علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یکم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۹۸

بررسی پراکنش آلودگی در دره‌های شهری با رویکرد جهت‌گیری باد و استقرار درختان: نمونه موردی، بافت شهری اصفهان

سیدحسین حسینی [۱*]

s.h.hosseini@ilam.ac.ir

پویا بختیاری [۲]

نازنین نصرالهی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۰۱ **تاریخ پذیرش:۹۵/۰۲/۰۱**

چکیده

زمینه و هدف: پوشش گیاهی که عموما در طراحی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد، تاثیر به‌سزایی بر کیفیت هوای معابر دارد. از این‌رو برنامه ریزان باید از میزان و چگونگی تاثیر درختان و پوشش گیاهی آگاه باشند. اصفهان یکی از کلان شهرهای ایران است که به رغم دارا بودن پوشش گیاهی زیاد در سطح این شهر، خیابان‌های آن با مشکل آلودگی روبه‌رو هستند. در این تحقیق بررسی پراکنش آلودگی در دره‌های شهری با هدف ارزیابی الگوی بهینه مدل کیفی کاهش آلودگی انجام پذیرفته است.

روش بررسی: جهت بررسی تاثیر پوشش گیاهی بر سطح آلودگی در دره‌های شهری از نرم افزار مدل‌سازی سه بعدی با نام ENVI-met با بررسی مدل کیفی هوای محلی و خرده اقلیمی بر پایه CFD -مکانیک سیالات محاسباتی- استفاده شده است. در ابتدا یک نمونه واقعی مطالعاتی برداشت میدانی شده است و در نهایت مدل ساده‌تری از منطقه انتخاب شده و شبیه‌سازی می‌شود.

یافته‌ها: پارامترهای مختلفی از جمله نسبت ارتفاع به عرض در دره‌های شهری، سطح تراکم درختان، محل قرارگیری درختان در معابر و فاصله درختان از هم مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهند که افزایش سرعت باد در دره‌های شهری با عمق کم در سطح پایین‌تری قرار دارد و زمانی که در دره‌های شهری موانع طبیعی از جمله درختان حضور نداشته باشند سطح آلودگی کاهش می‌یابد زیرا در این حالت باد باز هم سرعت بیش‌تری دارد. زمانی که درختان در خط مرکزی دره شهری مابین مسیرهای حرکتی قرار می‌گیرند، آلودگی و فاصله درختان نسبت به هم رابطه معکوس داشته و هرچه فاصله درختان بیش‌تر شود سطح آلودگی کم‌تر می‌گردد، به عبارتی تاج پوشش درختان هرچه کم‌تر باشد، آلودگی کم‌تر در زیر تاج درختان محبوس می‌گردد و غلظت آلودگی کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، دره‌های شهری، درختان، نسبت ارتفاع به عرض، جهت گیری باد.

۱- دانشیار مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناسی ارشد انرژی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳- دانشیار انرژی معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.2, April, 2019

Investigation of Pollution Dispersion in Urban Canyons Using an Approach of wind Direction and Trees Position

(Case study: Urban Texture in Isfahan)

S.Hossein Hosseini [1*]

s.h.hosseini@ilam.ac.ir

Pouya Bakhtiari [2]

Nazanin Nasrollahi [3]

Admission Date: April 20, 2016 Data Received: November 22, 2015

Abstract

Background and Objective: Vegetation that is commonly used in urban design has a significant impact on air quality in the urban canyons. Thus, planners should be aware of vegetation impacts. In Isfahan metropolis, though vegetation covers a considerable portion of the city, the streets are encountered with pollution problems. In this study, distribution of pollution in urban canyons is evaluated using an optimal model for pollution reduction.

Method: A three-dimensional modeling software called ENVI-met along with local and sub-climatic air quality model based on CFD-computational fluid dynamics- is used to study the influence of vegetation on pollution level in urban canyons. In this study, first a sample of real field and next a simpler version of the selected area are simulated.

Findings: Different parameters such as height to width ratio in urban canyons, density of trees, location of trees in the streets and gaps between the trees are evaluated.

Conclusion: The obtained results show that the increase of wind velocity in the shallow valleys is at the the lower level and the absence of natural obstacles such as trees reduces the level of pollution due to the high velocity of wind at this condition. When trees are located in the center of urban canyons, pollution and tree distances are inversely correlated and pollution level reduces by increasing the distance between the trees. In the other words, the pollution that is caught by the tree canopies decreases with the reduction in tree canopies.

Keywords: Pollution, Urban Canyons, Trees, Ratio of Height to Width, Direction of Wind, CFD Simulation.

1- Associate Professor of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
* *(Corresponding Author)*
2- MSc in Architectural Energy, Faculty of Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.
3- Associate Professor of Architectural Energy, Faculty of Engineering, Ilam University, Ilam, Iran.

مقدمه

آلودگی هوا با تغییر در کمیت و کیفیت گاز های جو ایجاد می‌شود (۱). این پدیده ناشی از افزایش سوخت های سنگواره ای در نواحی شهری نمود دارد. زمانی که گردش هوا ضعیف باشد آلودگی در سطوح پایین‌تر و نزدیک به زمین قرار می‌گیرد و عابران پیاده را در معرض آلودگی با شدت زیاد قرار می‌دهد. در تحقیقاتی که قبلا انجام گرفته است الگوی جریان باد در دره‌ها و تاثیر نسبت ارتفاع به عرض در دره‌های شهری مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده است که آلودگی در دره های عمیق بیش‌تر است (۱).

عوامل متعددی می‌توانند در پراکنش آلودگی در سطح شهرها تاثیر بگذارند، از جمله آنها بدنه های شهری و درختان هستند که با کم یا زیاد شدن سرعت باد و تغییرجهت آن در دره شهری باعث تغییر در پراکنش آلودگی در خیابان ها می شوند (۲).

همان‌گونه که ذکر گردید درختان یکی از عوامل کاهش سرعت باد درمعابر هستند. از این رو اثرات آیرودینامیکی پوشش گیاهی در دره های شهری در مدل سازی های مختلف درتونل باد مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۲). هم‌چنین با برداشت میدانی در نمونه های واقعی نیزتاثیر پوشش گیاهی بر پراکنش آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است (۴).

در تحقیقاتی نسبت ابعاد دره‌های شهری و جهت باد در دره های شهری مورد بررسی قرار گرفته است و نشان داده شده است در معابری که موازی جهت باد هستند ، میزان آلودگی کاهش می یابد (۵).

