

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 پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۹/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: پوشش گیاهی که عموماً در طراحی شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد، تاثیر به‌سزایی بر کیفیت هوای معابر دارد. از این رو برنامه ریزان باید از میزان و چگونگی تاثیر درختان و پوشش گیاهی آگاه باشند. اصفهان یکی از کلان‌شهرهای 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، جهت‌گیری باد.

۱- دانشجویار مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. *مسئول مکاتبات

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

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

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

در جدیدترین 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 پراکنش آلودگی در خیابان‌ها، پارامترهای 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 در سال ۲۰۱۲ تاثیر پارامترهای 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 ساختمان‌ها، سطح تراکم پوشش گیاهی در دره‌ها، قرارگیری مناسب پوشش گیاهی در معابر...) در موقعیت‌های گوناگون و شرایط متفاوت نیز باید مورد بررسی قرار گیرد (۱۲).

اصفهان به عنوان یکی از کلان‌شهرهایی که در برخی نواحی به دلیل تراکم جمعیتی و ساختمانی، استقرار صنایع و کارخانه‌ها 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 دره‌های شهری با عمق زیاد آشکار و نمایان می‌باشد. با توجه به مشاهدات عینی در شهر اصفهان در دره‌های شهری مرکز شهر و نواحی پرتراکم سطح کیفیت هوا پایین است. تاثیر پارامترهای مختلف از جمله مکان قرارگیری

آلودگی هوا با تغییر در کمیت و کیفیت گازهای جو ایجاد می‌شود (۱). این پدیده ناشی از افزایش سوخت‌های سنگواره‌ای 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 قبلاً 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 دره‌های عمیق بیش‌تر است (۱).

عوامل متعددی می‌توانند در پراکنش آلودگی در سطح شهرها تاثیر بگذارند، از جمله آنها بدنه‌های شهری و درختان هستند که با کم یا زیاد شدن سرعت باد و تغییر جهت آن در دره شهری باعث تغییر در پراکنش آلودگی در خیابان‌ها می‌شوند (۲).

همان‌گونه که ذکر گردید درختان یکی از عوامل کاهش سرعت باد در معابر هستند. از این رو اثرات آیرودینامیکی پوشش گیاهی در دره‌های شهری در مدل‌سازی‌های مختلف در تونل باد مورد بررسی قرار گرفته است (۳، ۲). هم‌چنین با برداشت میدانی در نمونه‌های واقعی نیز تاثیر پوشش گیاهی بر پراکنش آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است (۴).

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

بدیهی است که تاثیر پوشش گیاهی در دره‌های شهری در زمان پراکنش آلودگی 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).

