[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

بررسی فرم مناسب سقف و سودمندی استفاده از بادخور و بادگیر در تهویه طبیعی مسکن چابهار

امین‌اله احدی *، بابک علیرضایی ورنوسفادرانی **

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۱/۰۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۱۳

چکیده

طراحی اقلیمی و توجه به مباحث مربوط به معماری پایدار از مهمترین جریان‌های معماری معاصر به حساب می‌آیند که سابقه چند هزارساله به‌خصوص در ایران دارد. در دوران معاصر طراحی اقلیمی عکس العمل منطقی به بحران‌های ناشی از کمبود منابع تولید انرژی و افزایش آلودگی‌های محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بوده است. در ایران، یکی از اقلیم‌هایی که توجه به شرایط زیست محیطی به‌منظور ایجاد آسایش حرارتی و رسیدن به معماری همساز با اقلیم در آن نقش حیاتی دارد، اقلیم گرم و مرطوب است که با رطوبت و گرمای بالا مواجه است و به‌منظور تهویه رطوبتی و سرمایش از راه‌های غیر طبیعی نیاز به صرف انرژی و هزینه زیاد دارد. این نوشته درصدد است که با توجه به مباحث مربوط به طراحی اقلیمی در اقلیم گرم و مرطوب ایران، فرم مناسب سقف را جهت استفاده بهینه از تهویه طبیعی در خانه‌های مسکونی شهر چابهار که در اقلیم گرم و مرطوب واقع شده و با مشکلات ناشی از گرما و رطوبت مواجه می‌باشد، بررسی کند و سودمند بودن استفاده از بادخان و بادخور را در این منطقه مورد سنجش قرار دهد. روش تحقیق مورد استفاده در این مقاله با استفاده از داده‌های پایگاه‌های هواشناسی و منابع اسنادی و کتابخانه‌ای معتبر به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی تحلیلی و نیز استفاده از مدل‌سازی رایانه‌ای در نرم افزار Vasari Autodesk (نرم افزار شبیه‌ساز تونل باد) به‌منظور ارایه راهکارهای کالبدی و سنجش درستی آن می باشد. نتایج این نرم افزار با نرم افزار Ansys cfx version 13 (نرم افزار مطرح در زمینه محاسبات دینامیک سیالات) مورد تأیید قرار خواهد گرفت. در ساختمان‌های کم ارتفاع و محصور (نظیر خانه‌های شهر چابهار) که جریان هوای زیادی به بدنه ساختمان برخورد نمی‌کند، سقف در سازوکار تهویه نقش اساسی دارد، علاوه بر این جریان هوای عبوری از سقف پایدارتر و قوی‌تر است. در این مقاله با مطالعه و مدل‌سازی سه نوع سقف منحنی، شیب‌دار و مسطح و همچنین بادخان و بادخور مناسب آن، راهکارهای کالبدی به‌منظور رسیدن به سازوکار بهینه تهویه طبیعی در ساختمان‌های یک طبقه و چند طبقه در شهر چابهار بررسی شده است و در نهایت، فرم بهینه شکل سقف (در ارتباط با تهویه طبیعی) و مؤثر بودن استفاده از بادخان و بادخور به‌منظور تهویه طبیعی در مسکن چابهار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: چابهار، تهویه طبیعی، بادخان،بادخور، شکل سقف.

* دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه علم و صنعت ایران. Ahadi6688@yahoo.com
** دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه پیام نور تهران.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

مقدمه

در دوران معاصر، طراحی اقلیمی عکس العمل منطقی به بحران‌های ناشی از کمبود منابع انرژی و افزایش آلودگی محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. توجه به اقلیم به‌خصوص در اقلیم‌هایی که دارای شرایط حاد برای زندگی انسان هستند اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. یکی از این اقلیم‌ها اقلیم گرم و مرطوب است که در ایران شامل نواحی شمالی خلیج فارس و دریای عمان می‌شود. ویژگی اقلیمی این منطقه رطوبت نسبی بالا، دمای بالای هوا، شدت تابش خورشید و تابستان گرم و شرجی و زمستان معتدل است. در چنین اقلیم‌هایی تهویه طبیعی به‌منظور کنترل رطوبت و ایجاد فضاهایی با آسایش حرارتی، دارای نقش حیاتی است. ایجاد تهویه طبیعی در این اقلیم تنها از طریق استفاده از جریان هوا بیرون در داخل و نیز در پوسته ساختمان امکان‌پذیر است. در معماری سنتی و هم در طرح‌های جدید معماری در مناطق گرم و مرطوب، استفاده از بادگیر، خالی گذاشتن طبقه همکف برای عبور جریان هوا و سقف‌های دارای تهویه (که موضوع مورد بحث این مقاله است) دیده می‌شود. طراحی این نوع سیستم تهویه (سیستم غیر فعال) علاوه بر کاهش مصرف انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌های ساختمان، گامی در جهت پاک نگهداشتن محیط طبیعی از طریق کاهش تولید گرمای حاصل از وسایل سرمایشی الکتریکی و افزایش آسایش اقلیمی افراد از طریق تهویه مناسب و همیشگی می‌باشد. شهر چابهار که سازو کار تهویه طبیعی مناسب در آن مورد مطالعه این نوشته است نیز در این اقلیم (گرم و مرطوب) واقع است.

پرسش‌های پژوهش، روش تحقیق و جمع‌آوری اطلاعات

این پژوهش در صدد است تا با توجه به مباحث مربوط به تهویه طبیعی و نقش آن در آسایش حرارتی و نیز معماری پایدار به پرسش‌های زیر پاسخ دهد:

- در چه زمان‌هایی از سال به‌منظور آسایش حرارتی، بناهای مسکونی شهر چابهار نیاز به تهویه دارد ؟
- با توجه به شرایط اقلیمی شهر چابهار، به‌منظور تهویه طبیعی، از چه روش‌هایی می‌توان استفاده کرد؟
- راه کارهای کالبدی و کاربردی استفاده از تهویه طبیعی در بناهای شهر چابهار چگونه است؟

روش جمع‌آوری اطلاعات در این مقاله با استفاده از مطالعه منابع معتبر اسنادی و کتابخانه‌ای بوده است. همچنین داده‌های هواشناسی مورد نیاز در رابطه با شرایط اقلیمی شهر چابهار از جمله سرعت باد، جهت باد، متوسط درجه حرارت هوا، رطوبت هوا و درجه حرارت روز از داده‌های پایگاه هواشناسی سازمان بنادر و دریا نوردی ایران در چابهار در بازه‌های زمانی ده ساله جمع‌آوری شده و به‌صورت حداکثر و حداقل و متوسط عددی در موارد مورد نیاز استفاده شده است. روش تحقیق توصیفی تحلیلی و نیز استفاده از مدل‌سازی رایانه‌ای و شبیه‌سازی عددی بوده است.

