Buildings and Infrastructure Protection Series

Primer

to Design Safe School Projects in Case of Terrorist Attacks and School Shootings

FEMA-428/BIPS-07/January 2012
Edition 2

ایمن سازی مدارس در صورت احتمال حملات تروریستی و تیراندازی

پژوهشگاه علوم پزشکی بقیه ا... (عج)

پژوهشکده سیستم بیولوژی و مسمومیت ها

مرکز تحقیقات آسیب های شیمیایی

مترجمان

دکتر یزدان حسنی نوریان

دکتر محمدرضا باقرخانی

شهاب آتشی

دکتر حسن باقری

پریسا حسنی

فصل پنجم

تهدیدات شیمیایی، بیولوژیکی و رادیولوژیکی (CBR)

در این فصل:

این فصل دارای دو بخش می باشد که در قسمت اول اطلاعات کلی و اقدامات عملی برای پیشگیری، واکنش و به حداقل رساندن اثرات انتشار مواد سمی ارائه می‌شود. بخش دوم ویژگی‌های معماری، مکانیکی و الکتریکی را توصیف می‌کند که می‌توانند در ساخت‌وسازهای جدید یا مقاوم‌سازی ساختمان‌های مدرسه برای ایجاد حفاظت بهتر استفاده شوند (۱).

فهرست مطالب

۱ تهدیدات شیمیایی، بیولوژیکی و رادیولوژیکی ۱

۱,۱ مقدمه ۶

۱,۲ خطر مواجهه مدرسه با عوامل CBR ۷

۱,۲,۱ انواع عوامل تهدید کننده سمی ۸

۱,۲,۲ ماندگاری ۸

۱,۲,۳ ظروف یا نگه دارنده ۹

۱,۲,۴ چگونه یک حمله ممکن است آشکار شود ۹

۱,۲,۵ احتمال حمله ۱۰

۱,۲,۶ تشخیص خطرات ۱۰

۱,۲,۷ نشانه ۱۱

۱,۳ آسیب پذیری مدارس در برابر حمله عوامل سمی ۱۱

۱,۳,۱ آسیب پذیری در انتشارات داخلی ۱۲

۱,۳,۲ آسیب پذیری در برابر انتشارات ورودی هوا ۱۲

۱,۳,۳ آسیب پذیری در انتشار از راه دور ۱۲

۱,۳,۴ عوامل مرتبط با تهدید ۱۲

۱,۴ اقدامات حفاظتی که آسیب پذیری ها را کاهش می دهد ۱۳

۱,۴,۱ ایمن سازی ورودی های هوای تازه (هوا کش ها) ۱۴

۱,۴,۲ ایمن سازی اتاق های مکانیکی ۱۴

۱,۴,۳ نظارت تصویری و کنترل دسترسی ۱۵

۱,۵ اقدامات حفاظتی که پیامدها را کاهش می دهد ۱۶

۱,۵,۱ تخلیه ۱۶

۱,۵,۲ پناه گرفتن در محل ۱۷

۱,۵,۳ طرح هایی برای پناه دادن در محل ۱۹

۱,۵,۴ تمهیدات مورد نیاز برای یک سرپناه در محل شامل موارد زیر است: ۱۹
۱,۶ مثال هایی که واکنش های حفاظتی را نشان می دهند: ۲۰
۱,۷ توصیه های طراحی برای ساخت و ساز جدید یا مقاوم سازی ۲۲
۱,۷,۱ پیشرفت‌هایی برای پناهگاه در محل ۲۳
۱,۷,۱,۱ استفاده از اتاق های امن آماده ۲۳
۱,۷,۱,۲ توسعه سیستم اطلاع رسانی سریع ۲۶
۱,۷,۱,۳ عایق بندی یک اتاق یا یک ساختمان پناهگاه ۲۷
۱,۷,۱,۴ کنترل فن های تک سوئیچ و دمپرهای هوای بیرون ۲۷
۱,۷,۱,۵ عایقبندی موقت و سریع ساختمان یا پناهگاه ۲۹
۱,۷,۱,۶ واحدهای فیلتر چرخشی با فیلترهای کربن و HEPA ۳۱
۱,۷,۲ اقدامات ایمنی فیزیکی ۳۳
۱,۷,۲,۱ ایمن سازی ورودی های هوای تازه ۳۳
۱,۷,۲,۲ مناطق ایزوله ۳۴

فهرست اشکال

شکل ۱-۱. نمودار منطقه پناهگاه بدون تهویه، که شامل سرویس های بهداشتی و آبخوری ها، در یک مدرسه ابتدایی است ۲۰
شکل ۱-۲. راه اندازی یک اتاق امن ۲۴
شکل ۱-۳. تعدل کننده دستی برای هوابندی تهویه مطبوع در یک اتاق امن ۲۵
شکل ۱-۴. یک پنل کنترل پناهگاه در یک مدرسه با یک کلید خاموش کردن فن (کلید فشاری قرمز در مرکز پایین) و چراغ‌های نشانگر وضعیت دمپرها و فن‌ها ۲۹
شکل ۱-۵. مناطقی که باید به طور موقت در یک پناهگاه در مواقع اضطراری مهر و موم شوند. ۳۰
شکل ۱-۶. یک پوشش لولایی برای آب بندی دریچه تامین یک پناهگاه ۳۱

۱,۱ مقدمه

چالش های محافظت از یک مدرسه در برابر حملات تروریستی **CBR** با حادثه ای که در یک مدرسه ابتدایی در نزدیکی بالتیمور، **MD**، در صبح جمعه سپتامبر ۲۰۰۲ رخ داد، نشان داده شده است.

در طی یک کلاس همخوانی در کافه تریا مدرسه، ۳۲ کودک ناگهان با علائم سرگیجه، حالت تهوع و خستگی مسموم شدند. فرض بر این بود که یک گاز سمی نامحسوس در کافه تریا پخش شده است، به احتمال زیاد مونوکسید کربن، گاز بی بو و بی رنگی که هر سال حدود ۱۵۰۰۰ نفر را به اتاق های اورژانس در ایالات متحده می فرستد. مونوکسید کربن که به عنوان قاتل خاموش در هوای سرد شناخته می شود، معمولاً توسط سوخت ناقص در وسایل گرمایشی در ساختمان ها تولید می شود. اما این اولین هفته از پاییز بود، هنوز فصل نرسیده بود، بنابراین نمی توان گفت که مونوکسید کربن عامل مسمومیت می باشد.

شروع سریع علائم بدون هیچ گونه هشدار یا علت ظاهری، ترس و سردرگمی فوری ایجاد کرد که احتمالاً با تبلیغات مربوط به حملات تروریستی با اسپور باسیلوس آنتراسیس در سال گذشته افزایش یافته است. آیا این می تواند یک حمله تروریستی با سارین، عامل شیمیایی جنگی بدون بو و بی رنگ باشد، که در دو حمله مرگبار در ژاپن استفاده شد؟

ساختمان مدرسه تخلیه شد و کسانی که علائم داشتند به بیمارستان منتقل شده و تا بعد از ظهر مرخص شدند. تجزیه و تحلیل نمونه های هوا در ۲ روز آینده چیزی در مورد این گاز مرموز نشان نداد. با این حال، زمان‌شناسی وقایع صبح جمعه نشان می داد که احتمالاً مونوکسید کربن از طریق یک ورودی هوای سطح زمین وارد کافه تریا شده است، که می توانست به واسطه یک کامیون حمل زباله در حین جمع‌آوری زباله که مدتی در آن منطقه به شکل روشن و ساکن بوده است باشد. مدرسه ۳ روز بعد بازگشایی شد و حضور در آن به طور موقت حدود ۱۰ درصد کاهش یافت. بسیاری از معلمان در آن دوشنبه برای احتیاط پنجره های کلاس خود را باز گذاشتند.

این حادثه عدم قطعیت‌هایی را نشان می داد که هنگام بروز ناگهانی یک وضعیت اضطراری ناشی از مواد سمی در یک ساختمان مدرسه وجود دارد - خواه نتیجه حمله تروریستی، تصادفی، اقدام شرورانه یا بدخواهانه، فرآیند طبیعی یا محصول جانبی احتراق ناقص باشد. عناصر و شرایطی که برای ایجاد صدمات یا اختلالات ترکیب می شوند، در همه انواع انتشارات موجود در هوا صرف نظر از منبع، علت، انگیزه یا سطح سمیت مشترک هستند. در نتیجه، اقدامات حفاظتی برای یک حادثه مخرب نسبتاً جزئی مانند اقدامات برای یک حمله سمی عمدی با هدف ایجاد عواقب جدی می باشد.

این فصل دارای دو بخش است که در قسمت اول اطلاعات کلی و اقدامات عملی برای پیشگیری، واکنش و به حداقل رساندن اثرات انتشار سمی ارائه می‌شود. بخش دوم ویژگی‌های معماری، مکانیکی و الکتریکی را توصیف می‌کند که می‌توانند در ساخت و سازهای جدید یا مقاوم‌سازی ساختمان‌های مدرسه برای ایجاد حفاظت بهتر استفاده شوند.

۱,۲ خطر مواجهه مدرسه با عوامل CBR

بر اساس سابقه تاریخی، انتظار نمی رود که مدرسه ای در ایالات متحده هدف احتمالی برای یک حمله تروریستی سمی باشد. با این حال، اگر مدرسه ای در مجاورت تأسیسات دولتی یا ساختمان های مهم واقع شود، ممکن است در معرض اثرات جانبی حمله تروریستی، خرابکاری و یا حادثه در انبار های مواد شیمیایی صنعتی قرار گیرد.

چهار استراتژی برای محافظت از ساختمان‌ها و ساکنان آن در برابر حملات سمی موجود در هوا استفاده می‌شود: تصفیه هوا، پناهگاه بدون تهویه، امنیت فیزیکی و حفاظت فردی.

همانطور که در سری **FEMA 426) Building and Infrastructure Protection (BIPS) 06** سابق)، کتابچه راهنمای مرجع برای کاهش حملات تروریستی احتمالی علیه ساختمان ها (۲۰۱۱) توضیح داده شده است، چهار استراتژی برای محافظت از ساختمان ها و ساکنان آنها در برابر حملات سمی به واسطه هوا وجود دارد که شامل تصفیه هوا، پناهگاه بدون تصفیه هوا، امنیت فیزیکی و حفاظت فردی می باشد. به عنوان مثال حادثه مونوکسید کربن که در سال ۲۰۰۲ رخ داد را می شد با یک استراتژی امنیتی فیزیکی، به ویژه بالا بردن و ایمن کردن ورودی‌ها، پیشگیری کرد. راهبردهای تصفیه هوا و حفاظت فردی اثربخشی محدودی در برابر طیف کامل گازهای سمی، بخارات و ذرات معلق در هوا دارند. در واقع، سیستم‌های فیلتر هوا که بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۸ در حدود ۸۰ مدرسه در نزدیکی محل‌های ذخیره‌سازی عوامل جنگ شیمیایی تحت برنامه آمادگی اضطراری انبارهای شیمیایی (**CSEPP**) نصب شده بودند، اکنون با غیرنظامی شدن مکان‌های ذخیره‌سازی حذف شده‌اند. زیرا این سیستم ها نمی توانند برای محافظت در برابر حوادث صنعتی و سایر انتشارات شیمیایی مورد استفاده قرار گیرند (**DOD 2008**). علاوه بر این، جمعیت مدارس چالش‌های ویژه‌ای را ارائه می‌کنند که حفاظت فردی، یعنی استفاده از ماسک‌های تنفسی را به یک استراتژی غیرعملی تبدیل می‌کند.

