ارزیابی کارایی سیستم تهویه مطبوع یک ساختمان اداری در شهر تهران

حسین ماری ارباد[۱] - فروغ زارع دریسی[۲*] - مهدی جهانگیری[۳] - مسعود ریسمانچیان[۳] - علی کریمی[۴]

zarederis@sums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۸

چکیده

مقدمه: یکی از عوامل موثر بر کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها، عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع هوا است. این سیستم‌ها ضمن فراهم کردن هوای تمیز و بدون بو ، دما، رطوبت و نیز جریان هوا را جهت راحتی و آسایش ساکنان ساختمان فراهم می‌کنند. مطالعه فوق با هدف بررسی کارایی سیستم تهویه مطبوع در یک ساختمان اداری در شهر تهران انجام شد.

روش کار: به منظور بررسی نظرات کارکنان در زمینه عملکرد سیستم HVAC از یک پرسشنامه خود ساخته استفاده شد. برای ارزیابی عملکرد سیستم HVAC سرعت جریان در توزیع کننده‌ها اندازه‌گیری گردید. به‌علاوه میزان دی اکسید کربن، دمای هوا و سطح رطوبت نسبی در تمامی طبقات ساختمان مورد سنجش قرار گرفت. نحوه توزیع هوا به داخل ساختمان نیز با استفاده از تست دود بررسی شد.

یافته ها: بیشتر افراد مورد بررسی از جهت جریان هوا، گرما و بوی سیگار شکایت داشتند. بالاترین مقدار دی اکسید کربن در رستوران و به میزان ۹۳۰ پی پی ام اندازه گیری شد. حداکثر و حداقل رطوبت نسبی و دما به ترتیب ۲۸/۴ -۲۳ درصد و ۲۸/۳- ۱۳/۸ درجه سانتیگراد بود. بررسی‌های حاصل از تست دود نشان داد که جهت و یا توزیع جریان هوا در یک سوم از توزیع کننده‌های هوا نامناسب می‌باشد.

نتیجه گیری: این مطالعه نشان داد که مهم‌ترین نقص در سیستم HVAC مورد بررسی ناشی از توزیع و جهت نامناسب جریان هوا بوده و با تنظیم و بالانس سیستم HVAC می توان آن را اصلاح نمود.

کلمات کلیدی: *گرمایش، تهویه و فرآوری هوا(HVAC)، ساختمان اداری، کیفیت هوای داخل*

۱- استادیار، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج
۲- کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفهای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
۴- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

مقدمه

کیفیت هوای داخلی ساختمان و نقش آن در ایجاد رضایت شغلی و پیشگیری از عوارض حاد و مزمن مدت هاست که مورد توجه قرار گرفته و موضوع مطالعات متنوعی بوده است (Azuma, 2007, Higbee, 2007, Tanaka-Kagawa, 2007)، یکی از عوامل موثر بر کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها عملکرد سیستم‌های گرمایش، تهویه و فرآوری هوا (HVAC) است. این سیستم‌ها در واقع مجموعه تجهیزاتی هستند که به منظور گرمایش، سرمایش، فیلتراسیون هوا و کنترل رطوبت در جهت تامین آسایش افراد ساکن در ساختمان به‌کار می‌روند و در ساختمان‌های اداری دستیابی به این اهداف، به میزان قابل توجهی به عملکرد صحیح این سیستم‌ها وابسته می‌باشد. در واقع این سیستم ها اگر به طرز صحیحی عمل نکنند، می توانند با انتقال آلودگی‌ها از بیرون به داخل و توزیع آنها در کل ساختمان و همچنین عدم رقیق سازی و انتقال آلودگی‌های داخل به محیط بیرون خود به عنوان منشاء آلودگی عمل کنند که در این صورت سبب بروز عوارض مربوط به کیفیت هوای داخل نظیر سندرم ساختمان بیمار خواهند شد. اثرات این بیماری در اکثر افراد به شکل خواب آلودگی، سردرد های مکرر، تحریک چشم و خستگی ملموس می باشد که پس از ترک ساختمان، کاهش یافته و یا از بین می‌رود (Zhang, 2004, Alberta, 2003).

