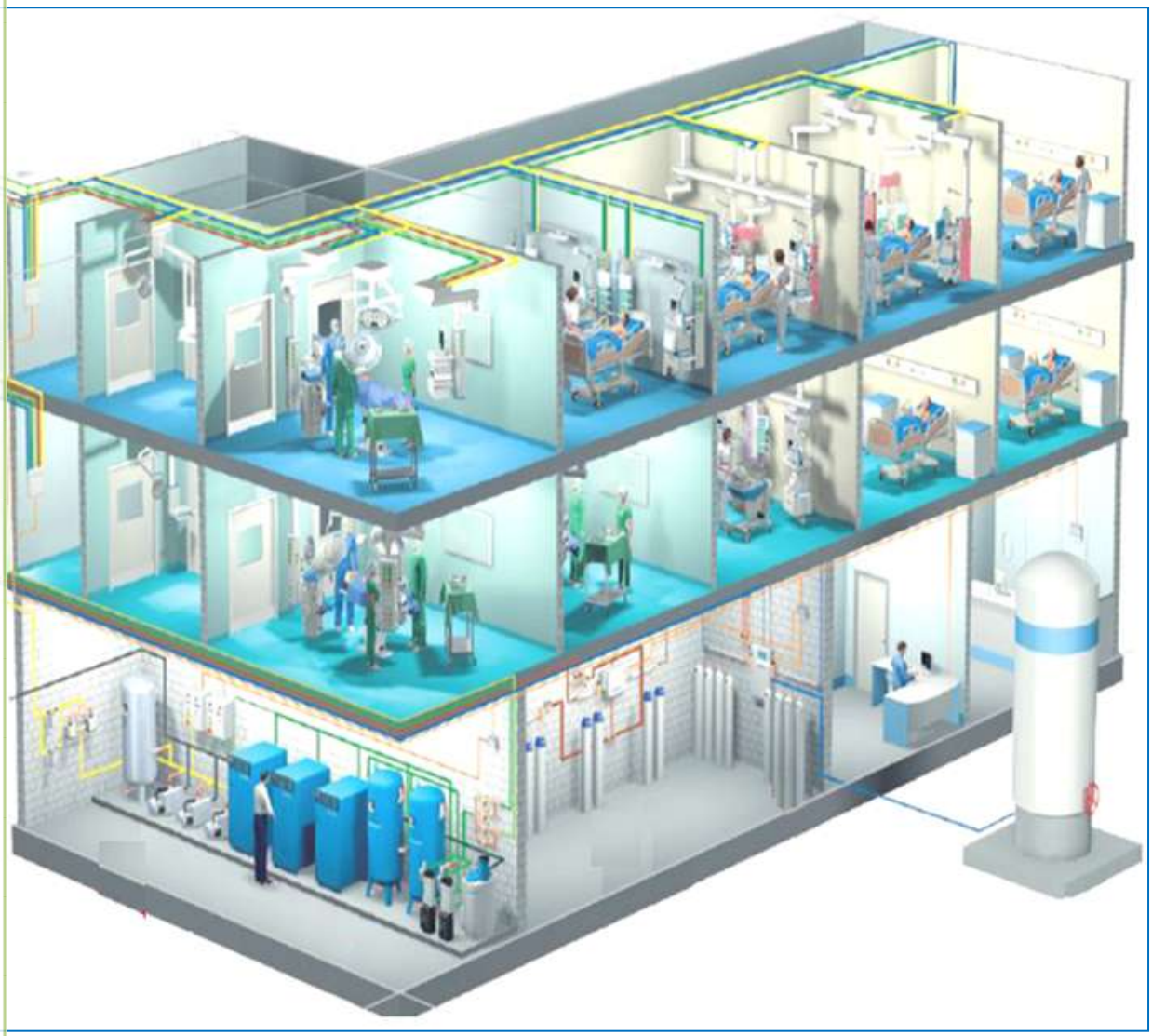
تكييف المستشفيات وبارامترات أقسام الرعاية الصحية



مهندس / شمسان المالكي

صنعاء ٠٠٩٦٧٧٧١٥٧٨٥٢٤

المحتويات

الغلاف..... ١

الفهرست ٢

الاختصارات ٥

مقدمة عن تكييف المستشفيات ٧

تصميم شبكات تكييف المستشفيات ٨

العوامل المؤثره على الانسان فيما يتعلق بنظام التكييف ، الحمل الحراري،حساب الاحمال..... ٩

خواص الهواء ١٠

المقصود بتكييف الهواء ، حركه واتجاه الهواء ١١

مستوى جودة الهواء ١٣

الانثالبي ، الانتروبي ، ما يميز تكييف المستشفيات عن أنواع التكييفات الاخرى ١٤

علاقة الوقاية والعلاج من الامراض بتكييف الهواء ١٥

الدور الذي يقوم به تكييف الهواء بالمستشفيات ، ظاهرة المدخنة في المستشفيات ١٦

شرح تأثير ظاهرة المدخنة على تكييفات المستشفيات..... ١٧

كيفيه التعامل مع ظاهرة المدخنة في المستشفيات ، التحكم في الدخان ١٨

مرشحات الهواء ١٩

مرشحات هيبا ٢٠

أهم آليات الترشيح (الالتقاط ، الصدم ، الانتشار) ٢١

الاعتبارات التي يجب الاخذ بها عند تركيب المرشحات ٢٢

اختبار DOP للمرشحات والفلاتر وأهميته وكيفيه الاختبار ٢٣

كفاءة المرشحات الخاصة بأنظمة التهوية والتكييف المركزي بدور الرعاية ٢٤

مقارنه بين مرشحات (HEPA & ULPA) ٢٥
تصنيف ميرف لكفائه المرشحات ٢٦
التهوية والضغط النسبي في المستشفيات ٢٧
نظام الضغط الايجابي ٢٨
نظام الضغط السلبي ٢٩
مناطق الضغط السلبي ، ومناطق الضغط الايجابي ٣٠
الخريطة السيكومترية ، شرح الخريطة السيكومتري..... ٣١
العمليات السيكومترية ٣٢
بيانات الخريطة السيكومترية وأهميتها ٣٣
أجهزة قياس بارامترات اقسام الرعاية الصحية ٣٤
أنواع أجهزة القياس ٣٥
العوامل المؤثرة في تهوية غرف العمليات ومدى درجه تعقيمها ٣٦
مخطط غرف العزل والحماية ٣٨
أنواع غرف عزل المرضى ٣٩
مميزات غرف العزل ٤٠
مخطط تصميم غرف العمليات ٤١
ضغط الهواء الصفائحي وفوائدة ٤٢
التبريد الميكانيكي ، العزل الحراري والطاقة ٤٣
غرف العمليات ٤٤
اشتراطات غرف العمليات والقسطره والمناظير ومعالجة الكسور ٤٥
متطلبات التهوية التي تؤثر على رعاية المرضى في المستشفيات ٤٦

البارامترات الموصى بها من قبل ASHRAE170..... ٤٩
وسائط ومواد التبريد ٥٣
استخدامات وسائط التبريد ونوعيه الضواغط ٥٤
الوان اسطوانات بعض وسائط التبريد ٥٥
معايير وشروط تصميم انظمة التهوية في مؤسسات الرعاية الصحية ٥٦
المراجع العربية ٥٨
المراجع الانجليزية ٥٩

الاختصارات وبعض المصطلحات

١. Heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) - نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء

٢. High efficiency particulate air (HEPA) - فلتر هواء عالي الكفاءة للجسيمات

٣. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE)
الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء

٤. Ultra-low particulate air (ULPA) جسيمات الهواء المتناهية الصغر

٥. American National Standards Institute (ANSI) - المعهد الوطني الأمريكي للمعايير

٦. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)– مركز السيطرة والوقاية من الامراض

٧. Airborne Infection Isolation Rooms (AIIRs) - غرفة عزل العدوى

٨. American Society for Health Care Engineering (ASHE) - جمعية أمريكية لهندسة الرعاية الصحية

٩. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) اداره السلامة والصحة المهنية

١٠. Air Change Rates (ACH) - عدد مرات تغيير الهواء في الغرفة في الساعة

١١. Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI)
معهد تكييف الهواء والتدفئة والتبريد

١٢. Food And Drug Administration (FDA) – ادارة الدواء والغذاء

١٣. critical care unit (CCU) - ICU – Intensive care unit وحده العناية المركزة

١٤. International Standardization Organization (ISO) المنظمة الدوليه لتوحيد المقاييس

١٥. Operating Room (OR) – غرفة العمليات الجراحية

١٦. Relative Humidity (RH) الرطوبة النسبية

١٧. Ethylene Oxide (EtO)_اكسيد الاثيلين

١٨. Air Changes Per Hour (ACH) تغيير الهواء في الساعة

١٩. Not Requirement (NR) غير مطلوب

٢٠. Infection Control (IC) ضبط العدوى

٢١. Personal Protective Equipment (PPE) معدات الحماية الشخصية

٢٢. Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) التشييع المبيد للجراثيم بالإشعاعات فوق البنفسجية

٢٣. World Health Organization (WHO) منظمة الصحة العالمية

٢٤. Air Handing Unit (AHU) وحدة مناوله الهواء

٢٥. C – Celsius درجة مئوية

٢٦. Cubic Feet Per Minute (CFM) قدم مكعب في الدقيقة

٢٧. .Heating Load - الحمل الحراري – يُحسب حمل التدفئة أي كمية التدفئة اللازمة بناءً على درجة حرارة الهواء الخارجي المفترضة ودرجة حرارة الهواء الداخلي المطلوب

٢٨. Feet Per Minute (FPM) قدم في الدقيقة

٢٩. Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) التشيع المبيد بالأشعة فوق البنفسجية

٣٠. Food And Drug Administration (FDA) اداره الدواء والغذاء

٣١. American Association Of Operating Room Nurses (AAORN) الجمعيه الامريكية لممرضات غرف العمليات

٣٢. Association for the advancement of medical instrumentation (AAMI) جمعيه تطوير الاجهزة الطبية

٣٣. Infection control risk assessment (ICRA) تقييم مخاطر مكافحة العدوى

٣٤. Minimum efficiency reporting value (MERV) قيمة الحد الادنى لكفاءة الفلتر

٣٥. central sterilizing and supply department (CSSD قسم التعقيم المركزي

٣٦. Indoor Air Quality (IAQ) جودة الهواء الداخلي

٣٧. Association of Operating Room Nurses (AORN) جمعية ممرضات غرف العمليات

٣٨. Facilities Guidelines Institute (FGI) معهد ارشادات المنشآت الصحية

مقدمة عن شبكات تكييف المستشفيات

نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء ونوعيه الهواء وجودته في المستشفيات يختلف عن بقيه تكييف المنشآت والمؤسسات والمباني الاخرى ، بعض أماكن وأقسام مؤسسات الرعاية الصحية بحاجة الى غرف نظيفة ذات ضغط الهواء الإيجابي او السلبي وحسب أهميه الغرفه ووظائفها وترتيب موقعها في نظام التهوية والتكييف،حيث يعد الهواء واتجاهه عامل من عوامل التلوث وانتشار العدوى اذا ما استخدم بطريقة غير مثاليه وعمليه ، فقد أظهرت الدراسات والأبحاث والأدلة الطبية أن أنظمة التكييف المناسبة تساعد في حماية وعلاج كثير من الحالات الطبية ، وعليه فان التكييف السليم يساعد في علاج الأمراض و الوقاية منها ، و تطبيقاته في منشات الرعاية الصحية تواجه العديد من الصعوبات والتحديات التي لا نجدها في التصميمات المعتادة لتكييف الهواء.

إن الاختلافات الجوهرية بين تكييف هواء المستشفيات وما يماثلها من منشئات صحية و تكييف هواء المباني والمنشآت الأخرى يظهر من خلال الاحتياجات الخاصة من معدلات التهوية والترشيح والتحكم في حركة الهواء واختلاف درجات الحرارة و الرطوبة بين المناطق المختلفة في جميع اقسام ومرافق الرعاية الصحية.

إن المرضى الذين يحتاجون إلى العلاج بالأكسجين للتنفس لابد من بذل عناية خاصة لهم للتأكد من أنهم يتنفسون هواء رطب دافئ فالأكسجين البارد الجاف يمثل حالة في غاية الخطورة كما إن المصابين بحروق يحتاجون إلى المكوث في بيئة حارة نسبيا وذات رطوبة مرتفعة وإن عنابر مرضى الحروق الشديدة ينبغي تزويدها بوسائل تحكم تسمح بضبط درجة حرارة ورطوبة الغرفة لتصل إلى(٣٢ و ٩٠%) إذا تم وضع مآخذ الهواء الخارجي في أماكنها السليمة ، و تم صيانة و ضمان نظافة الأماكن المجاورة لها ، فإن الهواء الخارجي المسحوب يصبح خالياً من البكتريا و الفيروسات مقارنة بالهواء الداخلي ،وأحياناً الوقاية من مسببات العدوى تتضمن معالجة مصادر البكتريا و الفيروسات داخل المستشفى. لهذا التهوية تعمل على تخفيف تركيز التلوث بالفيروسات و البكتريا داخل المستشفى وإذا تم تصميم أنظمة التهوية تصميماً سليماً وتم تركيبها وصيانتها لتحافظ على الضغوط النسبية السليمة بين أقسام المستشفى المختلفة فإنها ستقوم بإزالة مسببات العدوى من بيئتها الداخلية ، درجات الحرارة و الرطوبة من الممكن أن تساعد أو تمنع نمو البكتريا وتعمل على تنشيط الفيروسات أو تجعلها خاملة ، بعض البكتريا تعيش بشكل أساسي في المياه و تنجو من الموت بسهولة في البيئة الرطبة ، تضع الأكواد و التوجيهات الإرشادية معايير محددة لدرجات الحرارة و الرطوبة في بعض المناطق بالمستشفى كإجراء للوقاية من مسببات العدوى فضلاً عن الشعور بالراحة الحرارية ، يعُد نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) جزءاً لا يتجزأ من بروتوكولات مكافحة العدوى في المستشفيات فهو مسئول عن تلطيف الهواء ، وضبط الرطوبة النسبية في المكان ، وضبط ضغط الهواء بين الأماكن ، وتصفية وتخفيف الهواء المعُاد تدويره في المبنى ، وتهوية المبنى وطرد الملوثات.

تصميم شبكات أنظمة تكييف المستشفيات

تتمثل الخطوة الأولى في تصميم أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء في تحديد ظروف التصميم الداخلية والخارجية صيفاً وشتاء رغم ان هناك الكثير من المعايير الفنية والمتطلبات الهندسية اثناء تصميم وحدات التكييف والتدفئة والتهوية ونظام التحكم بالهواء في مختلف اقسام الرعاية الصحية ، مع مراعاة طبيعة موقع المستشفى واتجاه المبنى عند التصميم والأخذ بالاعتبار التأثيرات الطقسية لمختلف المناطق الجغرافية والتي تؤدي الى المفاضلة بين استخدام أنظمة تكييف وتهويه عن آخرى وما يتناسب مع مناخ وطقس الموقع الجغرافي لمنطقة المستشفى.
يكون التحكم بدرجة الحرارة عن طريق تبريد الهواء او تسخينه ، اما التحكم بالرطوبة فيكون عن طريق ترطيب او تجفيف الهواء من بخار الماء ، اما التنقية فتتم بالتخلص من نسبة الشوائب والأتربة اضافة الى الغازات والروائح الكريهة وتعقيمه من الميكروبات والتحكم بالتوزيع بعمل التوازن ثم توجيه وضبط مسار الهواء مع خفض مستوى الصوت ، يتم تصميم الأنظمة الميكانيكية بحيث تحقق الكفاءة الكلية المطلوبة وتحديد الاحمال المطلوبة والتكلفة المناسبة على مدى دورة عمر المعدات ، لذا يتم اتباع الخطوات الهندسية المعترف بها للوصول إلى النتائج الأكثر كفاءة وحسب ما تنص عليه معايير جمعيه مهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء الامريكية والمنظمات والمعاهد العالميه المهتمة بسلامه تأسيسات انظمة التدفئة والتبريد في مؤسسات الرعاية الصحية (ASHRAE, NIOH, OSHA, NFPA Standards) يجب ان يشمل النظام على الوسائل اللازمة لاسترداد ما فى العوادم المطرودة من طاقة تبريد وتسخين وإجراء القياسات لتحديد معدل سريان الهواء والماء فى الأنظمة ، و يراعى استعمال آليات معترف بها ومسموح باستخدامها مثل استخدام نظم الهواء متغيرة الحجم وحجب بعض الأحمال واستخدام وسائل التحكم المبرمجة فى الفترة التى تكون فيها الأماكن غير مشغولة للتوفير فى استخدام الطاقة ، مع تزويد أنظمة هواء التغذية والراجع الرئيسية وكذلك صواعد أنظمة التبريد والتسخين والبخار بمحابس لفصل القطاعات المختلفة لكل نظام وأن تكون كل معدة مزودة بمحابس على نهاية خطوط التغذية والراجع وتركيب المعدات الميكانيكية ومجارى الهواء والمواسير على موانع اهتزاز لمنع انتقال الاهتزازات غير المقبولة في منشآت الرعاية الصحية مع توفير كافة الاحتياطات اللازمة لتهوية جميع غرف المناطق المستخدمة للعناية بالمرضى ، وتكون درجة حرارة الحيز والرطوبة النسبية ومعدل تغيير الهواء كما هو معمول به في جداول بارامترات اقسام الرعاية الصحية والموصى بها ، وعدد مرات تغيير الهواء المحددة والتي تعنى دفع الهواء بالمناطق ذات الضغط الموجب بينما فى المناطق ذات الضغط السالب تعنى سحب الهواء ، عندما تكون أى من هذه المناطق مشغولة حيث أن تحقيق درجة الحرارة فى منطقة ما قد يستوجب زيادة عدد مرات تغيير الهواء عما هو مطلوب كحد أدنى ، أي مبنى لا يعمل كما هو مخطط له وكما هو مصمم له فقد يؤثر سلباً على جميع شاغلية .

العوامل التي تؤثر على راحة الانسان فيما يتعلق بنظام التكييف والتهوية

١. درجة الحرارة الجافة ، مقدار درجه الحرارة ونوعيتها.
٢. متوسط درجه الحرارة الاشعاعية ، كثيرا ما يشعر الاشخاص بجانب الجدران او الاسطح الزجاجيه ببرودة اكثر رغم ان درجة حرارة منطقة الوسط المحيط في حدود درجات الراحة.
٣. نسبة الرطوبة ، درجة الحرارة المؤثره عند التشبع وتختلف في الشتاء والصيف وسرعة الهواء.
٤. سرعة الهواء ، في حاله زيادة درجة حرارة الهواء ، فأنة يلزم الزيادة في سرعة الهواء .
٥. العزل نتيجة الملابس ، الملابس تعمل على عزل الجسم عن الهواء الخارجي ، ففي الشتاء يفضل ارتداء ملابس ثقيلة وفي الصيف ملابس خفيفة.
٦. نشاط ومستوى حركه الشخص ، يحافظ الجسم على مستوى درجه حرارته عن طريق توليد حرارة الإيض داخل الجسم ، فمستوى حرارة الشخص العادي تختلف عن الشخص الذي يمارس الرياضه.

الحمل الحراري في عمليات التكييف

الحمل الحراري في عمليات التكييف والتهوية نوعان :-

(١) **حمل تبريد** ، صيفاً عندما تكون الاحمال الحرارية المختلفة تزيد وتضيف من درجات حرارة المكان المراد تكييفه.

(٢) **حمل تسخين** ، شتاءً عندما تعمل الاحمال الحرارية المختلفة على تقليل درجه الحرارة في المكان المراد تكييفه.

حساب أحمال التبريد

لمعرفة حسابات حمل التبريد لمكان ما ، يلزم معرفة بعض المعلومات كالتالي :-

١) خصائص المبنى ، معرفه خصائص مواد بناء الحيز وأبعاد وتوضيح الاتجاهات الاربع للمبنى.

