پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره هجدهم شماره ۶۳ فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۸۷ (۹۰-۸۳)

ارزیابی غلظت متیلن دی فنیل دی ایزوسیانات در هوای محیط کار صنایع پلی اورتان ایران

سید تقی میرمحمدی (Ph.D.) *+ **ابراهیم حکیمی** (Ph.D.)** **کدیر عمر** (Ph.D.)***
محمود محمدیان (Ph.D.)**** **کامیار کامل** (Ph.D.)*****

چکیده

سابقه و هدف: متیلن دی فنیل ایزوسیانات (MDI) در مقایسه با ۹۰ درصد از کل دی ایزوسیانات‌های مصرفی بازار، فرآورده‌ای تناژ بالا می‌باشد، پلی‌اورتان‌ها از واکنش دی‌ایزوسیانات‌ها با پلی‌یول‌ها و دیگر مواد شیمیایی حاصل می‌شوند.آن‌ها به عنوان تحریک کننده سیستم ریوی و پوست شناخته شده و عامل اصلی بروز آسم شغلی درجهان می‌باشند (NIOSH1994). هدف از این مطالعه، ارزیابی میزان غلظتMDI درصنایع پلی‌اورتان به کمک دستگاه گاز کروماتوگرافی با کارآیی بالا (HPLC) می‌باشد که به تعیین وضعیت آلودگی، بسیار کمک می‌کنند.

مواد و روش‌ها : به منظور نمونه‌برداری هوای محیط کار از پمپ نمونه‌بردار فردی و دستگاه مهاجم (impinger) کوچک همراه با محلول جاذب و برای آنالیز آن‌ها از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا و روش NIOSH 5522 استفاده شد و به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های تحقیق، نرم‌افزار SPSS V.13 مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها : میانگین غلظت به دست آمده از نمونه‌ها (بیش از ۷۹ $\mu g/m^3$) بالاتر از مقدار حد مجاز در استاندارد بوده که نشان دهنده آلودگی در صنایع پلی اورتان با وجود MDI می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که تمام صنایع پلی‌اورتان تحت این مطالعه در کشور، دارای میزان بالای آلودگی بودند و میزان آلودگی بیش از ۸۰ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. یک همبستگی قوی بین دمای داخلی و غلظت آلاینده دیده شده است، این موضوع نشان می‌دهد که هرچه میزان دما افزایش یابد، غلظت آلاینده در محیط کار بیش‌تر می‌شود و همچنین این همبستگی در رابطه با مدت زمان انجام کار و غلظت آلاینده به طور مستقیم و قوی دیده شده که بیانگر آن است که هرچه زمان انجام کار در محیط بیش‌تر شود، مقدار بیش‌تری از آلاینده در معرض تماس قرار می‌گیرد.

استنتاج : بهترین روش برای تعیین غلظت آلاینده ایزوسیانات‌ها در محیط کار، نمونه‌برداری زیست- شناختی می‌باشد، در نتیجه استفاده از روش تعیین متابولیت‌های ایزوسیانات‌ها در ادرار که هزینه کم‌تری داشته و ساده تر از نمونه برداری و آنالیز نمونه‌ها در هوا می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی : ایزوسیانات‌ها، نمونه‌برداری هوا، نمونه برداری بیولوژیکی، صنایع پلی اورتان

این تحقیق طی شماره ۱۱۹- ۸۵ در شورای پژوهشی دانشگاه ثبت شده و با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شده است.

+ **مولف مسئول : دکتر سید تقی میرمحمدی- بابلسر، میدان شهدا، خ شهید پولائی، منزل آقائی** **E-mail : mirtaghim@yahoo.com**
* دانشجوی دکتری تخصصی (PhD) دانشگاه USM مالزی در رشته Indoor Air Pollution and Control و مربی دانشگاه علوم پزشکی مازندران
** دکترای علوم محیطی- استادیار دانشگاه U.S.M مالزی *** دکترای علوم محیطی- استاد دانشگاه U.S.M مالزی
**** دکترای بهداشت حرفه ای- استادیار دانشگاه علوم پزشکی مازندران ***** دکترای آمار- دانشگاه علوم و فنون مازندران

