

Alternate Care Site

راهنمای سیستم‌های تهویه مطبوع برای مراکز درمانی موقت (ACS)

○ عوامل مؤثر بر انتخاب سیستم

○ اگزااست موضعی

○ اولویت‌بندی

○ جریان هوا در فضاهای کاملاً محصور

○ اصول طراحی هود بالاسری

○ شرایط محیطی فضا

(قسمت دوم)



US Army Corps
of Engineers.



چکیده:

در بخش نخست این مقاله، چارچوب کلی طراحی مراکز مراقبت جایگزین (ACS) و نقش سیستم‌های مکانیکی در کنترل بیماری‌های عفونی هوابرد تشریح شد. در ادامه و در «بخش دوم»، تمرکز بر جزئیات مهندسی جریان هوا و نحوه سازمان‌دهی تأمین و اگزااست در انواع فضاهای ACS قرار می‌گیرد. در این بخش، ابتدا رویکردها و روش‌های مختلف جریان هوا برای تأمین و تخلیه (Supply & Exhaust) در فضاهای بزرگ و باز مانند سالن‌ها و مراکز همایش، و نیز در فضاهای محصور نظیر اتاق‌های هتل و Pods بیماران بررسی می‌شود. سپس نحوه شکل‌دهی الگوهای جریان هوا در فضاهای کاملاً محصور، پارتیشن‌بندی‌شده و کاملاً باز بیماران تشریح شده و به نقش حیاتی فشار منفی در اتاق بیمار و فشار مثبت در فضاهای تمیز پرداخته می‌شود.

اصلی برای ایجاد **ACS** محسوب می‌شوند و می‌توانند برای بیماران حاد و غیرحاد استفاده شوند.

• در مقابل، فضاهای محصور مثل هتل‌ها، پادگان‌ها و خوابگاه‌ها بیشتر برای بیماران غیرحاد مناسب هستند.

• سیستم‌های تأمین هوا که برای درمان بیماری‌های عفونی هوابرد به کار می‌روند باید به صورت 100% هوای بیرون (OA) طراحی شوند تا از آلودگی متقاطع بین زون‌های مختلف جلوگیری گردد.

• کانال‌های بازگشت هوای موجود باید قطع شوند و کانال‌کشی جدید با آب‌بندی کامل اجرا گردد تا سیستم فقط با هوای بیرون کار کند.

• اگر ظرفیت کویل سیستم موجود نتواند در حالت 100% هوای بیرون دما و رطوبت را کنترل کند:

* می‌توان از حالت بازگشت هوا استفاده کرد، به شرطی که کانال بازگشت با پیش‌فیلتر **MERV 8** و فیلتر **HEPA** ارتقا یابد.

* در صورت نیاز، باید یک فن کمکی (booster fan) اضافه شود تا افت فشار ناشی از فیلترها جبران گردد.

* این گزینه زمان و منابع بیشتری می‌خواهد و شاید به صرفه‌تر باشد که هوای بازگشتی پس از تصفیه توسط یک واحد **HEPA** مستقیماً به فضای داخلی **ACS** تخلیه گردد.

• برای اتاق‌های محصور (Pods):
* استفاده از 100% هوای بیرون لازم

بخش مهم دیگری از این قسمت، به اگزاست موضعی در اتاق‌های بیماران حاد و غیرحاد اختصاص دارد؛ جایی که طراحی و کارکرد هود بالاسری تهویه‌شونده و کارکرد مؤثر برای جمع‌آوری آئروسول (Ventilated Headboard) به عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش مواجهه کادر درمان در منبع و کاهش مواجهه کادر درمان معرفی می‌شود. در پایان نیز، الزامات جریان هوا و نحوه تأمین هوای جبرانی در ایستگاه‌های پرستاری، راهروها و سایر فضاهای پیرامونی غیرمراقبتی مورد بررسی قرار می‌گیرد تا تصویری یکپارچه از مدیریت هوشمند جریان هوا در قلب بخش‌های موقت و اضطراری مراقبت از بیماران ارائه شود.

3. رویکردها و روش‌های جریان هوا برای تأمین و اگزاست

(Airflow Approaches and Methods) (of Supply and Exhaust)

3.1. رویکردها و روش‌های جریان هوا برای تأمین و اگزاست

3.1.1. مقدمه (Introduction)

• میزان اثربخشی در جمع‌آوری و حذف آلاینده‌ها به شدت به استراتژی‌های تأمین و اگزاست بستگی دارد.

• این استراتژی‌ها به نوع تأسیسات بستگی دارند. در این سند دو دسته اصلی بررسی می‌شود:

1. فضاهای بزرگ و باز مانند سالن‌های ورزشی یا مراکز همایش.

2. فضاهای محدود مانند اتاق‌های هتل.

• سالن‌ها و مراکز همایش به دلیل در دسترس بودن و انعطاف‌پذیری، مکان‌های



سالن‌های بلااستفاده، بخش اداری، راهروها و ... باشد.

- (b) هوای بالقوه آلوده پس از عبور از فیلتر **HEPA** به فضای داخلی **ACS** بازگردانده شود.

3. استفاده از سیستم تأمین با بازگشت هوا از فضاهای داخلی **ACS**، به شرطی که هوای آلوده بالقوه در بازگشت عمومی وجود داشته باشد و در بخش هوای مخلوط هواساز (**AHU**) از فیلتر **HEPA** استفاده گردد.

- برای جبران افت فشار می‌توان از افزایش سطح فیلتر، ارتقای فن هواساز یا استفاده از فن‌های کمکی بهره برد.

- این روش بیشتر برای سناریوی تخت‌های باز بیماران مناسب است که در آن از اگزاست کانال‌کشی‌شده استفاده نمی‌شود.

- بر اساس رویکرد سیستم انتخاب‌شده، برای دستیابی به حداقل الزامات جریان هوا و حفظ شرایط آسایش در سالن و فضاهای بیماران، سه روش اصلی برای تأمین هوای تغذیه (**Supply Air Delivery**) باید در نظر گرفته شود:

- 1. استفاده از هواساز موجود

• (Existing AHU):

- اگر هواساز موجود ظرفیت/عملکرد لازم را داشته باشد تا الزامات حداقلی را برآورده کند.

