التلوث البيئي والعمارة

د. بهجت رشاد شاهين فاطمة علي عبد الله
جامعة بغداد – قسم الهندسة المعمارية

الخلاصة

تطويع البيئة هو التحدي الكبير للإنسان – بصورة عامة والمعماري بصورة خاصة –منذ بدء الخليقة وحتى يومنا هذا، وصولا إلى بيئة فيزياوية ، وفيزيولوجية ، وسيكولوجية، تؤمن له الحصانة الأكيدة من مشاكل التلوث البيئي المتبادل بين الداخل والخارج في مبانيَ نظيفةٍ تعبر عن محاولاته الناجحة في نتائج التطويع البيئي في ضوء حاجات الإنسان ورغباته وتأويل علاقته بالبيئة المعطاة له إلى وجود فعلي له ملامحه ومقوماته ، إذ إن تصميم المبنى وتنظيم فضاءاته ومعالمه وتوزيع فتحاته وطبيعة المواد البنائية التي يستخدمها والخدمات الهندسية والتقنيات التي يوظفها في عمله هو من صميم عمل المعمار .

بسبب الحاجة المتجددة الواضحة والمتخصصة لتداخل العمارة مع مشكلة التلوث البيئي، جاء هدف البحث متمثلا في تحديد المتغيرات الأساسية التلوث البيئي ذات التأثير في تصميم الأبنية النظيفة و أصول تعامل العمارة من المحتوى الفيزياوي، وعملية التصميم المتكاملة كمحتوى فكري للخروج بنتاج يؤمن الحصانة الأكيدة من التلويث البيئي المتبادل بين المؤثر والمتأثر ، ولتصبح مشكلة البحث الخاصة – غياب المعرفة الواضحة والمتخصصة لأصول تعامل العمارة مع مؤثرات التلوث البيئي ومن خلال المحددات الفنية والتقنية والبيئية ، وصولا إلى أبنية نظيفة ذات أدائية عالية .

ENVIRONMENTAL POLLUTION & ARCHITECTURE

Dr. Bahjat Rashad Shaheen **Fatima Ali Abdullah**
University of Baghdad
College of Engineering

ABSTRACT

To render the environment amenable, is the great challenge to the man in general & to the architect in particular, since the beginning of the creation up to this date, with a view to reaching physical, physiological, & psychological environment, as to ensure certain immunity from the problems of cross internal & external environmental pollution in "Clean Buildings ", expressing his successful attempts at arriving at the results of the environment influences in the of the man's needs & desires and construing his relationship with the given environment to an actual existence features & components , on the ground that the planning of the building , designing its spaces & landmarks ,

distributing its openings , & nature of the building materials used with the engineering services & technologies utilized in each work , resembles the function of the lenses which gathers the various environmental input & release the output & impacts which are " the Clean Buildings "
The specific problem of the research is therefor, the absence of clear & specialized knowledge, of the basic relationship between architecture & environmental pollution influences through the technical, technological & environmental constraints with the object of creating clean buildings of high performances.

المقدمة

بدأت الحاجة إلى فضاءات ذات درجة عالية من النظافة ، أي خلوها من ملوثات الهواء الداخلية ، قبل اكثر من ثلاثة عقود عندما أوجدت وكالة ناسا الأمريكية للأبحاث (NASA) ما يسمى بالغرف البيضاء والتي صممت لحجب الأتربة خلال عمليات الاتصال مع الفضاء الخارجي ، ثم عندما تطورت صناعة أشباه الموصلات فلاحظوا بأن بضع مئات من الدقائق العالقة في هواء المصنع تشبه نيزكا يسقط و يتسبب في تلف الدوائر الكهربائية و بالتالي المنتج كله(انترنيت ١). عندها بدأ التساؤل كم هو نظيف النظيف ؟ ! و أُدركت الحاجة إلى خلق و تصميم فضاءات بهواء عالي النقاوة في المنشآت الصناعية ذات التقنيات العالية ،و أبنية الأبحاث البيولوجية ، و معظم الحقول الطبية و الصيدلانية هذا من جهة ، و من جهة أخرى ظهرت دراسات جادة في مجال البيئة الداخلية و تأثيرها على صحة الإنسان الفيزيولوجية و السيكولوجية ، قام بها العديد من العلماء في مجال الطب و البيئة و هندسة التكييف و علوم الكيمياء و الأحياء المجهرية إضافة إلى الهندسة المعمارية أعطت نتائج مذهلة أدت إلى ظهور الأبنية النظيفة (انترنيت ٥) ، فالمعماري هو الشخص الذي يكرس نفسه لفن وعلم التصميم المعماري ، ويصور(Luebkeman) بأن عملية التصميم ممكن أن ينظر إليها على أنها مجال ذو مسار بيضوي حول بؤرتين هما علم العمارة والوعي الإنساني ،حيث يختلط هذان المبدآن ليبنيان محتوى منظم و عقلاني تتواصل بضمنه عملية التصميم الخلاقة ، فأوج نجاح عملية التصميم ينتج مبنى ذو فضاءات عديدة و مختلفة تتضح فيها الاعتبارات العلمية المعمارية و التصميمية و الإنسانية للمستويات الإدراكية الواعية و المختلفة لدى المتلقي . فالتصميم المعاصر يؤكد استخدام منتجات الموارد المسؤولة عن خلق مباني أقوى و أكثر صحية و قابلة للتجديد ، و اقتصادية، و واعية بيئيا ، حيث يتحقق ذلك بمعرفة الكوامن القصوى لمواصفات المواد و الوحدات التركيبية لإنتاج منشآت تدوم لمئات السنين و ليس لعشرات السنين (انترنيت ٨).

مفهوم علم البيئة

هو علم يُعنى بدراسة العلاقات المركزية للحياة ، وهو عبارة عن" الدراسة العلمية لعلاقات الكائنات الحية فيما بينها و مع بيئتها" و هو أيضاً" علم التفاعلات الإحيائية بين الأفراد و الجماعات و المجتمعات ". إن رسالة علم البيئة هي رسالة بناء وموازنة ، فهي تحاول وضع كل المفردات في منظور مناسب . و علم