از طرف دیگر عملکرد سیستم‌های تهویه مطبوع باید به گونه‌ای باشد که افراد ساکن در ساختمان احساس آسایش حرارتی نمایند. با توجه به این‌که سن اشخاص، میزان فعالیت، شرایط سلامتی فرد و نوع لباسی که به تن دارند با هم متفاوت می باشد، تأمین شرایط هوای داخل به نحوی که تمامی افراد حاضر اتاق احساس آسایش کنند، تقریباً غیر ممکن است. بدین منظور انجمن ASHRAE معیاری را تحت عنوان «محدوده آسایش حرارتی» مطرح کرده است که موضوع آن شرایط مناسب هوای داخل ساختمان می‌باشد (ASHRAE, 2004). سطح دی اکسید کربن در هوای محیط کار شاخصی برای تعیین عملکرد سیستم‌های HVAC می‌باشد (ASTM, 1998). میزان دی اکسید کربنی که از یک محیط به بیرون رانده می شود، متناسب با حجم هوایی است که از این محیط به بیرون راه می یابد و این میزان نیز به نوبه خود با هوای تازه بیرون که توسط سیستم تهویه جایگزین می شود متناسب است. مقدار هوای مورد نیاز که باید از بیرون ساختمان جایگزین شود، متاثر از تعداد ساکنین و نیز اندازه (سطح) محیط یا اتاق می باشد. باید به خاطر داشت که میزان جریان هوای ایده‌آل و در نتیجه تجهیزات و تاسیسات مورد نیاز در شرایط مختلف و تحت تاثیر سطح فعالیت، متفاوت بوده و هرچه فعالیت شدیدتر باشد میزان دی اکسید کربن تولیدی بیشتر خواهد بود. مطابق استاندارد ASHRAE 62.1- تراز مواجهه با این گاز معادل ۱۰۵۰ پی پی ام و یا به عبارت دیگر ۷۰۰ پی پی ام بالاتر از غلظت دی‌اکسیدکربن در هوای آزاد می‌باشد (ASHRAE, 2004). برای دستیابی به این سطح در ساختمان‌های اداری پیشنهاد گردیده که به ازاء هر نفر ۵ فوت مکعب در دقیقه به علاوه ۰/۰۶ در فوت مربع سطح هوای تازه در نظر گرفته شود. Fromme و همکاران در سال ۲۰۰۴ کیفیت هوای داخل را در ۹۲ کلاس درس در زمستان و تابستان مورد اندازه گیری قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد غلظت دی اکسید کربن روزانه در زمستان در ۹۲ درصد کلاس‌ها و در تابستان در ۲۸ درصد کلاس ها بیشتر از ۱۰۰۰ پی پی ام بوده است (Fromme *et al.,* 2005).

در مطالعه ای نیز که در سال ۱۳۷۴ در

ساختمان اصلی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی درمقایسه با ساختمان دیگری به عنوان ساختمان شاهد انجام شد، مشخص گردید که ساختمان مورد بررسی احتمالا یک ساختمان بیمار بوده و بیش از ۲۰% از کارکنان از وضعیت کیفیت هوا احساس نارضایتی داشتند (Zamanian, 1996).

از آن‌جایی که تاثیر عملکرد سیستم تهویه مطبوع در ساختمان های اداری کمتر مورد توجه قرار گرفته، لذا این مطالعه توصیفی – مقطعی در یک ساختمان اداری ۱۳ طبقه (و ۵ طبقه زیر زمین) با ۵ سال قدمت در شهر تهران با هدف بررسی عملکرد سیستم HVAC، نحوه توزیع جریان هوا و پارامترهای سیستم تهویه انجام شد.

روش کار

به منظور ارزیابی نظرات کارکنان شاغل در ساختمان در مورد کارایی سیستم تهویه آن، از یک پرسشنامه خود ساخته استفاده شد. در این پرسشنامه از کارکنان در مورد جنبه های مختلف کارایی سیستم تهویه شامل کوران هوا، جهت جریان هوا، سیستم تهویه، سرما، گرما، رطوبت، گرد و غبار، دود و بو به صورت پاسخ های بسیار نامناسب، نامناسب، معمولی و بسیار مناسب نظر خواهی گردید. روایی پرسشنامه توسط سه نفر از متخصصین بهداشت حرفه ای مورد تایید قرار گرفت.

