

# بررسی تأثیر تناسبات و شکل آتریومها بر بهینه سازی انرژی در اقلیم سرد و کوهستانی

سید سجاد عبدلی  
روح الله موسوی\*

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد یاسوج، یاسوج، ایران  
استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

## چکیده

در این پژوهش اثر آتریوم بر بهینه سازی انرژی در اقلیم سرد و کوهستانی مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا سه آتریوم به شکل های مکعب مستطیل، تخت و گنبدی شبیه سازی شده است. ابعاد مدل طراحی با طول و عرض (۳۰×۳۰) متر و ارتفاع (۷) متر و در مرکز هر کدام از مدل ها به ترتیب آتریومی به شکل های تخت به ابعاد (۱۳/۸۰×۱۴/۳۰) متر مربع و مکعب مستطیل به ابعاد (۱۳/۸۰×۱۴/۳۰) متر مربع و ارتفاع (۳/۵۰) متر و شکل گنبد به شعاع (۷) متر و ارتفاع (۷) متر مورد بررسی قرار گرفت. شبیه سازی این سه مدل با درصد تهویه در سه حالت (۷۰،۳۰،۰) درصد در سردترین هفته سال یعنی از تاریخ (۳۰ دی تا ۶ بهمن) که دمای بیرون بین (۰/۶۹- تا ۱۰/۶۴-) درجه سلسیوس زیر صفر و همچنین در گرم ترین هفته سال یعنی از تاریخ (۲۲ مرداد تا ۲۸ مرداد) که دمای بیرون بین (۲۵/۷۸ تا ۳۰/۷۰) بوده است، شبیه سازی شده است. نتایج عددی و تجربی نشان می دهد آتریوم با شکل گنبدی با تهویه طبیعی (۳۰٪) نسبت به شکل مکعب مستطیل و تخت در تأمین آسایش حرارتی و میزان لوکس نور یک نسبت بهینه را مهیا می سازد. شبیه سازی عددی با نتایج تجربی از دقت خیلی خوبی برخوردار است.

واژه های کلیدی: آتریوم، بهینه سازی مصرف انرژی، شبیه سازی عددی، تجربی، اقلیم سرد.

## Effect of Proportion and Shape on Energy Optimization Atrium in Cold Climates and Mountain

S. S. Abdoli Department of Engineering, Azad University Branch of Yasouj, Yasouj, Iran  
R. Moosavi Department of engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran  
H. Eskandary Department of engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran

### Abstract

In this study, the effects on energy optimization in cold and mountainous atrium examined. Three atrium in the shape of a cube, flat and domed have been simulated. Designed with the length and width dimensions (30 m × 30 m) and a height of 7 meters in the center of each of the models in order to form a flat atrium dimension (14/30 × 13/80) square and cube size meters and height (3/50) meter radius dome shape (7) meters in height (7 meters) were studied. Simulations of these models in three modes of ventilation (0, 30, 70) percent during the coldest week of the year, from the date (30 January - 6 February) that the outside temperature (-0.69 to -10.64 °C) below zero and also during the hottest week of the year to date (22 July - 28 August) that the outside temperature (25.78 to 30.70 °C) is investigated. Numerical simulation results show that the optimal shapes of the dome-shaped atrium with natural ventilation are 30%. A field sample (experimental) atrium as a validation were studied. Compare the numerical and experimental results show that the numerical simulation accuracy is very good with experimental.

**Keywords:** Atrium, Energy optimization, Numerical simulation, Experimental, Cold climate.

### ۱- مقدمه

امکان داشتن یک دیدگاه، حتی در یک فضای نیمه باز و از داشتن نور طبیعی وارد شده به اتاق ایجاد می کند.

از یک طرف جذب گرما در این فضاها در تابستان بار سرمایش را افزایش می دهد و از سوی دیگر گرمای نگهداری شده در این فضاها، در زمستان همراه با اتلاف حرارت، نیاز به گرمایش فضاها را مجاور را کاهش داده است [۱]. بررسی های دقیقتر نشان می دهد که عملکرد اقلیمی نورگیرها متفاوت از شرایط پیرامونی، در کاهش نیاز به سرمایش، گرمایش و تهویه مکانیکی قابل توجه است [۲ و ۳].

مطالعات اخیر نیز نشان داده است که این رفتار در همه اقلیم ها یکسان نیست و پدید آمدن ریز اقلیم در یک ساختمان اداری بستگی به ویژگیهای متعدد کالبدی و محیطی دارد. بنابراین کارشناس آن را نیازمند انجام مطالعات میدانی و بهره گیری از نرم افزارهای شبیه ساز نموده است و دقت محاسبات این نرم افزارها همواره بر اساس اندازه گیری های میدانی با تجهیزات استاندارد قابل بررسی است [۴]. در روش های میدانی نمونه های مورد مطالعه در دوره های معین یا در