البيئة بتداخله مع فروع المعرفة من الكيمياء إلى الرياضيات و من الأنثروبولوجي إلى علم الحيوان ، ومن الهندسة الإحيائية إلى الهندسة المعمارية، فإنه ينتهك الحدود العلمية و الأكاديمية التقليدية ، فهو يتطلع للوصول إلى فهم للجماعات البشرية و بيئتها من خلال النظر إلى التأريخ و الأحداث الراهنة و التوقعات المستقبلية ، كما إنه يحاول جمع علم الأحياء و علم الاجتماع و إعادة دمج العلوم السلوكية و البيئية . في الثلاثينات أسس المفكر المعماري الفرنسي لوكوربوزيه نظامه البيئي المقسم الخاص المبني على التفاعلات بين العمل و المعيشة و وسائل النقل ، و كان يستعمله لتحليل ٣٣ مدينة من ١٨ دولة في المؤتمر الرابع للهندسة المعمارية الحديثة في عام ١٩٣٤ ،وأنطلق من هذه التحاليل ليصمم عدداً من المدن الحديثة منها مدينة شان ديكار بالهند، ثم أُسِسَ علم ألـ (Ekistics) من قبل المعماري و المخطط اليوناني دوكسيادس و هو"علم استيطان البشر" الذي يأخذ بنظر الاعتبار التأثير المتبادل للبيئة و الجماعات البشرية و مجتمعاتها و شبكات التبادل التي تربط الثلاثة معاً،(ساوثويك/ ١٩٨٤) ثم ظهرت بادرة مشجعة في السنوات الأخيرة تلك هي الحرص من جانب بعض المهندسين المعماريين و مخططي المدن و علماء علم الإنسان و غيرهم ، على نمط العلاقة بين بيئتنا و الصحة العقلية ففي مجلة " البيئة المعمارية و صحتنا العقلية " لعام (١٩٦٨) عرض مولر(Moller) تأثير المساحة الفضائية الفيزيائية و تركيبها على الصحة النفسية للإنسان ، و أكد بصورة حكيمة قائلا :- " إننا سوف ندرك بأننا إذا واصلنا السماح ببناء بيئة فيزيائية فقط للسكن بالدرجة الأولى ، و تركنا على الإنسان أن يتكيف لها بطرقه الخاصة، فان ثمنها بالنسبة للأفراد و المجتمع سوف يكون ضخماً إلى حد كبير من حيث المرض العقلي و الانحراف و تثبيط الهمم ، و تُعيق قابليتنا للعمل الخلاق و فائدة المجتمع "،(١٩٦٨/Moller)....

وهذا ما نلاحظه في بيئتنا المحلية أيضا إذ انه حتى البيئة الفيزياوية في حدها الأدنى لم تتوفر للمواطن المحلي لا في بيئته السكنية ولا في بيئة العمل ، فاصبح الانحراف لزاما والمرض مواكبا لحياته اليومية .

مفهوم الأبنية المريضة و الأبنية الصحية

يتكرر ورود مفهوم – متزامنة الأبنية المريضة –و يترادف مع مفهوم – متزامنة الأبنية المتراصة– عند تشخيص أعراض معينة لأمراض يصاب بها الإنسان المتأثر بالبيئة الداخلية والبيئة الخارجية في حالة المباني المتراصة ، و تعرف على إنها :" أي مبنى يصاب فيه نسبة أكثر من (٢٠%) من شاغليه بالأعراض المتزامنة كالصداع و الإعياء و حساسية العين و الأنف و الحنجرة و التي تزول بعد مغادرة الشخص للمبنى ".تم اكتشاف هذه الأعراض المتزامنة في تموز عام ١٩٦٨ عند استفحال وباء مرضي أعراضه الحمى و الصداع و آلام العضلات ،و فشلت المختبرات في تشخيص الأسباب السريرة ،ولكنها كانت تؤكد دور الهواء المكيف في انتشار الأمراض . وبعد عدة سنوات عرفوا بأن السبب هو البكتريا المسماة (Legionella Pneumophila) ،إثر تشخيص أعراض إصابات ١٨٢ شخص في فندق في فيلادلفيا –

بنسلفانيا ، ذا تكييف هواء مركزي ، توفي ٣٤ شخص منهم . بعدها سجلت منظمة الصحة العالمية (WHO) في عام ١٩٨٩ ما نسبته ٣٠% من المباني الحديثة أو المستدامة تعاني من مشكلة تلوث الهواء الداخلي . و في الفترة ما بين عام (١٩٨٩-١٩٩٢) قام مركز الأبحاث الأسترالي (هاريس) باستبيان حول البيئة الداخلية للمباني العامة في إنكلترا و سنغافورة و ألمانيا و فرنسا و إيطاليا و بلجيكا و عدة ولايات أمريكية ، و كانت النتيجة بأن ما يبلغ (٦٨%) من شاغلي المباني يعتقدون بأن نسبة إنجازهم للأعمال المكلفين بها ستتحسن في بيئة أنقى و أنظف ، و نسبة (٣١%) صرحوا بأن التمتع بإجازة لمدة بضعة أيام سنويا يخفف من أعراض الأبنية المريضة ، أما نسبة (٧٢%) فاتفقوا على اتهام الهواء الداخلي لمكان عملهم بالفساد و التلوث و عدم التجدد . كذلك أوعزت منظمة المباني الصحية العالمية سبب الإصابات بأعراض الأمراض الملازمة للمباني إلى تلوث البيئة الداخلية بالفيروسات و البكتريا و الفطريات ، و كذلك إلى البرودة أو الحرارة الزائدة أو التيارات الهوائية و الرطوبة غير المتوازنة ، إضافة إلى سوء توزيع الإنارة و إلى الضوضاء ، و الاهتزازات ، و الروائح غير المستحبة ، و عوامل أخرى كاكتظاظ الفضاءات و عدم مرونتها و أخيرا تعارض الرغبات الشخصية لاختلاف قابلية الأشخاص على تقبل الأجواء الداخلية، (إنترنت ٥)، الأمر الذي يتطلب منا التركيز على مسببات التلوث الداخلي بالدرجة الأولى و على الأمراض الفيزيولوجية المتسببة عنها إضافة إلى الأعراض السيكولوجية الأخرى، (انترنيت ٣) . هنالك سبب آخر للتلوث البيئي الداخلي هو إنهاءات الجدران بالأصباغ الدهنية المرصصة وبعض الأصماغ ، و كذلك استعمال المبيدات الحشرية و المركبات الكيماوية المتطايرة ، و المؤدية إلى ما يسمى بالأبنية المريضة (انترنيت ١٢).

