



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله مروری

## مروری بر مطالعات بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران: دستاوردها، محدودیت‌ها و برنامه‌های آینده

- کاظم ندافی<sup>۱\*</sup>، علیرضا مصداقی‌نیا<sup>۲</sup>، مهرانوش ابطحی<sup>۳</sup>، محمدصادق حسونند<sup>۴\*</sup>، رضا سعیدی<sup>۵\*</sup>
- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
  - ۲- مرکز تحقیقات کیفیت آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
  - ۳- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
  - ۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
  - ۵- گروه سلامت، ایمنی و محیط‌زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

### اطلاعات مقاله: چکیده

**زمینه و هدف:** مطالعات بار بیماری‌های محیطی از مهمترین نیازهای ضروری برای تعیین وضعیت موجود، افزایش اثربخشی سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های بهداشتی و اولویت‌بندی مداخلات بهسازی محیط بشمار می‌روند. در این مقاله مروری وضعیت بار بیماری‌های محیطی در ایران براساس نتایج آخرین مطالعه جهانی بار بیماری‌ها ((Global Burden of Disease (GBD))، سایر مطالعات جهانی و پژوهش‌های ملی در کشور مورد ارزیابی قرار گرفت.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۰۴  
تاریخ ویرایش: ۹۸/۰۴/۱۹  
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۵  
تاریخ انتشار: ۹۸/۰۶/۱۳

**روش بررسی:** در این مطالعه پژوهش‌های انجام شده بر روی بار بیماری‌های محیطی در ایران با جستجو در پایگاه‌های علمی بین‌المللی و ملی مشخص شدند و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.  
**یافته‌ها:** مرور مطالعات بار بیماری‌های محیطی نشان داد که براساس نتایج مطالعه GBD سهم عوامل خطر محیطی در کل بار بیماری‌ها در کشور در سال ۲۰۱۷ بر حسب شاخص تعداد سال‌های از دست رفته به‌واسطه مرگ یا ناتوانی ((Disability-adjusted life years (DALYs)) و تعداد موارد مرگ به ترتیب حدود ۸ و ۱۳ درصد بوده است. بر طبق نتایج مطالعه GBD، سهم عوامل خطر در DALY منتسب به عوامل محیطی در کشور در سال ۲۰۱۷ (در مجموع ۱,۶۴۸,۳۲۹) به‌صورت زیر بود:  $PM_{2.5}$  هوای آزاد ۴۵/۰ درصد، عوامل خطر شغلی ۲۵/۱ درصد، مواجهه با سرب ۱۹/۴ درصد، آب آشامیدنی ناسالم ۵/۰ درصد، ازن تروپوسفری ۱/۷ درصد، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست ۱/۵ درصد، دفع غیربهداشتی فاضلاب ۱/۴ درصد، رادن هوای داخل ساختمان ۰/۶ درصد و آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد ۰/۳ درصد. کل نرخ DALY و نرخ مرگ منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در ایران در سال ۲۰۰۰ به‌ترتیب ۴۶/۲ و ۰/۷ برآورد گردیده است. شاخص DALY و نرخ DALY منتسب به غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی ناشی از ایجاد فلوروزیس دندان در کشور در سال ۲۰۱۷ به‌ترتیب ۳۴۴۳ و ۴/۳۱ به‌دست آمد. ارزیابی تاثیر فلورایدزنی آب آشامیدنی به‌عنوان یک عامل محافظت‌کننده محیطی نشان داد که این اقدام از طریق پیشگیری از پوسیدگی دندان می‌تواند شاخص DALY و نرخ DALY در کشور را به‌ترتیب ۱۴,۹۷۱ و ۱۸/۷۳ کاهش دهد. طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵، نرخ DALY (به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر) منتسب به عوامل  $PM_{2.5}$  هوای آزاد، ازن تروپوسفری، رادن هوای داخل و عوامل خطر شغلی رو به افزایش بوده که این نتیجه اهمیت اقدامات پیشگیرانه و کنترل آنها را افزایش می‌دهد.

**واژگان کلیدی:** بار بیماری‌های محیطی، پیامد بهداشتی، مواجهه با خطر، روند مکانی-زمانی، ارزیابی خطر مقایسه‌ای

### پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

hassanvand@tums.ac.ir ;  
r.saeedi@sbm.ac.ir

**نتیجه‌گیری:** تفاوت چشمگیری در میزان بار بیماری‌های منتسب به یک عامل خطر در مطالعات جهانی مختلف و همچنین میان مطالعات جهانی و ملی وجود داشت. با توجه به بکارگیری داده‌های با جزئیات بیشتر و کامل‌تر و انجام ارزیابی‌های فراملی، نتایج مطالعات ملی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی معتبرتر و کاربردی‌تر بوده، لذا تقویت و تداوم این مطالعات در سطوح ملی و فروملی با توجه به اولویت‌ها، نیازها، روندهای زمانی-مکانی و با استفاده از داده‌ها و اطلاعات معتبر داخلی ضروری است و اکیدا توصیه می‌گردد.

## مقدمه

محیط سالم یکی از ارکان اساسی جهت نیل به وضعیت مطلوب سلامتی و رفاه بشمار می‌رود. محیط شبکه گسترده‌ای از عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، روانی و اجتماعی است که برخی از آنها محافظت کننده و برخی دیگر تهدید کننده سلامتی هستند. اثرگذاری محیط بر سلامتی تنها محدود به اثرات مستقیم نیست، بلکه عوامل محیطی بطور غیرمستقیم از طریق عوامل رفتاری نیز تاثیر قابل توجهی بر بهداشت عمومی ایجاد می‌کنند (۵-۱). کمی‌سازی اثرات بهداشتی عوامل خطر محیطی (Environmental risk factors) یا برآورد بار بیماری‌های محیطی (Environmental burden of disease (EBD)) نقش هر یک از این عوامل خطر محیطی در سلامتی مردم را تعیین نموده و از آن به‌عنوان یکی از مهمترین نیازهای ضروری در جهت افزایش اثربخشی سیاستگذاری‌ها و برنامه‌های بهداشتی و اولویت‌بندی مداخلات بهسازی محیط نام برده می‌شود. اگرچه اثرات بهداشتی برخی از عوامل خطر محیطی بخوبی شناسایی شده‌اند، اما در همین موارد نیز به دلیل چند علتی بودن اکثر بیماری‌ها تعیین سهم عوامل خطر محیطی در ایجاد پیامدهای بهداشتی مذکور پیچیده بوده و تفکیک دقیق اثرات با موانع و دشواری‌هایی روبرو است. در پاسخگویی به این نیاز و به‌منظور تعیین روابط کمی بین مواجهه با عوامل خطر محیطی و پیامدهای بهداشتی مطالعات گسترده‌ای به انجام رسیده است (۸-۶).

یکی از اولین و مهمترین مطالعات صورت گرفته در رابطه با برآورد بار بیماری‌های عوامل خطر مختلف از جمله عوامل محیطی، مطالعه جهانی بار بیماری‌ها (Global burden of disease (GBD)) است. مطالعه GBD در سال ۲۰۰۲ نقطه عطفی در برآورد اثرات بهداشتی عوامل خطر محیطی، رفتاری و متابولیکی بود. در این مطالعه برای اولین بار به‌طور گسترده و در مقیاس جهانی، منطقه‌ای و ملی بار بیماری‌های محیطی با روش ارزیابی خطر مقایسه‌ای (Comparative risk assessment (CRA)) برآورد گردید. در روش CRA سهم هر عامل خطر در بار بیماری پیامد یا پیامدهای سلامتی مرتبط

بوسیله شاخص سهم قابل انتساب جمعیت (Population attributable fraction (PAF)) از مقایسه میزان بار بیماری در شرایط مواجهه کنونی با میزان بار بیماری در شرایط مواجهه با حداقل مقدار خطر تئوریک در یک سناریوی فرضی (Theoretical minimum risk exposure level (TMREL)) محاسبه می‌شود. در مطالعات GBD برای بیان میزان خسارت‌های سلامتی از شاخص‌های خلاصه سلامت عمومی استفاده می‌شود که پرکاربردترین آنها شاخص تعداد سال‌های از دست رفته بواسطه مرگ یا ناتوانی (Disability-adjusted life years (DALYs)) و نرخ DALY هستند. شاخص DALY فاصله از وضعیت سلامتی ایده‌آل را با واحد سال کمی‌سازی می‌کند، بدین ترتیب که با تعریف امید زندگی استاندارد برای زنان (۸۲/۵ سال) و مردان (۸۰ سال) سال‌های از دست رفته عمر در نتیجه مرگ زودرس (Years of life lost due to premature mortality (YLLs)) محاسبه می‌شود و با تعریف ضریب ناتوانی (Disability weight (DW)) عمر از دست رفته در نتیجه ناتوانی (هر نوع عدول از وضعیت سلامتی مطلوب) (Years lived with disability (YLDs)) کمی‌سازی می‌گردد و شاخص DALY از مجموع YLL و YLD به‌دست می‌آید. نرخ DALY که معمولاً در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر بیان می‌شود، شاخص DALY را براساس جمعیت استانداردسازی کرده و امکان مقایسه‌های زمانی و مکانی را فراهم می‌کند. در اولین مطالعه جهانی EBD، سهم عوامل خطر محیطی در کل موارد مرگ و بار بیماری‌ها براساس DALY به‌ترتیب مقادیر قابل توجه ۲۳ و ۲۴ درصد برآورد گردید، در حالی که سهم این عوامل خطر در کشورهای در حال توسعه و در کودکان بیشتر از ارقام مذکور بود. در مطالعات بعدی GBD با تقویت پایگاه داده‌های مرتبط با مواجهه و روابط دوز - پاسخ، کمی‌سازی بار بیماری‌های محیطی با دامنه وسیع‌تر و دقت بالاتر به انجام رسید. علیرغم پیشرفت‌های صورت گرفته، هنوز محدودیت زیادی در زمینه داده‌های مواجهه محیطی و روابط دز - پاسخ وجود دارد و بسیاری از عوامل خطر محیطی مهم نظیر آلودگی

دانشگاه کشور در سال ۲۰۱۲ به انجام رسید (۶). در این مطالعه ابتدا عوامل خطر محیطی اولویت‌بندی شده، عوامل خطر با اولویت بالاتر انتخاب شدند و سپس روند مکانی و تغییرات آنها در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. اگرچه در این مطالعه میزان مواجهه افراد در سطوح ملی و فروملی در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۰ برای مهمترین عوامل خطر محیطی در کشور برآورد گردید، اما به علت محدودیت‌ها و همچنین عدم دسترسی به داده‌های مرتبط با پیامدهای بهداشتی، میزان اثرات بهداشتی منتسب به عوامل خطر محیطی برآورد نگردید، بنابراین تاکنون مطالعه جامعی در سطح ملی، بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی را با توجه به داده‌های بومی میزان مواجهه و بروز پایه پیامدهای مختلف برآورد نکرده است. علاوه بر مطالعه مذکور، پژوهش‌های دیگری نیز در مقیاس ملی و فروملی بر روی بار بیماری یا کمی‌سازی اثر بهداشتی عوامل خطر محیطی به‌صورت مجزا در کشور به انجام رسیده است. در این مقاله مروری در ابتدا وضعیت بار بیماری‌های محیطی در ایران براساس آخرین مطالعه GBD بیان شد، سپس نتایج سایر مطالعات جهانی و پژوهش‌های ملی در زمینه بار بیماری‌های محیطی در کشور مورد ارزیابی قرار گرفت و در انتها فرصت‌ها و اولویت‌ها جهت تداوم و تقویت این مطالعات در کشور بررسی شدند.

### روش بررسی

در این مطالعه پژوهش‌های انجام شده بر روی بار بیماری‌های محیطی در ایران با جستجو در پایگاه‌های علمی بین‌المللی (شامل Scopus، PubMed، Web of Science) و سایت اینترنتی (WHO) و ملی (شامل Scientific Information Database، Magiran، Iran Doc) مشخص شدند. مقالات به‌دست آمده ارزیابی شدند و تنها پژوهش‌هایی که دارای نتایج سطح ملی کشور بودند، جهت ورود به مطالعه انتخاب شده و سپس مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ادامه نتایج مطالعات مختلف با یکدیگر مقایسه شده و در انتها دستاوردها، محدودیت‌ها، فرصت‌ها و اولویت‌ها جهت

سموم و فلزات سنگین در آب آشامیدنی و مواد غذایی، بنزن در هوای آزاد و داخل ساختمان، آلودگی صوتی و... تاکنون در مطالعات GBD و مطالعات ملی بار بیماری‌های محیطی (در بسیاری از کشورها از جمله در ایران) وارد نشده‌اند (۴، ۵، ۷-۱۰).

گروه مطالعات GBD علاوه بر انجام ارزیابی‌ها و ارائه نتایج در سطوح جهانی، منطقه‌ای و ملی تاکید زیادی بر اجرای مطالعات فروملی داشته‌اند، زیرا این مطالعات درک عمیق‌تری از عوامل تعیین‌کننده خسارت‌های بهداشتی و روند مکانی - زمانی آنها ایجاد می‌کند و اطلاعات دقیق‌تر و کاربردی‌تری در اختیار مدیران ملی و محلی قرار می‌دهد و علاوه بر مصارف ملی و محلی بر دقت نتایج مطالعات جهانی نیز می‌افزاید، به‌طوری‌که برای اولین بار در مطالعه GBD ۲۰۱۵ علاوه بر ارزیابی‌های مرسوم، در کشورهای برزیل، چین، هند، ژاپن، کنیا، عربستان سعودی، آفریقای جنوبی، سوئد و آمریکا مطالعه فروملی در سطح ایالت یا استان نیز انجام شد. در آخرین مطالعه GBD (۲۰۱۷) با اضافه شدن ایران و چند کشور دیگر، تعداد ارزیابی‌های فروملی در این مطالعات به مجموع ۱۶ کشور جهانی با محدودیت‌هایی روبرو است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: (۱) تمرکز بر روی عوامل خطری که داده‌های مواجهه آنها در مقیاس جهانی موجود است، (۲) تاکید بر روی عوامل خطر محیطی که در مقیاس جهانی حائز اهمیت هستند، و (۳) عدم امکان انعکاس و یا کم توجهی به اولویت‌ها و روندهای زمانی و مکانی در مقیاس فروملی، در حالی که در مطالعات ملی و فروملی می‌توان از بسیاری از این موانع عبور نمود و ارزیابی دقیق‌تر و با انطباق بیشتر بر اولویت‌ها و تکیه بر امکانات و داده‌های محلی انجام داد (۲، ۶، ۱۱).

بنابر ضرورت، اهمیت و کاربرد نتایج، اولین مطالعه بررسی وضعیت میزان مواجهه با عوامل خطر محیطی و بار بیماری‌های منتسب به آنها در سطح ملی و فروملی در ایران توسط پژوهشکده محیط‌زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران و با همکاری متخصصین بهداشت محیط و اپیدمیولوژی چندین

## تداوم و تقویت این مطالعات در کشور مورد بحث قرار گرفت. وضعیت کلی بار بیماری‌های محیطی در ایران براساس مطالعه GBD در سال ۲۰۱۷

در مطالعه GBD سال ۲۰۱۷، نه عامل خطر محیطی شامل (۱) ذرات معلق ریز هوای آزاد (Ambient Air PM<sub>2.5</sub>، ۲)، (۳) آلودگی هوای داخل (Indoor Air) بواسطه مصرف سوخت جامد، (۴) گاز رادن هوای داخل (Indoor Radon)، (۵) آب غیربهداشتی، (۶) دفع غیربهداشتی (فاضلاب، ۷) عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست، (۸) مواجهه با سرب و (۹) عوامل خطر شغلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. وضعیت بار بیماری‌های محیطی در ایران و روند تغییرات زمانی آن در بازه ۲۰۱۷-۱۹۹۰ براساس مطالعه ۲۰۱۷ GBD در نمودارهای ۱ و ۲ و جدول ۱ آورده شده است. مطابق نتایج مطالعه ۲۰۱۷ GBD، بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی فوق الذکر در کشور در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۷ بر حسب شاخص DALY به ترتیب ۱,۶۷۳,۶۰۰، ۱,۴۲۱,۲۵۵ و ۱,۶۴۸,۳۲۹ برآورد شده و ارقام متناظر برای تعداد موارد مرگ به ترتیب ۳۸,۹۹۱,۳۳,۸۶۶ و ۵۱,۱۶۳، به دست آمده است. روند تغییرات زمانی DALY و موارد مرگ منتسب به عوامل خطر محیطی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارد؛ مجموع DALY منتسب به عوامل محیطی در ابتدا روند کاهشی نسبتاً سریعی داشته، در سال ۱۹۹۷ به کمترین مقدار (۱,۳۲۰,۰۷۸) رسیده و سپس با شیب ملایمی افزایش یافته و در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال مبنا (۱۹۹۰) تقریباً بدون تغییر بوده است، در حالی که تعداد مرگ منتسب به عوامل خطر محیطی ابتدا طی سال‌های ۱۹۹۴-۱۹۹۰ مقدار کمی کاهش یافته و سپس تا سال ۲۰۱۷ با روند صعودی منجر به افزایش قابل توجه ۵۱ درصدی در کل دوره مطالعه گردیده است. نرخ DALY و مرگ (در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر) منتسب به عوامل خطر محیطی روند زمانی متفاوتی نسبت به مقادیر DALY و تعداد موارد مرگ داشته است؛ به طوری که در سال ۱۹۹۰ نرخ DALY و مرگ به ترتیب ۲۸۹۲ و ۵۸/۵ بوده، به ترتیب در سال ۲۰۰۱ و ۱۹۹۹ به کمترین مقادیر (۱۹۶۴)

و ۵۰/۴) رسیده و در سال ۲۰۱۷ به ترتیب به مقادیر ۲۰۰۶ و ۶۲/۳ افزایش یافته‌اند. بر این اساس اگرچه در طی دوره مطالعه نرخ DALY به میزان ۳۱ درصد کاهش یافته و نرخ مرگ ۶ درصد افزایش نشان داده است، اما در سال‌های اخیر هر دو شاخص روند افزایشی داشته و طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ به ترتیب ۲ و ۱۵ درصد بیشتر شده‌اند. تفاوت روند زمانی DALY و تعداد موارد مرگ با نرخ آنها اثر افزایش جمعیت بر بار بیماری‌های محیطی در ایران را نشان می‌دهد. سهم مرگ (YLL) در بار بیماری‌های محیطی در طول دوره مطالعه در کشور بطور پیوسته کاهش یافته و از ۸۸ درصد به ۷۳ درصد رسیده است. کاهش سهم مرگ در بار بیماری‌ها نتیجه افزایش امید زندگی و بهبود ارائه خدمات بهداشتی - درمانی بوده و در مورد کل بار بیماری‌ها در کشور و سایر نقاط دنیا نیز مشاهده می‌شود. براساس نتایج مطالعه GBD سهم عوامل خطر محیطی در کل بار بیماری‌ها در کشور در سال ۱۹۹۰ بر حسب شاخص DALY و تعداد موارد مرگ به ترتیب حدود ۷ و ۱۱ درصد بوده و این ارقام در سال ۲۰۱۷ به ۸ و ۱۳ درصد افزایش یافته است (۲، ۱۲).

