



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۰۸۴۷-۱۳

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

10847-13

1st.Edition

2016

هوای داخلی - قسمت ۱۳: اندازه‌گیری  
کل ( فاز گازی و ذره‌ای) ترکیبات بی  
فنیل شبه دی‌اکسین چندکلره (PCBs)  
و دی‌بنزو- پارا- دی‌اکسین/دی  
بنزوفوران چندکلره (PCDDs/PCDFs)  
- جمع‌آوری روی فیلترهای جاذب

**Indoor air- part 13: Determination of  
total (gas and particle phase)  
polychlorinated dioxin-like biphenyls  
(PCBs) and polychlorinated dibenzo-  
*p*-dioxins/ dibenzofurans  
(PCDDs/PCDFs) - Collection on  
sorbent backed filters**

ICS: 13.040.20

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و انتشار استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به‌عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«هوای داخلی - قسمت ۱۳: اندازه‌گیری کل (فاز گازی و ذره‌ای) ترکیبات بی‌فنیل شبه دی‌اکسین چندکلره (PCBs) و دی‌بنزو - پارا - دی‌اکسین / دی‌بنزو فوران چندکلره (PCDDs/PCDFs) - جمع‌آوری روی فیلترهای جاذب»

### رئیس:

قیصری، محمد مهدی  
(دکتری شیمی)

### سمت و / یا نمایندگی

مدیر پژوهشگاه مرکزی دانشگاه آزاد اسلامی  
خوراسگان

### دبیر:

نبی، مهدی  
(فوق لیسانس شیمی)

رئیس هیئت مدیره شرکت معیار دانش  
پارس

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسماعیلیان، سید امین  
(لیسانس مهندسی صنایع)

مدیر عامل شرکت معیار دانش پارس

جان‌قربان، محترم  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس استاندارد

حاجی حسینی، زهره  
(لیسانس علوم دامی)

کارشناس تدوین استاندارد شرکت  
معیار دانش پارس

حامدیان، مولود  
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس شرکت معیار دانش پارس

حسینی، فروغ  
(فوق لیسانس محیط زیست)

کارشناس محیط زیست

دایی، مینا  
(فوق لیسانس شیمی)

اداره کل استاندارد استان خوزستان

رحیمی، ابراهیم  
(دکتری بهداشت مواد غذایی)

هیئت علمی دانشگاه آزاد شهرکرد

شاکریان، امیر  
(دکتری بهداشت مواد غذایی)

هیئت علمی دانشگاه آزاد شهرکرد

اداره کل استاندارد استان خوزستان

فتاحی نیا، مهناز  
(فوق لیسانس شیمی)

معاونت بهداشت دانشگاه جندی شاپور اهواز

ملتجی، جلال  
(لیسانس محیط زیست)

هیئت علمی دانشگاه آزاد شهرکرد

ممتاز، حسن  
(دکتری میکروبیولوژی)

کارشناس شرکت زرگستر روبینا

نقدی، تینا  
(دکتری شیمی)

مسئول فنی آزمایشگاه شرکت معیار دانش  
پارس

یزدانی، الهام  
(فوق لیسانس شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ب		آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و		پیش‌گفتار
ز		مقدمه
۱	۱	هدف و دامنه کاربرد
۲	۲	مراجع الزامی
۲	۳	اصطلاحات و تعاریف
۴	۴	اصول آزمون
۵	۵	وسایل و مواد
۱۱	۶	آماده‌سازی وسایل نمونه‌برداری
۱۲	۷	نمونه‌برداری
۱۵	۸	حداقل الزامات برای نمونه‌برداری
۱۶		پیوست الف (اطلاعاتی) جزییات نمونه‌بردارها
۲۹		پیوست ب (الزامی) اندازه‌گیری بازده نمونه‌برداری یا بازده نگه‌داری دینامیک
۳۱		پیوست پ (اطلاعاتی) ساختار، سمیت و محاسبه معادل‌های سمیت
۳۷		پیوست ت (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد "هوای داخلی - قسمت ۱۳: اندازه‌گیری کل (فاز گازی و ذره‌ای) ترکیبات بی‌فنیل شبه دی‌اکسین چندکلره (PCBs) و دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین/دی‌بنزوفوران چندکلره (PCDDs/PCDFs) - جمع‌آوری روی فیلترهای جاذب" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط شرکت معیار دانش پارس تهیه و تدوین شده است و در یک‌صد و بیست یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 16000-13: 2008. Indoor air — Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-likebiphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbentbacked filters

## مقدمه

بخش‌های مختلف استاندارد ISO 16000، الزامات کلی مرتبط با اندازه‌گیری آلاینده‌های هوای داخلی و شرایط مهمی که باید قبل یا در طول نمونه‌برداری از هر آلاینده مجزا یا گروهی از آلاینده‌ها در نظر گرفته شوند و نیز روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها را توصیف می‌کند.

این استاندارد برای جمع‌آوری بی‌فیل‌های چندکلره شبه دی‌اکسین (PCBs)<sup>۱</sup>، دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین‌های چندکلره (PCDDs)<sup>۲</sup>، دی‌بنزوفوران‌های چندکلره (PCDFs)<sup>۳</sup> از هوای داخلی و نیز آماده‌سازی وسایل نمونه‌برداری لازم، قابل کاربرد است. روش‌های نمونه‌برداری که در این استاندارد توصیف می‌شوند برای هیدروکربن‌های چندحلقه‌ای آروماتیک (PAHs)<sup>۴</sup> متشکل از دو یا چند حلقه آروماتیک متصل به هم نیز کاربرد دارد. مراحل آماده‌سازی و استخراج وسیله نمونه‌برداری برای PAHs و اندازه‌گیری تجزیه‌ای آن‌ها در استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱ ارائه شده است، بنابراین در این استاندارد به آن پرداخته نمی‌شود. راهبرد نمونه‌برداری جهت بررسی PCBs، PCDDs/PCDFs و PAHs در هوای داخلی در استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۴۷-۱۲ شرح داده شده است.

چندین PCB و PCDD/PCDF از جمله PCB ۲۰۹ مجزا (هم‌نوع)<sup>۵</sup>، ۷۵ PCDD و ۱۳۵ PCDF به‌عنوان عوامل بالقوه سرطان‌زا برای انسان شناخته شده‌اند. سمی‌ترین PCBها انواعی هستند که هم‌صفحه بوده و از لحاظ ساختاری شبیه PCDDها می‌باشند. ۲،۳،۷،۸-تتراکلرو دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین (2,3,7,8-TCDD)<sup>۶</sup> سمی‌ترین نوع PCDD است.

به‌طور کلی PCBها از چسب بتن‌ها، انواع خاصی از رنگ یا خازن‌های الکتریکی در هوای داخلی منتشر می‌شوند، همگی این مواد در سال‌های اخیر ممنوع اعلام شده‌اند. منابع اصلی PCDDs/PCDFs در هوای داخلی، ناخالصی‌های موجود در مواد نگه‌دارنده چوب حاوی پنتاکلوروفنول (PCP)<sup>۷</sup> و نیز مواد نشر شده از آتش حاوی ترکیبات کلردار می‌باشند. خاک جاده‌ای، مواد حاصل از دفن زباله در مناطق مجاور و نیز مکان‌های متروک صنعتی می‌توانند از عوامل ورود PCDDs/PCDFs به محیط داخلی باشند.

غلظت‌های کل PCB (شش PCB شاخص ۱۸۰، ۱۵۳، ۱۳۸، ۱۰۱، ۵۲، ۲۸-PCB ضرب در ۵) در هوای مناطق خارج از شهر معمولاً از ۱۰ پیکوگرم بر متر مکعب تا چند صد پیکوگرم بر متر مکعب می‌باشد. معمولاً PCDDs/PCDFs در هوای مناطق خارج از شهر در غلظت‌های بسیار کم، برای مثال از فمتوگرم بر متر مکعب (fg/m<sup>3</sup>) تا پیکوگرم بر متر مکعب (pg/m<sup>3</sup>) یافت می‌شوند. ممکن است PCBs و PCDDs/PCDFs بسته به دمای هوا، رطوبت، درجه کلردار بودن، غلظت و ظرفیت آن‌ها برای اتصال با مواد ذره‌ای ریز معلق، بین فازهای گازی و ذره‌ای در محیط یا هوای داخلی منتشر می‌شوند. این ترکیبات به‌خصوص موادی که دارای فشار بخار بالای ۱۰<sup>-۸</sup> kPa می‌باشند، در طول نمونه‌برداری تمایل به تبخیر از صافی‌های ذره‌ای خواهند داشت. بنابراین یک محفظه جاذب پشتیبان برای نمونه‌برداری بهتر در نظر گرفته شده است. به دلیل

---

1- Polychlorinated biphenyls(PCBs)  
2- Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins(PCDDs)  
3- Polychlorinated dibenzofurans(PCDFs)  
4- Polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs)  
5 - Congener  
6- 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin(2,3,7,8-TCDD)  
7 - Pentachlorophenol(PCP)

تبخیر ترکیبات از صافی، بررسی‌های جداگانه از صافی و محفظه جاذب، توزیع‌های فازی اتمسفری اصلی را در دمای محیطی نرمال منعکس نخواهد کرد و نباید انجام شود.

حمل استانداردهای PCDD/PCDF باید از مقررات قانونی ملی تبعیت کند. این مواد باید در محفظه‌های مخصوص که به صورت تجاری در دسترس هستند، منتقل شوند. جابه‌جایی باید تنها توسط آزمون‌گرهای آموزش‌دیده صورت گیرد.

این استاندارد، نمونه‌برداری بی‌فنیل‌های چندکلره شبه‌دی‌اکسین (PCBs) و دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین/دی‌بنزوفوران‌ها (PCDDs/PCDFs) را شرح می‌دهد و استخراج، تصفیه<sup>۱</sup> و تجزیه این ترکیبات در استاندارد ISO 16000-14 ارائه شده است.



# هوای داخلی - قسمت ۱۳: اندازه‌گیری کل (فاز گازی و ذره‌ای) ترکیبات بی‌فنیل شبه دی‌اکسین چندکلره (PCBs) و دی‌بنزو-پارا دی‌اکسین / دی‌بنزوفوران چندکلره (PCDDs/PCDFs) - جمع‌آوری بر روی فیلترهای جاذب

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای نمونه‌برداری و آماده‌سازی وسایل نمونه‌برداری برای بی‌فنیل‌های شبه‌دی‌اکسین چندکلره (PCBs)، دی‌بنزو-پارا-دی‌اکسین‌های چندکلره (PCDDs) و دی‌بنزوفوران‌های چندکلره (PCDFs) در هوای داخلی می‌باشد (جدول پ-۱). این استاندارد شامل یک روش نمونه‌برداری می‌باشد که PCBs و PCDFs/PCDDs را از هوا روی صافی مخصوص ذرات ریز<sup>۱</sup> مجهز به تله جاذب جمع‌آوری می‌کند. این استاندارد برای اندازه‌گیری جداگانه PCBs و PCDFs/PCDDs در فاز گازی و ذره‌ای کاربرد ندارد زیرا برخی از ترکیبات از صافی بخار شده و توسط تله جاذب جمع‌آوری می‌شوند. این استاندارد به روش‌های تجزیه‌ای PCBs، PCDDs و PCDFs که در استاندارد ISO 16000-14 ذکر شده‌اند، اشاره نمی‌کند (این استاندارد و استاندارد ISO 16000-14، بخش‌هایی از روش‌های اندازه‌گیری کلی برای اندازه‌گیری PCBs و PCDFs/PCDDs می‌باشند).

در کنار مراحل تجزیه‌ای ذکر شده در استاندارد ISO 16000-14 که شامل تجزیه‌های ویژه به‌وسیله کروماتوگرافی گازی با تفکیک بالا ترکیب شده با طیف‌سنج جرمی با تفکیک بالا (HRGC/HRMS)<sup>۲</sup> می‌باشد، این روش قادر به تشخیص اکثر PCBs و PCDFs/PCDDs تا غلظت  $0.2 \text{ pg/m}^3$  یا کمتر می‌باشد. البته ممکن است این استاندارد به‌خصوص در نرخ‌های نمونه‌برداری کمتر قادر به تشخیص تمامی آنالیت‌ها با غلظت  $0.2 \text{ pg/m}^3$  یا کمتر نباشد. به‌منظور دستیابی به حدود تشخیص مناسب، حداقل  $50 \text{ m}^3$ ، از هوا باید نمونه‌برداری شود. برای کارهای اندازه‌گیری معمول، حجم‌های نمونه‌برداری تا  $360 \text{ m}^3$  استفاده می‌شوند (معادل با دوره زمانی نمونه‌برداری ۲۴ ساعت با نرخ  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  یا ۷ روز با نرخ  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ ). این استاندارد برای دوره‌های نمونه‌برداری تا هفت روز اعتبارسنجی شده است. با استفاده از تله‌های جاذب بزرگ‌تر، حجم‌های نمونه‌برداری تا  $1000 \text{ m}^3$  اعتبارسنجی شده است.

دقت نمونه‌برداری تحت شرایط معمول حداقل  $\pm 25\%$  و عدم قطعیت حداقل  $\pm 50\%$  باشد. در صورتی که محدودیت‌های مناسب به کار گرفته شود، این استاندارد می‌تواند برای اتاق‌های کوچک مثل اتاق کودکان و نیز دفترهای کار مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

1 - Fine- particle filter  
2- High-resolution mass spectrometry

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱، هوای پیرامون - تعیین مجموع هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (ذره‌ای و گازی) جمع‌آوری شده بر روی صافی‌های پر شده با جاذب به‌وسیله تجزیه طیف-سنجی کروماتوگرافی گازی/جرمی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۱۰۸۴۷، هوای داخل ساختمان - قسمت ۱۲: راهبرد نمونه‌برداری برای بی‌فنیل‌های پلی‌کربنه (PCBS)، دی‌بنزو - پی - دی‌وکسین‌های پلی‌کلرینه (PCDDS)، دی‌بنزو فوران‌های پلی‌کلرینه (PCDFS) و هیدرو کربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک (PAHS)

2-3 ISO 16000-14, Indoor air — Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs)— Extraction, cleanup and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

### ۱-۳

#### بازده نمونه‌برداری (Es %)

توانایی نمونه‌برداری در به دام انداختن و نگه‌داشتن ترکیبات مورد نظر

یادآوری - Es %، درصدی از آنالیت مورد نظر جمع‌آوری و نگه‌داشته شده توسط وسیله نمونه‌برداری است، زمانی که داخل نمونه‌بردار هوا قرار می‌گیرد و نمونه‌بردار برای یک دوره زمانی برابر یا بیشتر از زمان مورد نیاز برای کاربرد مورد نظر، تحت شرایط معمول کار می‌کند.