تاریخ دریافت : ۸۶/۲/۳۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۸۶/۴/۲۷ تاریخ تصویب: ۸۷/۲/۴

www.SID.ir
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

مقدمه

ساختار مشترک تمام ترکیبات ایزوسیانات وجود دو پیوند N=C=O- در ساختمان آن‌ها است. این ترکیبات استفاده وسیعی درساخت فوم‌های پلی‌اورتان، پوشش‌های کف، چسب‌ها، رزین‌ها و رنگ‌ها، الاستومرها، واکس‌ها و موم‌ها دارند. به طور کلی تماس افراد با بخارهای انواع اشکال مونومر، پلی مر، الیگومر و پلی‌ایزوسیانات‌ها به‌صورت جداگانه درمحیط‌کار پلی- اورتان گزارش شده است (Allport DC et al 2003)، ایزوسیانات با وزن ملکولی پایین در دمای معمولی تمایل به بخار شدن داشته و از نظر تنفسی در محیط کار، خطرناک می‌باشد. برعکس ایزوسیانات با وزن ملکولی بالا به آسانی در دمای محیط به بخار تبدیل نمی‌شود، ولی به عنوان یک ماده خطرناک استنشاقی در محیط کار محسوب می‌گردند؛ خصوصاً چنان‌چه در معرض حرارت قرار گرفته یا به صورت آئروسل درآید. از آن‌جایی‌که بسیاری از واکنش‌های ایزوسیانات در طبیعت در اثر حرارت صورت می‌گیرد یا اگزوترمیک می‌باشد، ازنظر امکان تشکیل بخار واجد اهمیت می‌باشد (NIOSH 1994). بسیاری ازترکیبات MDI ازنظر فرمول ساختمانی دارای دو شکل مونومر و پلی ایزوسیانات می‌باشند و اغلب آن‌ها به شکل مونومر هستند(۱). ایزوسیانات‌ها در اشکال فیزیکی متفاوت در محیط کار وجود دارند، نه تنها کارگران به صورت بالقوه با ایزوسیانات مانند پلی مرها، مونومرها و اقسام متفاوتی از آن‌ها مواجه هستند بلکه با انواع واکنش ناپذیر آن‌ها نیز در تماس هستند(۲). بخارات ایزوسیانات‌ها در اثر فرایند اگزوترمیک (گرما ده) ایجاد شده و بر سیستم تنفسی، اثرات مخرب خود را باقی‌می‌گذارند. عمده‌ترین خطری که این ترکیب در انسان به دنبال دارد تحریک سیستم تنفسی، تحریک سیستم‌بینایی وتحریک پوست می‌باشد، برخی محققین خطر سرطان‌زایی تعدادی از ترکیبات ایزوسیانات‌ها را گزارش نموده‌اند(۳). در مقایسه‌ای که بین روش‌های نمونه برداری بخارهای ایزوسیانات‌ها در محیط‌کار (نمونه‌برداری با ایمپینجر؛ با فیلتر) و دو روش مختلف استاندارد NIOSH و OSHA برای نمونه‌برداری ایزوسیانات‌ها حین عملیات اسپری رنگ انجام شده است، نتایج مطالعه اختلاف معنی‌داری بین روش‌های توصیه شده در دو روش مذکور نشان نداده است(۴). نتایج نیز بیانگر آن است که نمونه‌برداری فیزیکی آئروسل‌ها و ژئومتریکی وسیله نمونه‌بردار بایستی به دقت بررسی شده و نمونه‌بردار مناسبی برای اندازه‌گیری انتخاب گردد(۵). درمطالعه‌ای که Streicher و همکاران (۱۹۹۸) در خصوص تعیین تماس شغلی ایزوسیانات‌ها در امریکا در صنایع مرتبط با ایزوسیانات‌ها به عمل آورده‌اند، در یافته‌اند که این آلاینده در تمامی شاغلین منجر به بروز تحریکات پوستی، غشاهای مخاطی، چشم‌ها وسیستم تنفسی شده و همچنین درماتیت تماسی، حساسیت شدید، ذات‌الریه و آسم را به دنبال داشته است. آن‌ها در پایان نیز استفاده از روش‌های مختلف برای پایش و ارزیابی مجدد و را مفید دانسته‌اند(۶). در بررسی که توسط Sennbro و همکاران (۲۰۰۳) در خصوص تعیین تماس با ایزوسیانات‌ها در ۱۳ کارخانه تولید پلی اورتان کشور سوئد انجام شد کارگران به چهار گروه کاری تقسیم شده و در مدت ۸ ساعت کاری مورد پایش قرار گرفتند. این بررسی توسط پمپ‌های نمونه‌بردار فردی و جاذب‌ها انجام شد و نتایج نشان داد که بین بروز اختلالات تنفسی، پوستی و تماس با ایزوسیانات‌ها رابطه معنی‌داری وجود دارد(۷). این محققین تحقیقات بیش‌تری را در این زمینه پیشنهاد نمودند.همچنین انگلند و اشوارتز(۲۰۰۰) درکانادا جهت مقایسه روش‌های مختلف نمونه‌برداری برای مونومر و پلی‌ایزوسیانات‌ها حین عملیات اسپری‌رنگ از روش‌های