سهم هر یک از عوامل خطر محیطی در کل EBD در بازه زمانی مطالعه به میزان قابل توجهی تغییر یافته است، به طوری که ترتیب عوامل خطر محیطی براساس میزان سهم در کل EBD براساس شاخص DALY در سال ۱۹۹۰ عبارت بود از: PM<sub>2.5</sub> (۲۸/۷ درصد)، آب آشامیدنی ناسالم (۱۶/۳ درصد)، عوامل خطر شغلی (۱۴/۲ درصد)، مواجهه با سرب (۱۴/۰ درصد)، دفع غیربهداشتی فاضلاب (۱۲/۹ درصد)، آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد (۶/۷ درصد)، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست (۶/۴ درصد)، ازن تروپوسفری (۵/۰ درصد) و رادن هوای داخل ساختمان (۰/۲ درصد) و این ترتیب در سال ۲۰۱۷ به شرح زیر تغییر یافت: PM<sub>2.5</sub> (۴۵/۰ درصد)، عوامل خطر شغلی (۲۵/۱ درصد)، مواجهه با سرب (۱۹/۴ درصد)، آب آشامیدنی ناسالم (۵/۰ درصد)، ازن تروپوسفری (۱/۷ درصد)، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست (۱/۵ درصد)، دفع غیربهداشتی فاضلاب (۱/۴ درصد)، رادن

ادامه داشته باشد، در آینده بسیار نزدیک ازن تروپوسفری نقش چشمگیرتری در تنزل کیفیت هوای آزاد در کشور خواهد داشت. نرخ DALY منتسب به رادن روندی مشابه  $PM_{2.5}$  هوای آزاد نشان داده است، به طوری که در ابتدای دوره مطالعه تا سال ۱۹۹۸ کاهش یافته و سپس تا سال ۲۰۱۷ رو به افزایش بوده و نسبت به سال مبنا حدود ۷۹ درصد بیشتر شده است. همچنین نرخ DALY عوامل خطر شغلی از سال ۲۰۱۰ به بعد تقریباً ثابت بوده است که این نتیجه نگرانی در مورد این عوامل خطر را کاهش می‌دهد.

مقایسه نتایج به دست آمده در ایران با منطقه‌ای که در آن قرار گرفته، شمال آفریقا و خاورمیانه، نشان می‌دهد که در طول دوره مطالعه بار بیماری‌های محیطی در ایران به مراتب کمتر از این منطقه بوده است، اما طی مدت مذکور بار بیماری‌های محیطی در منطقه شمال آفریقا و خاورمیانه کاهش بیشتری نسبت به کشور ایران داشته و نرخ DALY از ۹۰۴۴ در سال ۱۹۹۰ به ۲۸۳۶ در سال ۲۰۱۷ (کاهش ۶۹ درصدی) رسیده است. روند تغییرات نرخ DALY عوامل مجزای خطر محیطی در منطقه شمال آفریقا و خاورمیانه طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۷ تا حدودی نسبت به کشور ایران متفاوت بوده، به طوری که نرخ DALY مرتبط با تنها دو عامل ازن تروپوسفری و رادن هوای داخل ساختمان طی مدت مذکور افزایش یافته و این پارامتر برای سایر عوامل خطر رو به کاهش بوده است. در سال ۲۰۱۷، براساس شاخص نرخ DALY بار بیماری‌های منتسب به همه عوامل خطر محیطی به استثنای مواجهه با سرب در منطقه بیشتر از ایران به دست آمده است؛ اما در مورد مواجهه با سرب مقدار این شاخص در ایران کمی بیشتر از منطقه (۴۱۰/۳) در برابر ۳۷۹/۴ گزارش شده است. همچنین سهم عوامل خطر محیطی در کل بار بیماری‌ها براساس شاخص DALY در منطقه شمال آفریقا و خاورمیانه در سال ۱۹۹۰ به میزان ۱۵/۳ درصد بوده و در سال ۲۰۱۷ به ۱۰/۷ درصد کاهش یافته است که در هر دو مورد بیشتر از ارقام مذکور در کشور ایران (به ترتیب ۷/۲ و ۸/۱ درصد) است (۱۲).

مقایسه وضعیت بار بیماری‌های محیطی در ایران با کشورهای

هوای داخل ساختمان (۰/۶ درصد) و آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد (۰/۳ درصد). طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷، شاخص DALY چهار عامل خطر محیطی شامل آلودگی هوای داخل ساختمان بواسطه مصرف سوخت جامد، دفع غیربهداشتی فضلاب، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست و آب آشامیدنی ناسالم به ترتیب به میزان ۹۶، ۹۱، ۸۰ و ۷۳ درصد کاهش یافته است، در نقطه مقابل DALY عوامل خطر محیطی نظیر ازن تروپوسفری به میزان ۱۸۲ درصد، رادن هوای داخل ساختمان به میزان ۱۵۴ درصد، عوامل خطر شغلی به میزان ۵۶ درصد،  $PM_{2.5}$  به میزان ۳۸ درصد و مواجهه با سرب به میزان ۲۲ درصد افزایش یافته است. تغییرات مرتبط با تعداد موارد مرگ منتسب به عوامل خطر محیطی طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۷ روندی تقریباً مشابه ولی مقادیر متفاوتی داشته است (۱۲). جهت مقایسه مکانی و همچنین برنامه‌ریزی جهت اقدامات کنترلی آتی، شاخص نرخ DALY و روند زمانی سال‌های اخیر اهمیت بیشتری دارد. طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵، نرخ DALY منتسب به عوامل  $PM_{2.5}$  هوای آزاد، ازن تروپوسفری، رادن هوای داخل و عوامل خطر شغلی در کشور به ترتیب ۱۰، ۳۲، ۵۵ و ۶ درصد افزایش یافته که این نتیجه اهمیت اقدامات پیشگیرانه و کنترل آنها را بالا می‌برد. نرخ DALY منتسب به سایر عوامل خطر محیطی طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ رو به کاهش بوده است.

بررسی دقیق‌تر تغییرات زمانی بار بیماری‌های عوامل خطر محیطی دارای نرخ DALY رو به افزایش در سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ در کشور نشان می‌دهد که نرخ DALY منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ دارای روند کاهشی بوده و سپس تا سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است. نرخ DALY منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در سال ۲۰۱۷ نسبت به سال ۲۰۰۰ حدود ۱۲ درصد افزایش داشته که این امر ناشی از افزایش غلظت  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در کشور بوده است. ازن تروپوسفری تنها عامل خطری است که نرخ DALY منتسب به آن در کل دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۷ رو به افزایش بوده و طی این دوره تقریباً دو برابر شده است. در صورتی که این روند افزایشی



منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد به‌عنوان مهمترین عامل خطر محیطی در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ به‌ترتیب ۸۰۳ و ۷۲۱ برآورد شده است. همچنین در این کشورها به‌دلیل کنترل بیماری‌های اسهالی بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست (Water, sanitation, and hygiene) (WASH)) به مراتب کمتر از ایران است، این در حالی است که بیماری‌های اسهالی تا حدود زیادی در کشور ما کنترل شده و بار بیماری‌های منتسب به WASH طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۰ روند کاهشی امیدوارکننده‌ای را نشان داده است (۱۲).

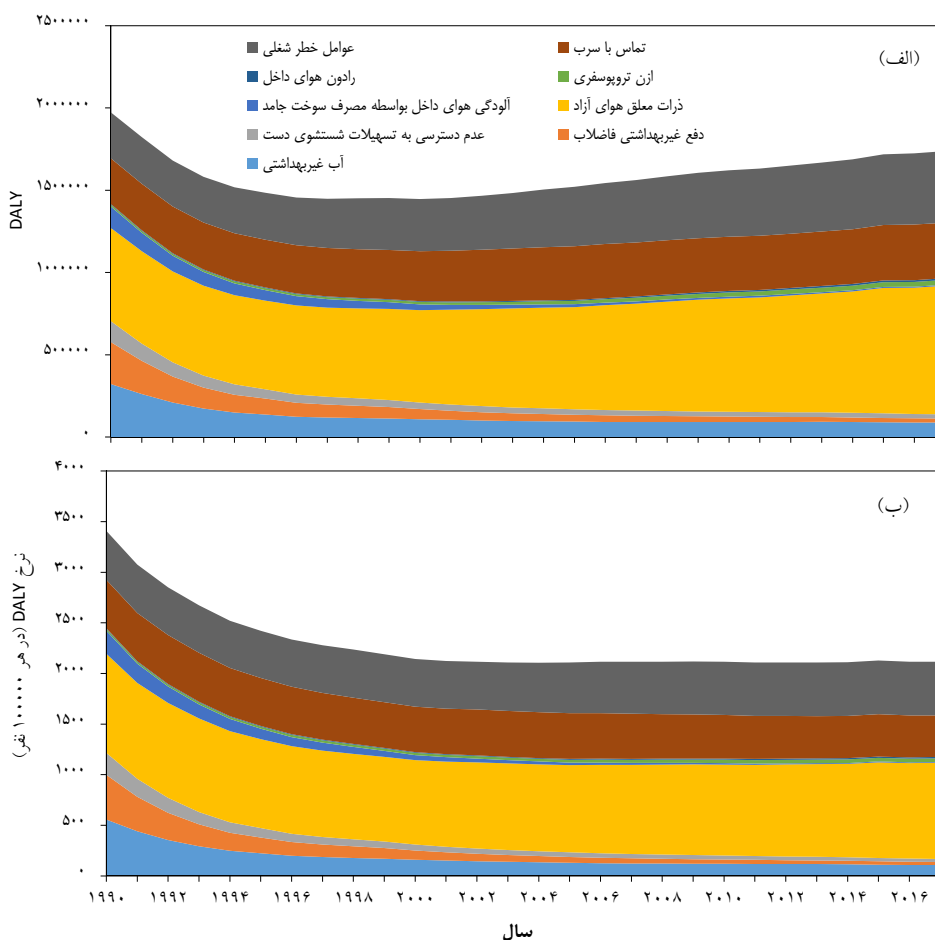
پیشرفته وضعیت متفاوتی را نشان می‌دهد؛ برای مثال بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در کشورهای با شاخص اجتماعی-جمعیت‌شناختی (Socio-demographic Index (SDI)) بالا، هم کمتر از ایران بوده و هم در سال‌های اخیر بر خلاف کشور ما روند کاهشی نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در این کشورها نرخ DALY منتسب به عوامل خطر محیطی در سال ۲۰۱۰ به میزان ۱۶۷۳ بوده و در سال ۲۰۱۷ به ۱۵۷۶ (۴/۵ درصد کاهش) رسیده است و سهم عوامل محیطی در کل بار بیماری‌ها (براساس شاخص DALY) از ۷/۸ درصد به ۶/۶ درصد کاهش یافته است. در این کشورها نرخ DALY

جدول ۱- وضعیت بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران براساس شاخص‌های DALY، تعداد موارد مرگ، نرخ DALY (در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر)، نرخ مرگ (در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر) و سهم مرگ در DALY به تفکیک عامل خطر و روند تغییرات زمانی آن در بازه ۲۰۱۷-۱۹۹۰ (۱۲)

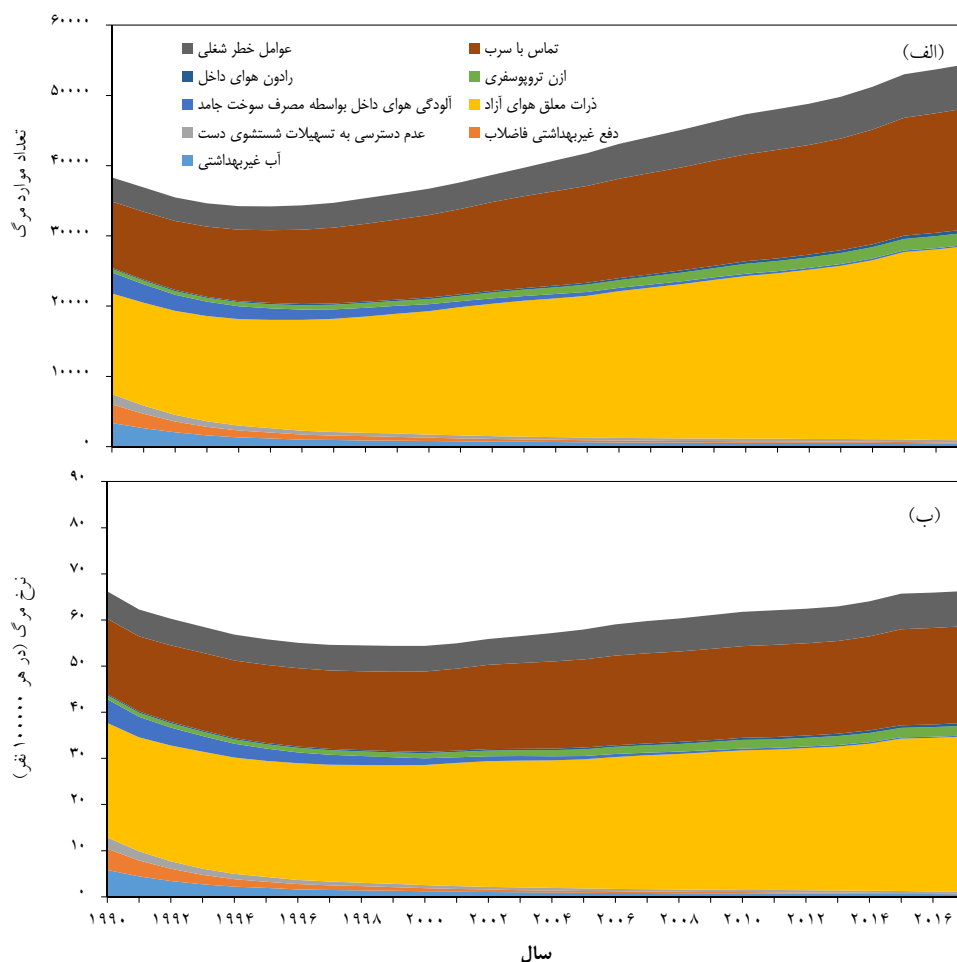
| عامل خطر محیطی                         | سال  | شاخص DALY | نرخ DALY | تعداد موارد مرگ | نرخ مرگ | سهم مرگ در DALY | میزان تغییرات زمانی (درصد) |      |          |
|--|------|-----------|----------|-----------------|---------|-----------------|----------------------------|------|----------|
|  |      |           |          |                 |         |                 | بازه زمانی                 | DALY | نرخ DALY |
| PM <sub>2.5</sub> هوای آزاد            | ۱۹۹۰ | ۵۶۶,۴۸۳   | ۹۷۸/۹    | ۱۴,۳۵۸          | ۲۴/۸    | ۹۲              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | ۱۰   | -۱۲      |
|  | ۲۰۰۵ | ۶۲۱,۳۴۸   | ۸۶۱/۵    | ۲۰,۱۸۴          | ۲۸/۰    | ۸۴              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۲۶   | ۱۰       |
|  | ۲۰۱۷ | ۷۸۲,۲۰۷   | ۹۵۱/۹    | ۲۷,۶۲۸          | ۳۳/۶    | ۷۶              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | ۳۸   | -۳       |
| آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد | ۱۹۹۰ | ۱۳۱,۵۵۰   | ۲۲۷/۳    | ۲,۹۷۵           | ۵/۱     | ۹۳              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | -۸۶  | -۸۲      |
|  | ۲۰۰۵ | ۱۸,۳۳۸    | ۲۵/۴     | ۵۳۷             | ۰/۷     | ۸۴              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | -۷۱  | -۶۸      |
|  | ۲۰۱۷ | ۵,۳۱۹     | ۶/۵      | ۱۷۲             | ۰/۲     | ۷۴              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | -۹۶  | -۹۴      |
| ازن تروپوسفری                          | ۱۹۹۰ | ۱۰,۴۶۶    | ۱۸/۱     | ۴۹۷             | ۰/۹     | ۱۰۰             | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | ۸۷   | ۵۰       |
|  | ۲۰۰۵ | ۱۹,۵۷۸    | ۲۷/۱     | ۱,۰۳۹           | ۱/۴     | ۱۰۰             | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۵۱   | ۳۲       |
|  | ۲۰۱۷ | ۲۹,۵۲۲    | ۳۵/۹     | ۱,۷۶۷           | ۲/۲     | ۱۰۰             | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | ۱۸۲  | ۹۹       |
| رادن هوای داخل                         | ۱۹۹۰ | ۴,۳۰۵     | ۷/۴      | ۱۶۱             | ۰/۳     | ۹۹              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | ۴۴   | ۱۶       |
|  | ۲۰۰۵ | ۶,۲۰۱     | ۸/۶      | ۲۵۳             | ۰/۴     | ۹۹              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۷۷   | ۵۵       |
|  | ۲۰۱۷ | ۱۰,۹۵۲    | ۱۳/۳     | ۴۷۰             | ۰/۶     | ۹۹              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | ۱۵۴  | ۷۹       |
| آب آشامیدنی ناسالم                     | ۱۹۹۰ | ۳۲۲,۱۰۳   | ۵۵۶/۶    | ۳,۳۵۱           | ۵/۸     | ۸۵              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | -۷۱  | -۷۷      |
|  | ۲۰۰۵ | ۹۳,۳۹۱    | ۱۲۹/۵    | ۶۲۳             | ۰/۹     | ۴۵              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | -۶   | -۱۸      |
|  | ۲۰۱۷ | ۸۷,۶۴۳    | ۱۰۶/۷    | ۴۴۳             | ۰/۵     | ۲۰              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | -۷۳  | -۸۱      |
| دفع غیربهداشتی فاضلاب                  | ۱۹۹۰ | ۲۵۴,۱۹۹   | ۴۴۰/۵    | ۲,۶۶۳           | ۴/۶     | ۸۵              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | -۸۴  | -۸۷      |
|  | ۲۰۰۵ | ۴۱,۹۲۴    | ۵۸/۱     | ۲۹۶             | ۰/۴     | ۴۹              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | -۴۲  | -۴۹      |
|  | ۲۰۱۷ | ۲۴,۲۱۳    | ۲۹/۵     | ۱۲۹             | ۰/۲     | ۲۲              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | -۹۱  | -۹۳      |
| عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست       | ۱۹۹۰ | ۱۲۶,۴۹۵   | ۲۱۸/۶    | ۱,۴۴۱           | ۲/۵     | ۹۰              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | -۷۴  | -۷۹      |
|  | ۲۰۰۵ | ۳۲,۷۹۸    | ۴۵/۵     | ۳۸۲             | ۰/۵     | ۶۷              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | -۲۱  | -۳۱      |
|  | ۲۰۱۷ | ۲۵,۸۳۶    | ۳۱/۴     | ۳۳۸             | ۰/۴     | ۴۲              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | -۸۰  | -۸۶      |

