J. Energy Conversion
Volume: 11, Issue: 3, 2024: 59-77

نشریه علمی-تخصصی تبدیل انرژی (JEED)

دوره ۱۱، شماره ۳، پاییز۱۴۰۳، ص: ۷۷-۵۹

تأثیر برج بادگیر تک‌کاناله بر جریان هوا و سرمایش ساختمان

کورس نکوفر[۱و*]، مهدی ودودی[۲]، سیدآرش سیدشمس طالقانی[۳]

*۱-دانشیار، گروه مکانیک، دانشکده فنی مهندسی، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران kouros.nekoufar@iau.ac.ir
۲-کارشناس ارشد، دانشکده فنی مهندسی، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایران vadoudi@gmail.com
۳-استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری هوایی، پژوهشگاه هوافضا، taleghani@ari.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۹، بازنگری: ۱۴۰۳/۷/۱۵، پذیرش:۱۴۰۳/۹/۹

چکیده

در این مقاله با استفاده از روش‌های سنتی و بی‌نیاز از مصرف انرژی در تهویه و خنک‌کاری ساختمان به‌صورت عددی پرداخته شده است. با در نظر گرفتن مدلی از بادگیر به بررسی تأثیر پارامترهای مؤثر بر روی عملکرد بادگیر مبادرت شده و نتایج تأثیر ارائه شده است. دو حالت کلی در نظر گرفته شد که یکی از مدل‌ها شامل یک سطح جاذب حرارت (متناظر با حوض و یا سطوح مرطوب در بادگیرهای سنتی) و دیگری به صورت ساده بود. در این تحقیق مشاهده شد که افزایش ارتفاع بادگیر عملکرد آن را بهبود داده و هم‌چنین سرعت باد نیز در کارایی بادگیر نقش مثبتی دارد. هم‌چنین وجود سطح جاذب حرارت دمای داخل را نسبت به حالت معمولی به مقدار بیش‌تری کاهش داد. از مدل سازی صورت گرفته در این تحقیق مشخص شد که وجود بادگیر می‌تواند تا ۱۱ درجه دمای داخل منزل مسکونی را کاهش داده و هم‌چنین میزان تهویه هوای داخل ساختمان نیز به‌صورت چشمگیری بهبود یابد.

***عهده‌دار مکاتبات:** kouros.nekoufar@iau.ac.ir

کلمات کلیدی: بادگیر، تهویه مطبوع، سرمایش ساختمان، مطالعه عددی

نحوه ا ستناد به این مقاله کورس نکوفر، مهدی ودودی، سیدآرش سید شمس طالقانی. تأثیر برج بادگیر تک‌کاناله بر جریان هوا و سرمایش ساختمان. مهندسی مکانیک تبدیل انرژی. ۱۴۰۳; ۱۱ (۳) : ۷۷-۵۹

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

۱- مقدمه

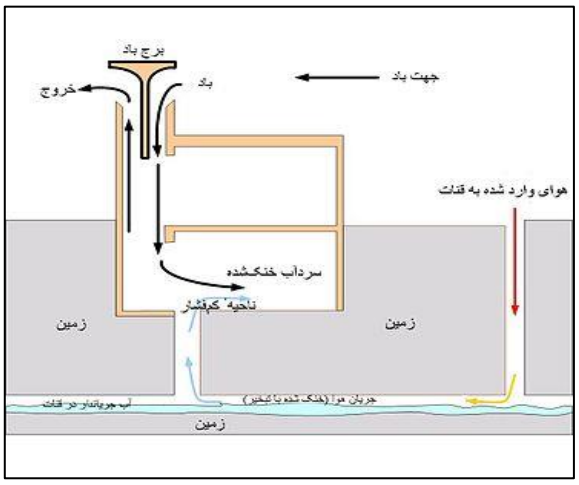
تهویه مطبوع به‌معنی انجام عملیاتی روی هوا می‌باشد تا به‌توان شرایط هوای محل مورد نظر را برای زیستن، کار کردن یا عملیات صنعتی، راحت و بهداشتی نمود و به‌حد مطلوب رساند. سیستم‌های تهویه مطبوع با روش‌های کنترل خاص خود, باعث ایجاد شرایط آسایش هوایی برای ساکنین می‌گردد.

تهویه مطبوع یا هوارسانی دل‌پذیر یا هوایش دل‌پذیر شاخه‌ای از مهندسی مکانیک است. وظیفه آن تأمین شرایطی است که موجب رفاه انسان شود و برای نگه‌داری محصول یا فرآیند خاصی موردنیاز باشد. برای انجام چنین عملی دستگاهی با ظرفیت مناسب بایستی نصب گردد. ظرفیت دستگاه با حداکثر بار لحظه‌ای واقعی تعیین می‌گردد و نوع کنترل نیز با توجه به شرایطی که باید در طی مدت اعمال پیک بار و بار جزئی تأمین شود، مشخص می‌شود.

برای آسایش انسان، دما، رطوبت، سرعت و ترکیب هوا باید در محدوده معینی قرار داشته باشد. به‌عنوان مثال دمایی حدود ۲۳ درجه سلسیوس و سرعت بادی نزدیک ۱۵متر بر دقیقه و رطوبت نسبی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد، شرایط آسایش انسان را فراهم می‌کنند. شرایط آب و هوای محیط معمولاً با این محدوده‌ها فاصله دارد و باید با روش‌هایی دما و رطوبت و سرعت و ترکیب هوا را به محدوده مدنظر رساند.

۲- بادگیر

بادگیر، یک روش ابداعی ایرانی برای ایجاد فضای خنک در داخل منازل گرم کویری است. این دستگاه تهویه مطبوع، سالیان درازی، فضای زندگی مردم ایران را قابل تحمل کرده است. بادگیرها معمولاً برجک‌های کوچکی به‌صورت چهارضلعی یا چند ضلعی‌های منتظم‌اند که ساختار مثلث در آن‌ها به هیچ‌وجه دیده نمی شود. بادگیر تشکیل شده است از برجکی تقریباً مرتفع‌تر از جاهای دیگر خانه در روی بام. عموماً بادگیرها بر روی قسمتی از خانه‌های کویری به‌نام حوض‌خانه بنا می‌گردید. حوض‌خانه, ایوانی کوچک بوده است که در انتهای اتاق‌های تابستانی هر عمارت قرار داشته است. اتاق‌های تابستانی از اتاق‌هایی با ابعاد بزرگ و درهای زیاد (گاهی اوقات تا ۵در به‌دلیل جریان یافتن هوا) تشکیل شده‌اند که در انتهای آن‌ها حوض‌خانه بود. حوض‌خانه به‌شکل فضای رابط میان حیاط خانه و اتاق‌های تابستانی است. در میان این فضا، حوض کوچکی بود و دلیل نام‌گذاری این فضا نیز به‌علت وجود این حوض در میان این فضا بود. بادگیرها دقیقاً در بالای این حوض قرار دارند، ولی از طریق منافذی که دارند جریان هوا را به روی آب حوض هدایت می‌کنند. بادگیر معمولاً چهارگوش است و در دیوارهای چهارگانه آن چند سوراخ تعبیه شده است. درون بادگیر با تیغه‌ها و جدارهایی که از خشت یا چوب و خشت ساخته شده است، به چند بخش تقسیم می‌شود. شکل (۱) شماتیکی از نحوه عملکرد بادگیر را نشان می‌دهد.



شکل ۱: شماتیک نحوه عملکرد بادگیر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

بادگیرهای ایران به‌طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:
بادگیرهای اردکانی
بادگیرهای کرمانی
بادگیرهای یزدی - شکل (۲)

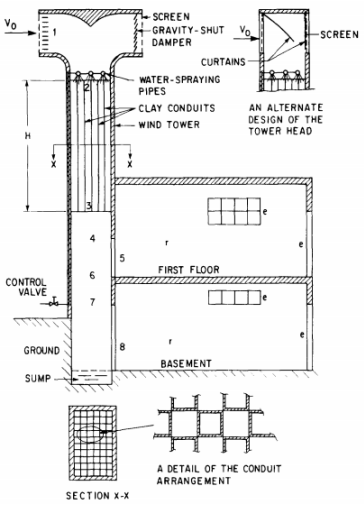


شکل ۲: بادگیر باغ دولت آباد

۳-پیشینه مطالعات

به‌علت ساختار سنتی بادگیرها و طراحی آن‌ها بر اساس اصول سنتی، مطالعات علمی بر روی این سیستم‌ها از اواخر قرن بیستم آغاز شد.

در یکی از اولین تحقیقات، بهادری [۲] در سال ۱۹۸۵ به ارائه یک طراحی بهبود یافته برای بادگیرها اقدام کرد. در این طرح پیشنهادی، علاوه بر مکانیزم جریان یافتن هوا به‌داخل به‌دلیل سرعت باد، از مکانیزم سرمایش تبخیری نیز در مسیر باد استفاده شد تا قابلیت پایین آوردن دمای محل سکونت بیش‌تر گردد. شماتیک طرح پیشنهادی در شکل (۳) نشان داده شده است. در این بررسی که به‌صورت تحلیلی به حل معادلات مومنتوم، انرژی و پیوستگی پرداخت، مشخص شد که کارایی سیستم پیشنهادی نسبت به نمونه‌های سنتی، چه در زمینه میزان هوای جریان یافته و چه در زمینه خنک‌کاری صورت گرفته، بهبود یافته است.

