مجله سلامت و بهداشت اردبیل

دوره دوم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۷ تا ۱۶

برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از منابع مختلف در ایران و پهنه‌بندی آن در GIS

فاطمه مومنی‌ها[۱]، رامین نبی‌زاده[۲]، امیرحسین محوی[۳*]، سیمین ناصری[٤]، محمدصادق حسنوند[۵]، روح‌الله رستمی[۶]

۱. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران

۳. نویسنده مسئول: استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، **E-mail:** ahmahvi@yahoo.com

٤. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۵. دانشجوی دکترا، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۶. کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان

چکیده

زمینه و هدف : همگام با توسعه و پیشرفت در جوامع کنونی آلاینده‌های متعددی به محیط‌زیست انتشار می‌یابند. سمی‌ترین آلاینده‌های منتشره به محیط‌زیست دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها می‌باشد که از منابع طبیعی و انسان‌ساخت تولید می‌شوند. هدف از این مطالعه برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از منابع مختلف در ایران، تعیین وضعیت بارگذاری آلودگی در استان‌های کشور و پهنه‌بندی آن در GIS جهت تبیین وضعیت انتشار این آلاینده‌ها از منابع مختلف می‌باشد.

روش کار: به‌منظور دستیابی به اهداف این مطالعه ابتدا منابع انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها شناسایی و سپس با مراجعه به سازمان‌های متولی، داده‌های مورد نیاز جهت برآورد میزان انتشار این آلاینده‌ها از طریق پرسشنامه‌های مربوطه جمع‌آوری شد. در نهایت با استفاده از فاکتورهای انتشار تعیین شده توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، میزان انتشار هرکدام از منابع برآورد گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و وضعیت بارگذاری آلودگی در استان‌های کشور با نرم‌افزار Arc GIS پهنه‌بندی گردید.

یافته‌ها: براساس نتایج بدست آمده میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در ایران در سال ۱۳۸۸، برابر ۱۹۵۷ گرم بوده است که از این مقدار۷۰۵/۸ گرم به هوا، ۰/۵ گرم به آب، ٤۶۳/۵ گرم به زمین، ۱٤٤/۱ گرم به محصولات وارد شده و ۶٤۳/۲ گرم آن به صورت خاکستر باقی می‌ماند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در ایران بسیار زیاد می‌باشد و تعیین راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کنترل این آلاینده خطرناک الزامی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده، دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها، منابع انتشار، ایران، GIS