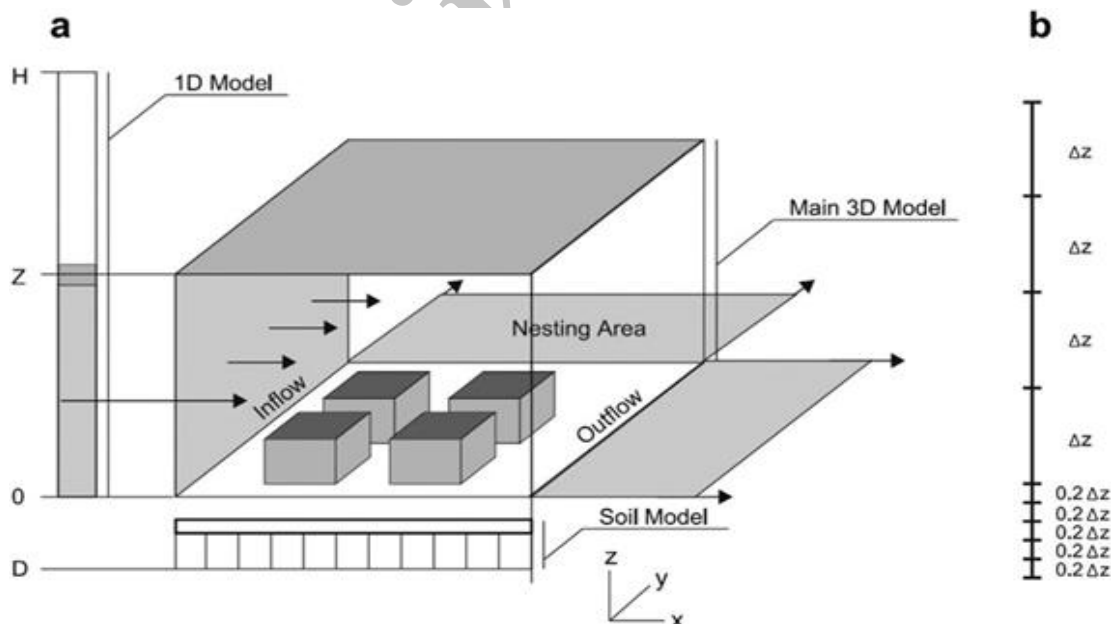
مشاهده نماید. این نرم افزار با دارا بودن قابلیت شبیه سازی گیاهان و هوا و سطوح، برای بررسی خرده اقلیم در فضای سه بعدی کاربرد دارد. دقت این نرم افزار از ۰/۵ متر تا ۱۰ متر و بر حسب زمانی در فواصل زمانی ۱۰ ثانیه یک بار است (۱۳). این نرم افزار قادر است تاثیرات پوشش گیاهی و سایر عوامل موثر در دمای شهر و آلودگی 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 می کند (۱۲). این مدل 1D فرآیندهای جوی را تا ۲۵۰۰ متر ارتفاع شبیه سازی می کند. مدل سه بعدی دارای سلول های شبکه است و اندازه سلول ها وابسته به وضوح ورودی فایل می باشد. 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 می باشند (۱۲).

پوشش گیاهی و هندسه دره های 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 دره های 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-MET 3.1 BETA V استفاده 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 می شود. 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 می باشد. این نرم افزار می تواند شرایط فیزیکی و هندسه شهری و تاثیرات پوشش گیاهی بر آلودگی در شرایط اقلیمی همان منطقه را



شکل ۱- مروری شماتیک از طرح مدل ENVI-MET

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

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 کارکرتهای 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 $mg/(s \cdot m)$ 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

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):

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u_i \frac{\partial u}{\partial x_i} = - \frac{\partial p'}{\partial x} + K_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} \right) + f(v - v_g) - S_u \quad (1)$$

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

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u_i \frac{\partial w}{\partial x_i} = - \frac{\partial p'}{\partial z} + K_m \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2} \right) + g \frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)} - S_w \quad (3)$$

With $u_i = (u, v, w)$, $u_i = (x, y, z)$ 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 زیر کاهش می‌یابد (۱۲):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4)$$

که در آن $f (=10^4 \text{ sec}^{-1})$ 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

اقليمی شهر اصفهان در تير ماه در جدول (۱) آمده است (۱۷).
 زمان شبیه سازی روز ۲۳ تيرماه بوده است. در شکل (۲)



شکل ۲- 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.

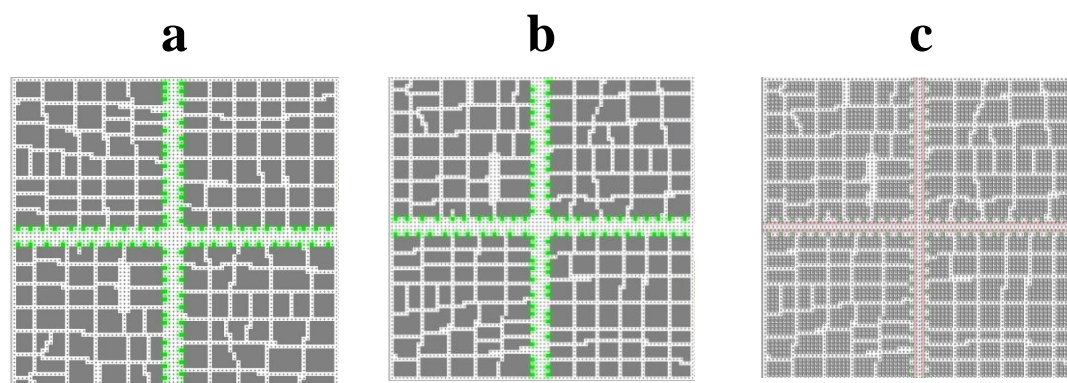
Table 1- Environmental parameters of Isfahan city in tir (Fourth month)

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

متغیرهای مهم مورد بررسی در شبیه‌سازی

قسمتی از منطقه مورد مطالعه در نرم افزار مدل سازی 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.