برای ارزیابی عملکرد سیستم HVAC، ابتدا سرعت جریان هوا در دهانه‌های خروجی هوا شامل دریچه‌ها و شکاف‌ها با استفاده از دستگاه آنمومتر حرارتی ساخت شرکت airflow اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری سرعت جریان در دریچه‌های هوا، یک کانال رابط به ابعاد دهانه ۴۵ در ۴۵ سانتی‌متر و به طول کمتر از یک متر ساخته شد. که به شکل ایزوله روی هر یک از دریچه ها قرار می‌گرفت و سرعت جریان هوا در ۹ ناحیه در دهانه کانال اندازه‌گیری می‌شد. میانگین این مقادیر به‌عنوان سرعت آن‌دهانه برحسب فوت بر دقیقه (fpm) به منظور برآورد خروجی واقعی دریچه‌ها مورد استناد قرار گرفت. در مورد شکاف های خروج هوا نیز که در طول سالن ها واقع شده بودند، در امتداد طول هر شکاف ۵ نقطه در فواصل یکسان انتخاب و مقادیر سرعت خروج هوا در شکاف بالا و پایین اندازه گیری و ثبت و سپس میانگین این اندازه گیری ها برای آن بخش گزارش شد.

نحوه توزیع جریان هوای دمیده شده از سیستم هواساز به فضای داخلی و همچنین هوای برگشتی به هواساز با استفاده از تست دود مورد بررسی قرار گرفت و برای بررسی وضعیت اجزاء مختلف سیستم HVAC شامل دیگ بخار، چیلرها و سیستم های کنترل آب گرم و سرد ساختمان، دستگاه هواساز، فیلتر ها و کانال های ورودی و خروجی از یک چک لیست استاندارد استفاده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان دی‌اکسیدکربن که به عنوان شاخص کارایی سیستم‌های تهویه مطبوع به شمار می‌رود، از دستگاه قرائت مستقیم TESTO (با قابلیت تفکیک در حد قسمت در میلیون) استفاده شد. برآورد هوای تازه تامین شده در هر طبقه بر اساس تغییر میزان CO_2 هر طبقه نسبت به میزان CO_2 راه پله اضطراری همان طبقه و تعداد شاغلان در هر طبقه با استفاده از معادله شماره ۱ انجام شد و با هوای تامین شده توسط دستگاه‌های هوا ساز مورد مقایسه قرار گرفت مرجع ذکر شود (Nims, 1999).

$$Q=(13000*X)/C_{in}-C_{out}) \qquad (۱)$$

هوای تازه تامین شده بر حسب فوت مکعب در دقیقه = Q

تعداد حاضرین در محل = X

غلظت دی اکسید کربن در داخل محیط بر حسب قسمت در میلیون = C_{in}

غلظت دی اکسید کربن در خارج محیط بر حسب قسمت در میلیون = C_{out}

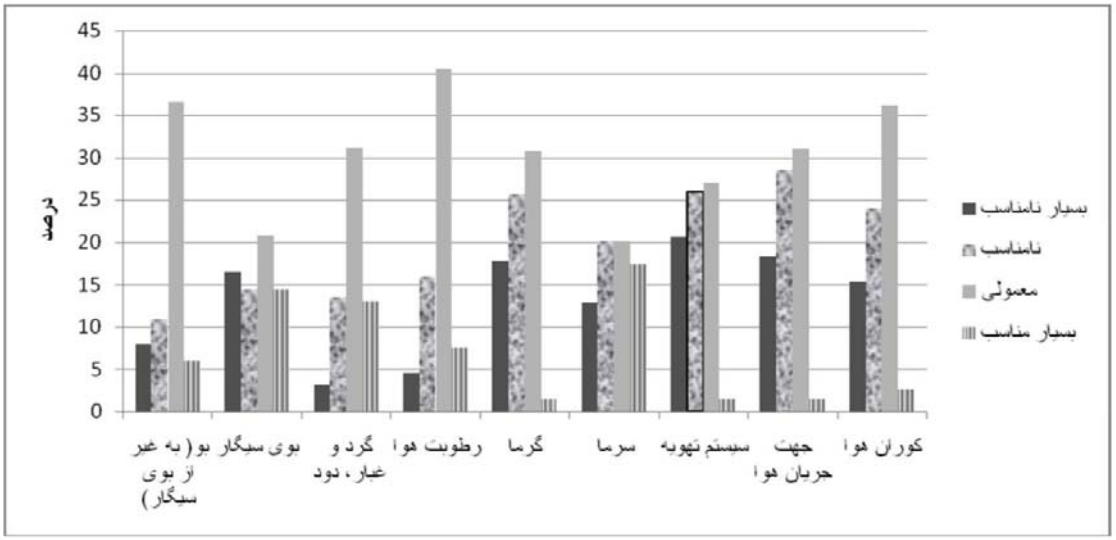
برای اندازه‌گیری دما و رطوبت از دستگاه رطوبت سنج و دماسنج EE07 ELECTRONIC ساخت کشور اتریش و رایانه قابل حمل مدل Dell – Vostro1310 مجهز به نرم افزارE2 Read جهت ثبت داده‌های دما و رطوبت استفاده شد.

