علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره هشت، آبان ماه ۹۹

بررسی اصول کالبدی بازشوها و تاثیر آن بر میزان جریان هوا در بناهای مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب ایران(مطالعه موردی خانه کلبادی ساری و خانه شفاهی آمل)

محبوبه پورموسی [۱]

سید مجید مفیدی شمیرانی [۲*]

S_m_mofidi@iust.ac.ir

مهناز محمودی زرندی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۲

چکیده

زمینه وهدف: استفاده از انرژی های تجدید ناپذیر طی سال های گذشته، کاهش منابع این انرژی را همراه با انتشار گاز های گلخانه ای و مشکل بزرگ تغییر اقلیم در پی داشته است. بنابراین استفاده از الگویی جایگزین، در کاهش مصرف انرژی و مهم تر از آن بهبود کیفیت زندگی سهم بسزایی خواهد داشت. بهبود کیفیت هوای داخلی و به تبع آن آسایش حرارتی داخل ساختمان بوسیله تهویه طبیعی به عواملی چون جریان هوا، درجه حرارت داخل و خارج، ساختمان های اطراف، و از همه مهمتر تناسبات بازشو بستگی دارد که در میان این عوامل، بازشو و طراحی آن می تواند تا حد بسیار زیادی قابل کنترل باشد.

روش بررسی: در مقاله پیش رو، تهویه در دو خانه کلبادی ساری و شفاهی آمل که به دوره قاجار تعلق دارند به روش CFD[۴] و توسط نرم افزار فلوئنت[۵] مورد تحلیل قرار میگیرند.

یافته ها: با توجه به نتایج، میان حجم فضای مورد تهویه و موقعیت بازشو ها رابطه ای مستقیم برقرار بوده و شاکله بازشو و تناسبات بازشوی ورودی به بازشوی خروجی تاثیری مستقیم بر رفتار جریان هوا در تهویه طبیعی دو طرفه داشته و می تواند بر سرعت جریان هوا جهت موثرتر واقع شدن تهویه، تاثیر بگذارد. برای بازشوهایی که نقش تهویه را ایفا می کنند، جهت افزایش کارایی تهویه بهتر است خروجی ها کوچک نشده و به جای آن ورودی ها بزرگ شوند.

بحث و نتیجه گیری: در بررسی های نرم افزاری برای تقریبا همه مناطق مورد بررسی در نمونه ها نتایج کسب شده یکسان بوده و تحلیل ها با نتایجی مشابه افزایش سرعت جریان هوا در نسبت "۲ برابری" مساحت بازشوی ورودی به خروجی را تایید نمودند. بنابراین در منطقه

۱- دکتری معماری، گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار، عضو هیات علمی گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیار، عضو هیات علمی گروه معماری، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

4- Computational Fluid Dynamics

5- Fluent

اقلیمی Cs ایران، می توان رابطه بین اقلیم، معماری بومی، نیاز به جریان طبیعی هوا و مشخصات کالبدی بازشو را در جهت آسایش انسان مشاهده نمود.

واژه‌های کلیدی : آسایش حرارتی، تهویه طبیعی، اقلیم معتدل و مرطوب، بازشو.

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.8, October, 2020

The Principles of Openings and their Effects on the Natural Ventilation in Residential Buildings in Temperate and Humid Climates of Iran (Sample cases: Kolbadi house in Sari, and Shafahi house in Amol)

Mahboobeh Pourmousa [1]
Seyed Majid Mofidi Shemirani [2*]
S_m_mofidi@iust.ac.ir
Mahnaz Mahmoudi Zarandi [3]

Admission Date:December 13, 2017 Date Received: September 27, 2017

Abstract

Background and Objective: The use of non-renewable energies in the past has led to diminished energy resources together with emission of greenhouse gases, and the serious problem of climate changes. Therefore, using an alternative model will have a significant share in reducing energy consumption, and more importantly, improving the quality of life. The improvement in indoor air quality and subsequent indoor thermal comfort using natural ventilation relies on such factors as air flow, indoor and outdoor temperatures, surrounding buildings, and most importantly, proportions of openings. Among these factors, opening and its design can be best controlled.

Method: In the present article, the ventilations in Kolbadi house-Sari and Shafahi house-Amol (both belonging to the Qajar period) are analyzed in Fluent using CFD method.

Findings: According to the results, there is a direct relationship between the volume of ventilation space (space configuration) and position of openings, and configuration and proportion of inlet opening to outlet opening has a direct effect on the behavior of air flow in natural cross ventilation, and can affect air flow velocity for better ventilation. In case of openings that play the role of ventilation, it is better to enlarge the inlet instead of minifying the outlets to improve the efficiency of the ventilation.

Discussion and Conclusion: In the software analyzes, the results were identical for almost all areas examined. The analyses confirmed the increased airflow rate by a "2-fold" ratio of the opening area of the inlet to the outlet with similar results. Therefore, in Cs climate of Iran, the relationship of climate with indigenous architecture, the need for natural air flow and physical specifications of opening for human comfort can be observed.

Keywords: Thermal Comfort, Natural Ventilation, Temperate and Humid Climate, Opening.

1- Ph.D. Candidate, Department of Architecture, College of Art and Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Architecture, College of Art and Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Corresponding Authors)
3- Assistant Professor, Department of Architecture, College of Art, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

از آنجا که ساختمان ها یکی از بزرگ ترین بخش ها در مصرف انرژی هستند، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و گرم شدن کره زمین را می توان با تغییر منابع انرژی و کاهش میزان مصرف کنترل کرد. استفاده از منابع تجدید پذیر در ترکیب با فناوری های انرژی کارآمد، می تواند انرژی لازم در ارایه بهبود کیفیت زندگی را فراهم کرده و می تواند سهم قابل توجهی در کاهش مصرف منابع در کشورهای توسعه یافته داشته باشد. یکی از این منابع، انرژی باد است که نقش کلیدی در کوران و تهویه ساختمان ها بصورت طبیعی دارد. طراحی خوب ساختمان می تواند استفاده از تهویه طبیعی را به حداکثر رسانده و تکیه بر سیستم های مکانیکی برای کنترل آسایش حرارتی محیط داخلی را به حداقل برساند؛ این مقاله تلاشی است در راستای تحلیل تاثیر مهم ترین عامل در تهویه طبیعی که همان "بازشو" می باشد.