Archive of SID

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

www.SID.ir

مختلفی طبق توصیه استانداردهای موجود مانند NIOSH و OSHA برای جمع‌آوری ایزوسیانات‌ها استفاده نمودند. دراین تحقیق، اختلاف معنی‌داری بین روش‌های توصیه شده در دو روش مذکور دیده نشد(۸). نتایج نیز بیانگر آن بودکه نمونه‌برداری فیزیکی آئروسل‌ها و ژئومتریکی وسیله نمونه‌بردار بایستی به دقت بررسی شده و نمونه بردار مناسبی برای اندازه‌گیری انتخاب گردد. بررسی دیگری توسط Irene و همکاران (۱۹۹۹) در خصوص پیشگیری از علائم تنفسی در کارگرانی که با ایزوسیانات‌ها در تماس هستند، صورت پذیرفت که در آن در تمامی شاغلینی که به نحوی با ایزوسیانات‌ها در تماس بوده‌اند، بین بروز تحریکات تنفسی، تحریکات چشمی و تحریکات پوستی با نوع شغل و کارشان رابطه معنی‌داری وجود داشت(۹).

با درنظر داشتن خطراتی‌که MDI در انسان به دنبال دارد، این مطالعه به منظور تعیین غلظت MDI در هوای محیط کار صنایع پلی اورتان ایران صورت گرفت.

