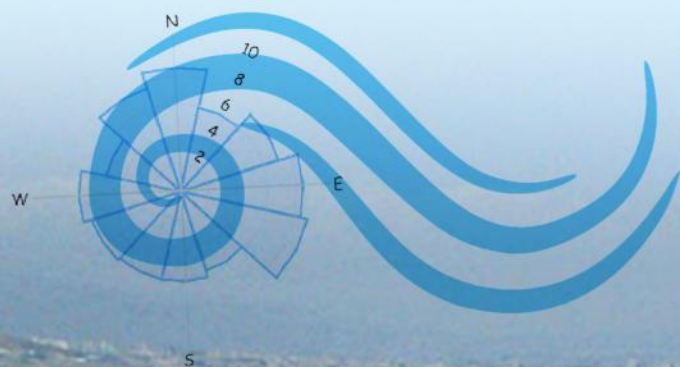


بررسی تاثیر بلندمرتبه سازی در منطقه ۲۲ بر میدان باد شهر تهران



معاونت حمل و
نقل و ترافیک
شهرداری تهران



شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران







شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران

شناسنامه گزارش

تعداد جلد	۱
کد گزارش	MF98/EI/01 (U)/01
عنوان گزارش	بررسی تأثیر بلند مرتبه‌سازی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر میدان باد منطقه و شهر تهران
نویسندگان	مهدی بابایی، حسین شهبازی
مدیریت اجرایی	حسین شهبازی
نظارت علمی	حسین‌رضا شهیدزاده، وحید حسینی
تهیه‌کننده	شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران
ذکر مطالب گزارش حاضر بدون مجوز از شرکت کنترل کیفیت هوا و با ذکر مرجع به‌صورت زیر بلامانع است.	
نحوه ارجاع	مهدی بابایی، حسین شهبازی، حسین‌رضا شهیدزاده، وحید حسینی، "بررسی تأثیر بلند مرتبه‌سازی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر میدان باد منطقه و شهر تهران"، گزارش فنی شرکت کنترل کیفیت هوا، شماره MF98/EI/01 (U)/01، سال ۱۳۹۸
ویرایش	اول

صفحه

فهرست مطالب

خلاصه مدیریتی.....	۶
۱ فصل اول.....	۹
۱.۱ مقدمه.....	۱۰
۱.۲ مدل سازی کیفیت هوا.....	۱۱
۱.۳ مدل سازی ریاضی آلودگی هوا.....	۱۲
۱.۴ مدل سازی عددی با استفاده از روش CFD.....	۱۳
۱.۵ معرفی ابزار استفاده شده در این پژوهش (نرم افزار FLUIDYN-PANACHE).....	۱۴
۱.۵.۱ پیش پردازش.....	۱۷
۱.۵.۲ شبیه سازی عددی.....	۱۷
۱.۵.۳ پس پردازش.....	۱۷
۱.۶ معرفی مسئله.....	۱۸
۲ فصل دوم.....	۲۰
۲.۱ مقدمه.....	۲۱
۲.۲ موقعیت مکانی و عوارض موجود در منطقه.....	۲۱
۲.۳ اطلاعات هواشناسی.....	۲۵
۲.۴ اجرای مدل عددی.....	۳۲
۳ فصل سوم.....	۳۵
۳.۱ مقدمه.....	۳۶
۳.۲ بررسی میدان باد سطحی و تعیین بیشترین تأثیر برج ها بر سرعت باد منطقه.....	۳۷
۳.۲.۱ بررسی تأثیرگذارترین سناریوی تابستانی.....	۳۷
۳.۲.۲ بررسی تأثیرگذارترین سناریوی زمستانی.....	۴۱
۳.۳ بررسی نتایج میدان سرعت.....	۴۶
۳.۳.۱ نتایج مربوط به ساعت ۱۶ تابستانی.....	۴۶
۳.۳.۲ نتایج مربوط به ساعت ۲۰ زمستانی.....	۶۱
۳.۴ جمع بندی و نتیجه گیری.....	۷۴
منابع و مراجع.....	۷۷

صفحه

فهرست شکل ها

- شکل ۱.۱ چرخه مدیریت کیفیت هوا..... ۱۱
- شکل ۱.۲ شماتیک نحوه پخش آلاینده ها در مقیاس محدوده های شهری و تاثیر آن بر مناطق اطراف..... ۱۲
- شکل ۱.۳ نمای کلی از نرم افزار PANAIR..... ۱۶
- شکل ۲.۱ موقعیت منطقه ۲۲ نسبت به سایر مناطق شهر تهران..... ۲۲
- شکل ۲.۲ محدوده انتخابی به منظور انجام مدل سازی ریزمقیاس کیفیت هوا در منطقه ۲۲ شهرداری تهران..... ۲۳
- شکل ۲.۳ توپوگرافی محدوده شبیه سازی شامل منطقه ۲۲ شهرداری تهران و محدوده اطراف آن..... ۲۴
- شکل ۲.۴ عوارض موجود در منطقه ۲۲ شهرداری تهران..... ۲۴
- شکل ۲.۵ تغییرات ساعتی دمای میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی..... ۲۶
- شکل ۲.۶ تغییرات ساعتی فشار میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی..... ۲۷
- شکل ۲.۷ تغییرات ساعتی رطوبت نسبی میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی..... ۲۷
- شکل ۸.۲ الگوی باد غالب ساعتی در طی یک ماه از تابستان و زمستان..... ۲۸
- شکل ۲.۹ گلباد ساعتی شهر تهران در یک ماه از تابستان در ساعات مختلف شبانه روز..... ۲۹
- شکل ۲.۱۰ گلباد ساعتی شهر تهران در یک ماه از زمستان در ساعات مختلف شبانه روز..... ۳۰
- شکل ۲.۱۱ گلباد تابستانی، زمستانی و سالانه شهر تهران در سال ۱۳۹۶..... ۳۱
- شکل ۲.۱۲ فرایند حل عددی در حلگر نرم افزار PANACHE..... ۳۳
- شکل ۲.۱۳ هندسه نهایی جهت شبیه سازی میدان سرعت در منطقه ۲۲ شهرداری تهران..... ۳۴
- شکل ۲.۱۴ شبکه تولید شده جهت انجام حل عددی..... ۳۴
- شکل ۳.۱ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۴ تابستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۳۸
- شکل ۳.۲ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۸ تابستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۳۹
- شکل ۳.۳ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۶ تابستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۰
- شکل ۳.۴ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۴ زمستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۲
- شکل ۳.۵ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۲ زمستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۳
- شکل ۳.۶ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۶ زمستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۴
- شکل ۳.۷ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۰ زمستانی در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۵
- شکل ۳.۸ محدوده انتخاب شده جهت نمایش بردار سرعت (منحنی مشکی) و مقطع عمودی جهت رسم توزیع عمودی سرعت باد نسبت به سطح زمین (خط زرد)..... ۴۷

- شکل ۳.۹ توزیع جهت باد در دامنه شبیه سازی در سطح زمین در ساعت ۱۶ تابستانی و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۸
- شکل ۳.۱۰ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در راستای جریان باد برای ساعت ۱۶ تابستانی و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۴۹
- شکل ۳.۱۱ مسیرهای منتخب جهت رسم نمودارهای سرعت باد سطحی..... ۵۰
- شکل ۳.۱۲ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۵۱
- شکل ۳.۱۳ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۵۲
- شکل ۳.۱۴ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۵۳
- شکل ۳.۱۵ اختلاف سرعت در امتداد قائم برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۵۴
- شکل ۳.۱۶ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در موقعیت ساختمان D و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۵۵
- شکل ۳.۱۷ نمودار سرعت باد در امتداد خط bc و در فاصله الف) ۱۰۰ متر، ب) ۲۰۰ متر، و ج) ۳۰۰ متری از برج A..... ۵۸
- شکل ۳.۱۸ نمودار سرعت باد در شرق منطقه ۲۲ در امتداد مسیر d-e..... ۶۰
- شکل ۳.۱۹ محدوده انتخاب شده جهت نمایش بردار سرعت (منحنی مشکی) و مقطع عمودی جهت رسم توزیع عمودی سرعت باد نسبت به سطح زمین (خط زرد)..... ۶۲
- شکل ۳.۲۰ توزیع جهت باد در دامنه شبیه سازی در سطح زمین در ساعت ۲۰ زمستانی و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۶۳
- شکل ۳.۲۱ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در راستای جریان باد برای ساعت ۲۰ زمستانی و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۶۴
- شکل ۳.۲۲ مسیرهای منتخب جهت رسم نمودارهای سرعت باد سطحی..... ۶۵
- شکل ۳.۲۳ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۶۶
- شکل ۳.۲۴ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۶۷
- شکل ۳.۲۵ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۶۸
- شکل ۳.۲۶ اختلاف سرعت در امتداد قائم برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D..... ۶۹
- شکل ۳.۲۷ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در موقعیت ساختمان D و در دو حالت الف) وجود برجها و ب) عدم وجود برجها..... ۷۰
- شکل ۳.۲۸ نمودار سرعت باد در امتداد خط bc و در فاصله الف) ۱۰۰ متر، ب) ۲۰۰ متر، و ج) ۳۰۰ متری از برج A..... ۷۲
- شکل ۳.۲۹ نمودار سرعت باد در شرق منطقه ۲۲ در امتداد مسیر d-e..... ۷۴



صفحه

فهرست جدول ها

جدول ۳.۱	ساعاتهای منتخب بهمنظور انجام شبیه سازی میدانهای هواشناسی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران.	۳۷
جدول ۳.۲	مقایسه کمی تأثیر برجها بر میدان سرعت عمودی در منطقه ۲۲.....	۵۶
جدول ۳.۳	متوسط و بیشینه اختلاف سرعت میان دو سناریوی با و بدون وجود برجها در طول مسیر b-c به تفکیک فاصله از برج A.....	۵۹
جدول ۳.۴	مقایسه کمی تأثیر برجها بر میدان سرعت عمودی در منطقه ۲۲.....	۶۹
جدول ۳.۵	متوسط و بیشینه اختلاف سرعت میان دو سناریوی با و بدون وجود برجها در طول مسیر b-c به تفکیک فاصله از برج A.....	۷۳

خلاصه مدیریتی

با توجه به افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش فعالیت های اقتصادی و صنعتی و گسترش زیرساخت های حمل و نقلی، لزوم توجه به محیط زیست و بررسی اثرات زیست محیطی طرح ها پیش از اجرای آن ها ضروری بوده و بایستی اثرات سوء آن ها بر سلامت شهروندان و همچنین محیط زیست اطراف مورد بررسی قرار گیرد.

منطقه ۲۲ شهرداری تهران جدیدترین منطقه شهری تهران است که در شمال غرب آن واقع شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به منطقه ۵ شهرداری تهران، از غرب به محدوده وردآورد شمالی و از جنوب به آزادراه تهران-کرج محدود شده و از نظر مساحت، بزرگ ترین منطقه تهران محسوب می شود. با توجه به اینکه این منطقه در طرح تفصیلی تهران به عنوان قطب گردشگری تهران مطرح شده است، پروژه های مسکونی، تجاری و تفریحی زیادی در آن احداث شده که از آن جمله برج های مرتفع این منطقه است.

در گزارش حاضر با استفاده از روش مدل سازی هواشناسی و کیفیت هوا به بررسی میدان باد در منطقه ۲۲ شهرداری تهران و در اپیزودهای مختلف تابستانی و زمستانی پرداخته شده است تا تعیین گردد وجود و یا عدم وجود ساختمان های مرتفع در منطقه ۲۲ شهرداری تهران چه تأثیری بر میدان باد در این منطقه و در نتیجه کل شهر تهران خواهد داشت.

با توجه به بنای این برج ها در سال های اخیر و ایجاد پرسش هایی در ذهن تحلیل گران، مبنی بر تأثیرات احداث برج ها بر توزیع آلاینده ها در کلان شهر تهران می بایست برای بررسی این موضوع از روش مدل سازی کیفیت هوا و مدل های ریزمقیاس در شبیه سازی پخش آلاینده ها استفاده شود تا میزان و الگوی پخش میدان جریان باد در اطراف آن به خوبی تعیین شود. به همین دلیل در این پژوهش، به منظور مدل سازی توزیع میدان سرعت باد در مقیاس میکرو و در منطقه ۲۲ شهرداری تهران از ماژول PANAIR مربوط به نرم افزار تجاری محاسبه پخش آلاینده ها به نام PANACHE که توسط شرکت Fluidyn و بر پایه دینامیک سیالات محاسباتی توسعه داده شده، استفاده شده است.

برای این منظور، پس از شناسایی عوارض موجود در محدوده مورد بررسی، اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، توپوگرافی و مناطق مسکونی وارد نرم افزار شده است. اطلاعات اولیه هواشناسی نیز از دیگر

ورودی های مورد نیاز شبیه سازی بوده که مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد برای مقداردهی اولیه مدل مورد استفاده قرار گرفته است.

پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز و وارد نمودن آن در نرم افزار، به منظور مدل سازی میدان های هواشناسی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران، دو اپیزود زمانی در دو فصل تابستان و زمستان در نظر گرفته شده و الگوی توزیع سرعت باد در این دو فصل و با در نظر گرفتن کلاس های مختلف پایداری مورد بررسی قرار گرفته است. در این دو بازه زمانی میدان باد منطقه ۲۲ شهرداری تهران، در دو سناریو، با و بدون در نظر گرفتن برج ها در منطقه، محاسبه شد.

نتایج نشان می دهد تاثیر وجود برج ها در میدان سرعت باد منطقه وابسته به پارامترهای مختلفی از جمله سرعت و جهت باد در بالادست جریان، ابعاد و ارتفاع برج ها، موقعیت قرارگیری و فاصله برج ها نسبت به یکدیگر بوده و بیشترین تاثیر در محدوده اطراف هر مجموعه از برج ها می باشد که به تدریج با افزایش فاصله نسبت به آن ها در پایین دست جریان باد کاهش می یابد.

با بررسی میانگین سرعت باد سطحی اپیزود تابستانی در مسیرهای افقی در پایین دست برج ها مشاهده می شود که در فاصله ۱۰۰ متری پایین دست برج ها اختلاف سرعت میانگین بین دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۵۸ متر بر ثانیه است که در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج ها این مقدار به ۰/۴۱ متر بر ثانیه می رسد.

علاوه بر آن، با در نظر گرفتن یک مسیر فرضی در امتداد جنوب به شمال، در شرق منطقه ۲۲ که بیانگر مسیر باد ورودی به شهر تهران می باشد، میانگین سرعت باد سطحی اپیزود تابستانی در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها مورد بررسی قرار گرفت. میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها به ترتیب برابر با ۷/۶۱ و ۷/۶۵ متر بر ثانیه می باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۰۴ متر بر ثانیه است.

در اپیزود زمستانی نتایج مشابه مربوط به میانگین سرعت باد سطحی در فاصله ۱۰۰ متری پایین دست برج ها نشان می دهد اختلاف سرعت میانگین بین دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۲۰ متر بر ثانیه است که در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج ها این مقدار به ۰/۱۵ متر بر ثانیه می رسد.



همچنین، در امتداد مسیر فرضی در نظر گرفته شده در شرق منطقه در راستای جنوب به شمال نیز، میانگین سرعت باد سطحی اپیزود زمستانی در دو سناریوی وجود و عدم وجود برجها مورد بررسی قرار گرفت. میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برجها به ترتیب برابر با ۳/۴۹ و ۳/۵۳ متر بر ثانیه می باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برجها در حدود ۰/۰۴ متر بر ثانیه بدست آمد.

بنابراین نتایج به دست آمده از حل عددی در دو اپیزود زمستانی و تابستانی نشان دهنده این واقعیت است که وجود برجها در منطقه ۲۲ شهرداری تهران تنها در محدوده اطراف برجها تأثیرگذاری اندکی داشته و با فاصله گرفتن از برجها این تأثیرگذاری ناچیز شده و به صفر می رسد.



۱ فصل اول

مقدمه و معرفی ابزار مدل سازی

۱.۱ مقدمه

مسئله آلودگی هوا به عنوان یکی از معضلات اصلی در سال های اخیر گریبان شهر تهران و شهروندان را گرفته است. اثرات زیان بار این معضل بر سلامت شهروندان از یک طرف و هزینه های اقتصادی ناشی از آن از طرف دیگر سبب شده است تا مسئله آلودگی هوا یکی از مهم ترین چالش های شهر تهران باشد.

اجرای سیستم مدیریت کیفیت هوا در هر منطقه ای که با چالش آلودگی هوا مواجه است، به منظور کنترل و کاهش این معضل امری ضروری محسوب می گردد. پایش و اندازه گیری اولین گام در سیستم مدیریت کیفیت هوا بوده و علاوه بر سنجش میزان غلظت آلاینده های موجود در هوا، شناخت جامعی در خصوص مسئله آلودگی هوای آن منطقه ارائه می دهد. پس از کسب اطلاعات لازم در خصوص وضعیت کیفیت هوا در منطقه مورد مطالعه، دومین گام شناسایی عوامل مؤثر در تولید و انتشار آلودگی هوا در منطقه، یا منابع آلاینده، می باشد که به مجموعه ای منظم از این گونه اطلاعات گردآوری شده، سیاهه انتشار^۱ گفته می شود. اما سومین گام در سیستم مدیریت کیفیت هوا، مدل سازی کیفیت هوا به منظور دستیابی به تصویری روشن از نحوه پخش و پراکنش آلاینده ها در منطقه مورد بررسی می باشد.

در شکل ۱.۱ چرخه مدیریت کیفیت هوا و اجزای مختلف آن نمایش داده شده است. مدل سازی کیفیت هوا به عنوان سومین گام در این سیستم، اهمیت بالایی در تعیین الگوی پخش و پراکنش آلاینده ها و ارزیابی سناریوها و راه کارهای کاهش آلودگی هوا دارد.

در سال های اخیر، ساخت و سازهای انجام گرفته در شهر تهران به سمت ساختمان های با ارتفاع بلند رفته است. در همین راستا منطقه ۲۲ شهرداری تهران به عنوان یک منطقه با بافت ساختمانی جدید، از مجموعه ای از برج های مرتفع تشکیل شده است. اما با توجه به وقوع پایداری جوی و شدت آلودگی هوا در فصول سرد سال و با توجه به اینکه مهم ترین عامل تهویه آلودگی هوا در شهر تهران، میدان باد مؤثر می باشد که آلودگی را از شهر خارج می کند، این نگرانی در سال های اخیر ایجاد شده است که بلند مرتبه سازی های انجام گرفته در سمت غرب تهران و در منطقه ۲۲ شهرداری تهران مانعی بر شکل گیری جریان باد مؤثر و تهویه آلودگی هوا در شهر تهران شود.

^۱ Emission Inventory

به همین جهت، در گزارش حاضر با استفاده از روش مدل سازی هواشناسی و کیفیت هوا به بررسی میدان باد در منطقه ۲۲ شهرداری تهران و در اپیزودهای مختلف تابستانی و زمستانی پرداخته شده است تا تعیین گردد وجود و یا عدم وجود ساختمان های مرتفع در منطقه ۲۲ شهرداری تهران چه تأثیری بر میدان باد در این منطقه و در نتیجه کل شهر تهران خواهد داشت.



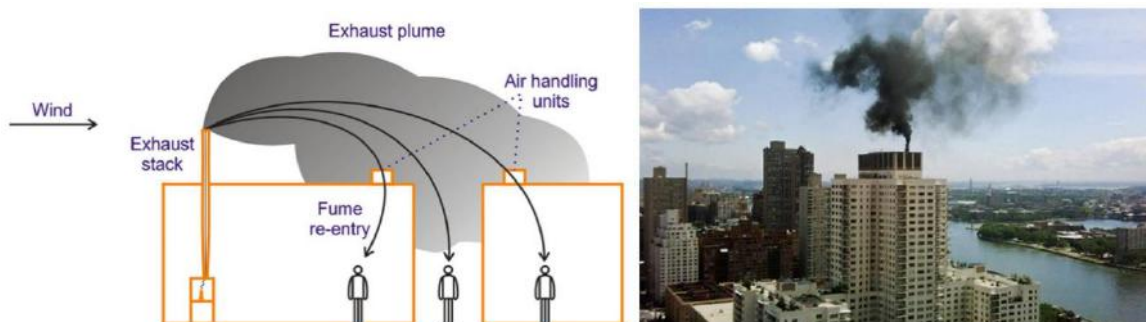
شکل ۱.۱ چرخه مدیریت کیفیت هوا

۱.۲ مدل سازی کیفیت هوا

به منظور اطلاع از نحوه پخش و پراکنش آلاینده ها در جو و تعیین غلظت آلاینده ها عموماً از دو روش اندازه گیری میدانی و یا مدل سازی هواشناسی و کیفیت هوا استفاده می شود. اندازه گیری میدانی در مقایسه با مدل سازی کیفیت هوا دقیق تر بوده اما محدودیت هایی نیز دارد. اولاً اندازه گیری میدانی تنها تصویری از شرایط واقعی در اختیار قرار می دهد و امکان بررسی راه کارهای کاهش آلودگی هوا با استفاده از این روش قابل انجام نمی باشد. از طرفی با توجه به هزینه های زیاد اندازه گیری میدانی، سنجش کیفیت هوا تنها در نقاطی محدود قابل انجام است و لذا امکان استخراج توزیع پیوسته از کمیت های مختلف در منطقه نخواهد بود. اما با استفاده از مدل سازی کیفیت هوا می توان توزیع پیوسته ای از پارامترهای هواشناسی و کیفیت هوا در زمان و مکان به دست آورد و از طرفی امکان بررسی اثر بخشی راه کارهای مختلف فراهم می شود. بنابراین در اختیار داشتن ابزاری جهت مدل سازی پخش آلاینده ها در جو و بررسی

تأثیر پارامترهای طبیعی و انسانی مؤثر بر پخش آلاینده‌ها و در نهایت اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی کارآمد، ضروری به نظر می‌رسد [۱].

با استفاده از مدل‌سازی آلودگی هوا می‌توان راه‌کارهای مختلف را قبل از اجرای آن‌ها و پرداخت هزینه‌های سنگین آزمایش نمود و تأثیر پارامترهای مختلف در میزان غلظت و توزیع آلاینده‌ها را مورد بررسی قرار داد و از آن‌ها در مدیریت آلودگی هوا استفاده کرد. شبیه‌سازی آلودگی هوا عموماً در سه مقیاس کوچک^۱، میانی^۲ و بزرگ^۳ انجام می‌شود که در این میان، شبیه‌سازی در مقیاس میکرو و در مقیاس محدوده‌های شهری، با توجه به اینکه امکان بررسی تغییرات در کیفیت هوا در مقیاس‌های کوچک را در اختیار قرار می‌دهد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (شکل ۱.۲). از دیگر مزایای مدل‌سازی آلودگی هوا در مقیاس میکرو و با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی (CFD^۴)، قابلیت شبیه‌سازی هندسه‌های پیچیده است. در مدل‌سازی ریزمقیاس می‌توان عوارض و هندسه‌های جزئی، از جمله ساختمان‌ها، را نیز در نظر گرفت و تأثیر آن‌ها بر نحوه توزیع میدان سرعت و الگوی پخش آلاینده‌ها را مورد بررسی قرار داد.



شکل ۱.۲ شماتیک نحوه پخش آلاینده‌ها در مقیاس محدوده‌های شهری و تأثیر آن بر مناطق اطراف

۱.۳ مدل‌سازی ریاضی آلودگی هوا

به‌منظور محاسبه نحوه پخش آلاینده‌ها در جو ابتدا بایستی میدان هواشناسی در منطقه شبیه‌سازی شود. به دلیل پیچیدگی مسئله آلودگی هوا، مدل‌های جامعی طراحی شده است. این مدل‌ها شامل مدل‌های

-
- 1 Micro Scale
 - 2 Meso Scale
 - 3 Macro Scale
 - 4 Computational Fluid Dynamics

آلودگی هوا و مدل های پیش بینی وضع هوا هستند. به این ترتیب که خروجی مدل های عددی پیش بینی وضع هوا، ورودی مدل های کیفیت هوا به حساب می آیند.

با استفاده از مدل های آلودگی هوا، می توان نحوه ی انتشار آلاینده ها در هوا را پیش بینی نموده و بدین ترتیب میزان تمرکز آلاینده ها در فواصل و جهات مختلف نسبت به منابع انتشار را تخمین زد. هنگام انتخاب یک مدل، بایستی به ورودی های مورد نیاز آن مانند نوع آلاینده های ساطع شده، پیچیدگی ساختاری منبع و شرایط مکانی مجتمع صنعتی توجه نمود. برای مثال مدل سازی فرآیند انتقال و پراکندگی آلاینده های هوا از یک منبع نقطه ای، به اطلاعات ویژه ای در مورد منبع انتشار آلاینده از قبیل موارد ذیل نیاز است:

- موقعیت مکانی نقطه انتشار (طول و عرض جغرافیایی)
- نوع و مقدار آلاینده های خروجی
- شرایط فیزیکی منبع آلاینده مانند ارتفاع آن
- عوامل هواشناسی نظیر سرعت باد، دما، فشار هوای منطقه

۱.۴ مدل سازی عددی با استفاده از روش CFD

دینامیک سیالات محاسباتی^۱ یکی از زمینه هایی است که علم مکانیک را به علوم رایانه و توانمندی های نوین محاسباتی آن در نیمه ی دوم قرن بیستم و در سده ی جدید میلادی وصل می کند. دینامیک سیالات محاسباتی علم پیش بینی الگوی جریان سیال، انتقال حرارت، انتقال جرم، واکنش های شیمیایی و پدیده های وابسته به آن براساس حل معادلات ریاضی که بیانگر قوانین فیزیکی حاکم می باشد، با استفاده از یک فرآیند عددی است.

در شبیه سازی هایی که در مقیاس میکرو انجام می شود، وجود یک مدل جهت تخمین دقیق اغتشاشات و تأثیر موانع مختلف موجود در سطح زمین، که اثر مستقیم بر روی شکل لایه مرزی و پروفیل سرعت و دما و در نتیجه نحوه پخش آلاینده ها دارد، امری ضروری است. اکثر مدل های موجود در زمینه محاسبه پخش آلاینده ها، بر مبنای روش گوسی توسعه یافته و به منظور اعمال موانع و تعیین تأثیر پارامترهای مختلف تأثیر گذار بر مشخصات لایه مرزی، از روابط نیمه تجربی و فرض های ساده کننده زیادی استفاده می کنند.

¹ Computational Fluid Dynamic

به همین جهت، مدل های توسعه یافته بر مبنای دینامیک سیالات محاسباتی، کمک زیادی در راستای درک توزیع جریان و پراکنش آلاینده ها با دقت و جزئیات بالاتر می کند.

۱.۵ معرفی ابزار استفاده شده در این پژوهش (نرم افزار FLUIDYN-PANACHE)

در این پژوهش، به منظور مدل سازی توزیع میدان سرعت در مقیاس میکرو و در منطقه ۲۲ شهرداری تهران از ماژول PANAIR مربوط به نرم افزار تجاری محاسبه پخش آلاینده ها به نام PANACHE که توسط شرکت Fluidyn و بر پایه دینامیک سیالات محاسباتی توسعه داده شده، استفاده شده است.

نرم افزار تجاری *fluidyn-PANACHE* با بهره گیری از ابزارهای مختلفی که دارد، قابلیت های متنوعی در تحلیل کیفیت هوا داشته و از زیرمجموعه های مختلفی تشکیل شده است که هر یک، کاربرد خاصی در زمینه مدل سازی آلودگی هوا دارند. مدل PANACHE یک مدل سه بعدی دینامیک سیالات محاسباتی با روش حل حجم محدود است. این مدل برای نواحی با عوارض سطحی ساده و پیچیده به کار می رود. مدل سازی پخش ذرات معلق در این مدل براساس هر دو رویکرد اویلری و لاگرانژی قابل انجام است. همچنین قابلیت تعریف منابع انتشار به صورت نقطه ای، خطی، سطحی، حجمی، و دودکش در این نرم افزار تعبیه شده است و امکان تعریف ترکیبی از منابع انتشار نیز وجود دارد. در این مدل می توان توزیع گوسین و خیزش دود را نیز برای منبع نقطه ای شبیه سازی کرد. این مدل قابل استفاده در نواحی شهری و صنعتی، مناطق صاف و یا با عوارض پیچیده، انتشار آلاینده ها در مقیاس های زمانی مختلف، شبیه سازی واکنش شیمیایی و انتشار ذرات از منابع آلاینده می باشد.

این مدل مواردی نظیر اثر موانع بر روی جریانات، اثر سواحل و فضاهاى سبز، اثر پروفیل دمای عمودی لایه جوی بر روی باد، میدان های انتشاری و اغتشاش جریان های برشی به وجود آمده از لایه مرزی اتمسفر و یا اثرات عوارض سطحی را در نظر می گیرد.

هر مدل پخش و پراکندگی آلاینده ها معمولاً از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است. قسمت اول مربوط به هندسه و توپوگرافی منطقه مورد بررسی است. در این قسمت عوارض زمینی و موانع تأثیرگذار بر جریان هوا و همچنین پخش آلاینده ها در مدل تعریف می شود. قسمت دوم، پردازشگر اطلاعات انتشار می باشد. در این قسمت اطلاعات مربوط به انواع منابع تولید آلاینده نظیر دودکش ها، منابع خطی (نظیر راه ها و خیابان ها) و منابع سطحی (نظیر تولید آلودگی از یک پالایشگاه یا یک سطح وسیع) مورد تجزیه و

تحلیل قرار گرفته و آماده ورود به مدل می‌شود. قسمت سوم پردازشگر اطلاعات هواشناسی می‌باشد که با استفاده از قوانین دینامیک اتمسفر و معادلات مربوط به ترمودینامیک اتمسفر میدان هواشناسی منطقه موردنظر را محاسبه و بعضاً در مقیاس‌های متفاوت بیان می‌کند. در قسمت چهارم با حل معادلات بقای جرم، مومنتوم، معادله انرژی، و پخش گونه‌ها می‌توان تصویر مناسبی از نحوه توزیع پارامترهای جریان و آلاینده‌ها را در اختیار داشت.

