



شرکت ملی صنایع پتروشیمی

مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست

عنوان :

دستورالعمل ارزیابی کیفیت هوای داخلی  
ساختمان در صنعت پتروشیمی

شماره سند :	NPCHSE-116-01	تاریخ :
تعداد فرم / ضمیمه:	نسخه	صفحه :

## فهرست

- ۱- هدف
- ۲- حدود
- ۳- مسئولیتهای تصویب و اجرا
  - ۳- ۱- مسئولیت تصویب
  - ۳- ۲- مسئولیت اجرا
  - ۳- ۲- ۱- واحد HSE
  - ۳- ۲- ۲- واحد برق و تهویه
- ۴- فرمها
  - ۴- ۱- فرم ثبت شکایات کیفیت هوای داخلی به شماره NPCHSE- 116-F001
  - ۴- ۲- فرم ثبت نتایج اندازه‌گیری پارامترهای IAQ به شماره NPCHSE- 116-F002
- ۵- مراحل اجرایی
  - ۵- ۱- کلیات
    - ۵- ۱- ۱- تعاریف
    - ۵- ۱- ۲- مسائل بهداشتی مرتبط با IAQ
    - ۵- ۱- ۳- حساسیت به IAQ
    - ۵- ۱- ۴- علل عمومی مشکلات IAQ
    - ۵- ۱- ۵- فاکتورهای موثر بر کیفیت هوای داخلی
    - ۵- ۱- ۶- منابع آلاینده‌های هوای داخلی
    - ۵- ۱- ۷- سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)
    - ۵- ۱- ۸- آلودگی میکروارگانیسمی IAQ
  - ۵- ۲- شناسایی و ارزیابی اولیه مسائل IAQ
    - ۵- ۲- ۱- زمان ایجاد مشکل
    - ۵- ۲- ۲- جمع‌آوری اطلاعات درباره مشکلات IAQ

۵-۲-۳- ارزیابی مشکلات IAQ

۵-۲-۴- مراحل ارزیابی

۵-۲-۵- تعیین مشکل

۵-۲-۶- حل مشکل

۵-۲-۷- پایش وضعیت

۵-۳- نمونه برداری و اندازه‌گیری

۵-۳-۱- روشهای نمونه‌برداری

۵-۳-۲- وسایل نمونه‌برداری رایج در ارزیابی کیفیت هوای داخلی

۵-۳-۳- محل انجام نمونه‌برداری

۵-۳-۴- زمان نمونه‌برداری

۵-۳-۵- اندازه‌گیری فاکتورهای IAQ

۵-۳-۶- روشهای ارزیابی عملکرد سیستم HVAC

۵-۴- استانداردها و راهنماهای IAQ

۵-۵- مدیریت و اصلاح مشکلات IAQ

۵-۵-۱- دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)

۵-۵-۲- منواکسید کربن (CO)

۵-۵-۳- مواد منتشره از آگروز وسایل نقلیه موتوری

۵-۵-۴- ترکیبات آلی فرار (VOCs)

۵-۵-۵- فرمالدئید (HCHO)

۵-۵-۶- گرد و غبار

۵-۵-۷- آسایش حرارتی (دما و رطوبت)

۵-۵-۸- رطوبت/ نم

۵-۵-۹- روشنایی

۵-۵-۱۰- صدا

۵-۵-۱۱- کپک (قارچ)

۵ - ۵ - ۱۲ - آلرژن‌ها و میکروب‌ها

۵ - ۵ - ۱۳ - بوها (رایحه‌ها)

۵ - ۵ - ۱۴ - دود تنباکو

۵ - ۵ - ۱۵ - گاز رادون (Rn)

۵ - ۶ - نگهداری سوابق

پیوست شماره ۱ - نمونه چکلیست بازرسی IAQ

پیوست شماره ۲ - نمونه فرم شکایت ساکنین

پیوست شماره ۳ - نمونه پرسشنامه بررسی بهداشتی

پیوست شماره ۴ - چکلیست سیستم HVAC

پیوست شماره ۵ - بوها و مشکلات عمومی

پیوست شماره ۶ - شکایات بهداشتی و علل احتمالی

پیوست شماره ۷ - نحوه حذف کپک‌های قابل رویت از سطوح

## ۱- هدف

هدف از این دستورالعمل ارائه روشی مناسب برای ارزیابی کیفیت هوای داخلی کلیه ساختمانهای اداری مجتمع‌های پتروشیمی تابعه شرکت ملی صنایع پتروشیمی می‌باشد.

## ۲- حدود

دامنه کاربرد این دستورالعمل کلیه مجتمع‌های پتروشیمی تابعه شرکت ملی صنایع پتروشیمی می‌باشد.

## ۳- مسئولیت‌های تصویب و اجرا

### ۳-۱- مسئولیت تصویب

مسئولیت تصویب این دستورالعمل بر عهده مدیریت HSE شرکت ملی صنایع پتروشیمی می‌باشد.

### ۳-۲- مسئولیت اجرا

#### ۳-۲-۱- واحد HSE

۱-۲-۱- انجام بررسی بهداشتی درباره مشکلات IAQ

۲-۲-۱- بازرسی دوره‌ای سیستم‌های HVAC

۳-۲-۱- پایش و ارزیابی عملکرد سالیانه و موردی کیفیت هوای داخلی

۳-۲-۱-۴- ارزشیابی نتایج بدست آمده و مقایسه با مقادیر استاندارد

۳-۲-۱-۵- نظارت بر عملکرد واحد برق و تهویه در بهسازی سیستم‌های HVAC

۳-۲-۱-۶- پیگیری و رفع نواقص مربوط به کیفیت هوای داخلی

#### ۳-۲-۲- واحد برق و تهویه

۳-۲-۱- تعمیرات دوره‌ای و بهسازی سیستم‌های HVAC

۳-۲-۲- ایجاد شرایط بهینه ساختمان از نظر میزان تهویه مطبوع و ...

## ۴- فرمها

۴-۱- فرم ثبت شکایات کیفیت هوای داخلی به شماره NPCHSE- 116-F001

۴-۲- فرم ثبت نتایج اندازه‌گیری پارامترهای IAQ به شماره NPCHSE - 116-F002

## ۵- مراحل اجرایی

### ۵-۱- کلیات

## ۵-۱-۱- تعاریف

### ۵-۱-۱-۱- کیفیت هوای داخلی (IAQ):<sup>۱</sup>

شامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی هوای داخلی در محل‌های کاری غیر مسکونی بدون فرآیندهای صنعتی داخلی یا عملیاتی (همچون ادارات، مدارس یا سایر اماکن کاری) است که می‌تواند بر راحتی و سلامت ساکنین آن اثرگذار باشد.

کیفیت هوای داخلی مناسب در یک ساختمان، محیطی سالم و کارا را برای افراد ساکن در آن فراهم می‌کند. راه‌های زیادی برای کمک به نگهداری و رسیدن به کیفیت هوای مناسب و اصلاح کیفیت هوای نامطلوب وجود دارد. بیشترین مشکلات IAQ با تعمیر و نگهداری مناسب و اندازه‌گیری‌های ساده و ارزان قابل حل است.

### ۵-۱-۱-۲- سندرم ساختمان بیمار (SBS):<sup>۲</sup>

وقوع بیماری نزد ساکنین ساختمان که به عنوان سندرم ساختمان بیمار<sup>۲</sup> و سندرم ساختمان دشوار<sup>۳</sup> شناخته می‌شود، به محیط داخلی ساختمان به عنوان عاملی که منجر به اذیت و آزار ساکنین آن می‌شود، اشاره دارد.

سندرم ساختمان بیمار مجموعه‌ای از علائم مربوط به تماس با مواد شیمیایی، ذرات یا عوامل بیولوژیکی است که علامت مشخصی نداشته ولی هنگامی که ساکنین ساختمان را ترک می‌کنند، کم می‌شود. در این ارتباط افراد علائمی همچون سردرد، تهوع، خستگی، سرگیجه، التهاب چشم، بینی و گلو را گزارش کرده‌اند. عوامل تأثیرگذار در ایجاد کیفیت ضعیف هوا شامل تجهیزات اداری مدرن (مثل دستگاه‌های فتوکپی، پرینترهای لیزری، کامپیوترها و ...)، مواد تمیزکننده و آلودگی هوای بیرون می‌توانند سطح آلودگی هوای داخلی را افزایش دهند که عکس‌العمل نسبت به این آلودگی‌ها به پدیده سندرم ساختمان بیمار منتهی می‌شود.

شکایت‌های ساکنین علت‌های متعددی دارد و فهم آن اغلب مشکل است. در این میان کنترل منابع آلودگی در

بهبود IAQ بسیار مؤثر است.

<sup>۱</sup> - Indoor Air Quality

<sup>۲</sup> - Sick Building Syndrome

<sup>۳</sup> - Tight Building Syndrome

## ۵-۱-۱-۳- آسایش حرارتی (Thermal Comfort):

حالتی ذهنی است که فرد در محیط گرم احساس رضایت می‌کند. فاکتورهای مؤثر بر راحتی گرمایی شامل دمای هوا، میانگین دمای تشعشعی، طبقه‌بندی (لایه‌بندی)، حرکت هوا، رطوبت نسبی، حد فعالیت و نوع لباس هستند.

## ۵-۱-۲- مسائل بهداشتی مرتبط با IAQ

افراد زمان زیادی را در داخل ساختمان سپری می‌کنند. بطور مثال بسیاری از کارکنان اداری تمام روز کاری خود را داخل ساختمان می‌گذرانند. این افراد اغلب علایم زیر را گزارش می‌کنند:

خشکی و التهاب چشم‌ها، بینی و پوست، سردرد، خستگی، نفس‌تنگی (کوتاهی تنفس)، آلرژی‌ها، سرفه و عطسه، سرگیجه و تهوع.

بسیاری از این علایم ممکن است به‌وسیله علل دیگری همچون سرماخوردگی یا آنفولانزا نیز ایجاد شوند و الزاماً به‌واسطه IAQ ضعیف ایجاد نمی‌شوند. بر این اساس شناسایی و حل مشکلات IAQ بسیار مشکل است.

احساس ناراحتی و بیماری در محیط داخلی ساختمان ممکن است مربوط به علل دیگری نیز باشد، از جمله: صدا، دما، رطوبت، روشنایی، ارتعاش، ازدحام زیاد و طراحی نامناسب محیط کار (ارگونومی) و می‌توانند علایمی ایجاد کنند که با اثرات کیفیت نامطلوب هوا اشتباه شود.

علاوه بر آن آسایش فیزیکی یا مشکلات اجتماعی-روانی (مانند استرس شغلی) می‌تواند بر رضایتمندی کارکنان از محیط و کیفیت هوای داخلی اثر گذاشته و میزان تحمل نسبت به هوای استاندارد را کاهش دهد.

## ۵-۱-۳- حساسیت به IAQ

مشکلات IAQ به‌طور یکسان همه افراد را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. برخی افراد ممکن است حساس‌تر از دیگران باشند. برخی ممکن است بیشتر در معرض آلاینده‌ها نسبت به دیگر افراد در ساختمان قرار گیرند، در نتیجه علایم در آنان زودتر ایجاد می‌شود.

با کاهش کیفیت هوا و افزایش مواجهه، افراد بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و علایم جدی‌تر خواهد شد. همچنین ممکن است برخی افراد با گذشت زمان نسبت به آلودگی هوا حساس‌تر شوند. بعضی افراد ممکن است در

سال‌های اولیه مشکوک به مشکلات IAQ نباشند اما با ادامه مواجهه در طولانی مدت نسبت به آن حساس شوند (اغلب واکنش شدید یا زیادی نشان می‌دهند).

#### ۵-۱-۴ - علل عمومی مشکلات IAQ

عوامل زیادی در ایجاد مشکلات IAQ دخالت دارند، از جمله: مصالح و لوازم ساختمانی، تجهیزات و فعالیت‌های ساختمانی، آب و هوای بیرون ساختمان. همچنین ساکنین بیرونی ساختمان نیز می‌توانند نقش اساسی در ایجاد مشکلات IAQ داشته باشند. علل عمومی مشکلات شامل موارد زیر است:

- آلودگی‌های هوای داخلی همچون مواد شیمیایی، پاک‌کننده‌ها گرد و غبار، کپک‌ها، قارچ‌ها، بوها و مواد منتشره از آگزوز وسایل نقلیه.
- ناکافی بودن ورود هوای بیرونی، کیفیت نامناسب هوای خارجی یا جریان ضعیف هوا.

#### ۵-۱-۵ - فاکتورهای مؤثر بر کیفیت هوای داخلی

کیفیت هوای محیط داخلی، نتیجه تعامل محیط کار، آب و هوا، سیستم HVAC ساختمان، منابع بالقوه آلودگی (مانند تجهیزات، منابع رطوبت، فرآیندهای کاری و فعالیت‌ها و آلودگی‌های خارجی) و ساکنین ساختمان است. چهار عنصر اساسی در گسترش مشکلات کیفیت هوای داخلی ساختمان نقش دارند که عبارتند از:

- ۱- منبع: که شامل منبع آلودگی یا ناراحتی داخلی، خارجی یا سیستم‌های مکانیکی ساختمان می‌باشد.
- ۲- HVAC: سیستم HVAC که قادر به کنترل آلاینده‌های هوای موجود و ایجاد آسایش حرارتی نباشد (از نظر شرایط دما و رطوبت که برای بیشتر ساکنین ساختمان مناسب و راحت باشد).
- ۳- مسیرها: یک یا چند مسیر ورود آلودگی که منبع آلودگی را به ساکنین ساختمان متصل می‌کند و باعث ایجاد نیروی محرکه برای حرکت آلودگی‌ها در طول مسیر می‌شود.
- ۴- ساکنین: کسانی که در ساختمان وجود دارند.

نقش هریک از عوامل فوق در پیشگیری، بررسی و حل مشکلات IAQ حائز اهمیت است.

## ۵-۱-۶ - منابع آلاینده‌های هوای داخلی

آلاینده‌های هوای داخلی می‌توانند از ابتدا در ساختمان وجود داشته باشند و یا از بیرون به داخل راه یابند. اگر منابع آلاینده‌ها کنترل نشوند، حتی اگر سیستم HVAC به‌درستی طراحی و نگهداری شود، مشکلات IAQ می‌تواند ایجاد شود. همچنین منابع آلودگی هوا نیز می‌تواند در این امر دخیل باشد.

## ۵-۱-۶-۱ - منابع خارج از ساختمان

الف - هوای بیرونی آلوده:

- دانه‌های گرده، گرد و غبار، هاگ‌های قارچی.
- آلودگی‌های صنعتی.
- آگروز و سائل نقلیه عمومی.

ب - انتشار از منابع مجاور:

- آگروز و سائل نقلیه‌ای که در پارکینگ‌ها یا گاراژها یا جاده‌های مجاور وجود دارد.
- سکوهای بارگیری.
- بوی سطل زباله‌های بزرگ.

- ورود مجدد (برگشت دوباره به ساختمان) هوای خروجی از ساختمان یا ساختمان‌های مجاور.
- زباله‌های غیر بهداشتی نزدیک کانال‌های ورودی هوا.

ج - گاز خاک:

- گاز رادون.
- ناشی از تانک‌های سوخت مستقر در زیر زمین.
- آلاینده‌های ناشی از کاربردهای پیشین سایت (مانند: محل‌های دفن).
- حشره‌کش‌ها.

د - رطوبت یا آب ساکن که رشد توده‌های میکروبی را افزایش می‌دهد:

- آب تجمع یافته روی سقف بعد از بارندگی.
- در منفذها.

## ۵-۱-۶-۲- تجهیزات

### الف - سیستم HVAC:

- گرد و غبار یا آلودگی در کانال‌ها یا دیگر قسمت‌های سیستم تهویه.
- رشد میکروبیولوژیکی در دیگ‌های تغلیظ<sup>۱</sup>، سیستم‌های رطوبت زنی، کانال‌ها، کویل‌ها.
- استفاده نادرست از آفت‌کش‌ها، درزگیرها و یا مواد تمیز کننده.
- خارج کردن نامناسب محصولات و فرآورده‌های احتراق.
- نشستی ماده خنک کننده (ماده سرد کننده).

### ب - تجهیزات Non - HVAC:

- انتشار از تجهیزات اداری (ترکیبات آلی فرار، ازون).
- حلال‌ها، تونر (جوهر خشک)، آمونیاک.
- مواد انتشار یافته از کارگاهها، آزمایشگاهها، فرآیندهای پاکسازی.
- موتورهای بالابر و دیگر سیستم‌های مکانیکی.

## ۵-۱-۶-۳- فعالیت‌های انسانی

### الف - فعالیت‌های فردی:

- سیگار کشیدن، غذا پختن، بوی بدن، بوی مواد و وسائل آرایشی.

### ب - فعالیت‌های خانه‌داری:

- مواد پاک کننده و روش کار.
- مواد منتشره از توده‌های انباشته مواد یا سطل آشغال.
- استفاده از خوشبو کننده‌ها و رایحه‌ها.
- گرد و غبار یا خاک موجود در هوا (آنچه به وسیله جارو کردن منتشر می‌شود).

### ج - فعالیت‌های تعمیر و نگهداری:

- میکروارگانیسم‌های موجود در میستی که از نگهداری غلط برج‌های خنک‌کننده ایجاد می‌شود.

<sup>۱</sup> - Drip Pan

- گرد و غبار یا خاک موجود در هوا.
- مواد آلی فرار حاصل از کارهای نقاشی، بتونه کاری، چسبها و دیگر مواد.
- حشره کش های مورد استفاده در کنترل آفات.
- مواد حاصل از توده های انباشته مواد.

#### ۵-۱-۶-۴- اجزاء و اثاثیه ساختمان

الف - محل هایی که گرد و غبار یا فیبرها تولید یا جمع می شوند:

- سطوح بافته شده مانند قالی، پرده و سایر منسوجات.
- باز کردن قفسه بندی (موادی که در ساخت قفسه به کار می رود).
- اثاثیه قدیمی یا فرسوده.
- موادی که دارای آزبست باشند.

ب - شرایط غیر بهداشتی و نقص در سیستم آب رسانی:

- رشد میکروبیولوژیکی در اثاثیه کثیف یا آب دیده.
- رشد میکروبیولوژیکی در قسمت هایی از سطح آب جمع شده.
- آب ساکن در زهکش های مسدود یا بد طراحی شده.
- دریچه هایی که اجازه عبور گاز مجرای فاضلاب را می دهد.

#### ۵-۱-۶-۵- مواد شیمیایی آزاد شده از اجزاء و اثاثیه ساختمان:

- ترکیبات آلی فرار، ترکیبات غیر آلی.

#### ۵-۱-۶-۶- سایر منابع

الف - وقایع اتفاقی:

- ریزش آب یا سایر مایعات.
- رشد میکروبیولوژیکی ناشی از سریز شدن یا نشستی از سقف یا لوله کشی.
- آسیبهای حاصل از حوادث آتش سوزی (دوده، بوها).

ب - نواحی استفاده خاص یا ساختمان هایی که کاربردهای متعدد دارند:

• سالن‌های سیگار کشیدن، آزمایشگاهها، کارگاههای پرینت، اتاق‌های نقاشی، قسمت‌های تهیه غذا.

ج - فعالیتهای دکوراسیون مجدد، تغییر وضع دادن، تعمیرات:

• مواد انتشار یافته از اثنایه جدید.

• گرد و غبار و فیبرهای حاصل از تخریب.

• بوها و ترکیبات آلی و غیر آلی فرار حاصل از نقاشی، بتونه‌کاری و چسب‌ها.

• میکروب‌های آزاد شده حاصل از فعالیتهای تخریب یا تغییر وضع دادن (عوض کردن).

هوای داخلی اغلب شامل گروهی از آلاینده‌ها در غلظت‌های زیر حد استاندارد مواجهه شغلی می‌باشد. نسبت دادن شکایات خاص به مواجهات با غلظت‌های آلودگی مشخص مشکل است. بخصوص از آنجائیکه مواجهات مهم ممکن است در حدود پائین مخلوط آلاینده‌ها صورت گیرد.

#### ۵-۱-۷ - سیستم‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC)

سیستم‌های HVAC اغلب با مسائل کیفیت هوای داخل ساختمان مرتبط هستند. بعضی از این سیستم‌ها به اندازه‌ای پیچیده هستند که برای تعمیر و نگهداری آنها باید برنامه‌ای منظم تهیه کرد. کوتاهی در پیگیری برنامه‌های تمیزکاری و سایر نگهداری‌های عمومی می‌تواند منجر به کیفیت ضعیف هوای داخلی شود. یکی از اولین مراحل انجام بررسی شکایات IAQ، تعیین نوع سیستم HVAC است.

یک ساختمان، نوعاً با یک یا چند واحد (دستگاه) HVAC پوشش داده می‌شود. در ساختمان‌های بزرگ‌تر، واحدهای HVAC ممکن است به‌طور هماهنگ تمام ساختمان را پوشش دهند. در نوع دیگر برخلاف حالت اول، فضای ساختمان به مناطق هوایی مختلفی تفکیک می‌شود و هر منطقه هوایی به‌وسیله یک دستگاه HVAC مجزا تحت پوشش قرار می‌گیرد.

عموماً بخشهای مختلف یک سیستم HVAC عبارتند از:

۱ - ورود هوای بیرونی (Outdoor air intake)

محلی که هوای تازه بیرون وارد ساختمان می‌شود.

۲ - دمپر هوای بیرونی (Outdoor air damper)

مانع قابل تنظیمی که مقدار هوای وارد شده به ساختمان را محدود می‌کند.

۳ - محفظه اختلاط (Mixing Chamber)

ناحیه‌ای است که در آن هوای بیرونی با هوای برگشتی از فضای داخلی ترکیب شده و دوباره به جریان می‌افتد.

۴ - فیلتر

ذرات بزرگ غبار، حشرات، پرها و برگ‌ها را قبل از اینکه هوا در نواحی کاری توزیع شود، از هوای ورودی جدا می‌کند.

۵ - واحد هواساز<sup>۱</sup> (AHU)

شامل دمنده یا فن، کویل‌های گرمایی یا سرمایی و تجهیزات مربوطه مثل کنترل‌ها، دیگ‌های تغلیظ و فیلترهای هوا و سیستم رطوبت‌زنی می‌باشد.

۶ - کویل گرمایی (Heating Coil)

در صورت نیاز هوا را گرم می‌کند.

۷ - کویل سرمایی و دیگ تغلیظ (Cooling Coil & Drip Pan)

کویل سرمایی در صورت لزوم هوا را سرد می‌کند. دیگ تغلیظ، آبی را که در طی فرآیند خنک کردن هوا ایجاد می‌شود را جمع کرده و به‌داخل سیستم فاضلاب هدایت می‌کند.

۸ - دستگاه رطوبت‌زنی یا رطوبت‌زدایی (Humidifier or Dehumidifier)

کار حذف کردن رطوبت از هوا، یا اضافه کردن رطوبت به آن را، جهت تنظیم رطوبت نسبی ساختمان به عهده دارد.

۹ - دمنده یا فن

هوا را به سیستم وارد یا از آن خارج می‌کند و جریان لازم را برای بخش‌های مختلف ساختمان کنترل می‌کند.

۱۰ - دمپر (Damper)

مانع قابل تنظیمی است که جریان هوا را در فضا محدود می‌کند.

۱۱ - پخش‌کننده تأمین هوا (Supply Air Diffuser)

هوای خارج شده از سیستم HVAC را در سراسر فضای اشغالی توزیع می‌کند.

۱۲ - فضای اشغالی (Occupied Space)

فضایی که افراد در آنجا کار می‌کنند یا غذا می‌خورند.

۱۳ - گریل (شبهه) برگشت هوا (Return Air Grille)

هوا را از ناحیه کاری کشیده و به‌داخل سیستم باز می‌گرداند.