یافته ها

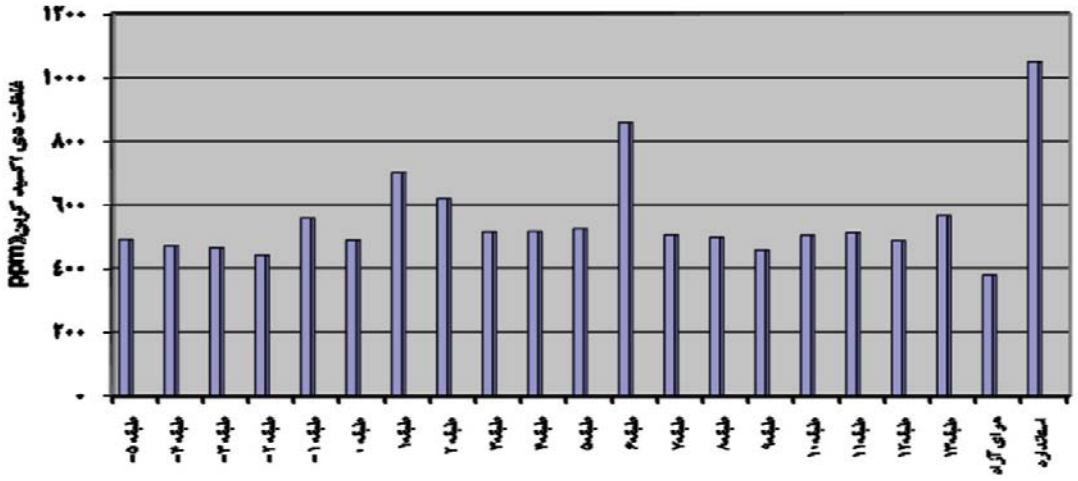
از بین ۷۰۰ پرسشنامه توزیع شده در بین کارکنان شاغل در ساختمان مورد بررسی ، ۲۱۲ نفر پرسشنامه را تکمیل نمودند. همان‌طور که شکل شماره ۱ نشان می دهد، بیشترین نارضایتی کارکنان از شرایط محیط کار خود مربوط به سیستم تهویه، جهت جریان هوا، گرما و بوی سیگار می باشد. همچنین فراوانی نظرات کلی در مورد عوامل محیطی محل کار نشان داد در مجموع ۹ درصد کارکنان شرایط محیط کار را نامناسب دانسته‌اند.

به منظور تعیین غلظت دی اکسید کربن در هر طبقه، ۱۳ نقطه و در مجموع ۲۴۷ نقطه اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می شود، بیشترین مقدار دی اکسید کربن اندازه گیری شده در داخل ساختمان مربوط به طبقه ششم (سلف سرویس) و به میزان ۹۳۰ پی پی ام و کمترین مقدار نیز مربوط به نیم طبقه غربی طبقه نهم به میزان ۴۰۲ پی پی ام بوده است. غلظت دی اکسید کربن در هوای آزاد نیز در زمان اندازه گیری در محدوده ۴۱۳ -۳۵۴ پی پی ام قرار داشت. حداقل و حداکثر انحراف معیار غلظت دی اکسید کربن طبقات به ترتیب مربوط به طبقه منفی دو و طبقه دوم به میزان ۱۰/۶ و ۱۰۸/۷ می باشد و از این رو طبقه منفی دو و دوم کمترین و بیشترین دامنه تغییرات غلظت دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص داده‌اند.

در مجموع ۱۶۱۵ اندازه گیری سرعت جریان هوا روی دریچه ها انجام شد که از این تعداد ۱۰۳ مورد نتیجه برابر صفر بوده است (۶/۵۴%). در بررسی شکاف ها نیز ۴۰۰ نقطه مورد اندازه گیری قرار



شکل ۱: نظرات کلی کارکنان در مورد شرایط محیطی محل کار در ساختمان مورد بررسی



شکل ۲: میانگین غلظت دی اکسید کربن در طبقات مختلف ساختمان مورد بررسی و هوای آزاد

جدول ۱: برآورد هوای تازه مورد نیاز (CFM) نیم طبقات مختلف و مقایسه با ظرفیت اسمی هواساز