### ۲-۳

#### بازده نگه‌داری دینامیک<sup>۱</sup> (Er)

توانایی وسیله نمونه‌برداری در نگه‌داشتن PCDD، PCB یا PCDFهایی است که با استفاده از محلول اسپایک به محفظه جاذب افزوده شده‌اند، زمانی که هوا تحت شرایط نرمال برای یک دوره زمانی برابر یا بیشتر از آنچه برای کاربرد مورد نظر نیاز است، به درون نمونه‌بردار کشیده می‌شود.

---

1 - Dynamic retention efficiency

۳-۳

### PCB شبه دی اکسین

PCB غیراورتو یا مونواورتو که میل ترکیبی با گیرنده‌های هیدروکربنی آریلی (Ah) دارد و اثرات سمی مشابه PCDFs/PCDDs استخلاف‌دار شده در موقعیت ۲، ۳، ۷، ۸ براساس سازمان بهداشت جهانی (WHO)<sup>۱</sup> نشان می‌دهند.

یادآوری ۱- مرجع ۵ در پیوست ت را ببینید.

یادآوری ۲- جداول ۱ و ۲ در پیوست پ را ببینید.

۴-۳

### PCB شاخص

یکی از شش PCB

یادآوری - شش PCB شاخص شامل PCB-۲۸، PCB-۵۲، PCB-۱۰۱، PCB-۱۳۸، PCB-۱۵۳، PCB-۱۸۰ می‌باشند.

۵-۳

### اسپایک

افزایش استانداردهای PCB نشان‌دار شده با  $^{13}C_{12}$

۶-۳

### مشخصه عملکرد عملیاتی

اندازه‌گیری که به اثر محیط فیزیکی و شیمیایی و مشکلات حفاظتی می‌پردازد.

مثال - ولتاژ کابل اصلی، دما، منبع مواد معین، زمان راه‌اندازی، دوره عملیات به درستی معین نشده (مرجع ۱ پیوست ت را ببینید)

۷-۳

### شاهد میدانی

نمونه‌ای از وسیله نمونه‌برداری می‌باشد که در معرض آلودگی نبوده اما اسپایک شده است (رای مثال صافی، تله فوم پلی‌اورتان (PUF)<sup>۲</sup>، یا کارتریج<sup>۳</sup> نمونه‌برداری کامل) که در طول مراحل تجزیه‌ای کامل شامل مراحل استخراج، تصفیه و شناسایی، به میدان انتقال می‌یابد.

یادآوری - مقدار اندازه‌گیری برای اطمینان از این که آلودگی قابل ملاحظه‌ای در طول تمام مراحل فرآیند اندازه‌گیری رخ نداده است و نیز بررسی این که آزمون‌گر می‌تواند متناسب با هدف اندازه‌گیری به حد کمی‌سازی<sup>۴</sup> دست یابد، لازم است.

1- World Health Organization

1- Polyurethane foam

3 - Cartridge

4 - Quantification level

۸-۳

### شاهد تجزیه‌ای

نمونه‌ای از واکنشگر یا وسیله نمونه‌برداری می‌باشد که در معرض آلودگی نبوده اما اسپایک شده است که در طول مراحل تجزیه‌ای کامل، شامل مراحل استخراج، تصفیه و شناسایی انتقال می‌یابد.

۹-۳

### استاندارد نمونه‌برداری

عامل شاخص که به منظور تعیین بازدهی کلی روش قبل از نمونه‌برداری به وسیله نمونه‌برداری افزوده می‌شود.

مثال - PCDD/PCDF و PCB نشان‌دار شده با  $^{12}C_{12}$

۱۰-۳

### استاندارد استخراج

عامل شاخصی که قبل از استخراج به وسیله نمونه‌برداری افزوده می‌شود و برای محاسبه نتایج به کار می‌رود.

مثال - PCDD/PCDF و PCB نشان‌دار شده با  $^{12}C_{12}$

۱۱-۳

### هم‌نوع

ماده‌ای که متعلق به گروه شیمیایی PCB یا PCDD یا PCDF باشد.

یادآوری - شامل ۲۰۹ PCB مجزا، ۷۵ PCDD مجزا و ۱۳۵ PCDF مجزا

۱۲-۳

### ایزومر

PCB یا PCDD یا PCDF با ترکیب عنصری یکسان اما ساختار متفاوت

مثال - ۱- کلرو بی‌فنیل و ۲- کلرو بی‌فنیل ایزومر می‌باشند.

## ۴ اصول آزمون

PCBs، PCDDs و PCDFs به‌طور مستقیم از اتمسفر هوای داخلی با کشیدن نمونه هوا از میان یک صافی مخصوص ذرات ریز مجهز به یک تله جاذب حاوی فوم پلی‌اورتان (PUF) جمع‌آوری می‌شوند. ابتدا ترکیبات با فراریت پایین مربوط به مواد ذره‌ای هوابرد روی صافی مخصوص ذرات ریز جمع‌آوری می‌شوند. ترکیبات گازی که از صافی عبور می‌کنند و نیز ترکیباتی که از روی صافی بخار می‌شوند به‌وسیله تله فوم پلی‌اورتان جمع‌آوری می‌شوند.

این روش برای اتاق‌های واقع در اماکن مسکونی، ساختمان‌های اداری و نیز مکان‌های تجاری و عمومی؛ شامل اماکنی که فضای داخلی گسترده دارند (مانند کارخانه‌ها، استادیوم‌های سرپوشیده و انبارها) قابل اجراست. نرخ جریان نمونه‌برداری و حجم هوای جمع‌آوری شده به اندازه اتاق یا فضای داخلی موردنظر بستگی دارد. این میزان بر اساس هدف اندازه‌گیری ممکن است از  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  متفاوت باشد.

وسیله نمونه‌برداری (صافی همراه با PUF) با هم ترکیب و استخراج می‌شوند. روش‌های استخراج معمولاً بر اساس استخراج سوکسله با تولوئن یا حلال معادل آن می‌باشند. استانداردهای PCB/PCDD/PCDF نشان‌دار شده با  $^{13}C_{12}$  قبل از نمونه‌برداری و استخراج به منظور پایش بازده و بازیابی نمونه‌برداری اضافه می‌شوند. اسپایک استانداردهای PCB/PCDD/PCDF نشان‌دار شده با  $^{13}C_{12}$  قبل از نمونه‌برداری برای تعیین بازیابی‌های کلی هم‌نوع‌های PCB/PCDD/PCDF ضروری است. اتلاف حین استخراج و تصفیه با استفاده از جانشین‌های نشان‌دار شده ایزوتوپی به عنوان استانداردهای داخلی استخراج برای تعیین کمی و نیز به وسیله استانداردهای بازیابی که قبل از تجزیه HRGC/HRMS اضافه می‌شوند، شناسایی و جبران می‌شود.

## ۵ وسایل و مواد

### ۱-۵ وسایل نمونه‌برداری

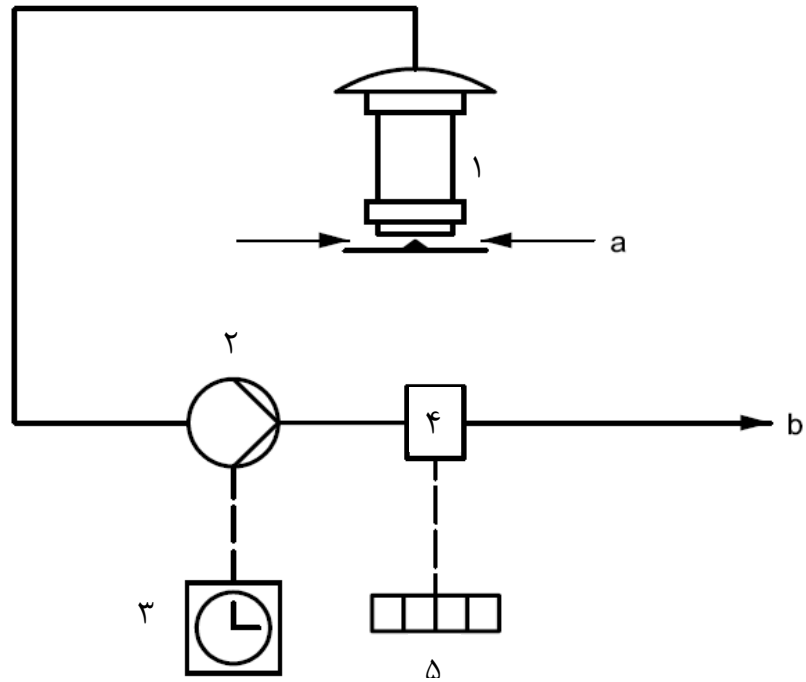
شمایی از یک سیستم نمونه‌برداری معمول در شکل ۱ نشان داده شده و نیز مدول نمونه‌برداری معمول در شکل ۲ ارائه شده است.

مدول نمونه‌برداری نشان داده شده در شکل ۲ براساس نمونه‌بردار هوای بیرونی برای هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH) در استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱ می‌باشد. این مدول بر اساس طرح منتشر شده در مرجع ۶ پیوست ت می‌باشد و نیز برای تعیین PCDDs و PCDFs موجود در هوای محیط به کار گرفته می‌شود. مدول این طراحی دارای همان ابعادی می‌باشد که در استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱ شرح داده شده است که می‌تواند برای سرعت‌های نمونه‌برداری از  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  و حجم هوای کل تا  $360 \text{ m}^3$  بسته به ظرفیت، سیستم نمونه‌برداری هوا به کار گرفته شود. مدول‌های این طراحی ابتدایی ابعاد و اشکال مختلفی دارند که در صورت اعتبارسنجی می‌توانند به کار گرفته شوند.

**یادآوری** - سرعت گیراندازی ذره توسط یک نمونه‌بردار به سرعت مواجهه حین نمونه‌برداری بستگی دارد. به عنوان مثال می‌توان با استفاده از قانون استوکس<sup>۱</sup> تخمین زد که کشیدن هوا از میان یک صافی  $100 \text{ mm}$  در  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  ذراتی کوچک‌تر از حدود  $40 \mu\text{m}$  را جمع‌آوری خواهد کرد. در نرخ نمونه‌برداری  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  ذرات کمتر از حدود  $20 \mu\text{m}$  به دام خواهند افتاد. با کاهش نرخ نمونه‌برداری تا  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$  می‌توان ذراتی کوچک‌تر از  $10 \mu\text{m}$  تا  $20 \mu\text{m}$  را جمع‌آوری کرد. تجربه نشان می‌دهد که در اندازه‌گیری‌های هوای داخلی بین آنچه با مدول نمونه‌برداری یکسان در نرخ‌های جریان مختلف تا حداقل  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$  اندازه گرفته می‌شود، تفاوت کم یا غیرمعناداری وجود دارد. همین‌طور چنانچه ورودی موردنظر در اندازه دلخواه ( $PM_{10}$  یا  $PM_{2.5}$ ) به کار گرفته شود، تأثیر کمی بر مقدار کل PCB/PCDD/PCDF در نمونه خواهد داشت مگر این‌که یک منبع نشر ترکیبات متصل به ذرات در همان نزدیکی وجود داشته باشد.

تعدادی سیستم نمونه‌برداری با قابلیت تامین جریان هوا از  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  وجود دارند، برخی از این سیستم‌ها دارای کنترل جریان هوا می‌باشند که می‌توانند در گستره وسیعی تنظیم شوند تا سرعت نمونه‌برداری موردنظر را فراهم کنند. محدودیت‌های نرخ‌های نمونه‌برداری هوا و حجم‌های مجاز در بند ۷ مورد بحث قرار گرفته‌اند. مثال‌هایی از سیستم‌های نمونه‌برداری در پیوست الف آورده شده‌اند.

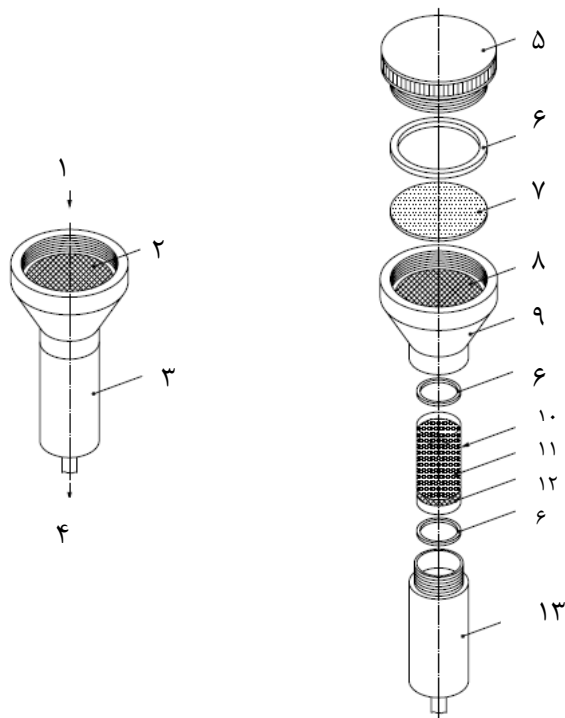
1 - Stokes law



راهنما:

- ۱ مدول نمونه برداری (شکل ۲ را ببینید)
- ۲ پمپ نمونه برداری هوا
- ۳ زمان سنج
- ۴ کنترل کننده جریان ( با وسایل الکترونیکی اندازه گیری)
- ۵ شمارنده زمان سپری شده
- a ورودی هوا
- b خروجی هوا

شکل ۱- طرح شماتیک یک سیستم نمونه برداری نوعی



الف) مدول نمونه برداری معمول

ب) طرح اجزای تشکیل دهنده

**راهنما:**

- ۱ ورودی جریان هوا
- ۲ توری نگه دارنده صافی (مانند ۸)
- ۳ مدول نمونه برداری نصب شده
- ۴ خروجی جریان هوا
- ۵ محافظ<sup>۱</sup> صافی
- ۶ واشر درزبندی
- ۷ صافی فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی
- ۸ توری نگه دارنده صافی
- ۹ نگه دارنده صافی
- ۱۰ کارتریج جاذب شیشه‌ای (تله PUF)
- ۱۱ تله PUF
- ۱۲ نگه دارنده کارتریج صفحه نگه دارنده
- ۱۳ نگه دارنده کارتریج

شکل ۲- مدول نمونه برداری نوعی مجهز به صافی ذره‌ای و تله PUF

**۲-۵ مواد نمونه برداری**

۱-۲-۵-۱ فوم پلی اورتان، سل باز، نوع پلی اتر، با چگالی  $22 \text{ mg/cm}^3$ ، که به استوانه‌هایی با طول ۷۶ mm و قطر ۶۲ mm یا اندازه‌های مناسب دیگر بر اساس مدول نمونه برداری خاص مورد استفاده، برش داده می‌شود. این فوم‌ها از طریق چندین منبع تجاری، موجود می‌باشند. قطر استوانه‌های PUF باید از قطر داخلی کارتریج جاذب کمی بیشتر باشد به طوری که هوای نمونه برداری شده به جای این که درون آن جریان یابد از اطراف آن نفوذ نکند. تمیزکاری مطابق بند ۷ انجام می‌پذیرد.