تهویه طبیعی

تهویه طبیعی، چگونگی عملکرد و عوامل مؤثر در آن

تهویه هوا به عمل جانشین کردن و یا جابجا کردن هوا در یک فضا گفته می‌شود که به‌منظور تأمین هوای تازه، خارج کردن هوای گرم و مرطوب و خنک کردن فضا و تأمین آسایش حرارتی انسان انجام می‌شود. در روش تهویه طبیعی عمل جابجایی هوا از طریق اثر دودکش که مبتنی بر حرکت هوای گرم به بالا و ورود هوای سرد از پایین به جای آن است و یا از طریق کوران هوا که جابجایی هوا از طریق فشار مثبت و منفی باد انجام می‌شود (قبادیان، ۱۳۷۸، ٦٤-۷۱). امروزه توجه به استفاده از تهویه طبیعی در طراحی‌های ساختمان به‌طور

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

فزاینده‌ای رو به افزایش است و طراحان به این طریق سعی در افزایش رضایت‌مندی کاربران فضاها و نیز کاهش هزینه‌های ساخت و نگهداری و کاهش مصرف انرژی دارند.

نیروهایی که باعث تهویه طبیعی می‌شوند در دو عامل کلی خلاصه می‌شود (CIBSE, 2005, 10): نیروهای باد و خاصیت شناوری[1]. این نیروها مکانیزم‌های مربوط به تهویه طبیعی را مشخص می‌کنند. شکل و مکان ساختمان (برای نمونه قرار داشتن در محیط باز یا متراکم و یا مرتفع بودن یا کم ارتفاع بودن) چگونگی تهویه طبیعی ساختمان را مشخص می کند. بر این اساس سه حالت برای تهویه طبیعی می‌توان در نظر گرفت: تهویه یک طرفه، تهویه دو طرفه و تهویه دودکشی، هر کدام از این حالات نشان می‌دهد که هوای داخل بنا که نیاز به تهویه دارد، چگونه با جریان هوای خارج مرتبط می‌شود (Andersen, 2002). تهویه طبیعی بر سه پدیده اقلیمی سرعت باد، جهت باد و اختلاف دمایی مبتنی است (مک کارتی، ۱۳۸۱، ۲۳).

سرعت باد: جریان باد در برخورد با ساختمان باعث ایجاد یک میدان فشار در اطراف ساختمان می‌شود. این میزان این میدان فشار مبتنی بر سرعت باد است. در این رابطه تهویه هواکشی تنها زمانی مؤثر است که سرعت باد بیش از ۲.۵ متر بر ثانیه (۹ کیلومتر بر ساعت) باشد.

جهت باد: اساسی‌تری عامل تعیین کننده نحوه عبور هوا از یک ساختمان، جهت وزش باد است. هنگامی که باد از روی ساختمان حرکت می‌کند، باعث ایجاد یک میدان فشار متغیر مثبت یا منفی می‌شود. سپس هوا از نواحی دارای فشار مثبت به نواحی دارای فشار منفی به جریان در می‌آید.

اختلاف‌های دمایی: با افزایش دما، چگالی هوا کاهش می‌یابد و هوا به سمت بالا حرکت می کند و هوای خنک تر جایگزین آن می‌شود. این پدیده با عنوان " اثر دودکشی" شناخته می‌شود. اختلاف دمای بین داخل و خارج ساختمان و بین نواحی مختلف آن باعث ایجاد اختلاف فشار و به دنبال آن جابجایی هوا می‌شود.

تهویه طبیعی و آسایش حرارتی

شرایط آسایش حرارتی به محدوده‌ای از دما و رطوبت گفته می‌شود که در آن ساز و کار تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت خود باشد (Givoni, 1976, 287). عوامل دما هوا، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، متوسط دمای تابشی، سرعت سوخت و ساز بدن و میزان پوشش بدن در تعیین محدوده آسایش حرارتی مؤثر می‌باشند (Fanger, 1970). از آن جا که تهویه طبیعی باعث تعدیل رطوبت و دما می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که یکی از مؤثرترین عوامل در ایجاد آسایش حرارتی، تهویه است (رازجویان، ۱۳۶۷). طبق استاندارد آسایش حرارتی اولگی محدوده آسایش از نظر دمایی بین ۲۱ تا ۲۷.۷ درجه سانتیگراد و از نظر رطوبت بین ۳۰ تا ۶۵ درصد می‌باشد (Olgyay, 1973). براساس استاندارد ایالات متحده آمریکا این محدوده از نظر دمایی بین ۲۲.۲ تا ۲۵.۶ درجه سانتی گراد و از نظر رطوبت بین ۲۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد (ASHRAE, 1985).

با بررسی داده‌های هواشناسی ایستگاه چابهار در فاصله زمانی اوایل فروردین تا اوایل مهر در اکثر روزها، شرایط آب و هوایی چابهار در محدوده بالای استاندارد آسایش حرارتی قرار می‌گیرد، تا آن جا که در برخی از روزها رطوبت بیش از ۸۰ درصد و دمای بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد هم ثبت شده است (ایستگاه هواشناسی چابهار سازمان بنادر و دریانوردی ایران). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از تهویه طبیعی در ماه‌های گرم سال می‌تواند در تعدیل شرایط حرارتی بسیار مؤثر باشد.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

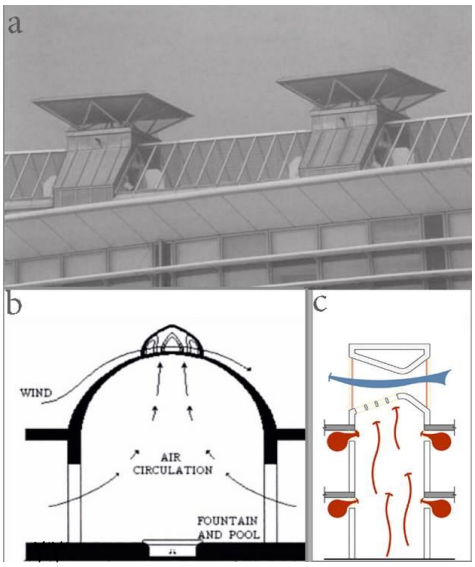
راهکارهای کالبدی ایجاد تهویه طبیعی

راهکارهای کالبدی ایجاد تهویه طبیعی را از نظر مکان استفاده می‌توان به سه نوع تقسیم کرد: تمهیدات کالبدی در سقف، تمهیدات کالبدی در نما و بدنه ساختمان و ترکیبی از آن دو (CIBSE, 2005, 15-20). به‌منظور استفاده از تهویه طبیعی از راهکارهای مختلفی استفاده می شود. بادخور[۲]، بادخان[۳]، دودکش های خورشیدی[۴]، پنجره های تهویه‌دار در یک طرف یا به‌صورت دو طرفه، نماهای دو پوسته[۵] و استفاده از آتریوم بر پایه اثر دودکشی، از جمله راهکارهای متداول برای تهویه طبیعی هستند (Allard & Ghiaus, 2005: 28-36).

