تهویه طبیعی در شوادون‌های شهر دزفول با بهره‌گیری از مدل‌سازی CFD

مرتضی حزبئی*
زهرا ادیب**
فرشاد نصراللهی***

چکیده
تهویه طبیعی یکی از مؤثرترین عوامل در ایجاد آسایش حرارتی است. این عامل با بهره‌گیری از کوران هوا، کاهش رطوبت نسبی و افزایش تبخیر سطحی موجب ایجاد شرایط آسایش در اقلیمهای گرم و مرطوب میشود. در دوران معاصر با توجه به اهمیت انرژی‌های تجدیدناپذیر از جمله سوخت‌های فسیلی و هم‌چنین افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، نقش تهویه طبیعی در ساختمان به لحاظ سازگاری ساختمان با محیطزیست حایز اهمیت است.
سازندگان بنا در دزفول به عنوان یکی از شهرهای اقلیم گرم و نیمه مرطوب جهت تعدیل شرایط آب و هوایی در مسکن به ساخت فضایی در عمق ۵ تا ۱۲ متری در زیرزمین پرداخته‌اند.
این فضای زیرزمینی به نام شوادون(Shavadoon) به عنوان یکی از راهکارهای مناسب جهت انطباق با محیط و ایجاد شرایط آسایش حرارتی با استفاده از ثبات دمای سالانه زمین و تهویه طبیعی است. این پژوهش در ابتدا به شناسایی عوامل مشترک و انتخاب شرایط کالبدی تأثیرگذار در تهویه شوادون می‌پردازد، سپس اثر تهویه طبیعی را در گونه‌های مختلف شناسایی‌شده با استفاده از مدل‌سازی CFD جهت ایجاد شرایط آسایش حرارتی مورد بررسی قرار می‌دهد.

واژگان کلیدی
شوادون، تهویه طبیعی، دزفول، CFD، اقلیم گرم و نیمه مرطوب.

*.کارشناس ارشد معماری، دانشگاه هنر اصفهان، نویسنده مسئول ۰۹۱۶۳۰۷۱۳۴۸
m.hazbei@gmail.com
**. کارشناس ارشد معماری، دانشگاه هنر اصفهان، Zahra.Adib67@Gmail.Com
***. دکتری معماری، استاد دانشگاه هنر برلین و مدرس دانشگاه هنر اصفهان. f.nasrollahi@udk-berlin

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تطبیق‌پذیری بنا در معماری گذشته ایران با تنوع اقلیمی بسیار حایز اهمیت است. در اقلیم گرم و نیمه‌مرطوب سازندگان بنا روش‌های بسیار مناسبی در جهت کنترل آب و هوای گرم در این مناطق ارایه داده‌اند. فضای زیرزمین در مسکن کمتر محل تجمع است که این امر به دلیل کمبود نور، رطوبت و تهویه ضعیف است. این نوع فضاها بیشتر به عنوان فضای انبار استفاده می‌شود و کمتر به عنوان مکانی مناسب جهت سکونت به کار می‌رود. در دهه‌های اخیر با افزایش تقاضا برای فضاهای زندگی و محدودیت ارتفاع ساختمان در مناطق مسکونی شهری طراحی زیرزمین به عنوان فضای کمکی در کنار فضاهای مسکونی مخصوصاً در شهرهای پرجمعیت راهکار مناسبی است (Bu, Kato & Takahaashi, 2010). این فضاهای زیرزمینی در شهر دزفول و شوشتر در عمق ۵ تا ۱۲ متری از سطح زمین که دسترسی به آن از طریق پله‌های متعدد امکان‌پذیر است شوادون نام دارند. در این فضاها با بهره‌گیری از تعادل گرمایی زمین شرایط مطلوب حرارتی حاصل می‌شود. عامل دیگر جهت رسیدن به آسایش حرارتی در شوادون‌ها علاوه بر تعادل گرمایی نقش تهویه طبیعی است. جهت بررسی تهویه طبیعی در فضاهای داخلی روش‌های متفاوتی وجود دارد : انجام آزمایش در مقیاس واقعی، تونل باد و روش مدل‌سازی.

روش تحقیق

در این پژوهش از روش مدل‌سازی CFD[1]، به کمک نرم‌افزار DesignBuilder Version 3.0.0.105 استفاده شده است. نرم‌افزار دیزاین‌بیلدر از موتور مدل‌سازی انرژی پلاس (EnergyPlus) استفاده می‌کند. مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس با استفاده از مقایسه نتایج مدل‌سازی با سری زیادی از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی با کیفیت بالا توسط لابراتوری ملی اواک ریگ (Oak Ridge National Laboratory) اعتبارسنجی شده است.

اعتبارسنجی مدل‌سازی شبکه جریان هوای نرم‌افزار انرژی پلاس همچنین با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده توسط لابراتوری علوم ساختمانی (Building Science Lab) در مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا (Florida Solar Energy Center) انجام شده است (Lixing Gu, 2007). فارغ از اعتبارسنجی انجام شده توسط اطلاعات اندازه‌گیری توسط لابراتوری ملی اواک ریگ و مرکز انرژی خورشیدی فلوریدا، برای بررسی میزان دقت و اعتبارسنجی مدل‌سازی CFD نرم‌افزار DesignBuilder، در یک مطالعه نتایج مدل‌سازی این نرم‌افزار با نرم‌افزار بسیار تخصصی CFD فونیکس مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد، در چهار مدل مقایسه شده در بین این دو نرم‌افزار، سرعت جریان هوا و دمای هوا یا کاملاً مشابه بوده و یا تفاوت بسیار اندکی داشته است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که دقت مدل‌سازی CFD نرم‌افزار DesignBuilder بسیار بالا و قابل اعتبار است (North Umbria, 2011 University). روش تحقیق در این پژوهش از منظر هدف در گروه پژوهش‌های کاربردی قرار می‌گیرد که در گروه تحقیقات توصیفی (Descriptive Res) است و همچنین روش گردآوری داده‌ها براساس مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی و روش تجزیه و تحلیل به صورت علّی و براساس نتایج مدل‌سازی است.

پیشینه تحقیق

در اواخر دهه ۱۹۳۰ علاقه فراوانی در زمینهٔ مهندسی تهویه به وجود آمد (Burgess, 1995). آگاهی از جریانات هوای داخلی در محیط‌های بسته به سه دلیل قابل توجه است : آسایش حرارتی، کیفیت هوای داخل و مصرف انرژی ساختمان. مطالعات نشان می‌دهد که در دو دهه گذشته توجه به "جریان هوای داخل" در قالب دانشی نوین به طور چشم‌گیری افزایش یافته است (عمیدپور، ۱۳۸۸). اسفور در سال ۲۰۰۸ به بررسی کیفیت تهویه و بهبود حرکت باد در سقف‌های طاقی با بهره‌گیری از مدل‌سازی CFD می‌پردازد (Asfour & Gadi, 2008). کرپیل در سال 2009 به بررسی تهویه طبیعی در مقبره‌های زیرزمینی مصری پرداخته، که در این فضاها هوای خنک شده و تازه شب جایگزین هوای کهنه‌شده و برای روز بعد قابل استفاده است (Gribble, 2009). داگراکا در سال 2012 تهویه طبیعی در یک ساختمان تجاری موجود در شهر لیسبون پرتغال بررسی کرده است. در ابتدا از بین ۳۲ جهت باد، ۸ جهت باد غالب شناخته شده، سپس در نرم‌افزار EnergyPlus & DesignBuilder به نقاط قوت و ضعف ساختمان با مواجه با باد می‌پردازد و در نهایت پیشنهادهایی ارایه می‌دهد (Da Grac & R. Martins, 2012) سال ۹۲ به موضوع هویت فرهنگی و اثرات آن بر روش‌های بومی تهویه طبیعی در بازار قدیم دزفول، راسته صنعتگران پرداخته است که روش شبیه‌سازی براساس مدل‌سازی (Gambit Fluent, CFD) صورت گرفته است. «بینا» در سال ۱۳۸۷ به معرفی و تجزیه و تحلیل شوادون‌های دزفول می‌پردازد و همچنین «مرادی» و «اسکندری» در سال 2012 وضعیت سرمایشی و گرمایشی شوادون را در بازه زمانی یک‌ساله با استفاده از نرم‌افزار فلونت بررسی می‌کنند (Moradi & Eskandari,2012). با این حال تحقیق جامعی در رابطه با جریان هوای طبیعی و عملکرد تهویه طبیعی در این فضا موجود نیست.