ماژول **fluidyn-PANAIR** مدل **PANACHE** یکی از کاربردی‌ترین ماژول‌ها در زمینه مدل‌سازی عددی آلودگی هوا می‌باشد. این نرم‌افزار به صورت مستقل عمل کرده و توانایی تولید هندسه، تولید شبکه در میدان محاسباتی، شبیه‌سازی هواشناسی و پارامترهای مؤثر بر جریان باد، مدل‌سازی منابع انتشار، و حلگر مناسب برای حل معادلات گسسته شده دینامیک سیالات محاسباتی را دارد [۲]. ضمن اینکه این ماژول با در اختیار داشتن پایگاه داده کاملی از انواع آلاینده‌ها، قابلیت مدل‌سازی پخش انواع آلاینده‌ها را فراهم کرده است. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان تأثیر ترافیک، شرایط آب و هوایی، و حرارت منتشرشده از مناطق مسکونی و صنعتی را مورد بررسی قرار داد. نرم‌افزار **PANAIR** با همکاری سازمان محیط‌زیست فرانسه (ADEME) توسعه و تکامل پیدا کرده و از ماژول‌های زیر تشکیل شده است:

fluidyn-PANROAD

نرم‌افزار سه‌بعدی دینامیک سیالات محاسباتی که جهت شبیه‌سازی پخش آلاینده‌های منتشرشده از وسایل نقلیه در خیابان‌ها و بزرگراه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این ماژول توانایی مدل‌سازی آلاینده‌های گازی (CO ، NO_2 ، HC و ...) و ذرات (PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و ...) منتشرشده از جریان ترافیک در معابر مختلف را دارد.

fluidyn-PANEIA

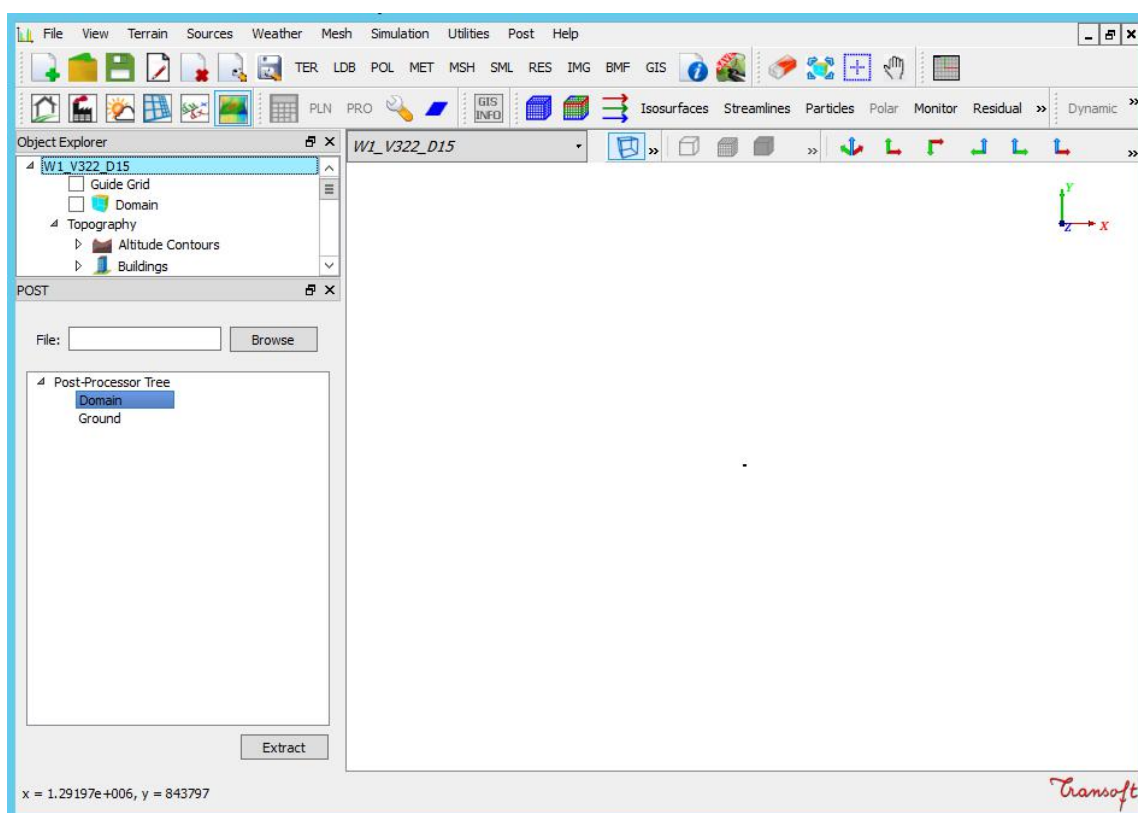
این ماژول از نرم‌افزار، جهت مدل‌سازی انتشار مراکز صنعتی در اتمسفر طراحی شده است. انتشار منتج از دودکش‌های مراکز صنعتی را می‌توان با منابع پیوسته نقطه‌ای مدل نمود. مهندسان محیط‌زیست، مدیران پروژه‌ها، و تصمیم‌گیران ارشد؛ با استفاده از این ماژول می‌توانند از تأثیر احداث واحدهای صنعتی بر محیط‌زیست و پاس کردن الزامات زیست‌محیطی و قوانین وضع شده، آگاه شوند.

همان‌طور که بیان شد، ماژول **PANAIR** نرم‌افزار **fluidyn-PANACHE** به صورت خاص جهت شبیه‌سازی پخش و پراکنش آلودگی در محیط‌های شهری طراحی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل از ابزار دینامیک سیالات محاسباتی بهره برده و معادلات نویر-استوکس و مدل‌های عددی اغتشاش حاکم بر



جریان سیال را، بر پایه حجم محدود، حل می کند. حلگر این نرم افزار، با گسسته سازی معادلات دیفرانسیل پاره ای جرم، مومنتوم و انرژی در هر یک از حجم کنترل ها، نحوه توزیع باد و پخش آلاینده ها را در میدان محاسباتی تعیین می کند. PANAIR از مدل های شبیه سازی کیفیت هواست که توسط US EPA توصیه شده است. از ویژگی های این مدل، مشاهده نحوه پخش آلاینده ها در مقیاس میکرو و همچنین محاسبه و بررسی تغییرات غلظت به واسطه انجام تغییرات در ساختارهای اساسی منطقه مورد بررسی (انجام طرح های عمرانی و تغییر عوارض سطح زمین، احداث بزرگراه ها و خیابان های جدید، تغییرات اقلیمی و هواشناسی) می باشد. جریان هوا را می توان به صورت سیال با چگالی ثابت و یا سیال تراکم پذیر مدل نمود. در نظر گیری اغتشاشات اتمسفر به دلیل وجود ساختمان ها و موانع، و همچنین به واسطه تأثیرات حرارتی تابش خورشید، با مدل های صفر، یک و دو معادله ای از قابلیت های ویژه این نرم افزار است. همانند اکثر نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی، این نرم افزار نیز دارای سه قسمت است. قسمت پیش پردازش و ورود اطلاعات، پردازش و حل معادلات حاکم بر مسئله، و در نهایت تهیه خروجی های مدنظر و پس پردازش اطلاعات جهت مشاهده کانتورهای غلظت و بردارهای سرعت [۳].

نمای کلی از نرم افزار در شکل ۱.۳ نشان داده شده است.



شکل ۱.۳ نمای کلی از نرم افزار PANAIR

۱.۵.۱ پیش پردازش

در قسمت پیش پردازش، اطلاعات لازم و ورودی های مورد نیاز جهت انجام مدل سازی وارد می شود. به عبارت دیگر، اولین مرحله تحلیل در این بخش انجام می گیرد. این مراحل عبارتند از:

- تعیین آلاینده های مورد بررسی و خواص آنها
- مشخصات کلی منطقه مورد بررسی
- تولید هندسه تمام عوارض موجود در منطقه و توپوگرافی
- داده های هواشناسی
- تعیین منابع انتشار و میزان نشر آنها

۱.۵.۲ شبیه سازی عددی

در این قسمت، تولید شبکه، مدل سازی و تعریف مسئله، به همراه حل معادلات حاکم، انجام خواهد شد. پس از تعیین ورودی های مدنظر، در این قسمت، موارد زیر مشخص خواهد شد:

- تعیین تاریخ و زمان انجام شبیه سازی
- تولید شبکه
- انتخاب مدل های شبیه سازی و فیزیک حاکم بر مسئله
- تعریف پارامترهای حلگر
- اجرا کردن حلگر نرم افزار

۱.۵.۳ پس پردازش

بعد از اتمام حل، در قسمت پس پردازش ابزارهای گوناگونی جهت مشاهده نتایج محاسبات به صورت نمودار، بردار، کانتور و ... در هر قسمت از میدان محاسباتی وجود دارد و اطلاعات خروجی را می توان پردازش و ملاحظه نمود. این موارد عبارتند از:

- مشاهده شبکه تولید شده در میدان محاسباتی
- بردارهای سرعت میدان باد
- کانتورهای دما، فشار، غلظت گونه ها و ...
- رسم سطوح غلظت ثابت در محدوده مورد بررسی

- نمودارهای تغییر غلظت، سرعت، فشار و ... در راستای ارتفاع و یا در راستای افقی روی سطح زمین
- مشاهده روند حل شبیه سازی و نمودار باقیمانده‌ها^۱
- مشاهده روند تغییرات غلظت گونه‌ها یا سایر متغیرها در نقاط کنترلی^۲

۱.۶ معرفی مسئله

با توجه به افزایش تراکم جمعیت و به تبع آن افزایش فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی و گسترش زیرساخت‌های حمل و نقلی، لزوم تعریف پروژه‌ها و طرح‌های جامع و کلان در محیط شهری امری اجتناب ناپذیر است. اما از طرف دیگر، اثرات زیست محیطی این طرح‌ها نیز باید پیش از اجرا دیده شده و اثرات سوء آن بر سلامت و همچنین محیط زیست اطراف مورد بررسی قرار بگیرد. بنابراین باید پیش از ایجاد هر تغییر تأثیرگذار بر محیط زندگی انسان، تأثیر و پیامد آن بر محیط زیست شهری مورد بررسی قرار گرفته و چالش‌های زیست محیطی طرح‌ها دیده شود.

در همین راستا، در گزارش حاضر به ارزیابی و بررسی پیامدهای زیست محیطی احداث برج‌ها در منطقه ۲۲ شهر تهران با استفاده از مدل سازی آلودگی هوا، بر پایه دینامیک سیالات محاسباتی، پرداخته شده است تا با کمک آن بتوان تأثیرات زیست محیطی ساخت برج‌ها بر جمعیت ساکن اطراف و همچنین مناطق پایین دست منطقه ۲۲ و شهر تهران را مورد بررسی قرار داد. هدف از گزارش حاضر بررسی تغییرات به وجود آمده در توزیع میدان باد به واسطه ساخت برج‌ها می باشد.

با توجه به بنای این برج‌ها در سال‌های اخیر و ایجاد پرسش‌هایی در ذهن تحلیل گران، مبنی بر تأثیرات احداث برج‌ها بر توزیع آلاینده‌ها در کلان شهر تهران، و از طرفی موقعیت خاص منطقه ۲۲ که از سمت شمال مشرف به کوه بوده و همچنین قرارگیری حجم عظیم پوشش گیاهی در این منطقه می بایست از مدل‌های ریزمقیاس در شبیه سازی پخش آلاینده‌ها استفاده شود تا میزان و الگوی پخش میدان جریان باد در اطراف آن به خوبی تعیین شود.

¹ Residuals

² Monitor Points



برای این منظور، با توجه به قابلیت های موجود در نرم افزار FLYUIDYN-PANACHE که بر پایه دینامیک سیالات محاسباتی توسعه داده شده است، از این نرم افزار استفاده شده است. توپوگرافی منطقه با تفکیک ۲۵ متر به عنوان ورودی در این مدل مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر ورودی های مورد نیاز، اطلاعات و شرایط هواشناسی در منطقه می باشد که برای این منظور داده های اندازه گیری در ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد مورد استفاده قرار گرفته است.

پس از آماده سازی ورودی های مدل، مدل سازی کیفیت هوا به ازای سناریوهای مختلف، انجام شده و توزیع میدان سرعت به دست آمده و مورد مقایسه و بحث و بررسی قرار گرفته است. به منظور انجام مدل سازی در این تحقیق از ماژول PANAIR نرم افزار FLUIDYN-PANACHE استفاده شده است. این نرم افزار قادر به محاسبه میدان های هواشناسی و پخش آلاینده های مختلف در مقیاس های بسیار ریز (تا چند متر) می باشد.



۲ فصل دوم

شبیه سازی عددی میدان های هواشناسی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

۲.۱ مقدمه

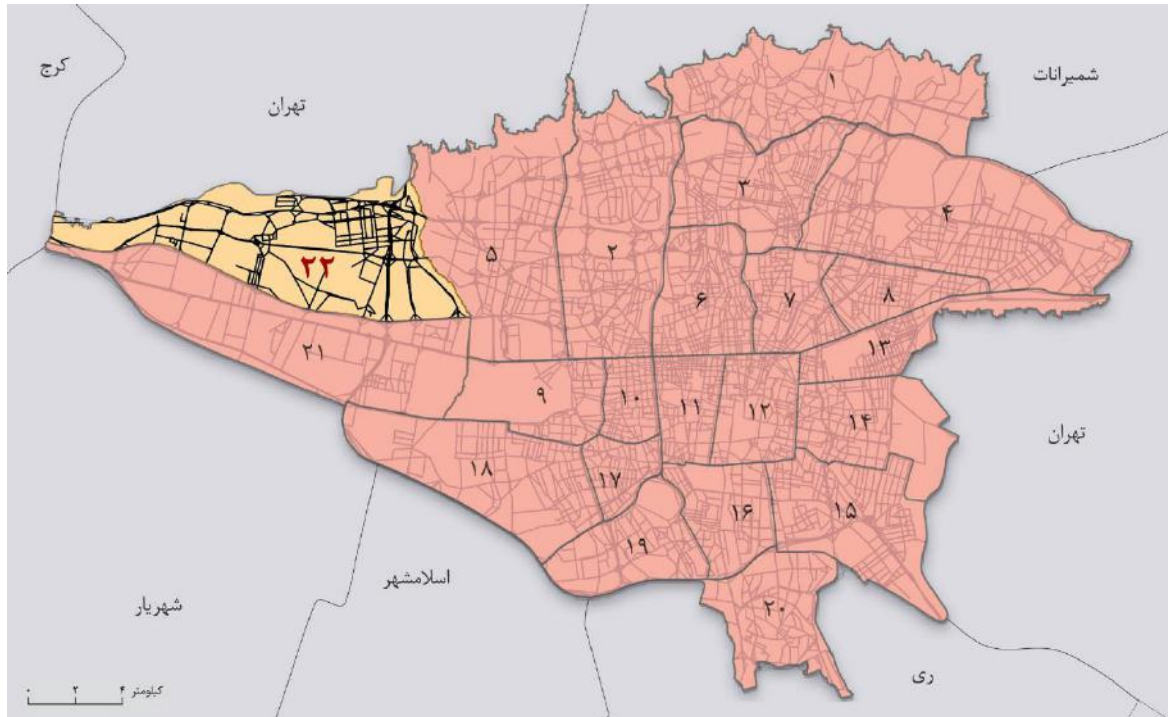
همان طور که بیان شد، بررسی اثرات زیست محیطی اجرای هر پروژه جدید پیش از شروع عملیات، به منظور پیش بینی تأثیرات آن بر کیفیت هوای مناطق اطراف، اجتناب ناپذیر است. به همین جهت در این فصل از گزارش، روش جمع آوری و پردازش اطلاعات مورد نیاز به منظور شبیه سازی عددی میدان باد در منطقه ۲۲ شهر تهران با استفاده از نرم افزار فلوداین بیان شده است. در ادامه، اطلاعات ورودی مورد نیاز نرم افزار شامل هندسه منطقه و اطلاعات اولیه هواشناسی که در شبیه سازی استفاده شده، بیان شده است.

۲.۲ موقعیت مکانی و عوارض موجود در منطقه

منطقه ۲۲ شهرداری تهران جدیدترین منطقه شهری تهران است که در شمال غرب تهران واقع شده است. این منطقه از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به منطقه ۵ شهرداری تهران، از غرب به محدوده وردآورد شمالی و از جنوب به آزادراه تهران-کرج محدود می گردد. مساحت این منطقه حدود ۶۲۰۰ هکتار است که از این مساحت حدود ۱۳۰۰ هکتار مربوط به فضای سبز می باشد.

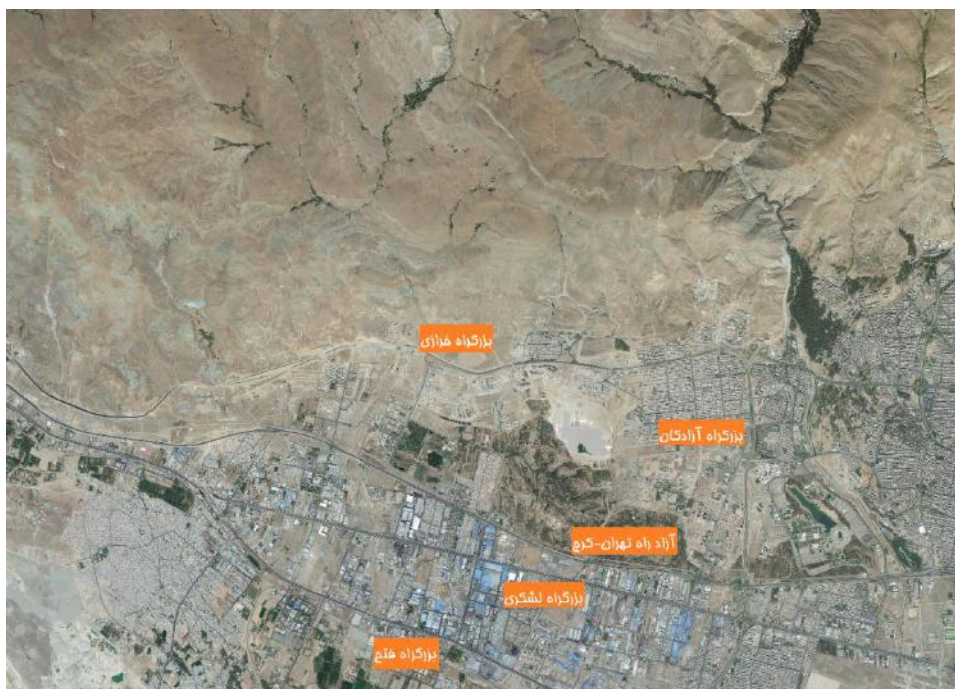
منطقه ۲۲ از نظر مساحت، بزرگ ترین منطقه تهران محسوب می شود. این منطقه در طرح تفصیلی تهران به عنوان قطب گردشگری تهران مطرح شده است تا نیازهای رفاهی شهر تهران را برطرف سازد که بر همین اساس پروژه های بسیاری از جمله آبشار تهران، دریاچه مصنوعی چیتگر، محور چهارباغ، بوستان جوانمردان ایران، شهر بازی هزار و یک شهر (تهران لند)، تهران مال، پارک آبی چیتگر، ایران مال، مجتمع تجاری اداری آرتمیس، پردیس سوارکاری، تله کابین و مونوریل چیتگر در این منطقه در حال ساخت و تکمیل می باشند. منطقه ۲۲ با بالاترین میزان برج سازی دارای تعداد زیادی برج های از ۱۰ تا ۴۲ طبقه می باشد [۴].

تعدادی از معابر اصلی مانند آزادراه شهید فهمیده (تهران - کرج) در جنوب، بزرگراه شهید خرازی در شمال، بزرگراه آزادگان در غرب و همچنین بزرگراه شهید همدانی در میانه، منطقه ۲۲ شهرداری تهران را در بر گرفته است که امکان تردد پر حجم وسایل نقلیه را فراهم می کنند که لازمه آینده تجاری-تفریحی برنامه ریزی شده برای این منطقه است. در شکل ۲.۱ موقعیت منطقه ۲۲ در شهر تهران نشان داده شده است.



شکل ۲.۱ موقعیت منطقه ۲۲ نسبت به سایر مناطق شهر تهران

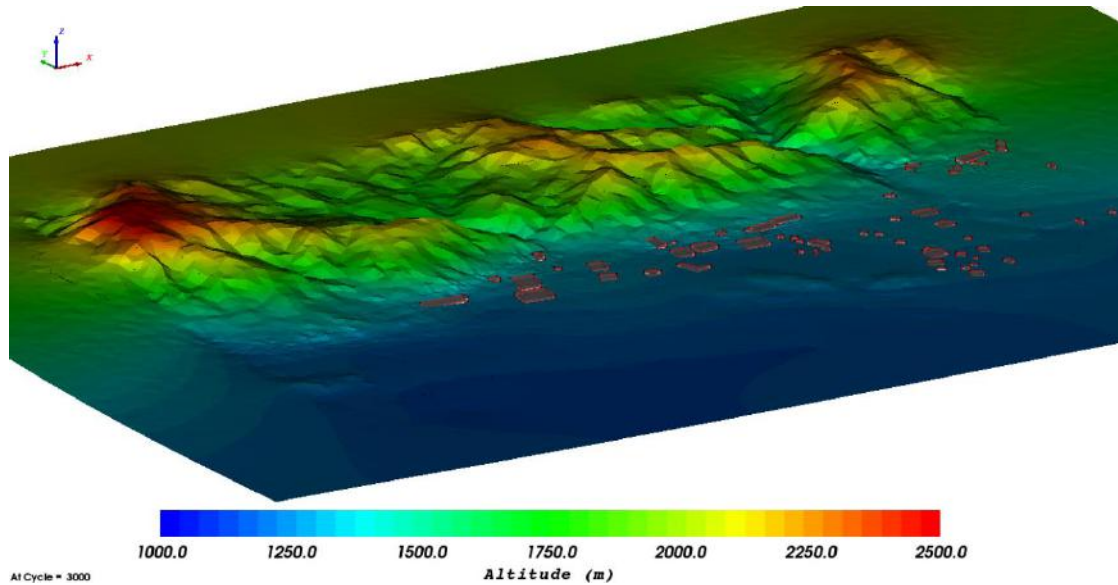
منطقه ۲۲ از ابتدا به عنوان ریه تنفسی تهران در نظر گرفته و معرفی شده است. در دوره های مختلف مدیریتی شهرداری تهران، توجه به حفظ و ارتقای کیفیت و کمیت فضای سبز منطقه ۲۲ یکی از برنامه های اصلی توسعه این منطقه از کلان شهر تهران بوده است. پارک جنگلی چیتگر، مجموعه باغ ملی گیاه شناسی، پارک جنگلی لتمان کن و پارک جنگلی خرگوش دره از جمله این پتانسیل ها هستند [۵]. به منظور انجام شبیه سازی دینامیک سیالاتی و حل عددی میدان هواشناسی، محدوده نشان داده شده در شکل ۲.۲ به عنوان محدوده شبیه سازی در نظر گرفته شده است. محدوده مورد بررسی با طول تقریبی ۲۰/۲ کیلومتر و عرض ۱۳ کیلومتر بوده و بین طول جغرافیایی ۵۱.۰۷۷۵۹۱ شرقی و ۵۱.۳۰۱۹۳۲ غربی، و عرض جغرافیایی ۳۵.۷۰۱۹۱۴ جنوبی و ۳۵.۸۱۸۹۵۲ شمالی واقع شده است. با توجه به شکل ۲.۲، عوارض موجود در منطقه شامل پوشش گیاهی، دریاچه چیتگر، ساختمان های مسکونی و صنعتی و پستی بلندی های سطح زمین می باشد. ارتفاع دامنه شبیه سازی، تا فاصله ۱۶۰۰ متر از سطح زمین در نظر گرفته شده است.



شکل ۲.۲ محدوده انتخابی به منظور انجام مدل سازی ریزمقیاس کیفیت هوا در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

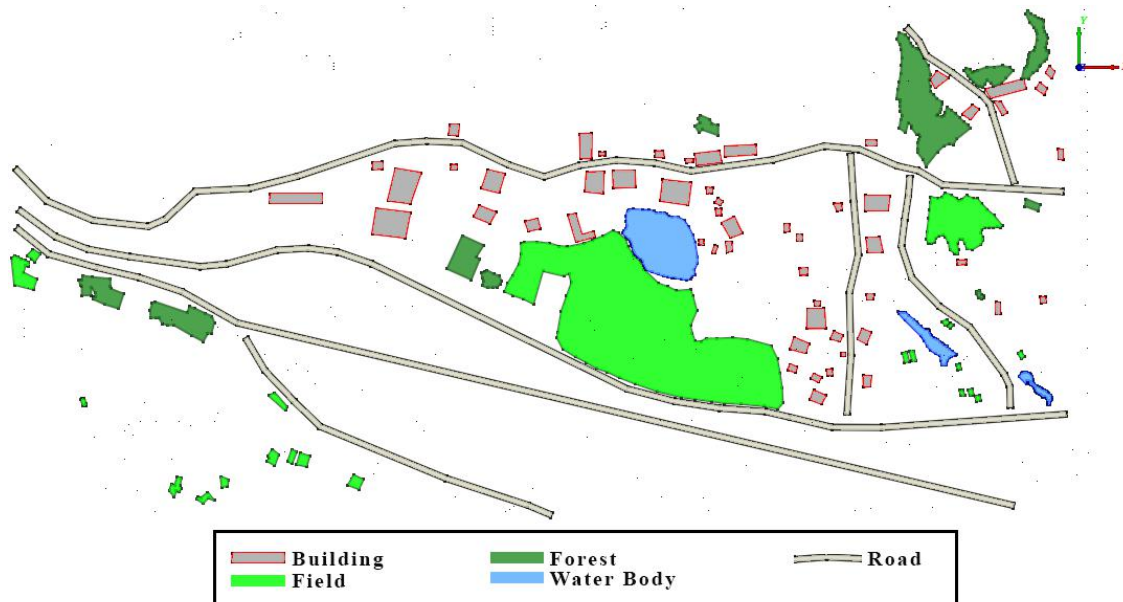
پس از شناسایی عوارض موجود در محدوده مورد بررسی، اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، توپوگرافی و مناطق مسکونی وارد نرم افزار شده است. اطلاعات توپوگرافی منطقه با تفکیک ارتفاعی ۲۵ متر دریافت و به فرمت ورودی نرم افزار شبیه سازی تبدیل شده تا پستی بلندی های سطح زمین و تأثیر آن بر میدان باد در نظر گرفته شود. خطوط توپوگرافی ارتفاعی بین ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر دارند، بنابراین اختلاف ارتفاع بین پست ترین و بلندترین نقطه در این محدوده ۱۵۰۰ متر می باشد.

در شکل ۲.۳ توپوگرافی منطقه شبیه سازی و موقعیت برج های موجود در منطقه جهت ورود به نرم افزار نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می شود، منطقه ۲۲ در پایین کوه واقع شده و این ارتفاعات در امتداد شرقی-غربی قرار گرفته اند.



شکل ۲.۳ توپوگرافی محدوده شبیه‌سازی شامل منطقه ۲۲ شهرداری تهران و محدوده اطراف آن

در شکل ۲.۴ نیز عوارض موجود در منطقه شامل دریاچه چیتگر، پوشش گیاهی و ساختمان‌ها نشان داده شده است. در ادامه گزارش، شبیه‌سازی‌ها به ازای دو سناریو مختلف از لحاظ عوارض موجود در منطقه، با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها (ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۳۰ متر یا ۱۰ طبقه) انجام گرفته و نتایج به‌دست آمده مقایسه شده‌اند تا تأثیر احداث برج‌ها بر میدان باد در منطقه به‌دست آید. در این گزارش، در تمامی شکل‌ها و کانتورهای سرعت، جهت شمال منطبق بر محور Y می‌باشد.



شکل ۲.۴ عوارض موجود در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

ساختمان‌ها در نرم افزار PANACHE به عنوان موانع در راستای جریان شناخته شده و جریان باد در اطراف آن‌ها دستخوش تغییر جهت و اندازه خواهد شد. پستی بلندی‌های سطح زمین نیز به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر توزیع میدان باد و در نتیجه فاکتور بسیار مهم در پخش آلاینده‌ها می باشد. سطح قابل توجهی از محدوده مورد بررسی را پوشش گیاهی تشکیل می دهد. همان طور که در شکل ۲.۴ نشان داده شده است، پوشش گیاهی در نقاط کم حجم از نوع شالیزار (سبز کم رنگ) و در نقاط پرتراکم از نوع درختان کاج (سبز پررنگ) در نظر گرفته شده است.

۲.۳ اطلاعات هواشناسی

به منظور مدل سازی هواشناسی و محاسبه میدان های هواشناسی در منطقه با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی در مدل PANACHE، ابتدا بایستی مقاردهی اولیه در مدل انجام شده و اطلاعات واقعی اندازه گیری شده در منطقه به عنوان ورودی در نرم افزار مورد استفاده قرار گیرد. اطلاعات ورودی اولیه شامل میزان پایداری جوی، سرعت و جهت وزش باد، دما و رطوبت نسبی محیط بوده که در بازه زمانی مدل سازی مورد نیاز می باشد.