(شکل 3-1)

نیست، به شرط آنکه هوای داخل **Pod** طبق الزامات استاندارد 170 مستقیماً به بیرون تخلیه شود یا قبل از تخلیه به فضای **ACS**، از فیلتر **HEPA** عبور داده شود.

این سناریوها به طراحان اجازه می‌دهد که حداقل نرخ تعویض هوای لازم را در فضاهای بیماران به شکل ایمن، مؤثر و کارآمد تأمین کنند.

- تمام فضاهایی که احتمال آلودگی ویروسی دارند (مانند اتاق‌های تعویض **PPE**، اتاق‌های نگهداری **PPE** استفاده‌شده یا فضاهای مشترک در دسترس بیماران) باید مشمول الزامات اگزاست با فیلتراسیون **HEPA** باشند، اگر تخلیه مستقیم هوا به بیرون طبق استاندارد 170 انجام نشود.
- سرویس‌های بهداشتی نیز باید مستقیماً به بیرون تخلیه شوند.

3.1.2. انتخاب سیستم تأمین هوا (Sup- (ply Air System Selection)

اولویت‌بندی روش‌ها (به ترتیب ترجیح):

1. استفاده از سیستم تأمین با 100% هوای بیرون، به طوری که تمام هوای آلوده بالقوه طبق استاندارد 170 به بیرون تخلیه شود.

2. استفاده از سیستم تأمین با بازگشت هوا از فضاهای داخلی **ACS**:

- (a) هوای بالقوه آلوده طبق استاندارد 170 به بیرون تخلیه شود و بازگشت هوا فقط از فضاهای تمیز (مانند

سیستم توزیع هوا و اگزاست عمومی تهویه و سرمایش می‌شوند.

• هواساز (AHU) با پیش‌فیلتر **MERV 8** و فیلتر نهایی **MERV 14** ارتقا یافته است.

• این هواساز تمام نیازهای هوای بیرون (شامل اتاق‌های بیماران محصور، ایستگاه پرستاری و غیره) را تأمین می‌کند.

• فشار مثبت در **ACS** نسبت به بیرون حفظ می‌شود.

• هوای **ACS** از طریق شبکه انتقال (transfer grille) به اتاق‌های بیماران هدایت می‌شود، در حالی که فشار منفی در اتاق بیمار توسط اگزاست هود (headboard exhaust) ایجاد می‌گردد.

• یک جعبه فیلتر **HEPA** مجهز به فن به گروهی از اگزاست‌های هود متصل است.

• هوای تصفیه‌شده مجدداً به منطقه بالایی **ACS** تخلیه می‌شود.

• 2. ترکیب هواساز موجود و هواساز موقت (**Temporary AHU**):

• ترکیبی از سیستم موجود و یک واحد موقت برای رسیدن به الزامات حداقلی.

• (شکل 3-2)

• 3. استفاده از هواساز موقت به جای هواساز موجود:

• واحد موقت ظرفیت/عملکرد لازم را برای برآورده‌سازی الزامات دارد.

• (شکل 3-3)

شکل 3-1: دیاگرام سناریوی استفاده از هواساز موجود برای تأمین فضاهای بیماران

توضیح شکل:

• این مثال نشان می‌دهد که چگونه فضاهای محصور بیماران در یک ساختمان بدون منطقه پیرامونی با استفاده از یک هواساز **DOAS** موجود،

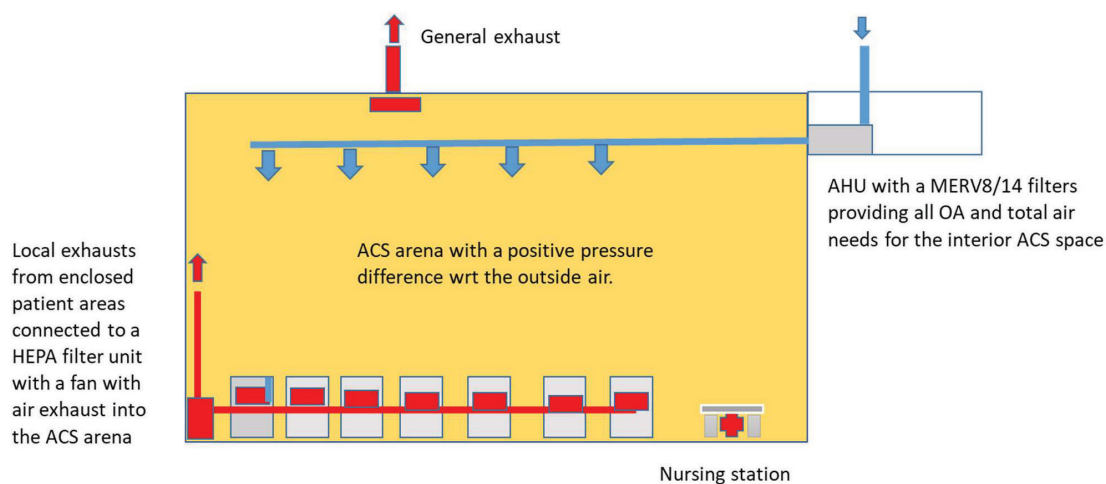


Figure 3-1: Diagram of scenario for existing AHU serving patient spaces

- این کار باعث ایجاد فشار مثبت در کل ACS نسبت به محیط بیرون می‌شود.
- هوای تمیز و تصفیه‌شده از طریق هواساز موقت (Temporary AHU) به فضای محصور بیماران تأمین می‌شود. این AHU موقت نیز به پیش‌فیلتر MERV 8 و فیلتر نهایی MERV 14 مجهز است.
- فشار منفی در فضای بیمار نسبت به ACS توسط اگزاست هود (-Head board Exhaust) با نرخ بالاتر ایجاد می‌شود.
- یک جعبه فیلتر HEPA مجهز به فن به گروهی از اگزاست‌های هود متصل است.
- هوای پاک‌شده به منطقه بالایی ACS تخلیه می‌شود.
- شکل 2-3: دیاگرام سناریوی استفاده ترکیبی از هواساز موجود و هواساز موقت برای فضاهای محصور بیماران توضیح شکل:
- این مثال نشان می‌دهد که چگونه فضاهای محصور بیماران در یک ساختمان بدون منطقه پیرامونی با استفاده از:
- هواساز DOAS موجود
- سیستم توزیع هوا
- و اگزاست عمومی
- تهویه و سرمایش می‌شوند.
- هواساز موجود (AHU) با پیش‌فیلتر MERV 8 و فیلتر نهایی MERV 14 ارتقا یافته است.
- نرخ جریان هوا (airflow rate) تنظیم می‌شود تا نیازهای هوای بیرون تمام بخش‌های ACS به جز اتاق‌های محصور بیماران را تأمین کند.