1 - Retainer

- ۵-۲-۲ صافی، میکروکوارتز یا فیبر شیشه‌ای، بدون مواد چسبنده، با اسید شستشو داده شده، با بازده فیلتراسیون % ۹۹/۹۹ کسر جرمی یا بهتر برای ذرات زیر  $0.5 \mu\text{m}$  یا سایر صافی‌ها با اندازه مناسب بسته به مدول نمونه‌برداری خاص مورد استفاده. بازده باید توسط تولیدکننده صافی تایید شده باشد.
- ۵-۲-۳ استانداردهای نمونه‌برداری نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}$ ، برای مشاهده جزئیات به جداول ۱ و ۲ مراجعه کنید.
- ۵-۲-۴ فویل آلومینیم، برای پوشاندن صافی‌ها و تله‌های PUF قبل و بعد از نمونه‌برداری
- ۵-۲-۵ پنس و دستکش‌های لاتکس یا نئوپرن، برای جابجایی صافی و تله‌های PUF
- ۵-۲-۶ سرنگ‌های میکرولیتر، برای قرار دادن استانداردهای بازیابی روی وسایل صافی
- ۵-۲-۷ نوار PTFE<sup>۱</sup>، برای درزبندی لوله مکش در دهانه پیچی محفظه محافظ
- ۵-۲-۸ ظرف شیشه‌ای یا ظروف مناسب دیگر، قابل درزبندی، برای نگه‌داری و انتقال تله‌های PUF و صافی‌های ذره‌ای
- ۵-۲-۹ دسیکاتور یا محفظه خشک‌کننده خلأ
- ۵-۲-۱۰ پمپ دیافراگمی یا هر پمپ مناسب دیگر
- ۵-۳ مواد و/یا واکنشگرها
- ۵-۳-۱ تولوئن، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای<sup>۲</sup>، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۲ نرمال‌هگزان، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۳ دی‌کلرومتان، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۴ استون، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۵ نرمال‌نونان، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۶ نرمال‌تترادکان (نگهدارنده)، تقطیر شده در ظروف شیشه‌ای، با کیفیت کروماتوگرافی یا آفت‌کش
- ۵-۳-۷ استانداردهای استخراج نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$ ، برای مشاهده جزئیات به جداول ۱ و ۲ مراجعه کنید (بند ۶-۴)

1-Polytetrafluoroethylene  
2- Glass distilled



۵-۳-۸ استانداردهای تزریق نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$ ، برای مشاهده جزییات به جداول ۱ و ۲ مراجعه کنید (بند ۶-۴)

#### ۵-۴ استانداردهای نشان‌دار شده با $^{13}\text{C}_{12}$

جرم‌هایی از استانداردهای نمونه‌برداری نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$  در  $100\ \mu\text{l}$  حلال مناسب (برای مثال تولوئن یا ۴٪ نرمال تترادکان/نرمال نونان) که باید به هر نمونه با سطح غلظت حدود  $100\ \text{fg}$  از  $\text{TEQ}/\text{m}^3$  برای یک حجم نمونه‌برداری حدود  $180\ \text{m}^3$  که در جدول ۱ (PCDDs/PCDFs) و جدول ۲ (PCBs) فهرست شده‌اند اضافه شوند. برای  $\text{TEQ}$  و  $\text{WHO-TEQ}_{\text{PCB}}$  بند پ - ۳ پیوست پ را ببینید.

استانداردهای استخراج باید بلافاصله بعد از دریافت نمونه‌ها در آزمایشگاه به وسایل نمونه‌برداری مختلف اضافه شوند. هم‌نوع‌های نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$  برای تعیین مقدار کمی به کار گرفته می‌شوند زیرا در طول تصفیه به‌علت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مشابه آن‌ها، دقیقاً مانند PCBs/PCDDs/PCDFs استخراج شده طبیعی رفتار می‌کنند. استانداردهای تزریق (جدول ۱ را ببینید) برای تعیین نرخ‌های بازیابی می‌باشند. در صورتی که جرم‌های بسیار بالاتری از PCBs/PCDDs/PCDFs طبیعی در نمونه مورد انتظار باشد، جرم‌های مشخص شده در جداول ۱ و ۲ از استانداردهایی که به کار می‌روند، باید به‌صورتی کاملاً مناسب تطبیق داده شوند. کاربرد و جابه‌جایی استانداردهای استخراج و بازیابی در استاندارد ISO 16000-14 توضیح داده شده‌اند.

جدول ۱- هم‌نوع‌های 2,3,7,8-PCDD/PCDF نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$  برای افزایش به نمونه‌ها قبل از نمونه‌برداری، استخراج و تزریق به GC با مقدار حدود ۱۰۰ fg از  $\text{TEQ}/\text{m}^3$  و حجم نمونه‌برداری حدود  $180 \text{ m}^3$

محلولی که از قبل اضافه می‌شود:			محلول:
توزیع به GC (استاندارد بازیابی) ۲۵	استخراج (استاندارد استخراج) ۱۰۰	نمونه‌برداری (استاندارد نمونه‌برداری) ۱۰۰	حجم کل بر حسب $\mu\text{l}$ : (برای مثال، در تولوئن و نرمال‌نونان)
جرم کل Pg			هم‌نوع‌های اضافه شده
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-TCDF
۲۵			$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4-TCDD
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,7,8-TCDD
		۲۵	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PeCDF
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,7,8-PeCDF
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8-PeCDD
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-HxCDF
	۲۵		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-HxCDF
		۲۵	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HxCDF
	۲۵		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4,6,7,8-HxCDF
	۲۵		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8-HxCDD
	$25^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,6,7,8-HxCDD
۲۵			$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,7,8,9-HxCDD
	$50^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDF
		۵۰	$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,7,8,9-HpCDF
	$50^a$		$^{13}\text{C}_{12}$ -1,2,3,4,6,7,8-HpCDD
	۵۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -OCDF
	۵۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -OCDD

<sup>a</sup> این استانداردها برای تعیین کمی هم‌نوع‌های باقی‌مانده از گروه‌های مربوط به ترکیبات مشابه کلردار که برای آن‌ها استاندارد اضافه نشده است، به‌کار می‌روند.

جدول ۲- هم‌نوع‌های PCBs نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$  برای افزایش به نمونه‌ها در مراحل متفاوت از روش برای اندازه‌گیری حدود  $0.1 \text{ ng WHO-TEQPCB} / \text{m}^3$  با در نظر گرفتن حجم نمونه‌برداری حدود  $180 \text{ m}^3$

جرم کلی که از قبل اضافه می‌شود:			محلول:
تزریق به GC (استاندارد بازیابی) حداقل ۱۰	استخراج (استاندارد استخراج) ۱۰۰	نمونه‌برداری (استاندارد نمونه‌برداری) ۱۰۰	حجم کل بر حسب $\mu\text{l}$ : (برای مثال، در تولوئن و نرمال‌نونان)
جرم کل Pg			هم‌نوع‌های اضافه شده
		۳۶۰۰	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4, 4'-TeCB (۶۰)
		۳۶۰۰	$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4, 5,5'-PeCB (۱۲۷)
		۳۶۰۰	$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4, 5,5'-HxCB (۱۵۹)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -3,4, 4', 5'-TeCB (۸۱)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4, 4'-TeCB (۷۷)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4, 4',5'-PeCB (۱۲۶)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -3,3',4, 4',5,5'-HxCB (۱۶۹)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4, 4'-PeCB (۱۰۵) <sup>b</sup>
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,4, 4',5'-PeCB (۱۱۴)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2, 3',4, 4',5'-PeCB (۱۱۸)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2', 3,4, 4',5'-PeCB (۱۲۳)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4, 4',5'-HxCB (۱۵۶)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4, 4',5'-HxCB (۱۵۷)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4, 4',5,5'-HxCB (۱۶۷)
	۳۶۰۰		$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',4, 4',5,5'-HpCB (۱۸۹)
۳۶۰۰			$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3',4',5'-TeCB (۷۰)
۳۶۰۰			$^{13}\text{C}_{12}$ -2,3,3',5,5'-PeCB (۱۱۱)
۳۶۰۰			$^{13}\text{C}_{12}$ -2,2',3,3',4,4',5'-HpCB (۱۷۰)

<sup>a</sup> جدول ۲ انتخاب PCBs نشان‌دار شده با  $^{13}\text{C}_{12}$  در دسترس مناسب به عنوان استانداردهای بازیابی را نشان می‌دهد. برای هر بخش حاوی PCB شبه دی‌اکسین حداقل یک ترکیب باید اضافه شود.

<sup>b</sup> توصیه می‌شود به مشکلات احتمالی هم‌شویی PCB 105 و PCB 127 روی ستون‌های تجاری در دسترس معین توجه شود.

## ۶ آماده‌سازی وسایل نمونه‌برداری

صافی‌های ذره‌ای را قبل از استفاده در دمای  $250^\circ\text{C}$  (شیشه) یا  $400^\circ\text{C}$  (کوارتز) به مدت ۵ ساعت حرارت داده، با فویل آلومینیوم شسته شده با نرمال‌هگزان بپوشانید و برای نگهداری و انتقال به/ از مکان مورد پایش، در ظروف تمیز محکم درزبندی شده، قرار دهید (برای مثال پتری‌دیش‌های شیشه‌ای یا جارهای شیشه‌ای دهانه گشاد محکم درزبندی شده با نوار PTFE). صافی‌ها را با ملایمت به وسیله پنس‌های تمیز جابه‌جا کنید.

استوانه‌های PUF را به مدت ۲۴ ساعت با استون در استخراج‌کننده سوکسله با نرخ حدود ۴ دور بر ساعت، استخراج کنید، سپس استخراج را به مدت ۲۴ ساعت دیگر در استخراج‌کننده سوکسله با نرخ حدود ۴ دور بر ساعت ادامه داده و پس از آن به منظور سهولت خشک کردن، یک استخراج کوتاه با استفاده از حلال پنتان انجام دهید. ماده حاصل را در دسیکاتور تحت خلأ و جریان ملایمی از نیتروژن با خلوص بالا یا در محفظه خلأ خشک در دمای °C ۴۰ خشک کنید.

ماده استخراجی حاصل از روش استخراج سوکسله از هر بسته<sup>۱</sup> را می‌توان برای تعیین میزان تمیزی ابتدایی قبل از تأیید آنالیز کرد.

برای نگه‌داری، توپی PUF تمیز شده را در فویل آلومینیوم شسته شده با نرمال‌هگزان قرار دهید. برای آماده‌سازی نمونه‌برداری، توپی PUF را با استفاده از دستکش‌های پلی‌استر یا لاستیکی لاتکس و پنس‌های پوشیده شده با PTFE داخل کارتریج‌های نمونه‌برداری شیشه‌ای قرار دهید. برای نگه‌داری و انتقال به و/از مکان مورد پایش، کارتریج نمونه‌برداری را در فویل آلومینیوم شسته شده با نرمال‌هگزان پیچیده و در یک ظرف تمیز محکم درزبندی شده قرار دهید.

در صورت تمایل، می‌توان کارتریج نمونه‌برداری شیشه‌ای حامل و صافی را در مدول نمونه‌برداری که در جایگاه مناسبی در یک محفظه تمیز قرار گرفته و برای نگه‌داری و انتقال به و/از مکان مورد پایش محکم درزبندی شده، قرار داد.

استوانه‌های PUF در صورتی می‌توانند مجدداً مورد استفاده قرار گیرند که پس از هر بار استفاده به خوبی با تلوئن شسته شوند. تعداد دفعات استفاده ممکن، قبل از این که باعث کاهش معناداری در کارایی شوند، مشخص نشده است اما نباید بیش از ۶ مرتبه، بدون بررسی این که کارایی تغییر نکرده است به کار برده شوند.

## ۷ نمونه‌برداری

قبل از نمونه‌برداری باید شرایط مرزی مورد قبول مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۱۰۸۴۷ تعریف شده و مورد توجه قرار گیرد.

بر اساس هدف اندازه‌گیری، یک سیستم پمپ و مدول نمونه‌برداری مناسب را انتخاب نمایید (پیوست الف را ببینید). نرخ جریان هوای ساعتی وسایل نمونه‌برداری نباید بیش از ۱۰٪ نرخ تغییر هوای اتاق مورد نظر باشد. اگر نرخ تغییر هوا مشخص نباشد، حجم هوای نمونه‌برداری شده در ساعت نباید از ۱۰٪ حجم اتاق بیشتر باشد. نمونه‌برداری در حجم پایین می‌تواند برای اتاق‌های کوچک مانند اتاق کودکان به کار رود. برای نواحی داخلی بسیار بزرگ، نمونه‌برداری در حجم بالا می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد به شرط آن که سر و صدای تولید شده به وسیله نمونه‌بردار پیامدی نداشته باشد مگر این که الزامی در نرخ نمونه‌برداری یا حجم هوای تعیین شده در بخش فوق، مشاهده شود. یک بررسی نشت، قبل و بعد از نمونه‌برداری انجام شود (بند ۹ را ببینید). نازل را مسدود کنید و مدول نمونه‌برداری را در طول نمونه‌برداری تا رسیدن به حداقل فشار مورد استفاده، تخلیه کنید: نرخ جریان حجمی باید کمتر از ۵٪ نرخ جریان معمول باشد. قبل از هر عملیات نمونه‌برداری، یک شاهد میدانی بردارید.

قبل از آغاز هرگونه برنامه نمونه‌برداری از بازده نمونه‌بردار برای PCBs/PCDDs/PCDFs موردنظر تحت شرایط پیش‌بینی شده در میدان، اطمینان حاصل نمایید. تعیین بازده به‌ویژه اگر دوره‌های نمونه‌برداری بیشتر از ۲۴ ساعت طرح‌ریزی شده باشد، مهم می‌باشد. عملکرد قابل قبول می‌تواند از طریق اندازه‌گیری مستقیم بازده نمونه‌برداری،  $E_s$ ، یا تخمین آن از بازده نگه‌داری دینامیک،  $E_r$ ، ایجاد شود. برای دستورالعمل اندازه‌گیری بازده نمونه‌برداری به پیوست ب مراجعه کنید.