مواد و روش ها

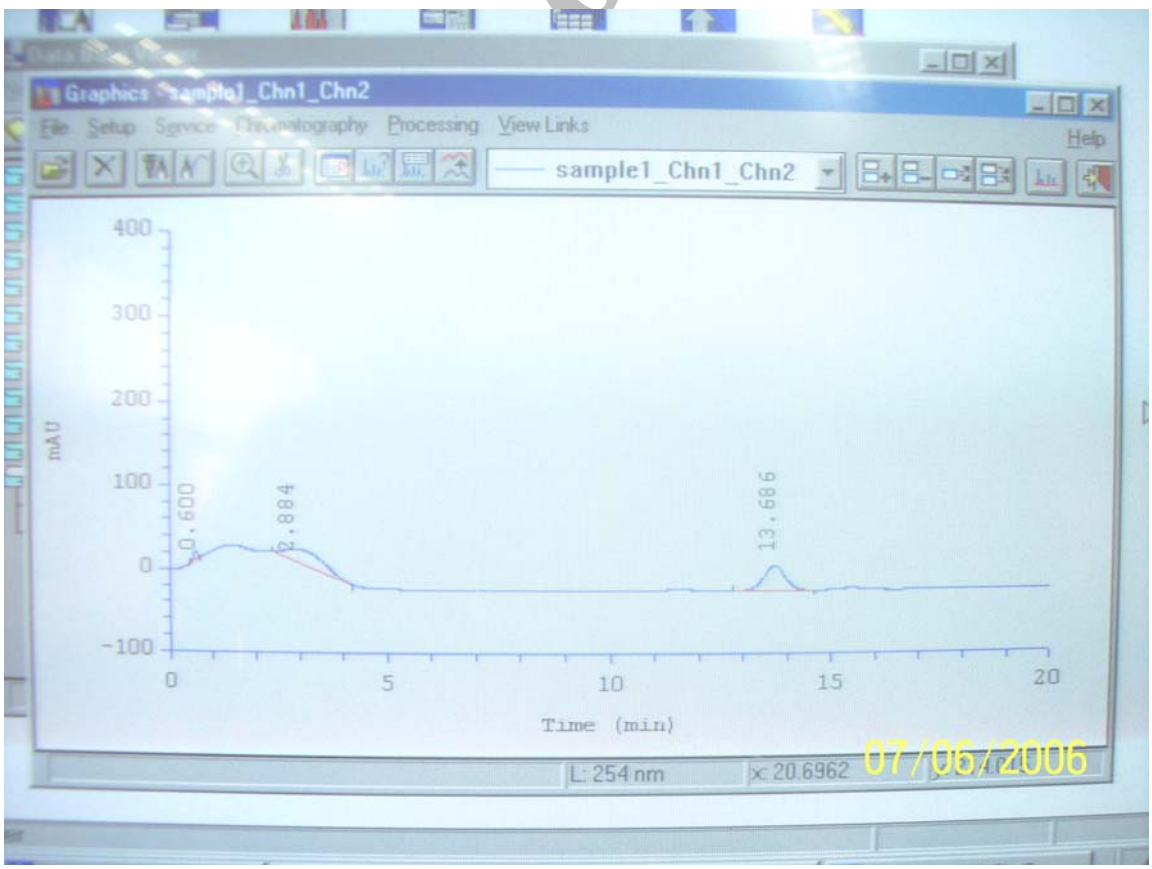
این مطالعه در منطقه صنعتی کرج، تهران (منطقه صنعتی شمیرانات) و مازندارن (ساری، آمل و سوادکوه) درصنایعی که از MDI درتولید ابر ساختمانی و بهداشتی همچنین فوم‌های پلی اورتان استفاده می‌نمودند و در صنایع خودرو سازی فعالیت داشتند، در زمستان سال ۱۳۸۵ انجام شده است. با توجه به تحقیقات علمی مشابه در خصوص ایزوسیانات‌ها می‌توان با انتخاب ۱۰ درصد از کل جمعیت کاری به عنوان نمونه، نتایج حاصله را به کل جامعه آماری تعمیم داد(۶). با این الگوی آماری از بین ۵۰ کارخانه‌ای که از MDI استفاده می‌نمودند ۵ کارخانه به صورت تصادفی انتخاب شد که تعداد ۲۲۰ نفر کارگر را شامل می‌شد، در صورتی که کل شاغلین در معرض تماس با MDI در کشور حدود ۲۰۰۰ نفر می‌باشند. با توجه به این‌که ابعاد کارخانه‌ها و طراحی ایستگاهی کار در آن‌ها متفاوت بود، با تعیین تعداد نمونه‌ها از روش آماری در مجموع ۱۰۰ ایستگاه کاری در ۵ کارخانه برای نمونه برداری تعیین شد. از آن جایی که کلیه شاغلین کارخانه‌های تحت مطالعه به نوعی در تمام ساعت نوبت کاری در تماس با بخارهای MDI بوده وهمگی دریک سالن سرپوشیده فعالیت می‌نمودند، وسایل نمونه‌بردار را در مکان‌های پر تردد نصب نموده و به روش استاتیک اقدام به نمونه‌برداری شد. بدین منظور کلیه شاغلین به سه گروه مختلف تقسیم شدند، گروه اول آن دسته از کارگرانی بودند که در معرض مستقیم آلاینده قرار داشتند،گروه دوم کارگران، بدون مواجهه کاری (مشاغل اداری) و گروه سوم آن‌هایی بودند که نیمه وقت در تماس بوده و مدتی دیگر در محل دیگری (انبارها، آشپزخانه، رانندگی و...) مشغول بودند. همچنین علاوه بر استقرار نمونه بردار در ایستگاه‌های کاری، چند نمونه شاهد نیز برداشته شد. با توجه به این که آلاینده MDI درکل‌سالن‌وجود داشت، ایستگاه‌های‌نمونه‌برداری در تمامی قسمت‌های سالن تعیین گردید، هر ایستگاه دارای رمز مخصوص و مشخصات خاص بود. در این مطالعه به دلیل استفاده از محلول جاذب DMSO یا دی متیل سولفوکساید و سمی بودن آن برای کارگر، از طریق فردی، نمونه‌برداری امکان پذیر نبود و به طریق استاتیک و ایستگاهی نمونه برداری شد. روش استاندارد نمونه برداری روش5522 NIOSH برای نمونه‌برداری و تجزیه نمونه‌ها بود؛ بدین ترتیب ابتدا وسیله نمونه‌بردار که پمپ‌های با دبی یا هواگذر کم ازکارخانه SIBATA ژاپن بود (MP302) را با فلو متر حباب صابون در دبی ۱/۲ لیتر بر دقیقه‌کالیبره‌کرده وتوسط دستگاه‌های مهاجم (impinger) کوچک که حاوی محلول جاذب DMSO به اضافه مقدار معین ماده تثبیت‌کننده واکنشتریپتامین بود