بدیهی است که تاثیر پوشش گیاهی در دره‌های شهری در زمان پراکنش آآلودگی منفی ذکر شده است، زیرا سرعت باد را کاهش می‌دهد و پوشش درختان باعث به دام افتادن آلودگی می‌شود. قابل ذکر است که تاثیرات پوشش گیاهی بر میزان کیفیت هوا متناسب با سطح ترافیک در دره‌های شهری تغییر می‌کند (۷، ۶، ۵).

در جدید ترین پژوهش انجام شده در این زمینه که در کشور بلژیک انجام شده است میزان آلودگی در سطوح شهر در زمان حضور درختان از ۱/۴ تا ۸ درصد افزایش می‌یابد (۸).

بروس (۹) چگونگی اجرای مدل پراکنش گازها یا ذرات و رسوب یا ته‌نشینی آن‌ها (PDDM) در محیط نرم افزار ENVI-MET را شرح داد. این محقق در پژوهش بعدی ظرفیت فیلترینگ ذرات معلق PM10 (ذرات معلق با قطر ۱۰ میلی‌متر) را از طریق پوشش گیاهی شهری، با روش‌های عددی بررسی نموده و بیان می‌کند با استفاده از Envi-met می‌توان تاثیر خالص پوشش گیاهی بر توزیع غلظت محلی ذرات را به دست آورد (۱۰). هم‌چنین بروس جهت درک پراکندگی آلودگی در خیابان‌ها ، پارامتر های مرتبط با ترافیک در سراسر یک خیابان غیر همگن در نیکوزیای قبرس را مطالعه نمود. که نتایج آن بیان کرد میزان آلودگی در سطح زمین تا حدی وابسته به هندسه خیابان ، شرایط محلی و وضعیت خطوط ترافیکی بوده است (۱۱).

مایکل بروس درسال ۲۰۱۲ تاثیر پارامتر های محیطی شامل سرعت باد در نسبت‌های مختلف دره شهری را بررسی نمود و هم‌چنین دو نوع پوشش گیاهی یعنی درخت و بوته را در میزان آلودگی مورد بررسی قرار داد. در پایان تحقیق خود ذکر کرده است که تاثیر سایر پارامترها (تراکم ساختمان ها،سطح تراکم پوشش گیاهی در دره ها ، قرارگیری مناسب پوشش گیاهی در معابرو...) در موقعیت های گوناگون و شرایط متفاوت نیز باید مورد بررسی قرار گیرد (۱۲).

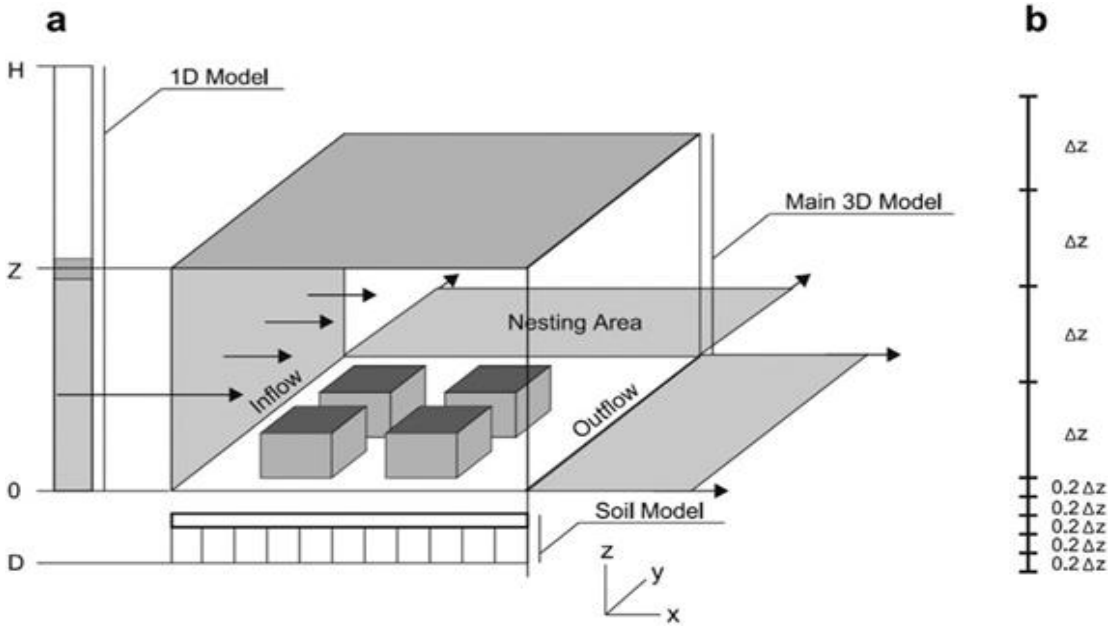
اصفهان به عنوان یکی از کلان شهرهایی که در برخی نواحی به دلیل تراکم جمعیتی و ساختمانی، استقرار صنایع و کارخانه ها در حومه و داخل شهر و تردد گسترده خودروها، میزان انتشار انواع آلاینده‌های گازی و ذرات معلق در آن بسیار زیاد است. این افزایش آلودگی در دره های شهری با عمق زیاد آشکار و نمایان می‌باشد. با توجه به مشاهدات عینی در شهر اصفهان در دره های شهری مرکزشهر و نواحی پرتراکم سطح کیفیت هوا پایین است. تاثیر پارامتر های مختلف از جمله مکان قرارگیری

پوشش گیاهی و هندسه دره‌های شهری بر میزان پراکنش آلودگی در دره های شهری به صورت واضح مشخص نشده است.در راستای هدف مقله که بررسی پارامتر های فوق بر پراکنش آلودگی در دره‌های شهری است،کلان شهر اصفهان که بر طبق آمارهای محیط زیست در مناطق مختلف دچار آلودگی شدید است، انتخاب گردیده است.

روش تحقیق

جهت فرآیند محاسبه میزان آلودگی، از نرم افزار شبیه سازی ENVI-MET3.1 BETA Vاستفاده شده است. Envi-met یک مدل محلی با مقیاس کوچک است. این مدل بر اساس قوانین ترمودینامیک و سیالات استوار است. در آن طبق رویکرد Eulerian در محاسبه جرم و جا به جایی و تکانه استفاده می‌شود. نرم افزار Envi-Met یکی از نرم افزارهای قدرت‌مند در زمینه محاسبه تاثیر پارامترهای مختلف خصوصا پوشش گیاهی و شرایط فیزیکی شهر بر کیفیت هوا می‌باشد. این نرم افزار می‌تواند شرایط فیزیکی و هندسه شهری و تاثیرات پوشش گیاهی بر آلودگی در شرایط اقلیمی همان منطقه را مشاهده نماید. این نرم افزار با دارا بودن قابلیت شبیه سازی گیاهان و هوا و سطوح، برای بررسی خرده اقلیم در فضای سه بعدی کاربرد دارد. دقت این نرم افزار از ۰/۵ متر تا ۱۰ متر و بر حسب زمانی در فواصل زمانی ۱۰ ثانیه یک بار است (۱۳). این نرم افزار قادر است تاثیرات پوشش گیاهی و سایر عوامل موثر در دمای شهر و آلودگی را نشان دهد (۱۳).