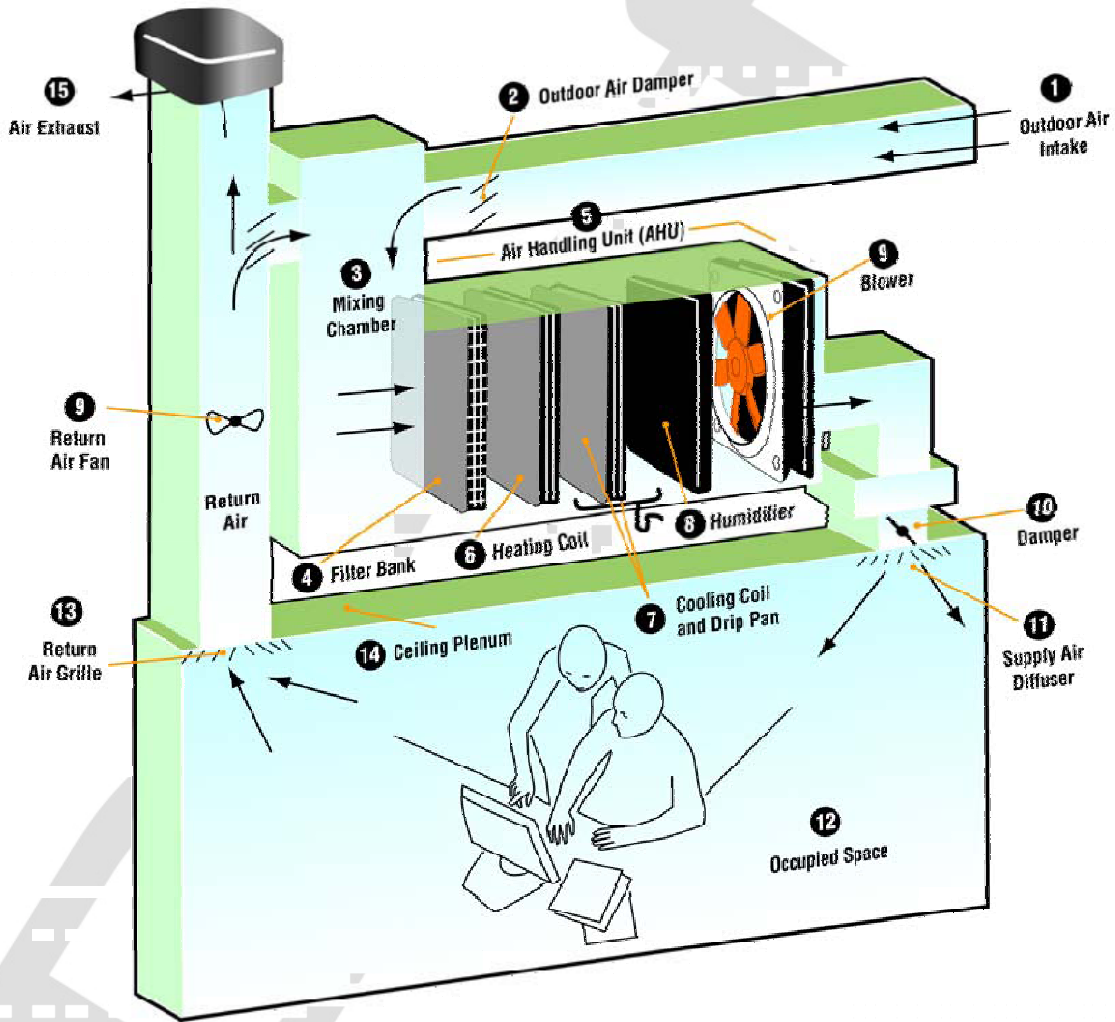
<sup>۱</sup> - Air Handling Unit

۱۴- پلنیوم سقفی (Ceiling Plenum)

فضای بالای سقف معلق (کاذب) است که به عنوان بخشی از سیستم برگشت هوا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۵- هوای خروجی (Air Exhaust)

بخشی از هوای خارج شده از فضای اشغالی از ساختمان خارج شده و باقیمانده دوباره به سیستم برمی‌گردد.



بعضی از سیستم‌های HVAC درصد زیادی از هوای بیرون را وارد ساختمان می‌کنند که هوای ترکیبی<sup>۱</sup> نامیده می‌شود. درحالی‌که سایر سیستم‌ها تمام هوا را در فضا مجدداً به گردش درمی‌آورند. بسیاری از دستگاه‌های HVAC از فن مکانیکی و بخش‌های گرمایش و سرمایش تشکیل شده‌اند. علاوه بر آن، یک دستگاه HVAC ممکن است دارای سیستم‌های رطوبت‌ساز، رطوبت‌زدا و هم‌چنین فیلترها نیز باشد.

<sup>۱</sup> - Makeup Air

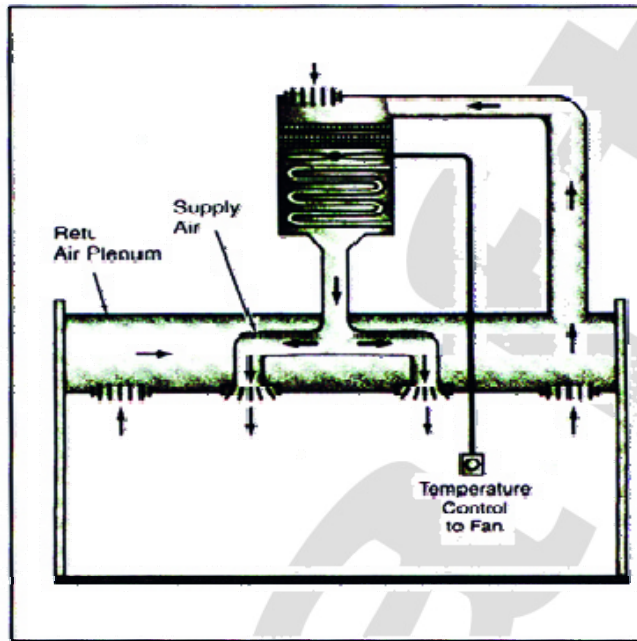
در نوعی از دستگاہهای HAVC، هوای برگشتی به صورت جریانی قابل تنظیم و یا جریانی ثابت با عبور از منطقه واحد تعدیل دما، وارد سیستم می‌شود. همین‌که هوای برگشتی مسیر کانال هوای برگشتی (پلنیوم سقفی) را طی می‌کند، با واحد HAVC برای مطبوع شدن در تماس قرار می‌گیرد.

به هوای ترکیبی وارد شده از بیرون ساختمان ممکن است بخار هوا نیز افزوده شود. این عمل معمولاً قبل از ورود هوا به واحد HAVC یا در مدخل ورودی آن صورت می‌گیرد. اضافه شدن بخار هوا بدان خاطر صورت می‌گیرد که اطمینان حاصل شود، از مقدار آلاینده‌های هوای برگشتی که حاوی دی‌اکسید کربن، بوها و سایر آلاینده‌ها است، به اندازه کافی کاسته شده و هوای مورد نظر حاوی مقدار کافی اکسیژن می‌باشد.

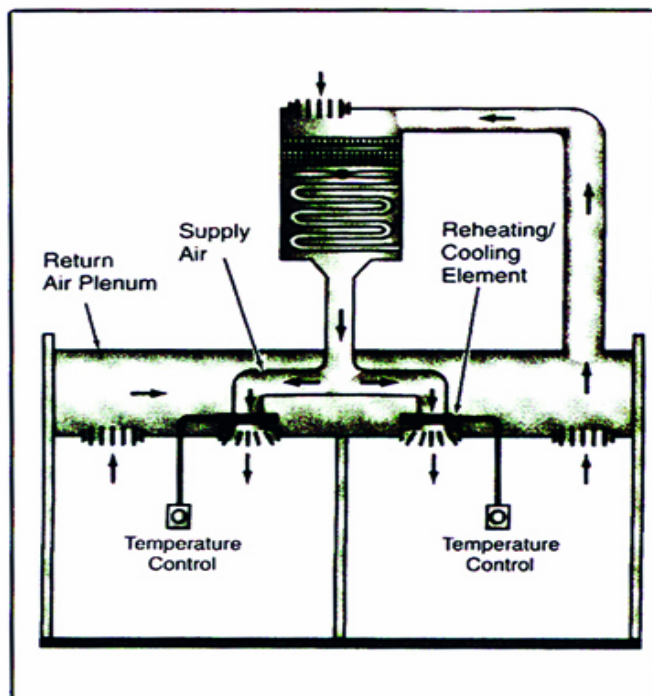
سپس هوایی که وارد دستگاہ HAVC شده تعدیل دمایی (گرم یا سرد)، فیلتره، رطوبت‌دهی یا رطوبت‌زدایی شده و آن‌گاه این هوای تازه از طریق کانال‌های هوای دمشی به فضای تحت پوشش واحد HAVC وارد می‌شود. حجم هوای ترکیبی وارد شده به درون سیستم اصولاً توسط شرایط هوای بیرونی تعیین می‌شود. اگر اختلاف دمای هوای بیرونی با هوای برگشتی کم باشد، هوای بیشتری وارد سیستم می‌شود. اگر دمای هوای بیرونی خیلی گرم یا خیلی سرد باشد، مقدار کمی هوای ترکیبی وارد سیستم شده یا اصلاً هیچ هوایی به درون سیستم کشیده نخواهد شد. این امر برای صرفه‌جویی در انرژی که برای خنک کردن یا گرم کردن هوای قبلی (هوای برگشتی) صرف می‌شود تا مجدداً به منطقه هوایی مورد نیاز توزیع گردد، ضروری می‌باشد.

کانال‌های تأمین (دمش) و برگشت (مکش) هوا ممکن است از داخل یا خارج عایق باشند. در کانال‌هایی که به وسیله مواد عایق پوشیده شده‌اند ممکن است مشکلاتی در تمیزی کانال‌ها و فرسایش در پوشش عایق‌ها به وجود آید. در بعضی از سیستم‌ها که کانال برگشتی هوا ندارند، هوا از طریق منطقه‌ای نظیر فضای بین سقف آویزان شده (سقف کاذب) و بام به درون سیستم HVAC کشیده می‌شود. در این سیستم‌ها تمام فضا مانند فضای پر شده (پلنیوم) از هوای برگشتی عمل می‌کنند. اغلب سیستم‌های HVAC می‌توانند یکی از چهار نوع اصلی ذیل باشند:

منطقه مجزا، حجم ثابت - منطقه مجزا، حجم متغیر - منطقه چندگانه، حجم ثابت - منطقه چندگانه، حجم متغیر  
بعضی از سیستم‌های HVAC ممکن است تلفیقی از یک یا چند حالت فوق‌الذکر باشند. یک واحد HVAC با منطقه مجزا و حجم ثابت، هوای معتدل و تمیزی را برای یک منطقه مجزا، در یک حجمی از جریان هوای از قبل تنظیم شده تأمین می‌کند (شکل زیر).



به طور مشابه، سیستم‌های منطقه چندگانه، هوا را برای بیش از یک منطقه در ساختمان تأمین می‌کنند. سیستم‌هایی با حجم متغیر، قابل تنظیم هستند. این بدان معنی است که حجم جریان هوای ایجاد شده توسط سیستم می‌تواند با نیازهای ساکنین ساختمان تنظیم شود. این قابلیت تنظیم طی زمانهایی که ساکنین کم هستند و یا کسی حضور ندارد و همچنین طی تغییرات فصلی دما و رطوبت، مزیتی را فراهم می‌آورد. سیستم‌های منطقه منفرد معمولاً در نزدیکی یا داخل منطقه مورد استفاده نصب می‌شوند.



واحدهای HVAC منطقه چندگانه، ممکن است در فاصله‌ای دورتر نسبت به ناحیه‌ای که استفاده می‌شوند نصب شوند. برای مثال این نوع سیستم‌ها ممکن است بر بام یا در اتاق‌های ویژه‌ای مانند اتاق تعمیرات و مکانیکی یا اتاق فن، یا سایر مکان‌های دلخواه در ساختمان نصب شده باشند.

مسائل IAQ که به عملکرد سیستم HVAC مربوط می‌شود، اغلب می‌توان به تعمیرات نامناسب و نامنظم نسبت داد. بسیاری از مشکلات بالقوه می‌توانند در خود واحد HVAC به‌علاوه در نواحی داخل منطقه بروز نمایند.

گذشته از مسائل ناشی از عملکردهای سیستم، سایر عوامل مؤثر در کیفیت ضعیف هوای تأمین شده HVAC ممکن است به یک یا چند وضعیت جریان هوا مربوط شوند. این مسائل ممکن است ناشی از موارد زیر باشد:

- هوای بیرونی به مقدار کم به درون سیستم کشیده شود یا اصلاً مکیده نشود.
- طراحی نامناسب سیستم یا نصب نشدن سیستم طبق طراحی آن.
- کوتاهی در نگهداری و عملکرد سیستم به‌گونه‌ای که طراحی شده بود.
- تغییرات و اصلاحات در سیستم پس از نصب، یا تغییرات در مناطقی که توسط واحد HVAC تحت پوشش قرار می‌گیرد.
- نصب مکنده‌های هوا در نزدیکی منابع آلاینده بیرونی.

نامناسب بودن هوای خارجی ممکن است با بوهای غیر هشدار دهنده‌ای ایجاد شود، همچنین با افزایش سطوح دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای نامطلوب مرتبط باشد. چون انسان‌ها دی‌اکسیدکربن تولید می‌کنند، سطح دی‌اکسیدکربن اغلب به عنوان شاخصی از بازده و اثربخشی واحد HVAC که قادر به تأمین هوای تازه برای ساختمان یا فضای مسکونی است، به کار می‌رود.

## ۵-۱-۸- آلودگی میکروارگانیسمی IAQ

میکروارگانیسم‌ها در یک سیستم HVCA می‌توانند بو و در برخی موارد بیماری یا واکنش‌های حساسیتی ایجاد کنند. این مشکلات هنگامی که تعداد باکتری‌ها، قارچ‌ها و یا ویروس‌ها افزایش می‌یابند ایجاد شده و شرایط نامطلوبی به وجود می‌آورد.

اگر بازرسی سیستم HVAC، مرطوب شدن فیلترها، نمناک شدن عایق کانال یا آب‌ماندگی هر قسمتی از سیستم از قبیل کانال‌ها یا دیگ‌های تغلیظ را نشان دهد، وجود این نوع آلودگی‌ها ممکن است مورد شک و تردید

واقع گردد. وجود نواحی سبز و یا لجنی در مناطق نمناک، دیگر نشان و راهنمای مشاهده شده است. در واقع مکنده‌هایی که در مجاورت برج‌های خنک‌کننده قرار داده می‌شوند نیز یک نشان بالقوه این آلودگی‌ها است.

راه‌حل در تمامی این موارد، شناسایی و اصلاح منبع رطوبت کنترل نشده و تمیز کردن یا تعویض مناطق آسیب‌دیده از سیستم است. به‌هرحال حلال‌های تمیز کننده به‌کار رفته و دارای بوی تند در سیستم HVAC، ممکن است بوهای نامطلوب یا تحریک ایجاد نمایند.

یکی از بیماری‌های قابل توجه و معروف ناشی از میکروارگانیزم‌ها در سیستم HVAC، بیماری "لژیونر" است. این بیماری پنومونی شبیه بیماری ناشی از باکتری‌هایی است که در سیستم‌های آب گرم، مطبوع کننده‌های هوا، برج‌های خنک‌کننده و دیگ‌های تغلیظ یا تبخیر کننده ایجاد می‌شوند.

باکتری‌ها احتمالاً از طریق هوا منتقل شده و استنشاق می‌شوند و سبب تب شدید، سرماخوردگی، دردهای عمومی، سردرد و ناراحتی‌های گوارشی در طول دو روز تا یک هفته بعد از مواجهه می‌شوند. اگرچه بیماری لژیونر بسیار شایع است، اما فقط موجب بیماری ۵٪ یا تعداد کمتری از جمعیت مواجهه یافته در بین مبتلایان به این بیماری است.

پستانداران و پرندگان کوچک ممکن است با ساختن لانه‌هایی در مکنده‌ها و حرکت کردن در کانال‌ها به داخل سیستم‌های HVAC راه یابند. آنها ممکن است در کانال‌ها فضولاتی رها کنند یا بمیرند. در نتیجه آلاینده‌ها به درون سیستم کشیده شده و در هوای ساختمان به گردش درمی‌آیند.

واکنش‌های حساسیتی به مواد حساسیت‌زای هوا برد، می‌تواند ناشی از مو، گرد و غبار، فضولات و سایر مواد موجود در سیستم HVAC و جریان گردشی در هوای تأمین شده باشد. علائم ممکن است شامل تب، سرفه و فشرده‌گی قفسه سینه باشد که اغلب در چند دقیقه یا چند ساعت پس از تماس اتفاق می‌افتد. شناسایی و زدایش عوامل حساسیت‌زا می‌تواند کاری پرهزینه باشد.

## ۵-۲- شناسایی و ارزیابی اولیه مسائل IAQ

واحد HSE موظف است سالی یکبار جهت اطمینان از عدم وجود هرگونه مشکل، کیفیت هوای داخلی ساختمان را مطابق مراحل که در ادامه ذکر خواهد شد مورد پایش و ارزیابی قرار دهد و از نتایج آنها جهت انجام

اقدامات مناسب استفاده نماید. همچنین در صورت وجود هرگونه شکایت موردی از طرف کارکنان لازم است بازرسی مجدد صورت گیرد.

## ۵-۲-۱- زمان ایجاد مشکل

هنگامی که علائم بهداشتی مذکور در افراد ایجاد شود باید نسبت به ایجاد مشکل در کیفیت هوای داخلی ساختمان مشکوک شد. از آنجائیکه بسیاری از این علائم مشابه سرماخوردگی یا آنفولانزا است، اغلب مشکل است که با اطمینان گفته شود که هوای داخلی علت این علائم است.

در هر حال، احتیاط این است که در شرایط زیر کیفیت هوای داخلی مورد بررسی قرار گیرد:

- این علائم در ساعات اولیه کار در افراد ایجاد شوند.
- بعداز ترک ساختمان یا بعداز تعطیلات، فرد بهتر شود.

به علاوه اگر افراد علائم مشابهی را گزارش کنند یا اگر همه افراد در نواحی مشابهی از ساختمان علائمی را گزارش نمایند، باید نسبت به ایجاد مشکل در کیفیت هوای داخلی مشکوک شد.

## ۵-۲-۲- جمع آوری اطلاعات درباره مشکلات IAQ

راههای متعددی برای جمع آوری اطلاعات کیفیت هوای داخلی وجود دارد که عبارتند از:

۱- بازرسی‌های کاری روتین یا یک بازرسی مجزا:

در نظر گرفتن جنبه‌های IAQ در بازرسی‌های منظم بخش بهداشت واحد HSE، یکی از راه‌های شناسایی مداوم مشکلات بالقوه و آگاه شدن از شرایط موجود است. (نمونه چک‌لیست بازرسی IAQ - پیوست شماره ۱)

۲- استفاده از فرم شکایت افراد:

برای بررسی شکایات افراد در مورد شرایط کاری غیر قابل قبول از فرم‌هایی شبیه فرم شکایت ساکنین در پیوست شماره ۲ استفاده کنید.

۳- انجام یک بررسی بهداشتی:

برای جمع آوری اطلاعات درباره شرایط بهداشتی ساختمان می‌توان از یک چک‌لیست با هدف بررسی مسائل IAQ استفاده کرد. یک نمونه از چک‌لیست بررسی بهداشتی در پیوست شماره ۳ آورده شده است.

## ۵-۲-۳- ارزیابی مشکلات IAQ

در این مرحله هدف، کشف علت واقعی مشکلات موجود در کیفیت هوای داخلی است.

**بررسی اولیه باید بر محورهای زیر متمرکز شود:**

۱- بررسی سیستم تهویه با استفاده از چک لیست سیستم HVAC (پیوست شماره ۴) و حصول اطمینان از عملکرد صحیح آن (اختلاط هوای تازه، توزیع مناسب هوا، تمیزی سیستم‌های فیلتراسیون، سیستم‌های رطوبت زنی را چک کنید).

نکته: دما، رطوبت و سطح دی‌اکسید کربن عموماً چک می‌شوند و به‌عنوان روشی جهت اطمینان از این‌که سیستم HVAC به‌درستی کار می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فاکتورها یک نقطه شروع هستند و ممکن است در اندازه‌گیری و ارزیابی آلاینده‌های هوا ضروری باشند.

۲- منابع یا علل احتمالی همچون مواد شیمیایی، بازسازیها، یا کپک را جستجو کنید.

۳- علل احتمالی دیگر همچون صدا، دما، رطوبت و یا روشنایی را بررسی و حذف نمایید.

۴- در صورت لزوم، برای کمک به شناسایی دقیق منابع و علل، یک بررسی جامع بهداشتی انجام دهید.

۵- کمک افراد متخصص برای انجام آزمایشات و تست هوا را در نظر بگیرید.

## **۵-۲-۴- مراحل ارزیابی**

مراحل ارزیابی بسته به شرایط مختلف می‌تواند متفاوت باشد. جهت شناسایی مشکلات و حل آنها مراحل زیر می‌تواند کمک کننده باشد:

۱- مستندات و اطلاعات زمینه‌ای زیر را جمع‌آوری کنید:

- نقشه جانمایی ساختمان یا نقشه‌های طبقات، نواحی علامت‌گذاری شده با شکایت کارکنان.
- فرم‌های شکایت یا دیگر مستندات همچون سوابق بازسازی‌های اخیر، صورتجلسات کمیته بازرسی بهداشت و ایمنی (در صورت وجود و یا در دسترس بودن). شکایات باید توسط مدیران و یا سایر کارکنان بخش بهداشت حرفه‌ای دریافت شود.

- سوابق تعمیر و نگهداری و نقشه‌های طراحی سیستم HVAC.

• سوابق فعالیت‌های اخیر (روتین و غیرروتین) همچون پاکسازی، شستشوی کف‌پوش‌هایی مانند موکت یا فرش، نقاشی، بازسازی‌ها و یا تعمیر تجهیزات.

۲ - انجام یک بررسی در ساختمان :

در قدم اول طراحی ساختمان، نقشه طبقات و سیستم تهویه را بررسی کنید (پیوست شماره ۱). همچنین عملکرد سیستم تهویه و تمیزی آنرا با استفاده از چک‌لیست بازرسی IAQ در پیوست شماره ۱ بررسی کنید.

۳ - با افرادی که در این ناحیه کار می‌کنند صحبت کنید و به مسائل مورد اشاره آنها توجه کنید:

• چه کسانی مشکلات IAQ را دارند؟ آیا آنها علائم مذکور را گزارش کرده‌اند؟ و به چه کسی؟

• آیا کسی دریچه منبع هوا را به‌علت پر سر و صدا بودن یا داشتن کوران تغییر داده است؟

• آیا تغییراتی در سیستم تهویه، بازسازی‌ها، جانمایی ناحیه صورت گرفته؟ آیا لوازم و یا تجهیزات جدید یا اضافی در آن ناحیه قرار گرفته که در لیست‌ها و فهرست‌های رسمی قید نشده است؟

نکته: استفاده از بررسی بهداشتی

برای جمع‌آوری اطلاعات بیشتر درباره اینکه چه کسانی و در چه زمانی علائم را دارند، می‌توانید یک بررسی بهداشتی (پیوست شماره ۳) انجام دهید. بررسی را براساس موقعیت موردنظر انجام دهید (در صورت لزوم سؤالاتی اضافه کنید). ممکن است لازم باشد محدوده بررسی را وسیع‌تر کرده یا مصاحبه‌هایی با افراد انجام شود. مصاحبه‌ها باید خصوصی باشد و اطلاعات بهداشتی خاص افراد، محرمانه باقی بماند.

۴ - نظرخواهی از ساکنین:

اطلاعات جمع‌آوری شده از ساکنین، مشکلات بالقوه را علاوه بر ناحیه مشخص شده احتمالی که بررسی بیشتری باید برای آن انجام شود را نشان خواهد داد. هنگام تصمیم‌گیری در مورد وجود یک مشکل IAQ، به‌خاطر آوردن نکات زیر حائز اهمیت است:

• همه افراد حساسیت یکسانی ندارند. حتی اگر تعداد کمی از افراد تحت تأثیر قرار گرفته باشند، نباید احتمال مشکل را نادیده گرفت.

• مواجهات ترکیبی ممکن است باعث مشکلات بهداشتی شود. حتی اگر سطح هریک از مواجهات زیر حدود توصیه شده باشد.

- مشکلات بهداشتی ناشی از تماس با یک ماده شیمیایی ممکن است در صورت وجود سایر مواد شیمیایی بدتر شود.

## ۵-۲-۵- تعیین مشکل

هنگام تجزیه و تحلیل نتایج، اطلاعات جمع‌آوری شده را بر اساس موارد زیر دسته‌بندی کنید:

نوع شکایات، موقعیت مکانی افراد تاثیر پذیرفته بر روی نقشه طبقات، تعداد افراد تحت تاثیر قرار گرفته، زمان شکایات، نقایص ثبت شده سیستم HVAC و منابع احتمالی (مانند محل‌های ذخیره‌سازی غیر صحیح مواد، نواحی کثیف، محل‌های آسیب دیده در اثر نقصان سیستم آب‌رسانی).