هنگام بارگذاری مدول نمونه‌برداری با صافی ذره‌ای و تله PUF، برای اطمینان از این‌که آلودگی برای مثال به‌وسیله چربی پوست وجود ندارد، مراقبت ویژه را به‌کار ببرید (از دستکش و پنس استفاده کنید). دقت کنید که تله PUF به‌طور صحیح در مدول قرار گرفته و کانال‌ها و فضاهای خالی تشکیل نشود. مدول نمونه‌برداری را به‌دقت (مثلاً با نوار PTFE) درزبندی کنید به‌گونه‌ای که اطمینان حاصل کنید امکان درز و نشت وجود ندارد.

قبل از قرار دادن نگه‌دارنده صافی ذره‌ای (قسمت ۹ در شکل ب-۲ را ببینید) بر روی مدول نمونه‌برداری، با استفاده از یک سرنگ میکرولیتری، سطح دهانه ورودی جاذب PUF را با  $50 \text{ pg}$  از  $^{13}\text{C}_{12-1,2,3,7,8}$  و  $^{13}\text{C}_{12-2,3,4,4'}$  و  $^{13}\text{C}_{12-1,2,3,4,7,8,9}$ -HpCDF و  $^{13}\text{C}_{12-1,2,3,7,8,9}$ -HxCDF و  $^{13}\text{C}_{12-2,3,3',4,5,5'}$ -HxCB و  $^{13}\text{C}_{12-3,3',4,5,5'}$ -PeCB و  $^{13}\text{C}_{12-2,3,3',4,5,5'}$ -TeCB که همگی در  $100 \mu\text{l}$  تولوئن حاوی  $4\%$  نرمال‌ترادکان به‌عنوان نگه‌دارنده، حل شده‌اند، اسپایک کنید و قبل از استفاده آن را خنک نگه‌دارید. استانداردهای اسپایک هم‌چنین می‌توانند کمی قبل از نمونه‌برداری (کمتر از ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری) در آزمایشگاه به جاذب PUF اضافه شوند، مشروط بر این‌که ابزار PUF در یخچال نگه‌داشته شود تا هدررفت قبل از نمونه‌برداری به حداقل برسد. این روش می‌تواند مانع آلودگی در محل و مسائل ایمنی شود که ممکن است کاربرد در محل را ممنوع کند.

جریان هوا را از طریق سیستم نمونه‌برداری پایش با استفاده از وسیله یا وسایل کنترل جریان، پایش کنید. یک کالیبراسیون چند نقطه‌ای از سیستم کنترل جریان هر شش ماه یک‌بار با استفاده از ممیزی استاندارد روزنه<sup>۱</sup> کالیبراسیون که به صورت موقت به دهانه<sup>۲</sup> نمونه‌بردار متصل می‌شود انجام دهید. به‌طور جایگزین، از یک گازسنج خشک با جریان بالا به استفاده کنید مشروط بر این‌که به عنوان استاندارد انتقال تأیید شده باشد.

نمونه‌بردار باید در موارد زیر کالیبره شود:

(الف) زمانی که جدید است؛

(ب) پس از تعمیرات یا نگه‌داری عمده؛

(پ) هرگاه نقطه ممیزی از نمودار کالیبراسیون بیش از  $7\%$  انحراف داشته باشد یا

(ت) براساس دفعاتی که در کتاب راهنمای کاربر، مشخص شده است.

کالیبراسیون و تجدید کالیبراسیون گازسنج در میدان بر اساس استانداردهای کیفیت آزمایشگاه برای مثال با استفاده از استاندارد انتقال نرخ جریان روزنه کالیبره شده، انجام می‌شود.

1 - Calibration orifice

2 - Inlet

تحت شرایط ناخواسته بارگیری‌های بسیار بالایی از غبارات هوا برد، نرخ جریان هوا ممکن است به‌طور قابل ملاحظه‌ای در طول نمونه‌برداری از طریق صافی کاهش یابد. به‌ویژه اگر نرخ جریان به‌طور خودکار کنترل نشود. حتی با پمپ‌های کنترل جریان بار صافی ممکن است آن‌قدر زیاد شود که وسایل به‌صورت خودکار خاموش شوند. بنابراین در صورتی که نرخ جریان هوا بیش از ۱۰٪ مقدار اولیه تغییر کند، صافی باید تعویض شود. صافی جدید نیز باید با استانداردهای نمونه‌برداری اسپایک شود.

اگر تصحیح حجم نمونه‌برداری براساس شرایط استانداردهای فشار و دما (۲۷۳/۱۵ K، ۱۰۱۳/۲۵ hPa) موردنظر باشد، میانگین دما و میانگین فشار هوا در طول نمونه‌برداری را به‌کار ببرید.

مراقبت‌های ویژه را به‌کار برید تا سیستم نمونه‌برداری به‌گونه‌ای نصب شود که مستقیماً تحت تأثیر فشارها و غیره قرار نگیرد. به‌منظور اطمینان از این‌که نمونه برداشته شده نماینده کل است، دقت کنید که نرخ تغییر هوا در اتاق در طول نمونه‌برداری، مشابه نرخ تغییر هوا در طول استفاده نرمال از اتاق باشد. به‌منظور به حداقل رساندن مزاحمت سر و صداها می‌توان آن را در یک اتاق مجاور یا بیرون از ساختمان نصب کرد. در این حالت، مدول نمونه‌برداری را با استفاده از یک لوله رابط (برای مثال بافت لوله‌ای PVC) از طریق یک زانوی رابط، به واحد سیستم پمپ وصل کنید. توجه کنید لوله‌کشی طولانی‌تر منجر به افت فشار بیشتر و در نتیجه اعمال بار بیشتر بر روی سیستم پمپ خواهد شد. سیستم‌های پمپ کوچک‌تر را می‌توان از طریق قرار دادن آن‌ها در محفظه‌های پلی‌اورتانی یا پلی‌استایرنی مانند جعبه های یخ بی‌صدا کرد. گرچه توصیه می‌شود مراقبت باشید تا سیستم‌ها بیش از حد گرم نشوند.

برای تعیین مقدار میانگین نشان‌دهنده غلظت‌های PCB/PCDD/PCDF در هوا، ممکن است لازم باشد نمونه‌برداری در طول دوره‌های نسبتاً طولانی انجام شود. برای اندازه‌گیری معمول، حجم‌های نمونه‌برداری هدف نباید از  $360 \text{ m}^3$  (معادل یک دوره نمونه‌برداری ۲۴ ساعته در  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  و ۷ روز در  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ ) بیشتر شود. روش برای دوره‌های نمونه‌برداری تا ۷ روز اعتبارسنجی شده است. در موارد خاص حجم‌های نمونه‌برداری نمونه‌بردارها با حجم بالا تا  $1000 \text{ m}^3$  اعتبارسنجی شده‌اند.

پس از نمونه‌برداری مدت نمونه‌برداری را ثبت کنید، مدول نمونه‌برداری را در فویل آلومینیوم پیچیده و آن را تا زمان بازگشت به آزمایشگاه خنک نگه دارید. توصیه می‌شود صافی و تله PUF در آزمایشگاه از مدول نمونه‌بردار برداشته شده و تا زمان آنالیز در یک ظروف شیشه‌ای یا فلزی محکم درزبندی شده قرار داده شوند و در دمای  $4^\circ \text{C}$  یا کمتر نگهداری شوند. زمان نگهداری را تا حد امکان کوتاه باشد و در هیچ موردی طولانی‌تر از دو هفته نباشد. به‌طور جایگزین، در صورتی که دقت ویژه به‌منظور اجتناب از آلودگی به‌کار رود، کارتریج PUF و صافی می‌توانند از مدول نمونه‌برداری برداشته شوند و در ظروف نگهداری در محل نمونه‌برداری قرار گیرند.

از دوره‌های نمونه‌برداری بیش از ۲۴ ساعت باید اجتناب شود مگر این‌که برای دستیابی به حد تشخیص موردنیاز، ضروری باشد. ترجیحاً به جای طولانی کردن دوره نمونه‌برداری، استفاده از نمونه‌بردار با نرخ نمونه‌برداری بالاتر باید مورد بررسی قرار گیرد، مشروط بر این‌که استفاده از آن، نرخ تهویه اتاق یا فضای داخلی موردپایش را مختل نکند یا وضعیت بی‌سابقه غیرقابل پذیرشی نسبت به تولید سر و صدا یا مصرف

فضا نشان ندهد. اصلاح مراحل اندازه‌گیری مانند افزایش با احتیاط غلظت استخراجی یا استفاده از روش‌های MS حساس، می‌تواند دستیابی به حدود تشخیص کمتر را امکان‌پذیر سازد. استخراج، تصفیه و روش‌های تجزیه‌ای در استاندارد ISO 16000-14 شرح داده شده است.

## ۸ حداقل الزامات برای نمونه‌برداری

- حداقل الزامات زیر برای اندازه‌گیری غلظت‌های PCB/PCDD/PCDF باید برآورده شود.
- الف) قبل و بعد از هر روش نمونه‌برداری باید بررسی نشت انجام شود. مدول نمونه‌برداری با ورودی درزبندی شده باید با فشار مورد استفاده در طول نمونه‌برداری تخلیه شود و نرخ جریان حجمی باید کمتر از ۵٪ نرخ جریان معمول باشد.
- ب) قبل از اجرای هر نمونه‌برداری باید یک شاهد میدانی گرفته شود.
- پ) استانداردهای نشان‌دار شده با  $^{13}C_{12}$  باید به‌صورتی که در جداول ۱ و ۲ شرح داده شده، به‌کار روند.
- ت) محلول استاندارد نمونه‌برداری باید حاوی ۴٪ تترادکان به عنوان نگه‌دارنده باشد.
- ث) نرخ بازیابی برای هر استاندارد نمونه‌برداری باید بیش‌تر از ۵۰٪ مقدار محاسبه شده براساس استاندارد استخراج مربوطه باشد.
- ج) غلظت‌های PCB/PCDD/PCDF در شاهد میدانی با فرض حجم مشابه برای نمونه‌برداری، باید بیشتر از ضریب ۵ پایین‌تر از کمترین مقادیر اندازه‌گیری باشد (بیان شده در TEQ). در صورتی که مقدار محاسبه شده اندازه‌گیری شده از مقدار شاهد میدانی قبلی، کمتر باشد، نتیجه گزارش شده به‌صورت کمتر یا برابر با شاهد تعریف می‌شود.

## پیوست الف (اطلاعاتی)

### جزئیات نمونه بردارها

#### الف- ۱ کلیات

در این پیوست مثال‌هایی از چندین سیستم نمونه‌برداری که می‌توانند برای جمع‌آوری مؤثر PCDDs ، PCBs و PCDFs از هوای داخلی به‌کار روند، ارائه شده‌اند. همه این نمونه‌بردارها مبتنی بر اصول توصیف شده در بندهای ۵ و ۶-۱ می‌باشند. وسیله نمونه‌برداری در همه موارد متشکل از یک صافی ذره‌ای فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی مجهز به تله PUF می‌باشد. در هر مورد تله‌های PUF در شیشه استوانه‌ای شکل یا کارت‌تریج‌های نمونه‌برداری از جنس فولاد زنگ‌نزن نگهداری می‌شود.

توصیه می‌شود قطر تویی PUF حدود ۲ mm تا ۵ mm بزرگتر از قطر داخلی کارت‌تریج باشد تا کمی فشرده شود. اگر فشرده نشود امکان دارد هوا بین دیواره‌های استوانه شیشه‌ای کارت‌تریج و PUF جریان یابد که منجر به خطای نمونه‌برداری شود. این کار را می‌توان بدون فشردن فوم از طول انجام داد، در صورتی که فوم به داخل استوانه فشار داده شده و سپس کمی عقب کشیده شود.

اگر ورودی‌های انتخاب‌گر نسبت به اندازه ذره (برای مثال  $PM_{10}$  یا  $PM_{2.5}$ ) موجود باشد، در صورت تمایل می‌تواند به‌کار رود.

کاربران می‌توانند نمونه‌بردارهای دیگر را جایگزین کنند اما باید الزامات این استاندارد ملی را برآورده کنند.

#### الف- ۲ نمونه‌بردارهای حجم پایین

##### الف ۱-۲ روش US EPA، نمونه‌بردار حجم پایین IP-7

نمونه‌بردار نشان داده شده در شکل الف-۱ برای عمل کردن در  $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $1.6 \text{ m}^3/\text{h}$  طراحی شده است و برای استفاده در منازل مسکونی و دفاتر کار به اندازه کافی بی‌سر و صدا می‌باشد. نمونه‌بردار از یک پمپ هوا و کنترل‌های متصل به آن که در یک محفظه عایق صدا جای گرفته است، تشکیل شده و توسط یک لوله انعطاف‌پذیر به مدول نمونه‌برداری متصل می‌شود که این ابزار خود شامل یک صافی فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی دایره‌ای مجهز به یک کارت‌تریج جاذب شیشه‌ای حاوی یک تویی PUF استوانه‌ای می‌باشد (شکل الف-۲). این نمونه‌بردار در مراجع شماره ۸ و ۹ شرح داده شده است.

هر پمپی که نرخ جریان هوای تعیین شده را تأمین کند، می‌تواند استفاده شود اما برای استفاده در منازل مسکونی یا دفاتر کار باید نسبت به صدا عایق باشد. زمانی که پمپ در  $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$  عمل می‌کند، سیستم پمپ توصیف شده در مراجع ۷ و ۸، معیار صدای قابل قبول (PNC)  $39 \text{ dB}^1$  (کمتر از  $45 \text{ dB}$ ) (مرجع ۱۰ را ببینید) را ایجاد می‌کند که نوعی از نویز زمینه‌ای در مناطق زیستی و دفاتر شخصی می‌باشد.