ساختمان های مدارس معمولاً محیط های باز، وسیع و با نرخ تهویه نسبتاً بالا هستند. آنها ورودی های هوای مکانیکی زیادی دارند که اجازه می دهد تهویه هر اتاق به طور مستقل کنترل شود. حتی با وجود تهویه مکانیکی، ساختمان ها به طور طبیعی در برابر خطرات موجود در هوا را که از خارج از سلاختمان منشأ می گیرند، به دلیل نرخ محدود تبادل هوا بین داخل و خارج از ساختمان، حفاظت بالایی را نشان می دهند. با این حال، این حفاظت حتی در شرایط بهینه از سطح نسبتاً پایینی برخوردار است. در واقع نرخ تبادل هوا محدود در ساختمان مدرسه ها یک شمشیر دولبه است. اگرچه یک ساختمان حفاظت اندکی را در برابر خطرات فضای باز فراهم می کند، اما خطر انتشار داخل ساختمان را با غلظت های بالاتر و ماندگاری بیشتر نسبت به فضای باز بسیار شدیدتر می کند.

۱,۲,۱ انواع عوامل تهدید کننده سمی

تعداد مواد سمی که می توانند خطرات تنفسی به شکل ذرات معلق در هوا ایجاد کنند، بسیار زیاد می باشند که در این فصل فهرست نمی‌شود، همچنین تعداد این مواد به قدری زیاد بوده که با دقیق ترین آشکارساز ها نیز نمی توان آنها را در زمان مناسب تشخیص داد. آنها شامل محصولات جانبی احتراق مانند مونوکسید کربن، عوامل جنگ بیولوژیکی، میکروارگانیسم های طبیعی مانند لژیونلا[1]، محرک ها و ناتوان کننده ها مانند اسپری فلفل یا گاز اشک آور، مواد شیمیایی صنعتی سمی مانند کلر و آمونیاک، گرد و غبار رادیواکتیو، عوامل جنگ شیمیایی مانند سارین هستند. حتی گازهای طبیعی مانند دی اکسید کربن در غلظت های بالا نیز می توانند جزء این دسته قرار گیرند. این مواد سمی از نظر میزان سمیت و ماندگاری متفاوت بوده که هر چه سمیت بیشتر باشد، مقدار کمتری برای ایجاد آسیب لازم می باشد. هرچه ماندگاری بیشتر باشد، ماده سمی می تواند طولانی‌تر شرایط خطرناکی را در ساختمان یا محیط ایجاد کند. این مواد سمی همچنین از نظر فیلترپذیری و قابلیت تشخیص متفاوت هستند، به این معنی که هیچ استراتژی محافظتی واحدی در برابر همه مواد سمی موثر وجو ندارد.

ساختمان های مدارس معمولاً محیط های باز با اشغال بالا و نرخ تهویه نسبتاً بالا هستند.

۱,۲,۲ ماندگاری

زمانی که یک ماده سمی در یک ساختمان یا داخل ساختمان رها می شود، مدت زمانی که یک خطر باقی می ماند عمدتاً توسط فشار بخار مایع سمی، جامد یا گاز تعیین می شود. گازهای شیمیایی غیر پایدار بوده، و فشار بخار بالایی دارند و تمایل دارند در حالت گاز باقی بمانند و بیشتر آنها به مواد جذب نمی شوند (اگرچه گازهای اسیدی مانند کلر می توانند با فلزات در ساختمان واکنش دهند). اکثر گازها به سادگی با

1. Legionella

هوادهی ساختمان تصفیه می شوند. بخارات شیمیایی (که فشار بخار کمتری نسبت به گازها دارند) ماندگاری بیشتری دارند و در نتیجه ممکن است توسط مصالح دیوارها، کف، سقف و مجاری ساختمان جذب شوند. آئروسل های جامد (ذرات ریز)، از جمله عوامل بیولوژیکی و رادیولوژیکی، پایدارترین هستند. این موارد نیاز به اقدامات وقت گیر و اغلب پرهزینه برای حذف آنها یا آلودگی زدایی یک ساختمان در معرض دارند.

حمله ای که در آن یک ماده سمی در هوا منتشر می شود را می توان به عنوان یک حمله آهسته و مخفیانه توصیف کرد.

۱,۲,۳ ظروف یا نگه دارنده

تمام حملات سمی هوا با یک عامل سمی در یک ظرف شروع می شود. یک مشاهده ساده مبنایی برای اقدامات امنیتی فیزیکی مانند کنترل دسترسی و بازرسی ورودی بوده که بر حذف ظروف که ممکن است مواد سمی را از یک منطقه یا ساختمان در خود نگه دارند، تمرکز دارد. این ظرف یا نگهداره مواد سمی می تواند به عنوان مثال، یک کامیون تانکر یا واگن ریلی، یا ممکن است به کوچکی یک پاکت باشد. ممکن است یک سیلندر تحت فشار، یک نارنجک گاز اشک آور، یک قوطی کوچک اسپری فلفل یا یک شیشه مایع باشد. در حمله به واسطه عامل سیاه زخم در سال ۲۰۰۱، پاکت ها به عنوان عامل نگهداره استفاده شد و در پاسخ، اقدامات دفاعی بر شناسایی پاکت های مشکوک برای بازرسی و آزمایش متمرکز شدند. در حمله متروی توکیو، نگهدارنده کیسه های پلاستیکی ۲۰ اونسی بود که با نوک چتر سوراخ شده بودند. انتشار محتویات سمی از یک ظرف اغلب علائم هشدار دهنده ای را ارائه می دهد، به خصوص اگر تحت فشار باشد یا محتویات آن به طور انفجاری منتشر شود.

۱,۲,۴ چگونه یک حمله ممکن است آشکار شود

حمله ای که در آن یک ماده سمی در هوا منتشر می شود را می توان به عنوان یک حمله آهسته و مخفیانه توصیف کرد. در خارج از ساختمان، یک توده یا ابر بی صدا حرکت می کند، معمولاً با سرعت باد به زمین نزدیک می شود، و زمانی که باد سبک و ثابت باشد، بسیار خطرناک است. در داخل ساختمان عامل می تواند با سرعت حرکت هوا ناشی از فن های تهویه و فشار باد حرکت کرده و بین فضای باز خارج و داخل، با سرعت تبادل هوا بین دو محیط حرکت کند.

هنگامی که فرد در معرض مواد شیمیایی سمی قرار می گیرد، پاسخ های فیزیولوژیکی فرد می تواند سریع باشد اما آنی نیست. به این معنا که عوامل شیمیایی یک اثر فوری ایجاد می‌کنند، اما قبل از آسیب شدید، به مقدار مشخصی از قرار گرفتن در معرض نیاز دارند. بنابراین، جابجایی سریع قربانی به هوای پاک از شدت

آسیب می کاهد. پاسخ می تواند از فردی به فرد دیگر متفاوت باشد و می تواند در کودکان با سرعت بیشتری رخ دهد. در مقابل، پاسخ بدن به یک عامل بیولوژیکی یا رادیولوژیکی (آئروسل های جامد یا مایع) به طور معمول چند روز یا حتی هفته ها می تواند به تعویق افتد.

۱,۲,۵ احتمال حمله

بر اساس تعداد رخدادهای ثبت شده، حملات تروریستی سمی در مدارس بسیار نادر و بسیار بعید می باشند. این احتمال بسیار بیشتر است که قرار گرفتن در معرض سمی ناشی از یک تصادف، عمل شیطنت آمیز، تجهیزات **HVAC**[1] ضعیف یا پدیده طبیعی باشد. ماده شیمیایی سمی که در طول سالیان متمادی بیشترین مرگ و میر را به همراه داشته است، مونوکسید کربن بوده که سالانه عامل ۴۰۰ تا ۵۰۰ مرگ و میر در ایالات متحده می باشد. در مقابل، ۲۰ مورد مرگ ناشی از دو حمله تروریستی سمی (با سارین) در ژاپن و ۵ مورد مرگ ناشی از حملات تروریستی سمی (باسیلوس آنتراسیس) در ایالات متحده از سال ۲۰۰۱ بوده است.

۱,۲,۶ تشخیص خطرات

به دلیل تهدید دائمی و گسترده مونوکسید کربن، آشکارسازهای مونوکسید کربن کم هزینه، دقیق، قابل اعتماد و زمان واقعی[2] به صورت تجاری در دسترس هستند. با این حال، تهیه آشکارساز های زمان واقعی برای صدها گاز سمی، بخار و آئروسل که می‌توانند تهدید محسوب شوند، ارزان و دقیق نمی باشد. با این کمبود، حواس انسان عملی ترین ابزار را برای تشخیص مواد شیمیایی سمی فراهم می کند. بیشتر، اما نه همه، مواد شیمیایی سمی دارای خواص هشدار دهنده هستند. یعنی می توان آنها را از طریق بو، رنگ، سوزش چشم ها / مجاری تنفسی و در برخی موارد طعم آنها تشخیص داد. خواص هشداردهنده می تواند برای شروع اقدامات حفاظتی موثر باشد، زیرا برای مثال آستانه تشخیص یک ماده شیمیایی با بو، اغلب کمتر از آستانه اثرات مضر است. از خواص هشدار دهنده بیشتر از آشکارسازهای خودکار برای هشدار دادن به افراد در مورد خطرات شیمیایی استفاده شده است. به سربازان در هر دو جنگ جهانی آموزش داده شد که عوامل شیمیایی را از طریق بو تشخیص دهند. مدت‌هاست که مواد خوشبو کننده به همین منظور به گاز طبیعی اضافه شده‌اند. البته هیچ خاصیت هشداردهنده ای از این قبیل با عوامل بیولوژیکی یا رادیواکتیو مرتبط نیست، اما ممکن است نشانه های محسوسی برای نشان دادن انتشار یا حضور آنها وجود داشته باشد.

1. Heating, Ventilation, and Air-Conditioning
2. Real-time

۱,۲,۷ نشانه

صرف نظر از اینکه یک عامل سمی خاصیت هشدار دهنده داشته باشد یا نه، نشانه ها می توانند افراد را از وجود یک خطر آگاه کنند و برای شروع اقدامات حفاظتی مفید باشند. چنین نشانه های مشاهده ای شامل موارد زیر است:

- بیش از یک نفر در یک منطقه دارای علائمی مانند حالت تهوع، خفگی، غش کرده یا سایر علائم قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی سمی هستند.
- دود یا مه غیر طبیعی
- ریختن مواد ناشناخته در داخل یا نزدیک یک ساختمان
- صدای غیرعادی، مانند انتشار گاز تحت فشار در نزدیکی ساختمان
- انفجار در داخل یا نزدیک ساختمان
- دستگاه اسپری، سیلندر تحت فشار، پمپ و نازل باتری دار، ظرف مایع، گاز یا پودر در داخل یا نزدیک ساختمان باقی مانده است.
- بسته مشکوکی که بدون مراقبت در ساختمان یا نزدیک ورودی های هوا رها شده است
- فعالیت مشکوک در اطراف ورودی های هوای ساختمان یا دیگر منافذ دیوار

۱,۳ آسیب پذیری مدارس در برابر حمله عوامل سمی

ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان در برابر حملات عوامل سمی، فرآیندی است که احتمال اینکه چنین حمله تا چه میزان می توند منجر به تلفات، اختلال در عملیات یا رد موقت استفاده از ساختمان شود را تخمین می زند. تقریباً همه ساختمان‌ها در برابر حمله عوامل سمی آسیب‌پذیر هستند، زیرا تهویه در همه ساختمان‌ها ضروری بوده و معمولا به شکل کامل اعمال نمی شود. با این حال، آسیب پذیری به طور قابل توجهی بسته به نوع مواجهه متفاوت است. اگر دسترسی به ساختمان محدود شده نباشد، اکثر ساختمان‌ها در برابر انتشار داخل ساختمان آسیب‌پذیر هستند. تقریباً همه ساختمان‌ها در برابر انتشار در فضای باز آسیب‌پذیر می باشند، زیرا سیستم‌های معمولی فیلتر هوا در ساختمان‌ها قادر به فیلتر کردن گازها، بخارات یا آئروسل‌های اندازه میکرونی نیستند. بسیاری از ساختمان ها در برابر انتشار در ورودی هوای تازه (تهویه هوا) آسیب پذیر بوده زیرا ورودی ها معمولاً در سطح زمین یا نزدیک به آن هستند. در زیر معیارهای ساده ای برای تعیین آسیب پذیری یک ساختمان مدرسه برای انتشار در داخل، خارج و ورودی هوا آمده است.