در تهویه طبیعی، سقف دارای اهمیت زیادی است زیرا هوای گرم به‌علت سبک بودن تمایل به حرکت به سمت بالا دارد. علاوه بر آن جریان‌های هوایی که از سطح بام عبور می‌کند قوی‌تر و پایدارتر هستند. همچنین تهویه طبیعی از سقف برای بناهای کم ارتفاع و محصور، که جریان هوا در اطراف آن کم است و نیز بناهایی که در اطراف آن سر و صدا و آلودگی هوا زیاد است، مناسب می‌باشد (McCarthy, 1999).

با توجه به اینکه خانه‌های مسکونی شهر چابهار اغلب کم ارتفاع و محصور هستند، تهویه از طریق سقف برای آن مناسب‌تر می‌باشد. در ادامه به راهکارهای کالبدی تهویه از طریق سقف اشاره می‌شود:

بادخان: بادخان‌ها که اغلب به شکل مربع یا مستطیل و با دو یا چند دهانه هستند، از سالیان دور به‌منظور تهویه طبیعی به‌عنوان عنصر معماری مستقل و یا بخشی از پوشش سقف به‌کار گرفته می‌شدند. اساس کار بادخان‌ها ترکیبی از عملکرد تهویه دودکشی (بالا رفتن هوای گرم و جایگزینی هوای سرد) و تهویه یک طرفه باد (منتقل کردن هوای گرم از دهانه برج به وسیله باد) است (McCarthy, 1999). در واقع چنان چه عمل تهویه هوا را به دم و باز دم تشبیه کنیم بادخان معادل باز دم و بادخور معادل عمل دم می‌شود (مک کارتی، ۱۳۸۱).



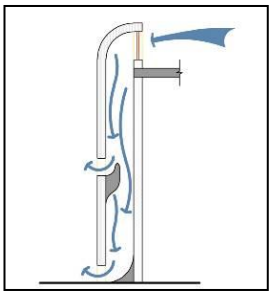
ت ۱. تهویه طبیعی به‌وسیله بادخان. قسمت a کاربرد این روش در یک ساختمان مدرن (ساختمان اداره مرکزی یونیکا[۶] ساخته شده در سال ۱۹۹٤) را نشان می‌دهد (Baird, 2004, 43)، قسمت b کارکرد سنتی این روش را نشان می‌دهد (Allard, 2002, 240)، و قسمت c چگونگی عملکرد این روش را نشان می‌دهد (مأخذ: نگارندگان).

بادخور: بادخورها اجزای معماری هستند که به‌منظور گرفتن باد و کشاندن هوای تازه به داخل بنا استفاده می‌شوند. اساس کار بادخورها بر پایه کوران هوا است و مانند بادخان بر روی سقف بنا یا به‌عنوان بخش مستقل از بنا کار می‌کنند (مک کارتی، ۱۳۸۱).

این برج‌های بلند در ابتدا در نواحی کویری ایران به‌کار برده شدند و کارکرد آن‌ها مبتنی برآوردن جریان هوای خارج به داخل، به‌منظور کاهش دما و برقراری شرایط آسایش حرارتی می‌باشد، فشار مثبت باد در جهت وزش و فشار منفی در خلاف جهت وزش این شرایط را فراهم می‌کند. به این منظور باید دهانه‌های ورودی بادخور رو

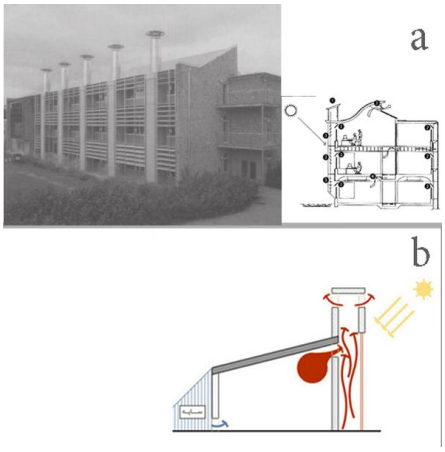
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

به جهت باد غالب باشد. هنگامی که باد جریان ندارد، این برج‌ها عملکرد تهویه‌ای دودکشی دارند (Ettouney, 2008, 247-249).



ت ۲. چگونگی عملکرد بادخورها (مأخذ: نگارندگان).

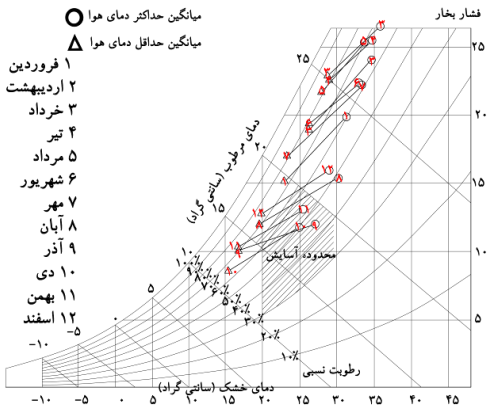
دودکش‌ها: یکی دیگر از اشکال رایج تهویه سقفی دودکش هاست که اغلب استوانه‌ای شکل می‌باشد. اساس کار دودکش‌ها بر پایه خارج شدن هوای گرم از بالا و جایگزین شدن هوای سرد از پایین به جای آن است. عملکرد دودکش‌ها مستقل از جریان باد است ولی دهانه خروجی آن‌ها نباید در جایی باشد که فشار هوا مثبت است. آزمایشات متعدد کارایی بالای این سیستم تهویه را به‌خصوص در ساختمان‌های چند طبقه نشان داده است (Allard, 2002).



ت ۳. تهویه طبیعی به‌وسیله دودکش خورشیدی. قسمت a کاربرد این روش در یک ساختمان مدرن (اداره محیط زیست بی آر آی در واتفورد انگلستان ساخته شده در سال ۱۹۹۹) را نشان می‌دهد (Baird, 2004: 47)، قسمت b چگونگی عملکرد این روش را نشان می‌دهد (مأخذ: نگارندگان).