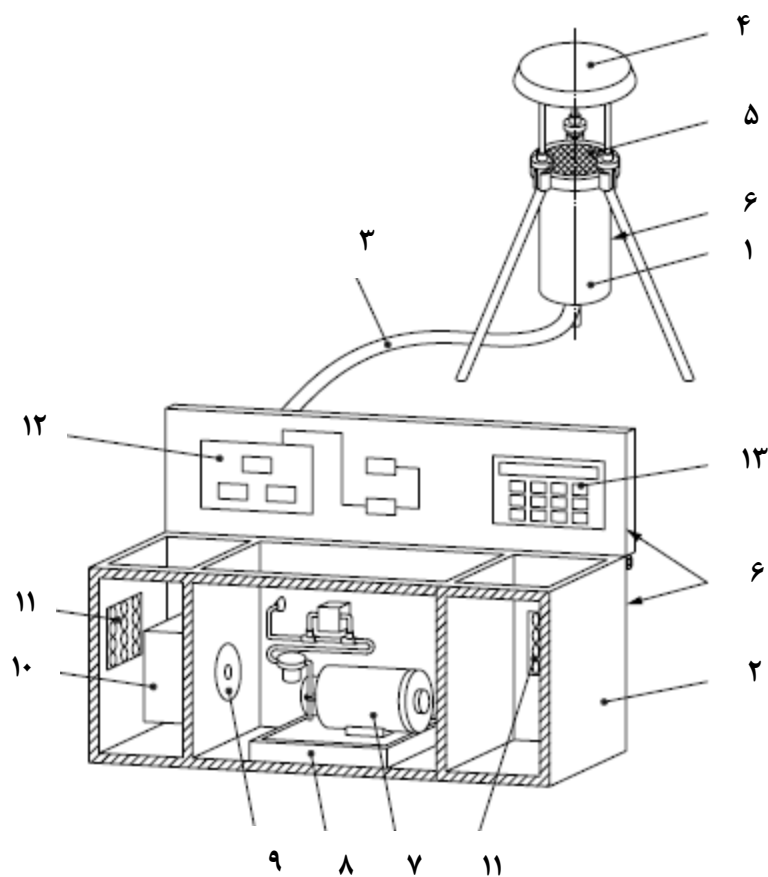
گرچه سایر پمپ‌های نمونه‌برداری هوا که به صورت تجاری در دسترس هستند قادر به نمونه‌برداری در  $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$  تقریباً بدون سر و صدا می‌باشند. در مورد پمپ‌های پر سر و صدا، می‌توان آن‌ها را در جعبه‌های عایق صدا مانند خنک‌کننده فوم پلی‌استایرن، قرار داد، مشروط بر این که بیش از حد گرم نشوند. دوره‌های نمونه‌برداری تا ۷ روز ممکن است برای جمع‌آوری نمونه‌های کافی جهت اندازه‌گیری حجم‌های کم PCDFs، PCDDs، PCBs در هوای داخلی موردنیاز باشد.

#### الف-۲-۲ نمونه‌بردار حجم پایین VDI 3498-2

نمونه‌بردار نشان داده شده در شکل الف-۳ برای عمل کردن در  $2,7 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$  طراحی شده است. نمونه‌بردار از یک پمپ هوا و کنترل‌های متصل به آن است که در یک محفظه قرار داده شده‌اند و از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر به مدول نمونه‌برداری متصل می‌شود که خود شامل یک صافی فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی دایره‌ای مجهز به یک کارتریج جاذب دارای یک توپی استوانه‌ای PUF، می‌باشد (شکل الف-۴ را ببینید). این نمونه‌بردار در مرجع ۱۱ توصیف شده است. سیستم نمونه‌برداری در سراسر جهان از چندین منبع تجاری قابل دسترس است. هد<sup>۱</sup> نمونه‌برداری ممکن است با یکی از ورودی‌های  $\text{PM}_{10}$  یا  $\text{PM}_{2.5}$  تغییر داده شود.

هر پمپی که نرخ جریان هوا معین شده را تأمین کند می‌تواند به کار رود، اما برای استفاده در منازل مسکونی یا دفاتر کار، باید نسبت به صدا عایق باشد. سیستم پمپ توصیف شده معیار صدای قابل قبول (PNC) ۳۹ را تأمین می‌کند (کمتر از ۴۵ dB)، که نوعی سر و صدای زمینه‌ای در مناطق زیستی و دفاتر شخصی می‌باشد. گرچه، سایر پمپ‌های نمونه‌برداری هوا که به صورت تجاری در دسترس هستند قادر به نمونه‌برداری در  $2,7 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$  تقریباً بدون سر و صدا می‌باشند و پمپ‌های پر سر و صدا می‌توانند با قرار گرفتن در جعبه‌های عایق صدا مانند خنک‌کننده‌های فوم پلی‌استایرن بدون صدا شوند مشروط بر این که بیش از حد گرم نشوند. احتمال دیگر، طولانی کردن لوله خروجی با استفاده از یک لوله انعطاف‌پذیر به خارج از اتاق و به بیرون می‌باشد.

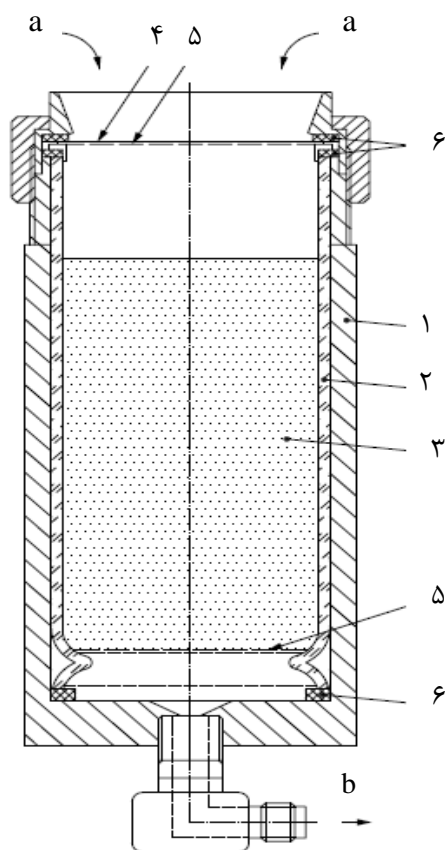
دوره‌های نمونه‌برداری از ۷ ساعت تا چند روز برای جمع‌آوری نمونه‌های کافی جهت اندازه‌گیری مقادیر کم PCDFs و PCDDs، PCBs در هوای داخلی، امکان‌پذیر می‌باشد.



راهنما:

- |    |  |
|----|--|
| ۱  | مدول نمونه برداری (شکل الف-۲ را ببینید)                    |
| ۲  | واحد پمپ در جعبه عایق صوتی، با ابعاد ۲۱ cm × ۳۵ cm × ۵۱ cm |
| ۳  | دهانه انعطاف پذیر نمونه                                    |
| ۴  | محافظ در برابر غبار  |
| ۵  | صفحه نگه دارنده صافی قابل حمل                              |
| ۶  | عایق صوتی فیبر شیشه‌ای                                     |
| ۷  | نگه دارنده   |
| ۸  | پمپ خلأ  |
| ۹  | مبدل جریان   |
| ۱۰ | فن   |
| ۱۱ | منافذ خروجی  |
| ۱۲ | کنترل کننده‌های الکترونیکی برای کنترل جریان و غیره         |
| ۱۳ | زمان سنج قابل برنامه ریزی هفت روزه                         |

شکل الف-۱ - نمونه بردارهای هوای داخلی با حجم پایین با محفظه صوتی

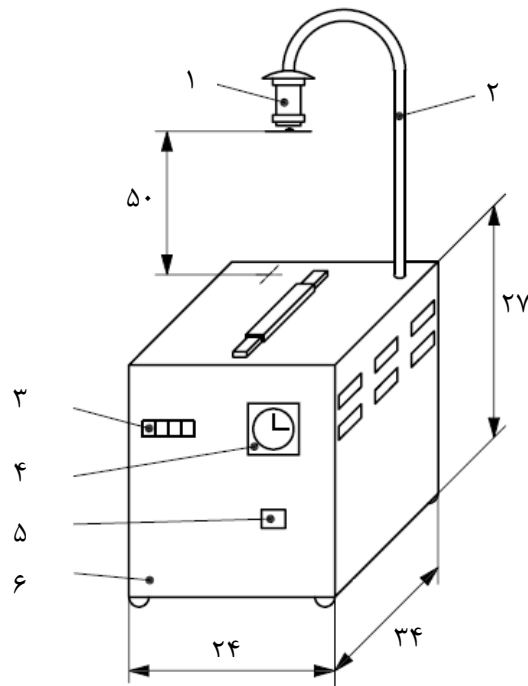


**راهنما:**

- ۱ مدول نمونه برداری آلومینیومی، استوانه‌ای قطر خارجی ۶۴ mm (قطر داخلی ۴۷ mm) × طول ۱۴۵ mm، مجهز به نگه‌دارنده صافی پیچی
  - ۲ کارتریج شیشه‌ای جاذب PUF، استوانه‌ای با قطر خارجی ۴۷ mm (قطر داخلی ۴۲ mm) × طول ۱۲۵ mm
  - ۳ جاذب PUF، نوعی پلی‌اتر با سل باز<sup>۱</sup>، دانسیته ۲۲ mg/cm<sup>۳</sup>، استوانه‌ای، با ابعاد ۴۵ mm × طول ۱۰۰ mm
  - ۴ صافی ذره‌ای، فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی، دایره‌ای، با قطر ۴۷ mm
  - ۵ صفحات نگه‌دارنده، دایره‌ای، دارای منافذ ۱٫۲ mm (۵۰٪ سطح باز)
  - ۶ واشرهای درزبند قابل انعطاف، بی‌اثر (مثلاً PTFE)، دایره‌ای
- a ورودی هوا  
b به سمت پمپ

**شکل الف-۲-مدول نمونه برداری برای نمونه بردار با حجم پایین**

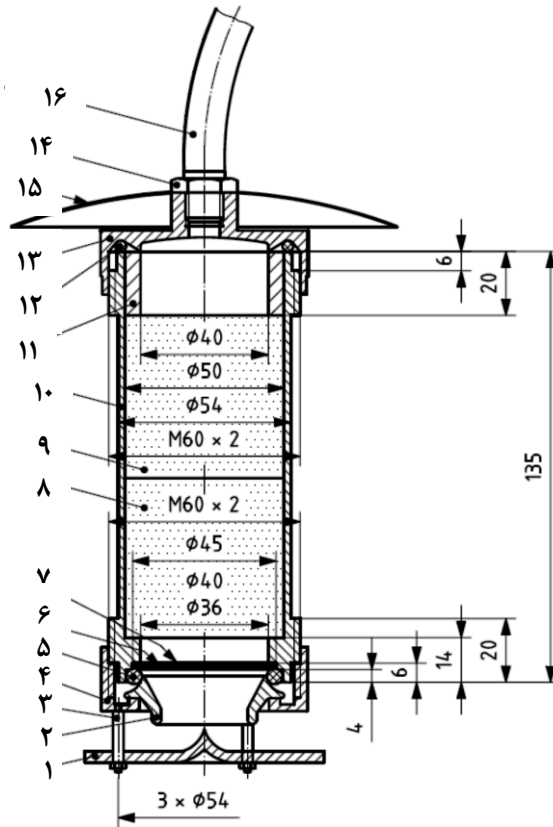
ابعاد برحسب سانتی متر



راهنما:

- |                 |   |
|-----------------|---|
| سر نمونه برداری | ۱ |
| لوله مکش        | ۲ |
| شمارشگر         | ۳ |
| زمان سنج        | ۴ |
| کلید            | ۵ |
| بدنه محافظ      | ۶ |

شکل الف-۳- وسایل نمونه برداری با حجم پایین ( $2.7 \text{ m}^3/\text{h}$ )



راهنما:

- ۱ صفحه جریان (فولاد زنگ‌زن) قطر ۷۵ mm، قطر مخروط ۱۴ mm، ارتفاع ۳٫۵ mm
- ۲ مجرای ورودی (آلومینیوم)، کاملاً آندی شده، قطر داخلی تحتانی ۲۷ mm، قطر خارجی ۳۳ mm، قطر داخلی فوقانی ۳۹ mm، ارتفاع ۱۵ mm، حلقه نگه‌دارنده خارجی ۵۰ mm
- ۳ قطعات پایه (فولاد زنگ‌زن)، طول ۱۵ mm
- ۴ نگه‌دارنده صافی با اتصال پیچی (پلی‌کربنات)، روزنه ۴۰٫۵ mm، ارتفاع ۲۰ mm، قطر داخلی ۵۶ mm و قطر خارجی ۶۴٫۵ mm
- ۵ واشر لاستیکی، با قطر داخلی ۳۹ mm، ضخامت ۵ mm
- ۶ صافی فیبر شیشه‌ای، با قطر ۵۰ mm، بین دو حلقه PTFE مسطح، قطر خارجی ۵۰ mm، قطر داخلی ۴۰٫۵ mm و قطر خارجی ۵۰ mm و قطر داخلی ۳۸ mm
- ۷ صفحه نگه‌دارنده قطر ۴۰ mm تا ۴۴ mm بسته به مساحت سطحی که محافظت می‌شود.
- ۸ تله PUF اولیه، طول ۵۰ mm، قطر ۵۵ mm
- ۹ تله PUF پشتیبان، طول ۵۰ mm، قطر ۵۵ mm با یک فضای هوا بین دو فوم. فوم پشتیبان باید به وسیله یک فضای هوا از فوم اولیه جدا شده باشد تا از مقاومت جریان هوا جلوگیری شود.
- ۱۰ کارتریج (لوله فولاد زنگ‌زن)، با طول کل ۱۳۵ mm، قطر داخلی ۵۰ mm، قطر خارجی ۵۴ mm. تکیه‌گاه صفحه نگه‌دارنده ۴۰ mm تا ۴۴ mm، فیبر شیشه‌ای یا تکیه‌گاه واشر با قطر ۵۰ mm
- ۱۱ جداکننده (حلقه فولاد زنگ‌زن) با قطر خارجی ۴۹٫۵ mm
- ۱۲ واشر لاستیکی، با قطر داخلی ۴۹ mm و ضخامت ۳ mm تا ۳٫۵ mm
- ۱۳ اتصال پیچی (پلی‌کربنات)، قطر داخلی ۵۶ mm و قطر خارجی ۶۴٫۵ mm، ارتفاع ۲۰ mm، روزنه ۸٫۵ mm، پیچ قطر داخلی ۱۰٫۸ mm، پیچ باریک متری ۱۲ mm
- ۱۴ مهره قفلی
- ۱۵ سپر، قطر خارجی ۱۲۰ mm
- ۱۶ لوله مکش (فولاد زنگ‌زن)، با قطر داخلی ۹ mm و قطر خارجی ۱۲ mm

شکل الف-۴- هد نمونه برداری

## الف-۳ نمونه‌بردارهای حجم بالا

### الف-۱-۳ کلیات

نمونه‌بردارهای حجم بالای توصیف شده در این بند در نرخ‌های جریان تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  عمل می‌کنند و می‌توانند برای محوطه‌های داخلی بزرگ مانند سالن‌های تئاتر، کنفرانس و فضاهای کاری باز به کار روند. توصیه می‌شود آن‌ها فقط زمانی در خانه‌ها یا دفاتر کار به کار روند که دستیابی به حجم‌های نمونه کافی با استفاده از نمونه‌بردارهای حجم پایین یا متوسط امکان‌پذیر نباشد، زیرا احتمال دارد استفاده از آن‌ها در این شرایط، تهویه طبیعی اتاق یا ساختمان را مختل کند. باید تأکید شود که سر و صدای تولید شده به وسیله نمونه‌بردارهای حجم بالا ممکن است استفاده از آن‌ها را در محیط‌های داخلی مسکونی ممنوع کند. علاوه بر آن، اگر نمونه‌بردارها برای چندین ساعت کار کنند، گرمای ناشی از تخلیه هوا ممکن است دمای اتاق را تا میزان ناراحت‌کننده‌ای افزایش دهد.