با توجه به محدودیت منابع انرژی (فسیلی)، آلودگی محیط زیست، گرم شدن کره زمین و اثرات پدیده گلخانه ای باعث شده برای صرفه جویی در مصرف انرژی های فسیلی نیاز به انرژی های تجدید پذیر مورد توجه و ضرورت قرار می گیرد. آتریوم به صورت بالقوه یک منبع اصلی نور روز برای ساختمان های طرح عمیق و از دیگر مزایای زیست محیطی از نظر بهره خورشیدی، کاهش تلفات انرژی و تهویه مطبوع ارائه می دهد. برای طراحی نور روز آتریوم، اجزای آتریوم های کلیدی سیستم روزنه سقف، هندسه آتریوم، بازتاب از سطوح و سطح نور روز به خوبی در فضاها را مجاور به دست آورد. آتریوم از روند مدرن در طراحی معماری ساختمان های تجاری و یا اداری تبدیل شده است. نور طبیعی، فضاها را مجاور با جهان خارج و نقطه نشست بین مردم را ایجاد می کند. به عبارت دیگر آنرا تبدیل به نقطه کانونی از تجارت و فعالیت های انسانی و افزایش ارزش کیفی فضاها داخلی می نماید. علاوه بر این

\* نویسنده مکاتبه کننده، آدرس پست الکترونیکی: moosavi@yu.ac.ir

تمام طول سال توسط دستگاه‌های ثبت‌کننده تحت نظر قرار گرفته و دما، رطوبت نسبی، دمای سطحی و جریان هوا همزمان با شرایط آب و هوایی بیرون اندازه‌گیری می‌شوند سپس نتایج در نمودارهای استاندارد مورد تحلیل عملکردی قرار می‌گیرند [۵] و [۶]. همچنین در این مطالعات تغییرات موردی در متغیرهای مستقل مانند نصب یا تعویض سایه بان‌ها جهت کاهش کنترل جذب خورشیدی، به کارگیری آبپاش برای کاهش دمای سطح پوسته خارجی، تغییر نوع مصالح و شیشه‌گذاری انجام شده و نتایج برای رسیدن به محدوده آسایش و حداقل مصرف انرژی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد [۷].

طراحی ساختمان آتریوم شامل تجزیه و تحلیل از چند بعد از جمله جهت‌گیری به خورشید، شکل آتریوم، عبور از سقف آتریوم، انعکاس از سطوح آتریوم و نفوذ نور روز به فضاهای مجاور می‌باشد [۸]. بر اهمیت توسعه دستورالعمل‌های مبتنی بر تحقیق مربوط به پیش‌بینی نور روز، نور خورشید و استراتژی‌های طراحی روشنایی روز مفهومی که تابش خیره‌کننده و کنترل خورشیدی در نظر می‌گیرد. لیو و همکاران توسعه معیارهای پیش‌بینی از روشنایی روز در کف آتریوم و خلاصه روش گام به گام برای طراحی نسبت ابعاد هندسی برای دریافت روشنایی روز در یک آتریوم را به دست آوردند [۹]. بررسی تغییرات توزیع نور روز در آتریوم، تابع شکل هندسی آن است [۱۰]. بیکر در بررسی‌های خود، به توصیف روش‌های پیش‌بینی‌های مختلفی برای ارزیابی عامل نور روز به طور متوسط، با اشاره به پارامترهایی که نور روز در آتریوم و فضاهای مجاور آن تأثیر می‌گذارد پرداخت [۱۱]. ارائه اطلاعات سیستم تهویه در منحنی مربوط به نور روز بستگی به سطح دیوار آتریوم دارد [۱۲]. رابطه‌ای بین شکل آتریوم و DF در یک مرکز آتریوم باز بررسی شده است [۱۳]. فرآیند مختلف محیط زیست آتریوم‌ها، به طور بالقوه به کاهش تقاضای انرژی از طریق‌های مختلف می‌باشد. به عنوان یک منطقه حائل، آتریوم می‌تواند گرم کردن ساختمان را کاهش دهد و بارهای خنک‌کننده و دستکاری باد و پیشینه اثر به منظور ارتقاء تهویه را به ساختمان تحمیل کند [۱۷-۱۴]. با این حال، تهویه آتریوم به عنوان دیگر فضاهای داخلی ممکن است در افزایش بار انرژی منجر شود. اغلب سرویس‌های آتریوم، کاملاً از نظر اقتصادی انرژی پر مصرفی دارند [۱۸]. مراقبت نیز باید با اشکال خوبی برای جلوگیری از طبقه‌بندی هوا در نظر گرفته شود [۱۹]. جزئیات طراحی اولیه ابزار به تعیین تنظیمات لازم برای به حداکثر رساندن صرفه‌جویی انرژی در اتاق مجاور آتریوم، در مورد نور و بارهای خنک‌کننده طراحی شده است [۲۰]. آزمایش ابزار طراحی آتریوم (پنجره سقفی) توسعه یافت. شاید مهمترین بهره‌مندی از آتریوم استفاده از نور روز طبیعی برای نفوذ به یک ساختمان می‌باشد [۲۱].