لایه نازک جو که در مجاورت سطح زمین قرار دارد و عمق آن بسته به سیکل روزانه، فصول سال، سرعت باد و شرایط همدیدی از چند ده متر تا چند کیلومتر تغییر می کند، لایه مرزی جو نام دارد. توزیع غیریکنواخت ناهمواری، شار گرمایی و توزیع سرعت باد، لایه مرزی جو را متأثر می سازد. در محاسبات و شبیه سازی های آلودگی هوا، ضخامت لایه مرزی به عمق لایه آمیخته معروف است. عمق لایه آمیخته تأثیر قابل توجهی در میزان توزیع غلظت آلاینده های منتشره منابع آلاینده در جو داشته که خود وابسته به شدت و مدت تابش خورشید و سرعت باد می باشد. از جمله قابلیت های نرم افزار PANACHE، امکان مدل سازی و محاسبه کلاس پایداری است. با توجه به این توضیحات، برای انجام هر شبیه سازی، نیاز است تا کلاس پایداری و بازه زمانی شبیه سازی تعیین شود.

به همین دلیل برای انجام مدل سازی میدان های هواشناسی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران دو اپیزود زمانی در دو فصل تابستان و زمستان در نظر گرفته شده و الگوی توزیع سرعت در محدوده مورد بررسی در این دو فصل و با در نظر گرفتن کلاس های مختلف پایداری مورد بررسی قرار گرفته است.

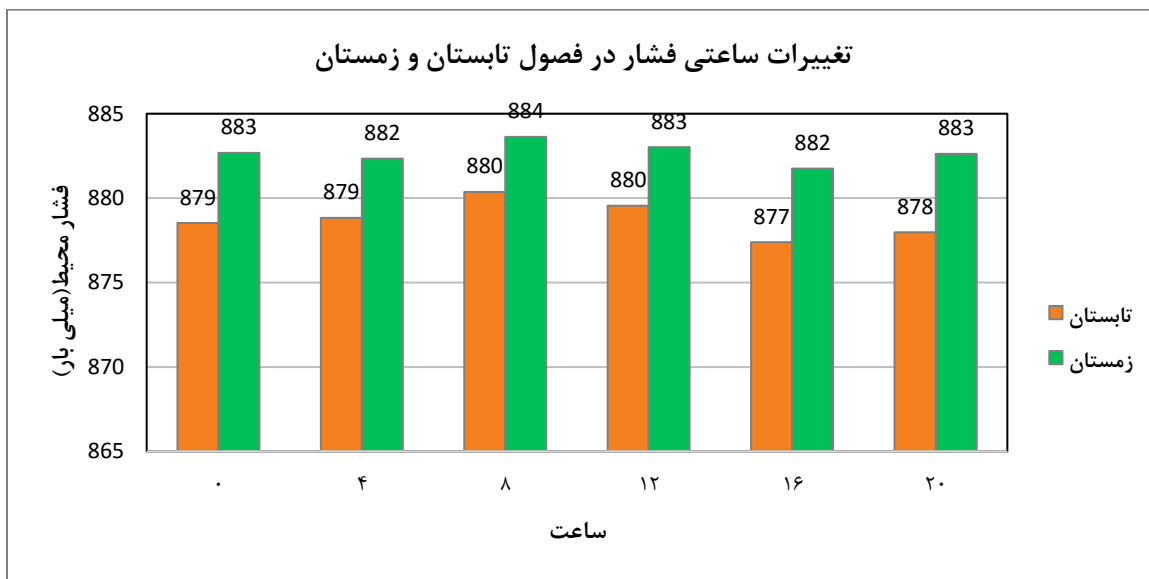
در تحقیق حاضر به منظور آماده سازی اطلاعات هواشناسی ورودی مورد نیاز مدل PANACHE از اطلاعات اندازه گیری هواشناسی در ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد استفاده شده است. این اطلاعات شامل تغییرات ساعتی پارامترهای مختلف از جمله سرعت باد، جهت باد، دمای محیط، فشار محیط و رطوبت نسبی بوده که پس از بررسی و تجزیه و تحلیل به عنوان ورودی در نرم افزار PANACHE مورد استفاده قرار گرفته است.

پارامترهای هواشناسی مورد نیاز جهت شبیه سازی، در ساعات مختلف شبانه روز در یک ماه از فصول تابستان و زمستان استخراج و مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به محدودیت سخت افزاری و محاسباتی، شبیه سازی عددی در نرم افزار PANACHE برای ساعت های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ در یک ماه از تابستان و زمستان انجام شده و میانگین روزانه میدان های هواشناسی براساس میانگین ساعت های شبیه سازی به دست آمده است.

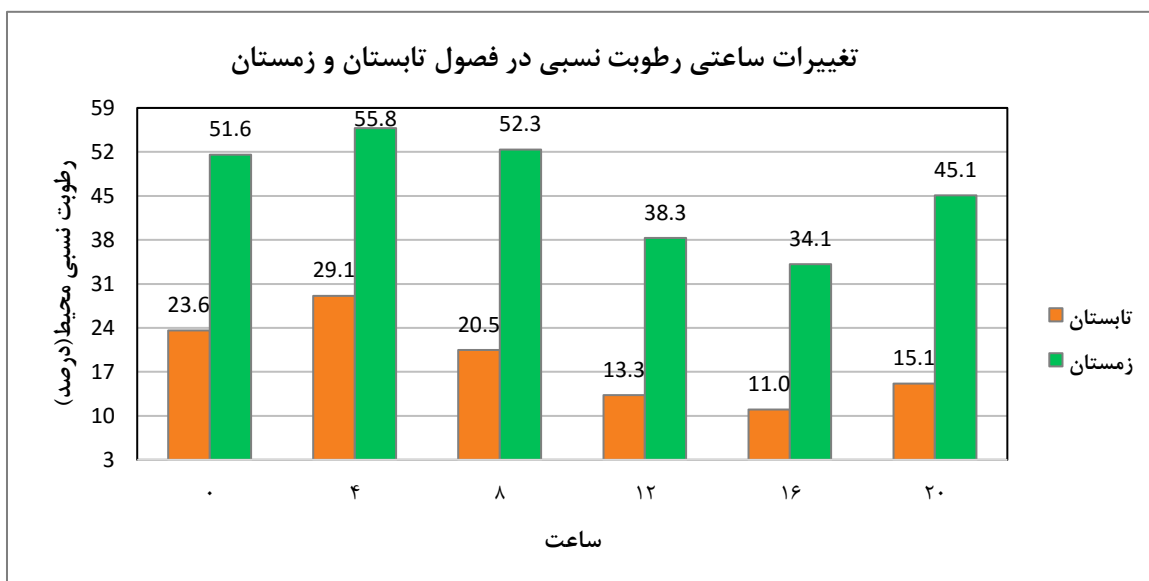
در شکل ۲.۵ تا شکل ۲.۷ به ترتیب نمودارهای دما، فشار، و رطوبت نسبی در تابستان و زمستان، در ساعات مختلف روز نشان داده شده است.



شکل ۲.۵ تغییرات ساعتی دمای میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی



شکل ۲.۶ تغییرات ساعتی فشار میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی

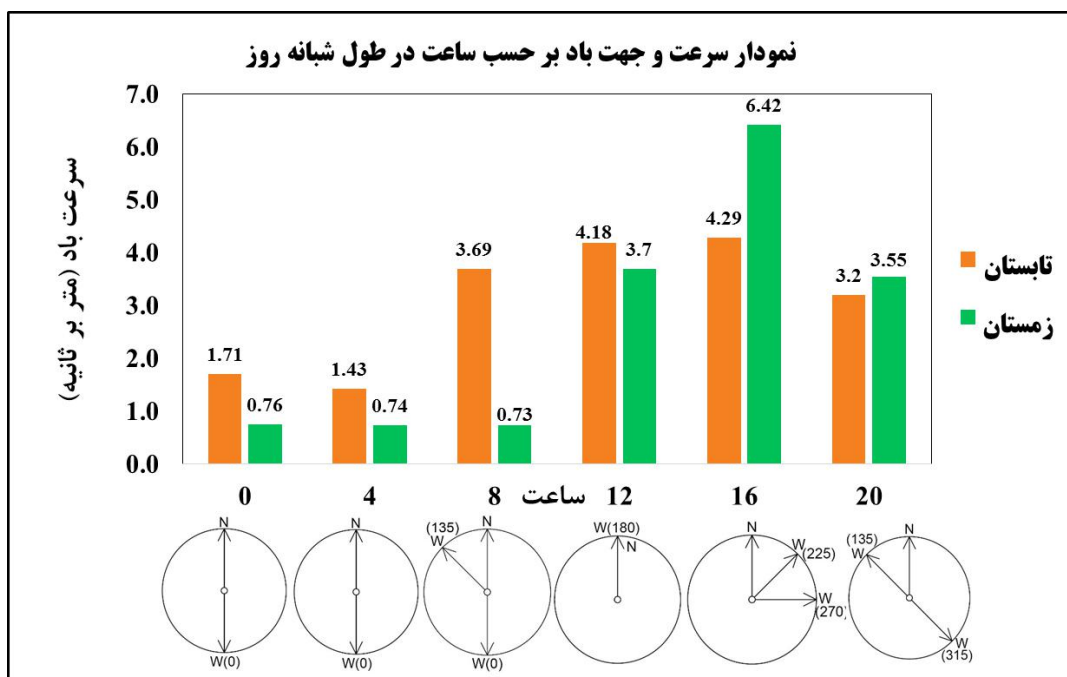


شکل ۲.۷ تغییرات ساعتی رطوبت نسبی میانگین محیط در روز نماینده زمستانی و تابستانی

در خصوص الگوی سرعت و جهت باد در منطقه، گلباد میانگین ساعتی در طی یک ماه در تابستان و زمستان از داده‌های ایستگاه هواشناسی فرودگاه مهرآباد استخراج و ترسیم شده و سرعت و جهت باد غالب در هر یک از این ساعات به عنوان ورودی در نرم افزار PANACHE مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۲.۸). به عنوان مثال، گلباد ساعت ۴ صبح در طی یک ماه در تابستان ترسیم شده و با توجه به پراکندگی سرعت و جهت باد، الگوی باد غالب در آن ساعت تعیین شده است. در شکل ۲.۹ گلباد ساعت‌های ۴، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۰ و ۲۴ در مردادماه ۱۳۹۶ رسم شده است. با بررسی گلبادهای الگوی سرعت

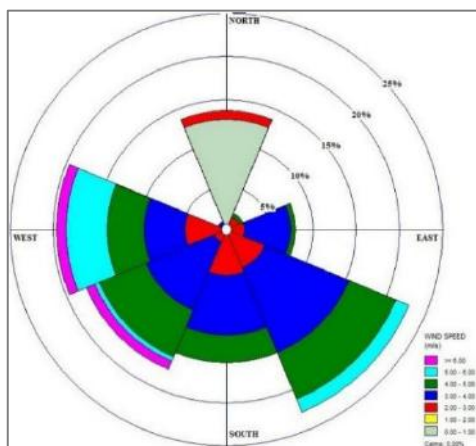
و جهت باد در هر ۶ ساعت تعیین و به عنوان ورودی در نرم افزار PANACHE مورد استفاده قرار گرفته تا شبیه سازی های ساعتی انجام شود. پس از اتمام شبیه سازی ها و استخراج نتایج حل عددی، متوسط گیری روزانه انجام شده و میانگین روزانه میدان های هواشناسی در دو اپیزود تابستانی و زمستانی به دست آمده است. لازم به ذکر است که گلبادهای رسم شده بر اساس استاندارد نرم افزار PANACHE بوده و جهت وزش باد، از سوی^۱ جهت مشخصی را نشان می دهد. به عبارت دیگر، زاویه صفر درجه، نشان دهنده بادهایی است که از شمال به سمت جنوب می وزند و افزایش زاویه وزش بادها به صورت ساعت گرد می باشد. به عبارت دیگر، بادهایی که از شرق به سمت غرب می وزند، با زاویه ۹۰ درجه به سمت غرب نشان داده می شود و بادهایی که از جنوب به سمت شمال می وزند، با زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به شمال مشاهده می شوند. در شکل ۲.۱۰ نمودارهای گلباد ساعتی بهمن ماه ۱۳۹۶ مشاهده می شود.

الگوی باد غالب ساعتی به دست آمده برای یک ماه از تابستان و زمستان در شکل ۲.۸ نمایش داده شده است. در شکل ۲.۱۱ نیز الگوی میدان باد برای کل فصل تابستان، زمستان و کل سال ۱۳۹۶ نشان داده شده است.

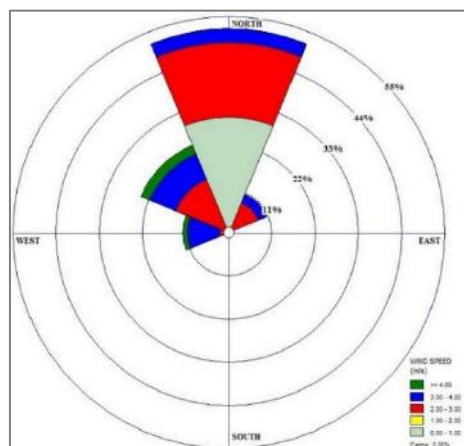


شکل ۲.۸ الگوی باد غالب ساعتی در طی یک ماه از تابستان و زمستان

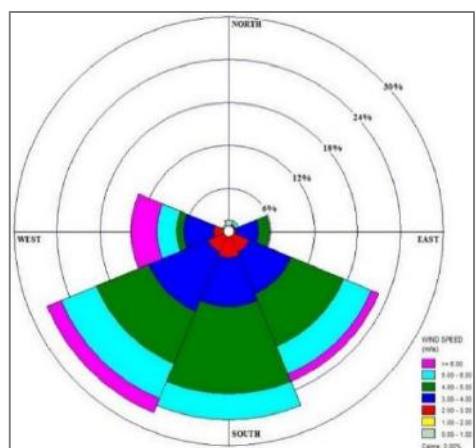
¹ Blowing from



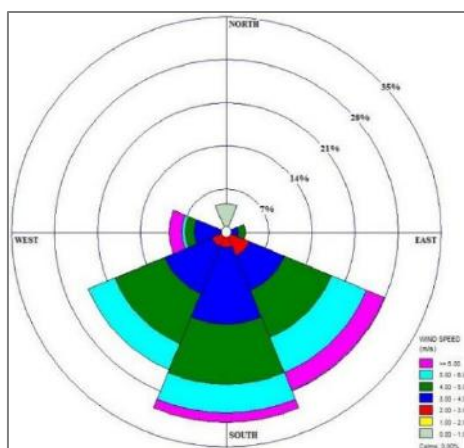
(۸ ساعت)



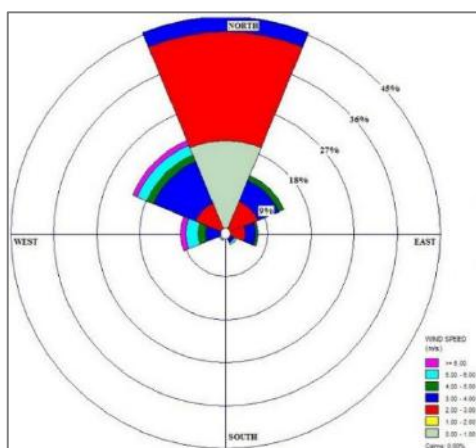
(۴ ساعت)



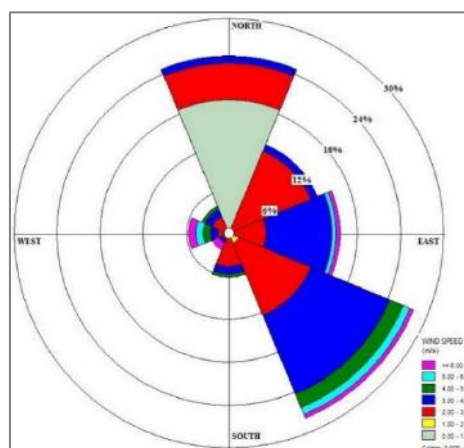
(۱۶ ساعت)



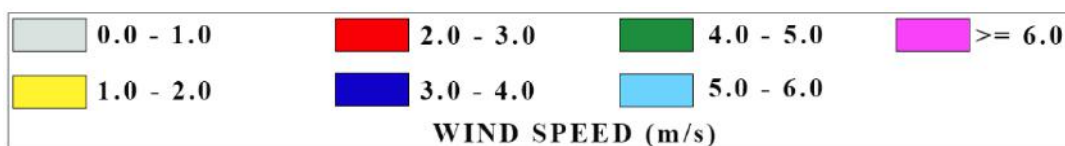
(۱۲ ساعت)



(۲۴ ساعت)



(۲۰ ساعت)

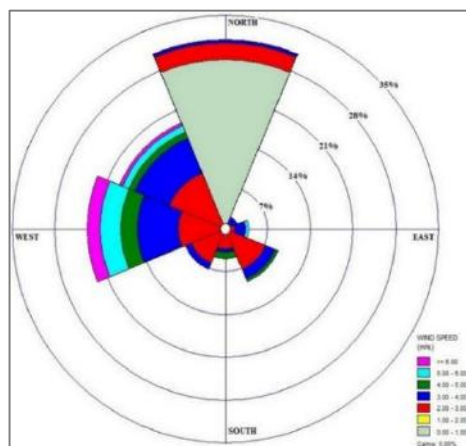


شکل ۲.۹ گلباد ساعتی شهر تهران در یک ماه از تابستان در ساعات مختلف شبانه روز

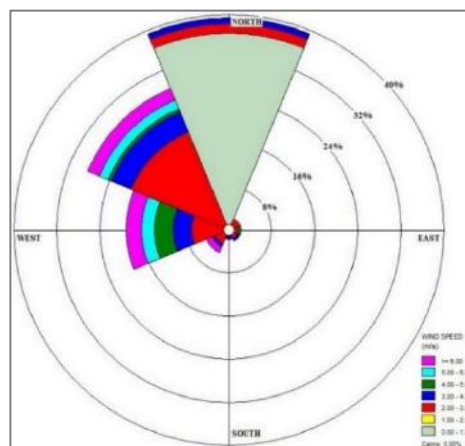


شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران

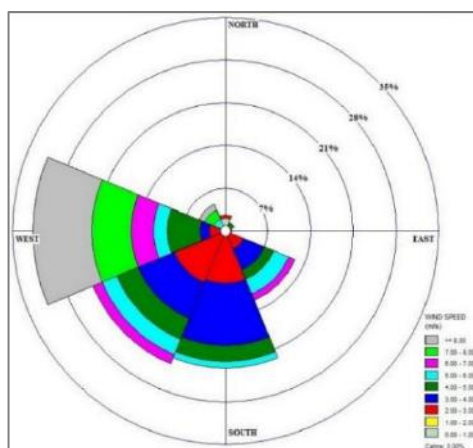
بررسی تاثیر بلند مرتبه سازی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر میدان باد منطقه و شهر تهران



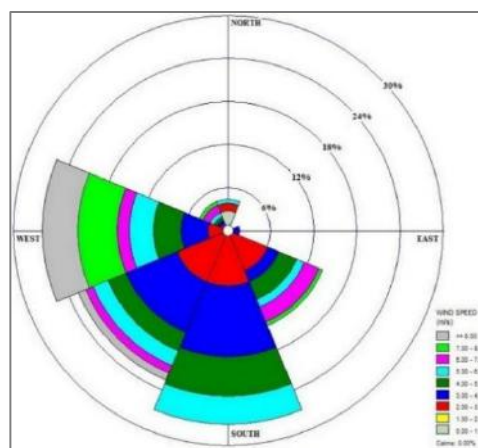
(۸ ساعت)



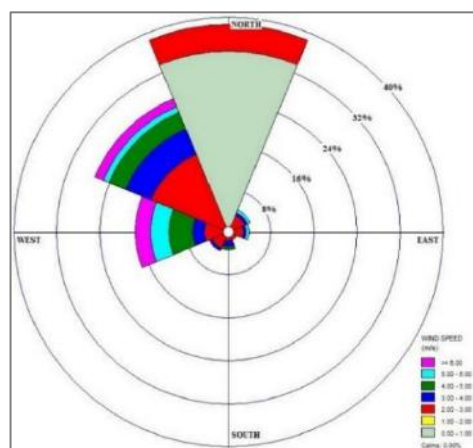
(۴ ساعت)



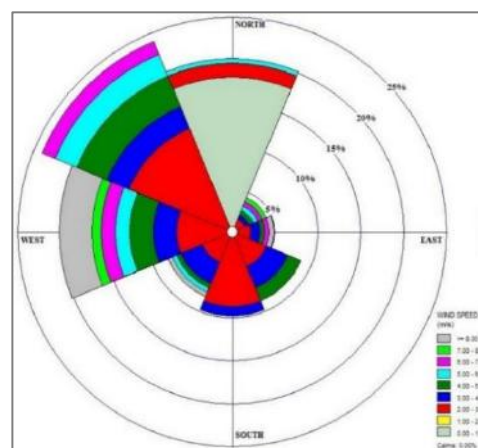
(۱۶ ساعت)



(۱۲ ساعت)



(۲۴ ساعت)



(۲۰ ساعت)

0.0 - 1.0	2.0 - 3.0	4.0 - 5.0	6.0 - 7.0	>= 8.0
1.0 - 2.0	3.0 - 4.0	5.0 - 6.0	7.0 - 8.0	

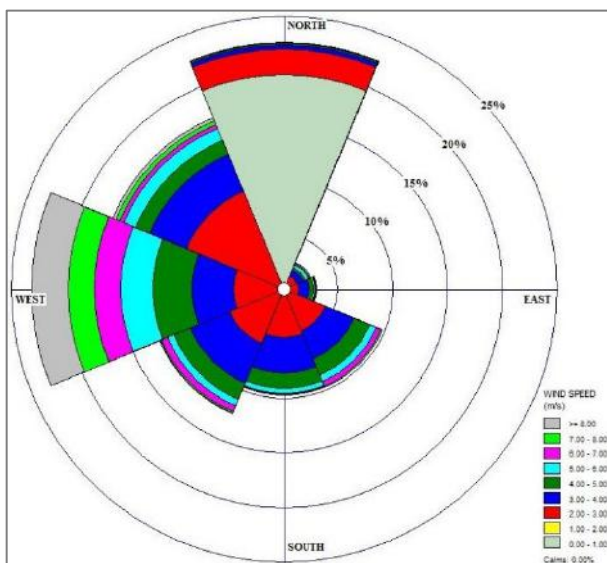
WIND SPEED (m/s)

شکل ۲.۱۰ گلباد ساعتی شهر تهران در یک ماه از زمستان در ساعات مختلف شبانه روز

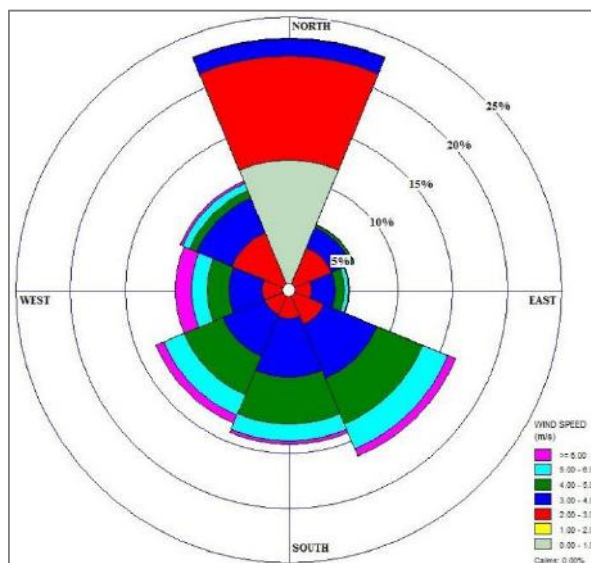


شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران

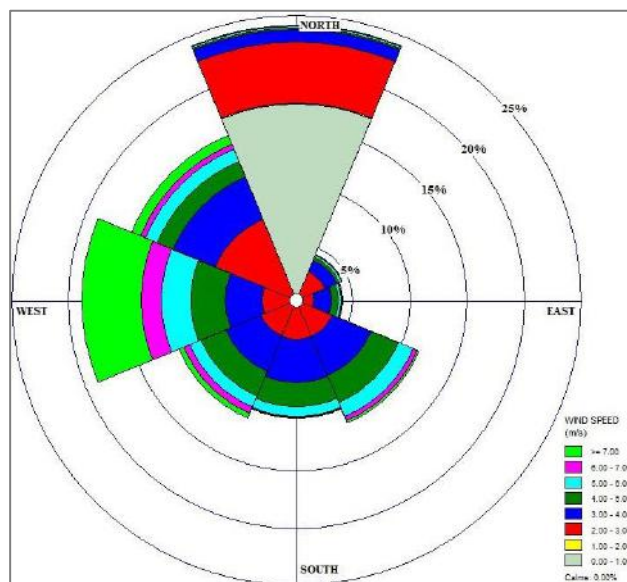
بررسی تاثیر بلند مرتبه‌سازی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران بر میدان باد منطقه و شهر تهران



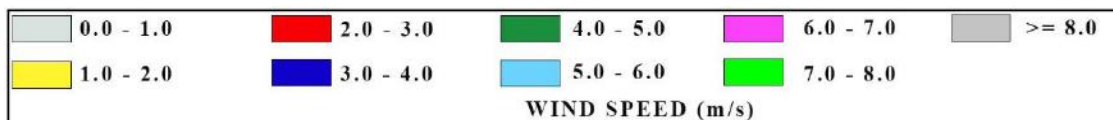
گلبد زمستانی ۱۳۹۶



گلبد تابستانی ۱۳۹۶



گلبد سالیانه ۱۳۹۶



شکل ۲.۱۱ گلبد تابستانی، زمستانی و سالانه شهر تهران در سال ۱۳۹۶

۲.۴ اجرای مدل عددی

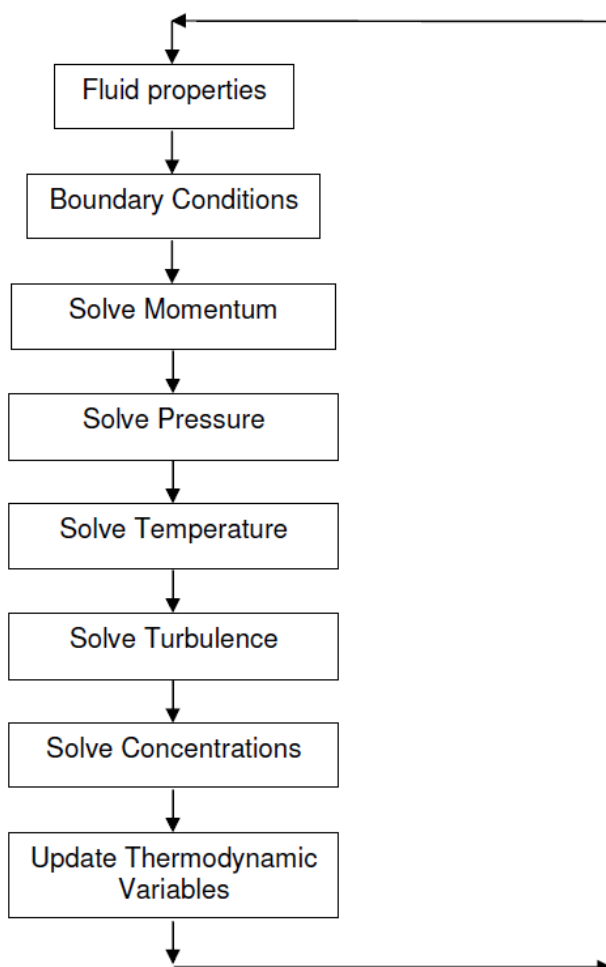
همان طور که بیان شد، PANACHE معادلات نویر-استوکس را به همراه معادلات بقای جرم، بقای گونه ها، و انرژی برای مخلوطی از گازهای ایده آل حل می کند. معادلاتی که در این مدل استفاده می شود همان معادلات RANS است. حلگر نرم افزار PANAIR توانایی حل معادلات حاکم بر مسئله را در سه بعد و به صورت گذرا (در صورت دخیل شدن زمان در مسئله) دارد. شکل کلی معادلات حل شده توسط حلگر نرم افزار را می توان به صورت عمومی زیر بیان نمود.

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U \phi) = \nabla \cdot (\Gamma_\phi \nabla \phi) + S_\phi \quad (2.1)$$

که در این معادله، ϕ متغیر مجهولی است که باید حل شود (مانند سرعت، دما، غلظت و ...)، Γ_ϕ ضریب نفوذ (حرارتی، ویسکوزیته و ...) است، و S_ϕ بیانگر عبارت چشمه برای متغیر ϕ می باشد. به عبارت دیگر، حلگر PANAIR معادلات حاکم بر مسئله را که به صورت عمومی بالا نوشته شده است به روش حجم محدود حل می کند. دقت حل به میزان زیادی وابسته به نحوه گسسته سازی و شبکه تولید شده در میدان محاسباتی است. تمام متغیرهای مسئله مانند سرعت، دما، فشار، غلظت گونه ها، پارامترهای اغتشاش و ... با الگوریتم سیمپل^۱ و به صورت متمرکز^۲ در حجم کنترل های تولید شده توسط قسمت تولید شبکه نرم افزار محاسبه و نمایش داده می شود. روند حل در حلگر نرم افزار در شکل ۲.۱۲ نشان داده شده است.