هدف تحقیق

بررسی تاثیرات شاکله بازشو های بناهای بومی مسکونی منطقه Cs[1] ایران بر کمیت جریان طبیعی هوا.

فرضیه تحقیق

در منطقه اقلیمی Cs ایران، می توان رابطه بین معماری بومی، نیاز به جریان طبیعی هوا و مشخصات کالبدی بازشو را در جهت آسایش انسان مشاهده نمود.

روش تحقیق

روش انجام کار در مرحله اول روشی تجربی است که بخش جمع آوری اطلاعات شامل دو بخش است. جمع آوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه ای در زمینه مطالعات اقلیمی و معماری مازندران، مطالعات میدانی و برداشت از نمونه های موردی صورت خواهد گرفت. علاوه بر روش تجربی، بخش مهمی از بررسی ها، تحلیل رایانه ای خواهد بود. جهت شبیه سازی و تحلیل رفتار جریان هوا بوسیله بازشوها، از روش CFD[2] و نرم افزار فلوئنت[3] بهره برده شد. CFD علم پیش بینی جریان سیال، انتقال حرارت، انتقال جرم، واکنش های شیمیائی، و پدیده های وابسته به آن بوسیله حل معادلات ریاضی، که قوانین فیزیکی را بیان می کنند، با استفاده از یک فرآیند عددی است. نرم افزار فلوئنت یک برنامه قدرتمند برای تحلیل و شبیه سازی جریان سیال و انتقال حرارت در هندسه های پیچیده است که می تواند برای حل مسایل جریان سیال، انتقال حرارت، فرآیند شیمیایی آیرودینامیک، احتراق، جریان های دوفازی و ... به کار رود.

پیشینه تحقیق

مطالعات نشان داده که عملکرد تهویه طبیعی به تغییرات موقعیت و اندازه بازشوها وابسته است. از اولین منابع نزدیک به مبحث مورد نظر در پژوهش حاضر کتابی است که فقط بر اهمیت تناسبات پنجره و عمق فضا در کاربری های اداری اشاره داشته است(۱). از موارد مورد نظر در مقالات، مطالعاتی است که در ارتباط با آسایش حرارتی بر اساس موقعیت پنجره نسبت به زمین، موقعیت آن در جهت یا مخالف جهت باد بودن در کاربری مسکونی صورت پذیرفته است (۲). بررسی میزان گشودگی پنجره از موارد قابل ارجاع در پژوهشی دیگر است (۳). در مطالعه ای دیگر نیز تنها به ترکیب بازشوها و بهترین محل قرار گیری آن ها در بناهای مسکونی پرداخته شده است (۴). مکان قرارگیری بازشو ها نسبت به یکدیگر را می توان اصلی ترین موضوع مورد بررسی مطالعاتی دیگر دانست (۵). با توجه به مطالعات و تحقیقات صورت گرفته، بررسی های متعددی در ارتباط با تاثیرات تنظیمات و محل قرارگیری بازشو ها صورت گرفته است؛ اما پیشینه ای از عملکرد بازشو با توجه به مشخصات کالبدی آن و شاکله فضای مورد تهویه در منطقه اقلیمی Cs ایران صورت نگرفته است.

آسایش حرارتی و تهویه طبیعی

شش متغیر اساسی وجود دارد که بر احساس آسایش حرارتی یا عدم آسایش حرارتی یک فرد در هر زمان تاثیر می گذارد. دو متغیر شخصی، سطح لباس و درجه فعالیت را شامل شده و

۱- بر اساس سیستم طبقه بندی کوپن، Cs اقلیم معتدل و مرطوب با تابستان های خشک است.

۲- دینامیک سیالات محاسباتی

3- Fluent

چهار متغیر محیطی، درجه حرارت هوا، درجه حرارت تابشی، سرعت هوا، و رطوبت نسبی را شامل می شوند (۱). آسایش حرارتی داخل ساختمان می تواند با فراهم کردن تهویهٔ مناسب حفظ شود که به نوبهٔ خود به عوامل بسیاری از جمله اندازه و موقعیت درگاه پنجره آن بستگی دارد (۲). تهویه طبیعی یک ابزار موثر است جهت بهبود کیفیت هوای داخل در مناطق شهری، حفظ سلامت، ارایه آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی غیرضروری (۶). تهویه طبیعی به عمل جانشین کردن و یا حرکت دادن هوا در یک فضا به صورت طبیعی گفته می‌شود. تهویه اغلب از طریق جابجا کردن هوای داخل با هوای بیرون انجام می شود (۷). تهویه طبیعی شامل جریان هوایی می شود که بر اثر فشارها و نیروی حرارتی حاصل از فعل و انفعالات جوی بوجود آمده است. این حالت شامل "کوران طبیعی هوا (تهویه عبوری)" و "سیستم اثر دودکش" نیز می شود (۸).

عوامل موثر در عملکرد تهویه طبیعی

عملکرد تهویهٔ طبیعی یک واحد مسکونی تحت تاثیر ترکیبی از عوامل داخلی و خارجی است. عوامل خارجی عبارتند از شاکله شهری، شکل و ابعاد ساختمان ، و شرایط خرد اقلیمی، که اغلب به عنوان محدودیت های خارج از کنترل برنامه ریزان محوطهٔ ساختمان و معماران در نظر گرفته می شوند. عوامل داخلی عبارتند از پارتیشن بندی داخلی و بهره برداری از فضا، و پیکربندی درگاه ها(۹). در مورد عوامل داخلی، موارد کمی در دستورالعمل ها و مقررات محلی درج شده است؛ برنامه ریزان محوطهٔ ساختمان و معماران مجاز به طراحی فضای داخلی برحسب پارتیشن بندی، درب و پنجره هستند به گونه ای که مناسب می دانند (۴).