خواص اصلی آتریوم و تأثیرش بر نور روز دریافتی در خود آتریوم، شکل آتریوم و جهت آتریوم نسبت به خورشید، شفافیت سقف و انعکاس سطوح آتریوم مورد بررسی قرار داده شد. چند آتریوم با خصوصیات متفاوت با یک روش مشابه برای پیش‌بینی نور روز در آتریوم و اتاقهای کناری مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت نیز با نرم افزار رادینس شبیه‌سازی‌های مربوطه انجام گرفت [۲۲]. با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری و شرایط گرمایی محیط و انرژی آتریوم در اقلیم

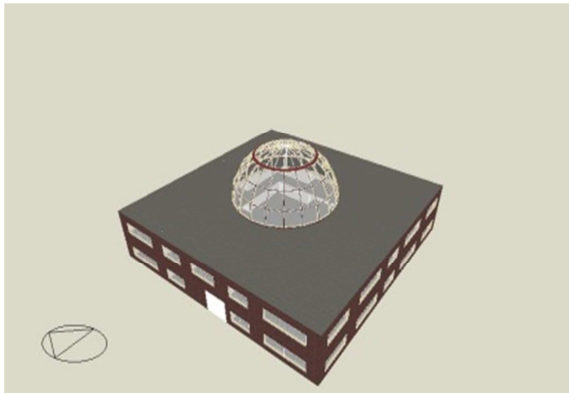
سرد مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین از مطالعات میدانی یک آتریوم نمونه به عنوان اعتبار سنجی مقاله استفاده شده است. اختلاف دمای پیش‌بینی شده بین  $\pm 2$  درجه سلسیوس در نمونه اندازه‌گیری شده در زمستان و تابستان بوده است [۲۱]. راهنمایی لازم بر روی نور روز در آتریوم و تکنیکهای منتشر شده را برای محاسبه نور روز در مورد بررسی قرار گرفت و به بررسی روشها برای پیش‌بینی فاکتور نور روز درون آتریوم و فضای روز پرداخته شده است [۲۳]. بررسی تأثیر نور روز استفاده از گیاهان در آتریوم‌ها به وسیله یک برنامه کامپیوتری (شبیه‌سازی نور روز Day sim) پرداخته شده و با توجه به آب و هوای کره محاسبات نور روز یک آتریوم چهار طرفه برای ۱۱۲ مورد بر اساس هندسه و جهت آتریوم مورد بررسی قرار گرفته است [۲۴].

## ۲- بررسی عملکرد حرارتی آتریوم

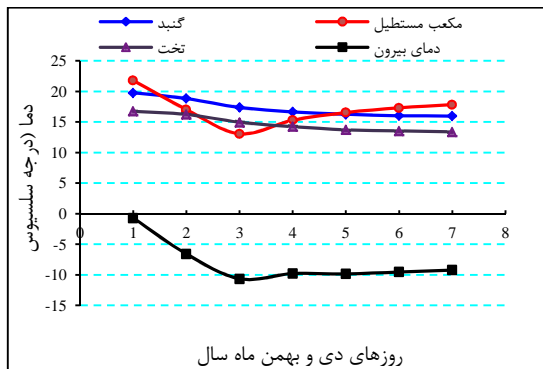
ایجاد یک آتریوم در یک ساختمان، به‌ویژه با کاربری‌های عمومی و مختلط به چهار شکل می‌تواند باعث صرفه‌جویی شود: ۱- آتریوم به‌عنوان یک فضای حائل، به شکل میانجی حرارتی به‌طور ۱۸ درجه سلسیوس دمای داخلی است اما معمولاً دارای ۱۵ دمای خود آتریوم همراه با نوسانات دمای محیط پیرامون و با تأخیر زمانی در حال تغییر است. فضاهای مجاور آتریوم از تغییرات شدید محیط محافظت شده و از اتلاف حرارتی ناشی از سطوح شفاف آنها می‌کاهد. مقدار این صرفه‌جویی بستگی به دمای داخلی آتریوم، وضعیت هواپندی و تهویه آتریوم، ضرایب رسانایی گرمایی عناصر سازنده آن و میزان عایق‌کاری سطوح آن دارد. ۲- پیش‌گرم یا پیش‌سردسازی هوای تازه، بار گرمایش و سرمایش ساختمان را کاهش می‌دهد. اگر آتریوم دارای سطوح ذخیره‌ساز گرما بوده و به سمت جنوب نیز چرخیده باشد، به شکل غیرفعال از انرژی خورشیدی برای گرمایش در روز زمستان و سرمایش در شب تابستان می‌توان استفاده کرد و باعث بهینه‌سازی انرژی می‌شود. ۳- صرفه‌جویی‌های انرژی در فضاهای مجاور آتریوم نیازهای گرمایشی آن را کاهش می‌دهد و در مقابل نیز بعضی از آتریوم‌های واسطه خصلت میانجی بودن کل نیازهای گرمایش ساختمان را پائین می‌آورند. اما این توانایی به گرمای درونی آتریوم نیز بستگی دارد. این گرما با موارد زیر در ارتباط است: ۱- نسبت سطح خارجی پنجره‌های آتریوم به سطح دیوارها ۲- میزان عبور گرما از دیوار جداکننده آتریوم از سازه اصلی که معمولاً با نسبت سطح پنجره‌های داخلی به کل سطح دیوار تعیین می‌شود. ۳- جهت‌گیری، شیب و آهنگ عبور انتقال گرما از پنجره‌های خارجی آتریوم. ۴- ساختمان‌هایی که دارای آتریوم مرکزی یا خطی هستند، اثر میانجی‌بتری را بر فضاهای مجاور دارند و برعکس آتریوم‌های یکپارچه شده تنها برای قسمتی از بنا ایجاد میانجی کرده و بر زیبایی ساختمان می‌افزایند. قابلیت میانجی‌گری نوع چسبیده و یا دور گرد به‌طور بالقوه زیاد بوده اما این آتریوم‌ها باید هوای گرم‌تری نسبت به بقیه دریافت نمایند.