دریافت: ۹۰/۳/۷ **پذیرش:** ۹۰/۵/۵

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

مقدمه

آلودگی محیط‌زیست به ترکیبات مضر و خطرناک از مسایل مهمی است که امروزه جوامع مختلف بشری با آن روبه‌رو هستند. آلاینده‌ها در طی مسیر خود به آب، هوا و خاک وارد می‌شوند و پس از آن نیز ممکن است به بدن انسانها و حیوانات وارد شده و سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی گردند. گروهی از سمی‌ترین آلاینده‌های منتشره به محیط‌زیست دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها می‌باشند که از منابع طبیعی و انسان‌ساخت تولید می‌شوند. دی‌اکسین‌ها (dibenzo-p-dioxins) و فوران‌ها (dibenzofurans) ترکیبات آلی کلره بوده که از اکسیژن، هیدروژن، کربن و کلر تشکیل شده‌اند و در گروه ترکیبات پلی‌هالوژنه (polyhalogenated compounds) قرار می‌گیرند. ساختار شیمیایی آنها شامل دو حلقه بنزنی است که این دو حلقه در دی‌اکسین توسط دو اتم اکسیژن و در فوران توسط یک اتم اکسیژن بهم وصل شده‌اند. دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها دارای ۲۱۰ ایزومر می‌باشند که از این بین ۱۳۵ ایزومر مربوط به فوران و ۷۵ ایزومر دیگر متعلق به دی‌اکسین است [۱]. سمی‌ترین دی‌اکسین 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) با فرمول $C1_2H_4CL_4O_2$ می‌باشد که دارای ۲۲ ایزومر است [۲] و در سال ۱۹۹۷ از سوی آژانس بین‌المللی تحقیق بر روی سرطان، در رده اول سرطانزاها جای گرفته است [۱]. این ترکیب از نظر سمیت پس از مواد رادیواکتیو قرار دارد و سمیتی برابر۱ دارد [۳]. ایزومرهای دیگر دی‌اکسین سمیتی بین ۱-۰ دارند. دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها بعنوان مواد بسیار پایدار و مقاوم شناخته شده‌اند و در طبیعت به کندی از بین می‌روند [٤] بنحوی‌که نیمه‌عمر TCDD در بدن نوزادان ۶- ۵ ماه [۵] و در انسان بالغ ۱۱- ۷ سال عنوان شده است [۶]. منابع اصلی تولید دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها شامل آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتشفشان‌ها، صنایع فلزی آهنی و غیرآهنی، تولید محصولات معدنی، صنایع چوب و کاغذ، نیروگاه‌های مولد برق یا نیروگاههای حرارتی می‌باشد. منابع احتراق و کارخانه‌های ذوب فلزات بزرگترین منابع وارد کننده دی‌اکسین‌ها به هوا می‌باشند. دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها همچنین فرآورده‌های جانبی ناخواسته‌ای هستند که از سوختن یا دیگر فرایندهای حرارتی ترکیبات آلی و کلر تشکیل می‌شوند [۷]. زباله‌سوزها به‌ویژه زباله‌سوزهای بیمارستانی به دلیل احتراق ناقص خود در انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به محیط‌زیست نقش دارند. یک زباله‌سوز بدون تجهیزات کنترل آلودگی توانایی انتشار ۲۱ نوع ترکیب سرطانزای دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به محیط را داراست [۸]. دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها پس از تولید و ورود به اتمسفر در اثر ریزش‌های جوی بر روی گیاهان و رودخانه‌ها وارد زنجیره غذایی حیوانات و در نهایت انسان می‌شود [۹]. آنها به دلیل داشتن خاصیت چربی‌دوستی (محلول در چربی) بالا در بافت‌های چربی حیوانات تجمع می‌یابند [۱۰]. از این‌رو مقدار زیادی از آنها در گوشت حیوانات، محصولات لبنی و تخم‌مرغ وجود دارد. انسان‌ها نیز به‌طور معمول به وسیله رژیم غذائی و مصرف گوشت (۱۳٪)، تخم‌مرغ (۲٪)، ماهی (۳۱٪) و محصولات لبنی (۲۷٪) در معرض این مواد آلاینده قرار می‌گیرند [۱۰]. طبق نظر EPA ۹۵-۹۰ درصد جذب دی‌اکسین از طریق غذا و در حقیقت توسط حیوانات است [۱۱]. مقدار کمی دی‌اکسین نیز از طریق تنفس هوای آلوده یا تماس با آلاینده‌ها و جذب به وسیله پوست به بدن وارد می‌شود. تماس‌های طولانی مدت با ترکیبات دی‌اکسین به نقص سیستم ایمنی بدن، اختلال سیستم عصبی و سیستم غدد درون‌ریز و اختلال در عملکرد سیستم تناسلی منجر شده و احتمال بروز انواع سرطان را نیز افزایش می‌دهد [۱۲]. با توجه به اثرات شدید این مواد بر محیط‌زیست و انسان‌ها، باید به دنبال راهکارهایی برای شناسایی و کنترل و حذف آنها از محیط باشیم.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

این مطالعه با هدف برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در ایران و مشخص‌نمودن وضعیت بارگذاری آلودگی در استان‌های کشور با استفاده از GIS انجام شده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی یا GIS[1]، سیستمی کامپیوتری جهت مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی بوده که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی (مکانی) را دارا می‌باشد. داده‌ها در این سیستم بر اساس موقعیتشان نشان داده می‌شوند. تکنولوژی GIS با جمع‌آوری و تلفیق اطلاعات پایگاه داده‌های معمولی، به وسیله تصویرسازی و استفاده از آنالیزهای جغرافیایی، اطلاعاتی را جهت تهیه نقشه‌ها فراهم می‌سازد. این اطلاعات به منظور واضح‌تر جلوه‌دادن رویدادها، پیش‌بینی نتایج و تهیه نقشه‌ها به کارگرفته می‌شود [۱۳].

در اکثر کشورها مطالعات متعددی در زمینه شناسایی و برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از منابع مختلف صورت گرفته است. در زمینه برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در ایران مطالعات محدودی انجام گرفته است. میزان انتشار ترکیبات شبه‌دی‌اکسین (Dioxin-like Compounds) از برخی از صنایع کشور، توسط دکتر آذری و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است [۱۲]. دکتر مجلسی در مطالعه‌ای مروری، به بررسی تشکیل دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در زباله‌سوزها و روش‌های کاهش و کنترل آنها پرداخته است [۱٤]. در سال ۱۳۸۵ دکترمحمدنژاد و همکاران در تحقیقی انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها را در بخش انرژی کشور مورد ارزیابی قرار دادند [۱۵].

براساس مطالعات انجام‌شده مشخص گردید که تاکنون در ایران مطالعه جامعی در زمینه برآورد میزان انتشار دی‌اکسین و فوران از تمامی منابع منتشرکننده این آلاینده‌ها انجام نشده است. بنابراین نویسندگان مقاله برآن شدند تا ضمن شناسایی منابع منتشرکننده دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در کشور، میزان انتشار این آلاینده‌های سمی و خطرناک را در ایران مورد بررسی قرار دهند.

روش کار

این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی می‌باشد. هدف اصلی در اجرای این مطالعه، برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از منابع مختلف در ایران و پیاده‌سازی آن در GIS به منظور مشخص‌شدن وضعیت بارگذاری آلودگی در کشور می‌باشد.