بازشو و تهویه طبیعی

بدیهی است که تاثیر عوامل داخلی بر عملکرد تهویهٔ طبیعی برای ساختمان های مسکونی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای هدایت باد به مسیر دلخواه درون ساختمان باید با عوامل موثر در هدایت جریان آشنا شد که از مهم ترین آن ها عبارتست از موقعیت پنجره ها در نما، وضعیت بازشوی پنجره ها، وضعیت و شکل سایبان ها؛ و سایر ملحقات پنجره (۱۰). از آنجایی که مردم زمان زیادی را در خانه های خود می گذرانند، تهویه هوای داخل به جهت افزایش کیفیت هوا در سطح جهانی مهم در نظر گرفته می شود. بهبود کیفیت هوای داخلی و به تبع آن آسایش حرارتی داخل ساختمان بوسیله تهویه طبیعی به عواملی چون جریان هوا، درجه حرارت داخل و خارج، ساختمان های اطراف، و از همه مهم تر تناسبات بازشو بستگی دارد. جدا از کنترل میزان تهویه توسط بازشو ها، نوع بازشو، ترکیب آن ها، میزان گشودگی، ابعاد و تناسبات بازشو، تاثیر شگرفی بر عملکرد تهویه طبیعی خواهد داشت.

تفسیر اطلاعات آب وهوایی میانگین ده ساله منطقه مورد نظر در استان مازندران

منطقه مورد مطالعه در مقاله پیش رو، محدوده اقلیمی دو شهر ساری و آمل در استان مازندران ایران است که دارای خرد اقلیم های مشترک هستند. با توجه به میزان بارش و افزایش آن در فصل پاییز و زمستان، منطقه مورد نظر در استان مازندران در اقلیم معتدل قرار دارد. ۷۰٪ بارندگی در ۶ ماهه سرد سال اتفاق می افتد، در پهنه بندی اقلیمی، این منطقه در اقلیم Cs [۱] قرار دارد. ما به اذای آن استفاده مناسب از تهویه و کوران طبیعی است. بهره گیری از انرژی و جریان باد از حیاط و استفاده از سیرکولاسیون داخلی و خارجی از عوامل مهم طراحی است.

معرفی نمونه های مورد مطالعه

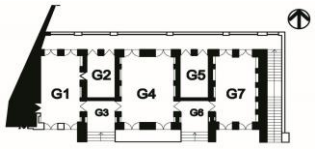
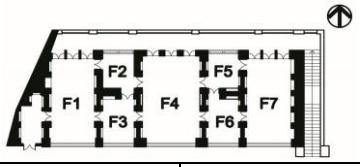
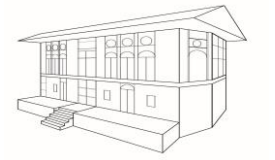
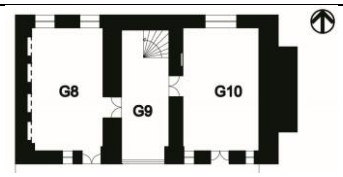
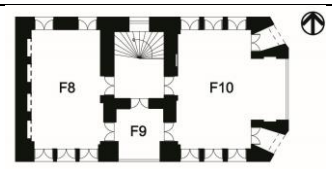
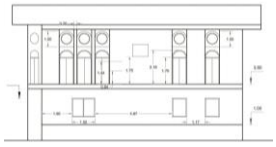
در شبیه سازی حرارتی و تهویه توسط رایانه، نیاز به نمونه های موردی جهت تحلیل وجود دارد که در مطالعه پیش رو بناهای مسکونی نمونه های مورد بررسی هستند. قدیمی ترین بناهای مسکونی منطقه مورد مطالعه که البته از نظر ساخت، معماری و فضاهای مورد استفاده، دارای شباهت های بسیار بوده و تا کنون نیز مورد استفاده قرار می گیرند، بناهای مسکونی شهری دوره قاجار هستند. در راستای نیل به اهداف، از میان خانه های مورد بررسی که مورد ارزیابی قرار گرفتند، خانه هایی با جهت گیری یکسان شرقی-غربی که دارای ساختار متنوع و متفاوت از نظر نوع بازشو و پلان هستند انتخاب شدند که شامل خانه

۱- اقلیم معتدل و مرطوب با تابستان های خشک

کلبادی ساری و خانه شفاهی آمل می باشند. اطلاعات تاریخی و معماری بناهای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- اطلاعات تاریخی و معماری نمونه ها (منبع: نگارندگان)

Table 1. Historical and architectural details of case studies (Source: Authors)