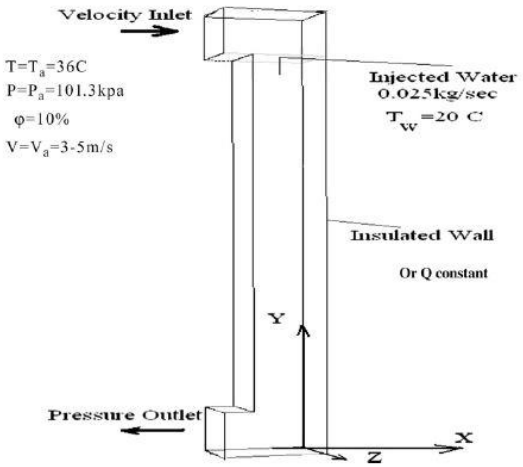


شکل ۳: طرح پیشنهادی توسط بهادری [۲]

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

بهادری همچنین حدود ده سال بعد (۱۹۹۴) [۳] به بررسی امکان‌پذیری استفاده از بادگیرها در شرایط جوی گوناگون مناطق گرم و خشک پرداخت. وی در سال ۲۰۰۸ به همراه همکاران به مطالعه تجربی طرح ابتکاری دیگری برای بادگیر پرداخت[۴]. دو طراحی جدید برای بادگیر با نمونه‌های مرسوم مقایسه شد. ابعاد همه نمونه یکسان بوده و تنها در ساختار داخلی آن‌ها تفاوت وجود داشت. یکی از این نمونه‌ها دارای پرده‌های مرطوب آویزان شده از درون بادگیر بود و نمونه دیگر دارای سطحی بود که مرطوب بوده و در نزدیکی ورودی بادگیر در مسیر جریان هوا قرار گرفته است. دمای هوای خروجی از برج‌های جدید بسیار خنک‌تر از نمونه متداول است. تنها اندکی افت فشار در نمونه‌های جدید مشاهده شد. هم‌چنین مشخص شد که نمونه دارای پرده در سرعت‌های باد بالا و نمونه دارای صفحه مرطوب در سرعت‌های باد پایین عملکرد بهتری نشان می‌دهند.

در سال ۲۰۰۹ ولی کلانتر به شبیه سازی عددی عملکرد برج بادگیر در مناطق گرم و خشک پرداخت[۵]. در این بررسی ابتدا سرعت باد درون بادگیر و بیرون آن، به صورت تجربی طی چهار روز اندازه‌گیری شد و پس از آن توسط کدی که توسط نویسنده توسعه یافته بود، شبیه‌سازی مسئله صورت گرفت. پارامترهای مسئله شامل دمای هوای ورودی، رطوبت نسبی، میزان تبخیر آب و ... می‌شد. برای راستی آزمایی مدل‌سازی صورت گرفته، مسئله یک‌بار دیگر نیز توسط نرم‌افزار تجاری Fluent نیز مدل شد و نتایج انطباق خوبی نشان دادند. در این بررسی مشخص شد که اگر برج‌ها با سیستم تبخیر آب تجهیز شوند، کاهش دمای قابل توجهی رخ خواهد داد. شماتیک و اندازه مدل مورد بررسی در شکل (۴) نمایش داده شده است.



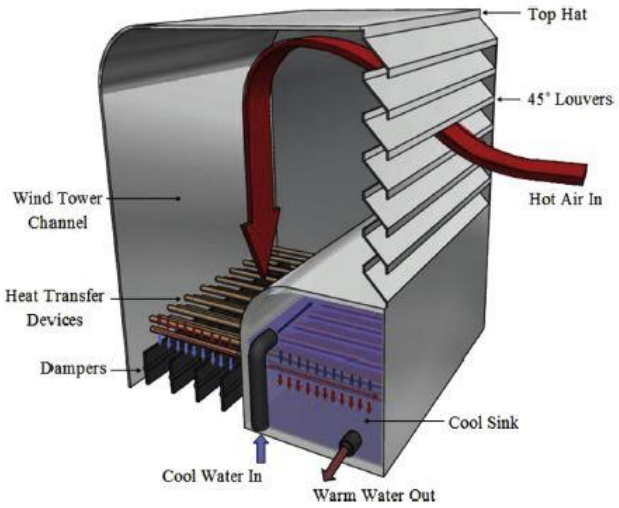
شکل ۴: هندسه مورد بررسی [۵]

در سال ۲۰۱۱ سوتلو و همکاران به ارائه یک مدل تئوری برای تخمین عملکرد یک بادگیر دارای تبخیر پرداختند [۶]. در این مدل اصول بقای انرژی و جرم لحاظ شده و شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار TRNSYS صورت گرفت. مدل ایجاد شده براساس یک نمونه ساخته شده در مادرید اسپانیا بررسی گردید. مدل توسعه یافته خطایی در حد ۰/۷۹ درصد با نتایج تجربی داشت و مشخص گردید که مدل ایجاد شده برای تخمین بار برودتی بادگیر و استفاده در زمینه‌های غیردقیق مانند طراحی اولیه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در سال ۲۰۱۵ کلاتیت و همکاران [۷] به بررسی عددی و هم‌چنین آزمایش در تونل باد برای یک بادگیر مجهز شده به لوله‌های انتقال حرارت پرداختند. نتایج بررسی نشان داد که استفاده از لوله‌هایی که دارای سیال سرد هستند در مسیر کانال بادگیر می‌تواند تا ۱۲ درجه دمای خروجی بادگیر را کاهش دهد. هم‌چنین در این بررسی نتایج بررسی عددی و شبیه‌سازی در تونل باد انطباق قابل قبولی داشت. در شکل (۵) طرح پیشنهادی این تحقیق نشان داده شده است.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

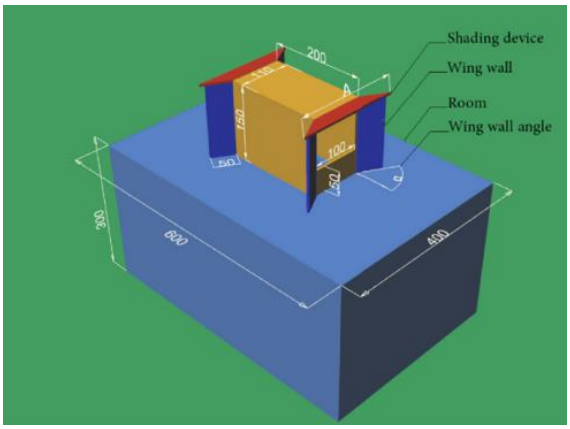


شکل ۵: نمای شماتیک طرح استفاده شده توسط کلاتیت و همکاران [۷]

در سال ۲۰۱۶ افشین و همکاران به بررسی تجربی عملکرد بادگیر دو جهته برای زوایای مختلف باد و هم‌چنین سرعت‌های مختلف باد در تونل باد و استفاده از نمایش مسیر جریان با استفاده از دود پرداختند [۸]. این مدل با مقیاس ۱:۵۰ و از روی یک نمونه واقعی در یزد ساخته شد. نتایج نشان داد که زاویه باد تأثیر قابل توجهی در کارکرد بادگیر دا شته و بیش‌ترین دبی در زاویه باد ۹۰ درجه ایجاد می‌شود. هم‌چنین مشخص شد که بهترین کارکرد بادگیر در زاویه گشودگی ۵۵ درجه دیده می‌شود.

در سال ۲۰۱۶ نجات و همکاران [۹] به بررسی یک بادگیر دو طرفه با دیواره جناحی پرداختند. در این بررسی هم به مطالعه یک نمونه آزمایشگاهی از سیستم پیشنهادی پرداخته شده و هم مدل‌سازی عددی صورت می‌پذیرد. چهار نمونه کوچک شده در تونل باد با سرعت پایین بررسی شدند.

سه نمونه دارای دیوارهای جناحی با زوایای ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه بودند و یک نمونه حالت ساده بادگیر بود. نمونه سیستم پیشنهادی در شکل (۶) نمایش داده شده است.



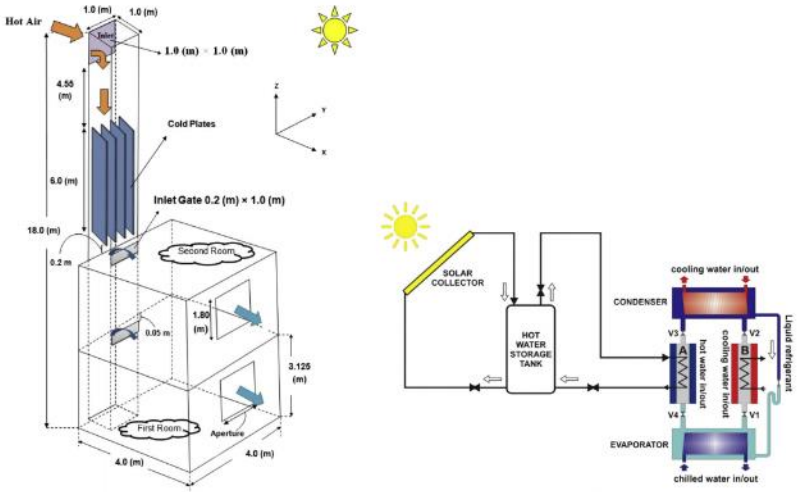
شکل ۶: نمونه سیستم پیشنهادی توسط [۹]

سرعت در نظر گرفته شده در مدل سازی‌ها بین ۰/۵ تا ۲/۵ متر بر ثانیه و زاویه‌های دیوارهای جناحی بین ۵ تا ۷۰ درجه در نظر گرفته شد. دامنه بهینه برای زاویه دیوار جناحی بین ۱۵ تا ۳۰ درجه به‌دست آمد. در این بررسی مشخص شد که سرعت باد ورودی به بادگیر در حالت استفاده از دیوارهای جناحی ۳۶٪ سرعت باد محیط و در حالت بادگیر متداول برابر با ۲۴٪ سرعت باد محیط است.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

در سال ۲۰۱۶ حقیقی و همکاران [۱۰] به بررسی یک بادگیر مجهز شده به کانال خنک‌کاری شده توسط تبرید جذبی خورشیدی برای تبرید طبیعی یک ساختمان دو طبقه پرداختند. تیغه‌های خنک‌کننده درون بادگیر قرار گرفته که وظیفه خنک‌کاری آن‌ها بر عهده یک سیستم تبرید جذبی خورشیدی قرار داشت. سیستم پیشنهاد شده در شکل (۷) نمایش داده شده است.



