

آلودگی هوا در اطراف ساختمانهای بلند

دکتر مجید عباسپور

آناهیتا بهجو

کلمات کلیدی:

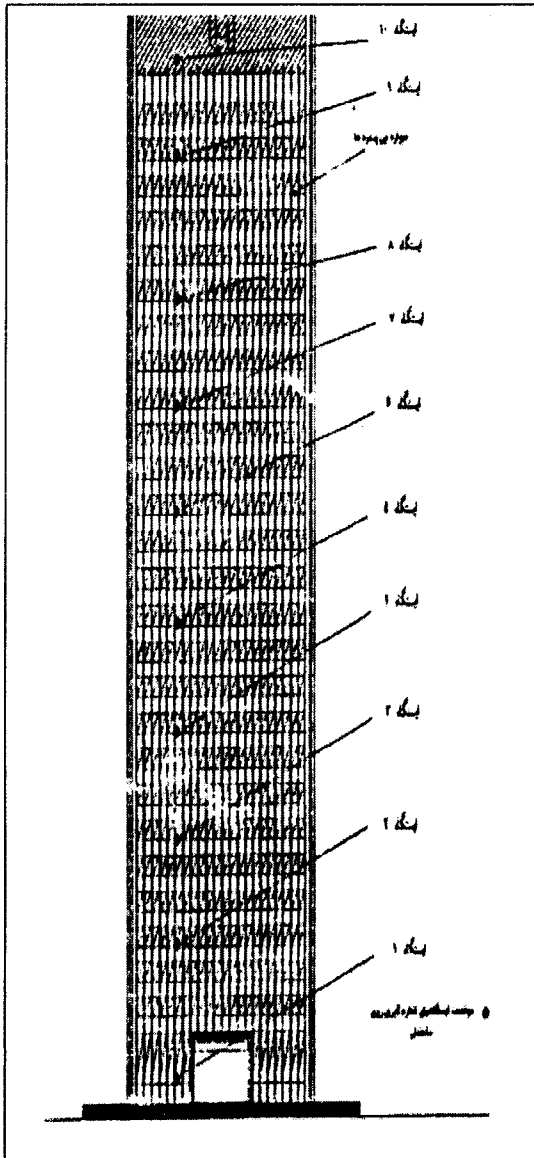
آلودگی هوا، ساختمانهای بلند، توزیع آلودگی

چکیده:

غلظت آلاینده ها در اطراف ساختمانهای بلند متأثر از عوامل مختلفی نظیر جریانهای موضعی، جریان باد، اختلاف دمای هوای داخل ساختمان و محیط خارج آن می باشد. در این تحقیق با انتخاب یک ساختمان ۲۷ طبقه، غلظت آلاینده هایی نظیر CO و ذرات معلق، در کنار ساختمان و در ارتفاعات مختلف اندازه گیری شده و نحوه توزیع غلظت آنها تعیین گردیده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که تا ارتفاع معینی غلظت آلاینده ها افزایش یافته و پس از آن کاهش می یابد. نتایج حاصل با روند توزیع بدست آمده از یک مدل شبیه سازی ریاضی آلاینده ها مطابقت دارد.

سر آغاز:

می گردد. در سمت شرق نیز با فاصله نسبتاً زیادی از خیابان بهار جنوبی واقع شده است (شکل ۳).



شکل (۲): نمای ساختمان سپهر از دور

انتخاب ایستگاههای اندازه گیری

با توجه به اطلاعات مورد نیاز که می بایست در زمان و مکانهای مختلفی از ساختمان اندازه گیری و ثبت می گردید و از طرفی با در نظر گرفتن محدودیتهای اجرایی موجود، ابتدا طبق یک برنامه مدون، تعداد ده موقعیت در ده ارتفاع مختلف به ترتیب، شامل طبقات همکف ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷ و همچنین پشت بام انتخاب گردید. اما در مراحل اولیه اجرا مشخص

