مسلسل: ۱۸۴۸۵
مهر ۱۴۰۱

راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده
برای کاهش آلودگی هوا

دفتر مطالعات زیربنایی

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	مسلسل: ۱۸۴۸۵ کد موضوعی: ۲۵۰

عنوان گزارش: راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده برای کاهش آلودگی هوا

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه محیط‌زیست)

تهیه و تدوین‌کنندگان: بهزاد اشجعی ، الهه سلیمانی

مدیر مطالعه: مجید حسین‌زاده

ناظر علمی: علیرضا رهایی

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. آلودگی

۲. هوا

۳. راهکار

۴. زودبازده

۵. کاهش

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۷/۲۳

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. بیان مسئله و اهداف پژوهش ۵
۲. مروری بر راهکارهای کاهش آلودگی هوا ۶
۳. بررسی هزینه اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا ۸
۴. معرفی راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده کاهش آلودگی هوا (راهکارهای منتخب) ۱۱
۵. بررسی ابعاد فنی و اجرایی راهکارهای منتخب ۲۳
۶. تحلیل اقتصادی اجرای راهکارهای منتخب ۳۲
جمع‌بندی و راهکارها ۳۷
منابع و مآخذ ۴۰

راهکارهای کم هزینه و زودبازده برای کاهش آلودگی هوا

چکیده

قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا، به‌خصوص آلودگی ذرات معلق می‌تواند آثار سوء بر سلامت قلب و عروق و دستگاه تنفسی داشته باشد و این آثار سوء در افزایش خطر مرگ‌ومیر مشاهده شده است و در تغییرات متوسط امید به زندگی انعکاس پیدا کرده است. به گزارش سازمان بهداشت جهانی تقریباً ۳ درصد از مرگ‌های زودرس ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی و ۵ درصد از مرگ‌های ناشی از سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در مقیاس جهانی است که این نسبت به‌ترتیب در اتحادیه اروپا ۱ الی ۳ درصد و ۲ الی ۵ درصد است. در ایران نیز در بسیاری از شهرهای بزرگ و متوسط غلظت بعضی از آلاینده‌های هوا از استانداردهای ملی به مراتب بالاتر است، به‌صورتی که برآورد می‌گردد با احتساب تأثیر پدیده ریزگردها، بیش از نیمی از جمعیت کل کشور در معرض آلودگی قرار دارند. این مشکل نه تنها سلامت مردم را به مخاطره می‌اندازد، بلکه هزینه‌های زیادی را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر حوزه سلامت، به‌علت افزایش نیاز به خدمات مراقبتی و بهداشتی و فوریت‌های پزشکی که برای جمعیت تحت تأثیر انجام می‌شود و همچنین سایر حوزه‌های اقتصادی تحمیل می‌کند. همچنین بار مالی زیادی به‌علت مرگ‌ومیرهای زودرس بر سیستم بهداشتی تحمیل می‌شود به‌صورتی که در صورت رخداد مرگ‌های زودرس سال‌های زیادی از عمر افراد و نیروی کار یک کشور از دست می‌رود. براساس گزارشات وزارت بهداشت، آلودگی هوا سالیانه حدود ۳۷۵۱ نفر در شهر تهران قربانی می‌گیرد. همچنین میزان مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در کل کشور به سالیانه ۱۱۱۵۹ نفر می‌رسد که تقریباً هم رده با آمار مربوط به تلفات جاده‌ای در کشور است. براساس همین گزارش خسارت آلودگی هوا بر سلامتی شهروندان تهران حدود ۲/۳ میلیارد دلار تخمین زده شده است که این میزان برای کل کشور به ۷ میلیارد دلار می‌رسد. بنابراین با لحاظ جمیع موارد ذکر شده می‌توان به اهمیت معضل آلودگی هوا پی برد و به این اندیشید که باید راهکارهای مؤثر و محکمی برای مقابله با این پدیده پیاده‌سازی و اجرا شوند. اغلب راهکارهای مذکور در قوانین و مصوبات مربوط به آلودگی هوا ذکر شده اند لکن تاکنون بخش عمده‌ای از این راهکارها بلااجرا مانده‌اند. دلیل اصلی عدم اجرای این راهکارها نبود بودجه کافی و تخصیص منابع اعتباری لازم است. معمولاً راهکارهای دائمی کاهش آلودگی هوا پر هزینه و بلندمدت هستند، راهکارهایی ازجمله نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی، توسعه وسایل نقلیه برقی، بهبود راندمان نیروگاه‌ها، اصلاح کیفیت سوخت و ... نیاز به صرف بودجه و زمان زیاد هستند. در شرایط اقتصادی فعلی حاکم بر کشور طبیعتاً اجرای این راهکارها با مشکل و کندی مواجه است، با این‌حال از طرفی دیگر وضعیت کیفی هوا در اغلب کلان‌شهرها وخیم بوده و آلودگی هوا روز به روز درحال گسترش است. بنابراین لازم است تا با اجرای راهکارهای موقتی که نیاز به

صرف بودجه بالا هم نداشته باشند، شرایط وخیم فعلی را به‌نحوی کنترل و مدیریت نمود تا در فاصله زمانی معین نسبت به اجرای راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا اقدامات لازم صورت پذیرد. در این پژوهش سعی شده تا راهکارهای موقتی به‌عنوان جایگزین راهکارهای اصلی معرفی شود که در عین تأثیر برابر در کاهش آلودگی هوا، هزینه اجرای بسیار کمتری داشته و به‌راحتی نیز قابل اجرا باشند. در این راستا ۱۵ راهکار برای منابع مختلف آلاینده هوا پیشنهاد شده است . این راهکارها به‌صورت دقیق از منظر فنی و اجرایی بررسی شده و الزامات اجرای هریک تعیین گردید. سپس میزان کاهش انتشار آلاینده‌های گازی و ذرات معلق درنتیجه اجرای راهکارها به‌صورت ساده و کلی تخمین زده شد. درنهایت با توجه به وسعت اجرای هر راهکارها برآورد کلی از هزینه‌های اجرای آنها و عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا صورت گرفت تا نحوه بازگشت سرمایه مشخص شود.

با انجام مطالعات فوق مشخص شد که برای مثال در شهر تهران با اجرای ۱۵ راهکار منتخب کم‌هزینه و زودبازده، حداقل ۲۷/۸ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و ۱۹/۶ درصد از انتشار آلاینده ذرات معلق کاهش پیدا خواهد کرد. برای این میزان کاهش چیزی در حدود ۱۰۷ هزار میلیارد ریال اعتبار مورد نیاز است که بخشی از آن توسط دولت، بخشی توسط شهرداری‌ها، بخشی آورده متقاضیان و باقی از سایر منابع قابل تأمین است. با صرف این هزینه، حداقل ۱۷۶ هزار میلیارد ریال عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا نتیجه خواهد شد که نشان می‌دهد طول دوره بازگشت سرمایه کمتر از یک سال است. این ارقام در مقایسه با اجرای راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا بسیار مقرون به‌صرفه‌تر و مؤثرتر است، به‌گونه‌ای که با صرف کمتر از یک‌سوم هزینه، بین ۲ تا ۳ برابر کاهش آلودگی هوا حادث خواهد شد.

مقدمه

رشد هزینه‌های سلامت در دهه‌های اخیر به یکی از چالش‌ها و مسائل عمده در حوزه اقتصاد سلامت تبدیل شده است. یکی از عوامل مؤثر بر هزینه‌های سلامت، پدیده آلودگی هواست که امروزه به یکی از مسائل عمده کشورها خصوصاً شهرهای بزرگ جهان تبدیل شده است و به‌عنوان عامل بسیاری از بیماری‌های مزمن و حتی مرگ‌ومیرهای زودرس مطرح شده است[1]. گسترش شهرنشینی، افزایش جمعیت، رشد بخش‌های صنعتی، حمل‌ونقل و الگوهای مصرف نامناسب، نگرانی‌ها را نسبت به تشدید آلودگی هوا افزایش داده است که این آلودگی‌ها تأثیرات نامطلوبی بر سلامتی، رفاه و بهره‌وری، کیفیت زندگی و افزایش هزینه‌های سلامتی جامعه دارد[2].

قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا، به‌خصوص آلودگی ذرات معلق می‌تواند آثار سوء بر سلامت قلب و عروق و دستگاه تنفسی داشته باشد و این آثار سوء در افزایش خطر مرگ‌ومیر مشاهده شده است و در تغییرات متوسط امید به

1. Chen, Z., Huang, X. and Wang, Q. (2009). The Effect of Air Pollution on Human Health in China: A Macro Evaluation.
2. Hoseinpoor, A.R, Forouzanfar, M.H. Yunesian, M., Asghari, F., Holakouie Naieni, K. and Farhood, D. (2005). Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environmental Research, (99):126-131.

زندگی انعکاس پیدا کرده است[۱]. به گزارش سازمان بهداشت جهانی تقریباً ۳ درصد از مرگ‌های زودرس ناشی از بیماری‌های قلبی عروقی و ۵ درصد از مرگ‌های ناشی از سرطان ریه منتسب به ذرات معلق در مقیاس جهانی است که این نسبت به‌ترتیب در اتحادیه اروپا ۱ الی ۳ درصد و ۲ الی ۵ درصد است.

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که بار بیماری‌های مرتبط با آلودگی هوای آزاد ممکن حتی بیشتر نیز باشد. نتایج مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ نشان داد غلظت سالیانه ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون امید به زندگی جمعیت را به‌طور میانگین ۶/۸ ماه کاهش می‌دهد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر نتایج نشان داد در صورت کاهش غلظت ذرات معلق کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون به میزان ۱۰ میکروگرم در متر مکعب امید به زندگی در حدود ۲۰ ماه افزایش می‌یابد[۲].

در ایران نیز در بسیاری از شهرهای بزرگ و متوسط غلظت بعضی از آلاینده‌های هوا از استانداردهای ملی به مراتب بالاتر است، به‌صورتی که برآورد می‌شود با احتساب تأثیر پدیده ریزگردها، بیش از نیمی از جمعیت کل کشور در معرض آلودگی قرار دارند[۳]. این مشکل نه تنها سلامت مردم را به مخاطره می‌اندازد، بلکه هزینه‌های زیادی را به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر حوزه سلامت، به‌علت افزایش نیاز به خدمات مراقبتی و بهداشتی و فوریت‌های پزشکی که برای جمعیت تحت تأثیر انجام می‌شود و همچنین سایر حوزه‌های اقتصادی تحمیل می‌کند[۴] .همچنین بار مالی زیادی به‌علت مرگ‌ومیرهای زودرس بر سیستم تحمیل می‌شود به‌صورتی که در صورت رخداد مرگ‌های زودرس سال‌های زیادی از عمر افراد و نیروی کار یک کشور از دست می‌رود[۵].

برنامه‌های مدیریتی جهت کنترل آلودگی هوا در کلان‌شهرها از مهم‌ترین راهکارها در جهت کاهش پیامدهای منفی این پدیده محسوب می‌شود. نتایج مطالعه ای در اسپانیا در سال ۲۰۰۹ نشان داد کاهش مواجهه متوسط PM۱۰ به طور میانگین سالیانه ۶۴۰۰ میلیون یورو مزایای مالی به‌همراه دارد. همچنین در کانادا مشاهده شد کاهش غلظت آلاینده‌ها منجر به مزایای سالیانه ۴ / ۱ میلیون دلار از طریق کاهش مراجعه به اورژانس و بستری در بیمارستان برای بیماری قلبی و تنفسی شده است[۶].

شهر تهران برای مثال در سال ۱۴۰۰، ۱۲۳ روز هوای آلوده داشت[۷] که برابر حدود ۳۴ درصد از کل سال است. این

---

1. Guobao, S, Wenquan, Z, (2009). The Evaluation of Health Damage Caused by Air Pollution in Huzhou Region, China.

2. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP (interim report). World Health Organization.

Public health, environmental and social determinants of health (PHE). Burden of disease from ambient and household air pollution.

Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R., and the WHO Working Group. Quantification of health effects of exposure to air pollution. Occup Environ Med. 2010; 59:791-793

Global Health Observatory (GHO) data. Reports.

3. Hoseinpoor, A.R, Forouzanfar, M.H. Yunesian, M., Asghari, F., Holakouie Naieni, K. and Farhood, D. (2005). Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environmental Research, (99):126-131

4. Dos, A. and Martin, F. (2010). An Econometric Analysis of the US Health Care Expenditure. Journal of Health Science, 2(1): 150-159

Yoo, S., Kwak, S and Lee, J. (2008). Using a Choice Experiment to Measure the Environmental Costs of Air Pollution Impacts in Seoul. Journal of environmental Management, (86): 308-318

5. Wang, p. and Mu.H (2010). Economic Assessment on Health Loss of Particulate Air pollution in Dalian of china, Dalian university of Technology, Dalian, china

6. Stieb D, at a. Economic evaluation of the benefits of reducing acute cardiorespiratory morbidity associated with air pollution. Environmental Health. 2002; 1, 7

۷.گزارش کیفی هوای شهر تهران، سال ۱۴۰۰، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.

یعنی شهروندان تهران یک‌سوم سال هوای آلوده تنفس می‌کنند. این معضل از چند دهه قبل گریبانگیر کشور بوده و سال به سال نیز گسترده‌تر می‌شود. براساس گزارشات وزارت بهداشت، آلودگی هوا سالیانه حدود ۳۷۵۱ نفر در شهر تهران قربانی می‌گیرد. همچنین میزان مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در کل کشور به سالیانه ۱۱۱۵۹ نفر می‌رسد که تقریباً هم رده با آمار مربوط به تلفات جاده‌ای در کشور است[۱].

از طرفی دیگر براساس گزارش بانک جهانی، آلودگی هوا سالیانه ۲/۶ میلیارد دلار به شهروندان تهران خسارت وارد می‌نماید[۲]. بر این اساس سرانه خسارت وارده ناشی از آلودگی هوا برای هر شهروند تهرانی در حدود ۳۰۰ دلار در سال است و به‌طور متوسط یک خانواده ۴ نفره در شهر تهران سالیانه حدود ۱۲۰۰ دلار معادل ۳۵ میلیون تومان به‌دلیل معضل آلودگی هوا خسارت پرداخت می‌نمایند که این خسارات ناشی از تأثیرات مختلف آلودگی هوا بر سلامتی و زندگی شهروندان تهرانی است. البته گزارش دیگری توسط وزارت بهداشت در سال ۱۳۹۹ منتشر شده که در آن خسارت آلودگی هوا بر سلامتی شهروندان تهران را حدود ۲/۳ میلیارد دلار تخمین زده است که این میزان برای کل کشور به ۷ میلیارد دلار می‌رسد[۳].

در کنار موارد بالا آلودگی هوا تأثیرات مخرب روحی و روانی نیز برای شهروندان ایجاد می‌نماید. اضطراب، استرس، افسردگی و ناامیدی تنها مواردی از عوارض روحی و روانی ناشی از آلودگی هواست. بنابر مطالعات مختلف صورت گرفته توسط مراکز معتبر بین‌المللی، آلودگی هوا سبب کاهش آستانه صبر و تحمل و انسان می‌شود. بنابراین در روزهای اوج آلودگی هوا میزان پرخاشگری و خشونت در رفتار شهروندان نیز افزایش می‌یابد[۳].

البته غیر از خسارات مرتبط با سلامت جسمی و روانی شهروندان، آلودگی هوا خساراتی را نیز در سایر ابعاد اقتصادی شهر به‌بار می‌آورد. بنابر برآوردها هر روز که شهر تهران به‌دلیل آلودگی هوا تعطیل می‌شود در حدود ۱۰۰ میلیارد تومان خسارت ایجاد می‌گردد.[۴] همچنین سایر تأثیرات این پدیده بر اکوسیستم شهری، ساختار شهرنشینی، کشاورزی و صنایع غذایی، بنگاه‌های اقتصادی و ... هم به نوبه خود دارای زیان اقتصادی هستند که باید در مطالعات دیگری بررسی و اندازه‌گیری شوند.

بنابراین با لحاظ جمیع موارد ذکر شده می‌توان به اهمیت معضل آلودگی هوا پی برد و به این اندیشید که باید راهکارهای مؤثر و محکمی برای مقابله با این پدیده پیاده‌سازی و اجرا شوند. با توجه به حجم بار منفی و خسارات آلودگی هوا یقیناً برنامه‌های کاهش آلودگی هوا باید در اولویت هر دولتی قرار گرفته و هیچ‌گونه تأخیر یا سهل‌انگاری در اجرای این برنامه‌ها نباید وجود داشته باشد.

---

۱. گزارش کمی سازی اثرات بهداشتی و اقتصادی منتسب به آلاینده ذرات معلق PM2.5 در ۲۵ شهر کشور در سال ۱۳۹۹ با استفاده از نرم افزار W.H.O AirQ+2 ، مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

2. Air pollution in Tehran: Health cost, Sources, And policies discussion paper, World bank group, March 2018

3. Jesse Burkhardt, Jude Bayham, Ander Wilson, Ellison Carter, Jesse D. Berman, Katelyn O'Dell, Bonne Ford, Emily V. Fischer, Jeffrey R. Pierce. The effect of pollution on crime: Evidence from data on particulate matter and ozone. Journal of Environmental Economics and Management, *2019*

۴. کمیته بودجه و نظارت شورای شهر تهران، سال ۱۳۹۹.

۱. بیان مسئله و اهداف پژوهش

راهکارهای حل مسئله آلودگی هوا باید براساس بازدهی، میزان تأثیرگذاری، هزینه و زمان اجـرا اولویت‌بنـدی گردنـد. اغلب راهکارهای مذکور در قوانین و مصوبات مربوط به آلودگی هوا ذکر شده اند لکن تاکنون بخـش عمـده‌ای از ایـن راهکارها بلااجرا مانده‌اند. دلیل اصلی عدم اجرای این راهکارها نبود بودجه کافی و تخصیص منابع اعتباری لازم اسـت. معمولاً راهکارهای دائمی کاهش آلودگی هوا پـر هزینـه و بلندمـدت هسـتند، راهکارهـایی ازجملـه نوسـازی ناوگـان حمل‌ونقل عمومی، توسعه وسایل نقلیه برقی، بهبود راندمان نیروگاه‌ها، اصلاح کیفیت سوخت و ... نیاز به صرف بودجه و زمان زیاد هستند. در شرایط اقتصادی فعلی حاکم بر کشور طبیعتاً اجرای این راهکارها بـا مشـکل و کنـدی مواجـه است، با این‌حال از طرفی دیگر وضعیت کیفی هوا در اغلب کلان‌شهرهای ایران وخیم بوده و آلـودگی هـوا روز بـه روز درحال گسترش می‌باشد. بنابراین لازم است تا با اجرای راهکارهای موقتی که نیاز به صـرف بودجـه بـالا هـم نداشـته باشند، شرایط وخیم فعلی را به‌نحوی کنترل و مدیریت نمود تا در فاصله زمانی معـین نسـبت بـه اجـرای راهکارهـای اصلی کاهش آلودگی هوا اقدامات لازم صورت پذیرد.

با توجه به شدت بحران مذکور، زمان بسیار با اهمیت بوده و هرچه سریع‌تر باید اقداماتی برای مهار آلـودگی هـوا صورت پذیرد. طبیعتاً این راهکارها ماهیت موقت داشته و باید در عین کم هزینه بـودن، در کوتـاه‌ترین زمـان ممکـن قابل اجرا باشند و تأثیر قابل‌توجهی نیز در کاهش آلودگی هوا داشته باشند. بنابراین ارائـه راهکارهـایی بـرای کـاهش آلودگی هوا با سه مشخصه کم‌هزینه، زود بازده و مؤثر بودن می‌تواند به رفع معضل فعلی کمک شایانی نماید.