ادامه جدول ۱- وضعیت بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران براساس شاخص‌های DALY، تعداد موارد مرگ، نرخ DALY (در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر)، نرخ مرگ (در هر ۱۰۰,۰۰۰ نفر) و سهم مرگ در DALY به تفکیک عامل خطر و روند تغییرات زمانی آن در بازه ۲۰۱۷-۱۹۹۰ (۱۲)

| عامل خطر محیطی            | سال  | شاخص DALY | نرخ DALY | تعداد موارد مرگ | نرخ مرگ | سهم مرگ در DALY | میزان تغییرات زمانی (درصد) |      |          |                 |
|---------------------------|------|-----------|----------|-----------------|---------|-----------------|----------------------------|------|----------|-----------------|
|                           |      |           |          |                 |         |                 | بازه زمانی                 | DALY | نرخ DALY | تعداد موارد مرگ |
| مواجهه با سرب             | ۱۹۹۰ | ۲۷۶,۹۶۴   | ۴۷۸/۶    | ۹,۴۳۸           | ۱۶/۳    | ۸۱              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | ۱۸   | -۶       | ۴۶              |
|                           | ۲۰۰۵ | ۳۲۵,۵۳۸   | ۴۵۱/۳    | ۱۳,۷۸۸          | ۱۹/۱    | ۸۴              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۴    | -۹       | ۲۵              |
|                           | ۲۰۱۷ | ۳۳۷,۲۰۰   | ۴۱۰/۳    | ۱۷,۲۴۱          | ۲۱/۰    | ۸۴              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | ۲۲   | -۱۴      | ۸۳              |
| عوامل خطر شغلی            | ۱۹۹۰ | ۲۷۹,۹۱۷   | ۴۸۳/۷    | ۳,۴۱۹           | ۵/۹     | ۵۴              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | ۲۹   | ۳        | ۳۷              |
|                           | ۲۰۰۵ | ۳۶۱,۰۷۶   | ۵۰۰/۶    | ۴,۶۸۳           | ۶/۵     | ۴۸              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۲۱   | ۶        | ۳۴              |
|                           | ۲۰۱۷ | ۴۳۵,۷۷۰   | ۵۳۰/۳    | ۶,۲۷۱           | ۷/۶     | ۴۶              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | ۵۶   | ۱۰       | ۸۳              |
| مجموع همه عوامل خطر محیطی | ۱۹۹۰ | ۱,۶۷۳,۶۰۰ | ۲,۸۹۲    | ۳۳,۸۶۶          | ۵۸/۵    | ۸۲              | ۱۹۹۰-۲۰۰۵                  | -۱۵  | -۳۲      | ۱۵              |
|                           | ۲۰۰۵ | ۱,۴۲۱,۲۵۵ | ۱,۹۷۰    | ۳۸,۹۹۱          | ۵۴/۱    | ۷۲              | ۲۰۰۵-۲۰۱۷                  | ۱۶   | ۲        | ۳۱              |
|                           | ۲۰۱۷ | ۱,۶۴۸,۳۲۹ | ۲,۰۰۶    | ۵۱,۱۶۳          | ۶۲/۳    | ۶۶              | ۱۹۹۰-۲۰۱۷                  | -۲   | -۳۱      | ۵۱              |



نمودار ۱- روند تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران براساس شاخص‌های DALY (الف) و نرخ DALY (ب) به تفکیک عامل خطر طی سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۰ (۱۲)



نمودار ۲- روند تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران براساس شاخص‌های مرگ (الف) و نرخ مرگ (ب) به تفکیک عامل خطر طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۷ (۱۲)

از بیماری‌های غیرواگیر محسوب می‌شود و با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های حاد و مزمن و مرگ در ارتباط است (۱۴، ۱۵). براساس آخرین داده‌های کیفیت هوا که توسط سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۸ منتشر شده است، در حدود ۹۷ درصد از شهرهای با جمعیت بیش از ۱۰۰ هزار نفر در کشورهای با درآمد کم و متوسط، مقادیر غلظت آلاینده‌های هوای آزاد از حدود رهنمودی سازمان جهانی بهداشت بالاتر است. همچنین این رقم در کشورهای با درآمد بالا حدود ۴۹ درصد است (۱۸-۱۶). علاوه بر هوای آزاد، آلاینده‌های هوای داخل هم به‌عنوان یک عامل خطر جدی برای سلامت حدود ۳ میلیارد نفر در دنیا

سایر مطالعات مرتبط با بار بیماری‌های محیطی در ایران به تفکیک عامل خطر

#### بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا

آلودگی هوا یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر سلامت است و مهمترین عامل خطر محیطی برای سلامت محسوب می‌شود (۱). گرچه آلودگی هوا همه مناطق دنیا را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما افراد ساکن کشورهای با درآمد پایین بیشتر متاثر خواهند شد (۱۳). مطالعات نشان داده‌اند آلودگی هوا سهم قابل توجهی در بار بیماری‌های غیرواگیر دارد. آلودگی هوا پس از استعمال دخانیات دومین عامل اصلی مرگ‌های ناشی



(Global Exposure Mortality Model) توسعه دادند و تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در تمام دنیا را برآورد کردند که براساس آن، تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در دنیا معادل ۸/۹ میلیون مورد و برای ایران این میزان حدود ۷۵ هزار مورد برآورد شده است. در ادامه نتایج میزان موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در ایران به تفکیک گروه‌های سنی و علل مرگ ارائه شده است. لازم به ذکر است براساس مطالعات انجام شده از بین علل مرگ‌های منتسب به آلودگی هوا پنج علت تاکنون شناخته شده‌اند که عبارتند از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD)، سکنه‌های مغزی (Stroke)، بیماری مزمن انسدادی ریه (COPD)، سرطان ریه (LC) و عفونت دستگاه تنفسی تحتانی (LRI) (۱۶).

#### اثرات $PM_{2.5}$ هوای آزاد بر سلامت در ایران

نتایج حاصل از برآورد اثرات بهداشتی آلودگی هوا بر سلامت در ایران در جدول ۲ و نمودار ۳ ارائه شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر این است که براساس آخرین برآورد انجام شده در سال ۲۰۱۸ تعداد موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد در ایران حدود ۷۵ هزار مورد (۸۶-۶۲ هزار مورد) بوده است که از این بین حدود ۶۰ هزار مورد مرگ ناشی از پنج علت فوق‌الذکر بوده است که معادل ۸۰ درصد کل موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز است (۱۶). به‌عبارت دیگر در صورت دستیابی به هوای با کیفیت مطلوب می‌توان از بروز تعداد زیادی از موارد مرگ در کشور جلوگیری نمود. نتایج مرتبط با کشور ایران بیانگر این است که مرگ ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی (IHD) و سرطان ریه (LC) به‌ترتیب با ۵۲ و ۳ درصد از کل موارد مرگ منتسب به آلودگی هوا دارای بیشترین و کمترین سهم بوده‌اند که این روند مشابه الگوی جهانی است. به‌عبارت دیگر بیشترین موارد مرگ منتسب به مواجهه با  $PM_{2.5}$  در دنیا و ایران ناشی از بیماری ایسکمیک قلبی بوده است. نتایج به‌دست آمده حاکی از این است که با افزایش سن سهم موارد مرگ منتسب به ذرات معلق ریز هوای آزاد افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر تنها ۱۳ درصد از کل موارد مرگ منتسب به

محسوب می‌شوند که برای پخت و پز و گرمایش منازل خود از سوخت‌های جامد استفاده می‌کنند (۱۰).

آلاینده‌های متعددی در هوا وجود دارند که مهمترین آنها ذرات معلق هوا (Particulate Matter (PM)) هستند. در حقیقت ذرات معلق یکی از مهمترین شاخص‌های آلودگی هوا محسوب می‌شوند (۱۹). گرچه ذرات معلق هوا با قطر ائرودینامیکی  $10 \mu m$  و کمتر ( $PM_{10}$ ) می‌توانند به داخل قسمت‌های تحتانی ریه‌ها نفوذ کنند، اما ذرات با قطر ائرودینامیکی  $2.5 \mu m$  و کمتر ( $PM_{2.5}$ ) اثرات بهداشتی بسیار بیشتری نسبت به  $PM_{10}$  دارند و می‌توانند از موانع ریه عبور کرده و وارد جریان خون شوند. مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه با ذرات معلق هوا می‌تواند ریسک ابتلا به بیماری‌های قلبی - عروقی و تنفسی و همچنین سرطان ریه را افزایش دهد. شواهد متعددی نشان داده‌اند که بین افزایش غلظت ذرات معلق هوا و افزایش مرگ و میر رابطه نزدیکی وجود دارد و در شرایطی که غلظت ذرات معلق هوا کاهش یابد، تعداد موارد مرگ و میر مرتبط با آن هم کاهش خواهد یافت و این امر بیانگر این است که سلامت افراد جامعه در صورت کاهش آلودگی هوا، بهبود می‌یابد (۱۸). به هر حال در اغلب مطالعات مرتبط با بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوا، علاوه بر  $PM_{2.5}$ ، میزان مواجهه با ازن تروپوسفری و میزان اثرات آن بر سلامت نیز برآورد شده است.

#### اثرات ذرات معلق هوا ( $PM_{2.5}$ ) بر سلامت

در این بخش، اطلاعاتی در زمینه میزان اثرات بهداشتی منتسب به مواجهه با  $PM_{2.5}$  هوا در ایران و سایر کشورهای دنیا از منظر مستندات معتبر بین‌المللی ارائه می‌شود. در حال حاضر به‌روزترین مطالعه معتبر بین‌المللی در این زمینه در سال ۲۰۱۸ توسط Burnett و همکاران منتشر شده است (۱۶) که نتایج آن در این قسمت ارائه شده است. لازم به ذکر است که محققین در سال ۲۰۱۸ و با کمک نتایج مطالعات کوهسورت جدید منتشر شده در این زمینه به‌روزترین مدل برآورد کمی‌سازی اثرات آلودگی هوا را تحت عنوان GEMM

واقعیت است که به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه نتایج مطالعات جهانی با نتایج مطالعات ملی می‌تواند بسیار متفاوت باشد.

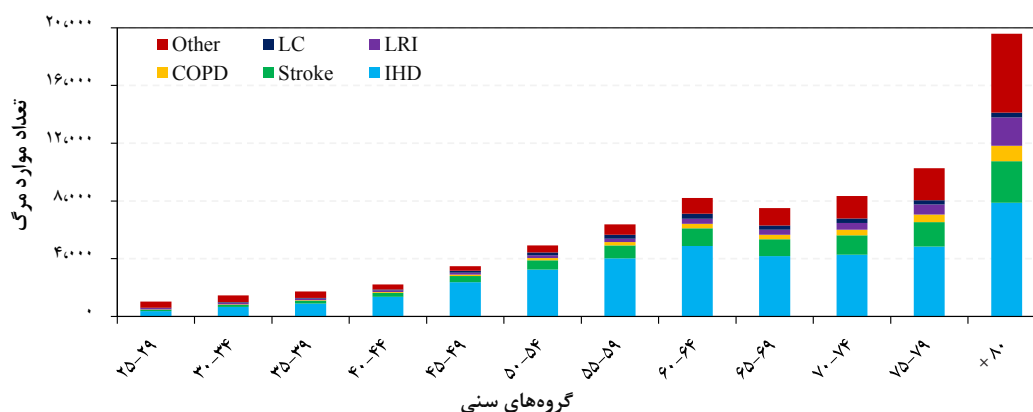
ازن تروپوسفری هوا ( $O_3$ ) و اثرات آن بر سلامت در ایران گاز ازن ( $O_3$ ) یکی از مهمترین آلاینده‌های معیار هوا است که از سه اتم اکسیژن تشکیل شده است. ازن هم در اتمسفر فوقانی و هم در سطح زمین حضور دارد. ازن می‌تواند "خوب" یا "بد" باشد و این بستگی به محل قرارگیری آن در اتمسفر دارد. ازن "خوب" یا ازن استراتوسفری در اتمسفر فوقانی وجود دارد و در واقع یک لایه محافظتی در برابر پرتوهای ماوراءبنفش مضر خورشید محسوب می‌گردد (۲۰). ازن سطح زمین (تروپوسفری) که تحت عنوان ازن "بد" شناخته می‌شود یک آلاینده مضر برای سلامتی است، چراکه سبب آسیب به سلامت انسان و محیط زیست می‌شود. ازن سطح زمین یکی از اجزای اصلی اسماگ فتوشیمیایی بوده و از واکنش نور خورشید با پیش‌سازهای آن (اکسیدهای نیتروژن ( $NO_x$ ))، ترکیبات آلی فرار (VOCs) و (CO) تشکیل می‌شود، بنابراین بیشترین مقادیر ازن در شرایط آفتابی تشکیل می‌شود (۲۳-۲۰).

آلودگی هوا در ایران مربوط به افراد بین ۲۵ تا ۵۰ سال است. در حالی که سهم افراد ۷۰ سال و بالاتر حدود ۵۱ درصد بوده است؛ همچنین سهم موارد مرگ منتسب به آلودگی در ایران در افراد ۲۵ تا ۶۰ سال معادل ۲۸ درصد و این میزان در افراد ۸۰ سال و بالاتر ۲۶ درصد است.

لازم به ذکر است که در این مطالعه میانگین غلظت مواجهه با  $PM_{2.5}$  وزن دهی شده با جمعیت در کشور ایران که براساس داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاه‌های سنجش محاسبه شده است، معادل  $48 \mu g/m^3$  برآورد شده است که به نظر می‌رسد این میزان از مقدار واقعی تا حدودی بیشتر باشد؛ چراکه براساس مطالعات انجام شده میانگین غلظت مواجهه با  $PM_{2.5}$  وزن دهی شده با جمعیت در مناطق شهری ایران حدود  $35-30 \mu g/m^3$  است و در صورتی که مناطق روستایی را هم مدنظر قرار دهیم، میانگین غلظت به کمتر از  $30 \mu g/m^3$  خواهد رسید. بنابراین به نظر می‌رسد نتایج این مطالعه که بیانگر حدود ۷۵ هزار مورد مرگ منتسب به آلودگی هوا است بیش از مقدار واقعی برآورد شده باشد، چراکه میانگین غلظت مواجهه با ذرات را نسبتاً بالاتر از شرایط واقعی در نظر گرفته است و این امر گویای این

جدول ۲- تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در ایران به تفکیک علل مرگ براساس مطالعه Burnett و همکاران (۱۶)

| مجموع همه علل | تعداد موارد مرگ منتسب به $PM_{2.5}$ به تفکیک علل مرگ |       |       |       |        |        | گروه‌های سنی       |
|---------------|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------|
|               | سایر علل   | LC    | LRI   | COPD  | Stroke | IHD    |                    |
| ۷۵,۱۰۶        | ۱۴,۷۶۱   | ۲,۳۳۶ | ۴,۷۹۹ | ۳,۲۸۷ | ۱۰,۹۷۲ | ۳۸,۹۵۱ | مجموع گروه‌های سنی |



نمودار ۳- تعداد موارد مرگ منتسب به  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در ایران به تفکیک علل مرگ و گروه‌های سنی براساس مطالعه Burnett و همکاران (۱۶)

بار بیماری‌های آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد استفاده می‌شود و مواجهه فردی با  $PM_{2.5}$  در استفاده از سوخت جامد برای زنان، مردان و کودکان به ترتیب  $337 \mu g/m^3$ ،  $204 \mu g/m^3$  و  $285 \mu g/m^3$  در نظر گرفته می‌شود (۳۰-۲۴).

بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد در کشور در یک مطالعه ملی ارزیابی شده است. در این مطالعه Abtahi و همکاران بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد را به تفکیک سن و جنس در سطوح ملی و فرمولی در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۰ برآورد نمودند (۱۰). پایگاه داده‌های مورد استفاده در این مطالعه عبارت بودند از: (۱) نسبتی از جمعیت که از سوخت جامد جهت پخت و پز استفاده می‌کنند، (۲) روابط دوز- پاسخ پیامدهای مرتبط، و (۳) بار بیماری‌های پیامدهای مرتبط. روند تغییرات بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد براساس شاخص‌های DALY، نرخ DALY، مرگ و نرخ مرگ به تفکیک پیامد در کشور در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۰ در نمودار ۴ نشان داده شده است. بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد در طول دوره مطالعه به میزان قابل توجهی کاهش یافته است، به طوری که شاخص‌های DALY، تعداد موارد مرگ، نرخ DALY و نرخ مرگ در سال ۱۹۹۰ به ترتیب ۸۷۴۳۳، ۲۲۲۲، ۱۶۵/۹ و ۴/۲ بوده و در سال ۲۰۱۳ به ۱۸۸۹، ۸۳، ۲/۴ و ۰/۱ رسیده است که به ترتیب کاهش ۹۷/۸، ۹۸/۵، ۹۶/۳ و ۹۷/۵ درصدی را نشان می‌دهد. این کاهش قابل توجه نتیجه اجرای موفق طرح‌های گازرسانی در کشور بوده، بنحوی که پوشش شبکه لوله‌کشی گاز طبیعی جهت مصارف

براساس آخرین نتایج حاصل از مطالعه جهانی بار بیماری‌ها (GBD) که در سال ۲۰۱۷ انجام گرفت، بار بیماری‌های منتسب به ازن تروپوسفری در کل دنیا برآورد گردید که نتایج مرتبط با ایران در جدول ۳ ارائه شده است. در این مطالعه به منظور برآورد میزان مواجهه افراد با ازن هوا از داده‌های ایستگاه‌های پایش زمینی و همچنین داده‌های ماهواره‌ای استفاده شده است و میزان اثرات منتسب به ازن با استفاده از یک رابطه خطی مواجهه - پاسخ برآورد گردیده است.