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 و شمالی-جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۳)



شکل ۳- 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.

برای فرآیند بررسی آلودگی کافی است (۹). لازم به ذکر است تمرکز این تحقیق عمدتاً بر بحث آلودگی است و عمل کرد حرارتی مورد بررسی قرار نگرفته است.

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

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	

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 عموماً دره‌ها بویژه در بافت تاریخی دارای نسبت‌های پایین تری هستند. ولی در بعضی نقاط دره‌ها با عمق زیاد و عرض کم دیده می‌شود. به این منظور مینی‌م و ماکزیم نسبت

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

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.

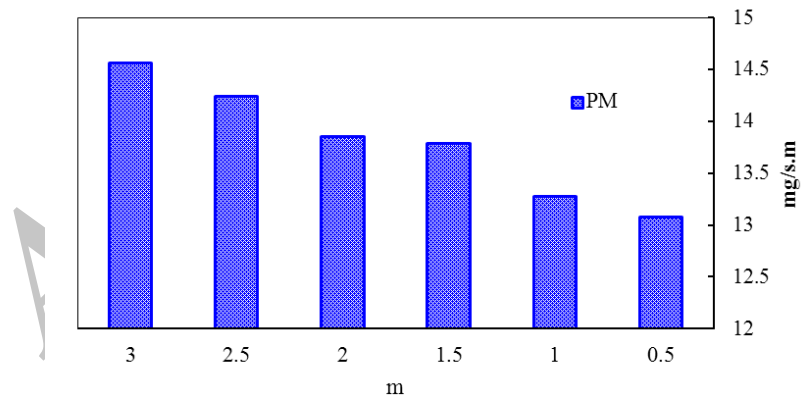
بحث و تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل متغیر ارتفاع 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 عمیق تر 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 $13/073 \text{ mg}/(\text{s-m})$ و بیش‌ترین میزان در دره‌های با عمق ۳ برابر با $14/56 \text{ mg}/(\text{s-m})$ است.

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.



شکل ۴- میزان تغییر در پراکنش آلودگی (ذرات ریز معلق) در دره های با عمق متفاوت.

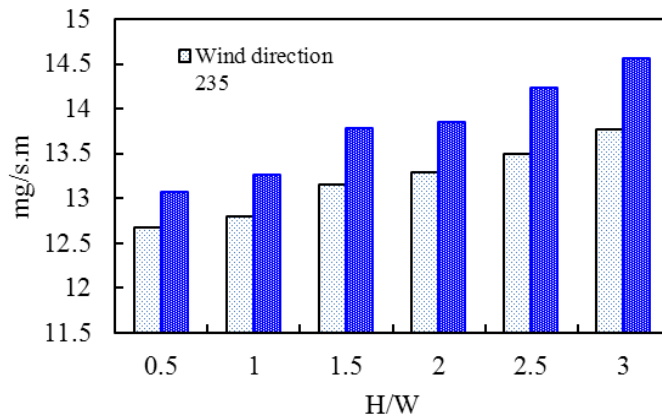
Figure 4- The rate of change of pollution dispersion in the canyons with different depths.

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. همان‌گونه که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد، زمانی که جریان در یک

برای بررسی تاثیر جهت‌گیری باد در پراکنش آلودگی در دره‌های شهری با عمق متفاوت دو جهت‌گیری 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

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.