قد ندرك دور المعماري في توظيف الأبنية للحصول على بيئة داخلية نظيفة عندما نعلم بأن رجلا كسب حكما بتعويضه مبلغ (٦٥٠٠٠٠) دولار في عام ١٩٨٨ بسبب تلف جهازه المركزي العصبي نتيجة تعرضه إلى مواد سامة في مكتبة أدت إلى عدم استمراره بالعمل ، و قد قاضت المحكمة كل من المهندس المعماري و مالك المبنى مناصفة ، لعدم معالجتهم مشكلة تلوث الهواء الداخلي(انترنيت١٢) . تتوقف الدراسة الحالية قليلا عند الاستنتاجات أعلاه فنرى أن نسبة 19% من الأعراض العضوية (الفيزيولوجية) تعود إلى أسباب سيكولوجية لا علاقة لها بالتلوث الداخلي فمثلا نرى وجود شبابيك تفتح إلى الخارج لها تأثير نفسي إيجابي على شاغلي المبنى بدليل عدم ظهور أعراض الصداع الذي تعود معظم أسبابه إلى حالات نفسية ، و هذا يؤكد دور المعماري في توظيف أدواته التصميمية لتحقيق تواصل بيئي بين الداخل و الخارج لما للفضاءات المنفتحة من أثر على النفس البشرية و على تحقيق التوازن البيئي من جهة و خلق بيئة داخلية محكمة الغلق عند الحاجة إليها مع توفير أجواء فيزيولوجية و سيكولوجية تلبي حاجات الإنسان المتعددة و تقيه الإصابة بالأمراض المتلازمة للمباني من جهة أخرى . كذلك يتعين على المصمم الإلمام بخواص ومواصفات المواد الإنهائية و تأثيرها على الصحة العامة أولا و على الاقتصاد لاحقا فباشتراك مهندس معماري و طبيب و كيماوي و أحيائي و بيئي ، لإعداد دراسات والخروج بتصاميم للأبنية المتخصصة نكون قد أحرزنا نتاجا فيزياويا لفكر خلاق و واعٍ يسمى " عمارة الأبنية النظيفة " .

مفهوم الأبنية الخضراء

الأبنية الخضراء هي " المباني الكفوءة إدائيا و وظيفيا و صحيا و تؤمن الراحة لشاغليها و الاستخدام الأمثل للطاقة و الموارد و هي ذات مسؤولية بيئية كونها تهتم بالتصميم و الإنشاء و التشغيل و الاستعمال و حتى التخلص من نفايات المباني ، أي تمثل مفهوم شامل لفعل التصميم و الاشغال من خلال توظيفها للطاقة التشغيلية المنظورة كالتدفئة و التبريد و الإنارة و الأنظمة الأخرى ،وكذلك الطاقة غير المنظورة إضافة إلى التخلص من النفايات الخطرة و إعادة تدوير الموارد" .في دراسة لقسم الطاقة في أمريكا عام ١٩٩٤ وجدت بأن ربع الطاقة التي تصرف لتدفئة أو تبريد الفضاءات تستعمل للتوازن بين الفقدان و الاكتساب الحراري خلال النوافذ فقط ، و بما يعادل عشرات الملايين من الدولارات سنويا (انترنيت ١٢).إذن يتطلب تصاميم و حلول ذكية لفتحات وشبابيك المباني لتوفير الطاقة .

تُعنى مجموعة المباني الخضراء أيضاً بمخلفات المباني و التلوث البيئي ، فهدم بيت واحد يُولِد ٢٠ طن مخلفات و ملوثات بيئية ، و إعادة بناءه تخلف ٢,٥ طن (Murrills) ، مما يدعونا إلى إعادة النظر بقرارات إزالة المباني و الأحياء القديمة و محاولة تأهيلها حفاظا على البيئة و الموارد و الإرث الحضاري .أما أهم سمات الأبنية الخضراء فهي كما يلي :-

أ – الحفاظ على الطاقة بمختلف أشكالها .

ب – الاستخدام الفعال للطاقة الشمسية .

ج – استخدام المياه بصورة عقلانية .

د – تدوير الموارد المستعملة و القابلة للإعادة .

هـ – اختيار المواد ذات الإنبعاث الحراري القليل ، و التهوية الجيدة ، و حذف المركبات التي تستنزف الأوزون .

و – تقليل مخلفات إنشاء المباني .

ز – تقليل المواقع التي تسيء للبيئة و تطويرها بما يخدم البيئة .

ح – توفير وسائل معالجة المياه الثقيلة موقعيا .

ي – توفير وسائل الزراعة الحضرية كالحدائق التي تنشأ على سطوح المباني .

ك – مداخلة تصاميم الفضاءات الخارجية مع الداخلية لتحسين كفاءة المباني .

ل – استخدام الموارد المحلية لمواد البناء و التقنيات الإنشائية .

م – إعادة تدوير الوسائل المستخدمة في تصميم و تنفيذ المباني .

س – تخمين عمر مواد و أنظمة البناء .

ع – تخمين التأثير البيئي الشكلي على مجمل المشروع البنائي .

تشير الدراسات التي أقيمت في كندا و الولايات المتحدة الأمريكية من قبل لوبيز و براوننك عام ١٩٩٥ على مجموعة أبنية خضراء إلى زيادة إنتاجية العاملين بمقدار ١٥% بسبب توفير هواء داخلي أفضل و بيئة

داخلية أنظف ، و إلى ارتفاع قيمة المباني مقارنة بالمباني الاعتيادية و على مرور الزمن لكونها تعمل مع جغرافية الموقع و ليس ضدها محققة تكاملا بيئيا رائعا (Lopez , Browning ١٩٩٥) .

ترى الدراسة الحالية بأن الأبنية الخضراء تسعى لتحقق الأهداف الاجتماعية و الاقتصادية و البيئية من خلال زيادة كفاءة الطاقة المستخدمة و تقليل الهدر في المواد الإنشائية و الحد من المواد الملوثة للبيئة و خاصة النفايات بتشجيع التصاميم المسؤولة بيئيا و الموفرة حلولا للمشاكل المتعلقة بالتلوث البيئي الداخلي و الخارجي و بأقل تدمير للتوازن الطبيعي و الاقتصادي .

كما و تؤكد الدراسة الحالية أهمية التوجه نحو بناء أبنية خضراء تغطي جميع السمات المطروحة في ظروف العالم الغربي والذي أُهمل بشكل كامل في ظروفنا المناخية الصعبة (المناطق الحارة – الجافة) فأصبحت الأمراض المتزامنة مع المعيشة أو العمل في أبنيتنا الخاصة و العامة وكأنه تحصيل حاصل لا مجال للهروب منه ، وحتى الطرقات والشوارع والحدائق العامة لم تنجو من هذه السمة المَرَضية التي تعوّد عليها المواطن المحلي.

التلوث البيئي الداخلي

يشكل تلوث الهواء الداخلي عدة تحديات للمهتمين بالصحة العامة كمحترفين ، حيث تشير الدراسات الأمريكية و الأوربية إلى أن الأشخاص في المدن الصناعية يقضون أكثر من ٩٠% من أوقاتهم داخل المباني و ليس خارجها، و تزداد النسبة بالنسبة للأطفال و كبار السن و ذوي الأمراض المزمنة ، بالإضافة إلى زيادة تركيز ملوثات الهواء الداخلية عن الخارجية. تعتبر رئة الإنسان العضو المتضرر الشائع بالملوثات المحمولة جوا ، مع وجود أعراض مرضية أخرى تصيب أجهزة جسم الإنسان و يتعلق معظمها بالتأثيرات السمية للمواد العالقة و كذلك استضافة الجسم البشري للعوالق البكتيرية و الفايروسية و الجرثومية ، (إنترنت ١٨).

