نشریه معماری اقلیم گرم و خشک
سال هفتم، شماره دهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۸

دستیابی به الگوی رفتاری باد در بادگیرهای سنتی یزد بر اساس اندازه‌گیری بلند مدت عوامل اقلیمی (نمونه موردی: بادگیر خانه مرتاض)

ژاله هدایت[۱]، سیده زینب عمادیان رضوی[۲*]، سید محمدحسین آیت اللهی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، ایران

۲-استادیار، دانشکده هنر و معماری یزد، دانشگاه یزد، ایران

۳- دانشیار، دانشکده هنر و معماری یزد، دانشگاه یزد، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۸، تاریخ پذیرش نهائی: ۱۳۹۸/۱۲/۱۵)

چکیده

بادگیرهای شهر یزد بعنوان نمونه بارزی از صرفه‌جویی انرژی توسط طراحی ساختمان در اقلیم گرم و خشک به شمار می‌آیند، از این رو بررسی و شناخت دقیق، کمی و عددی از نحوه عملکرد و الگوی رفتاری بادگیرها می‌تواند به عنوان گامی موثر در دستیابی به راهکارهای طراحی همساز با اقلیم کمک نماید. مقاله حاضر براساس مطالعات میدانی و اندازه‌گیری بلند مدت عوامل اقلیمی مداخله‌گر در عملکرد بادگیرها بر روی یک بادگیر سنتی در شهر یزد صورت گرفته است. در این تحقیق نتایج حاصل از اندازه‌گیری بلند مدت مشخصات جریان باد در اطراف و داخل کانال‌های بادگیر خانه مرتاض بعنوان نمونه موردی در بافت تاریخی شهر یزد به منظور بررسی نحوه عملکرد بادگیرها در به کارگیری انرژی باد به روشی کاملا جدید ارایه گردیده است. در این روش یک ایستگاه هواشناسی محلی جهت استخراج اطلاعات اقلیمی خرد اقلیم منطقه مطالعاتی نصب و راه اندازی گردیده و بادگیر مورد مطالعه به دستگاه‌ها و سنسورهای اندازه‌گیری اقلیمی مجهز شده است. نتایج مقایسه پروفیل سرعت جریان‌های خروجی از بادگیر با پروفیل سرعت جریان باد محلی منطقه در گرمترین و سردترین روزهای سال نشان دهنده هماهنگی بیشتر الگوی جریان هوای خروجی از بادگیر با الگوی جریان باد محلی در اوقات گرم سال می‌باشد. همچنین بررسی شدت وزش بالای بادهای تابستانی نسبت به بادهای زمستانی منطقه و در پی آن افزایش سرعت جریانات داخل بادگیر در فصول گرم سال نیز تایید کننده عملکرد بهتر بادگیرها در ایجاد تهویه طبیعی در دوره‌های گرم سال است که موضوع تهویه شبانه نیز در این خصوص قابل بررسی می‌باشد. تطبیق کالبدی بادگیر مورد مطالعه با شرایط اقلیمی منطقه نیز در این تحقیق مورد بررسی قرارگرفته است. بر این اساس جهت گیری بادگیر نسبت به الگوی جریانات باد محلی به گونه‌ای است که قابلیت بادگیر در بکارگیری ۸۰ درصدی از بادهای غالب منطقه در فصل تابستان را فراهم آورده که در این میان ۴۸ درصد از بادهای غالب محلی را بادهای مطلوب شامل می‌شوند. لذا پژوهش حاضر با هدف ارایه الگوهای رفتاری باد در بادگیر مورد مطالعه سعی در بررسی تطبیقی همسازی بادگیر با شرایط اقلیم محلی را داشته است.

کلید واژه‌ها: اطلاعات اقلیمی محلی، اندازه‌گیری بلند مدت عوامل اقلیمی، الگوی رفتاری باد، بادگیر، شهر یزد

*- نویسنده مسئول: Email: z_emadian@yazd.ac.ir

پرسش‌های پژوهش

هدف نهایی این مقاله پاسخ به پرسشهای زیر است:

- چگونه عملکرد بادگیرهای سنتی را میتوان بصورت کمی و عددی مورد ارزیابی دقیق قرار داد بطوریکه به الگوی رفتار جریان باد در اطراف و در داخل کانال‌های مختلف بادگیر در طول سال و در زمانهای متفاوت دست یافت؟
- الگوی رفتاری جریان باد در اطراف و داخل کانالهای بادگیر و نحوه ارتباط عملکردی آنها با یکدیگر در بازه‌های زمانی مختلف چگونه است ؟
- تاثیر الگوی باد محلی منطقه بر جهت گیری بادگیرهای آن منطقه از روشهای عددی و محاسباتی چگونه بدست می‌آید ؟

۱- مقدمه

همانگونه که می‌دانیم معماری بومی اقصی نقاط دنیا همواره با هدف تلفیق با محیط پیرامون و بهره گیری بیشتر از امکانات و پتانسیل‌های طبیعت شکل می‌گرفت. معماری سنتی ایران نیز که در اقلیم‌های گوناگون شکل متفاوتی بخود گرفته است خود گویای این مطلب است. راهکارهایی که به طور تجربی و در طی سالها دستیابی به آنها میسر شده بود و به آسایش بیشتر کمک کرده بودند در معماری بومی ایران بسیارند که از جمله آنها می‌توان به بادگیر بعنوان یک سیستم تهویه طبیعی اشاره کرد (بهادری نژاد،۱۳۹۱و رازجویان،۱۳۸۶و محمودی ۱۳۸۸). معماران و سازندگان بادگیرهای سنتی به خوبی از اصول آیرودینامیک، ترمودینامیک، انتقال حرارت، مقاوت مصالح و آسایش حرارتی انسان آگاهی داشته و از این اصول در طراحی‌های خود به نحو مناسبی استفاده کرده‌اند. مهمترین نکته در مورد بادگیر این است که برای کارکرد نیازی به انرژیهای مکانیکی ندارد و تنها بر اساس قوانین تهویه طبیعی و با استفاده از نیروی باد و پدیده دودکشی کار میکند. بنابر این میتوان گفت که بادگیر ترکیبی از بادخور و بادخان می‌باشد بطوریکه هنگام وزش باد کانالهایی که رو به سمت وزش باد دارد دریافت کننده باد محسوب می‌شوند و اصطلاحا بادخور نامیده می‌شوند و کانالهای دیگری که باد بسمت آنها نمی‌وزد نقش بادخان را خواهند داشت و بر اساس پدیده دودکشی هوای گرم پایین را به بالا منتقل میکنند (بهادری نژاد،۱۳۹۱و رازجویان، ۱۳۸۶). بادگیرهایی که با اشکال مختلف در شهرهای مرکزی و جنوبی ایران به دست معماران و مهندسان تجربی گذشته و بر حسب سرعت و جهت باد مطلوب منطقه طراحی و اجرا شده‌اند، حاکی از آن است که معمار، با توجه به شرایط اقلیمی میان اقلیم و خرد اقلیم هر منطقه و با علم تجربی خود در مکان‌های مختلف بادگیرهایی با فرمهای متفاوت ساخته است. مطالعات نشان میدهد مشخصات وزش باد در هر خرد اقلیم عامل تعیین‌کننده در ارتفاع و جهت گیری بادگیرهای آن منطقه محسوب می‌شود. این در حالی است که رطوبت نسبی و دما در هر منطقه می‌تواند عامل تاثیر گذار در کثرت و یا کاهش تعداد بادگیرها در سیمای شهری هر منطقه باشد. از این رو در مناطق با دمای بالا و رطوبت پایین مانند شهر یزد که در