بوها نیز می‌توانند نشانگر خوبی از علل مشکلات IAQ باشند. چک‌لیست مربوطه (پیوست شماره ۵) را برای در نظر گرفتن بوها به‌عنوان منابع و علل احتمالی آلاینده‌ها و شکایات بهداشتی مرور کنید.

در طی ارزیابی، احتمالاً با رنجی از شکایات مواجه خواهید شد. چک‌لیست مربوطه (پیوست شماره ۶) را برای شکایات عمومی و علل احتمالی مرور کنید.

- اطلاعات به‌دست آمده را در فرم شماره NPCHSE-116-F001 ثبت کنید.

سایر موارد:

بازسازی‌ها یا ساکنین اضافی ساختمان روی سیستم تهویه تأثیر خواهد گذاشت، بنابراین طراحی اولیه سیستم HVAC را با سیستم فعلی مقایسه کنید.

ازدحام زیاد جمعیت ممکن است باعث شود که جابجایی (تبادلات) هوا برای افزایش تعداد افراد کافی نباشد. سطح دی‌اکسید کربن را چک کنید. چنانچه سطح دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ ) بالای حد نرمال باشد، نشان می‌دهد که سیستم تهویه مشکل داشته و ممکن است سایر آلاینده‌ها نیز تجمع یابند.

نکته مهم: همیشه سطح دما و رطوبت را چک کنید که در محدوده نرمال باشند. اطمینان حاصل کنید که خروجی‌ها و کانال‌ها مسدود نباشند.

در صورتی که ارزیابی اولیه علت یا مشکلی را نشان داد باید به سمت وضعیت حل مشکل پیش رفت. در صورت امکان تغییرات لازم را اعمال کنید و ببینید که آیا مشکل حل می‌شود؟

## ۵-۲-۶- حل مشکل

در پایان ارزیابی باید موارد زیر مشخص شود:

- ۱- ماهیت شکایات ساکنین
- ۲- تعداد افرادی که تحت تأثیر قرار گرفته‌اند
- ۳- مسائل قابل تأمل در مورد سیستم HVAC
- ۴- منابع آلاینده‌های داخلی یا خارجی

اگر منبع مشکل بالقوه‌ای را شناسایی کردید، سعی کنید راه‌حل آن را بیابید. تغییرات لازم را اعمال کنید. بررسی کنید که آیا تغییرات اعمال شده باعث ایجاد شرایط بهتر شده است یا خیر.

## ۵-۲-۷- پایش وضعیت

عموماً دو روش برای تعیین اینکه آیا تلاش‌های حل مسائل IAQ موفقیت‌آمیز بوده است، وجود دارد که عبارتند از:

۱- کاهش میزان شکایات

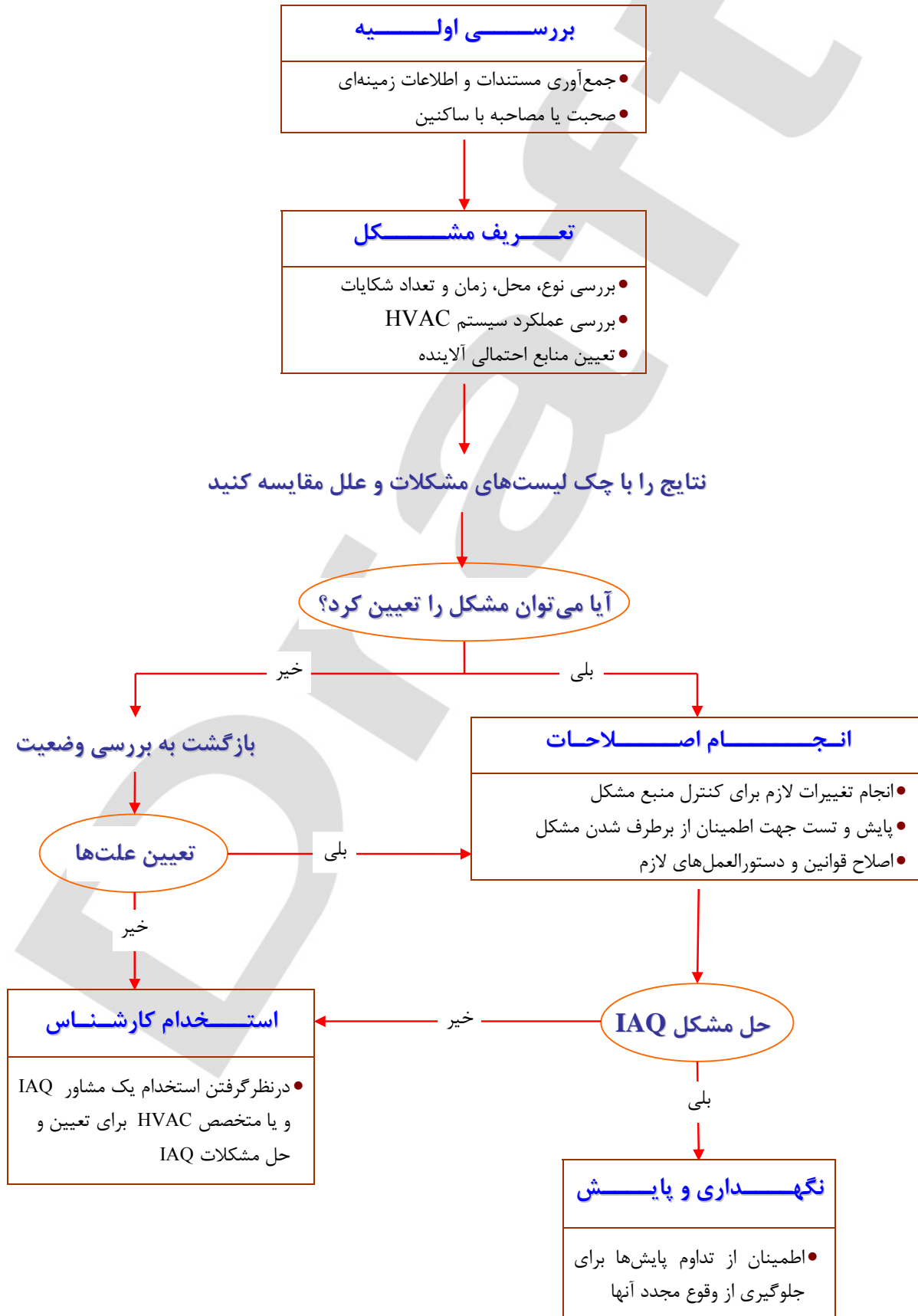
اگر شکایات حذف یا کاهش یابند، می‌تواند نشان‌دهنده رفع مشکلات باشد.

۲- اندازه‌گیری IAQ

اگر قبل و یا بعد از انجام تغییرات و راه‌حل‌ها، اندازه‌گیری انجام شود (شامل: دما، رطوبت، الگوهای جریان هوا و سطح آلاینده‌ها)، می‌توان مشخص کرد که تغییرات واقعی اعمال شده است یا خیر.

همچنین پیگیری یا ادامه پایش وضعیت‌ها و تدوین دستورالعمل‌ها در این زمینه و در جریان گذاشتن ساکنین از مراحل کارهای انجام شده و تشویق آنها به همکاری در این زمینه نیز می‌تواند مفید باشد.

## فلوچارت ارزیابی و حل مشکلات IAQ



## ۵-۳- نمونه برداری و اندازه‌گیری

### ۵-۳-۱- وسایل نمونه‌برداری رایج در ارزیابی کیفیت هوای داخلی

#### ۱- لوله‌های قرائت مستقیم کلریمتری:

برای اندازه‌گیری اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$ )، دی‌اکسیدکربن ( $\text{CO}_2$ )، منواکسیدکربن ( $\text{CO}$ )، فرمالدئید ( $\text{HCHO}$ )، و ترکیبات آلی فرار به‌کار می‌روند.

مکانیسم عمل بر اساس تغییر رنگ حاصل از واکنش ماده‌ی شیمیایی با ماده‌ی جاذب درون لوله است و طول تغییر رنگ نشان‌دهنده‌ی غلظت آلاینده می‌باشد. این لوله‌ها جزء وسایل اندازه‌گیری ارزان قیمت بوده و برای بررسی‌های سریع کیفیت هوا به‌کار می‌روند ولی برای سنجش غلظت‌های پائین آلاینده‌ها در ادارات قابل اعتماد نیستند. اگر کیفیت آلودگی نسبتاً بالا باشد و شناسایی به‌وسیله‌ی لوله‌ها انجام گیرد، این میزان تقریباً قابل اعتماد است (با ضریب صحت  $\pm 25\%$ ) ولی برای حدود پائین آلودگی، به‌علت عدم صحت این روش در غلظت‌های پائین، نتایج حاصل معنی‌دار نخواهد بود.

#### ۲- مانیتورهای قرائت مستقیم پرتابل:

برای اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن، منواکسید کربن، ترکیبات آلی فرار، فرمالدئید، دما و رطوبت و سایر مواد (همچون سولفید هیدروژن، سرب و جیوه) به‌کار می‌روند.

روش کار بدین صورت است که حجم مشخصی از هوا از طریق وسیله‌ی مکش به داخل دستگاه کشیده شده، سپس سنسورهای دستگاه آلودگی هوا را شناسایی و مقادیر آن‌را مشخص می‌کنند. سنسورها همچنین قادر به شناسایی رطوبت نسبی و دمای هوا نیز می‌باشند. جهت اطمینان از کارکرد صحیح دستگاه، قبل و بعد از استفاده باید آن‌را کالیبره نمود. تست‌های کالیبراسیون جهت اطمینان از صحت اندازه‌گیری باید در گزارش قید شوند.

#### ۳- نمونه‌بردارهای هوا:

برای اندازه‌گیری فرمالدئید، ترکیبات آلی فرار و سایر مواد به‌کار می‌روند. این نمونه‌بردارها آلاینده‌های هوا را (با پمپ هوا یا بدون آن) به‌داخل وسیله‌ی جمع‌آوری که حاوی مواد جاذب آلاینده است، می‌کشد. سپس این مواد در آزمایشگاه و با استفاده از روش‌های استاندارد جهت تعیین نوع و مقدار آلاینده آنالیز می‌شوند.

این روش از دقت بالایی برخوردار است. باید در نظر داشت که پمپ نمونه برداری قبل و بعد از نمونه برداری کالیبره شود.

#### ۴ - لوله دود:

برای اندازه گیری حرکت و جهت جریان هوا به کار می رود. دود قابل رویت جریان هوا و جهت آن را نشان می دهد. این روش سریع و ارزان می باشد و نتایج کیفی و توصیفی از حرکت هوا را ارائه می دهد. جریان دود، الگوهای جریان هوا را در محیط کار (برای مثال ردیابی جریان خروجی) نشان می دهد. اگر دود حرکت نکند، به این معنی است که جریان هوایی وجود ندارد.

این آزمایش همچنین برای نشان دادن جریان هوای مدار کوتاه (حرکت از منبع تأمین هوا به هوای برگشتی بدون مخلوط شدن با هوای اتاق) به کار می رود. در استفاده از این دستگاه باید دقت نمود، زیرا برخی افراد نسبت به دود ایجاد شده از لوله حساس هستند.

#### ۵ - آنومتر حرارتی:

برای اندازه گیری سرعت هوا، جریان هوا و دمای آن به کار می رود. این روش قرائت های فوری را ارائه می دهد و می تواند برای محاسبه تعداد دفعات تعویض های هوای اتاق و سرعت جریان هوا در قسمت های مختلف به کار رود. برای محاسبه تعداد تعویض های هوای اتاق، باید تعدادی اندازه گیری از هوای جریان یافته به داخل اتاق از پخش کننده هوا انجام شود.

#### ۶ - نمونه بردار گرد و غبار قرائت مستقیم:

این دستگاه برای اندازه گیری گرد و غبارها، فیومها، دود، هاگها، فیبرها و سایر مواد به کار می رود. در واقع این دستگاه هوا را پایش نموده و مقدار ذرات با نتایج آنی اندازه گیری می شوند. این دستگاه همچنین قابلیت انتخاب سایزهای مختلف ذرات را نیز دارد.

این روش برای بررسی محیط کار در جاهایی که گرد و غبار در نواحی خاصی ایجاد می شود یا فرآیندهای پر گرد و غبار وجود دارد، مناسب است. اگر حدود گرد و غبار بالا باشد و فرآیند نتواند تغییر کند، سیستم خروجی موضعی (تهویه موضعی) توصیه می شود.

#### ۷ - نمونه برداری میکروبی:

از این روش برای اندازه‌گیری هاگ‌های قارچی و باکتری‌ها استفاده می‌شود. فرآیند بدین شکل است که مقدار مشخصی از هوا جمع‌آوری می‌شود. میکروب‌های جمع‌آوری شده از نمونه هوا بر روی انواع خاصی از محیط‌های کشت (حاوی مواد مغذی مختلف برای رشد میکروب‌های مختلف) رشد داده می‌شوند. میکروب‌هایی که رشد می‌کنند برحسب<sup>۱</sup> CFUs در متر مکعب هوا بیان می‌شوند.

برای استفاده از این روش به متخصص نمونه‌برداری میکروبی و آنالیز نیاز می‌باشد. این روش زمان‌بر بوده و نتایج آن همیشه در تعیین وجود مشکل مفید نمی‌باشد. همچنین باید توجه داشت که تعداد و نوع میکروب‌های داخلی، مشابه میکروب‌های خارجی است یا نه؟ و اگر نیستند این امر می‌تواند نشان‌دهنده مشکل در ساختمان یا سیستم HVAC باشد.

### ۵ - ۳ - ۲ - محل انجام نمونه‌برداری

ناحیه‌ای که مشکل در آن مشخص شده، بدیهی‌ترین محل برای نمونه‌برداری هوا است. بهترین محل ناحیه‌ای است که افراد در آن محدوده، از کیفیت هوا شکایت دارند و هر فردی دور از تأثیر افراد دیگر می‌باشد. اگر افراد تمام روز پشت میز خود می‌نشینید، نمونه‌بردار باید از فضای روی میزها در زمانی که کسی در آنجا حضور ندارد، مبادرت به تهیه نمونه نموده و به آزمایشات خود بپردازد (این عمل جهت بدست آوردن برآورد مناسبی از مواجهه فردی می‌باشد).

یکی دیگر از راههای مشخص کردن نواحی نمونه‌برداری، تقسیم کردن ساختمان به نواحی مشابه (هموزن) براساس فاکتورهای کلیدی که در بازرسی ساختمان و مصاحبه‌ها به دست آمده، می‌باشد. مثال‌هایی از تقسیم ساختمان به شرح زیر می‌باشد:

- ناحیه‌های کنترل (اتاق افراد).
- انواع نواحی سیستم HVAC
- نواحی که در آن نواحی افراد شکایت داشته‌اند و نواحی بدون شکایت.
- ارتباط با منابع اصلی (مثل فضاهای مستقیم، غیر مستقیم و یا به‌وسیله دود تحت تأثیر قرار نگرفته است).
- انواع شکایات.

<sup>۱</sup> - Colony Forming Units

این نواحی می‌تواند برای ارزیابی شکایات، کنترل‌ها و منابع بالقوه با تعداد نمونه قابل قبول انتخاب شوند.

### ۵-۳-۳- زمان نمونه‌برداری

نمونه‌ها می‌توانند جهت بدست آوردن بدترین شرایط مانند اندازه‌گیری زمان حداکثر انتشار از تجهیزات، حداقل تهویه یا توزیع سطوح آلوده گرفته شوند. نتایج حاصل از نمونه‌برداری‌ها (بدترین شرایط) می‌تواند در مشخص کردن حداکثر غلظتی که ساکنین در معرض آن هستند و شناسایی منابع جهت اقدامات اصلاحی مفید باشند.

همچنین گرفتن نمونه‌هایی در شرایط میانگین (متوسط) یا شرایط معمول به‌عنوان اساس مقایسه مفید است و البته دانستن اینکه در آن ساختمان چه شرایطی معمولی است نیز از مشکلات کار می‌باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد که مواجهه با آلاینده‌ها برحسب تغییر شرایط ساختمان تغییر می‌کند. در این موارد استفاده از وسایل اندازه‌گیری طولانی مدت (پیوسته) برای متغیرهای کلیدی، می‌تواند مفید باشد. علائم یا بوهایی که فقط گاه‌گاهی رخ می‌دهند یا به مشام می‌رسند در طی بررسی IAQ مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

یک روش بررسی مشکلات متناوب IAQ، پرسیدن از کارکنان مربوطه ساختمان یا دیگر ساکنین برای ثبت تغییرات در تمام اوقات، با استفاده از ثبت سوابق روزانه ساکنین و فهرست کردن فعالیت‌ها و عملکرد سیستم است. هنگامی که یک بو ایجاد می‌شود، مهندس تأسیسات ساختمان می‌تواند سیستم توزیع هوا و ناحیه ورودی آن را بازرسی کند و وضعیت منابع بالقوه آلودگی را ثبت کند.

استراتژی دیگر، دستکاری شرایط ساختمان (مانند بستن دمپ‌های هوای ورودی) برای ایجاد بدترین شرایط در طی بررسی ساختمان است. دودهای شیمیایی و گازهای ردیاب می‌توانند برای ارزیابی مواد منتشره تحت شرایط مختلف مورد استفاده قرار گیرند. چنین استراتژی‌هایی باید با هدف کاهش مواجهه ساکنین انجام شود.

### ۵-۳-۴- اندازه‌گیری فاکتورهای IAQ

نتایج اندازه‌گیری فاکتورهای IAQ را در فرم شماره NPCHSE-116-F002 ثبت کنید.

#### الف - نشانگرهای ساده تهویه/راحتی

##### ۱- اندازه‌گیری آسایش حرارتی

آسایش حرارتی (یا ناراحتی) نتیجهٔ تعامل بین دما، رطوبت نسبی، جابجایی هوا، لباس فرد، سطح فعالیت و فیزیولوژی فردی است. دما و رطوبت نسبی نشانگرهای آسایش حرارتی هستند.

### – روش اندازه‌گیری:

اندازه‌گیری می‌تواند به وسیلهٔ یک ترمومتر و سایکرومتر یا ترموهایگرومتر (سنسورهای الکتریکی) انجام شود. برای اندازه‌گیری دما صحت  $\pm 1^\circ\text{F}$  توصیه می‌شود. برای اندازه‌گیری باید زمان لازم جهت ثابت شدن، مطابق با شرایط اتاق اعمال شود (چند دقیقه). دستگاه سنجش رطوبت نسبی الکتریکی باید مکرراً کالیبره شود (مطابق دستورالعمل شرکت سازندهٔ دستگاه).

رطوبت نسبی داخلی به وسیلهٔ شرایط بیرونی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. یک بار اندازه‌گیری ممکن است نشانهٔ خوبی از رطوبت نسبی طولانی مدت در ساختمان نباشد. سنسورهای ثبت کننده قابل برنامه‌ریزی می‌توانند جهت به دست آوردن شرایط دما و رطوبت برحسب تغییرات آنها در کل زمان مورد استفاده قرار گیرند.

### – کاربرد نتایج:

دما و رطوبت نسبی مستقیماً آسایش حرارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. آنها همچنین نشانه‌های غیر مستقیمی از شرایط HVAC و احتمال آلودگی هوا برد از ترکیبات بیولوژیکی یا ارگانیکی را ارائه می‌دهند. توصیه می‌شود سطح رطوبت نسبی بین ۶۰-۳۰٪ حفظ شود. مقایسهٔ نتایج دما و رطوبت داخلی و بیرونی در طی دوره‌های شکایت می‌تواند نشان دهد که آیا ناراحتی حرارتی به واسطهٔ انحراف از ظرفیت طراحی سیستم HVAC یا پوشش ساختمان می‌باشد.

برای تأیید کالیبراسیون، اندازه‌گیری‌ها را نزدیک ترموستات‌ها انجام دهید. اندازه‌گیری را در محل شکایات برای ارزیابی این که رطوبت و دما در آن محل در ناحیه راحتی هستند یا خیر، انجام دهید. قرائت‌هایی که تغییرات زیادی را در محیط نشان دهند، ممکن است بیانگر مشکل توزیع یا اختلاط هوا باشد. قرائت‌هایی که در طول زمان تغییرات خیلی زیادی دارند ممکن است نشان‌دهندهٔ مشکلات کنترل یا بالانس سیستم HVAC باشد.

## ۲- ردیابی حرکت هوا با استفاده از دود شیمیایی

دود شیمیایی می‌تواند در ارزیابی سیستم‌های HVAC، ردیابی حرکت احتمالی آلاینده و تعیین اختلاف فشار مفید باشد. اگر روزنه یا شکافی بین دو ناحیه باشد (مثل درب)، دود از ناحیه‌ای که فشار بیشتری دارد به سمت ناحیه با فشار کم حرکت می‌کند. از آنجایی که این دود بدون گرما است، نسبت به جریان‌های هوا بسیار حساس است. بررسی‌کنندگان می‌توانند با مشاهده جهت و سرعت حرکت دود، دربارهٔ الگوهای جریان هوا اطلاعاتی کسب کنند. مقدار دود آزاد شده در بخشی از ساختمان (که در اثر اختلاف فشار ایجاد شده به وسیلهٔ درب‌ها، پنجره‌ها و شکافها یا دهنه‌ها به حرکت می‌افتد) نشان می‌دهد که آیا سیستم HVAC فضاهای داخلی را تحت فشار مثبت نسبت به بیرون نگه می‌دارد یا خیر.

### – روش اندازه‌گیری:

دود شیمیایی، با مکانیسم‌های آزاد سازی مختلفی همچون لوله‌ها، تفنگ‌ها، قلم‌ها، در دسترس است. بخش توزیع کننده، به دود اجازه آزاد شدن در مقادیر کنترل شده و هدایت شده (پُک) در محل‌های خاص را می‌دهد. بهتر است تعدادی "پُک" کوچک نسبت به یک "پُک بزرگ" داشته باشید تا بتوان مسیر حرکت هوا را دنبال کرد. از تنفس مستقیم دود شیمیایی باید اجتناب نمود زیرا می‌تواند تحریک کننده باشد. همچنین آنرا به‌طور مستقیم نزدیک دکتورهای دود آزاد نکنید.

### – کاربرد نتایج:

الف) آزاد سازی دود در وسط اتاق (Mid-Room):

مشاهده تعدادی پُک آزاد شده در وسط اتاق می‌تواند به تجسم جریان هوا در فضا کمک کند. پخش دود در عرض چند ثانیه نشان‌دهندهٔ جریان مناسب هوا است. در حالیکه دودی که چند ثانیه را کد بماند، نشان‌دهندهٔ جریان ضعیف هوا است. جریان ضعیف هوا ممکن است در شکایات سندرم ساختمان بیمار یا شکایات راحتی، حتی اگر تعویض‌های هوا کافی باشد نقش داشته باشد.

ب) آزاد سازی دود نزدیک پخش‌کننده‌ها، گریل‌ها (شبه‌ها):

دود آزاد شده کنار دریچه‌های HVAC یک ایده کلی را از جریان هوا به دست می‌دهد (جریان هوا؛ به سمت داخل یا خارج است؟ شدید است؟ کند است؟ بدون جریان است؟).

این امر در ارزیابی سیستم تأمین و برگشت و تعیین این که آیا تهویه هوا واقعاً به ناحیه تنفسی می‌رسد کمک می‌کند (برای سیستم با حجم متغیر، مطمئن شوید که چقدر سیستم برای تنظیم کردن طراحی شده است. این امر در طی تست مشخص می‌شود).

مدار کوتاه هنگامی اتفاق می‌افتد که هوا بجای مخلوط شدن با هوای اتاق در ناحیه تنفسی، نسبتاً به‌طور مستقیم از پخش‌کننده‌های تأمین به سمت شبکه‌های برگشتی حرکت می‌کند. در چنین وضعیتی، ساکنین ممکن است هوای بیرونی کافی را دریافت نکنند و آلاینده‌ها به‌طور کامل رقیق نشوند.

### ۳- اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن

هوای بازدم ساکنین، منبع مهم  $CO_2$  در محیط داخلی است. غلظت‌های  $CO_2$  داخلی می‌تواند تحت برخی شرایط تست، نشانگر مناسبی از کفایت تهویه هوا باشد. مقایسه پیک  $CO_2$  بین اتاق‌ها، بین نواحی مشخص، و در ارتفاعات مختلف بالای کف اتاق، ممکن است در تعیین و تشخیص مشکلات تهویه ساختمان کمک کند.