### آلودگی هوای داخل (Indoor air) و اثرات آن بر سلامت در ایران

#### بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد در ایران

در سطح دنیا مهمترین عامل آلودگی هوای داخل ساختمان استفاده از سوخت جامد است. در حال حاضر بیشتر از سه میلیارد نفر از مردم در مناطق روستایی و شهرهای فقیر دنیا از سوخت جامد نظیر چوب، فضولات دامی، مواد زائد کشاورزی، زغال چوب و زغال سنگ جهت پخت و پز، گرمایش، تهیه آب گرم و روشنایی استفاده می‌کنند. احتراق ناقص سوخت جامد در اجاق‌های غیراستاندارد به همراه تهویه ناکافی موجب انتشار مقدار زیادی آلاینده‌های مختلف از جمله ذرات معلق،  $NO_x$ ،  $SO_x$  و CO می‌شود که کیفیت هوای داخل ساختمان و هوای آزاد را کاهش داده و از این طریق سلامت مردم را به شدت تهدید می‌کند. مطالعات اپیدمیولوژیک بر روی اثرات بهداشتی استفاده از سوخت جامد از دهه ۱۹۸۰ آغاز شد و تاکنون ادامه دارد. با توجه به گستردگی مواجهه مردم، این عامل خطر از اولین ارزیابی خطر مقایسه‌ای در مطالعات GBD وارد شد. در مطالعات بار بیماری‌ها از روش بر پایه سناریو برای برآورد

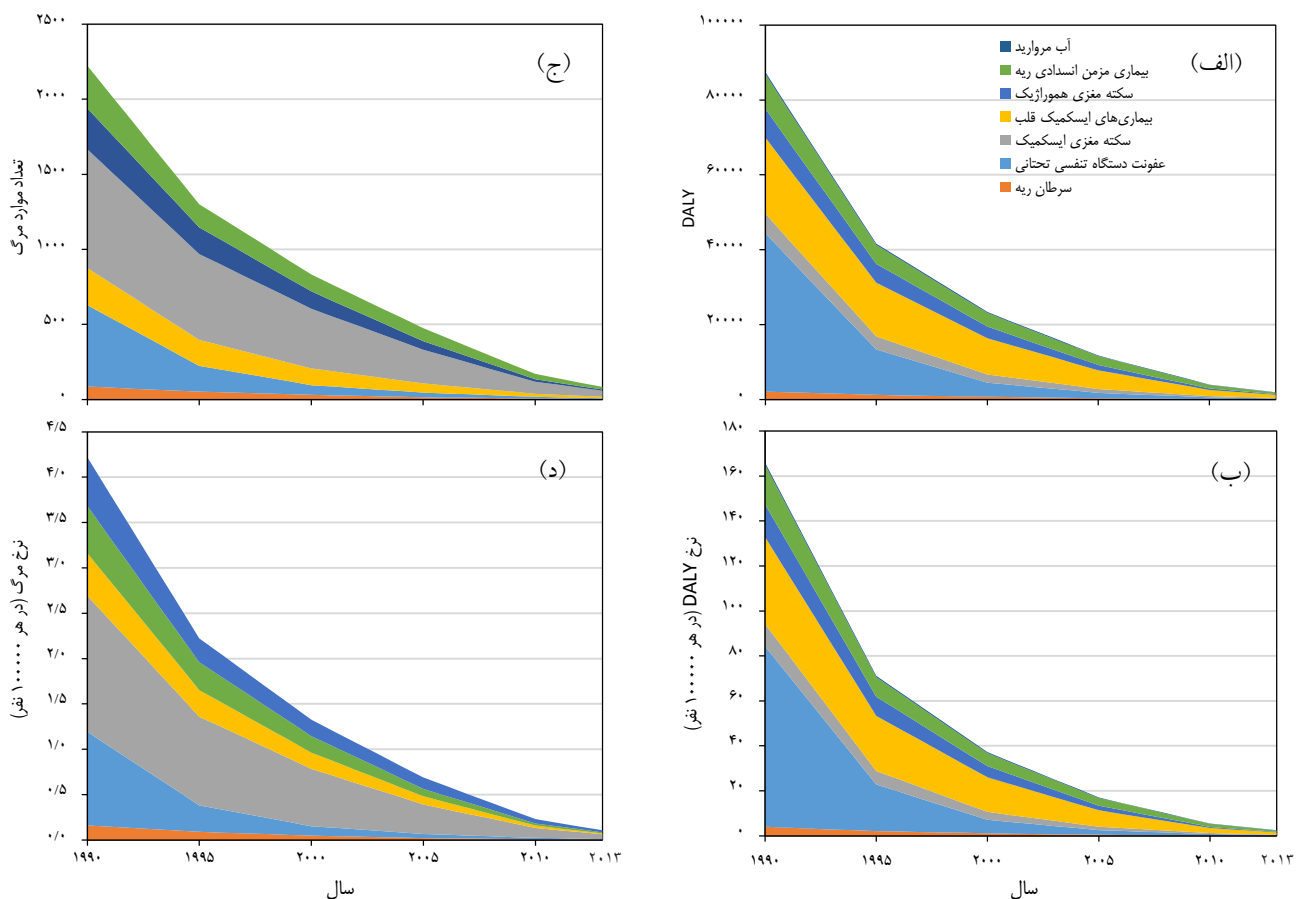
جدول ۳- میزان اثرات سلامتی منتسب به ازن تروپوسفری براساس شاخص‌های DALY، تعداد موارد مرگ،

نرخ DALY و نرخ مرگ در ایران در سال ۲۰۱۷ (۱۲)

| سال بررسی | تعداد موارد مرگ منتسب | نرخ مرگ منتسب | شاخص DALY منتسب | نرخ DALY منتسب |
|-----------|-----------------------|---------------|-----------------|----------------|
| ۲۰۱۷      | ۱,۷۶۷                 | ۲/۲           | ۲۹,۵۲۲          | ۳۵/۹           |

نمودار ۵ وضعیت بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد براساس شاخص‌های DALY و نرخ DALY به تفکیک استان و پیامد در سال ۲۰۱۳ را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۱۳، حدود ۹۰ درصد از DALY منتسب مربوط به هشت استان خوزستان (۲۲/۸ درصد)، کرمان (۱۱/۰ درصد)، لرستان (۹/۷ درصد)، کهگیلویه و بویر احمد (۸/۴ درصد)، سیستان و بلوچستان (۸/۲ درصد)، هرمزگان (۷/۹ درصد)، فارس (۷/۸ درصد)، چهار محال و بختیاری (۶/۸ درصد) و گیلان (۴/۹ درصد) بوده و پنج استان اول با بیشترین نرخ DALY به ترتیب کهگیلویه و بویر احمد (۲۱/۸)، چهار محال و بختیاری (۱۳/۱)، لرستان (۹/۶)، خوزستان (۸/۶) و هرمزگان (۸/۴) بودند. نتایج به دست

خانگی طی دوره مطالعه از ۱۳/۲ درصد به ۸۰/۴ درصد افزایش و در نقطه مقابل مصرف سوخت جامد از ۵/۳ درصد به ۰/۲ درصد تنزل یافته است. براساس نتایج به دست آمده، سهم مرگ در DALY از مقدار ۹۵/۷ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۸۶/۶ درصد در سال ۲۰۱۳ کاهش یافته است. سهم پیامدها در بار بیماری‌های منتسب در طول دوره مطالعه متغیر بوده و در سال ۲۰۱۳ به ترتیب زیر بود: بیماری‌های ایسکمیک قلب به میزان ۴۳/۴ درصد، بیماری مزمن انسدادی ریه به میزان ۲۴/۷ درصد، سکته مغزی هموراژیک به میزان ۹/۷ درصد، عفونت دستگاه تنفسی تحتانی به میزان ۹/۳ درصد، سکته مغزی ایسکمیک به میزان ۷/۸ درصد، سرطان ریه به میزان ۳/۴ درصد و آب مروارید به میزان ۱/۸ درصد (۱۰).

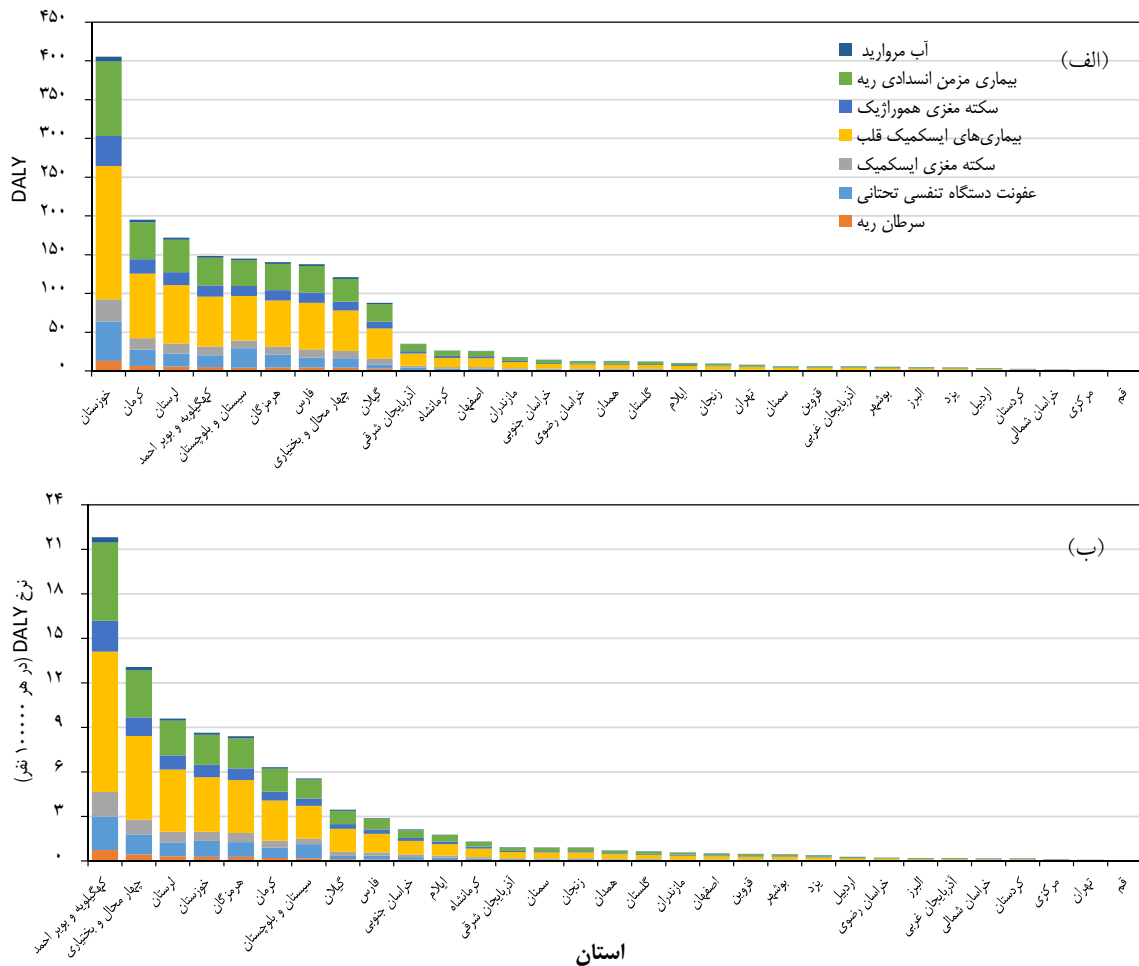


نمودار ۴- روند تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد براساس شاخص‌های DALY (الف)، نرخ DALY (ب)، تعداد موارد مرگ (ج) و نرخ مرگ (د) به تفکیک پیامد در کشور طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۳ (۱۰)

### گاز رادن هوای داخل (Indoor radon) و اثرات آن بر سلامت در ایران

رادن یک گاز رادیواکتیو طبیعی، بدون رنگ، بو و مزه است و از طریق تجزیه رادیواکتیو رادیوم تولید می‌شود و رادیوم نیز از تجزیه اورانیوم بوجود می‌آید. اورانیوم در همه خاک‌ها و صخره‌ها به مقدار کمی وجود دارد و این میزان از محلی به محلی دیگر متفاوت است. رادن به ذرات رادیواکتیوی تجزیه می‌شود که می‌توانند از طریق تنفس وارد بدن شوند. استنشاق محصولات حاصل از تجزیه رادن با افزایش ریسک سرطان‌های دستگاه تنفسی بخصوص سرطان ریه در ارتباط است (۲-۴،

آمده نشان می‌دهد که علیرغم کاهش قابل توجه در بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد، نابرابری مکانی در بار بیماری‌های مذکور بیشتر شده، بنحوی که ضریب جینی وزن دهی شده با جمعیت براساس نرخ DALY در سطح استان‌ها از ۰/۵ در سال ۱۹۹۰ به ۰/۷ در سال ۲۰۱۳ افزایش یافته است، لذا اجرای یک برنامه تامین سوخت پاک به‌ویژه در پنج استان اول با بیشترین نرخ DALY علاوه بر کاهش بیشتر بار بیماری‌های مذکور می‌تواند روند افزایشی نابرابری سلامتی در این خصوص را جبران کند (۱۰).



نمودار ۵- بار بیماری‌های منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان ناشی از مصرف سوخت جامد براساس شاخص‌های DALY (الف) و نرخ DALY (ب) به تفکیک استان و پیامد در سال ۲۰۱۳ (۱۰)

۱۰۸۰ نفر است که این میزان تقریباً ۲۰ تا ۲۴ درصد از کل موارد مرگ ناشی از سرطان ریه و حدود ۲ درصد از موارد مرگ ناشی از کل سرطان‌ها در کشور است.

#### بار بیماری‌های منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در ایران

نور خورشید حاوی پرتوهای فرابنفش است که اثرات مخربی بر سلامتی انسان دارد. با تخریب لایه ازن، نفوذ پرتوهای فرابنفش مضر از اتمسفر فوقانی به اتمسفر تحتانی افزایش یافته و این امر می‌تواند سبب تشدید اثرات بهداشتی مربوطه شود. از طرف دیگر نور خورشید به واسطه نقش مهمی که در فرایند تولید ویتامین D در بدن دارد می‌تواند در کاهش بیماری‌های مرتبط با کمبود این ویتامین نظیر نرمی و پوکی استخوان نقش چشمگیری داشته باشد (۳۳-۳۴). بار بیماری‌های منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در یک مطالعه بین‌المللی برآورد شده است. در این مطالعه Lucas و همکاران (۳۴) بار بیماری‌های منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی را در سطح دنیا در سال ۲۰۰۰ با استفاده از روش CRA ارزیابی نمودند. برای برآورد بار بیماری‌های منتسب، ۹ پیامد بهداشتی برای پرتوهای فرابنفش خورشیدی در نظر گرفته شد که عبارت بودند از کراتوز خورشیدی، ملانوم بدخیم پوستی، سرطان قریبه و ملتحمه، سرطان سلول سنگفرشی، سرطان سلول پایه‌ای، پتریژیوم (ناخنک چشم)، کاتاراکت کورتیکال (آب مروارید قشری)، فعالسازی تیخال و آفتاب‌سوختگی. در این مطالعه کل DALY و تعداد موارد مرگ منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در سطح دنیا در سال ۲۰۰۰ به ترتیب

(۳۱). استنشاق گاز رادن در هوای داخل منازل مسکونی در ایالات متحده آمریکا و انگلستان هر ساله به ترتیب سبب حدود ۲۱۰۰۰ و ۱۱۰۰ مورد مرگ ناشی از سرطان ریه می‌شود. نکته قابل تامل این است که تعداد مرگ‌های سرطان ریه تنها برای سیگار از این مقادیر بالاتر بوده است یا به عبارت دیگر دومین عامل مرگ‌های ناشی از سرطان ریه پس از سیگار، استنشاق رادن است.

در حال حاضر، یکی از به‌روزترین و جامع‌ترین مطالعات صورت گرفته به منظور برآورد بار بیماری‌های منتسب به گاز رادن هوای داخل، مطالعه انجام شده توسط Gaskin و همکاران است که در سال ۲۰۱۸ میزان موارد مرگ ناشی از سرطان ریه منتسب به رادن در ۶۶ کشور دنیا از جمله ایران را برآورد کرده است. در حقیقت در این مطالعه از نتایج سنجش‌های صورت گرفته در کشورهای مختلف جهت برآورد میزان مواجهه استفاده شده است و اثرات ناشی از مواجهه با رادن از طریق سه مدل مواجهه - سن - غلظت (exposure-age-concentration (EAC)) که تحت عنوان مدل BEIR VI هم شناخته می‌شود، مدل Hunter و مدل Kreuzer برآورد شده است. نتایج این مطالعه بیانگر این است که تعداد کل موارد مرگ ناشی از سرطان ریه منتسب به گاز رادن در ۶۶ کشور مورد بررسی حدود ۲۲۶,۰۵۷ مورد برآورد شده است که این میزان معادل حدود ۳ درصد از موارد مرگ ناشی از کل سرطان‌ها و حدود ۱۵ درصد از موارد مرگ ناشی از سرطان ریه است (۳۱). در جدول ۴ نتایج مربوط به غلظت رادن و اثرات منتسب به آن ارائه شده است. همان‌طور که نتایج ارائه شده نشان می‌دهد، تعداد موارد مرگ منتسب به مواجهه با گاز رادن در ایران معادل

جدول ۴- وضعیت میزان غلظت رادن هوای داخل و اثرات آن بر سلامت در ایران (۳۱)

| کشور              | میانگین و انحراف معیار هندسی غلظت رادن ( $Bq/m^3$ ) | تعداد موارد مرگ ناشی از سرطان ریه منتسب به رادن، براساس مدل BEIR VI | جزء منتسب مرگ‌های سرطان ریه (درصد) |                   |                    |
|-------------------|---|---|------------------------------------|-------------------|--------------------|
|                   |   |   | براساس مدل Kreuzer                 | براساس مدل Hunter | براساس مدل BEIR VI |
| ایران             | ۶۱ (۲/۲)  | ۱۰۸۰  | ۱۹/۹                               | ۲۰/۸              | ۲۴/۸               |
| میان ۶۶ کشور دنیا | ۳۸ (۲/۲)  | ۶۳۰   | ۱۳/۶                               | ۱۴/۴              | ۱۶/۵۸              |



رخ می‌دهد. لذا با توجه به سهم نسبتاً بالای WASH در کل بار بیماری‌ها، ارزیابی بار بیماری‌های WASH و استفاده از آن در سیاستگذاری‌های بخش بهداشت و درمان اولویت بالایی دارد (۲، ۱۲، ۳۵-۳۷).

بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست در کشور در یک مطالعه ملی ارزیابی شده است. در این مطالعه Saeedi و همکاران (۳۸) بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست را در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۰-۱۹۹۰ ارزیابی نمودند. داده‌های پایه مورد نیاز در این ارزیابی عبارت بودند از: (۱) توزیع جمعیتی آب آشامیدنی سالم و ناسالم، (۲) توزیع جمعیتی دفع بهداشتی و غیربهداشتی فاضلاب (۳) بار بیماری‌های اسهالی در کشور. در بازه زمانی مورد مطالعه، پوشش دفع بهداشتی فضولات در سطح کشور، هم در جوامع شهری و هم روستایی بطور مداوم افزایش یافته است و در کل کشور، جوامع شهری و روستایی به ترتیب از ۹۳/۱، ۹۵/۹ و ۸۸/۹ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۹۸/۸، ۹۹/۵ و ۹۶/۸ درصد در سال ۲۰۱۰ رسیده است. مطالعه بر روی دسترسی به آب آشامیدنی سالم نشان داد که در این پارامتر از ۸۹/۶۱ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۹۶/۳۸ درصد در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است، اما در سال‌های میانی از ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ دسترسی به آب آشامیدنی سالم در سطح کل کشور تقریباً بدون تغییر بوده است و افزایش مذکور عمدتاً در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ و ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۰ رخ داده است. توزیع جمعیت در سناریوهای مواجهه نشان داد که در بازه زمانی مورد مطالعه، سهم قابل انتساب WASH در ایجاد بیماری‌های اسهالی در سطح کشور، هم در جوامع شهری و هم روستایی بطور مداوم کاهش یافته و در کل کشور، جوامع شهری و روستایی به ترتیب از ۸۶/۰۵، ۸۵/۷۴ و ۸۶/۴۴ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۷۹/۴۷ و ۸۵/۷۰ درصد در سال ۲۰۱۰ رسیده است (۳۸).

وضعیت بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی

۱,۵۰۰,۰۰۰ و ۶۰,۰۰۰ تعیین گردید. ارقام مذکور برای کشور ایران به ترتیب حدود ۲۹,۰۰۰ و ۴۰۰ به دست آمد. شاخص نرخ DALY و نرخ مرگ منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در کشور در سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۴۶/۲ و ۰/۷ برآورد شد. براساس نتایج به دست آمده و میزان و شدت اثرات بهداشتی پرتوهای فرابنفش خورشیدی، استفاده از روش‌های پیشگیرانه حفاظت فردی مورد تاکید قرار گرفت، اما با توجه به دریافت پایین ویتامین D از طریق مواد غذایی توصیه گردید روش‌های حفاظت فردی مانع از مواجهه کنترل شده با نور خورشید نشود.

### بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست در ایران

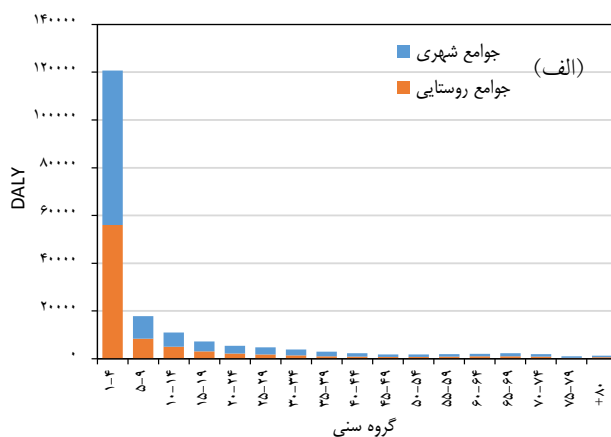
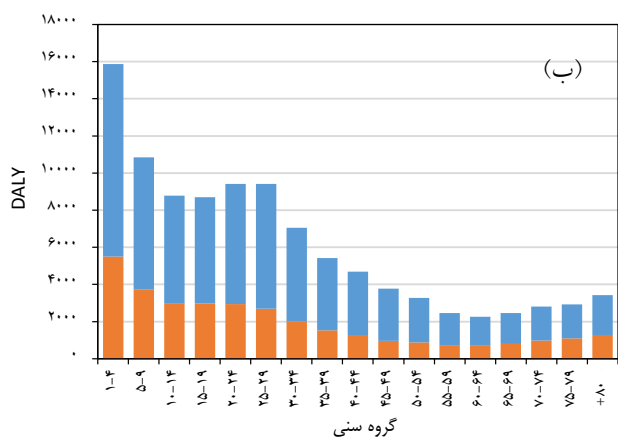
دسترسی به آب آشامیدنی سالم و تاسیسات دفع بهداشتی فضولات از جمله الزامات برای کنترل بیماری‌های واگیر و غیرواگیر و ارتقاء سطح بهداشت در جوامع است. تامین آب آشامیدنی سالم ارتباط مستقیمی با بکارگیری تاسیسات دفع بهداشتی فضولات دارد، بطوری که دفع غیربهداشتی فضولات با آلودگی منابع آب، تامین آب آشامیدنی سالم را مختل می‌کند. از طرف دیگر دستیابی به تاسیسات دفع بهداشتی فضولات و تسهیلات شستشوی دست مستلزم دسترسی به سیستم تامین آب پایدار و دائمی است. بدلیل وجود اینگونه ارتباطات چندگانه، در بسیاری از موارد آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست (WASH) بصورت یک مجموعه واحد از عوامل خطر مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند. در سطح دنیا عوامل خطر WASH از طریق انتقال بیماری‌های مسری بویژه بیماری‌های اسهالی خطر بهداشتی مهمی محسوب می‌شوند، به طوری که در سال ۲۰۱۷ مرگ و DALY منتسب به WASH در سطح دنیا به ترتیب ۱,۶۱۳,۶۹۲ و ۸۴,۴۰۷,۹۲۲ برآورد شد که ۲/۹ و ۳/۴ درصد کل مرگ و کل بار بیماری‌ها بود. براساس نتایج ۲۰۱۷ GBD بخش عمده‌ای از مرگ و میر منتسب به WASH در کشورهای در حال توسعه و در کودکان زیر ۵ سال

WASH در ایجاد بیماری‌های اسهالی کم بود و این سهم در سال ۲۰۱۰ مقدار قابل توجه ۸۲ درصد برآورد شد، لذا براساس نتایج به دست آمده بهبود وضعیت بهداشت آب و فاضلاب از طریق افزایش پوشش و ارتقاء سامانه‌های تصفیه و توزیع آب آشامیدنی و سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب گام بلندی در جهت کاهش بیشتر بار بیماری‌های اسهالی در کشور است. بار بیماری‌های منتسب به WASH در گروه‌های سنی در طول دوره مطالعه تغییرات زیادی داشت، بطوری که در سال ۱۹۹۰، DALY و نرخ DALY در گروه سنی ۰-۴ سال بسیار بیشتر از سایر گروه‌های سنی بود، اما در سال ۲۰۱۰ اختلاف DALY این گروه سنی با سایر گروه‌ها کمتر شد و بیشترین نرخ DALY منتسب در گروه‌های سنی بیشتر از ۸۰ سال و ۷۵-۸۰ سال (سالندان) مشاهده گردید (۳۸).

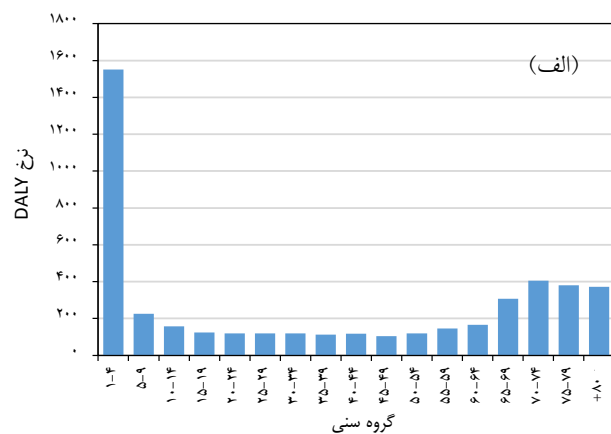
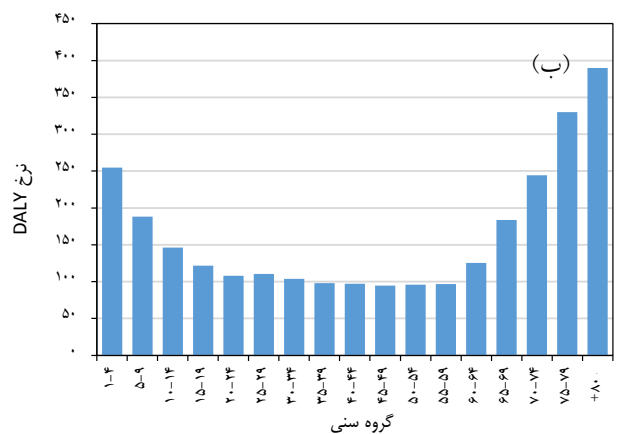
دست در ایران براساس شاخص‌های DALY، مرگ، نرخ DALY، نرخ مرگ و سهم مرگ در DALY و روند تغییرات زمانی آن در بازه ۲۰۱۰-۱۹۹۰ در جدول ۵ و نمودارهای ۶ و ۷ نشان داده شده است. طی سال‌های مطالعه، DALY و نرخ DALY منتسب به WASH به ترتیب به میزان ۶۹ و ۷۸ درصد کاهش یافت و از مقادیر ۴۲۴,۸۹۹ و ۸۰۶/۴ در سال ۱۹۹۰ به ۱۳۳,۵۵۷ و ۱۸۰/۷ در سال ۲۰۱۰ رسید. در این دوره زمانی، مرگ و نرخ مرگ منتسب به WASH در مقایسه به DALY و نرخ DALY کاهش بیشتری را نشان دادند و سهم مرگ در DALY از ۸۴ درصد به ۳۵ درصد تنزل یافت. روند زمانی مشاهده شده در بار بیماری‌های منتسب به WASH عمدتاً مربوط به کاهش بار بیماری‌های اسهالی بود، زیرا اگرچه وضعیت بهداشت آب و فاضلاب در طول دوره مطالعه بهبود یافت، اما کاهش سهم قابل انتساب

جدول ۵- روند تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست ناشی از بیماری‌های اسهالی در ایران براساس شاخص‌های DALY، مرگ، نرخ DALY، نرخ مرگ و سهم مرگ در DALY طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۹۰ (۳۸)

| گروه هدف      | سال  | شاخص DALY | نرخ DALY | تعداد مرگ | نرخ مرگ | سهم مرگ در DALY | میزان تغییرات زمانی (درصد) |          |     |     |
|---------------|------|-----------|----------|-----------|---------|-----------------|----------------------------|----------|-----|-----|
|               |      |           |          |           |         |                 | DALY                       | نرخ DALY | مرگ |     |
| کل کشور       | ۱۹۹۰ | ۴۲۴,۸۹۹   | ۸۰۶/۴    | ۴۳۸۵      | ۸/۳     | ۸۴              | ۱۹۹۰-۲۰۰۰                  | -۶۴      | -۷۰ | -۷۹ |
|               | ۲۰۰۰ | ۱۵۱,۲۲۳   | ۲۴۰/۸    | ۱۰۸۴      | ۱/۷     | ۵۳              | ۲۰۰۰-۲۰۱۰                  | -۱۲      | -۲۵ | -۳۷ |
|               | ۲۰۱۰ | ۱۳۳,۵۵۷   | ۱۸۰/۷    | ۸۰۱       | ۱/۱     | ۳۵              | ۱۹۹۰-۲۰۱۰                  | -۶۹      | -۷۸ | -۸۷ |
| کل زنان       | ۱۹۹۰ | ۲۱۵,۶۶۹   | ۸۳۵/۰    | ۲۱۹۰      | ۸/۵     | ۸۳              | ۱۹۹۰-۲۰۰۰                  | -۶۲      | -۶۹ | -۷۹ |
|               | ۲۰۰۰ | ۸۱,۱۰۴    | ۲۶۲/۶    | ۵۵۸       | ۱/۸     | ۵۱              | ۲۰۰۰-۲۰۱۰                  | -۱۱      | -۲۵ | -۴۳ |
|               | ۲۰۱۰ | ۷۱,۷۹۳    | ۱۹۶/۳    | ۳۷۵       | ۱/۰     | ۳۰              | ۱۹۹۰-۲۰۱۰                  | -۶۷      | -۷۶ | -۸۸ |
| کل مردان      | ۱۹۹۰ | ۲۰۹,۲۳۰   | ۷۷۸/۸    | ۲۱۹۵      | ۸/۲     | ۸۴              | ۱۹۹۰-۲۰۰۰                  | -۶۶      | -۷۲ | -۸۰ |
|               | ۲۰۰۰ | ۷۰,۱۲۰    | ۲۱۹/۷    | ۵۲۶       | ۱/۶     | ۵۵              | ۲۰۰۰-۲۰۱۰                  | -۱۲      | -۲۵ | -۳۱ |
|               | ۲۰۱۰ | ۶۱,۷۶۴    | ۱۶۵/۴    | ۴۲۷       | ۱/۱     | ۴۰              | ۱۹۹۰-۲۰۱۰                  | -۷۰      | -۷۹ | -۸۶ |
| جوامع شهری    | ۱۹۹۰ | ۲۴۲,۱۹۸   | ۸۰۳/۵    | ۲۴۹۹      | ۸/۳     | ۸۴              | ۱۹۹۰-۲۰۰۰                  | -۶۰      | -۷۰ | -۷۹ |
|               | ۲۰۰۰ | ۹۶,۸۷۳    | ۲۳۹/۹    | ۶۹۴       | ۱/۷     | ۵۳              | ۲۰۰۰-۲۰۱۰                  | -۵       | -۲۷ | -۳۹ |
|               | ۲۰۱۰ | ۹۱,۹۰۱    | ۱۷۵/۶    | ۵۵۱       | ۱/۱     | ۳۵              | ۱۹۹۰-۲۰۱۰                  | -۶۲      | -۷۸ | -۸۷ |
| جوامع روستایی | ۱۹۹۰ | ۱۸۲,۶۵۰   | ۸۱۰/۰    | ۱۸۸۵      | ۸/۴     | ۸۴              | ۱۹۹۰-۲۰۰۰                  | -۷۰      | -۷۰ | -۷۹ |
|               | ۲۰۰۰ | ۵۴,۳۳۹    | ۲۴۲/۳    | ۳۹۰       | ۱/۷     | ۵۳              | ۲۰۰۰-۲۰۱۰                  | -۲۵      | -۲۲ | -۳۵ |
|               | ۲۰۱۰ | ۴۰,۸۳۷    | ۱۸۹/۳    | ۲۴۵       | ۱/۱     | ۳۵              | ۱۹۹۰-۲۰۱۰                  | -۷۸      | -۷۷ | -۸۶ |



نمودار ۶- شاخص DALY متناسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست ناشی از بیماری‌های اسهالی در ایران در سال ۱۹۹۰ (الف) و ۲۰۱۰ (ب) (۳۸)



نمودار ۷- نرخ DALY متناسب به آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب و عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست ناشی از بیماری‌های اسهالی در ایران در سال ۱۹۹۰ (الف) و ۲۰۱۰ (ب) (۳۸)

آسیب‌رسانی به بافت‌های اسکلتی و ایجاد فلوروزیس دندانی و استخوانی است. فلوروزیس دندانی تنها در کودکی و در زمان تشکیل دندان‌ها ایجاد می‌شود. در فلوروزیس دندانی خفیف بر روی سطح دندان مناطق سفید رنگ و در حالت شدید لکه‌های تیره و حفراتی بر روی سطح دندان ایجاد می‌شود. فلوروزیس استخوانی از سنین میان‌سالی (۴۰ سال به بالا) با افزایش تجمع فلوراید در بافت استخوانی بروز پیدا می‌کند. علائم اولیه شامل درد و سفتی مفاصل است و در فلوروزیس استخوانی فلج کننده تاندون‌ها و رباط‌ها استخوانی شده و استخوان‌ها تغییر شکل می‌دهند. بروز فلوروزیس دندانی در سطح دنیا شایع

### بار بیماری‌های متناسب به غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی در ایران

فلوراید یکی از مواد مغذی است که دریافت آن به میزان مناسب از پوسیدگی دندان‌ها جلوگیری می‌کند. این اثر پیشگیرانه از طریق چندین مکانیسم از جمله افزایش مقاومت مینای دندان در برابر pH اسیدی و ترمیم پوسیدگی دندان‌ها ایجاد می‌شود. از طرف دیگر دریافت اضافی فلوراید مضر بوده و باعث بروز اثرات مخرب بهداشتی می‌گردد. سمیت حاد فلوراید ناشی از دریافت‌های بسیار بالا بوده که در موارد نادر و عمدتاً رخداد حوادث ایجاد می‌شود. مهمترین اثر بهداشتی مزمن فلوراید،

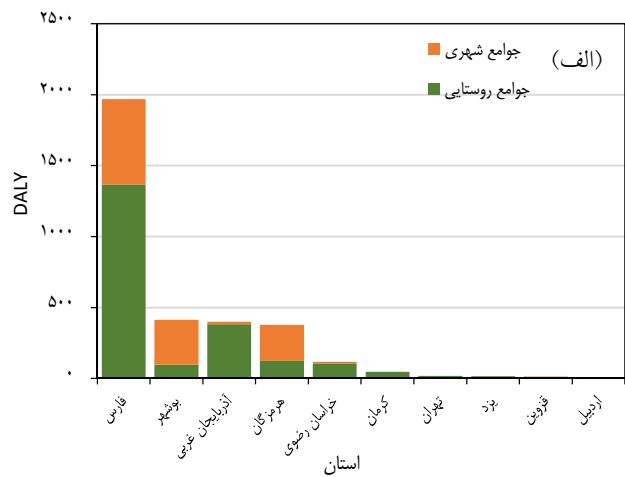
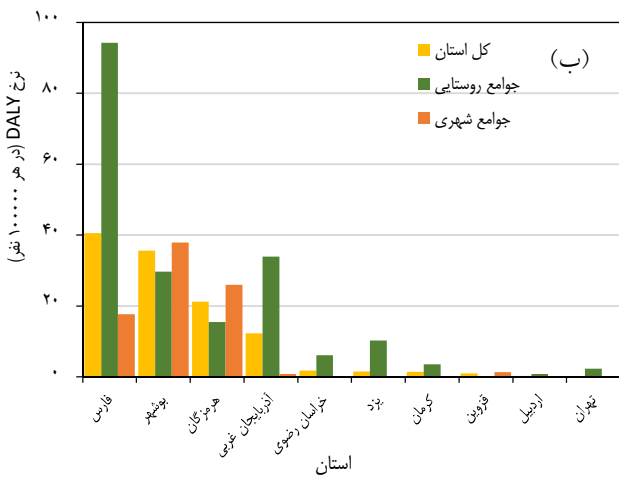
بوده و در بسیاری از کشورها مشاهده می‌شود، اما فلوروزیس استخوانی به علت حد آستانه نسبتا بالا (دریافت فلوراید در مقادیر بیشتر از  $10 \text{ mg/day}$  به مدت بیشتر از ۱۰ سال) تنها در مناطق معدودی از جمله آفریقا، هند و چین گزارش شده است (۳۹-۴۷).

عمده‌ترین منابع ورود فلوراید به بدن انسان شامل آب آشامیدنی، مواد غذایی، خمیردندان و دهان‌شویه است. مقادیر جزئی فلوراید نیز از طریق هوا وارد بدن می‌شود که معمولا قابل توجه نیست و دستگاه گوارش مسیر اصلی ورود فلوراید به بدن محسوب می‌شود. فلوراید معمولا از طریق منابع طبیعی وارد منابع آب می‌شود؛ به طوری که غلظت فلوراید در منابع آب عمدتاً بستگی به جنس و ترکیب خاک و سنگ بستری دارد که آب روی آن جریان می‌یابد، اما در مواردی نیز ورود فلوراید به محیط آبی از طریق منابع مصنوعی صورت می‌گیرد. مهمترین منابع مصنوعی آلودگی آب به فلوراید شامل صنعت آلومینیوم‌سازی، تولید کود فسفات، ذوب آهن، تولید اسید هیدروفلوریک، تولید فایبرگلاس، آجر، کاشی و سرامیک می‌شود. نتایج بسیاری از مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده است که مصرف طولانی مدت آب با غلظت بالای فلوراید سبب آسیب‌رسانی به بافت اسکلتی می‌شود، از این رو WHO مقدار رهنمودی  $1/5 \text{ mg/L}$  را برای این ماده پیشنهاد داده است، براساس این رهنمود، در ایران استاندارد کیفیت آب آشامیدنی فلوراید به میزان  $1/5 \text{ mg/L}$  وضع شده است. از آنجایی که فلوراید (با غلظت بالا) یکی از شایعترین آلاینده‌های شیمیایی آب آشامیدنی در سطح دنیا است، کمی‌سازی اثرات بهداشتی این آلاینده مهم بوده و از این طریق می‌توان سهم آب آشامیدنی در فلوروزیس دندانی و استخوانی و دستاوردهای بهداشتی طرح‌های فلورایدزایی از آب آشامیدنی را تعیین نمود و در آنالیزهای اقتصادی و اولویت‌بندی برنامه‌های اجرایی بهداشت محیط بکار برد (۴۰، ۴۱، ۴۸-۵۰).

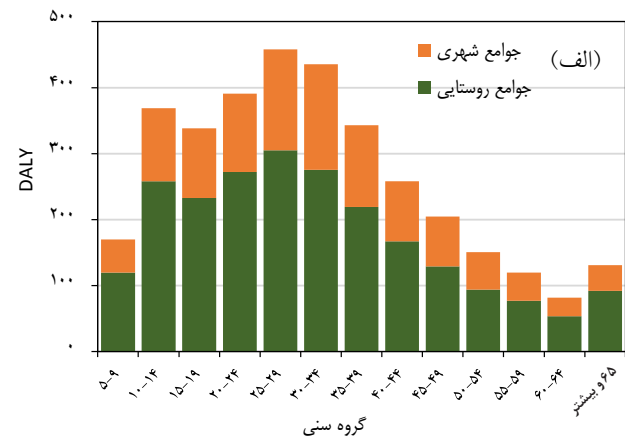
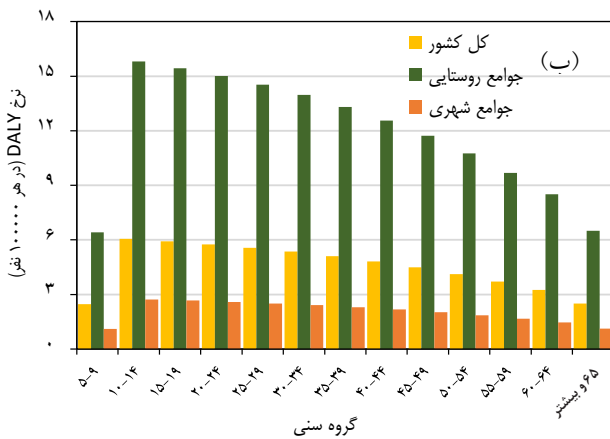
بار بیماری‌های منتسب به غلظت‌های بالای فلوراید در آب آشامیدنی در کشور در یک مطالعه ملی ارزیابی شده است. در این مطالعه Abtahi و همکاران (۵۱) بار بیماری‌های

منتسب به غلظت‌های بالای فلوراید در آب آشامیدنی را در سطوح ملی و فروملی در ایران در سال ۲۰۱۷ برآورد نمودند. پایگاه داده‌های استفاده شده در این مطالعه عبارت بودند از: (۱) اندازه اثر غلظت بالای فلوراید آب آشامیدنی در ایجاد فلوروزیس دندانی و استخوانی، (۲) توزیع جمعیتی غلظت فلوراید آب آشامیدنی، (۳) حد آستانه غلظت فلوراید در آب آشامیدنی در ایجاد فلوروزیس دندانی و استخوانی و (۴) توزیع سنی - جنسی جمعیت. از آنجایی که در کلیه موارد میانگین غلظت سالیانه فلوراید در آب آشامیدنی کمتر از حد آستانه برای ایجاد فلوروزیس استخوانی ( $4/0 \text{ mg/L}$ ) بود، کل بار بیماری‌های برآورد شده مربوط به عوارض غیرکشنده (YLD) فلوروزیس دندانی به دست آمد. بار بیماری‌های منتسب به غلظت‌های بالای فلوراید در آب آشامیدنی به تفکیک استان، نوع اجتماع و گروه سنی براساس شاخص‌های DALY و نرخ DALY در سال ۲۰۱۷ در نمودارهای ۸ و ۹ آورده شده است (۵۱).