شکل (۱) مروری شماتیک از طرح مدل ENVI-MET را نشان می دهد (۱۲). مدل سه بعدی در داخل یک مدل ENVI-MET است که در داخل یک مدل 1D محصور شده است که شرایط مرزی یا سرحدی را ایجاد می‌کند (۱۲). این مدل 1D فرآیندهای جوی را تا ۲۵۰۰ متر ارتفاع شبیه سازی می‌کند. مدل سه بعدی دارای سلول های شبکه است و اندازه سلول‌ها وابسته به وضوح ورودی فایل می‌باشد. در جهت عمودی، پنج سلول اول (پایین ترین) دارای فرمت عمودی $\Delta z=0.2\Delta z$ برای افزایش دقت و صحت محاسبات فرآیندهای سطح می‌باشند (۱۲).



شکل ۱- مروری شماتیک از طرح مدل ENVI-MET

Figure 1- Schematic overview over the ENVI-met model layout

مفهوم اساسی برای توصیف جریان آشفته سه بعدی توسط معادلات غیر هیدرواستاتیک ناویر استوکس تراکم ناپذیر در قالب تقریب-بوسینسک (۱ تا ۳) داده شده است (۱۲):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u_i \frac{\partial u}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial x} + K_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}\right) + f(v - v_g) - S_u \quad (۱)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u_i \frac{\partial v}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial y} + K_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2}\right) + f\ (v - v_g) - S_v \quad (۲)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u_i \frac{\partial w}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial z} + K_m \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2}\right) + g\frac{\theta(z)}{\theta_{ref(z)}} - S_w \quad (۳)$$

With u_i = (u, υ, w), u_i = (x, y, z) for i=1, 2, 3

از آن جا که جریان در ENVI-MET تراکم ناپذیر است، ρ برای هر پاکت سیال تغییر نمی‌کند و $\frac{D\rho}{Dt} = 0$ بنابراین، معادله پیوستگی به معادله زیرکاهش می یابد (۱۲):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (۴)$$

که در آن ($f(=10^4\ sec^{-1})$ پارامتر کوریولیس، P' اختلال فشار محلی و θ درجه حرارت بالقوه در سطح Z است (۱۲).

دمای مرجع θ_{ref} باید نشان دهنده شرایط مزومقیاس (کوچک‌تر از شرایط سینوپتیک) متوسط است و توسط مدل یک بعدی موازی با مدل اصلی ارایه شده است (۱۲).

اگر چه در این مقاله پوشش گیاهی در مدل شبیه سازی شده نیست، اصطلاحات منبع / سینک محلی S_u ، S_v و S_w توصیف کننده کم شدن سرعت باد به دلیل نیروهای کششی در عناصر پوشش گیاهی است (۱۲).

بررسی کارایی نرم افزار برای محاسبه شرایط خرده اقلیم(بروز رسانی)

برای محاسبه تاثیر پوشش گیاهی بر روی محیط باید از یک سری مدل های محیطی در فضای باز استفاده کرد که تاثیرات آن را به صورت دقیق نشان دهد که نرم افزار Envi met یکی از نرم افزار های قدرتمند در این زمینه است. در این مقاله نیز برای درک بهتر تاثیر پارامترهای مختلف خصوصا پوشش گیاهی بر روی جزیره حرارت شهری و آسایش حرارتی از این نرم افزار استفاده می‌شود. از مدل سازی در نرم افزار مربوطه(Envi-met) در مطالعاتی زیادی برای نشان دادن تاثیر کارکترهای مختلف بر روی محیط استفاده شده است. به طور مثال Ali toudert و mayer در سال ۲۰۰۷ رابطه بین فیزیک شهر و آسایش حرارتی در فضای باز را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که در دره های عمیق شهری و یا در دره‌های موجود با جهت‌گیری شرقی_غربی بیش‌ترین فشار و استرس وجود دارد (۱۵). اما این سوال مطرح می‌شود که آیا جواب‌های داده شده با این نرم افزار قابلیت اتکا دارند یا خیر.

Yong و همکارانش پارامترهای محیطی و شرایط واقعی یک منطقه را با دستگاه اندازه گرفتند و بعد با نتایج مدل‌سازی در نرم افزار Envi-met مقایسه نمودند. در نهایت مشخص شد که مدل‌سازی در نرم افزار مربوطه قابلیت جواب گویی به رفتارهای مختلف حرارتی در سطوح مختلف را دارد و می‌تواند به خوبی تاثیرات پارامترهای مختلف را بر رطوبت و دمای هوا در خرده اقلیم نشان دهد (۱۶).

مراحل و فرضیات مدل

منابع آلودگی

در این تحقیق منبع آلودگی ذرات معلق با قطر ۱۰ میلی متر به عنوان نمونه در نظر گرفته شده است. این منبع آلودگی در ردیف خطی در سراسر معبر مورد استفاده قرار گرفته است.این منبع آلودگی در سطح ۴۰ سانتی متر بالای سطح زمین واقع شده است.میزان سطح آلودگی در منبع مورد نظر mg/(s-۱۱/۳m) در تمام شبیه سازی ها مقدار آن ثابت بوده است.این اطلاعات از ASPA's STREET گرفته شده است که در هنگام صبح و سطح متوسط ترافیک در نظر گرفته شده است (۱۲).

منطقه زمانی و مکانی و اقلیمی در شبیه سازی

در این تحقیق شهر اصفهان به عنوان یک نمونه مطالعاتی برای بررسی وضعیت پراکنش آلودگی بررسی شده است. اطلاعات

اقلیمی شهر اصفهان در تیر ماه در جدول (۱) آمده است (۱۷). زمان شبیه سازی روز ۲۳ تیرماه بوده است. در شکل (۲) می‌توانید تصویر ماهواره‌ای منطقه مورد بررسی را مشاهده کنید.

شکل۲- الف) سمت چپ موقعیت شهر اصفهان در ایران؛ (ب) سمت راست عکس ماهواره‌ای خیابان نظر غربی را نشان می‌دهد.