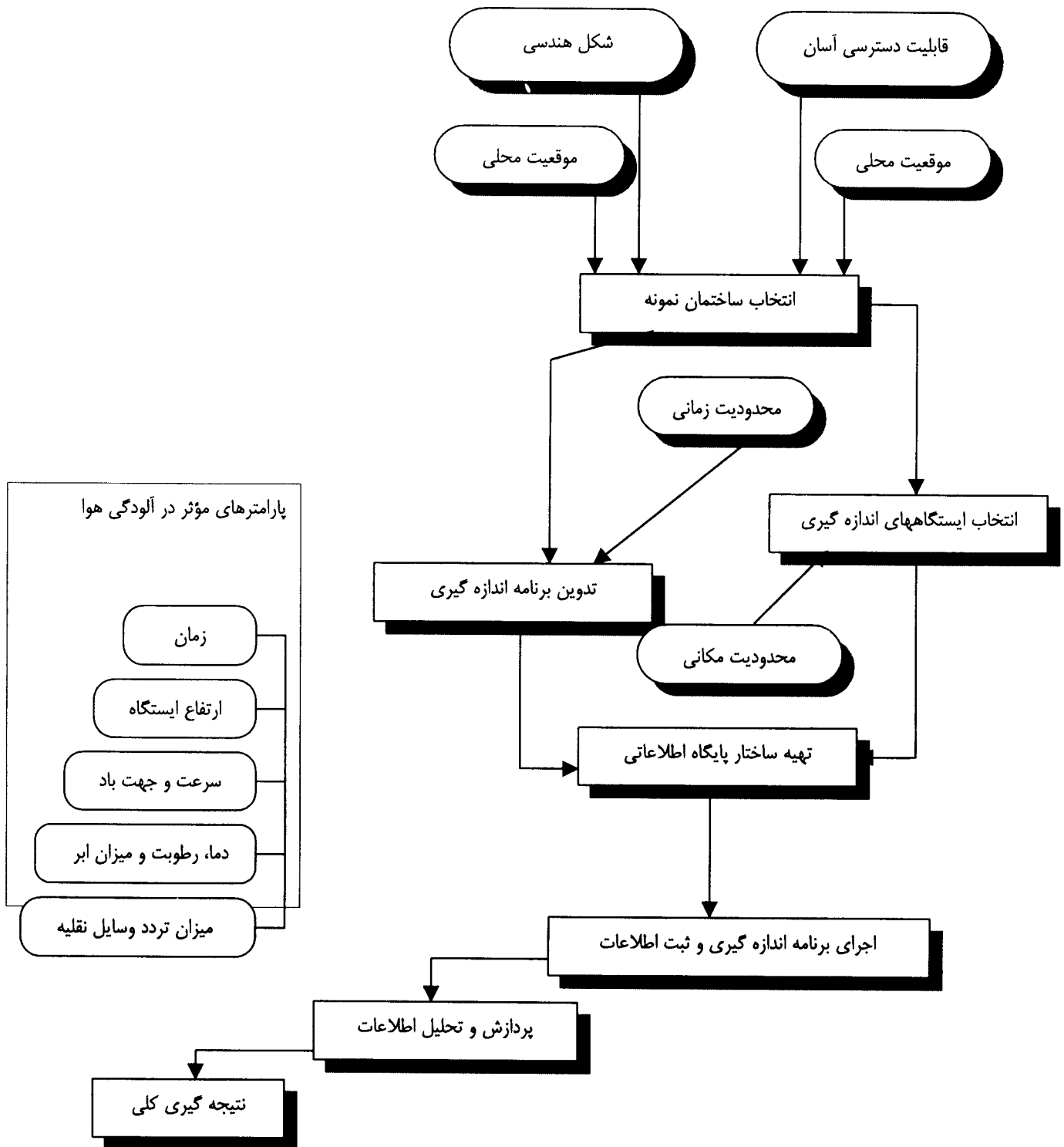
شناسایی و بررسی عوامل مؤثر بر مکانیسم توزیع آلودگی در اطراف ساختمان، به مهندسين طراح کمک خواهد نمود تا در انتخاب موقعیت پنجره های ساختمانهای بلند کوشش شود که ساکنین در حداقل تماس با هوای آلوده باشند.

در نخستین گام به منظور انتخاب یک ساختمان مناسب، اقدام به مطالعه و جمع آوری اطلاعات در مورد نمونه های موجود و قابل دسترس در محدوده شهر تهران گردید. سپس ساختمانی که بیشترین تناسب را با موضوع مورد مطالعه داشت انتخاب شد. شرایط و امکانات اجرای برنامه تحقیق روی این نمونه، با جزئیات بیشتری مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن منجر به تدوین یک برنامه منظم و مشخص شامل شناسایی تعداد و موقعیت ایستگاههای اندازه گیری به همراه برنامه زمانبندی دقیق از مراحل اجرایی مختلف گردید. پس از تکمیل مرحله اندازه گیری و جمع آوری اطلاعات لازم، کار تحلیل نتایج و ارزیابی چگونگی و میزان تأثیر هر یک از پارامترها بر نحوه توزیع آلودگی انجام پذیرفت. ساختار کلی و مراحل مختلف این تحقیق در (شکل ۱) نشان داده شده است.

انتخاب ساختمان نمونه:

از آنجا که بررسی تأثیر ارتفاع ساختمان در نحوه پخش و توزیع آلاینده های هوا در اطراف آن یکی از مهمترین اهداف این تحقیق بوده است، لازم بود تا حتی المقدور ساختمان مورد مطالعه در میان بناهای موجود از ارتفاع بیشتری برخوردار باشد. در کنار ارتفاع مناسب، موارد مهم دیگری نیز می بایست مدنظر قرار می گرفت که از جمله آنها می توان به محل و موقعیت ساختمان، شکل فیزیکی و هندسی و همچنین قابل دسترس بودن آن (جهت اجرای برنامه اندازه گیری) اشاره نمود. در این راستا پس از مطالعه در مورد برخی از ساختمانهای بلند موجود در شهر تهران، برج سپهر (ساختمان مرکزی بانک صادرات ایران) واقع در خیابان سمیه به عنوان نمونه مطالعاتی برگزیده شد و سپس برنامه اندازه گیری در دو دوره زمانی ده روزه تدوین گردید که هر دوره شامل هفت مرحله می باشد (شکل ۲).