در این گزارش راهکارهایی برای کاهش آلودگی هوا ارائه و بررسی خواهند شد که برای اجرای آنها نیاز به صـرف بودجه‌های کلان نباشد. همچنین در کوتاه‌ترین زمان ممکن قابلیت اجرا داشته باشند و در عین حال بیشترین تأثیر را در کاهش آلودگی هوا داشته باشند. برخی از این راهکارها ممکن است سابقاً در قوانین و مصوبات ذکر شده باشند، بـا این‌حال در این گزارش جزئیات فنی مربوط به اجرای آنها، میزان تأثیرگذاری بر کاهش آلودگی هوا و در صورت امکان سودآوری اقتصادی ناشی از اجرای این راهکارها از منظر کاهش آلودگی هوا بررسی و تحلیـل می‌گـردد. همچنـین در صورت وجود سوابق داخلی یا خارجی از اجرای این راهکارها، این سوابق نیز بررسی خواهد شد. درنهایـت نیـز برنامـه جامعی تحت عنوان «راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده کاهش آلودگی هوا» با در نظر گرفتن محاسبات اقتصـادی ارائـه خواهد گشت. **ذکر این نکته ضروری است که برنامه ارائه شده در گزارش پیش‌رو باید در کنـار راهکارهـای اصلی و دائمی کاهش آلودگی هوا اجرا شوند و به هیچ‌وجـه مفهـوم برنامـه پیشـنهادی، کنـار گذاشـتن راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا نیست.**

این پژوهش به این سؤال کلی پاسخ خواهد داد که آیا برای حل مسئله آلودگی هوا باید حتماً بودجه‌های کـلان صـرف نمود؟ آیا راهکارهای دیگری وجود دارد که با صرف هزینه و زمان کمتر تـأثیر به‌خصوصـی بـر کـاهش آلـودگی هـوا داشـته باشند؟ در شرایط فعلی اقتصادی باید چشم انتظار تأمین بودجه و منابع مطلوب برای حل مسئله آلودگی هوا بمانیم؟

پژوهش‌های صورت گرفته در گذشته نگاهی کلی به تمامی قوانین و مصوبات حوزه آلودگی هوا و ساختار حاکمیتی و قانونگذاری برای مقابله با این پدیده داشته‌اند و مطالعات اندکی در حوزه آلودگی هوا از بُعد اقتصادی و

مالی صورت گرفته است. به‌طور کلی در این حوزه ضعف جدی در بخش مطالعاتی و پژوهشی در کشور وجود دارد. مطالعات اندک مذکور نیز صرفاً به راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا پرداخته‌اند و در این گزارش سعی در تحلیل فنی و اقتصادی راهکارهایی است که هزینه‌بَری پایین‌تری دارند.

۲. مروری بر راهکارهای کاهش آلودگی هوا

درخصوص معضل آلودگی هوا در قدم اول باید درک درست و دقیقی از عوامل پیدایش این پدیده ایجاد گردد و مشخص شود که چه فعالیت‌ها و منابعی باعث ایجاد آلودگی هوا می‌شود. همچنین این منابع و فعالیت‌ها هرکدام چقدر در ایجاد این معضل سهم دارند. برای این بخش از فرایند حل مسئله مطالعاتی تحت عنوان سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا انجام می‌شود که طی این مطالعات منابع مختلف آلاینده هوا و سهم هرکدام در انتشار آلاینده‌های مختلف اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود. البته این مطالعات به‌صورت محلی صورت می‌گیرد و نتایج مربوط به هر شهر با شهرهای دیگر متفاوت است. این مطالعه در شهر تهران تاکنون ۳ بار در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ انجام شده است و همچنین در ۹ کلان‌شهر درگیر آلودگی هوا یعنی تبریز، اصفهان، کرج، مشهد، شیراز، اراک، اهواز، قم و کرمانشاه نیز یک‌بار در سال ۱۳۹۸ به انجام رسیده و سهم منابع مختلف در آلودگی هوای این شهرها محاسبه شده است. جدول ۱ نتایج آخرین مطالعات سیاهه انتشار آلودگی هوای شهر تهران را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد[۱].

جدول ۱. میزان و سهم انتشار آلاینده‌ها از منابع مختلف در شهر تهران - سال ۱۳۹۶

منبع آلاینده	آلاینده‌های گازی		ذرات معلق	
	تناژ تولید	سهم (درصد)	تناژ تولید	سهم (درصد)
منابع متحرک	۵۷۲،۶۰۵	۸۲/۹	۶،۳۳۸	۶۰/۸
فرودگاه	۲،۰۰۸	۰/۳	۱۸	۰/۲
جایگاه سوخت	۱۳،۰۷۱	۱/۹	۰	۰/۰
راه‌آهن	۹۷۲	۰/۱	۱۶	۰/۲
پایانه‌های اتوبوس	۱،۴۶۷	۰/۲	۲۴۴	۲/۳
خانگی، تجاری، اداری	۲۲،۲۵۱	۳/۲	۲۳۷	۲/۳
نیروگاه	۳۶،۸۵۳	۵/۳	۱،۲۶۶	۱۲/۱
پالایشگاه	۲۸،۲۸۰	۴/۱	۴۵۴	۴/۴
صنایع	۱۳،۱۵۲	۱/۹	۱،۸۵۸	۱۷/۸
جمع کل	**۶۹۰،۶۶۰**	**۱۰۰**	**۱۰،۴۳۳**	**۱۰۰**

مأخذ: سیاهه انتشار آلاینده‌های هوای تهران، شرکت کنترل کیفیت هوا سال ۱۳۹۶.

پس از شناخت عوامل ایجاد آلودگی هوا و سهم هریک از منابع، نوبت به ارائه راهکار می‌رسد. راهکارها باید به‌گونه‌ای باشند که ضمن دارا بودن توجیه فنی مناسب، در کاهش آلایندگی منابع مختلف تأثیرگذار باشند. همچنین

۱. گزارش جامع سیاهه انتشار شهر تهران، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران، ۱۳۹۶.

این راه‌حل‌ها باید قابل اجرا باشند و برمبنای واقعیت و وضعیت فعلی تعیین شوند. راهکارهای حل مسئله آلودگی هوا باید براساس بازدهی، میزان تأثیرگذاری، هزینه و زمان اجرا اولویت بندی گردند. البته به‌طور معمول راهکارهای کاهش آلایندگی منابع مختلف مواردی هستند که قبلاً سابقه اجرا داشته باشند و براساس تجربیات و با اندک تغییراتی باتوجه به یافته‌های جدید علمی گذشته تعیین می‌شوند. در جدول ۲ برخی از راهکارهای معمول برای کاهش آلایندگی منابع مختلف که در قوانین نیز به آنها اشاره شده است، آورده شده‌اند[۱].

جدول ۲. راهکارهای معمول برای کاهش آلایندگی منابع مختلف آلاینده هوا

منبع	راهکارها
منابع متحرک (خودروها، موتورسیکلت‌ها و ...)	نوسازی – برقی‌سازی – توسعه حمل‌ونقل پاک – توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی – حذف تک‌سرنشینی – اسقاط خودروها و موتورسیکلت‌های فرسوده – معاینه فنی دقیق – ایجاد مناطق LEZ (Low Emission Zone) – تعیین محدودیت‌های ترافیکی – وضع عوارض تردد – تعویض یا نصب قطعات کاهنده آلایندگی وسایل نقلیه مانند فیلتر ذرات، کاتالیست و ... – مدیریت تقاضای سفر درون‌شهری – توسعه شهر الکترونیک – واقعی‌سازی قیمت انواع سوخت – ارتقای استاندارد آلایندگی اجباری خودروها و موتورسیکلت‌های نو – اصلاح ساختار معابر – ارتقای کیفیت سوخت
صنایع	اصلاح کیفیت سوخت ورودی – نصب تجهیزات فیلتراسیون دودکش‌ها – انتقال صنایع آلاینده به نقاط دور از شهرها – وضع عوارض آلایندگی – وضع مالیات سبز – اصلاح ساختار صنایع – افزایش بازدهی فرایندهای صنعتی
نیروگاه‌ها	اصلاح کیفیت سوخت – استفاده از منابع تجدیدپذیر به‌عنوان منبع انرژی – نصب تجهیزات فیلتراسیون – جانمایی نیروگاه‌ها در نقاط دور از شهر – ارتقای گرید بازدهی نیروگاه – واقعی‌سازی قیمت حامل‌های انرژی
پالایشگاه	افزایش بهره‌وری فرایندها – ممنوعیت فلرینگ – اصلاح ساختار پالایشگاه‌ها – ارتقای استانداردهای تولید و پالایش
پایانه‌های اتوبوسرانی	ممنوعیت کارکرد درجای اتوبوس‌ها – استفاده از فیلترهای موقت برای اتوبوس‌ها در زمان استقرار در داخل پایانه – استفاده از سیستم‌های هوشمند جهت برنامه‌ریزی زمان ورود و خروج و توقف و مسافرگیری اتوبوس‌ها
منابع گرمایشی	افزایش بهره‌وری موتورخانه‌ها و واحدهای گرمایش – الزام به معاینه فنی موتورخانه‌ها – ارتقای استاندارد بهره‌وری در ساخت وسایل گرمایشی – استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی برای گرمایش ساختمان – توسعه ساختمان‌های سبز و انرژی صفر – الزام به عایق‌سازی مناسب در مقررات ساخت‌وساز ساختمان – فرهنگ‌سازی و آموزش برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی
فرودگاه‌ها و راه‌آهن	نوسازی وسایط سفر – الزام به معاینه فنی هواپیماها و موتور قطارها – جانمایی مناسب ایستگاه‌های راه‌آهن و فرودگاه‌ها در حاشیه شهر و در خلاف جهت باد غالب – استفاده از سیستم‌های هوشمند برای برنامه‌ریزی ورود و خروج قطار و هواپیما و زمانبندی حرکت – توسعه شبکه ریلی برقی
جایگاه بنزین	نصب تجهیزات کهاب – نوسازی تجهیزات – استفاده از نازل‌ها و پمپ‌های پیشرفته

مأخذ: آسیب شناسی قانون هوای پاک – بخش اول: عملکرد، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

پس از تعیین راهکارها، باید اقدام‌هایی برای اجرایی سازی آنها انجام داد. این راه‌حل‌ها باید به‌صورت برنامه‌های **مدون و زمانبندی شده در چارچوب دستورالعمل‌های اجباری برای همه نهادها و دستگاه‌های مربوطه الزام شوند.** طبیعتاً برای ایجاد این الزام نیاز به قانون یا مصوبه است تا برای دستگاه‌ها و نهادهای مربوطه لازم‌الاجرا باشد. در ایران مصوبات و قوانین زیادی در حوزه آلودگی هوا وجود دارند، بیش از ۴۰ قانون و مصوبه مرتبط با آلودگی هوا وجود دارند که البته تعدادی از آنها با مطرح شدن قوانین جدید لغو گردیده‌اند. سابقه قانونگذاری در حوزه آلودگی هوا

۱. آسیب شناسی قانون هوای پاک – بخش اول: عملکرد، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی.

در ایران به بیش از ۴۰ سال قبل برمی‌گردد. اغلب راهکارهای اشاره شده در جدول ۲ در این قوانین و مصوبات وجود دارند، اما متأسفانه بیشتر این قوانین به اجرا در نیامده‌اند.

۳. بررسی هزینه اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا

صرف تدوین قانون برای اجرای راهکارهای مختلف کاهش آلودگی هوا کافی نیست و الزامات دیگری در این‌خصوص مورد نیاز است. مهم‌ترین پیش‌نیاز تخصیص بودجه و اعتبارات متناسب می‌باشد. با توجه به اینکه تعداد منابع آلاینده و وسعت درگیری با آلودگی هوا بالاست، معمولاً راهکارهای کاهش آلودگی هوا نیز پرهزینه و زمانبر هستند. برای مثال نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا با توجه به تعداد زیاد وسایل نقلیه عمومی نیاز به بودجه فراوان دارد. حدود ۵۰ هزار دستگاه اتوبوس در کل کشور وجود دارند[۱] که نوسازی این تعداد اتوبوس با فرض قیمت ۵۰ میلیارد ریالی هر اتوبوس نو، حدود ۲ میلیون و ۵۰۰ هزار میلیارد ریال بودجه نیاز دارد. این رقم برابر با حدود ۲۰ درصد از کل بودجه عمومی کشور در سال ۱۴۰۱ است. همچنین کل ظرفیت تولید اتوبوس در داخل کشور نیز کمتر از ۵۰۰۰ دستگاه در سال است. بنابراین برای تأمین بودجه مورد نیاز و همچنین تأمین اتوبوس مورد نیاز جهت نوسازی کل اتوبوس‌های داخل کشور نیاز به صرف زمان زیادی نیز دارد. فراموش نباید کرد که اتوبوس تنها بخش کوچکی از ناوگان حمل‌ونقل عمومی را تشکیل می‌دهد و همچنین نوسازی ناوگان حمل‌ونقل عمومی تنها یکی از راهکارهای کاهش آلودگی هواست. بنابراین نتیجه می‌گیریم که اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا نیازمند تزریق بودجه مناسب و صرف زمان مطلوب است. برای فهم بهتر از میزان بودجه و زمان مورد نیاز برای اجرای راهکارهای کاهش الودگی هوا در این بخش بررسی دقیق‌تری برمبنای مطالعات سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا صورت می‌گیرد.

این برآورد براساس هزینه اجرای طرح‌های کاهش آلودگی هوا و سهم دولت از این هزینه‌ها محاسبه می‌شود. برای محاسبه برآورد اعتبار مورد نیاز برای کاهش آلودگی هوا می‌توان از پیشنهادهای کنسرسیوم دانشگاه‌های برتر کشور که مجری مطالعات سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا بوده‌اند، بهره جست. این پیشنهادها به تفکیک راهکارها و شهرهای مختلف در گزارش سیاهه انتشار آلاینده‌های هوا توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ارائه شده‌اند. در جدول ۳ با استفاده از این پیشنهادها و بهینه‌سازی آنها، هزینه اجرای طرح‌های کاهش آلودگی هوا برای شهر تهران برای مثال مورد بررسی برآورد شده اند[۲].

۱. آمار شماره گذاری وسایل نقلیه، پلیس راهور ناجا.
۲. الزامات اجرای قانون هوای پاک با تأکید بر اعتبارات، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی.

جدول ۳. اقدامات ذیل برنامه کاهش آلودگی هوای شهر تهران و اعتبار مورد نیاز (میلیون ریال)

عنوان اقدام	وسعت اجرا (تعداد / دستگاه)	پیش‌بینی کاهش انتشار آلاینده‌ها (تن در سال)	هزینه کل اجرا	سهم دولت
جایگزینی اتوبوس‌های فرسوده دیزل ناوگان اتوبوس واحد با اتوبوس گازسوز	۱،۸۰۰	ذرات معلق: ۱۶۰	۹۰،۰۰۰،۰۰۰	۴۵،۰۰۰،۰۰۰
نوسازی اتوبوس‌های دیزلی فرسوده با اتوبوس دیزلی نو استاندارد روز کشور	۱،۳۵۰	ذرات معلق: ۲۵	۵۴،۰۰۰،۰۰۰	۲۷،۰۰۰،۰۰۰
جایگزینی کامیون‌های فرسوده با کامیون یورو ۴ به همراه فیلتر دوده	۶،۸۸۵	ذرات معلق: ۹۹	۱۷۲،۱۲۵،۰۰۰	۵۱،۶۳۷،۵۰۰
تبدیل موتورسیکلت کاربراتوری غیرفرسوده به انژکتوری	۱۵۰،۰۰۰	ذرات معلق: ۴۰	۳،۰۰۰،۰۰۰	۳،۰۰۰،۰۰۰
ارتقای معاینه فنی سواری، تاکسی و وانت	۱،۸۹۷،۲۸۰	اکسیدهای نیتروژن: ۱۵۴۷	۱۸،۹۷۲،۸۰۰	۱۸،۹۷۲،۸۰۰
ارتقای معاینه فنی مینی‌بوس، اتوبوس واحد، اتوبوس سرویس و کامیون	۲۱،۶۶۵	ذرات معلق: ۲۰۳	۳۲۴،۹۷۵	۳۲۴،۹۷۵
کاهش، هدایت، انتقال و بازیافت بخار بنزین در کلیه جایگاه‌های سوخت	-	ترکیبات آلی فرار: ۱۳۰۰۰	۸۰۴،۰۰۰	۸۰۴،۰۰۰
جایگزینی گاز طبیعی به‌جای سوخت مایع در صنایع (۵۰٪ صنایع)	-	ذرات معلق: ۵۰۴	-	-
برنامه‌ریزی تعمیرات در صنایع (۵۰٪ صنایع)	-	ذرات معلق: ۶	-	-
استفاده تمامی منازل از شیر ترموستاتیک رادیاتور	-	اکسیدهای نیتروژن: ۳۴۸۲	-	-
مدیریت و پایش سیستمی آلاینده‌های زیست‌محیطی واحدهای صنعتی	-	-	-	-
جایگزینی گاز طبیعی به‌جای سوخت گازوئیل نیروگاه بعثت	-	ذرات معلق: ۳۴	-	-
مجموع	-	**۱۹،۱۰۰**	**۳۳۹،۲۲۶،۷۷۵**	**۱۴۳،۷۳۹،۲۷۵**

مأخذ: الزامات اجرای قانون هوای پاک با تأکید بر اعتبارات؛ مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

جهت رعایت اختصار در گزارش از ارائه محاسبات مربوط به اجرای طرح‌های کاهش آلودگی هوا برای سایر کلان‌شهرها اجتناب ورزیده می‌شود. با انجام محاسبات مشابه جدول ۳ برای ۸ کلان‌شهر دیگر کشور یعنی اصفهان، شیراز، تبریز، اهواز، قم، اراک، کرج و کرمانشاه و با لحاظ مواردی همچون بودجه راهکارهای کاهش آلاینده منابع ساکن آلودگی هوا، نرخ تورم و موارد دیگر، اگر بنا باشد این راهکارها در یک بازه زمانی ۵ ساله اجرا شوند، سهم دولت برای تأمین بودجه مورد نیاز در این‌خصوص به‌صورت جدول ۴ برآورد می‌شود[۱].

۱. **همان**.

جدول ۴. اعتبار مورد نیاز برای کاهش آلودگی هوا در کلان‌شهرهای کشور طی یک برنامه پنج‌ساله (میلیون ریال)

برنامه	اعتبار لازم					جمع کل
	۱۴۰۱	۱۴۰۲	۱۴۰۳	۱۴۰۴	۱۴۰۵	
نوسازی و توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی درون‌شهری	۱۵۷،۳۶۳،۳۸۹	۱۵۷،۳۶۳،۳۸۹	۱۵۷،۳۶۳،۳۸۹	۱۵۷،۳۶۳،۳۸۹	۱۵۷،۳۶۳،۳۸۹	**۷۸۶،۸۱۶،۹۴۵**
توسعه قطار شهری و حومه	۹۰،۲۱۰،۰۰۰	۹۰،۲۱۰،۰۰۰	۹۰،۲۱۰،۰۰۰	۹۰،۲۱۰،۰۰۰	۹۰،۲۱۰،۰۰۰	**۴۶۰،۵۰۰،۰۰۰**
نوسازی و برقی‌سازی موتورسیکلت‌های فرسوده	۱۵،۳۲۸،۴۱۵	۱۵،۳۲۸،۴۱۵	۱۰،۴۱۸،۹۴۳	۱۰،۴۱۸،۹۴۳	۱۰،۴۱۸،۹۴۵	**۶۲،۵۱۳،۶۶۱**
کمک به نصب تجهیزات فیلتراسیون صنایع و نیروگاه‌ها	۹۷،۴۶۵،۴۹۰	۹۷،۴۶۵،۴۹۰	۹۷،۴۶۵،۴۹۰	۹۷،۴۶۵،۴۹۰	۹۷،۴۶۵،۴۹۰	**۴۸۷،۳۲۷،۴۵۰**
اصلاح کیفیت سوخت مصرفی صنایع و نیروگاه‌ها	۱۶،۳۹۴،۵۰۰	۸،۱۹۷،۲۵۰	۸،۱۹۷،۲۵۰	۸،۱۹۷،۲۵۰	۸،۱۹۷،۲۵۰	**۴۹،۱۸۳،۵۰۰**
اجرای طرح کهاب	۶۸۰،۰۰۰	۶۸۰،۰۰۰	۶۸۰،۰۰۰	۶۸۰،۰۰۰	۶۸۰،۰۰۰	**۳،۴۰۰،۰۰۰**
مدیریت و کنترل ترافیک به‌منظور کاهش آلودگی هوا	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰،۰۰۰،۰۰۰	۰	۰	**۵۰،۰۰۰،۰۰۰**
اجرای طرح نواحی کاهش انتشار آلاینده‌ها (ال ای زد)	۵،۰۰۰،۰۰۰	۵،۰۰۰،۰۰۰	۰	۰	۰	**۱۰،۰۰۰،۰۰۰**
تقویت کنترل معاینه فنی	۱۵،۳۰۷،۵۱۸	۱۵،۳۰۷،۵۱۸	۱۵،۳۰۷،۵۱۸	۱۵،۳۰۷،۵۱۸	۱۵،۳۰۷،۵۲۱	**۷۶،۵۳۷،۵۹۳**
توسعه حمل‌ونقل پاک	۰	۵،۰۰۰،۰۰۰	۱۵،۰۰۰،۰۰۰	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	**۵۰،۰۰۰،۰۰۰**
طرح‌های نوآورانه و زودبازده برای کاهش آلودگی هوا	۲۰،۰۰۰،۰۰۰	۱۰،۸۰۰،۰۰۰	۰	۰	۰	**۳۰،۸۰۰،۰۰۰**
مجموع	**۴۳۷،۷۴۹،۳۱۲**	**۴۲۵،۳۵۲،۰۶۲**	**۴۰۴،۶۴۲،۵۹۰**	**۳۹۹،۶۴۲،۵۹۰**	**۳۹۹،۶۴۲،۵۹۵**	**۲،۰۶۷،۰۷۹،۱۴۹**

مأخذ: الزامات اجرای قانون هوای پاک با تأکید بر اعتبارات؛ مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.