## ۳- بررسی اقلیم

اقلیم مورد نظر یک اقلیم سرد و کوهستانی با شرایط محیطی زیر می‌باشد. در این اقلیم میانگین سالیانه بارندگی بیش از ۸۳۰ میلی‌متر، دارای ۶۵ روز یخبندان و میانگین سالانه دما برابر ۱۴/۹ درجه



شکل ۳- مدل با آتریوم گنبد



شکل ۴- دمای آتریوم ها در تهویه ۰٪ سردترین هفته زمستان

تغییرات دما در سردترین روزهای سال در شکل شماره ۴ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم چنین تغییرات دمای بیرون در سردترین روزهای سال در جدول شماره (۲) مشاهده می‌شود. دمای به دست آمده از آتریوم ها در تهویه ۰٪ سردترین هفته زمستان نشان می‌دهد که اختلاف دمای داخل آتریوم ها نسبت به دمای بیرون بین (۲۰ تا ۳۰) درجه سلسیوس می‌باشد که در زمستان دمای بسیار خوبی است. دمای آتریوم گنبد نسبت به دو آتریوم دیگر دمای مطلوب‌تری می‌باشد.

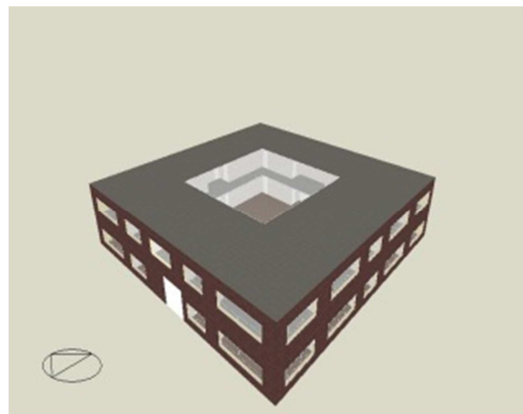
جدول ۲- دمای آتریوم ها در تهویه ۰٪ سردترین هفته زمستان

روز آتریوم	دما (درجه سلسیوس)						
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
گنبد	۱۹	۱۸	۱۴	۱۶	۱۶	۱۶/۹۰	۱۱۰
مکعب مستطیل	۲۱	۱۷	۱۳	۱۵	۱۶	۱۷/۳۱	۱۸۴
تخت	۱۶	۱۶	۱۴	۱۴	۱۳	۱۳/۵۳	۱۳۷
دمای بیرون	-۰.۶۹	۶/۸۵	۱/۶۴	۹/۷۸	۹/۸۴	-۹/۵۳	۹/۲۲

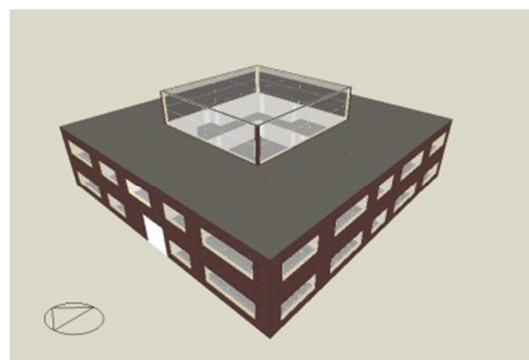
سلسیوس در سال است. هم چنین کمترین و بیشترین دمای رخ داده و در طول دوره بلندمدت آماری به ترتیب برابر ۱۳/۴- و ۳۶/۹ درجه سلسیوس بوده و میانگین دمای هوا در فصل بهار ۱۸/۶، در تابستان ۲۰/۵، در پاییز ۱۰/۸ و در زمستان ۵/۲ درجه سلسیوس است. میانگین سالانه نم نسبی هوا ۴۹ درصد است.