سؤالات تحقیق

- چندگونه شوادون در شهرستان دزفول می‌توان شناسایی کرد؟
- مکانیسم تهویه طبیعی در گونه‌های مختلف شوادون‌های دزفول چگونه است؟
- شکل شوادون چه تأثیری در بهبود جریان تهویه طبیعی

Archive of SID

می‌تواند داشته باشد؟
– تأثیر عمق شوادون و محل قرارگیری دریزه در تهویه طبیعی چگونه است؟

شوادون

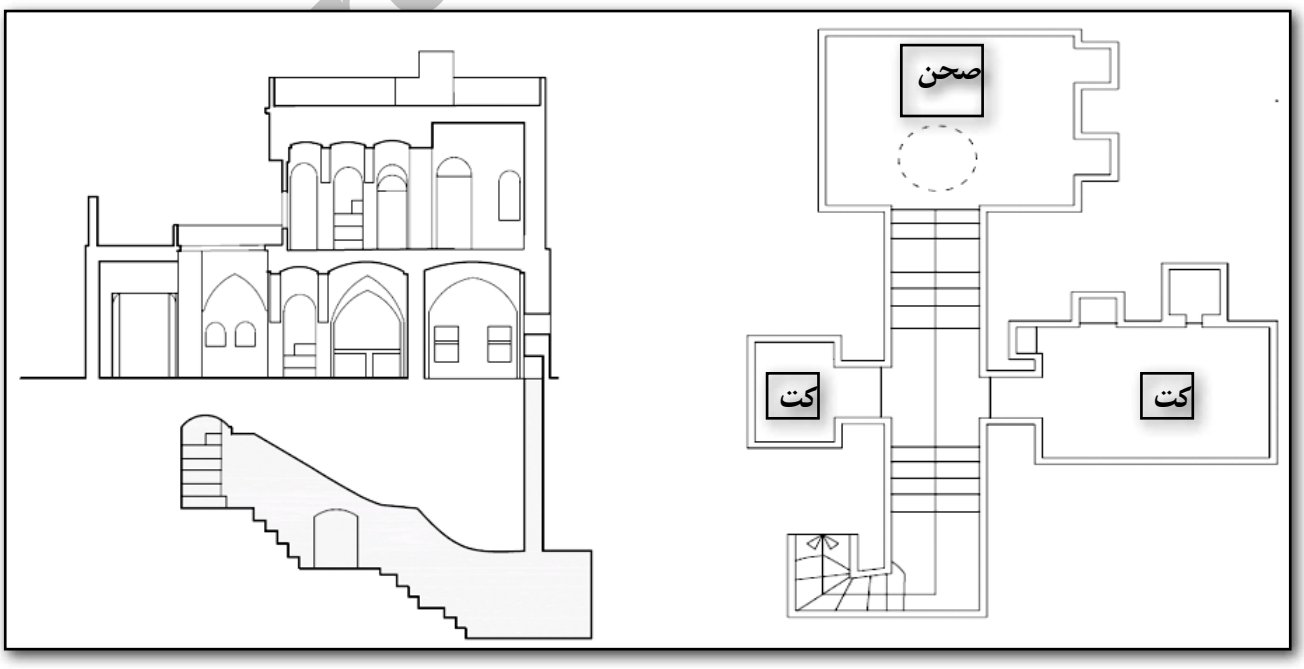
دمای زمین در تابستان نسبت به دمای خارج کمتر و در زمستان بیشتر است. به جز در کناره دریای خزر و سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان، اغلب خانه‌های قدیمی کشور ما دارای زیرزمین بوده‌اند و مخصوصاً در فصول گرم اهل خانه به زیرزمین می‌رفتند (قبادیان ۱۳۸۲: ۳۱). شوادون راهی زیرزمینی، دور و دراز است که غالباً از کنار رودخانه دز سر درمی‌آورد (صارمی، ۱۳۷۶: ۸۴). در بین شوادون‌های مجاور هم که اهالی آن اغلب قرابت فامیلی و خویشاوندی داشته‌اند کانال‌هایی می‌کندند و شوادون‌ها را به هم مرتبط می‌کردند تا تهویه هوا در داخل شوادون‌ها بهتر صورت گیرد (قبادیان ۱۳۸۲: ۳۲). با توجه به جنس بسیار محکم زمین دزفول (کنگلومرا) با حفاری در دل زمین و بدون اجرای دیوار و سقف، فضایی بعضاً با عمق بیش از ۱۰ متر از سطح زمین ایجاد می‌شود که از آن در تابستان برای استراحت روزانه و همچنین نگهداری مواد خوراکی و در کل برای نیازهای برودتی استفاده می‌شود. با کمی اختلاف سرداب‌هایی که در سایر مناطق ایران وجود دارند نمونه مشابه آن است، که از آن جمله سرداب‌های یزد را می‌توان نام برد. خنکای شوادون با متوسط دمای حدود ۲۵ درجه سانتی گراد، در حالی که متوسط دمای خیابان‌های اطراف به ۵۴ درجه سانتی‌گراد می‌رسد بسیار شگفت‌آور است. البته شوادون‌ها براساس حجم و عمقشان خنکای متفاوت دارند و هرچه حجم و عمق آنها بیشتر باشد، نسبت به دمای هوای بیرون هوای خنک‌تر و پایدارتری دارند، به طوری که در زمان استفاده خنکی شوادون‌های کم عمق از ۲۷ درجه تجاوز نمی‌کند (بینا، ۱۳۸۷).

اجزای شوادون

شوادون دارای یک ورودی نسبتاً عریض است که معمولاً در یک قسمت از حیاط قرار دارد. راهروی ورودی شوادون از پلکان ورودی تا صحن شوادون ادامه دارد و دارای شیبی بیش از پله‌های امروزی است. صحن بخش اصلی شوادون با پلانی مربع است در شوادون‌های بزرگ اختلاف سطح صحن از سایر قسمت‌ها موجب هویت بخشی به آن می‌شود. یکی از اجزای شوادون کت است که به جز وجه اول صحن، که به پلکان متصل می‌شود سه وجه دیگر آن به اتاقک‌هایی به نام کت متصل است و حداکثر با یک اختلاف سطح از صحن جدا شده است. کت‌های شوادون در برخی از موارد به شوادون‌های همسایه با یک تونل یا دریچه وصل می‌شوند که به آن تال می‌گویند. در حقیقت تال‌ها شبکهٔ ارتباطی زیرزمینی برای یک گروه خانه که ارتباط فامیلی یا همسایگی نزدیک دارند است. دریزه روزنه‌ای استوانه‌ای به قطر حدود ۱ متر که جهت تأمین نور و تهویه عمودی شوادون بوده است. دریزه‌هایی درون حیاط حفر می‌شده که به عنوان مسیرهایی برای بالا کشیدن خاک در هنگام حفر شوادون استفاده می‌شده است. در بعضی از نمونه‌ها دریچه‌های دریزه با کوچه‌ها، معابر و حتی بام منازل ارتباط داشته است. دریچه یا دریزه بدون استثنا در برخی کت‌ها یا صحن شوادون، جهت تهویه و هواکشی (داکت) تعبیه شده است (بینا ۱۳۸۷)؛ (تصویر ۱).

تصویر۱. پلان و مقطع خانه کاظم لامی، ماخذ : نگارندگان.

