Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018;8(1):9-15

Proper Range of Carbon Dioxide to Optimize Indoor Environmental Quality in Office Buildings of Kermanshah

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Ansarimanesh M.* *PhD*,
Nasrollahi N.[1] *PhD*

How to cite this article
Ansarimanesh M, Nasrollahi N. Proper Range of Carbon Dioxide to Optimize Indoor Environmental Quality in Office Buildings of Kermanshah. Naqshejahan- Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2018; 8(1):9-15.

*Architecture Department, Engineering Faculty, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
[1]Architecture Departmant, Engineering Faculty, University of Ilam, Ilam, Iran

Correspondence
Address: Architecture Department, Engineering Faculty, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
Phone: +98 (83) 37243181
Fax: +98 (83) 37243193
m.ansarimanesh@iauksh.ac.ir

Article History
Received: October 29, 2014
Accepted: June 7, 2016
ePublished: August 21, 2018

ABSTRACT

Aims In office buildings, high quality of indoor environment increases staffs' efficacy and makes the economy flourished, while lack of it causes staffs' dissatisfaction and reduces their efficacy. Many factors contribute to the creation of a qualified indoor environment, one of which is proper ventilation. One of the important factors in determining the ventilation rate is the amount of carbon dioxide in the space. Hence, the aim of this study was to determine the proper range of carbon dioxide to optimize indoor environmental quality in office buildings of Kermanshah.

Materials & Methods The present study was conducted from February15 to March 15, 2011, using field methods, measuring the carbon dioxide level, and leading the inventory in applied and quantitative research employees of 10 office buildings in Kermanshah to examine the proper range of carbon dioxide in office buildings of Kermanshah. To compile the questionnaire, a questionnaire in the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) was used, but according to the type of research and coverage of the questions, some changes were made by adding some related questions. The data were analyzed by SPSS 16 software.

Findings In all buildings, 71.6% of people were satisfied with air quality and ventilation. In most buildings, carbon dioxide was in the standard range except for the building 8. The air quality satisfaction in this building was 59%.Building 3 had the best condition.

Conclusion The proper range of carbon dioxide in the office buildings of Kermanshah is less values than 1200ppm.

Keywords Office Buildings; Indoor Air Quality; Range of Carbon Dioxide; Ventilation; Health

CITATION LINKS

[1] The Effect of solar chimney on building ventilation in different climate of Iran [2] Controlling enviromental impact of building through assessment and imprrovement of constructed embodied energy [3] Comparative evaluation of airflow in two kinds of Yazdi and Kermani wind-towers [4] Estimation performance of horizontal light pipes in deep-plan buildings, case study: Tehran Office building [5] Daylighting High-performance architecture: Multi-objective optimization of energy efficiency and daylight availability in BSk cimate [6] Renewable energy and smart hybird strategies for high performance architecture and planning in case of Tehran, Iran [7] Prioritization of Effective Building Energy Consumer Parameters by AHP [8] Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health [9] Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study revisited: Analyses of the 100 building dataset [10] Indoor carbon dioxide concentrations and SBS in office workers [11] The effect of perceived indoor air quality on productivity loss [12] A numerical analysis of double skin facades in summer [13] Introducing an innovative variable building layers system (V.B.L.S) [14] Why measure carbon dioxide inside buildings [15] ASHRAE 62.2-2007. ventilation for acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings [16] Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: A review [17] The effects of reduced ventilation on indoor air quality in an office building [18] ASHRAE Green Guide: The design, construction, and operation of sustainable building [19] Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide [20] Indoor air quality guidelines and standards [21] Determination of occupants thermal zone to maximize the quality of indoor environment in office building of Kermanshah [22] Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI Approved)

Copyright© 2018, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

تعیین محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در جهت بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل ساختمان‌های اداری شهر کرمانشاه