٢) البيانات الجوية للمنطقة ، وعلى ضوئها يمكن تحديد بعض المتطلبات كأحوال التصميم الخارجي ومعدل الاشعاع الشمسي ، ومعرفه التصميم الداخلي ، ونوع واستعمال الحيز المكيف.

٣) مدة وزمن التواجد للأشخاص ، وفترة عمل الاضاءة

٤) نظام التكييف والتهوية.

خواص الهواء

١) مكونات الهواء الجوي – يتكون الهواء الجوي من العديد من الغازات المختلفة مختلطا بعضها ببعض وتتغير نسب الغازات المختلفة من مكان لآخر على الكرة الأرضية ،كما يحتوي الهواء أيضا على كمية من الكائنات الحية بعضها ضار(الجراثيم) ويحتوي الهواء أيضا على كمية من الغبار والأتربة. وعند وجود بخار ماء في الهواء الجوي يعتبر الهواء رطبا Moist Air وتشكل جميع الغازات الأخرى ما يسمى بالهواء الجاف (Dry Air)

٢) درجة حرارة الهواء الجوي – درجة حرارة الهواء ممكن قياسها بالعديد من الدلائل وهي :-

– درجة الحرارة الجافة وهي درجة الحرارة المقاسة بواسطة ترمومتر يكون الانتفاخ له جافا.

– درجة الحرارة الرطبة وهي أقل درجة للحرارة تقاس بواسطة ترمومتر انتفاخه مبلل خفيفا بالماء ونتيجة لتبخر الماء من سطح انتفاخ الترمومتر تنخفض درجة الحرارة وتكون دائما اقل من درجة الحرارة الجافة كنتيجة لتبخر الماء الذي يمتص الحرارة الرطبة لهواء مشبع ببخار الماء تكون مساوية تماما لدرجة الحرارة الجافة.

– درجة التندي وهي درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود في الهواء في التكثف وتقاس بوضع ترمومتر في إناء به ماء ويبرد الماء تدريجيا حتى يلاحظ تكثف جزئيات من الماء على سطح الإناء الخارجي.

٣) الرطوبة – هي كمية بخار الماء الموجود في الهواء تقاس بأي من الوحدات ألآتية :-

– الرطوبة النوعية وتقدر بكمية بخار الماء الموجود في الهواء الجاف ، ويقاس وزن بخار الماء بالجرام في النظام المتري والجرين في النظام الإنجليزي بينما يقاس وزن الهواء الجاف بالكيلو جرام والرطل.

– الرطوبة النسبية وهي نسبة ضغط بخار الماء الموجود في الهواء بالنسبة لضغط التشبع عند نفس الظروف وهي تقاس بنسبة مئوية أو كسور عشرية وهي المؤثر الفعال بالنسبة لإحساس الإنسان بارتفاع أو انخفاض الرطوبة وتتأثر بدرجة حرارة الهواء الجوي وعند زيادة الرطوبة النسبية يقل معدل تبخر التعرق من سطح الجلد وبذلك يقل خروج العرق من داخل جسم الإنسان مما يسبب ترسيب الأملاح داخل الجسم وخصوص عند المفاصل وهذا يؤدي إلى أمراض الروماتيزم وهذا بخلاف التأثير بالنسبه للحويصلات الهوائية فزيادة الرطوبة النسبية تعني احتمال تكثف بخار ماء داخل الرئة وكذلك تؤدي إلى خفض معدل امتصاص الدم للأكسجين من الهواء وانخفاض معدل الرطوبة عن الحد المسموح به يؤدي إلى جفاف الحويصلات الهوائية والجلد وبالتالي إلى الآم في التنفس وتشقق الجلد.

٤) الانثالبي– عند حساب الحمل الحراري اللازم لعمليات تكييف الهواء فلابد من معرفة كمية الطاقة الحرارية الكلية في الهواء بالنسبة لوحدة الأوزان وهي ما تسمى بالانثالبي (Enthalpy) وتقاس بالوحدات الحرارية لكل وحدة وزن للهواء الجاف وتقاس في النظام الانجليزي بوحدة حرارية بريطانية لكل رطل هواء جاف أو الكيلو سعر لكل كيلو جرام هواء جاف ، الوحدة الحرارية البريطانية هي كمية الحرارة اللازمة للرفع درجة حرارة رطل

واحد من الماء درجة واحدة فهرنهايت – الكيلو هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام من الماء درجة واحدة مئوية ، يتضح لنا أنه يلزم معرفة مجموعة من الخواص المختلفة للهواء الجوي. وأكثرها يمكن حسابه بواسطة المعادلات المختلفة وهنا يستغرق وقتا وجهودا كبيرا ولذلك تستخدم عادة الخرائط السيكرومترية وهي خرائط خاصة تبين الخواص المتعددة للهواء وهي عادة ترسم بإحدى الطرق وتكون محوري الخريطة هما درجة الحرارة والرطوبة النوعية ، يمكن استخدام الخرائط السيكرومترية (الخرائط السيكرومترية Psychometrics Chart) لتحديد الخواص الضرورية للهواء.

المقصود بتكييف الهواء

مجموعة من العمليات الغرض منها معالجة الهواء ، حتى يمكن التحكم في درجة الحرارة ، والرطوبة والنقاوة ، بحيث تتلاءم مع الغرض المطلوب منه ، ويكون التحكم في الهواء وتوزيعه بعمل التوازن وضبط مسار الهواء مع خفض مستوي صوت نظام التكييف كون الغرض من تكيف الهواء وعمليات التكييف هو توفير جو خاص يلائم ظروف خاصة غرف العمليات الجراحية التي تستلزم نقاوة معينة ودرجه حرارة ملائمة. لان الهواء الجوي يتكون من مجموعة من الغازات أهمها غازات الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ونسبة الأكسجين في الهواء تمثل عاملاً هاما في حياة وراحة الإنسان فإن نقصها أو زيادتها يسبب اختلالا في التنفس مما يسبب مضايقة وضعف النشاط وقد يؤدي إلى أضرار كبيرة في حالة تغيير النسبة بقيم مختلفة عن الحد الطبيعي.

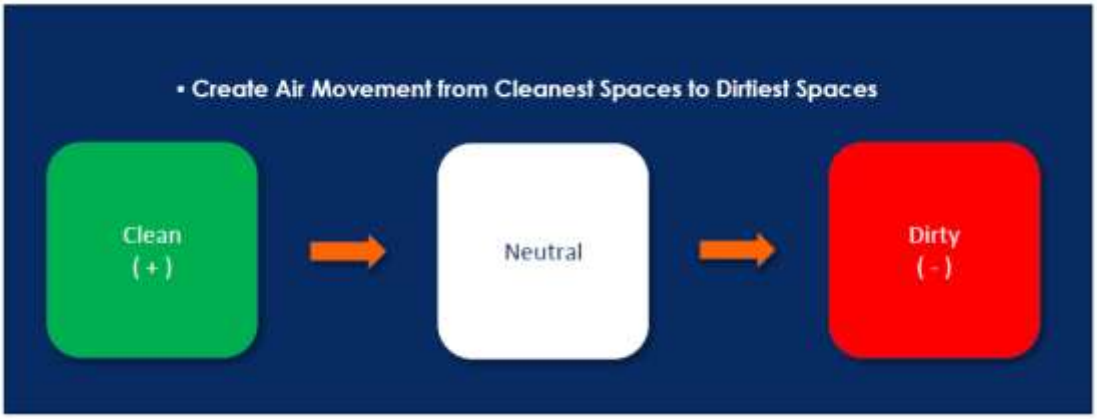
حركة واتجاه الهواء

احتماليه وإمكانية انتشار الملوثات في الهواء الذي تحتويه المستشفيات واردة جداً نتيجة للأنشطة الطبيعية التي تتم أثناء انشطة رعاية المرضى ، تشير أعداد البكتريا داخل ممرات المستشفى الى مدى انتشار الملوثات ولان البكتريا تتسبب من خلال هذه الأنشطة الضرورية فإن أنظمة مناولة الهواء ينبغي أن تقوم بدفع الهواء بشكل يقلل من انتشارها مع ضمان بقاء التحكم بغرض تطهير الهواء من الجراثيم والميكروبات بسريان هواء التغذية والطرد بطريقة متحكم فيها للتأكد من أن حركة الهواء تكون من الأماكن النظيفة إلى الأماكن الأقل نظافة.

هناك صعوبة في التحكم في حركة الهواء بين الغرف وطوابق المستشفى نتيجة فتح الأبواب وغلقها وحركة المرضى والعاملين بالمستشفى واختلاف درجات الحرارة وتأثير ظاهرة المدخنة والفتحات الرأسية وممرات المصاعد وأبراج السلالم والممرات الميكانيكية ، رغم صعوبة التحكم عملياً في بعض هذه العوامل إلا أنه يمكن الحد من تأثير البعض الآخر منها عن طريق انتهاء هذه الفتحات الرأسية داخل غرفة مغلقة و تصميم أنظمة مناولة هواء تقوم بخلق ضغوط اعلى أو أقل من الضغط الجوي فيها وفي غيرها من الغرف و المناطق الأخرى.إن الأنظمة التي تخدم مناطق شديدة التلوث مثل المشرحة وغرف عزل مسببات العدوى ، ينبغي الحفاظ عليها عند ضغط هواء سلبي بالنسبة للغرف أو الممرات المجاورة ويمكن تحقيق فرق الضغط السلبي بدفع معدلات تدفق هواء إلى تلك

المناطق أقل من معدلات الهواء المسحوب منها مما يجعل الضغط السلبي عامل في تسرب الهواء إلى داخل الغرف من أماكن مختلفة (حروف الأبواب والنوافذ وأماكن عبور مختلف المواسير والكابلات والممرات الهوائية والأجهزة عبر الجدران والأسقف والشقوق) ومنع تدفق الهواء إلى خارج الغرف ، ويستثنى من طريقة التعامل بالضغط السلبي أو الإيجابي غرف العمليات التي قد يتم فيها معالجة المرضى ذوي مسببات العدوى الشديدة (غرف العمليات التي يتم فيها إجراء مناظير الشعب الهوائية أو جراحة الرئة) وغرف العزل التي يسكن فيها مرضى ضعف المناعة نتيجة إصابتهم بمسببات عدوى محمولة جواً مثل مرض السل (TB) فهذه المناطق لابد أن يتم الانتقال إليها عبر غرفة بينية تفصلها عن الممرات أو أي مناطق مجاورة وينبغي أن يكون ضغط الهواء في هذه الغرف البينية إيجابياً أو سلبياً بالنسبة للمناطق المجاورة ويعتمد ذلك على التعليمات المنظمة للوقاية من الحريق والدخان باستخدام التقنيات التي تحد من انتقال الملوثات بين مناطق تواجد المرضى والمناطق المحيطة بها.

فرق الضغط لا يمكن المحافظة عليه إلا عندما تكون الغرفة محكمة بالكامل ضد تسرب الهواء. ولذلك لابد أن تكون كل الأبواب مانعة لتسرب الهواء وأن يتم إحكام منع التسرب خلال كل فتحات الجدران والأرضيات الموجودة بين المناطق المضغوطة وأفضل طريقة لتحقيق ذلك هو عن طريق استخدام شرائط عزل حول الحواف الداخلية لأطر الأبواب بالإضافة إلى تجهيز الأبواب بحواف سفلية مانعة للتسرب.



حركه الهواء من المناطق النظيفة الى المناطق الاقل نظافة

مستوى جودة الهواء

إن أنظمة التهوية و التكييف لابد أن تقوم بتغذية الفراغات المعمارية بالهواء شبه خالياً من الأتربة ، والغبار والروائح والملوثات الكيميائية والإشعاعية ، ففي بعض الحالات يصبح الهواء الخارجي خطيراً على مرضى القلب ومرضى الجهاز التنفسي أو الرئوي ، وعلية يجب أن يؤخذ في الاعتبار أكبر قدر مسموح من تدوير الهواء داخل الغرفة .،، مآخذ الهواء الخارجي ينبغي أن يتم وضع هذه المآخذ بعيدة بقدر الإمكان لا تقل المسافة عن ٩م وفي اتجاهات مختلفة بقدر الإمكان عن مخارج عوادم معدات الاحتراق ومخارج طرد الهواء من المستشفى أو المباني المجاورة وأنظمة تفريغ العمليات الجراحية والطبية ، وأبراج التبريد ، وفتحات تهوية صواعد أعمال السباكة الصحية ، والمناطق التي قد تتجمع فيها عوادم السيارات ، ينبغي أن تكون أسفل نقطة في مآخذ الهواء التي تخدم الأنظمة المركزية مرتفعة بقدر الإمكان (يوصى بأن تكون على ارتفاع 3.6m) وبحيث لا يقل ارتفاعها عن 1.8m فوق الأرض ، و إذا تم تركيبها فوق سطح المبنى فلا يقل إرتفاعها عن 0.9m. مخارج الهواء المطرود وينبغي وضع هذه المخارج على ارتفاع لا يقل عن 3m فوق مستوى سطح الأرض وبعيداً عن الأبواب و الأماكن المشغولة بالأشخاص ، والنوافذ القابلة للفتح والغلق ،ويفضّل وضع هذه المخارج فوق مستوى سطح المبنى بحث يكون اتجاهها إلى الأعلى أو في الاتجاه الأفقي بعيداً عن مآخذ سحب الهواء المتجدد. و لابد من بذل مزيد من الاهتمام عند وضع مخارج طرد الهواء عالي التلوث كعوادم المحركات و أهواد الغازات الرغوية، والمخازن الآمنة للمواد البيولوجية، أهواد المطابخ ، وأكشاك عمليات الطلاء ، وأيضا الأخذ في الاعتبار الاتجاه الرئيسي للرياح ، والمباني المجاورة ، وسرعة طرد الهواء .

يمكن الاستعانة بالنمذجة الحاسوبية عند تصميم التطبيقات المعقدة والهامة ، يوجد العديد من الطرق الخاصة بتحديد كفاءة المرشحات في إزالة الجسيمات من تيارات تدفق الهواء ، غالباً ما نجد صعوبة في التحكم في حركة الهواء بين الغرف وطوابق المستشفى نتيجة فتح الأبواب وغلقها ، وحركة المرضى والعاملين بالمستشفى أو اختلاف درجات الحرارة وتأثير ظاهرة المدخنة (والتي يزيد من تأثيرها الفتحات الرأسية مثل المهاوي، وممرات المصاعد، و أبراج السلالم ، والممرات الميكانيكية الموجودة عادة في المستشفيات). ورغم صعوبة التحكم عملياً في بعض هذه العوامل إلا أنه يمكن الحد من تأثير البعض الآخر منها عن طريق انتهاء هذه الفتحات الرأسية داخل غرفة مغلقة و تصميم أنظمة مناولة هواء تقوم بخلق ضغوط اعلى أو أقل من الضغط الجوي فيها وفي غيرها من الغرف والمناطق الأخرى.

الانثالبي(Enthalpy)

طاقة الانثالبي في التكييف والتهوية هي كمية الطاقة الحرارية الكلية في الهواء مصطلح في الديناميكا الحرارية يُعبّر عن كمية الطاقة الكلية التي يحملها الهواء ، وتشمل الطاقة الداخلية للطاقة الحركية والطاقة الكامنة المرتبطة بالرطوبة ، بشكل مبسط الإنثالبي هو مقياس لمجموع الطاقة الحرارية في وحدة كتلة من الهواء ، ويشمل الطاقة الناتجة عن درجة حرارة الهواء ،الحرارة الحسية (Sensible heat) والطاقة المخزنة في بخار الماء الموجود في الهواء الحرارة الكامنة (Latent heat) يستخدم الإنثالبي لتقدير كمية الحرارة التي يجب إضافتها أو إزالتها من الهواء أثناء عمليات التبريد أو التسخين ، سواء كانت بطريقة تغيير درجة الحرارة أو التحكم في الرطوبة ، وحدة قياس الإنثالبي عادة تكون كيلو جول لكل كيلوجرام من الهواء الجاف (kJ/kg) أو وحدة حرارية بريطانية لكل رطل (BTU/lb)

الانتروبي (Entropy)

الانتروبي في التهوية والديناميكا الحرارية هو مقياس لدرجة العشوائية أو عدم النظام داخل نظام الهواء. بمعنى آخر، الانتروبي يُعبِّر عن كمية الطاقة التي لا يمكن تحويلها إلى شغل مفيد في عملية تبادل الحرارة وتدفق الهواء ، يساعد على فهم كيفية تغير حالة الهواء عندما يتعرض لعمليات مثل التسخين ، التبريد ، والترطيب ، يستخدم لتحليل كفاءة العمليات الحرارية والتأكد من أن النظام يعمل بطريقة موفرة للطاقة. زيادة الانتروبي تعني عادة فقدان جزء من الطاقة إلى الفوضى أو التشتت، وهو ما يعني انخفاض في كفاءة النظام ، وحدة قياس الانتروبي عادة تكون جول لكل كيلوجرام كلفن .(J/kg·K)

ما يميز تكييف المستشفيات عن بقيه أنواع التكييفات

إن التكييف السليم يساعد في علاج الأمراض والوقاية منها ، وتطبيقاته في منشئات الرعاية الصحية تواجه العديد من الصعوبات التي لا نجدها في التصميمات المعتادة لتكييف الهواء.

إن الاختلافات الجوهرية بين تكييف هواء المستشفيات (وما يماثلها من منشئات صحية) وتكييف هواء المباني الأخرى يظهر من خلال :-

(١) الحاجة إلى التحكم في حركة الهواء بين مختلف المرافق وفي مختلف الأقسام بالمستشفى؛

(٢) احتياجها إلى معدلات تهوية وترشيح خاصة لتخفيف وإزالة الملوثات التي على هيئة روائح وفيروسات وبكتريا محمولة جواً ومواد كيميائية وإشعاعية خطيرة؛

(٣) إختلاف درجات الحرارة و الرطوبة بين المناطق المختلفة بالمستشفى؛

(٤) متطلبات تصميمية معقدة للتحكم الدقيق في البيئة الحرارية بالمستشفى.

علاقة الوقاية والعلاج من الأمراض بتكييف الهواء

إن الدور الذي يقوم به تكييف الهواء بالمستشفيات ليس فقط لتحقيق الراحة الحرارية بل يضيف عليها وظائف أخرى أكثر أهمية ففي كثير من الحالات نجد أن تكييف الهواء السليم يعتبر عامل مهم في علاج المرضي وفي بعض الحالات هو العامل الأساسي ، لقد أظهرت الأبحاث أن المرضى الموجودون في بيئة حرارية مضبوطة صحتهم البدنية تتحسن أسرع من نظرائهم الموجودون في بيئات حرارية أخرى. فمرضي تسمم الغدة الدرقية لا يستطيعون تحمل السخونة أو الرطوبة أو الموجات الحارة بشكل جيد ، فالبرودة وجفاف الجو المحيط يساعد على التخلص من الحرارة بالإشعاع والتبخر من على سطح الجلد ، وقد يحافظ ذلك على حياة المريض.