طبق جدول ۴ برای حل مسئله آلودگی هوا در کل کشور به حداقل بودجه‌ای برابر ۲۰۶ هزار میلیارد تومان نیاز است. البته این رقم صرفاً سهم دولت از کل بودجه مورد نیاز است و با فرض تأمین باقی بودجه از منابع مربوطه و عدم وجود هیچ اشکالی در فراهم بودن سایر ملزومات اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا دولت سالیانه باید ۴۱ هزار میلیارد تومان بودجه برای کاهش آلودگی هوا در نظر بگیرد. این مهم را هم باید در نظر گرفت که این رقم فقط برای ۹ کلان‌شهر محاسبه شده و این درحالی است که تقریباً تمامی استان‌های کشور درگیر مسئله آلودگی هوا هستند و وسعت این مسئل روزبه روز درحال گسترش است. با مقایسه با کل بودجه عمومی دولت در سال ۱۴۰۱، طبق محاسبات جدول ۴ حدود ۲/۵ درصد از کل بودجه عمومی کشور برای مسئله آلودگی هوا باید تخصیص داده شود. البته این با فرض تحقق کل بودجه عمومی دولت است و در صورت عدم تحقق بودجه، سهم این موضوع از بودجه عمومی دولت افزایش می‌یابد. به همین میزان در سال‌های بعدی این برنامه فرضی پنج‌ساله نیز باید درصدی از کل بودجه عمومی دولت برای اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا تخصیص داده شود.

این درحالی است که در قانون بودجه سال ۱۴۰۱ کل اعتبار تخصیص‌یافته برای اجرای قانون هوای پاک فقط

۲۸۸ میلیارد تومان تعیین شده است[۱]. همچنین مجموع اعتبارات لحاظ شده در این قانون که به‌نوعی در کاهش آلودگی هوا مؤثرند حدود ۲۰۰۰ میلیارد تومان برآورد می‌شود. ارقام تعیین شده برای اجرای قانون هوای پاک و کاهش آلودگی هوا در قانون بودجه سال ۱۴۰۱ در مقایسه با میزان اعتبار لازم واقعی برای اجرای راهکارهای کاهش آلودگی هوا طبق جدول ۴ بسیار ناچیز است. بنابراین نتیجه می‌گیریم که دولت در شرایط اقتصادی فعلی قادر به تأمین منابع مالی مورد نیاز جهت اجرای قانون هوای پاک و حل مسئله آلودگی هوا نیست. البته در همین شرایط اقتصادی موجود نیز براساس ردیف‌های درآمدی مندرج در قانون بودجه سال ۱۴۰۱ و سایر منابع تحت اختیار دولت، تأمین بودجه بیشتر از ارقام فعلی برای کاهش آلودگی هوا امکانپذیر بود، اما در هر صورت فراهم نمودن رقم ۴۰هزار میلیارد تومانی برای این حوزه با توجه به این شرایط اقتصادی و کسری شدید بودجه حداقل در سال‌های پیش‌رو عملاً امکانپذیر نیست.

بر همین اساس نیاز است تا بودجه محدودی که در این زمان در دسترس است برای اجرای راهکارهایی صرف گردد که در عین کم‌هزینه بودن بیشترین تأثیر را در کاهش آلودگی هوا داشته باشند. در هر صورت وخامت کیفیت هوای شهرهای ایران و خسارات جانی و مالی منتسب به این مسئله به‌قدری شدید است که هیچ جای درنگی برای اجرای هرگونه اقدامات در راستای کاهش آلودگی هوا باقی نگذاشته و در این شرایط ناچاراً باید اقدام‌هایی انجام شوند که هر چند به‌صورت موقت، تأثیر مطلوبی بر کاهش آلودگی هوا داشته باشند. در بخش بعدی برخی از این دست راهکارها معرفی جنبه‌های فنی، اجرایی و اقتصادی آنها بررسی خواهد شد.

۴. معرفی راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده کاهش آلودگی هوا (راهکارهای منتخب)

در بخش قبل اهمیت و ضرورت اتخاذ راهکارهایی موقت با هزینه اجرای پایین برای کاهش آلودگی هوا تشریح گردید. در این بخش تعدادی از این قبیل راهکارها که از این پس با عنوان **راهکارهای منتخب** ذکر خواهند شد؛ با بهره‌گیری از دانش فنی نویسندگان، بررسی سوابق داخلی و خارجی درخصوص اجرای راهکارهای اینچنینی و همچنین تحقیق و پرسش میدانی از متولیان و مطلعین حوزه‌های مربوطه تعیین شده و بررسی می‌گردد.

هر راهکاری که دارای سه مشخصه کم‌هزینه بودن، قابلیت اجرا در زمان کوتاه و دارای تأثیر مطلوب بر کاهش آلودگی هوا باشد جزو راهکارهای منتخب قرار می‌گیرد. البته قابلیت اجرا از منظر فنی و فراهم بودن زیرساخت‌های مورد نیاز برای اجرای این راهکارها نیز لحاظ شده است. عموماً راهکارهایی که دربرگیرنده این ویژگی‌ها باشند، جنس مدیریتی و یا اصلاحی دارند، به این معنا که کمترین تغییرات در وضعیت فعلی از منظر زیرساخت‌ها، تجهیزات و فرایندها ایجاد گردد، به این دلیل که طبعاً ایجاد هرگونه تغییر در زیرساخت‌ها و فرایندها نیازمند صرف زمان و هزینه است. این راهکارها در ذیل به تفکیک نوع منابع آلاینده پیشنهاد می‌شوند.

---

۱. قانون بودجه کشور در سال ۱۴۰۱.

منابع متحرک

راهکارهای کاهش آلایندگی منابع متحرک عمدتاً در دو مرحله تولید و عمر مفید ارائه و اجرا می‌شوند. مراقبت‌های زمان تولید به مجموعه اقداماتی و سیاستگذاری‌هایی می‌گویند که به‌منظور اطمینان از احراز شرایط استاندارد و آلایندگی پایین مجاز وسایل نقلیه و حفظ این شرایط در زمان عمر مفید آن از جانب نهادهای نظارتی و سیاستگذار مانند سازمان حفاظت محیط‌زیست صورت می‌پذیرد. پس از احراز اطمینان از استاندارد بودن وسایل نقلیه در زمان تولید، باید نظارت‌هایی در زمان تردد آنها در سطح شهرها نیز انجام شود تا از عدم افزایش ناگهانی میزان آلایندگی آنها و خارج نشدنشان از شرایط استاندارد زمان تولید اطمینان حاصل گردد که این اقدامات مراقبت‌های زمان عمر مفید وسایل نقلیه نام دارند. متداول‌ترین راهکار در این‌خصوص در سطح بین‌المللی اجرای مکانیسم‌های معاینه فنی است که در کشورهای مختلف به‌صورت‌های متفاوتی انجام می‌شود.

الف) مراقبت‌های زمان تولید: مهم‌ترین و مؤثرترین اقدام برای کاهش انتشار آلایندگی وسایل نقلیه در زمان تولید ارتقای حداقل سطح مجاز یا همان استاندارد آلایندگی وسایل نقلیه است. درحال حاضر حداقل استاندارد آلایندگی مجاز برای تولید انواع خودروهای بنزینی در کشور برابر یورو۵، خودروهای دیزلی برابر یورو۴+ فیلتر ذرات یا EEV و برای موتورسیکلت‌ها برابر یورو۴ است. البته براساس قانون هوای پاک قرار بود از ابتدای امسال حداقل سطح استاندارد مذکور برای کلیه خودروها برابر یورو۶ و برای کلیه موتورسیکلت‌ها برابر یورو۵ تعیین شود که با تصمیم هیئت دولت این الزامات لغو شد. از طرفی برای ماشین‌آلات غیرجاده‌ای مانند ادوات کشاورزی، راهسازی و عمرانی نیز هیچ حد مجاز و استانداردی درخصوص میزان آلایندگی‌شان در قانون تعیین نشده است که به نوعی خلأ قانونی محسوب می‌شود. از اقدامات دیگر در این حوزه می‌توان به تنظیم سبد تولید و سیاستگذاری برای تولید وسایل نقلیه کم‌مصرف و افزایش سهم قوای محرکه برقی در تیراژ سالیانه است که البته در مصوبات و قوانین بعضاً به این موارد اشاره شده است. با این‌حال دو موردی که در فوق به آنها اشاره گردید از جنس راهکارهای منتخب نیستند، به این دلیل که اجرای این سیاست‌ها و الزامات نیاز به صرف هزینه بالا داشته و تأثیرگذاری آنها بر کیفیت هوای شهرها با فاصله زمانی زیادی اتفاق می‌افتد. در کنار اجرای این راهکارها به‌عنوان راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا، یک پیشنهاد مؤثر در این حوزه که هزینه اجرای کمی داشته و تأثیرگذاری آن بر کیفیت هوا سریع‌تر نمایان می‌گردد، تقویت و بهینه‌سازی نظارت‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست بر اجرای استانداردهای آلایندگی توسط تولیدکنندگان است. در این‌خصوص نیز پیشنهادهای متعددی قابل ارائه است، اما مهم‌ترین و مؤثرترین پیشنهاد جهت طرح به‌عنوان راهکار منتخب در این پژوهش، الزام به انجام آزمون‌های آلایندگی واقعی به‌عنوان پیش‌نیاز صدور مجوز شماره‌گذاری توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست است. درحال حاضر انواع وسایل نقلیه برای اخذ مجوز شماره گذاری از سازمان حفاظت محیط‌زیست تحت یک آزمون آلایندگی در آزمایشگاه در شرایط کنترل شده قرار می‌گیرند. با این‌حال این آزمون نماینده خوبی برای ارزیابی میزان آلایندگی واقعی وسایل نقلیه در زمان تردد در خیابان نیست و ممکن است یک محصول خاص الزامات این آزمون را رعایت نماید اما در زمان تردد در خیابان انتشار آلایندگی بیشتری داشته باشد. در استانداردهای روز دنیا برای کنترل این مسئله، در کنار آزمون شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه یک آزمون سنجش آلایندگی جاده‌ای نیز طراحی و اجرا می‌شود تا از پایین بودن میزان آلایندگی وسایل نقلیه در زمان تردد در خیابان نیز مطمئن شوند. این آزمون که با نام

اختصاری آزمون PEMS شناخته می‌شود، راه‌حل مناسبی برای اطمینان از احراز شرایط استاندارد وسایل نقلیه در زمان تولید و همچنین در زمان تردد می‌باشد.

ب) مراقبت‌های زمان تردد در عمر مفید: پس از احراز اطمینان از استاندارد بودن وسایل نقلیه در زمان تولید، باید نظارت‌هایی در زمان تردد آنها در سطح شهرها نیز انجام شود تا از عدم افزایش ناگهانی میزان آلایندگی آنها و خارج‌نشدنشان از شرایط استاندارد زمان تولید اطمینان حاصل گردد. متداول‌ترین راهکار در این‌خصوص در سطح بین‌المللی اجرای مکانیسم‌های معاینه فنی است که در کشورهای مختلف به‌صورت‌های متفاوتی انجام می‌شود. در ایران نیز مراکز معاینه فنی از دهه ۱۳۸۰ ایجاد و در قانون هوای پاک نیز به الزام اخذ معاینه فنی برای تردد کلیه وسایل نقلیه اشاره گردیده است. با این‌حال مشکلاتی در این حوزه درحال حاضر وجود دارد که درنتیجه این مشکلات نظارت مطلوب بر آلایندگی وسایل نقلیه درحال تردد صورت نمی‌گیرد. در این راستا می‌توان از روش‌های پیشرفته‌ای مانند سنجش از دور برای کنترل ۲۴ ساعته و فراگیر میزان آلایندگی تمامی وسایل نقلیه درحال تردد استفاده کرد. برای کاهش آلایندگی وسایل نقلیه درحال تردد راهکارهای ذیل به تفکیک نوع وسیله نقلیه به‌عنوان راهکارهای منتخب پیشنهاد می‌شوند:

اتوبوس‌های درون‌شهری دیزلی: آلاینده اصلی اتوبوس‌های دیزلی ذرات معلق است. درحال حاضر بهترین راهکار ارائه شده در دنیا برای کاهش انتشار ذرات معلق، فیلترهای جاذب ذرات معلق هستند. این فیلترها قابلیت کاهش انتشار این آلاینده را تا بیش از ۹۰ درصد دارند. این میزان تأثیرگذاری در کاهش انتشار آلاینده ذرات معلق تقریباً برابر با نوسازی اتوبوس است و این درحالی است که هزینه نصب فیلتر جاذب ذرات در مقایسه با نوسازی یک اتوبوس در حدود ۳ تا ۴ درصد است. با توجه به اینکه ذرات معلق آلاینده اصلی کلان‌شهرهای کشور است و اتوبوس‌های دیزلی نیز از منابع اصلی انتشار این آلاینده هستند، نصب این فیلترها می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی هوا داشته باشد. البته این مهم در قوانین هم ذکر گردیده است و در بند «۳-۲» تصویبنامه درخصوص الزام دستگاه‌های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا (مصوب ۱۳۹۳/۰۱/۲۴) به وزارت کشور حکم شده که برروی خودروهای دیزلی سنگین فیلتر جاذب ذرات معلق نصب نماید. نصب این فیلترها برروی خودروها درحال تردد دارای تجارب جهانی و داخلی نیز است. در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی مجموعاً برروی بیش از یک میلیون و ۶۰۰ هزار دستگاه انواع وسایل نقلیه موتوری دیزلی درحال استفاده در دنیا فیلتر جاذب ذرات معلق نصب شده که در جدول ۵ به تفکیک آمار هر کشور آورده شده است[1].

1. A. Mayer; DPF- success story to clean air; AQM 2018 Tehran.

جدول ۵ . تعداد وسایل نقلیه موتوری دیزلی مجهز شده به فیلتر جاذب ذرات معلق در جهان

کشور	تعداد فیلترهای جاذب ذرات معلق نصب شده			مجموع
	اتوبوس	کامیون	غیرجاده‌ای	
سوئیس	۸۰۰۰	۵۰۰۰	۴۲۰۰۰	۵۵۰۰۰
آلمان	۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰
ایتالیا	۴۵۰۰۰	۰	۰	۴۵۰۰۰
فرانسه	۱۲۰۰۰	۰	۱۰۰۰۰	۲۲۰۰۰
بریتانیا	۹۰۰۰	۳۳۰۰۰	۶۰۰۰	۴۸۰۰۰
اتحادیه اروپا (باقی کشورها)	۰	۰	۲۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰۰
اروپا به‌غیر از اتحادیه اروپا	۴۵۰۰۰	۰	۰	۴۵۰۰۰
آمریکا	۶۲۰۰۰	۸۰۰۰۰	۱۹۰۰۰	۱۶۱۰۰۰
آمریکای لاتین	۱۴۰۰۰	۴۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۶۴۰۰۰
کره جنوبی	۷۰۰۰۰	۳۰۰۰۰۰	۰	۳۷۰۰۰۰
ژاپن	۹۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۰	۱۸۰۰۰۰
چین	۶۹۰۰۰	۴۴۰۰۰	۵۱۰۰۰	۱۶۴۰۰۰
آسیا (باقی کشورها)	۷۰۰۰۰	۰	۰	۷۰۰۰۰
مجموع	**۱۶۶۴۰۰۰**			

Source: A. Mayer; DPF- success story to clean air; AQM 2018 Tehran

علاوه‌بر تجارب جهانی، سوابق داخلی نیز درخصوص نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی خودروهای دیزلی درحال تردد وجود دارد. در سال‌های گذشته مجموعاً ۱۰۰ دستگاه اتوبوس در شهر تهران به فیلتر جاذب ذرات معلق مجهز شده‌اند. پس از نصب این فیلترها با اندازه‌گیری شاخص کدرسنجی اتوبوس‌ها مشخص گردید تأثیرگذاری فیلتر جاذب ذرات معلق در کاهش انتشار ذرات معلق اتوبوس‌ها بسیار بالاست به‌گونه‌ای که شاخص کدرسنجی این اتوبوس‌ها از ۱/۷ الی ۲ پس از نصب فیلتر به کمتر از ۰/۰۵ رسید[۱]. بنابراین وفق توضیحات ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس‌های درحال تردد یکی از راهکارهای کم‌هزینه و کاملاً مؤثر بر کاهش آلودگی هواست و می‌تواند جزو راهکارهای منتخب باشد.

کامیون‌های درون‌شهری: حمل و جابه‌جایی انواع مواد غذایی، کالاها، سوخت، تجهیزات و ... و همچنین ارائه خدمات مختلف مانند حمل خودرو، آتش نشانی، حمل پسماند شهری و ... با استفاده از کامیون‌ها صورت می‌گیرد که غالباً سوخت آنها گازوئیل است. آلاینده اصلی کامیون‌های درون‌شهری نیز مانند اتوبوس‌ها ذرات معلق است. بنابراین اصلی‌ترین راهکار کاهش آلایندگی این وسایل نقلیه نیز نصب فیلتر جاذب ذرات معلق است. البته باید به این نکته توجه کرد که کامیون‌های درون‌شهری می‌تواند تحت مالکیت بخش خصوصی یا دولتی باشد، بنابراین درخصوص کامیون‌های مربوط به بخش خصوصی الزام به نصب فیلتر جاذب ذرات معلق امر دشواری است. بر این اساس در این بخش خودروهای هدف صرفاً کامیون‌های درون‌شهری مربوط به بخش دولتی یا عمومی مانند کامیون‌های حمل پسماند و انواع ضایعات و نخاله‌ها، کامیون‌های یدک‌کش، کامیون‌های خدماتی مانند آتش‌نشانی و ادارات دولتی و

۱. گزارش پروژه پایلوت نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس های شهر تهران، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.

سایر کامیون‌های درون‌شهری مربوط به بخش‌های دولتی است. براساس آمارها این بخش از ناوگان درحال تردد در شهرها درصد فرسودگی و عمر بالایی نیز دارند. به همین جهت نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی این دسته از ناوگان درون‌شهری می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی هوا ایجاد نماید.

