کافی و مناسب بود (شکل ۸).



شکل ۶) فضای مدل‌سازی شده به‌وسیله نرم‌افزار ANSYS FLUENT 6.3.26

اقلیم گرم و خشک در اثر تهویه ناکافی شبانه، در طول روز ممکن است به دلیل بی‌توجهی به مصالح و طراحی نظیر رعایت نکردن حدود سایبان‌ها و عواملی از این قبیل، شاهد افزایش دما در طول روز در محیط‌های بسته باشیم. این افزایش دما در این اقلیم می‌تواند سبب انتشار گازهای ترکیبات آلی فزای از مصالح شود که خود می‌تواند بیماری‌هایی را برای افراد حاضر در فضا ایجاد کند. این در حالی است که با توجه به جدول ۱، بسیاری از مصالح و موادی که در فضای داخلی ساختمان‌ها استفاده می‌شود، با بالارفتن دما، ترکیبات سمی از خود منتشر می‌نمایند. بنابراین برای بهبود کیفیت هوا در فضاهای بسته می‌توان راهکارهای مختلف شامل موارد زیر را به کار برد:

الف) جلوگیری از تولید آلاینده‌ها با استفاده از مصالح مناسب فاقد ترکیبات آلی فزای و همچنین جلوگیری از بالارفتن دمای مصالحی مانند چسب‌های چوب، گچ، بتن، رنگ‌های ساختمانی و فوم‌ها که باعث آزاد شدن ترکیبات مضر در اثر بالارفتن دما می‌شوند.

ب) رقیق‌سازی و حذف آلاینده‌های تولید شده از طریق تهویه طبیعی و مکانیکی و همچنین جذب و رقیق‌سازی به وسیله گیاهان (در فضاهای فیلتر نظیر ایوان‌ها، بالکن‌ها، گودال باغچه‌ها و غیره و همچنین در فضاهای داخلی)

باشد. بنابراین با توجه به یافته‌های پژوهش، گیاهان به‌عنوان منبع تولید اکسیژن از طریق جذب و در نتیجه کاهش آلاینده‌ها می‌توانند در تصفیه هوای محیط مورد استفاده قرار گیرند. همچنین همان گونه که ذکر شد، بالارفتن دما در فضای داخلی هم می‌تواند سبب انتشار ترکیبات آلی فزای از مواد و مصالح شود و از این نظر هم گیاهان می‌توانند با تعدیل دما در فضای داخل ساختمان، از انتشار این نوع آلاینده‌ها جلوگیری نمایند. برای حل این معضل که در زندگی امروزی مجال رسیدگی به گیاهان نیست، می‌توان از گیاهانی که نسبت به شرایط آپارتمانی نظیر نور کم و نیز نسبت به کم‌آبی و خشکی مقاوم هستند، استفاده نمود.

یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر، نوع کاربری فضا یعنی کاربری مسکونی بود که همین امر سبب شد تا به جای مطالعه میدانی، بیشتر از شبیه‌سازی کامپیوتری استفاده شود. پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات آتی با کار میدانی در این زمینه، نتایج حاصل را با شبیه‌سازی کامپیوتری مقایسه نمود.

نتیجه‌گیری

بر اساس مدل‌سازی وضعیت باد و طرح ترکیب گیاهان جاذب آلاینده در فضای معماری، گیاهان از طریق تولید اکسیژن، طی عمل فتوسنتز و نیز جذب آلاینده‌ها از محیط به رقیق‌سازی آلاینده‌ها، تصفیه هوا و ته‌نشینی ذرات معلق کمک می‌کنند.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

تعارض منافع: موردی از سوی نویسندگان ذکر نشده است.

سهم نویسندگان: شاهین حیدری (نویسنده اول)، روش‌شناس/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۲۰٪)؛ ساناز مطالایی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۸۰٪)

منابع مالی: بخشی از منابع مالی توسط دانشگاه تهران تامین شده است.