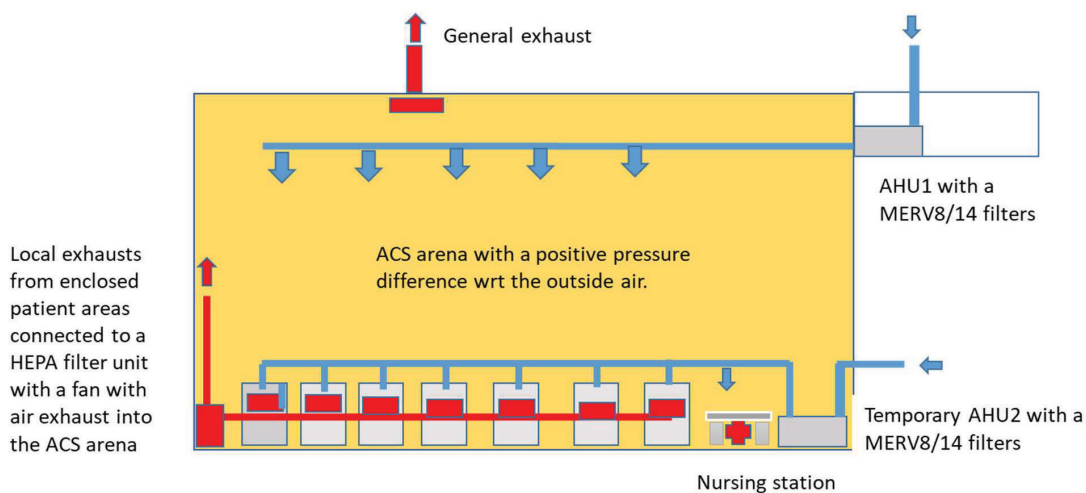


Figure 3-2: Diagram of scenario for existing and temporary AHUs for enclosed patient spaces

و همچنین به اتاق‌های محصور بیماران تأمین می‌شود.

• این هواساز موقت به پیش‌فیلتر **MERV 8** و فیلتر نهایی **MERV 14** مجهز است.

• هوای بیمار از طریق اگزاست هود (**Headboard Exhaust**) با نرخ بالاتر تخلیه می‌شود تا فشار منفی در اتاق بیمار نسبت به **ACS** ایجاد گردد.

• یک جعبه فیلتر **HEPA** مجهز به فن به گروهی از اگزاست‌های هود متصل است.

• هوای پاک‌شده به منطقه بالایی **ACS** تخلیه می‌شود.

• اگزاست عمومی موجود تنظیم می‌شود تا فشار مثبت **ACS** نسبت به هوای بیرون حفظ گردد.

شکل 3-3: دیاگرام سناریوی استفاده از هواساز موقت برای فضاهای محصور بیماران

توضیح شکل:

این مثال نشان می‌دهد که چگونه فضاهای محصور بیماران در یک ساختمان بدون منطقه پیرامونی با استفاده از:

• یک هواساز موقت **DOAS**

• سیستم توزیع هوای جدید

و سیستم اگزاست عمومی موجود

تهویه و سرمایش می‌شوند.

هواساز و سیستم توزیع موجود کنار گذاشته شده‌اند.

• هوای بیرون تصفیه‌شده و آماده (تمیز و دارای شرایط حرارتی مناسب) از طریق هواساز موقت به همه بخش‌های **ACS**

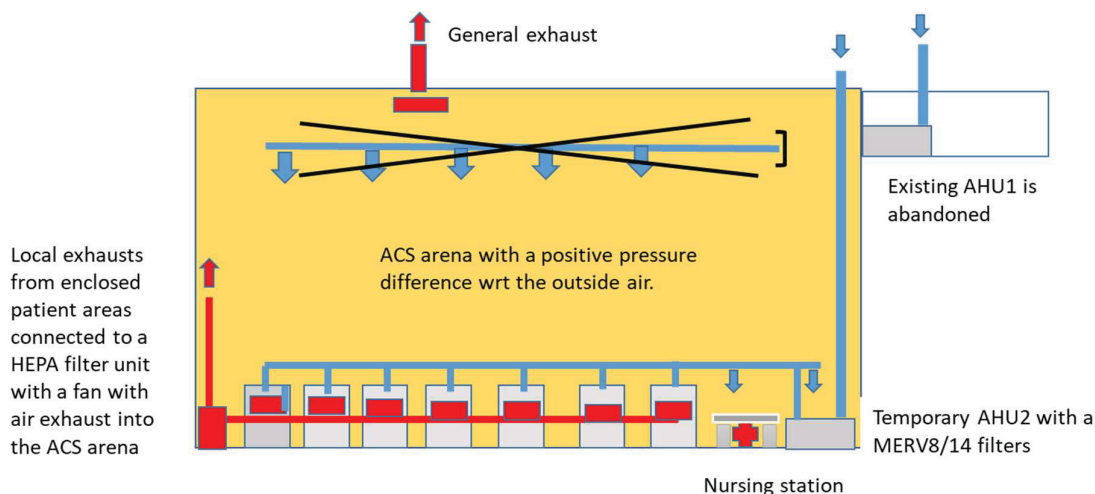


Figure 3-3: Diagram of scenario for temporary AHU serving enclosed patient spaces

نکته طراحی:

کند، باید الزامات حداقلی فیلتراسیون را رعایت نماید.

• در این کاربردها، واحدهایی با توان استاتیکی بالا مناسبتر هستند؛ مانند دستگاههایی با فنهای **backward inclined blowers**.

• استفاده از آرایه فنها (**Fan Arrays**) برای ایجاد افزونگی (**redundancy**) توصیه می‌شود.

یک گزینه دیگر برای **AHU** موقت:

• استفاده از واحد بازگردانی داخلی (**Recirculating Unit**) در داخل سالن، به‌عنوان مکمل هواساز موجود.
• در این حالت، هواساز موجود حداقل تعویض هوای بیرون را برای کل فضا فراهم می‌کند.