اتوبوس‌های فرسوده و از کارافتاده: درخصوص اتوبوس‌هایی که درحال حاضر از کارافتاده و غیرقابل راهبری هستند نیز مانند سایر اتوبوس‌های درحال تردد آلاینده اصلی مورد نظر ذرات معلق است. هزاران دستگاه اتوبوس در پارکینگ‌های شهرداری‌های کشور انبار شده و قابلیت بهره‌گیری ندارند. این اتوبوس‌ها در انتظار نوسازی و جایگزینی با اتوبوس‌های نو هستند. اما می‌توان با انجام یکسری تعمیرات اساسی حداقل برای چند سال دیگر از این اتوبوس‌ها استفاده کرد تا بودجه و اعتبارات لازم برای خرید اتوبوس‌های جدید و جایگزینی آنها تأمین شود. البته این تعمیرات اساسی باید با کاهش قابل‌توجه میزان انتشار ذرات معلق این اتوبوس‌ها همراه شود که راهکار این موضوع نیز نصب فیلترهای جاذب ذرات است با این تفاوت که ابتدا این اتوبوس‌ها برای استفاده مجدد باید تعمیرات اساسی شوند.

اتوبوس‌های گازسوز: جنس آلاینده‌های اتوبوس‌های گازسوز با اتوبوس‌های دیزلی متفاوت است. در اتوبوس‌های گازسوز آلاینده‌های گازی مانند NOx و THC در اولویت است، بنابراین راهکار کاهش آلایندگی این اتوبوس‌ها هم نسبت به اتوبوس‌های دیزلی متفاوت است. جدا از راهکارهایی مانند نوسازی، می‌توان با نصب تجهیزاتی، مانند فیلتر جاذب ذرات معلق که برای خودروهای دیزلی استفاده می‌شود، اقدام به بهسازی اتوبوس‌های دیزلی نمود و انتشار گازهای آلاینده از این منابع را کاهش داد. تجهیزات کاهنده آلاینده‌ها بسته به نوع آلاینده گازی متفاوتند، برای مثال برای آلاینده‌های مونواکسید کربن و هیدروکربن‌ها از قطعه DOC استفاده نمود. برای کنترل آلاینده اکسیدهای نیتروژن نیز می‌توان از سیستم‌هایی مانند SCR، deNox، LNT استفاده کرد که البته برای خودروهای درحال تردد استفاده از سیستم‌های غیرفعالی مانند LNT مناسب‌تر است. این سیستم‌ها نیز تأثیر بسزایی در کاهش انتشار آلاینده‌های گازی از اتوبوس‌های گازسوز دارند و می‌توانند به‌عنوان یک راهکار موقت برای کنترل و کاهش آلایندگی این بخش از ناوگان تعیین شود.

تاکسی‌ها : ناوگان تاکسیرانی درون‌شهری به‌دلیل میزان پیمایش زیاد و فرسودگی بالا سهم عمده‌ای در آلودگی هوای شهرها دارند. برای مثال در شهر تهران بالای ۴ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و بیش از ۲ درصد از انتشار ذرات معلق ناشی از تاکسی‌هاست و این درحالی است که این ناوگان سهمی در حدود یک درصد از کل خودروهای درحال تردد در شهر را دارند. با توجه به اینکه تاکسی‌ها جزو خودروهای عمومی محسوب می‌شوند، بخشی از مسئولیت نوسازی این ناوگان برعهده دولت و شهرداری‌هاست و بنابراین به بودجه عمومی و تسهیلات نیاز دارد. درحال حاضر با توجه به کسری بودجه و از طرفی کاهش میزان عرضه خودرو در کشور وجود دارد، نوسازی این ناوگان با کندی مواجه شده است. بنابراین تا زمان تأمین بودجه و همچنین خودروی مناسب برای نوسازی تاکسی‌های فرسوده، باید راهکار جایگزینی برای کاهش آلایندگی آنها اجرا نمود. مؤثرترین راهکار کنترل انتشار آلاینده‌های گازی از خودروهای بنزینی نصب کاتالیست باکیفیت روی آنهاست که بازدهی بالایی داشته و تاحدود زیادی آلاینده‌های گازی منتشره را کاهش می‌دهند. این کاتالیست‌ها در زمان تولید برروی خودروها نصب می‌شود و در ابتدا بازدهی بالایی در کاهش انتشار آلایندگی دارد اما با گذشت زمان و افزایش پیمایش خودرو میزان بازدهی این

کاتالیست‌ها افت کرده و تأثیر کمتری بر کاهش انتشار آلاینده‌ها از خودرو می‌گذارد. معمولاً عمر متوسط مفید یک کاتالیست در خودروهای بنزینی بین ۴ تا ۵ سال است که بسته به نحوه استفاده از خودرو و کیفیت سوخت و تعمیر و نگهداری متغیر است. در ناوگان تاکسیرانی باتوجه به پیمایش بالای خودروها که حدود سه برابر خودروهای شخصی است طبیعتاً عمر مفید کاتالیست کمتر از ۵ سال است. بنابراین می‌توان به‌جای نوسازی تاکسی‌ها، نسبت به تعویض کاتالیست این خودروها با یک کاتالیست استاندارد نو اقدام نمود که در این‌صورت با صرف هزینه بسیار پایین‌تر، تأثیر قابل‌توجهی در کاهش آلایندگی این ناوگان حاصل گردد. البته این اقدام در بند«۲-۱» تصویبنامه درخصوص الزام دستگاه‌های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا (مصوب ۱۳۹۳/۰۱/۲۴) ذکر شده و وزارت کشور مکلف به تعویض کاتالیست خودروهای عمومی درون‌شهری گردیده است.

خودروهای بنزینی شخصی: جنس آلایندگی خودروهای بنزینی شخصی نیز همانند تاکسی‌ها آلاینده‌های گازی است و مهم‌ترین راهکار کنترل آلایندگی این خودروها نیز استفاده از یک کاتالیست استاندارد است. اما با توجه به اینکه وسعت ناوگان خودروهای شخصی بسیار بیشتر از تاکسی‌هاست و همچنین مالکیت این ناوگان شخصی و غیردولتی است ارائه راهکار برای کاهش انتشار آلاینده درخصوص ناوگان خودروهای شخصی متفاوت است. در این‌خصوص باید راهکارهایی را در نظر گرفت که اولاً هزینه بسیار پایینی برای مالکان آنها و همچنین دولت به بار آورد و ثانیاً از کمترین پیچیدگی ممکن برخوردار باشد. در این راستا دو پیشنهاد درخصوص ناوگان خودروهای شخصی جهت درج در راهکارهای منتخب ارائه می‌شود.

همان‌طور که گفته شد عمده عامل کاهش آلایندگی خودروهای بنزینی کاتالیست آنهاست و درخصوص تاکسی‌ها پیشنهاد تعویض این قطعه داده شد. اما درخصوص خودروهای شخصی با توجه به اینکه تعداد این ناوگان بسیار بیشتر از تاکسی‌هاست مالکیت آنها نیز دولتی نیست، تعویض کاتالیست به‌صورت متمرکز از جانب دولت بسیار پرهزینه بوده و امکانپذیر نیست. بنابراین باید راهکار ساده‌تر و کم‌هزینه‌تری پیشنهاد شود. برای تشریح پیشنهاد مورد نظر ابتدا ذکر توضیحات مختصر فنی راجع به عملکرد کاتالیست خودروها الزامی است. ساختار کاتالیست خودروها به این‌صورت است که یک هسته سرامیکی یا فلزی داخل پوشش فلزی قرار داده می‌شود، این هسته دارای شیارهای متعدد و ریز در راستای طولی است و سطح درونی این شیارها با یکسری فلزات واکنش‌دهنده مانند رادیوم، پلاتین و پالادیم پوشش‌دهی می‌شود. این شیارها محل عبور گازهای خروجی از موتور است و در حین گذر این گازها از شیارهای مذکور، آلاینده‌های مضر با فلزات چسبیده به دیواره این شیارها واکنش شیمیایی انجام می‌دهند. پس از انجام یکسری واکنش‌های شیمیایی، گازهای آلاینده خروجی از موتور خودرو به گازهای بی‌ضرر مانند نیتروژن، اکسیژن و بخار آب تبدیل شده و فلزات واکنش‌دهنده نیز در جای خود باقی می‌مانند. بنابراین این فلزات که عامل اصلی کاهش آلاینده هوا در کاتالیست هستند، مصرف نمی‌شوند و فقط نقش واسط را ایفا می‌کنند. اما دلیل اینکه پس از چند سال کارکرد کاتالیست‌ها بازدهی آنها افت می‌کند این است که ناخالصی‌های موجود در گازهای خروجی از موتور که از کیفیت سوخت و نحوه احتراق موتور نشئت می‌گیرند، طی واکنش‌های شیمیایی درون کاتالیست به دیواره شیارها می‌چسبند و به مرور زمان سطح داخلی کاتالیست را می‌پوشانند. بدین ترتیب به‌تدریج تماس فلزات واکنش‌دهنده درون دیواره شیارهای کاتالیست با گازهای خروجی از موتور کاهش یافته و درنتیجه عدم انجام واکنش

شیمایی درصد کمتری از این گازهای پالایش می‌شوند و به این ترتیب بازدهی کاتالیست افت نموده و آلایندگی خودرو افزایش می‌یابد. بنابراین اگر بتوان این ناخالصی‌ها مانند سولفور که دیواره داخلی کاتالیست چسبیده‌اند را به نوعی جدا نمود و کاتالیست را شستشو داد، امکان بازیابی بخش عمده ای از بازدهی کاتالیست وجود دارد و نیازی به تعویض این قطعه وجود ندارد. راه‌های مختلفی برای این مهم وجود دارد که راحت‌ترین آن قرار دادن کاتالیست در یک کوره یا شستشو با استفاده از محلول‌های خاص است. وفق توضیحات بالا اولین پیشنهاد راهکار منتخب درخصوص خودروهای بنزینی شخصی، بازیابی کاتالیست آنهاست که هزینه بسیار کمی داشته و تأثیر قابل‌توجهی در کاهش آلایندگی آنها دارد. می‌توان مراکزی را در داخل یا اطراف شهرها ایجاد کرد تا مردم با مراجعه به این مراکز به‌صورت رایگان یا با پرداخت هزینه بسیار پایین نسبت به بازیابی کاتالیست خودروی خود اقدام نمایند.

راهکار دوم پیشنهادی نیز درج کد منحصر بفرد روی کاتالیست خودروها و بازدید در زمان معاینه فنی است. متأسفانه برخی از تولیدکنندگان کاتالیست در کشور اقدام به تولید کاتالیست‌های تقلبی می‌نمایند، قطعاتی که در ظاهر شبیه کاتالیست است اما هیچ‌گونه پوشش کاتالیزوری (فلزات واکنش‌دهنده) برروی سطوح داخلی آنها وجود نداشته و عملاً تأثیری در کاهش انتشار آلاینده‌های گازی منتشره از خودرو ندارند. به‌واسطه نبود مواد شیمیایی واکنش‌دهنده برروی سطح داخلی این قطعه، هیچ واکنش شیمیایی با گازهای آلاینده خروجی از موتور خودروها صورت نمی‌گیرد و عملاً این گازهای سمی و آلاینده بدون تصفیه و پالایش شدن از اگزوز خارج می‌شوند. برخی از این تولیدکنندگان قطعات این‌چنینی دلیل تولید آن را نیز وجود خریدار برای این قطعات عنوان کرده‌اند. این قطعات تقلبی عمدتاً برای مصرف در بازار لوازم یدکی تولید می‌شوند و برخی از اشخاص با علم به ارزشمند بودن کاتالیست خودروی خود در جهت کسب منافع جزئی، اقدام به فروش آن می‌نمایند و از این قطعات تقلبی به‌عنوان جایگزین کاتالیست خودروی خود استفاده می‌کنند. همچنین برخی دیگر از اشخاص در موعد تعویض کاتالیست خودروی خود به‌جای خرید یک کاتالیست با کیفیت مناسب به خودرو، از کاتالیست‌های تقلبی به‌دلیل ارزان بودنشان برای جایگزینی کاتالیست کارکرده قبلی خود استفاده می‌نمایند.

همچنین برخی از دلالان نیز در بازار به‌دنبال خرید کاتالیست خودروها هستند تا با استخراج فلزات گرانبهای موجود در آن و صادر نمودن آن به کشورهای دیگر، درآمد هنگفتی از این راه کسب نمایند. بنابراین یک چرخه مسموم در جامعه ایجاد می‌شود که از طرفی خریداران مشتاق و دست به نقد کاتالیست سعی در خرید این قطعه از صاحبان خودروها دارند، از طرفی دیگر برخی از اشخاص از ارزش و کارایی مهم این قطعه بی اطلاعند و تمایل به فروش کاتالیست خودروی خود دارند و از طرفی دیگر تولیدکنندگان کاتالیست‌های تقلبی قطعات جایگزین کاتالیست اصلی خودروها را با قیمت پایین تولید نموده و روانه بازار می‌نمایند که مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد. نهایتاً این چرخه جذاب و مسموم منجر به حذف این قطعه حیاتی از خودروها درحال تردد می‌گردد و با افزایش شدید انتشار آلاینده‌های گازی خودروها، شرایطی که امروز به‌واسطه آلاینده اُزُن در شهر ایجاد شده است را مشاهده می‌نماییم. وجود این چرخه مضرّ عملاً نظارت‌ها و مراقبت‌های دیگری که در سایر بخش‌های مربوط به حوزه آلایندگی وسایل نقلیه از جانب سازمان حفاظت محیط‌زیست صورت می‌گیرد را بی‌اثر می‌کند. برای مثال تلاش‌هایی که برای کنترل استاندارد آلایندگی وسایل نقلیه در زمان تولید صورت می‌پذیرد به فاصله چند سال پس از ورود آنها

به چرخه مصرف، بی‌اثر شده و خودرویی که با استاندارد آلایندگی یورو۵ تولید شده است عملاً با سطح آلایندگی یورو۱ در سطح خیابان‌ها تردد می‌نماید.

بنابراین باید فرایند دقیق و کارامدی ایجاد شود که از جداسازی کاتالیست از خودروها و جایگزینی آنها با کاتالیست‌های تقلبی و بی‌کیفیت جلوگیری کند. بهترین روش در این‌خصوص درج یک کد منحصر بفرد روی هر کاتالیست در زمان تولید و ثبت این کد همراه با سایر اطلاعات خودرو در حین شماره‌گذاری است که هر بار در زمان انجام معاینه فنی سالیانه بازرسی و کنترل شود که کاتالیست نصب شده روی خودرو همان کاتالیستی است که در زمان تولید خودرو برروی آن قرار داده شده بود. البته پس از پایان عمر کاتالیست اگر صاحب خودرو بخواهد کاتالیست باکیفیت جدیدی نصب نماید، باید این عمل در مراکز مجاز صورت گرفته و کد کاتالیست جدید با کاتالیست تعویض شده جایگزین شود.

موتورسیکلت‌های کاربراتوری: موتورسیکلت‌های کاربراتوری یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی هوا در کلان‌شهرهاست. براساس آمار سیاهه انتشار سال ۱۳۹۶ شهر تهران ۲۱ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و ۱۰ درصد از انتشار ذرات معلق سهم ناوگان موتورسیکلت است.کنترل این ناوگان کار بسیار سختی است، به این دلیل که بیشتر موتورسیکلت‌های درحال تردد در کشور سوابق هویتی مناسبی در سامانه‌های پلیس راهور ناجا ندارند و در طول سال‌های گذشته صرفاً به‌عنوان یک کالا فی‌مابین افراد منتقل شده‌اند و حتی مالکیت برخی از این موتورسیکلت‌ها تحت نام سازنده موتورسیکلت ثبت شده است. به همین دلیل بسیاری از روش‌های متداول برای کاهش آلایندگی این ناوگان ازجمله معاینه فنی قابلیت اجرا ندارد. براساس آمارها سالیانه کمتر از ۵۰۰ دستگاه موتورسیکلت برای اخذ گواهی به مراکز معاینه فنی مراجعه می‌کنند که در قیاس با بیش از ۱۲ میلیون موتورسیکلت موجود در کشور رقم ناچیزی است. البته ذکر این نکته هم ضروری است که عملکرد موتورسیکلت‌های کاربراتوری ذاتاً به‌گونه‌ای است که الزام به معاینه فنی نیز برای کاهش آلایندگی آنها کارساز نیست، به این دلیل که میزان پاشش سوخت و درنتیجه آلایندگی این موتورسیکلت‌ها به‌راحتی با تنظیم پیچ کاربرات موتور قابل تغییر است. بنابراین برای حل مسئله آلایندگی این ناوگان تنها راه‌حل تغییر قوای محرکه است و طبق قانون برنامه پنج‌ساله ششم قرار بود سالیانه ۱۰ درصد از این موتورسیکلت‌ها با نوع برقی جایگزین شوند. ولی به‌دلیل افزایش قیمت موتورسیکلت‌های برقی و عدم تخصیص بودجه برای این موضوع و همچنین فراهم نبودن زیرساخت‌های لازم برای توسعه موتورسیکلت‌های برقی ازجمله ایستگاه‌های شارژ و ...، جایگزینی موتورسیکلت‌های کاربراتوری صورت نگرفت. با توجه به حجم عظیم موتورسیکلت‌های کاربراتوری موجود در کشور و همچنین عدم بضاعت مالی راکبین این موتورسیکلت‌ها، نوسازی این ناوگان نیاز به صرف زمان بسیار زیادی دارد. بنابراین برای کاهش آلایندگی این موتورسیکلت‌ها باید راهکار موقتی جهت بهسازی و اصلاح آنها اجرا کرد. همان‌طور که گفته شد تنها راه کاهش آلایندگی این ناوگان تغییر نوع قوای محرکه آنهاست، بنابراین می‌توان به‌جای نوسازی کل موتورسیکلت صرفاً نسبت به تغییر قوای محرکه آن از کاربراتوری به انژکتوری اقدام نمود. با این عمل با صرف بودجه بسیار پایین‌تر می‌توان تا حد زیادی میزان انتشار آلایندگی موتورسیکلت‌های کاربراتوری را کاهش داد. این راهکار سابقاً نیز به‌صورت تحقیقاتی توسط شهرداری تهران برروی ۵۰ دستگاه موتورسیکلت انجام شد و درنتیجه آن انتشار آلاینده‌ها از این موتورسیکلت‌ها بیش از ۹۰ درصد

کاهش پیدا کرد. بنابراین تجربه تحقیقاتی و زیرساخت لازم برای اجرای این راهکار در کشور وجود دارد.