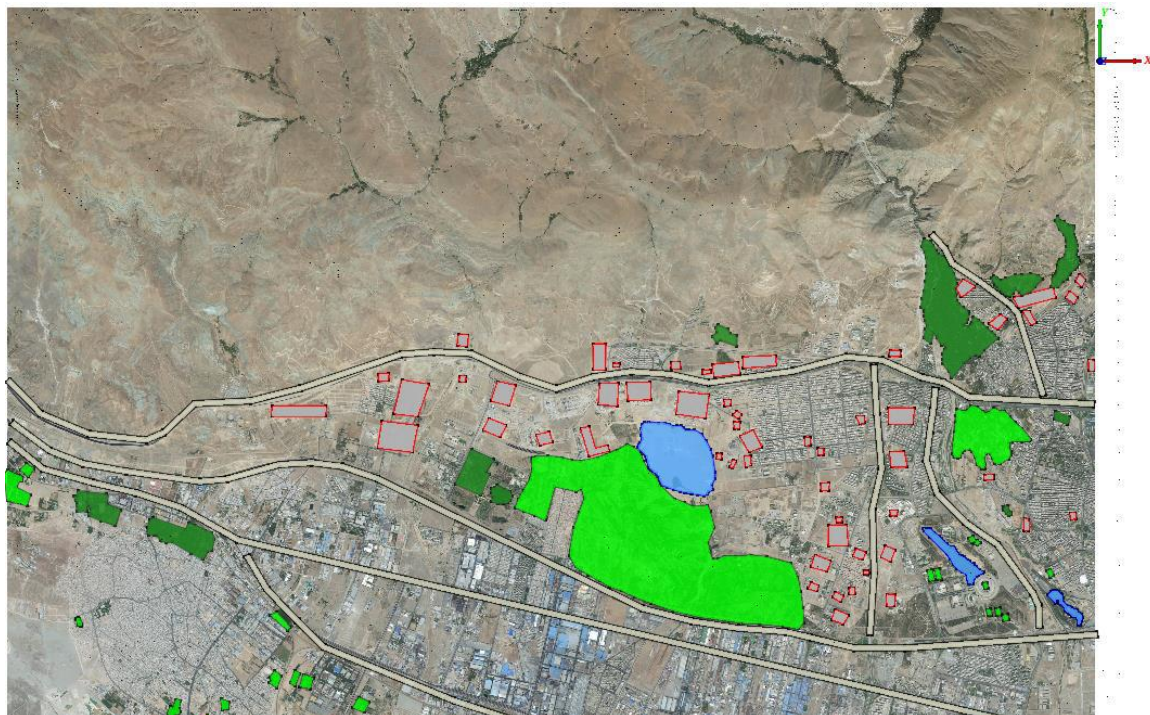
^۱ SIMPLE method

^۲ collocated



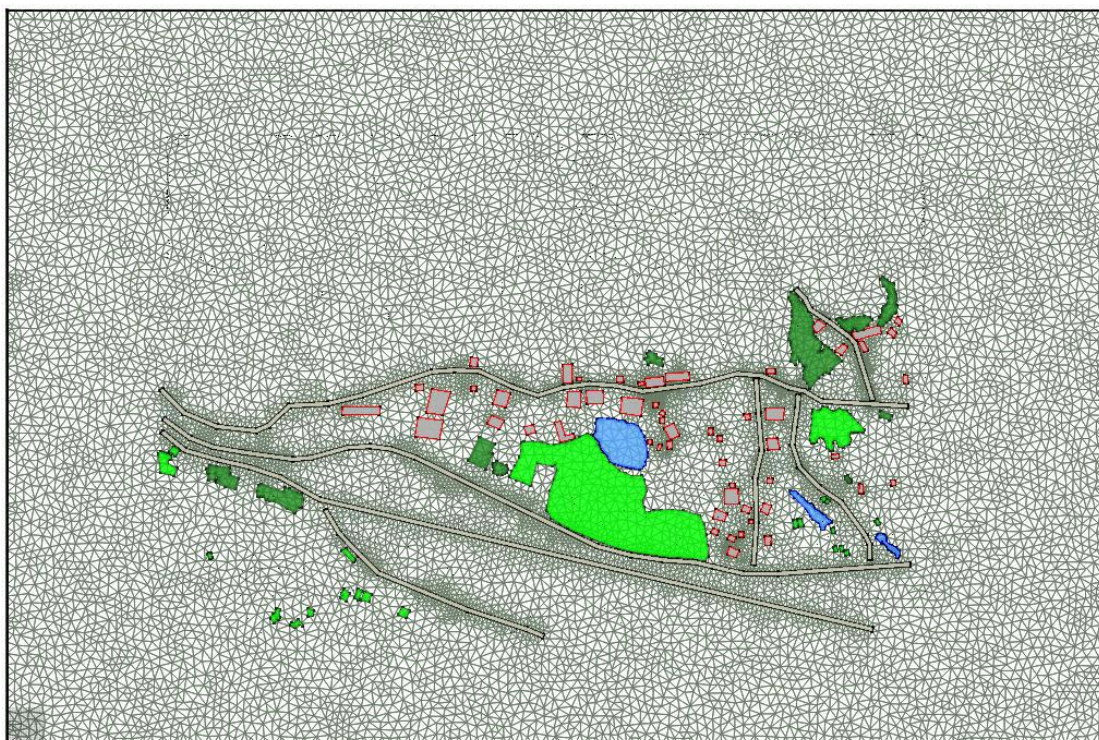
شکل ۲.۱۲ فرایند حل عددی در حلگر نرم افزار PANACHE

به دلیل اینکه تعداد زیادی از محققان مانند Richards و Hoxey، Kim و همکاران، Parker و Liu، Kinnersley و احمدی، Hargreaves و Wright، Sabatino و همکاران، Lateb و همکاران، نظری دوست و همکاران، در مدل سازی عددی پخش آلاینده ها، از مدل اغتشاشی $k - \epsilon$ استفاده کرده و صحت آن را تأیید کرده و به عنوان مدل اغتشاشی مناسبی پیشنهاد نموده اند، و ضمن اینکه تنها مدل اغتشاشی دو معادله ای موجود در PANAIR این مدل می باشد، جهت شبیه سازی عددی، از مدل اغتشاشی $k - \epsilon$ استفاده و هوا به عنوان سیال غیر قابل تراکم فرض شده است [۱]. در صورتی که تعداد المان ها ۹۸۰۰۰۰ عدد باشد، با استفاده از یک سیستم شش هسته ای با توان پردازش ۲/۸۶ GHz، و رم ۱۲ GB، زمان حل هر یک از بازه های زمانی، ۱۸ ساعت می باشد. در شکل ۲.۱۳ هندسه نهایی شبیه سازی عددی نشان داده شده است.



شکل ۲.۱۳ هندسه نهایی جهت شبیه سازی میدان سرعت در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

در شکل ۲.۱۴ شبکه تولید شده در حل عددی مشاهده می شود. شبکه تولید شده از ۹۸۰۰۰۰ المان تشکیل شده است که ابعاد کوچک ترین و بزرگ ترین المان به ترتیب ۳ و ۱۱۰ متر است.



شکل ۲.۱۴ شبکه تولید شده جهت انجام حل عددی



۳ فصل سوم

نتایج شبیه سازی عددی میدان باد در منطقه ۲۲ شهرداری تهران و اطراف آن

۳.۱ مقدمه

در فصل حاضر، نتایج مربوط به محاسبه میدان های هواشناسی مؤثر بر پخش و پراکنش آلاینده ها در منطقه ۲۲ شهرداری تهران مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه مهم ترین تأثیر بلند مرتبه سازی در منطقه ۲۲ بر روی میدان باد منطقه خواهد بود، سناریوهای مختلفی به منظور بررسی این مسئله در نظر گرفته شده و نتایج آن، با و بدون در نظر گرفتن برج ها بررسی شده است.

در این راستا، ابتدا داده های مشاهدات هواشناسی اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی مهرآباد دریافت شده و اطلاعات برای یک ماه نماینده در تابستان و زمستان مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به حجم محاسبات دینامیک سیالات محاسباتی با استفاده از نرم افزار PANACHE، شبیه سازی ها برای ساعت های منتخب انجام گرفته است. برای این منظور میانگین ساعتی میدان های هواشناسی از جمله میدان باد، پایداری جوی، دما، فشار و رطوبت نسبی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت با حذف ساعت های با الگوی هواشناسی مشابه، ساعت های ۲۴، ۸ و ۱۶ برای تابستان و ساعت های ۲۴، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ برای زمستان به منظور انجام شبیه سازی های نهایی انتخاب شده اند.

در جدول ۳.۱ ساعت های منتخب در اپیزود زمستانی و تابستانی به همراه سرعت و جهت باد و کلاس پایداری آورده شده است. برای هر یک از این ساعت ها، ضمن آماده سازی اطلاعات ورودی مورد نیاز نرم افزار شبیه سازی، میدان سه بعدی سرعت باد در دو سناریو مختلف، با و بدون اعمال برج ها، محاسبه و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته اند.

در بخش دوم، در ساعت هایی که وجود برج ها بیشترین تأثیر را بر میدان سرعت نشان داده اند، نتایج میدان سرعت با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور دو سناریوی تأثیر گذار بر میدان باد انتخاب شده و به منظور درک بهتر از توزیع میدان سرعت در دامنه محاسباتی، کانتورهای سرعت باد سطحی در اطراف ساختمان ها، بردارهای سرعت باد در سطح زمین در اطراف برج ها و کانتور میدان سرعت در صفحه عمودی در اطراف ساختمان ها ارائه شده است.

با بررسی نتایج به دست آمده، می توان با اطمینان بیشتری از نحوه توزیع میدان سرعت در صورت وجود برج ها در منطقه ۲۲ آگاه شد.

جدول ۳.۱ ساعت‌های منتخب به منظور انجام شبیه‌سازی میدان‌های هواشناسی در منطقه ۲۲ شهرداری تهران

روز نماینده	ساعت	سرعت باد (m/s)	جهت باد (deg)	کلاس پایداری
تابستانی	۲۴	۱/۷۱	۰	تابستانی
تابستانی	۸	۳/۶۹	۱۳۵	تابستانی
تابستانی	۱۶	۴/۲۹	۲۲۵	تابستانی
زمستانی	۲۴	۰/۷۶	۰	زمستانی
زمستانی	۱۲	۳/۷	۱۸۰	زمستانی
زمستانی	۱۶	۶/۴۲	۲۷۰	زمستانی
زمستانی	۲۰	۳/۵۵	۳۱۵	زمستانی

۳.۲ بررسی میدان باد سطحی و تعیین بیشترین تأثیر برج‌ها بر سرعت باد منطقه

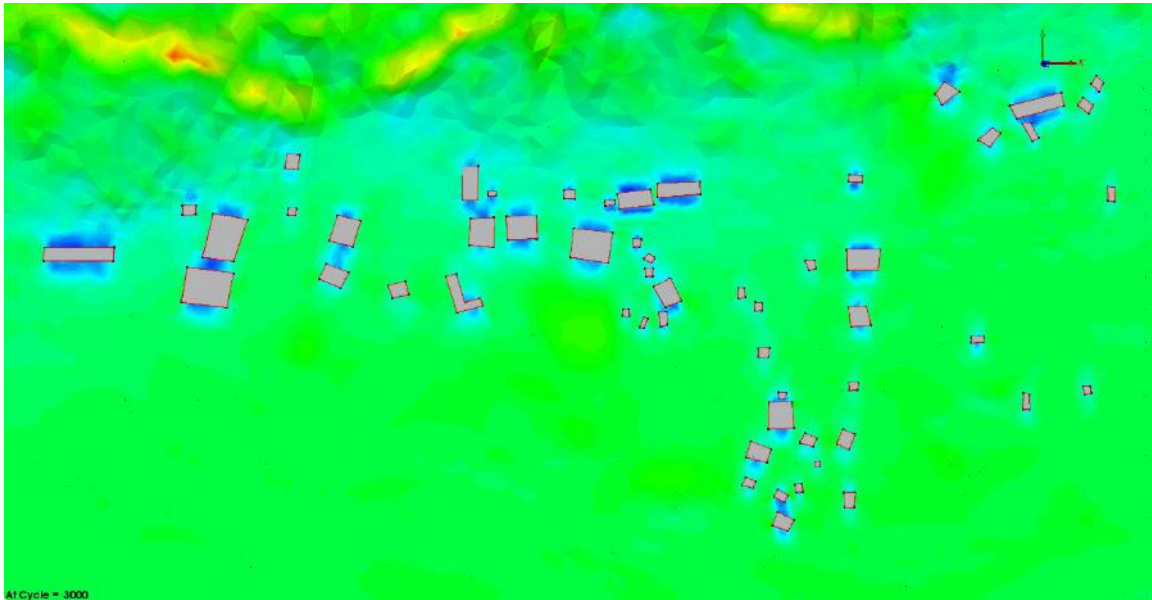
در این بخش، میدان سرعت باد در دامنه شبیه‌سازی به‌ازای تمامی ساعت‌های ذکر شده در جدول ۳.۱ ارائه شده است. هدف از این بخش، انتخاب سناریوهای تأثیرگذار بر میدان باد منطقه ۲۲ بوده تا پس از آن تغییرات سرعت باد در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گیرد.

۳.۲.۱ بررسی تأثیرگذارترین سناریوی تابستانی

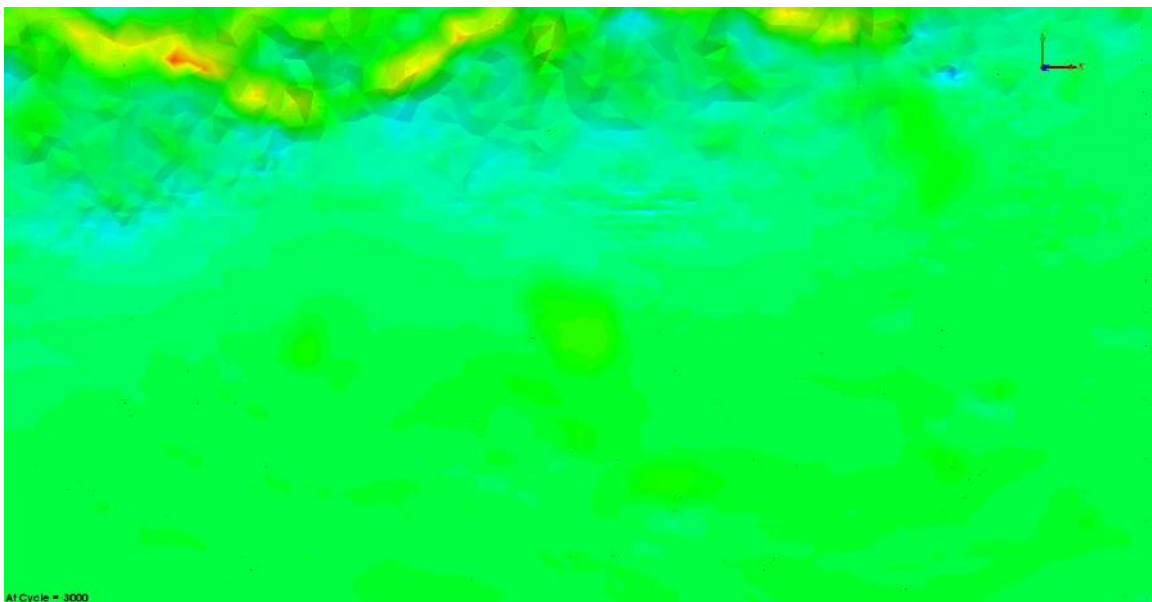
در روز نماینده تابستانی، نتایج مربوط به سه ساعت ۲۴، ۸ و ۱۶ مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۳.۱، شکل ۳.۲ و شکل ۳.۳ کانتور سرعت در سطح زمین در دو حالت وجود برج‌ها و عدم وجود برج‌ها به ترتیب برای ساعات ۲۴، ۸ و ۱۶ تابستانی نشان داده شده است.



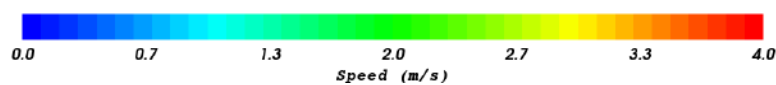
مقایسه نتایج مربوط به توزیع میدان سرعت باد در ۳ ساعت منتخب نشان می دهد که بیشترین تاثیر وجود برج ها بر میدان باد منطقه ۲۲، مربوط به ساعت ۱۶ تابستانی می باشد. بنابراین این ساعت، به عنوان ساعت منتخب، انتخاب شده و نتایج مربوط به آن با جزئیات بیشتر در قسمت های بعدی ارائه شده است.



(الف)

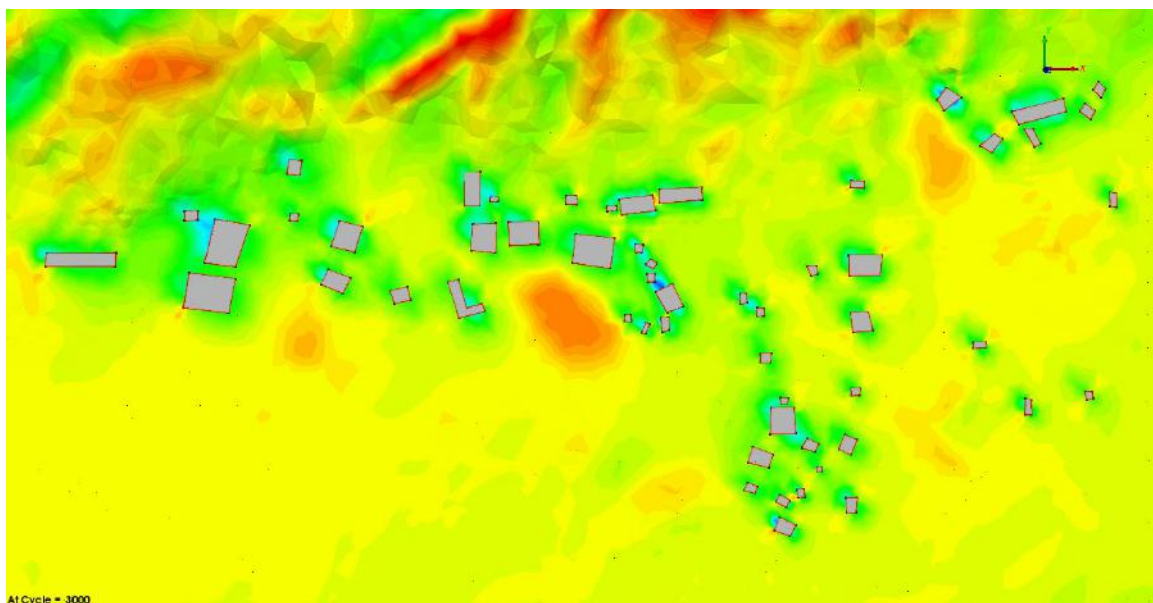


(ب)

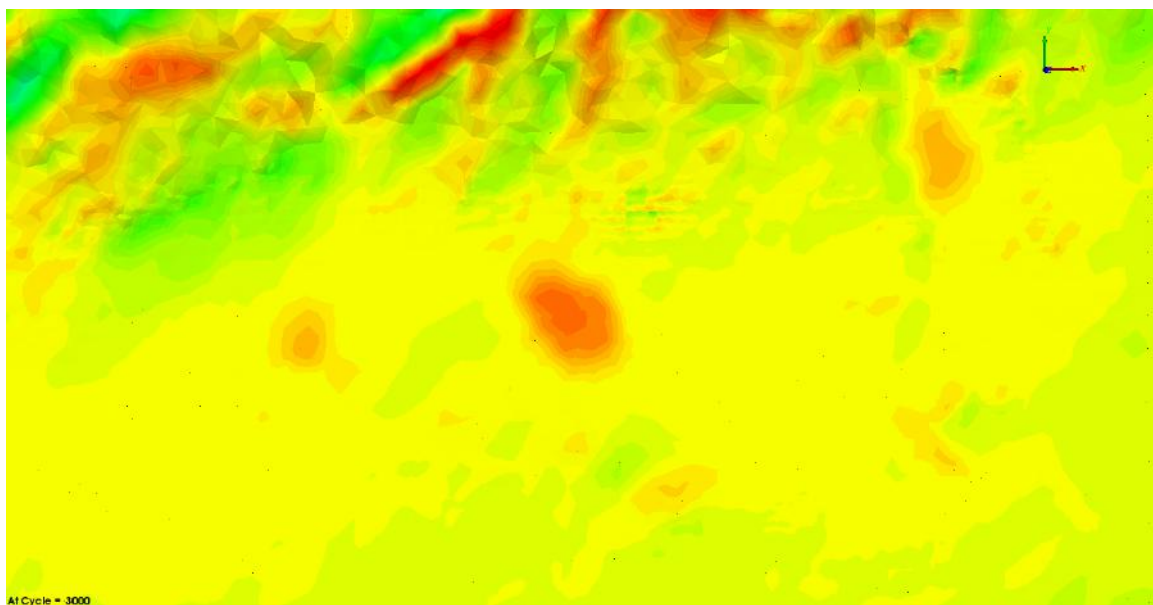


شکل ۳.۱ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۴ تابستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب)

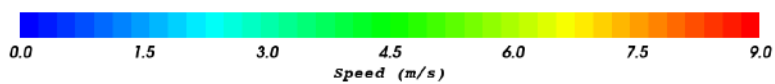
عدم وجود برج ها



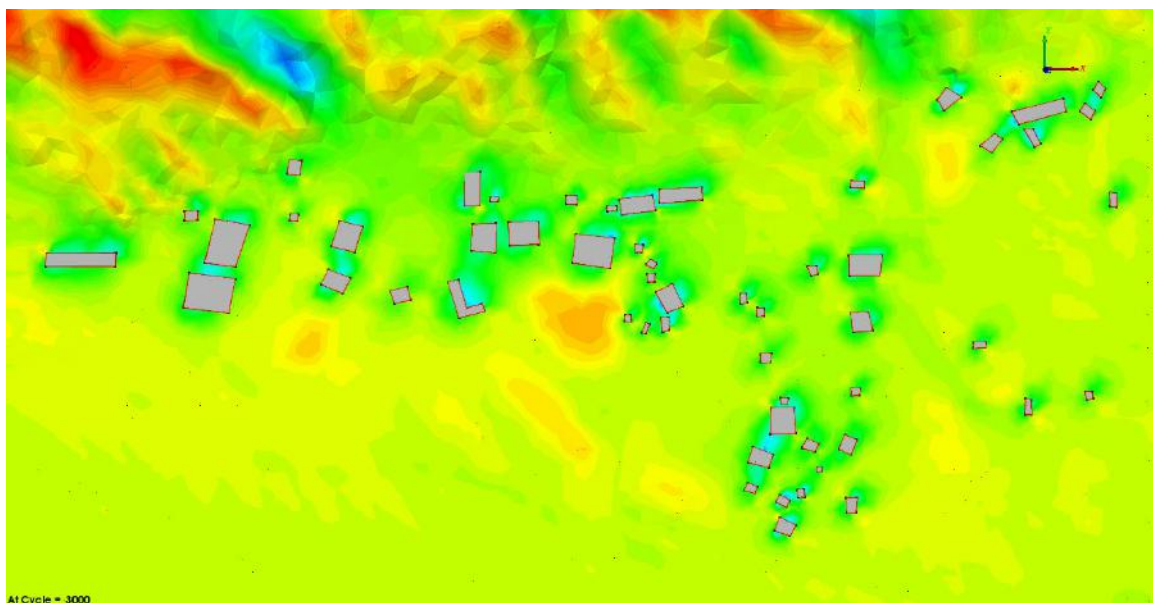
(الف)



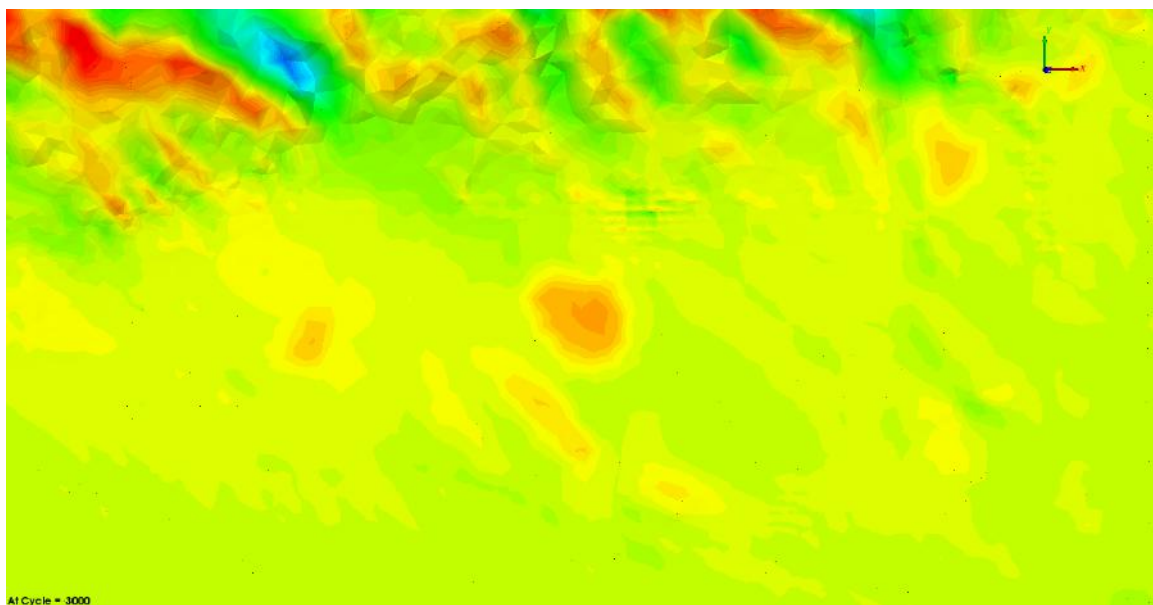
(ب)



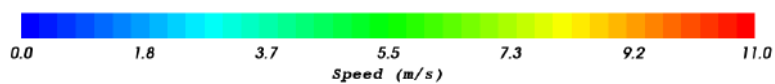
شکل ۳.۲ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۸ تابستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها



(الف)



(ب)



شکل ۳.۳ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۶ تابستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها

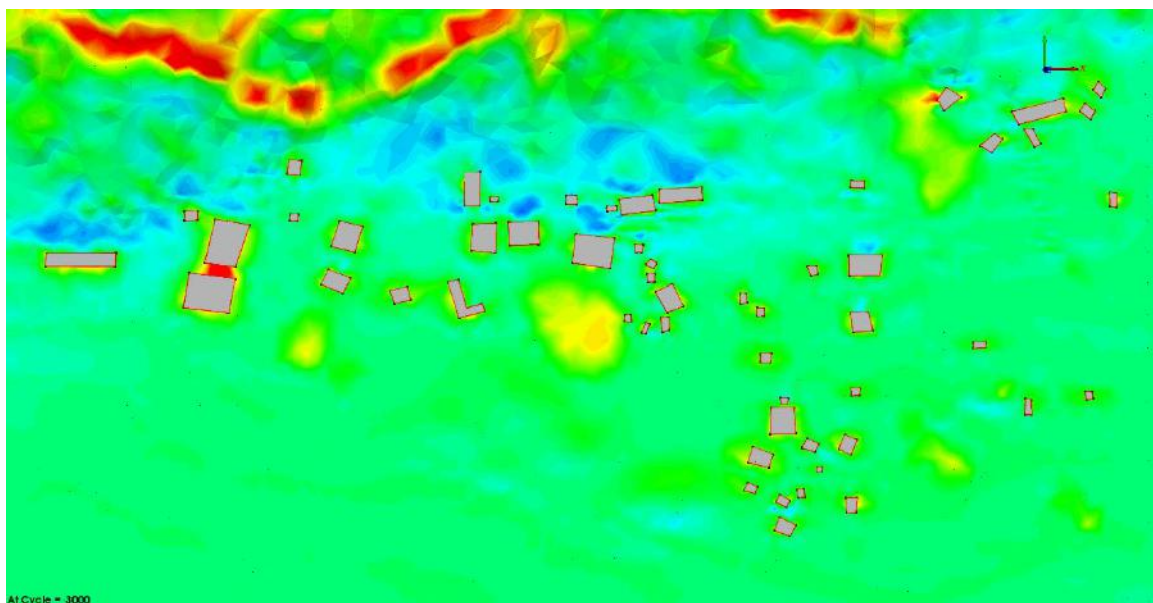
۳.۲.۲ بررسی تأثیرگذارترین سناریوی زمستانی

با توجه به وضعیت آلودگی هوای شهر تهران در فصل پاییز و زمستان، در روز نماینده زمستانی، نتایج مربوط به چهار ساعت ۲۴، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۳.۴ تا شکل ۳.۷ به ترتیب توزیع سرعت باد در سطح زمین در دو حالت وجود و عدم وجود برج‌ها و برای ساعت‌های ۲۴، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ در اپیزود شبیه‌سازی زمستانی نشان داده شده است.

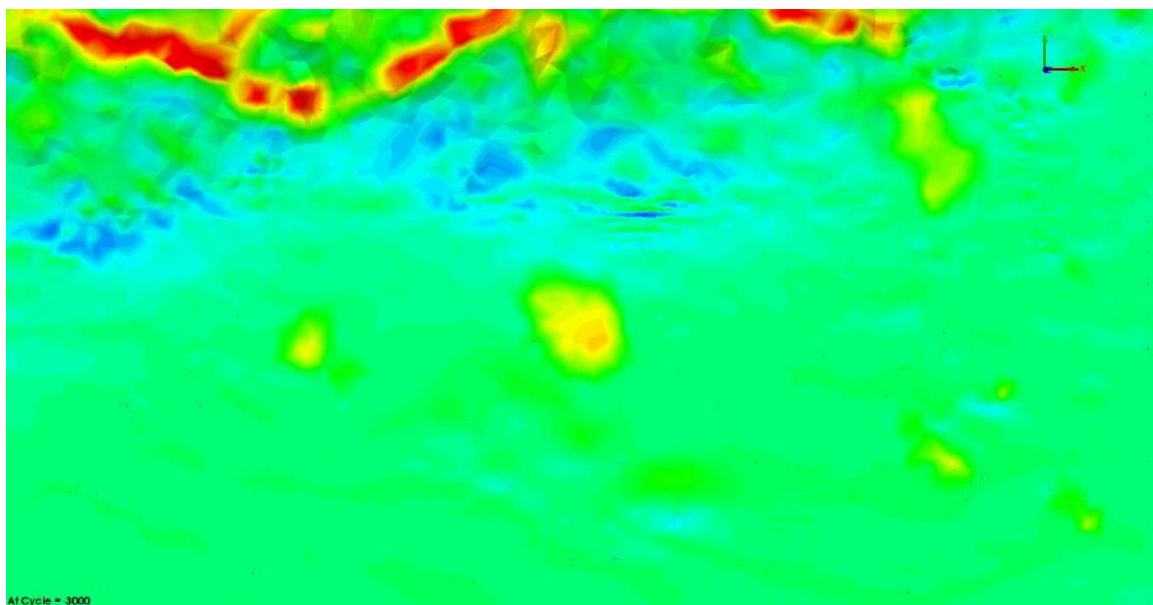
با مقایسه نتایج مربوط به چهار ساعت منتخب در اپیزود زمستانی، مشاهده می‌شود بیشترین تأثیر وجود برج‌ها بر میدان باد منطقه ۲۲، مربوط به ساعت ۲۰ می‌باشد. بنابراین در ادامه نتایج مربوط به ساعت ۲۰، با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است.