إن مرضى القلب قد يكونوا غير قادرين على المحافظة على معدل تدفق الدم اللازم للتخلص من حرارة الجسم بشكل طبيعي لذلك فإن تكييف عنابر وغرف مرضى القلب وخصوصاً الذين يعانون من قصور شديد بالقلب في غاية الأهمية ويعتبر وسيلة من وسائل العلاج المتبعة والأشخاص الذين يعانون من جروح بالرأس ، والذين أُجريت عليهم عمليات جراحية بالمخ ، والمصابين بتسمم البربيتوريك قد يعانون من ارتفاع درجة الحرارة – خصوصا في الأجواء الحارة نظراً لاضطراب مركز التحكم الحراري بالمخ ، ومن الواضح أن البيئة التي يستطيع من خلالها المرضى أن يتخلصوا من الحرارة عن طريق الإشعاع والتبخر تعتبر عامل مهم لشفائهم ، وهذه البيئة على وجه الخصوص هي أي غرفة باردة هوائها جاف. لقد تم علاج مرضى إلتهاب المفاصل الريماتودي بنجاح بمكوثهم في بيئة جافة حارة عند درجة حرارة جافة ٣٢ ورطوبة نسبية مقدارها ٣٥%. حيث إن جفاف الهواء قد يشكل خطورة على المرضى لتسببه في الإصابة بعدوى ثانوية،لذلك ينبغي الحفاظ على الرطوبة عند مقدار يتراوح من ٣٠% إلى ٦٠% في أقسام المستشفى المخصصة لعلاج الجهاز التنفسي العلوي ، وأقسام العناية المُرَكَّزة ، والمناطق العامة بالمستشفى. إن مرضى أمراض الرئة المزمنة يعانون غالبا من إفرازات لزجة بالجهاز التنفسي وبتراكم هذه الإفرازات وزيادة لزوجتها نجد أن قدرة المرضى على التخلص من الحرارة والرطوبة تتضاءل وتحت هذه الظروف من الضروري أن يتنفس المرضى هواء دافئ رطب. إن المرضى الذين يحتاجون إلى العلاج بالأكسجين والمتصل بقصبتهم الهوائية خرطوم تنفس لابد من بذل عناية خاصة لهم للتأكد من أنهم يتنفسون هواء رطب دافئ ، فالأكسجين البارد الجاف وتسرب مخاط البلعوم إلى الجهاز التنفسي يمثل حالة في غاية الخطورة. إن المصابين بحروق يحتاجون إلى المكوث في بيئة حارة ذات رطوبة مرتفعة. إن عنابر مرضى الحروق الشديدة ينبغي تزويدها بوسائل تحكم تسمح بضبط درجة حرارة ورطوبة الغرفة لتصل إلى ٣٢ درجة و ٩٥%.

دور التكييف والتهوية في المستشفيات في المساعدة في علاج المرضى

تلعب أنظمة التكييف والتهوية دورًا حيويًا في بيئة المستشفيات، حيث تؤثر بشكل مباشر على صحة وسلامة المرضى والعاملين في الرعاية الصحية. تستخدم هذه الأنظمة لتوفير المناخ المناسب والحد من انتشار العدوى، مما يساهم في تحسين علاج المرضى وراحتهم من خلال :-

- **التحكم في درجة الحرارة والرطوبة** ، التكييف يساعد في الحفاظ على درجة حرارة مستقرة ومناسبة داخل المستشفى ، مما يساهم في راحة المرضى وتسريع عملية شفائهم. كما أن التحكم في الرطوبة يلعب دورًا مهمًا في منع نمو العفن والبكتيريا، مما يقلل من خطر الإصابة بالعدوى.
- **تحسين جودة الهواء** – توفر أنظمة التهوية تدفقًا مستمرًا للهواء النقي ، مما يساعد في تخفيف تركيز الملوثات والروائح غير المرغوب فيها. هذا الأمر مهم بشكل خاص في غرف العمليات ووحدات العناية المركزة حيث تحتاج جودة الهواء إلى أن تكون على أعلى مستوى ممكن.
- **الحد من انتقال العدوى** – تلعب التهوية دورًا حاسمًا في الحد من انتقال العدوى داخل المستشفى عن طريق إزالة الجزيئات المحمولة في الهواء ، بما في ذلك الفيروسات والبكتيريا. نظام التهوية الجيد يمكن أن يقلل من انتشار الأمراض المعدية ، مما يساعد في حماية المرضى والعاملين.
- **تعزيز الراحة النفسية والجسدية** – بيئة المستشفى المريحة تساهم في تحسين الحالة النفسية للمرضى ، مما يعزز من فعالية العلاج. التكييف الجيد والتهوية المناسبة يمكن أن يقللا من الإجهاد الحراري ويعززا الراحة الجسدية، مما يتيح للمرضى التركيز على الشفاء.
- **دعم التكنولوجيا الطبية** – تتطلب العديد من الأجهزة الطبية الحديثة بيئة محددة من حيث درجة الحرارة والرطوبة للعمل بكفاءة. أنظمة التكييف والتهوية تضمن استقرار هذه الظروف ، مما يسهم في الحفاظ على دقة وفعالية الأجهزة الطبية.

ظاهره المدخنة في المستشفيات

حركة الهواء الراسية الناتجة من اختلاف درجات الحرارة وكثافة الهواء الساخن (الصاعد والأخف) والبارد (الاثقل) ، تؤثر ظاهرة المدخنة التي تتسبب في حركة الهواء داخل المباني على تكييفات المستشفيات بطرق مختلفة يمكن أن تزيد من كفاءة التبريد في بعض الحالات ، ولكنها قد تزيد أيضًا من تسرب الهواء غير المرغوب فيه مثل غاز الرادون أو مواد عضوية متطايرة.

شرح تأثير ظاهرة المدخنة على تكييفات المستشفيات

❖ **زيادة كفاءة التبريد** – في الأجواء الحارة ، يرتفع الهواء الدافئ داخل المبنى إلى الأعلى بسبب انخفاض كثافته ، مما يخلق ضغطًا منخفضًا في الأسفل هذا الضغط المنخفض يساعد على سحب الهواء البارد من أجهزة التكييف، مما يزيد من كفاءة التبريد.

❖ **زيادة استهلاك الطاقة** – إذا كانت ظاهرة المدخنة قوية جدًا فقد يؤدي ذلك إلى سحب كميات كبيرة من الهواء الساخن من الخارج ، مما يجبر أجهزة التكييف على العمل بجهد أكبر لتبريد الهواء الداخل ، وبالتالي زيادة استهلاك الطاقة.

❖ **تسرب الغازات الضارة** – يمكن أن تتسبب ظاهرة المدخنة في تسرب غازات ضارة مثل الرادون من التربة أو من المواد المستخدمة في البناء إلى داخل المبنى ، مما يؤثر سلبًا على جودة الهواء داخل المستشفى.

❖ **انتشار الروائح** – قد تتسبب ظاهرة المدخنة أيضًا في انتشار الروائح غير المرغوب فيها، سواء من داخل المبنى أو من خارجه ، مما قد يكون مزعجًا للمرضى والعاملين في المستشفى.

❖ **تأثيرات على أجهزة التكييف**– يمكن أن تؤدي ظاهرة المدخنة إلى تراكم الأوساخ والغبار على فلاتر أجهزة التكييف، مما يقلل من كفاءتها ويجعلها تعمل بجهد أكبر.

❖ **الضغط ودرجة الحرارة** – الهواء الساخن أقل كثافة من الهواء البارد ، مما يجعله يرتفع إلى الأعلى في المستشفيات ، يمكن أن يؤدي ارتفاع درجة الحرارة داخل المبنى (خاصة في مناطق مثل غرف العمليات أو المختبرات) إلى سحب الهواء من الخارج عبر أي فتحات غير محكمة الإغلاق أو من خلال مسارات التهوية غير المصممة بشكل صحيح.

❖ **حركة الهواء** – نتيجة لارتفاع الهواء الساخن ، يتشكل ضغط منخفض في الأسفل ، مما يدفع الهواء البارد من الخارج إلى الدخول. هذه الحركة المستمرة للهواء تسمى تأثير المدخنة أو تأثير المداخن.

❖ **التأثير على التهوية وتلوث الهواء** – يمكن أن يؤدي تأثير المدخنة إلى سحب ملوثات خارجية مثل الغبار ، والجسيمات ، والروائح الكريهة إلى داخل المستشفى مما يعرض المرضى والعاملين للخطر.

❖ **فقدان الطاقة** – يمكن أن يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة في أنظمة التدفئة والتبريد حيث يتم سحب الهواء البارد في الشتاء والهواء الساخن في الصيف ، مما يؤدي إلى فقدان الطاقة الحرارية.

❖ **تأثير على العمليات والأنشطة** – في بعض الحالات قد يؤثر تأثير المدخنة على عمليات التعقيم أو العمليات الجراحية ، حيث قد يؤدي إلى دخول ملوثات إلى مناطق معقمة.

كيفية التعامل مع تأثير ظاهرة المدخنة في المستشفيات

❖ **عزل المبنى** – يجب عزل المبنى بشكل جيد لمنع تسرب الهواء غير المرغوب فيه وتقليل تأثير ظاهرة المدخنة.

❖ **استخدام أنظمة تهوية متوازنة** – يمكن استخدام أنظمة تهوية متوازنة تسمح بدخول وخروج الهواء بكميات متوازنة ، مما يقلل من تأثير ظاهرة المدخنة ويحسن جودة الهواء داخل المبنى.

❖ **تنظيف أجهزة التكييف** – يجب تنظيف أجهزة التكييف بانتظام لإزالة الأوساخ والغبار والتأكد من كفاءتها.

❖ **مراقبة جودة الهواء** – مراقبة جودة الهواء داخل المستشفى بانتظام للتأكد من خلوه من الملوثات والغازات الضارة.

❖ **استخدام فلاتر عالية الجودة** – استخدام فلاتر عالية الجودة لإزالة الغبار والمواد المسببة للحساسية من الهواء.

❖ **التصميم السليم للتهوية** – يجب تصميم أنظمة التهوية في المستشفيات بحيث تكون قادرة على التغلب على تأثير المدخنة مع الأخذ في الاعتبار اختلاف درجات الحرارة والضغط بين الداخل والخارج.

❖ **التحكم في الفتحات** – يجب إغلاق جميع الفتحات والشقوق في المبنى لمنع تسرب الهواء غير المرغوب فيه.

❖ **استخدام فلاتر الهواء** – يمكن استخدام فلاتر الهواء عالية الكفاءة لتقليل دخول الملوثات عبر أنظمة التهوية.

❖ **صيانة الأجهزة** – يجب صيانة أنظمة التهوية بانتظام للتأكد من أنها تعمل بكفاءة وتمنع تسرب الهواء.

❖ **التحكم في درجة الحرارة والرطوبة** – يجب التحكم في درجة الحرارة والرطوبة داخل المستشفى لتقليل تأثير المدخنة.

تأثير المدخنة مبدأ أساسي في ديناميكيات السوائل يشير إلى حركة الهواء إلى أعلى داخل عمود أو مدخنة رأسي بسبب الفرق في درجة الحرارة بين الهواء داخل العمود والبيئة المحيطة.

التحكم في الدخان

لابد من الأخذ في الاعتبار الإستراتيجيات المناسبة للتحكم في الدخان أثناء تطور مرحلة تصميم أنظمة التهوية ، وتعتمد الأنظمة الذاتية على غلق المراوح ، وأن تكون الجدران الداخلية المقاومة للحريق والدخان و النوافذ القابلة للفتح والغلق. بالإضافة إلى العناية المناسبة بمعالجة القنوات الهوائية عندما تخترق الجدران والأسقف والأرضيات ، لهذا فالأنظمة الفعَّالة للتحكم في الدخان تقوم باستخدام أنظمة التهوية لخلق مناطق ضغط سالبة و موجبة تقوم بالحد من انتشار الدخان وتساعدها في تحقيق ذلك الجدران الداخلية المقاومة للحريق والدخان. و يمكن إستخدام أنظمة التهوية في إزالة الدخان ، وفي هذه الحالة يتم التخلص من نواتج الاحتراق بوسائل ميكانيكية.

أن ٩٩,٩% من البكتريا المتواجدة في المستشفيات يمكن إزالتها بمرشحات كفاءتها تتراوح من ٩٠% إلى ٩٥% لأن البكتريا عادة تتواجد في مجموعات حجمها أكبر من 1m. و رغم ذلك فإن بعض السلطات توصي بإستخدام مرشحات عالية الكفاءة في حجب الجسيمات العالية في بعض الأماكن المعينة بالمستشفى ذات كفاءة لا تقل عن ٩٩,٩٧% وفقاً لاختبار (DOP) نجد من أمثلة الفيروسات التي تنتقل بضراوة مع الهواء الجديري المائي ، و الحصبة الألمانية الحمراء و الحصبة العادية ، وقد أظهرت الأبحاث الوبائية و الدراسات الأخرى أن العديد من الفيروسات المحمولة جواً لا يتعدى حجما أكثر من أجزاء من الميكرون ؛ ولذلك فلا توجد طريقة فعّالة معروفة في إزالة ١٠٠% من هذه الجسيمات القابلة للحياة. وتعتبر المرشحات فائقة الكفاءة HEPA و المرشحات ذات النفاذية المتناهية الصغر ULPA هي أعلى كفاءة مرشحات متوفرة في الوقت الحالي والمحاولات التي قد تم بذلها لتعطيل نشاط الفيروسات باستخدام مصابيح الأشعة فوق البنفسجية والترزيز الكيميائي لم تثبت مصداقيتها أو فاعليتها التي تكفي للتوصية باستخدامها في معظم الأكواد كإجراء وقائي ضد الإصابة بالعدوى الفيروسية ولذلك فإن غرف العزل الصحي – المجهزة بوسائل تهوية تتحكم في ضغط الغرفة مقارنة بالفراغات المعمارية المجاورة – تعتبر هي الوسيلة الرئيسية لمنع انتشار الفيروسات المحمولة جواً في المستشفيات ، يختلف تجهيز غرفة العمليات ومحتوياتها حسب حداثة المستشفى ونوع العمليات الجراحية التي تجرى فيها ، وهي تحتوي عادة على الكثير من المعدات والأجهزة التي قد تبدو غريبة للمريض.

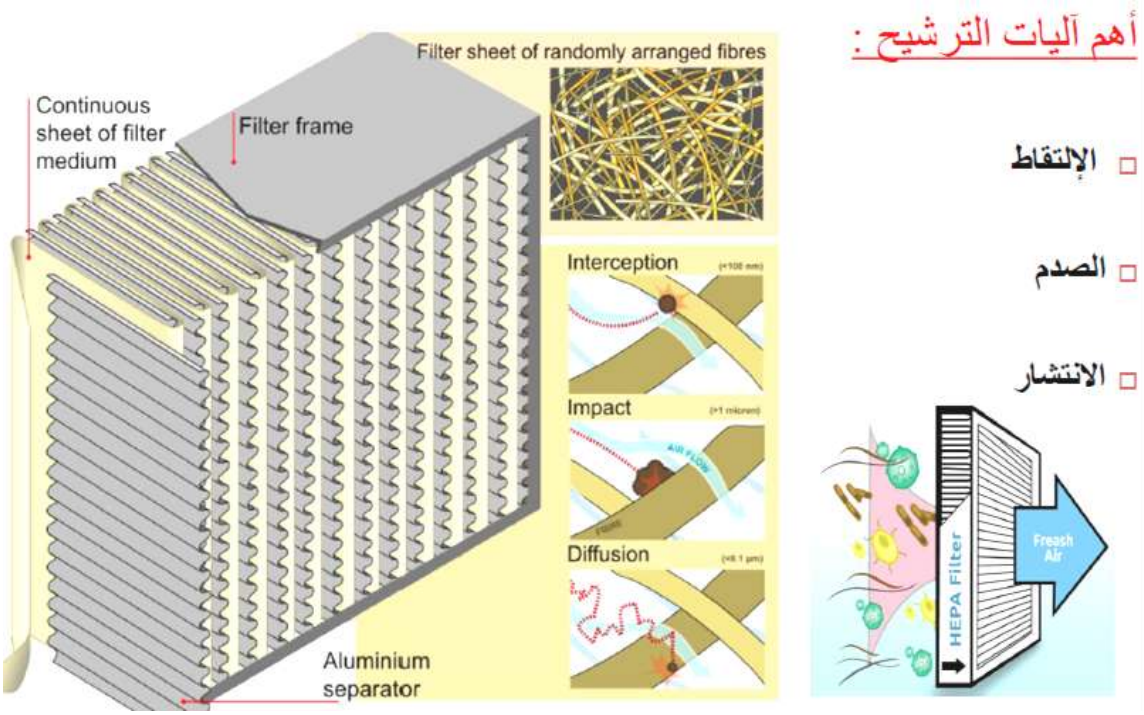
مرشحات هيبا HEPA Filters

مرشحات جسيمات الهواء عالية الكفاءة حيث تلتقط الجسيمات المارة عبرها بمقاس ٠،٣ ميكرون بكفاءة ٩٩،٩٧% حسب (ASME) تتكون المرشحة من الياف زجاجية ومرشح بوليستر مطوي يمنع تراكم المواد المسببة للتلوث ويعمل على احتجاز كافة الملوثات في شبكة من الالياف اعتماداً على مقاس الجسيمات .

متطلبات مرشحات الهواء

نوع المنطقة	عدد قطاعات المرشحات	قطاع ترشيح MERV (1%)	قطاع ترشيح MERV (2%)
جميع مناطق العناية بالمرضى والعلاج والتشخيص والمناطق التى توفر خدمات مباشرة أو إمدادات نظيفة مثل التعقيم أو فى العمليات النظيفة، الخ.	٢	٨ (٣٠%)	١٤ (٩٠%)
غرفة عزل المرض	٢	٨ (٣٠%)	١٧ (٩٩,٩%)
المعامل	١	١٣ (٨٠%)	—
الإدارة والمخازن الرئيسية ومناطق الاحتفاظ بالنفايات ومناطق إعداد الأطعمة والمغاسل	١	٨ (٣٠%)	—

أهم آليات الترشيح



أهم آليات الترشيح في مرشحات الهواء هي ثلاث آليات رئيسية وهي :-

الانتشار (Diffusion) (أصغر الجزيئات بعد اصطدامها بجزيئات الغاز تغير اتجاهها وتلتصق في النهاية بألياف المرشح) يحدث للجسيمات الصغيرة جداً (غالباً أقل من ٠,١ ميكرون) حيث تتحرك هذه الجسيمات بشكل عشوائي وغير منتظم فتزداد فرص اصطدامها بألياف المرشح والتقاطها.

الجسيمات التي تؤثر عليها هي الجسيمات ذات الحجم الصغير جداً (النانونيات ودون النانونيات)

الالتقاط (Interception) (تخضع الجسيمات متوسطة الحجم للانحشار عندما تصطدم بألياف المرشح) تحدث عندما يمر جسيم ملوث بالقرب من ألياف المرشح ويعلق عليها بسبب قربه الشديد منها، حتى لو لم يصطدم مباشرة بالألياف، هذه الآلية فعالة بشكل خاص للجسيمات متوسطة الحجم (عادة بين ٠,١ و ١ ميكرون) فعال مع الجسيمات المتوسطة الحجم.

الصدم (Impaction) (يتم اعتراض الجسيمات الأكبر حجمًا بواسطة خيوط سميكة) يحدث عندما لا تستطيع الجسيمات الثقيلة أو الكبيرة متابعة مسار الهواء المنحني بسبب قصوره الذاتي ، فتصطدم مباشرة بالألياف وتلتصق بها ، فعالة للجسيمات الكبيرة نسبياً (عادة أكبر من ١ ميكرون) فعال مع الجسيمات الثقيلة والكبيرة.

هذه الآليات معاً تساهم في إزالة الجسيمات المختلفة من الهواء بفعالية أعلى ، وتعتمد كفاءة الترشيح على حجم الجسيمات وسرعة الهواء ونوع المرشح. فعال مع الجسيمات الصغيرة جداً.

الاعتبارات التي يجب الاخذ بها عند تركيب المرشحات

١) ينبغي استخدام مرشحات ذات كفاءة لا تقل عن ٩٩,٩٧% HEPA وفقاً لاختبار DOP في مسارات التغذية التي تخدم علاج المرضى الذين عندهم قابلية عالية للعدوى نظرا لإصابتهم بمرض سرطان الدم ، أو الحروق ، أو عمليات نقل نخاع العظم ، أو نقل الأعضاء ، أو مرض نقص المناعة (HIV) كما ينبغي أيضاً وضع مرشحات HEPA في مسارات طرد الهواء من أهواد الغازات الرغوية أو أنظمة معالجة المواد المعدية أو عالية الإشعاعية. وينبغي أن يتم تصميم و تجهيز أنظمة الترشيح بحيث تسمح بسلامة إزالة ، واستبدال المرشحات الملوثة بسهوله.