طبقه	نیم طبقه شرقی						نیم طبقه غربی					
	تعداد تقریبی کارکنان و مراجعین	برآورد هوای مورد نیاز بر حسب تعداد		ظرفیت اسمی هواساز (ج)	نسبت الف به ج (درصد)	نسبت ب به ج (درصد)	تعداد تقریبی کارکنان و مراجعین	برآورد هوای مورد نیاز بر حسب تعداد		ظرفیت اسمی هواساز (ج)	نسبت الف به ج (درصد)	نسبت ب به ج (درصد)
		افراد[1] (الف)	افراد و سطح[2] (ب)					افراد (الف)	افراد و سطح (ب)			
۱	۲۹	۵۸۰	۴۵۷	–	–	–	۴۲	۸۴۰	۵۲۲	۵۲۵۰	۱۶	۹/۹
۲	۹۱	۱۸۲۰	۷۶۷	۶۲۰۰	۲۹/۳	۱۲/۴	۷۱	۱۴۲۰	۶۶۷	–	–	–
۳	۷۶	۱۵۲۰	۶۹۲	۶۲۰۰	۲۴/۵	۱۱/۱۶	۸۴	۱۶۸۰	۷۳۲	۵۴۰۰	۳۱	۱۳/۶
۴	۸۰	۱۶۰۰	۷۱۲	۶۲۰۰	۲۵/۸	۱۱/۵	۳۱	۶۲۰	۴۶۷	۵۴۰۰	۱۱/۵	۸/۶
۵	۹۴	۱۸۸۰	۷۸۲	۶۲۰۰	۳۰/۳۲	۱۲/۶	۶۷	۱۳۴۰	۶۴۷	۵۴۰۰	۲۴/۸	۱۲
۶	–	–	–	۶۲۰۰	–	–	–	–	–	۵۴۰۰	–	–
۷	۷۱	۱۴۲۰	۶۶۷	۶۲۰۰	۳۰	۱۰/۸	۶۶	۱۳۲۰	۶۴۲	۵۴۰۰	۲۴/۴	۱۱/۹
۸	۲۳	۴۶۰	۴۲۷	۶۲۰۰	۷/۴	۶/۹	۵۱	۱۰۲۰	۵۶۷	۵۴۰۰	۱۸/۹	۱۰/۵
۹	۴۰	۸۰۰	۵۱۲	۶۲۰۰	۱۲/۹	۸/۳	۳۵	۷۰۰	۴۸۷	۵۴۰۰	۱۳	۹
۱۰	۳۸	۷۶۰	۵۰۲	۶۲۰۰	۱۲/۳	۸	۶۹	۱۳۸۰	۶۵۷	۵۴۰۰	۲۵/۵	۱۲/۱۶
۱۱	۲۴	۴۸۰	۴۳۲	۶۲۰۰	۷/۷	۷	۴۵	۹۰۰	۵۳۷	۵۴۰۰	۱۶/۷	۱۰
۱۲	۳۶	۷۲۰	۴۹۲	۶۲۰۰	۱۱/۶	۷/۹	۴۱	۸۲۰	۵۱۷	۵۴۰۰	۱۵	۹/۶
۱۳	۶	۱۲۰	۳۴۲	۱۱۰۰۰	۱	۳	۵۰	۱۰۰۰	۵۶۲	۱۰۶۰۰	۹/۴	۵/۳

۱: هر نفر ۲۰ فوت مکعب بر دقیقه ۲: هر نفر ۵ فوت مکعب + به‌اضافه ۰/۰۶ به ازای هر فوت مربع سطح

گفت که از این تعداد سرعت در ۱۸ نقطه برابر صفر به‌دست آمد. در جدول۱ هوای تازه‌ی مورد نیاز بر اساس دو استاندارد مختلف بر حسب تعداد افراد(هر نفر ۲۰ فوت مکعب بر دقیقه) و بر حسب تعداد و سطح واحد (هر نفر ۵ فوت مکعب بر دقیقه به‌اضافه ۰/۰۶ به ازای هر فوت مربع سطح واحد) برآورد شده است. همچنین در جدول ۲ برآورد هوای تازه تامین شده بر اساس تغییر میزان CO_2 هر نیم طبقه نسبت به میزان CO_2 راه پله اضطراری همان طبقه با استفاده از معادله ۱ گزارش شده است.