مدیریت ترافیک: میزان انتشار آلایندگی وسایل نقلیه تابعی از مقدار پیمایش آنهاست. بنابراین هرچه مقدار پیمایش سفرهای درون‌شهری کمتر و زمان سفر کوتاه‌تر شود، میزان آلاینده‌های منتشره نیز کاهش می‌یابد. در این‌خصوص مهم‌ترین اقدامی که می‌توان پیشنهاد داد، مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری از طریق حذف سفرهای اضافی و توزیع یکنواخت بار سفرهای درون‌شهری در ساعات مختلف روز است. لزوم ارائه و اجرای بسته‌های پیشنهادی مدیریت تقاضای سفر سابقاً در تصویبنامه درخصوص الزام دستگاه‌های اجرایی برای مقابله مؤثر با آلودگی هوا (مصوب ۱۳۹۳/۰۱/۲۴) و تصویبنامه درخصوص تشکیل کارگروهی بر اجرای برنامه جامع کاهش آلودگی هوای کلان‌شهرها (مصوب ۱۳۹۵/۰۳/۰۱) نیز اشاره شده است. معمولاً در دو بازه زمانی ابتدای صبح (ساعات ۷ الی ۸) و عصر (ساعات ۱۶ الی ۱۷)، اوج بار ترافیک رخ می‌دهد. در زمان اوج ترافیک با توجه به کاهش سرعت میانگین تردد خودروها و طولانی‌تر شدن زمان‌های توقف انتشار آلاینده‌ها نیز افزایش می‌یابد. در این‌صورت اگر بتوان بخشی از سفرهای درون‌شهری که قابل جابه‌جایی به ساعات دیگر است را حداقل در روزهای اوج آلودگی هوا در ساعات اوج ترافیک حذف نمود، می‌تواند کمک مؤثری به روان‌سازی ترافیک و کاهش مدت زمان سفر و درنتیجه کاهش آلودگی هوا نماید. ازجمله این اقدامات می‌توان به شناورسازی ساعات شروع و پایان کار کارمندان دولتی، ممنوعیت تردد کامیون‌های حمل مواد غذایی و سوخت در ساعات اولیه صبح، تعطیلی موقت مدارس در روزهای اوج آلودگی هوا، ممنوعیت هرگونه اقدامات نیازمند تردد در ساعات اوج ترافیک در روزهای اوج آودگی هوا (ازجمله آموزشگاه‌های رانندگی و ...)، انتقال تمامی نمایشگاه‌ها و برنامه‌های فرهنگی، ورزشی و اجتماعی پرمخاطب به مراکزی موجود در حاشیه شهرها و ... اشاره کرد. هرکدام از این اقدامات صرفاً جنبه مدیریتی و هماهنگی دارند و نیاز به صرف هیچ هزینه‌ای ندارند. با این‌حال اجرای این اقدامات می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش آلودگی هوا به‌خصوص در روزهای اوج آلودگی و ساعات پرترافیک نماید.از طرفی دیگر یکی از عوامل تشدیدکننده آلودگی هوا وجود گره‌های ترافیکی و درهم تنیدگی خودروهاست. معمولاً این گره‌ها در تقاطع‌های شریان‌های شهری اتفاق می‌افتد و مهم‌ترین عامل رفع این معضل بهینه‌سازی علائم راهنمایی و رانندگی نظیر چراغ‌های کنترل ترافیک است. متأسفانه مدیریت و برنامه‌ریزی این چراغ‌ها در معابر شهرهای کشور در وضعیت مطلوبی نیست و زمانبندی و جهت چراغ‌های ایست و مجاز به حرکت، با شار جریان [۱]ترافیک در تقاطع‌ها همخوانی ندارد. از طرف دیگر تخلفاتی مانند گردش به چپ از مسیر سمت راست معابر، پارک دوبله، پارک در حاشیه خیابان‌های اصلی و پرتردد و سایر تخلفات رانندگی همگی در ایجاد گره‌های ترافیکی نقش دارند. بنابراین صرفاً با ارائه یک برنامه‌ریزی مطلوب برای مدیریت تقاطع شریان‌ها و چراغ‌های راهنمایی و رانندگی و همچنین اعمال قانون صریح و سختگیرانه درخصوص برخی تخلفات رانندگی، بدون هیچ هزینه‌ای می‌توان به کاهش آلودگی هوا کمک کرد.

پایانه‌های اتوبوسرانی : آلاینده‌های منتشره از پایانه‌های اتوبوسرانی در داخل و حاشیه شهرها ناشی از کارکرد خودروهای موجود در آنهاست. بنابراین جنس آلایندگی این منبع از نوع متحرک است، اما به‌دلیل ساکن بودن موقعیت پایانه‌های اتوبوسرانی در زمره منابع ساکن آلاینده هوا قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه جنس آلایندگی این

۱. حجم تردد.

منبع مانند منابع متحرک است پس راهکار کاهش آلودگی این منابع نیز مانند منابع متحرک است. عمده آلاینده منتشره در پایانه‌های اتوبوسرانی ناشی از کارکرد درجای خودروها در این پایانه‌هاست. خودروها معمولاً در انتظار شروع سفر و سوار نمودن مسافرین خاموش نمی‌شوند و به حالت درجا کار می‌کنند.

با استفاده از یک مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی دقیق سفر و جابه‌جایی اتوبوس‌ها، با حذف کارکرد درجای آنها در داخل پایانه میزان انتشار آلاینده‌ها در پایانه‌های اتوبوسرانی تقریباً به صفر می‌رسد. در ماده (۱۱) احکام منابع متحرک تصویبنامه درخصوص تشکیل کارگروهی بر اجرای برنامه جامع کاهش آلودگی هوای کلان‌شهرها (مصوب ۱۳۹۵/۰۳/۰۱) نیز به ممنوع بودن کارکرد درجای وسیله نقلیه در ترمینال‌های مسافربری و پارک سوارها اشاره شده است.

کیفیت سوخت: یکی از راهکارهای اصلی بهبود کیفیت هوا اصلاح کیفیت سوخت توزیعی در کشور است. در سال‌های گذشته نیز اقدامات بسیار خوبی در این زمینه صورت گرفته به‌نوعی که در اوایل دهه گذشته عملیات حذف سرب از بنزین با موفقیت انجام شد. همچنین میانگین محتوی گوگرد در سوخت توزیعی در کشور از چند هزار ppm در اوایل دهه گذشته به حدود 100 ppm در سال‌های اخیر رسیده و بر همین اساس نیز غلظت آلاینده اکسیدهای گوگرد از حدود 35 ppb در سال ۱۳۹۳ به زیر 10 ppb در سال‌های اخیر کاهش یافته است. بنابراین اصلاح کیفیت سوخت تأثیر مستقیم بر کاهش آلودگی هوا دارد، اما این موضوع به صورت غیرمستقیم نیز بر آلودگی هوا تأثیرگذار است. کیفیت سوخت باید به‌گونه‌ای باشد که برای استفاده در خودروهایی با تکنولوژی و سطح استاندارد آلایندگی بالا متناسب گردد. با پیشرفت تکنولوژی و سطح آلایندگی خودروها، کیفیت سوخت مصرفی در میزان آلاینده‌های منتشره و همچنین عملکرد خودرو مهم است، برای مثال برخی از خودروهای دیزلی که دارای فیلتر جاذب ذرات معلق هستند با مصرف سوخت پُرگوگرد دچار مشکلاتی می‌شوند. کاتالیست خودروهای بنزینی نیز همان‌طور که قبلاً گفته شد در صورت مصرف سوخت بی‌کیفیت زودتر از موعد دچار افت بازدهی می‌شوند. بنابراین لازم است برای خودروهای جدید سوختی مهیا شود که دارای کیفیت متناسب با آنها باشد. در مصوبه آیین‌نامه فنی ماده (۲) قانون هوای پاک نیز وزارت نفت مکلف به تأمین سوخت یورو۴ در برخی از جایگاه‌های توزیع سوخت شده که خودروهای دارای فیلتر جاذب ذرات معلق سوخت خود را از این جایگاه‌ها تأمین نمایند. درحال حاضر برخی از پالایشگاه‌های داخل کشور سوخت با کیفیت متناسب با مشخصات یورو۴ و یورو۵ را تولید می‌کنند و برابر آمار حدود ۴۰ درصد از سوخت تولید شده در کشور از کیفیت مذکور برخوردار است. با توجه به تعداد خودروهای یورو۴ و یورو۵ درحال تردد در کشور این میزان جهت تأمین سوخت مورد نیاز این خودروها کافی است. از طرفی ارتقای پالایشگاه‌ها برای تولید سوخت باکیفیت نیز نیاز به صرف زمان و هزینه بسیار زیادی داشته و در شرایط تحریمی فعلی نیز امکان سخت‌افزاری و نرم‌افزاری درخصوص وجود ندارد. با وجود اینکه مقدار مورد نیاز سوخت استاندارد برای مصرف خودروهای جدید در کشور تولید می‌شود، اما در بررسی و نمونه‌برداری از جایگاه‌های توزیع سوخت در کشور مشخص می‌گردد که جایگاهی که توزیع‌کننده سوخت یورو۴ معرفی شده، دارای ذخیره سوخت غیراستاندارد است. در استاندارد یورو۴ حداکثر محتوای گوگرد در سوخت باید 50 ppm باشد، اما در نمونه‌گیری‌ها بعضاً گوگرد بالای 300 ppm مشاهده می‌شود. دلیل این اتفاق مشکلاتی است که در توزیع و انبارش سوخت باکیفیت وجود دارد. شرکت پخش فراورده‌های نفتی برای توزیع انواع سوخت به مناطق و جایگاه‌های مختلف کشور از تانکرهای مشترک استفاده

می‌کند، به این ترتیب که ممکن است یک تانکر یک روز سوخت یورو۲ جابه‌جا کند، روز دیگر سوخت یورو۴ حمل نماید. همچنین جایگاه‌های توزیع سوخت نیز ممکن است در مواقع مختلف سوخت‌های متفاوتی توزیع نمایند. این مخلوط شدن سوخت‌های باکیفیت با بقایای سوخت غیراستاندارد قبلی، منجر به کاهش کیفیت سوخت مخلوط می‌شود و به همین دلیل است که بنزین یورو۴ تا رسیدن به مقصد تبدیل به بنزین یورو۳ می‌شود. بر این اساس برای حل این مشکل نیز راهکار ساده ای وجود دارد و آن جداسازی قطعی تمامی مسیر انبارش، توزیع و عرضه سوخت با کیفیت نسبت به سایر سوخت‌هاست و به این ترتیب می‌توان کیفیت بنزین یورو۴ را از زمان تولید تا عرضه ثابت نگاه داشت. طبیعتاً جنس این راهکار نیز مدیریتی بوده و نیاز به صرف هزینه و زمان کمی دارد، با این‌حال تأثیر قابل‌توجهی در کاهش انتشار آلاینده‌ها خواهد داشت.

جایگاه‌های سوخت: انتشار بخارات بنزین از جایگاه‌های عرضه سوخت یکی از مهم‌ترین عوامل آلودگی هواست و این عامل جزو معدود منابعی است که علاوه‌بر ضرر و زیان ناشی از ایجاد آلودگی هوا، زیان اقتصادی دیگری از منظر اتلاف سوخت در کشور ایجاد می‌نماید. ترکیبات آلی فرار منتشره از این جایگاه‌ها زمینه‌ساز تولید آلاینده اُزُن تروپُسفری هستند که در سال‌های اخیر خطر این آلاینده درحال افزایش روزافزون است. بنابراین کنترل و جلوگیری از این تبخیر اهمیت دوچندان پیدا می‌کند. راهکار جلوگیری از انتشار این ترکیبات در جایگاه‌های عرضه سوخت نیز طرح کهاب[1] (کاهش، هدایت، انتقال و بازیافت بخارات بنزین) است در ایران اقدامات مربوط به اجرای آن از سال ۱۳۸۵ و همزمان با پیمان کیوتو شروع شد و اولین مصوبه در این‌خصوص در سال ۱۳۸۷ تصویب گردید که طبق آن وزارت نفت مکلف شد طرح کهاب را در تمامی مسیر انبارش تا مصرف بنزین در کشور اجرا نماید. از مجموع بیش از ۳۰ انبار سوخت در کشور کمتر از ۱۰ عدد از آنها درحال اجرای طرح کهاب هستند. از حدود ۱۲هزار تانکر حمل سوخت در کشور نیز حدود ۷۰ درصد هنوز به الزامات طرح کهاب مجهز نشده‌اند. در جایگاه‌های توزیع سوخت نیز بخش دوم این طرح که تجهیز نازل‌هاست به هیچ‌وجه عملیاتی نشده است. به این ترتیب می‌توان گفت درصد زیادی از طرح کهاب در کشور پس از ۱۳ سال هنوز به اجرا در نیامده است. البته هزینه اجرای طرح کهاب به نسبت سایر راهکارهای اشاره شده در این گزارش به‌عنوان راهکار منتخب بیشتر است، اما اجرای طرح کهاب به‌دلیل منابع اقتصادی ناشی از کاهش اتلاف سوخت می‌تواند در زمره این راهکارهای منتخب قرار گیرد. در صورت اجرای کامل طرح کهاب ۱۶،۶۷۹،۰۴۰ میلیون ریال صرفه‌جویی اقتصادی براساس کاهش هدرروی سوخت در سال در کل کشور به‌دست خواهد آمد که با مقایسه هزینه تکمیل طرح کهاب در کل کشور که برابر ۲۶،۷۸۴،۰۰۰ میلیون ریال می‌باشد، طول دوره بازگشت سرمایه تکمیل طرح کهاب حدود ۱ سال وهفت ماه برآورد می‌شود. همچنین براساس محاسبات صورت گرفته درخصوص شهر تهران، اگر فایده ناشی از کاهش آلودگی هوا را هم به صرفه‌جویی ناشی از مصرف سوخت اضافه نماییم، اجرای کامل طرح کهاب در جایگاه‌های عرضه سوخت این شهر بین ۲،۲۶۸،۸۲۵ تا ۲،۲۶۳،۸۰۰ میلیون ریال عایدی اقتصادی خواهد داشت که در مقایسه با هزینه اجرای آن که برابر ۸۰۴،۰۰۰ میلیون ریال است، مدت زمان بازگشت سرمایه حدوداً ۴ ماه برآورد می‌شود[2]. بنابراین تکمیل طرح کهاب در کشور کاملاً از

---

۱. طرح کهاب یکی از طرح های مربوط به جلوگیری از هدررفت سوخت ناشی از تبخیر است که در تمام مسیر تولید تا مصرف سوخت با استفاده از تجهیزات مکنده و سایر ابزارهای لازم، بخار سوخت را به چرخه مصرف بازگردانده و از انتشار ناخواسته آن به اتمسفر جلوگیری می‌کند.
۲. آسیب شناسی اجرای طرح کهاب – عملکرد و توجیه اقتصادی، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

منطق و توجیه اقتصادی برخوردار بوده و بازگشت سرمایه آن به‌سرعت اتفاق خواهد افتاد.

ماشین‌آلات عمرانی و غیرجاده‌ای: به‌غیر از انواع وسایل نقلیه جاده‌ای مانند خودروها و موتورسیکلت‌ها و ... دسته دیگری از وسایل نقلیه موتوری وجود دارند که برای کاربری‌های خاص ساخته می‌شوند و ماهیت حمل بار یا مسافر ندارند. از این قبیل وسایل می‌توان به ادوات کشاورزی، تجهیزات معدنی، ماشین‌آلات راهسازی و عمرانی اشاره نمود. از این بین آن دسته که برای پروژه‌های عمرانی استفاده می‌شوند، مانند بیل مکانیکی، لودر، بولدوزر، جرثقیل، غلتک و ... در فضای درون‌شهری فعالیت می‌نمایند و طبیعتاً بر کیفیت هوای شهرها تأثیرگذار هستند. همچنین موتورهای تولید برق اضطراری و توان برای اهداف مختلف که با نام ژنراتور شناخته می‌شوند نیز آلاینده منتشر می‌کنند. با توجه به اینکه معمولاً تجهیزات مذکور که در کشور استفاده می‌شوند عمر بالایی نیز دارند، از حیث آلایندگی اهمیت خاصی نیز پیدا می‌نمایند. سهم این منابع در آلودگی هوای کلان‌شهرها تاکنون اندازه‌گیری نشده است و نهادهای مربوطه باید در این‌خصوص مطالعاتی صورت دهند. با این‌حال با توجه به سهم احتمالی این منابع در آلودگی هوای شهرهای کشور، راهکاری برای کنترل آلایندگی آنها باید در نظر گرفته شود. به‌غیر از نوسازی تجهیزات، راهکار دیگری که می‌توان در این حوزه مد نظر قرار دارد استفاده از فیلترهای جاذب ذرات معلق مخصوص این جنس موتورهاست که بسته به توان و کاربری آنها طراحی و تولید می‌شوند. بنابراین نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی موتورهای وسایل نقلیه غیرجاده‌ای مورد استفاده درون شهرها و ژنراتورها می‌توان یکی از راهکارهای منتخب باشد.

درخصوص سایر منابع آلاینده هوا مانند صنایع، نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها با وجود اینکه سهم بالایی در آلودگی هوا دارند، ارائه راهکار کم‌هزینه و مؤثر در کاهش آلایندگی کار دشواری است چون عمده راهکار مربوط به این منابع به ارتقای تکنولوژی، اصلاح کیفیت سوخت، نصب تجهیزات فیلتراسیون و درنهایت جابه‌جایی واحدهای آلاینده بازمی‌گردد که همگی نیاز به بودجه زمان قابل‌توجهی دارند.

به هر حال وفق توضیحات فوق جمع‌بندی راهکارهای منتخب برای کاهش آلودگی هوا در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶. فهرست راهکارهای منتخب

ردیف	نوع منبع آلاینده	راهکار منتخب
۱	کلیه خودروها	الزام به انجام آزمون آلایندگی جاده‌ای PEMS برای اخذ مجوز شماره‌گذاری انواع خودرو
۲	اتوبوس درون‌شهری دیزلی	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق
۳	کامیون درون‌شهری	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق
۴	اتوبوس فرسوده دیزلی	بازسازی اساسی و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق
۵	اتوبوس گازسوز	نصب تجهیزات DOC + lean Nox trap
۶	تاکسی	تعویض کاتالیست
۷	خودروهای شخصی بنزینی	بازیابی کاتالیست
۸		درج کد شناسایی روی کاتالیست در زمان تولید و بازبینی در مراکز معاینه فنی
۹	موتورسیکلت کاربراتوری	نصب انژکتور و تغییر سیستم پاشش سوخت
۱۰	پایانه‌های اتوبوسرانی	مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری
۱۱	مدیریت ترافیک	مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار
۱۲		حذف کارکرد درجا در پایانه
۱۳	کیفیت سوخت	مدیریت توزیع سوخت باکیفیت
۱۴	جایگاه‌های سوخت	اجرای طرح کهاب
۱۵	ماشین‌آلات عمرانی و ژنراتور	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق

۵. بررسی ابعاد فنی و اجرایی راهکارهای منتخب

در قسمت قبل راهکارهای منتخب به‌عنوان راهکارهای کم‌هزینه و زودبازده برای کاهش آلودگی هوا بررسی و پیشنهاد گردید. اجرای راهکارهای منتخب پیشنهادی منوط به تأمین یکسری پیش‌نیازهاست. قبلاً گفته شد که جنس راهکارهای منتخب از نوع مدیریتی و اصلاحی است. هرگونه اقدام مدیریتی نیاز به هماهنگی بین چند سازمان و نهاد دارد. اقدامات اصلاحی نیز علاوه‌بر هماهنگی، بعضاً نیازمند انجام تحقیقات فنی و در صورت لزوم اجرای مطالعات پایلوت است. از آنجایی که برخی از راهکارهای پیشنهادی ابداعی بوده و سابقه اجرایی مشابه نداشته‌اند، نیاز است که پیش از اجرای عمومی، تمامی آسیب‌ها و الزامات مورد نیاز آن برآورده شده و مشکلات احتمالی پیش‌روی اجرای آن مشخص و رفع شود. در این بخش به‌صورت جداگانه ابعاد فنی و اجرایی راهکارهای منتخب بررسی و ملزومات مورد نیاز اجرای هر راهکار تعیین خواهد شد. همچنین میزان اثرگذاری هر راهکار بر کاهش انتشار آلاینده‌های مختلف نیز در صورت امکان برآورد خواهد گشت. البته این برآورد با توجه به اینکه اثر هر اقدام بر کاهش آلودگی هوا باید به‌صورت محلی بررسی شود، صرفاً برای شهر تهران و براساس آمار سیاهه انتشار آلایندگی سال ۱۳۹۶ این شهر بررسی می‌شود.

۱. الزام به انجام آزمون آلایندگی جاده‌ای PEMS برای اخذ مجوز شماره‌گذاری انواع خودروها پیش از زمان تولید انبوه: تشریح شد که پیش از تولید خودروها و اخذ مجوزهای لازم برای شماره‌گذاری آنها فرایندی برای احراز استاندارد آلایندگی اجرا می‌گردد که نیاز است برای کارایی بیشتر فرایند مذکور علاوه‌بر انجام آزمون در شرایط شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه، یک آزمون آلایندگی واقعی جاده‌ای نیز انجام شود. بنابراین از آنجایی که فرایند احراز استاندارد آلایندگی انواع خودروها قبل از تولید برعهده سازمان حفاظت محیط‌زیست است، در درجه اول این موضوع باید برای سازمان مذکور تکلیف گردد. سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز باید دستورالعمل‌ها و حدود مجاز مربوطه را تدوین و فرایند الزام آن را به اطلاع خودروسازان برساند. انجام آزمون آلایندگی جاده‌ای نیاز به یکسری تجهیزات سنجش آلایندگی پورتابل دارد که باید به تعداد مناسب تأمین شود. از طرفی دیگر از آنجایی که این آزمون در خیابان و محل تردد عمومی باید انجام شود، هماهنگی با پلیس راهور ناجا و شهرداری شهر مربوطه درخصوص موارد احتمالی الزامی است.