Archive of SID

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

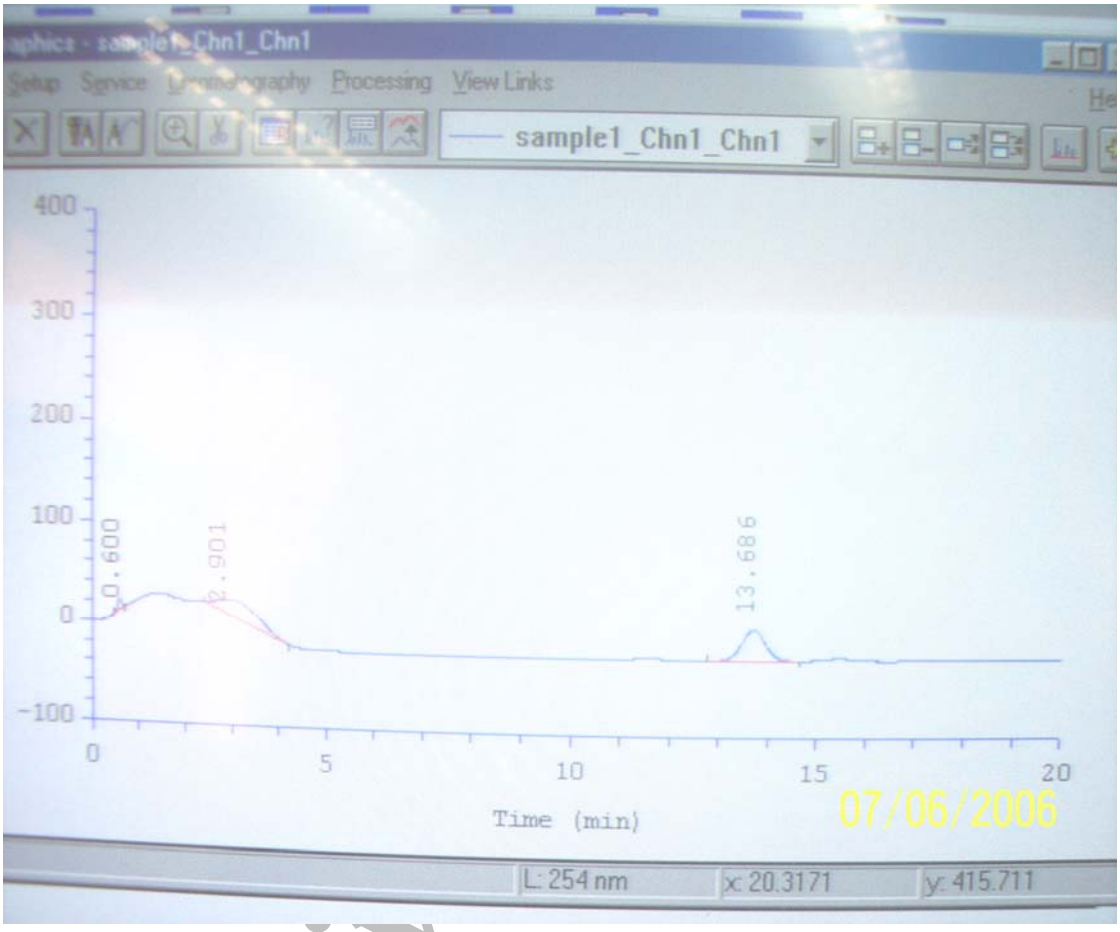
www.SID.ir

در ایستگاه‌های کاری مستقر و اقدام به نمونه‌برداری ۱۰۰ لیتر هوای محیط کار (طبق توصیه NIOSH) نموده و نمونه‌ها با بسته‌بندی مناسب برای آماده‌سازی برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شود. MDI قبل از آنالیز توسط HPLC بایستی مشتق‌سازی شود. روش مشتق‌سازی بدین صورت بود که ابتدا ۰/۴۱گرم تریپتامین (با درجه خلوص بالای ۹۹ درصد) در ۳۰۰ ml تولوئن حل شده و با تکان دهنده تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا کاملا حل شود. ۰/۰۰۱ مول از ایزوسیانات در ۲۰ ml تولوئن حل شده سپس محلول به‌دست آمده درمحلول تریپتامین اضافه شد. مشتق تریپتامین که به صورت ژل سفید رنگی رسوب نموده بود با قیف فریتدگلاس و روش‌فیلتراسیون مکشی جمع‌آوری شده و آن‌گاه رسوبات به‌دست‌آمده در ۴۵۰ ml ماده MDI و در ان- پروپانولول حل گردید. بعد از آن، محلول از صافی گذارنده شد و اجازه داده شد تا سرد شود. آنگاه کریستال‌های به دست آمده به عنوان MDI مشتق‌سازی شده برای آنالیز جمع‌آوری شدند (NIOSH manual of analytical methods 5522) فاز متحرک در آنالیز HPLC استونیتریل (۴۰ تا ۵۰ درصد) و سدیم استات (۶۰ تا ۵۰ درصد) به عنوان بافر بوده و طبق توصیه روش استاندارد(۱۰) ۴ نمونه برای کالیبراسیون دستگاه با غلظت‌های ۰/۰۵ تا ۱۰ µg/ml برای آنالیز به دستگاهHPLC ساخت کارخانه KNAUER با دتکتور UV و ستون C18 تزریق شد و با استخراج کروماتوگرام‌های مربوطه و محاسبه سطح زیرمنحنی‌ها و نهایتا میزان غلظت آلاینده MDI در نمونه‌ها محاسبه شد.



تصویر شماره ۱ : کروماتوگرام به دست آمده برای نمونه استاندارد

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]
of SID
www.SID.ir