نمونه‌بردار توصیف شده در بند الف-۳-۲ به گونه‌ای طراحی شده است که سیستم پمپ می‌تواند در فضای بیرون قرار داده شود و به مدول نمونه‌برداری واقع در داخل به وسیله یک لوله نمونه‌برداری (لوله فلزی یا پلاستیکی) متصل شود، همین‌طور مدول نمونه‌برداری می‌تواند از نمونه‌بردارهای استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱ توصیف شده در بند الف-۳-۳ باشد و به وسیله لوله نمونه‌برداری به واحد پایه وصل شود. نمونه‌بردار توصیف شده در بند الف-۳-۴ به طور فوق‌العاده‌ای بی‌صدا است و می‌تواند در مناطق زیستی مسکونی و حتی در اتاق خواب‌ها زمانی که ساکنین خواب هستند، به کار رود.

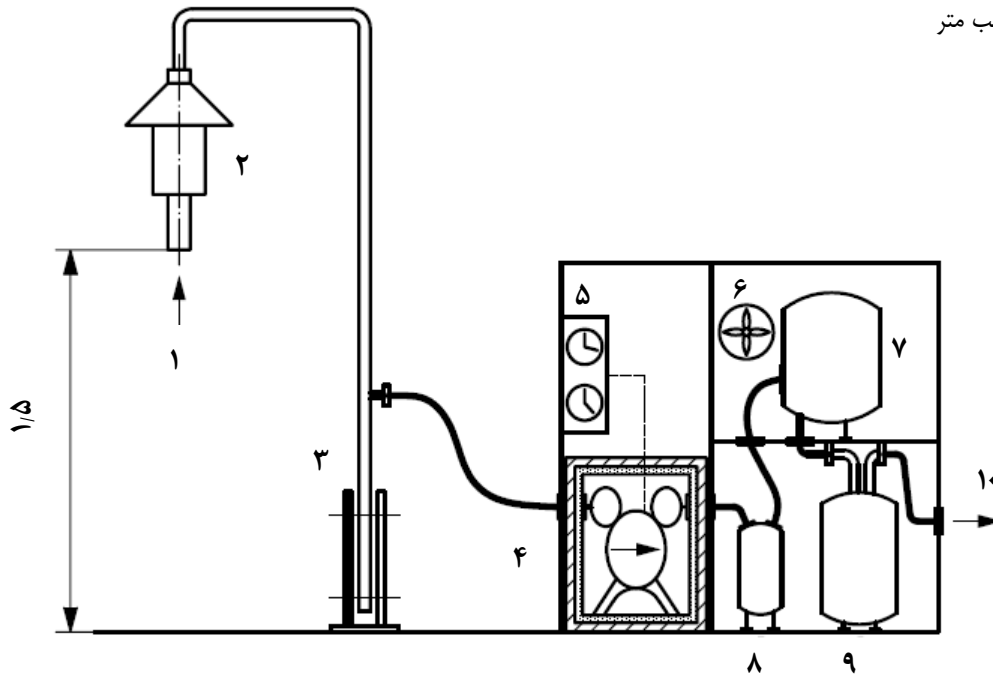
### الف-۲-۳ نمونه‌بردار VDI 3498-1

نمونه‌بردار نشان داده شده در شکل الف-۵ برای عمل کردن در  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  طراحی شده و نسبتاً پر سر و صدا می‌باشد اما به گونه‌ای طراحی شده است که سیستم پمپ می‌تواند در فضای بیرونی قرار داده شود و به مدول نمونه‌برداری واقع شده در داخل به وسیله یک لوله نمونه‌برداری (لوله فلزی یا پلاستیکی) متصل شود. نمونه‌بردار از یک پمپ هوا و کنترل‌های متصل به آن تشکیل شده است که در یک محفظه قرار داده شده‌اند و از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر به مدول نمونه‌برداری متصل می‌شود که خود شامل یک صافی فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی دایره‌ای مجهز به یک کارت‌تریج جاذب دارای یک تویی استوانه‌ای PUF، می‌باشد (شکل الف-۶ را ببینید). این نمونه‌بردار در مرجع ۱۲ پیوست ت توصیف شده است. سیستم نمونه‌برداری در سراسر جهان از چندین منبع تجاری در دسترس می‌باشد.

هر پمپی که نرخ جریان هوای معین شده را تأمین کند می‌تواند به کار رود اما باید برای استفاده در منازل یا دفاتر کار عایق صوتی باشد.

دوره‌های نمونه‌برداری از ۳ ساعت تا چند روز برای جمع‌آوری نمونه‌های کافی به منظور اندازه‌گیری مقادیر کم PCBs، PCDFs و PCDs در هوای داخلی امکان‌پذیر می‌باشد.

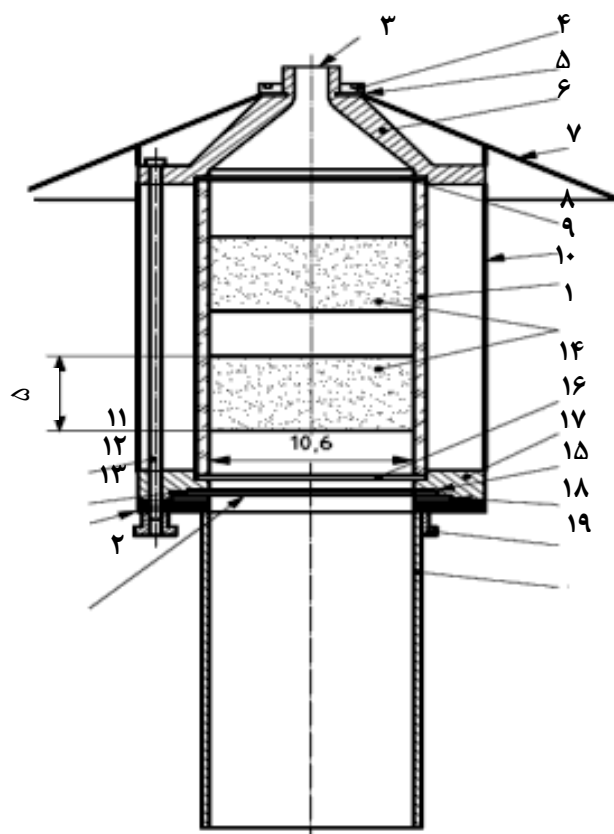
ابعاد بر حسب متر



راهنما:

- ۱ ورودی هوا
- ۲ هد نمونه برداری
- ۳ میله خمیده<sup>۱</sup>
- ۴ پمپ و دو صدا خفه کن
- ۵ زمان سنج
- ۶ فن
- ۷ خنک کننده هوا
- ۸ صافی گرد و غبار
- ۹ گازسنج
- ۱۰ خروجی

شکل الف-۵- نمونه بردار VDI 3498-1



راهنما:

- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| ۱  | تله‌های فوم پلی‌اوراتان، با قطر ۱۱۰ mm × طول ۵۰ mm         | ۱۱ | شیار   |
| ۲  | صافی فیبر شیشه‌ای یا کوارتزی گرد، ۱۲۰ mm                   | ۱۲ | نگهدارنده صافی (فولاد زنگ‌نزن)                       |
| ۳  | مجرای ورودی  | ۱۳ | لبه آلومینیمی با مجرای ورودی هوا                     |
| ۴  | شیار <sup>۱</sup>  | ۱۴ | واشر   |
| ۵  | درزبند   | ۱۵ | واشر PTFE (پلی‌تترافلئورواتان)                       |
| ۶  | دهانه ورودی  | ۱۶ | لبه آلومینیمی  |
| ۷  | سپر  | ۱۷ | واشر PTFE  |
| ۸  | واشر <sup>۲</sup>  | ۱۸ | شیار (برنجی)   |
| ۹  | محافظ نور (UVA) (برای اندازه‌گیری‌های داخلی موردنیاز نیست) | ۱۹ | لوله ورودی (آلومینیمی) طول ۲۰۰ mm و قطر داخلی ۱۰۰ mm |
| ۱۰ | استوانه شیشه‌ای  |    |  |

شکل الف-۶- هد نمونه‌برداری VDI 3498-1

الف-۳-۳ نمونه‌بردار استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱

نمونه‌بردار هوای بیرونی توصیف شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱ می‌تواند برای استفاده داخلی به‌منظور جمع‌آوری PCBs، PCDDs و PCDFs از هوای داخلی در نرخ‌های نمونه‌برداری بالا (برای مثال  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$ ) مناسب باشد. همین نمونه‌بردار مبنای روش TO-9A آژانس حفاظت محیط زیست

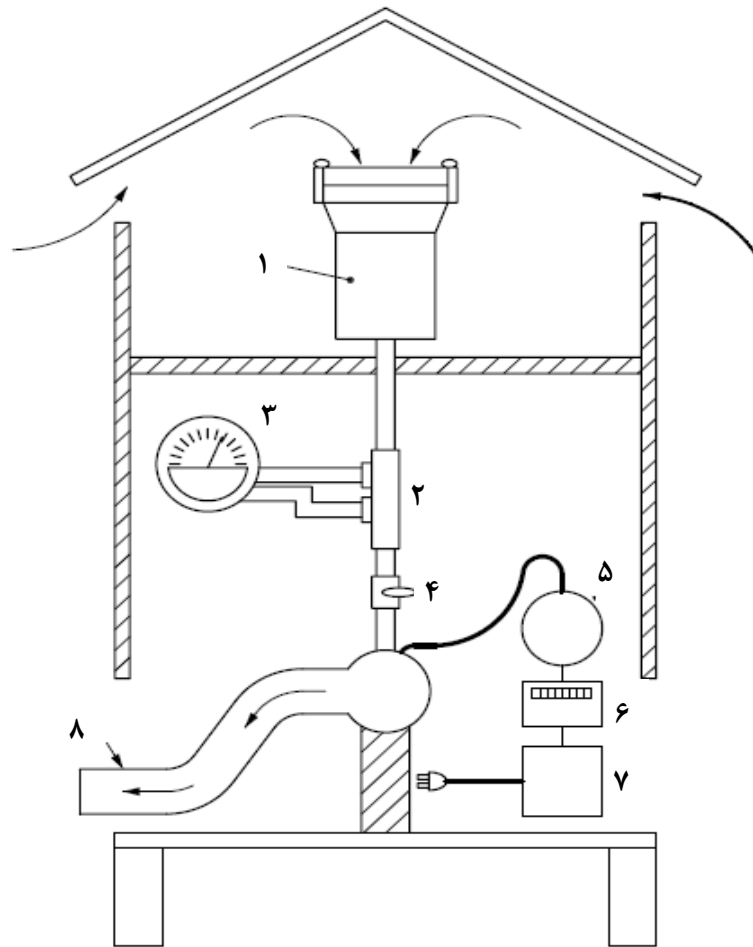
1 - Thread  
2 - Gasket



ایالت متحده آمریکا برای دی‌بنزو پارادی‌اکسین‌های چندکلره و دی‌بنزو فوران‌ها در هوای محیطی می‌باشد (مرجع ۷). نمونه‌بردارها با این طراحی از منابع مختلف در سرتاسر جهان به‌صورت تجاری در دسترس می‌باشند. یک ترسیم شماتیک از نمونه‌بردار در شکل الف-۷ نشان داده شده است. این نمونه‌بردار مجهز به یک دستگاه کنترل جریان، یک سنجه خلأ برای اندازه‌گیری افت فشار در سراسر مدول نمونه‌برداری، یک زمان‌سنج وقفه‌ای و یک لوله خروجی می‌باشد که هوای خارج شده را تا حداقل ۳ m دورتر از نمونه‌بردار منتقل می‌کند تا از گردش مجدد هوای نمونه‌برداری شده جلوگیری کند (مرجع ۱۳). توصیه می‌شود در صورت امکان، هوای خروجی، به بیرون از اتاق یا ساختمانی که در آن نمونه‌برداری صورت می‌گیرد تخلیه شود.

مدول نمونه‌برداری برای این نمونه‌بردار مشابه آنچه در شکل ۲ نشان داده شد، می‌باشد. این مدول نمونه‌برداری از یک نگه‌دارنده صافی فلزی (قسمت ۹ شکل ۲ بخش ب) تشکیل شده است که قادر به نگه‌داری صافی ذره‌ای دایره‌ای ۱۰۴ mm نگه‌داشته شده به‌وسیله یک صفحه فولاد زنگ‌نزن ۱٫۲ mm با سطح باز ۵۰٪ و متصل به یک استوانه فلزی (قسمت ۱۳ شکل ۲ بخش ب) که قادر به نگه‌داشتن یک کارتریج جاذب شیشه‌ای بوروسیلیکات با قطر خارجی ۶۴ mm (قطر داخلی ۵۸ mm) × ۱۲۵ mm می‌باشد. نگه‌دارنده صافی مجهز به واشرهای درزبند بی‌اثر (مانند پلی‌تترافلوئورواتیلن) قرار داده شده در هر دو سوی صافی می‌باشد. علاوه بر آن، واشرهای انعطاف‌پذیر بی‌اثر (مانند لاستیک سیلیکونی) برای تأمین یک درزبند نفوذناپذیر نسبت به هوا در انتهای کارتریج جاذب استفاده می‌شوند. کارتریج جاذب شیشه‌ای که ۲۰ mm از انتهای پایینی، بالاتر قرار گرفته یک محافظ برای یک صفحه فولاد زنگ‌نزن ۱٫۲ mm (سطح باز ۵۰٪) که جاذب را نگه می‌دارد و شامل یک PUF نوع پلی‌اثر با سل باز استوانه‌ای با دانسیته  $22 \text{ mg/cm}^3$  و قطر ۶۲ mm × طول ۱۰۰ mm است را فراهم می‌کند. کارتریج جاذب شیشه‌ای با قسمت ۱۳ در شکل ۲ بخش ب مطابقت دارد که روی قسمت ۹ در شکل ۲ بخش ب پیچ شده است تا کارتریج جاذب بین واشرها درزبندی شود. مدول نمونه‌برداری در مراجع شماره ۶ و ۷ توصیف شده است. مدول‌های نمونه‌برداری مشابه به‌صورت تجاری در دسترس هستند.