شکل ۷: سیستم پیشنهادی توسط حقیقی و همکاران [۱۰]

در این بررسی مشخص شد میزان جریان هوا و نرخ تعویض هوای داخل با افزایش سایز دریچه باز شدگی بادگیر افزایش می‌یابد. هم‌چنین مشخص شد در موقعیتی که چند ساختمان به‌صورت پشت سر هم در مسیر باد قرار دارند، نرخ تعویض هوای ساختمان‌های دوم و سوم از ساختمان اول کم‌تر است.

در سال ۲۰۱۷ حقیقی پشتیری و محبتی [۱۱] به بررسی شرایط دمایی آسایشی ایجاد شده توسط یک سیستم بادگیر به همراه پاشش آب پرداختند. این بررسی که به صورت عددی انجام شده نشان داد که با افزایش باز شدگی پنجره میزان جریان هوا افزایش یافته ولی برای مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۳۲ این مقدار ثابت می‌ماند. برای سرعت‌های باد بزرگ‌تر از ۰/۴ متر بر ثانیه تعویض هوای کافی صورت گرفته و در سرعت‌های باد بیش‌تر از ۳/۲ متر بر ثانیه گشودگی پنجره باید کم‌تر از ۰/۰۸ باشد تا سرعت باد از میزان مطلوب در داخل خانه بیش‌تر نگردد.

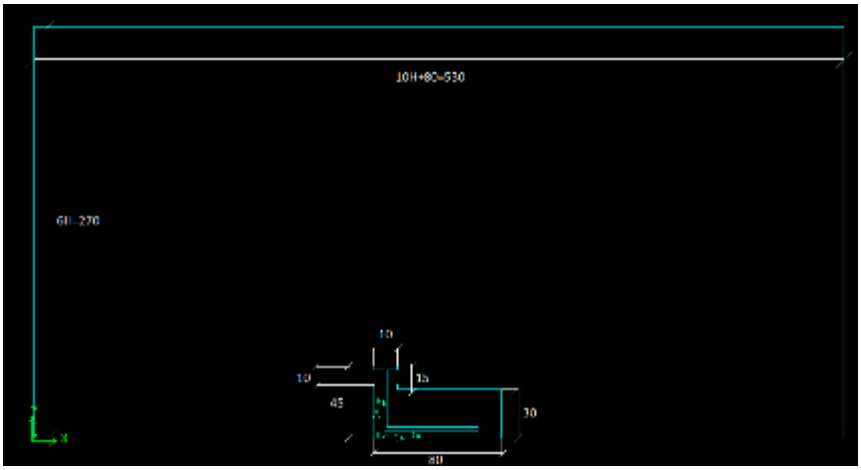
در سال ۲۰۱۸ منتظری و همکاران [۱۲] به بررسی تأثیر دریچه خروجی هوای هدایت شده به داخل ساختمان پرداختند. در این بررسی عددی که برای حالت‌های گوناگون قرارگیری گشودگی خروجی بادگیرها انجام شد، کارکرد انواع جای‌گیری خروجی‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

۴-تشریح مسئله

هندسه مسئله مدنظر برای حل به‌صورت عددی به منظور قابلیت مقایسه و صحت‌سنجی در ابعادی مشابه با مطالعه صورت گرفته توسط منتظری و همکاران [۱۲] خواهد بود. همان‌طور که در شکل (۸) نمایش داده شده است، هندسه درنظر گرفته شده نمونه یک‌دهم یک ساختمان با ارتفاع ۳ متر و طول ۸ متر خواهد بود. ارتفاع بادگیر از سقف برابر ۱/۵ متر و از زمین برابر با ۴/۵ متر در نظر گرفته شده و عرض کانال بادگیر برای هر کدام از کانال‌های ورودی و خروجی ۰/۵ متر لحاظ خواهد شد. هندسه اطراف ساختمان بنا به توصیه مرجع مدنظر در جلو و عقب ساختمان به مقدار ۵ برابر ارتفاع و در در بالای ساختمان ۶ برابر ارتفاع بادگیر لحاظ خواهد گردید. ضخامت دیواره‌های ساختمان برابر با ۲۰ سانتی‌متر و با رسانایی میانگین مصالح ساختمانی ($0.15\ W/m^2K$) در نظر گرفته خواهد شد. جریان هوا از سمت چپ هندسه وارد شده و با ورود به داخل ساختمان از طریق بادگیر، از سمت دیگر خارج خواهد شد.

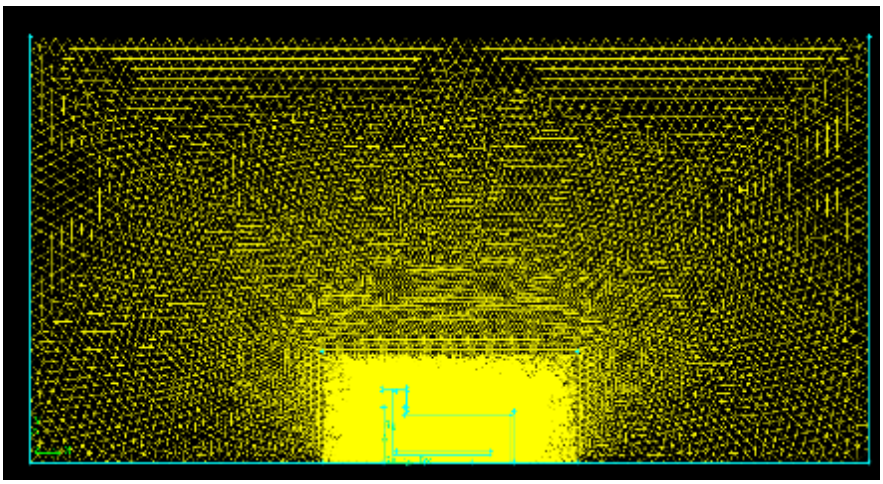
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل ۸: هندسه مد نظر برای حل

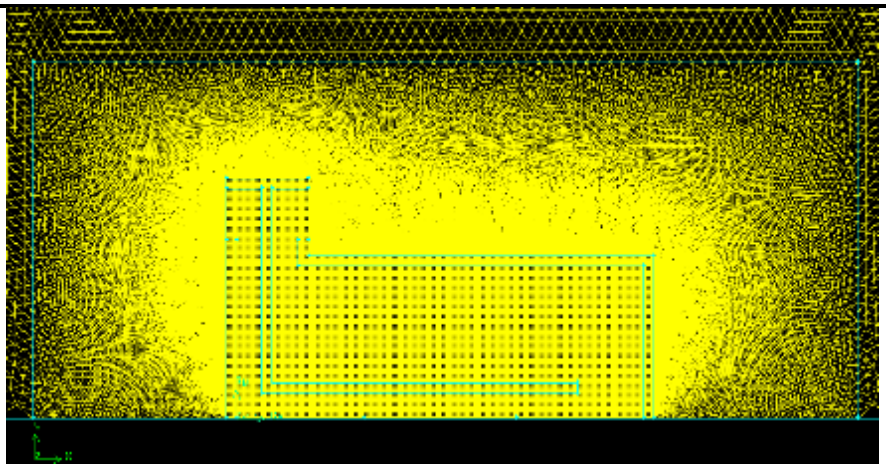
هند سه مدنظر پس از ایجاد شدن در نرم‌افزار Gambit، مراحل آماده سازی را طی خواهد کرد. ایجاد شبکه‌بندی منا سب گام اول در این زمینه است. شبکه‌بندی هندسه در داخل ساختمان به‌صورت مربعی و در خارج به‌صورت مثلثی در نظر گرفته خواهد شد. علت این امر کاستن از حجم محاسبات و جلوگیری از ایجاد شبکه‌بندی متراکم در نواحی کم اهمیت‌تر است. هم‌چنین مش درون دیوارها نیز به‌صورت مربعی خواهد بود. در ناحیه نزدیک به ساختمان مش‌های متراکم‌تر و در نواحی دورتر مش‌های درشت‌تری ایجادخواهد شد. نمونه‌ای از هندسه شبکه‌بندی شده در شکل (۹) و(۱۰) نمایش داده شده است.



شکل ۹: هندسه مش‌بندی شده

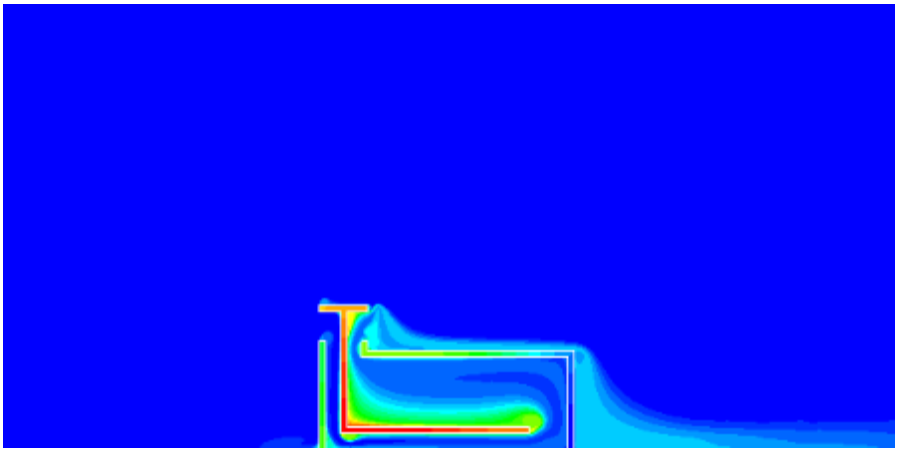
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل ۱۰: شبکه‌بندی هندسه نزدیک بادگیر

پس از شبکه‌بندی نوبت به حل مسئله در نرم‌افزار می‌رسید که به این منظور از نرم‌افزار ANSYS Fluent استفاده خواهد شد. در شکل (۱۱) نمونه‌ای از حل مسئله که به‌صورت تقریبی و برای بررسی قابلیت حل انجام گرفته، نشان داده شده است.