#### – روش اندازه‌گیری:

برای اندازه‌گیری  $CO_2$  می‌توان از یک دستگاه قرائت مستقیم یا یک دتکتوریوب استفاده کرد. اندازه‌گیری‌ها باید دور از منابعی که مستقیماً بر روی قرائت اثر می‌گذارند (مانند؛ نگه داشتن وسیله اندازه‌گیری دور از تنفس بازدمی) انجام شود. اشغالیت نسبی (تعداد ساکنین)، تنظیمات دمپر هوا باید در هر بار اندازه‌گیری  $CO_2$  یادداشت شود.

اندازه‌گیری‌های فردی باید کوتاه‌مدت باشد. برحسب سایر اندازه‌گیری‌های شرایط هوای داخلی، توصیه می‌شود که یک یا چند قرائت هم در محل‌های کنترل برای مقایسه انجام شود. از اندازه‌گیری  $CO_2$  در هوای بیرون (Outdoors) و از نواحی که هیچ مشکل آشکاری از IAQ وجود ندارد به‌عنوان کنترل استفاده می‌شود. نمونه‌های بیرونی باید نزدیک کانال هوای بیرونی ورودی گرفته شوند.

اندازه‌گیری‌های انجام شده برای ارزیابی کفایت تهویه باید هنگامی که انتظار می‌رود غلظت‌ها حداکثر (Peak) هستند، انجام شوند. این امر ممکن است به مقایسه اندازه‌گیری‌های انجام شده در زمان‌های مختلف روز کمک کند. اگر تعداد ساکنین نسبتاً ثابت است، در طی ساعات کاری معمول میزان  $CO_2$  در طی صبح بالا می‌رود و در طی زمان نهار افت می‌کند. سپس دوباره بالا می‌رود و به پیک در وسط بعدازظهر می‌رسد. در این شرایط، نمونه‌برداری

در نیمه تا آخر بعدازظهر توصیه می‌شود. سایر زمان‌های اندازه‌گیری ممکن است برای زمان‌بندی‌های اشغالی مختلف لازم باشد.

### – کاربرد نتایج:

پیک غلظت‌های CO<sub>2</sub> بالای 1000 ppm در ناحیه تنفسی، نشان‌دهنده مشکلات تهویه است. غلظت‌های زیر 1000 ppm، عموماً نشان‌دهنده تهویه کافی گازهای تولید شده روزانه اشغالیت انسانی است. دلایل متعددی نیز وجود دارد که قرائت دی‌اکسید کربن کم به معنی عدم وجود مشکل IAQ نیست.

مشکلات می‌تواند در ساختمان‌هایی که غلظت دی‌اکسید کربن زیر حد نرمال است نیز بروز کند. در صورتی که مقادیر دی‌اکسید کربن نشان دهد که میزان تهویه نامناسب است، برای مثال اگر منابع قوی آلاینده وجود داشته باشد، لازم است کنترل منابع برای جلوگیری از بروز مشکلات IAQ انجام شود. خطا در اندازه‌گیری‌ها و تغییر غلظت گاز دی‌اکسید کربن در طول زمان نیز می‌تواند باعث قرائت‌های پائین شود.

افزایش CO<sub>2</sub> ممکن است به علل گوناگونی مانند؛ افزایش جمعیت ساکنین ساختمان، میزان تعویض هوا زیر حد راهنمای ASHRAE، توزیع ضعیف هوا، مخلوط شدن ضعیف هوا باشد. میانگین بالای غلظت CO<sub>2</sub> در ناحیه تنفسی عمومی (حداقل ۲ فوت از تنفس بازدمی) نسبت به میزان آن در شبکه‌های برگشت هوای ورودی یک نشانه از مخلوط شدن ضعیف هوا است. لوله‌های دود و پروفایل‌های دما به مشخص شدن الگوهای جریان هوا کمک می‌کند.

اگر غلظت گاز CO<sub>2</sub> گرفته شده قبل از آغاز دوره اشغالی، بیشتر از قرائت‌های بیرونی گرفته شده در همان زمان باشد، ممکن است نشان‌دهنده مشکل عملکردی در سیستم HVAC باشد.

مشکلات احتمالی شامل موارد زیر است:

- تهویه خیلی زود خاتمه می‌یابد (قبل از تاریک شدن هوا یا شب به عنوان مقایسه با بار اشغالی در فضا).
- احتراق محصولات فرعی حاصل از جاده نزدیک ساختمان یا پارکینگ‌های داخل ساختمان.
- مبدل حرارتی وسایل گازسوز داخل ساختمان سوراخ یا ترک خورده است.

غلظت گاز CO<sub>2</sub> خارجی بالای 400 ppm ممکن است نشان‌دهنده مشکل آلودگی خارجی ترافیک یا دیگر منابع احتراقی باشد. باید در نظر داشت که در هر صورت دتکتور تیوب‌ها نمی‌توانند اندازه‌گیری دقیقی از میزان گاز CO<sub>2</sub> در هوای گرم یا سرد ارائه دهند.

#### ۴- اندازه‌گیری جریان هوا (Air Flow)

این اندازه‌گیری برای برآورد مقدار هوای بیرونی وارد شده به ساختمان و ارزیابی عملکرد سیستم HVAC به کار می‌رود. مناسب‌ترین تکنیک اندازه‌گیری به مشخصات محل اندازه‌گیری بستگی دارد.

#### - روش اندازه‌گیری:

مقادیر جریان هوا می‌تواند به وسیله اندازه‌گیری سرعت و سطح مقطع عرضی جریان هوا محاسبه شود. برای مثال اگر هوا با سرعت ۱۰۰ فوت در دقیقه در یک کانال  $24 \times 12$  فوت حرکت کند، جریان هوا ۲۰۰ فوت مکعب در دقیقه خواهد بود. سرعت جریان هوا را می‌توان با استفاده از یک لوله پیتو یا آنومتر اندازه‌گیری کرد.

سرعت جریان هوا به‌طور قابل ملاحظه‌ای در یک جریان هوا متغیر است. برای مثال اندازه‌گیری سرعت جریان هوا در پخش‌کننده‌های تأمین به علت توربالانس اطراف پره‌های مخلوط‌کننده (ترکیب‌کننده) بسیار مشکل است. بهترین برآورد از سرعت جریان هوا به وسیله میانگین‌گیری از نتایج چند بار اندازه‌گیری به دست می‌آید. محاسبه سطح مقطع عرضی جریان هوا گاهی آسان است (برای مثال در کانال مستطیلی شکل) اما در سایر نقاط مثل محل‌های اختلاط یا پخش‌کننده‌ها بسیار مشکل است.

برای اندازه‌گیری مستقیم جریان هوا در محل‌هایی مثل گریل‌ها (شبه‌ها)، پخش‌کننده‌ها و خروجی‌ها می‌توان از هودهای جریان<sup>۱</sup> استفاده کرد. آنها برای استفاده در کانال طراحی نشده‌اند.

#### - کاربرد نتایج:

اندازه‌گیری جریان هوا می‌تواند در تعیین این‌که آیا سیستم HVAC بر طبق مشخصات طراحی است و در تعیین محل‌های احتمالی مشکل، مورد استفاده قرار گیرد. بررسی‌های ساختمان اغلب شامل اندازه‌گیری مقادیر هوای بیرونی، هوای خروجی و جریان هوا در پخش‌کننده‌های تأمین و شبکه‌های برگشتی می‌باشد.

#### ۵- برآورد مقادیر هوای بیرونی

مقادیر هوای بیرونی می‌تواند بوسیله اندازه‌گیری مستقیم جریان هوا ارزیابی شود. اغلب نسبت مقادیر هوای بیرونی با استفاده از تکنیک‌هایی همچون بالانس حرارتی (دمایی) جرم<sup>۱</sup> یا اندازه‌گیری گاز CO<sub>2</sub> قابل برآورد است.

<sup>۱</sup> - Flow Hoods

تخمین مقدار هوای بیرونی با استفاده از اندازه‌گیری دما به بالانس حرارتی یا بالانس حرارتی جرم نسبت داده می‌شود.

### الف - بالانس حرارتی: روش اندازه‌گیری

استفاده از این تست نیاز به شرایط زیر دارد:

۱- جریان‌ها در هوای برگشتی، هوای بیرونی و هوای ترکیبی (هوای تأمین شده قبل از گرم یا سرد شدن) برای اندازه‌گیری به‌صورت جداگانه قابل دسترس باشند.

در برخی سیستم‌ها یک ترمومتر روی محفظه هوای ترکیبی وجود دارد و دما به‌طور پیوسته از روی تابلوی تجهیزات قابل خواندن است. برخی تابلوها دمای هوای تأمین شده، برگشتی، بیرونی و یا ترکیبی را نشان می‌دهند.

۲- حداقل چند درجه اختلاف دما، بین داخل ساختمان و هوای بیرونی وجود داشته باشد.

۳- فلوی کلی هوا در سیستم هواساز با استفاده از گزارشات تعادل گرمایی یا اندازه‌گیری با لوله پیتو در کانال می‌تواند برآورد شود.

به‌عنوان یک جایگزین، هوای تأمین شده در هر پخش‌کننده می‌تواند (برای مثال) با استفاده از هود اندازه‌گیری جریان برآورد شود و نتایج آن برای محاسبه فلوی کلی هوای سیستم به‌کار رود.

اندازه‌گیری دما با استفاده از یک ترمومتر ساده یا سنسور الکترونیکی انجام می‌شود. باید چند بار اندازه‌گیری در عرض هر جریان هوا انجام شده و میانگین آن در نظر گرفته شود. عموماً بدست آوردن یک قرائت خوب و صحیح در هوای بیرونی و جریان‌ها برگشتی آسان است. برای بدست آوردن میانگین دمای مناسب از جریان هوای ترکیبی، باید تعداد زیادی اندازه‌گیری از بالای نقطه‌ای که جریان هوا گرم یا سرد می‌شود، انجام شود. این کار ممکن است در برخی سیستم‌ها مشکل یا غیرممکن باشد. درصد یا مقدار هوای بیرونی با استفاده از اندازه‌گیری‌های دمایی قابل محاسبه است.

### ب - اندازه‌گیری دی‌اکسید کربن: روش اندازه‌گیری

قرائت  $CO_2$  می‌تواند در خروجی‌های تأمین هوا یا هواسازها برای تخمین درصد هوای بیرونی در جریان تأمین انجام گیرد. درصد یا مقدار هوای بیرونی با استفاده از اندازه‌گیری  $CO_2$  در این نقاط قابل محاسبه است.

<sup>1</sup> - Thermal Mass Balance

## – کاربرد نتایج:

نتایج محاسبه می‌تواند با مشخصات طراحی ساختمان، کدهای کاربردی (اجرائی) ساختمان یا پیشنهادات تهویه همچون ASHRAE 62.1-2007 مقایسه شوند.

## ب – غلظت آلاینده‌های هوا

### ۶ – ترکیبات آلی فرار (VOCs):

صدها مواد شیمیایی آلی (کربن‌دار) در حدود قابل شناسایی در هوای داخلی وجود دارد. هنگامی که مواد آلی یا مخلوط آنها از حد نرمال زمینه تجاوز کند، ترکیبات آلی فرار باعث ایجاد مشکلات IAQ می‌شوند.

### الف – روش اندازه‌گیری: مواد آلی فرار کلی (TVOCs)

دستگاه‌های قرائت مستقیم اندازه‌گیری انواع مختلف مواد آلی، قرائت کلی با حساسیت پائینی را ارائه می‌دهند که بر حسب ppm بیان می‌شوند و مجموع همه مواد را شناسایی می‌کنند. یک دتکتور یونیزاسیون نوری مثالی از دستگاه قرائت مستقیم است که به عنوان ابزار غربالگری برای اندازه‌گیری TVOCs به کار می‌رود.

آنالیز آزمایشگاهی لوله جاذب می‌تواند برآوردی از حلالهای کلی هوا را ارائه دهد. اگرچه روش‌های این گروه ترکیبات آلی فرار کلی (TVOCs) یا هیدروکربن‌های کلی (THC) را گزارش می‌کنند ولی حساسیت تکنیک‌های آزمایشگاهی برای انواع مختلف مواد آلی متفاوت است.

## – کاربرد نتایج:

اگرچه روش‌های مختلف اندازه‌گیری برای اهداف مختلف مفید هستند، اما نتایج آنها عموماً نباید باهم مقایسه گردند. وسایل قرائت مستقیم حساسیت کافی برای تمایز مخلوط‌های آلی مشکل‌ساز را ندارند. در هر صورت قرائت‌های آبی می‌توانند به تشخیص نقاط بحرانی، منابع و مسیرها کمک کنند.

TVOCs یا THC که با استفاده از لوله‌های جاذب شناسایی می‌شوند، قرائت‌های متوسط دقیق‌تری را ارائه می‌دهند، اما قادر به شناسایی پیک مواجهات نیستند. یک وسیله قرائت مستقیم می‌تواند پیک مواجهات را در صورتی که در طی زمان اندازه‌گیری رخ دهد، شناسایی کند.

## ب- روش اندازه‌گیری: ترکیبات آلی فرار اختصاصی (VOCs):

غلظت‌های بالای ترکیبات آلی فرار اختصاصی نیز می‌توانند باعث مشکلات IAQ شوند. VOCs اختصاصی می‌توانند در هوای داخلی با حساسیت متوسط (تا حد ppm) اندازه‌گیری شوند. نمونه‌های وسایل آزمایش با حساسیت متوسط شامل لوله‌های جاذب XAD-4 (برای نیکوتین)، لوله‌های ذغال فعال (برای حلالها) و لوله‌های کروموزورپ (برای حشره‌کش‌ها) می‌باشند. پس از مکش کافی حجم هوا به وسیله پمپ به درون لوله‌ها، برای استخراج و آنالیز با گاز کروماتوگرافی به آزمایشگاه فرستاده می‌شوند.

برای جمع‌آوری نمونه می‌توان از یک دوزیمتر پاسیو (کیسه زغال فعال) نیز استفاده کرد یا از یک گاز کروماتوگراف پرتابل در محل برای تزریق مستقیم از هوای ساختمان استفاده نمود.

این روش‌ها ممکن است برای شناسایی مقادیر کم (سطح ردیابی) مواد آلی موجود در ساختمان به اندازه کافی حساس نباشند. تکنیک‌های با حساسیت بالا (ppb)، اخیراً برای اندازه‌گیری مقادیر ناچیز مواد آلی - VOCs در هوا، در دسترس قرار گرفته‌اند. برای نمونه‌برداری می‌توان از تناکس و لوله‌های جاذب چندتایی، لوله‌های زغال فعال، کانیسترهای تخلیه شده و دیگر تکنولوژی‌ها استفاده نمود. آنالیزها به وسیله گاز کروماتوگرافی به دنبال اسپکتروسکوپی جرمی انجام می‌شود.

## - کاربرد نتایج:

راهنماهایی برای مواجهه عمومی بهداشتی (در مقابل مواجهه شغلی) برای VOCs در WHO، راهنماهای کیفیت هوای اروپا وجود دارد. این راهنماها اثرات غیرسرطان‌زایی یا سرطان‌زایی را مخاطب قرار می‌دهند. اندازه‌گیری مقادیر ناچیز مواد آلی، ممکن است وجود ده‌ها تا صدها VOCs را که مهم هستند و شناسایی آنها مشکل است را شناسایی کند. این کار برای مقایسه حدود آنها در ناحیه‌های شکایت با حدود آنها در هوای خارجی یا نواحی بدون شکایت مفید است.

## ۷- فرم‌آلدئید:

فرم‌آلدئید یک ماده آلی فرار است که به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. مقادیر کم این ماده در بیشتر محیط‌های داخلی وجود دارد. خارش چشم‌ها، بینی یا گلو ممکن است نشان‌دهنده افزایش غلظت این ماده باشد. نمونه برداری هنگامی که مواد جدید و نسبتاً مشکوکی وجود دارد، ممکن است مفید باشد.

## – روش اندازه‌گیری:

در انتخاب روش اندازه‌گیری حساسیت و زمان نمونه‌برداری بسیار مهم هستند. بسیاری از روش‌ها غلظت‌های زیر ۰/۱ ppm را شناسایی می‌کنند. اندازه‌گیری پیک‌های کوتاه مدت (زمان نمونه‌برداری حدود ۲ ساعت)، برای ارزیابی تحریک حاد ایده‌آل است.

دوزیمترها مواجهه طولانی مدت دقیقی را ثبت می‌کنند اما فاقد این پیک‌ها می‌باشند. دو روش معمول قابل قبول برای غربالگری IAQ، شامل ایمپنیجر و لوله‌های جاذب است.

## – کاربرد نتایج:

راهنماها و استانداردهای متعددی برای مواجهه با فرمالدئید وجود دارد. بسیاری از سازمان‌ها حد ۰/۱ ppm را به‌عنوان راهنمایی که حفاظت قابل قبولی را در برابر اثرات تحریکی در جمعیت انسانی نرمال فراهم می‌کند، قبول کرده‌اند. واکنش‌های حساسیتی زیاد ممکن است در حدود پائین‌تر مواجهه ایجاد شود. موارد شدیدتر در اثر تهویه کم، دمای حداکثر و بارگیری زیاد منابع ایجاد می‌شود.

## ۸ – آلاینده‌های بیولوژیکی:

سلامتی انسان می‌تواند به‌وسیله مواجهه با آلاینده‌های بیولوژیکی زنده و غیر زنده تحت تأثیر قرار گیرد. واژه "بیوآئروسول" شامل مواد هواپردی است که یا زنده هستند مثل کپک و باکتری و یا بخشی از ارگانیسم زنده (مانند قسمت‌های بدن حشرات) و مدفوع حیوانی هستند.

آزمایشات آلاینده‌های بیولوژیکی عموماً باید به موارد زیر محدود شود:

- در جایی که بررسی‌ها وجود آلاینده‌های بیولوژیکی را نشان دهد.
- مواردی که آلاینده‌ها یا شرایط فیزیکی دیگری که باعث علائم شود، وجود نداشته باشد.

## – روش اندازه‌گیری:

بازرسی شرایط بهداشتی ساختمان در طول نمونه‌برداری عموماً به این علت که نمونه‌برداری مستقیم می‌تواند نتایج گمراه‌کننده ایجاد کند، ترجیح داده می‌شود. هر نمونه‌برداری باید با مشاهدات شرایط بهداشتی همراه باشد تا تعیین کند که آیا مشکلات بهداشتی ایجاد شده به آلاینده‌های بیولوژیکی ارتباط دارند یا خیر.

هیچ تکنیک مشخصی که کارایی لازم را داشته باشد، برای نمونه برداری آلاینده‌های بیولوژیکی زیادی که در محیط‌های داخلی یافت می‌شوند، وجود ندارد. روش‌های اختصاصی گوناگونی برای بازیابی، شمارش و تعیین هر نوع از میکروارگانیسم‌ها از آب، سطوح و هوا به کار می‌رود. روش‌های اختصاصی دیگری برای موادی همچون مدفوع یا قسمت‌های حشره‌ای نیز وجود دارد. مطلوبیت این تکنیکها به کاربرد آنها به وسیله متخصصی که در درک کاملی از محل نمونه و ارگانیسم هدف دارد، بستگی دارد.

روش‌های متعددی برای جائیکه نمونه برداری هوا ترجیح داده می‌شود وجود دارد. معمول‌ترین نوع نمونه برداری از هوا استفاده از یک پمپ برای کشیدن هوا به محیط مغذی آگار که بعداً کشت داده می‌شود، می‌باشد (مانند ایمپکتور). هر کلونی باکتریایی یا قارچی که متعاقباً رشد کند، می‌تواند شمارش و شناسایی شود. برای کشت انواع مختلف ارگانیسم‌ها، از دماهای آگار و کشت‌های متفاوتی استفاده می‌شود. با این روش فقط ارگانیسم‌های زنده یا هاگ‌های موجود در هوا شمارش می‌شوند.

قراردادن بشقاب‌هایی<sup>۱</sup> که در هوای اتاق باز شده، سپس کشت داده می‌شوند، گاهی برای شناسایی بیوآئروسلهایی که در جاهای مختلف وجود دارند به کار می‌رود. اشکال این روش این است که مقدار بیوآئروسل‌های موجود را نشان نمی‌دهد و فقط بیوآئروسلهایی که به اندازه کافی سنگین هستند که روی آگار می‌نشینند، ثبت خواهند شد.

## – کاربرد نتایج:

مقادیر و انواع آئروسل‌ها به میزان زیادی در طول زمان در هر ساختمان تغییر می‌کند و باعث می‌شود تفسیر نتایج نمونه برداری مشکل شود. مقایسه تعداد نسبی و انواع آنها بین محیط داخلی و خارجی و بین نواحی شکایات و محل‌های زمینه، می‌تواند به ایجاد روند آلودگی کمک کند. اگرچه هیچ حد تحمل یا راهنماهای قطعی برقرار نشده است.

نتایج پائین بیوآئروسل به عنوان دلیلی برای عدم وجود مشکل تلقی نمی‌شود، زیرا:

- تکنیک‌های نمونه برداری و شناسایی ممکن است برای انواع بیوآئروسل‌های موجود مناسب نباشد.
- رشد بیولوژیکی ممکن است در طی زمان نمونه برداری غیرفعال شود.

<sup>1</sup> - Plates

- تکنیک آنالیز مورد استفاده ممکن است بیوآئروسول‌های غیرزنده (مانند مدفوع، قسمت‌های حیوانی) را که می‌تواند باعث واکنش‌های بهداشتی شود را آشکار نکند.

## ۹- گرد و غبار هوابرد:

ذرات و فیبرهای معلق در هوا عموماً بی‌ضرر هستند اما می‌توانند تحت برخی شرایط آزار دهنده شده یا باعث مشکلات بهداشتی جدی شوند.

## – روش اندازه‌گیری:

انواع گوناگونی از تکنیک‌های آنالیز و جمع‌آوری وجود دارد. گرد و غبار می‌تواند با استفاده از یک پمپ مکند از طریق یک فیلتر جمع‌آوری شود. سپس فیلتر وزن شده (تجزیه وزنی) یا با یک میکروسکوپ آزمایش شود. از قرائت‌های مستقیم گرد و غبار هوابرد نیز می‌توان استفاده کرد (دستگاه‌هایی که با دتکتور پراکنش نور مجهز شده‌اند). از نمونه‌بردار ذرات هوای داخلی با فلوی زیاد می‌توان برای اندازه‌گیری ذرات ۱۰ میکرون و کوچک‌تر که به آسانی تنفس می‌شوند استفاده کرد.

## – کاربرد نتایج:

معیارهای IAQ برای گرد و غبار هوابرد معمولاً از راهنماهای شغلی و محیطی کمتر است. انواع غیر معمول یا افزایش مقادیر ذرات یا فیبرها می‌تواند به شناسایی مشکلات بالقوه مواجهه کمک کند.

## ۱۰- محصولات حاصل از احتراق:

محصولات احتراق از طریق لوله‌های اگزوز وسایل نقلیه موتوری، دود تنباکو و سایر منابع آزاد می‌شوند و شامل گرد و غبار هوابرد (در قسمت قبل توضیح داده شده) همراه با گازهای زیان‌آور بالقوه همچون منواکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن می‌باشند.

## – روش اندازه‌گیری:

دستگاه‌های سنجش قرائت مستقیم، دتکتور تیوب‌ها و دوزیمترهای پسیو متداول‌ترین روش‌ها برای اندازه‌گیری منواکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن هستند.

## – کاربرد نتایج:

مقایسه با استانداردهای شغلی، فقط وجود خطر قریب‌الوقوع را آشکار می‌کند. هر قرائتی که بالاتر از غلظت بیرونی یا حدود قبلی ساختمان باشد ممکن است نشانه‌دهنده مخلوطی از محصولات احتراقی تحریک کننده بالقوه باشد. بخصوص اگر افراد حساس در معرض باشند.

## ۱۱ – سایر گازهای غیر آلی:

این گازها به‌طور معمول در مطالعات IAQ نمونه‌برداری نمی‌شوند و فقط بسته به شرایط بررسی می‌شوند. انواعی از گازها مانند آمونیاک، ازون و جیوه ممکن است در جایی که شرایط محیطی ایجاب کند، ارزیابی شوند.

## – روش اندازه‌گیری:

به مراجع EPA، NIOSH و ASTM، برای تکنیک‌های اختصاصی نمونه‌برداری باید رجوع شود. دتکتور تیوب‌ها یا ایمپنجرها در برخی موارد قابل کاربرد هستند.

## – کاربرد نتایج:

از آنجائیکه وجود این مواد به شرایط محیطی بستگی دارد، هیچ تعمیمی برای این گروه از مواد نمی‌تواند بکار رود.