٢) ينبغي تركيب المرشحات بحيث تمنع التسرب بين شرائح المرشح وبين المرشح وإطار تثبيته ، حيث إن أي تسرب بسيط سيسمح بهروب الهواء الملوث خلال المرشح ويمكنه إتلاف وظيفة أفضل نظام لترشيح الهواء.

٣) ينبغي تجهيز أنظمة الترشيح بأجهزة مانومترات لقياس فقد الضغط عبر كل مجموعة من المرشحات مع الأخذ في الاعتبار إن المراقبة البصرية ليست هي الطريقة الدقيقة لتحديد مدى انسداد أي مرشح من المرشحات.

٤) تركيب المرشحات عالية الكفاءة بطريقة مناسبة تتيح صيانتها بدون السماح بدخول ملوثات إلى أنظمة دفع الهواء إلى المنطقة التي تقوم بخدمتها.

٥) دراسة العمر الافتراضي لمجموعة المرشحات عالية الكفاءة و تكاليف صيانتها وضمها إلى ميزانية تشغيل المستشفى.

٦) إحكام غلق الفتحات الموجودة في مجاري الهواء ومخارج الهواء خلال أعمال التركيب لمنع تسرب الأتربة والغبار والمواد الضارة إلى شبكة توزيع الهواء فغالباً ما تكون هذه الملوثات دائمة وتوفر بيئة مناسبة لتكاثر مسببات العدوى والأتربة المنطلقة من أعمال التشييد قد تعمل على سرعة انسداد المرشحات القائمة والجديدة.

اختبار DOP للمرشحات والفلاتر

اختبار DOP، والذي يرمز إلى (Dispersed Oil Particulate test) هو اختبار لقياس فعالية المرشحات والفلاتر في احتجاز الجسيمات الدقيقة. يُستخدم هذا الاختبار بشكل شائع في البيئات التي تتطلب درجة عالية من الترشيح مثل غرف العمليات والمختبرات الصيدلانية.

أهمية اختبارDOP

١. **ضمان الجودة** – يساعد هذا الاختبار في التأكد من أن المرشحات تعمل بكفاءة وتلبي المعايير المطلوبة.

٢. **سلامة البيئة** – يساهم في الحفاظ على بيئة نظيفة وآمنة من خلال التأكد من أن الجسيمات الضارة لا تتسرب إلى الهواء المحيط.

٣. **تحسين الأداء** – من خلال تحديد فعالية الفلاتر، يمكن تحسين تصميمها وصيانتها للحصول على أفضل أداء ممكن.

كيفية إجراء اختبار DOP

يتم إجراء الاختبار عن طريق تمرير هباء زيت خاص من خلال الفلتر المراد اختباره. ثم يتم قياس تركيز الجسيمات في الهواء قبل وبعد الفلتر باستخدام جهاز خاص لقياس الجسيمات. تعتمد فعالية الفلتر على قدرته على إزالة نسبة معينة من الجسيمات.

مجالات استخدام اختبار DOP

- المستشفيات – لضمان نقاء الهواء في غرف العمليات ووحدات العناية المركزة.
- الصناعات الصيدلانية – للحفاظ على نقاء المنتجات أثناء تصنيعها.
- الصناعات الإلكترونية – للحفاظ على بيئة خالية من الجسيمات التي قد تؤثر على المعدات الحساسة.

هو اختبار يستخدم للتحقق من كفاءة فلترة يعتمد على جزيئات زيت دقيقة كفاءة وأداء مرشحات الهواء ، خصوصًا في الأنظمة التي تحتاج إلى هواء نظيف جداً مثل غرف العمليات أو المرافق الحساسة. في هذا الاختبار ، يتم توليد جزيئات زيت مجزأة دقيقة الحجم (معلنة عادة بحجم معين مثل ٠,٣ ميكرون) ثم تمريرها عبر المرشح. بعد ذلك ، يتم قياس نسبة الجزيئات التي تستطيع المرور من خلال المرشح ، الهدف هو التأكد من أن المرشح قادر على حجز معظم هذه الجزيئات الدقيقة وتحقيق مستوى الترشيح المطلوب. يستخدم لضمان أن مرشح الهواء يعمل بشكل صحيح ويمنع مرور الجزيئات الضارة. يتم استخدامه بشكل واسع في فلاتر الهواء عالية الكفاءة

كفاءة المرشحات الخاصة بأنظمة التكييف و التهوية المركزية في المستشفيات العامة

أقل عدد مطلوب من المرشحات	المنطقة المستهدفة	كفاءة المرشحات % مجموعة المرشحات رقم 1 [أ]	رقم 2 [أ]	رقم 3 [ب]
3	غرفة عمليات العظام غرفة عمليات نقل نخاع العظام غرفة عمليات نقل الأعضاء البشرية	25	90	99.97 [ج]
2	غرف العمليات العامة غرف الولادة الحضّانات وحدات الرعاية المركزة غرف العناية بالمرضى غرف علاج المرضى مناطق التشخيص و متعلقاتها	25	90	
1	المعامل مناطق تخزين الأجهزة المعقّمة	80		
1	مناطق إعداد الطعام المغاسل المناطق الإدارية مناطق تخزين المواد السائبة المناطق غير النظيفة	25		

أ. وفقًا لمعايير ASHRAE رقم 52.1
ب. وفقًا لإختبار DOP
ج. تركيب مرشحات HEPA على مخارج الهواء

كفاءة المرشحات الخاصة بأنظمة التهوية المركزية و التكييف بدور الرعاية

إسم المنطقة	أقل عدد من المرشحات	كفاءة المرشح الرئيسي
رعاية، و علاج، و تشخيص المرضى و المناطق ذات الصلة	1	80
منطقة إعداد الطعام، و المغاسل	1	80
الإدارة، و تخزين المواد السائبة، و تخزين المواد المتسخة	1	30

[1] التصنيف بناءً على معايير ASHRAE رقم 52.1-92

مقارنة مرشحات HEPA & ULPA

	HEPA	ULPA
What is it used for?	Trapping very small particles & contaminants by forcing air through a fine mesh.	Trapping very small particles & contaminants by forcing air through a fine mesh.
How does it work?	As air particles pass through the air filter, they are caught by three mechanisms: diffusion, interception, and impaction.	As air particles pass through the air filter, they are caught by three mechanisms: diffusion, interception, and impaction.
What can they filter?	Can remove 99.97% – 99.99% of airborne particles that are larger than 0.3 microns in size.	Can remove 99.999% of airborne particles that are larger than 0.12 microns in size.
What ISO Class?	ISO Class 5	ISO Class 3
Where are they used?	More broadly and commonly used for most biological & healthcare applications, including Laminar flow cabinets and biological safety cabinets.	Used for specialised applications – microelectronics, semiconductor manufacturing, or pharmaceutical work

مقارنة بين HEPA و ULPA

الخاصية	مرشحات HEPA	مرشحات ULPA
الكفاءة	99.97% للجسيمات ≤ 0.3 ميكرومتر	99.999% للجسيمات ≤ 0.12 ميكرومتر
التطبيقات	المنازل، المكاتب، المستشفيات	مختبرات الأبحاث، الصناعات المتخصصة
التكلفة	تكلفة أقل نسبياً	تكلفة أعلى بسبب الكفاءة العالية
الصيانة	استبدال أو تنظيف دوري	قد تتطلب صيانة أكثر دقة

تصنيف ميرف (MERV) لكفاءة المرشحات

عادةً ما يتم قياس كفاءة مرشح**ات** الهواء بناءً على التقاط حجم الجسيمات الأكثر اختراقًا (٠,٣ ميكرون). تحدد وزارة الطاقة مرشحات HEPA بأنها تلك التي يتم إزالتها على الأقل ٩٩,٩٧% من هذه الجزيئات ، لكن بعض المرشحات عالية الجودة يمكن أن تصل إلى كفاءات ٩٩,٩٩% أو أفضل. تقييمات اداء وكفاءة المرشحات من ١-٢٠ مع الترشيح على مستوى HEPA يبدأ بشكل عام في MERV 17 وما فوق.

يقوم نظام تصنيف MERV بتصنيف مرشحات الهواء من خلال قدرتها على التقاط الجزيئات بينها ٠,٣ و ١٠ ميكرون.

تتمتع المرشحات ذات تصنيفات MERV الأعلى بأداء ترشيح أفضل

حالة الاستخدام النموذجية	كفاءة حجم الجسيمات	تصنيف ميرف
المرشحات السكنية الأساسية	<20% (3-10 ميكرون)	1-4
تحسين المرشحات المترلية ، تجاري	50-90% (1-3 ميكرون)	8-12
مرشحات على مستوى المستشفى ، غرف **العمليات** والتنظيف	75-95% (0.3-3 ميكرون)	13-16
مرشحات HEPA و ULPA	99.97%+ (0.3 ميكرون)	17-20

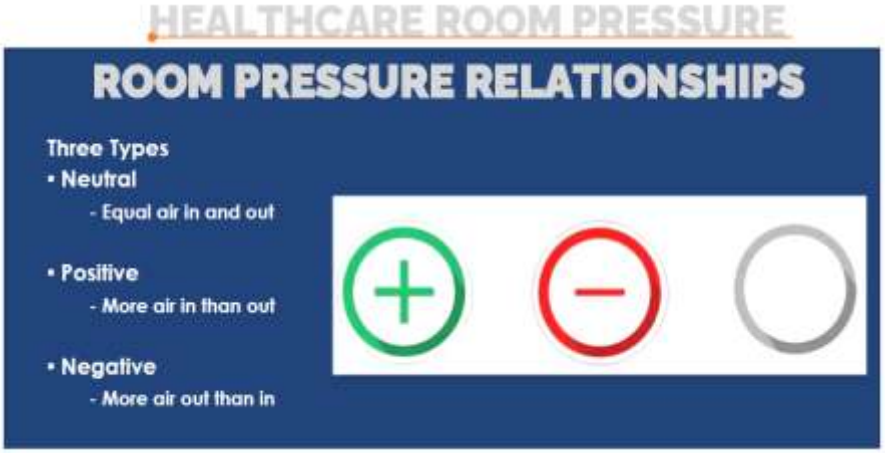
تتوافق مرشحات HEPA تقريبًا مع MERV 17-20, مما يشير إلى أنها توفر ترشيحًا يتجاوز بكثير مرشحات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) النموذجية. بينما تستخدم العديد من أنظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) مرشحات مصنفة بـــ MERV 8-13 للتحكم في الغبار والمواد المسببة للحساسية ، فهي لا تصل إلى مستويات كفاءة مرشحات HEPA ولهذا السبب يوصى غالبًا بأجهزة تنقية الهواء الإضافية المزودة بمرشحات HEPA لمرضى الحساسية أو البيئات التي تحتاج إلى هواء معقم.

التهوية والضغط النسبي

يمكن تخفيض معدلات تبديل الهواء بنسب متفاوتة (عندما تكون الغرف غير مشغولة بالأشخاص) وذلك إذا تم أخذ الإحتياطات التي تضمن رجوع معدلات تبديل الهواء إلى سابق عهدها مع إعادة إشغال الغرف بالأشخاص واستمرار المحافظة على الضغوط النسبية بين الغرف المختلفة وبعضها البعض عند تخفيض معدلات تبديل الهواء.

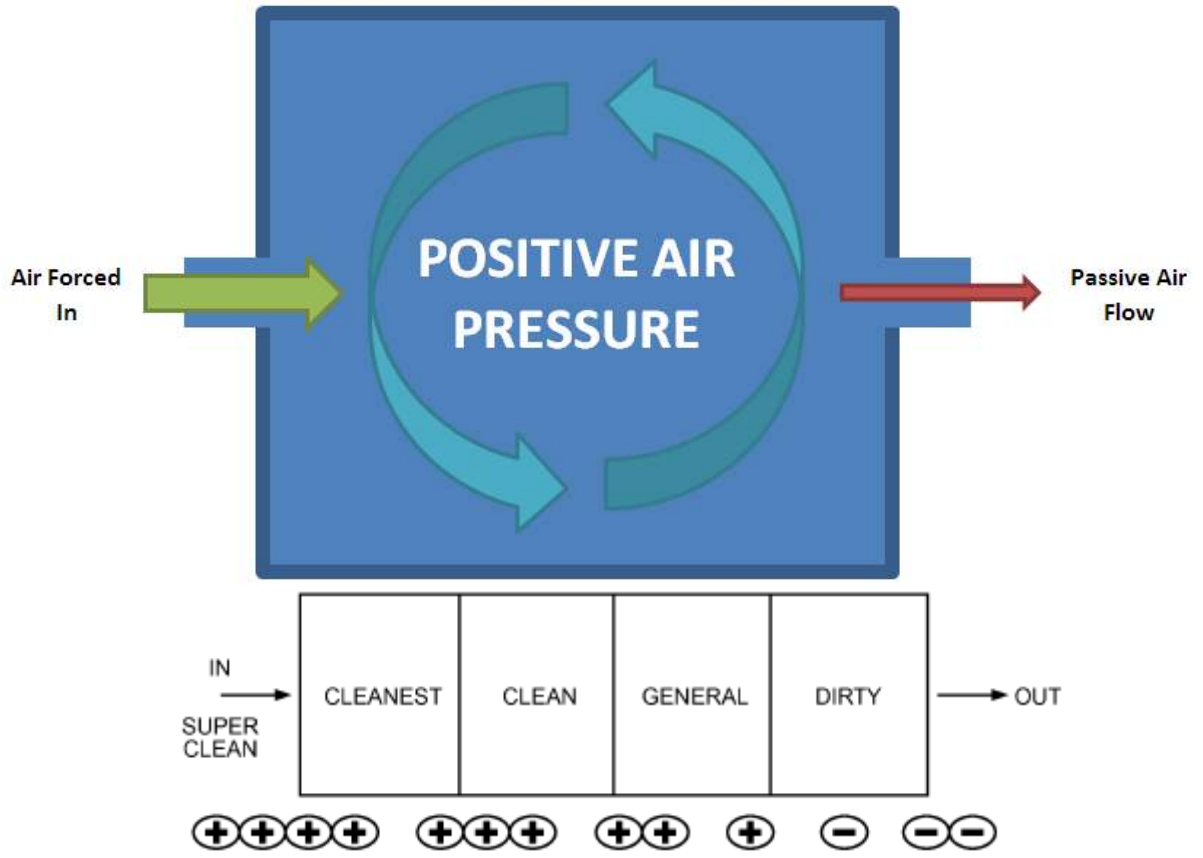
يمكن غلق أنظمة التهوية في المناطق التي لا تحتاج إلى تحكم مستمر في اتجاه حركة الهواء (±) عندما تكون الفراغات المعمارية التي تخدمها غير مشغولة بالأشخاص ولا توجد لها حاجة إلى التهوية بأي شكل من الأشكال.

يبتغي عدم إستخدام وحدات تدوير الهواء – سواءً لزوم التبريد أو التدفئة – في المناطق التي تم تمييزها بكثرة الخطورة نظراً لخطورة تراكم الملوثات بها و صعوبة تنظيفها ، مع ملاحظة أن إستخدام وحدات تدوير الهواء من الممكن أيضاً أن يكون غير عملي من وجهة نظر التحكم المبدئي في أنظمة التكييف عندما تتطلب الحالة سحب معدلات من الهواء وطردها إلى الجو الخارجي. لابد أن يتم تغذية الغرف المزودة بأهواد بكميات إضافية من الهواء الخارجي لاحتياجها إلى طرد كميات مماثلة من الهواء وذلك للحفاظ على الضغوط النسبية بين تلك الغرف وما يجاورها من غرف أخرى يُفضل إستخدام أنظمة تدوير الهواء المناظرة لأنظمة الهواء المتجدد لترشيد إستهلاك الطاقة. كما ينبغي الأخذ في الاعتبار إستخدام وسائل استرداد الحرارة عند إستخدام أنظمة الهواء المتجدد. ينبغي تصميم مناطق الرعاية الحرجة باستخدام الأنظمة ذات معدل تدفق الهواء الثابت ، وذلك لضمان سلامة معدلات التهوية والضغوط النسبية بين المناطق المختلفة وبعضها البعض ، أما في مناطق الرعاية غير الحرجة وغرف الأطباء و هيئة التمريض العاملين بالمستشفيات يمكن الأخذ في الاعتبار توظيف أنظمة ذات معدلات تدفق هواء متغيرة بغرض ترشيد إستهلاك الطاقة.ينبغي عند إستخدام الأنظمة ذات معدلات تدفق الهواء المتغيرة VAV داخل المستشفيات بذل مزيد من الجهد للتأكد من المحافظة على معدلات التهوية الدنيا والمحافظة على الضغوط النسبية بين الأماكن المختلفة وبعضها البعض. و يمكن عند إستخدام أنظمة تدفق الهواء المتغير إستخدام وسيلة مناسبة لتتبع معدلات تدفق الهواء بين شبكة مجاري الهواء الخاصة بالتغذية والراجع والمطرود للتحكم في العلاقة بين ضغوط الأماكن المختلفة وبعضها البعض.



نظام الضغط الايجابي

يمكن استخدام الضغط الإيجابي في الغرفة المجاورة لغرفة الضغط السلبي والغرض من الضغط الإيجابي هو ضمان أن مسببات الأمراض المنقولة بالهواء لا تلوث المريض أو الإمدادات الموجودة في الغرفة ، يتم استخدام الضغط الإيجابي في غرفة العمليات لحماية المرضى والإمدادات الطبية والجراحية المعقمة ، تعتبر غرف الضغط الإيجابي بشكل عام أنظف الغرف في المستشفى ، يجب ألا يدخل الهواء الملوث من مناطق أخرى إلى غرف العمليات الجراحيه وبالتالي هذه الغرفة لديها ضغط أعلى قليلا من الخارج ، الهواء داخل غرفة العمليات قد يخرج من الغرفة الى الغرف المجاوره ولكن ليس العكس.



Controlling Air Movement through Pressurization
(ASHRAE)

هذا يعني أن ضغط الهواء داخل الغرف أكبر من البيئة المحيطة ، يتم تحقيق ذلك من خلال استخدام نظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC) ، والذي يتحقق عن طريق ضخ هواء نظيف ومفلتر ، يستخدم الضغط الإيجابي في الغرف بحيث تكون الأولوية لإبعاد الجراثيم أو الملوثات ، في حالة حدوث تسرب أو فتح الباب ، سيتم إجبار الهواء النظيف على الخروج ، بدلاً من السماح بدخول الهواء غير المرشح إلى الغرف ، يعمل هذا بشكل مشابه إلى حد ما لتفريغ البالون عندما تقوم بفك ربط بالون أو تفجيره ، يندفع الهواء للخارج لأن ضغط الهواء في البالون أعلى من ضغط الهواء المحيط.