در حال حاضر، برج سپهر مرتفع ترین ساختمان موجود در شهر تهران است که از لحاظ موقعیت جغرافیایی از سمت جنوب مشرف به خیابان سمیه، از شمال با فاصله یک ساختمان به خیابان آیت الله طالقانی و از جهت غرب به خیابان ملک الشعراي بهار محدود



شکل (۱): ساختار و چارچوب مطالعات

مشخص می گردد به منظور یکنواختی هر چه بیشتر، کلیه ایستگاهها در یک راستا انتخاب شده اند، به نحویکه تمامی ایستگاهها دارای شرایط یکسانی بوده و تنها تفاوت آنها، اختلاف ارتفاع می باشد.

– برنامه اندازه گیری

عناوین فعالیتهای مراحل مختلف برنامه اندازه گیری بطور کلی در جدول (۱) ارائه شده است. به منظور انجام برخی از مقایسه های زمانی بلندمدت، اجرای برنامه تدوین شده به شکل فوق در دو فصل از سال یعنی پاییز و زمستان تکرار گردید.

– تجهیزات مورد استفاده

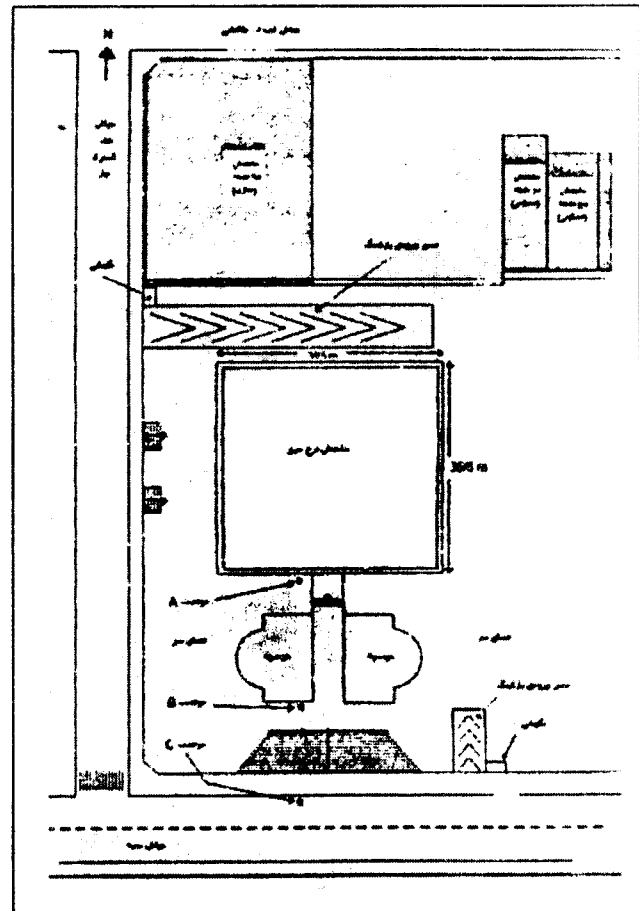
تجهیزات اندازه گیری دستگاه Solomat 510e بوده و به گونه ای تنظیم گردید که اطلاعات موردنیاز را از طریق حسگر مربوطه هر دو ثانیه ثبت نماید. به منظور تعیین مقادیر دقیق غلظت آلاینده ها، مدت زمان هر نمونه گیری ۵ دقیقه در نظر گرفته شد (Solomat, 1998 and Lodge, 1998).

نتایج:

در این بخش نتایج اندازه گیریها که به صورت مقادیر متوسط پنج دقیقه ای ثبت شده اند، ارائه می گردد:

– تغییرات غلظت مونوکسیدکربن نسبت به ارتفاع

نتایج حاصل بیانگر این واقعیت است که غلظت CO بطور متوسط از پایین ترین نقطه ساختمان تا حدود طبقات ۶ الی ۹ رو به افزایش بوده و پس از آن با روندی نامنظم بتدریج کاهش می یابد. به نظر می رسد به دلیل وجود جریان شدید ترهوا در لایه های بالایی ساختمان، از شدت آلودگی کاسته می شود. اگرچه تحلیل مقادیر اندازه گیری شده در این مرحله نسبت به متغیر ارتفاع صورت گرفته، اما نباید از خاطر برد که بین اولین و آخرین نمونه گیری، حدود ۲/۵ ساعت اختلاف زمانی وجود دارد. از این جهت در مراحل بعدی تغییرات آلودگی نسبت به زمان نیز مورد ارزیابی قرار گرفت تا میزان تأثیر این پارامتر نیز بصورت تقریبی مشخص گردد. با توجه به مقادیر بدست آمده، بطور کلی میزان آلودگی ناشی از مونوکسیدکربن در طبقات همکف، میانی و فوقانی ساختمان به گونه ای است که غلظت CO ابتدا بتدریج افزایش یافته و از حدود



