



مدلسازی عددی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی با هدف کاهش مصرف انرژی و تعدیل تغییرات آب و هوایی (مطالعه موردی: استان گیلان)

معصومه مقبل^{*۱}

استادیار آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۲۹

چکیده

امروزه، با توجه به تغییرات آب و هوایی، استفاده از روش‌های کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش‌های مختلف از جمله ساختمان می‌تواند در مقابله با اثرات سوء ناشی از این پدیده موثر واقع گردد. شناسایی پتانسیل تهویه طبیعی و ایجاد شرایط آسایش در محیط داخلی مورد توجه بسیاری از محققان و طراحان ساختمان به ویژه در اقلیم‌های مرطوب است. از اینرو، در مطالعه حاضر تلاش گردیده تا پتانسیل تهویه طبیعی در استان گیلان مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. بدین‌منظور، از داده‌های ساعتی شش ایستگاه هواشناسی شامل منجیل، آستارا، انزلی، لاهیجان، تالش، رشت استفاده شده است. این داده‌ها شامل جهت و سرعت باد، دما، نقطه شبنم، فشار سطح دریا، فشار سطح ایستگاه، رطوبت نسبی، حداقل دما، حداکثر دما، دمای تر، فشار بخار، فشار بخار اشباع می‌باشند. سپس پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی برای بازه زمانی ۱۷ ساله (۲۰۰۴-۲۰۲۱) با استفاده از مدل عددی CPNV محاسبه شد. نتایج نشان داد که ایستگاه منجیل و انزلی به‌ترتیب بیشترین و کمترین پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی را در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه داشته‌اند. با بررسی موقعیت و عوامل جغرافیایی مشخص شد که دو عامل فاصله از دریا و ارتفاع ایستگاه می‌توانند عوامل موثری در این پتانسیل باشند. با این حال، عامل ارتفاع ایستگاه با میزان ضریب همبستگی ۰/۹۷ بیشترین تاثیر را در پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد. همچنین، با طراحی نقشه‌های حرارتی مشخص شد که ایستگاه منجیل بالاترین تعداد ساعات آسایش را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داراست به طوریکه به دلیل دورتر بودن از دریا، ارتفاع بیشتر نسبت به ایستگاه‌های مورد مطالعه، بادخیز بودن منطقه و شرایط متعادل تر آب و هوایی، از بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی در طول سال در بین ایستگاه‌های استان گیلان برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل تهویه طبیعی، روش CPNV، تغییر اقلیم، استان گیلان.

مقدمه

یکی از جدی‌ترین مسائل عصر حاضر تغییر اقلیم و تاثیر آن بر مصرف انرژی است (عسگری و جهانگیری، ۱۴۰۰). با توجه به چالش تغییرات آب و هوایی انتظار می‌رود که مصرف انرژی در دهه‌های آتی نیز همچنان رو به افزایش باشد. از آنجاییکه بخش ساختمان بیش از ۳۰٪ مصرف انرژی نهایی جهانی را به خود اختصاص داده است، سهم این بخش در تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نهایت تغییرات آب و

هوایی غیر قابل انکار است. از اینرو، در سال‌های اخیر، کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در این بخش، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (عباسی زاده و همکاران، ۱۴۰۰). در دهه‌های گذشته استفاده از سیستم‌های سرمایش و گرمایش در آب و هواهای مختلف برای تامین آسایش حرارتی در مسکن و ساختمان‌ها باعث ایجاد بحران‌های زیست محیطی و نیز تغییرات آب و هوایی شد که ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی بوده است. این امر به این دلیل که جوامع شهری و همچنین شهرهای مدرن از سیستم‌های مصنوعی گرمایش و سرمایش استفاده

*نویسنده مسئول: moghbel@ut.ac.ir

می‌کنند، تمایلی مجدد برای کاربرد تهویه طبیعی را ایجاد کرده است (وکیلی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). تهویه طبیعی به این معنی است که هوای تازه تامین و خنک سازی از طریق جابجایی هوای آزاد و محیط بیرونی باشد. همچنین تهویه طبیعی بر جنبه‌های بهداشت و سلامت جامعه تاثیر می‌گذارد مانند کنترل ویروس‌های هوابرد و همچنین کنترل عفونت‌هایی که در بخش‌های مختلف زندگی و به خصوص در بیمارستان‌ها وجود دارند و یکی از مقرون به صرفه‌ترین راهکارهای موجود در این زمینه است (سرمدی و همکاران، ۱۳۹۵). با توسعه زندگی شهری و بالا رفتن ارتفاع ساختمان‌ها، توجه به رویکرد معماری پایدار نه تنها کم نشده است بلکه مشخص شده است که تهویه طبیعی در ساختمان‌های بلند از اهمیتی بیشتر برخوردار است (طاهری و همکاران، ۱۳۹۵). اما علاوه بر راهبردهای معمارانه، آب‌وهوای نواحی مختلف به تنهایی از خصوصیات و پتانسیل‌های بارزی در جهت افزایش عملکرد ساختمان‌ها در ایجاد تهویه طبیعی برخوردارند. به عبارت دیگر، با بهره‌گیری از پتانسیل‌های اقلیمی نواحی مختلف در کنار طرح‌های خلاق معمارانه می‌توان پتانسیل تهویه طبیعی در مسکن را افزایش داد و بدین ترتیب نیاز به استفاده از سوخت‌های فسیلی را به حداقل رساند. با توجه به این مطالب، تهویه‌ی هوا، علاوه بر اینکه باعث ایجاد شرایط آسایش می‌شود، همچنین بر روی بهداشت کلی ساختمان و صرفه جویی بیشتر مصرف انرژی نیز می‌شود. تاثیرات تهویه طبیعی به دو صورت کلی مستقیم و غیر مستقیم، تقسیم می‌شود که در واقع تأثیر مستقیم مشمول تأثیری است که بر رطوبت موجود در ساختمان و دمای آن می‌گذارد. همچنین تأثیر غیر مستقیم شامل تأمین بالا بردن بهداشت و سلامت افرادی است که در ساختمان سکونت دارند که این تأثیر از طریق تعویض و مکش هوای آلوده و گرم درون ساختمان اتفاق می‌افتد (شایسته‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸). در این راستا و با توجه به اهمیت تهویه طبیعی هم از نقطه نظر تامین شرایط بهینه و مطلوب در فضای داخلی ساختمان‌ها و هم از نظر

صرفه جویی اقتصادی از طریق تاثیر بر میزان انرژی در بخش سرمایش و گرمایش ساختمانها، مطالعات متعددی در جهان و ایران به منظور ارزیابی تهویه طبیعی صورت پذیرفته است. به عنوان مثال، لیپین^۱ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان "استفاده از تهویه طبیعی برای آسایش گرمایی در ساختمان‌های مسکونی در سنگاپور" نشان دادند که با استفاده از تهویه طبیعی، به‌طور بالقوه می‌توان یک محیط داخلی مطلوب را برای ساعات زیادی در سال در ساختمان ایجاد کرد. تئودوسیو^۲ و همکاران (۲۰۱۴) با روش تجربی و شبیه سازی عددی، معماری مطلوب جهت طراحی اتاق به منظور فرآیند تهویه طبیعی پیشنهاد کردند. اوراسا و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان تاثیر تغییرات آب و هوایی روی آسایش حرارتی در اقلیم مرطوب پیشنهاد کرده‌اند که مناطقی که در معرض خطر هستند برای جلوگیری از قرارگیری در اینگونه موقعیت‌ها و کاهش مصرف انرژی، باید نوع طراحی و مصالح ساختمانی خود را تغییر دهند. کاردینال^۳ و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ی خود به میزان آسایش حرارتی در کشور سنگاپور پرداختند و در این باره از نقشه برداری اقلیمی شهری و از مدل‌های پیش بینی دمای محیط و آسایش حرارتی در فضای باز استفاده کردند تا به ارزیابی دمای محیط در کشور سنگاپور بپردازند. آنها یک برنامه مدل سازی سه بعدی برای استفاده معماران، طراحان و مهندسان برای تجزیه و تحلیل طرح‌های شهری، طراحی کردند. رینالدی^۴ و همکارانش (۲۰۱۷) با شبیه سازی مجتمع‌های مسکونی واقع در مناطق مدیترانه‌ای به این نتیجه رسیدند که استراتژی تهویه طبیعی کنترل شده، آسایش حرارتی را با کاهش قابل توجهی از ساعات آزاردهنده و همچنین تقاضای انرژی برای خنک کردن را به همراه دارد. چن^۵ و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله‌ای با عنوان بررسی