دسته‌بندی کلان اقلیمی جز مناطق گرم و خشک محسوب می‌شوند، بادگیر به تعداد زیاد در خط آسمان شهر وجود دارد که در این مناطق عامل باد تاثیرگذارترین عامل بر چگونگی شکل‌گیری و جهت‌گیری بادگیرها می‌باشد) بهادری نژاد،۱۳۹۱و رازجویان، ۱۳۸۶و طاهباز،۱۳۸۸). البته بایستی در نظر داشت که باد یک جریان یکنواخت و ثابت نیست، بلکه تحت تاثیر عوامل مختلف در زمان‌ها و مکان‌های مختلف تغییر می‌کند. لذا در گستره یک منطقه نمی‌توان ویژگی‌های یکسانی از باد را به لحاظ سرعت و جهت در همه قسمت‌ها انتظار داشت و تخمین زد (رازجویان، ۱۳۸۶). این موضوع اهمیت اندازه گیری‌های اقلیمی محلی از جمله سرعت و جهت باد در سایت هر پروژه جهت مطالعه دقیق و آنالیز عددی سیستم عملکردی بادگیر را دوچندان میکند. از طرف دیگر ثبت همزمان اطلاعات اقلیمی باد در سایت پروژه و داخل کانالهای بادگیر میتواند به ارزشیابی دقیق نحوه کارکرد بادگیر و چگونگی همسازی و هماهنگی آن با شرایط اقلیم محلی کمک نماید.

این تحقیق در ادامه مطالعات گسترده ای که حاصل اندازه گیری بلند مدت عوامل اقلیمی مداخله گر در عملکرد بادگیرها از جمله اندازه گیری دمای بدنه‌های بادگیر، اندازه گیری دمای جریان هوای عبوری از کانالهای بادگیر،اندازه گیری میزان تابش خورشید بر سطوح مختلف بادگیر و نیز میزان سرعت جریان و. . . در طول مدت بیش از یکسال می باشد، بطور ویژه به نتایج حاصل از اندازه گیری جریان باد در اطراف و داخل کانالهای بادگیر خانه مرتاض در بافت قدیم شهر یزد در روزهای گرم و سرد سال پرداخته است.

در این مقاله ابتدا نتایج اندازه گیریهای میدانی سرعت و جهت باد در سایت پروژه بصورت دیاگرامهای باد در مقیاسهای سالیانه، ماهیانه و روزانه ارایه گردیده و موقعیت بادگیر مورد مطالعه (بادگیر خانه مرتاض) با دیاگرامهای ترسیمی تطبیق یافته و تشریح گردیده است. سپس الگوی جریان هوای محیط و داخل کانالهای مختلف بادگیر تاریخی خانه مرتاض هم در گرمترین و هم در سردترین اوقات سال بصورت نمودار نشان داده شده است. لازم بذکر است چنانچه دکتر رازجویان در مطالعات خود به این موضوع اشاره نموده اند (رازجویان،۱۳۸۶) "عملکرد تهویه طبیعی به معنای عام آن که همانا فرآیند جایگزین کردن هوای داخل ساختمان با هوای تازه بیرون است" در تمام اوقات سال مورد نیاز می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به لزوم آگاهی از میزان پتانسیل باد منطقه وچگونگی رفتار جریانات باد در طول سال جهت طراحی همساز با اقلیم بادگیرها، بررسی و شناخت الگوی باد منطقه و چگونگی عملکرد بادگیر مورد مطالعه در بکارگیری انرژی باد علاوه بر اوقات گرم سال در مواقع سرد سال نیز در این پژوهش مورد ارزیابی و تجزیه تحلیل قرار گرفت. در مرحله بعد میزان تطبیق پذیری عملکرد هر کانال با باد محلی سایت پروژه به روش تحلیل رگرسیونی مورد ارزشیابی قرارگرفته و تفاوت عملکرد کانالهای مختلف بادگیر در گرمترین روز سال تشریح گردیده است. لازم به ذکر است در روش تحلیل آماری رگرسیون امکان پیش بینی رفتار

متغیر وابسته از روی یک یا چند متغیر مستقل وجود دارد. از این رو به منظور دستیابی به الگوی رفتاری باد در داخل کانالهای بادگیر براساس تغییرات سرعت باد محلی منطقه و بررسی رابطه بین سرعت باد محلی و سرعت جریان باد در کانالهای مختلف بادگیر مورد مطالعه، این مدلسازی آماری به کار گرفته شده است.

در ادامه تحقیق تاثیر الگوی باد محلی بر جهت گیری بادگیرهای منطقه مطالعاتی با استناد به اطلاعات باد استخراج شده از ایستگاه نصب شده در سایت پروژه به تفصیل توضیح داده خواهد شد، همچنین بررسی عددی در خصوص نحوه عملکرد بادگیر مورد مطالعه در بکارگیری بادهای غالب منطقه بویژه در فصل تابستان بتفصیل پرداخته خواهد شد.

لذا پژوهش حاضر با هدف ارایه الگوهای کمی و عددی دقیق از نحوه عملکرد بادگیرهای سنتی در بازه‌های زمانی متفاوت از طریق معرفی یک روش و رویکرد جدید در اندازه گیری بلند مدت عوامل اقلیمی بر روی بادگیرها، سعی در بررسی تطبیقی همسازی بادگیر مورد مطالعه با شرایط اقلیم محلی را داشته است.

۲-پیشینه تحقیق

تاکنون مطالعات گسترده ای بر روی بادگیرها صورت گرفته است. سعادتیان و همکاران مروری جامع بر انواع بادگیرها از جنبه‌های مختلف عملکردی، تیپولوژی و غیره داشته اند (saadatian, 2012). سوزان روف محقق انگلیسی،که رساله دکترای خود را با عنوان« بادگیرهای یزد» در سال ۱۹۸۸ میلادی به انجام رسانیده است، در مقالات خود به ویژگی‌های منحصر به فرد بادگیرهای یزد اشاره نموده و آن‌ها را تکنولوژی‌های سنتی می‌داند که در به دام انداختن باد و هدایت جریان هوای بیرون به داخل ساختمان، به منظور برقراری جریان طبیعی هوا در ساختمان کاربرد داشته است (Roaf S, 2008,1988). مهیاری (Mahyari ۱۹۹۶) و قیابکلو (Ghiabaklou ۱۹۹۶) بر روی بادگیرها به عنوان سیستمهای سرمایشی غیرفعال مطالعه کرده اند. دهقانی، عملکرد دو نوع جدید از بادگیرها را مورد آزمایش قرار داده و با بادگیرهای متداول مقایسه کرده است (دهقانی، ۱۳۸۰) .مفیدی و محمودی، معماری بادگیرها و تأثیر مشخصات کالبدی آنها را بر رفتار حرارتی مورد مطالعه قرار داده اند (محمودی، ۱۳۸۶) .

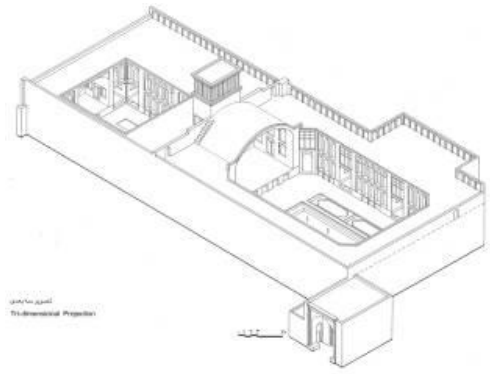
مهدی بهادری نژاد تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بادگیر انجام داده اند (Bahadori, 1981,1985,1994). ایشان همچنین تلاشهایی در جهت طراحی دو نمونه جدید بادگیرهای دانشگاه یزد نیز انجام داده اند که نتایج تحقیقاتشان در مجلات علمی مختلف منتشر گردیده است (بهادری نژاد، ۱۳۹۱). کلانتر اندازه گیری میدانی و تجربی کوتاه مدت بر روی بادگیر باغ دولت آباد انجام داده و نتایج اندازه گیری‌های خود را به منظور اعتبارسنجی مدلسازی عددی مورد استفاده قرار داده است. همچنین عملکرد سرمایشی تبخیری طبیعی بادگیرها توسط ایشان مورد بررسی قرار گرفته است (kalantar ,2009). آیت اللهی تحقیقاتی بر روی بادگیر خانه رسولیان