۱,۳,۱ آسیب پذیری در انتشارات داخلی

- آسیب پذیری بالا: هیچ محدودیت دسترسی به ساختمان اعمال نمی شود و افراد می توانند بدون هیچ بازرسی وارد شوند.
- آسیب پذیری کم: محدودیت دسترسی به ساختمان وجود دارد، شامل ورودی های قفل شده که با دوربین های مدار بسته از دفتر اصلی، و امکان قفل از راه دور مورد نظارت و کنترل قرار دارند.
- کمترین آسیب پذیری: محدودیت دسترسی کاملی به ساختمان وجود دارد، شامل ورودی های قفل شده با یک نگهبان امنیتی مستقر در ورودی اصلی. نگهبان با نظارت تصویری سایر ورودی ها، راهروها، فضاهای داخلی مبهم مانند راه پله های محصور، و مناطق بیرونی که ورودی های هوا در آن قرار دارند (اگر در سطح زمین باشد) چک می کند. هنگامی که یک تهدید به شکل یک بسته مشکوک وجود دارد، رویه هایی برای بررسی و/یا باز کردن بسته قبل از تحویل آن به ساختمان مدرسه وجود دارد.

۱,۳,۲ آسیب پذیری در برابر انتشارات ورودی هوا

- آسیب پذیری بالا: ورودی های هوا در سطح زمین با دسترسی بدون محدودیت هستند.
- آسیب پذیری کم: تمام ورودی های هوا بر روی سقف ساختمان های یک طبقه نصب می شوند و دسترسی به سقف محدود است. ورودی‌های چاه‌های هوا توسط صفحه‌های شیب‌دار بر روی این چاه ها محافظت می‌شوند.
- کمترین آسیب پذیری: همه ورودی های هوا حداقل در طبقه دوم در ساختمان های بلند قرار دارند. اگر ورودی های هوا روی سقف نصب شده باشند، دسترسی به سقف محدود می شود.

۱,۳,۳ آسیب پذیری در انتشار از راه دور

- آسیب پذیری بالا: مدرسه قابلیتی برای ایجاد سرپناه در محل ندارد.
- آسیب پذیری پایین: همه عناصر پناهگاه در محل، از جمله طرح ها، رویه ها و آموزش، وجود داشته و اعمال می شوند.

۱,۳,۴ عوامل مرتبط با تهدید

عواملی که تهدید را افزایش می دهند، باید در بررسی های مربوط به ارزیابی خطر مربوط به محل احداث ساختمان مدرسه مورد بررسی قرار گیرند. از جمله موارد مربوط به ارزیابی خطر می توان به نزدیکی به مراکز تولید، ذخیره سازی یا حمل و نقل مواد شیمیایی یا خطوط ریلی است که مواد سمی به طور مکرر روی آنها حمل اشاره کرد. اطلاعات مربوط به وجود مواد خطرناک در جامعه را می توان از اداره آتش نشانی محلی و

واحد مواد خطرناک آن[1]، کمیته برنامه ریزی اضطراری محلی[2] و کمیسیون واکنش اضطراری ایالتی (**SERC**) به دست آورد. **LEPC** و **SERC** سازمان های محلی و ایالتی هستند که تحت برنامه آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده تأسیس شده اند. آنها امکانات بحرانی و مناطق آسیب پذیر را شناسایی کرده و برنامه های مدیریت اضطراری را ایجاد می کنند. اکثر واحدهای **HazMat** می‌دانند که چه کسی، مواد سمی که می‌تواند برای جامعه خطرآفرین باشند را کنترل می‌کند.

اقدامات حفاظتی معمولاً برای کاهش آسیب پذیری ها یا پیامدهای بالقوه قرار گرفتن در معرض عوامل CBR در نظر گرفته شده است.

معیارهای آسیب‌پذیری در برابر انتشار از راه دور به سیستم‌های تصفیه هوا با راندمان بالا که ساختمان را تحت فشار قرار می‌دهند، نمی‌پردازد. چنین سیستم‌هایی برای چند ساختمان نظامی و دولتی در معرض خطر بالا اعمال شده‌اند، اما معمولاً در ساختمان‌های مدرسه استفاده نمی‌شوند، به استثنای سیستم‌های تصفیه آماده به کار که در تعدادی از ساختمان‌های مدارس تحت **CSEPP** نصب شده‌اند.

۱,۴ اقدامات حفاظتی که آسیب پذیری ها را کاهش می دهد

اقدامات حفاظتی معمولاً برای کاهش آسیب‌پذیری‌ها یا پیامدهای بالقوه قرار گرفتن در معرض عوامل **CBR** در نظر گرفته شده است. اقدامات حفاظتی که با هدف کاهش پیامدهای احتمالی انجام می شود، بخشی از پاسخ به انتشار مواد سمی را تشکیل می دهند، در حالی که اقدامات حفاظتی که آسیب پذیری ها را کاهش می دهند، هدفشان جلوگیری از انتشار عمدی در داخل یا نزدیک ساختمان مدرسه است. جلوگیری از انتشار عمدی مواد سمی در داخل ساختمان مدرسه نیازمند اقدامات امنیتی فیزیکی است که دسترسی به ساختمان ها را محدود می کند و در نتیجه مهاجمان بالقوه را شناسایی و منع می کند. اقدامات حفاظتی را می توان نه تنها برای ساختمان، بلکه همچنین محیط اطراف آن، با ایمن سازی محیط تاسیسات اعمال کرد. تدابیر امنیتی فیزیکی برای مدارس بر ظروف حاوی مواد سمی و ورودی ساختمان و ورودی‌های هوای تازه که امکان ورود دارند، تمرکز دارد.

1. HazMat
2. LEPC

۱,۴,۱ ایمن سازی ورودی های هوای تازه (هوا کش ها)

افزایش ورودی های هوای تازه یک ساختمان ابزاری موثر برای کاهش آسیب پذیری آن در برابر حمله **CBR** است. با این حال، انجام این کار می تواند به ویژه در مقاوم سازی یک ساختمان که ساخته شده است، بسیار پرهزینه باشد. این کار که به راحتی در ساخت و سازهای جدید اعمال می شود، دو مزیت دارد:

- امنیت غیرفعال در برابر اعمال مخرب یا شرورانه را فراهم می کند، و ورود یک ماده خطرناک به طور مستقیم از یک ظرف به سیستم تهویه مکانیکی ساختمان را دشوار می کند.
- در صورتی که ماده سمی در سطح زمین در نزدیکی ساختمان رها شود، احتمال کمتری وجود دارد که غلظت بالای مواد خطرناک وارد فضای ساختمان شود. یک مشکل رایج در ورودی‌های سطح زمین در نزدیکی خیابان‌ها یا محل‌های پارکینگ این است که دود اگزوز می‌تواند تحت شرایط خاصی به داخل ساختمان کشیده شود. با بالا بردن ورودی‌ها، مقدار ماده سمی که می‌تواند وارد ساختمان شود کاهش می‌یابد زیرا رقیق شدن سموم هوا با فاصله از منبع افزایش می‌یابد. آلاینده‌های سنگین‌تر از هوا نیز در شرایط هوایی آرام نزدیک به زمین باقی می‌مانند.

بالا بردن هواکش ها با توجه به اینکه ممکن است رهاسازی از فاصله دور از ساختمان صورت پذیرد، معمولا کم اثر می باشد. هنگامی که ورودی‌های هوا بالا می‌روند یا روی سقف قرار می‌گیرند، نسبت ابعاد ساختمان (ارتفاع ÷ عرض) تعیین می‌کند که آیا گاز انتشار یافته از سطح زمین در نزدیکی ساختمان به سمت بالا جریان می‌یابد و به ورودی‌ها می‌رسد یا خیر. زمانی که منبع دور از ساختمان باشد این امر صدق نمی کند، در این صورت رقیق سازی که در فاصله زیاد اتفاق می افتد تأثیر بیشتری در کاهش خطر دارد. برای ساختمان‌های دارای ارتفاع کم، مانند اکثر ساختمان‌های مدرسه، انتشاری که از سطح زمین در نزدیکی ساختمان منشا می‌گیرد، به جای اطراف ساختمان، روی ساختمان حرکت می‌کند، در نتیجه باد آلاینده ها را به بالای ساختمان منتقل می کند و مقداری رقیق می شوند.

۱,۴,۲ ایمن سازی اتاق های مکانیکی

حفظ امنیت اتاق‌های مکانیکی که دارای واحدهای هواساز هستند، وسیله‌ای برای جلوگیری از ورود مستقیم مواد سمی به سیستم مجاری است که هوا را به یک منطقه یا ساختمان می‌رساند. این نیاز به قفل کردن و کنترل دسترسی به تمام اتاق های مکانیکی حاوی تجهیزات **HVAC**، هم با درهای داخلی و هم درهای خارجی دارد.

افزایش ورودی هوای تازه یک ساختمان ابزاری موثر برای کاهش آسیب پذیری آن در برابر حمله CBR است.

۱،۴،۳ نظارت تصویری و کنترل دسترسی

اصول فیزیکی-امنیتی بازدارندگی و شناسایی در استفاده از تجهیزات نظارت تصویری اعمال می شود. برای اینکه تشخیص در جلوگیری از انتشار موثر باشد، تصاویر دوربین ها باید به طور مداوم در زمان واقعی نظارت شوند. برای بازدارندگی، نظارت باید آشکار باشد تا پنهان، یعنی دوربین باید در جایی نصب شود که برای هر کسی در مجاورت آن قابل مشاهده باشد. به طور کلی، دوربین‌های نظارتی باید برای نظارت بر مکان‌های مشترکی که در دید عادی معلمان، مدیران یا افراد امنیتی نیستند، مانند راهروها و راه پله‌های محصور قرار داده شوند. مناطق بیرونی که باید نظارت شوند شامل نماهایی از ورودی های هوای ناامن و مناطقی است که وسایل نقلیه یا عابران پیاده ممکن است بدون توجه به آنها نزدیک شوند.

نظارت تصویری در ورودی ها، کنترل دسترسی در مدارس را بدون نیاز به مستقر شدن یک فرد امنیتی در ورودی، عملی می کند. با استفاده از بی سیم ها و کنترل از راه دور قفل درب، این امکان فراهم می شود که ورودی های قفل شده از دفتر اصلی نظارت شوند. این رویکرد برای کنترل دسترسی به طور گسترده در مدارس استفاده می شود. با این حال، به ویژه در زمان ورود صبح و زمانی که گروه هایی از دانش آموزان از فعالیت های خارج از ساختمان باز می گردند، دارای کاستی هایی بوده. چالش امنیتی کنترل دسترسی در چنین فضاهایی با حادثه‌ای در سال ۲۰۱۱ نشان داده شد که در آن مرد جوانی در هنگام ورود صبح بدون توجه وارد یک مدرسه راهنمایی شده، در یک دستشویی مخفی و متعاقباً به دانش‌آموزی در دستشویی حمله کرد.