1. Liping
2. Teodosiu
3. Kardinal
4. Rinaldia
5. Chen

پتانسیل های تهویه طبیعی در سراسر جهان تغییرات منطقه‌ای و اقلیمی بیان کرده‌اند که پتانسیل استفاده از استراتژی های تهویه طبیعی بستگی زیادی به آب و هوای محلی دارد که از منطقه ای به منطقه دیگر در جهان بسیار متفاوت است.. اسپنتزو^۱ (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان مدلسازی تهویه طبیعی برای راحتی گرما در تابستان در خانه های مدیترانه ای، راهکارهای تهویه طبیعی را به عنوان راهکارهای بازسازی انرژی کارآمد برای ساختمان های خانگی شناسایی کرده است. در این راستا از مطالعات صورت گرفته در ایران نیز می توان به مطالعه گرجی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره کرد که در پژوهشی با نام ارزیابی معماری همساز با اقلیم در خانه های کاشان به دنبال بررسی چگونگی تاثیر شرایط آب و هوایی در ایجاد خانه های شهر کاشان بوده اند. حیدری (۱۳۹۱) در مقاله‌ای برهم کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری مورد ارزیابی قرار داده و با بررسی اقلیم گرم و خشک ایران، نقطه مرزی جریان هوا را بیان کرد. سرمدی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی پتانسیل بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران در سال ۱۳۹۳ پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد با استفاده از تهویه طبیعی می‌توان به میزان بسیار زیادی هزینه های مرتبط با تأمین انرژی جهت تهویه در بخشهای مختلف صرفه جویی نمود. قائدی (۱۳۹۷) در پژوهشی به ارزیابی کاربرد نیروی باد در تهویه طبیعی شهرهای استان فارس پرداخته است نتیجه نشان داده است جز در ایستگاه شیراز در سایر ایستگاه‌ها بین سمت باد غالب و موقعیت ناهمواری‌های مرتفع همخوانی وجود ندارد. شیرین سو و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی وضع جریان باد در قالب الگویی آزمایشی در جزیره هرمز پرداخته تا با بررسی جریان هوا در خارج و داخل ساختمان، راه حل‌هایی برای استفاده بهینه از جریان هوا ارائه نماید. حسین زاده و همکاران (۱۳۹۲) در پروژه‌ای در زمینه عناصر معماری مرتبط با تهویه طبیعی در اقلیم

معتدل و مرطوب توسط نرم افزار فلوئنت^۲ به این نتیجه رسیدند که برای بیشتر شدن جریان هوا و تهویه بیشتر بهتر است پنجره پشت به باد از پنجره رو به باد بزرگتر در نظر گرفته شود. در این راستا، در پهنه جغرافیایی گیلان که ویژگی اقلیمی بارز آن بارشهای طولانی، معتدل بودن دما و رطوبت بالای هوا است، ساختمان باید علاوه بر تامین نیازهای اولیه در این منطقه بتواند آسایش حرارتی را برقرار کند و تاثیر رطوبت زیاد را متعادل کند (خاکپور، ۱۳۸۶). برای مثال از آنجا که شهر رشت دارای رطوبت نسبتاً بالایی است، لذا کنترل باران برای جلوگیری از ورود به داخل و از طرفی ایجاد جریان هوا توسط انرژی باد به داخل کاری مشکل و قابل توجه است (محمودی و همکاران، ۱۳۸۹). به طوریکه شناسایی پتانسیل اقلیمی این منطقه و تعیین توانایی آن در تامین شرایط آسایش در فضاهای داخلی مسکن این اقلیم می تواند در زمینه مدیریت مصرف انرژی و تبعات ناشی از افزایش مصرف انرژی مانند آلودگی‌های زیست محیطی حائز اهمیت باشد. به عبارت دیگر، شناخت ویژگی‌های اقلیمی منطقه از منظر توانایی تهویه هوا در ماههای مختلف، فصول متفاوت و ساعات مختلف شبانه روز به منظور برنامه ریزی و طراحی مساکن مطابق با این پتانسیل تهویه طبیعی امری ضروری به نظر می‌رسد که می‌تواند در بهره وری هرچه بیشتر انرژی و کاهش آثار نامطلوب ناشی از مصرف بی رویه آن مثمر ثمر واقع شود. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش ارزیابی پتانسیل اقلیمی استان گیلان به منظور تهویه طبیعی است. در این راستا، اهداف فرعی زیر قابل طرح است:

- ۱- تعیین میزان اثر گذاری عوامل جغرافیایی بر پتانسیل تهویه طبیعی منطقه مورد مطالعه
- ۲- تعیین ماه‌های مناسب از نظر پتانسیل تهویه طبیعی در ایستگاه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه
- ۳- تعیین پتانسیل تهویه طبیعی در منطقه مورد مطالعه در ساعات مختلف شبانه روز

داده‌ها و روش شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه: استان گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور با مساحت ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد. این استان در ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرار گرفته است (سایت استانداری گیلان). استان گیلان شامل سرزمین پست و جلگه‌ای جنوب و جنوب غرب دریای خزر تا خط الرأس ارتفاعات تالش و بخشی از دامنه‌های شمالی و جنوبی البرز غربی

(حوزه انتهایی دره شاهرود) است و در واقع این استان که توسط البرز و تالش از بقیه سرزمین ایران جدا شده است و از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان، از شرق به استان مازندران و از سمت غرب به استان اردبیل و از جنوب به استان قزوین و زنجان محدود است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود در استان گیلان، پراکندگی و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی به صورت زیر است.



شکل ۱: نقشه پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی استان گیلان

داده‌های پژوهش

به‌منظور ارزیابی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی در استان گیلان از داده‌های شش ایستگاه سینوپتیک شامل منجیل، آستارا، بندرانزلی، لاهیجان، تالش و رشت استفاده شده است. این داده‌ها شامل جهت و سرعت باد، دما، نقطه شبنم، فشار سطح دریا، فشار سطح ایستگاه، رطوبت نسبی، حداقل دما، حداکثر دما، دمای تر، فشار بخار، فشار بخار اشباع می‌باشند که در دوره زمانی ۱۷ ساله (۲۰۰۴-۲۰۲۰) از سازمان هواشناسی کشور استخراج شدند. جدول ۱ ویژگی‌های ایستگاه‌های مطالعاتی را نمایش می‌دهد. با توجه به جدول ۱ بالاترین دما رطوبت در بین ایستگاه‌ها مربوط

به ایستگاه انزلی به میزان ۱۷/۱ درجه سلسیوس و ۸۲/۸۳ درصد است که این بالا بودن دما و زیاد بودن رطوبت نسبی را در این منطقه توجیه می‌کند که البته نزدیکی به دریا مهم‌ترین عامل تاثیر گذار در بالا بودن رطوبت این منطقه است به‌طوری‌که منجیل در بین ایستگاه‌ها دارای پایین‌ترین رطوبت نسبی با ۶۲/۴۳ درصد است. همچنین ایستگاه آستارا با ۱۵/۷۵ درجه سلسیوس پایین‌ترین دما را در بین ایستگاه‌ها دارد. به‌منظور تعیین دقیق نوع اقلیم ایستگاه‌های مورد مطالعه، از روش طبقه‌بندی دومارتن استفاده شد که در جدول ۲ نمایش داده شده است. همانطور که در این جدول مشخص شده است اکثر ایستگاه‌های مورد

برخودار است که دلیل آن موقعیت جغرافیایی این ایستگاه از جمله دوری از دریا که بر میزان رطوبت و بارش آن موثر است می باشد.

مطالعه بر اساس روش طبقه بندی اقلیمی دومارتن دارای آب و هوای بسیار مرطوب هستند. در بین ایستگاهها تنها ایستگاه منجیل اقلیم معتدلتری

جدول ۱: ایستگاههای مورد استفاده در پژوهش

نام ایستگاه	طول (°E)	عرض (°N)	ارتفاع (m)	میانگین دما (°C)	میانگین رطوبت (%)
بندرانزلی	۳۷/۴	۴۹/۴	-۲۳/۶	۱۷/۱۰	۸۲/۸۳
رشت	۳۷/۳	۴۹/۶	-۸/۹	۱۶/۵۲	۸۲/۵۱
لاهیجان	۳۷/۱	۵۰	۳۴/۲	۱۶/۹۶	۸۴/۷۹
منجیل	۳۶/۷	۴۹/۴	۳۳۸/۳	۱۷/۴۰	۶۲/۴۳
تالش	۳۷/۸	۴۸/۸	۷	۱۶/۷۱	۷۷/۹۲
آستارا	۳۸/۳	۴۸/۸	-۲۱/۱	۱۵/۷۵	۸۰/۱۷

جدول ۲: تعیین نوع اقلیم ایستگاههای مورد مطالعه با روش طبقه بندی اقلیمی دومارتن

نام ایستگاه	ضریب دومارتن	نوع اقلیم
بندرانزلی	۶۷/۵	بسیار مرطوب
رشت	۵۰/۳۷	بسیار مرطوب
لاهیجان	۵۱/۰۱	بسیار مرطوب
منجیل	۲۴/۸	نیمه مرطوب
تالش	۳۹/۶	بسیار مرطوب
آستارا	۵۲/۲	بسیار مرطوب