دانشگاه یزد در جهت بهینه سازی عملکرد بادگیر مورد مطالعه انجام داده و به راهکارهای اجرایی در خصوص بادگیر مورد نظر دست یافته اند (2005، Ayatollahi). یعقوبی عملکرد حرارتی سه بادگیر در سه شهر مختلف را مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار داده و اندازه گیریهای اقلیمی درجه حرات و جریان هوا در بادگیرها را بصورت کوتاه مدت و به روش دستی در تحقیقات ایشان صورت گرفته است (Yaghoubi ,1991). با این وجود بسختی میتوان مطالعاتی را در زمینه بررسی عملکرد لحظه به لحظه بادگیرها درفصول مختلف سال بر پایه اندازه گیریهای اقلیمی دقیق به صورت بلند مدت و نیز ثبت همزمان اطلاعات اقلیمی در سایت پروژه پرداخته اند را یافت. مطالعاتی که تاکنون توسط محققان در مورد کارکرد بادگیرهای ایران و بخصوص بادگیرهای شهر یزد انجام گرفته تنها بر اساس اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک شهری و مطالعات کتابخانه ای بوده، همچنین اطلاعات آماری و عددی بلند مدت در خصوص اندازه‌گیری پارامترهای اقلیمی بادگیرها از جمله اندازه‌گیری لحظه به لحظه سرعت جریان خروجی از کانال‌های مختلف بادگیر در دسترس نمی‌باشد. لذا سیستم اندازه‌گیری اقلیمی بلند مدت عملکرد بادگیر برای اولین بار در این پروژه بر روی بادگیر خانه مرتاض نصب و راه اندازی گردیده و نتایج محاسباتی و عددی حاصله در مجلات معتبر علمی منتشر گردیده است. این پژوهش در ادامه تحقیقات پیشین به مطالعه و ارزیابی خصوصیات باد محلی در منطقه بافت قدیم شهر یزد پرداخته و نیز الگوی جریان باد در کانال‌های یک بادگیر چهار طرفه در شهر یزد- بادگیر خانه دکتر مرتاض - در دوره‌های زمانی متفاوت مورد بررسی و آنالیز قرار خواهد گرفت. در نهایت تاثیر خصوصیات باد محلی بر چگونگی جهت گیری بادگیرهای منطقه مطالعاتی بررسی خواهد شد.

۲-۱- توصیف خانه و بادگیر مورد مطالعه

خانه مرتاض در اواخر دوره قاجار در حدود ۱۵۰ سال پیش احداث گردیده است و به ثبت سازمان میراث فرهنگی رسیده است. حیاط بزرگ خانه دارای تزئینات بیشتری نسبت به حیاط کوچک بوده و مهمترین عنصر آن ایوانی است که با بادگیر چهار طرفه خود در محور اصلی حیاط خانه قرار گرفته است (حاجی قاسمی،۱۳۸۳). در این تحقیق بادگیر چهار طرفه خانه مرتاض که در جبهه جنوبی (بخش تابستان نشین) خانه قرارگرفته است جهت نصب سیستم اندازه‌گیری و پیش‌بینی عملکرد جریان در بادگیرها به عنوان نمونه موردی در بافت قدیم شهر یزد انتخاب گردید تصویر۱ موقعیت بادگیر مورد مطالعه در خانه مرتاض را نشان میدهد.

بادگیر خانه مرتاض به ابعاد ۲/۳۰*۳/۳۰ متر مربع و به ارتفاع ۵/۴ متر از بام قرارگرفته و دارای شش کانال با مساحتهای تقریبا مساوی در حدود ۱/۵۰ متر مربع میباشد و ارتفاع ۸/۴ مترکه هرکدام از کانالها یک دهانه باز جهت عملکرد تهویه ای ساختمان را دارا میباشند.



تصویر۱- سمت راست: خانه مرتاض (ماخذ: نگارندگان)، چپ :موقعیت بادگیر مورد مطالعه در خانه مرتاض (ماخذ: حاج قاسمی، ۱۳۸۳)

۳- روش تحقیق

این تحقیق بر پایه مطالعات تجربی و عملیات میدانی بر روی یک نمونه موجود بادگیر سنتی در ساختمان خانه مرتاض در بافت تاریخی شهر یزد صورت گرفته که از طریق تحلیل‌های آماری و آنالیز عددی رفتار جریان باد در بادگیر مورد مطالعه به نتایج مورد نظر دست یافته است.

همانظور که میدانیم ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی در نقاط خاصی از هر استان متمرکزند. بعنوان مثال در استان یزد تعداد محدودی ایستگاه وجود دارد و در شهر یزد ایستگاه هواشناسی فرودگاه شهید صدوقی به مختصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸۸ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و به فاصله بیش از ده کیلومتر از منطقه بافت قدیم شهر یزد قرار دارد.

در این تحقیق اندازه گیری‌های اقلیمی و بررسی مشخصات وزش باد در خرد اقلیم سایت پروژه بادگیر خانه مرتاض (تصویر۱) به صورت میدانی از طریق نصب و تجهیز یک ایستگاه هواشناسی محلی (تصویر ۲) به مختصات ۳۱ درجه و ۸۹ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی در بافت قدیم شهر یزد انجام شده است. این اندازه گیری‌ها به مدت یکسال (۱۳۹۴) به منظور جمع آوری داده‌های اقلیمی محلی در سایت پروژه بادگیر مورد مطالعه صورت گرفته است. قطعا نتایج حاصل از آمارهای اقلیمی محلی به دلیل لحاظ نمودن عوارض خاص شهری منطقه مطالعاتی از جمله تراکم و فشردگی بافت قدیم، وجود معابر باریک و گاهاً مسقف،حضور ساختمان‌های دارای حیاط مرکزی و نیز سایر ویژگی‌های خاص بافت قدیم شهر یزد، میتواند اطلاعات دقیق تری را نسبت به اطلاعات اقلیمی ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر یزد در اختیار قرار دهد (قیابکلو،۱۳۹۴ و طاهباز، ۱۳۸۸). لازم به ذکر است که بافت قدیم شهر یزد از گذشته تاکنون تغییرات ساختاری جدی به خود ندیده است و از جمله مهمترین و قدیمی ترین بافتهای زنده و دست نخورده قدیمی دنیا محسوب می‌گردد. مکانی که برای نصب تجهیزات ایستگاه هواشناسی محلی در سایت پروژه در نظر گرفته شد بر اساس فاصله افقی مناسب (۲۰ متری) از بادگیر مورد مطالعه جهت جلوگیری از تاثیر حضور بادگیر در ایجاد

جریان‌های گردابی و نیز اطمینان از برقراری شرایط منطقه جریان آزاد و بدون مانع در اطراف تجهیزات اندازه گیری و در ارتفاع ۱۰ متری زمین (مطابق با ارتفاع استاندارد دیده بانی ایستگاههای سینوپتیک) بر روی پشت بام خانه مرتاض نصب و راه‌اندازی گردید تا داده‌های مربوط به مشخصات باد محلی منطقه از جمله سرعت و جهت و دمای باد منطقه در هر لحظه از سال ثبت و گزارش گیری گردد. بدین ترتیب امکان تدوین و ترسیم الگوی جریان باد محلی سالیانه ماهیانه و روزانه در بافت قدیم یزد در نزدیکی بادگیر مورد مطالعه فراهم گردید.