مریم انصاری منش* PhD
گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی،کرمانشاه، ایران
نازنین نصراللهی PhD
گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده
مقدمه: در ساختمان‌های اداری، محیط باکیفیت داخلی، باعث افزایش کارآیی کارکنان و در نتیجه شکوفایی اقتصاد کشورها و در مقابل نامناسب‌بودن محیط داخل، سبب بروز نارضایتی کارکنان و کاهش کارآیی آنها خواهد شد. عوامل بسیاری در ایجاد یک محیط باکیفیت داخلی موثرند که یکی از آنها تهویه مناسب است. یکی از عوامل مهم در مشخص‌نمودن نرخ تهویه، میزان دی‌اکسیدکربن موجود در فضاست. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تعیین محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در جهت بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل ساختمان‌های اداری انجام شد.
مواد و روش‌ها: تحقیق کاربردی و کمی حاضر از ۱۵ بهمن تا ۱۵ اسفند ۱۳۹۰ با انجام مطالعات میدانی، اندازه‌گیری میزان دی‌اکسیدکربن و هدایت پرسش‌نامه در ۳۲۸ نفر از کارکنان ۱۰ ساختمان اداری کرمانشاه به بررسی محدوده مناسب میزان دی‌اکسیدکربن در ساختمان‌های اداری این منطقه پرداخت. به‌منظور تدوین پرسش‌نامه، از پرسش‌نامه موجود در استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا استفاده شد، اما با توجه به نوع تحقیق و پوشش سئوالات، تغییراتی به صورت اضافه‌نمودن برخی پرسش‌های مرتبط در آن داده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.
یافته‌ها: در کل ساختمان‌ها، ۷۱/۶% افراد از کیفیت هوا و میزان تهویه راضی بودند. میزان دی‌اکسیدکربن در غالب ساختمان‌ها، غیر از ساختمان کد ۸، در محدوده استاندارد قرار داشت. میزان رضایت‌مندی از کیفیت هوا در این ساختمان ۵۹/۰% بود. ساختمان کد ۳ بهترین وضعیت را داشت.
نتیجه‌گیری: محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در ساختمان‌های اداری کرمانشاه، میزان دی‌اکسیدکربن کمتر از ۱۲۰۰ppm است.
کلیدواژه‌ها: ساختمان‌های اداری، کیفیت هوای داخل، میزان دی‌اکسیدکربن، تهویه، سلامت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۸
*نویسنده مسئول: m.ansarimanesh@iauksh.ac.ir

مقدمه

رشد مصرف انرژی در جوامع امروزی علاوه بر تشدید خطر اتمام سریع منابع فسیلی، جهان را نیز با تغییرات تهدیدآمیزی مواجه کرده[1] این در حالی است که صنعت ساختمان بین ۴۰-۲۵% کل انرژی مصرفی در کشورهای مختلف را به خود اختصاص داده است[2]. تلاش برای کاهش مصرف انرژی، انسان‌ها را به تحقیق و مطالعه بیشتر در پی یافتن جایگزینی مناسب برای آن از انرژی‌های تجدیدپذیر سوق داده است[3].

از آنجا که انرژی در دست‌یابی به شهری پایدار دارای جایگاه ویژه‌ای است[4]، لذا امروزه انرژی به بحث چالش‌برانگیزی در کشورهای درحال‌توسعه مانند ایران تبدیل شده است[5]. با توجه به نقش موثر انرژی در توسعه فیزیکی محیط مصنوع [6] و افزایش مصرف آن به موازات رشد جوامع بشری، توجه به محدودیت منابع و پیشگیری از مواجهه با بحران انرژی و لزوم صرفه‌جویی از طریق مدیریت مصرف انرژی ضروری است. هدف مدیریت انرژی، کاهش‌دادن و منطقی‌کردن مصرف انرژی به نحوی است که توجیه اقتصادی داشته باشد و در عین حال منجر به بروز تاثیرات منفی در سطح رفاه و آسایش حرارتی ساکنان نشود[7]. مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهند که هزینه‌های ناشی از کیفیت پایین محیط داخل می‌تواند بسیار بیشتر از هزینه‌های انرژی برای تهویه و بالابردن کیفیت محیط داخل باشد[8].

کیفیت هوای داخل و سندروم بیماری‌های ساختمان: امروزه شیوع سندروم بیماری‌های ساختمان در ادارات (به‌دلیل تاثیری که بر کارآیی و میزان بهره‌وری کارکنان دارد) به یک چالش تبدیل شده است[9]. افرادی که از این سندروم رنج می‌برند بیان می‌دارند که علایم وقتی ظهور می‌کند که آنها اوقاتی را در فضای داخل سپری می‌کنند و با ترک ساختمان بهبود می‌یابند. حدود نیمی از ۲۲ مطالعه‌ای که در مورد سندروم بیماری‌های ساختمان در ساختمان‌های اداری انجام گرفت نشان داد که افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن در فضاهای داخلی سبب افزایش این سندروم می‌شود[10] چراکه افزایش مقدار دی‌اکسیدکربن در فضاهای داخلی می‌تواند سبب سردرد، خستگی، علایم چشمی، آبریزش بینی و بیماری‌های دستگاه تنفسی شود[9]. مطالعات مختلف با استفاده از شبیه‌سازی اتاق‌های اداری نشان داده‌اند که کارآیی کارکنان با افزایش کیفیت هوا افزایش می‌یابد[11].

راهکارهای زیادی برای بهبود کیفیت هوای داخل وجود دارد. *افشین‌مهر* و همکاران با مدل‌سازی و بررسی عددی نتایج نماهای دو پوسته در مناطق گرم و خشک نشان دادند که این نماها می‌توانند سبب افزایش بهره‌گیری از تهویه طبیعی و بهبود کیفیت هوای داخل شوند[12]. سیستم لایه‌های ساختمانی تغییرپذیر هم جداره‌های ساختمانی نوینی هستند که می‌توانند در تنظیم شرایط محیطی یک فضا نقش بسزایی ایفا کنند[13]. از طرفی، از آنجا که دی‌اکسیدکربن یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوای داخل است، با کنترل میزان آن نیز می‌توان سبب بهبود کیفیت هوای داخل شد.