Fig.1. The house of Kazem Lami plan and section, Source: authors.



www.SID.ir

جهت بررسی شرایط تهویه طبیعی نیاز به ویژگی‌های مشترک کالبدی شوادون‌ها و انتخاب و بررسی عوامل تأثیرگذار و دستیابی به یک الگوی غالب است، در جدول زیر ۱۲ مورد از خانه‌هایی دارای شوادون مورد بررسی قرارگرفته‌اند (جدول ۱). آنچه از نتایج جدول ۱ بر می‌آید که به طور متوسط با افزایش مساحت زیربنای خانه‌ها مساحت شوادون‌ها هم افزایش یافته است. تناسب میان عمق شوادون و مساحت حیاط نیز قابل توجه است، با افزایش مساحت حیاط عمق شوادون نیز بیشتر می‌شود که دلایل متعددی را می‌توان برای این موضوع متصور شد. نخست از منظر اقتصادی و فرهنگی می‌توان عنوان کرد که هر چه مساحت حیاط بیشتر بوده نشانه وضعیت اقتصادی صاحب‌خانه است و منجر به حفر شوادون‌های عمیق‌تری شده است. از منظر اقلیمی نیز عمق بیشتر شوادون نیازمند هوای آزاد بیشتری جهت تهویه است که حیاط‌های با مساحت بالا جوابگوی این امر است. حیاط‌های بزرگ‌تر با مقدار حجم هوایی که به داخل ساختمان وارد می‌کنند (بده حجمی Q۲) امکان تهویه مناسب‌تری را برای شوادون فراهم می‌سازند. از طرفی به طور متوسط عمق شوادون با ارتفاع دریزه رابطه مستقیم دارد و غالباً خروجی دریزه در سطح کف ساختمان و ارتفاع ۰/۰۰ تعبیه می‌شده است.

از لحاظ جهت‌گیری شوادون‌ها براساس جامعه آماری مورد بررسی مشخص شد که ۴۲ درصد شمالی- جنوبی و ۵۸ درصد شرقی - غربی است. اکثر شوادون‌ها دارای یک دریزه است تنها یک‌خانه از بین خانه‌ها بررسی شده دارای دو دریزه بود. با توجه به بررسی‌های انجام شده دریزه‌ها محل مشخصی در پلان شوادون ندارند اما گمان می‌رود که انتخاب محل دریزه‌ها براساس محل خروجی دریزه‌ها و فضایی برای خروج هوا است، که باید در محلی قرار می‌گرفته که به لحاظ عملکردی شرایط ایجاد گشایش و خروجی هوا را داشته باشد. از منظر شکلی شوادون‌ها از هندسه خاصی تبعیت نمی‌کنند، کلیت فضاها شامل صحن و فضاهای کت در اطراف صحن است، که صحن به عنوان فضای مرکزی برای نشستن است (جدول ۲).

تهویه طبیعی

منظور از تهویه طبیعی استفاده از فرایند جابه‌جایی هوای داخل ساختمان با هوای تازه خارج ساختمان است، بدون بهره گرفتن از دستگاه‌های تأسیساتی و صرف انرژی فسیلی وجود جریان هوا در داخل ساختمان شرط لازم نیل به آسایش است ولی کافی نیست. از این رو باید : الف) جریان هوا در محل مورد نیاز برقرار شود. ب) این جریان سرعتی مناسب برای ایجاد آسایش داشته باشد (رازجویان، ۱۳۸۶: ۱۶۰). نیروی محرکه این جریان می‌تواند حرارتی یا حرکتی (باد) باشد (کسمایی، ۱۳۶۸ :۱۹۲). هوا به دلیل اختلاف فشار حرکت می‌کند و باد باعث جریان هوا از نقطه‌ای به نقطه دیگر است و نقش مهمی در آسایش گرمایی خانه دارد (شاطریان، ۱۳۹۰: ۵۶۴). جریان حرارتی زمانی روی می‌دهد که تفاوت در چگالی بین محیط داخلی و خارجی ایجاد شود که این مسئله نیز با تفاوت دمای داخل و خارج اتاق حاصل می‌شود (کلیون، ۱۳۸۹: ۳۷).

جهت تهویه داخل بنا، خصوصاً در اقلیم گرم مانند مناطق جنوبی کشور، بهتر است تهویه دو طرفه باشد و جریان هوا از یک سمت وارد و از سمت دیگر و یا سقف اتاق خارج شود (قبادیان ۱۳۸۲: ۱۰).

جدول ۱. بررسی ویژگی‌های کالبدی ۱۲ خانه دارای شوادون، مأخذ : نگارنده.

Table 1. The survey of physical characteristics of 12 houses with shavadoon, Source: authors.

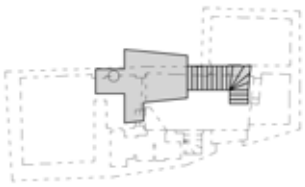
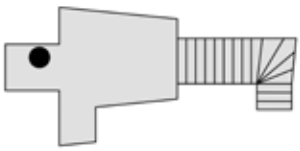
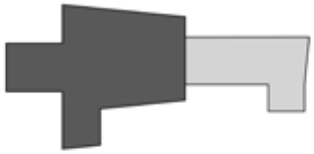
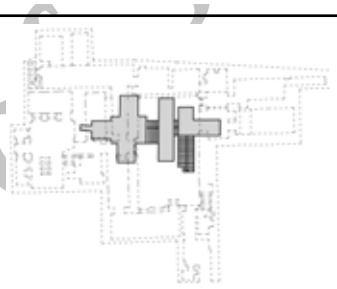
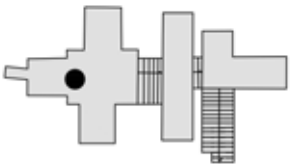
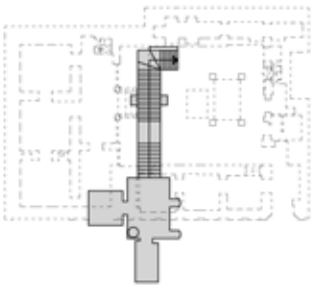
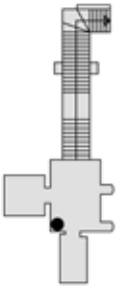
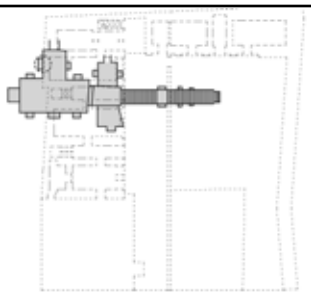
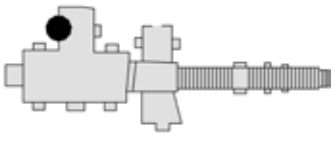
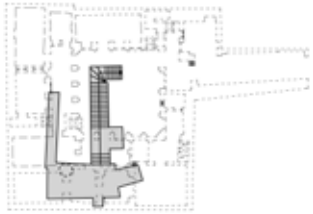
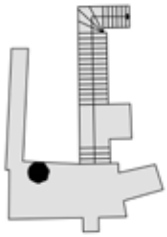
نام خانه	مساحت کل بنا (متر مربع)	مساحت شوادون (متر مربع)	درصد اشغال شوادون در بنا	محیط شوادون (متر)	عمق شوادون (متر)	مساحت حیاط (متر مربع)	نسبت مساحت حیاط به عمق شوادون	ارتفاع شوادون (متر)	ارتفاع دریزه (متر)	نسبت مساحت ورودی به دریزه	فاصله ورودی تا دریزه (متر)
آذرآباد	۷۲/۹۷	۵/۱۷	٪۱۶	۳۵/۲۵	۷۵/۴	۱۷	۶/۳	۱۵/۲	۴/۴	۶/۲	۲۲/۶
شاه رکنی	۴۳۵	۳۰/۵۸	٪۱۳/۴	۶۷	۹	۶۴	۱۱/۷	۳	۷/۵	۰۱/۱	۵۸/۸
نیلساز	۱۵۱	۲۴/۳۲	٪۲۱/۳۵	۵۱/۳۵	۵/۷	۳۱/۱	۲/۲	۳/۲	۳/۵	۶/۱	۲/۹
میرزایی	۴۹	۱۹	٪۳۸/۷	۲۳	۷/۶	۱۷	۲/۵	۱/۲	۵/۴	۱	۸/۱۰
بیباز	۶/۱۰۳	۱۱/۳۵	٪۳۳	۰۲/۳۵	۸	۴۴	۵/۵	۱/۲	۸/۵	۱/۱	۴۴/۱۰
فیل بان زاده	۵/۴۶۲	۱/۶۴	٪۱۳/۸	۹/۶۹	۱۰	۱۳۲	۳/۱۳	۳	۷/۴	۴	۱۸/۱۴
قلمبر	۲۵/۶۹۰	۳۴/۵۸	٪۸/۴	۰۹/۲۹	۸/۹	۸/۷۶	۸/۷	۱۰/۳	۰۵/۶	۲/۱	۱۶/۲
دیانتی	۲/۵۰۱	۴۵/۵۶	٪۱۱/۲۵	۴/۶۴	۹/۸	۷۸/۸	۸	۱۵/۲	۵/۲	۶/۱	۷/۰۳
محمدرضا قصری	۱۰۴۰	۶/۹۶	٪۹/۲	۸۸/۹۳	۸۰/۱۱	۲۷۳	۲۳/۱	۲/۳	۸	۱	۲۰/۶
شمس الدین	۵/۱۸۸	۵/۵۵	٪۲۹/۴۵	۷/۵۸	۵/۹	۷۲	۷/۵	۵۵/۲	۴/۹	۷/۳	۱۱/۱۰
شایگان	۶/۱۴۷	۴/۵۵	٪۳۷/۵	۹/۵۰	۳۵/۷	۳۷/۹	۵/۱۵	۶/۲	۷/۴	۸/۱	۷/۸۸
کاظم لامی	۸/۱۳۳	۳۰	٪۲۲/۴	۴/۱۸	۹/۶	۲۲/۳	۳/۲	۴/۲	۷/۴	۳/۱	۷۴/۸
میانگین	۴/۳۴۴	۵۲	٪۲۰/۸۹	۲۲/۴۹	۹/۷	۷۲/۱۵	۷/۴	۲/۵۵	۶/۳۷	۸/۱	۱۰/۹