شرایط اقلیمی چابهار و داده‌های مرتبط با جریان هوا

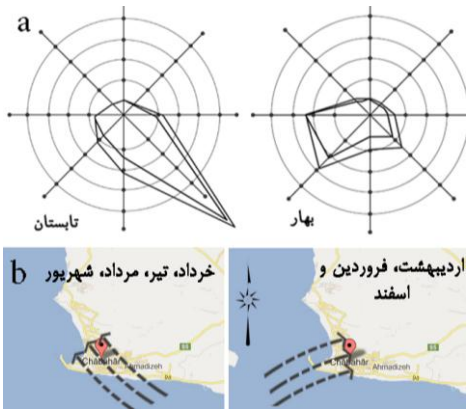
به‌لحاظ اقلیمی، نواحی شمالی خلیج فارس و دریای عمان که چابهار هم بخشی از آن است جزء نواحی گرم و مرطوب محسوب می‌شود. ویژگی‌های اقلیمی این منطقه، رطوبت نسبی بالا، دمای بالای هوا، شدت تابش خورشید و تابستان‌های گرم و شرجی و زمستان‌های معتدل است. همچنین میزان ریزش باران سالیانه بسیار اندک است و اغلب بارندگی در فصول پاییز و خصوصاً زمستان است. از دیگر ویژگی‌های این منطقه اختلاف کم درجه حرارت بین شب و روز، پوشش بسیار کم گیاهی و میزان تبخیر بسیار زیاد آب می‌باشد (کسمایی، ۱۳۸۱، ۸۳). موقعیت جغرافیایی شهر چابهار در عرض جغرافیایی ۲۵.۲ درجه و طول جغرافیایی ۶۰.۲ درجه و عمق نصب ۲۵ متر می‌باشد. طبق داده‌های ایستگاه هواشناسی سازمان بنادر و دریانوردی ایران در چابهار، متوسط ده ساله دمای هوا ۲۶ درجه سانتیگراد و حداکثر و حداقل دمای هوا ۳۳ و ۱۴ درجه سانتیگراد بوده است. در ماه‌های گرم سال دمای هوا در اکثر روزها نزدیک ۳۰ درجه سانتیگراد بوده است. متوسط سالیانه رطوبت نسبی هوا ۶۱ درصد می‌باشد که در ماه‌های گرم سال تا بیش از ۸۰ درصد هم گزارش شده است (ایستگاه هواشناسی چابهار سازمان بنادر و دریانوردی ایران). نمودار ۱ سایکرومتریک چابهار را نشان می‌دهد.



ن ۱.نمودار سایکرومتریک چابهار (برگرفته از کسمائی،۱۳۸۸).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

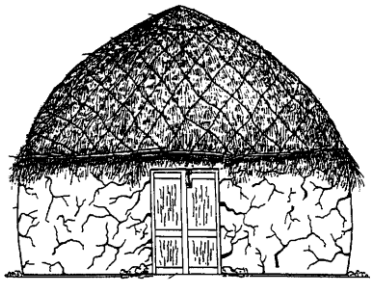
با توجه به تصویر ٤ در هفت ماه از سال، دمای هوا خارج از محدوده آسایش می‌باشد، در این هفت ماه رطوب هوا بالای ٦٥ درصد و در برخی موارد بالای ۸۰ درصد می‌باشد. بنابراین در ماه‌های فروردین تا مهر نیاز به تهویه طبیعی برای تعدیل شرایط محیطی است. در رابطه با سرعت و جهت باد که نقش تعیین کننده‌ای در تهویه طبیعی دارد، متوسط سرعت سالیانه باد در چابهار ٤ متر در ثانیه گزارش شده و حداکثر سرعت باد نیز ۱۱.۸ متر بر ثانیه بوده است (ایستگاه هواشناسی چابهار سازمان بنادر و دریانوردی ایران). با توجه به حداقل سرعت باد مؤثر در تهویه طبیعی که در بخش ۱ بیان شد (۲.۵ متر بر ثانیه)، سرعت باد به‌منظور تهویه طبیعی در چابهار مناسب می‌باشد به‌خصوص که سرعت باد در ماه‌های گرم سال بیش از حد متوسط (٤ متر بر ثانیه) می‌باشد. در رابطه با جهت باد، وزش باد در چابهار از جهات مختلفی می‌باشد، در فصول گرم سال باد غالب از سمت جنوب شرقی می‌وزد جهت وزش باد غالب شهر در این فصول ۱۳۵ تا ۲۳۰ درجه (جنوب شرق تا جنوب غرب) متغیر است (ایستگاه هواشناسی چابهار سازمان بنادر و دریانوردی ایران؛ کسمائی، ۱۳۸۸)، (ت ٤).



ت ٤. جهت وزش بادهای غالب شهر چابهار در فصول گرم سال. قسمت a گلباد شهر چابهار در تابستان و بهار را نشان می‌دهد (برگرفته از کسمائی، ۱۳۸۸). قسمت b حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی چابهار می‌باشد (مأخذ: نگارندگان).

مسکن سنتی چابهار و تهویه طبیعی در آن

خانه‌های سنتی چابهار اکثراً با دیوارهای کاه گلی و یک طبقه هستند که سقف آن‌ها با الوار، نی و ساقه خرما و کاه اندود شده است. پوشش گیاهی کم و نبود چوب کافی در شکل گیری چنین مسکن هایی مؤثر بوده است. به‌لحاظ تهویه طبیعی این خانه‌های با مشکل روبرو هستند و جریان هوا علاوه بر خانه به‌دلیل محصوریت در محوطه نیز جریان پیدا نمی‌کند، که باعث به‌وجود آمدن شرایط نامساعد آسایشی می‌شود (جانب الهی، ۱۳۷۵). مزیت این خانه‌ها در استفاده از مصالح بومی و با ظرفیت حرارتی پایین مصالح آن بوده هرچند که به‌علت مقاومت کم مصالح، نیاز به تعمیرات مکرر سالانه داشته است. چنین خانه‌هایی تا حدودی می‌توانسته است نیازهای زندگی روستایی را برطرف کند ولی با شهر نشینی و افزایش تراکم ساختمانی در چابهار چنین خانه‌هایی نا کارآمد می‌باشد (توسلی، ۱۳۷۱). گونه دیگر سکونت‌های سنتی در این ناحیه کپرهاست که با توجه به استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی کم مثل نی و برگ و ساقه خرما در بدنه و سقف گنبدی آن با شرایط اقلیمی منطقه سازگاری زیادی دارد (جانب الهی، ۱۳۷۵) (ت ۵).