روش شناسی پژوهش

مدل عددی CPNV^۱: با توجه به هدف پژوهش که تعیین پتانسیل تهویه طبیعی در اقلیم معتدل و مرطوب استان گیلان است در فاز اول پژوهش از مدل عددی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی (CPNV) استفاده شده است. این مدل روشی را ارائه می دهد تا براساس آن قابلیت و توانایی آب و هوا در ایجاد تهویه طبیعی تعیین شود. به عبارت دیگر، این مدل تحلیلی بر اساس آب و هواست نه براساس ساختمان و معماری آن. بنابراین برآورد این شاخص می تواند مقدمه ای بر هر تصمیم تکنولوژیکی و معمارانه باشد. پتانسیل تهویه طبیعی عبارت است از تعداد ساعت هایی که در یک سال امکان تهویه طبیعی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه وجود دارد تقسیم بر کل ساعات در سال. رابطه (۱) نحوه محاسبه این مدل عددی را نمایش می دهد:

$$\text{CPNV} = \frac{\sum_{i=1}^{hNV} NV \cdot i}{h_{tot}} \quad \text{رابطه (۱):}$$

در واقع $hNV \cdot i$ ساعاتی است که تهویه طبیعی امکان پذیر باشد و h_{tot} تعداد کل ساعات یک سال است. این تحلیل براساس پایگاه داده آب و هوایی و دما و رطوبت داخلی انجام می پذیرد. CPNV یک مقدار ایده آل است که می تواند به عنوان یک معیار تعیین پتانسیل اقلیمی منطقه در نظر گرفته شود. این روش می تواند تعداد ساعاتی که تهویه طبیعی در یک ساختمان به طور موثر اتفاق می افتد را اندازه گیری کند، هرچند با توجه به تغییر شرایط جوی در هر سال مقدار CPNV در هر سال می تواند تغییر کند، اما از دیدگاه اقلیمی و با توجه به تیپ اقلیمی غالب منطقه می توان پتانسیل آب و هوایی منطقه را به طور میانگین در ایجاد شرایط تهویه طبیعی با استفاده از این شاخص برآورد کرد (فابریزو و سایرین ۲۰۱۲). در واقع از CPNV می توان برای مقایسه میزان تهویه طبیعی در اقلیم های مختلف استفاده کرد یا از آن

$$t_{comf} = 17.8 + 0.31 \times t_{db} \quad \text{رابطه (۳):}$$

که در آن tdb متوسط ماهانه دمای بیرونی است. همچنین حد پایین شرایط دمای داخلی ($t_{in,l}$) براساس این استاندارد از رابطه (۴) قابل دستیابی است:

$$\text{رابطه (۴):}$$

$$\begin{aligned} t_{in,l} &= t_{comf} - 2.5 & (90\% \text{ satisfied}) \\ t_{in,l} &= t_{comf} - 3.5 & (80\% \text{ satisfied}) \end{aligned}$$

لازم به توضیح است اگر هدف از ایجاد تهویه طبیعی، خنک سازی محیط است می توان برای حد پایین دمایی از مقادیر پایین تری از دما استفاده کرد. به عنوان مثال، پاتوین و حقیقت (۲۰۰۰) حد پایین دمایی را معادل 12°C و کازون (۲۰۱۵) دمای 10°C را در نظر گرفته اند. به طور کلی این مقدار می تواند با توجه به تجربه و نوع آب و هوای منطقه تعیین شود. جدول (۲) حد دمایی پایین ($t_{in,l}$) استفاده شده در پژوهش‌های مختلف را نمایش می دهد.

می توان به عنوان معیاری برای طراحان استفاده کرد تا چگونگی استفاده از پتانسیل تهویه طبیعی در یک آب و هوای و از اهداف غیر واقعی اجتناب شود.

تعیین شرایط مرزی برای مدل CPNV: به منظور برآورد این مدل، در ابتدا باید برای هر ماه یک شرایط اولیه یا مرزی از نظر دما و رطوبت داخلی که امکان تهویه طبیعی را میسر می سازد تعیین شود. بدین منظور، ابتدا محدوده آسایش در هر ماه از نظر دمایی و رطوبتی براساس مدل استاندارد ۵۵ (ASHRAE Standard 55) تعیین می شود. این استاندارد، دمای آسایش را تابعی از میانگین ماهانه دمای بیرونی می داند. بنابراین شرایط مرزی برای محاسبه مدل CPNV و تعیین حد بالا دمای مطلوب داخلی ($t_{in,u}$) جهت ایجاد تهویه طبیعی و براساس دمای آسایش (t_{comf}) استاندارد اشرایی از طریق روابط (۲ و ۳) قابل حصول است (برای ایجاد شرایط آسایش برای ۸۰ تا ۹۰٪ از افراد):

$$\begin{aligned} t_{in,u} &= t_{comf} + 2.5 & (90\% \text{ satisfied}) \\ t_{in,u} &= t_{comf} + 3.5 & (80\% \text{ satisfied}) \end{aligned}$$

جدول ۳: حد دمایی پایین محیط داخل برای ایجاد تهویه طبیعی براساس مطالعات مختلف

$t_{in,l}$	Reference
$t_{in,l} = t_{comf} - 2.5$ $t_{in,l} = t_{comf} - 3.5$	Ashare 55, En15251
18 to 20°C	Givoni 1969;1998
12°C	Bourgeois, Potvin and Haghghat 2000
$t_{in,l} = t_{dew}$ (night-time ventilation)	Emmerich, Polidoro, and Axley 2011

$$W_{in,u} = 0.621945 \frac{p_{ws} \cdot 0.7}{p - (p_{ws} \cdot 0.7)}$$

$$p_{ws} = f(t_{in,u})$$

$$W_{in,l} = 0.621945 \frac{p_{ws} \cdot 0.3}{p - (p_{ws} \cdot 0.3)} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$p_{ws} = f(t_{in,l})$$

$$t_{in,l} \leq t_{out} \leq t_{in,u} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$W_{in,l} \leq W_{out} \leq W_{in,u} \quad \text{رابطه (۸):}$$

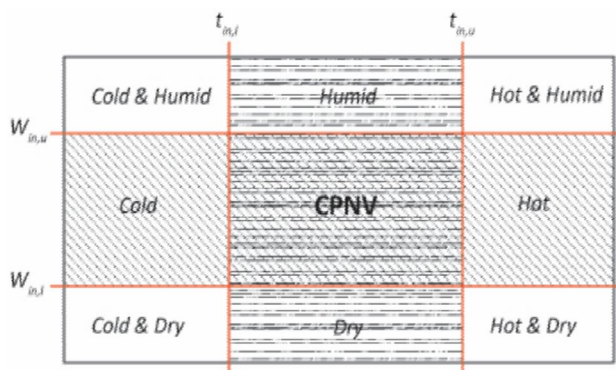
که در آنها $W_{in,u}$ حد بالای رطوبت داخلی، $W_{in,l}$ حد پایین رطوبت داخلی و P_{ws} فشار بخار اشباع

در ادامه، همانند پارامتر دما برای رطوبت نیز باید حد بالا و پایین رطوبتی تعیین شود. براساس مطالعات گیونی (۱۹۶۹) حد مطلوب بالا و پایین رطوبت برای ایجاد شرایط آسایش و امکان تهویه طبیعی را می توان به ترتیب معادل ۷۰ و ۳۰ درصد در نظر گرفت. با این وجود می توان این دو محدوده رطوبتی را نیز همچون دما از روابط (۵ و ۶) بدست آورد:

رابطه (۵):

است. با تعیین محدوده‌های فوق براساس شرایط بیرونی و با استفاده از داده‌های ایستگاهی می‌توان پتانسیل تهویه طبیعی را در مناطق مختلف آب و

هوایی و براساس اقلیم منطقه تعیین کرد. شکل (۲) به صورت شماتیک نمایانگر این موضوع است.