<table>
<tr><td colspan="2">خانه منوچهر خان کلبادی</td><td colspan="2">قدمت: قاجار</td><td colspan="2">موقعیت: ساری، خیابان انقلاب، چهارراه برق، ابتدای محله آب انبار نو</td></tr>
<tr><td colspan="4">عمارت کلبادی حدود ۱۳۰ سال پیش در دوران قاجار ساخته شد. سبک بنای اصلی این عمارت در بخش اندرونی در دو طبقه و یک زیرزمین احداث شده، و هر طبقه دارای یک شاه نشین و اتاق های دو طرفه است. شاه نشین طبقه دوم که از زیباترین اتاق های این عمارت است و تنها بخشی است که کاملا سالم باقی مانده و جای جای آن یادآور شیوه های هنرهای تزیینی دوره قاجار است. مصالح ساختمانی این بنا شامل چوب و آجر و بام آن به صورت شیروانی و سفالپوش می باشد (۱۱).</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">پلان</td><td colspan="2">نوع تهویه</td><td>نما</td></tr>
<tr><td>طبقه همکف</td><td>  </td><td>G1, G4 G7</td><td>تهویه دو طرفه</td><td rowspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>G2,G3 G5,G6</td><td>تهویه یک طرفه</td></tr>
<tr><td>طبقه اول</td><td>  </td><td>F1, F4 F7</td><td>تهویه دو طرفه</td><td rowspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>F2,F3 F5,F6</td><td>تهویه یک طرفه</td></tr>
<tr><td colspan="2">خانه ی شفاهی</td><td colspan="2">قدمت: قاجار</td><td colspan="2">موقعیت: آمل، منطقه ی پایین بازار، محله قدیمی نیاکی محله</td></tr>
<tr><td colspan="4">این بنا در ناحیه ی قدیمی نیاکی محله واقع شده است. این بنا بیش از ۲۰۰ سال قدمت دارد و مربوط به دوره قاجاره می باشد. از ویژگی های بارز این بنا تهویه دو طرفه هوا در فضای ساختمان می باشد. راهروها در این بنا نقش سازمان دهی فضاها را به عهده دارند. مصالح بکار رفته در بدنه بیشتر از مصالح بنایی بوده و در ساخت درب و پنجره ها از چوب و شیشه استفاده شده است.</td><td>  </td></tr>
<tr><td colspan="2">پلان</td><td colspan="2">نوع تهویه</td><td>نما</td></tr>
<tr><td>طبقه همکف</td><td>  </td><td>G9</td><td>تهویه یک طرفه</td><td rowspan="2"> </td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>G8, G10</td><td>تهویه دو طرفه</td></tr>
<tr><td>طبقه اول</td><td>  </td><td>F8, F9, F10</td><td>تهویه دو طرفه</td><td>  </td></tr>
</table>

تحلیل رفتار جریان هوا و تهویه طبیعی

در بخش پیش رو، به تحلیل رفتار جریان هوا در راستای تهویه طبیعی از طریق بازشو ها پرداخته خواهد شد. جهت رسیدن به نتیجه مطلوب و امکان مقایسه نتایج، با توجه به جدول ۱، پلان ها در طبقات همکف و اول (با حروف اختصاری G و F) به زون هایی تقسیم شده اند تا اثر تهویه فضاهای جانبی بر روی فضاهای مورد مطالعه حذف شوند. تحلیل ها توسط نرم افزار

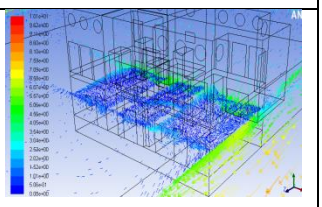
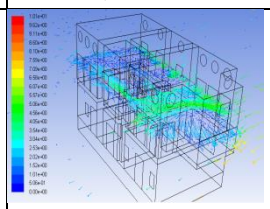
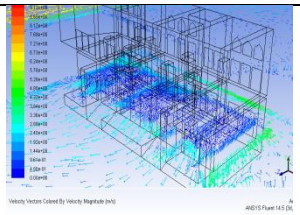
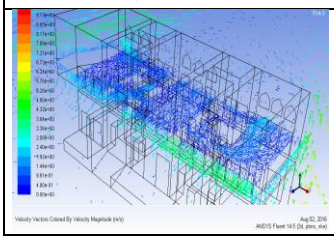
فلوئنت در سه مرحله کلی صورت گرفته است. مرحله اول بررسی وضع موجود است. برخی بازشوها در نمونه های مورد مطالعه دارای روزنی در بخش فوقانی هستند که نقش تهویه داشته اند. در مرحله دوم این روزن ها حذف می شوند. مرحله سوم شامل تغییر نسبت مساحت بازشوی ورودی به بازشوی خروجی است که در سه حالت نسبت ۰/۵، ۱و ۲ برای تمام زون های تحت تهویه دو طرفه انجام خواهد گرفت. ذکر این نکته ضروری است که اساس بررسی ها در تحلیل رایانه ای، زون هایی هستند که از تهویه دو طرفه بهره مند می شوند؛ بنابراین در بخشی از تحلیل ها، زون های دارای تهویه یک طرفه در مقایسه آورده نشده است.

تحلیل جریان هوا و تهویه موثر در خانه کلبادی و شفاهی

در شبیه سازی رفتار جریان هوا توسط نرم افزار فلوئنت، سرعت هوای آزاد ۶ متر بر ثانیه و جهت وزش باد نسیم مطلوب شمال به جنوب است. همان طور که از تصاویر بردار سرعت در طبقات همکف و اول در جدول ۲ قابل ملاحظه است، در هر دو بنای مورد مطالعه، محل قرارگیری بازشو ها به گونه ای است کـه تقریبا در تمام فضای طبقات، جریان هوا وجود دارد و جریان هوا دارای ارتباط خوبی بین فضای طبقات می باشد. در مقایسه طبقه اول و دوم، جریان ها در طبقه دوم پوشش کاملتری در فضا داشته و تمام فضا را تحت تهویه طبیعی قرار می دهند. این جریان یکنواخت در فضاهای با تهویه یک طرفه دیده نمی شود.

جدول ۲- تاثیر تهویه در پوشش فضا در خانه شفاهی و کلبادی (منبع: نگارندگان)

Table 2. Ventilation effect in space coverage in Kolbadi and Shafahi houses (Source: Authors)

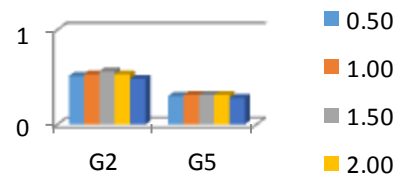
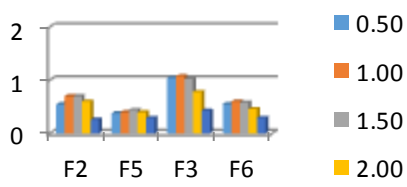
خانه شفاهی		خانه کلبادی	
طبقه اول	طبقه دوم	طبقه اول	طبقه دوم
			

بررسی رفتار بردارهای سرعت و جهت جریان هوا در بخش های مختلف طبقه همکف و اول خانه کلبادی

برای این که بتوان سرعت جریان هوا در فضاهای مختلف هر طبقه را به درستی مشاهده نمود، فضای هر طبقه به هفت بخش تقسیم شده است. این بخش ها با نام های G1 تا G7 در طبقه اول و F1 تا F7 برای طبقه دوم نامگذاری شده اند (جدول ۱).