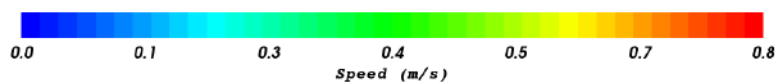
شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران



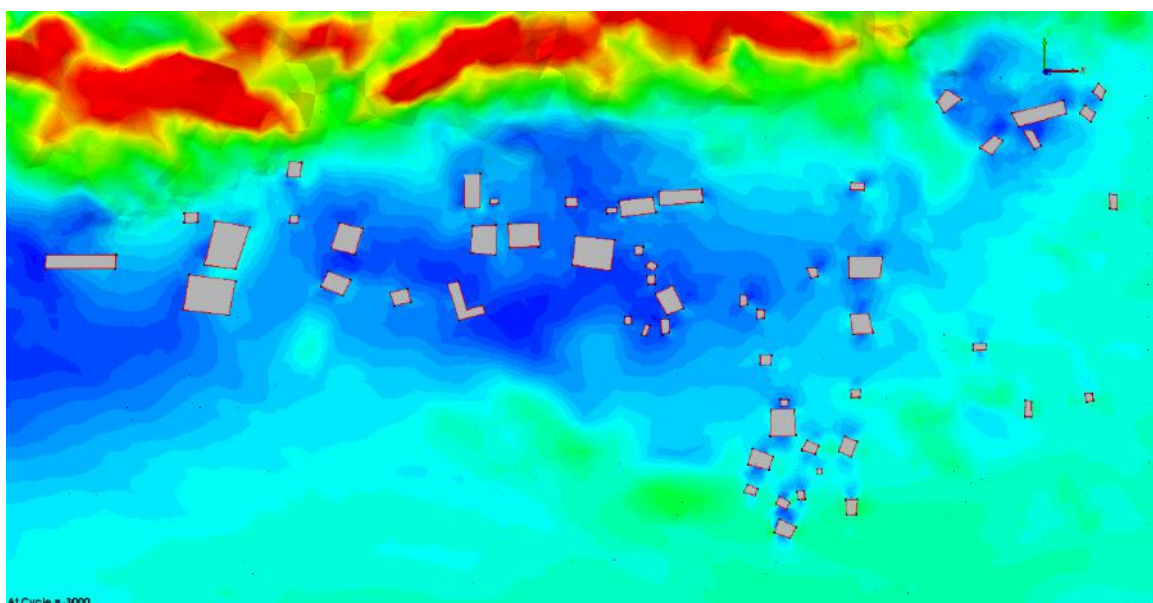
(الف)



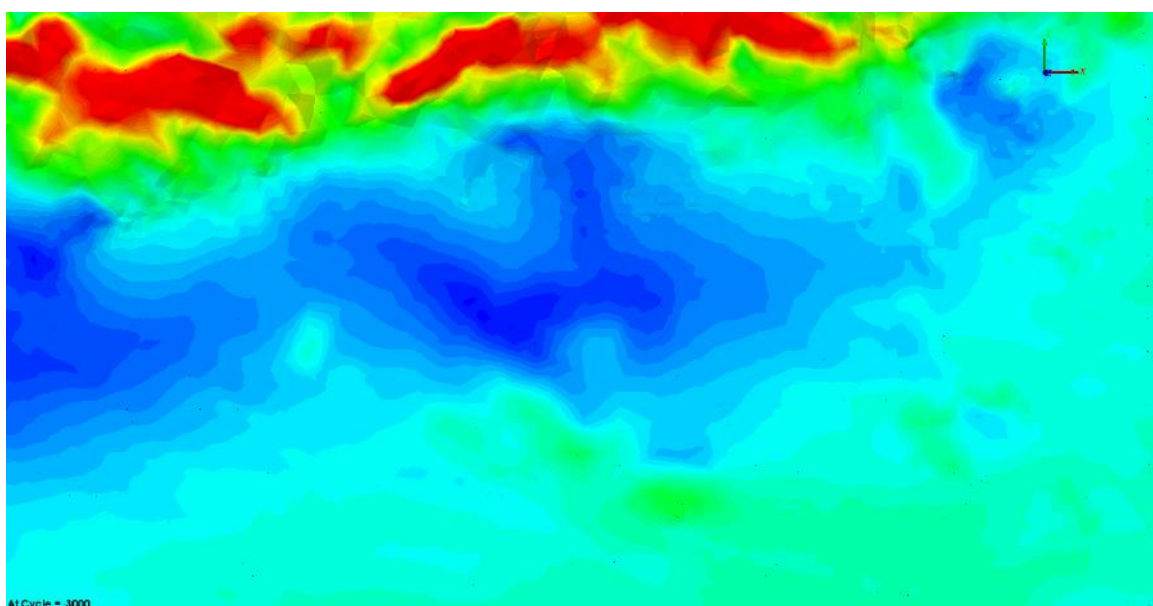
(ب)



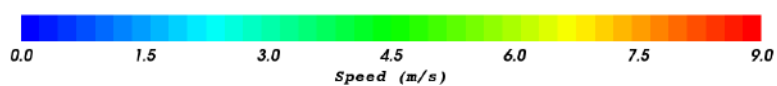
شکل ۳.۴ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۴ زمستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها



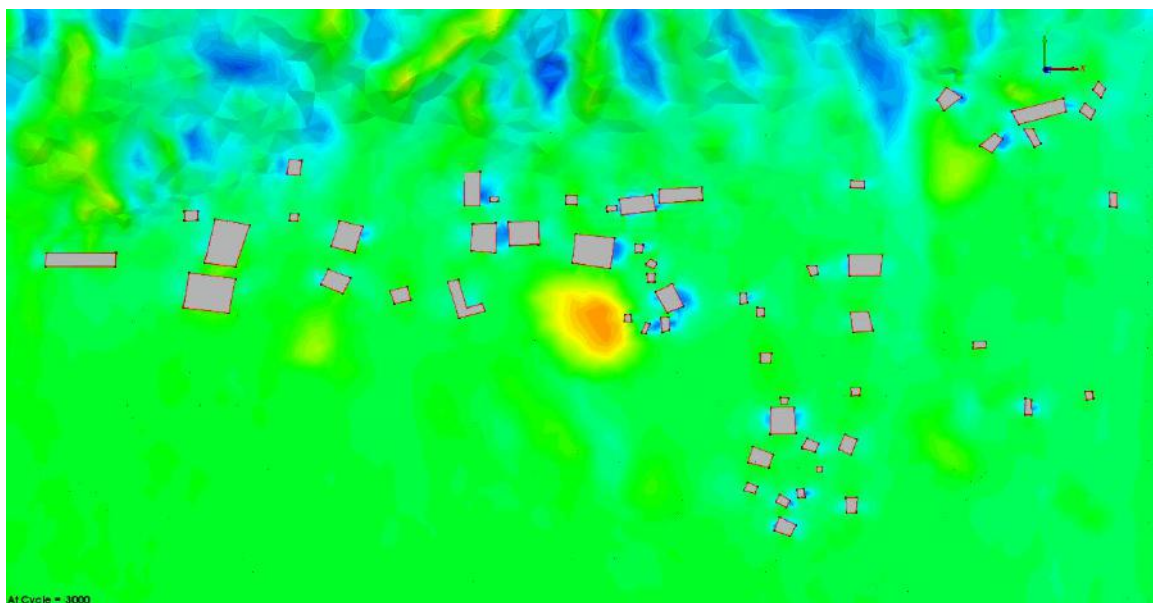
(الف)



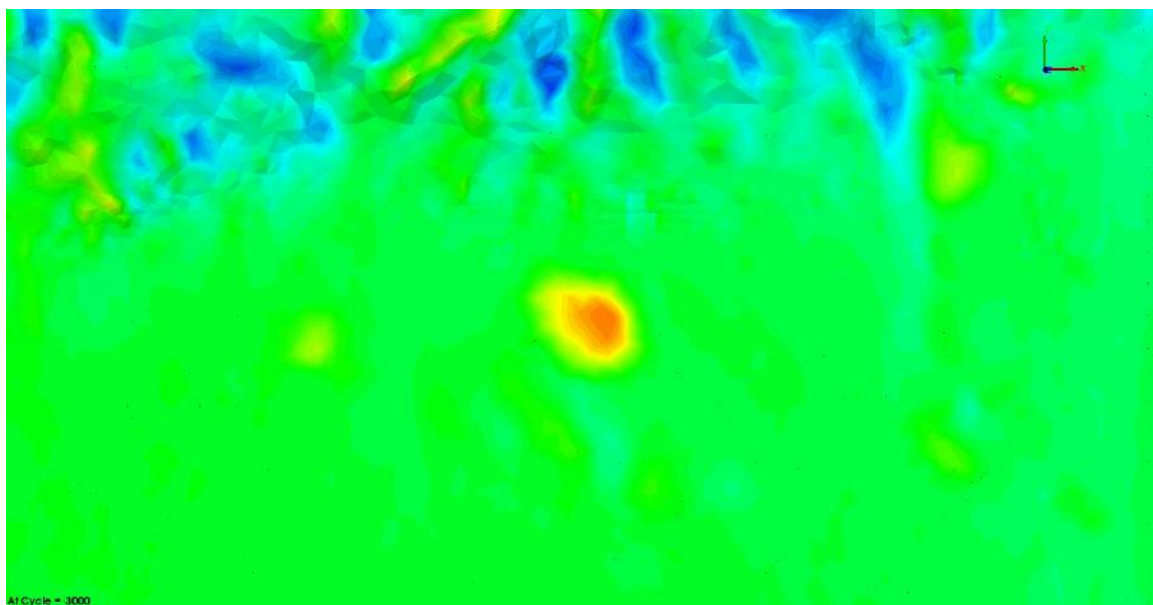
(ب)



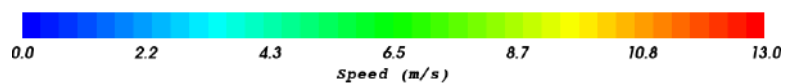
شکل ۳.۵ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۲ زمستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها



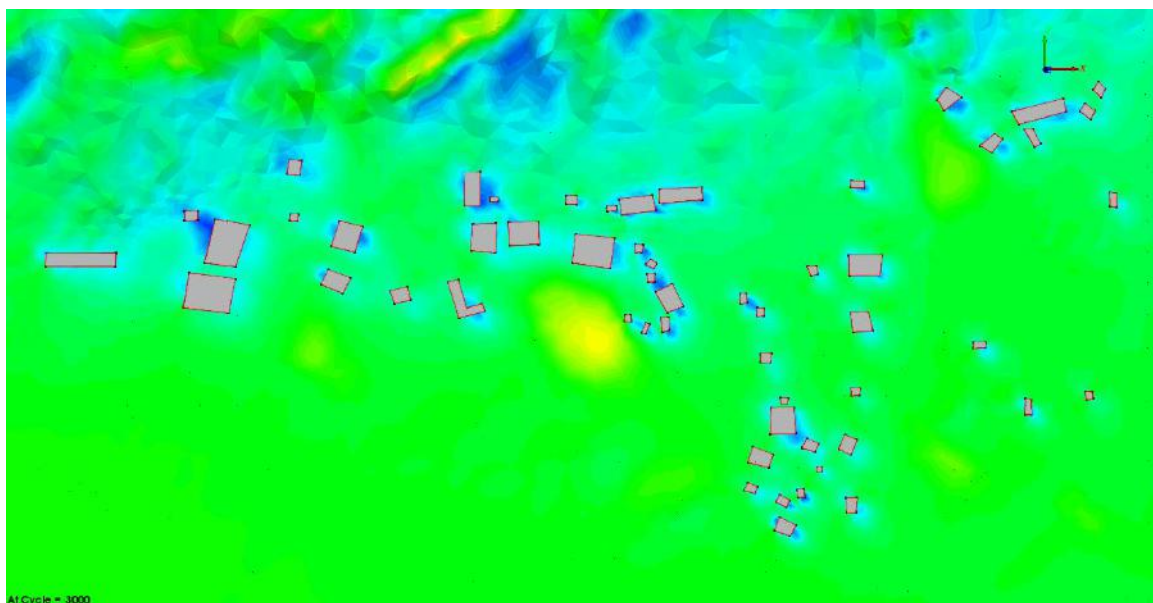
(الف)



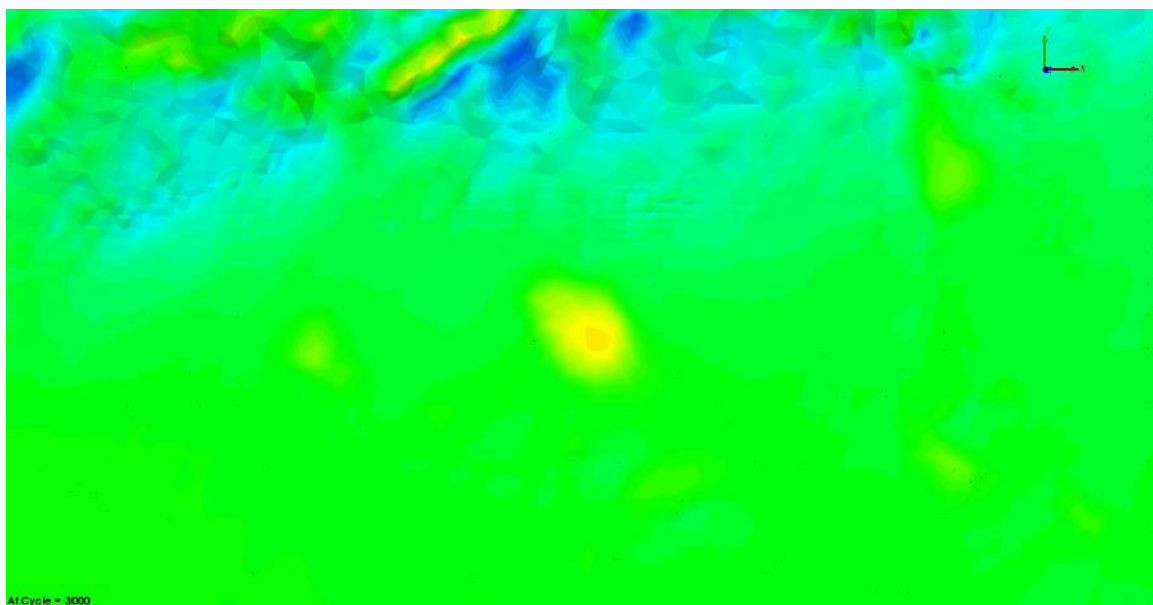
(ب)



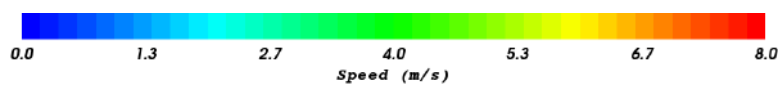
شکل ۳.۶ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۱۶ زمستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها



(الف)



(ب)



شکل ۳.۷ توزیع سرعت باد در دامنه شبیه سازی در ساعت ۲۰ زمستانی در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها

۳.۳ بررسی نتایج میدان سرعت

به منظور انجام تحلیل جامع تر در خصوص حیطه تأثیرگذاری برج های احداث شده در منطقه ۲۲ شهرداری تهران، نتایج مربوط به میدان سرعت باد در ساعت ۱۶ تابستانی و ساعت ۲۰ زمستانی، به عنوان سناریوهایی که احداث برج ها بیشترین تأثیر را بر میدان باد منطقه نشان داده اند، با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور در ادامه نتایج مربوط به پارامترهای زیر بیان شده است:

- تأثیر احداث برج ها در سرعت و جهت باد در سطح زمین
- تغییرات در سرعت باد قائم در راستای جهت باد
- تغییرات در بردارهای جهت باد در اثر احداث برج ها در منطقه
- تغییرات سرعت باد سطحی در مسیرهای مشخص در راستای عمود بر جهت باد

۳.۳.۱ نتایج مربوط به ساعت ۱۶ تابستانی

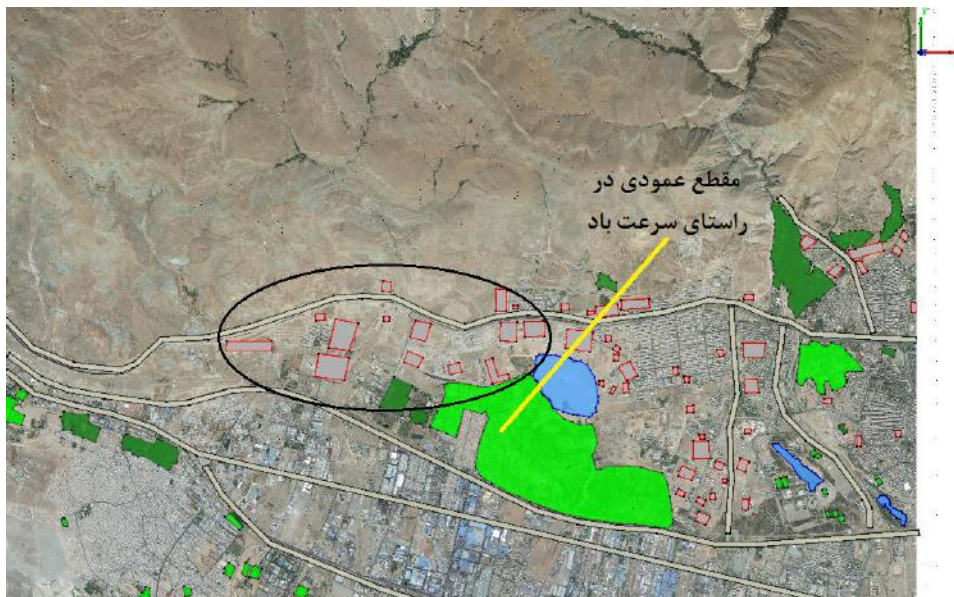
همان طور که در ابتدای این فصل اشاره شد، در ساعت ۱۶ تابستانی براساس داده های مشاهدات، باد با سرعت ۴/۲۹ متر بر ثانیه و با زاویه ۲۲۵ درجه (شمال شرقی) به عنوان ورودی شبیه سازی در مدل دینامیک سیالات محاسباتی مورد استفاده قرار گرفته و شبیه سازی میدان سرعت در منطقه انجام شده است.

همان طور که در بخش ۳.۲.۱ و ۳.۲.۲ نشان داده شد، تأثیر وجود برج ها در میدان سرعت باد منطقه وابسته به پارامترهای مختلفی از جمله سرعت و جهت باد در بالادست جریان، ابعاد و ارتفاع برج ها، موقعیت قرارگیری و فاصله برج ها نسبت به یکدیگر می باشد. نتایج توزیع میدان باد در پایین دست برج ها نشان می دهد بیشترین تأثیر احداث در محدوده اطراف هر مجموعه از برج ها بوده و به تدریج با افزایش فاصله نسبت به مجموعه برج ها در پایین دست جریان باد، تأثیر آن ها در میدان باد کلی منطقه کاهش می یابد.

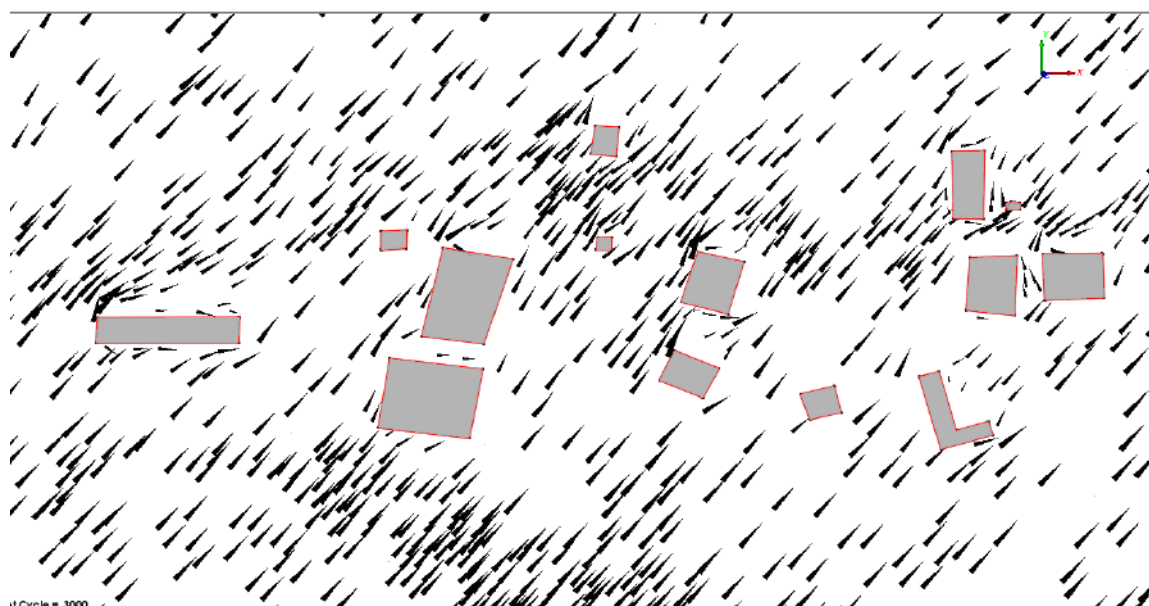
• بررسی تغییرات در الگوی باد سطحی در اثر احداث برج ها

محدوده نشان داده شده در شکل ۳.۸ (منحنی مشکی) که در برگزیده تعداد قابل توجهی از برج ها می باشد، به منظور بررسی دامنه تأثیرگذار برج ها بر میدان و جهت باد اطراف آن ها در نظر گرفته شده و

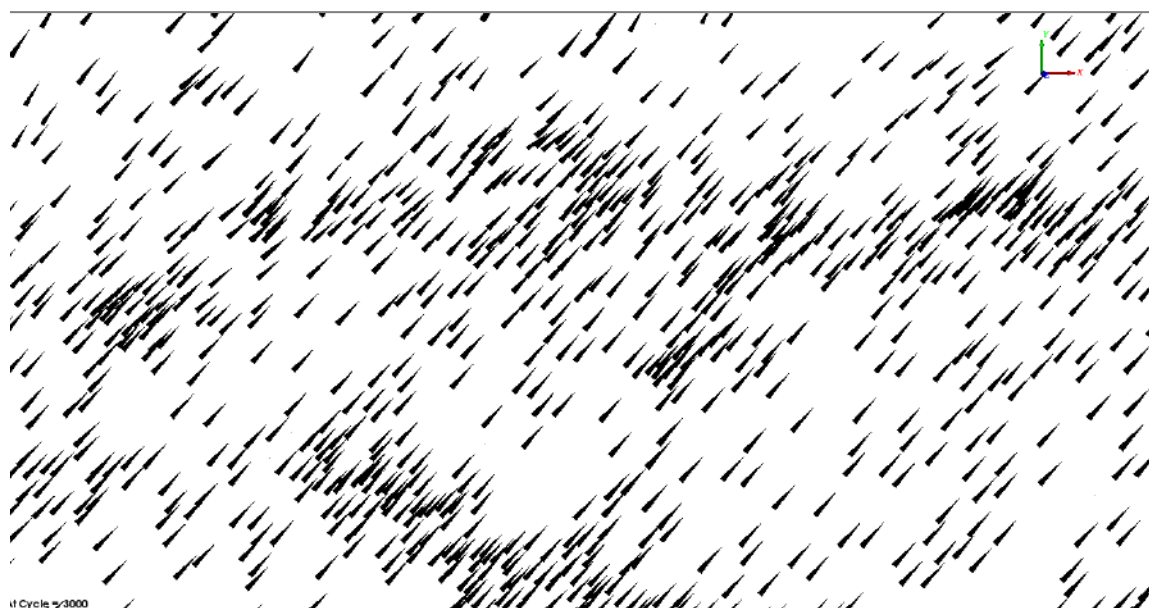
نتایج مربوطه در دو سناریوی مختلف، با و بدون اعمال برجها در دامنه شبیه سازی، در شکل ۳.۹ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود وجود برجها منجر به ایجاد تغییر در جهت باد در محدوده اطراف آنها شده است اما هر چه فاصله نسبت به برجها بیشتر شود، تفاوت میان جهت باد در مقایسه با سناریو بدون اعمال برجها در منطقه کمتر خواهد شد.



شکل ۳.۸ محدوده انتخاب شده جهت نمایش بردار سرعت (منحنی مشکی) و مقطع عمودی جهت رسم توزیع عمودی سرعت باد نسبت به سطح زمین (خط زرد)



(الف)



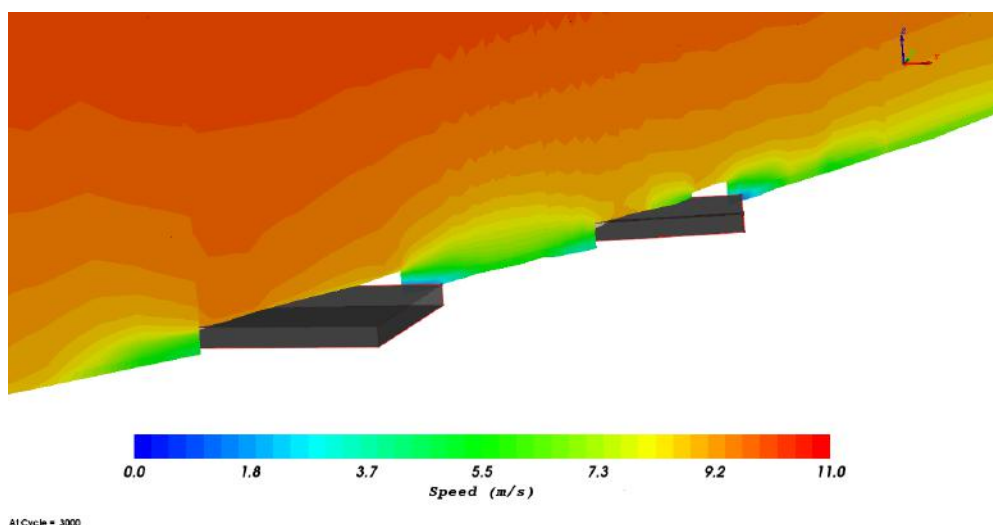
(ب)

شکل ۳.۹ توزیع جهت باد در دامنه شبیه سازی در سطح زمین در ساعت ۱۶ تابستانی و در دو حالت الف)

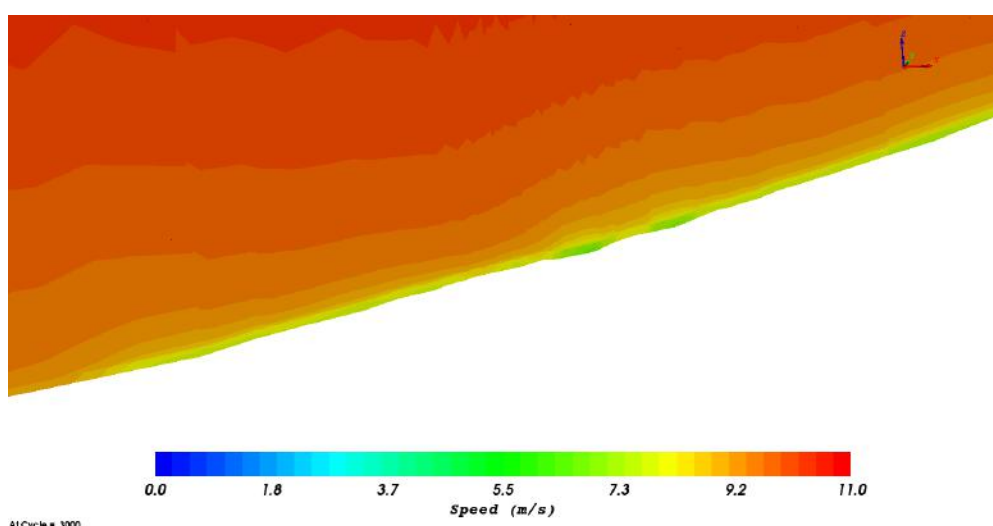
وجود برج ها و ب) عدم وجود برج ها

• بررسی تغییرات در باد قائم در اثر احداث برج‌ها

تأثیر احداث برج‌ها بر تغییرات سرعت باد در راستای قائم نسبت به سطح زمین، بر روی سطح مقطع نشان داده شده در شکل ۳.۸ که در راستای جهت باد در ساعت شبیه‌سازی در نظر گرفته شده، مورد بررسی قرار گرفته است. تغییرات سرعت باد در راستای قائم در شکل ۳.۱۰ نمایش داده شده است. مقطع انتخاب شده دو مجموعه ساختمان را قطع کرده که مشخصات ابعادی این مجموعه ساختمان‌ها به ترتیب برابر $۴۵ \times ۴۱۵ \times ۵۴۵$ و $۳۹ \times ۲۱۵ \times ۴۷۰$ متر می‌باشد.