• واحد موقت در داخل سالن (خارج از اتاق‌های بیماران) نصب می‌شود و هوای تصفیه‌شده و دارای شرایط مناسب سالن را بازمی‌گرداند.

• با تأمین سرمایش یا گرمایش تکمیلی، این واحد می‌تواند تعویض هوای موردنیاز بخش بیماران را فراهم کند.

• برای استفاده از فضاهای بزرگ (مانند سالن‌ها) باید هواساز موجود بتواند الزامات حداقلی فیلتراسیون بیان‌شده در این سند را برآورده کند و همچنان شرایط تهویه و آسایش موردنیاز **ACS** را فراهم نماید.

• در بیشتر موارد، سیستم‌های طراحی‌شده برای سالن‌های بزرگ و با ظرفیت جمعیتی بالا جریان هوای کافی برای نیازهای **ACS** خواهند داشت.

• اگر هواساز موجود قادر به این کار نباشد یا مالک ساختمان تمایل به اصلاح سیستم موجود نداشته باشد:

• باید از یک هواساز موقت استفاده شود تا یا کل الزامات را تأمین کند، یا به‌عنوان مکمل هواساز موجود عمل نماید.

• هواساز موقت می‌تواند در بیرون ساختمان نصب شود و 100% هوای بیرون را به فضا تأمین کند.

• یا می‌تواند داخل ساختمان نصب گردد (با درنظر گرفتن اثرات محیطی داخلی) و به بیرون کانال‌کشی شود تا هوای بیرون را با هوای بازگردانی‌شده فضای باز مخلوط کرده و تعویض هوای موردنیاز بخش بیماران را تأمین کند.

• اگر هواساز موقت با هوای بیرون کار

• چون این واحد داخل ساختمان نصب می‌شود:

* الزامی به فیلتراسیون اضافه وجود ندارد، مگر آنکه کویل مرطوب داشته باشد. در این صورت، حداقل باید از **MERV 8** استفاده شود.

• در این کاربرد می‌توان از واحدهای کوچک‌تر مثل:

* **Blower Coil**

* **Fan Coil**

* **Fan Powered Chilled Water Terminals**

* سیستم‌های اسپلیت کانالی

* **(Ducted Split Systems)**

استفاده کرد. این کار امکان تقسیم‌بندی بخش‌های مختلف (**Wards**) را فراهم کرده و انعطاف‌پذیری طراحی را افزایش می‌دهد.

• این رویکرد بر این فرض استوار است که هوای سالن از نظر آئروسول‌های عفونی آلوده نشده است و بیماران در **Pods** کاملاً محصور و دارای فشار منفی قرار دارند که دارای اگزاست فیلتراسیون شده یا کانال‌کشی شده به بیرون هستند.

• هوای بازگردانی شده باید از طریق **HEPA** فیلتر شود.

3.1.3. اگزاست عمومی (General Ex-) (haust)

• اگزاست عمومی موجود می‌تواند برای **ACS** استفاده شود، چه به عنوان اگزاست عمومی و چه با اتصال به

اگزاست موضعی اتاق بیماران.

• ممکن است نیاز باشد سیستم اگزاست موجود ارتقا یابد تا بتواند الزامات فشار ساختمان را برآورده کند.

• برای این منظور می‌توان از دمپرهای کنترلی اضافی و/یا درایوهای با فرکانس متغیر (**VFD**) استفاده کرد.

• بخش «الزامات»

(**Requirements**) توضیحات مربوط به تخلیه هوا در حالت‌های فیلتردار و بدون فیلتر را ارائه می‌دهد.

• با این حال، بیشتر سیستم‌های اگزاست موجود در ساختمان‌هایی که موقتاً به **ACS** تبدیل می‌شوند، برای تخلیه هوای آلوده به آئروسول‌های عفونی طراحی نشده‌اند.

• بنابراین، این سیستم‌ها باید یا ارتقا یابند تا با الزامات مطابقت پیدا کنند، یا اینکه هوای خروجی پیش از تخلیه باید از طریق فیلتر **HEPA** تصفیه شود.

3.1.4. جریان هوا در فضاهای کاملاً محصور بیمار (Airflow in the Fully Enclosed Patient Spaces)

• در فضای کاملاً محصور بیماران، فشار منفی توسط سیستم اگزاست ایجاد می‌شود.

• هوای تهویه شده می‌تواند به طور مستقیم یا از طریق انتقال هوا

(**Transfer Air**) وارد فضای بیمار گردد.

• هوای انتقالی از طریق روابط فشار (**Pressure Relationships**) از سالن به



• ترجیحاً هوای تأمین‌شده از دیفیوزری وارد شود که در دیوار مقابل هود اگزاست بیمار قرار گرفته باشد.

• سرعت خروجی این هوا نباید بیشتر از **100 fpm** باشد.

• در همه سناریوها، سرعت هوا در فاصله 24 اینچ (≈ 60 سانتی‌متر) از سر بیمار یا ورودی هود اگزاست نباید از 40 **fpm** فراتر رود.

• حجم هوای تأمین‌شده مکانیکی باید دست‌کم 10 تا 25 درصد کمتر از حجم اگزاست هود باشد تا فضای بیمار در فشار منفی باقی بماند.

• بهترین روش‌های تأمین هوا:
* استفاده از شبکه انتقال

(Transfer Grilles)

* یا اتصال مستقیم کانال‌های تأمین به دیفیوزر/پلنوم در **Pods** محصور.

اتاق بیمار کشیده می‌شود و از طریق شبکه انتقال (**Transfer Grille**) وارد می‌گردد.