ت ۵. ترسیمی از کپرهای چابهار (جانب الهی، ۱۳۷۵).

خانه‌های جدید ساخت در چابهار بر پایه استفاده از تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به منظور تهویه و سرمایش ساخته می شود و شرایط اقلیمی در اغلب آن‌ها رعایت نمی‌شود.

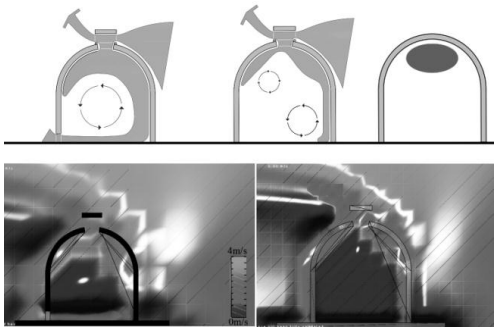
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

بررسی فرم مناسب سقف جهت تهویه طبیعی در ساختمان‌های چابهار

با توجه به مطالب بیان شده، می‌توان نتیجه گرفت که در شش ماه گرم سال (اوایل فروردین تا اوایل مهر ماه) خانه‌های شهر چابهار نیاز به تهویه طبیعی دارد و جهت بادهای مطلوب در این مدت بین جنوب شرق تا جنوب غرب متغیر است (ایستگاه هواشناسی چابهار سازمان بنادر و دریانوردی ایران ؛ کسمائی، ۱۳۸۸). به‌همین دلیل جهت دریچه‌های تهویه هوا باید در این محدوده قرار گیرد. از طرفی نوع تهویه مناسب برای شهر چابهار به‌دلیل شکل محصور و کم ارتفاع خانه‌ها و نیز بافت نیمه متراکم شهری، تهویه از طریق سقف می‌باشد، با در نظر گرفتن اهمیت سقف در تهویه طبیعی که در بخش۱ و ۲ به آن اشاره شد، به بررسی و مدل‌سازی پوشش‌های رایج بام در رابطه با تهویه طبیعی می‌پردازیم. در کلیه مدل‌سازی‌ها، سرعت باد در قسمت‌های به رنگ آبی (یا تیره رنگ در تصاویر سیاه و سفید)، صفر است و هرچه به رنگ زرد (رنگ روشن)، تمایل پیدا می‌کند، سرعت باد و میزان تهویه بیشتر می‌شود شرح مدل‌سازی در نرم افزار Vasari Autodesk[۷] در پیوست ۱ موجود می‌باشد. نتایج حاصل از این نرم‌افزار با نرم‌افزار Ansys cfx [۸] version13 مورد تأیید قرار خواهد گرفت.

سقف‌های گنبدی و منحنی شکل

فرم سقف کپرها در این منطقه به‌صورت منحنی است و با توجه به زاویه تابش خورشید در شهر چابهار که در فصل تابستان نزدیک به قائم می‌باشد، با این اقلیم متناسب است. در ادامه نتایج مدل‌سازی این نوع سقف و بادخان مناسب برای آن در دو حالت، یکی وجود دریچه ورودی هوا و دیگری بدون دریچه ورودی هوا، در نرم افزار شبیه‌ساز باد نشان داده شده است (ت ٦).



ت ٦. نتایج مدل‌سازی سقف منحنی شکل در دو حالت، یکی وجود دریچه ورودی هوا (سمت چپ) و دیگری بدون دریچه ورودی هوا (سمت راست)، به‌همراه بادخان آن در نرم افزار شبیه‌ساز باد Autodesk Vasari **(حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار). حجم و سرعت تهویه در مدل دارای دریچه ورودی هوا بیشتر و عملکرد تهویه بهتر است (سرعت باد در قسمت‌های به رنگ آبی (رنگ تیره در تصاویر سیاه و سفید) صفر است و در قسمت زرد رنگ (سفید در تصاویر سیاه و سفید) حداکثر است.**

سقف‌های شیبدار

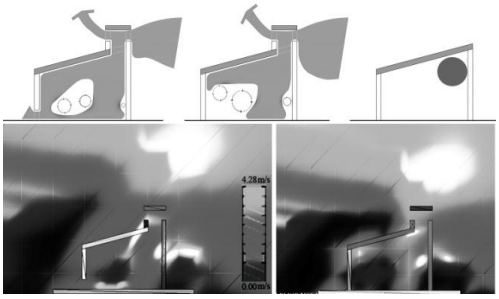
این نوع سقف بیشتر در حاشیه ساحلی دیده می‌شود. تصویر ۷ نتایج مدل‌سازی این نوع سقف و محل جمع شدن هوای گرم و نیز بادخان مناسب برای آن‌را در دو حالت، یکی وجود دریچه ورودی هوا و دیگری بدون دریچه ورودی هوا، در نرم افزار شبیه‌ساز باد نشان می‌دهد.

سقف‌های مسطح

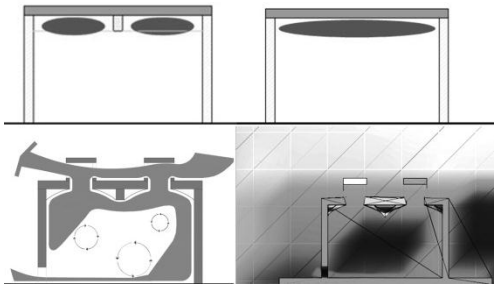
بیشتر خانه‌های نو ساخت و همچنین خانه‌های سنتی در چابهار دارای سقف‌های مسطح هستند. در سقف‌های مسطح به‌دلیل پراکنده بودن هوای نامطبوع در فضای زیر سقف، تهویه با مشکل روبرو می‌شود. به‌منظور ایجاد حرکت شناوری در هوای داخل ساختمان، ابتدا سقف به قسمت‌های کوچکتر تقسیم می‌شود. این کار به این دلیل انجام می‌شود که بتوان با ارتفاع سقف کمتر، سقف مسطح را به سقف منحنی و یا شیبدار تبدیل کرد و این کار را می‌توان با سقف‌های کاذب، گچبری‌ها و یا عناصر دکوراتیو

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

نیز انجام داد که به‌صورت متداول به‌منظور تزئین در ساختمان‌ها به کار می‌روند. سپس به‌منظور متمرکز کردن هوای گرم و مرطوب، قسمت‌های کوچکتر به سقف منحنی و یا شیبدار تبدیل می‌شود، با استفاده از اصول ذکر شده برای این نوع سقف‌ها، عملکرد تهویه بهتر می‌شود (ت ۸).استفاده از دریچه‌های تهویه سقفی تا حدودی در ایجاد جریان هوا در داخل مؤثر بوده است ولی نسبت به سقف شیب‌دار و منحنی، میزان تهویه و جریان هوا کمتر است.