این نمونه‌بردار پر سر و صدا است اما می‌تواند در داخل در فضاهای خیلی بزرگ که سر و صدا مشکل ایجاد نمی‌کند استفاده شود. به‌طور جایگزین، مدول نمونه‌برداری می‌تواند داخل قرار داده شود و به‌وسیله یک لوله نمونه‌برداری عبور داده شده از میان پنجره یا دیوار به پمپ متصل شود.



راهنما:

- ۱ مدول نمونه برداری
- ۲ کنترل کننده جریان ونتوری
- ۳ سنجه خلأ
- ۴ شیر کنترل جریان
- ۵ تغییر دهنده ولتاژ (برای تنظیم نرخ جریان)
- ۶ سنجه زمان سپری شده
- ۷ زمان سنچ ۷ روزه
- ۸ شلنگ خروجی به طول ۳ m تا ۴ m

شکل الف-۷- نمونه بردار استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۵۱

#### الف-۳-۴ نمونه بردار حجم بالای بدون صدا

این نمونه بردار از نظر صوتی عایق می باشد به طوری که می تواند در اماکن مسکونی به کار رود. این نمونه بردار در متون مروری مربوطه (مراجع ۹ و ۱۴ و ۱۵ پیوست ت را ببینید) توصیف شده است. این نمونه بردار می تواند در نرخ های جریان در گستره  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  تا  $16 \text{ m}^3/\text{h}$  به کار رود.

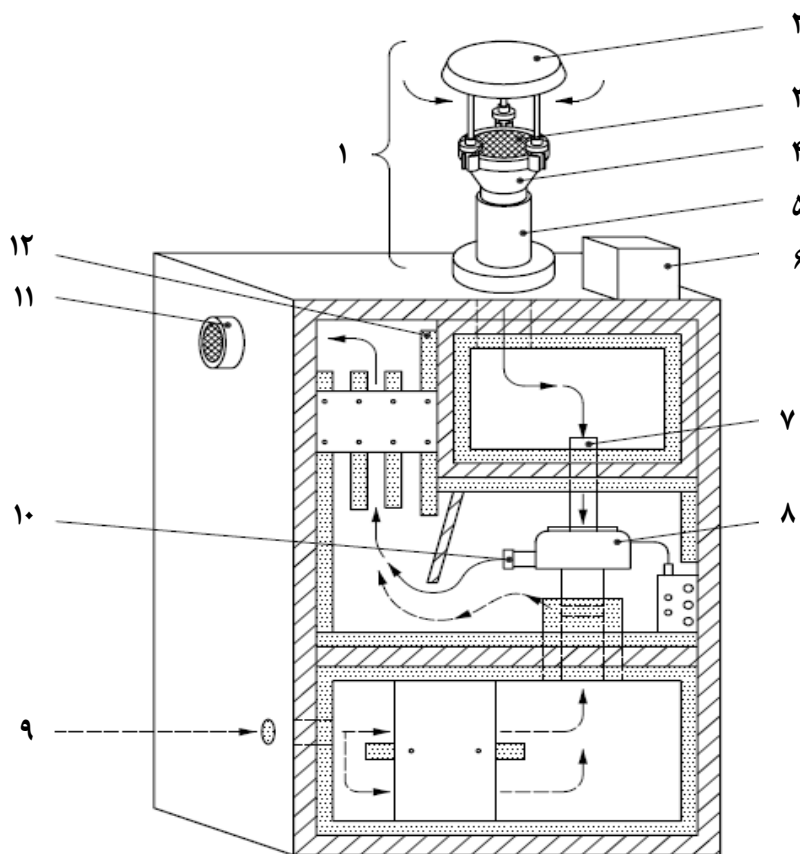
این نمونه بردار در یک محفظه سخت درزبندی شده با ارتفاع  $91 \text{ cm}$  × طول  $58 \text{ cm}$  × عرض  $47 \text{ cm}$  با تعدیل صوتی مناسب قرار داده شده است. محفظه از تخته چندلا با مفاصل شیاردار درزبندی شده با درزگیر لاتکس ساخته شده است. تخته فیبر شیشه ای نیمه سخت که به گونه ای برش داده می شود که متناسب با

حصارها و حائل‌های مختلف درون محفظه شود، ابزار اصلی جاذب صدا می‌باشد. یک رویه محفظه صوتی در صورت لزوم می‌تواند برای بررسی و سرویس اجزای داخلی واحدها برداشته شود. جریان هوا به وسیله یک موتور خلأ کنارگذر فراهم می‌شود که به ورودی هوی اشغال شده<sup>۱</sup> با پایه‌های ارتعاش - ایزوله<sup>۲</sup> و یک واشر فوم سل بسته، جفت شده است. این امر یک درزبندی بدون منفذ نسبت به هوا بین لبه لوله پایه و محفظه ورودی فراهم می‌نماید. نمونه بردار طراحی شده مقدار معیار صدای قابل قبول NC-۳۵ را که قابل قیاس با میزان صدای زمینه در یک اتاق خواب نوعی است، برآورده می‌کند. نمونه بردار همان مدول نمونه برداری مشابه شکل ۲ (توصیف شده در بند الف - ۳-۳) را به کار می‌برد. ترسیم شماتیکی از نمونه بردار در شکل الف-۸ نشان داده شده است.

---

1 - Plenum

2 - Vibration- isolation mounts



#### راهنما

- |    |   |
|----|---|
| ۱  | مدول نمونه برداری   |
| ۲  | محافظ گرد و غبار  |
| ۳  | صفحه محافظ صافی ذره ای                                    |
| ۴  | نگهدارنده صافی ذره ای                                     |
| ۵  | نگهدارنده کارتریج PUF                                     |
| ۶  | جعبه کنترل الکترونیک (کنترل کننده جریان، زمان سنج و غیره) |
| ۷  | محفظه خلأ و دهانه ی ورودی پمپ                             |
| ۸  | پمپ خلأ با موتور جانبی خود خنک کن                         |
| ۹  | دهانه ورودی هوای خنک کننده موتور                          |
| ۱۰ | خروجی پمپ خلأ   |
| ۱۱ | خروجی   |
| ۱۲ | تخته پشم شیشه نیمه سخت گیرنده صدا                         |

**یادآوری** - توصیه می شود لوله به خروجی (۱۱) متصل باشد تا هوای خروجی را حداقل ۳ m دورتر از نمونه بردار و ترجیحاً به خارج از اتاق یا ساختمانی که نمونه برداری در آن صورت می گیرد، هدایت کند.

#### شکل الف-۸ - نمونه بردار هوای داخلی حجم بالا مجهز به محفظه صوتی

## پیوست ب (الزامی)

### اندازه‌گیری بازده نمونه‌برداری یا بازده نگره‌داری دینامیک

بازده نمونه‌برداری ( $E_s$ ) با اسپایک کردن یک محلول از ترکیبات موردنظر (یا یک انتخاب جایگزین) تعیین می‌شود که شامل فرارترین PCB/PCDD/PCDF می‌باشد که بر روی یک صافی ذره‌ای تمیز مجهز به کارتریج جاذب نشانده شده‌اند، سپس از میان مدول نمونه‌برداری جمع‌کننده یک حجم هوای معادل با حداکثر حجمی که باید نمونه‌برداری شود، کشیده می‌شود.

بازده نگره‌داری دینامیک ( $E_r$ ) با اسپایک کردن جاذب به‌طور مستقیم یا با قرار دادن آن پشت یک صافی تمیز در مدول نمونه‌برداری و در غیر این صورت به روش مشابه، تعیین می‌شود.

برای تعیین  $E_s$ ، محلول اسپایک باید قطره قطره به صافی اضافه شود به‌طوری‌که به‌طور یکنواخت آن را بپوشاند و از فوق اشباع‌سازی ممانعت شود. برای تعیین  $E_r$ ، محلول اسپایک به‌دقت به داخل دهانه ورودی بستر جاذب تزریق می‌شود به‌صورتی‌که محلول به‌صورت یکنواخت در عرض و تا عمق کمتر از ۱ cm رویه به‌کار رود. محلول اسپایک باید در یک حلال فرار مانند نرمال‌هگزان یا دی‌کلرومتان باشد. میزان اسپایک باید مطابق حداقل ۳ برابر و نه بیشتر از ۱۰ برابر غلظت‌های پیش‌بینی شده از ترکیبات موردنظر در هوای عبور داده شده از میان وسیله نمونه‌برداری باشد. صافی یا جاذب اسپایک شده باید به مدت حدود یک ساعت قبل از کشیدن هوا از میان سیستم، در یک فضای تمیز، حفاظت شده از نور قرار داده شده تا خنک شود.

نرخ نمونه‌برداری و دوره نمونه‌برداری باید همان‌گونه که در برنامه، طراحی شده، باشد. دماهای محیطی در طول آزمون باید تقریباً نزدیک آنچه در دوره نمونه‌برداری انتظار می‌رود، باشد.

برای تعیین بازده نمونه‌برداری، جاذب و صافی اسپایک شده باید جداگانه آنالیز شوند و هر باقی‌مانده نگه‌داشته شده به‌وسیله صافی از مقدار اسپایک اولیه برای محاسبه بازده نمونه‌برداری کم شود. به‌منظور تعیین بازده نگره‌داری دینامیک تنها جاذب آنالیز می‌شود.

بازده نمونه‌برداری یک آنالیت داده شده، با استفاده از رابطه ب-۱ بر حسب درصد محاسبه می‌شود.

$$E_s = \frac{m}{m_0 - m_R} \times 100 \quad (ب-۱)$$

که در آن:

$m$  جرم آنالیت استخراج شده از جاذب پس از عبور هوا از میان آن بر حسب پیکوگرم؛

$m_0$  جرم آنالیت اولیه به‌کار رفته در صافی بر حسب پیکوگرم؛

$m_R$  جرم آنالیت باقیمانده روی صافی پس از عبور هوا از میان آن بر حسب پیکوگرم است.

بازده‌های نمونه‌برداری باید بین ۷۵٪ و ۱۲۵٪ قرار گیرد. در هیچ موردی نباید بازده‌های نمونه‌برداری زیر ۵۰٪ یا بالای ۱۵۰٪ پذیرفته شود.

بازده نگهداری دینامیک با استفاده از رابطه ب-۲ برحسب درصد محاسبه می‌شود.

$$E_r = \frac{m}{m_0} \times 100 \quad (\text{ب-۲})$$

که در آن:

$m_0$  جرم آنالیت اولیه به کار رفته برای بستر جاذب برحسب پیکوگرم می‌باشد.

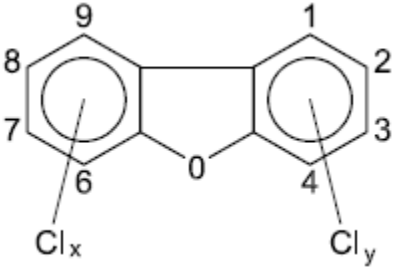
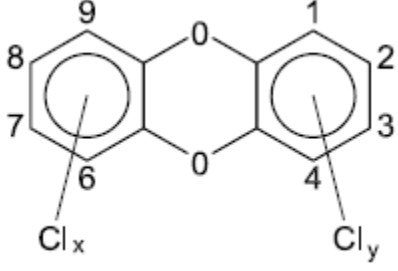
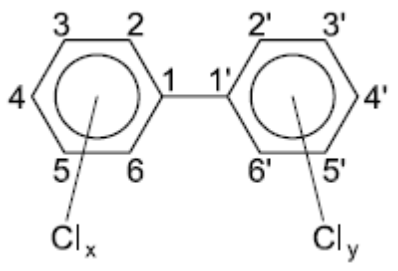
معمولا درصد  $E_r$  برای ترکیبات آلی نیمه‌فرار تقریبا برابر یا کمی پایین‌تر از درصد  $E_s$  به دست می‌آید. گستره مشابه ٪  $E_s$  برای پذیرش ٪  $E_r$  به کار می‌رود.

پیوست پ  
(اطلاعاتی)

ساختار، سمیت و محاسبه معادل‌های سمیت

پ-۱ ساختارهای نوعی PCBs، PCDDs و PCDFs

جدول پ-۱- ساختارهای PCBs، PCDDs و PCDFs و تعداد ایزومرهای ممکن برای آنها

					
PCDF دی‌بنزوفوران‌های چندکلره		PCDD دی‌بنزودی‌اکسین‌های چندکلره		PCB بی‌فنیل‌های چندکلره	
تعداد ایزومرهای CDF		تعداد ایزومرهای CCD		تعداد ایزومرهای PCB	
تعداد اتم‌های کلر		تعداد اتم‌های کلر		تعداد اتم‌های کلر	
۴	۲	۳	۱		
۱۶	۱۰	۱۲	۲		
۲۸	۱۴	۲۴	۳		
۳۸	۲۲	۴۲	۴		
۲۸	۱۴	۴۶	۵		
۱۶	۱۰	۴۲	۶		
۴	۲	۲۴	۷		
۱	۱	۱۲	۸		
-	-	۳	۹		
-	-	۱	۱۰		
۱۳۵	۷۵	۲۰۹	کل		

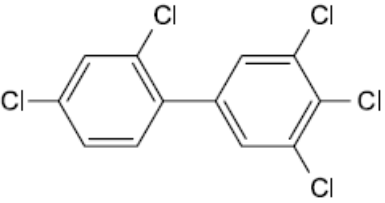
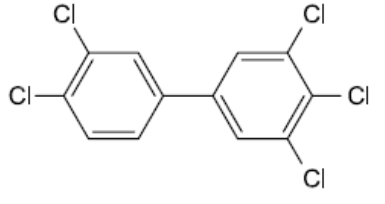
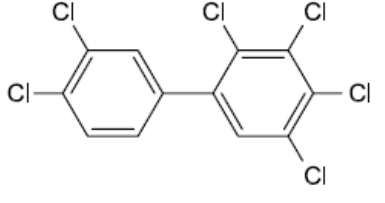
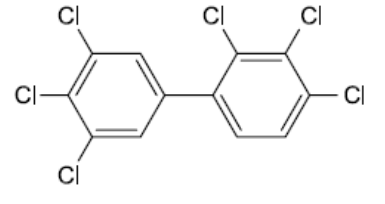
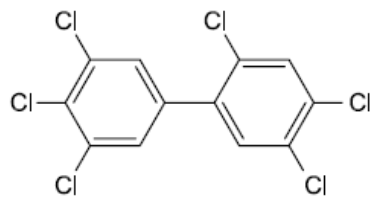
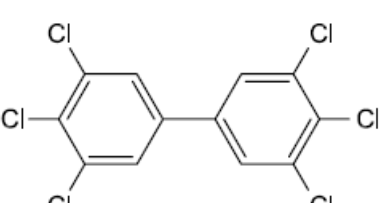
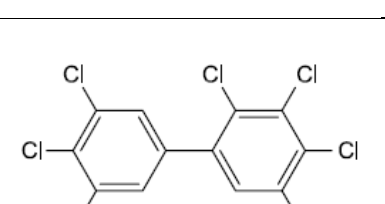
پ-۲ ساختارهای هم‌صفحه<sup>۱</sup> انتخابی PCBs