تصویر شماره ۲: کروماتوگرام به دست آمده برای نمونه

یافته ها

به منظور شناسایی نقاط اوج مختص MDI طبق روش مورد استفاده در این تحقیق NIOSH 5522 نسبت به تهیه منحنی‌های استاندارد اقدام گردید. آن‌گاه نمونه‌ها به دستگاه HPLC تزریق شده و با استفاده از کروماتوگرام‌های اختصاصی، سطح زیرنقطه اوج(Peak) منحنی‌های محاسبه شده و به صورت جداگانه غلظت MDI درتمامی ایستگاه‌ها محاسبه شد. نتایج نشان‌دهنده آن است که به طور متوسط غلظت MDI در کارخانه ۱ برابر ۸۱/۴ $\mu g/m^3$ ، کارخانه ۲ برابر ۸۲,۹ $\mu g/m^3$ ، در کارخانه ۳ برابر ۸۰/۳ $\mu g/m^3$ ، در کارخانه ۴ برابر ۸۲/۷ $\mu g/m^3$، درکارخانه ۵ برابر ۸۱/۸ $\mu g/m^3$ در صورتی‌که میزان حد آستانه مجاز برای آلاینده MDI طبق استاندارد NIOSH برابر ۵۰ $\mu g/m^3$ می‌باشد.

از آن‌جایی‌که محل جغرافیایی کارخانه‌ها متفاوت بوده و از نظر شرایط جوی دارای شرایط یکسانی نبودند، مختصات و مشخصه‌های شرایط جوی حین نمونه برداری به منظور آنالیز آماری و بررسی وجود همبستگی یا ارتباط با آلودگی مورد آزمون آماری قرار گرفتند. مقادیر میانگین غلظت MDI به دست آمده در تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS V.13 و نسبت به مقادیر مجاز آن در استاندارد با برخی شرایط جوی مداخله گر در داخل محیط کار توسط آزمون همبستگی

Archive

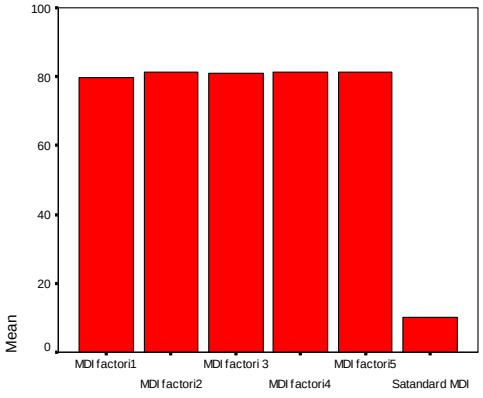
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

www.SID.ir

پیرسون (Pearson correlation coefficients) مورد بررسی قرارگرفت. در این بررسی آماری همبستگی قوی بین یکی از فاکتورهای جوی در محیط کار و غلظت MDI مشاهده شده است، ضریب همبستگی پیرسون برای همبستگی مابین نمونه‌های هوا و افزایش دمای محیط کار 0.83 و برای افزایش ساعت کار یا ساعت تماس و غلظت MDI برابر 0.88 بود.