جدول ۱- موقعیت و مشخصات سنسورهای اندازه گیری جریان، نصب شده در داخل کانالهای مختلف بادگیر مرتاض (ماخذ: نگارندگان)

ردیف	نام کانال	ابعاد تقریبی کانال (مترمربع)	کد سنسور اندازه گیری جریان باد
۱	کانالB	۱/۰۰*۱/۰۰	A1
۲	کانالD	۱/۰۰*۱/۰۰	A2
۳	کانالE	۱/۰۰*۱/۰۰	A3
۴	کانالA	۱/۰۰*۱/۰۰	A4

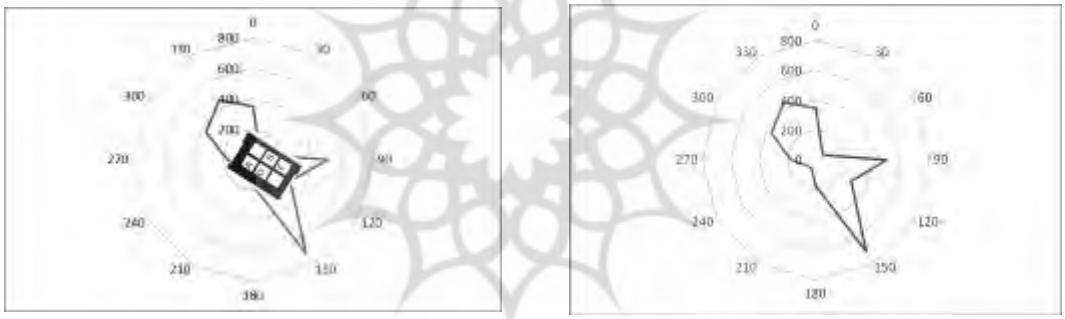
به منظور ثبت و بررسی الگوی جریان هوا در داخل کانالهای بادگیر مورد مطالعه، تعداد ۴ عدد سنسور اندازه‌گیری جریان هوادر فاصله دو و نیم متری از خروجی دهانه ۴ کانال بادگیر، به ارتفاع ۶/۳۵ متر از کف مبنا (حیاط مرکزی) نصب و راه اندازی گردید (جدول۱). علاوه بر این نتایج حاصل از مقایسه تغییرات جریان هوای داخل کانال‌ها با سرعت جریان باد محلی منطقه مورد مطالعه در گرمترین روز سال مورد بررسی و آنالیز عددی قرار گرفت. بدین منظور از مدل آماری تحلیل رگرسیونی جهت تخمین ارتباط دو متغیر استفاده گردید. در این روش ضریب همبستگی متغیرها که در واقع میزان ارتباط سرعت باد محلی با سرعت جریان باد داخل کانالهای بادگیر و یا بعبارتی کارایی کانالهای بادگیر مورد مطالعه را نشان می‌دهد در بخش ۲-۵ و برروی نمودار ۸ به تفصیل توضیح داده خواهد شد.

تصویر۲ - سمت راست: موقعیت وتصویر ایستگاه هواشناسی محلی بر روی پشت بام خانه مرتاض، وسط: پلان بادگیر مرتاض و موقعیت کانالهای کدگذاری شده جهت نصب سنسور، چپ: موقعیت سنسورهای اندازه‌گیری جریان هوا در دهانه خروجی کانال‌های بادگیر (ماخذ: نگارندگان بر مبنای حاج قاسمی ۱۳۸۳)

٤- بیان یافته‌ها

٤-١- الگوی جریان هوای باد محلی

تصاویر ۳ تا ۵ دیاگرام باد سالیانه ماهیانه و روزانه در سایت پروژه و نیز موقعیت کانالهای بادگیر در ارتباط با الگوی باد محلی منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. الگوی جریان هوای محلی و جهت بادهای غالب منطقه مطالعاتی در طول دوره اندازه گیری در سال۹۴ ثبت گردیده است که نتایج آنالیزها و تطبیق الگوی جریان باد محلی با جهت گیری بادگیر مورد مطالعه در ذیل بتفصیل شرح داده خواهد شد. نتایج حاصل از آنالیز باد محلی گرم‌ترین روز سال در تابستان، نشان می‌دهد، الگوی غالب جهت باد، در جهت شرقی با تواتر ۱۲ بار در روز در زاویه ۹۰ ° درجه بوده است. در حالی‌که جهت باد غالب فصلی در دوره گرم سال (ماههای تیر و مرداد و شهریور) در جهت‌های شرقی با زاویه ۹۰ درجه و تواتر حداکثر ۱۵۰ و نیز جهت غرب و شمال‌غرب با تواتر ۷۰ گزارش شده است. همچنین جهت باد غالب سالیانه، جهت شمال‌غرب با تواتر ۴۳۰ (رو به کانال A) و همچنین شرق با تواتر ۵۰۰ (رو به کانال E) وجنوب‌شرقی با تواتر ۷۰۰ (رو به کانال D) گزارش شده است.

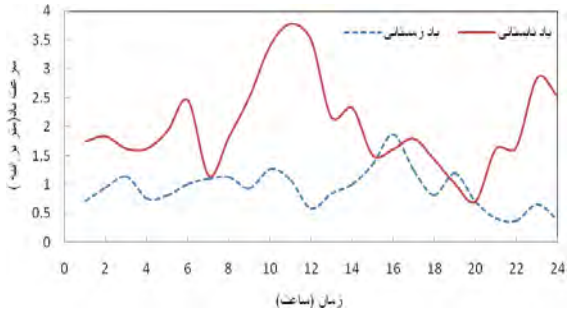


تصویر۳: سمت چپ :دیاگرام باد سالیانه سایت پروژه ،راست :دیاگرام الگوی تطبیقی جریان نسبت به موقعیت کانالهای بادگیرخانه مرتاض (ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۴- سمت چپ: دیاگرام باد ماهیانه سایت پروژه، راست: دیاگرام الگوی تطبیقی جریان نسبت به موقعیت کانال‌های بادگیرخانه مرتاض (ماخذ: نگارندگان)

تصویر۵ – سمت چپ: دیاگرام باد روزانه سایت پروژه، راست: دیاگرام الگوی تطبیقی جریان نسبت به موقعیت کانال‌های بادگیرخانه مرتاض (ماخذ: نگارندگان)

مطابق با نتایج حاصل از دیاگرام‌های فوق، موقعیت و جهت قرارگیری بادگیر در دوره‌های روزانه و ماهانه به گونه‌ای است که حداکثر تواتر باد ورودی در جهت کشیدگی بادگیر و رو به کانال‌های A و E و کانالهای مجاور آنها گزارش شده است. به طوریکه کانال E بصورت روزانه بهتر عمل می‌کند و کانال A بصورت ماهیانه در این زمینه در عملکرد بادگیر موثر می‌باشد. در حالیکه کانال D با عملکرد حدود ۱/۵ برابر، به دلیل داشتن تواتر باد بیشتر نسبت به کانال A و E در طول سال در این زمینه در عملکرد بادگیر موثر می‌باشد. این موضوع همچنین تفاوت عملکرد کانالهای مختلف بادگیر در دوره‌های زمانی متفاوت را تایید میکند. تصویر ۶ روند تغییرات ساعت به ساعت سرعت وزش باد در روزهای بحرانی سال که بر اساس اطلاعات دمایی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی محلی روزهای بیست و ششم ژوئن (ششم تیر ماه) و پانزدهم ژانویه (بیست و ششم دی ماه) میباشد، را نشان میدهد. مطابق نمودار تغییرات روزانه سرعت باد در گرمترین روز سال بین ۰/۵ تا ۴ متر بر ثانیه در ساعتهای ۸ شب و ۱۱ ظهر و در سردترین روز بین ۰/۳ تا ۱/۵متر بر ثانیه در ساعتهای ۱۰ شب و ۴ بعد از ظهر گزارش شده است. بنابراین میتوان گفت که بادهای روزهای گرم تابستان از نظر ایجاد تهویه طبیعی نسبت به بادهای زمستانی دارای پتانسیل بالاتری میباشند. با توجه به اهمیت موضوع تهویه طبیعی شبانه در اوقات گرم سال در مناطق گرم وخشک در ادامه به این موضوع پرداخته خواهد شد.