Figure 2- (a) Left handside is location of Isfahan city in Iran; (b) Right handside is satellite image of west Nazar Street

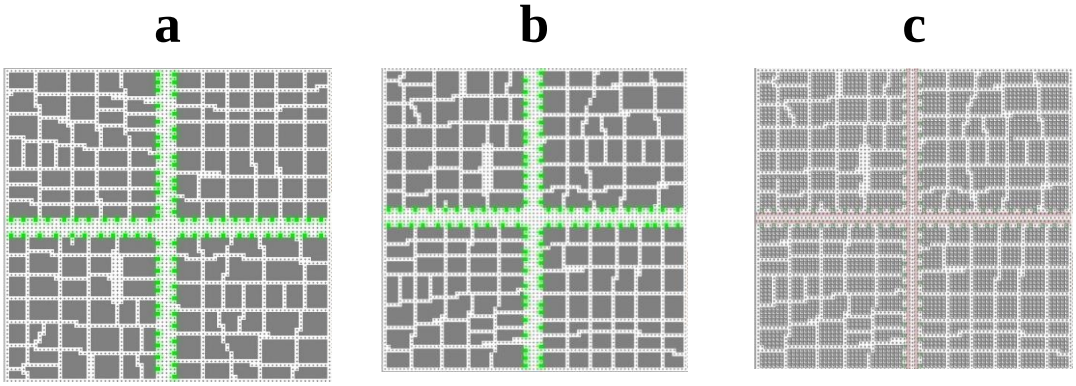
جدول ۱- پارامترهای محیطی تیر ماه شهر اصفهان.

Table 1- Environmental parameters of Isfahan city in tir (Fourth month)

دما		رطوبت		سرعت باد	زاویره غالب جهت باد
حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر		
۱۶ ˚C	۳۶ ˚C	۱۰٪	۳۳٪	۱۰ m/s	۳۵۰

متغیرهای مهم مورد بررسی در شبیه‌سازی

در این تحقیق پارامتر اساسی ارتفاع ساختمان و در پی آن تغییر نسبت ارتفاع به عرض خیابان‌ها مد نظر بوده است که از نسبت ۰/۵ الی ۳ مورد بررسی قرار گرفته است زیرا نسبت دره‌های شهری در شهر اصفهان از ۰/۵ الی ۳، متغیر می‌باشد. سپس در هر یک از نسبت‌های مشخص شده، دو سناریو مجزا که شامل قرارگیری ردیف مرکزی درختان در دره‌شهری و سپس ردیف کناری در جوار بدنه‌ها در دو دره شرقی غربی وشمالی –جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۳) قسمتی از منطقه مورد مطالعه در نرم افزار مدل‌سازی را نشان می‌دهد. در قسمت (a) در حالت اولیه مطابق با شرایط واقعی درختان در ردیف کناری و نزدیک پیاده‌روها قرار دارند. در تصویر (b) جانمایی درختان از ردیف کناری به ردیف مرکزی به عنوان یک بلوار بزرگ تغییر کرده است که هدف بررسی جای‌گیری مناسب درختان در دره‌های شهری بوده است و در تصویر (c) ردیف منبع آلودگی در دره مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل۳- تصویر مدل سازی در سه مرحله مورد نظر، تصویر a ، ردیف کناری درخت در دره شهری، تصویر b ردیف مرکزی درخت و تصویر c ردیف آلودگی در دره شهری را نشان می‌دهد.

Figure 3- Illustration of modeling for (a) trees located in the lateral row of urban canyon, (b) trees located in the center of urban canyon, and (c) row of pollution source in the urban canyon.

تمام مدل سازی‌ها در دوره یک ساعته در روز ۲۳ تیر ماه انجام شده است. مایکل بروس به‌عنوان مبدع نرم افزار Envi-met در یک تحقیق در سال ۲۰۱۲ ذکر می‌کرد که دوره یک ساعته برای فرآیند بررسی آلودگی کافی است (۹). لازم به ذکر است تمرکز این تحقیق عمدتاً بر بحث آلودگی است و عمل‌کرد حرارتی مورد بررسی قرار نگرفته است.

جدول ۲- سناریو شبیه‌سازی‌های انجام شده در این تحقیق.

Table 2- The simulation scenarios used in this study

	مرحله اول جهت باد ۳۵۰ درجه	مرحله دوم جهت باد ۲۳۵ درجه	مرحله ۳ درختان در مرکز معبر با فاصله ۳ متر	مرحله ۴ درختان در کناره های معبر با فاصله ۳ متر	مرحله ۵ درختان در مرکز معبر با فاصله ۶ متر
نسبت ارتفاع به عرض	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
	۱	۱	۱	۱	۱
	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
	۲	۲	۲	۲	۲
	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
	۳	۳	۳	۳	۳

برای سادگی انجام کار یک تقاطع مشابه تقاطع واقعی، چهار راه نظر واقع در شهر اصفهان مدل‌سازی شده که بیش‌ترین شباهت به نمونه واقعی را داراست و زمان شبیه‌سازی‌های مورد نیاز را بطور چشم‌گیری کاهش می‌دهد. تقاطع مورد نظر در ۶ نسبت مختلف دره شهری از ۰/۵ تا ۳ مدل‌سازی شده است. هدف انجام این کار مشاهده میزان تاثیر هندسه دره‌های شهری در دره‌های شرقی-غربی و شمالی-جنوبی بوده است. ابعاد منطقه شبیه‌سازی شده ۲۵۰×۲۵۰ متر است که با شرایط متناظر با آن یعنی چهار راه نظر شهر اصفهان که یک منطقه پر تراکم است، مشابه می‌باشد. فضای ارتفاعی مدل از ۱۵ الی ۴۵ متر متفاوت است. انتخاب این نسبت‌های ارتفاع به عرض بر اساس وضع موجود در اصفهان شبیه سازی شده است. در اصفهان به دلیل شرایط بافت تاریخی اجازه بلند مرتبه‌سازی داده نمی‌شود و عموما دره‌ها بویژه در بافت تاریخی دارای نسبت‌های پایین‌تری هستند. ولی در بعضی نقاط دره‌ها با عمق زیاد و عرض کم دیده می‌شود. به این منظور مینیمم و ماکزیمم نسبت