دی‌اکسیدکربن، شاخص مقبولیت هوای داخل: در برخی مطالعات، منبع اصلی دی‌اکسیدکربن در فضاهای داخلی، تنفس ساکنان اعلام می‌شود[9, 10]، در حالی که در مطالعات دیگر[14] منبع ایجاد دی‌اکسیدکربن، تنفس ساکنان و سیستم‌های جریان متناوب ولتاژ بالا معرفی شده‌اند. محدوده معمول دی‌اکسیدکربن در ادارات از ۳۵۰-۲۵۰۰ppm (ذره در میلیون) است و حد مجاز قرارگیری در معرض دی‌اکسیدکرین برای ۸ ساعت کار در ادارات ۵۰۰۰ppm اعلام شده است[9]. انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) محدوده دی‌اکسیدکربن در فضای داخلی را بین ۱۰۰۰-۱۲۰۰ppm اعلام می‌نماید. لازم به ذکر است که استانداردهای دیگر مقادیر مختلفی را برای میزان دی‌اکسیدکربن در فضاهای داخلی ذکر کرده‌اند[15].

وقتی میزان دی‌اکسیدکربن در فضای داخلی به ۵۰۰۰ppm برسد، تاثیرات جدی بر سلامت انسان‌ها خواهد گذاشت. اما در بیشتر فضاهای داخلی میزان دی‌اکسیدکربن به این حد نمی‌رسد[16].

با وجودی که افزایش دی‌اکسیدکربن فاکتور تاثیرگذاری بر سلامت انسان نیست، ولی می‌تواند بر نرخ تهویه تاثیرگذار باشد[9]، چراکه دی‌اکسیدکربن با کاهش نرخ تهویه افزایش می‌یابد[17]. در واقع با فرض اینکه در هوای اطراف ساختمان آلودگی وجود نداشته باشد، هوای باکیفیت داخل مستلزم تهویه کافی است[18].

دیدگاه‌های زیادی برای ارزیابی کیفیت هوای داخل و میزان تهویه وجود دارد که در برخی از آنها اندازه‌گیری و آنالیز دی‌اکسیدکربن

می‌تواند درک مناسبی از کیفیت هوای داخل و میزان تهویه ارایه نماید[19].

بدین ترتیب اندازه‌گیری میزان دی‌اکسیدکربن ابزار مهمی در اطمینان‌یافتن از کافی‌بودن میزان تهویه است، ضمن اینکه می‌تواند باعث صرفه‌جویی انرژی در ساختمان‌هایی شود که بیش از حد تهویه می‌شوند[14]. با وجود اینکه جمعیت ایران حدود ۱% جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد، اما حدود ۹% نفت و فرآورده‌های نفتی را مصرف می‌کند و این به معنای بالابودن سرانه مصرف انرژی در ایران است[3]. بنابراین توجه به میزان تهویه در ساختمان‌های اداری می‌تواند گامی مهم در راستای کاهش مصرف انرژی و نیز افزایش بهره‌وری و شکوفایی اقتصادی کشور باشد.

استانداردهای مربوط به کیفیت هوای داخل: محیط داخل در سلامت ساکنان آن بسیار موثر است. تمرکز آلودگی‌هایی که در فضای داخلی یافت می‌شود سلامت و آسایش کارکنان را بر هم می‌زند. سازمان بهداشت جهانی داشتن محیط سالم (از جمله تنفس هوای سالم) را حق ساکنان می‌داند[11]. در فضای داخلی آلوده‌کننده‌های مختلفی وجود دارد که تاثیر آنها بر سلامت انسان نیز متفاوت است. لذا استانداردها و راهنماهای مختلفی مانند استاندارد سازمان بهداشت جهانی انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا و غیره برای ایجاد هوای داخلی باکیفیت ایجاد شده‌اند.

این استانداردها در گستره وسیعی از جهان دیده می‌شوند که نشان‌دهنده توجه روزافزون به کیفیت هوای داخلی در ساختمان‌های مختلف در سرتاسر جهان است. شایان ذکر است که هر کدام از این استانداردها محدوده‌های مختلفی را برای آلاینده‌های داخلی ذکر می‌کنند و این بدان معناست که استانداردها توافق چندانی در استخراج این محدوده‌ها ندارند[20].