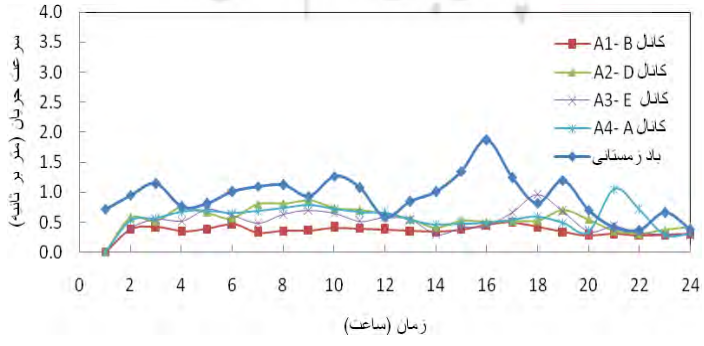


تصویر ۶- میانگین تغییرات ساعت به ساعت سرعت باد محلی در گرمترین و سردترین روز سال (ماخذ: نگارندگان)

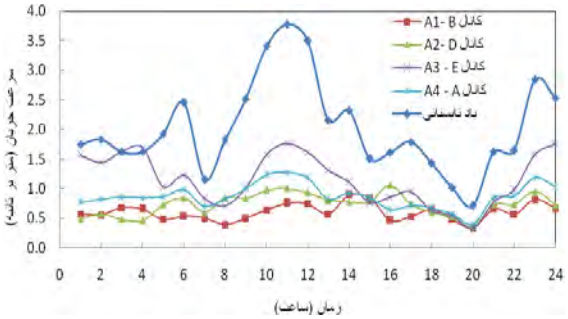
۵-۲- الگوی جریان هوای داخل بادگیر

به منظور دستیابی به الگوی جریان باد عبوری از داخل کانالهای بادگیر مورد مطالعه در گرمترین و سردترین اوقات سال، ابتدا بر اساس اطلاعات اقلیمی ایستگاه محلی گرمترین و سردترین روزهای سال مشخص شد. با توجه به اینکه داده‌های سرعت جریان باد در کانالهای مختلف بصورت هر ده دقیقه یکبار در روز گزارش گیری گردیده بود، در ابتدا تغییرات ساعت به ساعت سرعت باد عبوری از هر کانال در طول روز برای گرمترین و سردترین روزهای سال جهت ترسیم پروفیل باد در هر کانال میانگین گیری گردید. بررسی الگوی تغییرات جریان باد در داخل کانالهای مختلف بادگیر در گرمترین و سردترین روزهای سال نشان میدهد که میانگین ساعتی دامنه تغییرات سرعت جریان داخلی کانالهای بادگیر در گرمترین روز سال بین ۰/۲۵ تا ۱/۵ متر بر ثانیه و در سردترین روز سال بین صفر تا ۰/۹ متر بر ثانیه خواهد بود. همچنین مقایسه میزان تغییرات جریان باد داخلی با جریان هوای بیرون در گرمترین و سردترین روزهای سال نشان دهنده هماهنگی بیشتر جریانات داخل و اطراف بادگیر در اوقات گرم سال می‌باشد.

بنابراین مطابق نمودارهای تصویر (a و b) ۷ میتوان چنین نتیجه گرفت که عملکرد بادگیر در بکارگیری انرژی باد در دوره‌های گرم سال بهتر از دوره‌های سرد سال می‌باشد. این موضوع قابلیت عملکرد تهویه طبیعی بادگیر در دوره‌های گرم سال بویژه در بحث تهویه شبانه را تقویت خواهد نمود. مطابق نمودار فوق (b)۷ از ساعت ۸ شب تا ۱۱ شب روند تغییرات سرعت جریان باد در اطراف بادگیر از حدود ۰/۵ تا ۳ متر برثانیه رو به افزایش بوده و از ساعت ۱۲شب تا ۶ صبح که معمولا با افت دمای هوا رو برو هستیم روند تغییرات افزایشی سرعت جریان باد محیط با شیب نسبتا پایداری به میزان تغییرات بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر برثانیه در اطراف بادگیر جریان دارد. نتایج مقایسه عملکرد تهویه شبانه در کانال‌های مختلف نشان دهنده عملکرد تهویه‌ای بالاتر در کانال شرقی بادگیر یعنی کانال E می‌باشد.

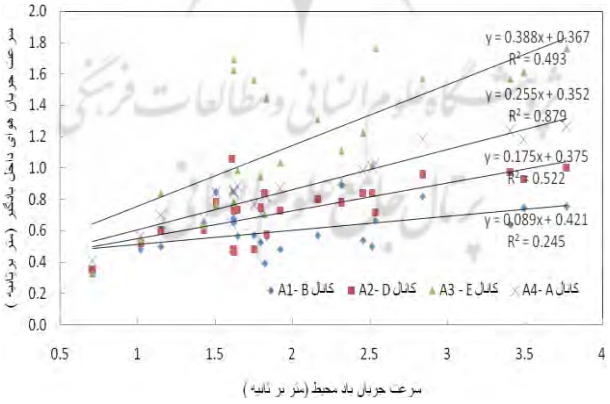


تصویر (a)۷ - میانگین تغییرات جریان هوای داخل بادگیر مرتاض در سردترین روزهای سال (ماخذ: نگارندگان)



تصویر (b)۷ – میانگین تغییرات جریان هوای داخل بادگیرمرتاض در گرم‌ترین روز سال (ماخذ: نگارندگان)

تصویر۸ به بررسی رفتار کانالهای مختلف بادگیر مورد مطالعه نسبت به سرعت جریان باد محیط در یک روز گرم تابستانی به روش تحلیل رگرسیونی می‌پردازد. نتایج نمودار فوق نشان میدهد، کانال A دارای بالاترین ضریب همبستگی (R^2) به میزان ۰/۸ و کانال B دارای کمترین ضریب به میزان ۰/۲ میباشد، این موضوع نشان دهنده این است که کانالهای مختلف بادگیر در یک روز گرم سال دارای تفاوت عملکرد حدود چهار برابر نسبت به یکدیگر میباشند. همچنین نتایج نمودار نشان میدهد کانال E دارای بالاترین شیب خط و کانال B دارای کمترین میزان شیب میباشند. بنابراین کانال E در روزهای گرم سال دارای عملکرد بالاتری نسبت به سایر کانالهای بادگیر میباشد که این موضوع تطابق عملکرد بادگیر با جهت باد غالب روزانه در تصویر ۵ و نیز عملکرد بالای این کانال نسبت به سایر کانالها در تصویر (b)۷ را نیز تایید میکند.

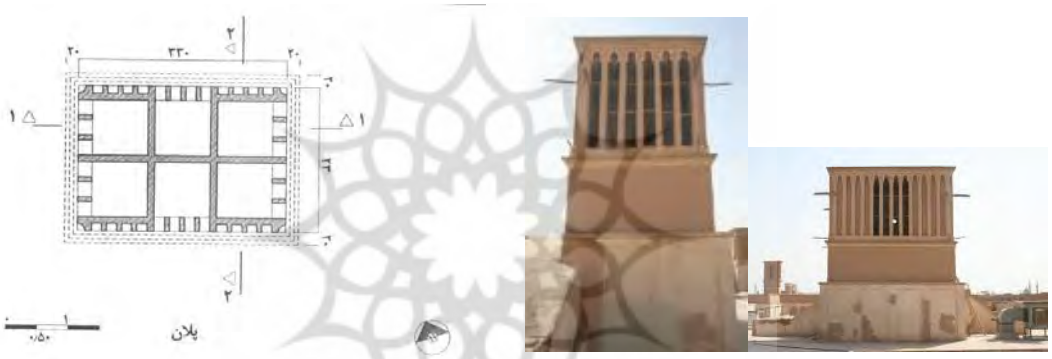


تصویر۸ – رابطه بین جریان باد محلی و جریان هوای داخل بادگیر در گرمترین روز سال (ماخذ: نگارندگان)

۵-۳- رابطه باد محلی با جهت‌گیری بادگیر

در این بخش تلاشی در جهت بررسی تطبیقی همسازی بادگیر مورد مطالعه با شرایط اقلیم محلی مدنظر بوده است که از طریق بررسی تاثیر الگوی باد محلی بر تناسبات بادگیر مورد مطالعه مورد بحث قرار گرفته است و این موضوع در بادگیرهای سایت پروژه تا شعاع ۵۰۰ متری نیز انطباق داشته است که نکته جالب و قابل بحثی در خصوص تناسبات بادگیر بنظر می‌رسد.