نرخ شیوع (در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر)، DALY و نرخ DALY منتسب به غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی در کشور در سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۶۰، ۳۴۴۳ و ۴/۳۱ به دست آمد. نتایج مطالعه نشان داد که سن و نوع اجتماع بر روی بار بیماری‌های مذکور اثر معنی‌دار داشته ( $p < 0/01$ )، بطوری که بیشترین نرخ DALY در گروه سنی ۱۴-۱۰ سال به میزان ۶/۰۶ تعیین شد و بیشتر از ۶۶ درصد کل DALY مربوط به جوامع روستایی بود. غلظت فلوراید بالاتر از حد آستانه در آب آشامیدنی در ۱۰ استان کشور مشاهده شد و حدود ۹۴ درصد DALY منتسب در چهار استان فارس (۱۹۶۷)، بوشهر (۴۱۴)، آذربایجان غربی (۴۰۰) و هرمزگان (۳۷۷) به دست آمد. براساس نتایج به دست آمده، احداث واحدهای فلورایدزایی در سامانه‌های آبرسانی با غلظت بالای فلوراید، به‌ویژه در چهار استان ذکر شده، علاوه بر کاهش شیوع فلوروزیس دندانی، می‌تواند تا حدودی روند رو به رشد بار بیماری‌های دهان و دندان در کشور را کاهش دهد (۵۱).



نمودار ۸- بار بیماری‌های منتسب به غلظت‌های بالای فلوراید در آب آشامیدنی به تفکیک استان و نوع اجتماع براساس شاخص‌های DALY (الف) و نرخ DALY (ب) در سال ۲۰۱۷ (۵۱)



نمودار ۹- بار بیماری‌های منتسب به غلظت‌های بالای فلوراید در آب آشامیدنی به تفکیک گروه سنی و نوع اجتماع براساس شاخص‌های DALY (الف) و نرخ DALY (ب) در سال ۲۰۱۷ (۵۱)

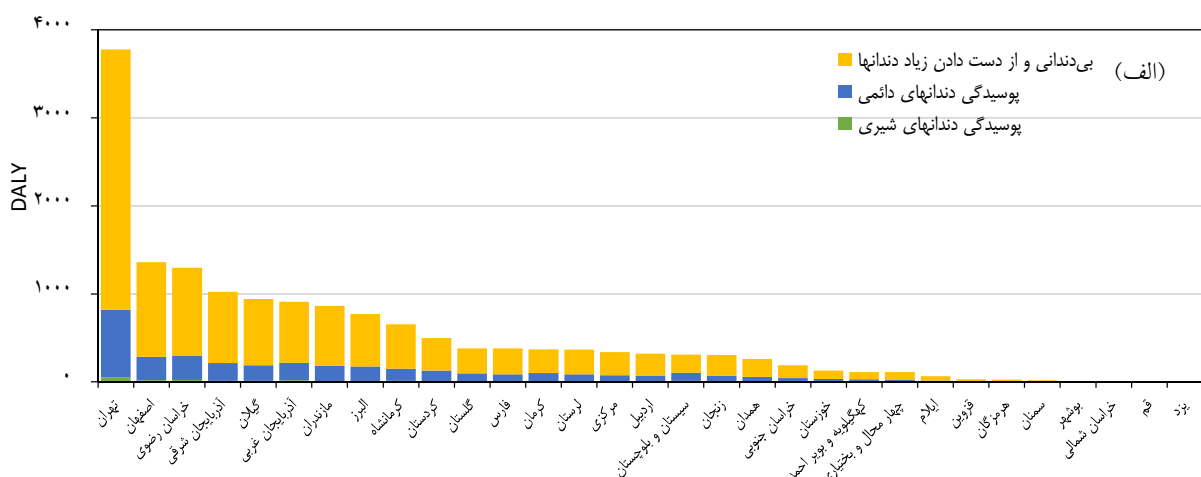
قابل توجهی کاهش یافته است. در این روش، واحد فلورایدزنی در تصفیه‌خانه آب اجتماع احداث شده و با افزودن ترکیبات حاوی فلوراید به آب (برای مثال فلوراید سدیم) غلظت فلوراید در محدوده ۰/۵-۱/۰ mg/L تنظیم می‌شود (۵۷-۵۲).  
تاثیر فلورایدزنی آب آشامیدنی در کاهش بار بیماری‌ها در کشور در یک مطالعه ملی ارزیابی شده است. در این مطالعه *Abtahi* و همکاران (۵۲) تاثیر فلورایدزنی آب آشامیدنی را به‌عنوان یک عامل محافظت‌کننده محیطی در کاهش بار بیماری‌ها برآورد نمودند. در این مطالعه بار بیماری‌های پوسیدگی دندان قابل

بار بیماری‌های پوسیدگی دندان قابل پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی در ایران پوسیدگی دندان از جمله عوارض بهداشتی است که شیوع بسیار بالایی دارد، به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۵ در سطح دنیا شیوع پوسیدگی دندان‌های شیری و دائمی به‌ترتیب ۹ درصد (معادل ۵۷۳ میلیون نفر) و ۳۶ درصد (معادل ۲/۵ میلیارد نفر) گزارش شده است. براساس شواهد و مستندات علمی فلورایدزنی آب آشامیدنی یکی از موفق‌ترین برنامه‌های بهداشتی بوده و در جوامعی که مورد استفاده قرار گرفته، پوسیدگی دندان به میزان

دندان‌های شیری، پوسیدگی دندان‌های دائمی و بی‌دندانی یا از دست دادن زیاد دندان‌ها در بار بیماری‌های مذکور به ترتیب ۱/۸، ۲۱/۴ و ۷۶/۸ درصد بود. شاخص‌های DALY و نرخ DALY قابل پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی در زنان و مردان اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت، ولی در گروه‌های سنی مختلف متفاوت بوده و با افزایش سن بیشتر می‌شد ( $p < 0/01$ )، بطوری‌که این مقادیر در گروه سنی ۴-۱ سال به ترتیب ۱۱۰ و ۱/۵ بود و در گروه سنی ۶۵ سال و بالاتر به ۴۳۳۱ و ۸۸/۹ افزایش یافت. بررسی توزیع مکانی نشان داد که بیشتر از ۸۰ درصد بار بیماری‌های قابل پیشگیری مذکور بدلیل جمعیت بیشتر و غلظت پایین‌تر فلوراید آب آشامیدنی مربوط به جوامع شهری بود. همچنین تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین استان‌های مختلف مشاهده شد، به طوری‌که بیشترین DALY و نرخ DALY به ترتیب در استان‌های تهران و گیلان با مقادیر ۳۷۷۶ و ۳۷/۲ به دست آمد و کمترین مقادیر شاخص‌های مذکور به ترتیب به میزان ۰/۶ و ۰/۱ در استان یزد مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که فلورایدزنی آب آشامیدنی در کشور علاوه بر ارتقاء بهداشت دهان و دندان، نابرابری اقتصادی - اجتماعی و جغرافیایی در دسترسی به خدمات بهداشت دهان و دندان را کاهش داده و روند رو به رشد بار بیماری‌های دهان و دندان را تا حدودی جبران می‌کند (۵۲).

پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی به تفکیک سن، جنس، نوع عارضه، استان و نوع اجتماع (شهری و روستایی) در کشور در سال ۲۰۱۶ ارزیابی شد. پایگاه داده‌های استفاده شده در این مطالعه عبارت بودند از: (۱) بار بیماری‌های پوسیدگی دندان در کشور، (۲) شاخص‌های تعداد دندان‌های شیری پوسیده، کشیده شده و ترمیم شده (decayed, missing, and filled deciduous teeth (dmft) و تعداد دندان‌های دائمی پوسیده، کشیده شده و ترمیم شده (DMFT) در کشور به تفکیک استان و نوع اجتماع و (۳) غلظت فلوراید در آب آشامیدنی در کشور. عوارض بهداشتی در نظر گرفته شده در این مطالعه درد ناشی از پوسیدگی دندان‌های شیری و دائمی و ایجاد مشکل در غذا خوردن در نتیجه بی‌دندانی یا از دست دادن زیاد دندان‌ها بودند (۵۲).

مقادیر DALY و نرخ DALY قابل پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی به تفکیک عوارض و استان‌های کشور در نمودار ۱۰ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده فلورایدزنی آب آشامیدنی می‌تواند بار بیماری‌های پوسیدگی دندان در کشور را به میزان قابل توجه ۱۷/۶ درصد کاهش دهد. میزان DALY و نرخ DALY قابل پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی در کشور در سال ۲۰۱۶ به ترتیب ۱۴،۹۷۱ و ۱۸/۷۳ به دست آمد. سهم عوارض پوسیدگی



نمودار ۱۰- بار بیماری‌های محیطی قابل پیشگیری از طریق فلورایدزنی آب آشامیدنی در استان‌های کشور براساس شاخص‌های DALY (الف) و

نرخ DALY (ب) به تفکیک عوارض بهداشتی در سال ۲۰۱۶ (۵۲)





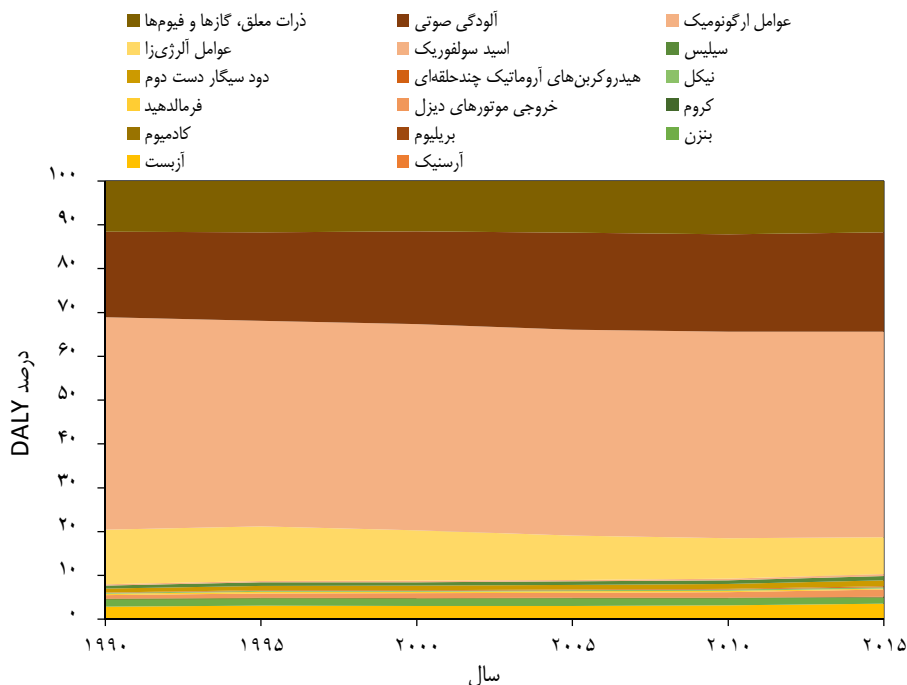
طی دوره مطالعه سهم عوامل خطر شغلی در کل بار بیماری‌ها در کشور ۱۲۳ درصد افزایش نشان داد و از ۰/۵ درصد به ۱/۲ درصد رسید (۱۱).

نمودار ۱۱ روند تغییرات زمانی سهم عوامل خطر شغلی در بار بیماری‌های منتسب در سطح کشور را نشان می‌دهد. سهم عوامل خطر در کل بار بیماری‌های شغلی در طول دوره مطالعه تا حدودی متغیر بود و در سال ۲۰۱۵ به صورت زیر به دست آمد: عوامل ارگونومیک ۴۶/۸ درصد، آلودگی صوتی ۲۲/۷ درصد، ذرات معلق، گازها و فیوم‌ها در هوای محیط کار ۱۱/۷ درصد، عوامل آلرژی‌زا ۸/۴ درصد، آزبست ۳/۴ درصد و سایر عوامل شغلی ۷/۰ درصد. تحلیل تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر شغلی در نمودار ۱۲ نشان داده شده است. در طول دوره مطالعه، DALY منتسب به عوامل خطر شغلی در محدوده ۱۲ درصد (عوامل آلرژی‌زا) تا ۲۳۱ درصد (مواجهه با خروجی موتورهای دیزلی) افزایش یافته است. به طور کلی تاثیر رشد جمعیت، افزایش سن جمعیت، نرخ DALY و مواجهه با عوامل خطر در تغییرات زمانی DALY منتسب به عوامل خطر شغلی به ترتیب ۵۴ درصد افزایش، ۵۶ درصد افزایش، ۱۴ درصد کاهش و ۳۰ درصد کاهش تعیین گردید. مطابق نتایج به دست آمده از شاخص ضریب جینی وزن‌دهی شده با جمعیت براساس نرخ DALY استانی، نابرابری جغرافیایی در بار بیماری‌های شغلی در طول دوره مطالعه کاهش یافت و این شاخص از ۰/۱۱ به ۰/۰۹ رسید (۱۱).

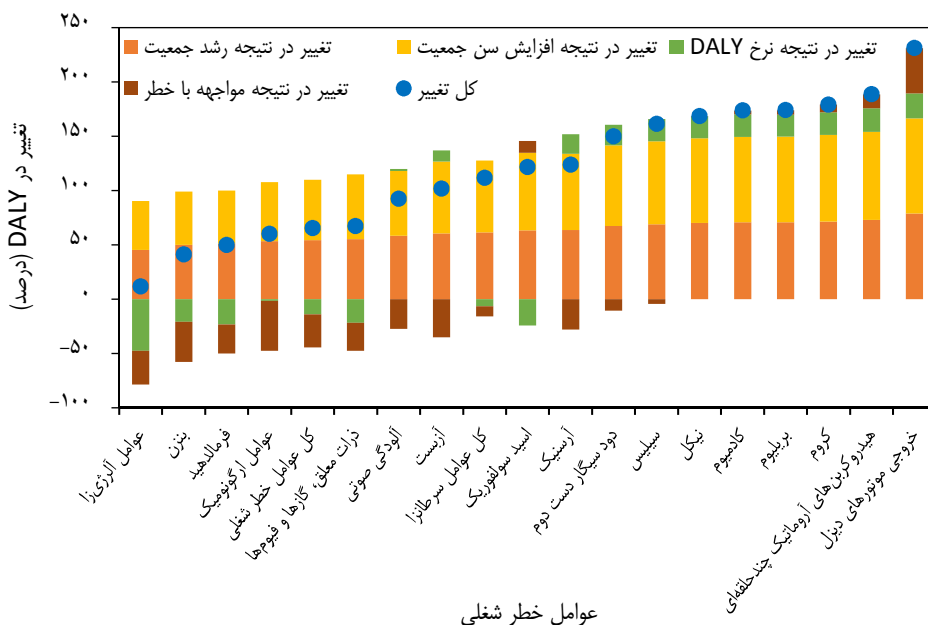
نمودار ۱۳ شاخص‌های DALY و نرخ DALY منتسب به عوامل خطر شغلی به تفکیک استان و پیامد بهداشتی در سال ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۱۵ سه استان با بالاترین بار بیماری‌های شغلی به ترتیب تهران (۲۹,۳۴۰)، خراسان رضوی (۱۸,۸۲۷) و اصفهان (۱۴,۷۲۵) بودند و در مجموع ۲۸ درصد کل بار بیماری‌های شغلی در این استان‌ها مشاهده شد. همچنین بالاترین نرخ‌های DALY مربوط به استان‌های گیلان (۴۰۱)، خراسان جنوبی (۳۹۴) و مازندران (۳۶۴) بود. براساس نتایج به دست آمده بار بیماری‌های شغلی در دوره زمانی مطالعه روند افزایشی داشته است، لذا مدیریت مخاطرات

خدماتی متناسب در اختیار می‌گذارد و با ارزیابی نابرابری‌ها به اعمال عدالت در توزیع سلامت کمک می‌کند (۶، ۱۰، ۷۰). بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر شغلی در کشور در یک مطالعه ملی برآورد شده است. در این مطالعه Abtahi و همکاران (۱۱) بار بیماری‌های منتسب به ۱۷ عامل خطر شغلی را در سطوح ملی و فروملی در ایران در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۰ مورد مطالعه قرار دادند. در این پژوهش بار بیماری‌های عوامل خطر شغلی (شامل عوامل آلرژی‌زا، عوامل ارگونومیک، آلودگی صوتی، مواجهه با بنزن، فرمالدهید، ذرات معلق، گازها و فیوم‌ها، آزبست، اسید سولفوریک، آرسنیک، دود سیگار دست دوم، سیلیس، نیکل، کادمیوم، بریلیوم، کروم، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای و خروجی موتورهای دیزل) با روش CRA و براساس ده پیامد بهداشتی برآورد شد و تاثیر رشد جمعیت، تغییر ساختار سنی جمعیت، نرخ DALY بیماری‌های منتسب و مواجهه با عوامل خطر در تغییرات زمانی مشاهده شده تعیین گردید. در سطح کشور DALY منتسب به عوامل خطر شغلی در سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۱۳۸,۲۱۰، ۱۹۳,۲۴۳ و ۲۲۸,۳۱۰ به دست آمد که افزایش قابل توجه ۶۵ درصد طی ۲۵ سال دوره مطالعه را نشان می‌دهد. ارقام متناظر برای مرگ منتسب به عوامل خطر مورد مطالعه به ترتیب ۱,۲۳۷، ۱۷۶۰ و ۱۸۶۲ (۵۱) درصد افزایش) تعیین گردید. تغییرات زمانی نرخ DALY و مرگ منتسب به عوامل خطر شغلی نسبت به مقادیر مطلق این شاخص‌ها کمتر بود، به طوری که نرخ DALY منتسب در طول دوره مطالعه تنها ۹ درصد افزایش یافت (از ۲۶۲ در سال ۱۹۹۰ به ۲۸۷ در سال ۲۰۱۵) و نرخ مرگ منتسب تقریباً بدون تغییر باقی ماند (۲/۳۵ در سال ۱۹۹۰ در برابر ۲/۳۴ در سال ۲۰۱۵). در طول این دوره زمانی سهم زنان در بار بیماری‌های شغلی ۵۵ درصد افزایش یافت و از ۱۳ درصد به ۲۰ درصد رسید. نتایج مطالعه نشان داد که بخش عمده بار بیماری‌های مشاهده شده مربوط به عوارض غیرکشنده بود، به طوری که سهم مرگ در DALY عوامل خطر شغلی در سال ۱۹۹۰ به میزان ۲۴ درصد به دست آمد و در سال ۲۰۱۵ به ۲۳ درصد کاهش یافت. در