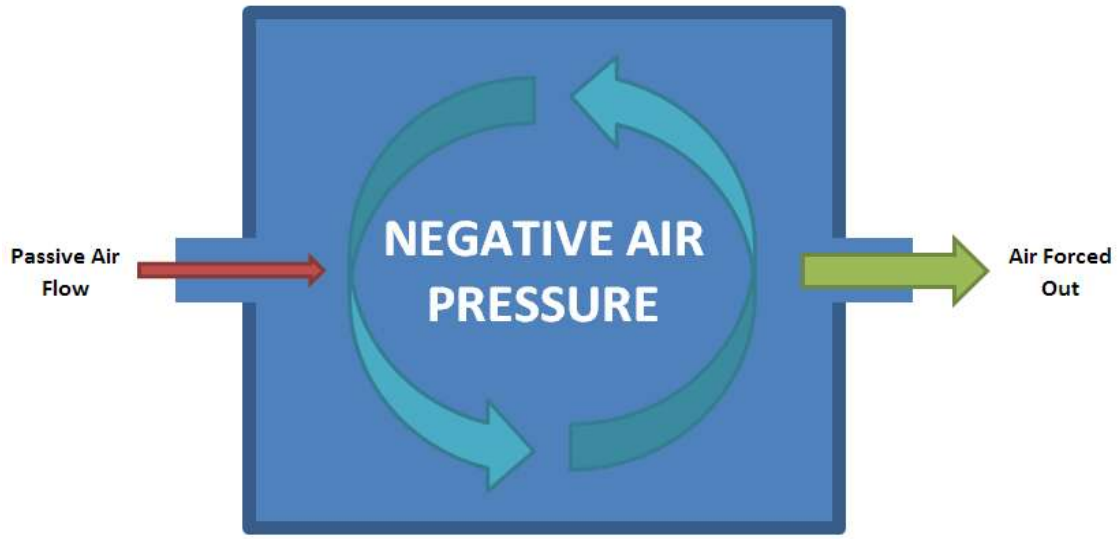
نظام الضغط السلبي

تستخدم غرفة الضغط السلبي في المستشفى لاحتواء ملوثات الهواء في الغرفة ، وتشمل مسببات الأمراض الضارة المنقولة بالهواء البكتيريا والفيروسات والفطريات والعفن وحبوب اللقاح والغازات وما إلى ذلك ، عادة ما يستخدم المرضى الذين لديهم غرفة عزل الضغط السلبي للهواء خوفاً من الملوثات والفيروسات والأوبئة وانتقال العدوى عبر انتقال الهواء من المناطق الملوثه الة المناطق النظيفة ، وخوفاً من انتقال الامراض عبر رذاذ المرضى ولهذا السبب يتم استخدام نظام الضغط السلبي لعزل المرضى وعدم انتقال العدوى وخاصا عندما يكون لدى المرضى عطس أو سعال او امكانية نقل الامراض عبر الهواء فيتم وضع المرضى في عنابر الضغط السلبي ، واستخدام جناح عزل الضغط السلبي في المناطق المجاورة ، لمنع انتشار ملوثات الهواء الداخلية المنجرفة إلى منطقة أخرى ، تنتج المعدات المعقّمة الأخرى تلوثاً أو تلوث منقول .

منظر من داخل غرفة الضغط السلبي.

منظر من داخل غرفة الضغط الإيجابي.

الضغط السلبي يسمح بدخول الهواء بينما الضغط الايجابي يسمح بخروج الهواء



CODE REQUIREMENTS

- Spaces Requiring Negative Pressure per ASHRAE 170-2013
  - Medical/anesthesia gas storage
  - ER waiting rooms
  - Triage
  - ER decontamination
  - Radiology waiting rooms
  - Toilet rooms
  - AII room (Airborne infectious isolation)
  - Physical therapy
  - Bathing room
  - Darkroom (Radiology)
  - Bronchoscopy, sputum collection, and pentamidine administration
  - Laboratory (general, bacteriology, biochemistry, cytology, glasswashing, histology, microbiology, nuclear medicine, pathology, serology, sterilizing)
  - Nonrefrigerated body-holding room
  - Autopsy room
  - Endoscope cleaning
  - Hydrotherapy
  - Dialyzer reprocessing room
  - Nuclear medicine hot lab
  - Nuclear medicine treatment room
  - Sterilizer equipment room
  - Soiled or decontamination room
  - Warewashing
  - Laundry
  - Soiled linen sorting and storage
  - Linen & trash chute room
  - Bedpan room
  - Bathroom
  - Janitor's closet
  - Soiled workroom or soiled holding
  - Hazardous material storage

المناطق التي تتطلب ضغط سالب

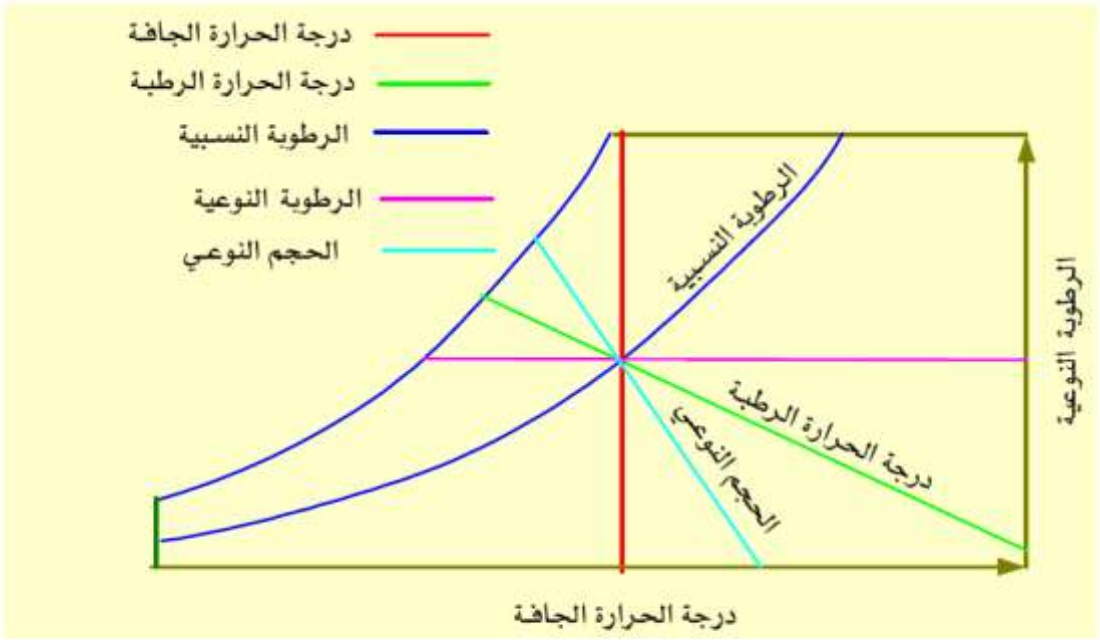
CODE REQUIREMENTS

- Spaces Requiring Positive Pressure per ASHRAE 170-2013
  - Operating room (Class B & C)
  - Operating/surgical cystoscopic rooms
  - Delivery room (Caesarean)
  - Newborn intensive care (NICU)
  - Trauma Room (crisis or shock)
  - Laser eye room
  - Procedure room (Class A surgery)
  - Protective environment room (PE Room)
  - Combination AII/PE room
  - X-ray (surgery/critical care and catheterization)
  - Laboratory (media transfer)
  - Pharmacy
  - Clean workroom
  - Sterile storage
  - Clean linen storage
  - Clean workroom or clean holding

المناطق التي تتطلب ضغط موجب

الخريطة السيكرومترية

رسم بياني يوضح المتغيرات الحرارية المختلفة للهواء الرطب مثل الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة الجافة ودرجة حرارة التندي والحجم النوعي ونسبة الرطوبة عند ضغط ثابت وهو الضغط الجوي ، تستخدم الخريطة السيكرومترية في تطبيقات حسابات تكييف الهواء ، الخريطة السيكرومترية هي أداة رسوميه تستخدم في علم التهوية لتوضيح وتحليل خصائص الهواء الرطب، مثل درجة الحرارة والرطوبة ، تعتمد الخريطة على محاور توضح درجات الحرارة الجافة والرطبة ، وتسمح للمختصين بتحديد الظروف المثلى لتكييف الهواء والتبريد ، بالإضافة إلى تحليل عمليات التهوية المختلفة.



خطوط الخواص السيكرومترية

شرح الخريطة السيكرومترية

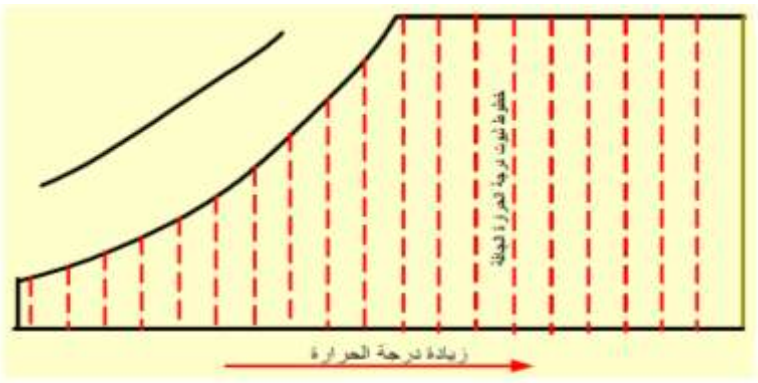
تتكون الخريطة السيكرومترية من خطوط ومحاور رئيسية وهي :-

- **محور أفقي** ، يمثل درجة الحرارة الجافة (درجة الحرارة المقاسة بواسطة ميزان حرارة عادي) ومحور رأسي يمثل نسبة الرطوبة في الهواء.
- **خطوط الخصائص** ، تتضمن الخريطة خطوطًا تمثل خصائص أخرى للهواء الرطب .
- **درجة الحرارة الرطبة** ، درجة الحرارة التي يصل إليها الهواء إذا تم تبريده عن طريق التبخر.
- **الرطوبة النسبية** ، نسبة بخار الماء الموجود في الهواء إلى أقصى كمية يمكن أن يحتويها عند نفس درجة الحرارة.
- **نقطة الندى** ، درجة الحرارة التي يبدأ عندها تكثف بخار الماء في الهواء.
- **الحجم النوعي** ، حجم الهواء لكل وحدة كتلة.
- **المحتوى الحراري** ، كمية الطاقة الحرارية الموجودة في الهواء.

العمليات السيكرومترية

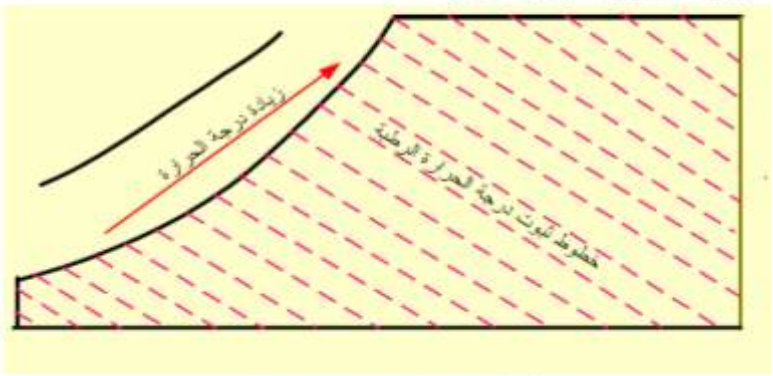
يمكن استخدام الخريطة لتحليل العمليات المختلفة التي تؤثر على خصائص الهواء الرطب ، مثل:

- **التسخين-** زيادة درجة حرارة الهواء.
- **التبريد -** خفض درجة حرارة الهواء.
- **الترطيب -** إضافة بخار الماء إلى الهواء.
- **إزالة الرطوبة -** إزالة بخار الماء من الهواء.



خطوط درجة الحرارة الجافة

درجة الحرارة الرطبة (wb)



خطوط درجة الحرارة الرطبة

الخريطة السيكرومترية هي أداة تسهل إيجاد خصائص الهواء الرطب عند الضغط الجوي عند مختلف أحوال التبريد والتدفئة كما أنها تسهل وتوضح عمليات التكييف المختلفة . الخريطة السيكرومترية تحتوي على سبع خواص للهواء هي.

- درجة الحرارة الجافة (db)
- درجة الحرارة الرطبة (wb)
- الرطوبة النسبية (RH)
- الرطوبة النوعية (ω)
- الحجم النوعي (v)
- طاقة الانثالبي (h)
- درجة الندى Dew point

أهمية الخريطة السيكرومترية في التهوية

تصميم أنظمة التهوية - تساعد الخريطة في تحديد الظروف المناسبة لتهوية المباني ، واختيار المعدات المناسبة ، وحساب كميات الهواء اللازمة لتحقيق الراحة الحرارية.

تحليل أداء أنظمة التهوية - تمكن الخريطة من تقييم كفاءة أنظمة التهوية وتحديد أي مشاكل في الأداء ، مثل عدم كفاية التهوية أو زيادة استهلاك الطاقة.

فهم عمليات التهوية - توضح الخريطة التغيرات التي تطرأ على خصائص الهواء خلال عمليات التهوية المختلفة ، مما يساعد على تحسين كفاءة العمليات.

باختصار ، تعتبر الخريطة السيكرومترية أداة أساسية في علم التهوية ، حيث توفر تمثيلاً بصريًا لخصائص الهواء الرطب وتساعد في تحليل وتصميم وتنفيذ أنظمة التهوية الفعالة.

اجهزة قياس بارامترات اقسام الرعاية الصحية

مراقبة متغيرات الهواء في المنشآت الصحية لها أهمية خاصة في ضمان استقرار بيئة الرعاية الصحية حول المرضى ، تُعد مراقبة متغيرات الهواء ضرورية للحفاظ عليها ضمن الحدود المطلوبة ، مما يسهم في منع انتشار العدوى وتحقيق بيئة آمنة للمرضى والكادر الطبي ، يشترط مراقبة متغيرات الهواء في بعض أقسام المنشآت الصحية وبشكل خاص في الأقسام الأكثر عرضة للتلوث والأقسام النظيفة لضبط عمل نظام الضغط السالب والموجب ومراقبة متغيرات الهواء المختلفة وفق اشتراطات كل قسم لعرض القيم بوضوح وسهولة متابعة لحظية.

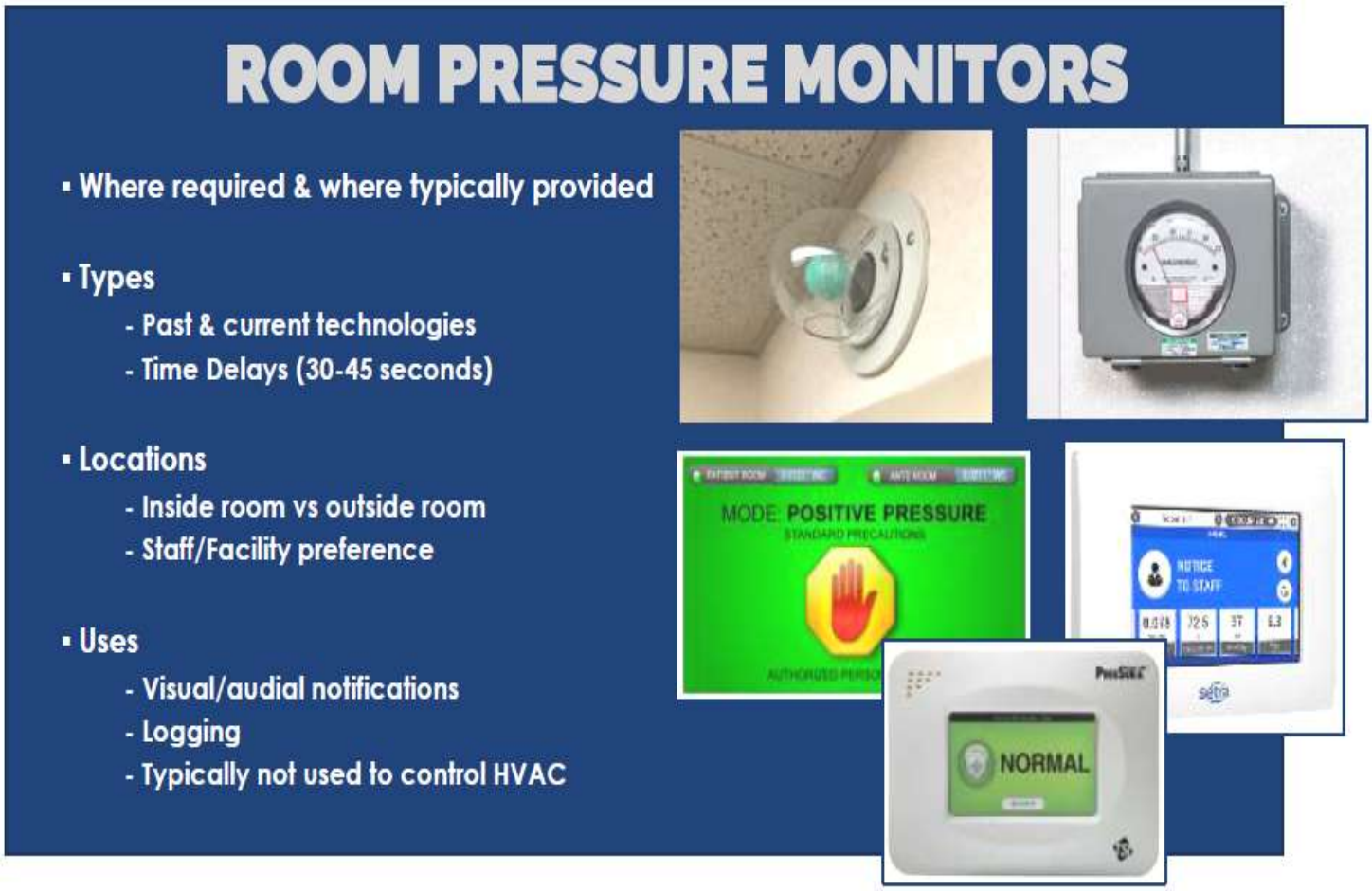
الضغط +/- ، الحرارة ، الرطوبة ، معدل تغيّر الهواء ، وإنذار صوتي وضوئي في حال الخروج عن القيم المحددة لهذا يتم مراقبة متغيرات الهواء بدقة ، بهدف عدم ترك مجالًا للخطأ ، بالاعتماد على أجهزة تقيس كل متغير بيئي بثبات واستجابة فورية ، لتأمين بيئة مطابقة لاشتراطات تكييف هواء المستشفيات ، ولذلك فإنه يجب الاحتفاظ بنسبته في الحدود المسموح بها. حيث والرطوبة الموجودة في الهواء لها تأثير كبير على المرضى ، كما أن درجة الحرارة للهواء الجوي تؤثر على معدلات انتقال الحرارة من الجسم وعلى كفاءة عمل الرئة ومعدل إفراز الجلد وأن زيادة السرعة للتيارات الهوائية تؤدي إلى زيادة معدل التبخر من السطح التي يمر عليها الهواء وبالعكس يكون نقصان السرعة عن المعدل المناسب قي يؤدي إلى تراكم الإفرازات السائلة (العرق) على الجسم بأكثر من القيم الضرورية لترطيب سطح الجلد.

كل هذه العوامل لها تأثير مباشر على سلامة المرضى والعاملين في القطاع الصحي ولذلك يكون تكييف الهواء الكامل Air Conditioning هو التحكم في جميع هذه العوامل وهي:

- مكونات الهواء.
- نسبة البخار.
- درجة الحرارة.
- سرعة الهواء.

ويكون التحكم لكل بند في الحدود المسموح بها تبعا لاستخدام ونوعية المكان في حالة التحكم الجزئي في أي عدد من هذه العوامل يكون تكييف الهواء جزائياً.

أنواع أجهزة مراقبه غرف الضغط



العوامل المؤثرة في تهوية غرف العمليات ومدى درجة تعقيمها

١- **درجة الحرارة** – بشكل عام حددت درجة الحرارة من ٢٠-٢٤ مئوية بعض التغييرات التي يسمح بها المعيار ففي غرفة عمليات القلب المفتوح حيث يفضل أن تكون درجة الحرارة ١٧ درجة مئوية ، لكن في غرف عمليات الأطفال يفضل استخدام حرارة مرتفعة نظراً إلى أن جسم الطفل لا يتحمل على الرغم من أن مثل هذه الحرارة قد تكون غير مريحة للطاقم ، فقد قامت دراسات فصلت درجات الحرارة المفضلة لكل مجموعة ، ففي حين يفضل المخدرون حرارة بين ٢٢- ٢٤ درجة مئوية أما الممرضات فيفضلن ١٨- ٢٤ درجة في حين أن الجراحون يفضلون ١٩-٢٤ درجة ، علماً بأن بعض المرضى يفضلون ان تكون درجه الحرارة ما بين ١٩-٢٣ ، كما ان هناك عدة عوامل تؤدي دوراً في البث الحراري مثل لباس العمليات ، وكذلك فإن إضاءة العمليات تضيف ٦-٩ درجات مئوية فوق طاولة العمليات و ١٢ مئوية على ارتفاع ١,١ م من الأرض عند منطقة الطاولة .