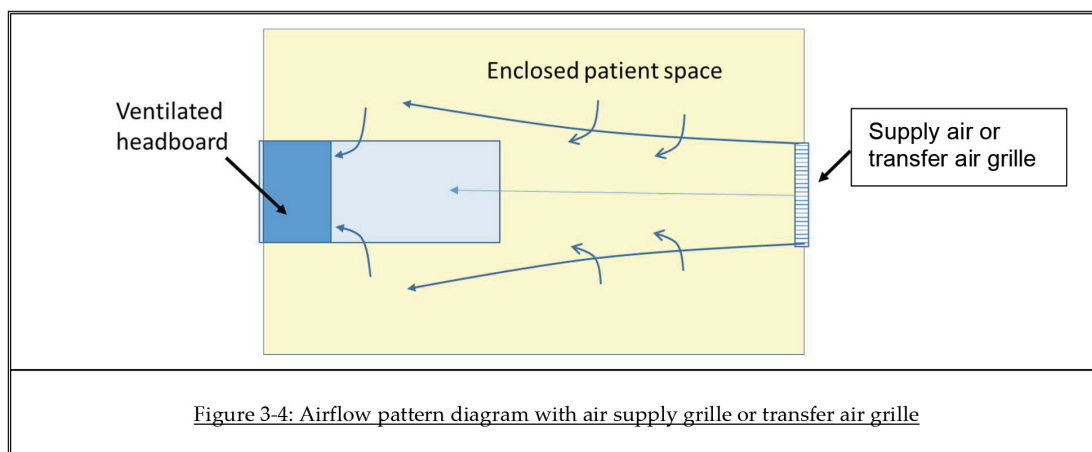
• همچنین می‌توان هوای تأمین‌شده از هواساز ساختمان را به اتاق بیمار هدایت کرد (مطابق شکل 3-4).

• یا از یک واحد سرمایشی/گرمایشی مکمل (**Supplemental A/C Unit**) برای تأمین هوای دارای شرایط مناسب از سالن به اتاق بیمار استفاده کرد (مطابق شکل 3-5).

• استفاده از واحد سرمایشی مکمل فقط زمانی لازم است که بار حرارتی (**Thermal Load**) بیشتر از ظرفیت سیستم اصلی تأمین هوا باشد.

• دیفیوزرهای هوای تأمین برای فضاهای محصور بیماران باید طوری جانمایی شوند که:

* جریان هوای ورودی در عملکرد اگزاست موضعی اختلال ایجاد نکند.
* آسایش حرارتی بیمار تأمین شود.



پویان

مهندسی، تأمین کالا و اجرای
پروژه‌های تاسیساتی (EPC)
www.pouyanpars.ir

3. فضای کاملاً باز بیماران (شکل 4-2)
 • برای حذف مؤثر آلاینده‌ها، باید از
 اگزاست موضعی نزدیک به سر بیمار
 استفاده شود.

• خروجی‌های تأمین هوا باید در دیوار مقابل
 قرار گیرد تا جریان یک‌طرفه

(Unidirectional Flow) ایجاد شود.

• در صورت استفاده همزمان از هوای
 انتقالی و هوای تأمین از واحد سرمایشی
 مکمل، باید اطمینان حاصل شود که دو
 جریان موازی هستند تا از ایجاد آشفتگی
 جلوگیری شود (مطابق شکل‌های 3-5 و
 3-6).

• سرعت تخلیه هوا به فضای بیمار باید
 حداقل ممکن باشد (حداکثر هدف: 100
 fpm) تا از ایجاد جریان‌های گردابی
 (Turbulent Eddy Flow) در فضای بیمار
 جلوگیری شود.

• باقی‌مانده جریان هوای لازم می‌تواند از
 طریق دیفیوزرهای موجود در ساختمان
 (ترجیحاً نزدیک به نواحی اشغال‌شده
 مثل ایستگاه‌های پرستاری) تأمین شود.

• خروجی‌های تأمین هوا می‌توانند
 به صورت:

* دریچه‌های لووردار

(Louvered Grilles) *

* دیفیوزرهای خطی جهت‌دار

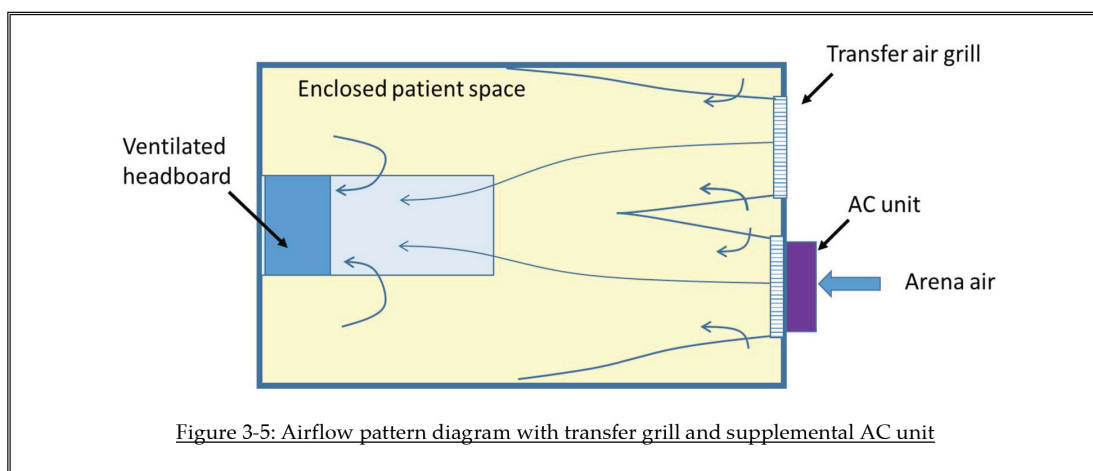
(Directional Linear Diffusers) *

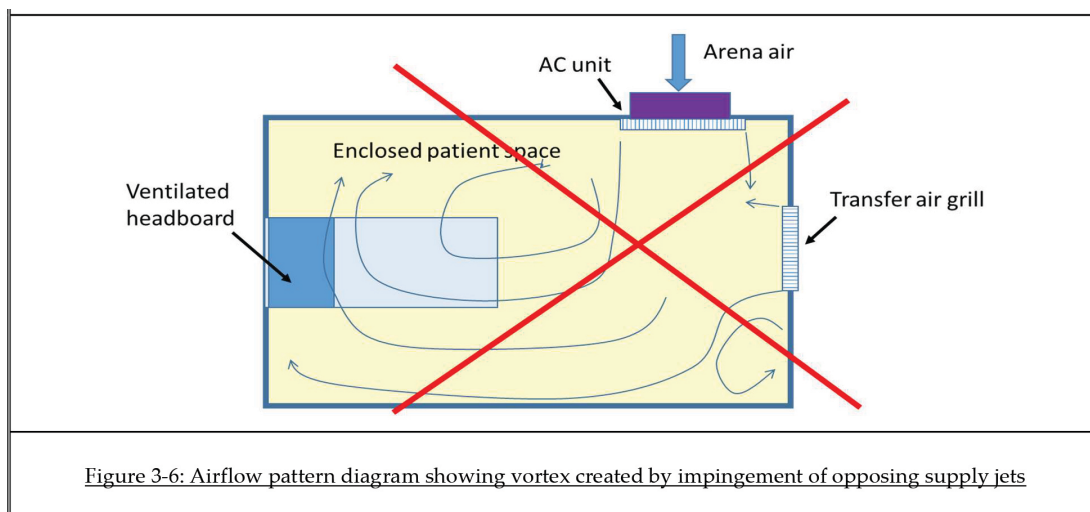
* یا کانال‌های پارچه‌ای سوراخ‌دار
 (Perforated Fabric Duct) باشند.