۲. نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی اتوبوس‌های دیزلی درون‌شهری: همان‌گونه که قبلاً اشاره شد نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی خودروهای درحال تردد طرح جدیدی نیست و سابقه اجرا هم در داخل و هم خارج کشور دارد. خوشبختانه به‌دلیل انجام پروژه‌های پایلوت نصب فیلتر در سال‌های گذشته، تمامی الزامات فنی و اجرایی اجرای این راهکار ازجمله شرایط نصب و بهره‌برداری، نوع فیلترهای قابل استفاده، مشخصات خودروهایی که قابلیت نصب فیلتر دارند و ... به‌طور کامل احصا شده و دستورالعمل فنی آن موجود است. استاندارد ملی کیفی فیلترهای جاذب ذرات معلق نیز از جانب سازمان ملی استاندارد تدوین گشته است. بنابراین الزامات اجرای این راهکار از بُعد فنی کاملاً روشن است. از منظر اجرایی نیز همکاری شهرداری‌ها با وزارت صنعت، معدن و تجارت و سازمان حفاظت محیط‌زیست مورد نیاز است. درخصوص تأمین فیلترهای جاذب ذرات معلق نیز برخلاف گذشته که صرفاً این قطعات وارد می‌شد، درحال حاضر ۲ الی ۳ تولیدکننده این قطعه در داخل کشور وجود دارند که می‌توان از ظرفیت آنها استفاده کرد.

۳. در صورت اجرای این راهکار میزان آلاینده ذرات معلق منتشره از هر اتوبوس تقریباً به عدد صفر می‌رسد، بنابراین آن سهمی از انتشار ذرات معلق هر شهر که مربوط به اتوبوس‌های دیزلی درحال تردد درون‌شهری (زیرنظر شهرداری) است به صفر خواهد رسید. برای مثال در شهر تهران ۵/۷ درصد از انتشار ذرات معلق مربوط به اتوبوس‌های شرکت واحد است. براساس آمار پلیس راهور ناجا نیز ۴۴۲۷ دستگاه اتوبوس دیزلی در شرکت واحد شهرداری تهران وجود دارند که حدود ۸۰درصد از آنها فرسوده و از کار افتاده هستند[1]. بنابراین با فرض ناوگان هدف ۸۸۵ دستگاه اتوبوس غیرفرسوده دیزلی شهرداری تهران و سهم برابر انتشار ذرات معلق برای اتوبوس‌های فرسوده و غیرفرسوده، میزان کاهش انتشار ذرات معلق درنتیجه اجرای این راهکار برابر ۱/۱۵ درصد خواهد بود.

۴. نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی کامیون‌های درون‌شهری: ابعاد فنی اجرای این راهکار نیز همانند راهکار شماره ۲ است و فیلترهای مورد استفاده برای اجرای این راهکار باید براساس مشخصات خودروهای

۱. آمار شماره گذاری وسایل نقلیه، پلیس راهور ناجا.

هدف تأمین شوند. اما از منظر اجرایی در ابتدا باید خودروهای هدف طرح شناسایی و مشخص شوند. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد کامیون‌های درون‌شهری دارای کاربری‌های مختلفی بوده و مالکیت آنها نیز بعضاً دولتی و بعضاً غیردولتی است. در این راهکار خودروهایی مورد نظر هستند که به‌صورت ملکی یا پیمانی تحت اختیار نهادهای دولتی و عمومی قرار دارند. ازجمله خودروهای هدف طرح می‌توان به کامیون‌های حمل پسماند و نخاله‌های ساختمانی، خودروهای یدک‌کش پلیس راهور، کامیون‌های حمل سوخت، خودروهای آتش‌نشانی و سایر کامیون‌های خدماتی دولتی و عمومی اشاره نمود. بنابراین اولین قدم در اجرای این راهکار شناسایی و تعیین خودروهای هدف است.

۵. براساس امار سیاهه انتشار سال ۹۶ شهر تهران، ۱۵/۷ درصد از انتشار ذرات معلق سهم کامیون‌هاست. براساس آمار پلیس راهور ناجا نیز حدود یکصدهزار کامیون در شهر تهران شماره‌گذاری شده‌اند که تقریباً ۱۶ درصد آنها فرسوده‌اند. برای برآورد تأثیر اجرای این راهکار بر کاهش انتشار آلاینده ذرات معلق، دو فرض را در نظر می‌گیریم: اول اینکه ۸۴٪ از خودروها (برابر تعداد غیرفرسوده) قابلیت نصب فیلتر جاذب ذرات معلق را دارند، و دوم اینکه نصف این مقدار کامیون جزو خودروهای هدف طرح هستند. بنابراین براساس فرضیات بالا به این نتیجه می‌رسیم که نصف فیلتر جاذب ذرات معلق برروی کامیون‌های درون‌شهری می‌تواند ۶/۶ درصد از انتشار ذرات معلق به هوای شهر تهران جلوگیری نماید.

۶. بازسازی اساسی و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی اتوبوس‌های دیزلی فرسوده: جنس آلاینده و راهکار کاهش آلایندگی اتوبوس‌های دیزلی فرسوده نیز مانند راهکار شماره ۲ است با این تفاوت که به‌دلیل از کارافتادگی و تکنولوژی بسیار پایین اتوبوس‌های از کارافتاده و فرسوده، ابتدا باید با انجام تعمیرات اساسی شرایط عمومی خودرو برای نصب فیلتر مهیا شود. این تعمیرات اساسی صرفاً تنظیمات محدودی است که بروی موتور و متعلقات آن انجام می‌شود و تعمیراتی نیز از منظر ایمنی و رفاهی برروی اتوبوس‌ها صورت می‌گیرد. اجرای این راهکار نیز مسبوق به سابقه است و در سال‌های اخیر تعدادی از اتوبوس‌های ازکارافتاده تعمیرات اساسی شده‌اند. بنابراین از بُعد فنی شناخت کاملی از الزامات و فرایندها در این‌خصوص وجود دارد. بیش از ۵۰۰ دستگاه اتوبوس در سال‌های اخیر بازسازی اساسی شده‌اند.

۷. پیش‌تر برای راهکار شماره ۲ محاسبات مربوط به کاهش انتشار ذرات معلق انجام گردید. با توجه به اینکه در راهکار حاضر مابقی اتوبوس‌های شهرداری تهران مشمول نصب فیلتر جاذب ذرات معلق می‌شوند، بنابراین پیش‌بینی می‌شود باقیمانده سهم ۵/۷ درصدی اتوبوس‌های شرکت واحد از انتشار ذرات معلق در سیاهه انتشار آلایندگی تهران، با اجرای این راهکار به صفر برسد. بنابراین با اجرای این راهکار می‌توان انتظار داشت ۴/۵۵ درصد از انتشار ذرات معلق به هوای شهر تهران کاسته شود.

۸. نصب تجهیزات DOC + Lean Nox Trap بر روی اتوبوس‌های گازسوز درون‌شهری: اتوبوس‌های گازسوز مشکلی از بابت انتشار ذرات معلق ندارند و آلایندگی اصلی آنها گازی است. بنابراین به‌جای فیلتر جاذب ذرات معلق باید از کاتالیست‌های متناسب برای کاهش آلاینده‌های گازی استفاده نمود. برای اجرای این راهکار اولین اقدام تدوین یک سند فنی برای تعیین نوع تجهیزات مورد استفاده، روش نصب و همچنین تعیین خودروهای هدف طرح است. درحال حاضر استاندارد ملی قطعات کاهنده آلاینده‌های گازی خودروهای دیزلی تدوین شده است و

این قطعات قابلیت تولید داخلی نیز دارند. از آنجایی که سهم اتوبوس‌های شرکت واحد در سیاهه انتشار سال ۱۳۹۶ شهر تهران برابر ۰/۵ درصد است، و از طرفی غالب این سهم مربوط به اتوبوس‌های گازسوز است، با اجرای این راهکار این سهم تقریباً به عدد صفر خواهد رسید.

۹. تعویض کاتالیست تاکسی‌ها: پیچیدگی این راهکار نسبت به راهکارهای قبلی کمتر است، به این دلیل که تاکسی‌های درون‌شهری همگی زیرنظر سازمان تاکسیرانی بوده و تعویض کاتالیست برای تمامی تاکسی‌ها نیز قابل انجام است. از طرفی سال‌های زیادی است که این قطعه برروی خودروهای بنزینی نصب شده و بنابراین از بُعد فنی نقطه ابهامی از بابت انتخاب کاتالیست مناسب و نحوه نصب آن وجود ندارد. تولیدکنندگان کاتالیست در داخل کشور نیز وجود دارند و قابلیت تأمین قطعات مورد نیاز برای اجرای این راهکار را دارند. به‌لحاظ اجرایی نیز پیشنهاد می‌شود سوله‌هایی درون شهرها یا در حاشیه شهرها ایجاد گردد که دارای امکانات و زیرساخت‌های لازم برای تعویض کاتالیست تاکسی‌های مراجعه‌کننده بوده و سامانه‌ای هم برای نوبت‌دهی و ثبت اطلاعات ضروری ایجاد شود. این سوله‌ها با هماهنگی شهرداری‌ها و وزارت صنعت، معدن و تجارت قابل احداث است و مجوز فعالیت آنها و نصب‌کنندگان کاتالیست از جانب وزارت صمت صادر می‌گردد. مهم‌ترین بخش از اجرای طرح این است که تعویض کاتالیست به سرعت انجام شود و رانندگان دچار معطلی نشوند.

۱۰. در سرتاسر کشور حدود ۳۲۰ هزار دستگاه تاکسی وجود دارند که حدود نیمی از آنها فرسوده‌اند و عمر آنها بالای ۱۰ سال است. همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد کاتالیست تاکسی‌ها حداکثر پس از ۳ تا ۴ سال دچار افت بازدهی می‌شود. بنابراین تاکسی‌های هدف این طرح باید تاکسی‌های بالای ۴ سال باشند. با توجه به اینکه در ۴ سال اخیر کمتر از ۱۰ هزار دستگاه تاکسی نوسازی شده اند بنابراین فرض می‌شود در این طرح کاتالیست تمامی تاکسی‌های درحال تردد باید تعویض شود. در شهر تهران نیز حدود ۸۰ هزار دستگاه تاکسی وجود دارند که نیمی از آنها فرسوده‌اند. این تاکسی‌ها عامل انتشار ۹/۴ درصد از آلاینده‌های گازی هستند. با فرض کاهش ۹۰ درصدی انتشار آلاینده با تعویض کاتالیست هر تاکسی، با اجرای این طرح حدود ۸/۵ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی به هوای شهر تهران کاهش می‌یابد.

۱۱. بازیابی کاتالیست خودروهای بنزینی شخصی: پیچیدگی اجرای این طرح نسبت به تعویض کاتالیست تاکسی‌ها بیشتر است و قشرهای مختلف جامعه و انواع خودروهای متفاوت را دربرمی‌گیرد. همچنین بازیابی کاتالیست خودرو زمانی بیشتری نسبت به تعویض آن می‌طلبد. بنابر آمار پلیس راهور ناجا تاکنون حدود ۲۰ میلیون دستگاه خودروی بنزینی شخصی در کشور شماره‌گذاری شده‌اند که از این میزان حدود ۴ درصد فرسوده اند. طبیعتاً اجرای این طرح برای این حجم از خودروها در بازه زمانی کوتاه قابل انجام نیست، بنابراین حداقل در فاز اول باید به سراغ خودروهای بنزینی شخصی با کاربری‌های خاص رفت. پیشنهاد می‌شود هدف اجرای این راهکار خودروهای زیرنظر تاکسی‌های اینترنتی و همچنین سازمان‌های دولتی و عمومی باشد. البته در کنار این ناوگان، هر فرد حقیقی یا حقوقی مایل به بازیابی کاتالیست خودروی خود می‌تواند اقدام نماید. همانند طرح تعویض کاتالیست تاکسی‌ها، در این طرح نیز مراکزی با همکاری شهرداری‌ها و وزارت صنعت، معدن و تجارت در داخل یا حاشیه شهرها باید ایجاد گردد و متقاضیان با ثبت‌نام در سامانه مربوطه در زمان مشخص به این مراکز مراجعه و نسبت به بازیابی کاتالیست

خودروی خود اقدام نمایند. صلاحیت این کارگاه‌ها و مجریان این طرح نیز توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت احراز می‌گردد. از منظر فنی نیز باید دستورالعمل مشخصی درخصوص روش بازیابی، فرایند انجام بازیابی و چک لیست‌های ایمنی تهیه و به‌طور واحد اجرا شود.

۱۲. با فرض اینکه ۲۰ درصد از خودروهای بنزینی شخصی در این طرح شرکت نمایند و پس از بازیابی کاتالیست آنها ۸۰ درصد از میزان انتشار آلاینده‌های گازیشان کاهش یابد، طبق سیاهه انتشار شهر تهران حدود ۶ درصد انتشار آلاینده‌های در این شهر کاهش می‌یابد. البته با فرض اینکه خودروهای مشمول این طرح جزو خودروهای فرسوده و پرتردد باشند این عدد قطعاً بیشتر نیز خواهد بود، اما در این گزارش امکان محاسبه دقیق وجود ندارد.

۱۳. درج کد شناسایی روی کاتالیست خودروهای بنزینی در زمان تولید و بازبینی در مراکز معاینه فنی: این اقدام برای جلوگیری از جداسازی کاتالیست از خودروهای درحال تردد صورت می‌گیرد و هدف این طرح این است که حداقل سالی یک‌بار در مراکز معاینه فنی این موضوع بررسی شود که آیا کاتالیست فابریک خودرو جابه‌جا یا حذف شده است یا خیر. البته این مسئله فقط مربوط به زمان تولید نیست و باید این امکان ایجاد داشته باشد که اگر کسی به‌دلیل افت بازدهی کاتالیست و مردودی در معاینه فنی در یکی از مراکز مجاز اقدام به تعویض کاتالیست خودروی خود با یک کاتالیست مرغوب نماید امکان ثبت این اطلاعات وجود داشته باشد. بنابراین اولین قدم درخصوص این راهکار این است که تمامی تولیدکنندگان کاتالیست ملزم شوند برروی محصولات خود یک کد منحصر به‌فرد هک نمایند به‌گونه‌ای که قابل تغییر نباشد. در قدم بعد اطلاعات این کد در زمان شماره‌گذاری از جانب خودروساز در اختیار پلیس راهور ناجا قرار گرفته در سامانه سیمفا برای هر کد VIN خودروها یک کد کاتالیست نیز درج گردد. مرحله نهایی نیز به مراکز معاینه فنی بازمی‌گردد که در این مراکز امکان خوانش و استعلام کد درج شده برروی کاتالیست فراهم شود و در صورت مغایرت این کد با اطلاعات مندرج در سامانه سیمفا گواهی معاینه فنی صادر نشود. در صورت ایجاد این چرخه و نظارت صحیح، می‌توان مطمئن شد که کاتالیست‌های موجود روی خودروهای درحال تردد با کاتالیست‌های بی‌کیفیت و تقلبی جایگزین نمی‌شوند. استاندارد ملی کاتالیست هم باید هر چه سریع‌تر تدوین و الزام گردد تا از تولید کاتالیست‌های بی‌کیفیت و تقلبی جلوگیری شود.

۱۴. نصب انژکتور و تغییر سیستم پاشش سوخت موتورسیکلت‌های کاربراتوری: این راهکار به نوعی می‌توان گفت یک طرح ابداعی و دانش‌بنیان است که البته سابقه اجرای پروژه پایلوت داخل کشور نیز دارد. می‌توان با استفاده از تجربیات پروژه پایلوت انجام شده یک دستورالعمل فنی جامع برای تعیین مشخصات فنی موتورسیکلت‌های قابل تبدیل، قطعات مورد نیاز، نحوه نصب و تعویض قطعات، آزمون‌های صحه‌گذاری و جوانب ایمنی تدوین نمود. درحال حاضر در داخل کشور تولیدکنندگان انژکتور مورد نیاز این طرح وجود دارند، سایر قطعات ازجمله سنسور اکسیژن و ... نیز را می‌توان به‌راحتی تأمین کرد و در قدم بعدی مجریان طرح شناسایی و تعیین گردند. همانند طرح‌های تعویض و بازیابی کاتالیست، برای این طرح نیز باید کارگاه‌هایی در داخل شهرها ایجاد شوند که راکبان موتورسیکلت‌های کاربراتوری با مراجعه به آنها در کمترین زمان وسیله نقلیه خود را انژکتوری نمایند. همچنین سامانه‌ای نیز برای ثبت‌نام و تعیین نوبت برای مراجعه‌کنندگان باید ایجاد گردد. درنهایت ناوگان هدف این طرح باید مشخص شوند. براساس آمار پلیس راهور ناجا تاکنون حدود ۱۳ میلیون موتورسیکلت در کشور

شماره‌گذاری شده‌اند که بالای ۱۰ میلیون دستگاه کاربراتوری هستند. از این تعداد نیز درصدی در پارکینگ‌ها توقیف و یا از کارافتاده هستند. هنوز آمار دقیقی از تعداد موتورسیکلت‌های فعال در کشور وجود ندارد. با توجه به حجم زیاد موتورسیکلت‌های کاربراتوری در کشور، باید ناوگانی را هدف اجرای این طرح قرار داد که حجم کوچکی داشته و در عین حال سهم بیشتری در آلودگی هوا داشته باشند. اجرای این طرح را باید در کلان‌شهرهایی پیگیری نمود که سهم موتورسیکلت‌ها در آلودگی هوای آن کلان‌شهر بالا باشد. مناسب ترین ناوگان هدف با مشخصات مذکور، موتورسیکلت‌های کار اعم از پیک‌های موتوری، دلیوری، ادارات پُست، موتورسیکلت‌های خدماتی و ناوگان تحت اختیار نهادهای دولتی مانند ادارات آب، برق، گاز، اورژانس، پلیس و ... هستند. پس از تعیین ناوگان هدف باید الزاماتی نیز برای شرکت در این طرح برای آنها در نظر گرفته شود. برای مثال برای موتورسیکلت‌های پیک یا دلیوری می‌توان الزام کرد که در صورت عدم شرکت موتورسیکلت‌های تحت فعالیت خود در این طرح، مجوز فعالیت آنها تعلیق خواهد شد.

۱۵. با فرض اینکه نیمی از سهم آلایندگی موتورسیکلت‌ها مربوط به ناوگان هدف اجرای این طرح باشد، و ۹۰ درصد از آلایندگی موتورسیکلت‌ها پس از انژکتوری شدن کاهش یابد، پیش‌بینی می‌شود در صورت اجرای این راهکار در شهر تهران، ۱۰/۷ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و ۵ درصد از انتشار ذرات معلق در شهر تهران کاهش پیدا خواهد کرد.

۱۶. مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری: جنس این راهکار همان‌گونه که از عنوانش پیداست مدیریتی است و نیاز به صرف هزینه خاصی ندارد. این مدیریت باید در ترافیک و سفرهای شهری صورت پذیرد و بنابراین هر ارگانی که در تنظیم‌گری سفرهای درون‌شهری نقش دارد جزئی از طرف‌های این هماهنگی است. این راهکار محدود به یک طرح خاصی نیست و هر طرح یا اقدامی که به کاهش سفرهای درون‌شهری و یا توزیع همگون این سفرها در طول روز کمک می‌کند در چارچوب این راهکار قرار می‌گیرد. چند مثال از طرح‌های ذیل این راهکار در بخش قبلی ارائه گردید، اما جدا از این طرح‌های هر ایده‌ای که قابل اجرا بوده و بر کاهش آلودگی هوا مؤثر باشد می‌تواند زیرمجموعه این راهکا قرار گیرد. با توجه به تنوع طرح‌ها و ایده‌های ذیل این راهکار، پیشنهاد می‌شود یک کارگروه یا کمیته خاص برای تدوین و بررسی پیشنهادات مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری ایجاد شده و هماهنگی‌ها و زیرساخت‌های لازم برای اجرای طرح‌های ذیل این راهکار در این کارگروه پیگیری شوند. کارگروه مذکور می‌تواند ذیل کارگروه ملی کاهش آلودگی هوا یا شورای‌عالی حمل‌ونقل و ترافیک تشکیل شده و اعضای دائمی و غیردائمی داشته باشد. اعضای دائمی نمایندگان نهادهایی است که بیشترین ارتباط را با موضوع مدیریت ترافیک داشته باشند که می‌توان از پلیس راهور و شهرداری مربوطه نام برد. بسته به مشخصات طرح و ناوگان هدف طرح‌ها نیز نمایندگان سایر دستگاه‌ها/ نهادها/ اصناف مرتبط نیز به عضویب غیردائم کارگروه درمی‌آیند. بنابراین کارگروه مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری نقش سیاستگذار، هماهنگ‌کننده و ناظر بر اجرای طرح‌های ذیل راهکار حاضر را خواهد داشت. برآورد و فراهم نمودن الزامات و زیرساخت‌های اجرا و میزان تأثیرگذاری در کاهش آلودگی هوا درنتیجه اجرای طرح‌ها نیز بسته به نوع طرح توسط کارگروه مذکور بررسی خواهد شد.