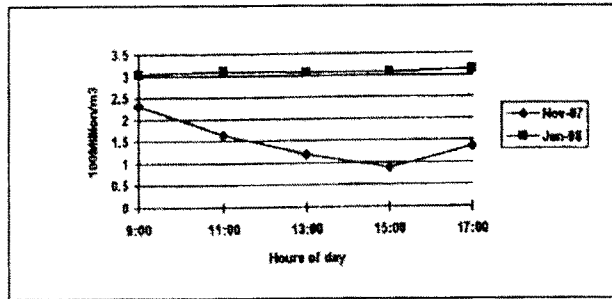
شکل (۳): موقعیت ساختمان سپهر و خیابانهای اطراف

شد که طبقه بیست و هفتم فاقد هر گونه پنجره ای به سمت خیابان سمیه است. از طرفی به دلیل قرار گرفتن دودکش های آشپزخانه و تأسیسات مرکزی ساختمان در پشت بام، میزان آلودگی در این محل بسیار بالا بوده و طی اندازه گیریهای آزمایشی مشخص شد که با توجه به آلودگی شدید ناشی از دودکش ها و تغییرات لحظه ای آن نسبت به جریان هوا، ثبت مقادیر ثابت و مشخص در یک محدوده زمانی کوتاه امکان پذیر نیست. لذا این محل نمی توانست به عنوان یک موقعیت مناسب برای انجام اندازه گیریها انتخاب گردد. به همین جهت از این محل و طبقه بیست و هفتم صرف نظر گردید و طبقه بیست و پنجم به عنوان آخرین ایستگاه اندازه گیری در نظر گرفته شد. به این ترتیب موقعیت ایستگاههای اندازه گیری به شکل زیر تغییر یافت:

پایین ترین ایستگاه واقع در طبقه همکف و سپس به ترتیب طبقات ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ و طبقه بیست و پنجم به عنوان بالاترین ایستگاه، انتخاب گردیدند. همانطور که در شکل (۲)

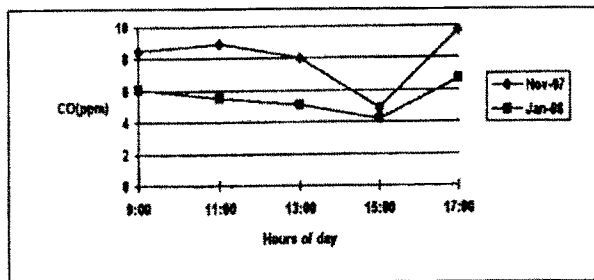
جدول (۱): شرح فعالیتها و برنامه زمانبندی

ردیف	دوره	مرحله	زمان	شرح برنامه
۱	اول	اول	۷۶/۸/۱۷ (صبح)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب با شروع از طبقه همکف (با فاصله سه طبقه) تا بیست و پنجم
۲	اول	دوم	۷۶/۸/۱۷ (بعداز ظهر)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب با شروع از طبقه همکف (با فاصله سه طبقه) تا بیست و پنجم
۳	اول	سوم	۷۶/۸/۱۸ (صبح)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقات همکف، دوازده و بیست و پنجم
۴	اول	چهارم	۷۶/۸/۱۹	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه همکف هر دو ساعت یک بار (ساعت ۹ الی ۱۷)
۵	اول	پنجم	۷۶/۸/۲۰	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه بیست و پنجم هر دو ساعت یک بار (ساعت ۹ الی ۱۷)
۶	اول	ششم	۷۶/۸/۲۱	اندازه گیری آلودگی در جهات مختلف ساختمان
۷	اول	هفتم	۷۶/۸/۲۴ الی ۷۶/۸/۲۸	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه همکف طی روزهای مختلف هفته (ساعت ۹ صبح)
۸	دوم	اول	۷۶/۱۰/۱۳ (صبح)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب با شروع از طبقه همکف (با فاصله سه طبقه) تا بیست و پنجم
۹	دوم	دوم	۷۶/۱۰/۱۳ (بعداز ظهر)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب با شروع از طبقه همکف (با فاصله سه طبقه) تا بیست و پنجم
۱۰	دوم	سوم	۷۶/۱۰/۱۴ (صبح)	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقات همکف، دوازده و بیست و پنجم
۱۱	دوم	چهارم	۷۶/۱۰/۱۵	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه همکف هر دو ساعت یک بار (ساعت ۹ الی ۱۷)
۱۲	دوم	پنجم	۷۶/۱۰/۱۶	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه بیست و پنجم هر دو ساعت یک بار (ساعت ۹ الی ۱۷)
۱۳	دوم	ششم	۷۶/۱۰/۱۷	اندازه گیری آلودگی در جهات مختلف ساختمان
۱۴	دوم	هفتم	۷۶/۱۰/۲۰ الی ۷۶/۱۰/۲۴	اندازه گیری آلودگی در مجاورت ساختمان در جهت جنوب در طبقه همکف طی روزهای مختلف هفته (ساعت ۹ صبح)