نتایج اندازه گیری رطوبت نسبی و دما در طبقات مختلف ساختمان مورد مطالعه نشان داد که حداکثر رطوبت نسبی مربوط به طبقه دهم شرقی و هشتم غربی(۲۸/۴درصد) و کمترین آن در طبقات منهای ۵

جدول ۲ : برآورد هوای تازه تامین شده (CFM) طبقات مختلف بر اساس تغییر غلظت CO_2 هوای بیرون در مقایسه با استاندارد توصیه شده

طبقه	نیم طبقه شرقی		نیم طبقه غربی		میانگین غلظت گاز CO_2 در راه پله اضطراری (C_o)	هوای تازه مورد نیاز طبق استاندارد ASHREA
	میانگین غلظت گاز CO_2 (C_i)	هوای تازه تامین شده به ازای هر نفر (Q)	میانگین غلظت گاز CO_2 (C_i)	هوای تازه تامین شده به ازای هر نفر (Q)		
طبقه۱	۷۶۱	۳۷	۶۶۴	۵۲	۴۱۳	۲۰
طبقه۲	۵۴۰	۹۵	۷۱۱	۴۲	۴۰۴	۲۰
طبقه۳	۵۲۷	۱۰۲	۵۰۰	۱۳۰	۴۰۰	۲۰
طبقه۴	۴۸۶	۱۴۲	۵۴۷	۷۳	۳۹۵	۲۰
طبقه۵	۵۶۳	۷۳	۴۸۷	۱۲۷	۳۸۵	۲۰
طبقه۶	۸۵۸	-	۸۷۳	-	۳۷۹	۲۰
طبقه۷	۵۰۸	۱۰۴	۵۰۵	۱۰۶	۳۸۳	۲۰
طبقه۸	۴۸۹	۱۱۵	۵۰۵	۱۰۱	۳۷۶	۲۰
طبقه۹	۴۹۸	۹۷	۴۱۵	۲۶۰	۳۶۵	۲۰
طبقه۱۰	۵۰۹	۸۴	۵۰۱	۸۸	۳۵۴	۲۰
طبقه۱۱	۵۰۱	۸۸	۵۲۴	۷۶	۳۵۴	۲۰
طبقه۱۲	۴۸۸	۱۰۱	۴۸۳	۱۰۶	۳۶۰	۲۰
طبقه۱۳	۶۱۹	۱۰۰	۵۱۵	۸۴	۳۶۰	۲۰

(۲۳ درصد) بود. همچنین حداقل دما ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به طبقه دهم غربی و حداکثر دما ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به طبقه ششم غربی می باشد. بررسی جهت و چگونگی حرکت جریان هوا در طبقات مختلف به کمک تست دود نشان داد در برخی نقاط (در حدود یک سوم موارد)، جهت و یا توزیع جریان دود از دریچه ها و یا شکاف ها به سمت دریچه‌های هوای برگشتی مناسب نمی باشد.

بحث

غلظت گاز دی اکسید کربن در هوای آزاد کمی بیش از ۰/۰۳ درصد(۳۵۰ پی پی ام) می باشد. از آن‌جایی که فعالیت های حیاتی در داخل ساختمان مستلزم مصرف اکسیژن و در نتیجه تولید دی اکسید کربن است، می‌توان انتظار داشت که در مکان‌های مسکونی و اداری غلظت دی اکسید کربن بیشتر از هوای آزاد باشد. حد آستانه در دسترس، غلظت ۱۰۵۰ پی پی ام را برای این گاز مطرح نموده و توصیه گردیده که نباید در چنین مکان هایی غلظت دی اکسید کربن از این میزان فراتر رود (ASHRAE, 2004). نتایج اندازه گیری گاز دی اکسید کربن در ساختمان مورد بررسی نشان می دهد که در هیچ یک از طبقات غلظت گاز دی‌اکسیدکربن از این مقدار فراتر نرفته است. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، میانگین غلظت گاز دی‌اکسیدکربن طبقات مختلف در مقایسه با حداکثر غلظت پیشنهاد شده این گاز، از مقادیر کمتری برخوردار می‌باشد. اما مقایسه این نتایج با میانگین گاز دی اکسید کربن در هوای آزاد حاکی از افزایش چشمگیر غلظت دی‌اکسیدکربن در برخی طبقات می باشد. طبقه ششم ساختمان که غذا خوری نیز در آن واقع است، حداکثر غلظت دی اکسید کربن را به خود اختصاص داده و این موضوع ناشی از حضور قابل توجه کارکنان در محل مورد نظر در زمان اندازه گیری دی اکسید کربن بوده که البته مدت زمان حضور کارکنان در این طبقه کوتاه و در حدود ۳۰-۲۰ دقیقه است. طبقه اول ساختمان(ضلع شرقی)که فاقد سیستم HVAC