با توجه به اینکه آنالیزهای اندازه‌گیری دی‌اکسین و فوران گران است، در کشورهای در حال توسعه تخمین دقیقی از انتشار دی‌اکسین وفوران وجود ندارد، لذا در دستورالعمل زیست محیطی ملل متحد، Standardized Toolkit پیش‌بینی شده است. UNEP[2] به منظور کمک به کشورها، این Toolkit را جهت شناسایی منابع انتشار دی‌اکسین و فوران تهیه نموده است. این Toolkit انعطاف‌پذیر بوده و برای کلیه کشورها کاربرد دارد و هدف اساسی آن برآورد انتشار دی‌اکسین و فوران از منابع موجود به محیط‌های هوا، آب (مرداب، اقیانوس، خلیج و رسوبات)، خاک، پسماند (شامل زایدات مایع، لجن و پسماندهای جامدی که جمع‌آوری شده و به عنوان زایدات دفن می‌شوند و یا بازیافت می‌گردند) و محصولات (مواد شیمیایی یا کالاهای مصرفی مثل کاغذ و منسوجات وغیره) می‌باشد [۱۶].

به‌منظور دستیابی به اهداف این مطالعه ابتدا منابع انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها شناسایی شد و ۹ منبع اصلی انتشار این آلاینده‌ها شامل زباله‌سوزها، تولید فلزات آهنی و غیرآهنی، نیروگاه‌های تولید برق و گرما، تولید مواد معدنی، حمل و نقل، سوزاندن به طریقه روباز، تولید و استفاده از کالاهای مصرفی و

1. Geographic Information Systems

2. United Nations Environment Programme

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

مواد شیمیایی، گروه متفرقه و دفع مورد بررسی قرار گرفت. سپس با مراجعه به مرکز پژوهش‌های سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، سازمان دامپزشکی کل کشور، وزارت صنایع و معادن کشور، وزارت نیرو، سازمان حمل و نقل و ترافیک شهری کشور، سازمان آتش‌نشانی کشور، سازمان دخانیات و سازمان آب و فاضلاب کشور داده‌های مورد نیاز جهت برآورد میزان انتشار این آلاینده‌ها، از طریق پرسشنامه‌های تدوین‌یافته توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد (UNEP) که جهت برآورد میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها تهیه شده است جمع‌آوری شد. در نهایت با استفاده از فاکتورهای انتشار (Emission Factors) تعیین‌شده در Toolkit، میزان انتشار هرکدام از منابع برآورد گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و وضعیت بارگذاری آلودگی در استان‌های کشور با نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی گردید.

نتایج

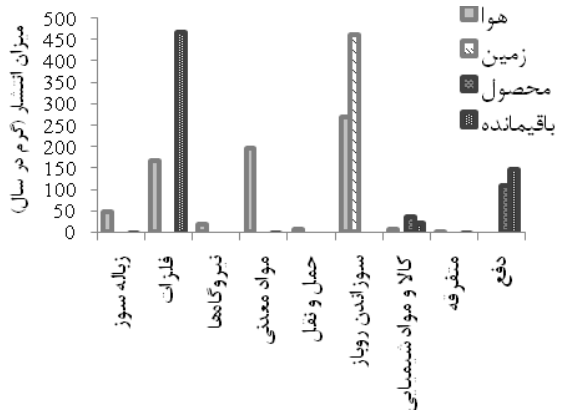
میزان انتشار سالیانه دی‌اکسین و فوران از منابع مختلف تولیدکننده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. میزان انتشار سالیانه دی‌اکسین و فوران از منابع تولیدکننده

گروه	طبقه‌بندی منابع	انتشار سالیانه (گرم در سال)
۱	زباله سوز	٤٦/٤
۲	تولید فلزات آهنی و غیر آهنی	۶۳۵/۷
۳	نیروگاه‌های تولید برق و گرما	۱۸/۵
٤	تولید مواد معدنی	۱۹۶/۲
۵	حمل و نقل	۶/۳
۶	سوزاندن به طریقه روباز	۷۳۲/۸
۷	تولید و استفاده از کالای مصرفی و مواد شیمیایی	۶۲/۱
۸	متفرقه	۲/۲
۹	دفع	۲۵۷
	مجموع	۱۹۵۷

نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در کشور در سال ۱۳۸۸، ۱۹۵۷ گرم بوده است، که سوزاندن به طریقه روباز با تولید ۷۳۲/۸ گرم دی‌اکسین و فوران بیشترین سهم انتشار را به خود اختصاص داده است.

شکل ۱ توزیع میزان انتشار دی‌اکسین و فوران را از منابع تولیدکننده به محیط‌های پذیرنده نشان می‌دهد.