Archive of SID

بدون وجود بازشوی خروجی حتی در صورت وجود بادی شدید، جریان هوای مؤثری در داخل ساختمان ایجاد نمی‌شود. وجود یک بازشو به سمت باد بدون بازشوی خروجی هوا، در داخل ساختمان فشاری معادل فشار ساختمان تولید می‌کند که حتی ممکن است شرایط داخلی را وخیم نموده و باعث ایجاد ناراحتی شود (کسمایی ۱۳۶۸: ۱۹۲). عوامل اصلی در بهبود دمای شوادون، تهویه هوا در کنار استفاده

جدول ۲. بررسی جهت قرارگیری شوادون محل دریزه و شکل کلی شوادون. مأخذ : نگارنده.

Table 2. The survey of Shavadoon's alignment, Darizeh location and general shape of Shavadoon, Source: authors.

	قرارگیری شوادون در پلان	محل قرارگیری دریزه	شکل شوادون
آذرآباد			
دیانتی			
فیل‌بند زاده			
محمدرضا قصری			
شاه‌رکنی			

Archive of SID

www.SID.ir

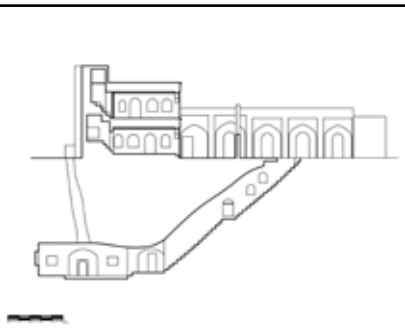
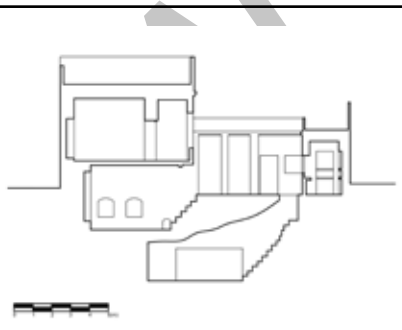
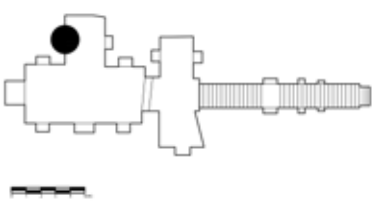
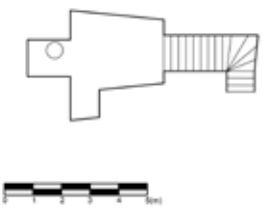
از دمای ثابت زمین است. یکی از جنبه‌های تهویه زمینی استفاده از محرک‌های طبیعی است، این عمل با تهویه یک‌سویه، عبوری می‌تواند انجام شود (کلیون، ۱۳۸۹). زمانی که فضای شوادون در مقابل یک هوای گرم‌تر یا سردتر قرار می‌گیرد علاوه بر اینکه دمای هوایش تغییر می‌کند جداره‌های آن نیز گرمای خود را از دست می‌دهند. بنابراین برای ایجاد جریان هوا و بهره‌گیری از تهویه طبیعی باید منافذی جهت ورود و خروج هوا ایجاد شود. البته چون دزفول جز اقلیم گرم و نیمه مرطوب است یافتن هوای سرد کمی غیرممکن است لذا تنها راه دسترسی به هوای خنک استفاده از منبع هوایی آسمان است. آسمان دارای هوای سردی است و به‌طورکلی هرچه از سطح زمین دورتر می‌شویم هوا خنک‌تر می‌شود. گرم شدن هوای سطوح پایینی یکی از عوامل افزایش فشار هوا است که جریانات عمودی را تولید می‌کند (علیزاده،۱۳۷۹، ۷۶-۷۵). روزها به دلیل وجود جریان هوای گرم شده سطح زمین به سمت بالا امکان رسیدن هوای سرد فوقانی به زمین نیست. ولی شب‌ها که انرژی تابشی خورشید به زمین نمی‌رسد و جریان فوق قطع می‌شود، فرصت مناسبی است تا هوای سنگین و سرد آسمان به سمت پایین حرکت کند (همان،۷۷-۷۶). این جریان هوا ابتدا پشت‌بام را خنک می‌کند و سپس به بقیه فضاها نفوذ می‌کند. زمانی که به فضاهای زیرزمینی نفوذ کرد هوای فوق آنجا ذخیره می‌شود تا در طول روز ساکنین بتوانند از آن استفاده کنند (بینا، ۱۳۸۷). خنک‌سازی درونی شوادون می‌تواند مستقیم به وسیله خنک‌سازی ساختمان در طول شب صورت گیرد. این بدان معنی است که ساختمان در طول شب تهویه شود. ورودی و منافذ شوادون باید به گونه‌ای تعبیه شود تا توانایی تهویه سریع در شب میسر باشد. ولی روزها برای حفظ هوای انبار شده نباید تهویه صورت گیرد تا گرما وارد فضای شوادون نشود. بدین معنی که خنک‌سازی هوای داخل شوادون توسط جابه‌جایی هوا با هوای بیرون تا زمانی که هوای بیرون خنک‌تر از داخل نشده است اتفاق نمی‌افتد و همچنین حرکت هوای گرم رو به بالا این امر را تشدید می‌کند (تصویر ۲).