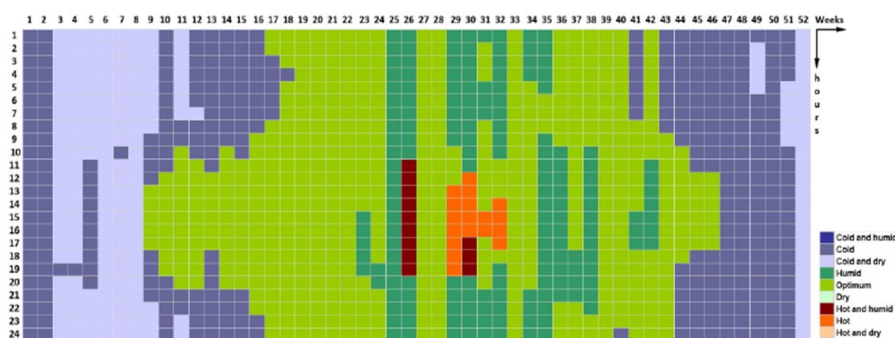


شکل ۲: محدوده پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی براساس حدود شرایط مرزی دمایی و رطوبتی منطقه (کاسون، ۲۰۱۵)

محاسبه CPNV: هنگامی که شرایط مرزی ثابت شد، ممکن است دو مجموعه محاسبه شود. مجموعه A با ساعاتی که دمای محیط (tout) در محدوده تعیین شده باشد (رابطه ۷) جمع می‌شود. مجموعه B با ساعاتی طی می‌شود که نسبت رطوبت محیط (Wout) در محدوده تعیین شده باشد (معادله ۸). CPNV ممکن است به عنوان تقاطع مجموعه A و B محاسبه شود:

هشت مجموعه دیگر ممکن است محاسبه شود تا نشان دهنده تعداد ساعاتی باشد که نمی‌توان از تهویه طبیعی استفاده کرد، زیرا این حالت: خیلی گرم، خیلی

سرد، خیلی خشک، خیلی مرطوب یا هر ترکیبی از این شرایط است (شکل ۲). اینها معیارهای بیش از حدی (تجاوز) هستند (بورگسن و برگر، ۲۰۱۱)، که می‌توانند به صورت گرافیکی با استفاده از نقشه‌های حرارتی نشان داده شوند یا در جداول جمع شوند. در نهایت با محاسبه مدل CPNV نقشه پتانسیل تهویه طبیعی در طول سال برای هر یک از ایستگاه‌های مطالعاتی تهیه و ترسیم خواهد شد. شکل ۳ نمونه‌ای از این نقشه‌ها را که برای شهر میلان ایتالیا ترسیم شده است نمایش می‌دهد.



شکل ۳: نقشه پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی در شهر میلان ایتالیا در هفته‌های مختلف و در ساعات شبانه روز (مناطق سبز رنگ) (کاسون، ۲۰۱۵)

یافته‌های پژوهش

فراوانی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی در

ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه آستارا: همانطور که در جداول ۴ و ۵ دیده می‌شود، از میان کل دوره آماری ۳۷۱۴ مورد امکان تهویه طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه طبیعی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که ۲۲٫۷ درصد از پتانسیل تهویه طبیعی در ساعت ۹ صبح رخ داده است بعد از آن بیشترین پتانسیل در ساعات ۱۲ و ۶ و ۱۵

به‌ترتیب با درصد ۱۹/۴، ۱۹/۳ و ۱۲/۳ می‌باشد و کمترین پتانسیل تهویه طبیعی به‌ترتیب مربوط به ساعات ۳ و ۰:۰ و ۱۸ و ۲۱ به‌ترتیب با درصدهای ۸/۸، ۶/۱، ۵/۷ و ۵/۴ است. همچنین همانطور که مشاهده می‌شود ماه می با مقدار ۱۹/۷ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه ژوئن با ۱۹/۵ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه با مقادیر ۰/۸، ۰/۵ و ۰/۴ کمترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را نمایش می‌دهند.

جدول ۴: درصد فراوانی پتانسیل تهویه طبیعی در ایستگاه‌های استان گیلان (شبهانه روزی)

ساعت ایستگاه	۰۰:۰۰	۰۳:۰۰	۰۶:۰۰	۰۹:۰۰	۱۲:۰۰	۱۵:۰۰	۱۸:۰۰	۲۱:۰۰
آستارا	۶/۱	۸/۸	۱۹/۳	۲۲/۷	۱۹/۴	۱۲/۳	۵/۷	۵/۴
انزلی	۵/۶	۷/۱	۱۴/۳	۱۶/۳	۱۵/۷	۱۳/۸	۹/۵	۱۷/۷
رشت	۳/۱	۰/۷۲	۴/۱	۶/۸	۱۸/۶	۲۷/۸	۲۳/۳	۱۵/۲
لاهیجان	۱/۱	۳/۶	۱۸/۶	۳۱/۳	۲۹	۱۳/۹	۰/۹۷	۱/۲
منجیل	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۳/۱	۱۱/۵	۱۴	۱۴/۷	۱۳/۳	۱۰/۶
تالش	۳/۸	۱۱/۶	۲۰/۹	۲۴/۴	۲۰/۳	۱۱/۷	۳/۲	۳/۶

جدول ۵: درصد فراوانی پتانسیل تهویه طبیعی در ایستگاه‌های استان گیلان (ماهانه)

ماه ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
آستارا	۰/۵۷	۰/۴۸	۱/۶	۶	۱۹/۷	۱۹/۵	۱۲/۸	۱۱/۵	۱۴/۶	۹/۸	۲/۰۷	۰/۸۹
انزلی	۱/۴	۰/۹۶	۱/۵	۳/۷	۱۵/۵	۲۲/۳	۱۴/۴	۹/۴	۱۴/۷	۱۱/۰۴	۲/۸	۱/۹
رشت	۱/۳	۰/۹۱	۴/۳	۱۰/۸	۲۳/۹	۱۶/۱	۷/۰۹	۵/۵	۱۱/۲	۱۱/۵	۴/۹	۲/۱
لاهیجان	۳/۲	۱/۷	۵/۶	۱۲/۰۴	۲۱/۹	۱۳/۰۵	۵/۱	۴/۳	۹/۶	۱۲/۷	۷/۰۱	۳/۲
منجیل	۱/۶	۱/۲	۴/۲	۷/۸	۱۴/۹	۱۲/۶	۱۰	۱۰/۵	۱۵/۹	۱۳	۴/۱	۲
تالش	۱/۲	۱/۱	۳	۸/۵	۱۸/۳	۱۵/۷	۱۱/۱	۱۰/۵	۱۳/۶	۱۱/۸	۳/۸	۱/۳

ایستگاه انزلی: از میان کل دوره ی آماری ۲۵۰۸

مورد امکان تهویه طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه طبیعی ایستگاه انزلی نشان می‌دهد که ساعت ۲۱ با ۱۷/۷ درصد از پتانسیل تهویه طبیعی دارای بیشترین پتانسیل و پس از آن ساعات ۹ و ۱۲ با ۱۶/۳ و ۱۵/۶ قرار می‌گیرند و همچنین کمترین پتانسیل تهویه طبیعی به ترتیب مربوط به ساعات ۳ و ۰:۰ با

درصدهای ۵/۵ و ۷ است. همچنین، همانطور که مشاهده می‌شود ماه ژوئن با مقدار ۲۲/۳ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه می و سپتامبر و جولای با مقادیر ۱۵/۵، ۱۵/۵ و ۱۴/۴ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های مارس، ژانویه و فوریه با مقادیر ۱/۵، ۱/۳، ۰/۹ کمترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را نمایش می‌دهند (جداول ۴ و ۵).

طبیعی ایستگاه رشت نشان می‌دهد که به‌ترتیب ساعات ۱۵، ۱۸ و ۱۲ با درصدهای ۲۷/۸، ۲۳/۳ و ۱۸/۶ دارای بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی هستند. همچنین کمترین پتانسیل تهویه ی طبیعی مربوط به ساعات ۰ و ۳ با درصدهای ۳/۱ و ۰/۷ است. همچنین، همانطور که مشاهده میشود ماه می با مقدار ۲۳/۸ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه ژوئن و اکتبر با مقادیر ۱۶/۱ و ۱۱/۵ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های دسامبر و ژانویه و فوریه با مقادیر ۲/۱، ۱/۳ و ۰/۹ کمترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را نمایش می‌دهند (جدول ۴ و ۵).

ایستگاه تالش: از میان کل دوره آماری ۳۱۵۴ مورد امکان تهویه ی طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه طبیعی ایستگاه تالش نشان می‌دهد که به‌ترتیب ساعات ۹ و ۶ و ۱۲ با درصدهای ۲۴/۴، ۲۰/۹ و ۲۰/۳ دارای بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی هستند. همچنین کمترین پتانسیل تهویه طبیعی مربوط به ساعات ۱۸ و ۲۱ با درصدهای ۳/۲ و ۳/۶ است. در این ایستگاه، مشاهده می‌شود ماه می با مقدار ۱۸/۲ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه ژوئن و سپتامبر با مقادیر ۱۵/۷ و ۱۳/۶ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های فوریه و ژانویه با مقادیر ۱/۲ و ۱/۱ کمترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را نمایش می‌دهند (جدول ۴ و ۵).

در مجموع، با توجه به نتایج به‌دست آمده از محاسبات، همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، ایستگاه منجیل با ۱۰۴۰۷ مورد بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی را داشته است. پس از منجیل، ایستگاه آستارا با ۳۷۱۴ و رشت با ۳۲۰۱ و لاهیجان با ۳۱۶۵ و تالش با ۳۱۵۴ مورد قرار می‌گیرند. در مقابل ایستگاه انزلی با ۲۵۰۸ مورد کمترین پتانسیل را برای تهویه طبیعی داشته است.