٢- **الرطوبة النسبية** – الرطوبة النسبية لها دور مهم وضروري في عمليه التعقيم ولراحة المرضى وكذلك تدخل في نجاح وعواقب العمليات الجراحية فغرفة العمليات الجافة تؤدي إلى تخثر الجرح ، حددت المراجع الرطوبة النسبية بين ٣٠-٦٠ % ويفضل أن تزود الرطوبة النسبية من خلال مرطبة تعطي بخار جاف.

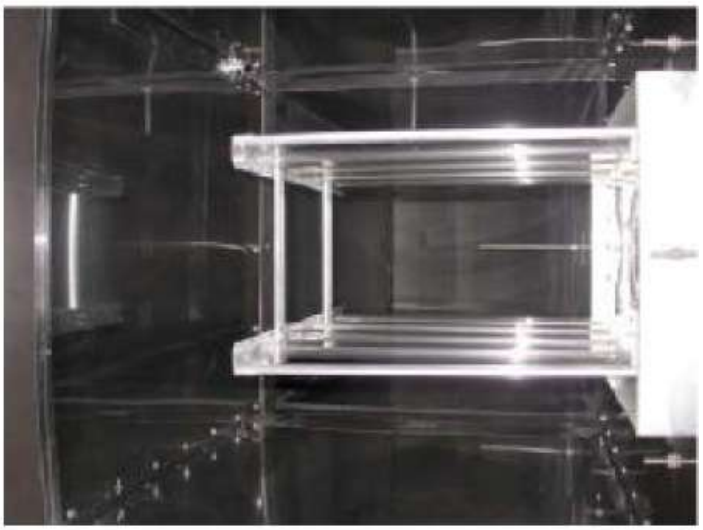
٣- **فلاتر الهواء** – هناك الكثير من فلاتر الهواء من ضمن وحدات معالجة الهواء فلاتر لإزالة الجسيمات السائلة والصلبه وفلاتر لإزالة البكتيريا وفلاتر لإزالة الغازات والأبخرة.

٤- **عدد مرات تبديل الهواء** – أغلب المعايير العالمية قد نصت على تغيير الهواء وهو ٢٠ مرة بالساعة للحصول على ٥٠-١٥٠ كما اشترطت المعايير هواء متجدد ، يجب أن لا يختلط الهواء الخارجي الجديد مع المطرود.

٥- **الضغوط داخل غرف العمليات** – من الافضل توفير نظام الضغط الموجب بحيث تكون غرف العمليات ذات ضغط موجب أعلى من الأماكن المجاورة لها، لضمان عدم تسرب أي من الهواء غير المعالج المجاور لها حيث يفضل ان يكون الضغط ٢،٥ باسكال.

٦- **توفير الطاقة في ساعات العمل وأوقات عدم العمل**- عادة ما يجب أن يبقى نظام التكييف عاملاً حتى في أوقات الليل ، أو عدم إجراء عمليات للإبقاء على أجواء معقمة ، وكذلك الضغوط مما يمنع اختلاط الأجواء المحيطة مع أجواء غرف العمليات لذلك يجب الأخذ بالحسبان من خلال تعديل سرعة المراوح من خلال نظام تحسس لتغيرات انخفاض الضغط للفلاتر أي عندما لا تكون غرفة العمليات تعمل يعدل معدل تغذية الهواء إلى ٣٠% من الحمولة الكلية أي بتركيب نظام تحكم في حالات عدم العمل التي تخفض معدل تغيير الهواء الكلي ومن ثم استهلاك الطاقة.

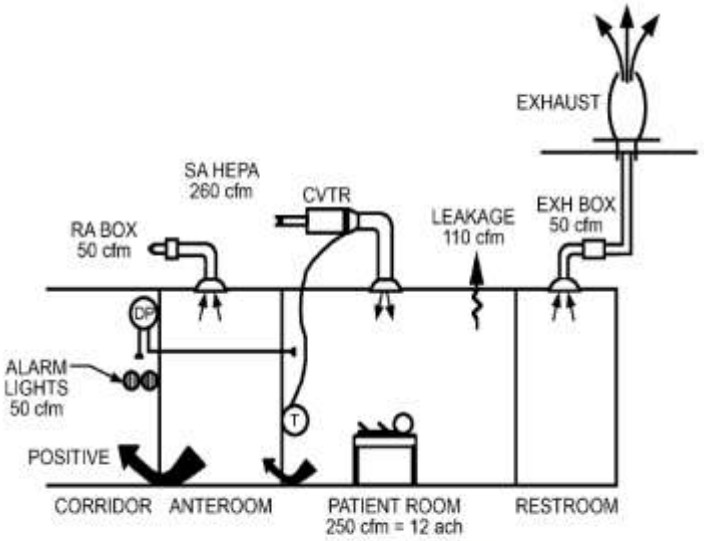
٧- **الأنظمة المساندة في تعقيم الهواء** - توجهت أغلب البحوث العالمية الجديدة التي تتبنى إعادة استخدام الأشعة فوق البنفسجية بطول موجة ٢٥٤ نانو متراً وذلك في عدة أماكن أهمها ، خلف الفلتر البكتيري داخل مجاري الهواء ومن ثم استخدامه في غرف العمليات على كلا المنسوبين العالي للغرفة في أثناء العمل الجراحي وعلى المستوى المنخفض بعد انتهاء العمل الجراحي وفي أثناء الاستراحة لتطهير باقي أجزاء الغرفة ذات المستوي المنخفض.



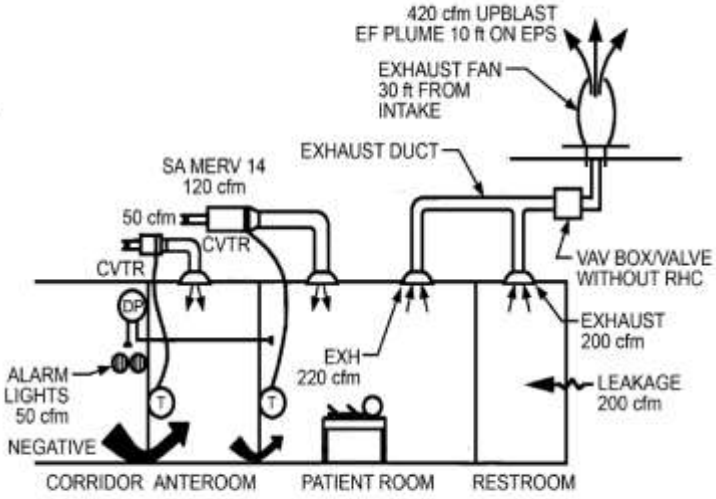
استخدام لمبات الأشعة فوق البنفسجية نموذج C بطول موجة 254 نانو متراً داخل مجاري الهواء.

الأشعة فوق البنفسجية في نطاق ٢٥٤ نانو متر تتميز بقدرتها على اختراق جدران الخلايا الميكروبية والتفاعل مع الحمض النووي داخلها. هذا التفاعل يؤدي إلى تشكيل روابط تمنع الحمض النووي من التضاعف ، مما يؤدي إلى موت الكائنات الدقيقة.

رغم فوائدها العديدة ، يجب التعامل مع الأشعة فوق البنفسجية بحذر. التعرض المباشر للإنسان يمكن أن يسبب أضرارًا للجلد والعينين. لذلك ، يجب أن يتم التشغيل في غياب الأشخاص أو باستخدام معدات حماية مناسبة.

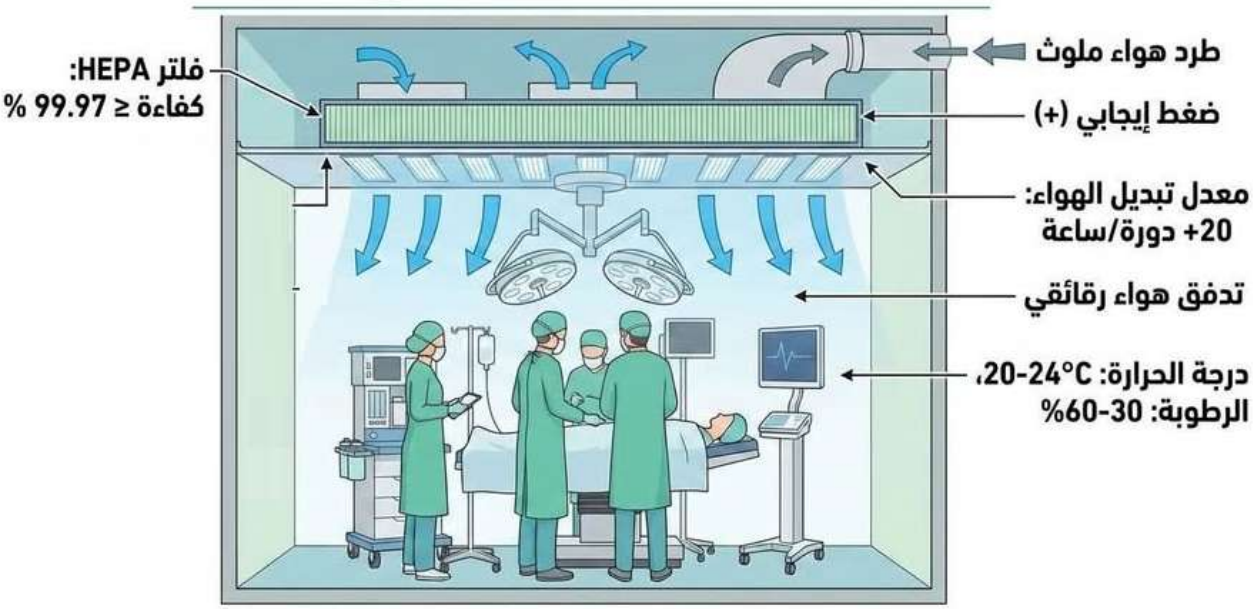


Protective Environment Room Arrangement
(ASHRAE)



Airborne Infection Isolation Room
(ASHRAE)

متطلبات نظام التهوية في غرف العمليات



Ventilation Design Requirements of Operating Theatres/Rooms

Ventilation design parameters

Pressure Relationship to Adjacent Areas	Min. Outdoor ACH	Min. Total ACH	Min. Filter Efficiency	Design Temp. °C	Design Relative Humidity %
Positive (at least +2.5Pa)	4	20	MERV-14	20 - 24	20 - 60

انواع غرف عزل المرضى

تُعتبر غرف العزل في المستشفيات جزءًا حيويًا من إدارة العدوى والحد من انتقال الأمراض المعدية. تُصمم الغرف لتلبية احتياجات طبية محددة ، وتختلف بناءً على نوع المرض وطرق انتقاله ، فيما يلي أنواع غرف العزل.

There are five types of isolation rooms that can be used to accommodate patients. These room types include:

Isolation room type	Isolation room use
Class S	Standard isolation for patients capable of transmitting infection by droplet or contact routes
Class P	Protective isolation used to isolate immunocompromised patients.
Class N	Respiratory isolation used to isolate patients capable of transmitting infection.
Class Q	Quarantine isolation – a Class N room including an anteroom and fumigation facilities
Class P+N	Combination respiratory isolation and protective isolation room

١. **غرف العزل القياسية** – تُستخدم لعزل المرضى الذين يعانون من أمراض معدية تنتقل عن طريق الاتصال المباشر. تشمل هذه الغرف تدابير وقائية مثل غسل اليدين وارتداء القفازات والملابس الواقية.

٢. **غرف العزل بالضغط السلبي** – تُصمم غرف العزل بالضغط السلبي لمنع تدفق الهواء من الغرفة إلى الخارج ، مما يحول دون انتشار الجراثيم المحمولة جواً إلى المناطق الأخرى في المستشفى. يُستخدم هذا النوع من الغرف عادةً لعزل المرضى المصابين بأمراض مثل السل والجدري.

٣. **غرف العزل بالضغط الإيجابي** – تعمل غرف العزل بالضغط الإيجابي على إبقاء الهواء النظيف داخل الغرفة ومنع دخول الهواء الملوث إليها. تُستخدم هذه الغرف عادةً لمرضى نقص المناعة أو الحالات التي تتطلب بيئة معقمة مثل زراعة الأعضاء.

٤. **غرف العزل المركبة** – تجمع هذه الغرف بين ميزات الضغط السلبي والإيجابي ، مما يسمح باستخدامها لأغراض متعددة حسب الحاجة. يُمكن تعديل الضغط داخل الغرفة بناءً على نوع الرعاية المطلوبة.

٥. **غرف العزل الخاصة بالأمراض شديدة العدوى** – تشمل هذه الغرف تدابير أمان إضافية لمكافحة الأمراض شديدة العدوى مثل الإيبولا تحتوي على أجهزة تنقية الهواء وأنظمة لإدارة النفايات البيولوجية بشكل آمن.

مميزات غرف العزل

- **التحكم في انتشار العدوى** ، تُساعد في الحد من انتشار العدوى في المستشفيات من خلال توفير بيئة آمنة ومعزولة للمرضى.
- **توفير الرعاية المناسبة**، يُمكن تخصيص نوع الغرفة بناءً على احتياجات المريض وخصائص المرض.
- **ضمان سلامة الطاقم الطبي**، تُقلل من خطر تعرض العاملين في المجال الطبي للعوامل الممرضة.

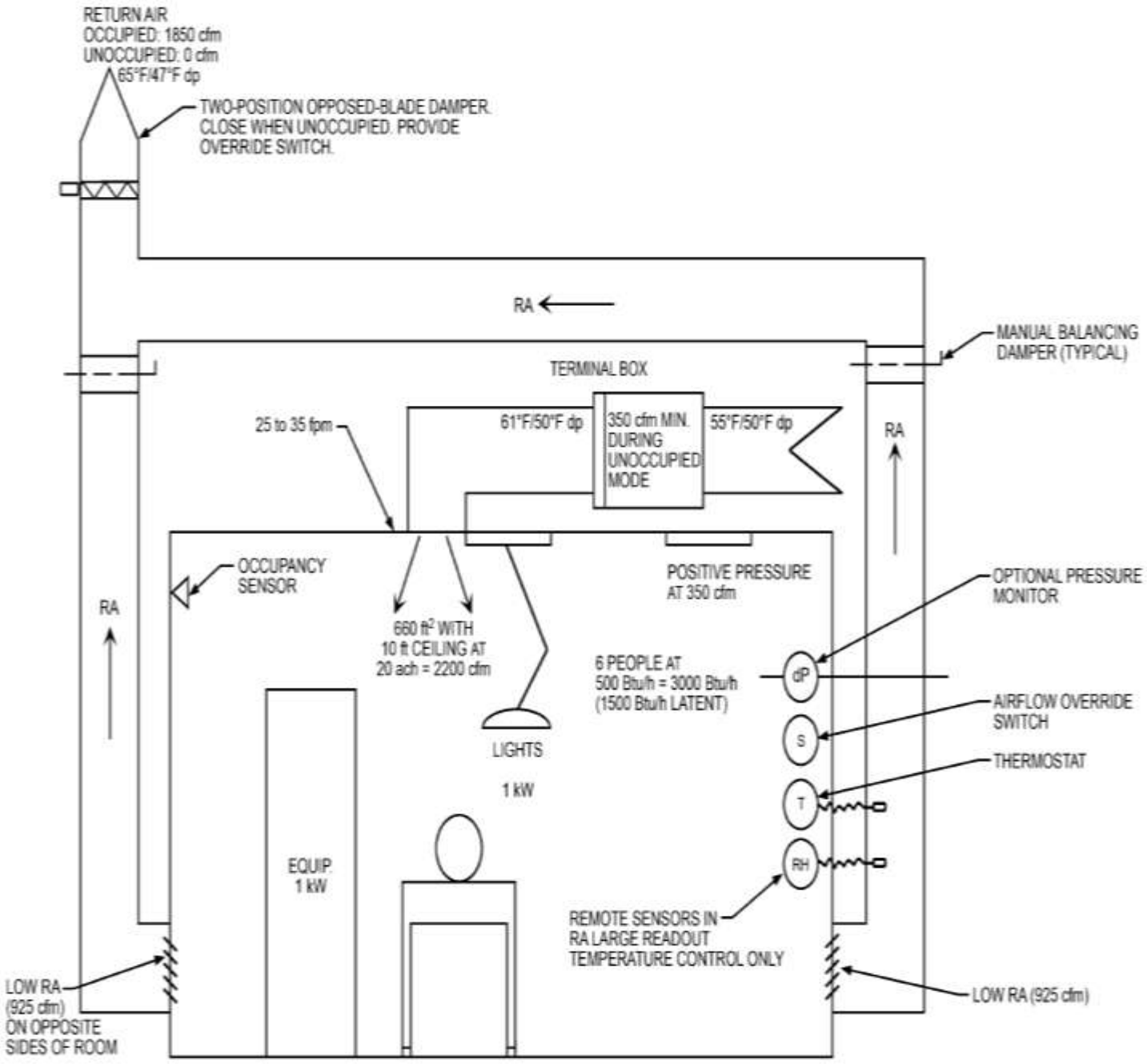
تُعتبر غرف العزل جزءًا أساسيًا من البنية التحتية للمستشفيات ، ويجب تصميمها وصيانتها بعناية لضمان فعاليتها في حماية المرضى والطاقم الطبي على حد سواء.

Specialized Ventilation Systems

	Pressure	Min. ACH (Outdoor/ Total)	Min. Filter Efficiency	Deign Temp (°C)	Design RH (%)
OT / OR	Positive	4 / 20	MERV-14	20 - 24	20 - 60
All room	Negative	2 / 12	MERV-14	21 - 24	Max 60
PE room	Positive	2 / 12	HEPA	21 - 24	Max 60

الغرف البينية

مع ملاحظة أن فتح الأبواب بين منطقتين يقلل على الفور أي اختلاف في الضغوط بينهما لدرجة أن ذلك يلغي فاعلية عملية التضغيط الموجودة (الضغط السلبي أو الضغط الايجابي) كما أنه عند فتح تلك الأبواب يحدث تبادل طبيعي في الهواء بين الغرفتين والمرافق المجاورة نتيجة الاضطرابات الهوائية التي يتسبب فيها فتح وغلق الأبواب المصاحبة لدخول وخروج الأشخاص ولابد من الاستفادة من الغرف البينية للمحافظة على فرق الضغوط بين الأماكن الهامة و الأماكن المجاورة لها أثناء حركة الأشخاص بينها. تسمى ايضا غرف معادلة الضغط او الغرف الامامية ، غرفة صغيره تقع بين غرفة العزل والممر أو المساحات المجاورة الأخرى .وتسُهم هذه الغرفة في خلق علاقة ضغط أكثر استقراراً بين مساحتين ، وذلك من خلال عملها بشكل مشابه لغرفة معادلة الضغط.