• در فضاهای بزرگ باز، سه دسته فضای
 بیماران وجود دارد:

1. فضای کاملاً محصور بیماران (شکل
 2-1)

2. فضای پارتیشن‌بندی‌شده و نیمه‌باز
 بیماران (شکل 2-3)





دارای تهویه (Ventilated Head-board).

3.2. جریان هوا در فضاهای بیماران پارتیشن‌بندی‌شده و نیمه‌باز

Airflow in Partitioned, Partially Open (Patient Spaces)

2. روش قابل قبول:

* استفاده از دریچه اگزاست موضعی در دیوار جانبی بالای تخت بیمار.

سه روش برای تأمین جریان هوا در فضاهای پارتیشن‌بندی‌شده وجود دارد:

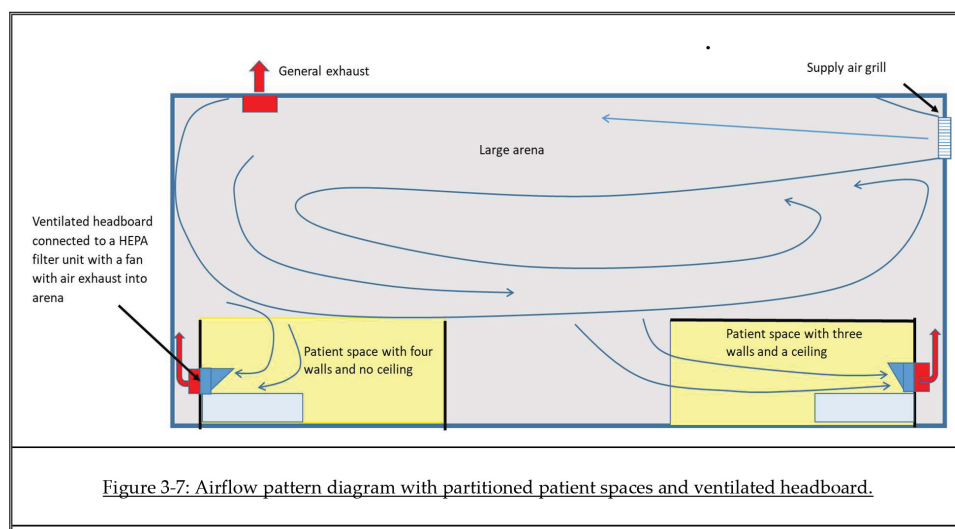
3. روش غیرقابل توصیه:

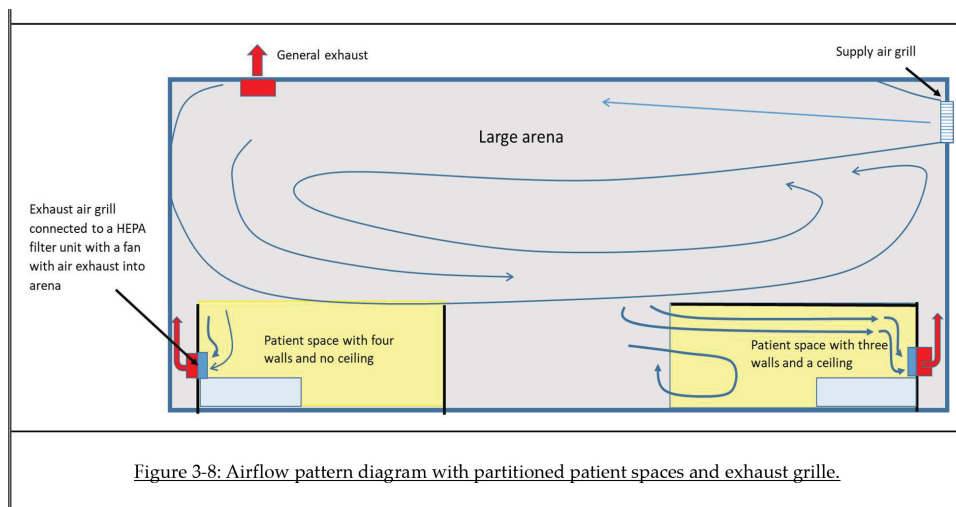
* بدون هیچ‌گونه اگزاست موضعی.

1. روش توصیه‌شده:

* استفاده از وسایل اگزاست موضعی با راندمان بالا مانند هود بالاسری (Ventilated Headboard):

* استفاده از وسایل اگزاست موضعی با راندمان بالا مانند هود بالاسری





* راندمان حذف آلاینده‌ها و جریان هوا از تمیز به نیمه‌تمیز در فضای پارتیشن‌بندی‌شده بهبود می‌یابد.

* هوا از سالن به داخل فضای بیمار کشیده می‌شود (شکل 3-7).

* این هود یک ناحیه فشار منفی یکنواخت روی سر بیمار ایجاد می‌کند.

* در نتیجه، کارایی حذف آئروسول‌های تولیدشده توسط بیمار به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

زیرا احتمالاً باعث ایجاد مناطق با تهویه ضعیف یا راکد در **Pods** بیماران می‌شود (شکل 3-9).

• از آنجا که فضاهای پارتیشن‌بندی‌شده به فضای باز سالن متصل هستند، راندمان توزیع هوا می‌تواند با استفاده از تهویه جهت‌دار

(**Directional Ventilation**) بهبود یابد.

• در این حالت، هوای خنک و با سرعت بالا می‌تواند در ناحیه اشغال‌شده یا از ارتفاعی تا 15 فوت وارد شود.