تحلیل جریان هوا در شوادون با استفاده از CFD

الف) تأثیر عمق شوادون در تهویه طبیعی : در این بررسی شرایطی به عنوان پیش‌فرض مد نظر گرفته شده است که در ذیل آمده است. ابتدا میانگین سرعت باد دزفول از اطلاعات هواشناسی ۴ متر بر ثانیه و میانگین دمای داخلی در یک روز تابستانی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دمای محیط ۳۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (بینا، ۱۳۸۷). سپس ۲ خانه جهت مدل‌سازی از لحاظ مساحت و عمق شوادون انتخاب شده، که کوچک‌ترین آنها خانه آذرآباد با مساحت حیاط ۱۷/۱ متر مربع و عمق ۴/۷۵ متر و بزرگ‌ترین آنها خانه محمدرضا قصری با مساحت حیاط ۲۷۳ متر مربع و عمق شوادون ۱۱/۸ است. (جدول ۳). سپس دبی ورودی خانه آذرآباد

جدول ۳. مقایسه ماکزیمم و مینیمم شوادون‌ها از لحاظ عمق و مساحت، مأخذ : نگارندگان.

Table 3. The comparison of Shavadoon's maximum and minimum in terms of depth and area. Source: authors.

پلان و مقطع خانه محمدرضا قصری (بیشینه مساحت)	پلان و مقطع خانه آذرآباد (کمینه مساحت)
	
	

Archive of SID

www.SID.ir

۶۸/۴ مترمکعب در ثانیه و برای خانه محمدرضا قصری ۱۰۹۲ مترمکعب در ثانیه محاسبه شد (رابطه ۱).

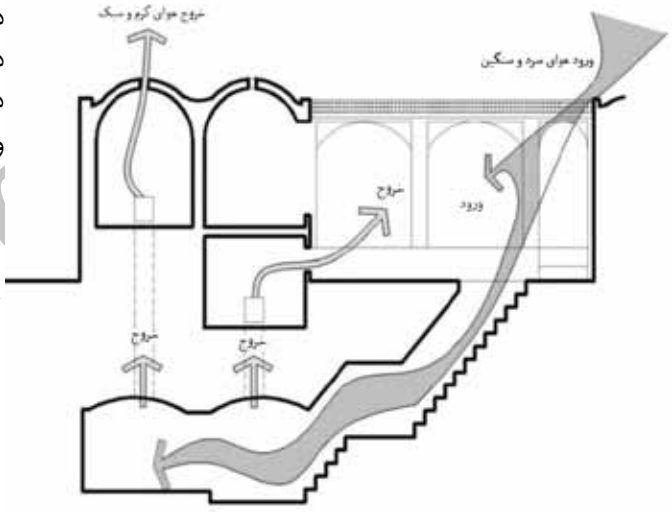
$$Q = A \times V = ۱۷/۱ \times ۴ = ۶۸/۴ \quad \text{آذرآباد}$$

$$Q = A \times V = ۲۷۳ \times ۴ = ۱۰۹۲ \quad \text{محمدرضا قصری}$$

در این رابطه Q بده حجمی برحسب مکعب در ثانیه، A سطح مقطع ورودی هوا که در مقایسه دوخانه مساحت حیاط جهت ورودی هوا مقایسه شده است و V هم سرعت متوسط هوا بر بالای سطح حیاط، با توجه به خروجی‌های نرم‌افزار سرعت جریان باد در قسمت صحن و کت شوادون در خانه آذرآباد مطلوب‌تر از خانه محمدرضا قصری بود که به دلیل کاهش ارتفاع است. با افزایش ارتفاع می‌توان از تعادل دمایی زمین جهت آسایش در زمستان و تابستان استفاده کرد اما شوادون‌های کم‌عمق از لحاظ تهویه طبیعی بهتر عمل می‌کنند هر چند که دبی ورودی این شوادون به مراتب کمتر از خانه قصری با عمق شوادون بیشتر بوده است (تصویر ۳). در خانه آذرآباد در قسمت ورودی صحن سرعت هوا برابر ۰/۸۶ متر بر ثانیه اما سرعت هوا در این نقطه در خانه قصری برابر ۰/۳۹ متر بر ثانیه که نشانه عملکرد مطلوب‌تر خانه آذرآباد است.

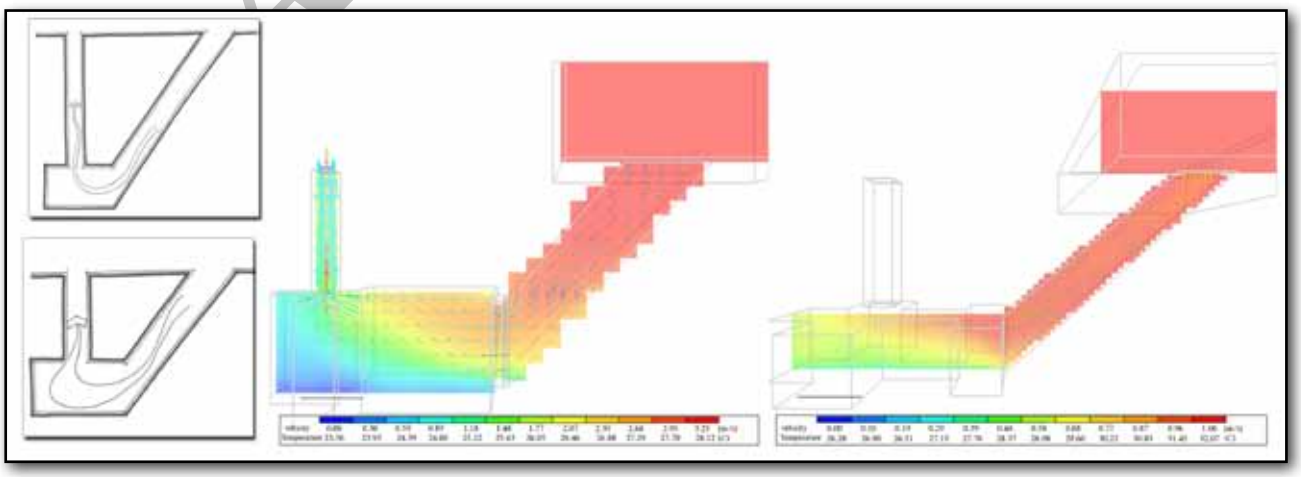
ب) بررسی سطح مقطع دریزه در افزایش مقدار جابه‌جایی جریان هوا : با توجه به خانه‌های بررسی شده ۲ گونه شوادون از منظر دریزه شناسایی شده‌اند که فراوانی گونه اول بیشتر است. در گونه نخست سطح مقطع ورودی و خروجی هوا برابر است و در گونه دوم صرف‌نظر از شکل ظاهری و تغییراتی که در طول مسیر دریزه صورت گرفته، سطح مقطع خروجی هوا کوچک‌تر از سطح مقطع ورودی است. اصل تداوم، بقای ماده سیال را در طول لوله جریان بیان می‌کند. به استناد این اصل "بده حجمی" متوسط در طول لوله جریان ثابت است.

(رابطه ۲) $Q = A1V1 = A2V2$ در این رابطه Q بده حجمی متوسط به مترمکعب در ثانیه، A سطح مقطع عمود بر لوله جریان به متر مربع و Vسرعت متوسط جریان در مقطع به متر در ثانیه است (رازجویان، ۱۳۷۹). طبق این قانون با کاهش سطح مقطع در دبی ثابت سرعت افزایش پیدا می‌کند. نتایجی که از مدل‌سازی این دو گونه حاصل آمد نشان‌دهنده عملکرد قوی‌تر دریزهٔ گونه دوم در خارج کردن هوای داخلی است، چراکه سرعت هوا در قسمت ورودی گونهٔ اول به صورت میانگین ۰/۱۹ متر بر ثانیه و در گونه



تصویر۲. برش عمودی از شوداون و چگونگی خروج و ورود هوا. ماخذ : بینا، ۱۳۸۷.

Fig. 2. Shvdavn vertical incision and the exit and entry of air. Source: Bina, 2008.



تصویر ۳. مقایسه سرعت باد در خانه آذرآباد با عمق کمتر(سمت چپ) و خانه قصری با عمق شوادون بیشتر (سمت راست)، مأخذ : نگارنده.