بحث

از سه گروه ایستگاه‌های نمونه‌برداری در محیط‌های کار شامل نقاط در معرض مستقیم تماس، نقاطی که دور از پروسه تولید تعیین شده بودند و نقاطی که در ایستگاه‌های بینابینی انتخاب شدند، تمامی نمونه‌های تجزیه شده دارای غلظت بالاتر از حد استاندارد بودند و از طرفی ماهیت انتشار MDI در فضا نشان دهنده این است که این ماده شیمیایی پس از استفاده، به سرعت در فضای محیط کار منتشر شده و ساعت‌ها در فضای منطقه تنفسی کارگران باقی می ماند و با افزایش خطی فاصله، رابطه معنی‌داری ندارد، همچنین بروز علائم بالینی حساسیت و تحریک سیستم تنفسی مانند آبریزش بینی، آبریزش چشم و... نشان‌دهنده تماس بیش‌ازحد استاندارد (TLV) با MDI می‌باشد. در این مطالعه ارتباط نزدیکی بین افزایش دمای هوای محیط کار و غلظت MDI دیده شده است چون در کارخانه‌هایی که دمای محیط کار آنان به اقتضای شرایط جوی محیط، بالا بود افزایش قابل ملاحظه غلظت MDI دیده شد. همچنین این ماده شیمیایی درگرما بسیار واکنش‌پذیر می‌باشد وحتی دمای بالای محیط نیز در انتشار سریع‌تر آن‌ها دخالت مستقیم دارد. در نتیجه توجه به کنترل دما در محیط کار یکی از عوامل کنترل این ماده می‌تواند باشد، در ادامه ارتباط نزدیکی بین افزایش زمان در معرض بودن و MDI دیده شد، از آن‌جایی‌که نمونه‌برداری در دو سطح یک و دو ساعته در یک نوبت کاری انجام شد، افزایش زمان ماند در محیط کار، و اضافه شدن تدریجی این آلاینده در محیط کار میزان جذب آلاینده را خصوصا از طریق ریوی به بدن کارگران افزایش می‌دهد. از طرفی به دلیل ماندگاری بالای این ماده در محیط کار و تبدیل شدن سریع آن به ذرات(Particles) و بخارهای غلیظ این ماده شیمیایی در محیط کار در انتهای نوبت کاری افزایش می‌یابد، نمونه‌های تجزیه شده همگی دارای غلظت بالا و بیش از ۸۰ $\mu g/m^3$ بودند. و از آن‌جایی‌که میزان حد تماس مجاز (PEL) برای MDI در استاندارد NIOSH برابر با ۵۰ $\mu g/m^3$ و ۲۰۰ $\mu g/m^3$ در ۱۰ دقیقه برای تماس سقفی (Ceiling) می‌باشد، مقادیر به دست آمده در تحقیق حکایت از وخامت اوضاع در کارخانه‌هایی مصرف کننده ایزوسیانات ایران داشته و آلودگی بسیار بالای محیط کار را نشان می‌دهد، نمودار شماره ۱ گویای مطلب ذکر شده می‌باشد.



نمودار شماره ۱ : مقدار میانگین غلظت MDI در کارخانجات نمونه برداری شده ($\mu g/m^3$)

ایزوسیانات‌ها در محیط کار معمولا به صورت بخار و آئروسل بوده(۱۱) و بسیار فعال و ناپایدار می‌باشند. ذرات و مواد شیمیایی مختلفی در نمونه هوا موجود می‌باشد که ممکن است در میزان آلاینده در محیط