شکل ۱۱: نمونه‌ای از حل صورت گرفته برای هندسه (کانتورهای دمای استاتیک)

۵-مطالعه موردی[۱]

در این بررسی حالت‌های زیر برای ملاحظه تأثیرات بادگیر و هم‌چنین شرایط محیطی بر روی مسئله مدنظر خواهد بود:

ارتفاع بادگیر: سه ارتفاع ۴/۵، ۵/۵ و ۶/۵ متر

سرعت باد محیطی: سه سرعت باد ۳، ۵ و ۸ متر بر ثانیه

گرماگیری صفحه خنک‌کننده: به‌ترتیب چهار حالت بدون صفحه، و شارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ وات بر مترمربع

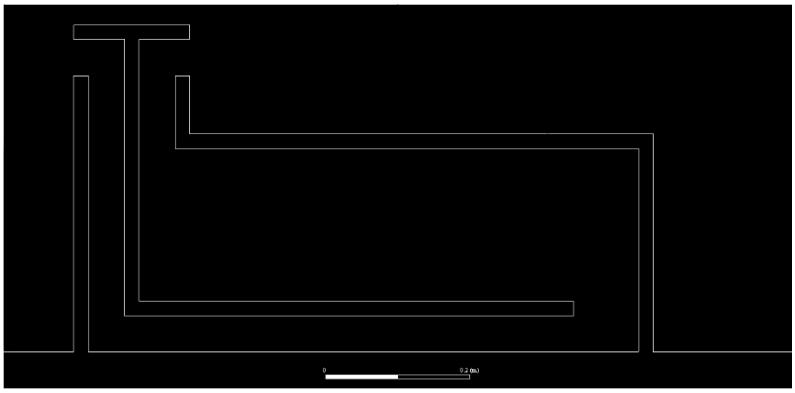
سه هندسه مدنظر در شکل‌های (۱۲) الی (۱۴) نمایش داده شده است. لازم به‌ذکر است که ابعاد مسئله برای دودکش برابر با ۴/۵ متر خواهد بود که این ابعاد در مورد حل با مقیاس ۱/۱۰ لحاظ خواهد شد و کل مسئله شامل ساختمان مد نظر و فضای اطراف ابعادی برابر با ۵/۳ در ۲/۷ خواهند داشت معادلات فعال شده برای حل این مسئله شامل معادلات مومنتوم و انرژی خواهد بود. با توجه به این‌که رژیم جریان در این حل آشفته بوده، مدل اغتشاش k-ϵ در حالت RNG و تابع دیواره استاندارد استفاده خواهد شد. مشخصات فیزیکی دو ماده مدنظر تعریف می‌گردد که برای ناحیه جامد ماده انتخاب شده با

[۱] Case Study

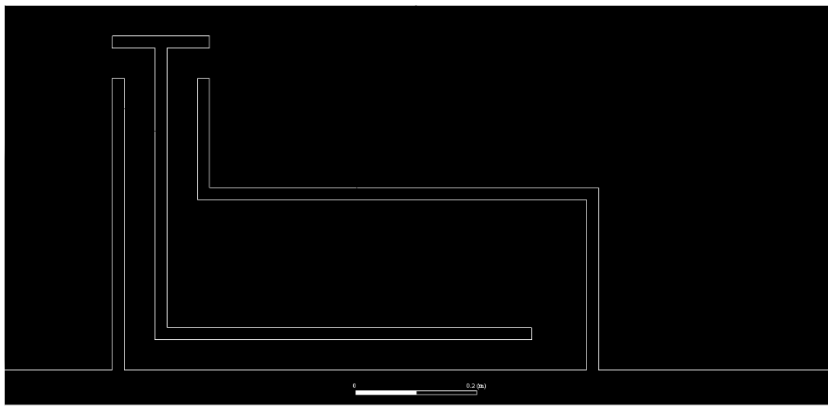
[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

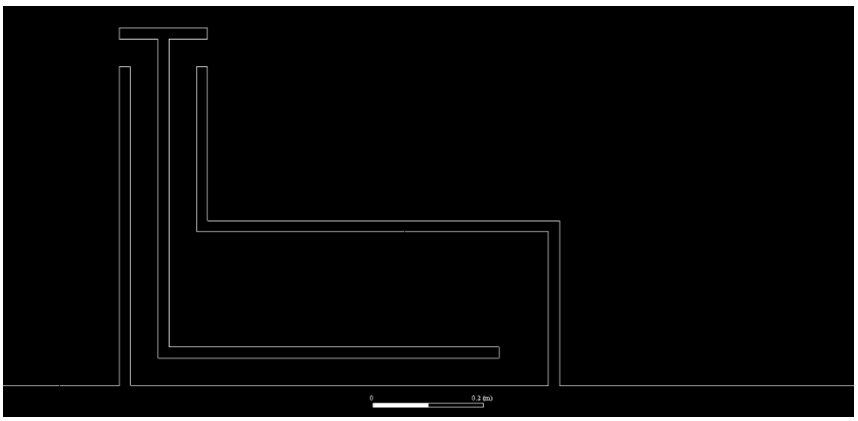
مشخصات آجر ساختمانی (با ضریب انتقال حرارت ۰/۱۵) و سیال ناحیه گازی به صورت هوا تعریف خواهد شد. با توجه به درنظر گرفتن اثرات جاذبه و انتقال حرارت جابجایی طبیعی چگالی هوا بایستی به صورت متغیر با دما در نظر گرفته شود. برای این منظور از مدل خطی تکه‌ای برای تغییرات چگالی هوا با دما استفاده شده است. هم‌چنین در این مسئله فرض شده است که دیواره‌ها در معرض تابش خورشید قرار داشته و دارای دمای ثابت ۳۱۳/۱۵ کلوین می‌باشند. دیواره جانبی دیگر به صورت دیواره بدون شار حرارتی در نظر گرفته شده است. متد حل معادلات برای این مسئله به‌صورت الگوریتم SIMPLE بوده و گسسته سازی معادلات فشار از مرتبه دو خواهد بود. معادله مومنتوم به صورت مرتبه دو بالادستی گسسته سازی شده و برای گسسته‌سازی معادلات اغتشاش از روش گسسته‌سازی مرتبه اول بالادستی استفاده خواهد شد. پس از این مراحل، حل مسئله صورت خواهد گرفت و حل پس از حدود ۵۰۰ تکرار همگرا خواهد شد.



شکل ۱۲: هندسه مد نظر برای ارتفاع بادگیر ۴/۵ متر



شکل ۱۳: هندسه مد نظر برای ارتفاع بادگیر ۵/۵ متر



شکل ۱۴: هندسه مد نظر برای ارتفاع بادگیر ۶/۵ متر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

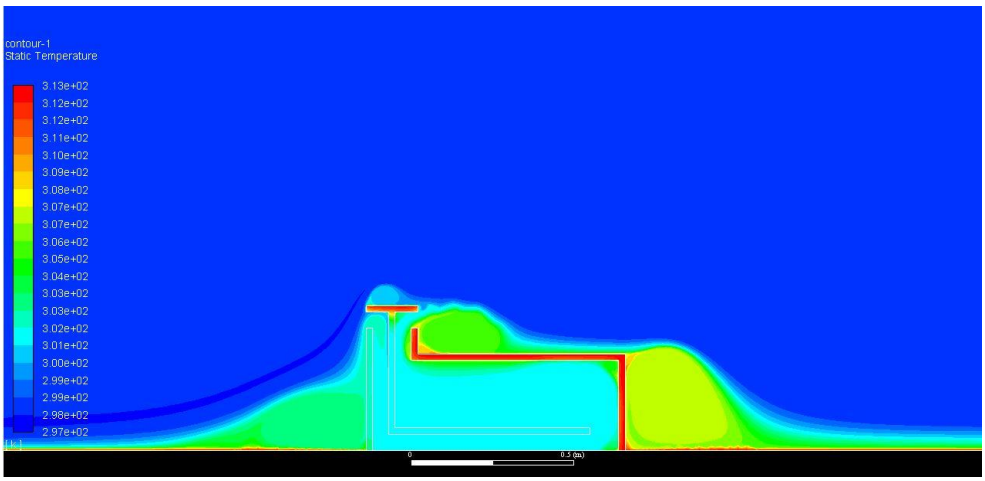
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