ایستگاه لاهیجان: از میان کل دوره آماری ۳۱۶۵ مورد امکان تهویه ی طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه ی طبیعی ایستگاه لاهیجان نشان می‌دهد که ساعت ۹ با ۳۱/۳ درصد دارای بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی و پس از آن ساعات ۱۲ و ۶ و ۱۵ با درصد ۲۹ و ۱۸/۶ و ۱۳/۹ قرار می‌گیرند و همچنین کمترین پتانسیل تهویه ی طبیعی مربوط به ساعات ۰ و ۱۸ با درصدهای ۱/۱ و ۰/۹ است. علاوه بر این، پتانسیل تهویه طبیعی در ایستگاه لاهیجان در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد که ماه می با مقدار ۲۱/۹ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه ژوئن و آوریل با مقادیر ۱۳ و ۱۲ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های دسامبر و ژانویه و فوریه با مقادیر ۳/۲، ۱/۷ و ۰/۹ کمترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را نمایش می‌دهند (جدول ۴ و ۵).

ایستگاه منجیل: از میان کل دوره آماری ۱۰۴۰۷ مورد امکان تهویه ی طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه ی طبیعی ایستگاه منجیل نشان می‌دهد که به ترتیب ساعات ۱۵ و ۱۲ و ۱۸ و ۶ با درصدهای ۱۴/۷، ۱۴، ۱۳/۳ و ۱۳/۱ دارای بیشترین پتانسیل تهویه طبیعی هستند. همچنین کمترین پتانسیل تهویه ی طبیعی مربوط به ساعات ۹ و ۲۱ و ۳ و ۰ با درصدهای ۱۱/۵، ۱۰/۶ و ۱۰/۵ است. علاوه بر این، ماه سپتامبر با مقدار ۱۵/۹ درصد بیشترین میزان پتانسیل تهویه طبیعی را در بین سایر ماه‌های سال نشان می‌دهد. بعد از آن ماه می و اکتبر و ژوئن با مقادیر ۱۴/۹، ۱۳ و ۱۲/۶ درصد قرار دارد. در مقابل ماه‌های فوریه و دسامبر و ژانویه با مقادیر ۲/۱، ۲ و ۱/۶ کمترین میزان پتانسیل تهویه ی طبیعی را نمایش می‌دهند (جدول ۴ و ۵).

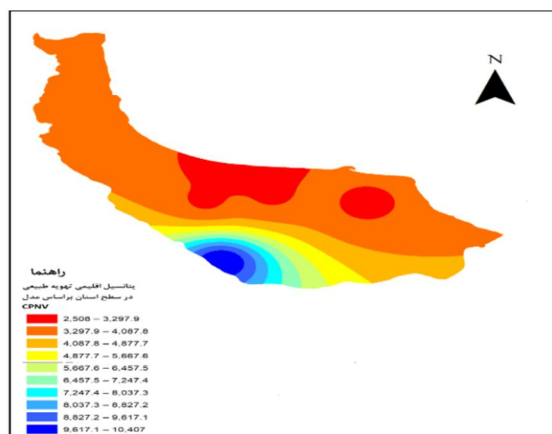
ایستگاه رشت: از میان کل دوره ی آماری ۳۲۰۱ مورد امکان تهویه ی طبیعی در این ایستگاه مشاهده شده است. بررسی توزیع ساعتی پتانسیل تهویه ی



شکل ۴: مقایسه پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی در ایستگاه‌های مطالعاتی

باد نیز عنصر مهمی است اما با توجه به اینکه وزش باد در تمامی ساعات شبانه روز وجود ندارد و در خیلی از مناطق ممکن است نسبت ساعات آرام بسیار بالا باشد، با استفاده از دو عنصر دما و رطوبت می‌توان پتانسیل تهویه طبیعی اقلیم مختلف را براساس روش CPNV برآورد کرد. همچنان که در استان گیلان مطالعه حاضر نشان داد که نزدیک شدن به ارتفاعات به دلیل تاثیر بر دمای هوا و دور شدن از دریا به عنوان عامل موثر بر میزان رطوبت نسبی دو عامل موثر در افزایش میزان پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی از شمال به جنوب استان است.

توزیع فضایی پتانسیل تهویه طبیعی در سطح استان براساس مدل CPNV: با توجه به نتیجه توزیع پتانسیل تهویه طبیعی که در شکل ۵ نمایش داده شده است، مشخص است که هرچه به سمت جنوب استان یعنی ایستگاه منجیل حرکت می‌کنیم که با رنگ آبی مشخص شده است، هم به دلیل فاصله از دریا هم به دلیل نزدیک شدن به کوه‌های البرز که باعث افزایش ارتفاع منطقه می‌شوند، از سمت شمال به سمت جنوب پتانسیل تهویه طبیعی در سطح استان افزایش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، دو عامل دما و رطوبت از جمله مهمترین عناصر آب و هوایی در ایجاد تهویه طبیعی محسوب می‌شوند. هرچند عنصر



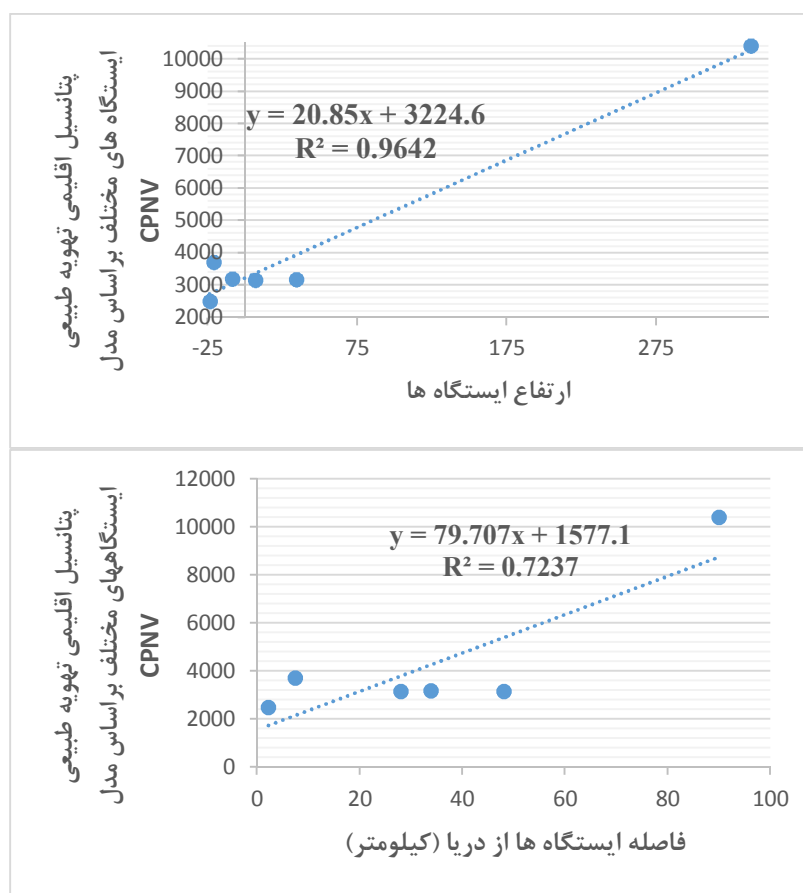
شکل ۵: توزیع فضایی پتانسیل تهویه طبیعی در سطح استان بر اساس مدل CPNV

ارتفاع با همبستگی ۰/۹۷، ارتباط بیشتری را نسبت به عامل فاصله از دریا، نشان داده است که نتیجه این همبستگی بین ارتفاع و پتانسیل تهویه طبیعی نشان

همبستگی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی ایستگاه‌های مختلف با عامل ارتفاع و فاصله از دریا: با توجه به نتایج بدست آمده در شکل ۶ عامل

مطالعاتی بیشتر بوده است پتانسیل تهویه طبیعی نیز به نسبت بالاتر بوده است.

میدهد عامل ارتفاع از تاثیرگذارترین عوامل بر پتانسیل تهویه طبیعی است. یعنی هرچه قدر ارتفاع ایستگاه



شکل ۶: همبستگی پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی ایستگاه‌های مختلف با عامل ارتفاع (بالا) و فاصله از دریا (پایین) بر اساس مدل CPNV

از ماه ژانویه شروع می‌شوند. ستون افقی مربوط به هفته‌ها و ستون عمودی مربوط به ساعت است. همچنین طبق جدول ۶ بر اساس شرط‌های رطوبت و دما، شرایط آب و هوایی تقسیم بندی شده اند. به این صورت که برای مثال برای آب و هوای سرد و مرطوب شرط رطوبتی لازم این است که رطوبت در آن ساعت بیشتر از ۷۰ درصد باشد و همچنین دما کمتر از حد آسایش گرمایی باشد. همچنین برای مثال برای شرایط آسایش طبق جدول زیر، رطوبت باید بین ۳۰ تا ۷۰ درصد باشد و دمای منطقه باید بین کمترین و بیشترین حد دمایی بدست آمده باشد. این شروط بر اساس مدل اشرایی برای ایستگاه‌های مطالعاتی استخراج شده است.