دره‌ها در اصفهان انتخاب شده و برای درک بهتر این اختلاف به فواصل ۰/۵ واحدی تقسیم گردیده که تغییرات آشکارتر شود. برای دیدن تاثیر پوشش گیاهی در این دره‌ها و اثر آن بر آلودگی از درختان با ارتفاع ۴-۵ متر استفاده شده است که به قطر ۳ متر پوشش دهی دارند. این درختان در دو نوع استقرار، شامل حالت اول به صورت ردیف مرکزی و حالت دوم به صورت ردیف کناری در نظر گرفته شده‌اند. پس از مشخص شدن مکان‌یابی مناسب درختان، فاصله درختان در بهترین حالت در بررسی‌های قبلی، بیش‌تر در نظر گرفته شد تا تاثیر تراکم درختان بر پراکنش آلودگی نیز مشخص شود. قابل ذکر است که در تمام مدل‌سازی‌های مربوطه عرض خیابان ثابت بوده (۱۵ متر) و تغییرات نسبت دره‌ها (ارتفاع /عرض) با افزایش ارتفاع ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. قبل از بررسی و آنالیز میزان تاثیر درختان بر آلودگی، شرایط هندسه دره‌های شهری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این امر واضح است که سرعت باد بر میزان پراکنش آلودگی در دره‌های شهری تاثیر به‌سزایی دارد. در تحقیق حاضر تمام شبیه‌سازی‌ها در یک روز انجام گرفته است. سرعت باد در تمام ساعات آن روز ثابت می‌باشد.

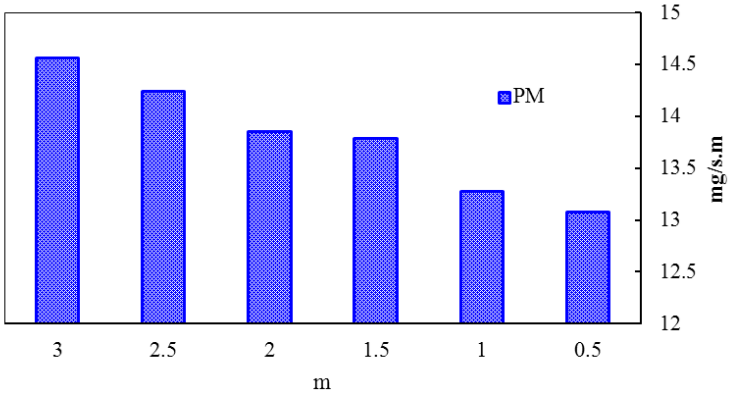
هدف این تحقیق مشاهده تاثیر عمق دره‌های شهری بر میزان سرعت باد و پراکنش آلودگی است. جزییات سناریوهای انجام شده در جدول (۲) خلاصه شده است.

بحث و تجزیه وتحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل متغیر ارتفاع در دره های شهری

نسبت ارتفاع به عرض به شدت بر میزان آلودگی در سطح دره‌های شهری تاثیر می‌گذارد. زمانی که نسبت ارتفاع به عرض افزایش می‌یابد و به عبارتی دیگر دره‌ها عمیق‌تر می‌شوند میزان چرخش هوا در دره‌ها کم‌تر شده و حرکت باد به سمت خارج کندتر می‌شود. این امر باعث می‌شود که تهویه در دره‌ها صورت نگیرد و آلودگی در دره‌ها باقی بماند.

همان‌طور که در شکل (۴) مشخص است، در شرایط یکسان پارامترهای محیطی و نوع منبع آلودگی (مرحله اول سناریو) با زیاد شدن عمق دره‌های شهری، سطح آلودگی زیاد شده است و کم‌ترین میزان آلودگی در دره با نسبت ارتفاع به عرض ۰/۵ برابر با ۱۳/۰۷۳ mg/(s-m) و بیش‌ترین میزان در دره‌های با عمق ۳ برابر با ۱۴/۵۶ mg/(s-m) است.

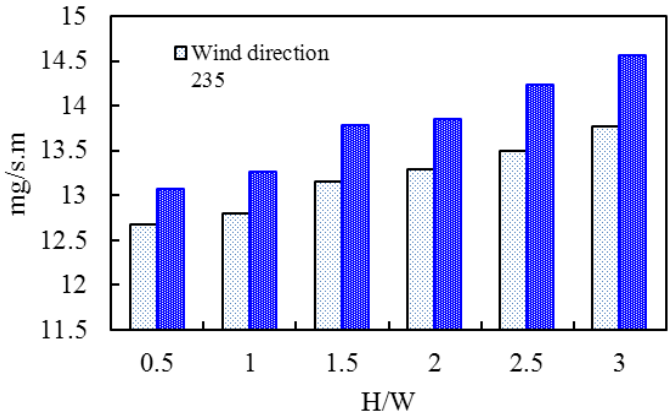


شکل۴- میزان تغییر در پراکنش آلودگی (ذرات ریز معلق) در دره های با عمق متفاوت.

Figure 4- The rate of change of pollution dispersion in the canyons with different depths.

برای بررسی تاثیر جهت گیری باد در پراکنش آلودگی در دره‌های شهری با عمق متفاوت دو جهت گیری در نظر گرفته شده است. در جهت‌گیری اولیه، باد در زاویه ۳۵۰ درجه که بر یک دره عمود و با دیگری موازی است جریان دارد و در جهت‌گیری دوم ۲۳۵ درجه به صورت مورب در نظر گرفته شده است. در شکل (۵) پراکنش آلودگی را در محور X-Y و باد در جهت‌گیری‌های ۲۳۵ و ۳۵۰ درجه می‌توان مشاهده کرد. نتایج حاصل شده نشان می‌دهد جریان مورب به تهویه بهتر در دره‌های شرقی غربی و شمالی جنوبی کمک می‌کند. همان گونه که در شکل (۵) مشاهده می گردد، زمانی که جریان در یک

خیابان موازی است و بر خیابان دیگری عمود است، میزان پراکنش آلودگی در خیابانی که جهت باد در آن موافق یا مخالف است کاملا متفاوت می‌باشد. در خیابان موازی جهت باد، میزان کاهش آلودگی آشکار است و این امر به دلیل تهویه بهتر ایجاد شده است، در صورتی که در خیابان عمود بر آن میزان سطح آلودگی بسیار بالا می‌باشد.