سرویس بهداشتی یک فضای نیمه خصوصی است که تحت نظارت تصویری نیست. با این حال، فضایی است که در آن خرابکاری ها و اعمال شیطنت آمیز، مانند مشتعل کردن بمب های بدبو، گاه به گاه در آن اتفاق می افتد. دوربین های ویدئویی که از راهرو به سمت ورودی سرویس بهداشتی هدایت می شوند، یک اثر بازدارنده ایجاد می کنند. مانیتورهای الکترونیکی مشرف بر محیط که چراغ نشانگر را بر روی در روشن می کنند، ابزاری را برای تشخیص اینکه شخصی در دستشویی بوده، فراهم می کند و احتمال اینکه شخص بتواند پنهان شود یا یک عمل مخرب ناشناخته انجام دهد، کمتر می شود.

دومین رویه امنیتی که معمولاً با کنترل دسترسی مرتبط است، بازرسی ورود است. انجام بازرسی‌های معمول ورودی، با هدف شناسایی ظرف حاوی مواد سمی (مانند قوطی اسپری فلفل) و جلوگیری از آوردن دانش‌آموز یا سایر افراد از آوردن چنین ظرفی به مدرسه، در چارچوب برنامه‌های معمول روزانه بسیار دشوار است. بازرسی ورودی در محیط مدرسه سرزده، زمان بر و غیرعملی است. بدون بازرسی ورودی، قوانینی که ورود مواد محرک و ناتوان کننده مانند گاز اشک آور و اسپری فلفل را به داخل ساختمان ممنوع می کند، باید اعلام شود و به شدت مورد اجرا قرار گیرد.

۱,۵ اقدامات حفاظتی که پیامدها را کاهش می دهد

همانطور که قبلا ذکر شد، اقدامات حفاظتی که پیامدها را کاهش می دهد، به عنوان پاسخی به انتشار عامل CBR در داخل یا خارج از ساختمان مدرسه اجرا می شود. هدف از هرگونه پاسخ به حمله سمی موجود در هوا، تامین هوای تمیز و قابل تنفس برای ساکنان مدرسه است. دو واکنش اضطراری که می تواند به دستیابی این هدف در یک مدرسه کمک کند، تخلیه و پناه دادن در محل می باشد. یکی از آن ها جایگزین دیگری است، اما می توان از آن ها به صورت متوالی نیز استفاده کرد، همانطور که در پناه گاه های احتیاطی و پس از آن تخلیه در حوادث مواد خطرناک مورد استفاده قرار گرفته است. معضل در استفاده از پناهگاه این است که تصمیم بین تخلیه و پناه گرفتن مستلزم آگاهی فوری در مورد منبع خطر است: آیا در فضای باز یا داخل خانه؟ تصمیم بین دو اقدام پاسخ باید به سرعت گرفته شود، حتی اگر اطلاعاتی در مورد منبع در دسترس نباشد. در غیاب این اطلاعات، تصمیم به طور پیش فرض تخلیه است. ساکنان داخل ساختمان هایی که کنترل مرکزی همه فن های HVAC را دارند می توانند سریع تر در جای خود پناه بگیرند، زیرا همه فن های ساختمان می توانند به سرعت خاموش شوند. اگر منبع در فضای باز یا در یک ورودی باشد، انجام این عمل می تواند مقدار عاملی که به ساختمان نفوذ می کند را به حداقل برساند. اگر منبع در داخل ساختمان باشد، می تواند انتشار بالقوه آن عامل را در سراسر ساختمان به حداقل برساند. در هر دو مورد، خاموش کردن سریع فن ها، به ویژه با ذرات معلق در هوا و بخارات پایدار می تواند میزان آلودگی زدایی و زمان مورد نیاز برای پاکسازی پس از حادثه را به حداقل برساند. پنجره ها و درها را نیز می توان در این مرحله اولیه و یا بعدا در صورت نیاز بست، اما به شرطی که تخلیه ساختمان را به تاخیر نیندازد.

هدف از هرگونه واکنش به حمله سمی هوا برد ، تامین هوای تمیز و قابل تنفس برای ساکنین ساختمان است.

۱,۵,۱ تخلیه

تخلیه واکنش اولیه برای ساکنان ساختمان در شرایط اضطراری انتشار سم است، همانطور که برای آتش سوزی یا دود در ساختمان انجام می شود. تخلیه می تواند از همان برنامه ها و مسیرهایی که در شرایط اضطراری آتش سوزی وجود دارد، با دو استثناء مهم پیروی کند. در تخلیه حادثه سمی، افراد تخلیه شده باید به محض خروج از ساختمان در زاویه راست یا ۹۰ درجه نسبت به جهت باد حرکت کنند. این امر باعث می شود که احتمال خروج آن ها از توده ای که از منبع سرچشمه می گیرد، وجود داشته باشد. همچنین اگر منبع به جای داخل خانه، در فضای باز باشد و اطلاعات کافی برای تعیین منبع انتشار وجود نداشته باشد، یک مسیر عرضی نیز حاشیه امنیت را فراهم می کند. استثنا دوم این است که مسیرهای داخلی عادی تخلیه ممکن است هنگامی که یک تخلیه داخلی رخ می دهد، قابل استفاده نباشد. با اطمینان از کوتاه و مستقیم بودن مسیرهای تخلیه و با برنامه ریزی مسیرهای جایگزین و آموزش نیروهای آتش نشانی ساختمان در مورد اثرات و شرایط تخلیه در شرایط اضطراری انتشار سم می توان بر این مشکل غلبه کرد.

۱,۵,۲ پناه گرفتن در محل

پناه گیری در محل که به آن پناه گاه بدون تهویه نیز گفته می شود، یک روش ساده و ارزان برای محافظت از افراد در ساختمان ها در برابر خطرات هوایی است که در فضای باز ایجاد می شود. این شامل کاهش موقت میزان تبادل هوای داخل و خارج ساختمان، قبل از رسیدن هوای آلوده به ساختمان و سپس افزایش میزان تبادل هوا پس از عبور از شرایط خطرناک است. پناه گرفتن در جای خود مانند حبس نفس هنگامی که اتومبیلی از جلو می گذرد و ابری از دود ساطع می کند، است. شما نمی توانید نفس خود را برای مدت طولانی نگه دارید، و اگر در حالی که هنوز توسط ابر احاطه شده است نفس بکشید، نتیجه یک ریه پر از دود است. این قیاس دو محدودیت پناهگاه را توصیف می کند. اول اینکه فقط در برابر خطراتی که به سرعت از بین می روند مفید است و دوم اینکه برای ایجاد حفاظت قابل توجه، باید قبل از رسیدن ابر یا ستون خطرناک به ساختمان اجرا شود. اگر خیلی دیر اجرا شود یا اگر برای خطری استفاده شود که ممکن است برای ساعت های زیادی ادامه داشته باشد، پناه گرفتن در محل ممکن است بی اثر باشد. نمونه هایی از خطرات طولانی مدت که پناه گرفتن برای آن ها تصمیم اشتباهی است، رها شدن ناگهانی یک تانکر حامل مواد شیمیایی سمی یا آتش سوزی در انبار تایر در شرایط جوی پایدار است. اجرای به موقع نیاز به نظارت مستمر دارد تا بداند چه زمانی یک انتشار سمی رخ داده است، تا حمله پنهان و آهسته ستون قبل از نفوذ به ساختمان شناسایی شود. مدرسه این قابلیت را ندارد. به همین دلیل، بهترین رویکرد برای مدارس، زمانی که خطر ناشی از یک منبع ناشناخته برای افراد ساختمان با ویژگی های هشدار دهنده یا نشانه های آن آشکار می شود، استفاده از سرپناه به عنوان اولین گام قبل از تخلیه است.

پناه دادن در محل یک روش ساده و ارزان برای محافظت از افراد در ساختمان ها در برابر خطرات موجود در هوا است

هنگامی که منبع ناشناخته است، پناه دادن به عنوان گام اولیه مزیت تاخیر در جریان هوای آلوده به داخل ساختمان را فراهم می کند و اگر منبع در داخل ساختمان باشد، انتشار را در داخل ساختمان به حداقل می رساند. حداکثر مزایای ایمنی و حفاظتی از پناهگاه در محل بستگی به سیستم هشدار جامعه دارد که در آن مدیران اورژانس بر اساس اطلاعات لحظه ای در مورد زمان و مدت پناه گرفتن تصمیم می گیرند. سیستم های هشدار اجتماعی در برخی از جوامع ایالات متحده که خطر انتشار مواد شیمیایی بیش از حد معمول دارند، مانند جوامعی که کارخانه های تولید و ذخیره سازی مواد شیمیایی یا حمل و نقل مکرر مواد شیمیایی خطرناک، به‌ویژه در خطوط ریلی، وجود دارند . با یک سیستم هشدار موثر، پناه دادن در محل را می توان در بیشتر ساختمان ها در سطوح مختلف حفاظت، هزینه و آماده سازی به کار برد. در ساده ترین شکل آن می توان با یک لیست کوتاه از دستورالعمل ها اجرا کرد: بستن تمام پنجره ها، درها و منافذ؛ خاموش کردن تمام فن ها و بخاری های احتراقی؛ و روشن کردن رادیو یا تلویزیون برای دستورها اضطراری. مقدمات گسترده تر برای پناه دادن در محل به طور مفصل در FEMA 453، راهنمای طراحی برای پناهگاه ها و اتاق های امن (۲۰۰۶) توضیح داده شده است.

گذشته از استفاده احتیاطی، پناه گرفتن در محل برای مدت زمان کوتاه بسیار موثر است، زیرا حفاظتی که فراهم می کند با گذشت زمان کاهش می یابد.

پناه گرفتن در محل می تواند یک اقدام پیشگیرانه یا پاسخی به آزادسازی واقعی باشد. پناهگیری های پیشگیرانه احتمالاً مستلزم دوره های طولانی تری در حالت پناهگاه است، زیرا مقامات ممکن است تهدید یک ساختمان را ممکن اما واقعی ارزیابی کنند. به عنوان مثال، توده گاز سمی نشت کرده از یک خودروی تانکر از خط خارج شده، ممکن است تنها در صورتی که باد تغییر کند یا اقدامات اصلاحی با شکست مواجه شود، تهدیدی برای یک جامعه باشد. هیچ محدودیت زمانی برای پناه گیری احتیاطی وجود ندارد؛ با این حال، اگر این مدت طولانی شود، اثرات مضر و تجمع دی اکسید کربن در یک پناه گاه تنگ می تواند قابل توجه باشد. مردم ممکن است تصمیم بگیرند که پناه گاه را ترک کنند، و والدین ممکن است برای بردن فرزندانشان به مدرسه بیایند. جدای از استفاده احتیاطی، پناه دادن در محل برای مدت زمان کوتاه بسیار موثر است، زیرا محافظتی که ایجاد می کند با گذشت زمان کاهش می یابد. در نتیجه، پناه دادن در حالی که حادثه در حال آشکار شدن است و تا زمانی که حقایق مشخص شود، اغلب بهترین اقدامی است که در ابتدا باید انجام داد. تخلیه زمان بسیار بیشتری می برد و می تواند خطر بیشتری برای در معرض قرار گرفتن، داشته باشد. هنگامی که خطر از بین رفت، پناه دادن در محل نیاز به اقدام دوم و متمایز نسبت به میزان تبادل هوای بیرون ساختمان دارد: افزایش میزان تبادل هوا، ترجیحاً به محض عبور از ستون خطرناک. این کار با باز کردن تمام پنجره ها و درها و راه اندازی مجدد همه فن ها برای تهویه ساختمان انجام می شود. تصمیم گیری در مورد زمان هوادهی یا زمان پایان دادن به پناهگاه ممکن است دشوارتر از زمان شروع

پناهگاه باشد. این تصمیم معمولاً توسط مدیران اورژانس گرفته می‌شود، که می‌توانند تعیین کنند که چه زمانی خطری در فضای باز وجود ندارد.