مستقل می‌باشد، با میانگین ۷۶۱ پی پی ام در مرتبه بعدی به لحاظ غلظت دی اکسید کربن قرار دارد و نکته قابل توجه شکایات واصله از سوی کارکنان این بخش از ساختمان است. هر چند که غلظت اندازه گیری شده در هیچ یک از نقاط این بخش فراتر از مقادیر پیشنهادی نیست، اما باید توجه داشت که عدم دسترسی مستقیم به هوای آزاد به دلیل فقدان پنجره، حضور طولانی مدت کارکنان و همچنین توزیع نامناسب هوا در این قسمت از ساختمان، در شکایت کارکنان این بخش تأثیرگذار می باشد.

احساس شخص از آسایش حرارتی محیط متاثر از دما، سرعت جریان هوا، رطوبت، نوع لباس و سطح فعالیت می باشد (NEWCASTLE, 2012). به‌طور کلی با توجه به زمان اندازه‌گیری، رطوبت نسبی در ساختمان مورد مطالعه مناسب بوده است، اما این رطوبت نسبی ناشی از هوای بیرون از ساختمان است، زیرا عملیات رطوبت‌زنی در هیچ یک از سیستم‌های هواساز انجام نمی گیرد. در مورد جهت جریان هوا، برخی از کارکنان سعی در تنظیم جریان هوا با افزایش یا کاهش جریان از ترمینال‌ها و حتی مسدود نمودن دریچه های خروجی نموده اند که این دستکاری در نحوه توزیع جریان هوا باعث اختلال در نحوه توزیع هوا در نواحی دیگر شده است. علت دیگر توزیع نامناسب جریان هوا در ساختمان مورد بررسی مربوط به پارتیشن بندی غیر اصولی فضاها پس از طراحی و بهره برداری از سیستم تهویه مطبوع در برخی از طبقات می‌باشد، زیرا با این کار عملاً جریان هوای برگشتی دچار اختلال شده و در نتیجه هوای فرآوری شده به شکل مناسب در تمام اتاق‌های جدید الاحداث توزیع نمی‌شود. به‌طور کلی در این مطالعه مقطعی به‌جز طبقه ششم که غذا خوری ساختمان می‌باشد، دمای سایر طبقات متاثر از دمای بیرون بوده زیرا در اکثر طبقات بعضی از پنجره‌ها توسط کارکنان باز می‌شوند. دمای هوا در طبقه ششم غربی و شرقی که در واقع غذا خوری ساختمان می‌باشد بالاتر از حد توصیه شده است که این افزایش دما به دلیل تراکم افراد در هنگام صرف غذا و وجود تجهیزات مولد گرما به منظور گرم نگه‌داشتن غذا در زمان خوردن آن می‌باشد. مروری بر مقادیر هوای تازه ورودی به ساختمان که از تغییر غلظت گاز دی اکسید کربن در ساختمان حاصل شده نشان می‌دهد که میزان هوای تازه تامین شده در ساختمان کافی است.

نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد کارایی سیستم طراحی شده تهویه مطبوع در ساختمان مورد بررسی مناسب بوده، لیکن در نقاط مختلف ساختمان از آن‌جایی که نحوه توزیع متعادل هوا در محیط به نوعی نشان دهنده بالانس سیستم تهویه است، در مورد توزیع هوا می‌توان استنباط نمود دستکاری‌های انجام شده از طرف کارکنان(مسدود کردن دریچه ها و شکاف ها، پارتیشن بندی) و همچنین قصور در نگهداری مناسب سیستم(عدم نظارت کافی، حذف سیستم رطوبت زنی و عدم جایگزینی) در حین مراحل اجرا و نگهداری در کاهش کارایی HVAC بی تاثیر نمی باشد.