• این کار می‌تواند با استفاده از:

* دیفیوزرهای سوراخ‌دار پیش‌ساخته گروه **ASHRAE E**

* یا کانال‌های پارچه‌ای متخلخل

(**Porous Fabric Duct**) انجام گیرد.

• استفاده از دریچه اگزاست موضعی در دیوار جانبی یا سقف بالای تخت بیمار اثر مشابهی دارد، اما تنها آلاینده‌هایی را که در نزدیکی دریچه (چند اینچ اطراف آن) قرار دارند، به‌طور مؤثر جذب می‌کند (شکل 3-8).

• در **Pods** نیمه‌باز، اگر از دیفیوزرهای موجود با تأمین هوای پرسرعت در ناحیه بالایی سالن استفاده شود، معمولاً کارایی کمتری خواهد داشت؛

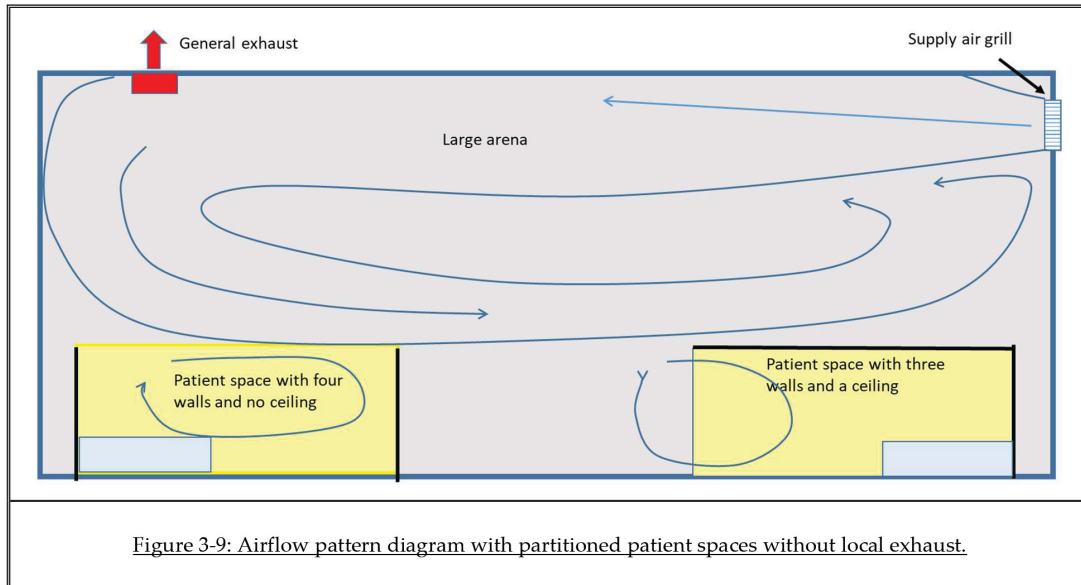


Figure 3-9: Airflow pattern diagram with partitioned patient spaces without local exhaust.

بنابراین، استفاده از فضاهای کاملاً باز برای بیماران مثبت COVID-19 توصیه نمی‌شود.

3.4. اگزاست موضعی در اتاق‌های بیماران حاد و غیرحاد

Local Exhaust in Acute and Non-(Acute Patient Rooms)

• در اتاق‌های بیماران حاد و غیرحاد که برای بیماران مبتلا یا مشکوک به بیماری‌های عفونی هوابرد یا تنفسی طراحی شده‌اند:

* اگزاست موضعی به‌طور مؤثری آئروسول‌های عفونی تولیدشده توسط بیمار را جمع‌آوری می‌کند.

* این کار از پرسنل مراقبت‌های بهداشتی حاضر محافظت می‌نماید.

* همچنین فشار منفی اتاق ایجاد می‌شود.

3.3. جریان هوا در فضاهای بیماران کاملاً باز (Airflow in Fully Open Patient Spaces)

• در این فضاها باید از سیستم‌های تأمین و اگزاست موجود استفاده شود.
• این نوع فضا باعث ایجاد شرایط مخلوط‌شده کامل

(Well Mixed Conditions) می‌شود:

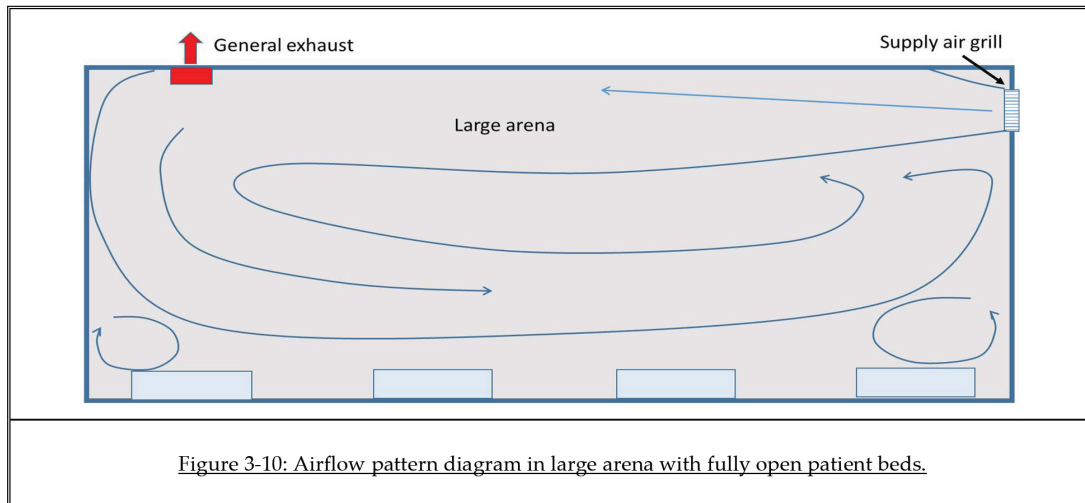
* دما در تمام ارتفاع سالن یکنواخت خواهد بود.

* اما آئروسول‌ها نیز در کل سالن منتشر خواهند شد (شکل 3-10).

• دلیل آن این است که هوای سالن به‌طور مداوم مخلوط می‌شود.

• این رویکرد همچنین مانع از آن می‌شود که بتوان جریان هوا از «تمیز به نیمه‌تمیز» را در کل سالن برقرار کرد.