۱,۵,۳ طرح هایی برای پناه دادن در محل

اجرای پناهگاه در محل ساختمان مدرسه با یک برنامه مدون شروع می شود که شامل موارد زیر است:

- رویه های اضطراری و مسئولیت های محول شده، با نام برای:
- خاموش کردن فن های HVAC، شامل فهرستی از سوئیچ ها یا قطع کننده های مدار که فن های ساختمان را کنترل می کنند، محل سوئیچ ها، علامت گذاری آنها، و نام کارکنانی که برای تغییر موقعیت سوئیچ ها اختصاص داده شده اند
- بستن هر گونه مشعل یا بخاری که هوای احتراق را از داخل ساختمان می کشد
- بستن و ایمن کردن تمام پنجره ها، دریچه ها و درها، از جمله درهای داخلی
- اعلام آدرس عمومی (که شامل تهیه متن اطلاعیه می شود) برای شروع پناه گیری یا تخلیه
- تخلیه پس از پناه گیری اولیه
- بررسی برای همه دانش آموزان، معلمان، کارکنان، و بازدید کنندگان در زمان اضطراری
- آموزش و تمرین در رویه های پناه گیری به صورت دوره ای (مشابه تمرین های آتش نشانی) انجام شود
- دستورالعمل های ارتباطی با دفتر مدیریت اضطراری جامعه، از جمله شماره تلفن های تماس
- رویه های دستیابی به منابع حمل و نقل اضطراری برای تخلیه پس از پناه گیری اولیه یا پناه گیری احتیاطی
- دستورالعمل هایی برای مشغول نگه داشتن دانش‌آموزان در حین سرپناه، مانند مطالعه برای دانش‌آموزان، و روش‌هایی برای کمک به دانش‌آموزان با شرایط پزشکی قبلی که ممکن است در اثر استرس تشدید شود
- رویه های رسیدگی به تماس های والدین و درخواست های والدین برای بیرون بردن فرزندانشان از مدرسه در حالی که در محل سرپناه هستند

۱,۵,۴ تمهیدات مورد نیاز برای یک سرپناه در محل شامل موارد زیر است:

- سوئیچ های علامت گذاری که فن های HVAC را کنترل می کنند. به عنوان مثال، قطع کننده های شماره. ۱۴، ۱۵، ۱۶ و ۱۷ در کمد نگهبانی (با رنگ قرمز مشخص شده است) و قطع کننده های شماره. ۱، ۲، ۳، و ۴ در گرم خانه (با رنگ قرمز مشخص شده است). اگر ساختمان دارای یک کنترل مجزا برای فن های تهویه مطبوع باشد، باید به این صورت علامت گذاری شود.

- تهیه و ارسال نموداری که مرزهای منطقه پناهگاه را نشان می دهد، به خصوص اگر شامل چندین اتاق باشد اما نه کل ساختمان. نموداری از منطقه پناهگاه یک مدرسه ابتدایی در شکل ۵-۱ نشان داده شده است
- آموزش معلمان، سایر کارکنان، و دانش آموزان در مورد روش ها و ارائه لیستی از دستورالعمل هایی که باید در هر اتاق نصب شود که شامل انجام مانورهای دوره ای در مراحل و روش های پناه گیری در محل می باشد
- آماده سازی و ذخیره سازی کیت های نوار و مواد پلاستیکی برای آب بندی درها و منافذ در هنگام پناه دادن. ارائه دستورالعمل در مورد استفاده از این مواد.
- اطمینان از وجود یک سیستم ارتباط داخلی یا عمومی کافی برای اطلاع رسانی در سراسر ساختمان برای پناهگیری یا تخلیه
- اطمینان از دسترسی به اطلاعات اضطراری، به عنوان مثال، تلفن برای ارتباط با مدیران اورژانس و رادیو یا تلویزیون برای دریافت اطلاعات اضطراری
- اطمینان از دسترسی به توالت، آب آشامیدنی و لوازم کمک های اولیه

شکل ۰-۱. نمودار منطقه پناهگاه بدون تهویه، که شامل سرویس های بهداشتی و آبخوری ها، در یک مدرسه ابتدایی است

۱,۶ مثال هایی که واکنش های حفاظتی را نشان می دهند:

سناریوی شماره ۱. هنگام تغییر کلاس، دانش‌آموزان یک ساختمان سه طبقه مدرسه راهنمایی وارد یک راه پله محصور شده و بلافاصله احساس سوزش در چشم و گلو را تجربه می‌کنند. آنها با پریشانی آشکار از راه پله بیرون می روند.

- منبع: از آنجا که این تماس ها تنها برای کسانی رخ داده است که در راه پله بوده اند، این احتمال وجود دارد که یک انتشار داخلی محدود به راه پله باشد. براساس علائم، احتمالا یک ماده محرک مانند اسپری فلفل در راه پله آزاد شده است.
- احتمال پیشرفت: یک راه پله دارای تهویه نیست؛ بنابراین، مواد در هوا در راه پله باقی می مانند و تا زمانی که درها بسته باقی بمانند، به آرامی بر روی دیوارها رسوب می کنند. اگر دو یا چند در از راه پله باز شود، مواد هوابرد از راه پله به راهروها سرازیر می شوند، که توسط فشار شناوری (به سمت بالا در طول فصل گرما، به سمت پایین در طول فصل خنک سازی)هدایت می شوند.
- واکنش فوری مناسب: هنگامی که از وجود افراد پاک شد، راه پله آسیب دیده باید بسته نگه داشته شود و ساختمان باید از طریق راه پله های دیگر با استفاده از روش های تخلیه آتش تخلیه شود. برای ارائه کمک‌های اولیه به افراد آسیب‌دیده باید اولین پاسخ‌دهندگان پزشکی احضار شوند. فن های HVAC ساختمان باید خاموش شوند
- اقدامات پس از حادثه برای ایمن سازی ساختمان. تیم آتش‌نشانی HazMat کل ساختمان را با استفاده از فن‌های قابل حمل با حجم بالا برای سرعت بخشیدن به پاکسازی راه پله هوادهی می‌کند. آنها تعیین خواهند کرد که چه زمانی اشغال مجدد ساختمان امن است

سناریوی شماره ۲. نزدیک به پایان ساعت شلوغی صبح، یک کامیون تانکر مواد شیمیایی در رمپ خروجی بزرگراه نزدیک مرکز شهر واژگون می شود. مقدار زیادی از یک ماده شیمیایی صنعتی سمی در حالت مایع روی جاده می ریزد و به طور پیوسته به نشت ادامه می دهد. یک مدرسه ابتدایی در نیم مایلی محل حادثه واقع شده است:

- منبع: اولین پاسخ دهندگان پس از رسیدن به صحنه تصادف، با خواندن علائم روی خودرو، نوع ماده شیمیایی را شناسایی می کنند. آنها به سرعت وضعیت، از جمله شرایط باد را ارزیابی می کنند
- احتمال پیشرفت: با ادامه نشت محتویات مایع ، تانکر واژگون شده ممکن است چندین ساعت قبل از مهار آن، یک ستون خطرناک ایجاد کند. شرایط آب و هوایی و عدم وجود آتش، ستون را نزدیک به زمین نگه می دارد. از آنجایی که مدت زمان مورد انتظار طولانی است، مدیران اورژانس خواهان تخلیه مناطق پایین تر از حادثه و پناه دادن در محل مقابل باد هستند و خاطرنشان می‌کنند که اگر باد شروع به جابجایی کند، دستور تخلیه بیشتر داده می‌شود
- واکنش فوری مناسب: به محض اطلاع از حادثه، مدیر مدرسه در نیم مایلی خلاف باد، با بستن تمام پنجره‌ها و درها و خاموش کردن تمام فن‌های سیستم تهویه مطبوع ساختمان، پناه‌گیری در محل را آغاز می‌کند. او بلافاصله آماده شدن برای تخلیه مدرسه را آغاز می کند که به دلیل محدودیت در دسترس بودن اتوبوس و اختلال در ترافیک ناشی از تصادف کامیون تانکر، احتمالاً ۱ تا ۲ ساعت طول می کشد. او به‌روزرسانی‌های مکرر وضعیت را از مدیران اورژانس دریافت می‌کند

- اقدامات پس از حادثه: برای ایمن سازی ساختمان. اگر یک جابجایی باد رخ دهد، ممکن است مقداری از مواد شیمیایی سمی نفوذ کند و در ساختمان بسته باقی بماند. قبل از اشغال مجدد ساختمان، آتش نشانی آزمایش های نمونه گیری هوا را برای ماده شیمیایی خاص انجام می دهد و تا زمانی که نتایج نمونه گیری هوا منفی شود، ساختمان را هوادهی می کند

سناریوی شماره ۳: دانش آموزان در کلاس طبقه اول شروع به سرفه، خفگی و شکایت از سوزش چشم و گلو می کنند. دود سفید ضعیفی از هواکش موجود در کلاس درس خارج می شود. معلم بلافاصله دانش آموزان خود را به راهرو تخلیه می کند، جایی که هوا در حال حاضر تمیز به نظر می رسد

- منبع: دود سفید یک نشانه بصری نشان می دهد که مواد سمی از ورودی هوای بیرونی دستگاه هواکش وارد می شود. علائم نشان می دهد که این ماده یک گاز اشک آور و تحریک کننده از یک نارنجک است که در یک اقدام مخرب در نزدیکی ورودی سطح زمین قرار گرفته است
- احتمال پیشرفت: گاز اشک آور نارنجک تا زمانی که هواکش واحد خاموش نشود به داخل ساختمان جریان می یابد و در صورت کارکرد مناسب، تعدیل کننده هوای آن به طور خودکار بسته می شود، یا تا زمانی که نارنجک خود را بسوزاند، یا از دهانه ورودی جدا شود. گاز اشک آور در واقع ابری از ذرات ریز است، آئروسل های جامد که می توانند برای چند دقیقه تا ساعت ها در هوا معلق بمانند. اگر درهای کلاس بسته نباشند، به بیرون از کلاس پخش می شود و با حرکت هوا ناشی از فشار باد و شناور (جریان های هوای داخلی کنترل نشده) در راهرو حرکت می کند. برخی از ذرات معلق در هوا ته نشین می شوند و روی سطوح رسوب می کنند
- واکنش فوری مناسب: معلم باید دانش آموزان خود را از کلاس خارج کند و پس از بیرون آمدن همه دانش آموزان درهای کلاس را ببندد. به محض اطلاع از وضعیت اضطراری، مدیر باید فوراً تخلیه مدرسه را آغاز کند، تمام فن های HVAC را خاموش کند و اولین پاسخ دهندگان پزشکی را برای ارائه کمک های اولیه احضار کند
- اقدامات پس از حادثه برای ایمن سازی ساختمان: تیم آتش‌نشانی HazMat ساختمان را با استفاده از فن‌های قابل حمل برای تسریع پاکسازی آئروسل گاز اشک‌آور که در هوا باقی می‌ماند، هوادهی می‌کند. آنها همچنین ساختمان را با جاروبرقی و آب و صابون به صورت فیزیکی تمیز می کنند تا ذرات ریز محرکی که روی سطوح ساختمان رسوب کرده اند را از بین ببرند. آنها از هوا نمونه برداری می کنند تا تعیین کنند که چه زمانی اشغال مجدد ساختمان امن است

۱,۷ توصیه های طراحی برای ساخت و ساز جدید یا مقاوم سازی

این بخش راه‌حل های طراحی را تشریح می‌کند که حفاظت از پناهگاه را در محل افزایش می‌دهد و امنیت فیزیکی را برای جلوگیری از انتشار هوای داخلی و ورودی بهبود می‌بخشد. پیشرفت‌هایی برای پناهگاه سازی

در محل، که برخی از آن‌ها برای مدارس در جوامعی با خطر بالاتر حوادث صنعتی مرتبط با مواد سمی مناسب‌تر است، شامل موارد زیر است:

- استفاده از اتاق های امن آماده برای پناهگاه
- یک سیستم اعلان سریع گسترده ساختمان
- بهبود هوابندی هوای پاکت محافظ
- کنترل فن تک سوئیچ
- آب بندی سریع موقت
- واحدهای فیلتر چرخشی

بهبود امنیت فیزیکی نسبت به انتشار هوای داخل ساختمان یا ورودی هوا شامل موارد زیر است:

- تامین دریچه های هوای تازه
- مناطق ایزوله کننده

۱,۷,۱ پیشرفت‌هایی برای پناهگاه در محل

پناهگاه سازی در محل چندین سطح دارد که شامل بهبودهایی برای دو هدف کلی است: (۱) ایجاد محفظه محکم تر برای سرپناه و (۲) تسهیل انتقال سریع به وضعیت سرپناه، به ویژه برای ساختمان های بزرگ.