(الف)

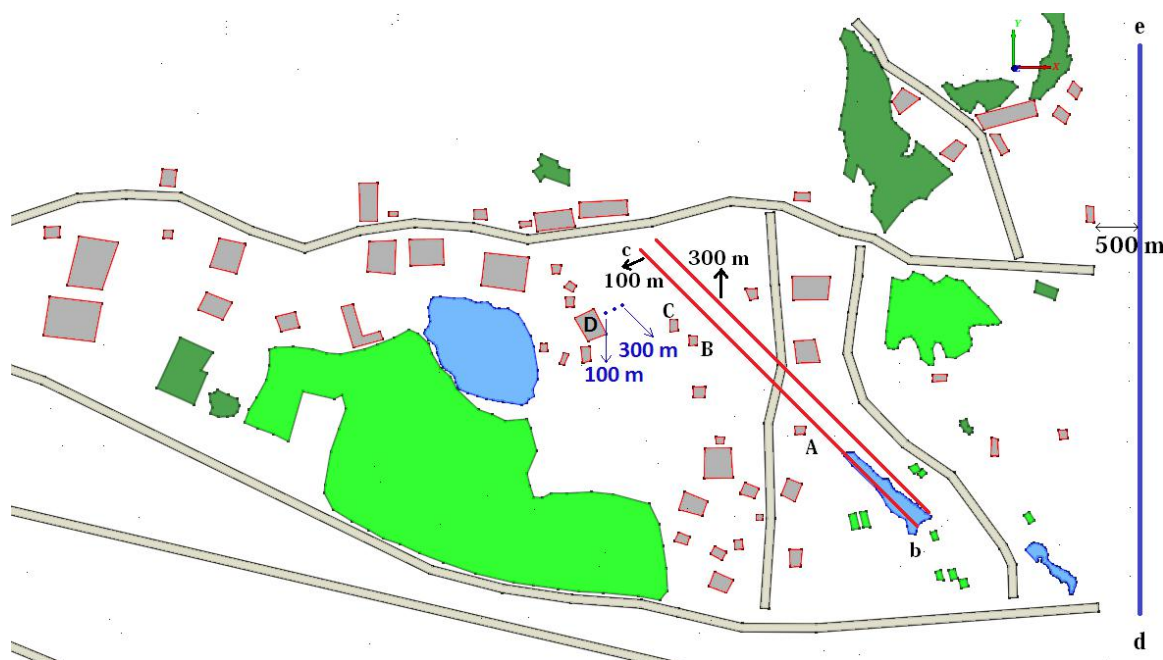


(ب)

شکل ۳.۱۰ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در راستای جریان باد برای ساعت ۱۶ تابستانی و در دو حالت

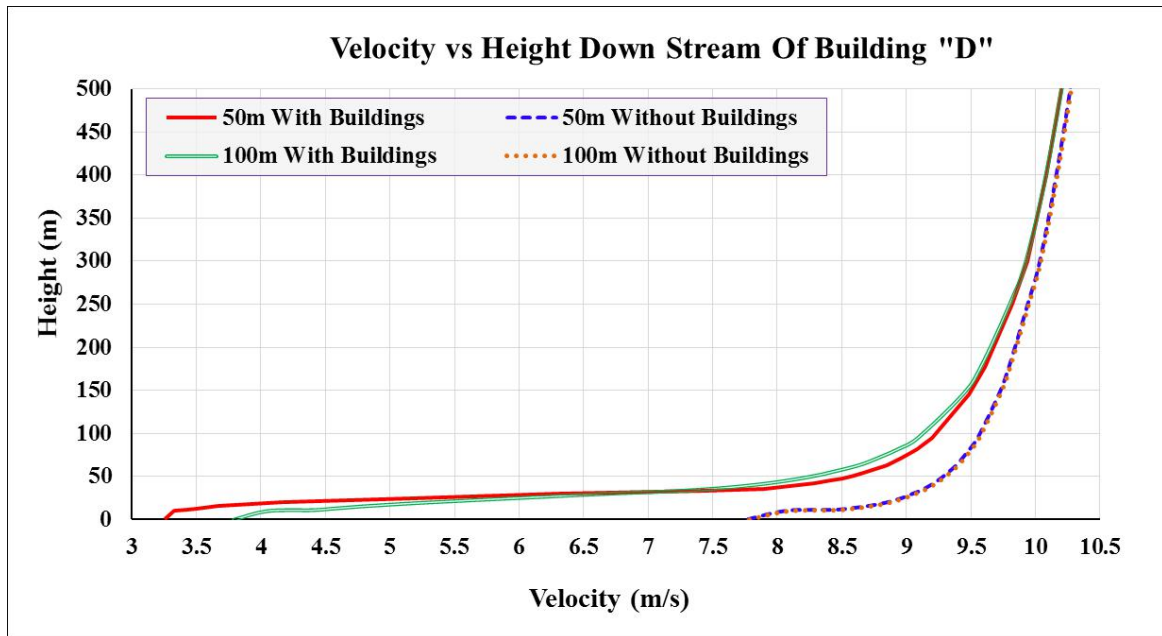
الف) وجود برج‌ها و ب) عدم وجود برج‌ها

برای بررسی دقیق‌تر تأثیر برج‌ها بر سرعت باد عمودی اطراف آن، تغییرات مقدار سرعت باد در راستای قائم نسب به سطح زمین و در پایین‌دست مجموعه ساختمان D با ابعاد $54 \times 251 \times 336$ متر که موقعیت آن در شکل ۳.۱۱ نمایش داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری در پایین‌دست ساختمان D پروفیل سرعت در امتداد قائم در دو سناریو مختلف با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها رسم شده است. به‌منظور مشاهده موقعیت این نقاط، فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری در شکل ۳.۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۳.۱۱ مسیرهای منتخب جهت رسم نمودارهای سرعت باد سطحی

پروفیل سرعت در امتداد قائم در پایین‌دست ساختمان D در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متر با و بدون وجود برج‌ها در شکل ۳.۱۲ رسم شده است. مقایسه خطوط نقطه‌چین و خطوط پیوسته نشان می‌دهد همانطور که انتظار می‌رفت، مقدار سرعت باد در اطراف مجموعه ساختمان در حالت نبود برج‌ها همواره بیش‌تر از وجود برج‌ها می‌باشد.

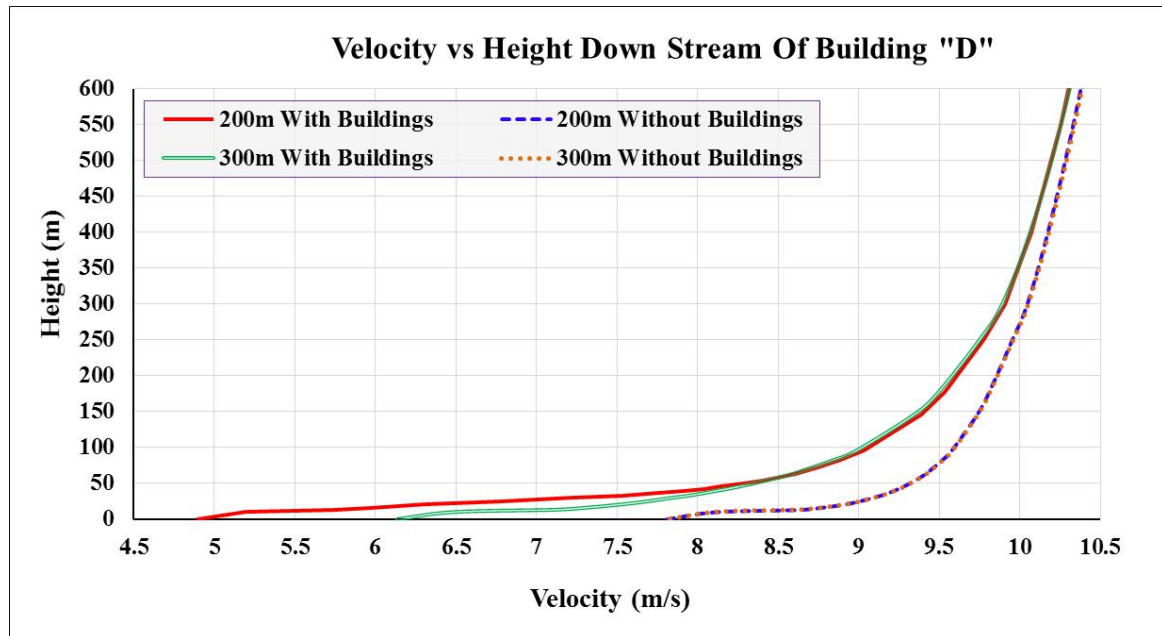


شکل ۳.۱۲: پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست ساختمان D

با توجه به شکل ۳.۱۲ در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به ترتیب برابر $4/52$ و $3/99$ متر بر ثانیه می باشد و با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۷۰ و ۹۰ متری به بعد این اختلاف به کمتر از $0/5$ متر بر ثانیه خواهد رسید. در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۳۰۰ و ۳۵۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً دو نمودار بر هم منطبق می شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج ها ناچیز خواهد بود.

اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود ساختمان در مقابل جریان باد، از سطح زمین تا ارتفاع ۵۴ متری (که برابر ارتفاع ساختمان D می باشد) دارای مقادیر بیشتری، در مقایسه با ارتفاع های بالاتر، بوده به طوریکه حداکثر اختلاف سرعت در فاصله افقی ۵۰ و ۱۰۰ متری از مجموعه ساختمان D به ترتیب برابر با $5/08$ و $4/06$ متر بر ثانیه و در ارتفاع ۱۳ و ۱۱ متری از سطح زمین اتفاق افتاده است. از ارتفاع ۵۴ متر به بالا مقدار اختلاف در سرعت باد به کمتر از $0/66$ متر بر ثانیه می رسد. به عبارت دیگر در ارتفاع های بیش از ارتفاع ساختمان، تفاوت سرعت باد در حالت وجود برج ها و نبود برج ها مقدار کمی است (حداکثر $0/66$ متر بر ثانیه در ارتفاع ساختمان D).

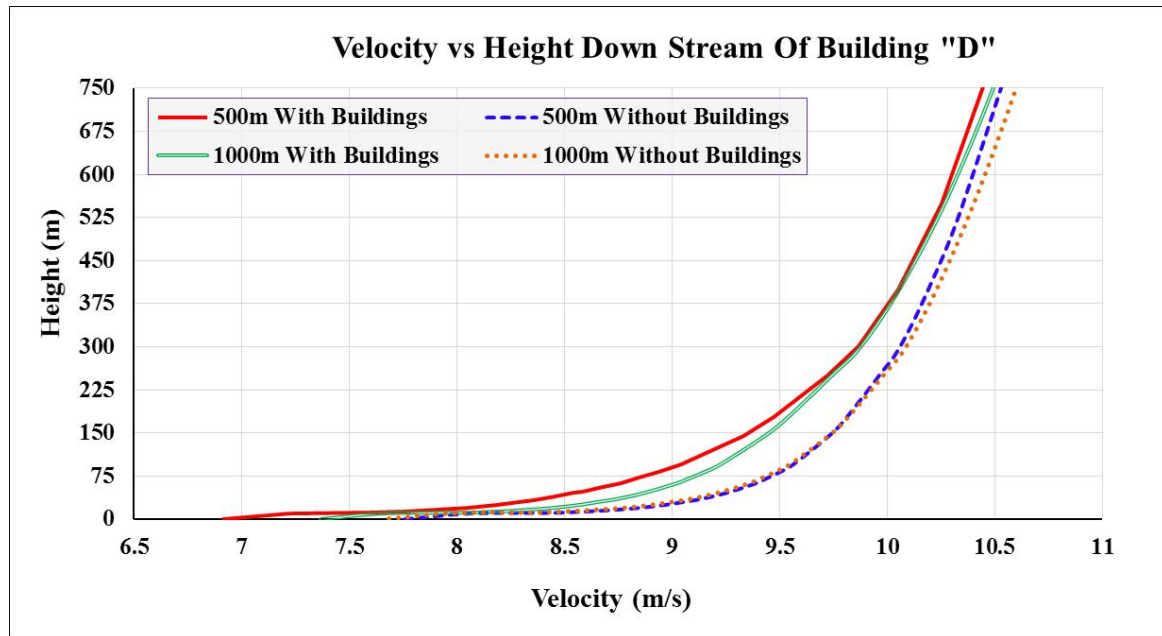
نمودارهای سرعت در فواصل ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D در حالت وجود و عدم وجود برج ها در شکل ۳.۱۳ رسم شده است.



شکل ۳.۱۳. پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D

با توجه به شکل ۳.۱۳ در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به ترتیب برابر $2/92$ و $1/69$ متر بر ثانیه می باشد و با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۱۰۰ و ۱۲۰ متری به بعد این اختلاف به کمتر از $0/5$ متر بر ثانیه خواهد رسید. در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۴۰۰ و ۴۵۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً دو نمودار بر هم منطبق می شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج ها ناچیز خواهد بود. برخلاف شکل ۳.۱۲، در شکل ۳.۱۳ مشاهده می شود که اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود مجموعه ساختمان در مقابل جریان باد، از سطح زمین به بالا همواره در حال کاهش است. به عبارت دیگر گردابه ای که در پشت برج D به واسطه وجود این برج تا فاصله ۱۰۰ متری پایین دست آن وجود داشت، از بین رفته و در فاصله ۲۰۰ متری به بعد در پایین دست ساختمان D، این گردابه وجود ندارد. بنابراین حداکثر اختلاف سرعت در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از ساختمان D به ترتیب برابر با $2/92$ و $1/69$ متر بر ثانیه است که در سطح زمین مشاهده می شود. با فاصله گرفتن از سطح زمین، این اختلاف سرعت مرتباً در حال کاهش است.

در نهایت نمودارهای سرعت در فواصل ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان D در حالت وجود و عدم وجود برج ها در شکل ۳.۱۴ نشان داده شده است.

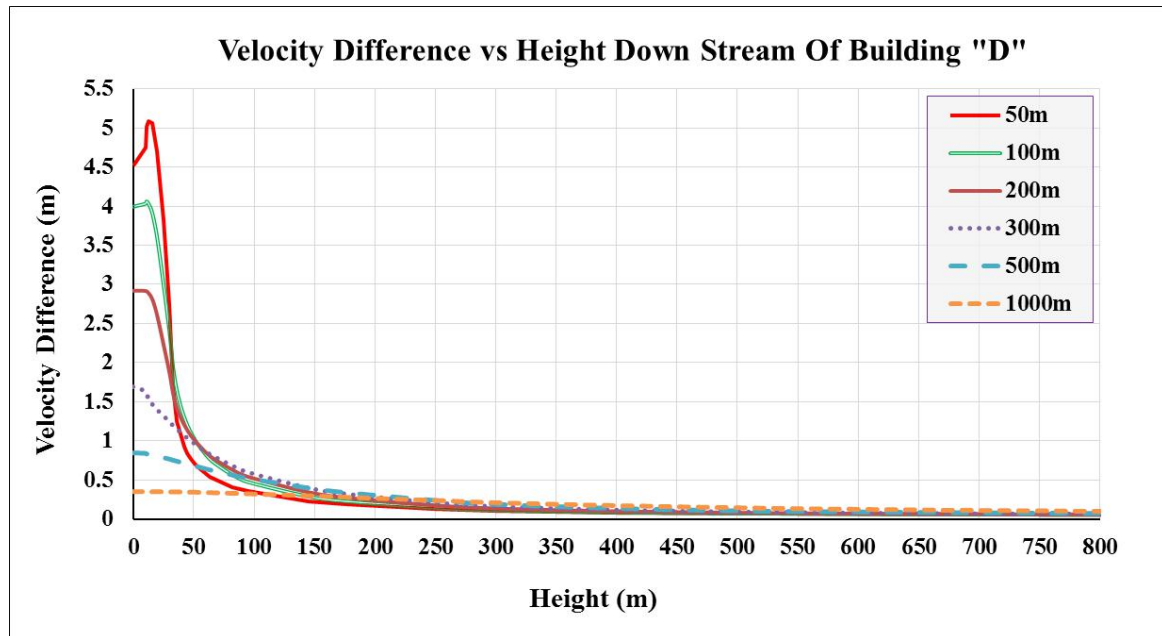


شکل ۳.۱۴ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D

با توجه به شکل ۳.۱۴ در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به ترتیب برابر 0.84 و 0.32 متر بر ثانیه می باشد و در فاصله ۵۰۰ متری پایین دست ساختمان D، با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۱۰۰ متری به بعد این اختلاف به کمتر از 0.5 متر بر ثانیه رسیده است. در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۵۵۰ و ۷۵۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً دو نمودار بر هم منطبق می شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج ها ناچیز خواهد بود.

در شکل ۳.۱۴ مشاهده می شود که اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود مجموعه ساختمان در مقابل جریان باد، در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست برج D، از سطح زمین به بالا همواره در حال کاهش است. بنابراین حداکثر اختلاف سرعت به ترتیب برابر با 0.84 و 0.35 متر بر ثانیه است که در سطح زمین مشاهده می شود. با فاصله گرفتن از سطح زمین، این اختلاف سرعت مرتباً در حال کاهش است.

به منظور ارائه تصویر بهتری از اختلاف سرعت در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها، در شکل ۳.۱۵ تغییرات اختلاف سرعت در امتداد قائم میان دو سناریو برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D رسم شده است.

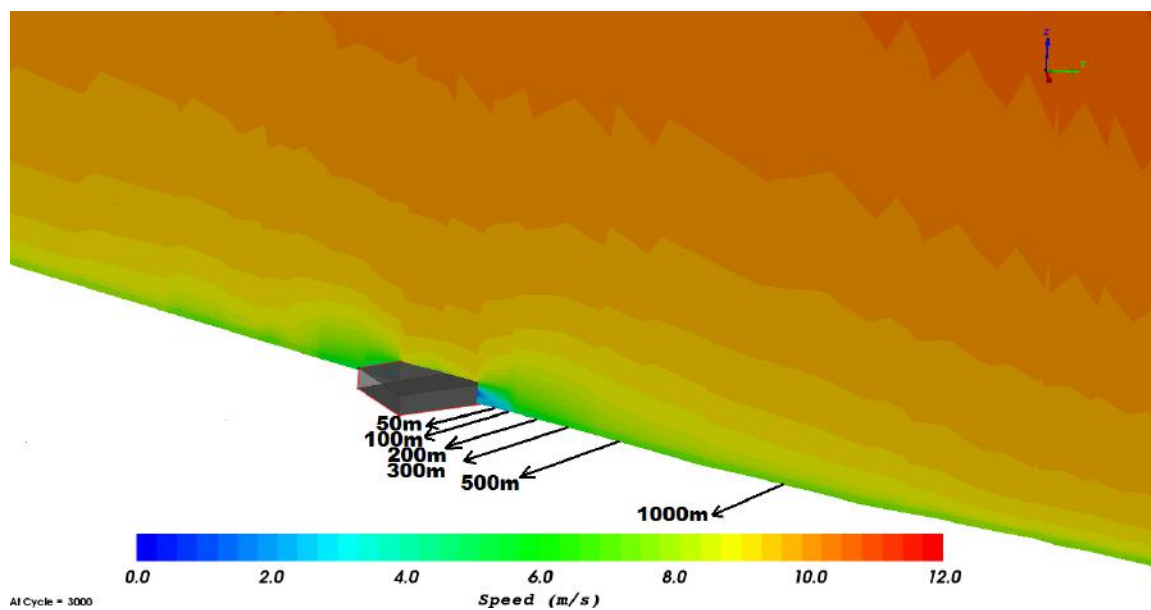


شکل ۳.۱۵ اختلاف سرعت در امتداد قائم برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D

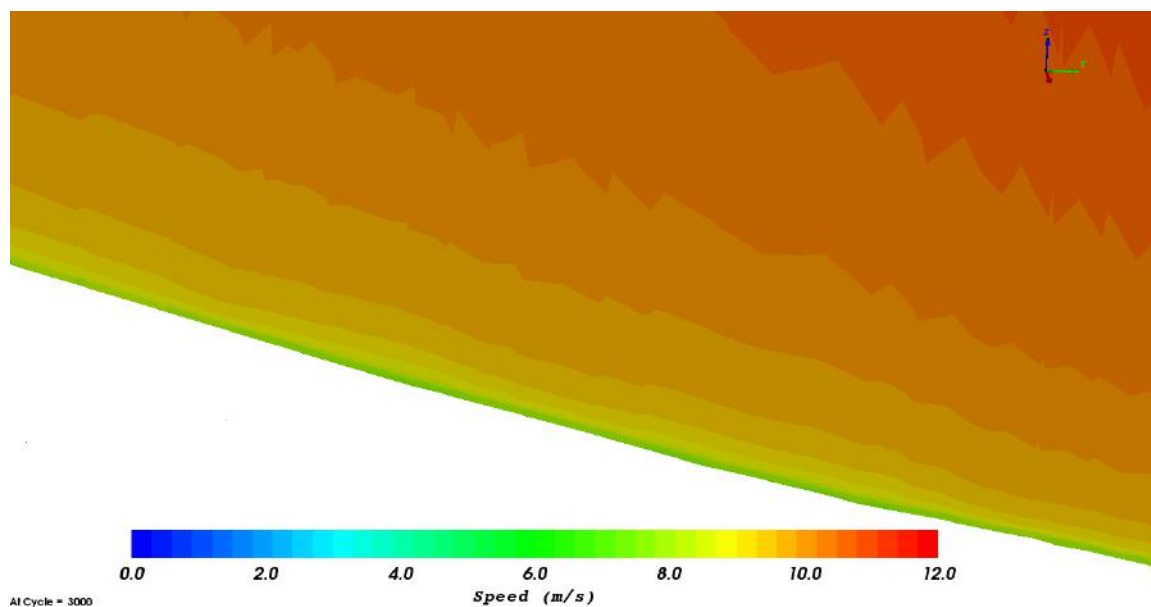
شکل ۳.۱۵ نشان می دهد با افزایش فاصله افقی از مجموعه ساختمان D اختلاف میان سرعت باد سطحی در دو سناریو با و بدون برج ها به شدت کاهش می یابد. اختلاف سرعت باد سطحی در فاصله ۵۰ متری از پایین دست ساختمان D برابر $4/52$ متر بر ثانیه بوده و با افزایش فاصله از ساختمان در ۱۰۰۰ متری به $0/32$ متر بر ثانیه می رسد.

به منظور درک بهتر از جریان باد در اطراف ساختمان D کانتور سرعت در صفحه عمودی در محل ساختمان D، در شکل ۳.۱۶ رسم شده است.

در جدول ۳.۲ مقایسه کمی تأثیر برج ها بر میدان سرعت در موقعیت ساختمان D و در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۳.۱۶ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در موقعیت ساختمان D و در دو حالت الف) وجود برج‌ها و ب) عدم وجود برج‌ها



جدول ۳.۲ مقایسه کمی تاثیر برج ها بر میدان سرعت عمودی در منطقه ۲۲

فاصله افقی در پایین دست برج D (m)						پارامتر مورد بررسی
۱۰۰۰	۵۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	
۷/۷۲	۷/۷۶	۷/۸۳	۷/۸۱	۷/۷۸	۷/۷۷	سرعت در سطح زمین در صورت نبود برج ها
۷/۳۷	۶/۹۱	۶/۱۴	۴/۸۹	۳/۷۹	۳/۲۶	سرعت در سطح زمین در صورت احداث برج ها
۰/۳۵	۰/۸۴	۱/۶۹	۲/۹۲	۳/۹۹	۴/۵۲	اختلاف سرعت سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها
۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۳۵	اختلاف سرعت در ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها
۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۵	اختلاف سرعت در ارتفاع ۲۰۰ متر از سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها

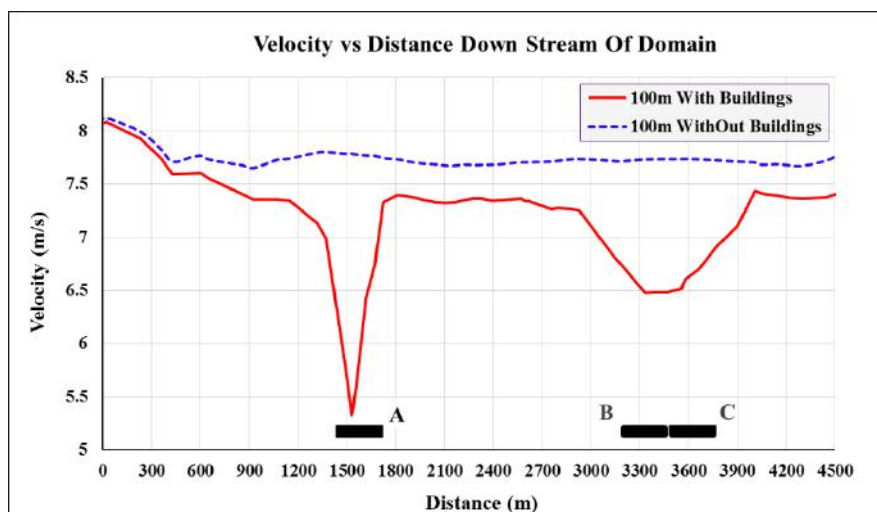
• بررسی تغییرات سرعت باد سطحی بر روی مسیرهای فرضی عمود بر جهت باد

به منظور کمی سازی مقدار سرعت باد و مشاهده تاثیر وجود برجها در منطقه ۲۲، تغییرات سرعت باد در مسیرهای منتخب عمود بر جهت وزش باد رسم شده است. برای این منظور، همان طور که در شکل ۳.۱۱ نشان داده شده است، در پایین دست مجموعه ای از برجها، مسیرهایی عمود بر راستای میدان باد، (خط-b-c) رسم شده و مقدار سرعت باد در راستای این خط، از نقطه b تا نقطه c به طول حدوداً ۴۵۰۰ متر، استخراج شده است.

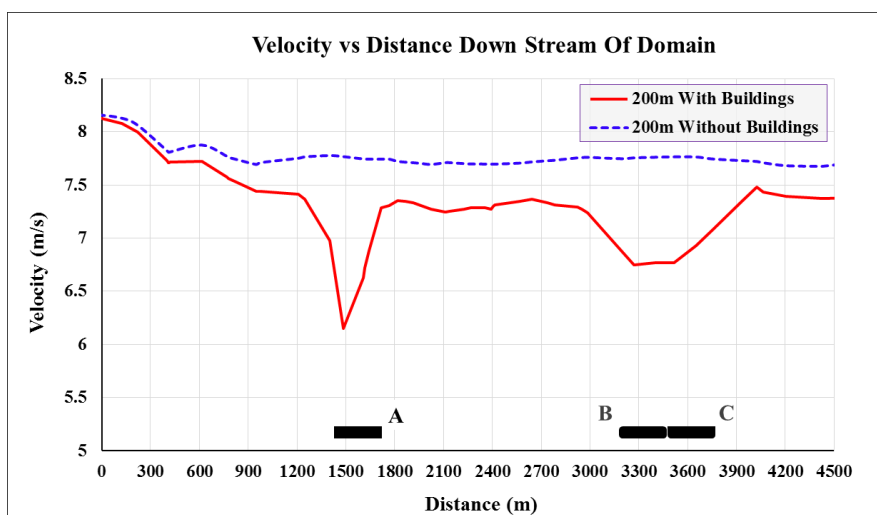
به منظور بررسی فاصله تاثیر گذاری برجها، خطوط موازی خط bc با فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری در پایین دست مجموعه برجهای انتخاب شده، در نظر گرفته شده اند و مقدار سرعت باد بر روی این مسیرها استخراج و مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که برجهای A، B و C در بالادست خط b-c، به ترتیب نزدیک ترین فاصله را با خط b-c دارند.

در شکل ۳.۱۷ تغییرات سرعت باد در طول مسیرهای انتخاب شده در راستای عمود بر جهت باد (خط-b-c) در فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از برج A (شکل ۳.۱۱) و در دو سناریو مختلف، با و بدون اعمال برجها، رسم شده است.

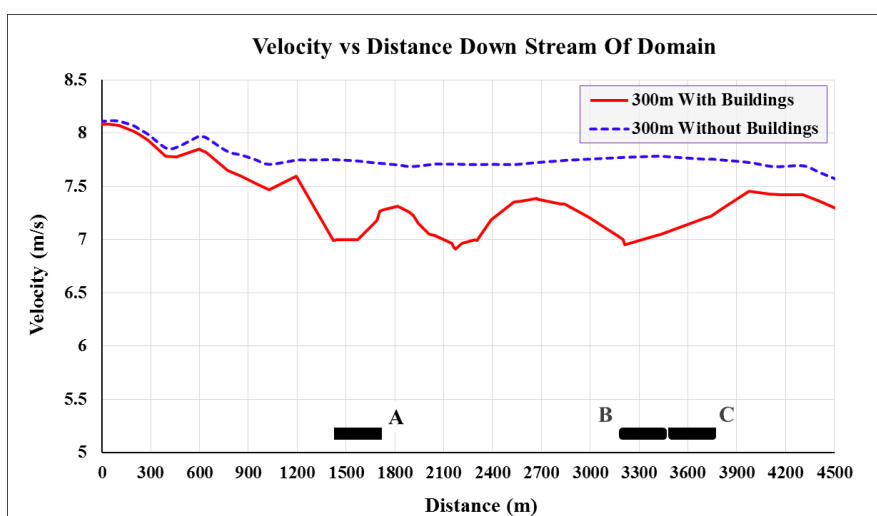
در سناریو شبیه سازی میدان باد بدون در نظر گرفتن برجها در منطقه ۲۲ (خطوط چین در شکل ۳.۱۷)، مقدار سرعت باد در طول خط b-c و در فواصل مختلف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست برج A، تفاوت چندانی نداشته و حداکثر اختلاف در حدود ۰/۲۳ متر بر ثانیه می باشد که نشان از یکنواختی میدان سرعت در صورت عدم وجود برجها دارد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳.۱۷ نمودار سرعت باد در امتداد خط bc و در فاصله الف (۱۰۰متر، ب) ۲۰۰متر، و ج) ۳۰۰ متری از برج A

تغییرات سرعت باد در طول مسیر b-c در سناریو اعمال برج‌ها در منطقه، نشان می‌دهد که سرعت باد همواره کمتر از حالت پایه بدون اعمال برج‌ها بوده و این اختلاف درست در پایین‌دست موقعیت برج‌های A، B و C در فاصله ۱۰۰ متری از برج A، که در شکل ۳.۱۷ نشان داده شده است، بیشتر می‌باشد. موقعیت برج A، B و C نسبت به نقطه b در شکل ۳.۱۷ نشان داده شده است. برج A در فاصله ۱۶۰۰ متری از نقطه b، و برج‌های B و C در فاصله حدود ۳۳۰۰ و ۳۶۰۰ متری از نقطه b قرار گرفته‌اند.