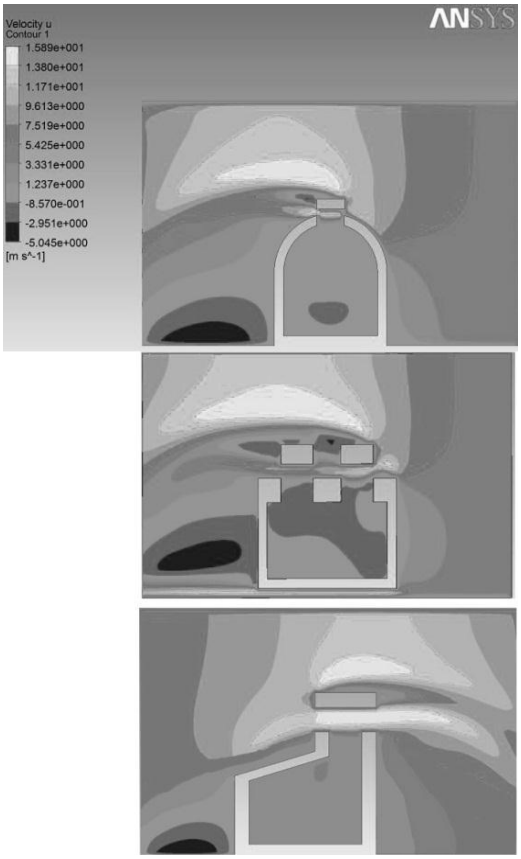
ت ۷. نتایج مدل‌سازی سقف شیب‌دار بدون دریچه ورود هوا (در سمت راست) و با دریچه ورود هوا (سمت چپ) در نرم‌افزار شبیه‌ساز باد Autodesk Vasari (حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار). سرعت باد در قسمت‌های به رنگ آبی (رنگ تیره در تصاویر سیاه و سفید) صفر است و در قسمت زرد رنگ(سفید در تصاویر سیاه و سفید) حداکثر است. در مقایسه با تصویر ٦ (سقف منحنی) عملکرد تهویه بهتر می باشد. همچنین تعبیه دریچه ورودی هوا حجم و سرعت تهویه را افزایش داده است.



ت ۸. روش تهویه در سقف مسطح و نتایج مدل‌سازی آن در نرم‌افزار شبیه‌ساز باد Autodesk Vasari (حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار).

سنجش نتایج نرم افزار Autodesk Vasari در نرم‌افزار Ansys cfx

به‌منظور بررسی درستی خروجی‌های نرم افزار Vasari Autodesk یک نمونه از هر سقف در نرم افزار Ansys cfx مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت است (ت ۹).

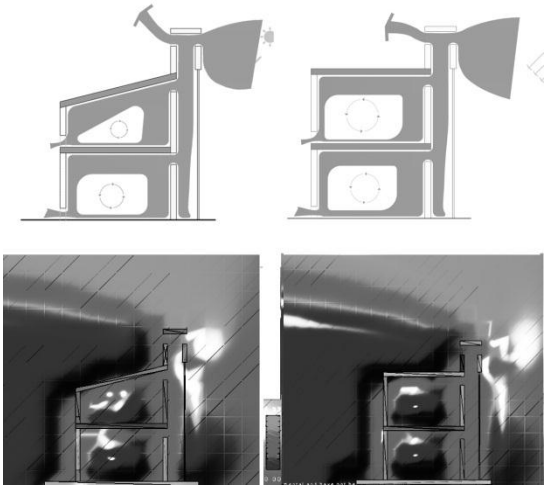


ت ۹. سنجش یک نمونه از خروجی‌های نرم‌افزار Autodesk Vasari در نرم‌افزار Ansys cfx (حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار). خروجی‌های این نرم‌افزار با تقریب قابل قبولی نتایج نرم‌افزار Autodesk Vasari را تأیید می‌کند. در این نتایج نیز عملکرد سقف شیب‌دار در تهویه طبیعی مناسب‌تر می‌باشد در قسمت قرمز رنگ (سفید در تصاویر سیاه و سفید) حداکثر جریان و در قسمت آبی تیره (سیاه در تصاویر سیاه و سفید) حداقل جریان برقرار است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

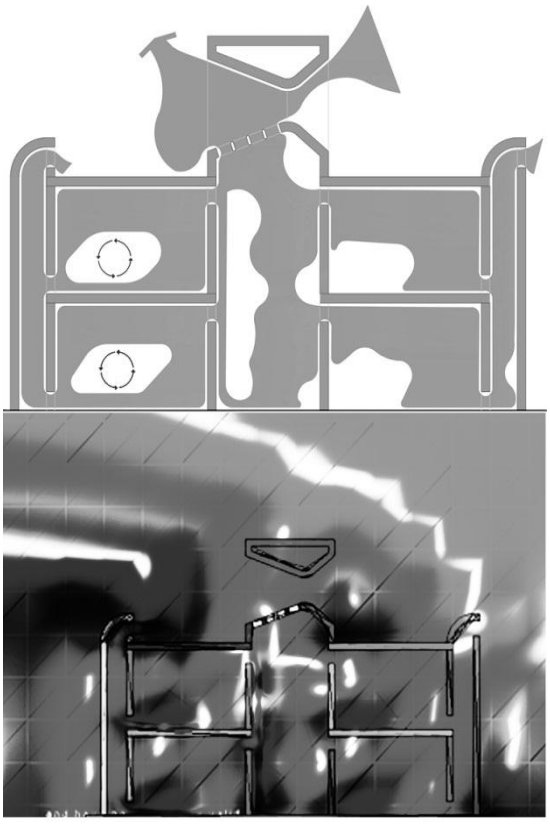
بررسی عملکرد بادخـان و بـادخور در تهویـه طبیعـی ساختمان‌های شهر چابهار

با توجه بـه مطالـب بیـان شـده در بخـش ۲، بادخـان، بادخور از سیستم‌های کارآمد تهویـه طبیعـی هسـتند کـه به‌صورت بخشی از سقف و یـا عنصـری مسـتقل، عمـل تهویه را انجام می‌دهنـد. در سـاختمان‌هـای چنـد طبقـه، تهویه از طریق سقف بیشتر در طبقات انتهایی تـأثیرگـذار است، بنابراین در نظر گرفتن بادخان و بادخور بـه‌عنـوان عنصری مستقل و در ارتباط با تمام طبقات در این نوع از بناها در عملکرد تهویه مؤثرتر است. تصویر ۱۰ سـازوکار تهویه طبیعی به‌وسیله بادخان در ساختمان‌های دو و چنـد طبقه را نشان می‌دهد.