جدول ۳- نمودار میانگین سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع مورد مطالعه برای فضاهای دارای تهویه یک طرفه (منبع: نگارندگان)

Table 3. Graph of average airflow velocity in five heights in single-sided ventilated spaces (Source: Authors)

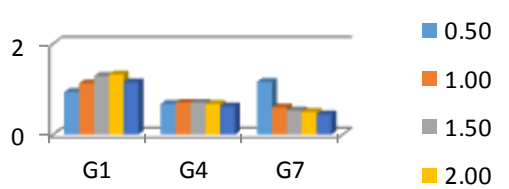
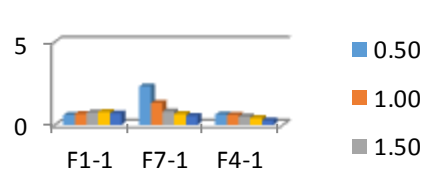
نمودار میانگین سرعت جریان هوا برای فضاهای دارای تهویه یک طرفه خانه کلبادی	
طبقه همکف	طبقه اول
	

با توجه به جدول ۳ و ۴ در طبقه همکف، در فضاهایی با تهویه یک طرفه تغییر سرعت از ارتفاع ۰/۵ تا ۲/۵ بسیار ناچیز بوده و

به طور متوسط از ارتفاع ۰/۵ به ۱/۵ افزایش سرعت و سپس کاهش آن دیده می شود. میانگین سرعت در فضاهای با تهویه دو طرفه به طور چشمگیری بالا است.

جدول ۴ – نمودار میانگین سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع برای فضاهای دارای تهویه دو طرفه خانه کلبادی (منبع: نگارندگان)

Table 4. Graph of average airflow in cross ventilated spaces in Kolbadi house (Source: Authors)

نمودار میانگین سرعت جریان هوا برای فضاهای دارای تهویه دو طرفه خانه کلبادی	
طبقه همکف	طبقه اول
	

همان طور که در جداول ۳ و ۴ قابل مشاهده است، در طبقه اول به طور متوسط کم ترین میزان سرعت مربوط به فضاهای با تهویه یک طرفه است. در تهویه دو طرفه رفتار سرعت، رفتاری کاملا کاهشی است و کم ترین سرعت در ارتفاعات بالاتر است. با توجه به جدول ۵، با حذف روزن ها رفتار منحنی سرعت تغییری نداشته است اما سرعت در صورت حذف روزن ها افزایش می یابد. اگرچه حذف روزن ها سرعت را افزایش می دهد اما از میزان یکنواختی جریان هوا در فضا می کاهد (جدول ۶).

جدول ۵- بیشینه و کمینه و میانگین سرعت جریان هوا در طبقات خانه کلبادی (منبع: نگارندگان)

Table 5. Maximum, minimum, and average airflow velocity of Kolbadi house (Source: Authors)

حالات بررسی	طبقه	حداقل سرعت (m/s)	حداکثر سرعت(m/s)	میانگین سرعت(m/s)
وضع موجود	همکف	۰/۰۰۱۴	۳/۱	۰/۶۶
	اول	۰/۰۰۰۷	۳/۹۷	۰/۶۳
حذف روزن ها	همکف	۰/۰۰۱۱	۳/۱۱	۰/۶۶
	اول	۰/۰۰۵	۴/۱	۰/۷۵

جدول ۶ – میانگین سرعت جریان هوا در ارتفاع۰/۵، ۱ ، ۱/۵ ،۲ و ۲/۵ متری از کف در طبقات بنا خانه کلبادی (منبع: نگارندگان)

Table 6. Mean airflow velocity at 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5 heights of Kolbadi house (Source: Authors)

مشخصه	حالات بررسی	طبقه	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵
میانگین سرعت جریان هوا	وضع موجود	همکف	۰/۷۳	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶
		اول	۱	۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۶۲	۰/۴۵
	حذف روزن ها	همکف	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۰
		اول	۱/۱۵	۰/۹۸	۰/۸۶	۰/۷۶	۰/۶

تحلیل جریان هوا و تهویه موثر در خانه شفاهی

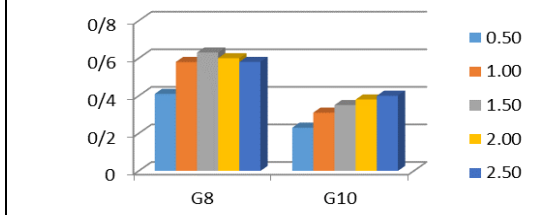
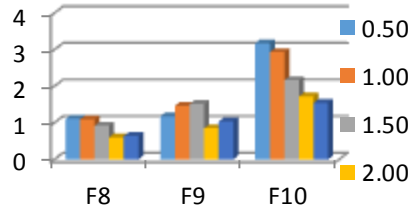
بررسی ها در خانه شفاهی با توجه به جدول ۱ برای سه بخش در طبقه همکف و سه بخش در طبقه اول صورت گرفته است که از میان شش بخش مورد مطالعه، سه بخش دارای تهویه طبیعی دوطرفه هستند که در نتایج تحلیل ها مورد توجه قرار

خواهند گرفت. در شبیه سازی، سرعت هوای آزاد ۶ متر بر ثانیه و جهت وزش باد، نسیم مطلوب شمال به جنوب است.

در بررسی رفتار جریان هوا در پنج ارتفاع مورد مطالعه طبقه همکف (جدول ۷)، در منطقه G8 افزایش سرعت از ارتفاع ۰/۵ تا ۲/۵ مشهود است. طبق نمودارها همین رفتار افزایش سرعت برای منطقه G10 نیز وجود دارد با این تفاوت که سرعت از ارتفاع ۲ متری کاهش می یابد و از آنجایی که کاهش سرعت بسیار ناچیز و در اندازه ۰/۰۲ متر بر ثانیه است، به طور میانگین در فضاهای طبقه همکف خانه شفاهی افزایش سرعت با افزایش ارتفاع وجود دارد.