پژوهش حاضر با هدف تعیین محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در جهت بهینه‌سازی کیفیت محیط داخل ساختمان‌های اداری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه کاربردی و کمی، روش میدانی، اندازه‌گیری متغیرهای محیطی (دی‌اکسیدکربن) و نیز هدایت پرسش‌نامه به کار گرفته شده و شهر کرمانشاه به‌عنوان نمونه مطالعاتی انتخاب شد. از آنجا که این شهر دارای یک تیپ غالب در ساختمان‌های اداری نیست و تنها وجه مشترک غالب ساختمان‌های اداری این شهر فضای اداری بسته است، بنابراین در انتخاب نمونه‌ها این ویژگی مد نظر قرار گرفت. تمامی این ساختمان‌ها دارای سیستم گرمایش و سرمایش مکانیکی بوده و توجه چندانی به بهره‌گیری از انرژی‌های طبیعی در آنها نشده بود (شکل‌های ۱ و ۲).

کرمانشاه در عرض جغرافیایی۳۴/۲۳درجه شمالی و طول جغرافیایی۴۷/۰۳درجه شرقی در منطقه سرد ایران قرار دارد. مطابق نمودار بیوکلیماتیک اولگی این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین حداکثر دما در کرمانشاه و شهرهای بزرگ ایران در تابستان ۳۰-۴۵°C و میانگین حداقل دما در زمستان صفر تا ۵°C- است[21].

به‌منظور تدوین پرسش‌نامه، از پرسش‌نامه موجود در استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا استفاده شد، اما با توجه به نوع تحقیق و پوشش سئوالات، تغییراتی به صورت اضافه‌نمودن برخی پرسش‌های مرتبط در آن داده شد.

شکل ۱ و ۲) نمونه‌هایی ازساختمان‌های اداری بررسی‌شده

پرسش‌های مربوط به کیفیت محیط داخل، در رابطه با نورگیری، عبور نور خورشید، آسایش بصری، دید، منظر و تهویه تنظیم شدند. مقیاس رای‌دادن به این پرسش‌ها براساس مقیاس حس حرارتی ۷نقطه‌ای استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا است (۳-: خیلی سرد، ۲+: سرد، ۱-: کمی سرد، صفر: خنثی، ۱+: کمی گرم، ۲+: گرم، ۳+: خیلی گرم) که ۳ مقیاس میانی یعنی ۱- تا ۱+ نشان‌دهنده رضایت‌مندی است. گزینه‌های سئوالات پرسش‌نامه، شامل "خیلی راضی"، "راضی"، "کمی راضی"، "خنثی"، "کمی ناراضی"، "ناراضی" و "خیلی ناراضی" است[22].

برای تعیین محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در فضاهای اداری، ۳۲۸ پرسش‌نامه در ۱۰ ساختمان اداری این شهر (از ۱۵ بهمن تا ۱۵ اسفند ۱۳۹۰) هدایت شد که خلاصه ویژگی‌های مربوط به ۳۲۸ از کارکنان ادارات مورد نظر ارایه شد (جدول ۱).

جدول ۱) اطلاعات کارکنان در ساعات کار اداری

متغیرها	فراوانی نسبی
مدت‌زمان کار	
۱۰ ساعت وکمتر	%۲۶/۲
۱۱-۳۰	%۱۰/۴
بیش از ۳۰ ساعت	%۳۶/۴
نوع کار	
مدیریتی	%۱۲/۸
تخصصی	%۵۲/۵
کارهای دفتری	%۳۵/۷
سن	
۳۰ سال و کمتر	%۲۰/۱
۳۱-۵۰ سال	%۷۴/۱
بیش از۵۰ سال	%۵/۸
جنسیت	
مرد	%۷۰/۷
زن	%۲۹/۳
میزان تقریبی عایق لباس [21]	
مرد	%۰/۷۷
زن (پوشش اسلامی برای بانوان در نظر گرفته شده است)	%۱/۱۷

رضایت‌مندی کارکنان از تهویه و کیفیت هوا: برای بررسی کیفیت هوا افرادی که به پرسش‌نامه، پاسخ خنثی، "کمی راضی"، "راضی" و

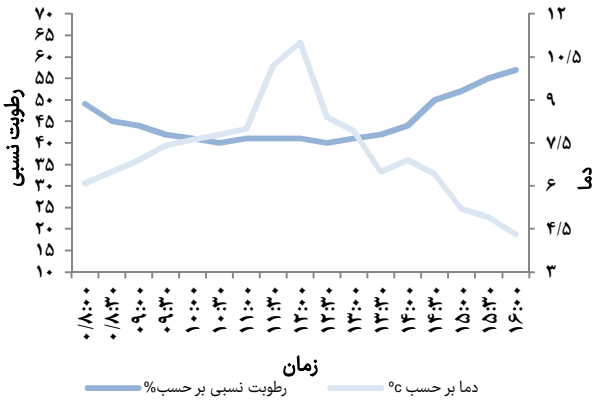
"خیلی راضی" داده‌اند به‌عنوان گروه اول (گروه راضی) و افرادی که به پرسش‌نامه، پاسخ "کمی ناراضی"، "ناراضی" و "خیلی ناراضی" داده‌اند به‌عنوان گروه دوم (گروه ناراضی) در نظر گرفته شدند (جدول ۲). استانداردهای آسایش حرارتی و از جمله استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا مقیاس رضایت‌مندی را برای ۸۰% افراد اعلام می‌دارند.