ت ۱۰. روش‌هـای تهویـه بـه کمـک بادخـان برجـی در ساختمان‌های دو یا چند طبقه با سقف تخـت و شـیب‌دار و نتایج حاصـل از مـدل‌سـازی آن در نـرم‌افـزار Autodesk Vasari (حاصل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار). به‌طور کلی با این روش تهویـه طبیعـی در ساختمان برقرار شده است. سرعت و میـزان تهویـه هـوا در مدل با سقف شیب‌دار فقط در طبقـه انتهـایی بیشـتر اسـت. سرعت باد در قسمت های بـه رنـگ آبـی (رنـگ تیـره در تصاویر سیاه و سفید) صـفر اسـت و در قسـمت زرد رنـگ (سفید در تصاویر سیاه و سفید) حداکثر است.

همچنـین عملکـرد اسـتفاده بادخـان و بـادخور مـورد بررسی قرار گرفته است که در تصویر ۱۱ نشان داده شده است. در این روش بـه‌منظـور سـاماندهی و مکـش بهتـر هوای خنک و مطبوع، با قرار دادن بادخوری در جهت باد غالب، از باد مناسب‌تر و بیشتری استفاده مـی‌شـود. بـرای جلوگیری از ورود هوای نامطبوع خارج شـده از بادخـان بـه بـادخور مـی‌بـایست بادخـان و بـادخور در یـک راستـا نباشند.

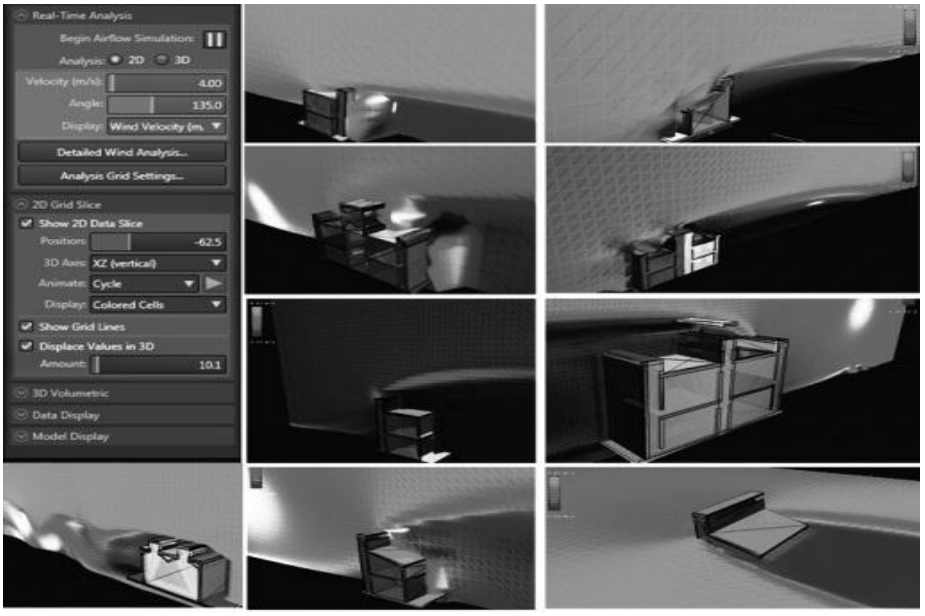


ت ۱۱. روش تهویـه بـه کمـک بادخـان و بـادخور نتـایج مدل‌سـازی آن در نـرم‌افـزار Autodesk Vasari (حاصـل پردازش‌های مقاله براساس داده‌های مربوط به شهر چابهار). برقرار جریان هوا در ساختمان نشان دهنده اثر بخش بـودن این روش می‌باشد. سرعت باد در قسمت‌های به رنگ آبـی (رنگ تیره در تصاویر سیاه و سفید) صفر است و در قسمت زرد رنگ (سفید در تصاویر سیاه و سفید) حداکثر است.

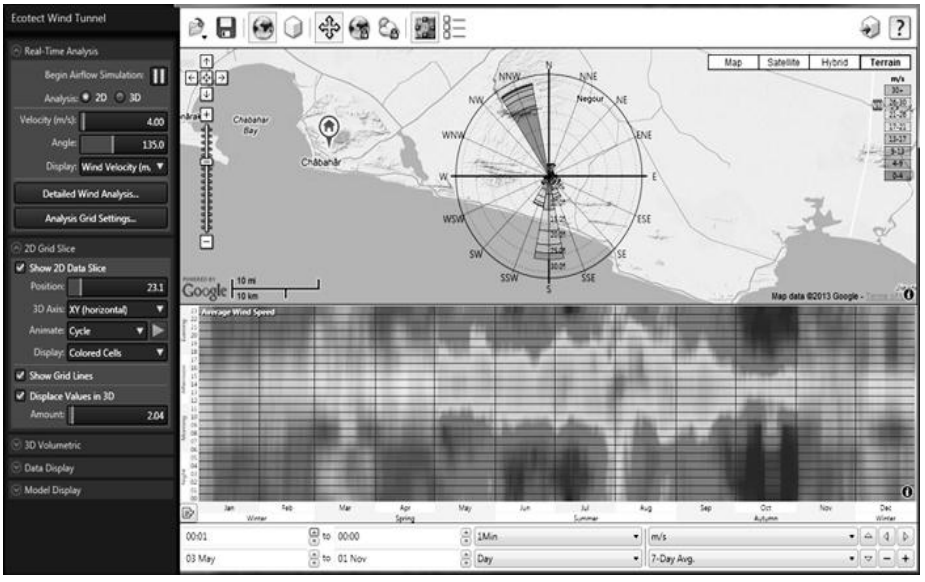
[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

مدل‌سازی و محاسبات نرم‌افزار Vasari autodesk

به منظور سنجش فرم‌های پیشنهادی در مقاله به لحاظ سرعت و حجم تهویه طبیعی، ابتدا مدل سه بعدی هر فرم با مقیاس واقعی و بر حسب متر آماده شده است، سپس مدل ساخته شده در شرایط وزش باد شهر چابهار (که مربوط به شرایط باد در ماه‌های گرم و مرطوب و نیازمند تهویه در چابهار می‌باشد) مورد سنجش قرار گرفته است.