تصویر ۹ جهت گیری بادگیر نسبت به محور شمال جنوب و نیز تعداد منافذ باز و کانالها در جبهه‌های طولی و عرضی بادگیر را نشان میدهد. کشیدگی پلان بادگیر در راستای جهت باد غالب سالیانه شمال غرب جنوب شرق باعث می‌شود تا تعداد منافذ و کانالهای بادخور رو به بادهای غالب دوبرابر راستای شمال شرق جنوب غرب قرار گیرند و این مسیله کمک میکند تا بادگیر پتانسیل بیشتری در بهره گیری از انرژی طبیعی باد منطقه پیدا کند.



تصویر۹- سمت چپ :جهت گیری بادگیر خانه مرتاض نسبت به محور شمال جنوب (ماخذ: محمودی،۱۳۸۸)، راست: تصاویری از جبهه‌های طولی و عرضی بادگیر مورد مطالعه و تعداد منافذ باز در دهانه ورودی باد (ماخذ: نگارندگان)

همانطور که در تصویر ۹ مشاهده می‌شود جهت گیری بادگیر مورد مطالعه به گونه‌ای است که دو دهانه باز و کانال (کانال A و کانال مجاورش رو به جهت باد غالب شمال غرب و کانال E و کانال مجاورش رو به جهت باد غالب جنوب شرق) رو به جهت بادهای غالب قرار می‌گیرد، این در حالی است که در جهت‌های شمال شرقی و جنوب غربی یک دهانه باز و کانال B رو به جبهه شمال شرق و کانال D رو به جبهه جنوب غرب قرار گرفته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش سرعت باد در جهت‌های شمال شرقی و جنوب غربی با افزایش سطح هندسی پلان بادگیر در بدنه مواجه با باد سعی در افزایش کارایی و سرعت باد در این جهت‌ها از طریق طراحی مناسب و همساز با اقلیم در تناسبات بادگیر صورت گرفته است. این پدیده از طریق معادلات دینامیک سیالات نیز قابل توجیه است طبق معادله زیر :

$$q_1 = q_2 \qquad (۱)$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 \qquad (۲)$$

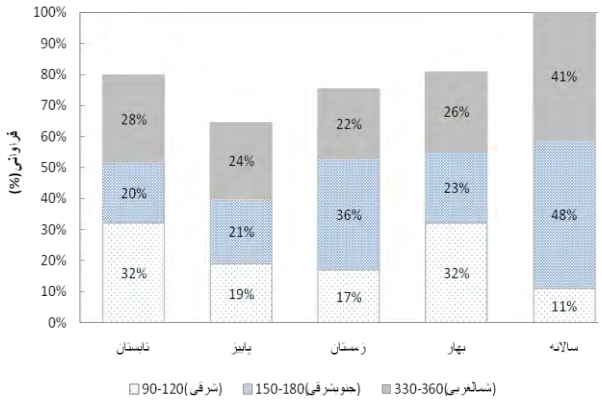
q_1 جریان حجمی هوا در ورودی بادگیر و q_2 جریان حجمی در خروجی بادگیر. A_1 مساحت دهانه رو به باد بادگیر، V_1 سرعت جریان باد ورودی بادگیر A_2 مساحت دهانه خروجی بادگیر و V_2 سرعت جریان خروجی از بادگیر میباشد. از آنجاییکه میزان جریان حجمی هوا در ورودی و خروجی بادگیر میزان ثابتی است. بنابراین به منظور تعدیل میزان جریان حجمی هوا در ورودی بادگیر q_1 با افزایش سرعت جریان هوا در جهت بادهای غالب منطقه سطح هندسی پلان بادگیرکاهش میابد.

تصویر ۱۰- جهت گیری بادگیرهای منطقه مطالعاتی (ماخذ : نگارندگان)

۵-٤- ارزیابی عددی جهت گیری و عملکرد بهینه بادگیر در طول سال

نمودار تصویر ۱۱ به مقایسه میزان دریافت باد توسط بادگیر در جهت‌های باد غالب سالیانه (مطابق تصویر ۳) را در فصول مختلف سال نشان میدهد. نتایج نشان دهنده میزان دریافت باد بیشتر در فصول تابستان و بهار می‌باشد. همچنین بیشترین فراوانی بادهای غالب منطقه مربوط به بهار و تابستان در جهت باد غالب شرقی و شمال غربی مشاهده و ثبت گردیده است. اما از آنجایی که بادهای همراه با گرد و غبار ۱۲۰ روزه سیستان بعنوان یکی از مهم ترین نمودهای آب و هوایی شرق ایران است و در مقیاس منطقه ای در فصول گرم سال جریان دارد، بنابر این جهت گیری شرقی نمی‌تواند تاثیر مثبتی در عملکرد تابستانه بادگیر ایفا کند. لذا این موضوع اهمیت و لزوم کنترل گرد و غبار در دریچه‌های بادگیر به منظور جلوگیری از نفوذ آلودگی به فضاهای داخلی را خاطر نشان می‌سازد.

از طرف دیگر جهت گیری بادگیر در راستای شمال غرب – جنوب شرق قابلیت بادگیر در بکارگیری ۸۰ درصدی از بادهای غالب منطقه در فصل تابستان را فراهم آورده که در این میان ۴۸ درصد از بادهای غالب محلی را بادهای مطلوب شمالغرب و جنوبشرق شامل می‌شوند. این موضوع جهت گیری بهینه بادگیر در بهره گیری حداکثر از پتانسیل‌های باد منطقه به منظور عملکرد تهویه‌ای بهتر در تابستان را تایید می کند.



تصویر ۱۱- بررسی میزان دریافت باد در جهت گیری وضع موجود بادگیر خانه مرتاض نسبت به بادهای غالب محلی در فصول مختلف سال (ماخذ: نگارندگان)

٦- نتیجه‌گیری و بحث

با وجود مطالعات و تحقیقات گوناگونی که تاکنون در زمینه‌های مختلف بر روی بادگیرهای سنتی بویژه بادگیرهای یزد صورت گرفته، متاسفانه این نماد معماری همساز با اقلیم در بافت تاریخی شهر یزد رو به تخریب بوده و بدون کارکرد رها شده است. از طرفی اقدامات اندکی که در جهت مرمت و احیا بادگیرهای سنتی یزد صورت پذیرفته عمدتا به مرمت ظاهری و کالبدی اکتفا نموده اند. این در حالی است که امروزه در سایر نقاط دنیا از جمله مصر، دوبی، قطر و انگلستان با الگوگیری از مکانیسم عملکردی بادگیرهای سنتی ایران و به روز سازی و بومی‌سازی آنها، سیستم‌های تهویه طبیعی و خنک کنندگی جدید بسیاری مورد اجرا و استفاده قرار گرفته است. از جمله کاربردهای جدید بادگیر در معماری مدرن می‌توان به بادگیرهای مخروطی شکل مرکز فروش بلوواتر انگلیس و نیز طراحی بادگیرهای مدرن در ساختمان کوئینز دانشگاه مونت فورت در لستر انگلستان اشاره نمود.