## ۵ – ۳ – ۵ – روش‌های ارزیابی عملکرد سیستم HVAC

### ۱ – اندازه‌گیری سرعت جریان هوا:

اندازه‌گیری مستقیم سرعت جریان هوا می‌تواند برای ارزیابی عملکرد واقعی سیستم HVAC با توجه به مشخصات طراحی به‌کار رود. به عبارت دیگر برای تعیین اینکه آیا هوای تأمین شده توسط سیستم متناسب با مشخصات طراحی است یا نه، مفید است. اندازه‌گیری توسط بادسنج، آنومتر پره‌ای یا حرارتی انجام می‌شود.

برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا، اندازه‌گیری باید در جلوی پخش‌کننده یا خروجی (در سطح دهانه کانال) انجام شود و مقدار قرائت شده بر حسب فوت بر دقیقه (fpm) گزارش می‌شود. سپس با اندازه‌گیری طول و عرض دهانه، سطح مقطع بر حسب فوت مربع ( $ft^2$ ) به دست می‌آید. این اندازه‌گیری برای محاسبه میزان هوای تأمین شده برای پخش‌کننده توسط سیستم HVAC به‌کار می‌رود که با استفاده از رابطه زیر جریان هوای حجمی بر حسب cfm یا جریان هوای درون کانال به دست می‌آید:

$$Q = V \times A$$

میزان به دست آمده با مقادیر استاندارد ASHRAE در بخش ۴-۵ مقایسه می‌شود.

## ۲ - اندازه‌گیری دما:

از دماسنج برای تعیین دمای هوای بیرونی، تأمین شده و برگشتی استفاده می‌شود و به تعیین درصد هوای بیرونی (%OA) کشیده شده به درون سیستم کمک می‌کند. به این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\%OA = \frac{T_{RA} - T_{SA}}{T_{RA} - T_{OA}} \times 100 \text{ (Outside Air)}$$

که در این جا:

$T_{RA}$  = دمای هوای برگشتی  $^{\circ}f$  <sup>۱</sup>

$T_{OA}$  = دمای هوای بیرونی ورودی  $^{\circ}f$  <sup>۲</sup>

$T_{SA}$  = دمای هوای تأمین شده  $^{\circ}f$  <sup>۳</sup> برای منطقه مسکونی یا اشغال شده می‌باشد.

میزان به دست آمده با مقادیر استاندارد ASHRAE در بخش ۴-۵ مقایسه می‌شود.

## ۳ - استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده $CO_2$ :

روش دیگری برای تخمین درصد هوای بیرونی (%OA) با استفاده از سطوح اندازه‌گیری شده  $CO_2$  وجود دارد که با استفاده از رابطه ذیل به دست می‌آید:

$$\%OA = \frac{C_{RA} - C_{SA}}{C_{RA} - C_{OA}} \times 100$$

که در این جا؛

$C_{RA}$  = غلظت دی‌اکسید کربن در هوای برگشتی (ppm)

$C_{OA}$  = غلظت دی‌اکسید کربن در هوای بیرونی (ppm)

$C_{SA}$  = غلظت دی‌اکسید کربن در هوای تأمین شده برای منطقه اشغال شده (ppm) است.

این میزان برای کل حجم تأمین شده برای منطقه اشغال شده به کار می‌رود. سپس این میزان با مقادیر استاندارد ASHRAE در بخش ۴-۵ مقایسه می‌شود.

<sup>۱</sup> - Return Air

<sup>۲</sup> - Outside Air

<sup>۳</sup> - Supply Air

#### ۴- ارزیابی مقدار هوای ترکیبی:

عملکرد هوای ترکیبی برای اطمینان از کافی بودن میزان اکسیژن مورد نیاز و رقیق‌سازی آلاینده‌های هوای داخلی، در اندازه‌های قابل قبول و بهداشتی برای اغلب افراد آن مناطق می‌باشد. آلاینده‌های احتمالی شامل؛ دی‌اکسید کربن، گازهای مولد بو، گرد و غبارها، کپک‌ها و سایر ترکیبات هوابرد می‌باشند.

سطوح CO<sub>2</sub> در یک ناحیه، بسته به تعداد افراد ساکن در محل متغیر می‌باشد. در نتیجه طی یک نوبت یا روز کاری، سطوح CO<sub>2</sub> تمایل به افزایش خواهد داشت.

پس از اینکه کارگران یا کارکنان محل کار را ترک می‌کنند و منطقه خالی می‌شود، چنانچه سیستم HVAC انتقال هوای بیرونی به منطقه را ادامه دهد، طبعاً میزان CO<sub>2</sub> کاهش خواهد یافت. استفاده از گاز دی‌اکسید کربن به‌عنوان گاز شناساگر، امکان پیش‌بینی کارآیی این چرخه را برای بعضی از ارزیابی‌های ساده از جریان هوا در فضاهای مسکونی فراهم می‌آورد.

اساس این‌گونه آزمایش‌ها این است که حجم هوای بیرونی که به درون یک فضا کشیده شده است، غلظت گاز شناساگر (در این مورد گاز CO<sub>2</sub>) موجود را به مقداری که متناسب با حجم هوای بیرونی وارد شده است کاهش دهد.

روشی ساده برای تخمین حجم هوای بیرون در حال جریان به درون یک فضا شامل اندازه‌گیری‌های سطوح CO<sub>2</sub> هم در داخل و در خارج فضا است. سطوح اندازه‌گیری شده می‌تواند با استفاده از رابطه ذیل مقایسه شوند: در این‌جا:

$$Q_{OA} = \frac{13,000 \times X}{C_{in} + C_{out}}$$

Q<sub>OA</sub> = میزان جریان حجمی هوای بیرونی بر حسب cfm

C<sub>in</sub> = غلظت CO<sub>2</sub> در فضای درونی (ppm)

C<sub>out</sub> = غلظت CO<sub>2</sub> در فضای بیرونی (ppm)

X = تعداد افراد ساکن در محل است.

میزان به‌دست آمده با مقادیر استاندارد ASHRAE در بخش ۵-۴ مقایسه می‌شود.

## ۵ - ۴ - استانداردها و راهنماهای IAQ

### ۵ - ۴ - ۱ - آسایش حرارتی (دما، رطوبت)

آسایش حرارتی نشان‌دهنده وضعیتی است که (پس از انجام بررسی) اکثریت افراد (بیش از ۸۰٪) گزارش کنند که راحت هستند. تغییرات فصلی محیط بیرونی و لباس افراد، روی سطوح راحتی قابل درک، اثرگذار است. به این منظور از استاندارد زیر استفاده می‌شود:

استاندارد 2004 - ASHRAE 55:

این استاندارد، شرایط حرارتی محیطی برای ساکنین ساختمان می‌باشد. در این استاندارد مقادیر جدول زیر به‌عنوان مقادیر قابل قبول دمایی براساس لباس و میزان رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا و فاکتورهایی همچون لباس فصلی پیشنهاد می‌شود.

### محدوده‌های دما / رطوبت برای راحتی براساس استاندارد 2004 - ASHRAE 55

دمای عملیاتی قابل قبول		رطوبت نسبی	شرایط
°F	°C		
۷۶ - ۸۲	۲۴/۵ - ۲۸	٪۳۰	تابستان
۷۴ - ۷۸	۲۳ - ۲۵/۵	٪۶۰	(لباس سبک)
۶۹ - ۷۸	۲۰/۵ - ۲۵/۵	٪۳۰	زمستان
۶۸ - ۷۵	۲۰ - ۲۴	٪۶۰	(لباس گرم)

آسایش حرارتی همچنین به‌وسیله کوران هوا و اختلاف دمایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کوران هوا که به دلیل جابجایی زیاد هوا ایجاد می‌شود، می‌تواند به‌وسیله نگهداری سرعت جریان هوا زیر  $0.2 \text{ m/s}$  ( $40 \text{ fpm}$ ) و قرار دادن منبع تأمین هوا دور از ساکنین، به حداقل برسد.

جریان هوای محیط کار را طوری تنظیم کنید که اختلاف دمایی بین سر و پای افراد بیشتر از ۳ درجه

سانتیگراد نباشد (ASHRAE 55 - 2004).

## ۵-۴-۲- رطوبت/ تری (Humidity/Moisture)

میزان رطوبت نسبی زیر ۲۰٪ با افزایش ناراحتی و خشکی غشاء مخاطی و پوست افراد همراه است که می‌تواند باعث خشکی و التهاب و افزایش الکتریسیته ساکن شود. در شرایط دمایی خیلی سرد برای جلوگیری از میعان بخار موجود در هوا بر روی دیوارها و پنجره‌ها و یا اصطلاحاً شبنم زدگی، که خود یکی از عوامل رشد و افزایش کپک‌ها و قارچ‌هاست، سطح رطوبت هوا باید به زیر ۳۰٪ کاهش یابد.

جدول زیر، سطح عملی رطوبت نسبی را بر اساس دماهای پائین محیط بیرونی نشان می‌دهد<sup>۱</sup>.

رطوبت نسبی (%)	دمای بیرونی (°C)
۲۰	-۳۵
۳۰	>۰
حداکثر ۶۰	هر دمایی

## ۵-۴-۳- استاندارد ANSI/ASHRAE 62.1-2007

این استاندارد حداقل میزان تهویه و کیفیت هوای داخلی قابل قبول را برای ساکنین ساختمان برای به حداقل رساندن احتمال عوارض نامطلوب بهداشتی، پیشنهاد می‌کند. این استاندارد نسخه تکمیلی استاندارد 62.1-2004 با ۸ ضمیمه تأیید شده توسط ANSI و ASHRAE می‌باشد.

در این استاندارد ناحیه تنفسی (Breathing zone) همان ناحیه اشغالی (Occupied zone) است و عبارتست از ناحیه‌ای که در فضای اشغالی بین صفحات ۳ و ۷۲ اینچ (۷۵ و ۱۸۰۰ میلیمتر) بالای کف زمین و بیش از ۲ فوت (۶۰۰ میلیمتر) از دیوارها یا تجهیزات تهویه هوای ثابت قرار دارد.

## ۵-۴-۳-۱- تقسیم بندی هوا

فضاهای ساختمان به یکی از چهار دسته (۱-۴) دسته بندی می‌شوند. هرچه احتمال وجود آلاینده‌ها و بوها در یک فضا بیشتر باشد شماره تقسیم بندی بالاتر خواهد بود، مثل اتاق استراحت کلاس ۱، توالی خصوصی کلاس ۲، اتاق ذخیره لباسشویی کلاس ۳، اتاق ذخیره مواد شیمیایی کلاس ۴.

۱- راهنمای کیفیت هوای داخلی آیرتا- کانادا

کلاس ۱: هوا با غلظت آلاینده پائین، میزان تحریک پائین، و بدون بوی آزاردهنده.

کلاس ۲: هوا با غلظت آلاینده متوسط، میزان تحریک ملایم، و بوی آزاردهنده ملایم می‌باشد. همچنین شامل هوایی است که لزوماً زیان‌آور یا ممنوع نبوده اما برای انتقال یا به جریان‌اندازی مجدد در فضاهایی با مقاصد مختلف مناسب است.

کلاس ۳: هوا با غلظت آلاینده قابل توجه، میزان تحریک قابل توجه، و بوی آزاردهنده.

کلاس ۴: هوا با غلظت فیوم‌ها یا گازهای ممنوع بالا یا با پتانسیل ذرات خطرناک، بیوآئروسول‌ها یا گازها در غلظتهای زیان‌آور.

جدول ۱-۶- حداقل میزان تهویه در ناحیه تنفسی

کلاس هوا	میزان هوای بیرونی ورودی		فضای اشغالی (Cfm)	ناحیه اشغالی
	L/s person	Cfm/person	#/1000ft <sup>2</sup> (#/100m <sup>2</sup> )	
<b>اداری</b>				
۱	۸.۵	۱۷	۵	فضای اداره
۱	۳.۵	۷	۳۰	پذیرش
۱	۳	۶	۶۰	تلفنخانه/ ورود اطلاعات
۱	۵.۵	۱۱	۱۰	لابی اصلی ورودی
<b>آموزشی</b>				
۳	۸.۶	۱۷	۲.۵	اتاق مراقبت بیمار <sup>۱</sup>
۲	۸.۶	۱۷	۲۵	آزمایشگاههای علمی
۲	۸.۶	۱۷	۲۵	آزمایشگاه دانشگاه
<b>عمومی</b>				
۱	۵.۱	۱۰	۲۵	اتاقهای استراحت
۱	۵.۵	۱۱	۲۰	کافه تریا

<sup>۱</sup> -Daycare sickroom

هتل، متل، پناهگاه، خوابگاه				
۲	۸.۵	۱۷	۱۰	اتاق لباسشویی (مرکزی)
۱	۸.۵	۱۷	۱۰	اتاق لباسشویی در واحدهای مسکونی

جدول - حدود تماس مجاز آلاینده های موجود در هوای داخلی ساختمانها

توضیحات	حد مجاز تماس	نوع ماده
	۱۰۵۰ ppm	دی اکسید کربن
	۹ppm (8 h) ۳۵ppm (1h)	منواکسید کربن
	0.1 mg/m <sup>3</sup> (0.081 ppm) (30min) 27 ppb (8 h) 76 ppb (1-h)	فرمالدئید (HCHO)
میانگین تماس سه ماهه	1.5 µg/ m <sup>3</sup>	سرب
میانگین تماس یک ساله میانگین ۲۴ ساعته	100 µg/ m <sup>3</sup> (0.053 ppm ) 470 µg/ m <sup>3</sup>	دی اکسید نیتروژن
	0.14 ppm (24 h)	دی اکسید گوگرد
	100 µg/m <sup>3</sup> (50 ppb) (8 h)	اوزون
	35 µg/m <sup>3</sup> (24 h)	ذرات (PM2.5)
	150 µg/ m <sup>3</sup> (24 h)	ذرات (PM10)
میانگین تماس یک ساله	4 pCi/liter	رادون
	یک دهم حد تماس شغلی هر آلاینده	ترکیبات آلی فرار (VOCs)
	شواهد کافی مبنی بر اینکه اندازه گیری ترکیبات آلی فرار کلی که بتواند در پیش بینی اثرات و عوارض بهداشتی ناشی از IAQ کاربرد داشته باشد، وجود ندارد، بنابراین اندازه گیری آن توصیه نمی شود.	ترکیبات آلی فرار کلی (TVOCs)
	> 0.1 mg/m <sup>3</sup>	گردوغبار کلی

$$\text{ppm} \times \text{molecular weight}/24,450 = \text{mg/L}$$

$$\text{ppm} \times \text{molecular weight}/0.02445 = \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{ppm} \times \text{molecular weight}/24.45 = \text{mg}/\text{m}^3$$

$$\text{ppm} \times \text{molecular weight} \times 28.3/24,450 = \text{mg}/\text{ft}^3$$

## ۵-۵- مدیریت و اصلاح مشکلات IAQ

### ۵-۵-۱- دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)

#### - منبع:

این گاز به طور طبیعی در هوا وجود دارد. انسان‌ها نیز منبع تولید گاز دی‌اکسید کربن هستند. به عبارت دیگر هنگام تنفس اکسیژن را جذب و دی‌اکسید کربن را دفع می‌کنند. در جاهایی که تعداد زیادی از افراد در یک فضای با تهویه ضعیف مشغول به کار هستند، سطح آن در طول روز بالا می‌رود.

#### - عوارض بهداشتی:

CO<sub>2</sub> یک گاز سمی نیست بلکه یک نشانگر اولیه از چگونگی کارکرد صحیح سیستم تهویه است. برخی افراد ممکن است در غلظت‌های بالای ۱۰۰۰ ppm از این گاز (به علت جابجایی ضعیف هوا) دچار سردرد شوند که معمولاً این نوع سردرد پس از ترک ساختمان برطرف می‌شود.

#### - حدود مجاز:

حد توصیه شده CO<sub>2</sub>، حدود ۱۰۵۰ ppm یا حدود ۷۰۰ ppm بیشتر از هوای بیرونی است (ASHRAE 62.1, 2004). برای رسیدن به این حد در ادارات، هوای ورودی پیشنهادی ۵ فوت مکعب در دقیقه (cfm) به ازای هر نفر، به علاوه ۰/۰۶ cfm در فوت مربع است.

#### - شناسایی و ارزیابی مشکل:

غلظت نرمال CO<sub>2</sub> در هوای بیرون حدود ۳۵۰ ppm است. عموماً مردم هنگام انجام کارهای سبک ۰/۳ لیتر در دقیقه (L/min) دی‌اکسید کربن را از طریق بازدم بیرون می‌دهند و این بدین معنی است میزان CO<sub>2</sub> داخلی بیشتر از میزان بیرونی خواهد بود. میزان CO<sub>2</sub> در سراسر روز کاری افزایش می‌یابد و در اواخر بعدازظهر بخصوص در نواحی که تعداد افراد زیادی وجود دارد به بالاترین حد خود می‌رسد. شکایات درباره هوای به اصطلاح گرفته (کم اکسیژن) هنگامی که غلظت دی‌اکسید کربن بالای حد ۱۰۵۰ ppm می‌رسد، بیشتر می‌شود.

#### - راهکارهای کنترلی:

میزان CO<sub>2</sub> یک نشانگر عمومی از چگونگی کارکرد صحیح سیستم تهویه است. میزان حذف CO<sub>2</sub> از هوای داخلی به میزان هوایی که از محیط خارج وارد می‌شود و همچنین میزان هوای تازه ورودی به سیستم تهویه از

بیرون بستگی دارد. مقدار هوای بیرونی لازم براساس فضای قابل اشغال و اندازه (محل) اتاق یا فضا تعیین می‌شود. باید به‌خاطر داشت که میزان جریان هوای ایده‌آل برای انواع مختلف تسهیلات (تأسیسات) براساس سطح فعالیت تعیین می‌شود، چرا که فعالیت بیشتر، میزان بیشتری CO<sub>2</sub> تولید می‌کند.

- اطمینان پیدا کنید که سیستم HVAC به‌درستی براساس اندازه فضا، تعداد ساکنین، منابع گرمایی و مقدار و محل آزاد سازی آلاینده‌ها طراحی شده است.
- جذب هوای بیرونی را برای جبران تعداد افراد بیشتر و آلاینده‌های ایجاد شده از منابع دیگر، افزایش دهید.
- اطمینان حاصل کنید که دریچه‌ها و یا منافذ تأمین و جذب هوا مسدود نشده باشند.
- مطمئن شوید که هوای ورودی، هوای غیر آلوده و پاک می‌باشد.

## ۵-۲- منواکسید کربن (CO)

### - منبع:

CO یک گاز بی‌رنگ، بی‌بو و سمی است. این گاز از احتراق ناقص سوخت وسائل و تجهیزات گرمایشی یا پختنی ایجاد می‌شود. این گاز ممکن است از کانالهای خروجی گاز کوره‌ها، هیترهای آب‌گرم یا بویلرها نشتی پیدا کرده و وارد فضای کاری شود. همچنین در دود تنباکو و آگزوز وسائل نقلیه موتوری نیز وجود دارد.

### - عوارض بهداشتی:

منواکسید کربن در توانایی بدن در حمل اکسیژن تداخل ایجاد کرده، بنابراین می‌تواند جذب اکسیژن فرد را محدود کند. مواجهات کوتاه مدت زیر ۵۰ ppm معمولاً اثرات نامطلوبی در سلامتی افراد ایجاد نمی‌کند.

اثرات سمی این گاز به‌طور فزاینده‌ای برحسب افزایش غلظت و مدت مواجهه تشدید می‌شود. این اثرات شامل سردرد ملایم (۵۰ ppm و بالای آن) تا سردرد شدید (بالای ۲۰۰ ppm)، ضعف، سرگیجه، تهوع، غش (بالای ۴۰۰ ppm)، افزایش ضربان قلب، ضربان قلب نامنظم (بالای ۱۲۰۰ ppm)، از دست دادن هوشیاری و نهایتاً مرگ (بالای ۲۰۰۰ ppm) می‌باشد. این علائم معمولاً خیلی زود ایجاد می‌شوند. همچنین در غلظت‌های پائین‌تر اگر بار کاری سنگین باشد یا فرد مواجهه یافته بیماری قلبی داشته باشد، نیز علائم آن به سرعت بروز می‌کند.

برخی افراد مانند خانم‌های باردار، کسانی که مشکلات قلبی و عروقی دارند یا سیگاری‌ها ممکن است نسبت به CO موجود در هوا حساس‌تر از دیگران باشند.

## – حدود مجاز:

حدود CO باید ۹ ppm باشد (از حدودی که باعث اثرات بهداشتی می‌شود).

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

در نواحی که CO تولید می‌شود همچون کوره‌ها، اجاق‌های گازی و هیترهای گازی آبی؛ مانیتورهای نشانگر نصب کنید.

منابع CO خارج از ساختمان همچون وسائل نقلیه موتوری در سکوهای بارگیری، گاراژها و پارکینگ‌ها و فعالیت‌های صنعتی را شناسایی کنید. بررسی کنید که این منابع بالقوه چقدر به هوای ورودی و نقاط ورودی ساختمان نزدیک هستند.

## – راهکارهای کنترلی:

- دتکتورها یا مانیتورهای CO را برای اطمینان از عدم وجود CO چک کنید. مطمئن شوید در نواحی که احتمال تولید این گاز وجود دارد، سیستم‌های تهویه به‌خوبی کار کرده و نگهداری می‌شوند.
- اطمینان حاصل کنید که کلیهٔ وسائلی که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند به‌درستی نصب، استفاده و نگهداری می‌شوند. هرگز از تجهیزات پرتابل در ساختمان استفاده نکنید زیرا آنها به خوبی تهویه نمی‌شوند.
- مطمئن شوید که مسیرهای احتمالی ورود CO به ساختمان از گاراژهای پارک و سکوهای بارگیری مجاور بخوبی بسته شده و گاراژها برای کنترل غلظت CO بخوبی تهویه می‌شوند.
- در صورت امکان در نواحی اشغالی فشار هوا را مثبت نگهدارید.
- نواحی اطراف وسائلی که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند، از هر چیزی که بتواند جابجایی هوا را محدود کند پاکسازی کنید.

## ۵ – ۵ – ۳ – مواد منتشره از آگزوز وسایل نقلیهٔ موتوری

### – منبع:

اتومبیل‌ها، وسائل نقلیهٔ دیزلی، ژنراتورهای دیزلی و ... از آگزوز خود موادی را منتشر می‌کنند که شامل انواعی از آلاینده‌های هوا مثل منواکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن همچون دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، قطران زغال‌سنگ، هیدروکربن‌های پلی‌آروماتیک و غیره می‌باشد.

این مواد می‌توانند داخل پارکینگ ساختمان‌ها نیز ایجاد شوند یا ممکن است از طریق هوای ورودی که نزدیک این منابع است وارد ساختمان گردند. همچنین ممکن است منابعی که به‌طور غیر صحیح خارج می‌شوند نیز داخل ساختمان شوند.

### **- عوارض بهداشتی:**

مواجهه با مواد انتشار یافته از آگروز ممکن است باعث کوتاهی تنفس و التهاب چشم‌ها، بینی، گلو و دستگاه تنفسی شود.

### **- حدود مجاز:**

مواد شیمیایی عمده شامل منواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد می‌باشد. برای اطلاع از حدود تماس به بخش ۴-۵ مراجعه شود.

### **- شناسایی و ارزیابی مشکل:**

استشمام گاز آگروز موتورهای دیزلی بسیار متمایز است. احتمال آلودگی هوای داخلی توسط مواد منتشره از وسائل نقلیه و منابع احتراقی را بررسی کنید. مسیر منبعی را که ممکن است وارد ساختمان شود، نیز بررسی کنید.

### **- راهکارهای کنترلی:**

- مطمئن شوید که سیستم‌های تهویه به‌درستی کار می‌کنند و به‌خوبی نگهداری می‌شوند.
- مطمئن شوید که مسیرهای عبور گاز آگروز و وسائل نقلیه موتوری به نواحی مختلف ساختمان به‌درستی مسدود شده و پارکینگ‌های ساختمان به‌خوبی تهویه می‌شوند.
- مواد منتشره از آگروز و وسائل نقلیه را با خاموش کردن موتور آنها در نزدیکی ساختمان، کاهش دهید.
- مطمئن شوید که همهٔ وسائل را که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند به‌درستی نصب، استفاده و نگهداری می‌شوند.
- تجهیزات احتراقی، روزانه به‌وسیلهٔ یک شخص واجد شرایط بازرسی و سرویس شوند.