ت ۱۲. سنجش مدل‌های سه بعدی در شرایط وزش باد با سرعت ٤ متر بر ثانیه و ۱۳۵ تا ۲۳۰ درجه (مشخصات باد غالب شهر چابهار در ماه‌های گرم و مرطوب سال که ساختمان در آن نیاز مند تهویه طبیعی می‌باشد).



ت ۱۳. گلباد شهر چابهار و محدوده ماه‌هایی که محاسبات نرم‌افزار براساس آن انجام شده است.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

نتیجه

با در نظر گرفتن شـرایط آسـایش حرارتـی و داده‌هـای هواشناسی شهر چابهار که در بخش ۳ به آن اشـاره شـد، در شش ماه گرم سال (اوایل فروردین تا اوایل مهـر مـاه) خانه‌های شهر چابهار نیاز به تهویـه طبیعـی دارد. در ایـن مدت، براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی سازمان بنـادر و دریانوردی ایران در چابهار متوسط سرعت بادهای شهر ٤ متر بر ثانیه (حداقل سرعت باد جهت تهویه طبیعی ۲.۵ متر بر ثانیه می‌باشد) و جهـت بـادهـای مطلـوب در ایـن مدت بین ۱۳۵ درجه تـا ۲۳۰ درجـه (جنـوب شـرق تـا جنوب غـرب) متغیـر اسـت، بـه همـین دلیـل کشـیدگی ساختمان‌ها و جهت دریچه‌های تهویه هـوا بایـد در ایـن محدوده قرار گیرد. از طرفی با توجه به ویژگـی‌هـای بـاد مطلوب و نیز ارتفاع و محصوریت بناهـای شـهر چابهـار نوع تهویه مناسب برای این شهر تهویـه از طریـق سـقف می‌باشد. در این مقاله سه نوع سـقف تخـت، شـیب‌دار و منحنی به‌همراه بادخان تهویه هوا در آن مـورد بررسـی و مدل‌سازی در نرم‌افزار Vasari Autodesk و Ansys cfx قرار گرفت. با توجه به نتایج، سقف شیب‌دار (بـا در نظرگرفتن جهت شیب مخالف جهـت بـاد) و بعـد از آن سقف منحنی کارایی بهتری از نظر سرعت و حجم تهویه نسبت به سقف‌های مسطح دارد. همچنین اسـتفاده از بـاد خور و دریچه ورود هوا بر افزایش حجم و سرعت تهویه در هر سه نوع سقف بسیار مؤثر است. از طرفی، اسـتفاده از بـادخور و بادخـان بـه‌منظـور تهویـه طبیعـی در ساختمان‌های شهر چابهار مورد مدل‌سازی قرار گرفت که نتایج آن نشان‌دهنـده مفیـد و مـؤثر بـودن ایـن روش در برقراری تهویه طبیعی می‌باشد. لازم به‌ذکـر اسـت کـه در طرح‌های ارائه شده در این مقاله، ابعاد و اندازه بهینه مورد نظر نبوده است که نیاز به بررسی و تحقیق جداگانه‌ای در این زمینه دارد.

پی نوشت

1.Thermal buoyancy
2.Wind scop, Wind catcher
3. Wind tower
4. solar chmney
5. double-skin facades
6. Ionica headquarter building,

۷. نرم‌افـزار Vasari Autodesk محصـول سـال ۲۰۱۳ شـرکت Autodesk به‌منظور شبیه‌سازی تأثیر باد بر سـاختمان مـی‌باشـد، به‌علت اینکه این نرم‌افزار به تازگی ارائه شده اسـت، تعـدادی از نتایج آن در نرم‌افزار Ansys cfx که مورد استفاده در بسـیاری از کارهـای تحقیقـاتی بـوده‌اسـت، مـورد ارزیـابی مجـدد قـرار خواهد گرفت.

۸. Ansys cfx نرم‌افزاری مطـرح در زمینـه محاسـبات دینامیـک سیالات می‌باشد که در پروژه‌های اجرایـی و کارهـای تحقیقـاتی بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است.

فهرست منابع

-Allard, F. (2002), Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook. London: james & james.
-Allard, f., ghiaus, c. (2005), Natural Ventilation in the Urban Environment: Assessment and Design. Uk; earthscan.
-Andersen, K. T. (2002), Naturlig ventilation i erhvervsbygninger, By og Byg, Statens Byggeforskningsinstitutt, Horsholm. Denmark: Alborg University.
-ASHRAE Handbook. (1985), American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Alanta
-Baird, G. (2004), The Architectural Expression of Environmental Control Systems. Taylor & Francis press.
-Christopher; Battle McCarthy Consulting Engineers. (1999), Wind Towers, Jon Wiley & Sons Ltd. London.
-CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers). (2005), Natural ventilation in non-domestic buildings. London: CIBSE.
-Ettouney, M. (2008), Building Integration Solutions. US: AEI (Architectural Enginering Institute).

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]

-Fanger, P. O. (1970), Thermal comfort, analysis and application in environment engineering. Copenhagen, Denmark: Danish Technical Press.
-Givoni, B. (1976), Man, Climate and Architecture. New York: Elsevier press.
-Mathur, J. Bansal N.K. Mathur S. Meenakshi J. & Anupma. (2006), Experimental investigations on solar chimney for room ventilation. Solar Energy. 80, 927–935
-Olgyay, V. (1973), Design with Climate. USA: princton university press.
- توسلی، محمود، بنیادی، ناصر. (۱۳۷۱)، طراحی فضاهای شهری ۱. تهران: انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
- جانب الهی، محمد سعید. (۱۳۷۵)، مساکن سنتی بلوچ. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ٤٣.
- دانلد، واتسون. (۱۳۸۷)، طراحی اقلیمی. ترجمه وحید قبادیان. تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- رازجویان، محمود. (۱۳٦۷)، آسایش به‌وسیله معماری همساز با اقلیم. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- سایت اینترنتی سازمان بنادر و دریانوردی ایران ، پایگاه هواشناسی ایستگاه چابهار. http://marinedata.pmo.ir. (دسترسی در ۱۳۹۱/۱۰/۱۵).
- کسمایی، مرتضی. (۱۳۸۱)، اقلیم و معماری. اصفهان: نشر خاک.
- کنسبرگر، ا. اچ. و همکاران. (۱۳۸۸)، راهنمای طراحی اقلیمی، ترجمه مرتضی کسمایی، تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- مهندسین مشاور بتل مک کارتی. (۱۳۸۱)، بادخان. ترجمه محمد احمدی نژاد. اصفهان: نشر خاک.

[Downloaded from jhre.ir on 2026-11-07]