تسمى ملوثات الهواء بالـ" Airborne Particles " و تعني "الذرات الهبائية المحمولة جوا و قد تكون عضوية أو غير عضوية ، قابلة للنمو أو غير قابلة للنمو و بكتيريا و فيروسات و جراثيم و أنواع أخرى " ، و تتراوح حجم الدقائق من (٠,٠٠١μm) إلى مئات الميكرومترات ، و تميل دقائق الهباء الجوي إلى الاستقرار بمقدار يعتمد على حجم و كثافة الدقائق و كمثال على ذلك و وفقا لقانون ستوك ، تأخذ الدقائق بحجم (٥٠ مايكروميتر) في غرفة ارتفاعها (٢,٤ م) أقل من ٦٠ ثانية لتستقر، في حين تأخذ الدقائق بحجم (١مايكروميتر) من ١٥–٢٠ ساعة لتستقر على سطح معين (ASHRAE HVAC) .

مصادر التلوث الهوائي الداخلي

يتولد التلوث الداخلي بصورة عامة من خلال فعالية الأشخاص و المعدات داخل الفضاء ، و تعتبر عملية الإنتاج مصدر للتلوث كإنتاج المستحضرات الصيدلانية و المواد الصلبة كالبريليوم و الكربون و الأتربة

المعدنية المتطايرة الأخرى ، كذلك معدات الخدمات ، كاللحام و الصهور و استخدام المنظفات . مع ذلك يصنف الأشخاص أنفسهم ضمن المصادر الرئيسة للتلوث الداخلي ، حيث تتناثر من جسم الإنسان دقائق حية و غير حية باستمرار ، و تتراوح كميتها من بضع دقائق إلى مئات الدقائق في الساعة أو آلاف الدقائق و حسب طبيعة كل شخص ، يتقشر الجلد بصورة ثابتة و مستمرة مولداً دقائق بحجم يقارب الميكرون الواحد ، علاوة على احتواء زفير الإنسان على كميات كبيرة من العوالق تتراوح أحجامها بين أجزاء من الميكرون إلى عدة مئات . فضلا عن تأثير الأشخاص المباشر، فكل فعالية تتضمن تلامس و احتكاك بين سطحين تخلق أنواع من التلوث، حيث نشرت وكالة الوقاية البيئية الأمريكية (EPA) (Environmental Protection Agency) عدة تقارير و دراسات تحدد فيها ملوثات الهواء الداخلي و أنواعها و إمكانية تواجدها و تولدها والآثار الصحية المترتبة عنها و تشخيص الأعراض المرضية المصاحبة لوجودها حيث حددت الملوثات كما يأتي :-

١- الكتابة بقلم الرصاص:- على قطعة ورق يولد غيمه من الهباء الجوي تحوي عدة آلاف من دقائق الكربون و ألياف الورق ، و حركة قطعتين معدنيتين مع بعضهما تولد هباءاً جوياً يشكل غباراً معدنياً ناعماً جداً يعلق في الهواء (ASHRAE. HVAC).

٢- دخان التبغ البيئي (Environmental Tobacco smoke (ETS :- دخان السجائر بأنواعها من أهم مصادر تلوث الهواء ، لطبيعة انتشاره في البيئة الداخلية للفضاءات و الذي يؤثر على غير المدخنين باستنشاقهم للدخان بدون قصد .

٣- منتجات إحتراقية ناتجة عن المواقد و المدافئ و الأفران و المستوقد :- إضافة إلى دخان السجائر فإن الملوثات الاحتراقية من أخطر مصادر التلوث الداخلي ، و الخارجي الذي ينفذ إلى الداخل عبر فتحات السحب لنظام التهوية و التكييف ، فالمواقد و المدافئ تطلق تشكيلة من الدقائق التي تكون مهيجة و سامة و مسرطنة أحيانا و خاصة التي تفتقد إلى نظم التهوية أو الاستعمال أو الصيانة الجيدة(Samet) .

يجب التأكد من وضع مآخذ التهوية Air Intake على ارتفاعات مناسبة وبعيدة عن مصادر التلوث الهوائي فالملوثات الغازية من مصادر الاحتراق تحتوي على مركبات ملوثة و مستدامة ..منها أول أكسيد الكربون (CO) و ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) و ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) .فغاز ثاني أكسيد النتروجين (NO_2) و ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) تكون مهيجة وتؤثر على العين ، و الأنف و الحنجرة و القصبة الهوائية ، و بالأخص غاز(SO_2) الذي يتسبب في التهاب القصبات لدى المصابين بالربو و ذوي الحساسية العالية .

٤- العفن و العثة و قشرة الحيوانات و الكائنات البيولوجية الأخرى :- تتواجد الملوثات البيولوجية في كل مبنى (بيتاً أو مدرسة أو مستشفى أو معمل أو مكتب ...)، فمصادر التلوث تتضمن الهواء الخارجي و الأشخاص الحاملين للفيروسات و البكتريا ، إضافة إلى الحيوانات (اللبائن و الحشرات و المفصليات) التي تطلق مواد تثير الحساسية ، و كذلك الأسطح الداخلية و خزانات المياه حيث تنمو البكتريا و

الفطريات (Burgee) . توجد عوامل كثيرة تسمح بنمو الملوثات البيولوجية و من ثم تنطلق إلى الهواء ، منها الرطوبة العالية و التهوية غير الكافية للحمامات و المطابخ و مرطبات الهواء و مكيفاته ،و وجود السجاد على أرضية رطبة (Brunekreef) . تعتبر مكونات أنظمة التكييف (HVAC) من المصادر الرئيسة لملوثات الهواء الداخلي فوجود فتحة سحب الهواء قرب مصدر ذو فعالية كامنة لتكاثر الميكروبات كوجود ماء آسن ، أو أنقاض عضوية ، أو فضلات الحيوانات ، شديد الخطورة فضلا عن الأجزاء الداخلية لنظام التهوية نفسه ، كالمُرَطِبات ، و ملفات التبريد، و أنابيب التكييف فيما لو تركت بدون تنظيف و صيانة (**Berstein**) .