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

www.SID.ir

کار تاثیرگذار باشد و بایستی تعیین کمیت شود(۱)، نمونه‌برداری خالص ایزوسیانات‌ها برای تجزیه امکان پذیر نمی‌باشد. و استانداردهای کمی برای ایزوسیانات‌ها با توجه به تنوع ایجاد این آلاینده در محیط کار تعریف نشده است، در این مطالعه ارتباط معنی‌داری بین میزان آلاینده و دمای هوا به طور مستقیم دیده شده است؛ بدین معنی که با افزایش دما، میزان آلاینده در محیط کار افزایش داشته و شاغلین بیش‌تر در معرض تماس قرار می‌گیرند، همچنین ارتباط معنی‌داری بین مدت زمان انجام کار و افزایش میزان آلاینده دیده شده که نشان‌دهنده تماس بیش‌تر افراد درتماس طولانی می‌باشد. با توجه به این‌که مقدار حد آستانه مجاز برای MDI طبق استاندارد NIOSH به میزان ۵۰ $\mu g/m^3$ می‌باشد و میانگین غلظت MDI در این مطالعه بیش از ۸۰ $\mu g/m^3$ است بایستی ابتلا به برخی از بیماری‌های تنفسی شغلی را در کارگران انتظار داشت. با استفاده از نتایج این مطالعه می‌توان تصمیم گرفت که پایش زیست شناختی تماس با ایزوسیانات‌ها یا جست وجوی متابولیت‌های MDI در ادرار(MDA) را به‌عنوان یک روش استاندارد، جایگزین روش نمونه‌برداری از هوا کنیم که هم ارزان‌تر بوده و هم در وقت و استفاده از آزمایشگاه پیشرفته صرفه‌جویی می‌شود. همچنین درپایان می‌توان برنامه‌های خاصی برای پیشگیری از بروز بیماری‌های شغلی (Work related Disease) طرح‌ریزی نمود، یکی از این برنامه‌های موثر طراحی و تعبیه سیستم تهویه صنعتی مناسب و مفید می‌باشد، البته پایش این نوع سیستم‌ها از درجه اهمیت بالایی برخوردار است و دیگری انجام معاینات دوره‌ای برای شاغلین درمعرض تماس با آلاینده به‌عنوان یکی از اقدامات غربالگری برای شناسایی افرادی است که توسط ایزوسیانات‌ها دچار ضایعه شده‌اند یا علائمی از ابتلا دارند. این برنامه‌ها کمک شایانی به درمان و اقدامات پیشگیری دیگر خواهد نمود.

References

1. Alshibli KA, Sture S. Sand shear band thickness measurements by digital imaging techniques. ***J Comput Civil Eng*** 1999; 13(2): 103-108.
2. Harris A.T, Davidson J.F, Thorpe R.B. A novel method for measuring the residence time distribution in short time scale particulate systems. ***Chem Eng J*** 2002; 89(1-3): 127-142.
3. Schwartz RK. Evaluation of recoveries of several prepolymeric isocyanate products using NIOSH Methods 5521 and 5522 (unpublished data). Cincinnati, OH: ***U.S. Dept. of Health and Human Services,*** Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (1994).
4. Wu WS, Stoyanoff RE, Szklar RS, Gaind VS. Application of tryptamine as a derivatizing agent for airborne isocyanate determination: part 3. Evaluation of total isocyanates analysis by highperformance liquid chromatography with fluorescence and amperometric detection. ***Analyst*** 1990; 115: 801-807.
5. Levine SP, Hillig KJD, Dharmarajan V, Spence MW, Baker MD. Critical review of methods of sampling, analysis, and monitoring for TDI and MDI. ***American Industrial Hygiene Association Journal*** 1995; 56: 581-589.

Archive of SID

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

www.SID.ir

6. Robert P.S, Christopher M.R, Schwartz RK, Schlecht PC, Cassinelli ME. "Determination of Airborne Isocyanate Exposure". ***NIOSH Manual of Analytical Methods*** 1998: 116-142.
7. Sennbro Carl J, Lindh Christian H, Östin A, Welinder H, Jonsson BA, Tinnerberg H. "A Survey of Airborne Isocyanate Exposure in 13 Swedish Polyurethane Industries". ***Ann Occup Hyg*** 2004; 48(5): 405-414.
8. NIOSH (1994). *Method 5525, Isocyanates, total(MAP) Issue 1, (Supplement in press). NIOSH methods of analytical methods, 4th ed.* Cincinnati, Ohio: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
9. Irene SM, Charpin D, Signouret M, Poyen D, Vervloet D. "Prevalence of Self-Reported Respiratory Symptoms in Workers Exposed to Isocyanates." ***J Occup Environ Med*** 1999; 41(7): 582-588.
10. ***NIOSH. Determination of airborne isocyanate exposure***. Chapter K. NIOSH manual of analytical methods, 4th ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (1994). DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
11. G.Skarping, C. Sangö and B. E. F. Smith. ***"Trace analysis of isocyanates in industrial atmospheres using gas chromatography and electron-capture detection".*** Department of Technical Analytical Chemistry, Chemical Center, P.O. Box 740, S-220 07 Lund 7 Sweden. Received 10 November 1980. Available online 18 January 2002.

Archive of SID

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-05-25]

www.SID.ir