عامل فاصله از دریا هم با همبستگی ۰/۸۴، با اینکه بر پتانسیل تهویه طبیعی تاثیرگذار است اما از عامل ارتفاع ضریب همبستگی پایین تری را دارد. در نتیجه عامل ارتفاع از عامل فاصله از دریا، موثرتر است.

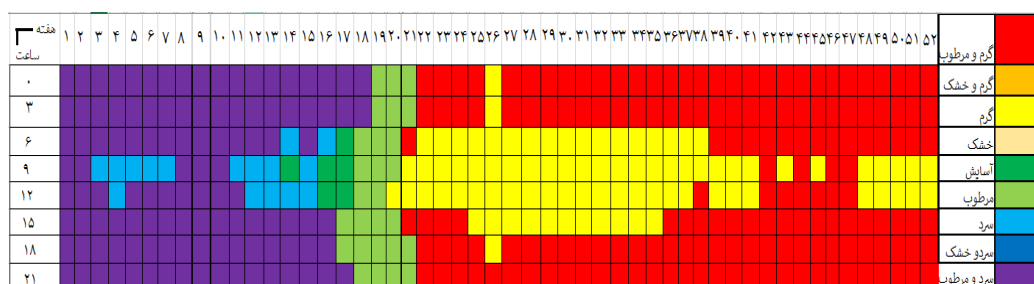
نقشه‌های حرارتی^۱: نقشه حرارتی بر اساس طبقه بندی شرایط آب و هوایی و مشخص کردن آن با رنگ‌های مختلف، پراکندگی این طبقات را در هفته‌های متفاوت بر اساس داده‌های هواشناسی، نشان میدهد. برای بررسی ایستگاه‌های مورد مطالعه ی استان گیلان از داده‌های هواشناسی بر اساس سال میلادی استفاده شده است که داده‌ها از هفته ی اول

جدول ۶: شرط دمایی و رطوبتی برای تقسیم بندی انواع آب و هوا

نوع آب و هوا	شرط دمایی	شرط رطوبتی
سرد و مرطوب	$T < T_{\text{comfort}}$	$U > 70$
سرد و خشک	$T < T_{\text{comfort}}$	$U < 30$
سرد	$T < T_{\text{comfort}}$	$30 < U < 70$
آسایش	$T_{\text{min}} < T < T_{\text{max}}$	$30 < U < 70$
گرم و مرطوب	$T > T_{\text{comfort}}$	$U > 70$
گرم و خشک	$T > T_{\text{comfort}}$	$U < 30$
گرم	$T > T_{\text{comfort}}$	$30 < U < 70$

نقشه حرارتی آستارا: طبق شکل ۷ بررسی نقشه حرارتی ایستگاه آستارا نشان داد که این ایستگاه، طبقات گرم و خشک و سرد و خشک ندارد. در هفته های اول مقارن با ماه های ژانویه و فوریه و مارس، در همه ساعت‌ها عمدتاً طبقه سرد و مرطوب اتفاق افتاده است. برخلاف هفته های پایانی سال که گرم و مرطوب هستند و با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. از هفته بیستم طبقات گرم با رنگ زرد اضافه شده که

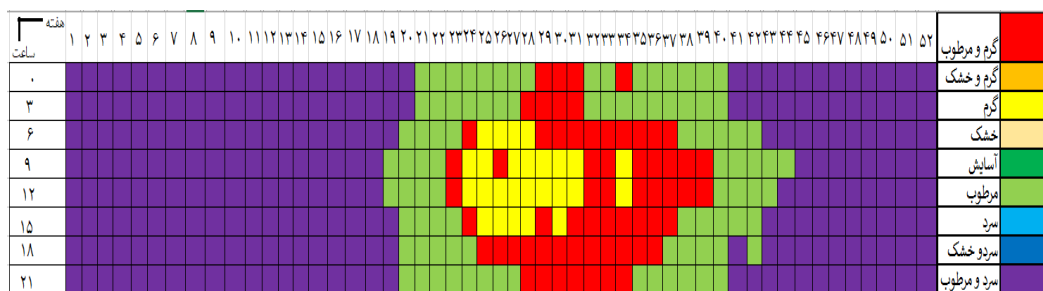
عمدتاً در ساعت‌های ۶ صبح تا ۱۵ بعداز ظهر اتفاق افتاده اند. طبقات سرد با رنگ آبی، بیشتر در ساعت‌های ۹ و ۱۲ در هفته‌های اول این ایستگاه رخ داده است. همچنین مرطوب‌ترین هفته ها مربوط به هفته هفدهم تا بیست و یکم می باشد که مقارن با ماه می و ژوئن هست. همچنین طبقه آسایش در ساعات ۶ تا ۱۲ در هفته‌های چهارده، شانزده و هفده اتفاق افتاده است که مربوط به ماه‌های آوریل و می می‌باشد.



شکل ۷: نقشه حرارتی ایستگاه آستارا در هفته‌ها و ساعات مختلف شبانه روز

نقشه حرارتی انزلی: همانطور که شکل ۸ نشان داده شده است ایستگاه انزلی طبقات گرم و خشک و سرد و خشک ندارد. از هفته اول تا هفته هجدهم و حدوداً از هفته چهل و پنج تا هفته پنجاه و دو در همه ساعات، طبقه سرد و مرطوب غالب است. از هفته بیست و یکم تا هفته ی چهل مقارن با ماه های جون تا اکتبر ابتدا

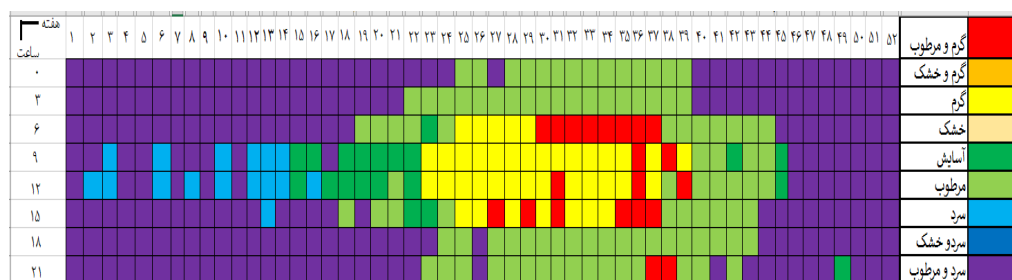
طبقات مرطوب با رنگ سبز و سپس طبقات گرم در ساعات ۶ تا ۱۵ با رنگ زرد اضافه می‌شوند. در نهایت طبقه گرم و مرطوب با رنگ قرمز بیشترین پراکندگی را در هفته های سی و دو تا سی و شش را دارد. ایستگاه انزلی در بین ایستگاه های مورد مطالعه کمترین میزان آسایش و روزهای سرد را داراست.



شکل ۸: نقشه حرارتی ایستگاه انزلی در هفته‌ها و ساعات مختلف شبانه روز

نقشه حرارتی لاهیجان: با توجه به شکل ۹ ایستگاه لاهیجان طبقات گرم و خشک و سرد و خشک ندارد. بیشترین فراوانی طبقه سرد و مرطوب که با رنگ بنفش مشخص شده‌اند، مربوط به هفته‌های اول تا هجدهم و هفته‌های چهارم و پنجم تا پنجاه و دوم است که مقارن با ژانویه تا آوریل و نوامبر و دسامبر است. بیشترین فراوانی طبقه ی آسایش مربوط به ساعات ۹

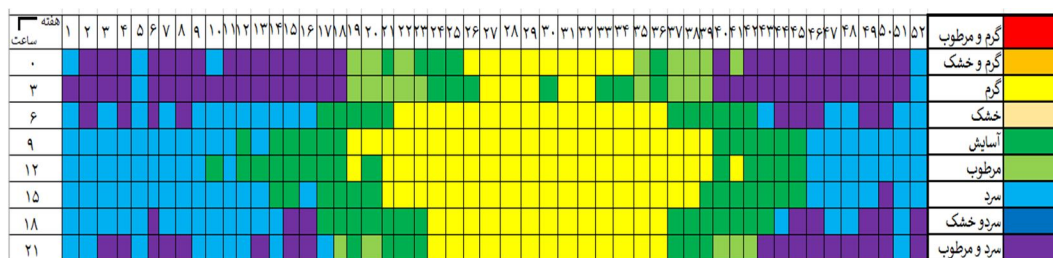
و ۱۲ است که از هفته ی پانزدهم شروع می‌شود. بیشترین آسایش مقارن با ماه‌های آوریل و می است. طبقه گرم و مرطوب با رنگ قرمز و طبقه سرد با رنگ آبی دارای کمترین فراوانی هستند و همچنین طبقه مرطوب، بیشترین فراوانی خود را در ساعات ۰ و ۳ و ۱۸ و ۲۱، در هفته‌های میانی سال را دارد.