## ۵-۵-۴- ترکیبات آلی فرار (VOCs)

### - منبع:

مواد شیمیایی آلی فرار همچون الکل‌ها، اترها و فرآورده‌های نفتی می‌باشند. منابع بسیار مختلفی از VOCs شامل ترکیبات پاک‌کننده، رنگ‌ها، روکش‌ها، رنگ‌برها (حلال‌های رنگ)، تینرهای رنگ، چسب‌ها، بتونه‌کاری‌ها، فرش‌ها، دستگاه‌های فتوکپی، خوشبو کننده‌های هوا، رایحه‌ها، ضد عفونی کننده‌ها، حشره‌کش‌ها و دود تنباکو وجود دارد.

### - عوارض بهداشتی:

VOCs به‌طور ثابت در غلظت‌های بالا در هوای داخلی نسبت به هوای بیرونی (تا ۱۰ برابر بیشتر) وجود دارند. در سطوح پائین مواجهه، علائم شامل: خستگی، سردرد، خواب‌آلودگی، سرگیجه، ضعف، تاری دید، التهاب پوست و چشم و ناراحتی‌های عمومی می‌باشد.

با افزایش سطح مواجهه افراد بوهای نامطلوب استشمام می‌کنند، دچار التهاب دستگاه تنفسی، سفتی قفسه سینه، تهوع و توهّم می‌شوند. برخی افراد خیلی حساس ممکن است در غلظت‌های بسیار پائین نیز تحت تأثیر قرار گیرند.

### - حدود مجاز:

آلاینده‌های شیمیایی خاص را تا  $\frac{1}{10}$  حد تماس شغلی آنها نگه دارید.

### - شناسایی و ارزیابی مشکل:

موارد زیر را جهت ارزیابی احتمال آزادسازی VOCs بررسی کنید:

- وجود مصالح ساختمانی جدید، اثاثیه یا فرش‌ها.
- بازسازی‌های اخیر که شامل رنگ‌کاری‌ها، استفاده از چسب‌ها و سایر محصولات باشد.
- بازنگری MSDS مواد پاک‌کننده یا دیگر مواد مورد استفاده معمول.
- تهویه موضعی ناکافی در محل ذخیره مواد شیمیایی.
- احتمال آلودگی از سایر قسمت‌ها در ساختمان یا هوای بیرونی از طریق سیستم تهویه.
- اطلاعات تولید کننده درباره مواد منتشره از قالی‌ها، اثاثیه اداری و مصالح ساختمانی.

## – راهکارهای کنترلی:

- مواد با VOC پائین انتخاب کنید. هنگام خرید مواد جدید اطلاعات میزان محتوای VOC و مواد منتشره را از تأمین کننده یا فروشنده درخواست کنید.
- قبل از نصب مصالح ساختمانی جدید و اثاثیه اداری، برای تخلیه گازهایشان آنها را در محلی که به خوبی تهویه می‌شود، قرار دهید.
- هنگام نصب مواد جدید مانند انواع فرش‌ها یا موکت‌ها سعی کنید آنها را درست قبل از زمانی که ساختمان برای مدتی تعطیل می‌شود، نصب کنید و برای مدت حداقل دو هفته میزان تهویه را برای کمک به تخلیه مواد منتشره و بویا روی میزان حداکثر تنظیم نمایید.
- مواد شیمیایی همچون حلال‌ها، رنگ‌ها، مایعات پاک‌کننده و تینرهای رنگ را در یک اتاق ذخیره مجزا با یک فن جداگانه نگهداری کنید. مطمئن شوید که یک فن مجزا در اتاق‌های فتوگرافی و پرینت وجود دارد.
- کانتینرها را هنگامی که استفاده نمی‌شوند، بسته نگهدارید.

## ۵ – ۵ – ۵ فرمالدئید (HCHO)

### – منبع:

بسیاری از مصالح ساختمانی به‌خصوص مواد و لوازم جدید، منبع بالقوه فرمالدئید هستند. این مواد شامل فرش‌ها و اثاثیه که از ذرات به‌هم فشرده<sup>۱</sup> تشکیل شده‌اند، چسب‌ها و مواد چسبنده، همچنین انواع سیگارها و سایر محصولات تنباکو می‌باشند. خارج شدن آرام گازها از این مواد می‌تواند باعث افزایش سطح فرمالدئید در هوای داخلی شود. میزان بالا رفتن بستگی به منبع انتشار، میزان هوای ورودی به‌وسیله سیستم تهویه، رطوبت و دما دارد.

### – عوارض بهداشتی:

گاز فرمالدئید یک گاز تحریک کننده (محرک) و حساس کننده دستگاه تنفس می‌باشد. علائم مواجهه با این گاز عبارتند از: سوزش چشم‌ها، زخم بینی و گلو، خون‌ریزی بینی، سرفه، سردرد، تهوع، سرگیجه، عدم توانایی تنفس می‌باشد. برخی افراد حساس ممکن است در غلظت‌های پائین ۰/۰۱ ppm نیز این علائم را نشان دهند.

<sup>۱</sup> - Particle Board

– **حدود مجاز:** به بخش ۴-۵ مراجعه شود.

### – شناسایی و ارزیابی مشکل:

گرچه فرمالدئید بوی تندی دارد، ممکن است برخی افراد متوجه تماس با آن نشوند. زیرا آنها می‌توانند نسبت به بوی آن عادت کنند. بوی فرمالدئید یک علامت هشدار دهنده قابل اعتماد برای تماس نیست، زیرا حد آستانهٔ بو برای بسیاری افراد بیشتر از حد مجاز است. وجود تهویهٔ کافی جایی که منابع فرمالدئید وجود دارد برای کاهش غلظت آن لازم می‌باشد.

### – راهکارهای کنترلی:

- در صورت امکان محصولاتی با حدود انتشار پائین فرمالدئید انتخاب کنید.
- مصالح ساختمانی جدید در انبار را قبل نصب، هوادهی کنید.
- مقدار هوای تازه و جریان هوا را در قسمت‌هایی که ااثیه و فرش‌های جدید وجود دارد افزایش دهید.
- منابع بالقوه انتشار را با مایع یا پوششی همچون لعاب پلی‌اورتان مسدود کنید.
- هوای آلوده به فرمالدئید را دوباره به جریان نیندازید.

## ۵-۵-۶- گرد و غبار

### – منبع:

منابع عمومی گرد و غبار شامل افزودنی‌های دستگاه‌های رطوبت‌زنی، خانه‌داری ضعیف، جارو برقی‌های ناکار آمد، رسوب، زنگ، مصالح ساختمانی، هاگ‌های قارچی، دود، عایق‌کاری لوله‌ها و کانال‌ها، پرزهای قالی و موکت و فیبرهای کاغذ هستند. منابع خارجی شامل آلاینده‌های هواپرد، فعالیت‌های ساختمانی، فعالیت حمل‌ونقل، انتشارات صنعتی، مواد آزاد شده از آتش‌سوزی‌ها و حوادث می‌باشد.

### – عوارض بهداشتی:

خطر بهداشتی بالقوه ناشی از گرد و غبارهای خاص به سمیت و سایز ذره بستگی دارد. حدود خیلی زیاد ذرات غبار می‌تواند بر روی پوست، چشم‌ها و سیستم تنفسی اثر بگذارد. علائم شامل تحریک چشم‌ها، بینی، گلو و پوست، همچنین سردرد، عطسه و مشکلات تنفسی می‌باشد.

## – حدود مجاز:

راهنمای IAQ آلبرتای کانادا توصیه می‌کند که حدود گرد و غبار کلی زیر  $0.1 \text{ mg/m}^3$  نگه داشته شود. همچنین OELs خاص برای انواعی از گرد و غبارها وجود دارد. حدود IAQ باید زیر ۱۰ درصد OEL نگه داشته شود.

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

مواردی که ممکن است گرد و غبار در هوای داخلی وجود داشته باشد عبارتند از:

- مصالح ساختمانی در معرض هوای آزاد (بدون پوشش و روباز)، مانند سیمان، مواد عایق کاری و ...
- انجام فعالیت‌های بازسازی و اصلاحات در ساختمان.
- گرد و غبار در هوای ورودی.
- گرد و غبار و آشغال (Debris) در هواساز و دمپ‌های برگشتی.
- فیلترهای گرد و خاکی.
- رسوب گرد و غبار و یا بوهای اطراف دستگاه رطوبت‌زنی.
- افزایش گرد و غبار و کثیفی اطراف پخش کننده‌ها.
- استفاده از دستگاه رطوبت‌زن اولترا سونیک فردی.
- دود سیگار.
- حمل مواد گرد و غبار دار.
- دستگاه‌های کاغذ خردکن.

## – راهکارهای کنترلی:

- استفاده از فیلترهای مناسب برای سیستم تهویه هوا.
- ایجاد یک جدول زمان‌بندی و برنامه به شرح زیر:
  - بازرسی و تعویض فیلترهای هوا.
  - سیستم جریان هوای پاک.
  - پاکسازی نواحی که گرد و غبار وجود دارد (نشسته است).

- گردگیری سطوح با پارچهٔ نمناک یا گردگیر با پوشش پارچه‌ای. پارچه‌ها را مرتب تعویض نمائید.
- استفاده از تهویهٔ موضعی در مناطقی که گرد و غبار خیلی زیادی از بازسازی‌ها یا جابجایی مصالح ایجاد می‌شود.
- ایجاد فشار هوای منفی و تهویهٔ موضعی در اتاق‌های سیگار کشیدن.
- هوایی که شامل مقادیر زیادی گرد و غبار است را دوباره به جریان نیندازید.
- استفاده از جارو برقی‌هایی که برای استفاده از فیلترهای هپا طراحی شده‌اند و کارایی بالایی دارند. کیسه‌های جارو برقی را قبل از پر شدن تعویض کنید.
- استفاده از پادری‌های ورودی در همه ورودی‌های ساختمان. مقدار زیادی از گرد و خاک از طریق راهروها وارد می‌شود و استفاده از یک پادری برای پاک کردن کفش‌ها در این زمینه مفید است.

## ۵-۵-۷- آسایش حرارتی (دما و رطوبت)

### - منبع:

آسایش حرارتی به این معنی است که فرد از فضای محیط احساس راحتی کند. یعنی دما نه خیلی سرد باشد و نه خیلی گرم. این امر هنگامی حاصل می‌شود که دما، رطوبت و جریان هوا در محدودهٔ مشخص شده به‌عنوان ناحیهٔ راحتی باشد.

حتی در شرایط ایده‌آل دیوارهای سرد یا گرم، سقف یا کف می‌تواند باعث اختلاف دمای موضعی هوا (دمای هوای محلی) شود که ممکن است باعث ناراحتی شود. کورانهای ایجاد شده به‌وسیلهٔ حرکت زیاد هوا نیز ممکن است یک عامل از دست رفتن آسایش حرارتی باشد. تغییرات دائمی یا موقتی در نقشهٔ طبقات (Floor Plan) می‌تواند بر کارایی سیستم تهویه اثر بگذارد و فاکتورهای ناحیهٔ راحتی را بهم بزند.

عمدهٔ فاکتورهای مؤثر و مخرب در آسایش حرارتی، شامل ترموستات‌هایی هستند که درست تنظیم نشده‌اند و همچنین ترموستات‌هایی که درجهٔ آنها روی خیلی زیاد و یا خیلی کم تنظیم شده و متناسب با فضا نیستند. منابع گرمایی تشعشعی (سطوح خیلی گرم یا خیلی سرد) همچون پنجره‌ها، دیوارها و کف‌هایی که درست عایق‌بندی نشده‌اند، می‌توانند به علت ایجاد کوران هوا باعث ایجاد احساس ناراحتی در افراد گردند.

## – عوارض بهداشتی:

اتاق کاری که بسیار گرم است، ممکن است سریعاً باعث ایجاد سستی و یا خستگی در ساکنین آن گردد. اتاق کاری که بسیار سرد باشد نیز باعث ایجاد بی‌قراری و آشفتگی در ساکنین آن می‌گردد. حتی انحراف کم از ناحیه راحتی ممکن است برای افراد استرس‌زا بوده و روی عملکرد آنان تأثیر بگذارد.

افراد تحت استرس تحمل کمتری نسبت به شرایط نامساعد (ناخوشایند) دارند و بهره‌وری آنان در چنین محیطی کمتر می‌شود. سن، سطح فعالیت، شرایط بهداشتی و لباس افراد بسیار متغیر است و بنابراین سلیقه‌های فردی در این امر بسیار مؤثر می‌باشد.

## – حدود مجاز:

به‌طور ایده‌آل، دمای هوا در یک اداره باید در محدوده‌ای که بیشتر افراد احساس راحتی کنند نگه داشته شود. در واقع هدف، نگهداری دمای اداره به‌صورتی که حداقل ۸۰٪ ساکنین در آن دما احساس راحتی داشته باشند، می‌باشد.

فصل، رطوبت نسبی، لباس و سطح فعالیت ساکنین ساختمان می‌تواند در محدوده راحتی مؤثر باشد. در تابستان دمای  $30^{\circ}\text{C}$ – $23^{\circ}\text{C}$  برای راحتی توصیه می‌شود. در حالی که در زمستان، هنگامی که رطوبت نسبی به ۳۰٪ نزدیک است، دمای  $25^{\circ}\text{C}$ – $20^{\circ}\text{C}$  توصیه می‌شود (به بخش ۵-۴-۱ مراجعه شود).

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

در موارد زیر احتمالاً در آسایش حرارتی مشکل ایجاد شده است. این موارد عبارتند از:

- شکایت ساکنین درباره احساس کوران هوا یا بسیار گرم یا بسیار سرد بودن.
- در محل فن‌های پرتابل یا محل‌هایی که از هیترهای مخصوص گرم کردن فضای آزاد استفاده می‌شود. آنها را با توجه به پخش‌کننده‌ها و فضای پیرامون هیترها مشخص کنید.

- تراکم (جمع شدن) آب، یخ‌زدگی، شبنم یا رطوبت‌های دیگر روی پنجره‌ها وجود دارد.

## – راهکارهای کنترلی:

سعی کنید دمای محیط کار را طوری نگهدارید که حداقل ۸۰٪ ساکنین احساس رضایت داشته باشند. سایر عوامل زیر را نیز در نظر داشته باشید:

- کنترل کنید که ترموستات‌ها و سنسورهای حرارتی در سیستم HVAC به درستی کار می‌کنند.
- کنترل کنید که تنظیم دماها صحیح انجام شده باشد. یعنی زمان کافی برای گرم شدن یا خنک شدن فضای کار، قبل شروع به کار افراد در نظر گرفته شده است.
- از صفحات مسدود کننده، سیستم گرمایش موضعی و پنجره‌های عایق‌کاری شده برای کاهش آشفته‌گی دمایی تابش گرم یا سرد استفاده کنید.
- قبل از تغییر فضای اداره، اثر آن را بر روی محل پخش کننده و حجم جریان هوا در نظر بگیرید.
- قبل از تغییر تعداد ساکنین در اداره، اثر آن را بر روی عملکرد سیستم HVAC در نظر بگیرید.
- در صورت امکان حداقل یکی از پارامترهای دما، سرعت هوا یا جهت هوا را کنترل کنید.
- از پانل‌های جدا کننده ایستگاه کاری با ارتفاع ۱/۵ متر استفاده کنید، به طوری که هوا بتواند در سراسر ناحیه جریان یابد.
- سطوح گرم یا سرد همچون لوله‌های روباز را عایق‌کاری کنید.
- لباس مناسب برای شرایط اداری بپوشید.
- از افراد واجد شرایط مثل مهندسين تأسیسات ساختمان برای نگهداری سیستم HVAC استفاده کنید.

## ۵-۵-۸- رطوبت / نم

منظور از رطوبت، نم موجود در هوا است که بر حسب رطوبت نسبی (%RH) بیان می‌شود. رطوبت نسبی ۵۰٪ بدین معنی است که نم موجود در هوا ۵۰٪ حداکثر نم ممکن (۱۰۰٪) است که هوا می‌تواند در یک دما در خود نگه دارد. هوای گرم می‌تواند نم بیشتری نسبت به هوای سرد در خود نگه دارد. به همین علت است که آب روی شیشه‌های سرد، لوله‌های آب و پنجره‌های سرد جمع می‌شود.

## – عوارض بهداشتی:

هنگامی که رطوبت نسبی حدود ۵۰٪ است، کارکنان اداری مشکلات تنفسی کمتری (به‌خصوص در زمستان) دارند و عموماً احساس بهتری دارند. رطوبت بیشتر باعث می‌شود که اداره به اصطلاح خفه و بدون هوا احساس شود و مهمتر این‌که این شرایط می‌تواند در گسترش رشد قارچی و باکتریایی (به‌خصوص در ساختمانهای بسته) تأثیر

به‌سزایی داشته باشد. رطوبت بالای ۶۰٪ ممکن است باعث رشد کپک‌هایی شود که سلامتی افراد ساکن را به‌خطر اندازد.

رطوبت کمتر از ۲۰٪ با ایجاد خشکی غشاء مخاطی و جوش‌های قرمز پوستی، باعث ناراحتی افراد می‌گردد. شرایط خشک همچنین باعث ایجاد الکتریسیته ساکن روی تجهیزات اداری و کاربران آنها می‌شود.

**- حدود مجاز:** به بخش ۵-۴-۲ مراجعه شود.

### **- شناسایی و ارزیابی مشکل:**

دیوارها، سقف‌ها، آجرهای سقفی رنگ باخته، جمع شدن آب اطراف پنجره‌ها، لوله‌ها و داخل سطح دیوارهای بیرونی (خارجی)، مشکل درهایی که به‌خوبی بسته نمی‌شوند و رشد کپک‌ها ممکن است به علت رطوبت خیلی زیاد باشد.

گزارش‌هایی مبنی بر خشکی گلو، پوست خشک، خشکی و ترک لب‌ها، خشکی و خارش چشم‌ها، الکتریسیته ساکن هنگام راه رفتن روی فرش‌ها یا هنگام لمس سطوح فلزی مثل دستگیره درب‌ها ممکن است به این معنی باشد که رطوبت محل بسیار پائین است.

### **- راهکارهای کنترلی:**

- افزایش جریان هوا یا کاهش رطوبت نسبی برای حذف تراکم آب روی سطوح سرد. در طی ماه‌های سرد یا در زمستان ممکن است لازم باشد رطوبت نسبی به ۳۰-۲۰٪ کاهش یابد.
- سطوح سرد پنجره‌ها را با استفاده از پنجره‌های دو یا سه جداره حذف کنید.
- دستگاه‌های رطوبت‌زنی و رطوبت‌زدایی را به‌طور منظم تمیز و نگهداری کنید.
- تا حد امکان نشیمن‌ها را تعمیر کنید و ریزش‌ها را تمیز کنید. هرگونه مصالح ساختمانی نمدار (مرطوب) یا خیس را تمیز و خشک کنید.

### **۵-۵-۹- روشنایی**

اگر روشنایی اداره خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، می‌تواند بر درک IAQ فرد تأثیر گذارد. روشنایی داخلی ترکیبی از روشنایی بالای سر (موضعی)، روشنایی وظیفه (شغلی - پس‌زمینه) و نور طبیعی است.

### **- عوارض بهداشتی:**

اگرچه ثابت نشده است که کار اداری باعث مشکلات دائمی دید یا چشم می‌شود، بسیاری از کارکنان اداری خستگی چشم، سوزش در چشم‌ها، تاری دید، تحریک چشم یا خشکی آن، چشم‌های خشک و سردرد را گزارش کرده‌اند. روشنایی ضعیف می‌تواند به‌واسطهٔ پوسچرهای بد یا نامناسب هنگام سعی در خواندن تحت شرایط روشنایی ضعیف باعث خشکی گردن و درد در ناحیهٔ شانه‌ها شود.

توجه: عموماً افراد مسن‌تر به روشنایی بیشتری نسبت به جوان‌ترها برای همان وظایف نیاز دارند.

### – حدود مجاز:

نور مناسب به اولویت‌های بینایی و نوع کار بستگی دارد. کارهای عمومی در بیشتر ساختمانهای اداری نیازمند ۵۰۰ - ۳۰۰ لوکس روشنایی است. اما جدول زیر نشان می‌دهد که سطح روشنایی بسته به وظیفه ممکن است متغیر باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به راهنمای حدود تماس شغلی مراجعه شود.

### حدود روشنایی توصیه شده

نوع فعالیت	شدت روشنایی (Lux)
فضاهای عمومی با محوطه‌های تاریک	۳۰
تعیین موقعیت (جهت‌گیری) ساده برای بازدیدهای کوتاه	۵۰
فضاهای کاری که وظایف بینایی فقط گاه‌گاهی انجام می‌شوند	۱۰۰
انجام وظایف بینایی با کنتراست بالا یا مقیاس بزرگ	۳۰۰
انجام وظایف بینایی با کنتراست متوسط یا اندازهٔ کوچک	۵۰۰
انجام وظایف بینایی با کنتراست پائین یا اندازه‌های خیلی کوچک	۱۰۰۰
انجام وظایف بینایی نزدیک آستانهٔ توانایی فرد برای شناسایی یک تصویر	۳۰۰۰-۱۰.۰۰۰

(Adapted From IESNA Lighting Handbook)

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

شکایات ساکنین دربارهٔ سردرد، چشم‌های تحریک شده یا خشک می‌تواند نشانهٔ مشکل روشنایی باشد. ممکن است نیاز به اندازه‌گیری حدود روشنایی علاوه بر شناسایی منابع احتمالی خیرگی، سایه‌ها و روشنایی نامناسب مثل حدود کنتراست در درخشندگی باشد.

## – راهکارهای کنترلی:

- ترجیحاً موقعیت ایستگاه‌های کاری دور از پنجره باشد یا متناوباً موقعیت میز نسبت به پنجره یک طرف فرد باشد.
- میز کار را طوری قرار دهید که خیرگی به حداقل برسد. اگر تصویر انعکاس نور از روی میز کار دیده می‌شود، مشکل خیرگی وجود دارد.
- صفحات مانع جلوی پنجره‌ها یا پرده‌ها را برای کنترل روشنایی و خیرگی تنظیم کنید.
- از پوشش‌های بدون خیرگی و رنگ‌های خنثی (درخشندگی خیلی کم) روی دیوارها و اثاثیه استفاده کنید. رنگ و مقدار جلای یک سطح، میزان انعکاس نور را تعیین می‌کند.
- از تجهیزات روشنایی مناسب برای وظیفه و فضا استفاده کنید.
- برای افزایش حدود روشنایی هنگام نیاز، از روشنایی‌های وظیفه قابل تنظیم استفاده کنید.
- چراغ‌های فلورسنت را از جهت سوسو زدن (چشمک زدن) کنترل کنید. لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای را به‌طور منظم تعویض کنید و از تجهیزات به‌خوبی نگهداری کنید. تجهیزات قدیمی‌تر را با عوض کردن بالاست‌های الکتریکی جدید که حالت چشمک‌زدن کمتری دارند تعویض کنید.
- مطمئن شوید که انبارها، راهروها و راه‌پله‌ها به‌خوبی روشن باشند.
- از قرار دادن مانیتور کامپیوتر روبروی پنجره خودداری کنید.

۵-۵-۱۰- صدا

## – منبع:

سطح صدا در یک ساختمان اداری براساس موارد زیر متغیر است:

- ماهیت کاری که انجام می‌شود. مانند تماس‌های تلفنی مکرر.

- عملکرد و شرایط تجهیزات مانند دستگاه‌های فتوکپی، پرینترها و سیستم‌های تهویه.
  - مواد مورد استفاده در پوشش‌های کف و دیوار.
- همچنین صدای حاصل از منابع بیرونی یا ادارات مجاور، مشاغل و خیابان هم می‌تواند موضوع مهمی باشد.

### – عوارض بهداشتی:

عموماً صدای یک محیط اداری آنقدر بلند نیست تا باعث کاهش شنوایی گردد. ولی می‌تواند مختل کننده باشد و بهره‌وری را کاهش دهد و باعث استرس و ناراحتی شود. صداهای متناوب و سطوح متغیر صدا بیشتر از صدای پیوسته آزاردهنده و مزاحم هستند.

### – حدود مجاز:

راهنماهای محیط‌های اداری، محدوده پیشنهادی سطوح صدا را براساس نوع محل کار ارائه داده‌اند که شامل ادارات با اتاق‌های بزرگ و بدون پارتیشن (۴۵-۴۸ dBA)، نواحی اداری خصوصی و اتاق‌های کنفرانس (۴۵-۳۵) است. در جاهایی مانند مراکز تلفن، حد توصیه شده نباید از ۵۰ dBA تجاوز نماید. برای کسب اطلاعات بیشتر به کتاب حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا مراجعه کنید.