۵-۱-تغییرات ارتفاع بادگیر

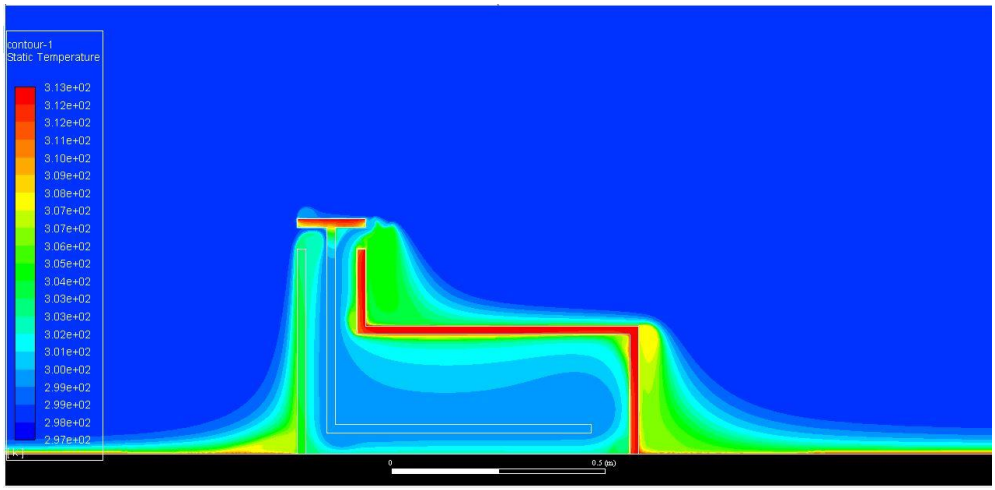
از زمان‌های قدیم به‌طور تجربی ملاحظه شده است که با افزایش ارتفاع بادگیر تأثیر خنک‌کاری و ایجاد جریان هوای بادگیر نیز افزایش می‌یابد. این به‌علت افزایش سرعت باد با افزایش ارتفاع و در نتیجه ورود مقدار بیش‌تری از هوای خنک به‌داخل بادگیر است. همان‌طور که در شکل‌های (۱۵) الی (۲۰) مشاهده می‌شود با افزایش ارتفاع بادگیر از ۴/۵ به ۶/۵ متر, دمای داخل واحد مسکونی کاهش می‌یابد. هم‌چنین افزایش ارتفاع بادگیر به افزایش نرخ جریان هوای داخل ساختمان نیز کمک می‌کند. در جدول (۱) میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و هم‌چنین دبی هوای خروجی از دریچه خروجی بادگیر آمده است.

جدول۱: میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و دبی هوای خروجی از دریچه خروجی بادگیر

دبی جرمی هوای خارج شده از کانال خروجی (kg/s)	میانگین دمای داخل فضای مسکونی(k)	ارتفاع بادگیر (m)
۱/۳۸	۳۰۱/۷۶	۴/۵
۱/۶۳۲	۳۰۰/۹۵	۵/۵
۱/۸۱۴	۳۰۰/۲۵	۶/۵



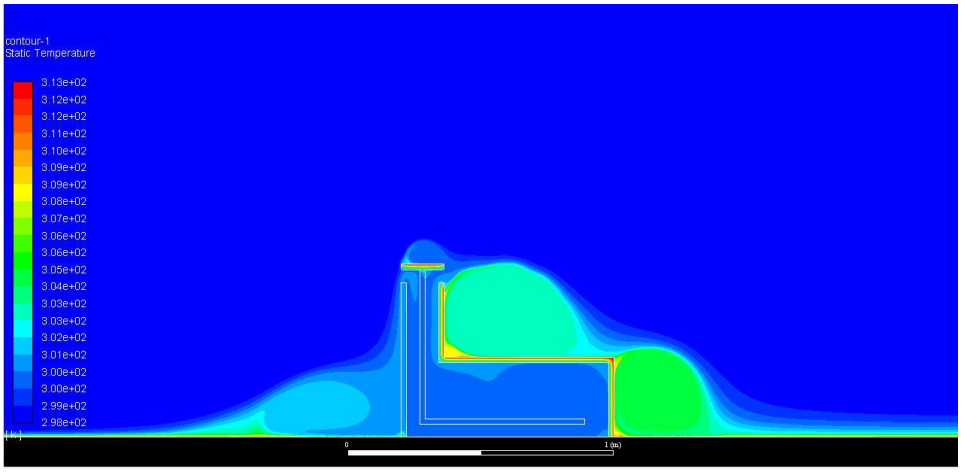
شکل ۱۵: کانتورهای دما در ارتفاع بادگیر ۴/۵ متر



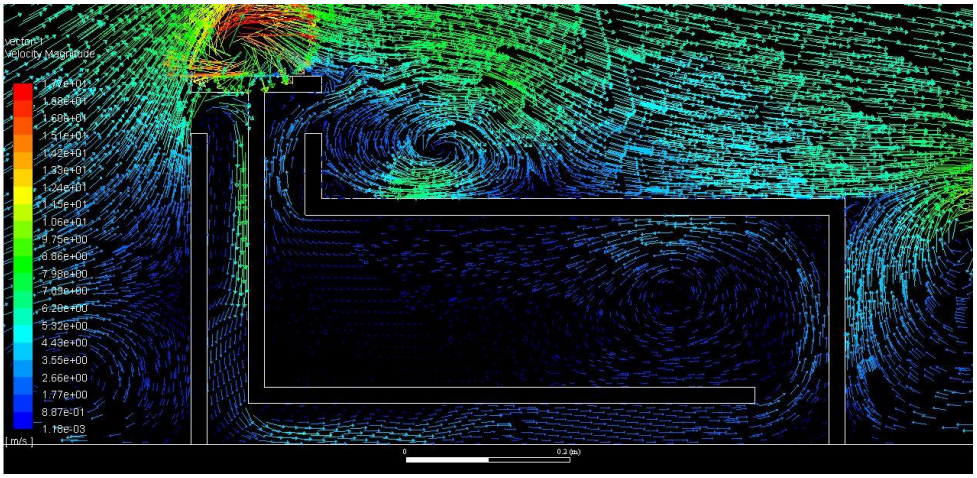
شکل۱۶: کانتورهای دما در ارتفاع بادگیر ۵/۵ متر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

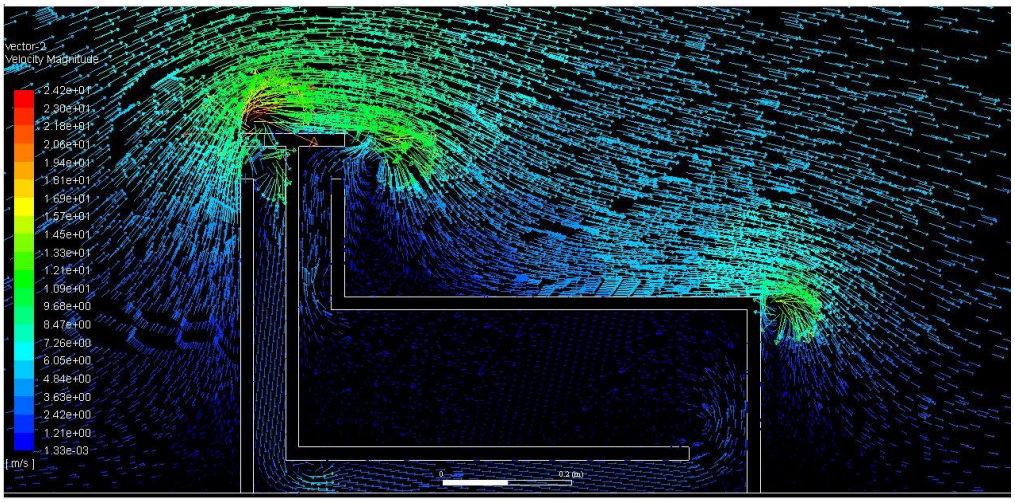
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل۱۷: کانتورهای دما در ارتفاع بادگیر ۶/۵ متر



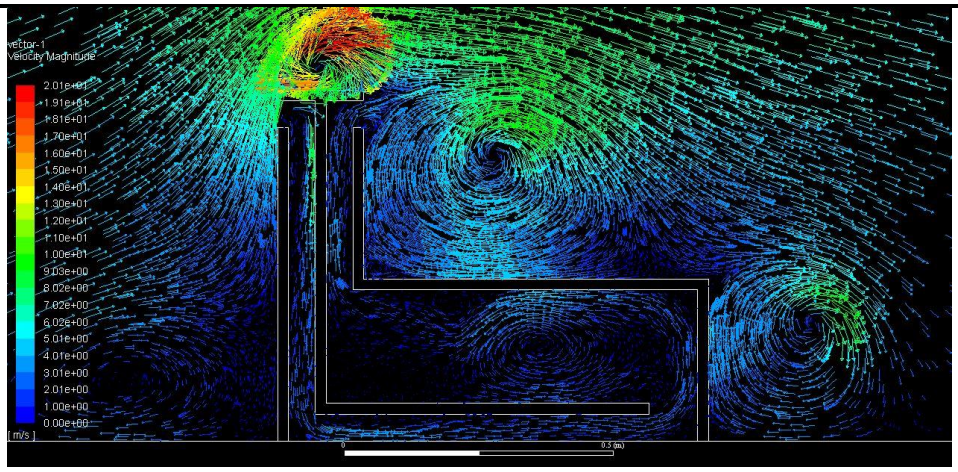
شکل۱۸: بردارهای سرعت در ارتفاع بادگیر ۴/۵ متر



شکل۱۹: بردارهای سرعت در ارتفاع بادگیر ۵/۵ متر

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل۲۰: بردارهای سرعت در ارتفاع بادگیر ۶/۵ متر

با توجه به این‌که با افزایش ارتفاع بادگیر, اثر خنک‌کنندگی آن بهبود می‌یابد, به‌نظر می‌رسد عوامل اقتصادی و سازه‌ای عامل محدودیت افزایش ارتفاع بادگیرها بوده و ابعاد بهینه برای ارتفاع بادگیر با در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی قابل حصول باشد.