جدول ۲) میزان رضایت‌مندی افراد از کیفیت هوا و تهویه به تفکیک ساختمان بر حسب درصد

کد ساختمان	تعداد افراد مصاحبه‌شونده	رضایت‌مندی از کیفیت هوا و تهویه
۱	۴۹	۸۰
۲	۱۴	۷۱
۳	۱۹	۴۷
۴	۶۰	۷۲
۵	۳۳	۷۳
۶	۲۱	۵۷
۷	۳۳	۳۶
۸	۵۳	۵۹
۹	۳۰	۶۳
۱۰	۱۶	۱۰۰

وضعیت موجود ساختمان‌ها از نظر میزان دی‌اکسیدکربن (مونیتورینگ): همزمان با استفاده از دستگاه تستر کیفیت هوا Fluke 975 Air Meter(Fluke؛ ایالات متحده) ثبت لحظه‌ای دی‌اکسیدکربن در فضاهای اداری انجام گرفت، تا امکان تطابق پاسخ‌های کارکنان با اندازه‌گیری‌های محیطی وجود داشته باشد (شکل ۳).

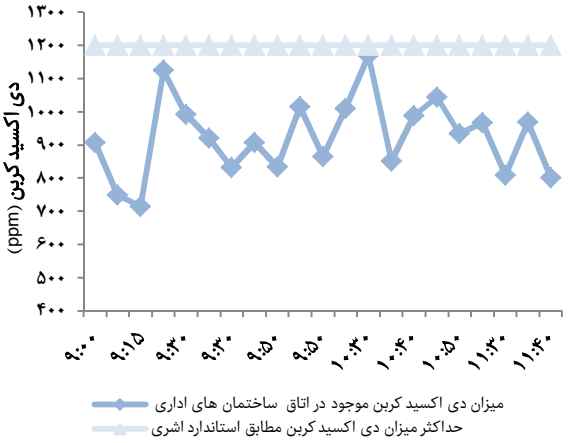
شکل ۳) دستگاه Fluke Air Meter



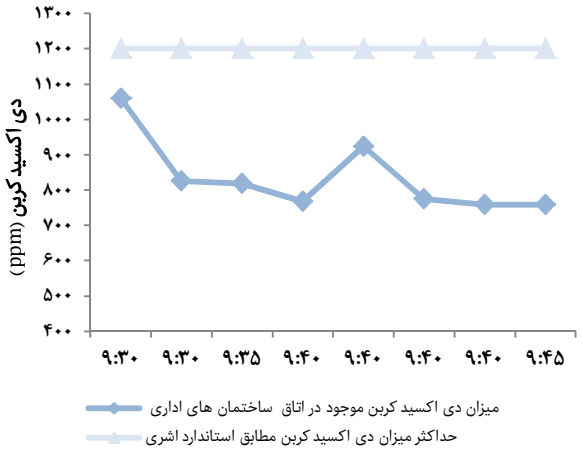
نمودار ۱) میانگین دما و رطوبت نسبی هوای بیرون کرمانشاه از تاریخ ۱۵ بهمن تا ۱۵ اسفند

نمودار ۱ نشان‌دهنده میانگین دما و رطوبت نسبی هوای بیرون در مدت‌زمان انجام تحقیق است. نتایج حاصل از مونیتورینگ دی‌اکسیدکربن در این فضاها، همراه با محدوده قابل قبول میزان دی‌اکسیدکربن در استاندارد انجمن مهندسین گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا ارایه شد (نمودارهای ۲-۱۱).

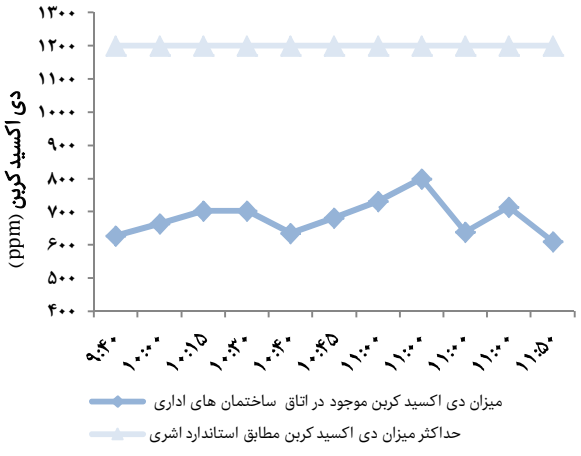
پس از انجام برداشت‌های میدانی و مونیتورینگ، با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 داده‌ها در برابر پاسخ‌های مربوط به تهویه و کیفیت هوا (پرسش‌نامه) آورده شد (شکل۴).