جدول ۷- میانگین سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع برای فضاهای دارای تهویه دو طرفه خانه شفاهی (منبع: نگارندگان)

Table 7. Average airflow velocity at five heights in cross ventilated spaces in Shafahi house (Source: Authors)

نمودار میانگین سرعت جریان هوا برای فضاهای دارای تهویه دو طرفه خانه شفاهی	
طبقه همکف	طبقه اول
	

در طبقه اول خانه شفاهی، همانطور که در جدول ۷ و ۸ قابل مشاهده است، بالاترین سرعت جریان هوا در خانه شفاهی به منطقه شرقی بنا (F10) اختصاص دارد که دارای تهویه سه طرفه است. سرعت جریان هوا برای زون F8 با تهویه دو طرفه که مساحتی تقریبا برابر با F10 دارد، حدودا یک سوم سرعت جریان هوای زون تحت تهویه سه طرفه است. جدول ۹ میزان بیشینه، کمینه و میانگین سرعت جریان هوا در خانه شفاهی را نشان می دهد.

جدول ۸- بیشینه و کمینه و میانگین سرعت جریان هوا در طبقات خانه شفاهی (منبع: نگارندگان)

Table 8. Maximum, minimum, and average airflow velocity in Shafahi house (Source: Authors)

حالات بررسی	طبقه	حداقل سرعت (m/s)	حداکثر سرعت(m/s)	میانگین سرعت(m/s)
وضع موجود	همکف	۰/۰۰۳۷	۵/۳۹	۰/۸۳
	اول	۰/۰۰۷۱	۵/۸۷	۱/۵
حذف روزن ها	همکف	۰/۰۰۳	۵/۴۳	۰/۸۸
	اول	۰/۰۰۷۲	۵/۸۸	۱/۵۵

جدول ۱۰ مقدار میانگین سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع ۰/۵، ۱ ، ۱/۵ ، ۲ و ۲/۵ متری از کف، در طبقات بنا را نشان می دهد و بالا بودن میانگین سرعت جریان هوا در طبقه اول نسبت به طبقه همکف مشهود است.

جدول ۹- میانگین سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع مورد مطالعه در طبقات خانه شفاهی (منبع: نگارندگان)

Table 9. Mean airflow velocity at five heights on different floors of Shafahi house (Source: Authors)

مشخصه	حالات بررسی	طبقه	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵
میانگین سرعت جریان	وضع موجود	همکف	۰/۹۲	۰/۷۵	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۸۷
		اول	۱/۸۹	۱/۸۲	۱/۵۸	۱/۷۳	۱/۱۱
	حذف روزن ها	همکف	۰/۹۸	۰/۷۸	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۷۱

جدول ۱۰ – مقایسه تغییرات سرعت جریان هوا در ارتفاع ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵متری از کف طبقات خانه کلبادی و خانه شفاهی (منبع: نگارندگان)

Table 10. Airflow velocity variations at 0.5, 1, 1.5, 2, and 2.5m heights from floor on different floors of Kolbadi and Shafahi house (Source: Authors)

ارتفاع	خانه کلبادی		خانه شفاهی	
	همکف	اول	همکف	اول
۰/۵				
۱				
۱/۵				
۲				
۲/۵				

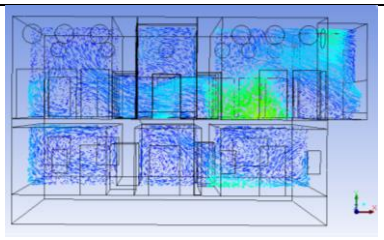
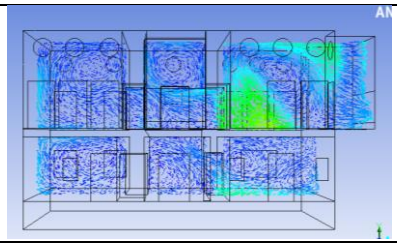
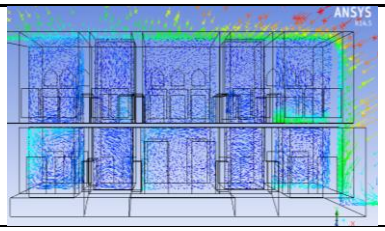
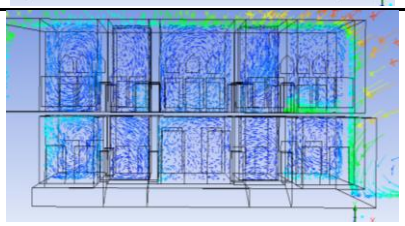
هوا		اول	۱/۸۹	۱/۹	۱/۷	۱/۳۲	۱/۱۱

مقایسه رفتار بردار های سرعت جریـان هـوا در وضـع موجود و حذف روزن هـای تهویـه در خانـه شـفاهی و کلبادی

جدول ۱۱ نیز بردارهای سرعت و رفتار جریان هوا در صفحه ای که به طور عمودی از مرکز دو بنا میگذرد، برای حالتی که بازشوهای کوچک بسته هستند، را نشان می دهد. بسته بودن این روزن ها باعث افزایش سرعت جریان هوا در ورودی های اصلی خواهد شد. باز بودن این روزن ها اغتشاش جریان بین فضای بین طبقات را کم تر کرده و جریان یکنواخت تری بین این فضا ها جریان می یابد. نتایج عددی این تغییرات نیز در جدول ۶ و ۹ قابل مشاهده است.