۵-۲-تأثیر سرعت باد

فاکتور دیگری که می‌تواند کارکرد بادگیر را تحت تأثیر قرار دهد سرعت باد است. همان‌طور که از اسم بادگیر بر می‌آید کارکرد آن مهار باد و هدایت آن به داخل ساختمان است. با فاصله گرفتن از سطح زمین و دور شدن از سطح گرم شده دمای هوا کاهش می‌یابد و در ارتفاع‌های بالاتر دمای هوا نسبت به سطح زمین پایین‌تر است. هر چه سرعت باد بالاتر باشد کارکرد بادگیر بهتر می‌شود. این امر به دو دلیل به‌نظر می‌رسد که اتفاق می‌افتد. یک دلیل ورود بیش‌تر باد و جریان هوا به‌داخل کانال بادگیر در اثر سرعت بالای باد بوده و دلیل دیگر به‌نظر می‌رسد به‌دلیل خنک‌تر بودن دمای باد در سرعت‌های بالاتر است. در سرعت‌های بالاتر دبی بیشتری از هوا از روی سطح گرم شده زمین جریان یافته و در نتیجه افزایش دمای هوا کم‌تر خواهد بود. هم‌چنین در سرعت‌های بالاتر ضخامت لایه مرزی تشکیل شده بر روی زمین کم بوده و در نتیجه نفوذ از سطح گرم زمین به هوای محیط حرارت کاهش خواهد یافت.

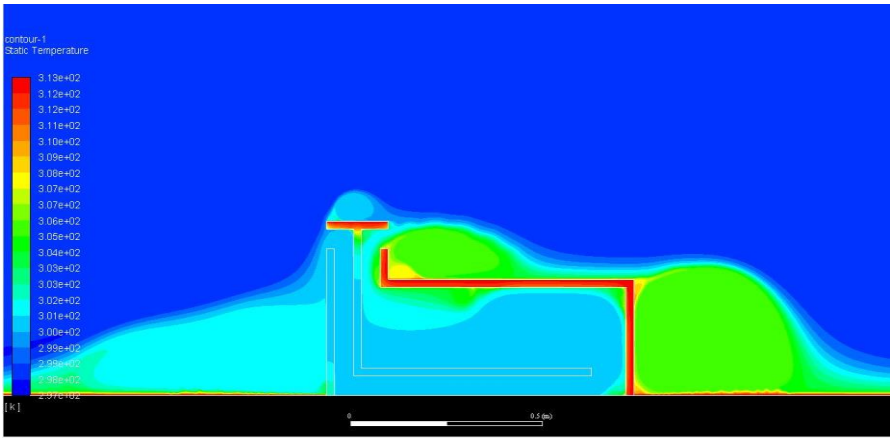
در جدول (۲) میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و دبی هوای خروجی از دریچه خروجی بادگیر در میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و دبی هوای خروجی از دریچه خروجی بادگیر به ازای سرعت‌های باد ۳، ۵ و ۸ متر بر ثانیه در اشکال (۲۱) الی (۲۶) آمده است. این مقادیر برای ارتفاع دودکش ۴/۵ متر است. همچنین بردارهای سرعت برای سه سرعت (۸، ۵ و ۳ متر بر ثانیه) باد نیز استخراج شده است.

جدول ۲: میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و دبی هوای خروجی

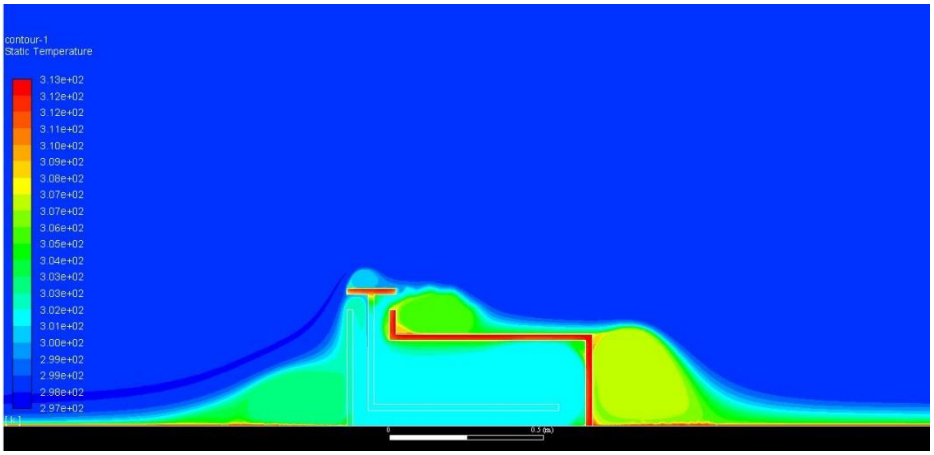
دبی جرمی هوای خارج شده از کانال خروجی (*kg/s*)	میانگین دمای داخل فضای مسکونی (*k*)	سرعت باد (*m/s*)
۱/۰۵۲	۳۰۲/۳۲	۳
۱/۳۸	۳۰۱/۷۶	۵
۱/۸۴۲	۳۰۰/۸۲	۸

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

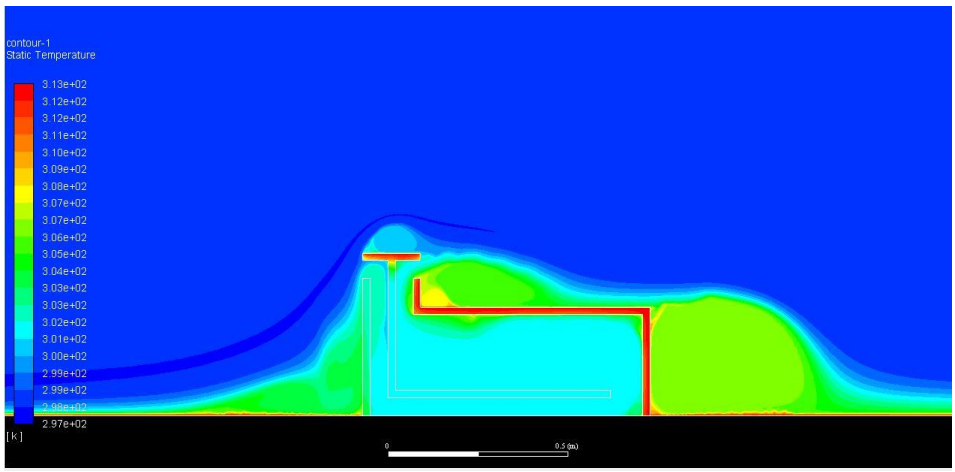
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل۲۱: کانتورهای دما در سرعت باد ۸ متر بر ثانیه



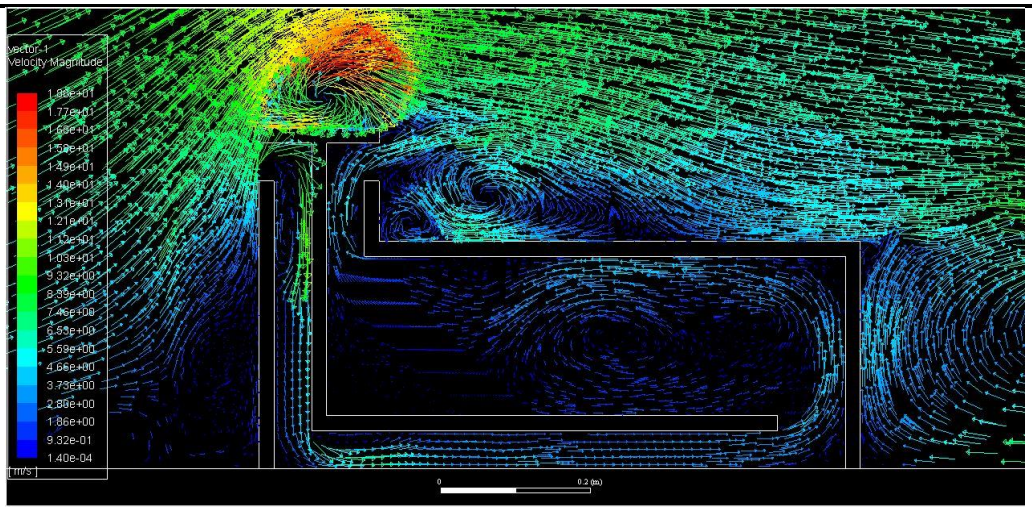
شکل ۲۲: کانتورهای دما در سرعت باد ۵ متر بر ثانیه



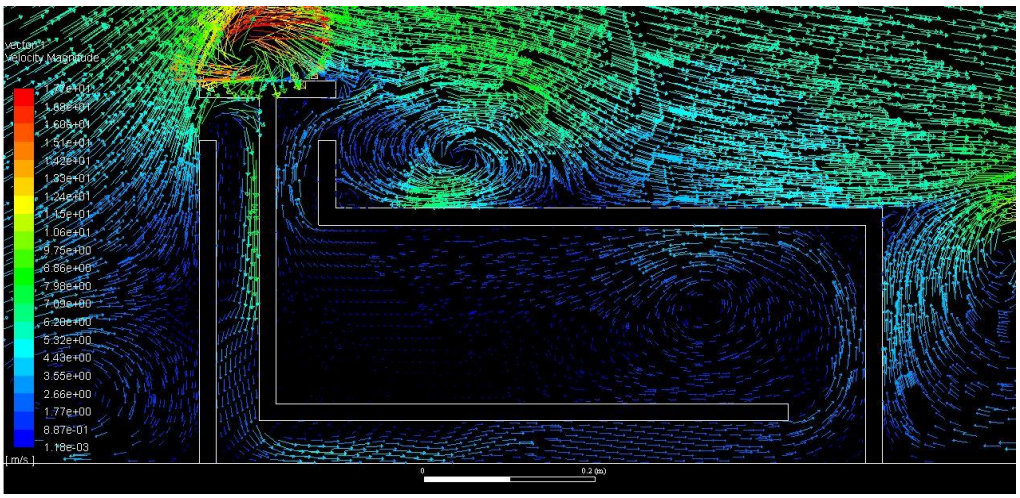
شکل۲۳: کانتورهای دما در سرعت باد ۳ متر بر ثانیه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