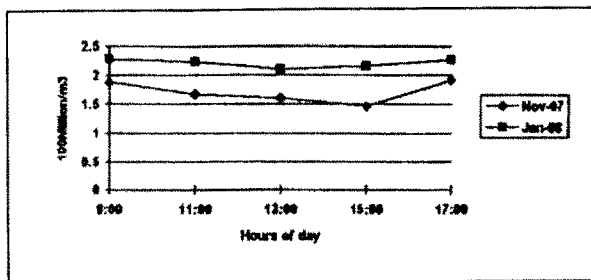


شکل (۶): توزیع ذرات معلق طی یک روز در سطح زمین

یکنواختی توزیع آلودگی در دی ماه به علت وجود بارندگی در آنروز است که بطور پیوسته از ساعات اولیه صبح آغاز و تقریباً تا پایان روز ادامه داشته است. نتایج حاصل رفتار مشابهی برای تغییرات غلظت در طبقه بیست و پنجم ساختمان نشان می دهند (اشکال ۵ الی ۸).



شکل (۷): غلظت CO طی یک روز در طبقه بیست و پنجم

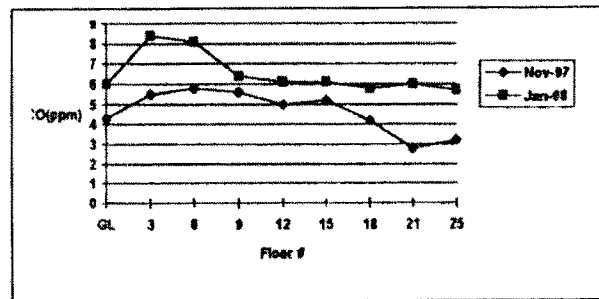


شکل (۸): توزیع ذرات معلق طی یک روز در طبقه بیست و پنجم

معادله منحنی زیر برای برازش اطلاعات حاصل، مورد استفاده قرار گرفته است:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

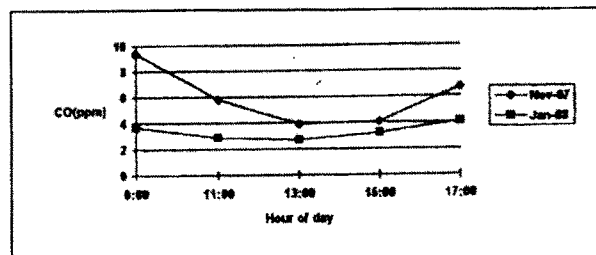
طبقه ششم کاهش می یابد و از طبقه نهم به بعد تقریباً ثابت است (شکل ۴). اندازه گیری های بعدی نیز این روند را نشان داده است.



شکل (۴): توزیع CO برحسب ارتفاع ساختمان (ساعت ۹ صبح)

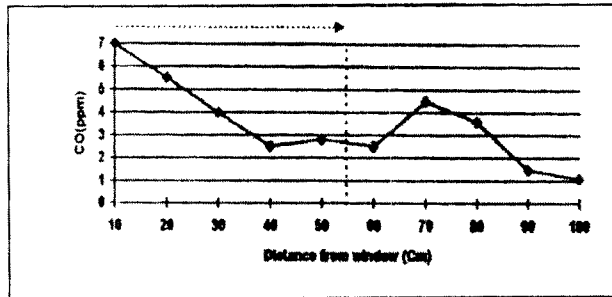
– تغییرات غلظت CO و ذرات معلق نسبت به زمان در پایین ترین و بالاترین ایستگاه

در این مرحله ایستگاه های ۱ و ۹ (طبقات همکف و بیست و پنجم) به عنوان ایستگاههای اندازه گیری انتخاب شده و در فواصل زمانی دو ساعته اقدام به نمونه گیری و ثبت میزان غلظت آلاینده گردید. شروع اندازه گیری ۹ صبح و آخرین نمونه گیری در ساعت ۱۷ صورت گرفته است (مطابق شکل ۵).