محدودیت‌های مطالعه

با توجه به این‌که مسیرهای شبکه توزیع هوا در تمامی طبقات ساختمان شرکت بدون تخریب ساختمانی، قابل بازدید و نصب تجهیزات اندازه‌گیری نبوده و بخش‌هایی از مسیر کانال‌ها نیز که در داخل اتاق HVAC در هر طبقه قرار داشت، اجازه انجام اندازه‌گیری فشار سرعت و فشار کل و فشار استاتیک را نمی‌داد، همچنین برای اندازه گیری میزان هوای

برگشتی نیاز به سوراخ کردن کانال ها بوده و این مجوز صادر نگردیده، لذا امکان اندازه‌گیری دبی جریان هوای برگشتی به‌وجود نیامد

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت و پشتیبانی مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) شرکت ملی صنایع پتروشیمی تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Alberta Infrastructure. (2003). Indoor Air Quality Guideline. Technical Services Branch, Available at; http://www.infratrans.gov.ab.ca.

American Society of Heating, R., & Engineers, A.-C. (2004). 62.1 User's Manual: ANSI/AHRAE Standard 62.1-2004, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Available at; http://www.ashrae.org

American Society of Heating, R., & Engineers, A.-C. (2004). Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy. Available at; http://www.ashrae.org

ASTM Designation. (1998). D 6245-98. Standard Guide for Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations to Evaluate Indoor Air Quality and Ventilation, Committee D-22 and Subcommittee D, 22, 05.

Azuma, K., Uchiyama, I., & Ikeda, K. (2007). The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan. Risk analysis, 27(6), 1623-1638.

Fromme, H., Lahrz, T., Hainsch, A., Oddoy, A., Piloty, M., & Rüden, H. (2005). Elemental carbon and respirable particulate matter in the indoor air of apartments and nursery schools and ambient air in Berlin (Germany). Indoor Air, 15(5), 335-341.

Higbee, C., Travers, M., Hyland, A., Cummings, K., & Dresler, C. (2007). [Global air monitoring study: a multi-country comparison of levels of indoor air pollution in different workplaces results from Tunisia]. La Tunisie medicale, 85(9), 793-797.

Nims, D. (1999). Basics of industrial hygiene (Vol. 1): John Wiley & Sons Publication

Prill, R. (2000). Why measure carbon dioxide inside buildings. Published by Washington State University Extension Energy Program. WSUEEP07-003.

Tanaka-Kagawa, T., Jinno, H., Obama, T., Miyagawa, M., Yoshikawa, J., Komatsu, K., et al. (2006). [Evaluation of volatile organic compounds (VOCs) emitted from household products by small chamber test method]. Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyujo hokoku= Bulletin of National Institute of Health Sciences(125), 79-85.

The University of NEWCASTLE (2012). Indoor Thermal Comfort and Ventilation Guidelines, Australial at; http://sydney.edu.au/whs/guidelines/others/indoor_thermal_comfort.shtml

Zamanian Z. (1996) Quality of indoor air, Ministry of Health and Medical Education and its relationship with employee comfort. MSc Thesis Occupational health, Tehran University of Medical Sciences.

Zhang, Y. (2004). Indoor air quality engineering: CRC press

Evaluation of Heating, Ventilation, and Air conditioning (HVAC) System Performance in an Administrative Building in Tehran (Iran)

H. Mari Oriyad[1]; F. Zare Derisi[2*]; M. Jahangiri[3]; M. Rismanchian[4]; A. Karimi[5]

[1] Assistant Professor, Social Determinants of Health Research Center, Yasuj University of Medical Sciences, Yasuj, Iran

[2] MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

[3] Assistant professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

[4] Assistant professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Abstract

Introduction: One of the factors influencing on indoor air quality of the buildings is performance of HVAC (heating, ventilation, and air conditioning) systems. These systems supply clean and odorless air, with temperature, humidity, and air velocity within comfort ranges for the residents. The aim of this study was to evaluate performance HVAC system in an administrative building in Tehran.

Material and Method: A questionnaire, developed in their research was used to assess the building occupants' perception about the performance of HVAC system. To evaluate the performance of HVAC systems, air velocities were measured in the diffusers using a thermal anemometer. Moreover, CO2 concentration, air temperature and relative humidity were measured in the whole floors of the building. Air distribution inside the building was evaluated using smoke test.

Result: Most of the studied people complained about the direction of airflow, thermal conditions and cigarette odor. The highest level of carbon dioxide was measured at 930 ppm inside the restaurant. The maximum and minimum air temperatures and relative humidity were measured 28.3-13.8° C and 28.4-23% respectively. Smoke test showed that the air distribution/direction wasn't suitable in one third of air diffusers.

Conclusion: Improper air distribution / direction was the main problem with the studied HVAC system which could be corrected by adjusting and balancing of the system.

Keywords: *Heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) system, administrative building, Indoor air quality*

* Corresponding Author Email: *zarederis@sums.ac.ir*