#### ۴- مقایسه داده‌های ساختمان دارای آتریوم (گنبد، مکعب مستطیل، تخت)

نتایج به دست آمده در این مقاله بر اساس حل عددی و تجربی بوده است. سه آتریوم در هندسه‌های مختلف گنبدی، مکعب مستطیل و تخت مورد بررسی قرار گرفت. شکل شماره (۳، ۲، ۱) سه نوع آتریوم را که در این مقاله بررسی شده است را نشان می‌دهد. ابعاد مدل طراحی طبق شکل‌های (۱)، (۲) و (۳) که به طول و عرض (۳۰×۳۰) متر و ارتفاع (۷) متر و در مرکز هر کدام از مدل‌ها به ترتیب آتریومی به شکل‌های تخت به ابعاد (۱۳/۸۰×۱۴/۳۰) متر مربع و مکعب مستطیل به ابعاد (۱۳/۸۰×۱۴/۳۰) متر مربع و ارتفاع (۳/۵۰) متر و شکل گنبد به شعاع (۷) متر و ارتفاع (۷) متر مورد بررسی قرار گرفت. شبیه‌سازی این سه مدل با درصد تهویه در سه حالت (۷۰، ۳۰، ۰) درصد در سردترین هفته سال یعنی از تاریخ (۳۰ دی تا ۶ بهمن) که دمای بیرون بین (۰/۶۹- تا ۱۰/۶۴-) درجه سلسیوس زیر صفر بوده و همچنین در گرم‌ترین هفته سال یعنی از تاریخ (۲۲ مرداد تا ۲۸ مرداد) که دمای بیرون بین (۲۵/۷۸ تا ۳۰/۷۰) درجه سلسیوس است مورد شبیه‌سازی قرار گرفت.



شکل ۱- مدل با آتریوم تخت



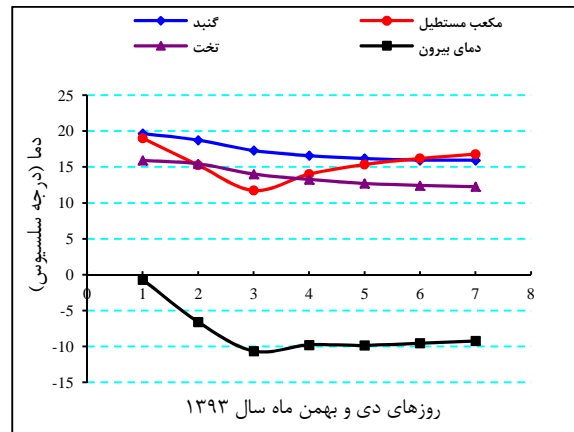
شکل ۲- مدل با آتریوم مکعب مستطیل

جدول ۳- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۳۰٪ سردترین هفته زمستان

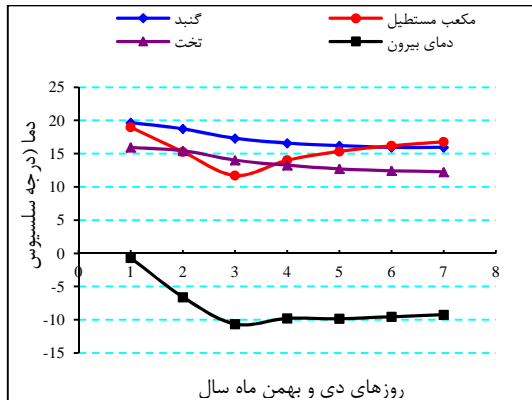
روز	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
گنبد	۱۷۷/۱۹	۱۸۴/۱۸	۱۳۸/۱۷	۱۶۶/۱۶	۱۲۵/۱۶	۱۶/۰۲	۱۹۸/۱۵
مکعب مستطیل	۱۹۹/۱۸	۱۲۷/۱۵	۱۷۲/۱۱	۱۰۰/۱۴	۳۴/۱۵	۱۶/۱۸	۱۷۸/۱۶
تخت	۱۹۳/۱۵	۱۴۴/۱۵	۱۰۲/۱۴	۱۲۶/۱۳	۱۷۱/۱۲	۱۲/۴۳	۱۲۶/۱۲
دمای بیرون	۰/۶۹	۶/۸۵	۱/۶۴	۹/۷۸	۹/۸۴	-۹/۵۳	۹/۲۲

جدول ۴- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ سردترین هفته زمستان

روز	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم
گنبد	۱۶۶/۱۹	۱۷۴/۱۸	۱۳۰/۱۷	۱۸/۱	۱۱۹/۱۶	۱۶/۹۰	۱۱۰/۱۶
مکعب مستطیل	۱۹۹/۱۸	۱۲۷/۱۵	۱۷۲/۱۱	۱۰/۴	۱۳۴/۱۵	۱۷/۳۱	۱۸۴/۱۷
تخت	۱۹۳/۱۵	۱۴۴/۱۵	۱۰۲/۱۴	۲/۳	۱۷۱/۱۲	۱۳/۵۳	۱۳۷/۱۳
دمای بیرون	-۰/۹	۶/۸۵	۱/۶۴	۱۸/۹	۹/۸۴	-۹/۵۳	۹/۲۲



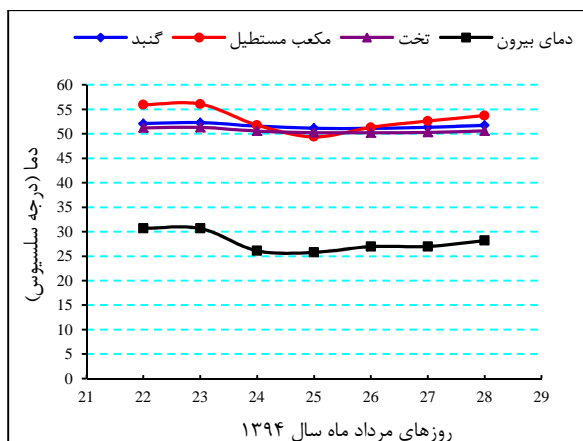
شکل ۵- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۳۰٪ سردترین هفته زمستان