Operating Room Layout
(ASHRAE)

ضغط الهواء الصفائحي في تكييف المستشفيات

مفهوم تدفق الهواء الصفائحي المستخدم في الغرف الصناعية النظيفة قد جذب انتباه بعض السلطات الطبية لاستخدام كلاً من أنظمة التدفق الصفائحي الرأسية و الأفقية بدون استخدام جدران ثابتة أو متحركة تحيط بالفريق الجراحي في غرفة العمليات ، إن تدفق الهواء الصفائحي في غرف العمليات الجراحية هو تدفق ذو اتجاه أحادي عندما لا يتم اعتراضه بأي شكل من الأشكال وعادة يمكن تحقيق هذا التدفق الصفائحي أحادي الاتجاه عندما تكون سرعة الهواء في حدود 0.45±0.10m/s. إن تدفق الهواء الصفائحي قد أظهر نتائج واعدة في الغرف التي يتم استخدامها لعلاج المرضى ذوي التعرض الشديدة للإصابة بالأمراض ، ويشمل ذلك مرضى الحروق الشديدة ، و المرضى الذين يتم علاجهم بالإشعاع ،والمرضى الذين يتم علاجهم بالكيمياء المُركّزة ، والذين تمت عليهم جراحة نقل الأعضاء ، وبتر الأطراف ، أو إستبدال المفاصل. يتطلب التطور الطبي المستمر و التقنيات المستخدمه في ذلك المجال إعادة تقييم احتياجات المستشفيات والمنشئات الطبية من أنظمة التكييف ، أظهرت الأدلة الطبية أن أنظمة التكييف المناسبة تساعد في حماية و علاج كثير من الحالات الطبية ، فإن الارتفاع النسبي في تكاليف أنظمة التكييف يتطلب أن يكون تصميمها و طريقة عملها تتحلى بكفاءة عالية لضمان تشغيلها بطريقة فعالة واقتصادية. تعد تكييفات الهواء جزءًا حيويًا من البنية التحتية للمستشفيات ، حيث تلعب دورًا مهمًا في التحكم في جودة الهواء الداخلي ، مما يساهم في سلامة وصحة المرضى والطاقم الطبي. من بين تقنيات تكييف الهواء المستخدمة في المستشفيات ، تبرز تقنية ضغط الهواء الصفائحي كواحدة من أكثر الوسائل فعالية. ضغط الهواء الصفائحي هو تقنية تهوية تستخدم تدفقًا متوازيًا للهواء النقي ، يتم توزيعه بشكل متجانس عبر الأسطح أو السقوف ، بهدف تقليل التلوث الجزئي وضمان تدفق هواء نقي ومستمر. يعتبر هذا النوع من التكييف مثاليًا في البيئات التي تتطلب تحكمًا دقيقًا في جودة الهواء ، مثل غرف العمليات ووحدات العناية المركزة.

فوائد ضغط الهواء الصفائحي في المستشفيات

- **تقليل التلوث الجزئي** ، يعمل ضغط الهواء الصفائحي على تقليل انتشار الملوثات والميكروبات في الهواء، مما يساهم في تقليل خطر العدوى داخل المستشفى.
- **تحسين جودة الهواء** ، يوفر تدفق الهواء المستمر والمتساوي بيئة صحية وآمنة للمرضى والطاقم الطبية ، مما يعزز من راحتهم ورفاهيتهم.
- **تحكم دقيق في درجة الحرارة والرطوبة** ، يتيح هذا النظام التحكم في الظروف المناخية الداخلية بشكل أكثر دقة مما يساعد في الحفاظ على بيئة مريحة.

التبريد الميكانيكي

عملية التهوية بالطرق الميكانيكية المختلفة عن طريق سحب كمية من الهواء الخارجي لعمل التهوية اللازمة. ينبغي العناية بدراسة إستخدام وسائل التبريد الميكانيكية في مناطق العيادات والمرضى،يفضل إستخدام وسائل التبريد غير المباشرة عن طريق الماء المثلج أو المحاليل المقاومة للتجمد ، وفي حالة إستخدام أنظمة التبريد المباشرة لابد من الرجوع إلى الأكواد المتعلقة بهذا الموضوع لمعرفة المحاذير وحدود الاستخدام حسب معايير ASHRAE رقم ١٥ كود سلامة إستخدام التبريد الميكانيكي.

العوازل الحرارية

إن كل المواسير الساخنة و مجاري الهواء و المعدات ينبغي عزلها حرارياً للحفاظ على كفاءة الأنظمة و لحماية المبنى ولمنع التكثف على مجاري الهواء و المواسير و المعدات عندما تنخفض درجات حرارة الأسطح الخارجية عن درجة حرارة ندى الجو الخارجي ينبغي تغطيتها بعوازل حرارية مزودة بطبقة مانعة لانتقال البخار. ينبغي إستخدام عوازل حرارية على الأسطح الخارجية لمجاري الهواء والمواسير والمعدات ذات تصنيف سرعة انتشار لهب ٢٥ أو أقل و تصنيف سرعة إنتشار دخان ٥٠ أو أقل (ويتضمن ذلك طبقة التشطيب الخارجية للعوازل ووسيلة اللصق المستخدمة)، و يحدد ذلك معمل إختبار مستقل وفقاً لمعايير NFPA رقم ٢٥٥، ومعايير NFPA 90A

الطاقة

منشآت الرعاية الصحية شديدة الاستهلاك للطاقة فهي مؤسسات تعتمد في تشغيلها على الطاقة المستمرة ، والمستشفيات تختلف عن باقي المنشآت الأخرى حيث أنها تعمل على مدار ٢٤ ساعة طوال أيام السنة بدون توقف وتحتاج إلى أنظمة احتياطية معقدة للاستمرار في العمل في ظل تعطل إحدى انظمة الطاقة ، وتحتاج إلى كميات كبيرة من الهواء الجوي الخارجي لمحاربة الروائح المتولدة بداخلها و تخفيف تركيز الجراثيم في هوائها الداخلي، و يجب أن تتعامل مع مشاكل إنتقال العدوي و التخلص من نفاياتها الصلبة. كما أنها تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة لتشغيل معدات الفحص و العلاج و المراقبة؛ ولتشغيل مرافق خدمية مثل تخزين الأطعمة، وإعداد الوجبات الغذائية، وتشغيل المغاسل. إن المستشفيات تقوم بترشيد إستهلاك الطاقة بطرق متعددة ، على سبيل المثال عن طريق إستخدام صوامع ضخمة لتخزين الطاقة وبإستخدام وسائل لإسترداد الحرارة من الهواء المطرود سواءً أكان بارداً أو ساخناً بغرض تبريد أو تدفئة الهواء المغذي لفراغاتها الداخلية. ويتزايد فيها مؤخراً الإهتمام بإستخدام الأنابيب الحرارية وغيرها من الوسائل التي تقوم بإسترداد الطاقة. و يتزايد إنتشار إستخدام محارق المخلفات الصلبة بغرض توليد البخار لتشغيل المغاسل وتسخين المياه لرعاية المرضى. المنشئات الصحية الضخمة تسخدم أنظمة المحطات المركزية، التي قد تحتوي على خزانات حرارية، وموفرات

حرارية هيدروليكية، وطلمبات إبتدائية وثانوية، ومولدات كهروحرارية، وغلايات ومحارق لإسترداد الحرارة. إن التصميم الإنشائي للمنشئات الجديدة – بما فيها التعديلات والإضافات على المباني القائمة – له تأثير كبير على كمية الطاقة المطلوبة لتشغيل أنظمة التبريد والتدفئة والإضاءة. واختيار الأنظمة والمكونات الإنشائية للمبنى بغرض ترشيد إستهلاك الطاقة يحتاج إلى تخطيط و تصميم دقيقين. ودمج مخلفات المبنى الحرارية في تشغيل الأنظمة و إستخدام مصادر الطاقة المتجدد (على سبيل المثال إستخدام الطاقة الشمسية تحت إشتراطات مناخية معينة) يساهم في توفير كمية كبيرة من الطاقة

غرف العمليات

لقد أظهرت الدراسات التي تم إجرائها في غرف العمليات على أنظمة توزيع الهواء أن دفع الهواء إلى الأسفل من خلال الأسقف ليصل إلى عدد من المخارج الخاصة بسحب الهواء – و الموجودة على جدران متقابلة بالقرب من الأرضيات – هو أفضل شكل لحركة الهواء له فاعلية في المحافظة على تركيز الملوثات في أدني مستوياته المقبولة. و لقد تم تحقيق ذلك بنجاح عن طريق إستخدام أسقف مُخَرَّمَة كلياً أو جزئياً و نواشر هواء يتم تركيبها بالأسقف . عادة أجنحة غرف العمليات يتم إستخدامها لمدة تتراوح من ٨ إلى ١٢ ساعة يومياً لا أكثر (و يستثنى من ذلك أقسام الطوارئ وعلاج الصدمات). ينبغي إن تسمح أنظمة تكييف الهواء بتقليل معدلات تغذية بعض أو كل غرف العمليات بالهواء كلما أمكن ذلك بغرض ترشيد إستهلاك الطاقة. و لابد من المحافظة على ضغط الهواء الإيجابي بأقل كمية مسموح بها من معدل تدفق الهواء لضمان تحقيق ظروف التعقيم. ولابد الأخذ في الاعتبار الوقت المطلوب لتشغيل أنظمة التكييف في غرف العمليات قبل إعادة إستخدامها. وأخذ رأي الفريق الجراحي بالمستشفيات سوف يحدد مدى جدوى هذه الخاصية. ينبغي تزويد غرف العمليات بنظام مستقل لطرد الهواء أو منظومة تفريغ خاصة لإزالة بقايا الغازات المخدرة منها. فلقد تم إستخدام أنظمة تفريغ طبية لإزالة الغازات المخدرة غير القابلة للإشتعال (معايير NFPA رقم ٩٩). و يمكن وضع مخرج أو مخرجين في كل غرفة عمليات للسماح بتركيب خراطيم الكسح من أجهزة الغازات المخدرة. رغم أن إستخدام الوسائل المشعة لتعقيم الهواء في غرف العمليات قد أظهر نتائج جيدة إلا أنه يندر إستخدام هذه الطريقة. وقد يرجع عدم الرغبة في إستخدام تلك الوسائل المشعة إلى حاجتها إلى تصميمات ووسائل تركيب مخصوصة ومعقدة ، وإجراءات وقائية لصالح المرضى والأشخاص المتواجدين بالمكان مشددة ، و المتابعة المستمرة لمستوى كفاءة المصابيح المستخدمة في تلك الوسيلة وصيانتها.

إشتراطات غرف العمليات، و القسطرة، و المناظير، و معالجة الكسور

١. ينبغي أن يتمكن الفريق الجراحي من ضبط درجة الحرارة في نطاق يتراوح من ١٧ إلى ٢٧ درجة مئوية.
٢. مقدار الرطوبة النسبية في نطاق يتراوح من ٤٥% إلى ٥٥%.
٣. أن يكون ضغط الهواء بتلك الغرف أعلى من نظيره بالغرف المجاورة (+) و ذلك بتغذيتها بكميات هواء أعلى بمقدار ١٥% من معدلات سحب الهواء منها.
٤. تركيب أجهزة لقراءة قيم فرق الضغط بهذه الغرف والإغلاق المحكم لكل التجهيزات التي تخترق الجدران و الأسقف والأرضيات وإستخدام أنواع من الأبواب مانعة لتسريب الهواء ضروري لضمان المحافظة على ضغوط يمكن قراءتها.
٥. وضع مؤشر للرطوبة النسبية و ترمومتر في تلك الغرف لسهولة مراقبة قيم الرطوبة و درجات الحرارة بها.
٦. ينبغي أن تكون كفاءة المرشحات المستخدمة .
٧. ان تتطابق التركيبات مع متطلبات معايير NFPA رقم ٩٩ الخاصة بمنشئات الرعاية الصحية.
٨. ينبغي أن يتم تغذية الغرف بالهواء من خلال الأسقف وسحبه من موضعين على الأقل بالقرب من الأرضيات والحواف السفلية لمخارج سحب الهواء لابد أن تبعد 75mm على الأقل فوق الأرضيات. ونواشر الهواء السقفية ينبغي أن تكون من النوعية أحادية الإتجاه. و ينبغي تَجَنُّب إستخدام نواشر سقفية أو جانبية ذات معدلات حث (induction) مرتفعة.
٩. عدم تبطين مجاري الهواء بمواد عازلة للصوت إلا إذا تم تركيب مرشحات هواء طرفية بكفاءة لا تقل عن ٩٠% بعد تلك العوازل. ويمكن تغليف العوازل الداخلية بالوحدات الطرفية بمواد معتمدة. ينبغي أن تكون كواتم الصوت التي يتم تركيبها على مجاري الهواء من النوعية أحادية المسار أو بها طبقة تغليف من البوليستر تعلو الحشوات الصوتية.
١٠. أن يتم معالجة أي نوعية من أنواع العوازل الحرارية المبثوقة ومثبطات الحريق بمواد مانعة لتكاثر الفطريات.
١١. أن يتم تمديد أطوال كافية من مجاري الهواء المصنوعة من الحديد الذي لا يصدأ و يكون مانع لتسرب المياه وبه وصلة لصرف المتكاثف بعد أجهزة الترطيب وذلك لضمان التبخر الكلي للمياه قبل وصول الهواء إلى داخل الغرفة.

يمكن وضع وسائل التحكم التي تقوم بمراقبة و إعادة ضبط درجات الحرارة و الرطوبة وضغط الهواء على المنضدة الخاصة بمشرف الفريق الجراحي.

البارامترات الموصى بها من قبل (ASHRAE170)

Recommended values for HVAC design parameters of the operating room according to standards and guidelines.

References	Operation of room type	Temperature °C	Relative Humidity %	Filtration	Air velocity m/s	Air distribution	Pressure	Pressure difference	Out door ACH	Total ACH
ASHRAE	Class A Class B Class C	18-26	30-60	MERV 7/8/14/15-17 MERV 7/8/14/15-17 MERV 7/8/14/15-17	0.25-0.45	Laminar	P	2.5-7.5 Pa/ 35-45 L/s excess supply	5*/15**/ 15(lt/s)/ person	25*/15**
AIA	Class A Class B Class C	20-23	30-60	N/D	N/D	Laminar	p	2.5 pa	3	15
DIN	Class Ia Class Ib	19-26	30-60	F5-F7-H13 F5-F7-H13	N/D	Lamina/ Turbulent	P	20 m³/h excess supply	1200 m³/h	2400 m³/h
CBZ	N/D	18-24	N/D	F5-F7-F9-H13	N/D	Laminar	P	N/D	N/D	N/D
VDI	N/D	18-24	30-50	F5/F6/F7-F9-H13	0.20	Laminar	P	N/D	N/D	N/D
NBR	General Cesarean	19-24 22-26	45-60	G2-F2-A3 N/A	N/A	N/A	P	N/A	N/A	N/A

Recommended values for HVAC design parameters of the intensive care unit (ICU) room according to standards and guidelines.

References	Operation of room type	Temperature °C	Relative humidity %	Pressure	Pressure difference	Filtration	Air velocity m/s	Air distribution	Out door ACH	Total ACH
ASHRAE	General	21-24	30-60	N/D	N/D	N/D	N/D	Laminar	2	6
	Newborn	22-26	30-60	N/D	N/D	N/D	<0.25 m/s @ isolate level		2	6
	Burn	N/D	40-60	P	N/D	HEPA	0.25 m/s @ Bed level		2	6
AIA	General	21-24	30-60	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	2	6
	Newborn	22-26	30-60	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	2	6
DIN	Infection	24-26	N/D	P	N/D	F5/F7-H13	N/D	N/D	30 $m^3/m^2.h$	N/D
VID	General	N/D	N/D	P	N/D	F9	N/D	N/D	100 m^3/h/ person	N/D

* Recommended of outdoor and Total ACH values for return air system.
** Recommended total ACH for 100% fresh air systems.
N/A: Not Available
N/D: Not Defined

Recommended values for HVAC design parameters of the delivery rooms according to standards and guidelines.

References	Temperature °C	Relative humidity %	Pressure	Pressure difference	Filtration	Air velocity m/s	Air distribution	Outdoor ACH	Total ACH
ASHRAE	20-24	30-60	P	N/D	N/D	N/D	N/D	5*/15**	25*/15**
AIA	20-23	30-60	P	N/D	N/D	N/D	N/D	3	15
DIN	min 24	N/D	N/D	N/D	F5-F7-H13	N/D	N/D	15 $m^3/m^2.h$	N/D
PHG	N/D	N/D	N/D	N/D	See Text	N/D	N/D	20 L/s/person or 2	10
NBR	22-26	45-60	P	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Sample of ASHRAE *Standard* 170 Design Parameters

Function of Space	Pressure Relationship to Adjacent Areas	Minimum Outdoor ach*	Minimum Total ach*	All Room Air Exhausted Directly to Outdoors	Air Recirculated by Room Units	Design Relative Humidity,%	Design Temp. °F
Operating room	Positive	4	20	NR*	No	20 to 60	68 to 75
Emergency department public waiting area	Negative	2	12	Yes	NR*	max. 65	70 to 75
All rooms	Negative	2	12	Yes	No	max. 60	70 to 75
Patient room	NR*	2	4	NR*	NR*	max. 60	70 to 75

*ach = air changes per hour, NR = no requirement.

متطلبات التهوية للمناطق التى تؤثر على رعاية المرضى فى المستشفيات والعيادات الخارجية

نوع المنطقة	علاقة تحريك الهواء بالنسبة للمناطق المجاورة	أقل عدد مرات تغيير للهواء الخارجى (مرة/ساعة)	أقل عدد اجمالى لتغيير الهواء (مرة/ساعة)	الهواء مطرود بالكامل مباشرة للخارج	تدوير الهواء بواسطة وحدات الحجرة	الرطوبة النسبية (٠/٠)	درجة الحرارة التصميمية (م°)
وحدات التمريض:							
– غرفة مريض	-	٢	٦	-	-	-	٢١-٢٤
– غرفة دورة المياه	تغذية	-	١٠	نعم	-	-	-
– جناح حضانة لحديثي الولادة	-	٢	٦	-	لا	٣٠-٦٠	٢٢-٢٦
– غرفة عزل عن الوسط المحيط	تغذية	٢	١٢	-	لا	-	٢٤
– غرفة عزل لمنع العدوى بانتقال الهواء	تغذية	٢	١٢	نعم	لا	-	٢٤
– غرفة عزل بالقبو (Anteroom)	تغذية / طرد	-	١٠	-	لا	-	-
– ممر أو طرقة مرضى	-	-	٢	-	-	-	-
مرافق للتوليد :							
– غرفة ولادة (Delivery, Labor)	طرد	٣	١٥	-	لا		٢٠-٢٣
– غرفة مخاض / ولادة / إنعاش	-	٢	٦	-	-	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة مخاض / نقاهة /نفاس بعد الولادة	-	٢	٦	.	-	-	٢١-٢٤
طوارئ / جراحة / عناية حرجة :							
– غرف عمليات جراحية	طرد	٣	١٨عد	نعم -	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة نقاهة	-	٢	٦	-	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– عناية حرجة أو مركزة	-	٢	٦	-	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– عناية متوسطة (Intermediate)	-	٢	٦	-	لا	.	٢١-٢٤
– عناية مركزة لحديثي الولادة	-	٢	٦		-	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة علاج	-	-	٦	-	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
غرف علاج الإصابات (Trauma room)	طرد	٣	١٥	-	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة فحص الرئة بالأشعة	تغذية	٢	١٢	-	لا	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة فرز (Triage)	تغذية	٢	١٢	نعم	-	٣٠-٦٠	٢١-٢٤
– غرفة انتظار (ER- waiting room)	تغذية	٢	١٢	نعم	-	-	٢١-٢٤

شمسان المالكي

متطلبات التهوية للمناطق التى تؤثر على رعاية المرضى فى المستشفيات والعيادات الخارجية

نوع المنطقة	علاقة تحريك الهواء بالنسبة للمناطق المجاورة	أقل عدد مرات تغيير للهواء الخارجى (مرة/ساعة)	أقل عدد اجمالى لتغيير الهواء (مرة/ساعة)	الهواء مطرود بالكامل مباشرة للخارج	تدوير الهواء بواسطة وحدات الحجرة	الرطوبة النسبية (٠/٠)	درجة الحرارة التصميمية (م°)
– غرفة إجراءات (Procedure room)	طرد	٣	١٨حد	نعم -	لا	٦٠-٣٠	٢٤-٢١
– غرفة علاج العيون بالليزر	طرد	٣	١٨حد	نعم -	لا	٦٠-٣٠	٢٤-٢١
– أشعة سينية (جراحة / عناية مركزة / قسطرة)	طرد	-	٨	-	لا	٦٠-٣٠	٢٤-٢١
– تخزين غازات التخدير	تغذية	-		-	لا	٦٠-٣٠	٢٤-٢١
مناطق دعم :							
– غرفة علاج بالأدوية	طرد	-	٤	-	-	-	-
– غرفة عمل نظيفة أو غرفة حجز فى مكان نظيف	طرد	-	٤	-	-	-	-
– غرفة تشغيل نفايات أو الاحتفاظ بفضلات	تغذية	-	١٠	نعم	-	-	-
مناطق تشخيص وعلاج:							
– غرفة فحص	-	-	٦	-	-	-	٢٤
– غرفة علاج	-	-	٦	-	-	-	٢٤
– علاج طبيعي وعلاج بالمياه	تغذية	-	٦	-	-	-	٢٤
– غرفة مناظير جهاز هضمي	-	٢	٦	-	لا	٦٠-٣٠	٢٣-٢٠
– غرفة تجهيز أجهزة المناظير	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
تصوير – أشعة سينية (تشخيصية وعلاجية)	-	-	٦	-	-	-	٢٤
– غرفة مظلمة	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
– غرفة انتظار للتصوير	-	٢	١٢	نعم	-	-	٢٤-٢١
معامل							
– عمومية	-	-	٦	-	-	-	٢٤
– كيمياء حيوية	تغذية	-	٦	نعم	لا	-	٢٤
– علم الخلايا	تغذية	-	٦	نعم	لا	-	٢٤
– غسيل زجاج	تغذية	-	١٠	نعم	-	-	٢٤
– علم الأنسجة	تغذية	-	٦	نعم	لا	-	٢٤
– علم الجراثيم	تغذية	-	٦	نعم	لا	-	٢٤