شکل (۵): توزیع CO طی یک روز در سطح زمین

در طبقه همکف ابتدا میزان آلودگی از یک مقدار ماکزیمم شروع و در طول روز تا حدود ساعات ظهر کاهش می یابد. تردد زیاد وسائط نقلیه در ساعات اولیه صبح، غلظت CO را تا حدود ppm ۱۰ در این ایستگاه اندازه گیری افزایش داده است. متناسب با کاهش ترافیک تا حدود اواخر ساعات طرح ترافیک کاهش می یابد. به وجود می آید و درست در لحظه شروع آزاد شدن طرح ترافیک و افزایش تردد وسائط نقلیه، افزایش محسوسی در غلظت CO بروز می نماید. این تغییرات برای میزان غلظت ذرات معلق نیز در شکل (۶) مشاهده می گردد که می تواند با تحلیل مشابهی مورد ارزیابی قرار گیرد.



شکل (۱۰): تغییرات غلظت CO در فواصل مختلف از لبه پنجره

نتایج فوق تائیدی بر نتایج حاصل از یک مدل عددی توسعه داده شده (Abbaspour 1998) می باشد، که رفتار آلودگی را نسبت به ارتفاع در مجاورت ساختمانهای بلند، شبیه سازی می کند (شکل ۱۱). در این مطالعه شبیه سازی ریاضی نشان داده است که در اثر اختلاف دمای داخل و بیرون ساختمان، یک جریان جابجایی آزاد اتفاق می افتد و در نتیجه پروفیل غلظت آلاینده هوا در مجاورت ساختمان تا ارتفاع معینی افزایش و سپس بتدریج کاهش می یابد.

لازم به یادآوری است که در زمان انجام آزمایشات کلیه اطلاعات هواشناسی موردنیاز همزمان با اندازه گیری آلاینده ها، اندازه گیری شده اند.

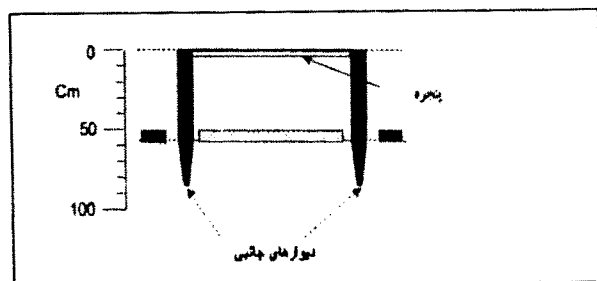
در زمان اولین اندازه گیری که اواخر آبانماه بوده است درجه حرارت محیط حدود ۱۴ درجه سانتیگراد و در زمان اولین اندازه گیری که در دیماه انجام پذیرفته بالغ بر ۵ درجه سانتیگراد بوده است. سرعت باد نیز از حدود ۰/۲ متر بر ثانیه، تا مقدار ۳ متر بر ثانیه متغیر بوده است. اگرچه دما و سرعت باد در محیط اثرات تعیین کننده ای بر میزان کمی توزیع آلاینده ها در مجاورت ساختمان دارند، اما باید توجه داشت که هدف از بررسی های انجام شده، صرفاً تعیین چگونگی توزیع آلاینده ها با افزایش ارتفاع می باشد.

نتایج تحقیق نشان می دهد که بدون تردید، این تغییرات موضعی در چگونگی نتایج حاصل اثر خواهند داشت، لیکن نتایج حاصله جدای از نوساناتی که به علل یاد شده در آنها مشاهده می گردد، مؤید پاسخ بدست آمده از روش شبیه سازی ریاضی نیز می باشد.

ضرایب محاسبه شده برای غلظت CO در نمودارهای مختلف در جدول (۳) ارائه گردیده است. دو عامل زیر تا اندازه ای دقت تحلیلهای انجام شده را تحت تأثیر قرار می دهند. ۱. دو ساعت و نیم تفاوت بین اولین اندازه گیری در نخستین ایستگاه و آخرین اندازه گیری در بالاترین ایستگاه ۲. اثر آشفستگی جریان ناشی از دیوارهای جانبی پنجره در هر طبقه به منظور اطمینان از صحت محدوده اطلاعات اندازه گیری شده، نتایج حاصل با گزارش آمار آلودگی هوای تهران که از سوی سازمان حفاظت محیط زیست منتشر گردیده است، مورد مقایسه قرار گرفت و مشخص گردید که هر دو گروه اطلاعات در یک محدوده قرار دارند (DOE 1996).

در بررسی تغییرات آلودگی در فواصل مختلف از لبه پنجره، اندازه گیری غلظت CO از لبه پنجره در یک طبقه خاص (طبقه ۲۵) آغاز و این عمل تا فاصله ۱m از پنجره در ۱۰ نقطه مشخص با اختلاف فواصل ۱۰cm تکرار گردید. به این ترتیب تغییرات میزان غلظت CO نسبت به فاصله از لبه پنجره مورد بررسی قرار گرفت. شکل (۱۰) نشانگر میزان تغییرات غلظت CO در لبه پنجره و در فواصل ۱۰ cm از آن است. همانگونه که ملاحظه می گردد، حداکثر غلظت در لبه پنجره بوده و در فواصل دورتر تا فاصله ۵۰ cm (لبه بالکن) به تدریج از غلظت CO کاسته می شود، که بتدریج با افزایش فاصله، مجدداً مقدار آن افزایش می یابد.