شکل ۶- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ سردترین هفته زمستان

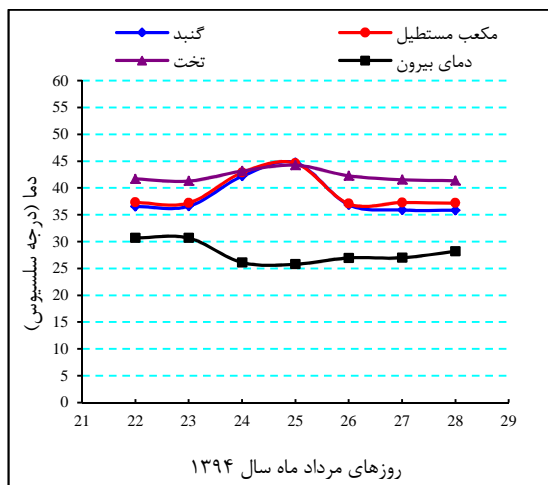
تغییرات دما در سردترین روزهای سال در شکل شماره ۶ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم چنین تغییرات دمای بیرون در روزهای مختلف در جدول شماره (۴) مشاهده می‌شود. با توجه به دماهای به دست آمده تفاوت چندانی بین آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ با آتریوم‌های با تهویه ۳۰٪ و ۱۰٪ نیست. بنابراین می‌توان گفت که در فصل زمستان بهتر است از آتریوم گنبد با تهویه (۱۰٪ و ۳۰٪) با توجه به نیاز دمایی استفاده کرد.

تغییرات دما در سردترین روزهای سال در شکل شماره ۵ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم چنین تغییرات دمای بیرون در روزهای مختلف در جدول شماره (۳) مشاهده می‌شود. جدول (۳) دمای آتریوم‌ها در تهویه ۳۰٪ نشان می‌دهد که نسبت به تهویه ۱۰٪ تفاوت چندانی نداشته و می‌توان از تهویه (۱۰٪ و ۳۰٪) در آتریوم استفاده کرد. در تهویه ۳۰٪ باز شکل گنبد بهترین نتیجه دما را به دست آورده است.



شکل ۷- دمای آتریوم ها در تهویه ۰٪ (بدون تهویه) گرم ترین هفته تابستان

تغییرات دما در گرم ترین روزهای سال در شکل شماره ۷ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم چنین تغییرات دمای بیرون در گرم ترین روزهای سال در جدول شماره (۵) مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از تهویه ۰٪ نشان می‌دهد که، آتریوم تخت کمتر از یک درجه نسبت به گنبد و بین یک تا پنج درجه سلسیوس نسبت به مکعب مستطیل وضعیت بهتری دارد. ولی نسبت به دمای بیرون همه آتریوم ها دمای بسیار بالایی دارند، که نتیجه می‌گیریم آتریوم ها برای عملکرد بهتر دمایی حتماً نیاز به تهویه طبیعی دارند تا از پدیده گلخانه‌ای و گرم شدن فضای داخل کاسته شود.



شکل ۸- دمای آتریوم ها در تهویه ۲۰٪ گرم ترین هفته تابستان

تغییرات دما در گرم ترین روزهای سال در شکل شماره ۸ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم چنین تغییرات دمای بیرون در گرم ترین روزهای سال در جدول شماره (۶) مشاهده می‌شود. با توجه به دمای به دست آمده از آتریوم ها در تهویه ۲۰٪ گرم ترین هفته تابستان نتیجه می‌گیریم که، آتریوم ها نسبت به زمانی که بدون تهویه بودند دمای بسیار خنک

جدول ۵- دمای آتریوم ها در تهویه ۰٪ (بدون تهویه) گرم ترین هفته تابستان

روز آتریوم	دما (درجه سلسیوس)						
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	
گنبد	۱۵۵ ۳۶	۱۵۸ ۳۶	۱۱۷ ۴۲	۷ ۱ ۴	۱۸۵ ۳۶	۳۵/۸۹	۱۸۳ ۳۵
مکعب مستطیل	۱۲۹ ۳۷	۱۱۹ ۳۷	۱۸۴ ۴۲	۶ ۱۰ ۴ ۴	۱۰۴ ۳۷	۳۷/۲۷	۱۱۸ ۳۷
تخت	۱۶۷ ۴۱	۱۲۹ ۴۱	۱۱۴ ۴۳	۲ ۱۵ ۴ ۴	۱۲۵ ۴۲	۴۱/۵۴	۱۳۵ ۴۱
دمای بیرون	۱۷۰ ۳۰	۱۶۶ ۳۰	۱۰۹ ۲۶	۷ ۱۸ ۲ ۵	۱۹۵ ۲۶	۲۶/۹۹	۱۲۰ ۲۸