٥- المركبات العضوية المتطايرة (Volatile organic compounds) الفورمالديهايد و المبيدات الحشرية ، و المذيبات ، و مواد التنظيف) : - تنبعث المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) بهيئة غازات من مواد سائلة و صلبة معينة ، فهي تشمل مجموعة مختلفة من المواد الكيماوية (مثال :- الفورمالديهايد ، البنزين ، بيركلوروأثيلين) و التي لها تأثير قصير أو طويل المدى حيث يكثر تواجدها في بيئة المستشفيات والمختبرات العلاجية والعيادات الطبية ومعامل إنتاج هذه المواد ، التي تتطلب بيئة داخلية عالية النظافة . أما أعراض التعرض إلى هذه المركبات فهي ، تخرش العين و الجهاز التنفسي العلوي و التهاب الأنف و الأغشية المخاطية ، الطفح الجلدي و الصداع و الغثيان و التقيؤ و عسر التنفس ، وفي حالة الفورمالديهايد ، الرعاف .

٦- المعادن الثقيلة (دقائق الرصاص و الزئبق) :- لدقائق الرصاص خاصية سمية و لها مفعول طويل الأمد على الأطفال يؤثر على قدراتهم الفكرية و نموهم العقلي لتجمعه و إستقراره في الأنسجة والدم ، و قد يستمر حتى مرحلة النضوج (Needleman) .

يعتبر المصدر الرئيس للتلوث بالرصاص داخلياً هو الأصباغ ، فقد تم تحديد نسب الرصاص المسموح بها منذ الخمسينات ، و التشدد في استخدامها ، واليوم يتم استعمال أصباغ خالية من مركبات الرصاص . و لكن تبقى المباني القديمة و الأثاث المطلي بالأصباغ المرصصة مصدر خطر رغم إعادة الطلاء بأصباغ غير مرصصة ، فتقشّر الأصباغ يولد دقائق عالقة تستنشق مع الشهيق ليستقر في جسم الإنسان (انترنيت ١٨/ ١٩٩٤) .

تؤكد الدراسة الحالية على أهمية اختيار نوع الطلاء الداخلي فضلا عن الخارجي ، بمواصفات عالية تؤمن درجات النظافة المطلوبة وتمنع الأسطح الداخلية من التسبب بمشكلة تلوثية خطيرة على الأشخاص والمنتج .

السيطرة على التلوث الدقائقي في الفضاء النظيف

تنتج في كل بيئة داخلية حركة للهواء من خلال تحرك الأشخاص و المعدات عند التشغيل كدوران المراوح و الماطورات و ما شابه ، فتولد كل هذه التحركات طاقة حركية في الهواء و بسرع عشوائية ضمن الفضاء

المحدد ، مما يحرك الدقائق الناعمة العالقة بتيارات عشوائية تنتقل من مكان إلى أخر ، و هذا الانتقال للملوثات عبر تيارات الهواء العشوائية من حيز في الفضاء إلى آخر مقارب له يسمى التلوث المتبادل (Cross Contamination) و هو من العوامل الهامة في تحديد مستوى التلوث في موقع الفعالية في الفضاء النظيف .

يتم تراكم الملوثات المتولدة ضمن الفضاء إلى أن تتكون طبقة في حالة مستقرة تضم دقائق بأقطار (٠,٥ مايكرون) و أكبر و تتراوح أعدادها في معظم الأحوال بين آلاف إلى عدة ملايين في البيئة التصنيعية الاعتيادية حيث يهبط مستوى التلوث بصورة ملحوظة خلال ساعات الغداء و إيقاف العمل .يتأثر إختيار معدات السيطرة على التلوث- بصورة عامة – والفضاء النظيف بصورة خاصة بحجم و كمية الدقائق العالقة و بموجب الاعتبارات التالية :-

١- هل يتأثر المنتج بالدقائق الحية و القابلة للنمو ؟

٢- نوع الفعالية ، هل تنتج مواد سامة أو قابلة للإنفجار أو ذات أبخرة مؤذية .

٣- هل يتم توليد روائح غير مرغوب فيها .

٤- بأي نوع من العوالق الملوثة يتأثر المنتج أو العملية الإنتاجية. (ASHRAE HVAC.) .

بعد تحديد نوع الفعالية و المحددات التصميمية يتم إقرار نوع معدات السيطرة على التلوث و استخدام تقنيات التكييف و الإنارة و الخدمات الصحية كذلك استعمال مواد إنهائية غير متناثرة و هيكل إنشائي منيع و التي سنأتي على ذكرها في فصول لاحقة إضافة إلى خصوصية ملابس العاملين و الأثاث و تنظيف الفضاءات المختلفة في درجات تصنيفها .

المعالجات التقنية لملوثات الهواء الداخلية

تعتمد المعالجات لملوثات الهواء الداخلية على نوع التلوث و مدى خطورته و حجم الدقائق المراد إزالتها و نوع الفضاء و الفعالية التي يخدمها ، ففي كثير من الأحيان تُولِّد معالجات التلوث آثاراً جانبية أخرى أكثر خطورة من الملوثات العالقة في الهواء حيث توصي معظم المواصفات بإزالة الملوثات قبل إشغال الفضاءات أو إخلاء الفضاءات و إجراء المعالجات المطلوبة و التي يمكن إدراجها كالآتي :

١- التهوية العامة الجيدة ، و تعتبر عامل مهم في التخلص من كثير من الملوثات خصوصاً في حالة إدخال هواء نظيف و مرشح عبر مرشحات عالية الكفاءة .

٢- منع التدخين للتخلص من آثار الدخان و مضاره ، حيث لم تثبت أي طريقة أخرى لحد الآن لإزالة الآثار و المخاطر الصحية له .

٣- استعمال منظفات الهواء منها أجهزة التأين (Ionizers) ومولدات الأوزون (Ozone generating)، حيث تعمل أجهزة التأين على شحن الدقائق في الفضاء لتنجذب إلى الجدران و الأرضيات و السطوح الأخرى

أو لتنجذب إلى حاوية داخل المؤيّن . بينما يقوم المؤين بإزالة الدقائق الصغيرة (الموجودة في دخان السجائر مثلاً) من الهواء الملوث ، تبقى الروائح و الغازات عالقة في الهواء إضافة إلى الدقائق الكبيرة كالغبار و مثيرات الحساسية ، و من سلبيات هذا الجهاز تسببه بصورة غير مباشرة بالتهاب الرئة . أما بالنسبة لمولد الأوزون فهو يثير إلتهاب الرئة أيضاً ولا ينصح باستعماله داخل الفضاءات العامة عدا الأجهزة المسموح بها من قبل إدارة الأغذية و الأدوية (FDA) التي حددت نسبة(٠,٥ ج.م) من الأوزون للمعدات الطبية و توصي باستخدام الأجهزة للتخلص من الملوثات والروائح في الفضاءات غير المشغولة للوصول إلى المستويات المسموح بها للملوثات .