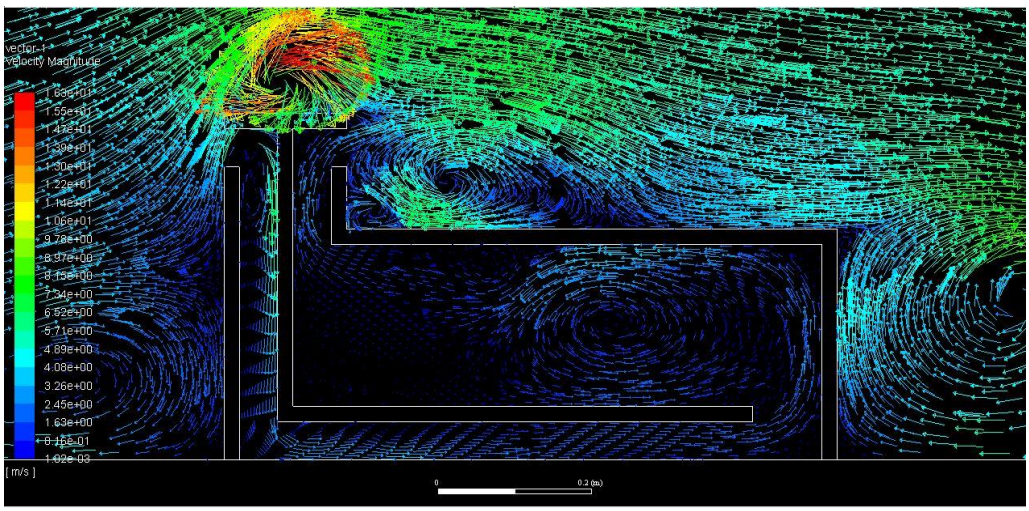
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل۲۴: بردارهای سرعت برای سرعت باد ۸ متر بر ثانیه



شکل ۲۵: بردارهای سرعت برای سرعت باد ۵ متر بر ثانیه



شکل ۲۶: بردارهای سرعت برای سرعت باد ۳ متر بر ثانیه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

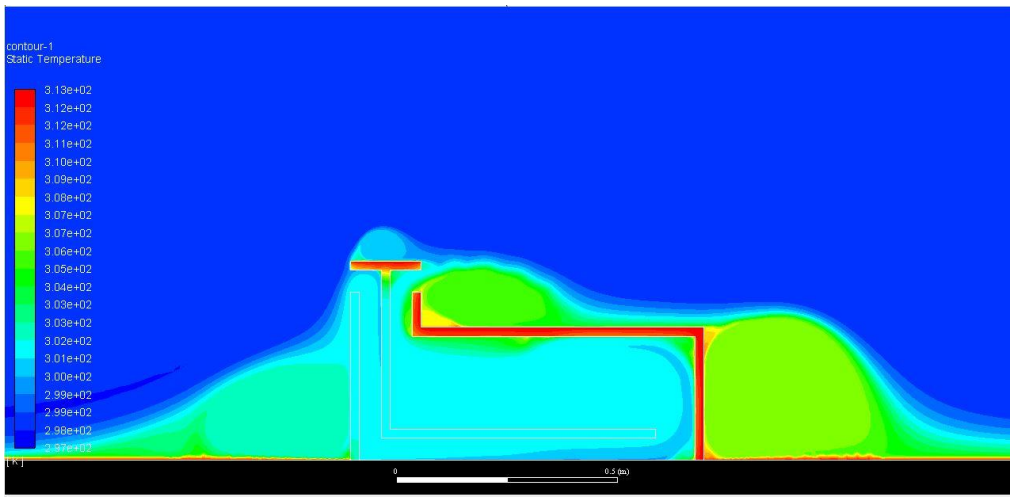
۵-۳-تأثیر وجود سطح جاذب حرارت

در ساختار بادگیرها معمولاً هوا به‌گونه‌ای هدایت می‌شد که از روی حوض آب و یا از روی سطحی مرطوب عبور کرده و در اثر تبخیر آب و دادن انرژی گرمایی جریان هوای برای تأمین گرمای نهان تبخیر آب، دمای هوای ورودی از بادگیر کاهش پیدا کند. این سطح معمولاً در زیر بادگیر قرار داشته و به‌صورت حوضی کوچک تعبیه شده است. در تحقیق حاضر نیز سطح زیرین کانال عبور جریان هوا به صورت یک سطح جذب کننده گرما درنظر گرفته شده ا ست تا تأثیرات وجود حوض آب و یا سطح جاذب حرارت دیگر به این طریق مدل سازی گردد. برای این سطح سه مقدار جذب گرمای ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ وات بر مترمربع لحاظ شده است. این مقادیر با توجه به میزان گرمان نهان تبخیر سطحی آب لحاظ شده است. در تأثیر میزان جذب حرارت از جریان هوای ورودی در میانگین دمای منطقه مد نظر برای ســـکونت و همچنین دبی هوای عبوری در جدول (۳) نشـــان داده شده است.

جدول ۳: میانگین دمای داخل محدوده مسکونی و دبی هوای خروجی از دریچه خروجی بادگیر

دبی جرمی هوای خارج شده از کانال خروجی (kg/s)	میانگین دمای داخل فضای مسکونی(k)	میزان جذب حرارت (W/m^2)
۱/۳۸	۳۰۱/۷۶	بدون سطح خنک کننده
۱/۳۳	۳۰۱/۴	۵۰
۱/۲۶	۳۰۱/۰۹	۱۰۰
۱/۱۹	۳۰۰/۶۲	۲۰۰

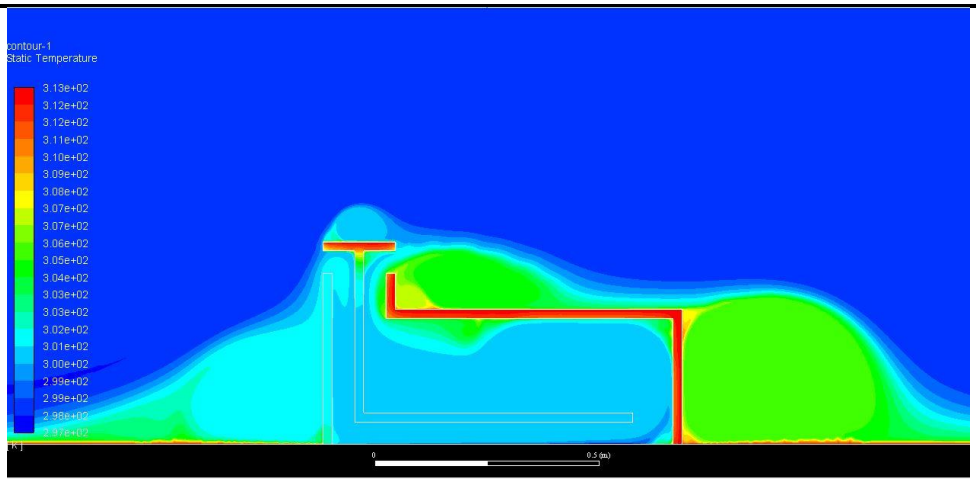
علت کاهش دبی هوای عبوری با افزایش جذب حرارت را می‌توان در افزایش چگالی هوای موجود در پایین کانال و سنگین‌تر شدن این هوا دانست که این امر باعث ایجاد مانع در برابر هوای ورودی و ممانعت از جریان هوا تا حدودی می شود. در شکل‌های (۲۷) الی (۳۲) کانتورهای دمای جذب حرارت‌های مختلف و در بردارهای سرعت برای این حالات نشان داده شده است.



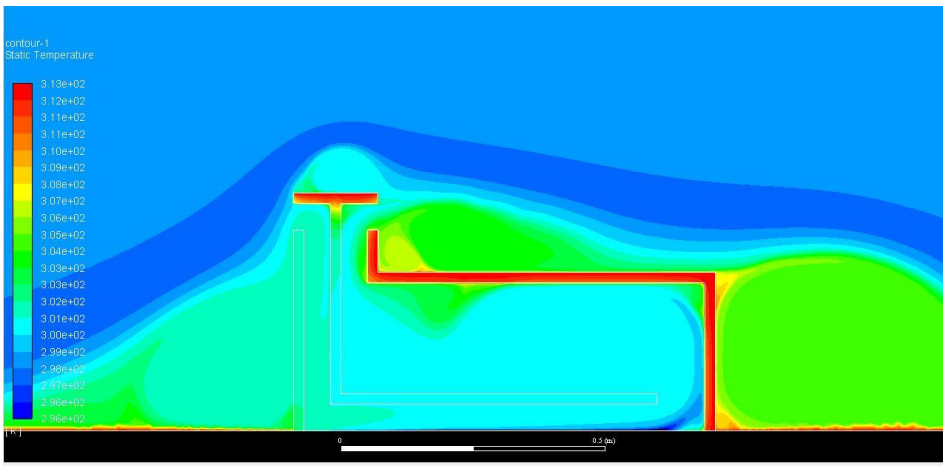
شکل ۲۷: کانتورهای دما برای حالت جذب حرارت 50 W/m^2