Fig. 3. The comparison of wind velocity in Azarabad with low depth (left) and Ghasrabad with high depth (right). Source: authors.

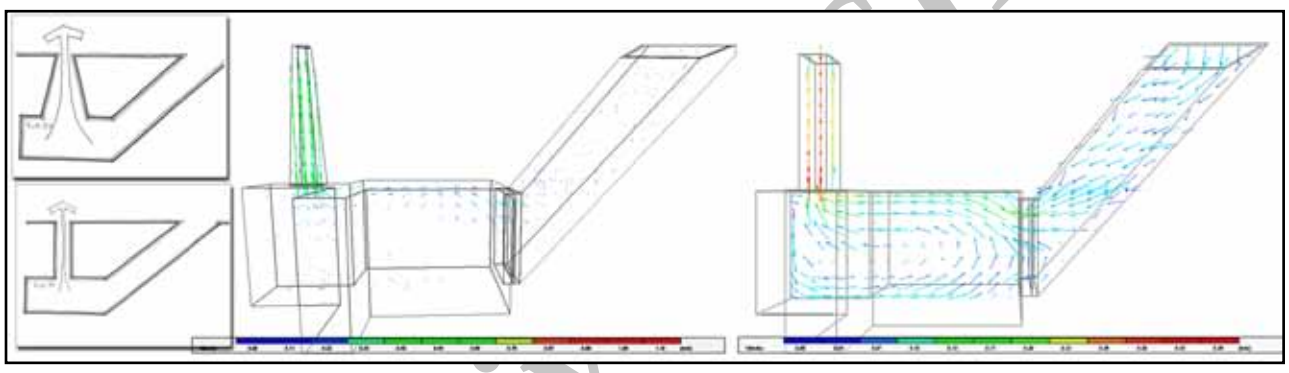
Archive of SID

www.SID.ir

دوم ۰/۵۴ متر بر ثانیه است (تصویر۴).

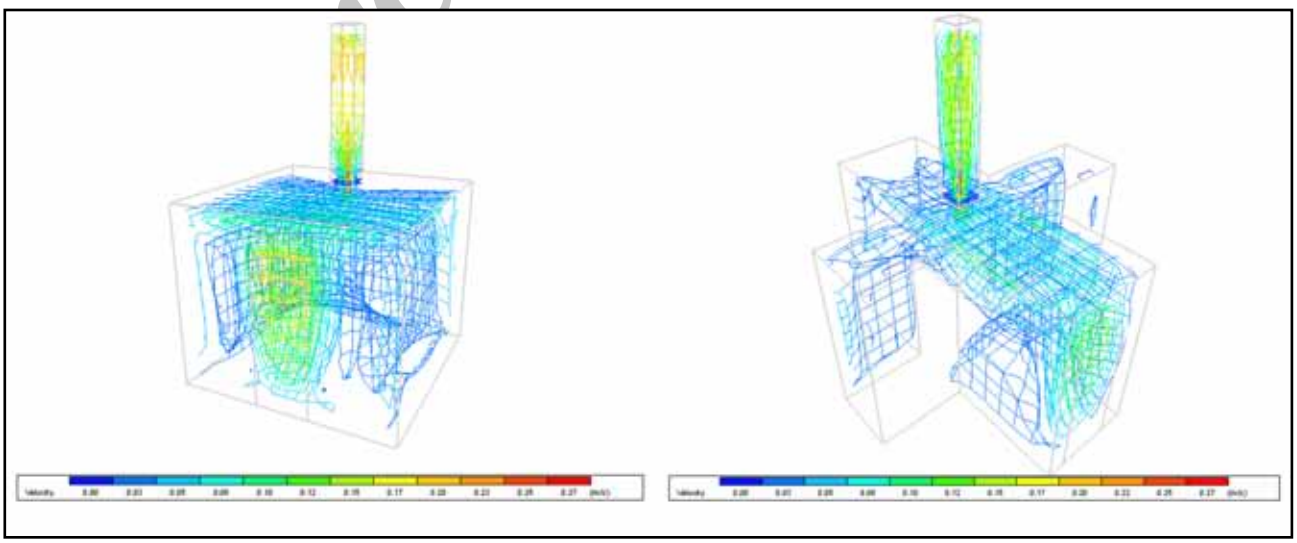
ج) محل قرارگیری دریزه و تأثیر آن در جریان داخلی هوا : علاوه بر شکل دریزه جهت تهویه طبیعیِ محل قرارگیری دریزه هم بسیار حایز اهمیت است. دریزه‌ها معمولاً در ۳ محل قرار دارند. یا در مرکز فضا و یا در کتی که درست در راستای ورودی و راه‌پله قرار دارد و یا در یکی از کت‌های دیگر، نتایج حاصل از مدل‌سازی جریان تهویه طبیعی نشان داد که قرارگیری دریزه در مرکز صحن می‌تواند توزیع هوایی یکسانی بین کت‌ها و صحن ایجاد کند. در حالی که قرارگیری آن در کت‌های کناری می‌تواند جریان هوا را به سمت خاصی هدایت کند و گردش کمتری در کت‌های مخالف صورت گیرد. در حالت دیگر قرارگیری دریزه در کت انتهایی و در راستای ورودی مورد تحلیل قرار گرفت که نتایج نشان‌دهنده افزایش طول مسیر جریان حرکت هوا است، در حالی که کت‌های کناری نسبت به حالت خروجی دریزه در صحن از جریان کمتری برخوردارند (شکل ۵).

د) تأثیرِ پلان شوادون بر جریان هوا : شکل ظاهری پلان شوادون‌ها معمولاً از یک صحن در مرکز و کت‌های در اطراف آن تشکیل شده است و از منظر فرمی شباهتی با فرم چلیپا دارد. با بررسی این فرم این نتیجه حاصل می‌شود که چرخش هوا در فضای‌های خالص نسبت به فرم‌های چلیپایی شوادون بهتر صورت می‌گیرد. در این بررسی شوادون‌های به مساحت ۱۶متر مربع و با دو پلان ساده و چلیپایی مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند که نشان‌دهنده چرخش مناسب جریان هوا در داخل فضا پلان ساده است (شکل ۶) البته فرم چلیپایی از منظر دیگری نگریسته می‌شود که پاسخگوی معماری بوده و فضاهایی با کیفیت متفاوت خلق کرده، همچنین می‌توان گفت دلیل سازه‌ای نیز داشته است.



تصویر ۴. مقایسه سرعت باد خروجی در دریزه با سطح مقطع ثابت (سمت راست) و دریزه با سطح مقطع کوچک شونده (سمت چپ)، مأخذ : نگارنده.