شکل ۹: نقشه حرارتی ایستگاه لاهیجان در هفته‌ها و ساعات مختلف شبانه روز

نقشه حرارتی منجیل: با توجه به شکل ۱۰ ایستگاه منجیل طبقات گرم و خشک، سرد و خشک و گرم و مرطوب ندارد. از هفته اول تا هفته هجدهم و از هفته چهارم و دو تا هفته ی پنجاه و دوم عمدتاً ساعات ۰ و ۳ و ۱۸ و ۲۱ مربوط به طبقه سرد و مرطوب و ساعات ۶ تا ۱۸ در همین هفته‌ها عمدتاً مربوط به طبقه سرد است که با رنگ آبی مشخص شده است. هفته‌های میانی سال حدوداً مقارن با ماه‌های جان و جولای و آگوست جزو طبقه گرم بوده‌اند که با رنگ زرد نمایش داده شده است. ایستگاه منجیل که

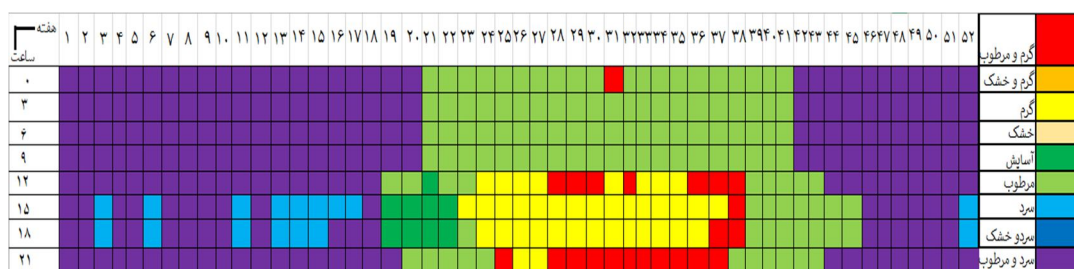
در بین ایستگاه‌ها بیشترین فراوانی را در طبقه ی آسایش دارد، از هفته دهم در ساعت ۱۲ شروع میشود و در هفته‌های دوازده تا بیست و پنجم با پراکندگی ساعتی متفاوت ادامه پیدا میکند و همچنین در هفته‌های سی و هفت تا چهل و پنج نیز وجود دارد و بیشترین فراوانی آن برای ساعات‌های ۶ تا ۱۸ این هفته‌ها است. طبقات آسایش حدوداً مقارن با ماه‌های مارس و آوریل و می و همچنین سپتامبر و اکتبر است. همچنین منجیل در بین طبقات موجود کمترین فراوانی را در طبقه ی گرم و مرطوب دارا است.



شکل ۱۰: نقشه حرارتی ایستگاه منجیل در هفته‌ها و ساعات مختلف شبانه روز

هفته‌های بیست و یکم تا چهل و یک بیشترین فراوانی طبقه مرطوب مربوط به ساعات ۰ تا ۹ صبح است. طبقات گرم و گرم و مرطوب به ترتیب با رنگ‌های زرد و قرمز مشخص شده‌اند که ساعاتی ۱۲ تا ۲۱ را در بر می‌گیرند. طبقات آسایش مربوط به ساعات ۱۲ تا ۱۸ هفته‌های نوزده تا بیست و دو است که در واقع ماه اواخر ماه می‌شود، ماه جون را در بر می‌گیرد.

نقشه حرارتی رشت: همانطور که در شکل ۱۱ قابل مشاهده است، ایستگاه رشت طبقات گرم و خشک و سرد و خشک ندارد. بیشترین فراوانی طبقه سرد و مرطوب که با رنگ بنفش مشخص شده، عمدتاً مربوط به هفته اول تا هفته هجدهم و هفته ی چهل و پنج تا هفته پنجاه و دو است که در واقع ماه‌های ژانویه تا می و نوامبر و دسامبر را در بر می‌گیرد. در



شکل ۱۱: نقشه حرارتی ایستگاه رشت در هفته‌ها و ساعات مختلف شبانه روز

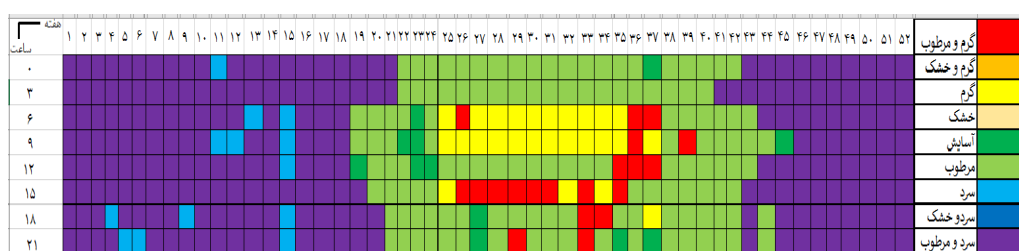
بعضی هفته‌ها در ساعات ۱۵ قابل مشاهده است. همچنین بیشترین فراوانی طبقه ی آسایش در این ایستگاه در ماه‌های می و جون در ساعات ۶ تا ۱۲ می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده از نقشه‌های احساس حرارتی برای ۶ ایستگاه مورد مطالعه، برای همه ی ایستگاه حدود ساعات دوزده شب تا شش صبح دارای اقلیم سرد و مرطوب بوده‌اند و با رنگ بنفش مشخص شدند. به دلیل مرطوب بودن منطقه، هیچ ساعتی از ایستگاه‌ها شامل اقلیم خشک یا گرم و خشک نشدند. در ایستگاه آستارا در ساعات ۶ تا ۱۲ در ماه‌های فروردین تا اواسط خرداد شامل آسایش حرارتی شده‌اند و تقریباً از اوایل بهار تا اواخر پاییز شامل اقلیم گرم و مرطوب شده‌اند. از نظر فراهم شدن آسایش در

نقشه حرارتی تالش: براساس نقشه حرارتی به دست آمده که در شکل ۱۲ نمایش داده شده است. در ایستگاه تالش طبقات گرم و خشک و سرد و خشک وجود ندارد. بیشترین رطوبت در هفته‌های بیست تا چهل و دو اتفاق افتاده است که با رنگ سبز مشخص شده است و مقارن با ماه‌های جون تا سپتامبر می‌باشد. طبقه سرد در ایستگاه تالش دارای فراوانی کمی است و با رنگ آبی مشخص شده است. حدوداً در بین هفته‌های اول تا هجدهم و هفته ی چهل و دو تا پایان سال، طبقه غالب در بیشتر ساعات، سرد و مرطوب است که مقارن با اول ژانویه تا اواسط می و از اواسط اکتبر تا آخر دسامبر است. طبقه گرم که با رنگ زرد مشخص شده است در بین هفته‌های بیست و پنج تا سی و هفت در ساعات ۶ و ۹ و در

بیشتر می شود و از اواخر شهریور تا اوایل آبان به جز ساعات اولیه صبح، شرایط آسایش دیده می شود. در ایستگاه رشت شرایط آسایش در ماه های اردیبهشت تا اواسط خرداد قرار گرفته است در ایستگاه رشت مانند ایستگاه تالش بیشتر ساعات روز در زمستان و اوایل بهار به رنگ بنفش و با اقلیم سرد و مرطوب نشان داده شده است و همچنین نتایج نشان میدهد اقلیم تالش در تابستان بیشتر از ایستگاه های دیگر شامل اقلیم مرطوب می شود.

ایستگاه انزلی، اکثر ساعات روز در ماه های زمستان و اوایل بهار دارای اقلیم سرد و مرطوب است و در ماه های تابستانی این اقلیم مشاهده نمی شود و همچنین دارای شرایط آسایش هم نبوده است اما در ایستگاه لاهیجان بیشترین فراوانی طبقه ی آسایش مربوط به ساعات ۹ و ۱۲ در ماه های آوریل و می است که معادل با ماه های فروردین تا اواسط خرداد می شود. ایستگاه منجیل که دارای بیشترین پتانسیل تهویه ی طبیعی است از اواخر زمستان تا اول تابستان دارای شرایط آسایش است که در تابستان فراوانی هوای گرم



شکل ۱۲: نقشه حرارتی ایستگاه تالش در هفته ها و ساعات مختلف شبانه روز

طبیعی را در طول دوره مطالعاتی داشته است. این ایستگاه با ۳۳۸ متر ارتفاع نسبت به ایستگاه های دیگر مانند انزلی که ۲۳- متر ارتفاع دارند دارای پتانسیل بسیار بالاتری برای وزش باد دارد. همچنین، نتایج نشان داده این ایستگاه علاوه بر بادخیز بودن، رطوبت نسبی متعادل تری هم نسبت به ایستگاه های دیگر دارد (به دلیل فاصله بیشتر از دریا). علاوه براین، ارتفاع بیشتر این ایستگاه منجر به دمای پایین تر در این ایستگاه نیز میشود. اما نتایج نشان داد پس از منجیل، ایستگاه آستارا با ۳۷۱۴ و رشت با ۳۲۰۱ و لاهیجان با ۳۱۶۵ و تالش با ۳۱۵۴ ساعت دارای پتانسیل اقلیمی تهویه طبیعی در طول دوره مطالعاتی بوده اند. در نتایج این مدل نشان داده شد که در مقابل ایستگاه منجیل، ایستگاه انزلی با ۲۵۰۸ ساعت کمترین پتانسیل اقلیمی را برای تهویه ی طبیعی داشته است که از دلایل مهم این نتیجه نزدیکی به دریا و رطوبت بسیار بالای این ایستگاه است به طوری که حتی بادهای محلی مانند نسیم دریا به خشکی نیز که در طول شبانه روز در این منطقه امکان وزش دارد