جدول ۱۱- مقایسه رفتار بردار های سرعت جریان هوا در وضع موجود و حذف روزن تهویه در خانه شفاهی و کلبادی (منبع: نگارندگان)

Table 11. Present airflow velocity vectors compared to velocity vectors with eliminated ventilation apertures in Shafahi and Kolbadi houses (Source: Authors)

	بردارهای تهویه در برشی از بنا در وضع موجود	بردارهای تهویه در برشی از بنا در صورت حذف روزن تهویه
خانه شفاهی		
خانه کلبادی		

بررسی تاثیر نسبت های مساحت بازشـوی ورودی بـه مساحت بازشوی خروجی

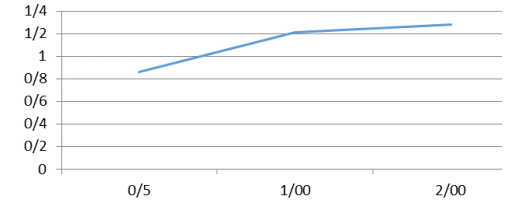
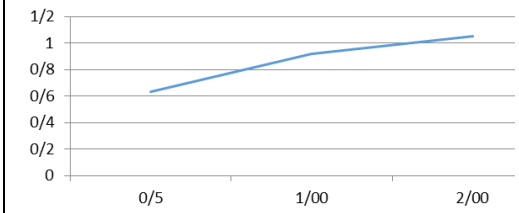
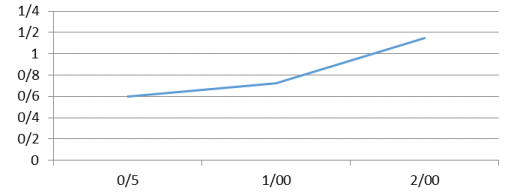
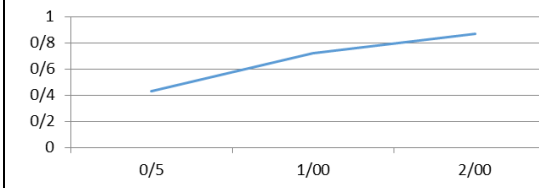
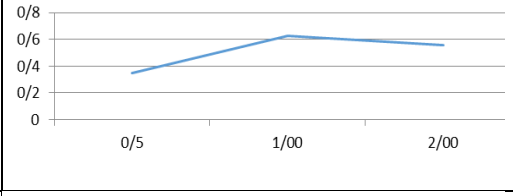
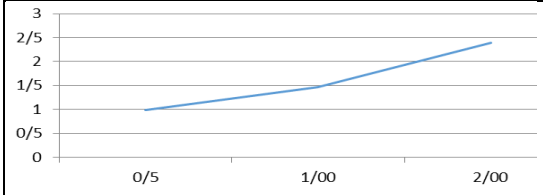
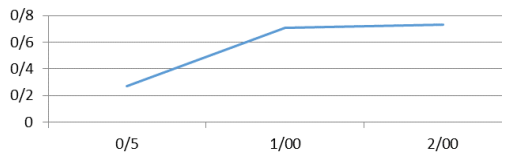
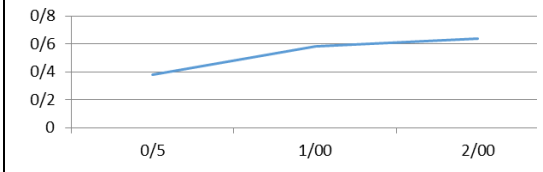
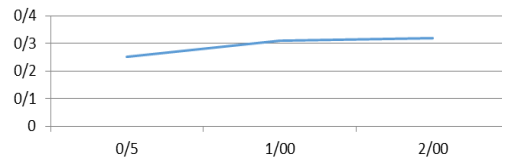
جهت بررسی تاثیر نسبت های مساحت بازشوی ورودی و خروجی در زون های تحت تهویه دو طرفه دو روش وجود خواهد داشت: روش اول: بدون تغییر مساحت خروجی، ورودی تغییر داده شود. و روش دوم: بدون تغییر مساحت ورودی، خروجی تغییر داده شود.

اگر در راستای تغییر نسبت ها، ورودی بزرگ تر از خروجی شود (مثلا دو برابر)، با توجه به این که مساحت با دبی هوا رابطه مستقیم دارد، سرعت در ارتفاعات مختلف افزایش می یابد. در واقع با افزایش مساحت ورودی، فشار مقاوم جریان کم تر شده و جریان بیش تری وارد بنا می شود، و برعکس. حال اگر ورودی ثابت مانده و خروجی نصف گردد، در واقع نسبت دو برقرار است اما چون خروجی نصف شده است، با کوچک شدن مساحت، فشار مقاوم مقابل جریان بیش تر شده و دبی هوای ورودی به بنا کم شده است. در نتیجه سرعت در ارتفاع های مختلف کاهش می یابد. در واقع هر چه ورودی به خروجی با هر نسبتی بزرگ تر باشند، سرعت جریان هوا در فضا نیز افزایش خواهد یافت. برای بازشوهایی که نقش تهویه را ایفا می کنند، جهت افزایش کارایی تهویه بهتر است خروجی ها کوچک نشده و به جای آن ورودی ها بزرگ شوند. با توجه به نتایج جدول ۱۲، تغییر مساحت بازشوی ورودی به خروجی در سه نسبت ۰/۵، ۱ و ۲ صورت گرفته که نتایج افزایش سرعت در حد آسایش برای نسبت ۲ (دو برابر بودن مساحت بازشوی ورودی به بازشوی خروجی) را تایید می کنند.

در بررسی و تغییر مساحت بازشو ها و نسبت مساحت بازشوی ورودی به مساحت بازشوی خروجی، هرچه این نسبت بیش تر باشد، سرعت جریان هوا بالاترخواهد بود. با توجه به نتایجی که وضع موجود نمونه های مورد مطالعه هستند، طراحی بازشو ها در خانه های این منطقه به گونه ای بوده است که موثرترین تهویه را در فضا بوجود آورد. نسبت مساحت بازشوی ورودی به بازشوی خروجی در وضع موجود بالاتر از ۰/۵ است.