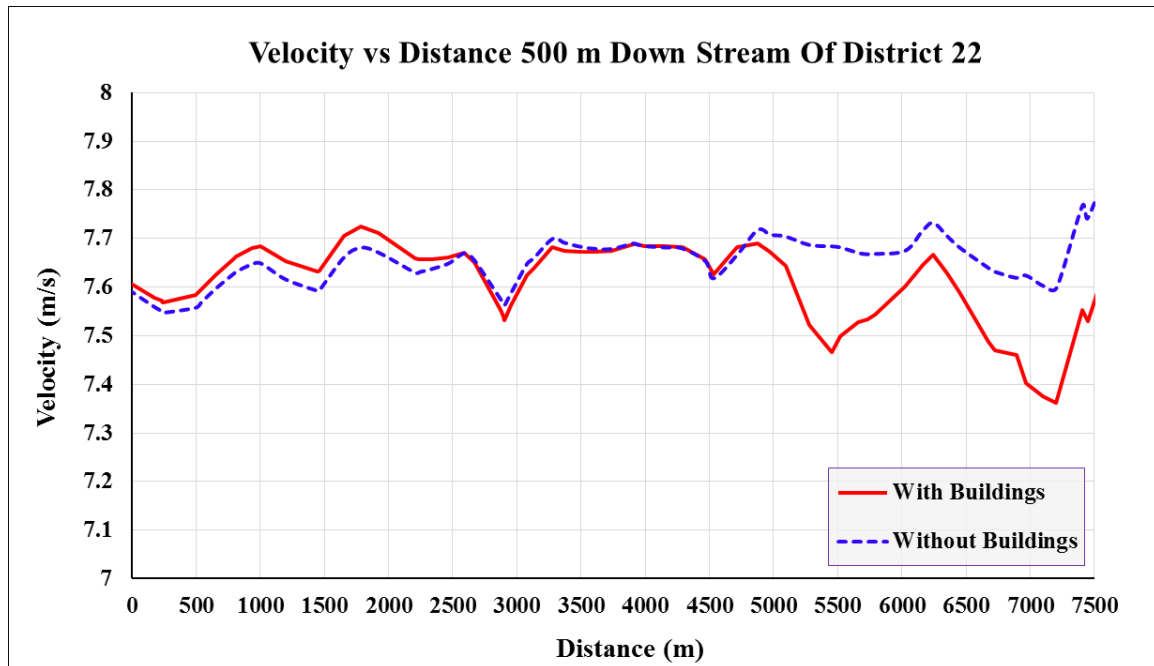
میانگین سرعت در مسیر b-c در ۱۰۰ متری پایین‌دست ساختمان A در حالت با و بدون اعمال ساختمان‌ها به ترتیب ۷/۱۶ و ۷/۷۴ متر بر ثانیه است. این مقادیر در فاصله ۲۰۰ متری پایین‌دست به ترتیب ۷/۳۱ و ۷/۷۶ متر بر ثانیه بوده و در فاصله ۳۰۰ متری به ۷/۳۷ و ۷/۷۸ متر بر ثانیه می‌رسد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف سرعت در حالت وجود و عدم وجود برج‌ها در مسیر b-c در فاصله ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری به ترتیب ۰/۵۸، ۰/۴۴، و ۰/۴۱ متر بر ثانیه می‌باشد که در جدول ۳.۳ متوسط و بیشینه اختلاف میان دو سناریو با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها در طول مسیر b-c و به تفکیک فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از برج A نشان داده شده است.

جدول ۳.۳ متوسط و بیشینه اختلاف سرعت میان دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها در طول مسیر b-c به

تفکیک فاصله از برج A

فاصله افقی در پایین‌دست برج A (m)			پارامتر مورد بررسی
۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	
۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۵۸	متوسط اختلاف سرعت بین دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها (m/s)
۰/۸۳	۱/۶۱	۲/۴۶	بیشینه اختلاف سرعت بین دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها (m/s)

به منظور بررسی تأثیر بلند مرتبه‌سازی بر میدان باد ورودی به شهر تهران، مسیر d-e در شکل ۳.۱۱ انتخاب، و نمودار سرعت در طول این مسیر در شکل ۳.۱۸ رسم شده است. مسیر d-e به صورت عمودی و در راستای جنوب به شمال و در شرق منطقه ۲۲ شهرداری تهران در نظر گرفته شده و به نحوی بیانگر مسیر باد ورودی به شهر تهران می‌باشد.



شکل ۳.۱۸. نمودار سرعت باد در شرق منطقه ۲۲ در امتداد مسیر d-e

میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج‌ها به ترتیب برابر با ۷/۶۱ و ۷/۶۵ متر بر ثانیه می‌باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برج‌ها ۰/۰۴ متر بر ثانیه است.

بررسی جامع انجام گرفته در اپیزود انتخابی در تابستان نشان می‌دهد که وجود برج‌ها در محدوده اطراف آن‌ها تأثیرگذار بوده و باعث کاهش سرعت باد میانگین خواهد شد اما با افزایش فاصله نسبت به برج و در پایین دست آن، تأثیر برج بر میدان باد سطحی و لایه‌های بالاتر کاهش پیدا کرده و در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد یافت. در نتیجه انتظار می‌رود ساختمان‌های منطقه ۲۲ شهرداری تهران، در اپیزود تابستان، تأثیر چندانی بر پخش و پراکنش آلاینده‌ها در شهر تهران نداشته باشد.

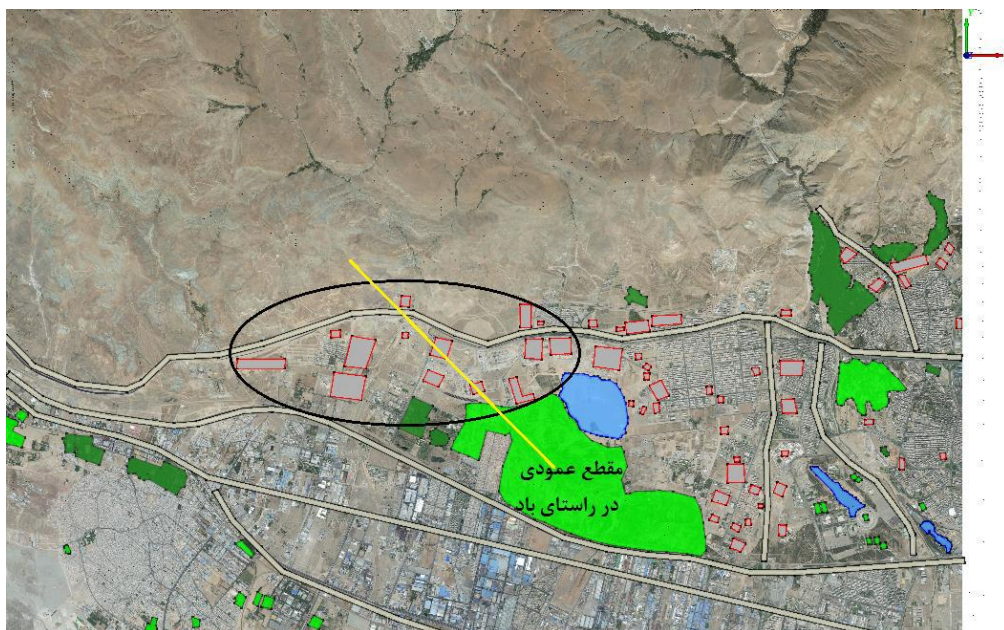
۳.۳.۲ نتایج مربوط به ساعت ۲۰ زمستانی

همان طور که در ابتدای این فصل اشاره شد، در ساعت ۲۰ زمستانی براساس داده های مشاهدات، باد با سرعت ۳/۵۵ متر بر ثانیه و با زاویه ۳۱۵ درجه (جنوب شرقی) به عنوان ورودی شبیه سازی در مدل دینامیک سیالات محاسباتی مورد استفاده قرار گرفته و شبیه سازی میدان سرعت در منطقه انجام شده است.

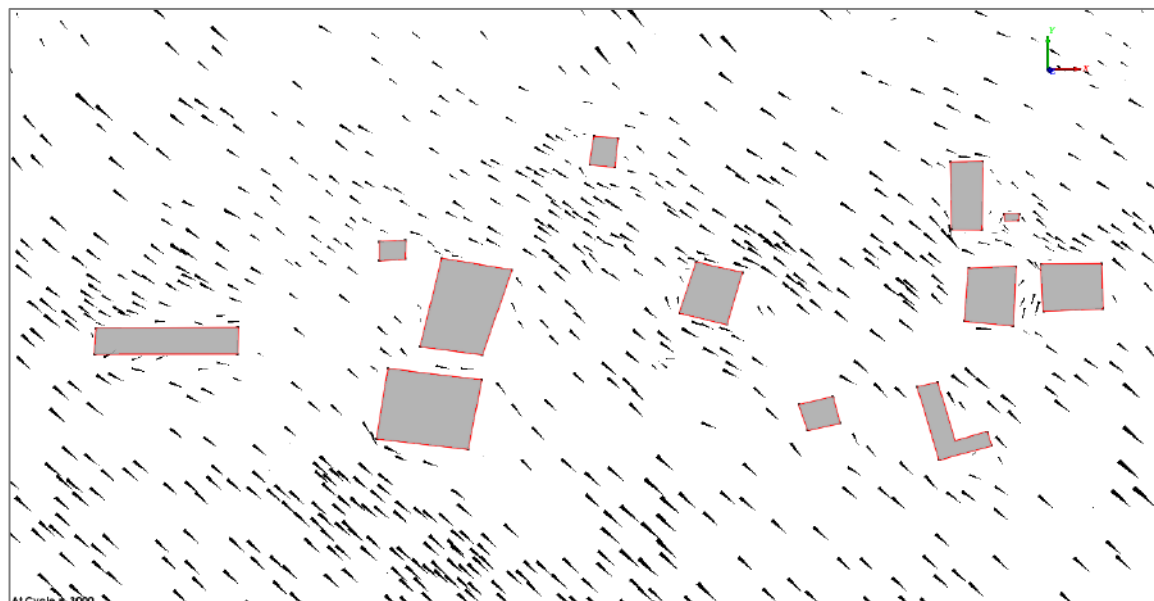
همان طور که در بخش ۳.۲.۱ و ۳.۲.۲ نشان داده شد، تاثیر وجود برج ها در میدان سرعت باد منطقه وابسته به پارامترهای مختلفی از جمله سرعت و جهت باد در بالادست جریان، ابعاد و ارتفاع برج ها، موقعیت قرارگیری و فاصله برج ها نسبت به یکدیگر می باشد. نتایج توزیع میدان باد در پایین دست برج ها نشان می دهد بیشترین تاثیر احداث در محدوده اطراف هر مجموعه از برج ها بوده و به تدریج با افزایش فاصله نسبت به مجموعه برج ها در پایین دست جریان باد، تاثیر آن ها در میدان باد کلی منطقه کاهش می یابد.

• بررسی تغییرات در الگوی باد سطحی در اثر احداث برج ها

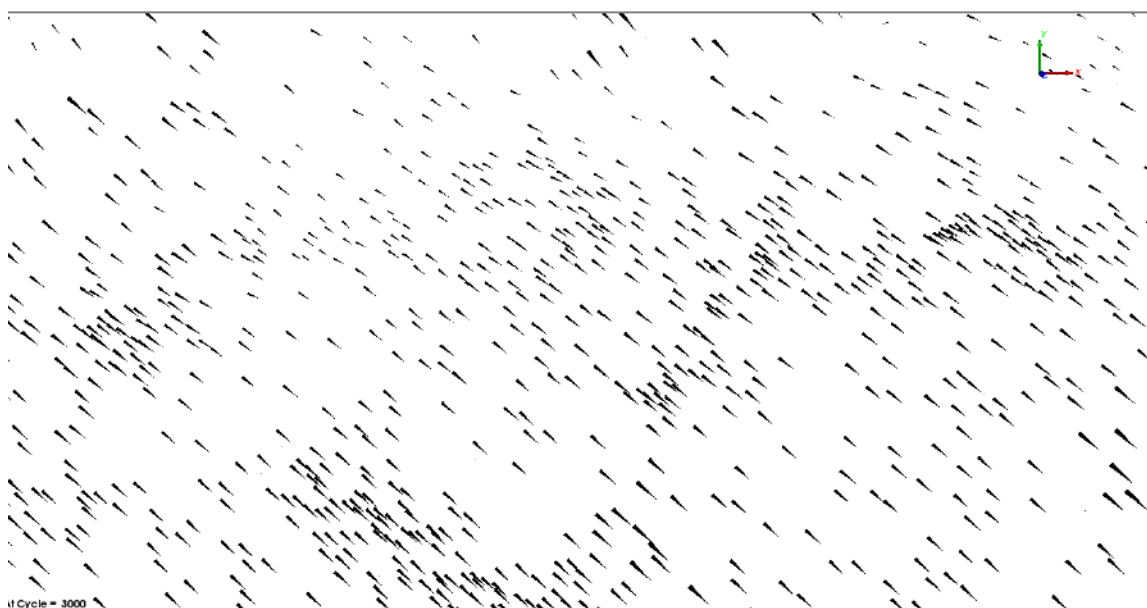
محدوده نشان داده شده در شکل ۳.۱۹ (منحنی مشکی) که در برگیرنده تعداد قابل توجهی از برج ها می باشد، به منظور بررسی دامنه تاثیرگذار برج ها بر میدان و جهت باد اطراف آن ها در نظر گرفته شده و نتایج مربوطه در دو سناریوی مختلف، با و بدون اعمال برج ها در دامنه شبیه سازی، در شکل ۳.۲۰ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود وجود برج ها منجر به ایجاد تغییر در جهت باد در محدوده اطراف آن ها شده است اما هر چه فاصله نسبت به برج ها بیشتر شود، تفاوت میان جهت باد در مقایسه با سناریو بدون اعمال برج ها در منطقه کمتر خواهد شد.



شکل ۳.۱۹ محدوده انتخاب شده جهت نمایش بردار سرعت (منحنی مشکی) و مقطع عمودی جهت رسم توزیع عمودی سرعت باد نسبت به سطح زمین (خط زرد)



(الف)



(ب)

شکل ۳.۲۰ توزیع جهت باد در دامنه شبیه سازی در سطح زمین در ساعت ۲۰ زمستانی و در دو حالت (الف)

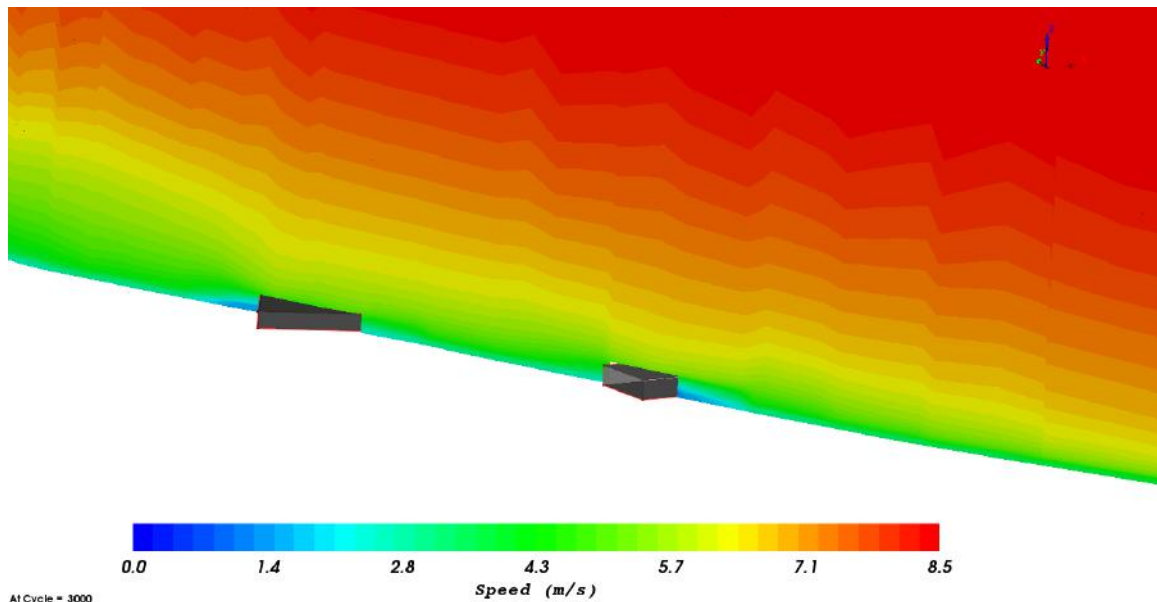
وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها

• بررسی تغییرات در باد قائم در اثر احداث برج ها

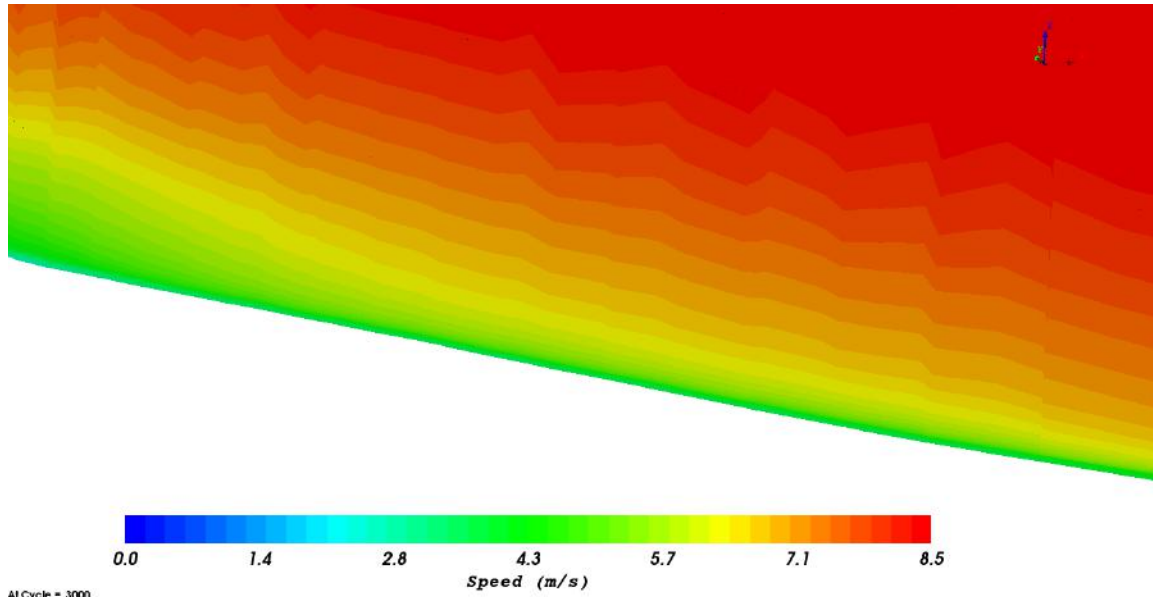
تأثیر احداث برج ها بر تغییرات سرعت باد در راستای قائم نسبت به سطح زمین، بر روی سطح مقطع نشان داده شده در شکل ۳.۱۹ که در راستای جهت باد در ساعت شبیه سازی در نظر گرفته شده، مورد



بررسی قرار گرفته است. تغییرات سرعت باد در راستای قائم در شکل ۳.۲۱ نمایش داده شده است. مقطع انتخاب شده دو مجموعه ساختمان را قطع کرده و مشخصات ابعادی این مجموعه ساختمان ها به ترتیب برابر $۲۳۵ \times ۱۹۰ \times ۵۷$ و $۳۷۵ \times ۳۳۵ \times ۴۸$ متر می باشد.



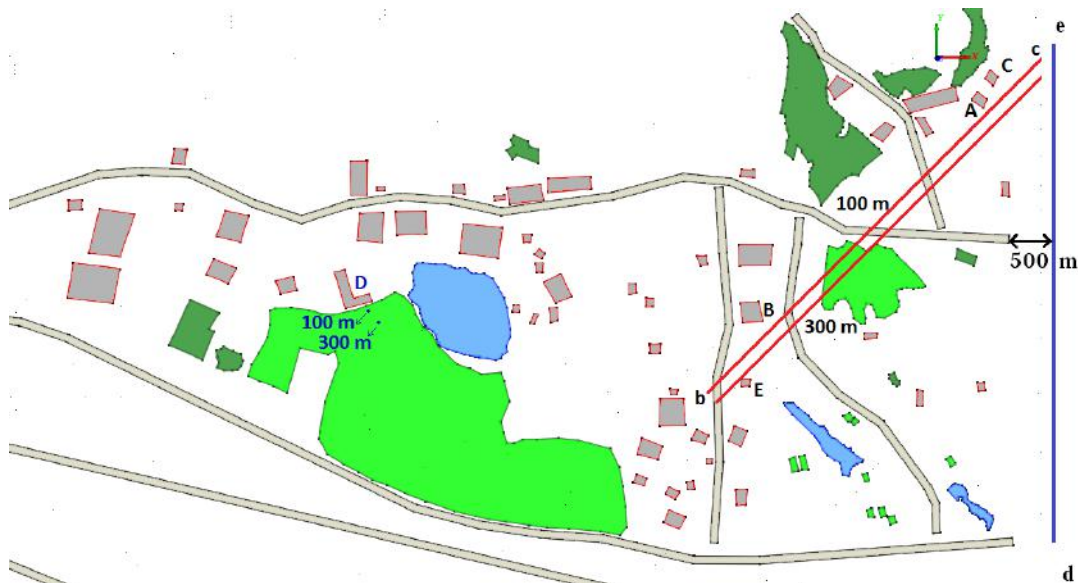
(الف)



(ب)

شکل ۳.۲۱ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در راستای جریان باد برای ساعت ۲۰ زمستانی و در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها

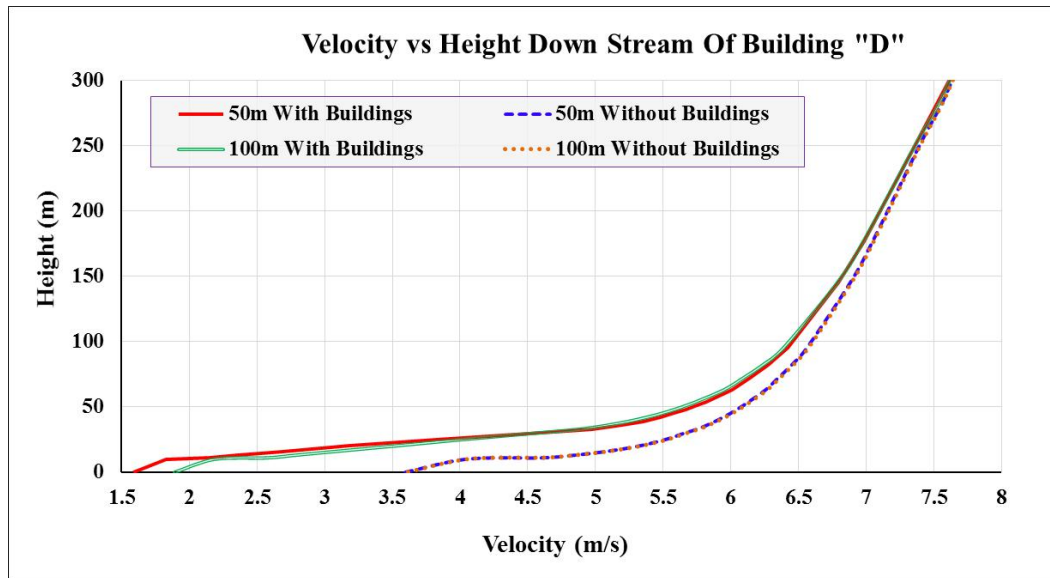
برای بررسی دقیق‌تر تأثیر برج‌ها بر سرعت باد عمودی اطراف آن، تغییرات مقدار سرعت باد در راستای قائم نسب به سطح زمین و در پایین‌دست مجموعه ساختمان D با ابعاد $530 \times 430 \times 48$ متر که موقعیت آن در شکل ۳.۲۲ نمایش داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری در پایین‌دست ساختمان D پروفیل سرعت در امتداد قائم در دو سناریو مختلف با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها رسم شده است. به‌منظور مشاهده موقعیت این نقاط، فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری در شکل ۳.۲۲ نشان داده شده است.



شکل ۳.۲۲ مسیرهای منتخب جهت رسم نمودارهای سرعت باد سطحی

پروفیل سرعت در امتداد قائم در پایین‌دست مجموعه ساختمان D در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متر با و بدون وجود برج‌ها در شکل ۳.۲۳ رسم شده است. مقایسه خطوط نقطه‌چین و خطوط پیوسته نشان می‌دهد همانطور که انتظار می‌رفت، مقدار سرعت باد در اطراف ساختمان در حالت نبود برج‌ها همواره بیش‌تر از وجود برج‌ها می‌باشد.

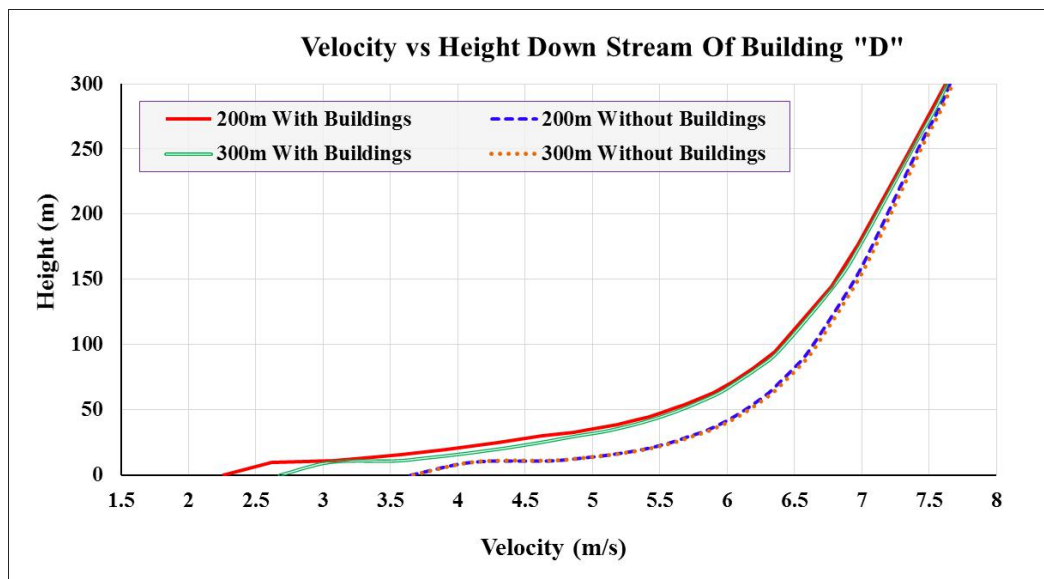
با توجه به شکل ۳.۲۳ در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین‌دست مجموعه ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به‌ترتیب برابر $2/01$ و $1/73$ متر بر ثانیه می‌باشد و با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۴۰ و ۴۶ متری به بعد این اختلاف به کمتر از $0/5$ متر بر ثانیه خواهد رسید. در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین‌دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۱۳۰ و ۱۶۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً دو نمودار بر هم منطبق می‌شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج‌ها ناچیز خواهد بود.



شکل ۳.۲۳. پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰ و ۱۰۰ متری پایین دست ساختمان D

اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود ساختمان در مقابل جریان باد، از سطح زمین تا ارتفاع ۴۸ متری (که برابر ارتفاع ساختمان D می باشد) دارای مقادیر بیشتری، در مقایسه با ارتفاع های بالاتر، بوده به طوریکه حداکثر اختلاف سرعت در فاصله افقی ۵۰ و ۱۰۰ متری از ساختمان D به ترتیب برابر با ۲/۴۹ و ۲/۰۹ متر بر ثانیه و در ارتفاع ۱۳ متری از سطح زمین اتفاق افتاده است. از ارتفاع ۴۸ متر به بالا مقدار اختلاف در سرعت باد به کمتر از ۰/۳۷ متر بر ثانیه می رسد. به عبارت دیگر در ارتفاع های بیش از ارتفاع ساختمان، تفاوت سرعت باد در حالت وجود برج ها و نبود برج ها مقدار کمی است (حداکثر ۰/۳۷ متر بر ثانیه در ارتفاع ساختمان D).

نمودارهای سرعت در فواصل ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان D در حالت وجود و عدم وجود برج ها در شکل ۳.۲۴ رسم شده است. با توجه به شکل ۳.۲۴ در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به ترتیب برابر ۱/۳۹ و ۰/۹۹ متر بر ثانیه می باشد و با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۵۵ و ۵۲ متری به بعد این اختلاف به کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه خواهد رسید. در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۱۸۰ و ۲۰۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً دو نمودار بر هم منطبق می شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج ها ناچیز خواهد بود.