خیابان موازی است و بر خیابان دیگری عمود است، میزان پراکنش آلودگی در خیابانی که جهت باد در آن موافق یا مخالف است کاملاً متفاوت می‌باشد. در خیابان موازی جهت باد، میزان



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

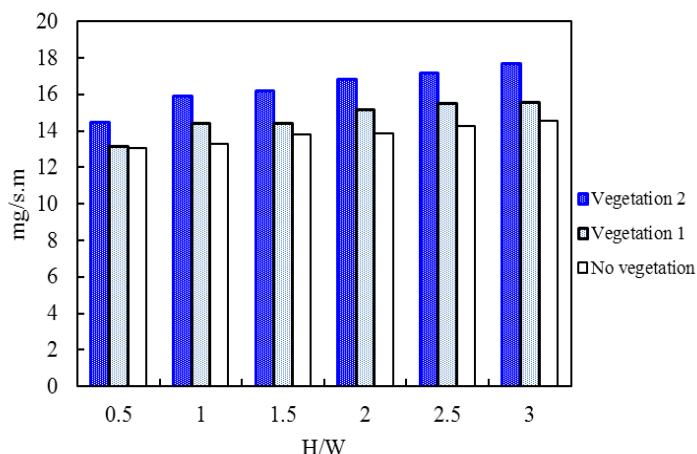
Figure 5- The rate of change of pollution dispersion at wind directions of 350 and 235 to the canyon.

عمل کرد 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 (نوع ۱) و درختان در ردیف کناری (نوع ۲) 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.

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 کنند. 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

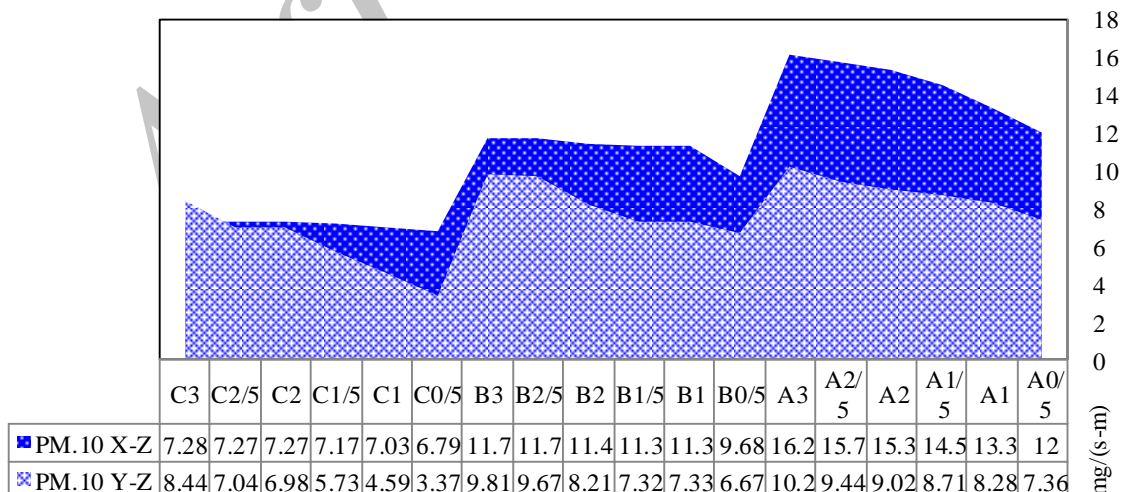


شکل ۶- مقایسه میان سطح آلودگی در سه حالت بدون درخت، درخت در ردیف مرکزی درختان (۱) و درختان در ردیف کناری (۲)