شکل۱. توزیع میزان انتشار دی‌اکسین و فوران از منابع تولیدکننده به محیط‌های پذیرنده

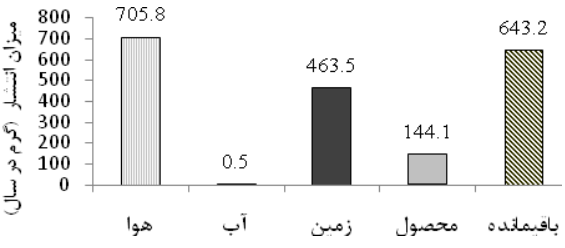
با توجه به این شکل از زباله‌سوزها در سال ٤۶ گرم دی‌اکسین و فوران به هوا انتشار می‌یابد و ۰/٤ به صورت خاکستر برجای می‌ماند. همچنین تولید فلزات آهنی و غیرآهنی ۱۶۶ گرم دی‌اکسین و فوران به هوا منتشر می‌نماید و ٤۶۹ گرم به صورت خاکستر برجای می‌ماند. این شکل همچنین نشان می‌دهد که میزان تولید دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از نیروگاه‌های تولید برق و گرما ۱۸/۵ گرم در سال می‌باشد که کل این مقدار به هوا انتشار می‌یابد.

از گروه تولید مواد معدنی ۱۹٤/۸ گرم دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به هوا انتشار می‌یابد و۱/٤ گرم به صورت خاکستر برجای می‌ماند. در کشور سالانه ۶/۳ گرم دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از حمل و نقل به هوا انتشار می‌یابد. همچنین از سوزاندن به طریقه روباز ۲۶۹/۳

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

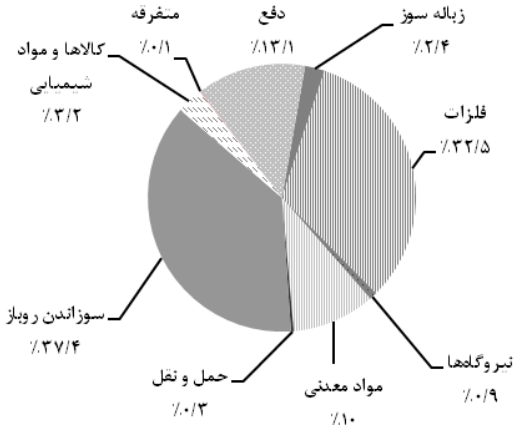
گرم دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به هوا و ٤٦٣/٥ گرم به زمین وارد می‌شود. از گروه تولید کالاهای مصرفی و مواد شیمیایی ٤/٦ گرم دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به هوا و ٣٤/٨ گرم به محصول وارد شده و نیز ٢٢/٨ گرم به صورت خاکستر برجای می‌ماند. میزان تولید دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از گروه متفرقه۲/۲ گرم در سال می‌باشد که ۰/۱گرم به هوا انتشار می‌یابد و ۲/۱ گرم به صورت خاکستر برجای می‌ماند. لازم به ذکر است که تنها گروهی که باعث انتشار این آلاینده‌ها به آب می‌شود گروه دفع می‌باشد که ۰/۵گرم دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها را به آب و ۱۰۹/۳ گرم به زمین منتشر می‌نماید و ١٤٧/٢ گرم را به صورت خاکستر بر جای می‌گذارد.

در شکل ۲ توزیع میزان انتشار دی‌اکسین و فوران به محیط‌های پذیرنده (هوا، آب، زمین، محصول و باقیمانده) نشان داده شده است.



شکل ۲. توزیع میزان انتشار دی‌اکسین و فوران به محیط‌های پذیرنده

شکل ۳ توزیع درصد میزان انتشار دی‌اکسین را در کشور نشان می‌دهد که کمترین سهم انتشار مربوط به گروه متفرقه می‌باشد و تولید فلزات آهنی و غیرآهنی ۳۲/۵ درصد انتشار دی‌اکسین و فوران را به خود اختصاص داده است.



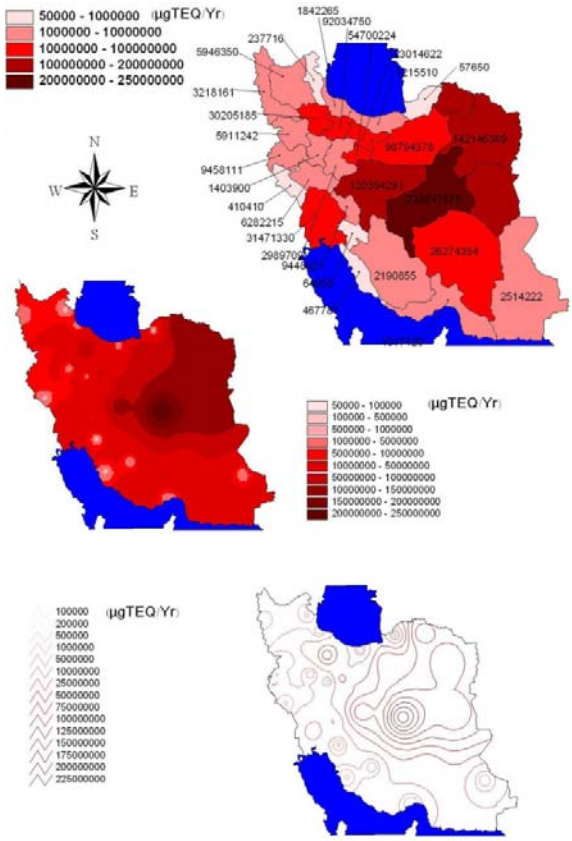
شکل ۳. توزیع درصد میزان انتشار دی‌اکسین و فوران از منابع مختلف