٤- تنظيف مجاري الهواء و صيانتها بصورة دورية من قبل جهات متخصصة التي تفضل أيضاً إخلاء الفضاءات لاستعمالها مواد كيماوية ذات تأثير آني على الأشخاص في حالة تعرضهم لاستنشاقها .

٥- اتباع تعليمات فرش السجاد بصورة دقيقة و اختيار الأنواع الجيدة ذات المواد القليلة الإنبعاث سواء في السجاد أو المواد اللاصقة أو الطبقات التحتية ، فتوصي التعليمات بفتح السجاد و تعريضه للهواء و تنظيفه في منطقة ذات تهوية جيدة ثم فرشه في الفضاءات المطلوبة بعد إخلائها من شاغليها أو قبل إشغالها بفترة و المحافظة عليها جافة ، فوجود الرطوبة يجعلها بؤرة للميكروبات و العثة و العَفَن، مع استبعاد إمكانية الاعتماد على السجاد في جميع الفضاءات النظيفة (انترنيت ١٨ / ١٩٩٤).

٦- استخدام نباتات داخلية و التي توصف بـ'' ماكينة تنظيف الهواء الطبيعية '' (Nature's clean air Machine) من قبل إدارة ناسا إثر أبحاث أجريت بهذا الخصوص ، فالنباتات تزيل غاز أحادي أكسيد الكربون (CO) من الهواء (وملوثات أخرى من الماء) ، و لكنها لا تصل إلى فاعلية معدلات تبديل الهواء في الفضاءات ذات المتطلبات العالية النظافة ، بل تضيف عاملاً جمالياً و سيكولوجياً مهماً لدى المتلقي (**NASA**) خاصة في الفضاءات الداخلية العامة .

المفهوم العام للأبنية النظيفة

كل غلاف محكم الغلق يحوي بداخله مساحات و فضاءات و مسارات الحركة للفعاليات المختلفة و يوفر عزلاً جيداً لما بداخل الغلاف عن المحيط الخارجي يسمى : " بالبناء النظيف " ، أما مفهوم الهواء النظيف فهو:- توفير هواء بدرجة عالية من النقاوة عبر مرشحات عالية الكفاءة ترشح حتى الدقائق الصغيرة العالقة (التي حجمها أقل بعشرين مرة من أن تراها العين البشرية) و رميها خارجاً ، و منع تسرب أو نضوح الهواء الداخلي إلى الخارج أو بالعكس خلال الجدران و السقوف و الأرضيات و الفتحات المختلفة و تنظيم ظروف و مكونات الهواء باستخدام أنظمة تهوية و تدفئة و تكييف متطورة (Heating ,Ventilation & Air-Conditioning systems ,HVAC) و مراقبته باستمرار للحفاظ على درجة النظافة المطلوبة مع تكييف الضغط لمنع أي تسرب للداخل (انترنيت١٠) . هناك من يعرف الفضاءات النظيفة بأنها المساحات المغلقة

و المنشأة خصيصاً لإحكام السيطرة البيئية عليها فيما يتعلق بالهباء العالق و العضويات القابلة للنمو و درجات الحرارة و الرطوبة و ضغط الهواء و أنماط جريانه و حركته ، و الإهتزازات ومناسيب الضوضاء فضلا عن الإنارة ، و تتضمن السيطرة على الدقائق العالقة التالية:-

* نوع التلوث الأحيائي المجهري Particulate & Microbial Contamination

* تراكيز العوالق و تشتتها Particulate Concentration & Dispersion

و هي تحدد نوع النظافة المطلوبة حيث يتم الإكتفاء أحياناً بالهواء ذي التراكيز القليلة من العوالق مهما كان نوعها ، و أحياناً أخرى بالهواء المعقم و الخالي من التلوث البكتيري و الفايروسي (انترنيت ٩) . أما المفهوم الصناعي للأبنية النظيفة فهو: مساحات العمل المسيطر على درجات الحرارة و الرطوبة فيها لحماية الأجهزة الحساسة من التلوث الهوائي الداخلي في حالة الصناعات الإلكترونية .أو هو: الغلاف الذي يعزل الفضاءات النظيفة عن البيئة الخارجية ، و تكون تهويتها بهواء مصفى عبر مرشحات أثناء فترة الإنشاء ثم الإشغال لمنع التلوث الجرثومي ،و بفائدة أخرى هي تفادي خطر النضوح باعتماد نظام المروحة المرشحة و بنسبة إعادة لتدوير (٩٦%)من حجم الهواء الكلي داخل الغلاف النظيف و تأمين مرونة عالية .

فالفضاءات النظيفة تتطلب السيطرة و المراقبة عن قرب أثناء فترة الإنشاء و الإكمال و التشغيل ، ثم إجراء إختبارات و تقويم دوري أثناء التشغيل وتأمين إجراءات الصيانة لضمان كفاءة عملها(انترنيت ١) .

أهداف و استعمالات الفضاءات النظيفة

ظاهرة الفضاءات النظيفة حديثة العهد في الصناعات ، بينما في المستشفيات كان لها دور فاعل ، فقد أدركت فلورنس نايتنجيل (١٨٥٩) بأن المفهوم التصميمي لمستشفيات القرن الثامن عشر ذو الممرات الطويلة غير مناسب لشفاء المرضى و شخصّت عدة سلبيات تؤدي إلى تفشي الأمراض منها :-

- عدم قدرة الممرضات على ملاحظة جميع المرضى في نفس الوقت .
- عدم توفر التهوية المناسبة و المتبادلة عبر الغرف و الممرات ، حيث كانت تؤمن بأن إفرازات التنفس بها خطر كامن على المرضى و إنعدام التهوية المناسبة يُشبه القتل غير المتعمد.
- ضرورة عزل المرضى في غرف منفردة ، و عدم البناء لأكثر من طابقين للحصول على التهوية الجيدة و أشعة الشمس .

بينما تم استخدام مرشحات أل(HEPA) لكامل المبنى في مستشفى نورث ويسترن ميموريال في ايلينويز/شيكاغو (١٩٩٧) ، بسبب تزايد عدد المرضى قليلي المناعة(**انترنيت ٢**). نلاحظ مما سبق تطور الحاجة إلى بناء فضاءات نظيفة جاء لأسباب إنسانية و لتقليل خطر العدوى وعدم انتشار الجراثيم و الميكروبات و كذلك للأهداف التالية :-

١ -الحصول على نتائج مختبريه دقيقة ، فوجود العوالق الملوثة تعيق الحصول على نتائج فحوصات مختبريه صحيحة .