اهداف اصلی راهنماهای صدای اداری عبارت است از:

- جلوگیری از اختلال در ارتباطات شفاهی.
- جلوگیری از ناراحتی و استرس.
- به حداقل رساندن تداخل در تمرکز لازم برای کارهای ذهنی.

### – شناسایی و ارزیابی مشکل:

برای تعیین منابع صدا و راه‌حل‌های احتمالی، بررسی صدا را انجام دهید.

### – راهکارهای کنترلی:

- نویز سفید (زمینه‌ای) یا صدای شرطی<sup>۱</sup>، نویز زمینه‌ای ثابت است که می‌تواند در ادارات با نقشه‌ باز مفید باشد.
- سایر راه‌های مدیریت صدا شامل:
- انتخاب تجهیزات بدون صدا.

<sup>۱</sup> - Conditioning

- اطمینان از این که تجهیزات به خوبی نگهداری می‌شوند.
- تجهیزات پر سروصدا را از نواحی عمومی کار جدا کنید.
- از مواد جاذب صوت همچون فرش‌ها، پرده‌ها و صفحات اکوستیک استفاده کنید.
- افراد را به استفاده از اتاق‌های جلسات برای بحث کردن تشویق کنید.

## ۵-۵-۱۱ - کپک (قارچ)

### - منبع:

قارچ‌های میکروسکوپی در هر جایی که در داخل و چه در خارج ساختمان وجود دارند و روی گیاهان و جانوران زندگی می‌کنند. آنها برای رشد نیاز به رطوبت و غذا دارند. اگر رطوبت کافی وجود داشته باشد، کپک‌ها به راحتی می‌توانند بر روی مصالح ساختمانی همچون چوب و کاغذ، چرم، پارچه، عایق، رنگ، دوغاب، سیمان و گچ‌کاری رشد کنند.

منابع رطوبت داخلی شامل سیلاب‌ها، مجاری کمکی فاضلاب، نشی سقفاها، لوله‌کشی ساختمان، گیاهان داخل ساختمان، آب‌ماندگی در دیگ‌های تغلیظ سیستم HVAC، واحدهای رطوبت‌زنی و فیلترها، دستگاه‌های رطوبت‌زن پرتابل و حمام‌ها و آشپزخانه‌ها می‌باشد.

### - عوارض بهداشتی:

کپک‌ها اصلاً زیان‌آور نیستند. بسیاری از مردم که در تماس با کپک هستند (مشابه میزان کپک محیط بیرون) سالم هستند. افراد ممکن است دچار عوارض نامطلوب حاصل از تنفس هاگ‌ها بعد از این که ذرات کپک در هوا آزاد و پخش می‌شوند، گردند. این عوارض ممکن است شامل تحریک، سرفه، خستگی و علائم شبیه آنفولانزا یا آلرژی مثل آبریزش و خارش بینی، احتقان بینی و خس‌خس قفسه سینه (با صدا نفس کشیدن) باشد. افراد دارای آلرژی یا مشکل سیستم ایمنی، ممکن است بیشتر در معرض ریسک باشند. علائم پس از مدت کوتاهی، هنگامی که تماس با سطوح زمینه‌ای کاهش یافت، برطرف می‌شوند.

## – حدود مجاز:

هنگامی که ارزیابی‌ها نشان داد که غلظت‌های بیشتری از کپک‌ها نسبت به هوای بیرونی یا گونه‌های خاصی از آنها با غلظت بیشتر وجود دارد، این غلظت نشانه‌ای از رشد داخلی است. کپک‌ها برحسب واحد تشکیل کلونی<sup>۱</sup> (CFU) در متر مکعب هوا سنجیده می‌شوند. به‌طور کلی میزان آنها باید به‌شرح زیر باشد:

- $150 \text{ CFU} / \text{m}^3$  (برای سه گونه یا بیشتر از سه گونه از گونه‌های قارچی بیرونی)
- بیشتر از  $50 \text{ CFU} / \text{m}^3$  (فقط برای یک گونه به‌جز کلادوسپوریوم یا آلترناریا<sup>۲</sup>).
- تا  $500 \text{ CFU} / \text{m}^3$  (در تابستان اگر گونه‌ها اصولاً کلادوسپوریوم یا سایر قارچ‌های درخت/برگ باشد).

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

دو روش برای شناسایی وجود مشکل کپک وجود دارد:

- ۱ - بررسی چشمی یا بویایی رشد کپک مثل بوی کپک‌زدگی یا ایجاد لکه‌ها یا نم روی سقف، دیوارها و فرش‌ها. در برخی موارد بررسی حفره‌های دیوار یا محفظه‌های سقف ممکن است لازم باشد.
- ۲ - نمونه‌برداری: نمونه‌برداری کپک‌های هوابرد عموماً در شناسایی موارد کپک مؤثر نمی‌باشد. اما می‌تواند هنگام ارزیابی موارد کپکی که قبلاً شناسایی شده‌اند، مفید باشد. نمونه‌برداری به شناسایی گونه‌های کپک و مقادیر آنها کمک می‌کند. یک متخصص یا مشاور واجد شرایط باید نمونه‌برداری هوا را انجام دهد. به‌علاوه هر مورد بهداشتی گزارش شده در ارتباط با مشکلات و شکایات را بررسی و ثبت کنید.

## – راهکارهای کنترلی:

**الف - پاکسازی:** هرچه سریع‌تر کپک‌ها را پاک کنید. سطوح آلوده باید با محلول رقیق سفید کننده (۲۵۰ میلی‌لیتر سفید کننده در ۴ لیتر آب) تمیز شوند. بسته به میزان رشد کپک، یک متخصص واجد شرایط برای ارزیابی، پاکسازی و آلودگی زدایی لازم است. فقط کارگران آموزش دیده با تجهیزات مناسب، دستورالعمل‌های کنترلی و تجهیزات حفاظت فردی باید عمل پاکسازی کپک‌ها را انجام دهند (در جاهایی که احتمال خطرات بهداشتی ناشی از تماس وجود دارد).

دستورالعمل مخصوص پاکسازی در پیوست شماره ۷ ذکر شده است.

<sup>۱</sup> - Colony Forming Units

<sup>۲</sup> - Cladosporium or Alternaria

۴ مرحله اصلی پاکسازی عبارت است از:

۱ - آموزش صحیح کارگران مسئول پاکسازی و فراهم کردن تجهیزات حفاظت فردی برای آنها (مانند لباس و ماسک تنفسی).

۲ - پاک کردن یا برداشتن مواد و مصالح آلوده، انجام اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از پخش شدن هاگ‌ها و غبار به سایر قسمت‌ها و معدوم کردن صحیح آنها بر طبق راهنمای مربوطه.

۳ - در صورت لزوم آلودگی زدایی سیستم HVAC.

۴ - تعمیر و جایگزینی مصالح آسیب دیده مثل کاغذ دیواری‌ها، آجرهای سقفی، ستون‌ها و ...

نکته کلیدی برای جلوگیری از رشد داخلی کپک، کنترل رطوبت است. رطوبت نسبی را در زمستان در حد ۳۰-۲۰٪ نگهدارید و در بقیه طول سال این رطوبت از ۶۰٪ بیشتر نشود.

#### ب - حذف منابع رطوبت‌زا:

- آب راکد و کثیف در تشتک‌های تغلیظ، مخزن‌ها، واحدهای رطوبت‌زنی و فیلترها.
- فرش‌ها و اثاثیه خیس ناشی از نشتی‌ها، پاشش‌ها و آسیب‌های ناشی از هوای طوفانی.
- نواحی کپک‌زده یا نواحی که بوی کپک‌زدگی می‌دهند یا نواحی که رشد کپکی قابل دیدن دارند.
- تجمع آب روی پنجره‌ها و دیوارها که ناشی از رطوبت خیلی زیاد است و می‌تواند به واسطه جریان ضعیف هوا و یا دیوارهای سردتر اتفاق افتد.

#### ج - داخلی:

- تعمیر نشتی‌ها و چکه‌های لوله‌های آب، ترشح لوله‌ها (حالت تعریق).
- محدود کردن منابع رطوبت داخلی: رطوبت‌زدایی هوای داخلی.
- افزایش جابجایی هوا در نواحی با تهویه ضعیف.
- افزایش مقدار هوای تازه هنگامی که هوای بیرونی مرطوب نباشد.
- عایق کاری نواحی مرطوب یا جاهایی که کنداسیون اتفاق می‌افتد.
- گرم کردن سطوح سردی که ممکن است روی آنها کنداسیون رخ دهد
- تغییر یا شستشوی فیلترها و ضدعفونی یا پر کردن مجدد منابع آب به‌طور منظم.

## د - خارجی:

- نگهداری سقف و سیستم آبراهه/ ناودانی.
- دور کردن جریان آب حاصل از باران از پایه ساختمان به وسیله شیب دادن، زهکشی آجرها و یا خاک برداری.
- استفاده از تهویه مطبوع و بسته نگهداشتن ساختمان هنگام بالا بودن رطوبت هوای بیرونی.
- جلوگیری از نشئی اطراف در و پنجره‌ها، و درزگیری آنها.
- ضد آب کردن پایه‌های ساختمان.

## ۵ - ۵ - ۱۲ - آلرژن‌ها و میکروب‌ها

### - منبع:

آلرژن‌ها می‌توانند شامل طیف وسیعی از مواردی همچون ارگانسیم‌های میکروسکوپی زنده (باکتری‌ها، ویروس‌ها و پارازیت‌ها)، یا آلرژن‌های حشره‌ای و حیوانی (شامل مایت‌های [کرم‌های] گرد و غبار، سوسک‌ها، گربه‌ها، سگ‌ها و پرندگان) باشند. مایت‌های خاک جزء خانواده عنکبوتیان هستند. مایت‌ها در نواحی مرطوب و گرم (RH کمتر از ۶۰٪) با منبع کافی از غذا همچون فلس‌های پوست بدن انسان زندگی و رشد می‌کنند. شوره حیوانی، سلول‌های پوست شل شده (شوره سر) از حیواناتی مانند سگ و گربه است. افراد ممکن است شوره را از روی لباس‌هایشان به داخل محیط کار وارد کنند. فرش‌ها، منسوجات و فوم‌های محیط کار، منبع غذای مایت‌های خاک است.

رشد میکروبی همچون هاگ‌های قارچی، کپک‌ها و باکتری‌ها می‌تواند باعث بیماری و آلرژی دستگاه تنفسی شود. نواحی تر، به‌علت نشئی‌ها یا سرریز شدن فرش‌ها، آجرهای سقفی، دیوارها یا عایق کاری یا محل‌هایی با رطوبت بالا یا آب راکد، منابع احتمالی رشد میکروبی هستند. نواحی کثیف و خاکی شامل مدفوع حیوانی (موش یا کبوتر) نیز می‌تواند منبع بیماری دستگاه تنفسی باشد.

### - عوارض بهداشتی:

آلرژن‌های گوناگون می‌توانند باعث مشکلات تنفسی برای کسانی که نسبت به آنها حساس هستند شوند و نتیجه آن واکنش‌های آلرژیک و شبیه آسم می‌باشد. بسیاری از افراد نسبت به آلرژن‌ها بسیار حساس هستند و در سطوح تماس بسیار پائین علائم بهداشتی را نشان می‌دهند. ساکنین حساس ساختمان که آلرژن‌ها را استنشاق

می‌کنند ممکن است دچار حمله‌های آسمی، عطسه، آبریزش و خارش بینی، تورم، سرفه، صدای تنفس همراه با خس‌خس یا ترکیبی از این علائم شوند.

اگرچه این امر عمومی نیست ولی برخی میکروب‌ها همچون باکتری لژیونلا می‌توانند باعث بیماری شدید تنفسی مثل پنومونی یا تب شبیه آنفولانزا شوند. ویروس هانتا در مدفوع موش یا پسیتاکوز در مدفوع پرندگان نیز می‌تواند باعث بیماری شدید شود.

### – حدود مجاز:

عموماً راهنماهای مشخصی که یک حد قابل قبول از آلرژن‌ها را شرح دهد وجود ندارد و بهتر است تا حد امکان حدود آنها پائین نگه داشته شود. باید از وجود میکروب‌ها در محیط کار جلوگیری شود.

### – شناسایی و ارزیابی مشکل:

محیط کار را از نظر پاکیزگی و وجود شکاف‌هایی در دیوارها که حشرات می‌توانند داخل آنها شوند، کنترل کنید. کنترل کنید که آیا حشرات/ جوندگان/ پرندگان مرده‌ای یا مدفوع آنها قابل دیدن می‌باشد؟ اگر ساکنین ساختمان نسبت به گربه و سگ آلرژی دارند، آیا این حیوانات وارد محوطه ساختمان و یا متعلقات آن شده‌اند؟ اگر این حیوانات اخیراً در متعلقات ساختمان بوده‌اند، ممکن است هنوز آلرژن‌های نهفته در فرش‌ها و اثاثیه‌ها وجود داشته باشد.

در نظر داشته باشید که اغلب چه میزان علائم شبیه آلرژی گزارش می‌شود و نواحی احتمالی مسئله را مشخص کنید. مشخص کنید که آیا جارو برقی مورد استفاده برای تمیز کردن قسمت‌های مفروش به سیستم فیلتراسیون HEPA مجهز شده است. اگر نیست، ممکن است گرد و غبار و شوره را با هوای خروجی به محل برگرداند. برج‌های خنک‌کننده و تغلیظ‌کننده‌های تبخیری را از نظر تمیزی و کیفیت آب بررسی کنید. کنترل کنید که سیستم تصفیه آب به‌طور مؤثر کار می‌کند. اطمینان حاصل کنید که هیچ رطوبتی از سیستم‌های خنک‌کننده هوا به داخل ورودی‌های هوای تازه بر نگردد.

### – راهکارهای کنترلی:

- کلیه برنامه‌های خانه‌داری و نگهداری روزانه باید احتمال وجود آلرژن‌ها را در محیط کار کاهش دهد.

- از رشد میکروبی به وسیله برطرف کردن آب ماندگی، تمیز کردن آب ریزش‌ها و نشستی‌ها جلوگیری کنید و اطمینان حاصل کنید که نواحی مرطوب به سرعت تمیز می‌شوند.
- تمیز کردن و رفع سریع آلودگی میکروبی یا نواحی کپکی آلوده.
- عوض کردن یا تمیز کردن منظم فیلترها در سیستم گرم‌کننده یا خنک‌کننده بر اساس مشخصات سازنده که معمولاً بر حسب افت فشار بیان می‌شود. فیلترهای یک‌بار مصرف را به‌دقت در کیسه‌ها یا ظروف در بسته قرار دهید.
- مطمئن شوید که تصفیه آب در برج‌های خنک‌کننده و واحدهای تغلیظ به‌طور مؤثر عمل می‌کند و رشد میکروبی وجود ندارد. کیفیت آب را به‌طور منظم پایش کنید. مطمئن شوید که سیستم‌های آب به‌طور منظم برای جلوگیری از راکد ماندن آب، شستشو می‌شوند.
- از جارو برقی‌های مجهز به سیستم فیلتراسیون نوع HEPA استفاده کنید. کانال‌ها، تکه‌های غذا و سایر ضایعات را مرتباً تمیز کنید.
- مطمئن شوید که حشرات و حیوانات از نواحی ساختمان حذف شده‌اند. اگر مدفوع آنها قابل رویت است، از جارو کردن یا برس‌زنی خشک خودداری کنید. مکش را با استفاده از فیلترهای HEPA انجام دهید و مطمئن شوید که همه افراد مسئول تمیزکاری دستکش و ماسک پوشیده‌اند.

## ۵-۵-۱۳- بوها (رایحه‌ها)

### - منبع:

منابع شامل محصولات مراقبت فردی، عطرها، محصولات تمیز کننده، محصولات اداری، مصالح ساختمانی، محصولات غذایی، بوی بدن انسان و بوی منابع خارجی (آلودگی هوا، مواد منتشره از ساختمانهای مجاور) می‌باشند.

### - عوارض بهداشتی:

حساس بودن به بو از یک فرد به فرد دیگر متغیر است. بوها می‌توانند آزاردهنده بوده و باعث ناراحتی شوند. برخی علائم معمول شامل: سردرد، تهوع، از دست دادن اشتها و علائم دستگاه تنفسی فوقانی می‌باشد. افراد با سابقه آلرژی و آسم نسبت به بوهای خاص (حتی در مقادیر بسیار کم) می‌توانند دچار حمله شوند. شدت علائم در افراد مختلف متغیر است. برخی تحریک ملایم را گزارش می‌کنند در حالی که برخی دیگر دچار محدودیت توانایی (ناتوانی) می‌شوند و یا باید برای جلوگیری از تماس، بسیاری از فعالیت‌های معمول را ترک کنند.

## – حدود مجاز:

یک راهنمای عمومی برای استفاده این است که اعتراض کمتر از ۲۰٪ افراد نسبت به بوها قابل چشم‌پوشی است. بنابراین اگر بیش از ۲۰٪ افراد مورد بررسی دچار مشکل شوند، باید راهکاری برای آن در نظر گرفته شود.

## – شناسایی و ارزیابی مشکل:

یک بررسی از افراد برای ارزیابی میزانی از بوها و رایحه‌هایی که باعث مشکلات بهداشتی می‌شوند، انجام دهید.

## – راهکارهای کنترلی:

- استفاده از مواد پاک‌کننده بدون رایحه و تشویق عدم استفاده از خوشبو کننده‌ها در محیط کار.
- در نظر گرفتن اجرای یک برنامه آگاه‌سازی و کاهش استفاده از آنها در محیط کار.
- تشویق افراد به آماده کردن یا خوردن مواد غذایی در ناهارخوری یا کافه تریا.
- کاهش مواد منتشره از مصالح ساختمانی و محصولات پاک‌کننده.

## ۵ – ۵ – ۱۴ – دود تنباکو

– منبع: سیگار، پیپ، سیگار برگ.

## – عوارض بهداشتی:

دود تنباکو شامل طیف وسیعی از مواد از قبیل غبارهای سمی، منواکسید کربن و مواد آلی فرار (VOCs) است و به‌عنوان سرطان‌زا دسته‌بندی می‌شود. اثرات محیطی دود تنباکو (ETS) بر روی کارکنان ساختمان اداری شامل:

- اثرات کوتاه‌مدت مانند: آزار، ناراحتی، سرفه، عطسه، مشکلات تنفسی، تحریک گلو و چشم‌ها.
- اثرات بلندمدت مانند: افزایش ریسک سرطان ریه.

## – حدود مجاز:

توصیه می‌شود که هیچ حدی از دود تنباکو به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا در محیط کار وجود نداشته باشد و سعی کنید که آن‌را برطرف نموده یا حداقل میزان آن‌را تا حد ممکن پائین نگه دارید.

## – راهکارهای کنترلی:

کاربرد قانون منع استعمال دخانیات در اماکن عمومی و ادارات دولتی و خصوصی.

**- منبع:**

رادون یک گاز نامرئی، بی بو و رادیواکتیو است. این گاز به طور طبیعی در صخره، خاک و آب‌های زیرزمینی ایجاد می‌شود. این گاز می‌تواند از طریق شکاف یا ترک در پایه ساختمان یا به کندی از طریق دیوارهای زیر زمین وارد ساختمان شود. همچنین می‌تواند در قسمت‌هایی که جریان هوا ضعیف است مانند زیرزمین‌ها یا فضاهای تورفتگی در نواحی داخلی تجمع یابد.

**- عوارض بهداشتی:**

رادون به سایر فرآورده‌های رادیواکتیو که می‌تواند از طریق تنفس وارد ریه شوند شکسته می‌شود. این تماس می‌تواند باعث افزایش ریسک سرطان ریه شود. قسمت‌های کاری در زیرزمین‌ها یا جاهایی که روی پایه ساختمان و روی خاک قرار گرفته‌اند ممکن است محتوی گاز رادون باشند.

**- حدود مجاز:**

آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) و استاندارد ASHRAE 62.1-2007 توصیه می‌کنند که تراکم رادون درون ساختمان نباید از  $4 \text{ pCi/L}$  (پیکوکوری در لیتر هوای نمونه‌برداری شده) تجاوز نماید (میانگین تماس برای یک سال).

**- شناسایی و ارزیابی مشکل:**

میزان گاز رادون تا حد زیادی تحت تأثیر وجود اورانیوم در منطقه و خصوصیات خاک، شرایط فونداسیون ساختمان و میزان تهویه داخلی است. محیط‌های کاری در ساختمان که جریان هوای کافی دارند و بالای سطح زمین قرار گرفته‌اند، دارای سطح خیلی کمی از گاز رادون هستند.

**- راهکارهای کنترلی:**

- ۱- بستن مسیرهای ورودی اصلی در فونداسیون که اجازه ورود گاز رادون را می‌دهد. مثل پمپ‌های چاه باز، زهکش‌های کف، خاک روباز، خلل و فرج‌ها در سنگ‌های بتونی دیوارها.
- ۲- کاهش فشار هوای منفی در ساختمان به طوری که گاز از زیر زمین به داخل ساختمان کشیده نشود. یک سیستم HVAC کارا می‌تواند فشار مثبت را در ساختمان تأمین کند.

- سایر روش‌ها شامل:

- کاهش فشار فعال خاک که شامل بیرون کشیدن هوا از زیر فونداسیون، کاهش فشار در خاک اطراف و جلوگیری از ورود گاز به داخل خانه یا ساختمان (باید به وسیله تیم کارشناس انجام شود).
- کاهش مواد منتشره از زمین به داخل ساختمان به وسیله درزگیری و مهر و موم کردن شکاف‌ها و حفره‌ها در کف زیرزمین و دیوارها. رنگ‌کاری کف زیرزمین و سطوح دیوار با استفاده از رنگ‌های اپوکسی نیز می‌تواند نفوذ از شکاف‌ها را کم کند.
- افزایش تهویه در زیرزمین و سایر نقاط بسته.

## ۵ - ۶ - نگهداری سوابق

سوابق مربوط به ارزیابی کیفیت هوای داخلی باید براساس جدول زیر تا مدت زمان ذکر شده در مکانهای مشخص شده نگهداری شود.

مدت زمان نگهداری	مکان نگهداری	سوابق
۵ سال	واحد HSE	چک لیست‌های بازرسی IAQ فرم ارزیابی عملکرد سیستم HVAC سوابق بهسازی سیستم HVAC

- 1- Indoor Air quality toolkit :  
[http://.employment.alberta.ca/documents/WHS/WHS-PUB\\_gh015.pdf](http://.employment.alberta.ca/documents/WHS/WHS-PUB_gh015.pdf)
  - 2- [http://.employment.alberta.ca/documents/WHS/WHS-PUB\\_gh014.pdf](http://.employment.alberta.ca/documents/WHS/WHS-PUB_gh014.pdf)
  - 3- <http://www.cdc.gov/niosh/baqtoc.htm>
  - 4- <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/forms.pdf>
  - 5- <http://sspc621.ashraepcs.org>
  - 6- <http://www.workplacegroun.net/article-ASHRAE-Std-62-nt1.htm>
  - 7- <http://www.workplacegroun.net/article-ASHRAE-Std-62-nt2.htm>
  - 8- <http://www.ashrae.org>
  - 9- Indoor Air Quality guideline, august 2003 Technical services Branch, Alberta infrastructure.
  - 10- Indoor Air Quality: A guide for building owners, managers and occupants, workers compensation board of B.C , 2005 edition : [www.worksafebc.com](http://www.worksafebc.com)
- ۱۱- نیمز، دبرا. اصول بهداشت صنعتی، ترجمه: حسینعلی رنگ کوی و علیرضا کوهپایی، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، ۱۳۸۳.