پهنه‌بندی انتشار دی‌اکسین و فوران در GIS

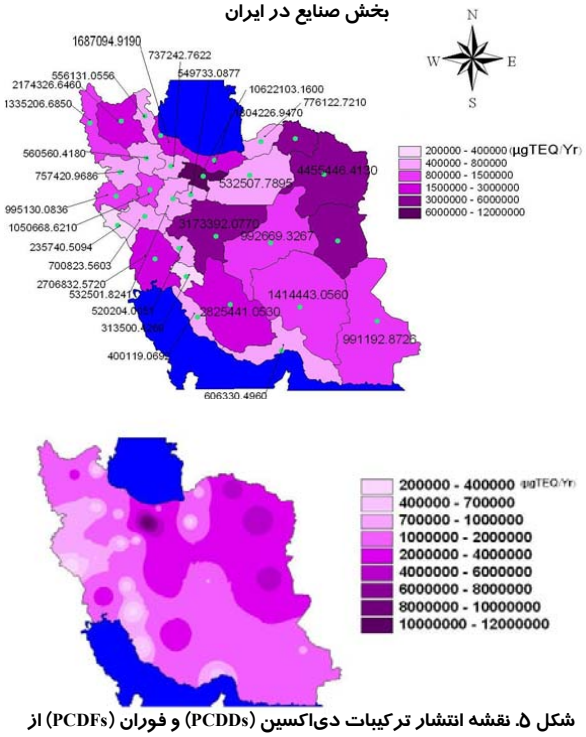
در این مطالعه پس از شناسایی منابع منتشرکننده دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در ایران و برآورد میزان انتشار از هر یک از این منابع، میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در استان‌ها در بخش صنایع (شامل تولید فلزات آهنی و غیرآهنی، نیروگاه‌ها، تولید مواد معدنی، تولید کالاهای مصرفی و مواد شیمیایی) و زباله‌سوزهای استان‌های کشور تعیین گردید که نتایج حاصله در جدول ۲ ارائه شده است.

سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS وضعیت بارگذاری آلودگی در استان‌های کشور مشخص گردید که نقشه‌های بدست آمده در شکل ٤ و ٥ نشان داده شده است.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]



شکل ٤. نقشه انتشار ترکیبات دی‌اکسین (PCDDs) و فوران (PCDFs) از بخش صنایع در ایران



شکل ۵. نقشه انتشار ترکیبات دی‌اکسین (PCDDs) و فوران (PCDFs) از زباله‌سوزها در ایران

جدول ۲. میزان تولید دی‌اکسین و فوران از صنایع و زباله‌سوزها در استان‌های کشور

استان	دی‌اکسین‌ها و فوران‌های منتشرشده در محیط (میکروگرم در سال)	
	زباله‌سوزها	صنایع
آذربایجان شرقی	۲۱۷٤۳۲۶/۷	۵۹٤۶۳۵۰
آذربایجان غربی	۱۳۳۵۲۰۶/۷	۳۲۱۸۱۶۱
اصفهان	۳۱۷۳۳۹۲	۱۲۰۳۸٤۲۹۱
اردبیل	۵۵۶۱۳۱	۲۳۷۷۱۶
ایلام	۲۳۵۷٤۰/۵	٤۱۰٤۱۰
بوشهر	٤۰۰۱۱۹/۰۶	٤۶۷۷۸۱
تهران	۱۰۶۲۲۱۰۳/۱۶	۲۳۰۱٤۶۲۲
چهارمحال و بختیاری	۵۲۰۲۰٤	۹٤٤۸۰۲۱
خوزستان	۲۷۰۶۸۳۲/۶	۳۱٤۷۱۳۳۰
خراسان(شمالی، رضوی و جنوبی)	٤٤۵۵٤٤۶/٤	۱٤۲۱٤۶۳۶۹
زنجان	۵۶۰۵۶۰/٤	۳۰۲۰۵۱۸۵
سیستان و بلوچستان	۹۹۱۱۹۲/۹	۲۵۱٤۲۲۲
سمنان	۵۳۲۵۰۷/۸	۹۸۷۹٤۳۷۸
فارس	۲۸۲۵٤٤۱	۲۱۹۰۸۵۵
قزوین	۷۳۷۲٤۲/۷۶	۹۲۰۳٤۷۵۰
قم	۵٤۹۷۳۳/۰۸	۵٤۷۰۰۲۲٤
کردستان	۷۵۷٤۲۰/۹۶	۵۹۱۱۲٤۲
کرمان	۱٤۱٤٤٤۳	۲۶۲۷٤۳۵٤
کرمانشاه	۹۹۵۱۳۰/۰۸	۹٤۵۸۱۱۱
کهکیلویه و بویراحمد	۳۱۳۵۰۰/٤۲	۶٤۹۵۸
گلستان	۷۷۶۱۲۲/۷۲	۵۷۶۵۰
گیلان	۱۶۸۷۰۹٤/۹۱	۱۸٤۲۲۶۵
لرستان	۷۰۰۸۲۳/۵۶	۶۲۸۲۲۱۵
مازندران	۱۸۰٤۲۲۶/۹۵	۱۲۱۵۵۱۰
مرکزی	۵۳۲۵۰۱/۸۲	۲۹۸۹۷۰۹
هرمزگان	۶۰۶۳۳۰/۵	۱۰۱۷۱۲۰
همدان	۱۰۵۰۶۶۸/۶۲	۱٤۰۳۹۰۰
یزد	۹۹۲۶۶۹/۳۲	۲۳۸۸٤۷۵۷۸
جمع کل	٤٤۰۰۷۱۱۳/۱۳	۹۱۲۵٤۹۲۷۵