منابع

- Memarian Gh. Familiarity with Islamic architecture of Iran. Pirnia, MH editor. Tehran: Naghmeh Noandish; 2011. [Persian]
- Taban M, Pourjafar MR, Bemanian MR, Heidari Sh. Climate impact on architectural ornament analyzing shadow of khavoon in Dezful historical context using image processing. Basic Stud New Technol Archit Plan (Naqshejahan). 2012;2(2):79-90. [Persian]
- Kasmai M. Climate architecture. 6th Edition. Ahmadi Nezhad M, editor. Isfahan: Khak; 2011. [Persian]
- Spengler JD, Chen Q. Indoor air quality factors in designing a healthy building. Annu Rev Energy Environ. 2000;25:567-600.
- Bennett JH, Hill AC, Gates DM. A model for gaseous pollutant sorption by leaves. J Air Pollut Control Assoc. 1973;23(11):957-62.
- ASHRAE. Indoor air quality guide [Internet]. Atlanta: ASHRAE; 2009 [cited 2014 Mar 11]. Available from: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/indoor-air-quality-guide>.
- Lateb M, Masson C, Stathopoulos C, Bédard C. Comparison of various types of k-ε models for pollutant

جدول ۱) مصالح ساختمانی و آلاینده‌های ممکن منتشر شده در فضای داخلی

مصالح ساختمانی	آلاینده‌های ممکن
فرآورده‌های چوبی	
نئوپان	اوره و فنل‌فرمالدئید
تخته فیبری با چگالی متوسط	فرمالدئید اوره
پلی‌وود	اوره و فنل‌فرمالدئید
عایق‌ها	
الیافی	دارای ذرات ریز، رزین و فرمالدئید
تخته‌ای	رزین، پلی‌استایرن، هیدروکربن‌ها و پلی‌اورتان
ترریق فوم	فرمالدئید اوره، آزیست، بنزن، استالدئید، VOC، متیل‌نفتالین، فنل و آکرویلین
رنگ‌ها	
بر پایه حلال	VOC، سرب، هیدروکربن‌های آروماتیک و هیدروکربن‌های آلفاتیکی
بر پایه آب	مواد افزودنی مضر برای محیط زیست، استایرن، بوتیلین، آکریلیک و ونیل‌ها
فرش و موکت	فرمالدئید، VOC، فیبرهای مصنوعی، نایلون، پلی‌پروپیلین، پلی‌استر، گیرافتادن میکروارگانیزم‌ها در پرزها، بو و ذرات
بتن	دارای ذرات ریز و رادون
تخته گچی	دارای ذرات ریز و رادون
آجر	رادون
سیلیکون‌ها	پلیمرهای مصنوعی، پنتان، هگزان، اکتان و بنزن

گیاهان جاذب آلاینده‌ها در معماری امروز می‌توانند نقش بسزایی را ایفا نمایند. به‌عنوان مثال استفاده از بام‌ها و دیوارهای سبز می‌توانند برای تعدیل دما و رطوبت و نیز کنترل رواناب موثر باشند. همچنین در گذشته، بیشتر افراد از حیاط‌ها، پاسیوها، گلخانه‌های متصل به فضا و آتریوم‌ها برای نگهداری گیاهان و اثرات آنها بهره می‌بردند. اما شاید در فضاهای آپارتمانی کنونی نتوان برای این گونه فضاها، مکان بزرگ و مشخصی مانند قبل طراحی نمود. از این رو جعبه‌های گیاهی که جای کمی در فضا اشغال می‌کنند، می‌تواند گزینه مناسبی برای نگهداری گیاهان و نیز استفاده از فواید گیاهان نظیر جذب آلاینده‌ها از فضای داخلی و در نتیجه تصفیه محیط

- 10- Mosadegh M, Barkhordari A, Fooladi M. Efficiency of dracaena deremensis and hederahelix plants in elimination of benzene from air using SPME-GC-FID. *Tebkar J*. 2013;4(3):34-40. [Persian]
- 11- Motalaei S. Better indoor air quality by design [Dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2014. [Persian]
- 12- Ottelé M. The green building envelope: Vertical greening [Dissertation]. Delft: Delft University of Technology; 2011.

- emissions around a two-building configuration. *J Wind Eng Ind Aerodyn*. 2013;115:9-21.
- 8- Xie X, Liu CH, Leung DY. Impact of building facades and ground heating on wind flow and pollutant transport in street canyons. *Atmos Environ*. 2007;41(39):9030-49.
- 9- ShafiepourMotlagh M, Kalhor M, Khalil Arya F. Comparison of Numerical Simulation of NO_x with Modeling of IAQX in Indoor Environments. *Iran J Health Environ*. 2011;4(2):125-36. [Persian]