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

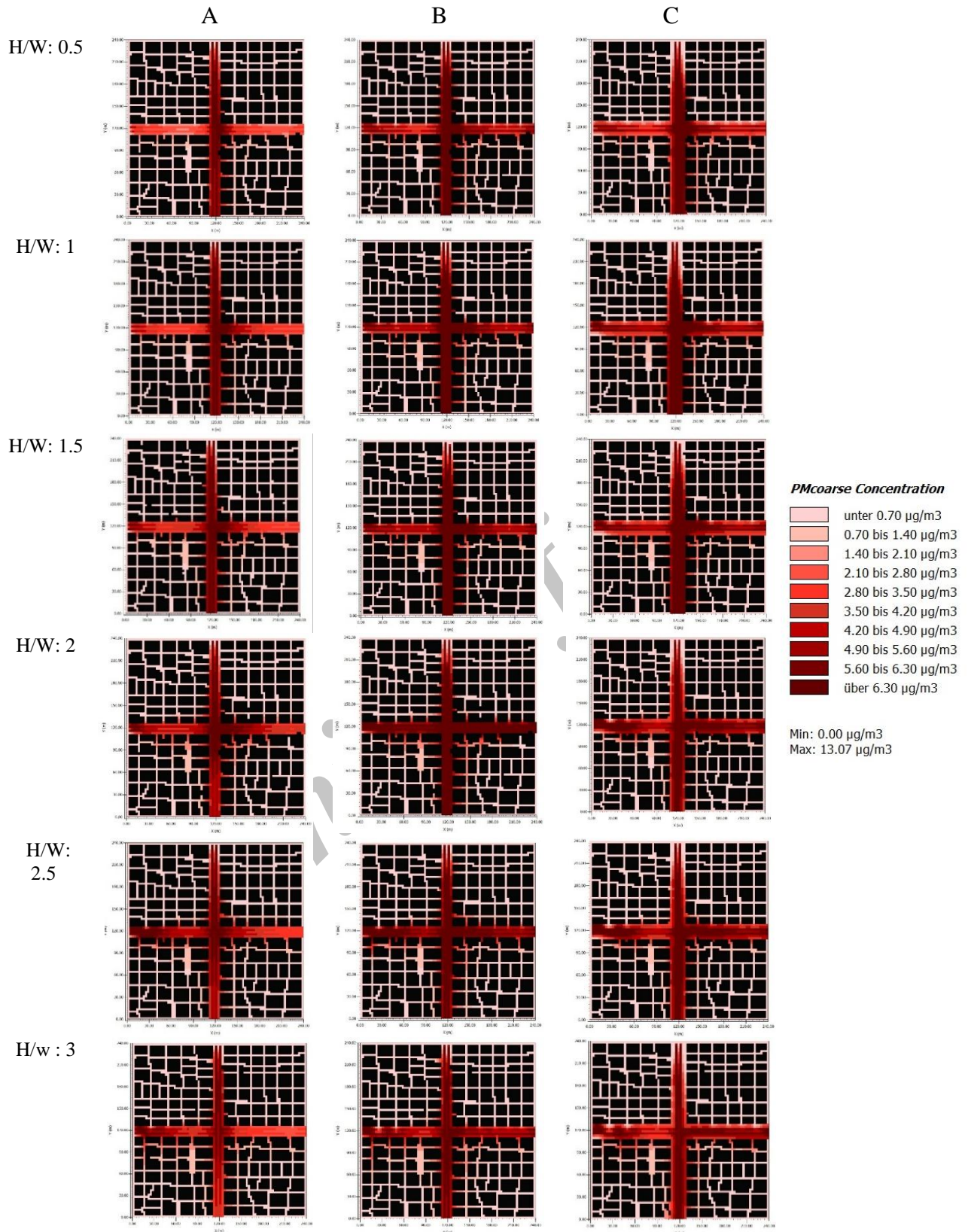
با دره‌های شرقی- غربی است و به این دلیل تهویه در دره‌های شمالی- جنوبی بسیار کم‌تر صورت می‌گیرد و باعث افزایش آلودگی در این دره‌ها شده است. در شکل (۷) میزان پراکنش آلودگی را بهتر می‌توان مشاهده نمود و تفاوت آلودگی در دره‌های با جهت‌گیری شمالی- جنوبی و شرقی- غربی قابل مشاهده است.

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 صرفاً به دلیل جهت‌گیری باد اتفاق افتاده است، زیرا در تیر ماه در اصفهان جهت باد به صورت معمول ۳۵۰ درجه است که موازی



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 central row, and with trees in the lateral row, respectively at various H/W.