جدول ۶- دمای آتریوم ها در تهویه ۳۰٪ گرم ترین هفته تابستان

روز آتریوم	دما (درجه سلسیوس)						
	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	
گنبد	۱۱۰ ۵۲	۱۲۷ ۵۲	۱۵۵ ۵۱	۱ ۱۵ ۵ ۱	۱۰۹ ۵۱	۵۱/۳۴	۱۷۲ ۵۱
مکعب مستطیل	۱۹۲ ۵۵	۱۰۷ ۵۶	۱۷۶ ۵۱	۳ ۱۶ ۴ ۹	۱۳۱ ۵۱	۵۲/۶۰	۱۷۱ ۵۳
تخت	۱۲۱ ۵۱	۱۳۱ ۵۱	۱۵۵ ۵۰	۲ ۱۲ ۵ ۰	۱۱۹ ۵۰	۵۰/۲۸	۱۵۷ ۵۰
دمای بیرون	۱۷۰ ۳۰	۱۶۶ ۳۰	۱۰۹ ۲۶	۷ ۱۸ ۲ ۵	۱۹۵ ۲۶	۲۶/۹۹	۱۲۰ ۲۸

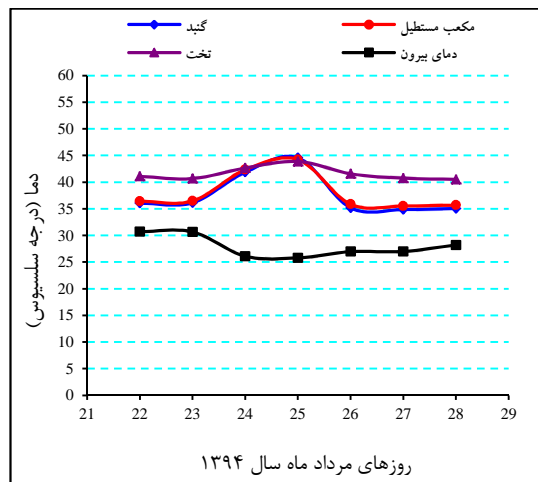
تری دارند. بنابراین، با توجه به جدول بالا آتریوم گنبد نسبت به دو آتریوم دیگر از یک تا شیش درجه خنک تر است.

### ۷- نتیجه گیری

بر اساس تحلیل داده‌های دمایی حاصله از شکل گنبد به شکل مکعب مستطیل و تخت در آتریوم بر گرفته از نتایج شبیه‌سازی عددی و نتایج تجربی درمی‌یابیم که در مجموع شکل گنبد با تهویه طبیعی (۳۰٪) نسبت به شکل مکعب مستطیل و تخت در تأمین آسایش حرارتی و میزان لوکس نور یک نسبت بهینه را مهیا می‌سازد. به صورتی که بر اساس تعریف و استاندارد نقطه‌ی آسایش حرارتی که دمایی بین (۲۰ تا ۲۸) درجه‌ی سلسیوس تعریف گردیده، دمای حاصله از نتایج شبیه‌سازی از دمای میانگین (۱۹ تا ۲۰) درجه‌ی سلسیوس در زمستان و دمای (۳۵ تا ۳۶) درجه سلسیوس در تابستان می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند وجود آتریوم در زمستان باعث افزایش زیاد دما نسبت به هوای بیرون خواهد شد. همچنین نتایج تجربی و عددی نشان می‌دهند در تابستان چنانچه از آتریوم با سایبان استفاده گردد تقریباً ۱۸ درصد دما کاهش می‌یابد که این باعث صرفه‌جویی در انرژی می‌شود. به نظر می‌رسد که نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی در تابستان به علت اجرا نکردن سایبان در این فصل دمای هوا کمی افزایش یافته و از دمای آسایش چند درجه بیشتر شده است. اگر از سایبان‌های متحرک استفاده کنیم این دما کاهش یافته و به دمای آسایش می‌رسد که یک نسبت مفید برای فراهم نمودن شرایط آسایش حرارتی را نشان می‌دهد.