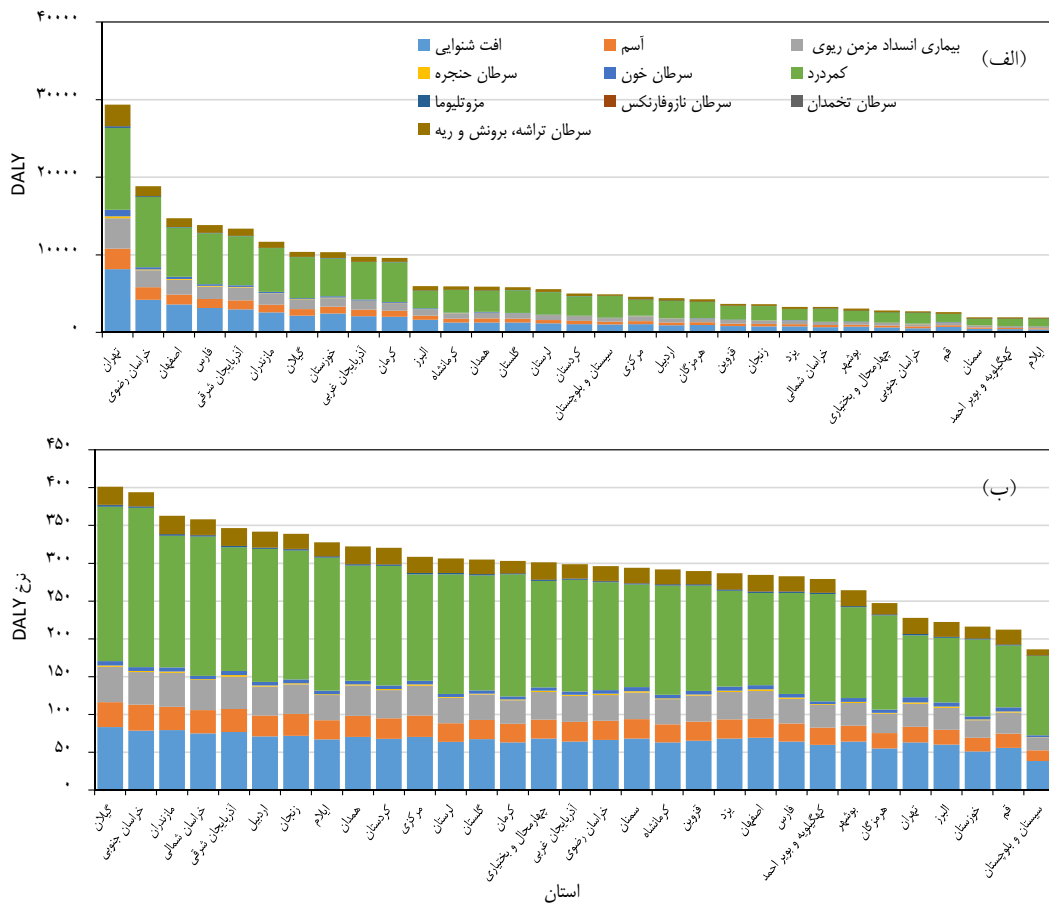
و آلودگی‌های محیط‌های شغلی در سطح کشور باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد و به منظور کنترل مواجهه با عوامل خطر به‌ویژه مواد سرطان‌زا باید برنامه‌های اجرایی ملی و فراملی تدوین گردد (۱۱).



نمودار ۱۱- روند تغییرات زمانی سهم عوامل خطر شغلی در بار بیماری‌های منتسب در سطح کشور (۱۱)



نمودار ۱۲- تحلیل تغییرات زمانی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر شغلی در کشور طی سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۱۵ (۱۱)



نمودار ۱۳- شاخص‌های DALY (الف) و نرخ DALY (ب) متناسب به عوامل خطر شغلی به تفکیک استان و پیامد بهداشتی در کشور در سال ۲۰۱۵ (۱۱)

نه عامل خطر محیطی (شامل بنزن، دی‌اکسید، دود سیگار دست دوم، فرمالدهید، سرب، آلودگی صوتی ترافیک، ازن،  $PM_{2.5}$  و رادن) در شش کشور اروپایی (بلژیک، فنلاند، فرانسه، آلمان، ایتالیا و هلند)، سهم  $PM_{2.5}$  در بار بیماری‌های محیطی ۶۸ درصد به‌دست آمد. همچنین مطابق GBD ۲۰۱۷، در سطح دنیا سهم  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در کل موارد مرگ و بار بیماری‌های متناسب به عوامل خطر محیطی در سال ۲۰۱۷ به‌ترتیب ۴۱ و ۳۴ درصد برآورد شد و در کشورهای توسعه یافته ارقام متناظر به‌ترتیب ۸۰ و ۷۹ درصد تعیین گردید.

مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۶، تفاوت چشمگیری در میزان بار بیماری متناسب به یک عامل خطر در مطالعات مختلف وجود دارد. برای مثال در مورد  $PM_{2.5}$  هوای آزاد مطالعه GBD و WHO دارای یک رویه مشابه بوده، اما مطالعه GEMM که

### مقایسه نتایج مطالعات بار بیماری‌های متناسب به عوامل خطر محیطی در ایران

در جدول ۶ خلاصه نتایج مطالعات انجام شده بر روی بار بیماری‌های متناسب به عوامل خطر محیطی در ایران ارائه شده است. یافته‌های به‌دست آمده بیانگر این است با در نظر گرفتن مطالعه جهانی بار بیماری‌ها، تعداد موارد مرگ متناسب به همه عوامل خطر محیطی در ایران معادل ۵۱ هزار مورد مرگ است که مهمترین عامل خطری که بیشترین موارد مرگ را در بین عوامل خطر محیطی به خود اختصاص داده است،  $PM_{2.5}$  هوای آزاد بوده است که حدود نیمی از این موارد را شامل شده است. سهم بالای  $PM_{2.5}$  هوای آزاد در بار بیماری‌های محیطی در بسیاری از کشورهای دیگر از جمله کشورهای توسعه یافته نیز مشاهده شده است، به‌طوری‌که در مطالعه EBD بر روی

محیطی در سطوح ملی و فروملی

• تعیین گروه‌های جمعیتی در معرض خطر بالا جهت مراقبت‌ها و کنترل‌های ویژه

• ارزیابی عملکرد و تعیین دستاوردهای بهداشتی اقدامات اجرایی

• ارزیابی سناریوهای آینده و برنامه‌ریزی برای نیازهای آتی بهداشت محیط

• تعیین اولویت‌های پژوهشی بهداشت محیط و محیط‌زیست در سطوح ملی و فروملی

نتایج مطالعات بار بیماری‌های محیطی در ایران بیانگر این است که در صورت کاهش مواجهه با آلاینده‌های محیطی و بهبود کیفیت محیط، بار بیماری‌ها در کشور به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. بسیاری از عوامل خطر محیطی از طریق اجرای اقدامات پیشگیرانه قابل کنترل هستند. مزیت ویژه اقدامات پیشگیرانه محیطی این است که عمدتاً در سطح اجتماع اجرا شده و بدین ترتیب علاوه بر ارتقاء سلامت در کشور نابرابری‌های اقتصادی-اجتماعی در بخش بهداشت را کاهش می‌دهد. در نقطه مقابل چالش مهم مداخلات محیطی این است که اجرای اینگونه اقدامات پیشگیرانه عمدتاً در اختیار بخش بهداشت و درمان نیست و نیاز به همکاری‌های بین بخشی دارد. مهمترین مشکلات در همکاری‌های بین بخشی تامین بودجه و ایجاد هماهنگی است و بخش بهداشت و درمان باید در این زمینه نقش موثری ایفا کند، زیرا با اجرای اقدامات پیشگیرانه محیطی و متعاقباً کاهش بار بیماری‌ها، در هزینه‌های بخش درمان صرفه‌جویی خواهد شد (۵، ۷۱). اثربخشی اقتصادی مداخلات محیطی از جمله کنترل ذرات معلق هوای آزاد، فلورایدزنی آب آشامیدنی و حذف آلودگی آرسنیک و تری‌هالومتان‌ها ((Trihalomethanes (THMs)) از آب آشامیدنی در بسیاری از مطالعات پیشین به اثبات رسیده است (۵۴، ۵۵، ۷۲، ۷۳).

### فرصت‌ها و اولویت‌ها جهت تقویت مطالعات آتی بار بیماری‌های محیطی در کشور

بررسی نتایج نشان می‌دهد که بسیاری از عوامل خطر مهم از جمله ذرات معلق بسیار ریز (Ultrafine PM)، کربن سیاه،

از رویکرد جدیدتری استفاده کرده است، تعداد موارد مرگ را تقریباً دو برابر سایر مطالعات برآورد کرده است که این تفاوت عمدتاً ناشی از روش و روابط دوز- پاسخ مورد استفاده جهت برآورد بار بیماری‌ها است. البته لازم به یادآوری است که به نظر می‌رسد در همه این مطالعات، میانگین غلظت مواجهه با  $PM_{2.5}$  وزن‌دهی شده با جمعیت برای ایران بالاتر از مقادیر واقعی در نظر گرفته شده است.

در مورد سایر عوامل خطر محیطی نیز وضعیت نسبتاً مشابهی وجود دارد و نتایج به‌دست آمده در مطالعات EBD ملی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با نتایج مطالعه GBD برای ایران دارد، زیرا در مطالعه GBD مواجهه با عوامل خطر با استفاده از متغیرهای پیشگو و مدل‌های ارزیابی مواجهه برآورد می‌شود و بخصوص در شرایطی که داده‌های مواجهه کشور در توسعه مدل وارد نشده باشد، ممکن است خروجی مدل‌های ارزیابی مواجهه تفاوت قابل توجهی با داده‌های مواجهه واقعی داشته باشد. علت دیگر این تفاوت می‌تواند استفاده از روابط دوز- پاسخ متفاوت باشد، به هر حال با توجه به بکارگیری داده‌های با جزئیات بیشتر و کامل‌تر، نتایج مطالعات ملی معتبرتر و کاربردی‌تر در نظر گرفته می‌شود. از جمله مهمترین کاربردهای نتایج مطالعات ملی بار بیماری‌های محیطی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بکارگیری در تدوین سیاستگذاری‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سایر سازمان‌های اجرایی جهت ارتقاء بهداشت محیط در سطوح ملی و فروملی
- بکارگیری در تعیین اقدامات کنترلی عوامل خطر محیطی و اولویت‌بندی آنها در سطوح ملی و فروملی
- تدوین اولویت‌های کشور جهت سنجش‌ها و جمع‌آوری داده‌های عوامل محیطی و پیامدهای بهداشتی در سطوح ملی و فروملی و سامانه‌های ثبت مورد نیاز
- تعیین نیازمندی‌های کشور در زمینه وضع قوانین و مقررات بهداشت محیط و محیط‌زیست
- تهیه داده‌های مورد نیاز جهت تدوین استانداردهای ملی مبتنی بر شواهد علمی
- تهیه بانک اطلاعاتی از داده‌های مواجهه با عوامل خطر

جدول ۶- خلاصه نتایج مطالعات مختلف بر روی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در ایران

| نرخ مرگ | نرخ DALY | تعداد موارد مرگ | شاخص DALY | آخرین سال مطالعه | منبع                           | عامل خطر محیطی                    |
|---------|----------|-----------------|-----------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| ۳۴      | ۹۵۲      | ۲۷,۶۲۸          | ۷۸۲,۲۰۷   | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | PM <sub>2.5</sub> هوای آزاد       |
| ۳۴      | ۹۵۳      | ۲۶,۲۶۷          | ۷۲۶,۰۲۷   | ۲۰۱۶             | WHO (۱۸)                       |                                   |
| ۹۵      | -        | ۷۵,۰۰۰          | -         | ۲۰۱۸             | GEMM (۱۶)                      |                                   |
| ۷/۶     | ۵۳۰/۳    | ۶,۲۷۱           | ۴۳۵,۷۷۰   | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | عوامل خطر شغلی (۱۸ عامل)          |
| ۲/۳     | ۲۸۷/۱    | ۱,۸۶۲           | ۲۲۸,۳۱۰   | ۲۰۱۵             | Abtahi و همکاران (۱۱)          | عوامل خطر شغلی (۱۷ عامل)          |
| ۲۱/۰    | ۴۱۰/۳    | ۱۷,۲۴۱          | ۳۳۷,۲۰۰   | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | سرب                               |
| ۰/۵     | ۱۰۶/۷    | ۴۴۳             | ۸۷,۶۴۳    | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | آب آشامیدنی ناسالم                |
| ۰/۲     | ۲۹/۵     | ۱۲۹             | ۲۴,۲۱۳    | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | دفع غیربهداشتی فاضلاب             |
| ۰/۴     | ۳۱/۴     | ۳۳۸             | ۲۵,۸۳۶    | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست  |
| ۱/۱     | ۱۸۰/۷    | ۸۰۱             | ۱۳۳,۵۵۷   | ۲۰۱۰             | Saeedi و همکاران (۳۸)          | کلیه عوامل خطر WASH               |
| ۲/۲     | ۳۵/۹     | ۱,۷۶۷           | ۲۹,۵۲۲    | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | آزن تروپوسفری                     |
| ۰/۶     | ۱۳/۳     | ۴۷۰             | ۱۰,۹۵۲    | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | رادن                              |
| ۱/۸     | -        | ۱۰۸۰            | -         | ۲۰۱۸             | Gaskin و همکاران (۳۱)          |                                   |
| ۰/۲     | ۶/۵      | ۱۷۲             | ۵,۳۱۹     | ۲۰۱۷             | GBD Collaborative (۱۲) Network | آلودگی هوای داخل                  |
| ۰/۱     | ۲/۴      | ۸۳              | ۱,۸۸۹     | ۲۰۱۳             | Abtahi و همکاران (۱۰)          |                                   |
| -       | ۴/۳      | -               | ۳,۴۴۳     | ۲۰۱۷             | Abtahi و همکاران (۴۸)          | غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی |



### نتیجه‌گیری

براساس نتایج مطالعه GBD سهم عوامل خطر محیطی در کل بار بیماری‌ها در کشور در سال ۲۰۱۷ بر حسب شاخص DALY و موارد مرگ به ترتیب حدود ۸ و ۱۳ درصد بوده است، لذا کاهش مواجهه با آلاینده‌های محیطی و بهبود کیفیت محیط به میزان قابل توجهی وضعیت سلامتی مردم را در کشور بهبود می‌بخشد. تاکنون بار بیماری‌های منتسب به یازده عامل خطر محیطی در کشور در سطح ملی برآورد شده است. از میان عوامل خطر محیطی، آب آشامیدنی ناسالم، دفع غیربهداشتی فاضلاب، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست، آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد و عوامل خطر شغلی علاوه بر برآوردهای جهانی در مطالعات ملی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همچنین بار بیماری‌های منتسب به غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی در کشور تنها در یک مطالعه ملی ارزیابی شده است. بر طبق نتایج مطالعه GBD، سهم عوامل خطر در DALY منتسب به عوامل محیطی در کشور در سال ۲۰۱۷ (در مجموع ۱,۶۴۸,۳۲۹) به صورت زیر بود:  $PM_{2.5}$  آلودگی هوای آزاد ۴۵/۰ درصد، عوامل خطر شغلی ۲۵/۱ درصد، مواجهه با سرب ۱۹/۴ درصد، آب آشامیدنی ناسالم (۵/۰ درصد)، ازن تروپوسفری ۱/۷ درصد، عدم دسترسی به تسهیلات شستشوی دست ۱/۵ درصد، دفع غیربهداشتی فاضلاب ۱/۴ درصد، رادن هوای داخل ساختمان ۰/۶ درصد و آلودگی هوای داخل بواسطه مصرف سوخت جامد ۰/۳ درصد. کل نرخ DALY و نرخ مرگ منتسب به پرتوهای فرابنفش خورشیدی در ایران در سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۴۶/۲ و ۰/۷ تعیین گردید. شاخص DALY و نرخ DALY منتسب به غلظت بالای فلوراید در آب آشامیدنی ناشی از ایجاد فلوروزیس دندان در کشور در سال ۲۰۱۷ به ترتیب ۳۴۴۳ و ۴/۳۱ به دست آمد. ارزیابی تاثیر فلورایدزنی آب آشامیدنی به عنوان یک عامل محافظت کننده محیطی نشان داد که این اقدام از طریق پیشگیری از پوسیدگی دندان می‌تواند میزان DALY و نرخ DALY در کشور را به ترتیب ۱۴,۹۷۱ و ۱۸/۷۳ کاهش دهد. طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵، نرخ DALY منتسب به عوامل  $PM_{2.5}$  هوای آزاد،

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) و بنزن در هوای آزاد و داخل، فلزات سنگین، نیترات و آلاینده‌های آلی در آب آشامیدنی، آلودگی صوتی، مواجهه با دی‌اکسید و فوران، آلودگی مواد غذایی و مسکن غیربهداشتی تاکنون در مطالعات بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در کشور وارد نشده‌اند که مهمترین علل این امر محدودیت داده‌های مواجهه و یا عدم وجود رابطه دوز- پاسخ معتبر است. همچنین برخی از متخصصین اعتقاد دارند که بخش قابل توجهی از عوامل خطر رفتاری در مطالعه GBD نظیر دود سیگار دست دوم، عادات تغذیه‌ای نامناسب و حوادث ترافیکی تحت تاثیر شرایط محیطی قرار داشته و یا در واقع عوامل خطر محیطی هستند، به طوری که بسیاری از مطالعات دیگر بویژه دود سیگار دست دوم و حوادث ترافیکی را در گروه عوامل خطر محیطی قرار داده‌اند. از طرف دیگر در مورد بار بیماری‌های منتسب به بسیاری دیگر از عوامل خطر محیطی در ایران تنها نتایج مطالعات جهانی با محدودیت‌های ذکر شده در بالا در دسترس است. این امر ضرورت انجام مطالعات بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در سطوح ملی و فروملی براساس اولویت‌ها، نیازها، داده‌ها و اطلاعات معتبر داخلی را نشان می‌دهد. جهت افزایش هدفمندی مطالعات آتی EBD در کشور لازم است در ابتدا عوامل خطر محیطی اولویت‌بندی شوند. از جمله مهمترین معیارهای اولویت‌بندی عوامل خطر محیطی جهت ورود به مطالعات آتی EBD در کشور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- میزان اثر بر سلامت همگانی (Public health impact)
- پتانسیل ایجاد خطر بالا (High individual risk)
- ایجاد نگرانی برای مردم و دولتمردان (High political or public concern)
- روند زمانی میزان اثر بر سلامت همگانی
- وجود داده‌های مواجهه و پیامدهای بهداشتی، دسترسی به داده‌ها و یا امکان تهیه و تولید داده‌ها
- وجود توابع دوز- پاسخ مبتنی بر شواهد کافی (برگرفته از رهنمودهای WHO، مطالعات متاآنالیز بین‌المللی یا مطالعات با قطعیت بالا)

با توجه به بکارگیری داده‌های با جزئیات بیشتر و کامل‌تر و انجام ارزیابی‌های فروملی، نتایج مطالعات ملی بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی معتبرتر و کاربردی‌تر در نظر گرفته می‌شود. استفاده از نتایج مطالعات EBD در تدوین سیاستگذاری‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و سایر سازمان اجرایی در راستای ارتقاء بهداشت محیط، تعیین و اولویت‌بندی اقدامات کنترلی عوامل خطر محیطی و جهت‌دهی پژوهش‌های بهداشت محیط و محیط‌زیست در سطوح ملی و فروملی می‌تواند به میزان قابل توجهی کارایی و اثربخشی فعالیت‌های مذکور را افزایش دهد، لذا تقویت و تداوم این مطالعات در سطوح ملی و فروملی با توجه به اولویت‌ها، نیازها، روندهای زمانی- مکانی و با استفاده از داده‌ها و اطلاعات معتبر داخلی ضروری بوده و توصیه می‌گردد.

#### ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.

#### References

1. Landrigan PJ, Fuller R, Acosta NJ, Adeyi O, Arnold R, Baldé AB, et al. The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*. 2018;391(10119):462-512.
2. GBD 2017 Risk Factor Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*. 2018;392(10159):1923-94.
3. Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, et al. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environmental Health Perspectives*. 2014;122(5):439-46.
4. Prüss-Ustün A, Vickers C, Haefliger P, Bertollini R. Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environmental Health*. 2011;10(1):9.
5. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Neville T, Bos

ازن تروپوسفری، رادن هوای داخل و عوامل خطر شغلی رو به افزایش بوده که این نتیجه بر اهمیت اقدامات پیشگیرانه و کنترل آنها می‌افزاید. مقایسه نتایج بار بیماری‌های محیطی در ایران با منطقه شمال آفریقا و خاورمیانه نشان داد که بار بیماری‌های محیطی در ایران به مراتب کمتر از این منطقه برآورد شده است، ولی وضعیت کشور در مقایسه با کشورهای پیشرفته متفاوت بود، به طوری که بار بیماری‌های منتسب به عوامل خطر محیطی در کشورهای با SDI بالا هم تا حدودی کمتر از ایران به دست آمد و هم در سال‌های اخیر برخلاف ایران روند کاهشی نشان می‌داد. تفاوت چشمگیری در میزان بار بیماری منتسب به یک عامل خطر در مطالعات جهانی مختلف و همچنین میان مطالعات جهانی و ملی وجود داشت. در مواردی داده‌های مواجهه با عوامل خطر محیطی در مطالعات جهانی با داده‌های مواجهه موجود در کشور تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشت و موجب انحراف نتایج می‌شد، لذا اقدام جهت اصلاح داده‌های مواجهه محیطی در مطالعات جهانی می‌تواند صحت و بعضاً وضعیت ارزیابی‌های کشور در آن مطالعات را بهبود بخشد.

- R, Neira M. Diseases due to unhealthy environments: an updated estimate of the global burden of disease attributable to environmental determinants of health. *Journal of Public Health*. 2016;39(3):464-75.
6. Amini H, Shamsipour M, Sowlat MH, Parsaeian M, Kasaeian A, Hassanvand MS, et al. National and sub-national environmental burden of disease in Iran from 1990 to 2013-study profile. *Archives of Iranian Medicine*. 2014;17(1):62-70.
7. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL. Comparative quantification of health risks : global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2004.
8. Prüss-Üstün A, Mathers C, Corvalán C, Woodward A. Introduction and Methods: Assessing the Environmental Burden of Disease at National and Local Levels. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2003.
9. Saracci R, Vineis P. Disease proportions attributable to environment. *Environmental Health*. 2007;6(1):38.
10. Abtahi M, Koolivand A, Dobaradaran S, Yaghma-

- eian K, Mohseni-Bandpei A, Khaloo SS, et al. National and sub-national age-sex specific and cause-specific mortality and disability-adjusted life years (DALYs) attributable to household air pollution from solid cookfuel use (HAP) in Iran, 1990–2013. *Environmental Research*. 2017;156(Supplement C):87-96.
11. Abtahi M, Koolivand A, Dobaradaran S, Yaghmaeian K, Khaloo SS, Jorfi S, et al. National and sub-national mortality and disability-adjusted life years (DALYs) attributable to 17 occupational risk factors in Iran, 1990–2015. *Environmental Research*. 2018;165:158-75.
  12. Global Burden of Disease Collaborative Network. *Global Burden of Disease Study 2017 (GBD 2017) Results*. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME); 2018.
  13. Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Künzli N, Amini H, Azimi F, et al. Long-term trends and health impact of PM<sub>2.5</sub> and O<sub>3</sub> in Tehran, Iran, 2006–2015. *Environment International*. 2018;114:37-49.
  14. Neira M, Prüss-Ustün A, Mudu P. Reduce air pollution to beat NCDs: from recognition to action. *The Lancet*. 2018;392(10154):1178-79.
  15. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2012;9(1):doi:10.1186/735-2746-9-28.
  16. Burnett R, Chen H, Szyszkwicz M, Fann N, Hubbell B, Pope CA, et al. Global estimates of mortality associated with long-term exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(38):9592-97.
  17. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*. 2017;389(10082):1907-18.
  18. WHO. *Ambient (Outdoor) Air Quality and Health*. Geneva: World Health Organization; 2018.
  19. Hassanvand MS, Naddafi K, Faridi S, Arhami M, Nabizadeh R, Sowlat MH, et al. Indoor/outdoor relationships of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> mass concentrations and their water-soluble ions in a retirement home and a school dormitory. *Atmospheric Environment*. 2014;82:375-82.
  20. USEPA. *Ground-level ozone basics*. Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2018.
  21. Seinfeld JH, Pandis SN. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. New York: John Wiley & Sons; 2012.
  22. Tiwary A, Colls J. *Air Pollution: Measurement, Modelling & Mitigation*. Boca Raton: CRC Press; 2009.
  23. WHO. *Ambient (outdoor) Air Quality and Health*. Geneva: World Health Organization; 2015.
  24. Amegah AK, Jaakkola JJK. Household air pollution and the sustainable development goals. *Bulletin of the World Health Organization*. 2016;94(3):215-21.
  25. Balakrishnan K, Ghosh S, Ganguli B, Sambandam S, Bruce N, Barnes DF, et al. State and national household concentrations of PM<sub>2.5</sub> from solid cookfuel use: Results from measurements and modeling in India for estimation of the global burden of disease. *Environmental Health*. 2013;12:77-77.
  26. Bonjour S, Adair-Rohani H, Wolf J, Bruce NG, Mehta S, Prüss-Ustün A, et al. Solid fuel use for household cooking: Country and regional estimates for 1980–2010. *Environmental Health Perspectives*. 2013;121(7):784-90.
  27. Chafe ZA, Brauer M, Klimont Z, Van Dingenen R, Mehta S, Rao S, et al. Household cooking with solid fuels contributes to ambient PM<sub>2.5</sub> air pollution and the burden of disease. *Environmental Health Perspectives*. 2014;122(12):1314-20.
  28. Clark ML, Peel JL, Balakrishnan K, Breyse PN, Chillrud SN, Naeher LP, et al. Health and household air pollution from solid fuel use: The need for improved exposure assessment. *Environmental Health Perspectives*. 2013;121(10):1120-28.
  29. Smith KR, Bruce N, Balakrishnan K, Adair-Rohani H, Balmes J, Chafe Z, et al. Millions dead: how do we know and what does it mean? Methods used in the comparative risk assessment of household air pollution. *Annual Review of Public Health*. 2014;35:185-206.
  30. WHO. *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Household Fuel Combustion*. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2015.
  31. Gaskin J, Coyle D, Whyte J, Krewski D. Global estimate of lung cancer mortality attributable to residential radon. *Environmental Health Perspectives*. 2018;126(5):057009.
  32. Hassanvand M. *A Guide to Calculating, Determining and Announcing the UV Index*. Tehran, Iran: Institute for Environmental Research; 2013 (in Persian); 2018.

- sian).
33. Lucas R, McMichael T, Smith W, Armstrong BK, Prüss-Üstün A. Solar Ultraviolet Radiation: Global Burden of Disease from Solar Ultraviolet Radiation. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2006.
  34. Lucas RM, McMichael AJ, Armstrong BK, Smith WT. Estimating the global disease burden due to ultraviolet radiation exposure. *International Journal of Epidemiology*. 2008;37(3):654-67.
  35. Fewtrell L, Prüss-Üstün A, Bos R, Gore F, Bartram J. Water, Sanitation and Hygiene: Quantifying the Health Impact at National and Local Levels in Countries with Incomplete Water Supply and Sanitation Coverage. Geneva: World Health Organization; 2007.
  36. WHO. UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking-water (GLAAS) 2012 Report: The Challenge of Extending and Sustaining Services. Geneva: World Health Organization; 2012.
  37. WHO, UNICEF. Progress on Sanitation and Drinking-water: 2010 Update. Geneva: World Health Organization; 2010.
  38. Saeedi R, Mesdaghinia A, Yunesian M, Naddafi K, Nabizadeh R, Abtahi M, et al. Investigation on burden of disease attributable to water, sanitation, and hygiene (WSH) and analysis of its spatiotemporal trend at the national and subnational levels in Iran during 1990-2010. Tehran: Institute for Environmental Research; 2013 (in Persian).
  39. Chuah CJ, Lye HR, Ziegler AD, Wood SH, Kongpun C, Rajchagool S. Fluoride: a naturally-occurring health hazard in drinking-water resources of Northern Thailand. *Science of the Total Environment*. 2016;545:266-79.
  40. Fawell J, Bailey K, Chilton J, Dahi E, Fewtrell L, Magara Y. Fluoride in Drinking-water. London: IWA Publishing; 2006.
  41. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington DC: The National Academies Press; 1997.
  42. Mesdaghinia A, Vaghefi KA, Montazeri A, Mohebbi MR, Saeedi R. Monitoring of fluoride in ground-water resources of Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2010;84(4):432-37.
  43. Rango T, Vengosh A, Jeuland M, Whitford GM, Tekle-Haimanot R. Biomarkers of chronic fluoride exposure in groundwater in a highly exposed population. *Science of the Total Environment*. 2017;596:1-11.
  44. Shanthi M, Reddy BV, Venkataramana V, Gowrisankar S, Reddy BT, Chennupati S. Relationship between drinking water fluoride levels, dental fluorosis, dental caries and associated risk factors in 9-12 years old school children of nelakondapally mandal of Khammam District, Andhra Pradesh, India: A Cross-sectional survey. *Journal of International Oral Health*. 2014;6(3):106-10.
  45. Song B, Zeng G, Gong J, Liang J, Xu P, Liu Z, et al. Evaluation methods for assessing effectiveness of in situ remediation of soil and sediment contaminated with organic pollutants and heavy metals. *Environment International*. 2017;105:43-55.
  46. Walls A. Guidelines for Fluoride Intake: Second Discussant. *Advances in Dental Research*. 2018;29(2):179-82.
  47. WHO. Nutrients in Drinking Water. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2005.
  48. Fewtrell L, Smith S, Kay D, Bartram J. An attempt to estimate the global burden of disease due to fluoride in drinking water. *Journal of Water and Health*. 2006;4(4):533-42.
  49. Tang Q-Q, Du J, Ma H-H, Jiang S-J, Zhou X-J. Fluoride and Children's Intelligence: A Meta-analysis. *Biological Trace Element Research*. 2008;126(1):115-20.
  50. WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2011.
  51. Abtahi M, Dobaradaran S, Jorfi S, Koolivand A, Khaloo SS, Spitz J, et al. Age-sex specific disability-adjusted life years (DALYs) attributable to elevated levels of fluoride in drinking water: A national and subnational study in Iran, 2017. *Water Research*. 2019;157:94-105.
  52. Abtahi M, Dobaradaran S, Jorfi S, Koolivand A, Mohebbi MR, Montazeri A, et al. Age-sex specific and sequela-specific disability-adjusted life years (DALYs) due to dental caries preventable through water fluoridation: An assessment at the national and subnational levels in Iran, 2016. *Environmental Research*. 2018;167:372-85.
  53. Abtahi M, Koolivand A, Dobaradaran S, Yaghmaeian K, Mohseni-Bandpei A, Khaloo SS, et al. Defluoridation of synthetic and natural waters by poly-aluminum chloride-chitosan (PACl-Ch) composite coagulant. *Water Science and Technology: Water*



- Supply. 2018;18(1):259-69.
54. Ciketic S, Hayatbakhsh MR, Doran CM. Drinking water fluoridation in South East Queensland: a cost-effectiveness evaluation. *Health Promotion Journal of Australia*. 2010;21(1):51-56.
  55. Cobiac LJ, Vos T. Cost-effectiveness of extending the coverage of water supply fluoridation for the prevention of dental caries in Australia. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2012;40(4):369-76.
  56. Ihezor-Ejiofor Z, O'Malley LA, Glenn A-M, Macey R, Alam R, Tugwell P, et al. Water fluoridation for the prevention of dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015;6:Cd010856.
  57. Kassebaum N, Smith A, Bernabé E, Fleming T, Reynolds A, Vos T, et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015: a systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors. *Journal of Dental Research*. 2017;96(4):380-87.
  58. Hutchings S, Rushton L. Estimating the burden of occupational cancer: assessing bias and uncertainty. *Occupational and Environmental Medicine*. 2017;74(8):604-11.
  59. International Labour Organization. List of occupational diseases (revised 2010). Identification and recognition of occupational diseases: Criteria for incorporating diseases in the ILO list of occupational diseases. Geneva, Switzerland: International Labour Organization; 2010.
  60. Mosavi-Jarrahi A, Mohagheghi M, Kalaghchi B, Mousavi-Jarrahi Y, Noori MK. Estimating the incidence of lung cancer attributable to occupational exposure in Iran. *Population Health Metrics*. 2009;7(1):7.
  61. Punnett L, Prüss-Üstün A, Nelson DI, Fingerhut MA, Leigh J, Tak S, et al. Estimating the global burden of low back pain attributable to combined occupational exposures. *American Journal of Industrial Medicine*. 2005;48(6):459-69.
  62. Trupin L, Earnest G, San Pedro M, Balmes J, Eisner M, Yelin E, et al. The occupational burden of chronic obstructive pulmonary disease. *European Respiratory Journal*. 2003;22(3):462-69.
  63. GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016;388(10053):1659-724.
  64. Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D, Young R, Ahrens W, Boffetta P, et al. Occupational exposure to carcinogens in the European Union. *Occupational and Environmental Medicine*. 2000;57(1):10-18.
  65. Kelsh MA, Alexander DD, Mink PJ, Mandel JH. Occupational trichloroethylene exposure and kidney cancer: a meta-analysis. *Epidemiology*. 2010;21(1):95-102.
  66. Nelson DI, Concha-Barrientos M, Driscoll T, Steenland K, Fingerhut M, Punnett L, et al. The global burden of selected occupational diseases and injury risks: Methodology and summary. *American Journal of Industrial Medicine*. 2005;48(6):400-18.
  67. Nelson DI, Nelson RY, Concha-Barrientos M, Fingerhut M. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*. 2005;48(6):446-58.
  68. Prüss-Üstün A, Rapiti E, Hutin Y. Estimation of the global burden of disease attributable to contaminated sharps injuries among health-care workers. *American Journal of Industrial Medicine*. 2005;48(6):482-90.
  69. Takala J, Hämäläinen P, Saarela KL, Yun LY, Manickam K, Jin TW, et al. Global estimates of the burden of injury and illness at work in 2012. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2014;11(5):326-37.
  70. Forouzanfar MH, Alexander L, Anderson HR, Bachman VF, Biryukov S, Brauer M, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2015;386(10010):2287-323.
  71. Cho HJ, Lee HS, Paik DI, Bae KH. Association of dental caries with socioeconomic status in relation to different water fluoridation levels. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*. 2014;42(6):536-42.
  72. O'Connell J, Rockell J, Ouellet J, Tomar SL, Maas W. Costs and savings associated with community water fluoridation in the United States. *Health Affairs*. 2016;35(12):2224-32.
  73. Zhang H, Chang S, Wang L, Wang W. Estimating and comparing the cancer risks from THMs and low-level arsenic in drinking water based on disability-adjusted life years. *Water Research*. 2018;145:83-93.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Review Article



## A review of studies on burden of disease attributable to environmental risk factors in Iran: achievements, limitations and future plans

K Naddafi<sup>1,2</sup>, A Mesdaghinia<sup>1,3</sup>, M Abtahi<sup>4</sup>, MS Hassanvand<sup>2,\*</sup>, R Saeedi<sup>5,\*</sup>

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Center for Air Pollution Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Center for Water Quality Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5- Department of Health and Safety, and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 25 May 2019

**Revised:** 10 July 2019

**Accepted:** 16 July 2019

**Published:** 4 September 2019

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Environmental burden of disease (EBD) studies are one of the most important needs for determining the current situation, increasing the effectiveness of health policies and programs and prioritizing environmental health interventions. This review article was evaluated the status of the EBD in Iran based on the results of the latest Global Burden of Disease (GBD) Study, other international studies and national estimates in the country.

**Materials and Methods:** In this study, the researches on the EBD in Iran were identified by searching in the international and national scientific databases and the search results were studied and analyzed.

**Results:** The review of the EBD studies showed that based on the results of the GBD study, the share of environmental risk factors in the total burden of diseases in the country in 2017 according to the disability-adjusted life years (DALYs) and deaths were about 8 and 13%, respectively. According to the results of the GBD study, the contributions of environmental risk factors in the attributable DALYs in the country in 2017 (a total value of 1,648,329) were as follows: ambient air PM<sub>2.5</sub> for 45.0%, occupational risk factors for 25.1%, exposure to lead for 19.4%, unsafe water source for 5.0%, tropospheric ozone for 1.7%, lack of access to handwashing facility for 1.5%, unsafe sanitation for 1.4%, residential radon for 0.6%, and household air pollution from solid fuels for 0.3%. The total DALY rate and death rate attributable to solar ultraviolet radiation in Iran in 2000 were estimated to be 46.2 and 0.7, respectively. The DALY and the DALY rate attributable to elevated levels of fluoride in drinking water due to dental fluorosis in the country in 2017 were 3,443 and 4.14, respectively. The evaluation of the effect of water fluoridation as an environmental protective factor showed that the intervention by reducing the risk of dental caries could fall the DALY and DALY rates in the country by 14,971 and 18.73, respectively. In the period of 2005-2017, the DALY rate (per 100,000 people) attributable to ambient air PM<sub>2.5</sub>, tropospheric ozone, residential radon, and occupational risk factors rose that the result increases the importance of the preventive measures and controls of these risk factors.

**Conclusion:** There was a considerable difference in the burden of disease attributed to each risk factor in various international studies as well as between national and international studies. The results of national studies on the burden of diseases attributable to environmental risk factors are considered to be more reliable and practical due to the application of more detailed data and conducting subnational evaluations; therefore, the strengthening and continuing these studies at the national and sub-national levels with regard to priorities, needs, and spatiotemporal trends using domestic reliable data and information are necessary and strictly recommended.

**Keywords:** Environmental burden of disease, Health outcome, Risk exposure, Spatiotemporal trend, Comparative risk assessment

### \*Corresponding Author:

hassanvand@tums.ac.ir

r.saeedi@sbsmu.ac.ir