٢ – زيادة الإنتاجية ، حيث لا يمكن الحصول على إنتاجية قصوى ما لم تتوفر أجواء بيئية نظيفة و ملائمة .
٣ – تقليل أسباب الرفض للمنتجات ، ففشل أي منتج و نضوحه يؤدي إلى تلوث هواء فضاء المعمل الذي يصعب تشخيص مصدره و من ثم معالجته .
٤ – لزيادة عمر صلاحية المنتجات الغذائية و بالتالي توفير وقت و كلفة .
٥ – التخلص من مشاكل الأبنية المريضة ، (**انترنيت** ١٠) .

أما استخدامات الفضاءات النظيفة فإنها تزداد بتطور التقنيات التصنيعية و الرفاهية المعيشية و الوعي البيئي و الصحي ، و من جملة هذه الاستخدامات هي :-

- الفضاءات ذات الاحتمالات العالية للعدوى كالمستشفيات و العيادات التخصصية ، و تعتبر هذه الفضاءات نظيفة فيما يتعلق بنوع العوالق و ليس بنسبتها المئوية .
- صناعة أشباه الموصلات و تعد من الصناعات ذات الخصوصية العالية في هذا المجال.
- صناعة المركبات الصيدلانية (الأدوية و المستحضرات الطبية) – لتأمين عدم نمو البكتريا – و المختبرات الطبية .
- الأبحاث الفضائية :- كان تصنيع و تجميع الأقمار الصناعية و الإلكترونية الرائد في احتياجه إلى مساحات كبيرة بدرجة عالية من النظافة .
- أبحاث الهندسة الوراثية و البحوث المتقدمة للمواد المختلفة .
- الصناعات الليزرية و البصرية و العسكرية .
- الصناعات الغذائية و صناعة المعقمات و المنظفات ، (انترنيت ٩) .
- مختبرات استرداد المعلومات في صناعة الحاسبات – فوجود ذرات الغبار على الأقراص الممغنطة تعمل كمُسنفر لأسطح الأقراص و تكون النتيجة هو فقدان المعلومات (انترنيت ١).

يؤكد البحث ضرورة إلمام المعمار بتفاصيل معظم الاستخدامات ليخلق بيئة داخلية و خارجية تلبي المتطلبات الوظيفية و الصحية و السيكولوجية و يحتويها في مبانٍ ذات مرونة عالية تواكب تغير الفعاليات بسبب تطور التقنيات دون الإخلال بالنظام البنائي و المحددات الجمالية و الاقتصادية.

تصنيف الفضاءات النظيفة

تصنف الفضاءات النظيفة حسب درجة نظافة الهواء فيها و أسهل طريقة للفهم و الاستعمال ، هي الطريقة المقترحة في الإصدارات المبكرة (A to D) للمقياس الفدرالي الأمريكي (Federal standard209) الذي يعتبر أول مقياس عالمي يبحث بهذا الخصوص ، ففي هذا المقياس يكون عدد الدقائق المساوي أو الأقل من (٠,٥) مايكرون في القدم المكعب محدداً لدرجة نظافة الفضاء ، أما المقياس الأخير (209 E) فيقبل المقاييس المترية .ثم تلاه عدة مقاييس دولية تعتمد وحدات و طرق قياس مختلفة ندرج أهمها في أدناه:-

١ – المقياس الفدرالي (Federal standard 209)

٢ – المقياس الإنكليزي (British Standard 5295)

٣ – مقياس منظمة المقاييس الدولية (International standards organization) (ISO)

٤ – الخطوط الاسترشادية للمنتجات الدوائية المعقمة بالطرق النظيفة الصادرة من قبل (FDA).

تشترك المقاييس أعلاه في إعطاء تعاريف للمصطلحات المستخدمة فيها و الوحدات المعتمدة في تصنيف الفضاءات المختلفة و تختلف في طريقة التصنيف للدرجات و الحدود المسموح بها لعدد العوالق و أحجامها ،(انترنيت ١٣) ، حيث يشير الجدول رقم(١) إلى أحجام و أعداد العوالق المسموح بها في التصنيفات المختلفة لدرجات النظافة حيث أن الصنف (١٠٠٠) يسمح بوجود (١٠٠٠) دقيقة بحجم(٠,٥ مايكرون) و (٧) دقائق بحجم (٧ مايكرون) في القدم المكعب في الفضاء .

الجدول رقم (١) أحجام وأعداد العوالق المسموح بها في تصنيفات درجات النظافة

	MEASURED PARTICLE SIZE (MICROMETERS)				
CLASS	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	35	7.5	3	1	NA*
10	350	75	30	10	NA
100	NA	750	300	100	NA
1,000	NA	NA	NA	1,000	7
10,000	NA	NA	NA	10,000	70
100,000	NA	NA	NA	100,000	700

NA* غير مسموح بوجودها

يتم تصنيف الفضاءات بموجب درجات النظافة من قبل المهندس المعماري و رب العمل بموجب مواصفات معدة من قبل جهات بيئية بالتنسيق مع كافة الحقول المعرفية (الطبية ، الصيدلانية ، الكيماوية ، الهندسية ، النفسية ، والفيزياوية)

إعادة تأهيل الفضاءات والأنطقة النظيفة

يتطلب إعادة تأهيل أنظمة الفضاءات النظيفة على فترات زمنية منتظمة و بموجب قواعد وضعت في سلسلة الآيزو لتقنيات الفضاءات النظيفة (ISO 14644-2) و على أساسها يتم إجراء الاختبارات المعيارية الآتية :-

- الإثبات أو التحقق من صنف نظافة الفضاء بموجب التصميم .
- التحقق من فروقات الضغط بين الفضاءات المختلفة .
- التحقق من سُرعة جريان الهواء (هواء الإزاحة) ، أو معدل جريان الهواء الاعتيادي .
- اختبار عمل مرشحات الهواء (HEPA& ULPA) بالنسبة لانسدادها أو نضوحها.

- اختبار الاسترداد بالنسبة للفضاءات ذات جريان الهواء المضطرب .
- فحص السقوف و الجدران و الأرضيات للفضاءات المختلفة و التأكد من خلوها من النضوحات و الفطور و الخدوش .أما بالنسبة لاختبار عدد و حجم الدقائق المسموح بها فيتم على فترات لا تزيد عن(٦) أشهر للفضاءات صنف (ISO 5) و أقل ، و(١٢) شهراً للفضاءات صنف (ISO 6) و أعلى و التي تجرى فيها الاختبارات الواردة أعلاه .أما الفضاءات التي تحتاج لمراقبة دورية مستمرة للأجهزة و المعدات و البيئة الداخلية و تراكيز الدقائق ، ذات الاختلافات في الضغط بين الأنطقة المختلفة فيتم إجراء الاختبار و المراقبة كل (٦٠ دقيقة) أثناء إشغال الفضاء، (انترنيت ١٥) .