### ۵- منابع

[1] Meder S., Green Office, University of Hawaii, School of Architecture, green\_office.WWW.durp.hawaii.edu/2003.  
 [2] Gratia E. and De Herde A., Solar Energy in European Office Buildings, Mid-Career Education WWW.erg.ucd.ie/mid\_career/pdfs/teeh\_mood\_2, 2002. pdf  
 [3] Wall M., Climatic and Energy Use in Gazed Spaces, Wallin & Dalholm Boktryckeri, Lund, Sweden, 1996.  
 [4] Bajracharya Susan., Computer Simulation of Thermal Behavior of Atriums, Department of Mechanical Engineering, Alberta, Canada, University of Calgary, 1997.  
 [5] Atif Morad., Top Glazed Public Spaces, Amenities, Energy, Costs and Indoor Environment,” Construction Canada, 36(1):pp. 43-47, 1994.  
 [6] Etzion Y., Pearlmuter D., Erell E. and Meir A., Adaptive Architecture: Integrating, Low Energy Technologies for Climate Control in Desert, Automation in Construction, 6:pp. 417-425, 1997.  
 [7] Abdullah A., Q. Meng, L.Z., and Fan W., Field Study on Indoor Thermal Environment in an Atrium in Tropical Climates, Building and Environment, 44:pp. 431-436, 2009.  
 [8] Boyer L.L., Song K.D., Daylighting prediction and sunlight strategies for atrium design in hot climates, NO-94- 3-2, ASHRAE Transactions: Symposia, pp. 676-681, 1994.  
 [9] Liu A., Navvab M., Jones J., Geometric shape index for daylight distribution variations in atrium spaces, Solar World Conference Proceedings, Denver, CO, 1991.  
 [10] Aizlewood M.E., The Daylighting of atria: A critical Review Daylight in atria, a comparison of measurements. ASHRAE Transactions: Symposia 841-857, 1995.  
 [11] Baker N., Franchiotti, Steemers, (Eds), Daylighting in Architecture, a European Reference Book, James & James, London, 1993.  
 [12] Kim K.S., Boyer L.L., Development of daylight prediction methods for atrium design, International Daylight Conference Proceedings II, November, Long Beach, CA, pp. 345-359, 1986.  
 [13] Littlefair P., Daylight prediction in atrium buildings, Solar Energy 73 (2), 105-109, 2003.  
 [14] Chow W.K., & Wong L.T., Thermal environment design of atria in the Hong Kong Special Administrative Region: A survey, Architectural Science Review, 44(4), 235-251, 1999.



شکل ۹- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ گرم‌ترین هفته تابستان

جدول شماره ۷- دمای آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ گرم‌ترین هفته تابستان

روز / آتریوم	دما (درجه سلسیوس)						
	او ل	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ش ش م	هفتم
گنبد	۱۰۴ / ۳۶	۱۱۳ / ۳۶	۱۸۷ / ۴۱	۱۷ / ۴	۱۱۷ / ۳۵	۳۴ / ۸۴	۱۰۳ / ۳۵
مکعب مستطیل	۱۴۳ / ۳۶	۱۴۶ / ۳۶	۱۳۲ / ۴۲	۲ / ۴	۱۸۴ / ۳۵	۳۵ / ۵۱	۱۶۸ / ۳۵
تخت	۱۰۶ / ۴۱	۱۶۷ / ۴۰	۱۶۴ / ۴۲	۸ / ۴	۱۵۷ / ۴۱	۴۰ / ۷۳	۱۵۱ / ۴۰
دمای بیرون	۱۷۰ / ۳۰	۱۶۶ / ۳۰	۱۰۹ / ۲۶	۷ / ۲	۱۹۵ / ۲۶	۲۶ / ۹۹	۱۲۰ / ۲۸

تغییرات دما در گرم‌ترین روزهای سال در شکل شماره ۹ به ترتیب برای آتریوم تخت، مکعب مستطیل و گنبدی شکل نشان داده شده است. هم‌چنین تغییرات دمای بیرون در گرم‌ترین روزهای سال در جدول شماره (۷) مشاهده می‌شود. دمای آتریوم‌ها در تهویه ۷۰٪ گرم‌ترین هفته تابستان نسبت به تهویه ۳۰٪ تفاوت چندانی نکرده و در نتیجه می‌توان از آتریوم گنبد در تهویه ۳۰٪ تابستان استفاده کرد.

- [15] Mills F.A., Energy-efficient commercial atrium buildings, ASHRAE Transactions, 100, Part 1, 665-675, 1994.
- [16] Sharples S., Stewart L., & Tregenza P., Glazing daylight transmittances: A field survey of windows in urban areas, Building and Environment, 36, 503-509, 2001.
- [17] Bryn I., Atrium buildings from the perspective of function, indoor air quality, and energy use, ASHRAE Transactions, 101, Part 2, 858-865, 1995.
- [18] Kainlauri E., Lehman G., & Vilmain M., Comparative studies of five atriums on the effects of orientation, exposure and design on daylighting, temperature, and stratification of air. Proceedings of the Biennial Congress of the International Solar Energy Society. Denver, Colorado: Pergamon Press, 2787-2792, 1991.
- [19] Hopkirk N., Simple design tool for lighting, lighting plus heating and cooling energy in an office adjacent to an atrium. Proceedings International Daylighting Conference, Ottawa: Natural Resources Canada, 105-112, 1998.
- [20] Laouadi A. Atif M.R. and Galasiu A., Methodology towards developing skylight design tools for thermal and energy performance of atriums in cold climates, Building and Environment, 38: pp. 117-127, 2003.
- [21] Calcagni B. and Paroncini M., Daylight factor prediction in atria building designs, Solar Energy, 76: pp. 669-682, 2004.
- [22] Littlefair P., Daylightprediction in atrium buildings, Solar Energy Vol. 73, No. 2: pp. 105-109, 2002.
- [23] Kim J. and Song K., Dynamik daylight performance data for plants in for-sided atria, Lighting Res. Technol, 45: 521-537, 2013.
- [24] Kim J. and Song K., Dynamik daylight performance data for plants in for-sided atria, Lighting Res. Technol, 45: 521-537, 2013.