فراتر از رویه های اساسی پناه‌گیری در محل، تعدادی از پیشرفت ها پناه‌گیری سریع‌تر و با سطح بالاتر حفاظت را فراهم می‌کنند. این سطوح در شکل ۵ ۲ خلاصه شده و در زیر به تفصیل توضیح داده شده است.

۱,۷,۱,۱ استفاده از اتاق های امن آماده

در پناهگاه های بدون تهویه، فضای حفاظت شده معمولاً به عنوان کل ساختمان تعریف می شود. با این حال، یک اتاق انتخاب شده در داخل ساختمان می تواند سطح بالاتری از حفاظت و یا محیط راحت تری برای سرپناه فراهم کند. اتاقی که برای سرپناه انتخاب و آماده شده است، اتاق امن نامیده می شود. در مدارس، سالن بدنسازی و کافه تریا معمولاً به عنوان اتاق های امن تعیین می شوند، زیرا فضایی را برای اکثر جمعیت مدرسه فراهم می کنند.

شکل ۰-۲. راه اندازی یک اتاق امن

در پناهگاه های بدون تهویه، مزیت اصلی یک اتاق ایمن فراهم کردن سطح حفاظت در برابر نفوذ هوای آلوده بالاتر از کل ساختمان است. این حفاظت بیشتر ممکن است ناشی از پیکربندی محکمتر و بدون پنجره اتاق و یا داشتن دیوار دوم بین فضای باز و فضای محافظت شده باشد. اقدامات هوابندی بندی موقت، خواه شامل نوار و ورقه های پلاستیکی یا دمپرهای دستی باشد، به دلیل اندازه کوچکتر، می تواند به راحتی و با سرعت بیشتری در یک اتاق امن اعمال شود. معیارهای مختلفی برای انتخاب اتاق های امن وجود دارد.

دسترسی: اتاق امن باید به سرعت در دسترس همه کسانی باشد که باید پناه بگیرند و باید با حداقل قرار گرفتن در فضای باز در دسترس باشد. اگرچه هیچ شرایط خاصی برای زمان رسیدن به یک اتاق امن وجود ندارد، اما برای انجام این کار از دورترین نقطه ساختمان نباید بیش از ۲ دقیقه طول بکشد. برای حداکثر دسترسی، اتاق ایمن ایده آل اتاقی است که در آن بخش قابل توجهی از زمان در طول یک روز عادی، یعنی کلاس درس، صرف شود. اتاق امن باید برای افراد دارای ناتوانی های حرکتی، شناختی یا دیگر در دسترس باشد.

اندازه: معیار اندازه برای اتاق امن عامل سمی، مانند پناهگاه های گردباد است. طبق FEMA 361، راهنمای طراحی و ساخت برای اتاق‌های امن جامعه (۲۰۰۸)، اتاق باید ۵ فوت مربع برای هر فرد ایستاده، ۶ فوت مربع برای هر فرد نشسته، و ۱۰ فوت مربع برای هر کاربر ویلچر برای اشغال تا ۲ ساعت ارائه دهد.

مقاومت: در پیکربندی بسته، اتاق ایمن باید دارای نرخ تبادل هوای پایینی با فضاهای بیرونی و داخلی مجاور باشد. اتاق‌هایی که پنجره‌های کمی دارند یا اگر پنجره ها از نوع و شرایطی باشند که محکم بسته نشوند (مانند اسلایدرهای قدیمی‌تر) بدون پنجره هستند ترجیح داده می‌شوند. اگر اتاق دارای سقف معلق و دراز است، باید سقفی سخت بالای سقف معلق داشته باشد. اتاق باید دارای حداقل تعداد در باشد و درها نباید دارای لوور باشند، مگر اینکه بتوان آنها را به سرعت آب بندی کرد. قسمت زیرین درب باید به اندازه ای کوچک باشد که امکان آب بندی با نوار آب و هوای درب یا در مواقع اضطراری با نوار چسب را فراهم کند.

سیستمHVAC : اتاق امن باید ایزوله یا قادر به جدا شدن سریع از سیستم تهویه مطبوع ساختمان باشد، یا دارای هواکش های واحد با تعدیل کننده های هوای بیرون با عملکرد مناسب باشد. هنگامی که اتاق انتخاب شده توسط کانال های عرضه و برگشت سرویس می شود، آماده سازی ها یا اصلاحات باید شامل ابزاری برای بستن موقت کانال ها به اتاق امن باشد. در ساده‌ترین شکل، این کار شامل قرار دادن نوار چسب یا کاغذ تماسی روی توری‌های منبع، برگشت و خروجی خروجی و خاموش کردن فن‌ها و واحدهای هواساز است. آماده سازی دقیق تر ممکن است شامل پوشش های لولایی باشد. هنگامی که یک نوع پنجره یا از طریق دیوار تهویه مطبوع در اتاق انتخاب شده است، ورق و نوار پلاستیکی، یا یک پوشش لولایی، همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، باید برای قرار دادن در داخل پنجره و/یا تهویه مطبوع موجود باشد. که هنگام پناه گرفتن در اتاق امن باید خاموش شود.

شکل ۰-۳. تعدل کننده دستی برای هوابندی تهویه مطبوع در یک اتاق امن

مکان: محل قرارگیری اتاق های ایمن بدون تهویه در داخل ساختمان به سه ملاحظه بستگی دارد. اولاً، اتاق داخلی در صورتی که معیارهای اندازه، تنگی و دسترسی را داشته باشد، به اتاقی با دیوارهای بیرونی ترجیح

داده می شود. ثانیاً، نسبت به باد غالب، اتاق ایمن باید در سمت بادگیر ساختمان قرار گیرد، در صورتی که سایر معیارها را نیز رعایت کند. ثالثاً، در جوامعی که در نزدیکی آنها پردازش، ذخیره یا حمل و نقل مواد شیمیایی سمی وجود دارد، اتاق امن باید در سمت ساختمان مقابل تأسیسات شیمیایی سمی قرار گیرد، در صورتی که سایر معیارها را برآورده کند. برای یک ساختمان کم ارتفاع، یک اتاق در طبقات بالاتر هیچ مزیت قابل توجهی ندارد و زمانی که زمان لازم برای رسیدن به پناهگاه در مواقع اضطراری افزایش می‌یابد، نباید مکانی را بر اساس ارتفاع بالاتر از سطح زمین انتخاب کرد.

ارتباطات: برای موقعیت‌های پناهگاه که توسط مقامات محلی آغاز می‌شود، اتاق امن باید دارای رادیویی باشد که با آن دستورالعمل‌های اضطراری برای خاتمه پناه‌گیری دریافت شود. برای دریافت دستورالعمل های اضطراری و برقراری ارتباط با آژانس های مدیریت اضطراری می توان از تلفن یا تلفن همراه استفاده کرد. برق و روشنایی نیز مورد نیاز است.

آب و توالت: آب آشامیدنی و توالت (ها) باید در دسترس ساکنان یک اتاق امن باشد. این ممکن است شامل استفاده از آب بسته بندی شده (آب معدنی) و توالت های قابل حمل باشد.

آشکارساز دی اکسید کربن: یک اتاق ایمن بدون تهویه محکم بسته شده را نمی توان برای مدت طولانی بدون خطر افزایش سطح دی اکسید کربن اشغال کرد. سطوح بالا در اتاق‌های امن با سقف بلند مانند سالن‌های ورزشی و در اتاق‌هایی که تراکم سرنشینان کم است، کمتر اتفاق می‌افتد. در نتیجه، یک اتاق امن بدون تهویه باید یک آشکارساز یا مانیتور دی اکسید کربن در دسترس باشد. این امر برای پناهگاه های احتیاطی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، زیرا احتمال بیشتری وجود دارد که شرایط منجر به دوره های طولانی برای پناه گرفتن شود.

۱,۷,۱,۲ توسعه سیستم اطلاع رسانی سریع

شرایط اضطراری شامل انتشار سم، نیازمند دستورالعمل های شفاهی در مورد اقدامات خاص تخلیه یا پناه دادن در محل است. به همین دلیل، برای اطمینان از پاسخگویی سریع به چنین شرایط اضطراری، یک سیستم تلفن داخلی یا عمومی ساختمان، در سطح وسیع ضروری است. یک سیستم اطلاع رسانی سریع باید بتواند به همه دانش آموزان، معلمان و کارکنان در داخل و اطراف ساختمان دسترسی داشته باشد.

برای اطمینان از پاسخگویی سریع در مواقع اضطراری، یک سیستم تلفن داخلی یا عمومی ساختمان ضروری است

۱,۷,۱,۳ عایق بندی یک اتاق یا یک ساختمان پناهگاه

سطح حفاظتی که با استفاده از سرپناه در یک محل ایجاد می‌شود، بسته به عایق‌بندی ساختمان یا پناهگاه متفاوت است. هنگامی که ساختمان به طور مکانیکی تهویه می شود، مانند اکثر ساختمان‌های مدرسه، یک پوشش محکم تر (نشت هوای کمتر از طریق ورودی‌های ناخواسته مثل ترک در دیواره ساختمان) در کاهش آسیب پذیری در برابر حملات CBR[1] مفید است. یک بنای ساختمان محکم مزایای زیر را ارائه می دهد:

- کاهش مصرف انرژی
- کاهش جریان هوای کنترل نشده، که اثرات منفی بر گرمایش، سرمایش و کنترل رطوبت دارد
- تنظیم فشار، در صورت نیاز
- کاهش پتانسیل برای کپک / مخمر ناشی از نفوذ رطوبت

به طور کلی، بیشتر نشت هوا در در فصل مشترک سقف و دیوار (یا اگر سقف بخشی از مرز پوشش محافظ باشد)، رخ می دهد. یکی از روش‌های کاهش نشت هوا، جایگزینی سقف‌های معمولی با سقف‌های دیواری گچی است که فضای بالای سقف به طور طبیعی تهویه می‌شود در زمانی که عایق بندی بین سقف و دیوارها ضعیف است. یکپارچه شدن قابل توجهی را می توان با عایق بندی محل اتصال تیرچه های میله‌ای سقف و دیوارهای محیطی با فوم یا درزگیر منبسط شده به دست آورد. جدای از جایگزینی سقف‌ها، کاهش نشت در ساختمان‌های موجود عموماً شامل اقداماتی است که معمولاً در آلودگی‌های هوایی اعمال می شود. از جمله این موارد می توان به استفاده از پرده هوایی بر روی درها اشاره کرد. عایق بندی کابل‌ها، سینی کابل یا جعبه های الکتریکی با فوم؛ قراردادن درزگیر یا فوم در اتصالات سقف با دیوار. ارتقاء پنجره‌های عملیاتی؛ یا قرار دادن پرده‌های باد روی پنجره های عملیاتی.