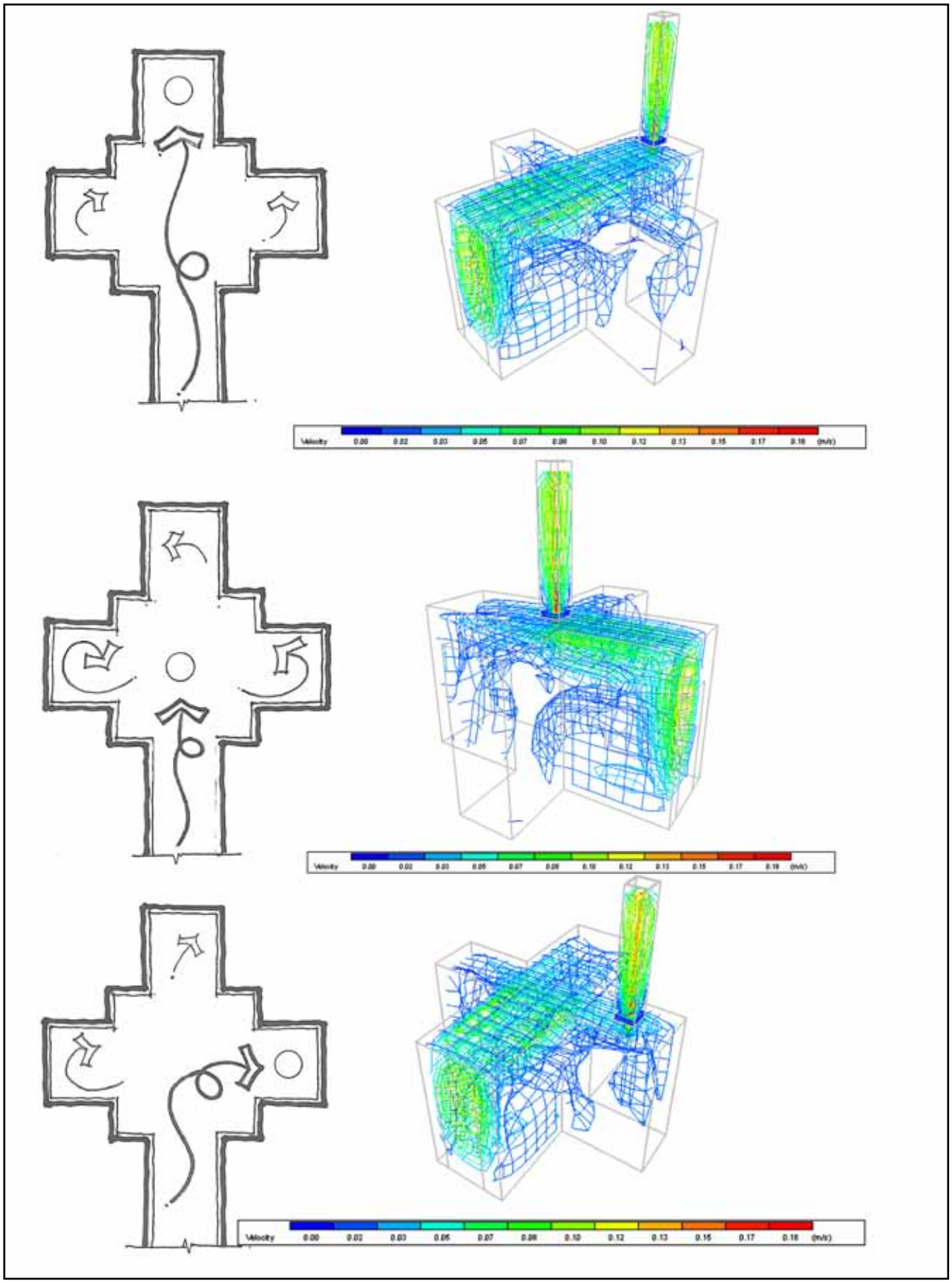
Fig. 4. The comparison of exited air velocity in Darizh with constant cross section (right) and Darizh with foldaway cross section, Source: authors.



تصویر ۶. تفاوت پلان مربع با پلان چلیپا در حرکت جریان هوا. مأخذ : نگارنده.

Fig.6. The comparison of various forms of Shavadoon and the desired performance of their conditioning, Source: authors.

www.SID.ir



تصویر ۵. مقایسه محل قرارگیری دریزه، ماخذ: نگارندگان.

Fig.5. The comparison of the locations of Darizeh, Source: authors.

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

اقلیم گرم و نیمه مرطوب و جنس خاک کنگلومرایی دزفول گذشتگان را بر آن داشته که فضاهای در زیرزمین جهت ایجاد شرایط آسایش حرارتی تعبیه کنند. این فضاها به نام شوادون علاوه بر استفاده از میانگین دمای زمین در طول سال که شرایط مطلوبی را به وجود می‌آورده از تهویه طبیعی نیز برخوردار بوده‌اند. جهت شناخت و تحلیل وضعیت تهویه طبیعی، ابتدا شوادون‌ها از جنبه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و جنبه‌های مختلف کالبدی آنها سنجیده شده است و نتایجی از قبیل ارتباط مستقیم عمق شوادون با مساحت حیاط، ارتباط عمق شوادون با ارتفاع دریزه و همچنین ارتباط مساحت زیربنای خانه با مساحت شوادون به دست آمد.

از منظر دیگر شوادون‌ها از لحاظ فرمی و قرارگیری در پلان از هندسه منظمی تبعیت نمی‌کردند و محل قرارگیری دریزه نیز در بین فضای کت و یا صحن متغیر بود. در نهایت ۲ گونه متفاوت انتخاب شدند تا براساس مدل‌سازی CFD مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرند. در تقسیم‌بندی شوادون‌های بررسی شده بیشینه با عمق ۱۱/۸ متر و کمینه با عمق ۴/۷۵ جهت تحلیل انتخاب شدند که نتایج مطلوب از جهت سرعت چرخش هوای داخلی در شوادون‌ها با عمق کمتر به دست آمده است. سطح مقطع دریزه نیز از دیگر عوامل تأثیرگذار است، که سرعت محاسبه شده در دریزه‌های با سطح مقطع متفاوت بهتر از سطح مقطع یکسان در طول دریزه است. در مرحله بعدی محل قرارگیری دریزه مورد ارزیابی قرار گرفت.

بهترین حالت تهویه طبیعی در شرایطی است که دریزه در صحن و مرکز شوادون باشد به این ترتیب تهویه متعادلی در کل شوادون صورت می‌گیرد. حالت بعدی وضعیتی است که دریزه در کت انتهایی شوادون قرار می‌گیرد در این شرایط گردش هوا در طول شوادون به نحو مطلوبی صورت می‌گیرد اما از گردش هوا در کت‌های کناری کاسته می‌شود. در نهایت شوادون‌ها از نظر شکل ظاهری به دو گونه فضای خالص و بدون کت و فضای چلیپای تقسیم می‌شوند، که در تحلیل‌های انجام شده جریان و گردش هوا در پلان خالص بهتر صورت گرفته است، هر چند که فضای چلیپایی ممکن است از منظر سازه و معماری مطلوب‌تر باشد.

پی‌نوشت‌ها

۱. Computational Fluid Dynamics

۲. .دبی

فهرست منابع

• بینا، محسن. ۱۳۸۷. تجزیه و تحلیل اقلیمی شوادون‌ها در خانه‌های دزفول. *نشریه هنرهای زیبا*، (۳۳): ۴۶-۳۷.

• رازجویان، محمود. ۱۳۸۶. *آسایش در پناه باد*. تهران : مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

• رهایی، امید. ۱۳۹۲. هویت فرهنگی و اثرات آن بر روش‌های بومی تهویه طبیعی بازار قدیم دزفول، راسته صنعتگران. *نشریه باغ نظر* (۲۴): ۴۶-۳۹.

• شاطریان، رضا. ۱۳۹۰. *اقلیم و معماری*. تهران : انتشارات سیمای دانش.

• صارمی، علی‌اکبر و رادمرد، تقی. ۱۳۷۶. *ارزش‌های پایدار در معماری ایران*. تهران : سازمان میراث فرهنگی کشور.

• علیزاده. ۱۳۷۹. *هوا و اقلیم‌شناسی*. مشهد : دانشگاه فردوسی مشهد.

• عمیدپور، مجید. ۱۳۸۸. *بررسی اثرات استفاده از بخاری‌های بدون دودکش بر روی کیفیت هوای داخل*. پروژه تحقیقاتی، دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی، دانشکده مکانیک. کارفرما : شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت ایران.

• قبادیان، وحید. ۱۳۸۲. *بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران*. تهران : دانشگاه تهران.

• کسمایی، مرتضی. ۱۳۶۸. *راهنمای طراحی اقلیمی*. تهرات : مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

• کلیون، تامی . ۱۳۸۹. *تهویه طبیعی در ساختمان‌ها*. ت : محمدرضا لیلیان، مهدیه عابدی، ارین امیرخانی و منصوره طاهباز. تهران : ناشر تخصصی معماری و شهرسازی.

• مفیدی شمیرانی، مجید.، صنایعیان، هانیه و مرتضوی لاهیجانی، سید محمد.۱۳۸۷. تحلیل باد در فضاهای شهری به کمک نرم‌افزار CFD. *نشریه ساختمان و کامپیوتر*، (۲۳) : ۱۰۰- ۹۶.