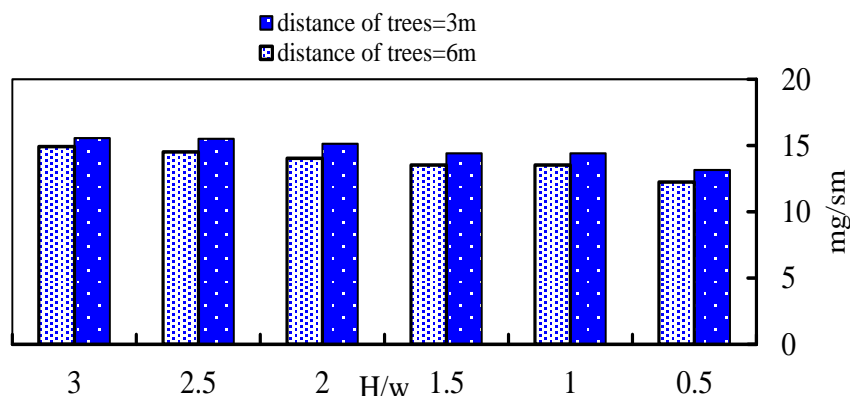


شکل ۸- پراکنش آلودگی در مقطع X-Y در سطح چهار راه، حالت A بیان‌گر عدم وجود درخت، حالت B درخت در ردیف مرکزی و حالت C درختان در ردیف کناری.

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 central row, and with trees in the lateral row, respectively

راستای این امر فاصله بین درختان ردیف مرکزی از ۳ متر به ۶ متر افزایش یافته است. همان‌طور که شکل (۹) نشان می‌دهد، زمانی که فاصله درختان بیش‌تر شده است، تهویه بهتر صورت می‌گیرد و سطح آلودگی کاهش می‌یابد.

همان‌طور که در نتایج بالا مشاهده شد در ردیف مرکزی درختان نسبت به ردیف کناری عمل‌کرد بهتری دارند ولی هم‌چنان سطح آلودگی در مقایسه با مواردی که درخت وجود ندارد بالاتر است. این امر را می‌توان با تعبیه فاصله مناسب بین درختان تا حدودی حل کرد و سطح آلودگی را کاهش داد.



شکل ۹- پراکنش آلودگی در دره‌های 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 central row, (B) the tree distance of 6 m in the central row.

نتیجه‌گیری

جهت باد زمانی که با دره شهری موازی است، تاثیر بسیار مثبتی دارد و در دره عمود بر آن آلودگی سطح بالایی پیدا می‌کند. برای تاثیر گذاری بیش‌تر باد بهتر است که چهار راه‌ها طوری ساخته شود که باد به صورت مورب در آن بوزد تا در هر دو دره‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی سطح آلودگی کاهش یابد.

زمانی که درختان در ردیف مرکزی در دره‌های شهری قرار می‌گیرند وضعیت بهتری ایجاد شده و سرعت باد کاهش کم‌تری دارد در نتیجه تهویه هوا بهتر صورت می‌گیرد و سطح آلودگی کاهش می‌یابد.

درختان که در ردیف مرکزی قرار دارند در حالتی که فاصله‌ای ۲ برابر تاج درختان دارند موجب عبور باد مابین درختان می‌شوند و آلودگی به دام افتاده از زیر تاج درختان را جابه‌جا می‌کنند. هم‌چنین در این حالت سطح آلودگی در دره‌ها

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. بعد از بررسی تاثیر جهت‌گیری و نسبت ارتفاع به عرض دره‌های شهری، باد و جهت‌گیری آن نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل نشان می‌دهند که باد مهم‌ترین عامل در تغییرات سطوح آلودگی در دره‌های شهری است. از طرفی چون پوشش گیاهی از جمله درختان باعث کاهش سرعت باد در دره‌های شهری می‌شود، لذا این حالات در طی ۳۰ مدل شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است. به طور کلی نتایج حاصل را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

در دره‌های با عمق کم‌تر نسبت به ارتفاع آن تهویه هوا بهتر صورت می‌گیرد و گردش باد در دره باعث می‌شود درصد زیادی از آلودگی به بیرون رفته و از سطح آلودگی کاسته شود. هرچه عمق دره‌ها کم‌تر باشد، سطح آلودگی نیز کاهش می‌یابد.

- 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 Homogeneous Street Canyon. *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*
- کاهش می یابد. بنابراین هرچه فاصله درختان بیش تر باشد سطح آلودگی ۵ الی ۱۰ درصد کاهش می یابد.

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. Effectiveness of 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

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) *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

Archive of SID