• در نتیجه، سطح مواجهه کارکنان مراقبت‌های بهداشتی و کارکنان نگهداری تأسیسات با ویروس افزایش می‌یابد.



• این سیستم‌ها معمولاً همراه با دیفیوزر اختلاط (**Mixing Diffuser**) به کار می‌روند و راهکار اصلی آن‌ها تهویه رقیق‌سازی (**Dilution Ventilation**) برای کنترل آلاینده‌ها است.

• اگرچه این روش معمولاً در کاهش غلظت مؤثر است، اما جمع‌آوری موضعی آلاینده در منبع (مانند آنچه یک هود بالاسری تهویه‌شونده

Ventilated Headboard فراهم می‌کند) می‌تواند راندمان کنترل آلودگی را به‌طور چشمگیری افزایش دهد (شکل 3-11).



Figure 3-11: NIOSH Ventilated Headboard.

• الگوی جریان هوا در اتاق بیمار عمدتاً توسط لوورهای هوای تأمین

(**Supply Louvers**) کنترل می‌گردد.

• خروجی‌های هوای تأمین باید:

* به‌طور راهبردی در مکان مناسب قرار گیرند.

* به‌اندازه مناسب طراحی شوند.

* جریان هوا را به‌گونه‌ای ایجاد کنند که جهت‌دار و محافظتی باشد.

* بدون اینکه سرعت خروجی بیش از حد ایجاد شود.

* بدون ایجاد اختلال در عملکرد هود اگزاست.

* و بدون ایجاد جریان‌های ناراحت‌کننده در نزدیکی بیمار.

• طراحی‌های سنتی اتاق ایزوله بیماران معمولاً از لوورهای بازگشت هوا

(**Return Louvers**) بالای سر بیمار (در

سقف یا بالای تخت) استفاده می‌کنند.

• اما برای آنکه مؤثر باشند، باید بیشتر اصول طراحی هود بالاسری تهویه‌شونده را رعایت کنند؛ تا بتوانند آئروسول‌های عفونی را سریعاً جمع‌آوری و حذف کنند و همزمان میزان مواجهه پرسنل مراقبت‌های بهداشتی (HCP) را کاهش دهند.

اصول طراحی هود بالاسری تهویه‌شونده (Ventilated Headboard Design Principles):

• ابعاد:

- * سطح هود: ۲ فوت × ۴ فوت
- * عمق پلنوم هود: حداقل ۶ اینچ
- * (این ابعاد امکان پوشش تخت بیمار معمولی را فراهم می‌کند و مسیر گسترده‌تری برای جریان یک‌طرفه محافظتی به سمت داخل هود ایجاد می‌کند).

• سایبان کشویی (Extendable Canopy):

- * تا ۳۶ اینچ از سطح هود به بیرون امتداد یابد (معادل ۷۵٪ بزرگ‌ترین بعد هود).
- * سایبان روی ناحیه بالشی بیمار قرار گیرد.

• سرعت عبوری روی سطح هود

(Face Velocities):

- * سرعت 30 تا 35 fpm (فوت بر

• پژوهش‌ها نشان داده‌اند که طراحی‌های مبتنی بر جمع‌آوری موضعی منبع آلاینده اثربخش‌تر از مفاهیم سنتی تهویه رقیق‌سازی هستند.

• علاوه بر این، سیستم‌های جمع‌آوری موضعی که به‌درستی طراحی شده‌اند، می‌توانند معادل یا حتی بیش از تهویه رقیق‌سازی، نرخ تعویض هوا در اتاق بیمار ایجاد کنند.

• بنابراین، این رویکرد بهترین ترکیب برای کنترل آئروسول‌ها را فراهم می‌کند.

• پژوهش‌های پشتیبان و همچنین دستورالعمل‌های دقیق برای طراحی، ساخت و استقرار هود بالاسری تهویه‌شونده (Ventilated Headboard) در بخش منابع (References) موجود است:

این دستورالعمل‌ها بر اساس سیستم‌های بازچرخانی هوای مجهز به فن/فیلتر HEPA هستند.

• با این حال، سیستم‌های اگزاست بدون فیلتر نیز در صورتی که به‌درستی طراحی و تخلیه شوند، می‌توانند استفاده شوند.

• احتمالاً طراحی‌های دیگری از هود نیز وجود دارند که بتوانند عملکرد مشابهی داشته باشند.



پویانپارس

مهندسی، تامین کالا و اجرای پروژه‌های تاسیساتی (EPC)
www.pouyanpars.ir

(lent Eddy) جلوگیری کند.

* از معکوس شدن جریان هوا در اتاق بیمار پیشگیری نماید.

• فشار پشتی در سطح هود (**Back Pres-sure**):

* هود باید فشار پشتی کافی در سطح ورودی داشته باشد تا توزیع یکنواخت جریان هوا روی کل سطح 8 فوت مربع فراهم شود.

* در پژوهش **CDC/NIOSH** این فشار پشتی با استفاده از فیلترهای

MERV 7 در سطح هود به دست آمد.

* روش‌های دیگر نیز ممکن است عملی باشند، به شرط آنکه همین نتیجه حاصل شود.

دقیقه) در سراسر سطح هود.

* این مقدار معادل نیاز به حجم اگزاست 240 تا 280 **cfm** است.

* این مقدار نرخ تعویض هوا برابر 14.4 تا 16.8 **ACH** در قالب تهویه رقیق‌سازی محسوب می‌شود.

• فشار منفی هود

(Negative Static Pressure):

* در دبی 240 **cfm**، هود بالاسری نیازمند فشار منفی حدود 0.2 اینچ ستون آب است.

• هوای جبرانی/تأمین

(Make-up/Supply Air):

* باید در دیوار مقابل یا بالای درب ورودی وارد شود.

* هدف: پشتیبانی از الگوهای جریان جهت‌دار محافظتی از تمیز به نیمه‌تمیز.

* در سناریوهای هتل یا پادگان: اگر طراحی سیستم **HVAC** موجود نتواند این الگو را ایجاد کند، ممکن است نیاز باشد هود بالاسری توسط یک واحد قابل‌حمل **HEPA Fan/Fil-ter** پشتیبانی شود.

• سرعت تخلیه هوای تأمین‌شده به فضای بیمار:

* باید به اندازه کافی پایین باشد تا:

* از ایجاد جریان‌های گردابی (**Turbu-**