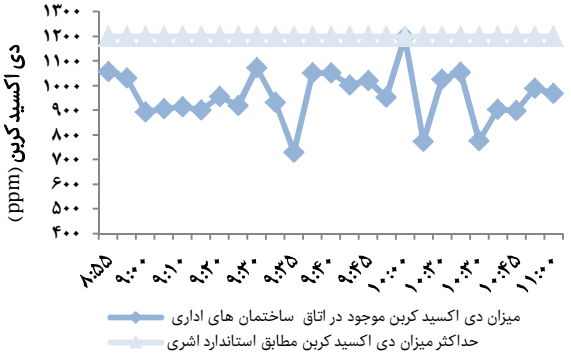
نمودار ۲) ساختمان شماره ۱ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۹۲۳/۶ppm



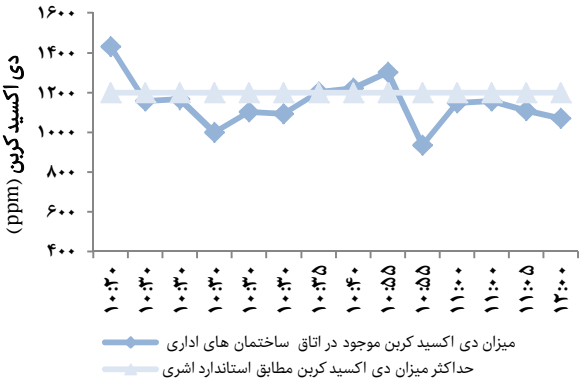
نمودار۳) ساختمان شماره ۲ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۸۳۵/۵ppm



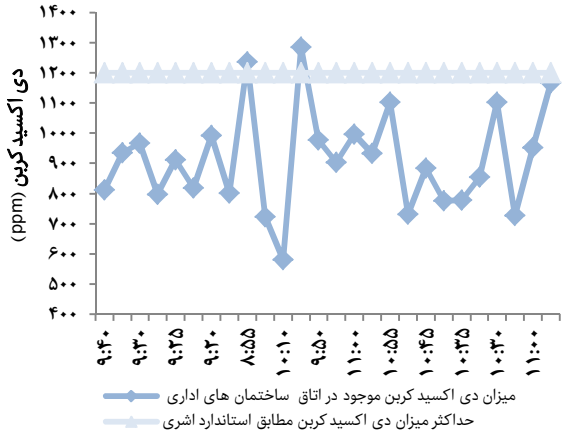
نمودار ۴) ساختمان شماره ۳ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۶۸۲/۹ppm



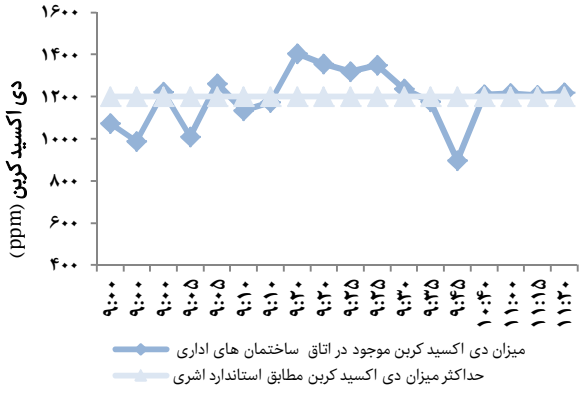
نمودار ۵) ساختمان شماره ۴ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۹۵۸/۹ppm



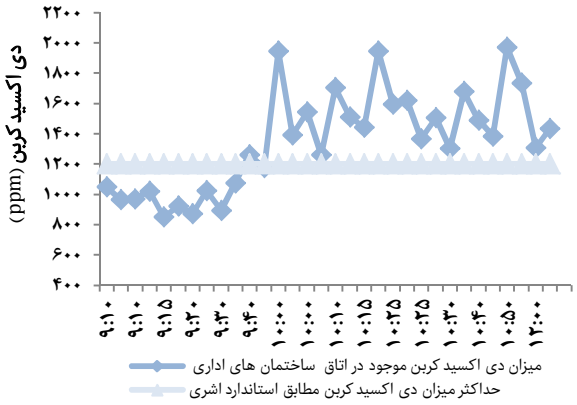
نمودار ۶) ساختمان شماره ۵ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۱۱۴۹/۳ppm



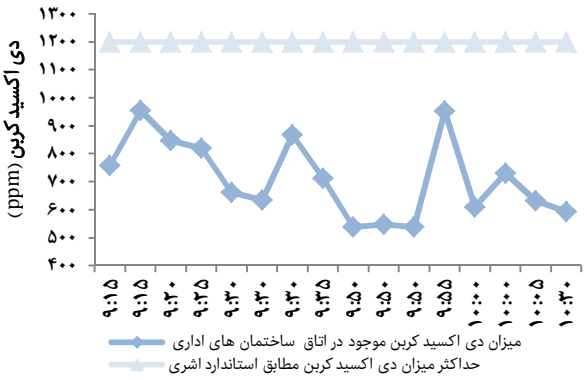
نمودار ۷) ساختمان شماره ۶ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۹۱۳/۶ppm