جدول پ-۲ - ساختارهای ۱۲ بی‌فنیل‌های چندکلره هم‌صفحه انتخابی

فرمول ساختاری	جرم مولی (g/mol)	فرمول تجربی	نام آیوپاک
	۲۹۱٫۹	$C_{12}H_6Cl_4$	-۴،۴،۳،۳- تتراکلروبی‌فنیل (۴،۴،۳،۳-TeCB) ۷۷-PCB(TeCB)
	۲۹۱٫۹	$C_{12}H_6Cl_4$	-۵،۴،۳،۴- تتراکلروبی‌فنیل (۵،۴،۳،۴-TeCB) ۸۱-PCB(TeCB)
	۳۲۶٫۴	$C_{12}H_5Cl_5$	-۴،۴،۳،۳،۲- پنتاکلروبی‌فنیل (۴،۴،۳،۳،۲-PeCB) ۱۰۵-PCB(PeCB)
	۳۲۶٫۴	$C_{12}H_5Cl_5$	-۵،۴،۴،۲،۳- پنتاکلروبی‌فنیل (۵،۴،۴،۲،۳-PeCB) ۱۱۴-PCB(PeCB)
	۳۲۶٫۴	$C_{12}H_5Cl_5$	-۵،۴،۴،۲،۳- پنتاکلروبی‌فنیل (۵،۴،۴،۲،۳-PeCB) ۱۱۸-PCB(PeCB)



جدول پ-۲- ادامه

	۳۲۶/۴	$C_{12}H_5Cl_5$	۵،۴،۴،۳،۲- پنتا کلرو بی فنیل (۵،۴،۴،۳،۲) ۱۲۳-PCB (PeCB)
	۳۲۶/۴	$C_{12}H_5Cl_5$	۵،۴،۴،۳،۳- پنتا کلرو بی فنیل (۵،۴،۴،۳،۳) ۱۲۶-PCB (PeCB)
	۳۶۰/۹	$C_{12}H_4Cl_6$	۵،۴،۴،۲،۳،۳- هگزا کلرو بی فنیل (۵،۴،۴،۲،۳،۳) ۱۵۶-PCB (HxCB -
	۳۶۰/۹	$C_{12}H_4Cl_6$	۵،۴،۴،۳،۳،۲- هگزا کلرو بی فنیل (۵،۴،۴،۳،۳،۲) ۱۵۷-PCB (HxCB - ۵،۴،۴،۲،۳،۳)
	۳۶۹	$C_{12}H_4Cl_6$	۵،۵،۴،۴،۲،۳- هگزا کلرو بی فنیل (۵،۵،۴،۴،۲،۳) ۱۶۷-PCB (HxCB - ۵،۵،۴،۴،۲،۳)
	۳۶۰/۹	$C_{12}H_4Cl_6$	۵،۵،۴،۴،۳،۳- هگزا کلرو بی فنیل (۵،۵،۴،۴،۳،۳) ۱۶۹-PCB (HxCB - ۵،۵،۴،۴،۳،۳)
	۳۹۶/۳	$C_{12}H_3Cl_7$	۵،۵،۴،۴،۳،۳،۲- هپتا کلرو بی فنیل (۵،۵،۴،۴،۳،۳،۲) ۱۸۹-PCB (HpCB - ۵،۵،۴،۴،۲،۳،۳)

### پ-۳ سمیت و محاسبه معادل‌های سمی برای PCBs و PCDDs/PCDFs

PCDDs/PCDFs در محیط، تقریباً هیچ‌گاه به صورت ترکیبات منفرد پدیدار نمی‌شوند اما همیشه به صورت یک مخلوط کمپلکس متصل به سایر ترکیبات مرتبط (شبه دی‌اکسین) از نظر ساختاری مانند PCBs می‌باشند.

سیستم TEQ، ۲،۳،۷،۸-TCDD به عنوان استاندارد دی که سمیت سایر ترکیبات نسبت به آن وزن می‌شود و به عنوان معادل‌های سمی (TEQs)<sup>۱</sup> به کار می‌رود. نرمال کردن بر اساس این فرض که PCDDs/PCDFs و ترکیبات شبه دی‌اکسین از طریق مکانیسم عمل مشابه، عمل می‌کنند، استوار است. اثرهای سمی از طریق مطالعات سمیت تحت‌مزمین<sup>۲</sup> و از خواص بیوشیمیایی معین مانند ظرفیت اتصال گیرنده Ah. ارزیابی می‌شود. پتانسیل سمی نوع منفرد از طریق فاکتور تعادل سمی آن (TEF)<sup>۳</sup> که توصیف‌کننده سمیت مجزا نسبت به اثر سمی ۲،۳،۷،۸-TCDD است، مشخص می‌شود. برای محاسبه TEQ، مقدار یا غلظت هر گونه مربوطه در TEF مربوطه ضرب می‌شود (جدول پ-۳ را ببینید). وقتی تمام هم‌نوع‌ها به عنوان معادل‌های ۲،۳،۷،۸-TCDD ارائه شده‌اند، آن‌ها می‌توانند به سادگی جمع شوند و TEQ حاصل سمیت کلی مخلوط را بیان می‌کند.

حتی اگر همچنان عدم قطعیت‌هایی در رابطه با سمیت PCDDs/PCDFs باقی‌مانده باشد فاکتورهای معادل سم بین‌المللی (I-TEF)<sup>۴</sup> توسط NATO/CCMS (مرجع ۱۶) (جدول پ-۳ را ببینید) و اخیراً توسط WHO (مرجع ۵) وضع شده‌اند که سمیت دی‌اکسین‌ها و فوران‌های استخلاف شده ۲،۳،۷،۸-Cl و اخیراً PCBهای شبه دی‌اکسین معین را می‌سنجند. برای سایر هم‌نوع‌هایی که ممکن است در نمونه وجود داشته باشند یک مقدار TEQ صفر اختصاص داده می‌شود.

طرح NATO/CCMS به صورت بین‌المللی به عنوان مبنایی برای تعیین TEQ پذیرفته شده است. در طول سال‌های اخیر سمیت PCDDs/PCDFs عمدتاً در I-TEQ گزارش شده است.

جدیدترین طرح TEQ که توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) و دست‌ورکار بین‌المللی ایمنی مواد شیمیایی توسعه داده شده است، سمیت ۱۷ هم‌نوع دی‌اکسین و فوران را می‌سنجد و برای اولین بار شامل ۱۲ PCB شبه دی‌اکسین می‌باشد (مرجع ۵). PCBهایی که در طرح WHO فهرست شده‌اند مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که سمیتی مشابه PCDD/PCDFهای استخلاف شده ۲،۳،۷،۸-Cl نشان می‌دهند. این طرح، دانش موجود در مورد اثرات سمی PCDDs/PCDFs و PCBs شبه دی‌اکسین را منعکس می‌کند (جدول پ-۳ را ببینید).

رویکرد WHO-TEQ مرتبط است با یک توصیه WHO در مورد دریافت روزانه قابل قبول (TDI)<sup>۵</sup> برای انسان‌ها از ۱ pg تا ۴ pg WHO-TEQ/kg وزن بدن (شامل PCBs) که توصیه می‌شود از آن تجاوز نکند. TDI بر مبنای اثرات بحرانی (شامل اثرات تکاملی، تناسلی، هورمونی، سیستم ایمنی و رفتاری عصبی)، ارتباط دوز- پاسخ و برون‌یابی خطر کمی، تجویز می‌شود.

1-Toxic equivalents

2 - Subchronic

2-Toxic equivalence factor

3-International toxic equivalency factors

1- Tolerable Daily Intake

از نقطه نظر یک برآورد خطر توافق شده بین‌المللی، که باید بر مبنای جدیدترین دانش باشد، به نظر می‌رسد پذیرش سیستم WHO-TEQ<sub>PCB</sub> و این که WHO-TDI را به عنوان یک مقیاس ارزیابی برای برآورد خطر در آینده در سطح بین‌المللی مورد بحث قرار دهیم، منطقی باشد.

محاسبه نتایج TEQ مربوط به PCDD/PCDF معمولاً از طریق استفاده از فاکتورهای معادل سم بین‌المللی (I-TEF) از NATO/CCMS (بند بالا را ببینید)، انجام می‌شود. محاسبه TEQ مربوط به PCDDs/PCDFs و PCBs شبه دی‌اکسین (PCBهای هم‌صفحه و غیراورتو)، تنها با استفاده از فاکتورهای معادل سم WHO (WHO-TEQ<sub>PCB</sub>) امکان‌پذیر است. دو طرح محاسبه با یکدیگر سازگار نمی‌باشند (جدول پ-۳ را ببینید). به علت شرایطی که در آن چند کشور ناگزیر به محاسبه بر اساس NATO/CCMS (I-TEQ) و سایر کشورها ناگزیر به محاسبه بر اساس WHO (WHO-TEQ<sub>PCB</sub>) هستند، طرح نتایج و محاسبات باید گزارش شوند.

جدول پ-۳ - عوامل معادل سمی WHO (WHO-TEFs) (مرجع ۵) و عوامل معادل سمی بین المللی (I-TEFS) (مرجع ۱۶)

I-TEF	WHO-TEF	ہم نوع
۱	۱	2,3,7,8-TCDD
۰.۵	۱	1,2,3,7,8-PeCDD
۰.۱	۰.۱	1,2,3,4,7,8-HxCDD
۰.۱	۰.۱	1,2,3,6,7,8-HxCDD
۰.۱	۰.۱	1,2,3,7,8,9-HxCDD
۰.۰۱	۰.۰۱	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD
۰.۰۰۱	۰.۰۰۰۳	OCDD
۰.۱	۰.۱	2,3,7,8-TCDF
۰.۰۵	۰.۰۳	1,2,3,7,8-PeCDF
۰.۵	۰.۳	2,3,4,7,8-PeCDF
۰.۱	۰.۱	1,2,3,4,7,8-HxCDF
۰.۱	۰.۱	1,2,3,6,7,8-HxCDF
۰.۱	۰.۱	1,2,3,7,8,9-HxCDF
۰.۱	۰.۱	2,3,4,6,7,8-HxCDF
۰.۰۱	۰.۰۱	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF
۰.۰۱	۰.۰۱	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF
۰.۰۰۱	۰.۰۰۰۳	OCDF
<b>PCB غیراور تو</b>		
-	۰.۰۰۰۱	3,4,4',5'-TeCB (81)
-	۰.۰۰۰۳	3,3',4,4'-TeCB(77)
-	۰.۱	3,3',4,4',5'-PeCB (126)
-	۰.۰۳	3,3',4,4',5,5'-HxCB (169)
<b>PCB مونواور تو</b>		
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3,3',4,4'-PeCB (105)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3,4,4',5'-PeCB (114)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3',4,4',5'-PeCB (118)
-	۰.۰۰۰۰۳	2',3,4,4',5'-PeCB (123)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3,3',4,4',5'-HxCB (156)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3,3',4,4',5',5'-HxCB (157)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3',4,4',5,5'-HxCB (167)
-	۰.۰۰۰۰۳	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (189)

پیوست ت  
(اطلاعاتی)  
کتابنامه

- [1] ISO 9169, Air quality — Definition and determination of performance characteristics of an automatic measuring system.
- [2] ISO 12219-1 (in preparation), Indoor air — Road vehicles — Part 1: Whole vehicle test chamber — Specification and method for the determination of volatile organic compounds in car interiors.
- [3] ISO 16017-1, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 1: Pumped sampling.
- [4] ISO 16017-2, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling.
- [5] VAN DEN BERG, M., BIRNBAUM, L.S., DENISON, M., DE VITO, M., FARLAND, W., FEELEY, M., FIEDLER, H., HAKANSSON, H., HANBERG, A., HAWS, L., ROSE, M., SAFE, S., SCHRENK, D., TOHYAMA, C., TRITSCHER, A., TUOMISTO, J., TYSKLIND, M., WALKER, N., PETERSON, R.E. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicol. Sci.* 2006, 93, pp. 223-241 or [http://www.who.int/ipcs/assessment/tef\\_update/en/](http://www.who.int/ipcs/assessment/tef_update/en/).
- [6] LEWIS, R.G., JACKSON, M.D. Modification and evaluation of a high-volume air sampler for pesticides and other semivolatile industrial organic chemicals. *Anal. Chem.* 1982, 54, pp. 592-594.
- [7] EPA Compendium Method TO-9A, Determination of polychlorinated, polybrominated and brominated/chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in ambient air. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds. In: *Ambient Air*, 2nd ed., EPA Report No. EPA/625/R-96/010b, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA, 1999.
- [8] WILSON, N.K., KULHMAN, M.R., CHUANG, J.C. Sampling polycyclic aromatic hydrocarbons and related semivolatile organic compounds in indoor air. *Indoor Air* 1991, 4, pp. 513-523.
- [9] WINBERRY, W.T., FOREHAND, L., MURPHY, N.T., CEROLI, A., PHINNEY, B., EVANS, A. Methods for determination of indoor pollutants: EPA methods. Noyes Data Corporation, Park Ridge, NJ, USA, 1993.
- [10] BERNANEK, L.L., BLAZIER, W.E., FIGWER, J.J. Preferred noise criterion (PNC) curves and their application to rooms. *J. Acoust. Soc. Am.* 1971, 50, pp. 1223-1228.
- [11] VDI 3498-2, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen; Verfahren mit kleinem Filter

[Ambient air measurement — Indoor air measurement — Measurement of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans;Method using small filters].

[12] VDI 3498-1, Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluf — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen; Verfahren mit großem Filter [Ambient air measurement —Indoor air measurement — Measurement of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans;Method using large filters].

[13] LEWIS, R.G., ZIMMERMAN, N.J. Danger of recirculation in Hi-Vols. Anal. Qual. Contr. Newsl. 1976, 28,pp. 7-8.

[14] WILSON, N.K., CHUANG, J.C., MARK, G.A., HOWES JR., J.E. A quiet sampler for the collection of semivolatile organic pollutants in indoor air. Environ. Sci. Technol., 1989, 23, pp. 1112-1116.

[15] Development of a sampler for particulate-associated and low volatility organic pollutants in indoor air.EPA Report No. EPA/600/4-85/079, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park,NC, USA, 1985.

[16] NATO/COMMITTEE FOR THE CHALLENGES OF MODERN SOCIETY. Project for international informationexchange on dioxins, furans and related chemicals — Toxicity equivalent factor method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds. CCMS Report No. 176, August 1998.