Archive of SID

Reference List

• Asfour, S. Gadi, B. (2008). A Using CFD to investigate ventilation characteristics of vaults as wind- inducing devices in buildings. *Journal of Applied Energy,* (85): 1126-1140.

• Alizade. (1999). *Weather and Climatology*. Mashhad: Ferdosi University of Mashhad.

• North Umbria University. (2011). *An Inter-program Analysis of Computational Fluid Dynamics Based on PHOENICS and DesignBuilder Software*. UK, Sheffield: School of Built and Natural Environment.

• Bina, M. (1998). Tajzie VA tahlil- e eghlimi Shavdoon dar khaneha- ye Dezfoul [Climate analysis of Shavadoons at Dezoul's houses]. *Journal of Honarha-ye Ziba*, (33): 37-46.

• Bu, Z. Kato, S., Takahashi, T. (2010). Wind tunnel experiments on wind-induced natural ventilation rate in residential basements with areaway space. *Building and Environment*, 45(10): 2263-2272.

• Burgess, W.A. (1995). *Recognition of Health Hazards in Industry*. New York: Wiley.

• Da Graca, G. C., Martins, N.R. & Horta, C.S. (2012). Thermal and Airflow Simulation of a Naturally Ventilated Shopping Mall. *Energy and Buildings,* (50): 177- 188.

• Designbuilder. (2008-2011). *DesignBuilder Simulation + CFD Training Guide*. Available from: http://www.designbuilder.co.uk/downloadsv1/doc/DesignBuilder-Simulation-Training-Manual.pdf.

• Gribble, D. (2009). Natural Ventilation, Harnessed by New Kingdom Egyption Tomb Builders, may Explain the Changed Floor Levels in the Valley of the Kings tomb kv5. *Journal of Tunneling and Underground Space Technology,* (24): 62- 65.

• Gan, G. & Riffat, S. B. (2004). CFD modeling of air flow and thermal performance of an atrium integrated with photovoltaic. *Building and Environment,* 7 (39):735-748.

• Ghobadian, V. (2003). *Baressi Eghlimi Abniye Sonata Iran*. [Climate study of Iranian traditional buildings]. Tehran: University of Tehran.

• Kasmai, M. (1989). *Rahnamae Tarahi Eghlimi* [Climate Design Guide]. Building and Housing Research Center.

• Lixing, G. (2007). *Airflow Network Modeling in EnergyPlus*, Conference Proceedings 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition on September 3-6, in Beijing, China.

• Keliyon, T. (2010). *Natural ventilation in buildings*. Translated from the English By Leyliyan, M. R., Abedi, M. Amirkhani, A. & Tahbaz, M. Tehran: Professional Publisher, Architecture & urbanism.

• Mofidi Shemrani, S. M., Sanayean, H. & Mortazavi Lahijani, S.M. (1998). Tahlil Baad Dar Fazahaye Shahri Be Komake Narm Afzare CFD. [Wind analysis in urban spaces using CFD software]. *Journal of building and computer,* (23): 96-100.

• Moradi, H, Eskandari, H. (2012) An experimental and numerical investigation of shovadan heating and cooling operation. *Renewable Energy,* (48): 364-368.

• Rahayei, O. (2013). Hoviyat- e Farhangi va Asarat-e An Bar Raveshhaye Boomi Tahviye Tabiei bazaar-e Dezfoul, Rasteh Sanatgran [Aboriginal cultural identity and its impact on natural ventilation methods in Dezfoul old market, artisans row]. *Journal of Bagh- e Nazar,* 10 (24): 39-46.

• Razjooyan, M. (1997). *Asayesh Dar Panah- e Baad* [Comfort in the shelter of wind]. Tehran: Shahid Beheshti university publication center.

• Saremi, A. & Radmard, T. (1997). *Arzeshhaye Paydar Dar Memari Iran*. [Stable values in Iranian architecture]. Tehran: Cultural Heritage Organization.

• Shateriyan, R. (2011). *Eghlim Va Memari* [Climate and architecture]. Tehran: Semae Danesh.

Archive of SID

www.SID.ir

Natural ventilation effect on Shavadoons in Dezful by applying CFD modeling

Morteza Hazbei*
Zahra Adib**
Farshad Nasrollahi***

Abstract

Natural ventilation is one of the most effective factors in thermal comfort. According to the importance of nonrenewable energies such as fossil fuels and the increase in recent environmental pollution, ventilation plays an important role in buildings. Using air flow, reducing humidity and increasing surface evaporation, creates comfort condition in hot and humid climates. The city of Dezful, due to its special geographic situation, topographic conditions and the environmental systems, devoted particular climate Conditions to itself; so long-term warming has caused many problems for the citizens. In Dezful- as one of the warm and humid cities- builders have applied conglomeration soil to build a space at the depth of 5 to 12 meters underground to moderate and adapt the house climatic conditions. This underground space is called Shavadoon which is one of the suitable approaches to create thermal comfort by using earth annual temperature stability and natural ventilation. Earth temperature is less than outside temperature in the summer and higher in the winter. Expect the Caspian, Persian and Oman coasts, Iran old houses have basement often, and especially in the summer, dwellers went into the basement for thermal comfort. To recognize and analyze the natural ventilation condition and main effective criteria, twelve houses which have Shavadoon have been studied first; Based on this study the depth and area of Shavadoon, Darizeh -Darizeh is a pit 1 meter in diameter in order to supply light & vertical ventilation in shavadoons. Shavadoons reach the yard by darizeh - cross section area and geometric shape of plan are the most effective parameters on natural ventilation in shavadoons, changing the parameters result in significant changes in the air flow. On average by increasing house area, shavadoon area has been increased, the proportion between depth of shavadoon and yard area is also significant. So with more yard area the depth of shavadoon has been increased directly. Four separate phases have been taken to consider the parameters which will be analyzed separately. The results are presented in comparison. There are different ways to study natural ventilation in internal spaces, such as real-scale testing, wind tunnel and modeling approaches. In this study, CFD modeling is used by Design Builder software. The research method of this study is descriptive research and the method of gathering data is based on library and field studies and the analysis method is causal and based on modeling results. The history of this study goes back to the 1930s and early 1940s when there were plentiful interests in air conditioning engineering, caused numerous published books and articles. The air flow Knowledge inside the indoors is notable for three reasons: thermal comfort, indoor air quality and the decrease in building energy consuming. Studies show that in the last two decades attentions to the "air flow" in terms of modern science have been significantly increased. There is another article (in 2008) which defined and analyzed Dezful's shavadoons, while a comprehensive investigation about air natural flow and the operation of natural ventilation in this place is not available. The final results show that, in the classification of the considered shavadoons which were selected to be analyzed, the maximum depth is 11.8 m and minimum depth is 4.7m. The desired result has been concluded from the one with the minimum depth. Darizeh cross section is another effective parameter. The calculated velocity in darizehs which have different cross section along them is better than the ones which have the same cross section. Then, the location of Darizeh was analyzed. The best natural ventilation will take place when the darizeh is placed in sahn- shavadoon center-which makes balanced ventilation along the shavadoon. Next condition takes place when darizeh is in terminal cat- shavadoons have some small rooms which are called cats- which the air flow is desirable along Shavadoon but the amount of air flow decreases in adjacent cats. Finally Shavadoons, based on their appearance, are classified in to two types, pure space (without Cat) and Chalipa space. The results of analysis showed air flow and air circulation was better in pure space, however Chalipa form is better in structure and architecture.

Key words

Shavadoon, Natural ventilation, Dezful, CFD, Hot and semi humid climate.

*., MA in Architecture, Art University of Isfhan. m.hazbei@gmail.com
**. MA in Architecture, Art University of Isfhan. Zahra.Adib67@Gmail.Com
***. PhD in Architecture, Faculty member of Art University of Isfhan & University of Berlin. f.nasrollahi@udk-berlin.de

Archive of SID

www.SID.ir