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در ایران در سال ۱۳۸۸، برابر ۱۹۵۷ گرم می‌باشد که از این مقدار ۷۰۵/۸ گرم به هوا، ۰/۵ گرم به آب، ٤٦۳/۵ گرم به زمین، ۱٤٤/۱ گرم به محصولات، وارد شده و ٦٤۳/۲ گرم آن به صورت خاکستر باقی می‌ماند، که سوزاندن به‌طریقه روباز با ۳۷/٤ درصد، بزرگترین منبع انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در کشور می‌باشد. مطالعه‌ای در سال ۲۰۰٤ در کشور چین نشان می‌دهد که سوزاندن روباز باقیمانده محصولات با انتشار ۱۵۲۰ گرم از ترکیبات دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها، بزرگترین منبع انتشار در این کشور می‌باشد [۱۷]. متأسفانه در روستاهای کشور یکی از روش‌های اصلی دفع پسماندهای خانگی و نیز باقیمانده محصولات کشاورزی، سوزاندن به‌صورت روباز می‌باشد که با توجه به اهمیت کنترل سوزاندن به طریق روباز و عواقب ناشی از آن، می‌توان با مدیریت صحیح پسماندها در روستاهای کشور بزرگترین منبع انتشار دی‌اکسین و فوران را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. نتایج حاصله همچنین نشان داد که در بخش صنایع (شامل تولید فلزات آهنی و غیرآهنی، نیروگاه‌ها، تولید موادمعدنی و تولید کالاها و مواد شیمیایی) بیشترین غلظت ترکیبات دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در استان‌های یزد، خراسان، اصفهان، سمنان، قزوین، خوزستان، زنجان، قم، تهران و کرمان وجود دارد، که می‌بایست با برنامه‌ریزی‌های مناسب و مدیریت صحیح در استان‌های مذکور، انتشار این آلاینده‌های سمی و خطرناک را کنترل نمود و به کمترین میزان ممکن کاهش داد. با نصب تجهیزات کنترل آلاینده‌ها می‌توان دی‌اکسین‌ها و فوران‌های متصاعد شده از کارخانه‌های ذوب فلزات (مانند ذوب‌کردن سنگ آهن و ذوب مس) و تولید آهن و فولاد را تا حد زیادی کاهش داد. همچنین خاکستر باقی‌مانده از کوره‌ها را باید به نحو صحیحی جمع‌آوری و دفع نمود.

دکتر آذری و همکاران نیز با بررسی میزان انتشار ترکیبات شبه دی‌اکسین (Dioxin-like Compounds) از صنایع کشور، به این نتیجه رسیدند که در استان‌های صنعتی کشور نظیر یزد، اصفهان، خراسان و سمنان بیشترین میزان انتشار این ترکیبات وجود دارد [۱۲]. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸٤ انجام شده است، میزان انتشار دی‌اکسین و فوران از نیروگاه‌های کشور ۱٤ g I-TEQ/a برآورد شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد [۱۵]. میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در سال ۲۰۰۷ در کشور چین از صنعت تولید مس و آلومینیوم به‌ترتیب ۳۷/۵ g I-TEQ/a و ۷/۳ برآوردگردیده است [۱۸]. در مطالعه‌ای که در انگلستان انجام شده، میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از صنعت تولید آهن ۳۸ g I-TEQ/a برآورد گردیده است که در مقایسه با ایران رقم کمتری می‌باشد. میزان انتشار سالانه دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها از تولید ورق گالوانیزه در ایران ۰/۰۱۲ گرم برآورد شده که طبق مطالعات انجام شده در سال ۲۰۰۲، در اسپانیا میزان انتشار از این منبع ۰/۰۲۳ g I-TEQ بوده است که تقریبا مشابه مقادیر منتشر شده در ایران می‌باشد [۱۹].