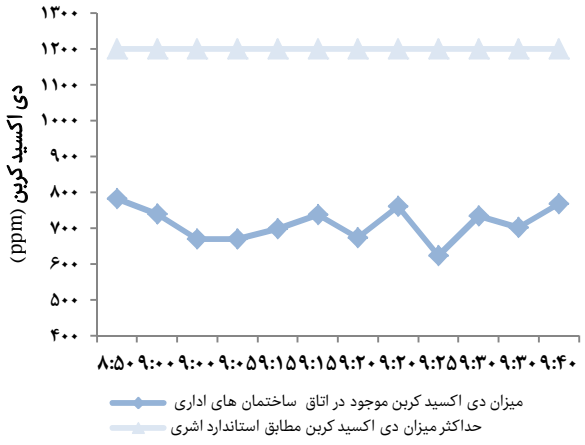
نمودار ۸) ساختمان شماره ۷با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۱۱۹۱/۷ppm



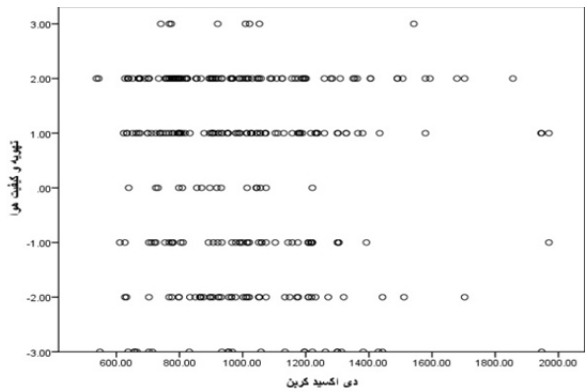
نمودار ۹) ساختمان شماره ۸با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۱۳۴۹/۳ppm



نمودار ۱۰) ساختمان شماره ۹ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۷۱۱/۷۵ppm



نمودار ۱۱) ساختمان شماره ۱۰ با میانگین مقدار دی‌اکسیدکربن ۷۱۳ppm



شکل۴) رضایت‌مندی از تهویه و کیفیت هوا در برابر مقادیر دی‌اکسیدکربن

یافته‌ها

در کل ساختمان‌ها، ۷۱/۶% افراد از کیفیت هوا و میزان تهویه راضی بودند. میزان دی‌اکسیدکربن در غالب ساختمان‌ها، غیر از ساختمان کد ۸، در محدوده استاندارد قرار داشت. میزان رضایت‌مندی از کیفیت هوا در این ساختمان ۵۹/۰% بود. ابعاد اتاق‌ها در ساختمان ۸ با میزان میانگین دی‌اکسیدکربن ۱۳۴۹/۰±۳۲۲/۴ppm در مقایسه با ساختمان‌های دیگر کوچک‌تر بود (شکل ۵). ساختمان کد ۳ با میانگین میزان دی‌اکسیدکربن ۶۸۲/۹±۵۲/۷ppm بهترین وضعیت را داشت (شکل ۶). این ساختمان تنها ساختمان دارای فضای باز اداری است.

بیشتر افرادی که میزان رضایت از کیفیت هوای محل کارشان در محدوده صفر تا ۳ (خنثی تا خیلی راضی) بود، میزان دی‌اکسیدکربن در محل کارشان کمتر از ۱۲۰۰ppm بود.

شکل ۵) ساختمان کد ۸ که دارای اتاق‌هایی با ابعاد کوچکتر نسبت به بقیه ساختمان‌ها بود

شکل ۶) ساختمان کد۳ دارای فضای باز اداری

بحث

یکی از عواملی که سبب سلامت و در نتیجه افزایش کارآیی کارکنان و ایجاد منافع فراوان اقتصادی می‌شود، تهویه کافی است. عدم تهویه کافی سبب ایجاد سندروم بیماری‌های ساختمان و تهویه بیش از حد سبب افزایش مصرف انرژی می‌شود. ایران فاقد راهکارهای عملی برای تعیین نرخ تهویه در بخش‌های مختلف و از جمله ساختمان‌های اداری است. قیمت انرژی در ایران نسبتاً پایین و هزینه تولید آن بالاست. سیاست‌های دولت در راستای واقعی‌سازی قیمت انرژی در ایران، مطمئناً تمایل به سمت راهکارهای انرژی کارآ را افزایش می‌دهد. در این میان میزان دی‌اکسیدکربن در فضا می‌تواند به‌عنوان شاخصی در راستای تعیین نرخ تهویه مد نظر قرار گیرد.