۱۷. مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار رانندگی: اجرای این راهکار در گرو یک بازنگری و بررسی میدانی از تقاطع‌ها و راه‌های اصلاح وشعیت موجود است که باید با همکاری پلیس راهور و شهرداری‌ها صورت پذیرد. بنابراین

تنها الزام اجرای این راهکار ایجاد هماهنگی قوی بین پلیس راهور و شهرداری‌هاست و در صورت لزوم برای تأمین تجهیزات خاص یا اخذ الزام قانونی موارد با هماهنگی این دو نهاد پیگیری خواهد شد.

۱۸. حذف کارکرد درجا در پایانه‌های اتوبوسرانی: ممنوع کردن کارکرد درجای خودروها در پایانه‌های اتوبوسرانی نیاز به فراهم نمودن زیرساخت خاصی ندارد و می‌توان با برخورد مناسب با رانندگان متخلف این مهم را به اجرا درآورد. البته در مواردی که عدم هماهنگی و ایرادهای موجود در برنامه ریزی حرکت اتوبوس‌ها رانندگان مجبور به روشن نگه داشتن اتوبوس هستند، می‌توان با اصلاح و بهینه‌سازی نرم‌افزار مدیریت پایانه‌های اتوبوسرانی این مسئله را برطرف کرد. حداقل در روزهای اوج آلودگی هوا تشدید برخورد با کارکرد درجای اتوبوس‌ها در پایانه‌ها تأثیر مطلوبی بر کاهش آلودگی هوا حادث می‌گردد. در صورت حذف کامل کارکرد درجای خودروها در پایانه‌های اتوبوسرانی براساس آمار سیاهه انتشار سال ۱۳۹۶ شهر تهران، ۲/۳ درصد در انتشار آلاینده ذرات معلق و ۰/۲ درصد در انتشار آلاینده‌های گازی کاهش اتفاق خواهد افتاد.

۱۹. مدیریت توزیع سوخت باکیفیت: مخاطب اجرای این راهکار صرفاً وزارت نفت و شرکت پخش فراورده‌های نفتی است. این نهاد باید مدیریت صحیحی در توزیع سوخت با کیفیت داشته باشد به‌گونه‌ای که هیچ تداخل و اختلاطی بین سوخت‌های باکیفیت با سوخت‌های بی‌کیفیت از زمان تولید تا مصرف ایجاد نگردد. همچنین اطلاع‌رسانی صحیح به مردم درخصوص جایگاه‌های سوخت توزیع‌کننده سوخت با کیفیت باید صورت پذیرد. به‌عنوان پیشنهاد می‌توان بستری را ایجاد نمود که خودروهای یورو۴ یا یورو۵ صرفاً در جایگاه‌های سوخت متناسب قابل سوخت‌گیری باشند و کارت سوخت این خودروها در سایر جایگاه‌ها عمل نکند. به همین ترتیب برای سایر خودروها نیز به‌گونه‌ای عمل شود که کارت سوختشان در جایگاه‌های سوخت یورو۴ و یورو۵ قابل استفاده نباشد. البته برای توزیع مجزای سوخت باکیفیت نیاز به احداث یا تخصیص جایگاه مخصوص نیست و هر جایگاهی می‌تواند سکوی سوخت یورو۴ و ۵ را تفکیک نماید، همانند تفکیک جایگاه سوخت سوپر از معمولی، و خودروها به‌درستی برای دریافت سوخت متناسب با تکنولوژی خودروی خود هدایت شوند. هرچند این راهکار قطعاً در کاهش آلودگی هوا مؤثر خواهد بود اما محاسبه میزان تأثیر دقیق امکانپذیر نیست.

۲۰. اجرای طرح کهاب: درخصوص اجرای این راهکار نیز مانند راهکار شماره ۱۳ مسئولیت‌ها متوجه شرکت پخش فراورده‌های نفتی است و این شرکت باید با ارائه یک مدل مالی جذاب، صاحبان جایگاه‌های سوخت را به نصب تجهیزات مربوطه وادار نماید. قطعاً در ابتدای اجرای طرح ارائه تسهیلات به جایگاه‌داران ضروری است که باید با همکاری صندوق مربوطه فراهم گردد. در صورت اجرای طرح کهاب در جایگاه‌های توزیع سوخت، میزان انتشار آلاینده ترکیبات آلی فرار از این جایگاه‌ها تقریباً به صفر می‌رسد. بنابراین اگر این طرح در شهر تهران انجام شود حدود ۱/۹ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی کاهش پیدا می‌نماید.

۲۱. نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی ماشین‌آلات عمرانی و ژنراتورها: بهره‌برداران ماشین‌آلات عمرانی و ژنراتورها هم بخش‌های دولتی هستند و هم بخش‌های خصوصی، اما مجوز ساخت و ساز و همچنین مجوز بهره‌برداری از ژنراتورها توسط ارگان‌های دولتی و شهرداری‌ها صادر می‌گردد. برای مثال برای اجرای هر پروژه عمرانی چندمرحله برای دریافت مجوز، از زمان استقرار تا پایان کار وجود دارد. بنابراین می‌توان الزام به نصب فیلتر جاذب

ذرات معلق بر تجهیزات موتوری که در اجرای پروژه‌های استفاده می‌شوند، می‌توان به‌عنوان یکی از آیتم‌های مشمول اجرا برای صدور مجوزها در نظر قرار گیرد. نصب این فیلترها نیز توسط مالکین و مجریان پروژه‌های عمرانی صورت می‌گیرد و ناظرین اجرا باید بر این موضوع نظارت نمایند. این نظارت نیز می‌تواند با انجام آزمون کدرسنجی از خروجی موتور تجهیزات مختلف صورت پذیرد، بنابراین باید حدمجازی نیز برای قبولی در این آزمون کدرسنجی تعیین شود. باتوجه به گستره زیاد انواع تجهیزات و موتورهای غیرجاده‌ای و عمرانی، دستورالعمل فنی واحدی برای نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برای این طرح نمی‌توان تدوین نمود، اما برای فرایندهای اجرا و نظارت باید دستورالعملی توسط نهادهای مربوطه تدوین شود. حدمجاز آلایندگی این تجهیزات نیز باید توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تعیین و ابلاغ شود. با توجه به اینکه آمار دقیقی از تعداد این تجهیزات و دستگاه‌ها وجود ندارد و در سیاهه انتشار آلایندگی نیز این منابع در نظر گرفته نشده‌اند، نمی‌توان تخمینی از میزان تأثیرگذاری اجرای این راهکار در کاهش آلودگی هوا ارائه داد.

با جمع‌بندی موارد بالا الزامات اجرایی و فنی راهکارهای منتخب به همراه پیش‌بینی تأثیر راهکارها در کاهش آلودگی هوا (مطالعه موردی شهر تهران) به‌صورت خلاصه در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷.الزامات فنی و اجرایی راهکارهای منتخب و میزان تأثیر بر کاهش انتشار آلاینده‌ها

ردیف	راهکار منتخب	الزامات فنی و اجرایی	تأثیر در کاهش آلودگی هوا (شهر تهران)
۱	الزام به انجام آزمون آلایندگی جاده‌ای PEMS برای اخذ مجوز شماره‌گذاری انواع خودرو پیش از زمان تولید انبوه	الزام از جانب سازمان حفاظت محیط‌زیست به خودروسازان و تدوین دستورالعمل مربوطه خرید تجهیزات اندازه‌گیری هماهنگی بین سازمان حفاظت محیط‌زیست، پلیس راهور و شهرداری‌ها برای اجرای آزمون داخل شهری	(غیر قابل محاسبه)
۲	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس‌های دیزلی درون‌شهری	تعیین لیست اتوبوس‌هایی که قابلیت نصب فیلتر دارند ایجاد کارگاه مناسب برای نصب فیلترها توسط شهرداری‌ها تأمین فیلتر از تولیدکنندگان داخلی	۱/۱۵ درصد کاهش ذرات معلق
۳	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی کامیون‌های درون‌شهری	تعیین ناوگان هدف برای نصب فیلتر ایجاد کارگاه مناسب برای نصب فیلترها توسط شهرداری‌ها تأمین فیلتر از تولیدکنندگان داخلی	۶/۶ درصد کاهش ذرات معلق
۴	بازسازی اساسی و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی اتوبوس‌های فرسوده	تعیین لیست اتوبوس‌های فرسوده همکاری با خودروسازان مربوطه برای تعمیرات اساسی و نصب فیلتر تأمین فیلتر از تولیدکنندگان داخلی	۴/۵۵ درصد کاهش ذرات معلق
۵	نصب تجهیزات DOC + lean Nox trap بر روی اتوبوس‌های گازسوز درون‌شهری	تدوین دستورالعمل فنی و اجرایی برای نصب تجهیزات ایجاد کارگاه مناسب برای نصب تجهیزات از جانب شهرداری‌ها	۰/۵ درصد کاهش آلاینده‌های گازی

ردیف	راهکار منتخب	الزامات فنی و اجرایی	تأثیر در کاهش آلودگی هوا (شهر تهران)
		تأمین قطعات لازم	
۶	تعویض کاتالیست تاکسی‌ها	تدوین دستورالعمل فنی و اجرایی برای تعویض کاتالیست‌ها ایجاد سامانه ثبت نام و نوبت‌دهی ایجاد کارگاه‌های تعویض کاتالیست تأمین کاتالیست از تولیدکنندگان داخلی احراز صلاحیت مجریان طرح	۸/۵ درصد کاهش آلاینده‌های گازی
۷	بازیابی کاتالیست خودروهای شخصی بنزینی	تدوین دستورالعمل فنی و اجرایی برای بازیابی کاتالیست‌ها ایجاد سامانه ثبت‌نام و نوبت‌دهی ایجاد کارگاه‌های بازیابی کاتالیست احراز صلاحیت مجریان طرح	۶ درصد کاهش آلاینده‌های گازی
۸	درج کد شناسایی روی کاتالیست در زمان تولید و بازبینی در مراکز معاینه فنی	تدوین و الزام استاندارد کیفیت کاتالیست هک شدن کد شناسایی برای هر کاتالیست در زمان تولید ثبت کد شناسایی کاتالیست خودروها در زمان شماره‌گذاری در سامانه سیمفا ایجاد بستر لازم برای خوانش کد شناسایی کاتالیست در مراکز معاینه فنی ایجاد مراکز مجاز (یا ارائه دسترسی مجاز به مراکز موجود) جهت تعویض کاتالیست	(غیرقابل محاسبه)
۹	نصب انژکتور و تغییر سیستم پاشش سوخت موتورسیکلت‌های کاربراتوری	شناسایی موتورسیکلت‌های هدف برای تغییر سیستم پاشش سوخت تدوین دستورالعمل فنی و اجرایی برای تعویض سیستم پاشش سوخت ایجاد کارگاه‌های تغییر سیستم پاشش سوخت ایجاد سامانه جهت ثبت‌نام و نوبت‌دهی احراز صلاحیت مجریان ایجاد الزامات قانونی برای موتورسیکلت‌های هدف طرح تأمین قطعات مورد نیاز	۱۰/۷ درصد کاهش آلاینده‌های گازی ۵ درصد کاهش ذرات معلق
۱۰	مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری	ایجاد کارگروه مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری ذیل کارگروه ملی کاهش آلودگی هوا یا شورای‌عالی هماهنگی حمل‌ونقل و ترافیک ارائه طرح‌های مربوطه و بررسی فنی و اجرایی هماهنگی دستگاه‌های مختلف برای اجرای طرح‌های مدیریت تقاضای سفر	(غیرقابل محاسبه)
۱۱	مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار	بررسی میدانی و احصای ایرادهای اثرگذار هماهنگی پلیس راهور و شهرداری‌ها برای اصلاح وضعیت فعلی	(غیرقابل محاسبه)

ردیف	راهکار منتخب	الزامات فنی و اجرایی	تأثیر در کاهش آلودگی هوا (شهر تهران)
۱۲	حذف کارکرد درجا در پایانه‌های اتوبوسرانی	جریمه رانندگان متخلف بهبود نرم‌افزارهای مدیریت اتوبوس‌ها درون‌شهری	۲/۳ درصد کاهش ذرات معلق ۰/۲ درصد کاهش آلاینده‌های گازی
۱۳	مدیریت توزیع سوخت باکیفیت	تفکیک تانکرهای حمل و انبارهای سوخت باکیفیت جداسازی جایگاه‌ها و یا نازل‌های توزیع سوخت باکیفیت مدیریت کارت‌های سوخت در جهت جلوگیری از بی‌کیفیت برای خودروهای جدید و بالعکس اطلاع‌رسانی مؤثر عمومی	(غیرقابل محاسبه)
۱۴	اجرای طرح کهاب در جایگاه‌های سوخت	ارائه مشوق‌ها و یا وضع الزامات لازم برای جایگاه‌های سوخت جهت اجرای طرح کهاب	۱/۹ درصد کاهش آلاینده‌های گازی
۱۵	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی ماشین‌آلات عمرانی و ژنراتورها	تعیین ماشین‌آلات و ژنراتورهای هدف تدوین دستورالعمل فنی و اجرایی برای نصب فیلتر منوط کردن صدور مجوزهای بهره‌برداری یا پایان کار به نصب فیلتر جاذب ذرات معلق انجام آزمون کدرسنجی در زمان انجام نظارت بر پروژه‌های عمرانی	(غیرقابل محاسبه)

مأخذ: یافته های تحقیق

۶. تحلیل اقتصادی اجرای راهکارهای منتخب

راهکارهای منتخب پیشنهادی در این گزارش باید با صرف هزینه کمتر تأثیر نسبتاً مشابهی در کاهش آلودگی هوا در مقایسه با راهکارهای اصلی را داشته باشند. برای مثال برای کاهش آلایندگی یک اتوبوس دیزلی راهکار اصلی نوسازی آن با یک اتوبوس جدید است. درحال حاضر یک اتوبوس دیزلی ۱۲ متری حدود ۴ تا ۵ میلیارد تومان قیمت دارد. با نوسازی یک اتوبوس فرسوده بیش از ۹۰ درصد میزان انتشار آلاینده‌ها کاهش می‌یابد. اما در کنار راهکار نوسازی به‌عنوان راهکار اصلی رفع آلایندگی اتوبوس مذکور، **می‌توان با صرف هزینه‌ای بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیون تومان و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق همین میزان کاهش را در انتشار آلاینده‌ها ایجاد نمود. این یعنی با صرف هزینه‌ای بین ۲ تا ۵ درصد از راهکار اصلی مربوطه، تقریباً همان میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها را حاصل نمود.**

در این بخش سعی شده یک بررسی اجمالی درخصوص هزینه اجرای راهکارهای منتخب ارائه شده و منفعت حاصل از اجرای راهکارها از منظر کاهش آلودگی هوا محاسبه گردد تا با مقایسه هزینه به فایده این راهکارها دوره بازگشت سرمایه مشخص شود. البته ذکر این نکته ضروری است که محاسبات این قسمت به‌صورت کاملاً ساده و کلی انجام شده است، به این دلیل که:

۱. برای محاسبه هزینه اجرای راهکارها ابتدا باید آمار دقیق ناوگان هدف و هزینه‌های دقیق الزامات فیزیکی و

خدماتی وجود داشته باشد.

۲. هزینه اجرای برخی از راهکارها به‌دلیل نقص اطلاعات قابل‌محاسبه نیست.

۳. برای محاسبه دقیق منافع اجرای راهکارها از منظر کاهش آلودگی هوا، ابتدا باید با اجـرای مـدل‌های سـیاهه انتشـار برپایه اجرای راهکارها، مقادیر کاهش انتشار آلاینده‌ها به‌صورت تفکیک شده برای هر شهر محاسبه شده و سـپس بـا اجـرای مدل‌های هواشناسی کاهش شاخص آلاینده‌ها و درنتیجه میزان کمی بهبود کیفیت هـوا تعیـین گـردد. ایـن مـدل‌ها (مـدل سیاهه انتشار و مدل هواشناسی) در اختیار نهادهای خاص ماننـد شـهرداری، هواشناسـی و سـازمان حفاظـت محیط‌زیسـت بوده و صرفاً برای چند کلان‌شهر ایجاد شده‌اند. حتی با فرض دسترسی به این مدل‌ها نیز انجـام محاسـبات و مدلسـازی‌های فوق نیاز به صرف زمان و هزینه بسیار زیادی دارد که در چارچوب این مطالعه امکانپذیر نیست.

۴. پس از محاسبه تأثیرگذاری اجرای راهکارها بر کاهش آلودگی هوا، باید مدل دقیقی از مطالعات مالی و هزینـه به فایده و محاسبه دوره بازگشت سرمایه صورت پذیرد که انجام این مهم نیز در چارچوب این گزارش نمی‌گنجد.

بنابراین برای سادگی انجام محاسبات این بخش فرضیات ذیل در نظر گرفته می‌شود:

۱. ناوگان و وسعت هدف راهکارها و هزینه‌های واحد براساس آمار در دسترس تخمین و یا فرض می‌گردد.

۲. برای محاسبه تأثیر اجرای راهکارها بر کاهش آلودگی هوا صرفاً شهر تهران بررسی می‌گردد.

۳. از انجام مدلسازی‌های سیاهه انتشار و پراکنش آلاینده‌ها پرهیز شده و صرفاً براساس کاهش انتشـار آلاینـده‌ها از هر منبع، درصد کاهش تناژ انتشار آلاینده‌ها به تفکیک ذرات معلق و آلاینده‌های گازی تخمین زده می‌شود.

۴. فرض می‌گردد که میزان بهبود کیفیت هوا تابع مستقیمی از میزان کاهش انتشار آلاینده‌هاست.

۵. برای محاسبه عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا بانک جهانی از برآورد هزینه‌های سـلامتی آلـودگی هوا مبنا قرار می‌گیرد. فرض می‌شود که سهم هر آلاینده در خسارت آلودگی هوا متناسـب بـا تعـداد روزهـای ناسـالم آلاینده مورد نظر در طول سال است.

۶. میزان کاهش تعداد روزهای آلوده سال از منظر ذرات معلق متناسب بـا میـزان کـاهش انتشـار ذرات معلـق و میزان کاهش تعداد روزهای آلوده سال از منظر آلاینده‌های گازی متناسب با میزان کاهش انتشـار آلاینـده‌های گـازی به منزله در نظر گرفته می‌شود. به این معنا که اگر در اثر اجرای یک راهکار برآورد شود که ۱۰ درصد از انتشـار ذرات معلق کاسته خواهد شد، برای محاسبه عایدی اقتصادی ناشی از بهبود کیفیت هـوا فـرض می‌شـود کـه تعـداد روزهـا ناسالم از منظر آلاینده ذرات معلق ۱۰ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.