متطلبات التهوية للمناطق التى تؤثر على رعاية المرضى فى المستشفيات والعيادات الخارجية

نوع المنطقة	علاقة تحريك الهواء بالنسبة للمناطق المجاورة	أقل عدد مرات تغيير للهواء الخارجى (مرة/ساعة)	أقل عدد اجمالى لتغيير الهواء (مرة/ساعة)	الهواء مطرود بالكامل مباشرة للخارج	تدوير الهواء بواسطة وحدات الحجرة	الرطوبة النسبية (٠/٠)	درجة الحرارة التصميمية (م°)
– طب نووي	تغذية	-	١٠	نعم	-	-	٢٤
– علم الأمراض	تغذية	-	١٢	نعم	لا	-	٢٤
– علم الأمصال	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	٢١
– تعقيم	تغذية	-		نعم	-	-	٢١
– غرفة تشريح	تغذية	-		نعم	لا	-	٢١
– غرفة الاحتفاظ بجثث غير مجمدة	تغذية	-		نعم	لا	-	٢١
مناطق خدمية :							
– صيدلية	طرد	-	٤	-	-	-	-
– مركز إعداد أطعمة	-	-	١٠	-	لا	-	-
– غسيل بالماء	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
– تخزين معتمد على تاريخ صلاحية	تغذية	-	٢	-	-	-	-
– مغسلة / عام	-	-	١٠	نعم	-	-	-
– ملايات متسخة (تصنيف وتخزين)	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
– تخزين ملايات نظيفة	طرد	-	٢	-	-	-	-
– ملاءات متسخة وغرفة مهملات	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
– غرفة تخزين أواني أسرة	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	٢٤
– غرفة حمام	تغذية	-	١٠	نعم	لا	-	-
– غرفة تدبيز مؤن	تغذية	-	١٠	-	-	-	-
التعقيم والإمداد :							
– غرفة تعقيم بغاز أكسيد الإيثيلين	تغذية	-	١٠	نعم	لا	٦٠-٣٠	٢٤
– غرفة معدات التعقيم	تغذية	-	١٠	-	-	-	-
مؤن الطب والجراحة المركزية							
– غرفة المهمات المتسخة أو لإزالة التلوث	تغذية	-	٦	نعم	لا	-	٢٣-٢٠
– غرفة عمل نظيفة	طرد	-	٤	-	لا	٦٠-٣٠	٢٤
– مخزن تعقيم	طرد	-	٤	-	-	٧٠قيمة قصوى	-

الملحقات						
الطب الإشعاعي (الحالات الحرجة)	الأشعة السينية (الجراحة و	P	3	15	إختياري	لا
	الأشعة السينية (التشخيص و العلاج)	±	2	6	إختياري	إختياري
	الغرف المظلمة	N	2	10	نعم[10]	لا
معامل، بشكل عام		N	2	6	نعم	لا
معامل، علم البكتريا Bacteriology		N	2	6	نعم	لا
معامل، علم الكيمياء العضوية Biochemistry		P	2	6	إختياري	لا
معامل، علم الخلايا Cytology		N	2	6	نعم	لا
معامل، غسيل الزجاج Glasswashing		N	إختياري	10	نعم	إختياري
معامل، علم الأنسجة Histology		N	2	6	نعم	لا
معامل، الطب النووي Nuclear medicine		N	2	6	نعم	لا
معامل، علم الأمراض Pathology		N	2	6	نعم	لا
معامل، علم الأمصال Serology		P	2	6	إختياري	لا
معامل، التعقيم Sterilizing		N	إختياري	10	نعم	لا
معامل، نقل الوسائط Media transfer		P	2	4	إختياري	لا
المشرحة		N	2	12	نعم	لا
غرفة الحفاظ على الأجسام بدون تبريد[11]		N	إختياري	10	نعم	لا
الصيدليات		P	2	4	إختياري	إختياري
الإدارة						
الغرف الإدارية و غرف الإنتظار		N	2	6	نعم	إختياري
التشخيص و العلاج						
إدارة منظار الشعب الهوائية، و تجميع عينات البلغم، و ملح البيتاميدين		N	2	10	نعم	لا
غرفة الفحص		±	2	6	إختياري	إختياري
غرفة العلاج		P	2	4	إختياري	إختياري

الضغط النسبي و التهوية في المناطق الحرجة بدور الرعاية

وظيفة المكان	ضغط المكان بالنسبة للمناطق المجاورة	أدني معدل للتبديل بالهواء الخارجي في الساعة	أدني معدل إجمالي لتبديل الهواء في الساعة	هل كل الهواء يتم طرده بشكل مباشر إلى الخارج	هل يتم إستخدام وحدات لتدوير الهواء بالغرفة
رعاية المرضى					
غرف المرضى	±	2	2	إختياري	إختياري
ممرات منطقة المرضى	±	إختياري	2	إختياري	إختياري
دورات المياه	N	إختياري	10	نعم	لا
التشخيص و العلاج					
غرفة الإختبار	±	2	6	إختياري	إختياري
العلاج الطبيعي	N	2	6	إختياري	إختياري
العلاج المهني	N	2	6	إختياري	إختياري
ورش العمل المتسخة و مخازن المواد المتسخة	N	2	10	نعم	لا
ورش العمل النظيفة و مخازن المواد النظيفة	P	2	4	إختياري	إختياري
التعقيم و المناولة					
غرفة طرد الهواء من جهاز التعقيم	N	إختياري	10	نعم	لا
غرفة التخلص من المفروشات المتسخة و النفايات	N	إختياري	10	نعم	لا
المغاسل، عموماً	±	2	10	نعم	لا
فرز و تخزين المفروشات المتسخة	N	إختياري	10	نعم	لا
مخزن المفروشات النظيفة	P	إختياري	2	نعم	لا
المناطق الخدمية					
مركز إعداد الطعام[12]	±	2	10	نعم	نعم
غرفة إزالة الملوثات	N	إختياري	10	نعم	نعم
تخزين الوجبات اليومية	±	إختياري	2	نعم	لا
خزانة البواب	N	إختياري	10	نعم	لا
الحمامات	N	إختياري	10	نعم	لا

P = إيجابي N = سلبي E = متساوي ± = لا توجد ضرورة للتحكم المستمر في إتجاه الهواء

الضغط النسبي و التهوية بشكل عام في بعض المناطق بالمستشفيات

وظيفة المكان	ضغط المكان بالنسبة للمناطق المجاورة[1]	أدني معدل للتبديل بالهواء الخارجي في الساعة[2]	أدني معدل إجمالي لتبديل الهواء في الساعة[3]	هل كل الهواء يتم طرده بشكل مباشر إلى الخارج	هل يتم إستخدام وحدات لتدوير الهواء بالغرفة[4]
الجراحة و الحالات الحرجة					
غرف العمليات الجراحية (أنظمة الهواء المتجدد بالكامل)	P	5 15	15	نعم	لا
(أنظمة الهواء المدار)	P	5	25	إختياري	لا
غرف الولادة (أنظمة الهواء المتجدد بالكامل)	P	15	15	إختياري	لا
(أنظمة الهواء المدار)	P	5	25	إختياري	لا
غرف الإنعاش	E	2	6	إختياري	لا
أجنحة حضانات الأطفال حديثي الولادة	P	5	12	إختياري	لا
غرف الصدمات Trauma[6]	P	5	12	إختياري	لا
مستودعات المواد المخدرة Anesthesia	±	إختياري	8	نعم	لا
التمريض					
غرف المرضى	±	2	4	إختياري	إختياري
دورات المياه[7]	N	إختياري	10	نعم	لا
العناية المركزة	P	2	6	إختياري	لا
غرف عزل مرضى الأمراض المعدية[8]	±	2	6	نعم	لا
غرف العزل الوقائي[9]	P	2	15	نعم	إختياري
غرف العزل البينية anteroom	±	2	10	نعم	لا
غرف ما قبل و بعد الولادة LDRP	E	2	4	إختياري	إختياري
ممرات المرضى	E	2	4	إختياري	إختياري
الملحقات					
الطب الإشعاعي الأشعة السينية (الجراحة و الحالات الحرجة)	P	3	15	إختياري	لا

وسائط التبريد

هناك الكثير من وسائط ومواد التبريد والتي عادتا يرمز لها بحرف (R) متبوعة بأرقام ، غازات وهالونات التبريد المستخدمه في اجهزة التكييف هي المواد التي تعمل على نقل الحرارة والبرودة ويمكن تحويلها بسهوله من سائل الى بخار والعكس ،ويجب ان تكون من خصائصها غير سامة وعدم قابليه الاشتعال ،مستقره وغير قابله للانفجار ، ولا تسبب التآكل ، وسهله الاكتشاف والتحديد عند تسربها ،..

وسيط التبريد	الصيغة الكيميائية
R22	$CHClF_2$
R11	$CClF_2$
R134a	CF_3CH_2F
R744	CO_2
R718	H_2O

وسيط التبريد	لون الأسطوانة
R22	أخضر
R11	برتقالي
R134a	أرجواني
R717	فضي

وسيط التبريد	التركيب الكيميائي	طاقة التبريد (kJ/m^3)	نسبة الانضغاط $(r=\frac{p_c}{p_e})$	ضغط المكثف (p_c, bar)	معامل الأداء (COP)
R11	CCl_3F	443	5.9	2.4	5.53
R21	$CHFCl_2$	636	5.68	4.0	4.64
R22	$CHCl_2F$	3671	3.88	19.3	5.14
R114	$C_2Cl_2F_7$	784	5.06	4.5	4.61
R717	NH_3	42.75	4.96	20.6	5.53

مقارنة أداء بعض وسائط التبريد

أحيانا تختار وسائط التبريد حسب نوع الضاغط المستخدم وحسب القدرة المطلوبة للتبريد

مجال الاستخدام	نوع الضاغط	وسيط التبريد
للتكييف – سعة 200-2000TR	طرد مركزي Centrifugal	R11
لأنظمة التكييف الكبيرة وأنظمة التبريد.الثلاجات المنزلية كالتي تستعمل لحفظ الأغذية وصناعة الآيس كريم، مبردات المياه..الخ	طرد مركزي Centrifugal ضواغط ترددية Reciprocating دورانية Rotary	R12
التكييف المنزلي والتجاري، وحدات حفظ الأغذية، تجميد الأغذية، وحدات العرض، وللاستعمالات عند درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة	ضواغط ترددية Reciprocating طرد مركزي Centrifugal	R22
الثلاجات ومكيفات الشباك المنزلية خاصة عندما تكون الذبذبة 50 Hz	ضواغط ترددية Reciprocating	R500
ثلاجات عرض الأغذية المجمدة والآيس كريم والمجمدات المنزلية	ضواغط ترددية Reciprocating	R502
أنظمة التبريد ذات درجة الحرارة المنخفضة $-90°C$ –	ضواغط ترددية Reciprocating	R503
أنظمة التبريد ذات درجة الحرارة المنخفضة $-90°C$ –	ضواغط ترددية Reciprocating	R13
أنظمة التكييف الصغيرة والمتوسطة وأنظمة التبريد الصناعية	طرد مركزي Centrifugal	R113

نوع الضاغط المستخدم مع بعض وسائط التبريد

وسيط التبريد	الصيغة	الاسم العام	لون أسطوانة الوسيط
R11	(CCl_3F)	Trichloromonofluoromethane	برتق إلى Orange
R12	(CCl_2F_2)	Dichlorodifluoromethane	أبيض White
R13	$(CClF_3)$	Monochlorotrifluoromethane	أزرق فاتح Pale Blue
R134a	(CF_3CH_2F)	Tetrafluroethane	أرجوان Purple
R22	$(CHClF_2)$	Monochlorodifluoromethane	أخضر Green
R40	(CH_3Cl)	Monochlorotrifluoromethane	
R502	(48.8%R22+51.2%R115)	-	أحمر بنفسجي خفيف Orchid
R717	(NH_3)	Ammonia	فضي Silver

لون أسطوانات بعض وسائط التبريد

مركب ك.ف.ك	البديل المقترح
R-11	HCFC-123
R-12	HFC-134a
R-13	R-23
R-22	R-407C
R-113	None
R114	HFC-236A
R-500	HFC-134
R-502	R-404A/R-507
R-503	R-508B

البدائل المقترحة لبعض مركبات ك.ف.ك

نظراً لخطورة بعض مواد ووسائل التبريد على طبقه الاوزون والمتفق عليها عالميا بالتخفيف والانتهاء تدريجيا من استخدامها ، يفضل استخدام المواد صديقة البيئة

غازات البريد المستنفذة للأوزون		غازات التبريد صديقة البيئة	
CFC		HFC	
R11	CCL_3F	R134a	CF_3CH_2F
R12	CCL_2F_2	R152a	CH_2CH_3
R13	$CCLF_3$	R125	CF_3CHF_2
R113	CCL_2FCCLF_2	R143a	CF_3CH_3
R114	$CCLF_2CCLF_2$	R32	CH_2F_2
R115	CF_3CCLF_2	R23	CHF_3
HCFC		R227ea	CH_3-CHF-CF_3
R22	$CHCLF_2$	R236fa	CF_3-CH_2-CF_3
R124	$CHCLFCF_3$	HFC BLENDS	
R1416	$CHCLFCF_3$	R404a	R134a+R125+134a
R1426	$CHCLFCF_3$	R407a	R32+R125+R134a
R123	$CHCLFCF_3$	R407b	R32+R125+R134a
CFC-HCFC-HFC-HC-BLENDS		R407c	R32+R125+R134a
R500	R12+R152a	R410a	R32+R125
R501	R12+R22	R410b	R32+R125
R502	R22+R115	R413a	R218+R134a+R600a
R503	R13+R23	R507	R125+R134a
R401a	R22+R152a+R124	R508a	R23+R116
R401b	R22+R152a+R124	R508b	R23+R116

معايير واشتراطات تصميم تكييفات وأجهزة التهوية في مؤسسات الرعاية الصحية

١- (فصل رقم ٥١ و ومعايير NFPA رقم 90A و 92A و ٩٩ و ١٠١.)

٢- إختبار مستقل وفقاً لمعايير NFPA رقم ٢٥٥، و معايير NFPA رقم 90A

٣- إختبار مستقل وفقا لمعايير ASTM رقم E84.

٤- المواد المخدرة طبقا لمعايير NFPA رقم ٩٩.

٥- متطلبات تركيب أنظمة التهوية NFPA 90-A

٦- ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

٧- Standard for Installation of Air-Conditioning Systems NFPA 90-A., 1994

٨- ASHRAE'S Residential Ventilation Standard 62.2

٩- ASHRAE 52.2 و ١ ASHRAE 52.1

١٠- European Standard EN 779, 2002.

١١- ASHRAE Standard 52.1 - 1992

١٢- European Standard EN 1822, 2009

١٣- ASHRAE Standard 52.2 - 1999

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329
www.ashrae.org

www.ansi.org

American Society for Healthcare Engineering of the American Hospital Association

١٤- ASHRAE HVAC Design Manual for Hospital and Clinics

١٥- BS 5925 المواصفة

١٦- ASHRAE Standard 170

١٧- ANSI/ASHRAE 162.1 معيار تهوية لجودة هواء داخلي مقبولة

١٨- ANSI/ASHRAE/ASHE 170 معيار تهوية مرافق الرعاية الصحية

١٩-ASHRAE52.2 معيار اختبار أجهزة تنقية هواء التهوية العامة من حيث كفاءة الإزالة حسب حجم الجسيمات.

٢٠- معيار رقم NFPA92A

٢١- ASHRAE Standard 62-73, "Natural and Mechanical Ventilation" (ANSI B 194.1)

٢٢- معيار رقم (ANSI B 193.1-76) "Conditions for Human Occupancy"
ASHRAE Standard 55-74, "Thermal Environmental
٢٣- معيار رقم NFPA90A
٢٤- ASTM A84
٢٥- معايير ASHRAE 15 رقم ١٥، كود سلامة إستخدام التبريد الميكانيكي.
٢٦- ASHRAE/ANSI *Standard* 90.1
٢٧- ASHRAE standard 62-73, "Standards for Natural and Mechanical
Ventilation" (ANSI B 194.1-)
٢٨- ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2017

المراجع

١. الباب الثالث- عمليات السيكرومتري – وزاره التعليم العالي والبحث العلمي – الجامعه التكنولوجيه هندسة العماره .

٢. بارامترات تهوية غرف العمليات ونماذج تدفقاتها المختلفة - الدكتور / محمد فراس الحناوي

٣. الباب الثاني الخريطة السيكرومترية – تكييف – مهندس مصطفى فتحي – مهندس محمد نجم

٤. المعايير التصميمية للمستشفيات والمنشآت الصحية – وزارة المرافق والإسكان والتنمية العمرانية (مصر)

٥. انظمة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء HVAC إعداد الباحثة م/ إيمان عبد الهادي السعايدة الهندسة الميكانيكية بلدية السلط الكبرى .

٦. اساسيات تقنيات التبريد والتكييف – المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني (السعوديه)

٧. مدونة التهوية الميكانيكيه – وزارة الاعمار والإسكان - العراق

٨. اداء الغرفة النظيفة المرتبطة بنظافة الهواء في الصناعات الدوائية – الصيدلانية / مرام سلامي

٩. تصميم أنظمة تكييف الهواء – دكتور / عبد الله جلال

١٠. الوحدة الثانية (وسيط التبريد) تكييف الهواء

١١. محاضره الوحدة الثانية (السيكومتري علم دراسة الهواء الرطب) المركز العلمي للترجمة

المراجع الانجليزية

1- Infection Control Guidance on HVAC for Health Care Facilities Managers ,project first line , ASHE , AHA Education .

2- MODULE 16: Incineration of Healthcare Waste and the Stockholm Convention Guidelines – world health organization.

3- Compendium of Technologies for Treatment / Destruction of Healthcare Waste - United Nations Environment Programme (UNEP).

4- HOSPITAL VENTILATION STANDARDS AND ENERGY CONSERVATION - Roger L., David Rainer , Jonna L. Anderson , George S. Michaelsen

5- HEALTH CARE FACILITIES chapter 9 - Birgand, G., Toupet, S. Rukly, G. Antoniotti, M.N. Deschamps, D. Lepelletier, C.

6- Ventilation of Health Care Facilities- ANSI/ASHRAE/ASHE Addendum h to ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2021

7- ROOM PRESSURE RELATIONSHIPS - Spencer Cook, P.E

8- An Introduction to HVAC Systems for Medical Facilities – By J. Paul Guyer, P.E., R.A.

9- Hvac Standards For Acceptable Thermal Conditions In The Hospital: A Case Study - Kale Mawlood Mina

تكييف المستشفيات وبارامترات أقسام الرعاية الصحية

مهندس / شمسان المالكي

صنعاء ٠٠٩٦٧٧٧١٥٧٨٥٢٤