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

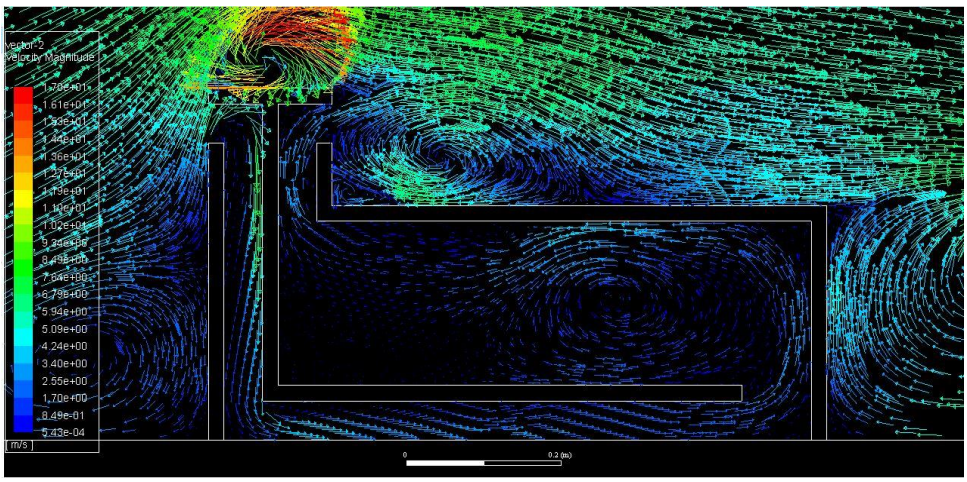
[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل ۲۸: کانتورهای دما برای حالت جذب حرارت 100 W/m^2



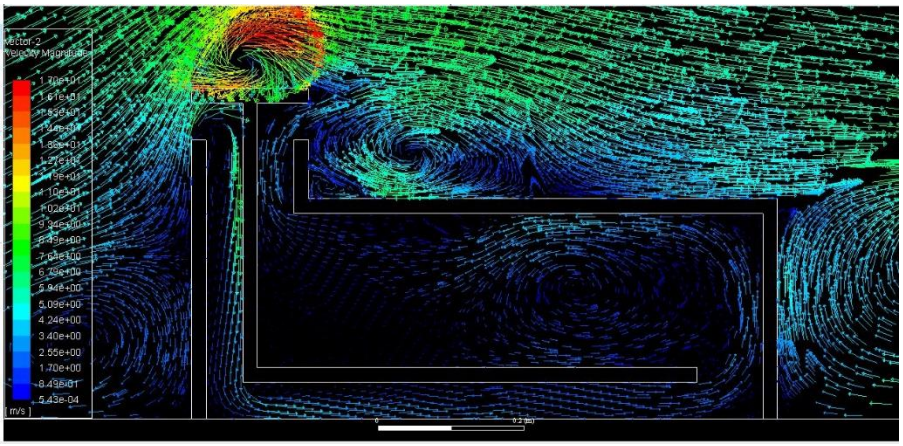
شکل ۲۹: کانتورهای دما برای حالت جذب حرارت 200 W/m^2



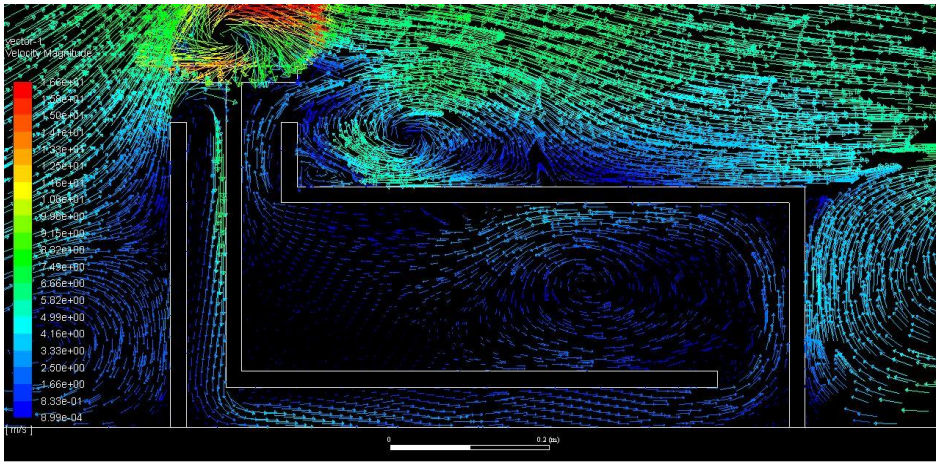
شکل ۳۰: بردارهای سرعت برای حالت جذب حرارت 50 W/m^2

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]



شکل ۳۱: بردارهای سرعت برای حالت جذب حرارت $100\ W/m^2$



شکل۳۲: بردارهای سرعت برای حالت جذب حرارت $200\ W/m^2$

۶-نتیجه‌گیری

باتوجه به موارد مطرح شده مشخص گردید که وجود بادگیر در حالت کلی دمای داخل ناحیه مسکونی را می‌تواند تا حدود ۱۱ درجه سلسیوس کاهش دهد. در واقع در صورت نبود بادگیر دمای داخل واحد مسکونی حدود ۱۰ درجه بالاتر خواهد بود. علاوه‌برآن وجود بادگیر با کمک به ایجاد جریان هوای داخل واحد به ایجاد شرایط مطلوب آسایش انسان نیز کمک می‌کند. این امر با افزایش رطوبت هوا در حالت استفاده از جاذب حرارت بیشتر بهبود می‌یابد. افزایش ارتفاع بادگیر باعث بهبود در کارایی آن شده و هم‌چنین ایجاد یک سطح که با جذب حرارت به‌وسیله تبخیر آب از هوای ورودی گرما را خارج می‌کند نیز در کارایی بادگیر تأثیر قابل توجهی دارد. هم‌چنین با افزایش سرعت باد کارایی بادگیر همان‌طور که توقع می‌رفت بهبود می‌یابد.

مراجع

[۱] صنیعی‌نژاد مهدی، (۱۳۸۸)، مبانی جریان‌های آشفته و مدل‌سازی آن‌ها، دانش نگار

[2] M.N., Bahadori, An improved design of wind towers for natural ventilation and passive cooling, Solar Energy, 35(2) (1985) 119-129.

[3] M.N., Bahadori, Viability of wind towers in achieving summer comfort in the hot arid regions of the middle east, Renewable Energy, 5(5) (1994) 879-892.

[4] M.N., Bahadori, M., Mazidi, A.R., Dehghani, Experimental investigation of new designs of wind towers, Renewable Energy, 33(10) (2008) 2273-2281.

[5] V. Kalantar, Numerical simulation of cooling performance of wind tower (Baud-Geer) in hot and

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

arid region, Renewable Energy, 34(1) (2009) 246-254.
[6] S., Soutullo, M.N., Sanchez, R., Olmedo, M.R., Heras, Theoretical model to estimate the thermal performance of an evaporative wind tower placed in an open space, Renewable Energy, 36(11) (2011) 3023-3030.
[7] J.K., Calautit, D., O'Connor, B.R., Hughes, A natural ventilation wind tower with heat pipe heat recovery for cold climates, Renewable Energy, 87 (2016) 1088-1104.
[8] M., Afshin, A., Sohankar, M.D., Manshadi, M.K., Esfeh, An experimental study on the evaluation of natural ventilation performance of a two-sided wind-catcher for various wind angles, Renewable Energy, 85 (2016) 1068-1078.
[9] P., Nejat, J.K., Calautit, M.Z.A., Majid, B.R., Hughes, I., Zeynali, F., Jomehzadeh, Evaluation of a two-sided windcatcher integrated with wing wall (as a new design) and comparison with a conventional windcatcher, Energy and Buildings, 126.(Supplement C) (2016) 287-300.
[10] A.P,. Haghighi, S.H., Pakdel, A., Jafari, A study of a wind catcher assisted adsorption cooling channel for natural cooling of a 2-storey building, Energy (102) (Supplement C), (2016)118-138.
[11] A.H., Poshtiri, S.M., Mohabbati, Performance analysis of wind catcher integrated with shower cooling system to meet thermal comfort conditions in buildings, Journal of Cleaner Production, 148 (Supplement C) (2017) 452-466.
[12] H., Montazeri, F., Montazeri, CFD simulation of cross-ventilation in buildings using rooftop wind-catchers: Impact of outlet openings, Renewable Energy 118 (Supplement C) (2018) 502-520.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]

The effect of single-channel wind tower on air flow and cooling of the building

Kouros Nekoufar[1], Mehdi Vadoudi[2], Seyed Arash Seyedshams Taleghani[3]

*1- Associate Professor, Department of Mechanics, Faculty of Technical Engineering, Chalous branch, Islamic Azad University, Chalous Iran, kouros.nekoufar@iau.ac.ir
2- Master's degree, Faculty of Engineering, Electronic Branch, Islamic Azad University, Iran vadoudi@gmail.com
3-Assistant Professor, Aviation Science and Technology Research Institute, Aerospace Research Institute, taleghani@ari.ac.ir

Received: Aug. 2024 Accepted: Nov. 2024

Abstract
In this article, using traditional and unnecessary methods, the energy consumption in ventilation and cooling of the building has been numerically analyzed. By considering a model of the wind deflector, the influence of effective parameters on the performance of the wind deflector has been investigated and the results have been presented. Two general cases were considered, one of the models included a heat absorbent surface (corresponding to the pond or wet surfaces in traditional wind deflectors) and the other was simple. In this research, it was observed that increasing the height of the wind deflector has improved its performance and also the wind speed has a positive role in the efficiency of the wind deflector. Also, the presence of a heat absorbing surface reduced the internal temperature to a greater extent than in the normal case. From the modeling carried out in this research, it was found that the presence of wind deflectors can reduce the temperature inside the residential house by 11 degrees and also the amount of air conditioning inside the building can be significantly improved.

***Corresponding author:** kouros.nekoufar@iau.ac.ir
Keywords: wind deflector, air conditioning, building cooling, numerical study

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.82377/jeed.2024.3.528]