- مقایسه نتایج میزان تغییرات روزانه سرعت باد محیط بیرون (به میزان ۰/۵ تا ۴ متر بر ثانیه) با میزان تغییرات سرعت جریان باد خروجی از بادگیر (به میزان ۰/۲۵ تا ۱/۵ متر بر ثانیه) در یک روز گرم تابستان نشان دهنده عملکرد بادگیر به عنوان یک سیستم تهویه طبیعی در به دام انداختن بادهای محیطی و کاهش و تنظیم سرعت باد بیرون به منظور تامین شرایط آسایش باد در داخل ساختمان می‌باشد. دکتر رازجویان واکنش انسان نسبت به سرعت هوا را در تحقیقات خود بررسی نموده و مطابق با استاندارد ارایه شده توسط روش اولگی دامنه مطلوب تغییرات جریان هوای بین ۰/۲۵ متر بر ثانیه تا ۱/۰۰ متر بر ثانیه (جریان هوای محسوس و مطبوع) اشاره گردیده است. بنابراین مقایسه نتایج جریان خروجی از بادگیر با روش اولگی در زمینه محدوده آسایش سرعت جریان هوا نشان میدهد که بادگیر تنها با بکارگیری انرژی‌های تجدید پذیر همچون باد و بدون دخالت سیستم‌های مکانیکی می‌تواند در کنترل، تنظیم و تعدیل سرعت جریان

هوا نقش موثری داشته باشد (رازجویان،۱۳۹۳و Kalantar,2009 و saadatian, 2012).

- مقایسه نتایج حاصل از آنالیز سرعت باد محیط و چگونگی جهت‌گیری بادگیر مورد مطالعه نشان می‌دهد که کشیدگی هندسه بادگیر مورد مطالعه در راستای جهت باد غالب سالیانه شمال‌غرب میباشد. بطوریکه جهت گیری بادگیر به گونه ای است که تعداد کانالها و منافذ باز بیشتر رو به باد غالب شمالغرب - جنوبشرق قرارگیرند. این مسئله در مورد بادگیرهای تا شعاع حدود ۵۰۰ متری در سایت پروژه بادگیر مورد مطالعه مورد بررسی و تایید قرار گرفته است (تصویر ۱۰). بر اساس مطالعات انجام شده در این تحقیق هرچه سرعت باد ورودی بادگیر بیشتر تعداد دهانه‌های رو به باد غالب بیشتر خواهد بود. و نیز در بادگیر مورد مطالعه سرعت باد در کانال‌های رو به باد غالب به نسبت کاهش ابعاد هندسی بادگیر، افزایش می‌یابد. محمودی (محمودی، ۱۳۸۸) به بررسی تطبیق کالبدی بادگیرها و شرایط اقلیمی در دو شهر یزد و بندر لنگه پرداخته و اشاره نموده که در اقلیم‌های گرم و خشک عامل باد تاثیر گذارترین عامل بر چگونگی شکل گیری و جهت گیری بادگیرها می‌باشد. منتظری (montazeri ,2011) نیز به نقش منافذ باز و تعداد بازشوها در عملکرد بادگیرها اشاره نموده است. نتایج تحقیقات منتظری که برروی پنج بادگیر مدلسازی شده با سطح مقاطع یکسان صورت گرفته نشان داد که تعداد بازشوها مهمترین عامل در عملکرد تهویه ای بادگیرها بشمار می‌روند. ایشان همچنین به حساسیت عملکرد بادگیر به جهت وزش باد نیز در نتایج تحقیق خود دست یافته است. لازم بذکر است نتایج تحقیقات مشابه مذکور به اهمیت و صحه گذاری نتایج موضوع مورد بررسی در این پژوهش کمک خواهد نمود.

- از جمله چشم اندازهای پیش رو در زمینه شناخت کمی و عددی عملکرد بادگیرهای سنتی و نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها و آنالیزهای عددی بلند مدت و دقیق بر روی کارکرد تهویه‌ای بادگیرها می‌توان به بومی‌سازی استانداردهای جهانی تدوین شده در مباحث تهویه طبیعی همچون اشری (ASHRAE) اشاره نمود که این مهم می‌تواند گامی موثر در راستای دستیابی به الگوهای کاهش مصرف انرژی در کشور باشد.

- آگاهی از ویژگیهای اقلیم محلی و درک عوامل اقلیمی موثر بر کارکرد بادگیرها موضوعی است که در معماری سنتی ایران از دیر باز مورد توجه بوده است. ازاین رو جهت تداوم این رویکرد همسازی با اقلیم در بازسازی، نوسازی و استفاده مجدد بصورت بهینه از این میراث در دست فراموشی لزوم توجه به بحث شناخت و ارزیابی کمی و عددی دقیق مکانیسم عملکردی بادگیرها به شدت احساس میگردد. این شناخت کمی و عددی عملکرد بادگیرهای سنتی می‌تواند به معماران و طراحان کمک نماید تا ضمن پی بردن به نقش بادگیرها در کاهش مصرف انرژی بعنوان عناصر تاریخی معماری، طراحیهای امروزی بادگیرها را بر اساس الگوگیری از اصول عملکردی بادگیرهای سنتی انجام داده و با بکارگیری انرژی‌های طبیعی در طراحی‌ها گام‌های

موثری در جهت کاهش مصرف انرژی، کاهش آلودگی هوا و حذف سوخت‌های فسیلی بردارند.

فهرست علائم

q جریان حجمی هوا $(m^3.s^{-1})$

A سطح مقطع (m^2)

V سرعت جریان هوا $(m.s^{-1})$

سپاسگزاری

تحقیق حاضر بخشی از پروژه رساله دکترای نویسنده مسئول میباشد که با همکاری دانشگاه بروکسل بلژیک و دانشگاه یزد به نتیجه رسیده است و نویسندگان این مقاله بدینوسیله از همکاری آنها صمیمانه قدردانی نموده و کمال سپاسگزاری را دارند

منابع

- بهادری نژاد، مهدی و دهقانی، علیرضا .)۱۳۹۱) . بادگیر شاهکار مهندسی ایران، انتشارات یزدا.
- حاج قاسمی، کامبیز .(۱۳۸۳) .گنجنامه خانه‌های یزد. تهران: انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- رازجویان، محمود. (۱۳۹۳) . آسایش در پناه باد. تهران: انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- رازجویان، محمود. (۱۳۹۳) . آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم. تهران: انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- قبابکلو، زهرا. (۱۳۹۴) . مبانی فیزیک ساختمان ۲. چاپ یازدهم. تهران: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- طاهباز، منصوره. (۱۳۸۸) . روش تحلیل آمار هواشناسی برای طراحی معماری همساز با اقلیم. تهران: مجله هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی، شماره ۳۸.
- محمودی، مهناز. (۱۳۸۸) . بادگیر نماد معماری ایران. انتشارات یزدا.
- Ayatollahi M. H. (2005). Preserving the traditional "Wind Catchers" to preserve the urban identity, Living in Earthen Cities, Türkiye.
- Bahadori, M.N., Mazidi M., Dehghani A. R., (2008). Experimental investigation of new designs of wind towers ". Renewable Energy; Vol. 33.
- Bahadori, M.N. (1985), An improved design of wind towers for natural ventilation and passive cooling, Solar Energy,Vol. 35, No. 2, pp. 119-129.
- Bahadori, M.N. (1994). Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the Middle East, Renewable Energy,Vol. 5, No. 2, pp. 879-892.
- Ghiabaklou, Z. (1996). A Passive Evaporative Cooling System for Residential Buildings, PhD Thesis, New South Wales University, Kensington.
- Hedayat, Zh., et al. (2015 a). Performance assessment of ancient wind catchers -an experimental and analytical study. Energy procedia, 78: 2578 – 2583, 2015. DOI :10. 1016/j. egypro. 2015. 11. 292.
- Hedayat Zh., et al.(2015b). Energy modeling and air flow simulation of an ancient wind catcher in Yazd, 3rd International Congress on Civil Engineering,Architecture and Urban Development Shahid Beheshti University , Tehran , Iran. 29-31.
- Hedayat, Zh., et al. (2017). Wind Energy and Natural Ventilation Potential of a Wind Catcher in Yazd–Iran (A Long-Term Measurement). International Journal of Green Energy. DOI :10. 1080/15435075. 2017. 1315807.
- Hedayat Zh., et al. (2017). Energy performance analysis of solar-wind catchers under hot and dry climatic condition in Iran-Yazd. International journal of solar energy research, 2: 12-19, 2017. ISSN 2588-3097
- Kalantar, V. (2009). Numerical simulation of cooling performance of wind tower (Baud-Geer) in hot and arid region. Renewable Energy, 34:246-254.
- Mahyari, A. (1996). The Wind Catcher, PhD Thesis, University of Sydney, Sydney.
- Montazeri, H. (2011). Experimental and numerical study on natural ventilation performance of various multi-opening wind catchers". Building and Environment, Vol. 46, pp. 370-378.
- Roaf, S., et al. (1988). The Windcatchers of Yazd, PhD Thesis, Department of Architecture, Oxford Polythechnic.
- Roaf, S., et al. (2008). The Traditional Technology Trap (2): More lessons from the Windcatchers of Yazd, 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, PLEA.
- Saadatian, O., Haw, L. C., Sopian, K., Sulaiman, M. Y., (2012). Review of windcatcher technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, pp. 1477–1495.