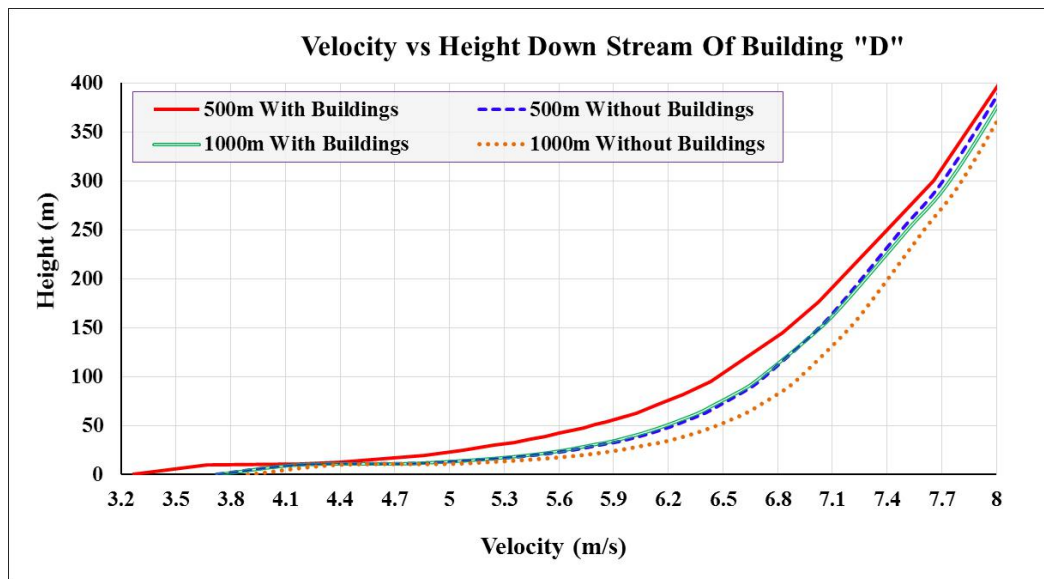


شکل ۳.۲۴. پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست ساختمان D

همانند شکل ۳.۲۳، در شکل ۳.۲۴ نیز اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود ساختمان در مقابل جریان باد، از سطح زمین تا ارتفاع ۴۸ متری (که برابر ارتفاع ساختمان D می باشد) دارای مقادیر بیشتری، در مقایسه با ارتفاع های بالاتر، بوده به طوریکه حداکثر اختلاف سرعت در فاصله افقی ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از ساختمان D به ترتیب برابر با $1/61$ و $1/19$ متر بر ثانیه و در ارتفاع ۱۳ متری از سطح زمین اتفاق افتاده است. از ارتفاع ۴۸ متر به بالا مقدار اختلاف در سرعت باد به کمتر از $0/58$ متر بر ثانیه می رسد. به عبارت دیگر در ارتفاع های بیش از ارتفاع ساختمان، تفاوت سرعت باد در حالت وجود برج ها و نبود برج ها مقدار کمی است (حداکثر $0/58$ متر بر ثانیه در ارتفاع ساختمان D). بنابراین برخلاف سناریوی تابستانی گردابه ای که در پشت برج D به واسطه وجود این برج حداکثر تا فاصله ۱۰۰ متری پایین دست آن وجود داشت، تا فاصله ۲۰۰ متری نیز وجود داشته و از بین نرفته است.

در نهایت نمودارهای سرعت در فواصل ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان D در حالت وجود و عدم وجود برج ها در شکل ۳.۲۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳.۲۵ در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D، اختلاف سرعت باد سطحی بین دو سناریو به ترتیب برابر $0/46$ و $0/17$ متر بر ثانیه می باشد و در فاصله ۵۰۰ متری پایین دست ساختمان D، با افزایش ارتفاع از سطح زمین از ارتفاع ۴۲ متری به بعد این اختلاف به کمتر از $0/5$ متر بر ثانیه رسیده است. در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D، به ترتیب در ارتفاع ۲۲۰ و ۲۳۰ متری به بالا از سطح زمین تقریباً

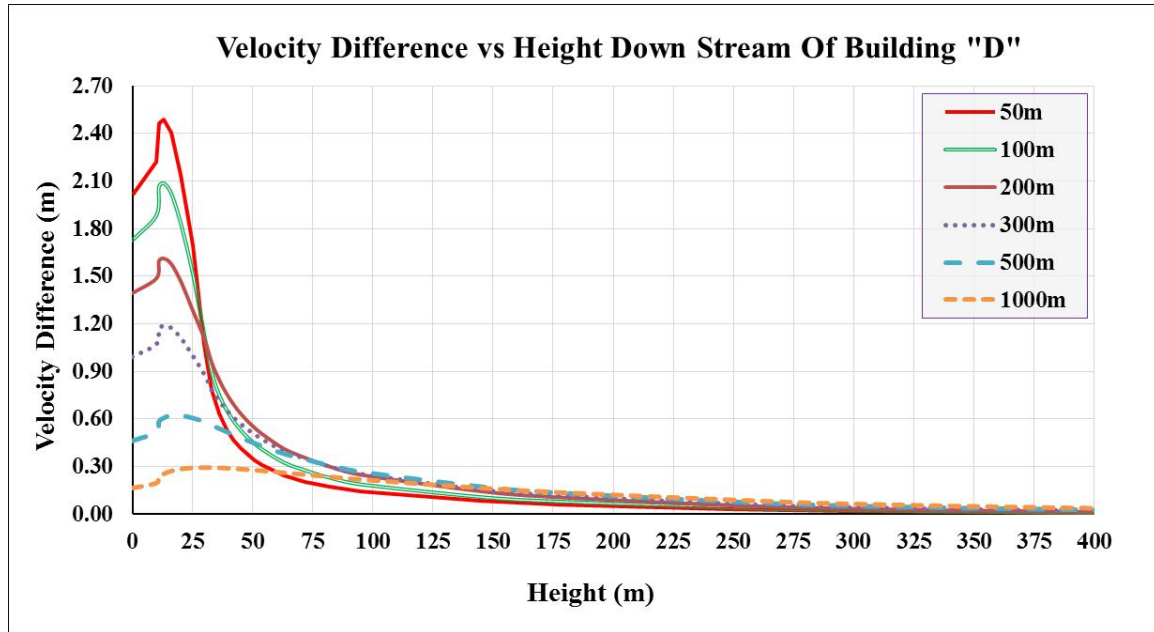
دو نمودار بر هم منطبق می شوند و اختلاف سرعت باد در صورت وجود و عدم وجود برج ها ناچیز خواهد بود.



شکل ۳.۲۵ پروفیل سرعت در امتداد قائم در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D

در شکل ۳.۲۵ مشاهده می شود که اختلاف در سرعت باد به واسطه وجود ساختمان در مقابل جریان باد، در فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست برج D، از سطح زمین به بالا ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. بنابراین حداکثر اختلاف سرعت به ترتیب برابر با ۰/۶۲ و ۰/۲۹ متر بر ثانیه است که در ارتفاع ۲۰ و ۳۰ متری از سطح زمین مشاهده می شود.

به منظور ارائه تصویر بهتری از اختلاف سرعت در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها، در شکل ۳.۲۶ تغییرات اختلاف سرعت در امتداد قائم میان دو سناریو برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست مجموعه ساختمان D رسم شده است. شکل ۳.۲۶ نشان می دهد با افزایش فاصله افقی از ساختمان D اختلاف میان سرعت باد سطحی در دو سناریو با و بدون برج ها به شدت کاهش می یابد. اختلاف سرعت باد سطحی در فاصله ۵۰ متری از پایین دست ساختمان D برابر ۲/۰۱ متر بر ثانیه بوده و با افزایش فاصله از ساختمان در ۱۰۰۰ متری به ۰/۱۷ متر بر ثانیه می رسد.



شکل ۳.۲۶ اختلاف سرعت در امتداد قائم برای فواصل ۵۰ تا ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان D

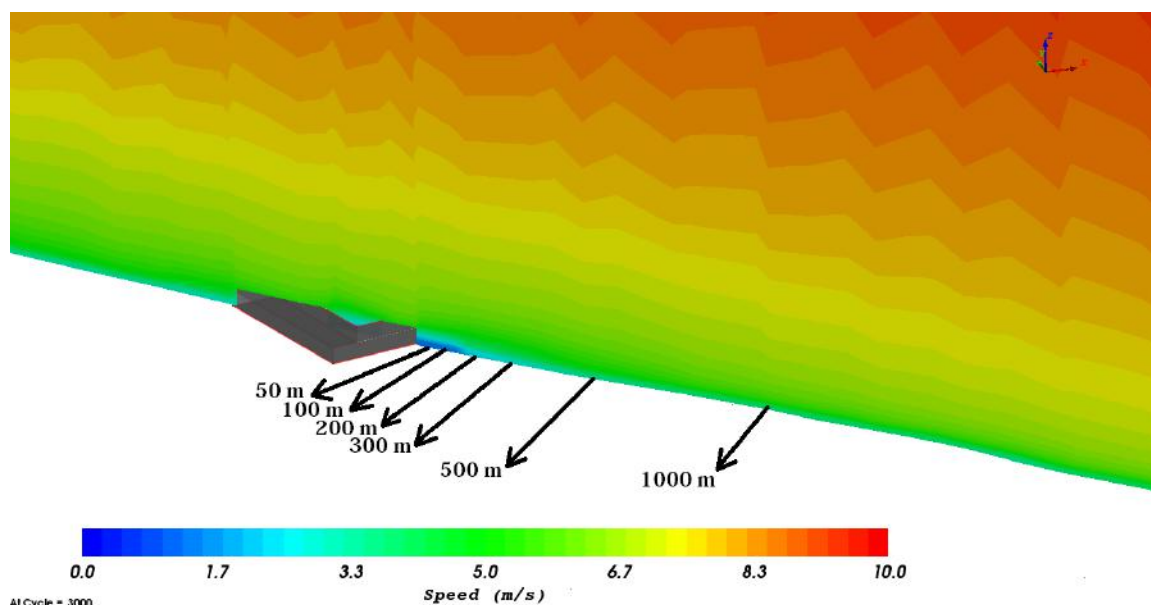
در جدول ۳.۴ مقایسه کمی تأثیر برج ها بر میدان سرعت در موقعیت مجموعه ساختمان D و در فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری پایین دست ساختمان نشان داده شده است.

جدول ۳.۴ مقایسه کمی تأثیر برج ها بر میدان سرعت عمودی در منطقه ۲۲

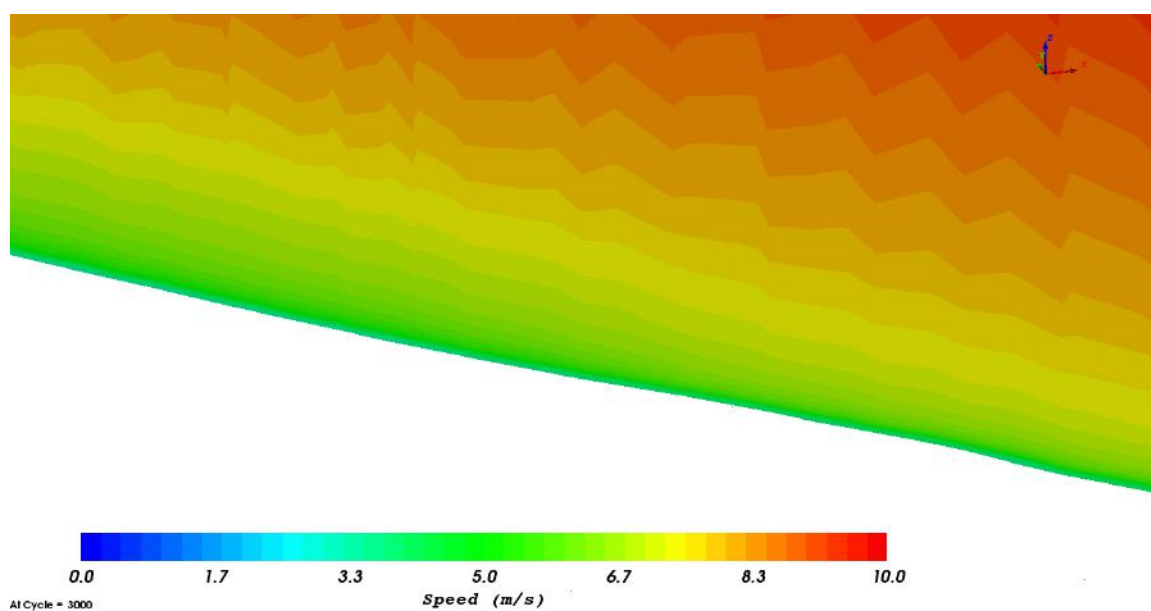
پارامتر مورد بررسی						فاصله افقی در پایین دست برج D (m)
۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	
۳/۶۰	۳/۶۲	۳/۶۵	۳/۶۷	۳/۷۲	۳/۸۹	سرعت در سطح زمین در صورت نبود برج ها
۱/۵۸	۱/۸۹	۲/۲۶	۲/۶۸	۳/۲۶	۳/۷۳	سرعت در سطح زمین در صورت احداث برج ها
۲/۰۱	۱/۷۳	۱/۳۹	۰/۹۹	۰/۴۶	۰/۱۷	اختلاف سرعت سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها
۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۴	اختلاف سرعت در ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها
۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۱۵	اختلاف سرعت در ارتفاع ۲۰۰ متر از سطح زمین در دو سناریو اعمال و عدم اعمال برج ها



به منظور درک بهتر از جریان باد در اطراف ساختمان D کانتور سرعت در صفحه عمودی در محل ساختمان D، در شکل ۳.۲۷ رسم شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۳.۲۷ تغییرات سرعت باد در راستای قائم در موقعیت ساختمان D و در دو حالت (الف) وجود برج ها و (ب) عدم وجود برج ها

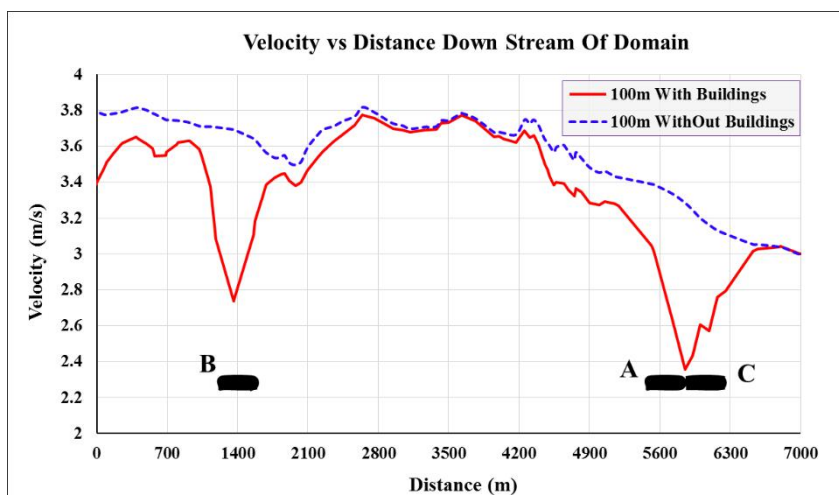
• بررسی تغییرات سرعت باد سطحی بر روی مسیرهای فرضی عمود بر جهت باد

به منظور کمی سازی مقدار سرعت باد و مشاهده تاثیر وجود برجها در منطقه ۲۲، تغییرات سرعت باد در مسیرهای منتخب عمود بر جهت وزش باد رسم شده است. برای این منظور، همان طور که در شکل ۳.۲۲ نشان داده شده است، در پایین دست مجموعه ای از برجها، مسیرهایی عمود بر راستای میدان باد، (خط-b-c) رسم شده و مقدار سرعت باد در راستای این خط، از نقطه b تا نقطه c به طول حدوداً ۷۰۰۰ متر، استخراج شده است.

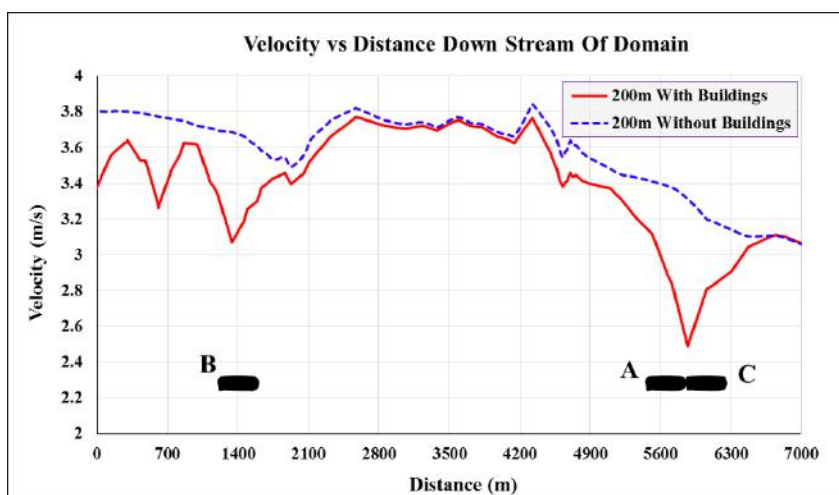
به منظور بررسی فاصله تاثیر گذاری برجها، خطوط موازی خط bc با فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری در پایین دست مجموعه برجهای انتخاب شده، در نظر گرفته شده اند و مقدار سرعت باد بر روی این مسیرها استخراج و مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که برجهای A، B و C در بالادست خط b-c، به ترتیب نزدیک ترین فاصله را با خط b-c دارند.

در شکل ۳.۲۸ تغییرات سرعت باد در طول مسیرهای انتخاب شده در راستای عمود بر جهت باد (خط-b-c) در فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از برج A (شکل ۳.۲۲) و در دو سناریو مختلف، با و بدون اعمال برجها، رسم شده است.

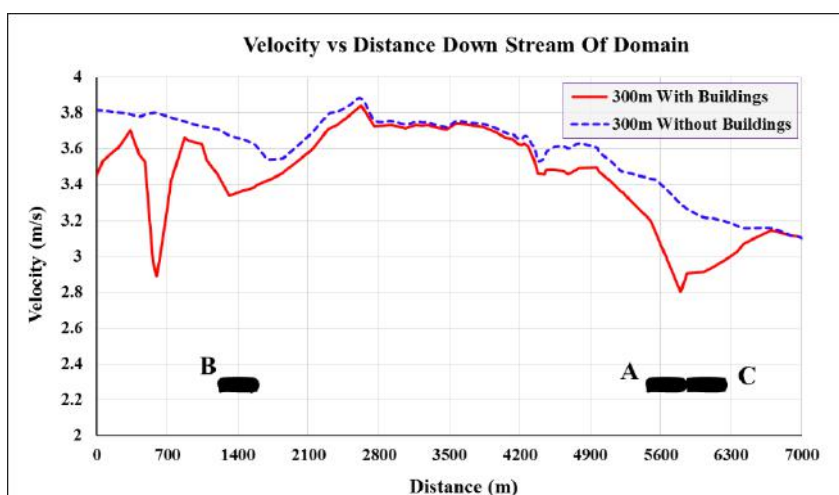
در سناریو شبیه سازی میدان باد بدون در نظر گرفتن برجها در منطقه ۲۲ (خطوط خط چین در شکل ۳.۲۸)، مقدار سرعت باد در طول خط b-c و در فواصل مختلف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری پایین دست برج A، تفاوت چندانی نداشته و حداکثر اختلاف در حدود ۰/۳۴ متر بر ثانیه می باشد که نشان از یکنواختی میدان سرعت در صورت عدم وجود برجها دارد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳.۲۸ نمودار سرعت باد در امتداد خط bc و در فاصله الف) ۱۰۰متر، ب) ۲۰۰متر، و ج) ۳۰۰ متری از برج A

تغییرات سرعت باد در طول مسیر b-c در سناریو اعمال برج‌ها در منطقه، نشان می‌دهد که سرعت باد همواره کمتر از حالت پایه بدون اعمال برج‌ها بوده و این اختلاف درست در پایین‌دست موقعیت برج‌های A، B و C در فاصله ۱۰۰ متری از برج A، که در شکل ۳.۲۸ نشان داده شده است، بیشتر می‌باشد. موقعیت برج A، B و C نسبت به نقطه b در شکل ۳.۲۸ نشان داده شده است. برج B در فاصله ۱۴۰۰ متری از نقطه b، و برج‌های A و C در فاصله حدود ۵۷۰۰ و ۶۰۰۰ متری از نقطه b قرار گرفته‌اند.

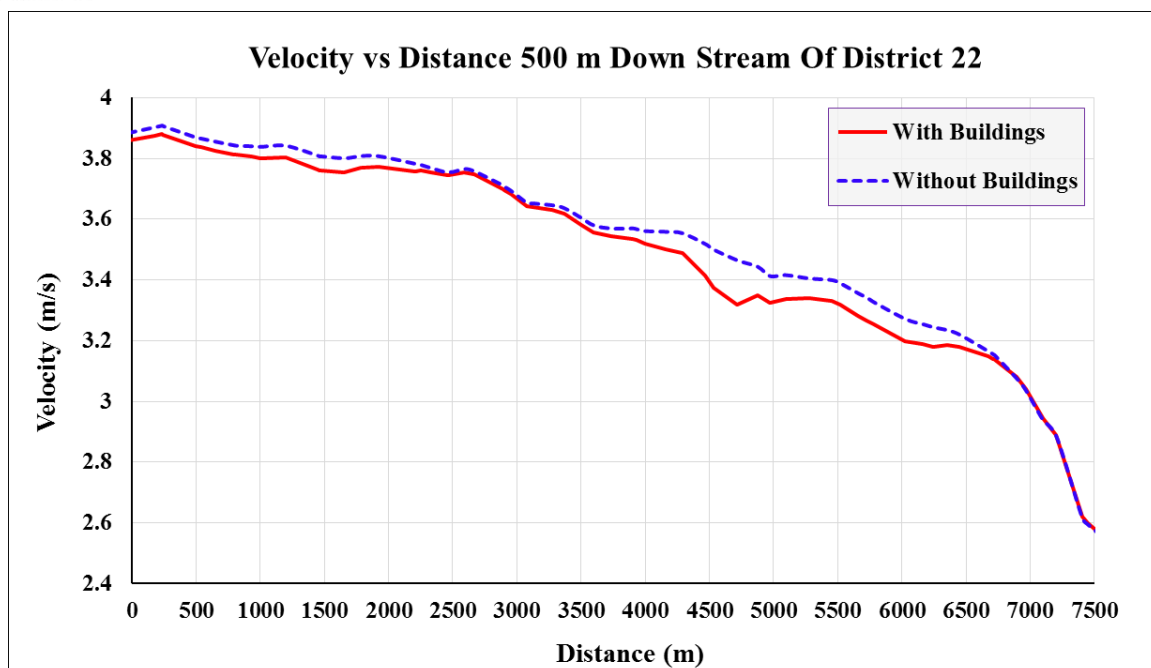
میانگین سرعت در مسیر b-c در ۱۰۰ متری پایین‌دست ساختمان A در حالت با و بدون اعمال ساختمان‌ها به ترتیب ۳/۳۹ و ۳/۵۹ متر بر ثانیه است. این مقادیر در فاصله ۲۰۰ متری پایین‌دست به ترتیب ۳/۴۵ و ۳/۶۲ متر بر ثانیه بوده و در فاصله ۳۰۰ متری به ۳/۴۵ و ۳/۶۰ متر بر ثانیه می‌رسد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف سرعت در حالت وجود و عدم وجود برج‌ها در مسیر b-c در فاصله ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری به ترتیب ۰/۲۰، ۰/۱۷ و ۰/۱۵ متر بر ثانیه می‌باشد که در جدول ۳.۵ متوسط و بیشینه اختلاف میان دو سناریو با و بدون در نظر گرفتن برج‌ها در طول مسیر b-c و به تفکیک فواصل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ متری از برج A نشان داده شده است.

جدول ۳.۵ متوسط و بیشینه اختلاف سرعت میان دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها در طول مسیر b-c

تفکیک فاصله از برج A

فاصله افقی در پایین‌دست برج A (m)			پارامتر مورد بررسی
۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰	
۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۰	متوسط اختلاف سرعت بین دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها (m/s)
۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۹۶	بیشینه اختلاف سرعت بین دو سناریوی با و بدون وجود برج‌ها (m/s)

به منظور بررسی تأثیر بلند مرتبه‌سازی بر میدان باد ورودی به شهر تهران، مسیر d-e در شکل ۳.۲۲ انتخاب، و نمودار سرعت در طول این مسیر در شکل ۳.۲۹ رسم شده است. مسیر d-e به صورت عمودی و در راستای جنوب به شمال و در شرق منطقه ۲۲ شهرداری تهران در نظر گرفته شده و به نحوی بیانگر مسیر باد ورودی به شهر تهران می‌باشد.



شکل ۳.۲۹ نمودار سرعت باد در شرق منطقه ۲۲ در امتداد مسیر d-e

میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برجها به ترتیب برابر با ۳/۴۹ و ۳/۵۳ متر بر ثانیه می باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برجها ۰/۰۴ متر بر ثانیه است.

بررسی جامع انجام گرفته در اپیزود انتخابی در زمستان نشان می دهد که وجود برجها در محدوده اطراف آنها تاثیرگذار بوده و باعث کاهش سرعت باد میانگین خواهد شد اما با افزایش فاصله نسبت به برج و در پایین دست آن، تاثیر برج بر میدان باد سطحی و لایه های بالاتر کاهش پیدا کرده و در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج به طور قابل ملاحظه ای کاهش خواهد یافت. در نتیجه انتظار می رود ساختمان های منطقه ۲۲ شهرداری تهران، در اپیزود زمستان، تاثیر چندانی بر پخش و پراکنش آلاینده ها در شهر تهران نداشته باشد.

۳.۴ جمع بندی و نتیجه گیری

در گزارش حاضر با استفاده از روش مدل سازی هواشناسی و کیفیت هوا به بررسی میدان باد در منطقه ۲۲ شهرداری تهران و در اپیزودهای مختلف تابستانی و زمستانی پرداخته شده است تا تعیین گردد وجود

و یا عدم وجود ساختمان های مرتفع در منطقه ۲۲ شهرداری تهران چه تأثیری بر میدان باد در این منطقه و در نتیجه کل شهر تهران خواهد داشت.

نتایج نشان می دهد تأثیر وجود برج ها در میدان سرعت باد منطقه وابسته به پارامترهای مختلفی از جمله سرعت و جهت باد در بالادست جریان، ابعاد و ارتفاع برج ها، موقعیت قرارگیری و فاصله برج ها نسبت به یکدیگر بوده و بیشترین تأثیر در محدوده اطراف هر مجموعه از برج ها می باشد که به تدریج با افزایش فاصله نسبت به آن ها در پایین دست جریان باد کاهش می یابد.

با بررسی میانگین سرعت باد سطحی اپیزود تابستانی در مسیرهای افقی در پایین دست برج ها مشاهده می شود که در فاصله ۱۰۰ متری پایین دست برج ها اختلاف سرعت میانگین بین دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۵۸ متر بر ثانیه است که در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج ها این مقدار به ۰/۴۱ متر بر ثانیه می رسد.

علاوه بر آن، با در نظر گرفتن یک مسیر فرضی در امتداد جنوب به شمال، در شرق منطقه ۲۲ که بیانگر مسیر باد ورودی به شهر تهران می باشد، میانگین سرعت باد سطحی اپیزود تابستانی در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها مورد بررسی قرار گرفت. میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها به ترتیب برابر با ۷/۶۱ و ۷/۶۵ متر بر ثانیه می باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۰۴ متر بر ثانیه است.

در اپیزود زمستانی نتایج مشابه مربوط به میانگین سرعت باد سطحی در فاصله ۱۰۰ متری پایین دست برج ها نشان می دهد اختلاف سرعت میانگین بین دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها ۰/۲۰ متر بر ثانیه است که در فاصله ۳۰۰ متری پایین دست برج ها این مقدار به ۰/۱۵ متر بر ثانیه می رسد.

همچنین، در امتداد مسیر فرضی در نظر گرفته شده در شرق منطقه در راستای جنوب به شمال نیز، میانگین سرعت باد سطحی اپیزود زمستانی در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها مورد بررسی قرار گرفت. میانگین سرعت در امتداد این مسیر به طول ۷/۵ کیلومتر، در دو سناریوی وجود و عدم وجود برج ها به ترتیب برابر با ۳/۴۹ و ۳/۵۳ متر بر ثانیه می باشد. به عبارت دیگر میانگین اختلاف در سرعت باد ورودی به شهر تهران در سناریوی وجود و عدم وجود برج ها در حدود ۰/۰۴ متر بر ثانیه بدست آمد.



بنابراین نتایج به دست آمده از حل عددی در دو اپیزود زمستانی و تابستانی نشان دهنده این واقعیت است که وجود برجها در منطقه ۲۲ شهرداری تهران تنها در محدوده اطراف برجها تأثیرگذاری اندکی داشته و با فاصله گرفتن از برجها این تأثیرگذاری ناچیز شده و به صفر می رسد

منابع و مراجع

- [۱] مهدی بابائی، بررسی نحوه پخش آلاینده ذرات منتشرشده از منابع ترافیکی به روش شبیه سازی در مقیاس میکرو، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۹۴، دانشگاه صنعتی شریف
- [۲] Fluidyn-PANACHE User Manual, TRANSOFT International, June 2015.
- [۳] مهدی بابائی، احمد طاهری پاقلعه، وحید حسینی، بررسی ریزمقیاس پراکنش آلاینده های منتشره از منابع ساکن در محیط شهری، مطالعه موردی: نیروگاه بعثت، ۱۳۹۴، چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا
- [۴] https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%86%D8%B7%D9%82%D9%87_%DB%B2%DB%B2_%D8%B4%D9%87%D8%B1%D8%AF%D8%A7%D8%B1%DB%8C_%D8%AA%D9%87%D8%B1%D8%A7%D9%86
- [۵] <http://region22.tehran.ir/Default.aspx?tabid=679>