جدول ۱۲ - مقایسه رفتار سرعت جریان هوا در سه نسبت بازشوی ورودی به خروجی بخش های دارای تهویه دوطرفه (منبع: نگارندگان)

Table 12. Behavior of airflow velocity at three different ratios of inlet to outlet areas in studied sections on ground floor (Source: Authors)

منطقه	دیاگرام میانگین سرعت جریان هوا در سه نسبت ورودی به خروجی			
G1		F1		
G4		F4		
G7		F7		
G8		F8		
G10				

نتیجه

با توجه به تحلیل ها، میزان پوشش جریان هوا در طبقه اول یکنواخت تر از طبقه همکف است. با توجه به بررسی نمونه ها، خانه های این منطقه دارای روزن هایی کوچک تهویه در بالای بازشو هستند. با حذف این روزن ها، سرعت جریان هوا افزایش پیدا می کند؛ با این تفاوت که از یکنواختی جریان کاسته می شود. بنابراین وجود روزن های تهویه، فضایی یکنواخت تحت تاثیر جریان طبیعی هوا ایجاد خواهد کرد که تمام بخش های آن را پوشش می دهد. در مقایسه تهویه یک طرفه و تهویه عبوری (دو طرفه)، علاوه بر این که فضاهای با تهویه یک طرفه دارای سرعت جریان هوای پایین تری هستند، میزان پوشش

جریان نیز به طور چشمگیری کم تر بوده و جریان هوا رفتاری کاملا چرخشی دارد. نتایجی مشابه نیز در طبقه اول قابل ملاحظه است؛ اما به دلیل قرار گیری در ارتفاع بالاتر، سرعت جریان هوا در بازشوهای ورودی بیش تر بوده است. از طرفی به جهت بلند بودن ارتفاع اتاق ها، کمبود پوشش جریان هوا در فضاهای با تهویه یک طرفه خصوصا در ارتفاعات فوقانی بازشوها مشهود است. نتایج اثبات می دارند که در طبقه همکف، ارتفاعات پایین تر تحت تهویه قرار می گیرند و در طبقه اول، ارتفاعات بالاتر نیز بطور موثری از جریان طبیعی هوا بهره می برند.

همان طور که در نتایج میزان حداقل و حداکثر سرعت در فضاهای مورد مطالعه مشاهده میگردد (جداول ۵ و ۸) حداکثر سرعت جریان هوا از ۳ متر بر ثانیه تجاوز نمیکند که برای افراد ساکن، سرعتی قابل قبول است. با توجه به بررسی رفتار و سرعت جریان هوا در پنج ارتفاع ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، و ۲/۵ از کف طبقات، به طور میانگین، در طبقه همکف بیش ترین سرعت جریان هوا در ارتفاعات بالاتر وجود خواهد داشت؛ و در طبقه اول بیش ترین سرعت به ارتفاعات پایین تر اختصاص می یابد. با توجه به این نکته که در گذشته عادت به نشستن بر روی زمین مرسوم بوده است، نتیجه ذکر شده بی دلیل نمی باشد. همچنین میتوان نتیجه گرفت، از آنجا که در نمونه های مورد بررسی، بازشوها از کف طبقه آغاز می شوند، در طراحی بازشوها برای طبقات (به غیر از همکف) می توان اکابه را با توجه به حداکثر سرعت در ارتفاعات مورد نیاز تنظیم کرد.

برای بازشوهایی که نقش تهویه را ایفا می کنند، جهت افزایش کارایی تهویه بهتر است خروجی ها کوچک نشده و به جای آن ورودی ها بزرگ شوند. در بررسی های نرم افزاری برای تقریبا همه مناطق مورد بررسی در نمونه ها، در حالتی که خروجی ها کوچک نشده و ورودی ها بزرگ تر شدند، نتایج کسب شده یکسان بوده وتحلیل ها با نتایجی مشابه افزایش سرعت جریان هوا در نسبت "۲" را تایید نمودند. بنابراین شاکله بازشو و تناسبات آن بر کمیت جریان طبیعی هوا در بناهای بومی مسکونی اقلیم معتدل و مرطوب ایران تاثیرگذار است و می توان الگویی از تناسبات مساحت بازشوی ورودی به بازشوی خروجی ارایه داد.

Reference

1. Clements-Croome, D. (Ed.). 2002. Naturally Ventilated Buildings: Building for the senses. the economy and society, Routledge.
2. Prakash, D., & Ravikumar, P., 2015. Analysis of thermal comfort and indoor air flow characteristics for a residential building room under generalized window opening position at the adjacent walls. International Journal of Sustainable Built Environment, Vol. 4(1), pp. 42-57.
3. Teppner, R., Langensteiner, B., Meile, W., Brenn, G., & Kerschbaumer, S., 2014. Air change rates driven by the flow around and through a building storey with fully open or tilted windows: An experimental and numerical study. Energy and buildings, Vol. 80, pp. 570-583.
4. Gao, C. F., Lee, W. L., 2011. Evaluating the influence of openings configuration on natural ventilation performance of residential units in Hong Kong. Building and environment, Vol. 46(4), pp. 961-969.
5. Hassan, M. A., Guirguis, N. M., Shaalan, M. R., & El-Shazly, K. M., 2007. Investigation of effects of window combinations on ventilation characteristics for thermal comfort in buildings. Desalination, Vol. 209(1-3), pp. 251-260.
6. Allard, F., Ghiaus, C., 2005. Natural ventilation in the urban environment: assessment and design. Earthscan.
7. Ghobadian, V., Faze Mahdavi, M., 2008. Climatic Design (Efficient building principles and practices). Watson, D., Labs, K., Tehran, University of Tehran Press, p p. 64, 214. (In Persian)

8. Artmann, N., Manz, H., & Heiselberg, P., 2007. Climatic potential for passive cooling of buildings by night-time ventilation in Europe. Applied energy, Vol. 84(2), pp. 187-201.
9. Favarolo, P. A., & Manz, H., 2005. Temperature-driven single-sided ventilation through a large rectangular opening. Building and Environment, Vol. 40(5), pp. 689-699.
10. Razjouyan, M., 2014. Comfort Design with Climate. Tehran, Shahid Beheshti University, p. 160. (In Persian)
11. Puriany, J., 2014. Historical houses of Sari. Tehran, Resanesh Novin, pp. 20-21. (In Persian)