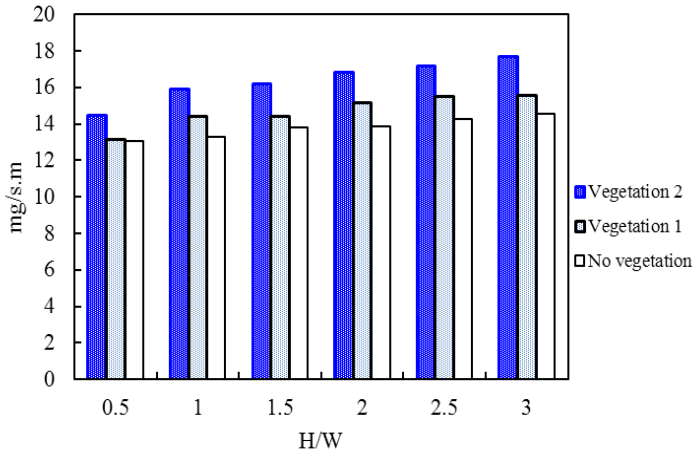
شکل ۵- میزان تغییر پراکنش آلودگی (ذرات ریز معلق) در جهت گیری های باد در حالت اول با زاویه ۳۵۰ درجه در حالت دوم با زاویه ۲۳۵ درجه نسبت به دره های شهری

Figure 5- The rate of change of pollution dispersion at wind directions of 350 and 235 to the canyon.

بررسی نقش پوشش گیاهی در دره های شهری

با توجه به این نتایج، در دره‌های عمیق باید مبلمان شهری و پوشش گیاهی و بدنه‌ها به صورتی باشند که سرعت هوا را به میزان کم‌تری کاهش دهند و در صورت امکان به حرکت مناسب هوا در دره‌ها کمک کند. یکی از عناصر مهم در خیابان‌ها و دره‌ها درختان‌اند که در نوع، تراکم و استقرار متفاوت قرار می‌گیرند. مکان قرارگیری درختان در دره شهری در دو حالت خط کناری مسیر عابر پیاده و خط مرکزی (بلوار وسط خیابان) انتخاب شده است. در مقایسه میان این دو مورد همان‌طور که در شکل (۵) قابل مشاهده است وجود پوشش گیاهی و خصوصا درختان باعث افزایش سطح آلودگی می‌شود، زیرا آلودگی در تاج درختان اسیر می‌شود و هم‌چنین درختان به عنوان موانع طبیعی سرعت باد را کاهش می‌دهند، در نتیجه آلودگی در سطح شهر باقی می‌ماند.

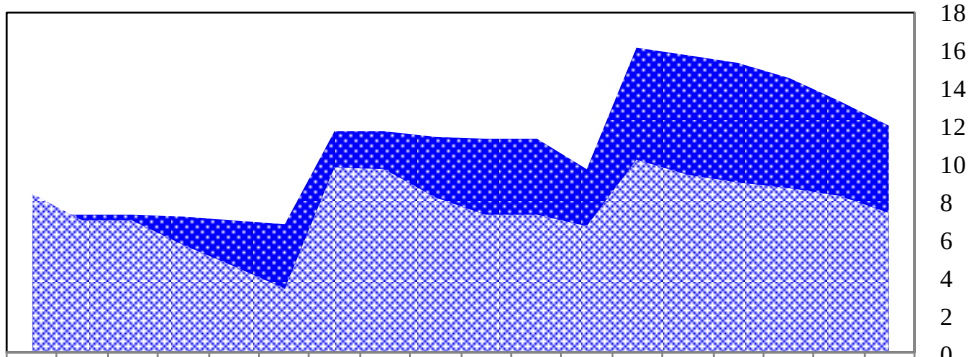
در مقایسه دو مدل درخت‌کاری در دره‌های شهری زمانی که درختان در ردیف مرکزی قرار دارند نسبت به ردیف کناری عمل‌کرد بهتری در سطح آلودگی خواهند داشت. شکل (۶) نشان دهنده این موارد است. همانطور که در شکل ۶ پیداست، در مقطع افقی صفحه X-Y در دره‌های با نسبت ارتفاع به عرض ۰/۵ الی ۳ در سه حالت بدون درخت، درختان در ردیف مرکزی (نوع۱) و درختان در ردیف کناری (نوع۲) مقایسه شده‌اند. سطح آلودگی در وضعیت بدون درخت نسبت به حالت همراه درخت سطح آلودگی کم‌تر دارد. این اختلاف در حدود ۵ درصد است که به دلیل سرعت بیش‌تر باد در محیط بدون درخت اتفاق می‌افتد. از طرفی مشاهده می‌شود که سطح آلودگی (ذرات ریز معلق) زمانی که درختان در ردیف مرکزی قرار دارند کم‌تر است و این امر ممکن است به دلیل ایجاد دو ردیف حرکت هوا در دره‌های شهری و کاهش کمتر جریان هوا باشد. زمانی که درختان در ردیف کنار مجاور با بدنه‌های شهری قرار دارد، شکسته شدن باد توسط درختان و برخورد آن‌ها با بدنه شهری سرعت باد را بیش‌تر کاهش می‌دهد و در نتیجه تهویه کم‌تری اتفاق می‌افتد.



شکل ۶- مقایسه میان سطح آلودگی در سه حالت بدون درخت، درخت در ردیف مرکزی درختان (۱) و درختان در ردیف کناری (۲)

Figure 6- A comparison between the pollution level in the case of without tree, with trees in the centeral row (1), with trees in the lateral row (2)