بررسی وضعیت زباله‌سوزهای کشور نشان داد استان تهران با دارا بودن بیشترین زباله‌سوزها، بزرگترین سهم (۱۰/۶گرم) در انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها را از زباله‌سوزها به‌خود اختصاص داده است و پس از این استان به‌ترتیب استان‌های خراسان (شمالی، رضوی و جنوبی)، اصفهان و آذربایجان شرقی بیشترین سهم را دارا می‌باشند.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۰ در کشور ایرلند انجام گرفته است، میزان انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها به هوا، آب و زمین به ترتیب ۳٤، ۲ و ۵۷ گرم در سال برآورد گردیده است. در همین سال میزان

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

انتشاردی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در کشور اردن ۷۱/۱٤ [۲۰] و در کشور لبنان ۷۷/۵ g I-TEQ/a برآورد شده است [۲۱]. رقم بالاتر انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در ایران به دلیل وسعت و جمعیت بیشتر می‌باشد. همچنین میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در ایالات متحده ۱٤۲۲ g TEQ/year برآورد گردیده که از این میزان ۹۲٪ آن به هوا انتشار می‌یابد [۲۲] که در ایران نیز بیشترین میزان انتشار به هوا صورت می‌گیرد. در مطالعه‌ای که در کشور فیلیپین انجام شده، میزان انتشار دی‌اکسین و فوران از زباله‌سوزها ٤۱/۵۵ گرم، تولید فلزات آهنی و غیرآهنی ۱۰/۵۵ گرم، نیروگاه‌ها ۱۵۷/۲۳ گرم، تولید موادمعدنی ۲/۵۷ گرم، حمل و نقل ۰/۱۱ گرم، سوزاندن روباز ۱۸۷/۰٤ گرم، تولید کالاها و مواد شیمیایی ۹۱/۵۶ گرم، متفرقه ۰/٤۳ گرم و دفع ٤۳/۲ گرم در سال برآورد گردیده است [۲۳]. همچنین میزان انتشار دی‌اکسین و فوران در سال ۲۰۰۲ در کشور ویتنام ۶۸/۸۲ g I-TEQ/a برآورد شده است [۲۱] که در مقایسه با ایران رقم ناچیزی می‌باشد.

جهت کنترل انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در ابتدا می‌بایست منابع، روش‌های تولید و اثرات این آلاینده‌های سمی و سرطان‌زا برای مسئولین مربوطه تبیین و براساس اولویت راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کنترل آن‌ها ارائه شود. از آنجایی‌که عامل اصلی تولید و انتشار دی‌اکسین و فوران احتراق ناقص می‌باشد، لذا مهمترین و موثرترین روش و راهکار کنترل این آلاینده‌ها، انجام احتراق کامل است و این امر مستلزم نگهداری و بهره‌برداری مناسب از تجهیزاتی است که دارای فرآیند احتراق کامل می‌باشند. بنابراین پایش، اصلاح و استاندارد نمودن روش‌های نامناسب بهره‌برداری از تجهیزات دارای فرآیند احتراق خصوصاً زباله‌سوزهای بیمارستانی، اصولی‌ترین روش کنترل تولید و انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها می‌باشد. گزارش شده است که دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در حضور اشعه فرابنفش و به وسیله کاتالیزورهائی مانند نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم، تخریب شده و از بین می‌روند [۳]. استفاده از این روش و اقداماتی نظیر استفاده از اسکرابرهای تر و خشک به همراه فیلترهای فابریک و یا استفاده از انواع جاذب‌ها مانند کربن‌فعال و Adiox (شامل یک پلیمر مانند پلی‌پروپیلن است که ذرات کربن در آن پراکنده‌اند) کارائی کنترل و حذف دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها را بالا برده [۲٤] و از ورود این ترکیبات خطرناک به محیط‌زیست و ایجاد عواقب بعدی جلوگیری خواهد نمود. اقدامات دولتی و وضع قوانین برای صنایع به منظور کاهش انتشار دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها نیز می‌تواند یک راه حل مناسب باشد.

منابع

1. Pichtel, J., Waste management practices: Municipal, Hazardous, and Industrial. 2005, New York: CRC Press.
2. Mai, T.A., et al., Dioxin contamination in soils of Southern Vietnam. Chemosphere 2007; 67:1802-1807.
3. Kulkarni, P.S., J.G. Crespo, and C.A.M. Afonso, Dioxins sources and current remediation technologies — A review. Environment International, 2008; 34 :139–153.
4. Natsuko Kajiwara, M.W., Susan Wilson, Tariel Eybatov, Persistent organic pollutants (POPs) in Caspian seals of unusual mortality event during 2000 and 2001 Environmental Pollution, 2008; 152(2): 431-442.
5. Kerger, B.D., et al., Refinements on the age-dependent half-life model for estimating child body burdens of polychlorodibenzodioxins and dibenzofurans. Chemosphere. 2007; 67: 272-278.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