متاسفانه تحقیقات مشابه در این زمینه در کشور ایران بسیار کم است. با توجه به اینکه نوع کابری ، تعداد استفاده‌کنندگان و حتی ریزاقلیم در میزان دی‌اکسیدکربن موجود در فضا و نیز نرخ تهویه می‌تواند تاثیرگذار باشد، می‌توان با بررسی میزان تاثیر هر کدام از این عوامل به راهکارهای مناسب برای کاهش مصرف انرژی دست یافت.

نتیجه‌گیری

محدوده مناسب دی‌اکسیدکربن در ساختمان‌های اداری کرمانشاه، میزان دی‌اکسیدکربن کمتر از ۱۲۰۰ppm است.

تشکر و قدردانی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تاییدیه اخلاقی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
تضاد منافع: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.
سهم نویسندگان: مریم انصاری‌منش (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/روش‌شناس/ تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۶۰%)؛ نازنین نصرالهی (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۴۰%)
منابع مالی: موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1- Saghafi M, Fakhari M. The Effect of solar chimney on building ventilation in different climate of Iran. Naqshejahan. 2012;2(2):43-54. [Persian]
2- Mohammad Moradi A, Hosseini SB, Yazdani H. Controlling enviromental impact of building through assessment and imprrovement of constructed embodied energy. Naqshejahan. 2012;2(2):55-66. [Persian]
3- Mahdavinejad MJ, javanrodi K. Comparative evaluation of airflow in two kinds of Yazdi and Kermani wind-towers, Honarhaye Ziba (Memari va Shahrsazi). 2012;3(4):69-79.
4- Mahdavinejad MJ, Bemanian MR, Matoor S. Estimation performance of horizontal light pipes in deep-plan buildings, case study: Tehran Office building. Honarhaye Ziba (Memari va Shahrsazi). 2013;17(4):41-8. [Persian]
5- Mahdavinejad M, Setayesh Nazar N. Daylighting High-performance architecture: Multi-objective optimization of energy efficiency and daylight availability in BSk cimate, J Energy Procedia. 2017;115:92-101.
6- Heidari F, Mahdavinejad M, Sotodeh SH. Renewable energy and smart hybird strategies for high performance architecture and planning in case of Tehran, Iran. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2018;159:1-10.
7- Habib F, Barzegar Z, Cheshmeh Ghasabani M. Prioritization of Effective Building Energy Consumer Parameters by AHP. Naqshejahan. 2014;4(2):55-61.
8- Seppänen OA, Fisk W. Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health. HVAC&R Res. 2006;12(4):957-73.
9- Erdmann CA, Steiner KC, Apte MG. Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study revisited: Analyses of the 100 building dataset. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laborator; 2002.
10- Apte MG, Fisk WJ, Daisey JM. Indoor carbon dioxide concentrations and SBS in office workers. Proc Healthy Build Expos hum responses build investig . 2000;1:133-8.
11- Kosonen R, Tan F. The effect of perceived indoor air quality on productivity loss. Energy Build. 2004;36(10):981-6.

12- Afshinmehr V, Aref F, Shaneh Saz M. A numerical analysis of double skin facades in summer. Naqshejahan. 2015;5(2):77-85. [Persian]
13- Abasi MR, Tahbaz M, Vahabi R. Introducing an innovative variable building layers system (V.B.L.S). Naghshejahan. 2015;5(2):43-54.
14- Prill R. Why measure carbon dioxide inside buildings. Washington: Washington State University Extension Energy Program; 2000. pp. WSUEEP07-003.
15- ASHRAE 62.2-2007. ventilation for acceptable indoor air quality in low-rise residential buildings. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2007.
16- Parameshwaran R, Kalaiselvam S, Harikrishnan S, Elayaperumal A. Sustainable thermal energy storage technologies for buildings: A review. Renew Sustain Energy Rev. 2012;16(5):2394-433.
17- Turiel I, Hollowell CD, Miksch RR, Rudy JV, Young RA, Coye MJ. The effects of reduced ventilation on indoor air quality in an office building. Atmos Environ. 1983;17(1):51-64.
18- Swift Jr. Lawrence T, editors. ASHRAE Green Guide: The design, construction, and operation of sustainable building. 3rd Edition. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2010.
19- Persily AK. Evaluating building IAQ and ventilation with indoor carbon dioxide. Am Soc Heat Refrig Air Cond Eng. 1997;103:193-204.
20- Charles KE, Magee RJ, Won D, Lusztyk E. Indoor air quality guidelines and standards. Natl Res Counc Can. 2005; p. B3312.
21- Ansarimanesh M, Nasrollahi N. Determination of occupants thermal zone to maximize the quality of indoor environment in office building of Kermanshah. Naghshejahan. 2014;4(2):17-27. [Persian]
22- ASHRAE 55-2013. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (ANSI Approved). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers; 2013.