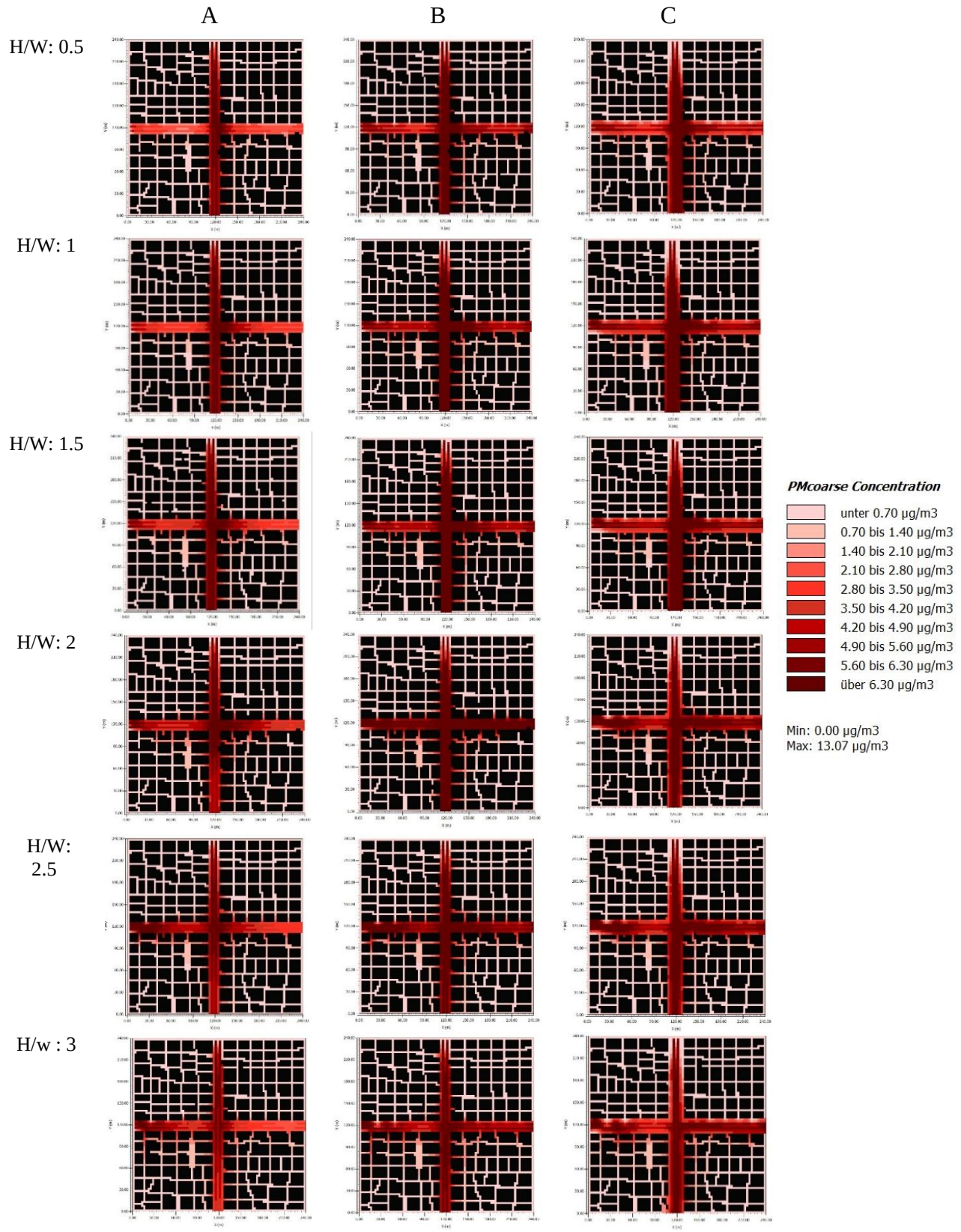
برای مقایسه میان سطح آلودگی در دره‌های شمالی و جنوبی با دره‌های شرقی غربی در چهار راه مدل شده در شکل (۷) دو مقطع در جهت X-Z و Y-Z از خروجی‌ها گرفته شده است. در کلیه شبیه‌سازی‌های انجام شده، سطح آلودگی در جهت شمالی جنوبی بیش‌تر از دره شرقی غربی است که این امر صرفا به دلیل جهت‌گیری باد اتفاق افتاده است، زیرا در تیر ماه در اصفهان جهت باد به صورت معمول ۳۵۰ درجه است که موازی با دره‌های شرقی- غربی است و به این دلیل تهویه در دره‌های شمالی-جنوبی بسیار کم‌تر صورت می‌گیرد و باعث افزایش آلودگی در این دره‌ها شده است. در شکل (۷) میزان پراکنش آلودگی را بهتر می‌توان مشاهده نمود و تفاوت آلودگی در دره‌های با جهت‌گیری شمالی-جنوبی و شرقی-غربی قابل مشاهده است.



	C3	C2/5	C2	C1/5	C1	C0/5	B3	B2/5	B2	B1/5	B1	B0/5	A3	A2/5	A2	A1/5	A1	A0/5
PM.10 X-Z	7.28	7.27	7.27	7.17	7.03	6.79	11.7	11.7	11.4	11.3	11.3	9.68	16.2	15.7	15.3	14.5	13.3	12
PM.10 Y-Z	8.44	7.04	6.98	5.73	4.59	3.37	9.81	9.67	8.21	7.32	7.33	6.67	10.2	9.44	9.02	8.71	8.28	7.36

شکل ۷- پراکنش آلودگی در مقطع X-Z و Z-Y ، حالت A بیان‌گر عدم وجود درخت، حالت B درخت در ردیف مرکزی، حالت C درختان در ردیف کناری و اعداد بیان‌گر نسبت عرض به ارتفاع معبر است.

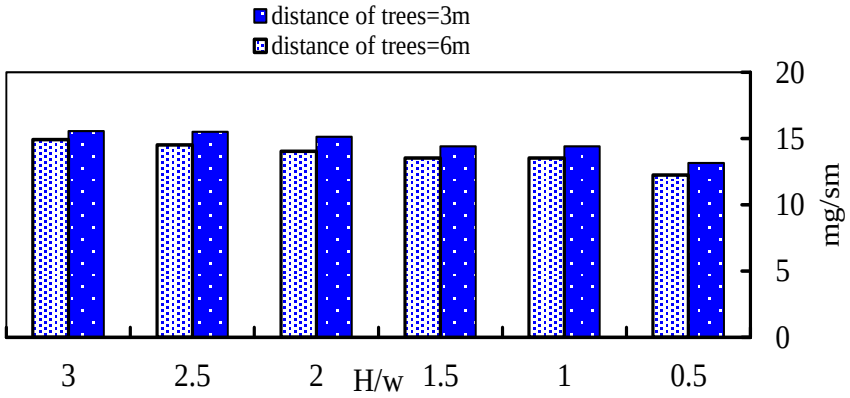
Figure 7- Pollution dispersion in XZ and ZY-planes, in which A, B and C show the results for the cases without tree, with trees in the centeral row, and with trees in the lateral row, respectively at various H/W.



شکل ۸- پراکنش آلودی در مقطع X-Y در سطح چهار راه، حالت A بیان‌گر عدم وجود درخت، حالت B درخت در ردیف مرکزی و حالت C درختان در ردیف کناری.

Figure 8. Pollution dispersion in XY-plane, in which A, B and C show the results for the cases without tree, with trees in the centeral row, and with trees in the lateral row, respectively

همان‌طور کـه در نتـایج بـالا مشـاهده شـد در ردیـف مرکـزی درختان نسبت به ردیـف کنـاری عمـل‌کرد بهتـری دارنـد ولـی هم‌چنان سطح آلودگی در مقایسه با مواردی که درخـت وجـود ندارد بالاتر است. این امر را می‌توان با تعبیه فاصله مناسب بـین درختان تا حدودی حل کرد و سطح آلـودگی را کـاهش داد .در راستای این امر فاصله بین درختان ردیف مرکزی از ۳ متر به ۶ متر افزایش یافته است. همان‌طور که شکل (۹) نشان می دهـد، زمانی که فاصله درختان بیش‌تر شده است، تهویه بهتر صـورت می‌گیرد و سطح آلودگی کاهش می‌یابد.