6. Geyer, H.J., et al., Half-lives of tetra-, penta-, hexa-, hepta-, and octachlorodibenzo-p-dioxin in rats, monkeys, and humanscritical. Chemosphere. 2002; 48(6): 631-644.
7. B.Wang, J., et al., Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran emissions from an industrial park clustered with metallurgical industries. Hazardous Materials. 2009; 161: 800-807.
8. Mousavi, M., A.Taymouri, and V. Ghaffarian, Transient mass transfer modeling and simulation of polybrominated diphenyl ethers combustion in incinerators. Int. J. Environ. Sci. Tech. 2009; 6(3): 499-508.
9. Ebtekar, M., Effects of Persistent Organic Pollutants on the Immune System:The Case of Dioxins. Iranian Journal Environmental Health Sciences Engineering. 2004; 1(2): 1-7.
10. Llobet, J.M., et al., Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. Chemosphere. 2003;50: 1193-1200.
11. Perelló, G., et al., Influence of various cooking processes on the concentrations of PCDD/PCDFs, PCBs and PCDEs in foods Food Control. 2010; 21(2): 178-185.
12. Azari, m., f. falaki, and m. MasoudiNejad, Assessment of Dioxin-Like compounds released from Iranian industries and municipalities. Tanaffos [National Research Institute of Tuberculosis and Lung Disease]. 2007; 6(3): 59-64.
13. Hatefi, A. and M.R. Delavar, A GIS-based Air Pollution Modeling in Tehran. International Society of Journal Environmental Information Sciences. 2007;5: 557-566.
14. Majlesi, M., Formation of Dioxin and Furans in incinerator and reduce and control methods, in The Second National Conference on Waste Management and its Status in urban planning. 2005,Tehran.Iran. Full Text Persain.
15. Mohammadnezhad, S., K. Nematpoor, and E. Abdollahzade, Assessment of Dioxin and Furan emission in Country Energy Sector in The First Conference of Environmental Engineering. 2005, Tehran.Iran. Full Text Persian.
16. UNEP, Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases. 2005, United Nations Environment Programme: Chemicals Geneva, Switzerland.
17. Zhang, Q., J. Huang, and G. Yu, Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans emissions from open burning of crop residues in China between 1997 and 2004. Environmental Pollution. 2008;151: 39- 46.
18. Ba, T., et al., Estimation and characterization of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs from secondary copper and aluminum metallurgies in China. Chemosphere. 2009;75: 1173-1178.
19. Martinez, M.A., et al., Evaluation of the Spanish hot dip galvanising sector as a source of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. Chemosphere. 2008. 71: 1127-1134.
20. Zabin, H.A., et al., Identification and quantification of Dioxin and Furan releases in Jordan. 2003, Ministry of Environment Jordan.
21. UNEP.Chemicals, Asia toolkit project on inventories of Dioxin and Furan releases national PCDD/PCDF inventories. 2003.
22. Wu, Y.-L., et al., Atmospheric dry deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the vicinity of municipal solid waste incinerators. Journal of Hazardous Materials. 2009; 162: 521-529.
23. Pablo, A.F., et al., Inventory of Dioxins and Furans in the Philippines. 2000, Department of Science and Technology: Philippines.
24. Andersson, S. and P. Lindgren, Air pollution: Wet, semi-wet or dry Adiox absorber technology targets dioxin removal. Filtration & Separation. 2006; 6:30- 43.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]

Estimation of Dioxin and Furan Emissions from Various Sources in Iran and Its Zoning in GIS

Momeniha F[1], Nabizadeh R[1], Mahvi A.H[1*], Naseri S[1], Hasanvand M.S[1], Rostami R[2]

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
**** Corresponding Author:*** **ahmahvi@yahoo.com**
2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.

ABSTRACT

Background and Objectives: Along with industrial development, various pollutants release into the environment. The most toxic pollutants are Dioxins and Furans that enter to the environment from natural and anthropogenic sources. This study conducted to estimate Dioxin and Furan emission from various sources and determine source strength of pollutants in different provinces of Iran and their zoning in GIS.
Methods: In order to achieve study targets, emission sources of Dioxin and Furan were identified and necessary data was then gathered using UNEP prepared questionnaire from relevant organizations. Emission rates were estimated applying UNEP suggested emission factors. Collected data then processed using Excel and Arc GIS softwares.
Results: Total Dioxin and Furan emission was 1957 g for Iran in 2009. From this, 705.8, 0.5, 463.5, and 144.1 g were emitted to air, water, ground, and products, respectively and 643.2 g remain in residual ashes.
Conclusion: This study shows that the emission rate of Dioxin and Furan is very high in Iran and that appropriate management strategies are required to control these dangerous pollutants.
Key words: Pollutant, Dioxin and Furan, Emission sources, Iran, GIS.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-06-08]