## پیوست شماره ۱ - نمونه چک لیست بازرسی کیفیت هوا (IAQ)

محل بازرسی:

تاریخ بازرسی:

علت بازرسی:

تعداد افراد شاغل در محل:

توضیح	خیر	بلی	سوال
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا تعداد نفرات زیاد شده است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا هوا خفه (کم اکسیژن) است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا کوران هوا وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ناحیه غبارآلود و غیر بهداشتی است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا بوهای غیرمعمول (نامطلوب) استشمام می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا در محیط نشانه های آلودگی وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا لکه یا تغییر رنگی روی کاشی ها، سقف، دیوارها یا کفپوش ها (مانند قالی و موکت) وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا صداهای غیر معمول تجهیزات در محیط شنیده می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ساکنین علائم مربوطه را دارند و از وضع موجود شکایت دارند؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا در محیط از فن ها یا رطوبت زن های پرتابل استفاده می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا در محیط از هیترهای پرتابل استفاده می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا نواحی مهمی همچون محل ذخیره نادرست مصالح و یا مواد شیمیایی وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا اخیراً باز سازی هایی در ساختمان صورت گرفته است (نصب پارتیشن، اثاثیه جدید)؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا بازسازی خروجی هوا را مسدود کرده است؟ یا الگوهای جریان هوا را تغییر داده است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا تجهیزات جدیدی (مانند دستگاه های فتوکپی، پرینتر، رطوبت زنی، رطوبت زدایی، اثاثیه جدید) به محل اضافه شده است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا پاک کننده های مواد شیمیایی در محیط وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا منابع احتمالی از فرمالدئید وجود دارد (منابع چوبی)؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا تجهیزات اداری که نیازمند تهویه مخصوص باشد در محیط وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا از ساختمان برای کاربرد دیگری غیر آنچه طراحی شده است استفاده می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ساختمان نزدیک جاده یا خیابان پر ترافیک است؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ساختمان پارکینگ داخلی دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ساختمان سکوی بارگیری داخلی دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا ساختمان سیستم گرمایشی گازسوز دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا در ساختمان منابع احتراقی وجود دارد؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا از آفت کش ها / علف کش ها برای گیاهان داخلی استفاده می شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا در هر ناحیه شرایطی وجود دارد (مانند رطوبت، جمع شدن آب، نم یا نقصان آب) که باعث ایجاد یا افزایش رشد کپک ها شود؟
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	آیا علائم آشکاری از نشتی یا جمع شدن آب وجود دارد؟

سوال	بلی	خیر	توضیح
آیا کنترل‌های ساختمان به درستی کار می‌کند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا دما بسیار کم یا بسیار بالا است؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا رطوبت نسبی بسیار کم یا بسیار بالا است (میزان رطوبت با توجه به فصل)؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا ترموستات‌ها درست تنظیم شده‌اند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا ترموستات‌ها، پخش کننده‌ها، فن‌ها و دمپرها تمیز هستند و به درستی عمل می‌کنند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا محل هوای ورودی <sup>۱</sup> به محل هوای خروجی بسیار نزدیک است؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا هوای ورودی نزدیک منابع آلاینده قرار دارد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا محل هوای ورودی به منابع آلاینده منواکسید کربن نزدیک است؟ (مانند: خروجی هوای ساختمان، پارکینگ، سکوی بارگیری، خروجی بویلر، خروجی حمام)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا هوای ورودی از نظر کپک، آب ماندگی، انسداد بررسی شده است؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا دریچه‌های منبع هوا (vent) و دریچه‌های هوای خروجی کثیف هستند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا علایم گرد و غبار اطراف پخش کننده‌های سقفی یا شبکه هوای برگشتی وجود دارد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا حرکت هوا را اطراف دریچه‌های منبع هوا و هوای خروجی می‌توان احساس کرد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا دریچه‌ها به وسیله کاغذ، کتاب یا دیگر چیزها مسدود شده‌اند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا سیستم تهویه فیلتر دارد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا فیلترهای سیستم تهویه به طور منظم تعویض می‌شوند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا سیستم رطوبت‌زنی وجود دارد؟ و آیا دیگ‌های تغلیظ تمیز هستند؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا اثراتی از رشد کپک یا قارچ در سطوح ساختمان یا در سیستم تهویه وجود دارد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا خیرگی وجود دارد و مشکل‌ساز است؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
آیا ناحیه مورد بررسی با نقاط دیگر ساختمان تفاوت دارد؟	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

- علل احتمالی مشکل: .....

- اقدامات اصلاحی توصیه شده: .....

- آیا به بررسی بیشتر نیاز دارد؟  بلی  خیر

- آیا نیاز به اندازه‌گیری پارامترهای IAQ وجود دارد؟  بلی  خیر

نام بازرس: امضاء

<sup>1</sup> - Air Intake

## پیوست شماره ۲ - نمونه فرم شکایت ساکنین از کیفیت هوای داخلی

لطفا فرم زیر را پر کنید و آنرا به واحد HSE تحویل دهید:

نام و نام خانوادگی:	عنوان شغلی:
محل کار (ناحیه، قسمت، اتاق):	تلفن:
علایم بهداشتی گزارش شده (شرح ماهیت شکایت):	
زمان و تکرار علائم:	
علل احتمالی:	
آیا پس از ترک ساختمان علایم برطرف می‌شوند؟ <input type="checkbox"/> بلی <input type="checkbox"/> خیر	
اقدام توصیه شده (توسط پرسنل یا بررسی کننده ذکر شود):	

دریافت کننده:

تاریخ دریافت:

### پیوست شماره ۳ - نمونه پرسشنامه بررسی بهداشتی

نام و نام خانوادگی:	اداره/ عنوان شغلی:
تاریخ بررسی:	
محل کار / ناحیه ساختمان:	
<b>اطلاعات زمینه‌ای:</b>	
۱- سابقه کار در شغل فعلی ..... سال	
۲- بیشترین زمان کاری را در کجا سپری می‌کنید؟	
۳- آیا اخیراً هیچ تغییری در اداره رخ داده است (مانند؛ محل جدید، بازسازی، پاکسازی...)?	
<b>علائم و الگوها:</b>	
۱- کدامیک از علائم یا ناراحتی‌های زیر را تجربه کرده‌اید؟ مشخص کنید:	
<input type="checkbox"/> سردرد	<input type="checkbox"/> تاری دید
<input type="checkbox"/> تهوع	<input type="checkbox"/> احتقان سینوسها
<input type="checkbox"/> سرگیجه	<input type="checkbox"/> اشکال در تمرکز
<input type="checkbox"/> خستگی	<input type="checkbox"/> درد و ناراحتی در: ...
<input type="checkbox"/> تحریک چشم‌ها، بینی، گلو	<input type="checkbox"/> کمر
<input type="checkbox"/> مشکلات تنفسی	<input type="checkbox"/> گردن
<input type="checkbox"/> سرفه	<input type="checkbox"/> دست‌ها
<input type="checkbox"/> عطسه	<input type="checkbox"/> مچ
<input type="checkbox"/> خواب‌آلودگی	<input type="checkbox"/> شانه‌ها
<input type="checkbox"/> کوتاهی تنفس	<input type="checkbox"/> سایر .....
۲- آیا شرایطی دارید که علائم را بدتر می‌کند (مانند: آلرژی، اختلالات سیستم ایمنی یا بیماری مزمن قلبی یا تنفسی)? <input type="checkbox"/> بلی <input type="checkbox"/> خیر	
۳- آیا تاکنون به علت علائم فوق‌الذکر به دکتر مراجعه کرده‌اید؟ <input type="checkbox"/> بلی <input type="checkbox"/> خیر	
در صورت تمایل توضیح دهید	

۱- چه زمانی متوجه این علائم می‌شوید و اغلب چگونه رخ می‌دهند؟

۲- هنگامی که متوجه علائم می‌شوید، به‌طور متوسط چه مدت سرکار بوده‌اید؟

- کمتر از یک ساعت  
 ۲-۴ ساعت  
 بعد از چند روز
- بیشتر از ۴ ساعت  
 یک روز

۳- آیا تغییری در علائم یا الگوها ایجاد شده است؟  بلی  خیر  
اگر جواب بلی است، توضیح دهید:

۴- چه وقت علائم برطرف می‌شوند؟

- شب هنگام  
 بعد از یک هفته دوری از کار  
 بندرت / هرگز

توضیح دهید:

۵- آیا درد یا ناراحتی باعث شده است تا سرکار نروید؟  بلی  خیر

خیر

۶- آیا شما افراد دیگری را با علائم یا موارد مشابه می‌شناسید؟  بلی  خیر  
اگر جواب بلی است، توضیح دهید:

خیر

## علل احتمالی:

۱ - کدامیک از موارد زیر وجود دارد؟

- بوهای نامطلوب وجود دارد.
- هوا خفه به نظر می‌رسد.
- هوا خشک است.
- هوا گرد و غباری است.
- دچار شوک ناشی از الکتریسیته ساکن شده‌اید؟
- محل کار بسیار گرم است.
- محل کار بسیار سرد است.
- درجه حرارت از یک اتاق به اتاق دیگر تفاوت دارد.
- در محل کار کوران‌های هوا وجود دارد.

۲ - فکر می‌کنید کدامیک از موارد زیر باعث مشکلات در محل کار شما می‌شود؟

- جریان هوا
- رطوبت
- خشکی هوا
- تهویه مطبوع
- دما
- صدا
- روشنایی / خیرگی
- بوها
- آلاینده‌های هوا
- ماشین‌آلات یا تجهیزات
- دود سیگار
- شلوغی (جمعیت زیاد)
- جدا کننده‌ها یا پارتیشن‌های دیوار
- گرد و غبار و ذرات
- اسپری حشره‌کش‌ها
- اثاثیه / فرش جدید
- سایر
- نمی‌دانم

۳- آیا متوجه وقایعی شده‌اید که همزمان با بروز علائم شما باشد (آب و هوا، دما، رطوبت یا فعالیتی در ساختمان)؟

۴- آیا تغییری در محیط کار رخ داده است (مانند: وظایف، تجهیزات، محصولات)؟

## اطلاعات اضافی:

نظرات یا پیشنهادات خود را در مورد چگونگی بهبود کیفیت هوا در محل کار ذکر نمائید:

## پیوست شماره ۴ - چک لیست سیستم HVAC

شماره طبقه:

نام ساختمان:

تاریخ بازدید:

محل بررسی:

نام بررسی کننده:

### اتاق تاسیسات فنی مربوط به سیستم HVAC:

توضیحات	خیر	بلی	سوال
			آیا محوطه اتاق تمیز و خشک است؟
			آیا زباله یا مواد شیمیایی در آنجا نگهداری می شود؟
سایر مواردی که نیاز به توجه و توضیح دارند:			

### تجهیزات مکانیکی اصلی HVAC:

توضیحات	سوال	تجهیزات
	نوع سیستم کنترل چیست؟	سیستم کنترل
	عملکرد سیستم چگونه است؟	
	تاریخ آخرین کالیبراسیون سیستم کنترل؟	
	میزان Btu ورودی و شرایط آن چیست؟	دیگ بخار
	هوای مورد نیاز احتراق: آیا به ازای هر ۲۰۰۰ Btu، حداقل یک اینچ مربع فضای آزاد وجود دارد؟	
	آیا بوی ناشی از سوخت و احتراق وجود دارد؟	
	شرایط تمیزی از نظر وجود نشستی و سرریز و رشد جلبک و وجود لجن چگونه است؟	برج خنک کننده
	عملکرد eliminator چگونه است؟	
	آیا مواد آفت کش استفاده می شود؟	
	نوع ماده آفت کش چیست؟	
	آیا برنامه کاهش ریخت و پاش اجرا می شود؟	چیلر
	آیا پاکسازی کثیفی ها انجام می شود؟	
	آیا ماده مبرد نشت می کند؟	
	آیا شواهدی دال بر مشکلات میعان گاز وجود دارد؟ نام ببرید.	
	آیا پسماند ناشی از روغن و ماده مبرد به طرز مناسبی دفع می شوند؟	

واحد هواساز:

توضیحات	سوال	وضعیت	
	نام هواساز	مشخصات هواساز	
	ناحیه تحت پوشش		
	محل ورود هوای بیرون به هواساز		
	آیا در نزدیکی ورودی هوا به هواساز منبع آلودگی خاصی وجود دارد؟ توضیح دهید.		
	آیا مانع شبکه ای به منظور پیشگیری از ورود پرندگان در محل خود وجود دارد و مسدود نمی باشد؟		
	دبی کل طراحی برحسب CFM		
	دبی هوای بیرون برحسب CFM		
	آخرین باری که مقدار دبی های فوق اندازه گیری و متعادل شده اند		
	حداقل درصدی از هوای بیرون که دمپر براساس آن تنظیم می گردد		
	حداقل دبی هوای بیرون که تاکنون تنظیم شده است $\frac{(\text{total cfm} \times \text{minimum \% O.A.})}{100}$		
	شرایط فعلی دریچه تنظیم هوای بیرون (تاریخ، ساعت و حالت عملکرد سیستم HVAC)	ورودی هوای بیرون، محفظه مخلوط شدن هوا، دریچه کنترل جریان هوا	
	توالی کنترل دمپر توسط سیستم کنترلی		
	شرایط فعلی دمپرها و سیستم های کنترل		
	توالی کنترل هواکش		
	شرایط فعلی هواکش با ذکر تاریخ		
	هوای ورودی		دماهای تعیین شده توسط دستگاههای سنجش موجود
	هوای مخلوط		
	هوای برگشتی		
	هوای بیرون		
	هوای ورودی		دماهای واقعی اندازه گیری شده
	هوای مخلوط		
	هوای برگشتی		
	هوای بیرون		
		هواکش	

دمای سیال گرم حامل گرما در هنگام خروج از کویل گرمایش °C	کویل‌ها
اختلاف دمای سیال حامل گرما در ورودی و خروجی کویل گرمایش °C	
دمای ماده مبرد در هنگام خروج از کویل سرمایش °C	
اختلاف دمای ماده مبرد در ورودی و خروجی کویل سرمایش °C	
سیستم‌های کنترل کویل‌ها	رطوبت‌زن
شرایط فعلی کویل‌ها با ذکر تاریخ	
نوع سیستم نم‌زن	
در صورت استفاده از آفت‌کش در نم‌زنی، نوع ماده را نام ببرید	
شرایط نم‌زن (از دیدگاه سرریز شدن، تله تخلیه نشستی‌ها، قابل استفاده بودن تمامی نازل‌های تعبیه شده)	
آیا لجن، رشد قابل روئت جلبک یا رسوبات معدنی وجود دارد؟	

#### سیستم‌های توزیع هوا:

میزان تخلیه هوا از مکانهای خاص			هوای برگشتی		هوای ورودی		نوع سیستم توزیع هوا	ناحیه / اتاق
سرویس‌ها (مثل توالت)	کنترل موجود	CFM	CFM	کانال کشی / بدون کانال کشی	CFM	کانال کشی / بدون کانال کشی		

#### شرایط سیستم‌های توزیع هوا و تجهیزات پایانه سیستم (نواحی مشکل‌دار را ذکر کنید):

توضیحات	سوال
	آیا دسترسی مناسب به منظور تعمیر و نگهداری وجود دارد؟
	آیا کانالها و کویل‌ها تمیز و بدون انسداد هستند؟
	ورودی هوا

	برگشت هوا	آیا مسیرهای هوا باز هستند؟
	انتقال هوا	
	تخلیه هوا	
	هوای تکمیلی	
	محل های مسدود شده از جمله مسیر هوا و شبکه های توزیع را نام ببرید	
	آیا هرگونه مجرای غیر عمدی هوا در کانال ها وجود دارد؟	
	آیا کنترل ها به طور صحیح عمل می کنند؟	
	آیا حجم هوای توزیع شده صحیح است؟	
	آیا رشد میکروبی قابل رویت و یا بوی خاصی حس می گردد؟	

#### فیلترها:

محل	نوع / درجه بندی	اندازه	تاریخ آخرین تعویض	شرایط فیلتر

#### فضاهای مسکونی

انواع ترموستات های موجود:.....

روز/ساعت	دمای اندازه گیری شده	نقاط تنظیم شده		ترموستات چه دستگاهی را کنترل می کند؟	محل استقرار ترموستات	ناحیه/اتاق
		زمستان	تابستان			

انواع رطوبت‌سنج های موجود:.....

روز/ساعت	دمای اندازه گیری شده	نقاط تنظیم شده (رطوبت نسبی)	رطوبت‌سنج چه دستگاهی را کنترل می کند؟	محل استقرار رطوبت‌سنج	ناحیه/اتاق

علت یابی مشکلات فضاهای مسکونی:

توضیحات	سوال
	مشکلات بالقوه (با ذکر محل) :
	شرایط آسایش حرارتی یا چرخش هوا (از نظر وجود جریان‌های سریع هوا، انسداد جریان هوا، رکود هوا، ازدحام جمعیت، موقعیت نامناسب ترموستات):
	تجهیزاتی که عملکرد مناسبی ندارند:
	منابع اصلی آلاینده و بو( مثلا تسهیلات بهداشتی ضعیف، استفاده متناقض از فضاهای موجود ساختمان):

پیوست شماره ۵ - بوها و مشکلات عمومی

شکایات	مشکل	بو
سردرد، تهوع، سرگیجه، خستگی، تحریک	منواکسید کربن اکسیدهای نیتروژن (دیزل)	آگزوز خودرو، فیوم‌های دیزل
سردرد، خستگی، کمی هوا (خفگی هوا)	شلوغی، میزان تهویه پائین (افزایش سطح دی‌اکسید کربن)	بوی بدن
علائم آلرژی	مواد میکروبی، نواحی تر	بوی کپک زدگی
بو، علائم آلرژی، سرگیجه، سردرد	ترکیبات آلی فرار (VOCs)	بوی مواد شیمیایی
خشکی چشم‌ها، مشکلات تنفسی، تحریک بینی و گلو، تحریک پوست، سرفه، عطسه	ذرات، سیستم رطوبت‌زنی	سیمان تر، بوی گرد و غبار و گچ
بوی گندیدگی	سیفون‌ها (زانویی‌ها) درست کار نمی‌کنند (در حمام یا زیر زمین)	بوی گاز فاضلاب

## پیوست شماره ۶ - شکایات بهداشتی و علل احتمالی

علل احتمالی (تیک بزنید)	شکایات عمومی
<input type="checkbox"/> مشکل در نگهداری سیستم HVAC، مانند: انسداد خروجی‌ها، فیلترهای کثیف، نقص در فن <input type="checkbox"/> تغییرات در جریان هوا. به‌عنوان مثال در ساختمان جدید یا در طراحی HVAC <input type="checkbox"/> رطوبت نسبی (خیلی زیاد یا خیلی کم)	هوا خفه یا غبارآلود است
<input type="checkbox"/> عدم تنظیم درست کنترل‌ها، عدم عملکرد صحیح سیستم <input type="checkbox"/> نشستی‌های آب <input type="checkbox"/> رطوبت نسبی و یا دما (بسیار کم یا بسیار زیاد)	بسیار گرم/ سرد، یا خشک/ مرطوب
<input type="checkbox"/> واکنش حساسیتی یا آلرژی در اثر کپک، غبار، حشرات یا حیوانات مرده، پوسته یا شوره حیوانات، محصولات معطر (پاک‌کننده‌ها، عطرها)	خارش، سرفه، احتقان، آسم
<input type="checkbox"/> منواکسید کربن وارد سیستم شده (از طریق سکوی بارگیری یا پارکینگ) <input type="checkbox"/> منابع احتراقی (پروپان، گاز طبیعی یا روغن کوره، آتش‌سوزی)	سردرد، کاهش هوشیاری یا تهوع بعد از ماندن طولانی مدت در ساختمان
<input type="checkbox"/> بازسازی‌ها یا اضافه کردن (اثاثیه جدید، کف‌پوش‌ها، پوشش پنجره، تخته چندلا) که باعث تولید مواد شیمیایی فرار می‌شود. <input type="checkbox"/> سایر منابع مانند حلال‌ها، رنگ‌ها، چسب‌ها، محصولات پاک‌کننده <input type="checkbox"/> رطوبت نسبی بسیار پایین	تحریک چشم، بینی، گلو (آبریزش، سوزش یا خشکی)، خونریزی بینی، سردرد
<input type="checkbox"/> ممکن است دود سیگار وارد سیستم شده باشد <input type="checkbox"/> تمیزی فیلترها و عملکرد آن‌ها درست نباشد <input type="checkbox"/> رطوبت نسبی بسیار پایین	مشکلات چشم، بینی یا گلو، تحریک پوست، مشکلات تنفسی
<input type="checkbox"/> رشد کپک یا قارچ <input type="checkbox"/> نشستی آب	افزایش علائم آسمی یا شبه آنفولانزا
<input type="checkbox"/> عواملی که باعث اثرات طولانی مدت بر سیستم عصبی می‌شوند (حشره‌کش‌ها یا حلال‌ها) - اطلاعات بهداشتی MSDS مواد را چک کنید و دستورات سازنده را درباره میزان مصرف و ورود مجدد به دقت دنبال کنید.	سردرد، از دست دادن حافظه، رعشه
<input type="checkbox"/> میکروبهای خاص (قارچ، باکتری یا ویروس) که می‌تواند باعث عفونتهای تنفسی یا شبه آنفولانزا شود. - آب ماندگی و سایر نقاطی که قارچها یا باکتریها می‌توانند رشد کنند، مثل سیستم‌های رطوبت‌زنی یا منابع آب را چک کنید. - مدفوع پرندگان یا جوندگان	عفونت‌ها مثل بیماری لژیونرها، اسپرژیلوزیس، پستاکوز یا هانتا ویروس
<input type="checkbox"/> وجود کوران‌ها یا جریانات هوا در نواحی خاص <input type="checkbox"/> دیگر عوامل مثل بار کاری، ارتباطات، یا ارگونومی (نشستن، حرکات تکراری)	سردرد، خستگی، درد ماهیچه
<input type="checkbox"/> ناکافی بودن روشنایی (درخشندگی/خیرگی) <input type="checkbox"/> بالا بودن میزان صدا برای کارهای دفتری	خستگی چشم، سردرد، تمرکز ضعیف

## پیوست شماره ۷ - نحوه حذف کپک‌های قابل رویت از سطوح:

حتی هنگامی که رشد کپک به میزان حداقل تا متوسط است فقط افراد آموزش‌دیده باید فرآیند پاکسازی کپک‌ها را انجام دهند. اگر سطوح رشد آنها بزرگ تا خیلی زیاد (سریع) باشد باید این کار توسط یک متخصص انجام گیرد.

### راهنمایی برای حذف رشد کپک در نواحی داخلی

سطح پوشیده شده به وسیله کپک قابل رویت	معیارهای کنترلی برای جلوگیری از پخش شدن گرد و غبار یا هاگ‌ها	حداقل PPE توصیه شده (استفاده از PPE مورد تأیید NIOSH)
حداقل (سطوح تا $1 \text{ m}^2$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- پاک کردن موآد آلوده با حداقل پراکندگی گرد و غبار و هاگ‌ها.</li> <li>- قرار دادن موآد در کیسه‌های پلاستیکی و دربسته.</li> <li>- سطوح کوچک می‌توانند با محلول‌های سفیدکننده پاک‌سازی شوند.</li> </ul>	رسپیراتور نوع N-95، دستکش و محافظ چشم
متوسط (سطوح از $1-3 \text{ m}^2$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایزوله کردن ناحیه کاری، ممانعت از نزدیک شدن افراد به این نواحی.</li> <li>- پاک کردن سطوح آلوده با آب حاوی مواد پاک‌کننده.</li> <li>- زدودن یا پاک کردن در صورت لزوم.</li> <li>- اطمینان از برنامه‌ریزی و اجرای دستورالعمل‌ها و تسهیلات برای آلودگی زدایی و بهداشت فردی.</li> </ul>	رسپیراتور نوع N-95، دستکش و محافظ چشم
زیاد تا خیلی زیاد (سطوح بالای $3 \text{ m}^2$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- فقط از متخصص بهداشت و ایمنی آموزش دیده و افراد آموزش دیده در زمینه پاکسازی استفاده کنید.</li> <li>- ممکن است متخصصین لازم بدانند که نواحی را کاملاً ایزوله کرده و نواحی آلوده را برای محدود کردن انتشار گرد و غبار و هاگ‌ها تحت فشار منفی هوا قرار دهند.</li> <li>- وسایل آلودگی‌زدایی و بهداشت فردی نیز لازم است.</li> </ul>	رسپیراتور تمام صورت با کارتریج HEPA، دستکش، پوشش‌های حفاظتی یک‌بار مصرف که از سر تا روی کفش را می‌پوشاند.

فرم ثبت شکایات کیفیت هوای داخلی به شماره NPCHSE- 116-F001

نوع شکایت	تعداد افراد	زمان شکایت	تاریخ دریافت	تاریخ بررسی	محل مشکل	توصیف مشکل	منابع احتمالی	اقدام انجام شده

فرم ثبت نتایج اندازه‌گیری پارامترهای IAQ به شماره NPCHSE - 116-F002

پارامتر اندازه‌گیری	تاریخ	محل اندازه‌گیری	مقدار اندازه‌گیری شده	استاندارد