- Yaghoubi, M. A., Sabzevari A., Golneshan, A., (1991). Wind towers: measurement and performance. Solar Energy, Vol. 47 (2), pp. 97–106.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house)

Zhaleh Hedayat[1], S.Zeinab Emadian Razavi[2*], S.Mohammad hosein Ayatollahi[3]

1- Faculty of art and architecture, Yazd University, Yazd, Iran
2- Faculty of art and architecture, Yazd University, Yazd, Iran
3- Faculty of art and architecture, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Windcatchers in Yazd are a prominent example of energy saving through building design in hot-arid climates. Therefore, careful quantitative and numeric study of their performance and behavior can be beneficial towards achieving climate-friendly solutions. this research is carried out based on field studies and long-term measurement of climatic factors in a traditional windcatcher in Yazd. In this study the results of long-term measurements of wind flows around and inside the windcatcher of Mortaz house as a sample in Yazd's historical fabric are presented to examine its performance in utilizing wind energy.

A local station for extracting micro-climatic data from the study region was installed and the windcatcher was equipped with devices and censors for climate data measurement. comparing the velocity profiles for the outward airflow of the windcatcher and the local wind flow in hottest and coldest days of the year indicated a higher conformity between the abovementioned airflows in the cooling period (hot days of the year). Furthermore, the higher velocity of winds in summer compared to winter in the region which causes increased airflow inside the windcatcher during the cooling season also indicates better performance during the cooling season compared to the heating season (cold days of the year). This also applies to ventilation during the night. Physical properties of the windcatcher were also compared with local climatic conditions. The orientation of the windcatcher allows it to receive 80% of dominant wind flows during summer, among which 48% are desired wind flows. therefore the goal of this paper is to present the pattern of wind behavior in the studied windcatcher in order to examine its conformity with local climatic conditions.

Keywords: Wind-catchers of Yazd, wind flow pattern, Local climatic data

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

*Email: z_emadian@yazd.ac.ir

CONTENTS

Explaining the Concept of Architecture Stylistics by Introducing a New Approach in Iran's Architecture Stylistics (Motivated by architectural conservation) 30
Hadi Nadimi, Reza Abouie, Zeinab Moradi

Physical - Spatial typology of Safavid Religious tombs in Isfahan 52
Azita Belali Oskuyi, Yahya Jamali

Wind flow patterns in ancient wind catchers of Yazd based on a long term measurement (case study: Mortaz house) 70
Zhaleh Hedayat, S.Zeinab Emadian Razavi, S.Mohammad hosein Ayatollahi

Design of temporary accommodation model after the Qom potential earthquake 93
Zohair Motaki, Akbar Haj Ebrahim Zargar, AbdolMajid Khorshidian, Sayyed Masood Mirghasemi

Maidan: Understanding its Conceptual domain and the range of it's instances in Qajar period, Based on Historical Maps 118
Mahnam Najafi, Reza Shakouri

Studying the effect of khavunchini on heat transfer from South facade in summer, in very hot and semi-arid climate of Khuzestan 139
Ali Dahar, Mansoureh Tahbaz, Mohsen Taban

Investigation of the Historical-physical classification of Haft-shoyeh Jame Mosque based on Comparative Studies 174
Mehdi Razani, Yadolahe Haydari Babakamal

Evaluation of the Biophilic Approach to Energy Conservation in Residential buildings of Kerman 197
Sara Mohammadi, Behzad Vasigh

Documentation of urban open spaces based on the principles of the Sofia Charter Case Study: Pamenar neighborhood open spaces in Kerman 225
Sakineh Tajaddini, Mohsen Keshavarz, Mahboubeh Eslamizadeh, Mahdieh Ziaadini Dashtkhaki

Learning from the past; applying space syntax theory in Atrvash and Mohtasham houses in continuity of sense of place in contemporary houses 250
Amin Habibi, Elham Fallahi, Sina Karmirad

Optimization of the building orientation to receive solar radiation in hot-aridclimate (Case Studies: Isfahan, Semnan, Kerman and Yazd cities) 267
Hassan Akbari, Fatemeh Sadat Hosseini Nezhad

Indoor Environmental Quality in Qajar Houses of Shiraz with an emphasis on Thermal Comfort and Daylighting (case study: Nemati House) 291
Aida Zare Mohazzabieh, Shahin Heydari, Azadeh Shahcheraghi

INSTRUCTIONS TO CONTRIBUTORS

- Scientific-research articles published after peer review and approval of the editorial board. Other papers such as translation, compilation, book reviews alll llll lll ll l l ceeee..
- The paper con not be previously published in other journals or other publications or conferences ever to be sent for review and printing.
- The paper should preferably Persian. Although this publication is to be confirmed in writing to publish the English language.
- The paper should have an appropriate level of scientific and research methods and rules are formulated in writing to abide by and be smooth.
- The editorial board may accept or reject the article is accepted.
- In the first page, the author (s) full name, title and affiliation, subsidiary of the organization, address, email and phone number of author/authors should be given. Also, if the paper is based on a grant or a student thesis, it should be noted accordingly on the first page.
- The paper should include an abstract, introduction (including the problem statement, the importance and necessity, goal, history, questions or hypotheses, research methods, introduced variables and domain research), concepts and on theoretical grounds, the application of methods and techniques and analysis and conclusions (in line with the goals and hypotheses or questions and results of applying the techniques and methods), and references.
- Abstracts should be written in Persian and English and its review of the problem statement, goals, methodology, findings and conclusions and key words (4 to 6 words). This alone should be expressed in all the paper, especially the results. Persian abstract is about 350 words. Persian and English abstracts must be provided in a separate page and be numbered from No. 1 to the end.
- Papers typed on Bzar font. The main title font is 14 Black, the sub title font is 12 Black, text font is 14 and abstracts font will be typed size 12.
- The right margin of 3 cm, left margin of 2/5, up 3/5 and bottom 2/5 cm and distance between the lines to be single.
- Bibliographic information about papers, books, reports and other references will be made this way:
  - Book: Author(s). (year). book title, translator, publisher and location, publishing time.
  - Paee:: rrrrrr rrr. (yea)). llll ll eer iille, Jnnnasss aa,,, mmmmm number.
  - Thesis: Author. (year). full thesis title, supervisor name, university name.
- The sole responsibility for views and statements expressed in the paper remains with the author/autors.
- If a paper has several authors, one must be represented as the author corresponding.