نشت قابل توجهی نیز ممکن است در فصل مشترک کف به دیوار رخ دهد. تخته‌های قرنیز اغلب مسیرهای نشتی را در این نقاط مسدود می کند و عایق‌بندی این مسیرهای نشتی ممکن است نیاز به عایق‌بندی پشت تخته قرنیز داشته باشد. یک روش این است که به طور موقت قرنیزها را بردارید و در محل اتصال کف به دیوار از فوم درزگیر استفاده کنید. یک روش جایگزین استفاده از درزبندی شفاف یا قابل رنگ برای مهر و موم کردن بالا و پایین قرنیزها و چهارگوشه است.

۱,۷,۱,۴ کنترل فن های تک سوئیچ و دمپرهای هوای بیرون

برای دستیابی به حداکثر اثربخشی، پناه‌دهی در محل باید به سرعت اجرا شود. در نتیجه داشتن قابلیت خاموش کردن تمام فن‌های ساختمان از یک نقطه، بسیار مهم است. در ساختمان‌های بزرگ، کنترل‌ها یا

1. chemical, biological, and radiological

سوئیچ‌ها برای غیرفعال کردن فن‌های HVAC[1] اغلب در مکان‌های مختلفی قرار دارند که ممکن است به سرعت در دسترس نباشند. یک سوئیچ تکی که رله‌های اینترلاک فن را کنترل می‌کند، این قابلیت را فراهم می‌کند که به سرعت تمام فن‌هایی را که باعث تبادل هوا بین فضاهای محافظت‌شده و فضای باز می‌شوند را خاموش کند و دمپرهای خودکار مرتبط با هر فن را ببندد. در یک مدرسه، این کنترل تک سوئیچ باید در دفتر اصلی قرار داشته باشد و به خوبی علامت گذاری شود. در برخی از کاربردهای پناه‌گیری پیشرفته تحت CSEPP[2]، این سوئیچ بر روی یک صفحه کنترل با چراغ‌های وضعیت برای واحدهای هواساز، فن‌های خروجی، هواکش‌های واحد، دمپرها و درها گنجانده شده است.

دمپرهای اتوماتیک باید روی ورودی های هوای تازه نصب شوند تا در صورت خاموش شدن فن هوای بیرون، بسته شوند. به طور مشابه، در صورتی که فن های اگزوز مجهز نباشند، دمپرهای پشتی باید نصب شوند. این دمپرها باید سریع عمل کنند و دارای عایق بندی مثبت باشند، اما نباید آنقدر سریع باشند که باعث برهم زدن تعادل شوند در حالی که فن ها به چرخش با اینرسی ادامه می دهند.

پانل کنترل همچنین ممکن است با ویژگی هایی طراحی شود که فاز هوادهی بازیابی را در خود جای دهد. یک سوئیچ برای شروع پناهگاه استفاده می شود. کلید دوم با روشن کردن تمام فن ها و باز کردن دمپرها پس از اتمام خطر در فضای باز، فاز هوادهی را آغاز می کند.

شکل ۱ یک پنل کنترل برای سرپناه بدون تهویه در ساختمان مدرسه را نشان می دهد. این پنل شامل یک کلید (قرمز) برای کنترل تمام فن ها و دمپرها و مجموعه ای از چراغ های وضعیت برای فن ها و دمپرها است.

ساختمان یا اتاق ایمن انتخاب شده ممکن است دارای یک یا چند ورودی در مرز بین فضاهای محافظت شده و محافظت نشده باشد. این معابر برای استفاده عادی از اتاق یا ساختمان ضروری هستند، اما در مواقع اضطراری باید به طور موقت بسته شوند.

- مسیر های تامین و برگشت
- فن های اگزوز
- پنجره های لولایی
- تهویه مطبوع پنجره‌ای یا هواکش های واحد
- درب‌های کانال‌کشی‌شده

1. Heating, Ventilation, and Air Conditioning
2. Chemical Stockpile Emergency Preparedness Program

شکل ۰-۴. یک پنل کنترل پناهگاه در یک مدرسه با یک کلید خاموش کردن فن (کلید فشاری قرمز در مرکز پایین) و چراغ‌های نشانگر وضعیت دمپرها و فن‌ها

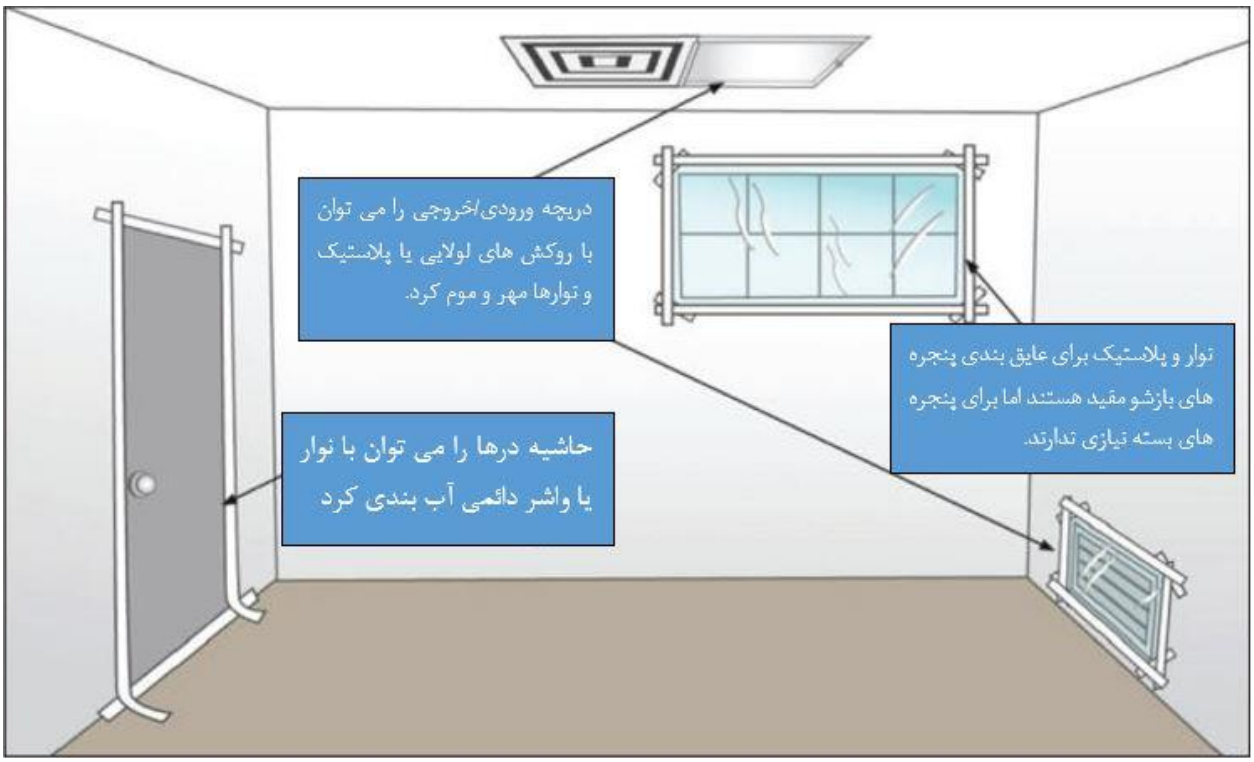
۱,۷,۱,۵ عایق‌بندی موقت و سریع ساختمان یا پناهگاه

اگر از آن اتاق به طور معمول برای فعالیت های روزمره استفاده می شود، مهر و موم کردن ورودی های یک پناهگاه از قبل نه عملی است و نه توصیه می شود. انتقال به حالت حفاظتی مستلزم این است که این ورودی ها به طور موقت و سریع عایق بندی شوند. این قابلیت عایق بندی می تواند به صورت دائمی یا به صلاح‌دید نصب شود.

روش مناسب برای عایق بندی یک پناهگاه برای پناهگاه در محل، شامل استفاده از نوار و ورقه پلاستیکی است که در شکل۲ نشان داده شده است. این روش شامل چسباندن نوار به عرض ۲ اینچ در اطراف درب (ها) و پوشاندن دریچه های ورودی و خروجی پس از خاموش شدن فن های HVAC است. اگر پنجره ای عملیاتی باشد، مانند لولایی که به خوبی عایق بندی نمی شود، می توان آن را پوشاند. همچنین می توان نوار را روی شکاف پایین و روی درب قرار داد. یک پکیج کوچک از مواد را می توان به هر پناهگاه به همراه یک چک لیست کتبی از اقدامات عایق بندی مورد نیاز برای آن پناهگاه ارائه داد. مواد عایق بندی می توانند کاغذ برچسبی، از قبل برش خورده به اندازه ۲ اینچ، چسب نقاشی ۲ اینچی یا ورقه پلاستیکی و نوار چسب ۲ اینچی باشند.

برای تسهیل این عایق بندی سریع می توان دمپرهای دائمی نصب کرد. دمپرها برای کانال های وردی، برگشت و خروجی می توانند به صورت دستی یا خودکار کار کنند. روکش‌های لولایی دستی همانطور که در

شکل ۳نشان داده شده است، می‌توانند سفارشی از ورق فلزی یا چوبی ساخته شوند تا در بالا یا کنار ورودی‌ها برای همه کاربردها به جز حاشیه درب وصل شوند. در یک پناهگاه با چندین ورودی برای عایق بندی، روکش های لولایی اجازه می دهد تا عایق بندی سریع تر از نوار و مواد پلاستیکی دارای پشت چسب کامل شود.



شکل ۰-۵. مناطقی که باید به طور موقت در یک پناهگاه در مواقع اضطراری مهر و موم شوند.

دمپرهای موتوری این قابلیت را دارند که اتاق ایمن را از کانال های HVAC جدا کرده و این کار را با سرعت بیشتری نسبت به دمپرهای دستی انجام دهند. هنگامی که دمپرها برای پناهگاه بسته می شوند، فن های HVAC نیز باید خاموش شوند. در صورت غیرفعال نشدن فن منبع تغذیه، نشتی از طریق دمپرها ممکن است رخ دهد.

در آب و هوای نامطلوب، محصور کردن افراد در یک پناهگاه عایق‌شده شده بدون تهویه مطبوع یا گرمایش می تواند منجر به شرایط غیرقابل تحمل شود. با این حال، سیستم های تهویه مطبوع و گرمایش معمولی نباید در حین پناه‌دهی کار کنند زیرا فن های HVAC به طور مستقیم یا غیر مستقیم هوای بیرون را وارد می‌کنند. یک سیستم تهویه مکانیکی اغلب پتانسیل بیشتری برای تبادل هوای داخل و خارج از خانه نسبت به مسیرهای نشتی محفظه در معرض باد و نیروهای شناور دارد. سیستم‌های تهویه مطبوع پنجره ای و

حفاظتی که یک اتاق ایمن فراهم می کند را می توان با افزودن فیلتر هوای با راندمان بالا به میزان قابل توجهی افزایش داد.

هواکش های واحد، هوای بیرون را حتی زمانی که روی حالت چرخش تنظیم شده اند، عرضه می کنند. دمپرهای هوای بیرون در چنین واحدهایی در صورت نگهداری ضعیف ممکن است به خوبی عایق بندی نشوند. واحدهای تهویه هوا و فن هایی که فضاهای خارج از پناهگاه را تهویه می کنند نیر باید خاموش باشند. (یک استثناء در بخاری های احتراق سیستم های هیدرونیک است که در اتاق های دارای تهویه مکانیکی جداگانه قرار دارند.) جایگزین های ایمن برای گرمایش و تهویه مطبوع در حالت سرپناه در دستورالعمل FEMA 453 توضیح داده شده است.