۷. مبنای محاسبه میزان کاهش خسارت آلودگی هوا سال ۱۴۰۰ است. در سال ۱۴۰۰ شهر تهران مجموعـاً ۱۱۴ روز هوای آلوده تجربه نمود. از این تعداد ۲۳ روز آلاینده اُزُن، ۱۳ روز آلاینده اکسـیدهای نیتـروژن و ۹۵ روز آلاینـده ذرات معلق بیش از حد مجاز قرار داشتند(در برخی روزها چند آلاینده همزمان بـیش از حـد مجـاز بودنـد). بنـابراین میزان عایدی اقتصادی ناشی از کاهش انتشار آلاینده‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{gas} = [(X_{O3}+X_{Nox})/\sum X] * P$$

$$E_{PM} = [X_{PM}/\sum X] * P$$

که در روابط E_{gas} برابر با ضرر اقتصادی ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی، E_{PM} برابر با ضرر اقتصادی ناشی از انتشار آلاینده ذرات معلق، X برابر با تعداد روزهای ناسالم هر آلاینده در سال ۱۴۰۰ و P برابر با خسارت مالی ناشی

از آلودگی هوا در شهر تهران است که براساس گزارش بانک جهانی برابر ۲/۶ میلیارد دلار در سال اعلام شده است. بر این اساس با انجام محاسبات فوق مشخص می‌شود که خسارات آلودگی هوای ناشی از انتشار آلاینده‌های گازی به هوای شهر تهران برابر ۷۱۴،۵۰۰،۰۰۰ دلار در سال، و خسارات آلودگی هوای ناشی از انتشار ذرات معلق به هوای شهر تهران برابر ۱،۸۸۵،۵۰۰،۰۰۰ دلار در سال است.

۸. برمبنای محاسبات بند «۷»، در صورت کاهش یک درصد انتشار آلاینده‌های گازی عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا برابر ۷،۱۴۵،۰۰۰ دلار، و به‌ازای یک درصد کاهش انتشار ذرات معلق برابر ۱۸،۸۵۵،۰۰۰ دلار خواهد بود.

برمبنای فرضیات بالا، در جدول ۸ هزینه اجرای راهکارهای منتخب و عایدی اقتصادی ناشی از اجرای هر راهکار محاسبه و ارائه گردیده است.

جدول ۸. محاسبه هزینه اجرای راهکارها و منابع اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا

عنوان راهکار	تعداد هدف	هزینه واحد (میلیون ریال)	هزینه اجرای راهکار (میلیون ریال)	میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها	عایدی اقتصادی اجرای راهکار (میلیون ریال)
الزام به انجام آزمون آلایندگی جاده ای PEMS برای اخذ مجوز شماره‌گذاری انواع خودرو پیش از زمان تولید انبوه	–	۰	۰	(غیرقابل محاسبه)	–
نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس‌های دیزلی درون‌شهری	**۸۸۵**	**۱،۵۰۰**	**۱،۳۲۷،۵۰۰**	۱/۱۵ درصد کاهش ذرات معلق	**۶،۷۲۱،۸۰۷**
نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی کامیون‌های درون‌شهری	**۳۰،۰۰۰**	**۱،۲۰۰**	**۳۶،۰۰۰،۰۰۰**	۶/۶ درصد کاهش ذرات معلق	**۳۸،۵۷۷،۳۳۰**
بازسازی اساسی و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس‌های فرسوده	**۳،۵۴۲**	**۱۲،۰۰۰**	**۴۲،۵۰۴،۰۰۰**	۴/۵۵ درصد کاهش ذرات معلق	**۲۶،۵۹۴،۹۷۷**
نصب تجهیزات DOC + lean Nox trap برروی اتوبوس‌های گازسوز درون‌شهری	**۱،۵۰۰**	**۱،۰۰۰**	**۱،۵۰۰،۰۰۰**	۰/۵ درصد کاهش آلاینده‌های گازی	**۱،۱۰۷،۴۷۵**
تعویض کاتالیست تاکسی‌ها	**۷۰،۰۰۰**	**۴۰**	**۲،۸۰۰،۰۰۰**	۸/۵ درصد کاهش آلاینده‌های گازی	**۱۸،۸۲۷،۰۷۵**
بازیابی کاتالیست خودروهای شخصی بنزینی	**۱،۵۰۰،۰۰۰**	**۵**	**۷،۵۰۰،۰۰۰**	۶ درصد کاهش آلاینده‌های گازی	**۱۳،۲۸۹،۷۰۰**
درج کد شناسایی روی کاتالیست در زمان تولید و بازبینی در مراکز معاینه فنی	–	۰	۰	(غیرقابل محاسبه)	
نصب انژکتور و تغییر سیستم پاشش سوخت موتورسیکلت‌های کاربراتوری	**۳۰۰،۰۰۰**	**۵۰**	**۱۵،۰۰۰،۰۰۰**	۱۰/۷ درصد کاهش آلاینده‌های گازی ۵ درصد کاهش ذرات معلق	**۵۲،۹۲۵،۲۱۵**

عنوان راهکار	تعداد هدف	هزینه واحد (میلیون ریال)	هزینه اجرای راهکار (میلیون ریال)	میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها	عایدی اقتصادی اجرای راهکار (میلیون ریال)
مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری	–	۰	۰	(غیرقابل محاسبه)	–
مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار	–	۰	۰	(غیرقابل محاسبه)	–
حذف کارکرد درجا در پایانه‌های اتوبوسرانی	–	۰	۰	۲/۳ درصد کاهش ذرات معلق ۰/۲ کاهش آلاینده‌های گازی	**۱۳،۸۸۶،۶۰۵**
مدیریت توزیع سوخت باکیفیت	–	–	–	(غیرقابل محاسبه)	–
اجرای طرح کهاب در جایگاه‌های سوخت	**۱۳۴**	**۶،۰۰۰**	**۸۰۴،۰۰۰**	۱/۹ درصد کاهش آلاینده‌های گازی	**۴،۲۰۸،۴۰۵**
نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی ماشین آلات عمرانی و ژنراتورها	–	–	–	(غیرقابل محاسبه)	–
مجموع	–	–	**۱۰۷،۴۳۵،۵۰۰**	**۲۷/۸ درصد کاهش آلاینده‌های گازی و ۱۹/۶ درصد کاهش ذرات معلق**	**۱۷۶،۱۳۸،۵۸۹**

مأخذ: یافته های تحقیق

طبق جدول ۸ اجرای راهکارهای منتخب در شهر تهران حداقل ۱۰۷ هزار میلیارد ریال اعتبار نیاز دارد. در صورت اجرای این راهکارها حداقل ۲۷/۸ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و ۱۹/۶ درصد از انتشار ذرات معلق در شهر تهران کاهش می‌یابد. این میزان کاهش انتشار در آلاینده عایدی اقتصادی برابر حدود ۱۷۶ هزار میلیارد ریال دربرخواهد داشت. بنابراین اجرای این راهکارها کاملاً از منطق اقتصادی برخوردار بوده و دوره بازگشت سرمایه اغلب این راهکارها کمتر از یک سال است. برای مقایسه با راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا در جدول ۳ این گزارش هزینه اجرای برخی از راهکارهای کاهش آلودگی هوا در شهر تهران بررسی گردید که طبق آن با صرف هزینه‌ای در حدود ۳۴۰ هزار میلیارد ریال چیزی در حدود ۱۰ درصد کاهش در انتشار ذرات معلق و آلاینده‌های گازی اتفاق می‌افتد. به این معنی که با اجرای راهکارهای منتخب ارائه شده در این گزارش با صرف هزینه ای کمتر از یک‌سوم راهکارهای اصلی، بین ۲ تا ۳ برابر کاهش در انتشار آلاینده‌های مختلف نتیجه می‌گردد که بر این اساس کم‌هزینه بودن مقرون به‌صرفه بودن راهکارهای منتخب کاملاً مشخص است. البته ذکر این نکته ضروری است که از ۱۰۷ هزار میلیارد تومان هزینه اجرای راهکارهای منتخب بخشی برعهده دولت، بخشی برعهده شهرداری‌ها، بخشی آورده متقاضیان و بخش دیگری نیز با استفاده از تسهیلات بانک‌ها تأمین می‌گردد پس سهم دولت و شهرداری‌ها در هزینه اجرای این راهکارها کمتر از ۱۰۷ هزار میلیارد ریال است. همچنین در جدول ۸ تأثیرگذاری تعدادی از راهکارهای منتخب در کاهش آلودگی هوا محاسبه نشده است، برای مثال در راهکار مدیریت تقاضای سفر یا مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار و همچنین درخصوص درج کد شناسایی روی کاتالیست‌ها، با اینکه این راهکارها از جنس مدیریتی بوده و هزینه اجرای خاصی ندارند، اما قطعاً بر کاهش آلودگی هوا مؤثر هستند. بنابراین پیش‌بینی می‌شود با اجرای تمامی راهکارهای منتخب میزان کاهش انتشار آلاینده‌ها از ارقام تخمین زده شده بیشتر باشد.

جمع‌بندی و راهکارها

در این گزارش تلاش گردید که به این سؤال پاسخ داده شود که آیا می‌توان با هزینه و بودجه‌های کم آلودگی هوا را کاهش داد؟ برای پاسخ به این سؤال ابتدا باید به درک صحیحی از راهکارهای کاهش آلودگی هوا و هزینه اجرای راهکار رسید. در ابتدای گزارش برخی از راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا معرفی و هزینه اجرا و تأثیرگذاری آنها محاسبه گردید. در ادامه سعی شد تا راهکارهای موقتی به‌عنوان جایگزین راهکارهای اصلی معرفی شود که در عین تأثیر برابر در کاهش آلودگی هوا، هزینه اجرای بسیار کمتری داشته و به‌راحتی نیز قابل‌اجرا باشند. در این راستا ۱۵ راهکار برای منابع مختلف آلاینده هوا پیشنهاد شد. این راهکارها به‌صورت دقیق از منظر فنی و اجرایی بررسی شده و الزامات اجرای هریک تعیین گردید. سپس میزان کاهش انتشار آلاینده‌های گازی و ذرات معلق درنتیجه اجرای راهکارها به‌صورت ساده و کلی تخمین زده شد. درنهایت نیز با توجه به وسعت اجرای هر راهکارها برآورد کلی از هزینه‌های اجرای هر راهکار و عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا درنتیجه اجرای راهکارها صورت گرفت تا نحوه بازگشت سرمایه مشخص گردد. البته محاسبات کاهش آلودگی هوا و هزینه اجرای راهکارها و عایدی اقتصادی ناشی از اجرا با توجه به محدودیت اطلاعات، صرفاً برای شهر تهران به‌عنوان یک نمونه محاسبه شد.

با انجام مطالعات فوق مشخص شد که در شهر تهران با اجرای ۱۵ راهکار منتخب کم‌هزینه و زودبازده، حداقل ۲۷/۸ درصد از انتشار آلاینده‌های گازی و ۱۹/۶ درصد از انتشار آلاینده ذرات معلق کاهش پیدا خواهد کرد. برای این میزان کاهش چیزی در حدود ۱۰۷ هزار میلیارد ریال اعتبار مورد نیاز است. با صرف این هزینه، حدوداً ۱۷۶ هزار میلیارد ریال عایدی اقتصادی ناشی از کاهش آلودگی هوا نتیجه خواهد شد که نشان می‌دهد طول دوره بازگشت سرمایه کمتر از یک سال است. این ارقام در مقایسه با اجرای راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا بسیار مقرون به‌صرفه‌تر و مؤثرتر است، به‌گونه ای که با صرف کمتر از یک‌سوم هزینه، بین ۲ تا ۳ برابر کاهش آلودگی هوا حادث خواهد شد.

بنابراین وفق توضیحات بالا مشخص گردید که اجرای راهکارهای منتخب برای کاهش آلودگی هوا بسیار مؤثر و کم‌هزینه‌تر نسبت به راهکارهای اصلی است. اما باید به این نکته توجه داشت که ماهیت راهکارهای منتخب موقتی است و صرفاً برای دوره‌ای زمانی پیشنهاد می‌شود که تا اجرای راهکارهای اصلی مورد نیاز است. بدیهی است که در صورت وجود منابع و زیرساخت‌های لازم، اجرای راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا ازجمله نوسازی و ... منطقی و دارای اولویت است، اما همان‌گونه که در ابتدای گزارش توضیح داده شد در شرایط فعلی اقتصادی و کسری بودجه و عدم امکان تخصیص اعتبارات کافی برای اجرای راهکارهای است، باید راهکارهای موقتی برای کنترل وخامت کیفیت هوا و جلوگیری از خسارات مرگ بار این مسئله اتخاذ گردد. هدف این گزارش نیز کمک به ارائه یک برنامه موقتی برای کاهش آلودگی هوا بود که این برنامه در کنار پیگیری و اجرای راهکارهای اصلی کاهش آلودگی هوا که در قوانین ذکر شده اند، مد نظر قرار گیرد.

براساس توضیحات ارائه شده در قسمت آخر برنامه‌ای پیشنهادی برای اجرای راهکارهای منتخب ارائه می‌شود. قبلاً گفته شد که برخی از راهکارهای منتخب دارای سابقه قانونی نیز هستند، اما برای ایجاد الزام مناسب و برنامه‌ریزی بهتر جهت اجرا، برنامه پیشنهادی می‌تواند تحت یک مصوبه جامع از جانب هیئت دولت یا نهاد وضع‌کننده قوانین دیگری تصویب و ابلاغ گردد. جدول ۹ برنامه جامع راهکارهای منتخب کم‌هزینه و زودبازده کاهش آلودگی هوا شامل مدت زمان مورد نیاز و مجریان پیشنهادی را معرفی می‌نماید.

جدول ۹. برنامه جامع پیشنهادی برای اجرای راهکارهای منتخب

ردیف	راهکار منتخب	مجریان	زمان اجرا
۱	الزام به انجام آزمون آلایندگی جاده‌ای PEMS برای اخذ مجوز شماره‌گذاری انواع خودرو پیش از زمان تولید انبوه	سازمان حفاظت محیط‌زیست خودروسازان	یک سال
۲	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی اتوبوس‌های دیزلی درون‌شهری	شهرداری‌های کلان‌شهرها سازمان برنامه و بودجه	۱۸ ماه
۳	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی کامیون‌های درون‌شهری	شهرداری‌های کلان‌شهرها کلیه دستگاه‌های اجرایی مرتبط سازمان برنامه و بودجه	۱۸ ماه
۴	بازسازی اساسی و نصب فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس‌های فرسوده	شهرداری‌های کلان‌شهرها خودروسازان	۲ سال

ردیف	راهکار منتخب	مجریان	زمان اجرا
		سازمان برنامه و بودجه سازمان ملی استاندارد	
۵	نصب تجهیزات DOC + lean Nox trap بر روی اتوبوس‌های گازسوز درون‌شهری	شهرداری‌های کلان‌شهرها سازمان برنامه و بودجه	۱۸ ماه
۶	تعویض کاتالیست تاکسی‌ها	وزارت کشور شهرداری‌های کلان‌شهرها وزارت صنعت، معدن و تجارت سازمان برنامه و بودجه	یکسال
۷	بازیابی کاتالیست خودروهای شخصی بنزینی	شهرداری‌های کلان‌شهرها وزارت صنعت، معدن و تجارت سازمان برنامه و بودجه کلیه دستگاه‌های اجرایی مرتبط	۲ سال
۸	درج کد شناسایی روی کاتالیست در زمان تولید و بازبینی در مراکز معاینه فنی	تولیدکنندگان کاتالیست خودروسازان پلیس راهور ناجا وزارت کشور	۱ سال
۹	نصب انژکتور و تغییر سیستم پاشش سوخت موتورسیکلت‌های کاربراتوری	شهرداری‌های کلان‌شهرها وزارت صنعت، معدن و تجارت سازمان برنامه و بودجه کلیه دستگاه‌های اجرایی مرتبط	۱۰/۷ ٪ کاهش آلاینده‌های گازی ۵ ٪ کاهش ذرات معلق
۱۰	مدیریت تقاضای سفرهای درون‌شهری	شهرداری‌های کلان‌شهرها پلیس راهور ناجا وزارت کشور کلیه دستگاه‌های اجرایی مرتبط	۱۸ ماه
۱۱	مدیریت تقاطع‌ها و تخلفات اثرگذار	شهرداری‌های کلان‌شهرها پلیس راهور ناجا	یکسال
۱۲	حذف کارکرد درجا در پایانه‌های اتوبوسرانی	شهرداری‌های کلان‌شهرها	۶ ماه
۱۳	مدیریت توزیع سوخت باکیفیت	وزارت نفت	یکسال
۱۴	اجرای طرح کهاب در جایگاه‌های سوخت	وزارت نفت	یکسال
۱۵	نصب فیلتر جاذب ذرات معلق بر روی ماشین‌آلات عمرانی و ژنراتورها	شهرداری‌های کلان‌شهرها وزارت راه و شهرسازی کلیه دستگاه‌های اجرایی مرتبط	۲ سال

منابع و مآخذ

1. Chen, Z., Huang, X. and Wang, Q. (2009). The Effect of Air Pollution on Human Health in China: A Macro Evaluation.
2. Hoseinpoor, A.R, Forouzanfar, M.H. Yunesian, M., Asghari, F., Holakouie Naieni, K. and Farhood, D. (2005). Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environmental Research, (99):126-131.
3. Guobao, S, Wenquan, Z, (2009). The Evaluation of Health Damage Caused by Air Pollution in Huzhou Region, China.
4. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP (interim report). World Health Organization. Available at: URL: http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaapinterim-report
5. Public health, environmental and social determinants of health (PHE). Burden of disease from ambient and household air pollution. World Health Organization. Available at: URL: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en
6. Krzyzanowski M, Cohen A, Anderson R., and the WHO Working Group. Quantification of health effects of exposure to air pollution. Occup Environ Med. 2010; 59:791-793.
7. Global Health Observatory (GHO) data. Reports. World Health Organization. Available at: URL: http://www.who.int/gho/publications/en/
8. Dos, A. and Martin, F. (2010). An Econometric Analysis of the US Health Care Expenditure. Journal of Health Science, 2(1): 150-159.
9. Yoo, S., Kwak, S and Lee, J. (2008). Using a Choice Experiment to Measure the Environmental Costs of Air Pollution Impacts in Seoul. Journal of environmental Management, (86): 308-318.
10. Wang, p. and Mu.H (2010). Economic Assessment on Health Loss of Particulate Air pollution in Dalian of china, Dalian university of Technology, Dalian, china.
11. Pe´ rez L, at al. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). Gac Sanit. 2009; 23(4):287-294.
12. Stieb D, at a. Economic evaluation of the benefits of reducing acute cardiorespiratory morbidity associated with air pollution. Environmental Health. 2002; 1, 7.

۱۳. گزارش کیفی هوای شهر تهران، سال ۱۴۰۰، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.

۱۴. گزارش کمی سازی اثرات بهداشتی و اقتصادی منتسب به آلاینده ذرات معلق $PM_{2.5}$ در ۲۵ شهر کشور در سال ۱۳۹۹ با استفاده از نرم افزار W.H.O AirQ+2 ، مرکز سلامت محیط و کار، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی.

15. Air pollution in Tehran: Health cost, Sources, And policies discussion paper, World bank group, March 2018
16. Jesse Burkhardt, Jude Bayham, Ander Wilson, Ellison Carter, Jesse D. Berman, Katelyn O'Dell, Bonne Ford, Emily V. Fischer, Jeffrey R. Pierce. The effect of pollution on crime: Evidence from data on particulate matter and ozone. Journal of Environmental Economics and Management, *2019;*

۱۷. گزارش جامع سیاهه انتشار شهر تهران، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران، ۱۳۹۶.

۱۸. آسیب شناسی قانون هوای پاک – بخش اول: عملکرد، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

۱۹. آمار شماره گذاری وسایل نقلیه، پلیس راهور ناجا

۲۰. الزامات اجرای قانون هوای پاک با تأکید بر اعتبارات، مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی.

۲۱. قانون بودجه کشور در سال ۱۴۰۱.

22. A. Mayer; DPF- success story to clean air; AQM 2018 Tehran.

۲۳. گزارش پروژه پایلوت نصف فیلتر جاذب ذرات معلق برروی اتوبوس های شهر تهران، شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران.

۲۴. گزارشات میزان پیشرفت عملکرد مصوبات آلودگی هوا، دبیرخانه کارگروه ملی کاهش آلودگی هوا، سازمان حفاظت محیط زیست.

۲۵. گزارش عملکرد قانون هوای پاک، دیوان محاسبات کشور.

۲۶. گزارشات پایش کیفیت سوخت در جایگاه‌های کشور، دفتر پایش فراگیر سازمان حفاظت محیط زیست.

27. https://cabinetoffice.ir/
28. https://rc.majlis.ir