افزایش غلظت تا حدود ۸۰cm دورتر از پنجره (حدود ۳۰cm از دیوار) ادامه داشته و پس از آن تا فاصله ۱m (حدود ۵۰cm از دیوار) بتدریج کاهش می یابد. بنظر می رسد محصور شدن هوا بین دو دیواره جانبی پنجره ها که در شکل (۹) مشخص شده است میزان آلودگی را در لبه پنجره به حداکثر مقدار خود می رساند. این تغییرات وجود یک جریان هوا در کنار ساختمان ناشی از تفاوت دمای محیط داخل و خارج ساختمان را به اثبات می رساند.



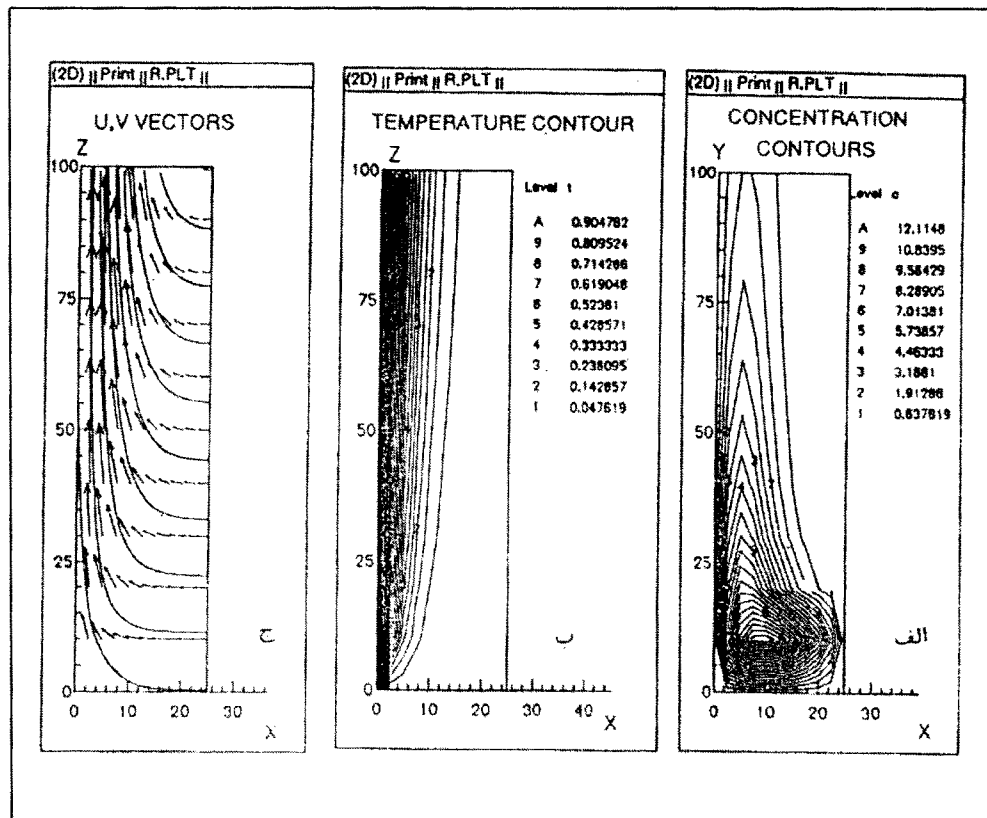
شکل (۹): نمای وضعیت پنجره در طبقه ۲۵ (نما از بالا)