شکل ۰-۶. یک پوشش لولایی برای آب بندی دریچه تامین یک پناهگاه

۱,۷,۱,۶ واحدهای فیلتر چرخشی با فیلترهای کربن و HEPA[1]

حفاظتی که یک اتاق ایمن فراهم می کند را می توان با افزودن فیلتر هوای با راندمان بالا به یکی از دو روش زیر به طور قابل ملاحظه ای افزایش داد: (۱) با حذف آلاینده ها از هوا در حالی که هوا از بیرون کشیده می شود و به پناهگاه وارد می شود (با استفاده از فشار). یا (۲) با حذف آلاینده ها، هوا از داخل پناهگاه کشیده می شود، فیلتر می شود و دوباره به پناهگاه تخلیه می شود (چرخش مجدد).

اولین وسیله اعمال فیلتراسیون - فشار - می تواند به سطح حفاظتی بسیار بالاتری نسبت به گردش مجدد دست یابد. اما همه مواد شیمیایی سمی با رویکرد متداول جذب کربن قابل فیلتر نیستند. اگر انتشار سمی شامل یک ماده شیمیایی غیر قابل فیلتر باشد، حفاظت ایجاد شده توسط رویکرد فشار به سطح بسیار پایینی کاهش می یابد. با این حال، اگر ماده شیمیایی سمی آزاد شده در یک حمله، غیرقابل فیلتر باشد، رویکرد

[1] high-efficiency particulate air

گردش مجدد سطح قابل توجهی از محافظت را ارائه می‌کند. این سطح از حفاظت از همان سطحی است که توسط پناهگاه بدون تهویه بی فیلتر ارائه می شود.

فیلترپذیری عامل تهدید مهمترین محدودیتی است که باید قبل از ترکیب واحدهای فیلتر چرخشی در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، اگر مدرسه در نزدیکی یک کارخانه آمونیاک قرار داشته باشد، واحدهای فیلتر چرخشی معمولی در برابر آزاد شدن تصادفی آمونیاک سودی ندارند، زیرا توسط جاذب کربنی که واحدهای فیلتر چرخشی موجود در آن هستند قابل فیلتر نیست. واحدهای فیلتر چرخش تجاری موجود در پناهگاه‌های بدون تهویه تحت CSEPP به کار گرفته می‌شوند، زیرا هر یک از عوامل ذخیره‌سازی با جاذب‌های کربن با جذب فیزیکی قابل فیلتر هستند. آزمایشات نشان داد که حفاظت در برابر عوامل انباشته می تواند به طور قابل ملاحظه ای با واحدهای فیلتر چرخش افزایش یابد (Blewett and Arca 1999).

واحدهای فیلتر چرخش را می توان بسیار راحت تر و حتی در بسیاری از موارد بدون تغییر در ساختمان یا هزینه نصب اعمال کرد،

آئروسل ها توسط واحدهای فیلتر چرخشی فیلتر می شوند زیرا اکثر واحدهای فیلتر تجاری حاوی فیلتر هوای ذرات با راندمان بالا (HEPA) به صورت سری با جاذب کربن هستند. در نتیجه، چنین واحدهایی گاز اشک آور و اسپری فلفل را فیلتر می کنند. حفاظتی که فیلترهای چرخش می توانند ارائه دهند با توجه به عوامل مختلفی از جمله فضای ساختمان یا اتاق ایمن، راندمان و سرعت جریان (به عنوان مثال نرخ تحویل واحد هوای پاک) و حجم اتاق یا ساخت فیلتر، نسبت به واحدی که در آن این خدمت را ارائه می‌دهد، متفاوت است.

واحدهای فیلتر چرخشی را می توان بسیار راحت تر و در بسیاری از موارد بدون تغییر یا هزینه نصب در یک ساختمان اعمال کرد. دومین مزیت فیلتر چرخشی در پاکسازی آلاینده ها از ساختمان پس از رهاسازی داخل ساختمان است. واحدهای تجاری هوای داخلی با کیفیت ، فیلترهای چرخشی هستند که معمولاً حاوی جاذب‌ها و فیلترهای HEPA هستند. این فیلترها در پیکربندی‌های متنوعی در دسترس هستند - واحدهای سقفی، کانالی، و کفی یا رومیزی مستقل. برخلاف واحدهای فیلتر برای سیستم‌های تحت فشار، هیچ استانداردی برای استفاده از واحدهای فیلتر چرخشی در پناهگاه‌های محافظ چه از نظر ظرفیت فیلتراسیون و چه از نظر نرخ تحویل هوای پاک یا نرخ جریان در هر فوت مربع از منطقه پناهگاه وجود ندارد. همچنین، واحدهای فیلتر بازچرخش تجاری از کربن آغشته شده برای ایجاد ظرفیت قابل توجهی برای مواد شیمیایی سمی با فشار بخار بالا استفاده نمی کنند. مدل های فیلترها از چندین تولید کننده در دسترس هستند و عملکرد آنها برای فیلتر کردن آلاینده های شیمیایی بسیار متفاوت است. راهنمای دقیق اضافی برای اعمال واحدهای فیلتر چرخشی در اتاق های ایمن در دستورالعمل FEMA 453 ارائه شده است.

۱,۷,۲ اقدامات ایمنی فیزیکی

پرکاربردترین نوع سیستم تهویه مطبوع HVAC در مدارس، سیستم هواکش واحد است.

۱,۷,۲,۱ایمن سازی ورودی های هوای تازه

افزایش حداقل یک طبقه‌ای ورودی هوای تازه یک وسیله ساده برای کاهش آسیب پذیری CBR ساختمان است. اگرچه ساده است، اما می تواند یک مقاوم سازی نسبتاً گران قیمت برای یک ساختمان موجود باشد و به راحتی در ساخت و سازهای جدید استفاده می شود. در جایی که دسترسی به پشت بام کنترل می‌شود، قرار دادن ورودی‌ها روی سقف، امنیت غیرفعال را در برابر اعمال مخرب ایجاد می‌کند و قرار دادن محفظه مواد خطرناک را مستقیماً در سیستم HVAC ساختمان دشوارتر می‌کند. همچنین احتمال اینکه مواد خطرناک رها شده در سطح زمین در نزدیکی ساختمان به غلظت کافی در ورودی‌ها برسد، کمتر می‌شود. در شرایط پایدار، آلاینده‌های منتشر شده در نزدیکی زمین احتمالاً نزدیک زمین باقی می‌مانند، مگر اینکه جریان هوا روی ساختمان آنها را به سمت بالا بلند کند. آلاینده‌های سنگین‌تر از هوا نیز در شرایط آرام نزدیک به زمین باقی می‌مانند.

پرکاربردترین نوع سیستم تهویه مطبوع در مدارس، هواکش واحد است که هوای تازه، گرمایش و تهویه مطبوع را مستقیماً از طریق دیوار یا پشت بام به هر کلاس ارائه می دهد. یک سیستم از طریق دیوارهای نصب شده در کف آسیب پذیری بالاتر از حد معمولی را ارائه می دهد زیرا بسیاری از ورودی ها در سطح زمین هستند و نمی توان به راحتی یا به سرعت آن‌ها را ایمن، کنترل یا غیرفعال کرد. این‌ها اغلب دارای سیستم‌های دمپر هستند که اگر به خوبی نگهداری نشوند، در صورت بسته شدن به طور کامل عایق بندی نمی شوند.

برای ساختمان های مدارس یک طبقه، هواکش های سقفی با ورودی هوای بیرون به صورت عمودی به سقف، کمتر در برابر اعمال مخرب و کشیدن دود اگزوز وسایل نقلیه به داخل ساختمان آسیب پذیر هستند. این واحدها معمولاً دارای یک "حالت خالی" هستند که در آن دمپر هوای بیرون بسته می شود و فن خاموش می ماند.

برای ساختمان های بیش از یک طبقه، ورودی های هوا باید در بالاترین سطح عملی روی ساختمان قرار گیرند. برای ساختمان های بلند، GSA۵۰[1] فوت بالاتر از سطح زمین (طبقه ۴ یا بالاتر) را توصیه می کند. فاصله جداسازی توصیه شده توسط GSA از سایر ورودی ها یا اگزوزهای هوای تازه بین ۱۰ تا ۲۵ فوت است. این امر برای جلوگیری از اتصال کوتاه (اگزوز خروجی از یک ورودی و وارد شدن به ورودی دیگر) بین سیستم ها است.

برای محافظت در برابر اعمال مخرب، ورودی‌های هوا باید با صفحه‌هایی پوشانده شوند تا اشیا، مثلاً یک نارنجک دودزا، نتوانند از سطح زمین به داخل پرتاب شوند. چنین صفحاتی باید شیب دار باشند تا اجسام پرتاب شده از روی صفحه غلت بخورند یا از دهانه ورودی خارج شوند.

۱,۷,۲,۲ مناطق ایزوله

جداسازی مناطق مجزای تهویه مطبوع در یک ساختمان آسیب پذیری را در برابر انتشارات داخلی و خارجی کاهش می دهد. اگر رهاسازی در داخل ساختمان اتفاق بیفتد، انتشار مواد سمی موجود در هوا را در داخل ساختمان به حداقل می‌رساند و فضا و تعداد افرادی که به طور بالقوه در معرض خطر قرار می‌گیرند،کاهش می‌یابد. در برابر رهاسازی در فضای باز، مقاومت داخلی در برابر حرکت هوا ناشی از فشار باد و غوطه‌وری را افزایش می دهد و در نتیجه میزان نفوذ را کاهش می دهد. در اصل، مناطق ایزوله، ساختمان را به بسیاری از محیط‌های مجزا تقسیم می‌کند و اثرات یک رهاسازی واحد را به بخش ایزوله از ساختمان محدود می‌کند.

یکی از مزایای هواکش های واحد این است که هر کلاس یک منطقه جداگانه است و وقتی درهای کلاس بسته می شود، اگر اتاق دیوارهای تمام قد داشته باشد، اتاق از بقیه ساختمان جدا می شود. این امر پتانسیل آلاینده های آزاد شده در یک اتاق یا یک ورودی هوا را برای انتقال به راهرو یا اتاق های مجاور به حداقل می رساند. ساختمان‌های دارای سیستم کانالی ورودی هوای بیرونی کمتری دارند، اما معمولاً شامل چندین اتاق در هر منطقه HVAC می‌شوند. در عمل، این مناطق جدا نیستند، زیرا هوا بین مناطق از طریق راهروها، دهلیزها و درها که معمولاً باز هستند جریان دارد. برخی از سیستم های کانالی از راهرو به عنوان یک محل عمومی برای هوای برگشتی استفاده می کنند و پتانسیل انتشار آلاینده ها را در سرتاسر ساختمان در هنگام کار فن ها به حداکثر می رساند. در نتیجه، تهویه واحد یک کلاس درس، رایج ترین نوع سیستم HVAC برای مدارس، کمترین پتانسیل را برای انتشار یک عامل سمی در سراسر ساختمان دارد. یکی از معایب دستگاه هواکش این است که یک ورودی هوا در هر کلاس وجود دارد که معمولاً در سطح زمین قرار دارد.

---

[1] General Services Administration

با این حال، آسیب پذیری این ورودی ها را می توان با بالا بردن آنها همانطور که در بالا ذکر شد و ارائه قابلیت تک سوئیچ برای غیرفعال کردن سریع آنها کاهش داد.

منابع

[1] Chipley M, Lyon W, Smilowitz R, Williams P, Arnold C, Blewett W, Hazen L, Krimgold F. Primer to Design Safe School Projects in Case of Terrorist Attacks and School Shootings. Buildings and Infrastructure Protection Series. FEMA-428/BIPS-07/January 2012. Edition 2. US Department of Homeland Security. 2012 Jan.