جمع بندی

از آنجایی که با تغییرات آب و هوایی و گرم تر شدن کره زمین در اثر تولید و انتشار گازهای گلخانه ای، نیاز به مصرف انرژی به منظور ایجاد شرایط آسایش حرارتی افزایش یافته و با تداوم روند تغییر اقلیم پیش بینی می شود این فرایند تداوم داشته باشد، بررسی و استفاده از توان های محیطی به منظور ایجاد شرایط آسایش در ساختمان ها به عنوان یکی از بخش های اصلی مصرف کننده انرژی، می تواند در کاهش تقاضای انرژی و به تبع آن تعدیل شرایط تغییر اقلیم کمک کننده باشد. از این رو، در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از شاخص پتانسیل تهویه طبیعی، شرایط اقلیمی استان گیلان که دارای اقلیم مرطوب بوده و در اکثر ایام سال نیاز به استفاده از سیستم های مصنوعی برای ایجاد آسایش دارد، مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بین موقعیت جغرافیایی و پتانسیل تهویه طبیعی ارتباط مستقیمی وجود دارد. براین اساس مشخص شد که ایستگاه منجیل به طور ساعتی با ۱۰۴۰۷ ساعت بیشترین پتانسیل تهویه

و از اواخر شهریور تا اوایل آبان به جز ساعات اولیه صبح، شرایط آسایش دیده می‌شود. در ادامه نتایج نقشه حرارتی نشان دهنده این بوده است که آستارا از اوایل بهار تا آبان در ساعات زیادی شامل اقلیم گرم و خشک می‌شود و ایستگاه تالش در تابستان بیشتر از ایستگاه‌های دیگر دارای اقلیم مرطوب است. همچنین در ایستگاه انزلی ساعات آسایش در کمترین حالت قرار دارد و ساعات زیادی را در طول سال را اقلیم سرد و مرطوب پوشش می‌دهد.

مدیریت شهری و محیط زیست.

۷. طاهری شیماء، گل افشان سها (۱۳۹۵). تهویه طبیعی در ساختمان‌های بلند. اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار.

۸. عباسی‌زاده، فرشته، عباسپور، مجید، سلطانی، محمد، حاج ملا علی کنی، علیرضا. (۱۴۰۰). تغییرات اقلیم و اثرات آن بر مصرف انرژی در ساختمان، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، انتشار آنلاین.

۹. عسگری، حشمت‌اله، جهانگیری، صفورا. (۱۴۰۰). بررسی علیت متقابل تغییر اقلیم و مصرف انرژی در بخش‌های اصلی اقتصاد ایران با روش تودا-یاماماتو. مجله آمایش جغرافیایی فضا، شماره پیاپی ۴۲، صفحات ۹۱-۱۰۵.

۱۰. قائدی سهراب. (۱۳۹۷). ارزیابی کاربرد نیروی باد در تهویه طبیعی شهرهای استان فارس. فصلنامه مطالعات عمران شهری، دوره دوم، شماره چهارم، صفحات ۸۸-۹۸.

۱۱. گرجی ملهبانی یوسف، یاران علی، پروردی نژاد سمیرا، اسکندری منیژه. (۱۳۹۸). ارزیابی معماری همساز با اقلیم در خانه‌های کاشان. دوره ۴، شماره ۷، صفحات ۳۱-۴۰.

۱۲. محمودی مهناز، پورموسی محبوبه. (۱۳۸۹). پتانسیل سنجی انرژی باد و نقش بنیادین آن در تهویه مطبوع و زدودن رطوبت. نشریه آرمانشهر (۴)، صفحات ۱۴۷-۱۵۶.

۱۳. وکیلی نژاد رزا، مهدی زاده سراج فاطمه، مفیدی شمیرانی سیدمجید. (۱۳۹۲). اصول سامانه‌های سرمایش ایستا در عناصر معماری سنتی ایران. نشریه معماری و شهرسازی ایران دوره-شماره ۵، صفحات ۱۴۷-۱۵۹.

نمی‌تواند پتانسیل تهویه طبیعی این منطقه را چندان افزایش دهد. در مرحله ی بعد با توجه نتایج روش CPNV نقشه ی حرارتی برای هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه ترسیم شد. نتایج بدست آمده نشان داد که در ایستگاه منجیل برخلاف دیگر ایستگاه‌ها شرایط آسایش از پراکندگی در ساعات و روزهای سال برخوردار است و همچنین کمترین فراوانی مربوط به طبقه گرم و مرطوب در این ایستگاه است. این ایستگاه از اواخر زمستان تا اول تابستان دارای شرایط آسایش است که در تابستان فراوانی هوای گرم بیشتر می‌شود

منابع

۱. حسین‌زاده، ریحانه و سلطان زاده، حسین. (۱۳۹۲). نقش اقلیم و جریان هوا در شکل دهی فضای معماری در منطقه معتدل و مرطوب (لنگرود)، دومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی، اصفهان.
۲. حیدری، شاهین. (۱۳۹۱). برهم کنش جریان هوا، دما و راحتی در فضاهای باز شهری، مطالعه موردی: اقلیم گرم و خشک ایران. نشریه هنرهای زیبا، شماره ۴۷، صفحات ۳۷-۴۲.
۳. خاکپور، مژگان. (۱۳۸۴). مسکن بومی در جوامع روستایی گیلان، تهران، نشریه هنرهای زیبا، تابستان ۱۳۸۴، شماره ۲۲، صفحات ۶۳-۷۲.
۴. خوش سیما شیرین‌سو، فرزانه و تیمورتاش، شبنم. (۱۳۹۷). پتانسیل سنجی انرژی باد و نقش آن در تهویه طبیعی نمونه موردی: جزیره هرمز، پنجمین کنفرانس بین‌المللی فناوری و مدیریت انرژی با رویکرد پیوند انرژی، آب و محیط زیست، تهران.
۵. سرمدی محمد، یغمائی کامیار نبی زاده، رامین ندافی، کاظم سعیدی، رضا یوسف‌زاده، سمیرا. (۱۳۹۵). بررسی پتانسیل تهویه طبیعی بخش‌های مختلف بیمارستانی در بیمارستان‌های تابعه دانشگاه علوم پزشکی تهران در سال ۱۳۹۳. دوماهنامه سلامت کار ایران، دوره ۱۴، شماره ۴، صفحات ۱۵۰-۱۵۸.
۶. شایسته‌نژاد، زینب، حسین‌قدیری مریم. (۱۳۹۸). ارزیابی پتانسیل بالکن‌ها در تهویه طبیعی ساختمان‌های بلند مرتبه. چهارمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری،

- Singapore. Architectural Science Review, 50(3): 224-233.
20. Orosa jose, A., Costa angel, M., Rodríguez-Fernández, A., and Roshan, Gh.R. (2014). Effect of climate change on outdoor thermal comfort in humid climates. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12(46)
 21. Rinaldia, A., Roccotellib, M., Manginib, A., Fanti, M., and Iannone, F. (2017). Natural ventilation for passive cooling by means of optimized control logics, International High-Performance Built Environment Conference –A Sustainable Built Environment Conference, 180: 841-850.
 22. Spentzou, E., Cook, M.J., and Emmitt, S. (2019). Modelling natural ventilation for summer thermal comfort in Mediterranean dwellings. International Journal of Ventilation, 18(1): 28-45.
 23. Teodosiu, C., Ilie, V., and Teodosiu, R. (2014). Appropriate CFD turbulence model for improving indoor air quality of ventilated spaces, Mathematical Modelling in Civil Engineering, 10(4): 28-42.
 14. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning).
 15. Borgeson, S. and Brager, G. (2011). "Comfort standards and variations in exceedance.
 16. Causone, F. (2016). Climatic potential for natural ventilation. Architectural Science Review, 59(3): 212-228.
 17. Chen Y., Tong, Z., and Malkawi A. (2017). "Investigating natural ventilation potentials across the globe: Regional and climatic variations." Building and Environment, 122, Pp. 386–396.
 18. Kardinal Jusef, S.M., IGNATIUS, and Hien, W.N. (2016). Urban climatic mapping using prediction models for ambient temperature and outdoor thermal comfort: a Singapore Case Study. 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 3031. May and 1 June 2016, National University of Singapore, Singapore.
 19. Liping W., and Nyuk hien W. (2007). Applying Natural Ventilation for Thermal Comfort in Residential Buildings in