جدول (۲): خصوصیات دستگاه های اندازه گیری

Met One Specifications		
Size channels:		
Models 228A/229A:	0.5 μ - and larger	
Models 228B/229B:	0.3 μ - and larger	
Concidence:	Less than 5% at 2000000 Particles Per Cubic Foot	
ht Source:	Laser diode (30000 hours mean time before failure)	
Display:	Seven-digit LED	
Sample time:		
Model 228:	6 seconds, updated every 6 seconds	
Model 229:	1 minute	
Dimensions:	3.9'' W×7.7'' H×1.6'' D(10×19.7×4.1 cm)	
Weight:	1.43 lbs (0.65 kg)	
Power:	110 or 220 VAC Charger	
Battery:	6VD Rechargeable NI – CD. 3.5 hours fast charge or 16 hour Trickle charge	
Operating time:	3.2 hours continuos	
Operating environment:	55-105 °F (12-41 °C)20-90% relative humidity, non-condensing	
Storage:	40-160 °F (-40-70 °C) 98% relative humidity non-condensing	
Solomat 510e		
Measurement	Recommended Probe	Measurement range
Temperature	100-series probes Pt 100 200-series probes K thermocouple type T, J, E probes T thermocouple J thermocouple E thermocouple	-180°C to +800°C -80°C to 1260°C -190°C to +400°C -190°C to +400°C -250°C to + 690°C
Air Speed	127 MS, 129MS/GN thermal (hot wire) anemometer 228 MS/GN vane anemometer	0.1 to 12 m/s 1 to 40 m/s
Humidity/Dewpoint	226, 355/6/7/8 RH thermohygrometer (with pt 100 temperature sensor)	0 to 100% rh -33 to 70°C (dewpoint)
CO ₂ /CO	1212 GS (Carbon monoxide) 1201 GS (Carbon dioxide)	0 to 500 ppm 0 to 5000 ppm
Volume Flow Rate (VFR)	510e calculates VFR from thermal anemometer, vane anemometer or pitot/511 LP pressure probe	0 to 100/000 cfm 0 to 169000 m ³ / hr
Pressure/Pitot	500-series pressure probes; differential air (512LP) or water (513LW); gauge air (512HP) or water (514HW); Barometric/vacuum absolute (515BP)	Range depends on probe
RPM	327TM optical tachometer	24 to 20/000 rpm

جدول (۳): ضرایب منحنی در نمودار برازش داده شده برای تغییرات غلظت CO نسبت به ارتفاع

نمودار		ضرایب a, b, c و d در معادله برازش داده شده			
شکل	تاریخ	a	b	c	d
شکل ۴	آبان ۷۶	۴/۳۱۷۳۳	-۰/۱۶۲۶۷۷	-۰/۰۰۵۰۲۰۳۲	۰/۰۰۰۰۳۴۹۴۵
شکل ۴	دی ۷۶	۶/۴۸۱۷۴	-۰/۱۶۱۹۳۱	-۰/۰۰۵۸۴۲۹۹	۰/۰۰۰۰۱۰۰۹۴



شکل (۱۱): نحوه پخش مواد آلوده در مجاور دیواره بلند عمودی (Abbaspour 1998)

الف. نحوه پخش مواد آلوده روی دیواره (خطوط هم غلظت)

ب: خطوط هم دما

ج: چگونگی شکل گیری جریان طبیعی روی دیواره (خطوط جریان)

شناسایی شده اند. پس از آن عواملی مانند سرعت و جهت باد، ارتفاع و موقعیت مکانی اندازه گیری به ترتیب در درجات کمتر اهمیت قرار گرفته و نقش دمای محیط در تغییرات شدت آلودگی از اهمیت کمتری برخوردار است.

نتیجه گیری کلی:

۱. با توجه به بررسی های انجام شده و نتایج حاصله، شدت ترافیک و میزان تردد اتوموبیلها در خیابانهای مجاور ساختمان، به عنوان مهمترین عوامل در افزایش شدت آلودگی (منوکسیدکربن)

بوجود می‌آورند که می‌توانند در توزیع تغییرات دما با ارتفاع، همانطوریکه آزمایشات نشان می‌دهند، مؤثر باشند.

منابع:

1. Abbaspour, M. 1998. Mathematical Modelling of Air Pollution Dispersion Around Tall Buildings, Sharif University of Technology, Tehran, Iran, (In Print).
2. Department of Environment (DOE). 1996. Air Pollution Statistics of Tehran, Publication No.39.
3. Lodge, J.P. 1998. Methods of Air Sampling and Analysis, Lewis Publishers Inc, Michigan, USA.
4. Solomat Corp. 1998. User's Guide of Solomat 510e, UK.

۲. هر چند افزایش ارتفاع از سطح زمین با افزایش فاصله از منابع آلودگی (اتومبیلها) همراه است، اما این تصور که دور شدن از آنها موجب کاهش غلظت آلودگی می‌گردد، الزاماً صحت نخواهد داشت. زیرا عواملی مانند بادهای محلی و جریانهای گردابی در اطراف ساختمان موجب تجمع آلودگی در برخی نقاط و پراکنده سازی آن در برخی مواضع دیگر می‌گردد.

بطور کلی توزیع آلودگی در ارتفاعات مختلف مجاور ساختمان یکنواخت نبوده و به این ترتیب از لحاظ کیفیت هوا، ساکنین طبقات بالاتر حداقل تا ارتفاع معینی لزوماً از هوای بیرونی سالمتری برخوردار نمی‌باشند. لازم به یادآوری است که جریان هوا در اطراف ساختمانهای بلند متأثر از عوامل زیادی نظیر جریان باد، جریانهای موضعی و مغشوش، موقعیت محل نصب پنجره ها و نوع دیوارها می‌باشد. لیکن اثر گرم بودن یا سرد بودن دیواره های ساختمان نسبت به محیط اطراف خود، جریانهای جابجایی آزاد را