شکل ۹- پراکنش آلودگی در دره های شهری در حالت A فاصله ۳ متری درختان از هم در ردیف مرکزی، حالت B فاصله ۶ متری درختان از هم در ردیف مرکزی.

Figure 9- Pollution dispersion in urban canyon for (A) the tree distance of 3 m in the centeral row, (B) the tree distance of 6 m in the centeral row.

نتیجه گیری

در این مقاله جهت بررسی تاثیر شرایط هندسی دره‌های شهری و تاثیر گذاری آن بر پراکنش آلودگی از مدل سه بعدی Envi-met استفاده شده است. بعـد از بررسـی تـاثیر جهـت‌گیری و نسبت ارتفاع به عرض دره‌های شهری، باد و جهت‌گیری آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است . نتایج حاصل نشان می دهند کـه باد مهم‌تـرین عامـل در تغییـرات سـطوح آلـودگی در دره‌هـای شهری است. از طرفی چون پوشـش گیـاهی از جملـه درختـان باعث کاهش سرعت باد در دره‌های شـهری می‌شـود، لـذا ایـن حالات در طی ۳۰ مدل شبیه‌سازی مـورد بررسـی قـرار گرفتـه است. به طورکلی نتایج حاصل را می‌توان به صورت زیر خلاصـه نمود:

-در دره های با عمق کم‌تر نسبت به ارتفاع آن تهویه هـوا بهتـر صورت می‌گیرد و گردش باد در دره باعث می‌شود درصد زیادی از آلودگی به بیرون رفته و از سطح آلودگی کاسته شود. هرچـه عمق دره‌ها کم‌تر باشد، سطح آلودگی نیز کاهش می‌یابد.

-جهت باد زمانی که با دره شـهری مـوازی اسـت، تـاثیر بسـیار مثبتی دارد و در دره عمود بـر آن آلـودگی سـطح بـالایی پیـدا می‌کند. برای تاثیر گذاری بیش‌تر باد بهتر است که چهار راه‌هـا طوری ساخته شود که باد به صورت مورب در آن بوزد تا در هـر دو دره‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی سطح آلودگی کاهش یابد.

- زمانی که درختان در ردیف مرکزی در دره‌هـای شـهری قـرار می‌گیرند وضعیت بهتری ایجاد شده و سرعت باد کاهش کم‌تری دارد در نتیجه تهویه هوا بهتر صورت می‌گیرد و سـطح آلـودگی کاهش می‌یابد.

- درختان که در ردیف مرکزی قرار دارند در حالتی که فاصله‌ای ۲ برابر تاج درختـان دارنـد موجـب عبـور بـاد مـابین درختـان می‌شوند و آلودگی به دام افتاده از زیر تـاج درختـان را جابـه‌جا می‌کنند. هـم چنـین در ایـن حالـت سـطح آلـودگی در دره‌هـا

کاهش می یابد. بنابراین هرچـه فاصـله درختـان بیش‌تـر باشـد سطح آلودگی ۵ الی ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

Reference

1. Di Sabatino, S., Buccolieri, R., Pulvirenti, B., Britter, R.E., 2008. Flow and pollutant dispersion in street canyons using FLUENT and ADMS-Urban. Environ Model Assess, Vol. 13, pp. 369-381.
2. Vos, P.E.J., Maiheu, B., Vankerkom, J., Janssen, S., 2013. Improving local air quality in cities: to tree or not to tree? Environ Pollut, Vol. 183, pp. 113-122.
3. Thomas, A.M., Pugh, A., MacKenzie, R., Whyatt, J.D., Hewitt, C.N., 2012. Effectivenessof green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. Environ Sci Technol, Vol. 46, pp. 7692-7699.
4. Buccolieri, R., Salim, S.M., Leo, L.S., Di Sabatino, S., Chan, A., Ielpo, P., 2011. Analysis of local scale tree-atmosphere interaction on pollutant concentration in idealize street canyons and application to a real urban junction. Atmos Environ, Vol. 45, pp. 1702-1713.
5. Wannia, A., Bruse, M., Blond, N.,Weber, C., 2012. Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using micro scale simulations. J Environ Manag, Vol. 94, pp. 91-101.
6. Li, J., Zhan, J., Li, Y.S., Wai, W.H.O., 2013. CO2 absorption/emission and aerodynamic effects of trees on the concentrations in a street canyon in Guangzhou. China Environ Pollut, Vol. 177, pp. 4-12.
7. Salmond, J.A., Williams, D.E., Laing, G., Kingham, S., Dirks, K., Longley, I.,Henshaw, G.S., 2013. The influence of vegetation on the horizontal and vertical distribution of pollutants in a street canyon. Sci Total Environ, Vol. 443, pp. 287-298.
8. Vranckx, S., Vos, P., Maiheu, B., Janssen, S., 2015. Impact of trees on pollutant dispersion in street canyons: A numerical study of the annual average effects in Antwerp, Belgium. Sci Total Environ, Vol. 532, pp. 474–483
9. Bruse, M., 2007. ENVI-met implementation of the gas/ particle dispersion and deposition model PDDM. www.Envi-met.com.
10. Bruse, M., 2007. Particle Filtering Capacity of Urban Vegetation: a microscale numerical approach. Environmental Modelling group,INST. Geography.university of Mainz, 1-6.
11. Karra, S., Malki-Esphtein, L., Neophyton, M., 2011. The Dispersion of Traffic Related Pollutants Across a non Hemogeneous Street Canyin. Environ Sci, Vol. 4, pp. 25-34 .
12. Wania, A., Bruse, M., Blond,N., Weber,C.H., 2012. Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. J Environ Manage, Vol. 94, pp. 91-101
13. Perini, K., Magliocco, A., 2014. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort, Urban For Urban Gree, Vol. 13, pp. 495–506.
14. Bruse, M. Simulating microscale climate interactions in complex terrain with a high resolution numerical model: a case study for the Sydney CBD area. in Proceedings of International Conference on Urban

Climatology & International Congress of Biometeorology, Sydney, Australia. 1999

15. Lin, T. P. (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. Build Environ, Vol. 44, pp. 2017-2026
16. Yang, X., Zhao, L., Bruse, M., Meng, Q., 2013. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. Build Environ, Vol. 60, pp. 93-104
17. Isfahan's Meteorological Organization. (In Persian)