تنطيق المباني النظيفة

يوجد العديد من المفاهيم المتطلبة لأخذ القرارات بشأنها من قبل المعماري عند تصميم و تنطيق المباني النظيفة و هي :-

أ – مواصفات و متطلبات المستخدم .

ب – المواصفات التقنية و الوظيفية للفعاليات المختلفة .

ج – الوثائق و المستندات و المقاييس النافذة و المطابقة لنوع الفعالية .

د – الكلف و الطاقة و المدد الزمنية .

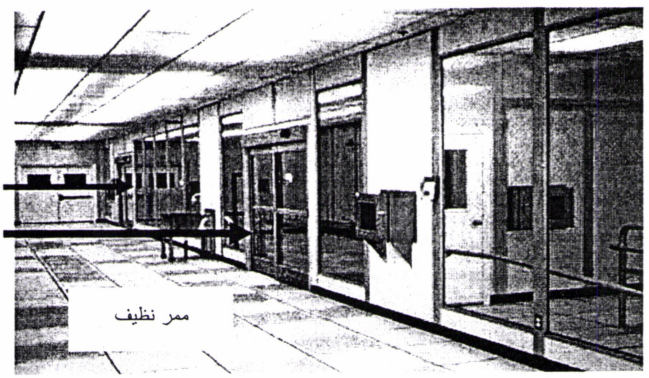
هـ – احتياجات منظمة الأدوية و الأغذية (في حالة المستشفيات و معامل الأدوية و الأغذية و المركبات الصيدلانية) .

و – الهيكل الإنشائي و الغلاف للمبنى .

ز – التفاصيل المعمارية و الاعتبارات الجمالية و النفسية و التقنية .

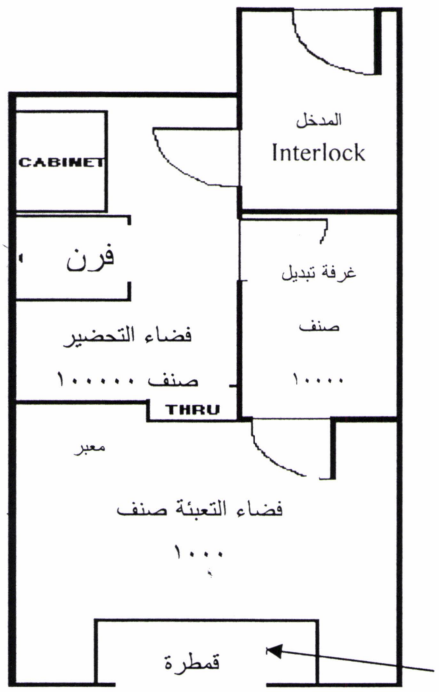
بعد إقرار المتطلبات العامة ، يتم دراسة خصائص الفضاءات المختلفة ،ففي معامل الأدوية و الأغذية و المركبات الصيدلانية إلى غيرها من الصناعات ، يتم ملاحظة الآتي (انترنيت ٤٥):-

- احتياجات و تحليل الحركة للأشخاص والمعدات لكافة الفعاليات و أعمال التنظيف والصيانة .



الشكل رقم (١) تنطيق المباني النظيفة

المصدر : انترنيت



الشكل رقم (٢) رسم تخطيطي ،
تنطيق الفضاءات النظيفة

- تعريف العلاقات الوظيفية تخطيطياً و خاصة عند الحواجز بين الأنطقة المختلفة كما في **الشكل (١)** ،
- حجم المعدات الرئيسة المؤثرة في أبعاد الفضاءات .
- المعلومات التقنية حول التكييف ، استخدام المرشحات ، أنظمة السيطرة و الأنابيب و التوصيلات لتقليل إمرارها إلى الحد الأدنى عبر الفضاءات النظيفة .
- إحكام الهيكل الإنشائي و غلاف المبنى لتلافي نفاذ الملوثات و بمواد إنهائية قليلة الأنبعاث و سهلة التنظيف و الصيانة و محكمة عند المفاصل و الاختراقات و تتقبل التغييرات في اختلاف الضغط دون حدوث نضوحات .
- توفير فضاءات كافية لاستيعاب التسهيلات الخدمية (التكييف ، الإنارة ، منظومات السيطرة و المراقبة ، التعقيم ، الحرق)
- السماح لعمل فتحات أثناء المرحلة الأولى للبناء لإدخال الأجهزة و المعدات ثم إنهاء الهيكل و الغلاف للمبنى مع الإنهاءات بإحكام تلافياً للمشاكل التي قد تحدث لاحقاً (انترنيت ٤٥).

أما بالنسبة للمستشفيات فان التصميم الجيد هو الذي يأخذ بنظر الاعتبار إضافة لما سبق منع انتقال العدوى من أجواء المستشفى إلى المرضى و الكادر الطبي و بالعكس ، مع تقليل انتشار الملوثات و انتقالها من البيئة الداخلية للمستشفى إلى البيئة الخارجية و بصورة تبادلية،إضافة إلى توفير تهوية ملائمة وعزل و تنطيق للفضاءات حسب تصنيف حالات المرضى الأربعة وهي :-

١ – حالات العدوى الشديدة أو المرضى ذوي الرائحة غير المستحبة .

٢ – الحالات الطبية و الجراحية الخطيرة .

٣ - الإصابات غير المعقدة و حالات الحمى .

٤ - الأمراض المزمنة غير المعدية .

توصي مراكز السيطرة و الصحة الوقائية بوضع غرف عزل المرضى تحت ضغط سالب و بمعدل تبديل هوائي أكثر من ١٢ مرة / ساعة ، و يتم طرح الهواء خارجاً و كلياً بدون إعادة تدوير و بعد تخليصه من الملوثات تلافياً لتلويث البيئة الخارجية . أما وحدات زراعة نخاع العظم فيتطلب ضخ هواء مرشح بدرجة عالية ، و بضغط موجب نسبة إلى الممرات المجاورة و غلق الفضاءات بإحكام متقن خصوصاً حول الفتحات ، مع نسبة تبديل هوائي أعلى من ١٥ مرة / ساعة ، كما و يراعى تجميع الأقسام التي تستلم مرضى مخطرين مع بعضها مثل : قسم الطوارئ و قسم الإفاقة و قسم المشعاب و غرف عزل ضعيفي المناعة، لتنظيم جريان الهواء السالب إليها وعبر مناولات الهواء الخاصة(انترنيت ٢). يتم في معظم الأبنية الصناعية المتطلبة للعزل العالي و لخصوصية الصناعات المختلفة كصناعة أشباه الموصلات و الصناعات العسكرية استخدام فضاء غالق هوائي يُدعى بالـ(Airlock) حيث يكون محكم الغلق و بأبواب تغلق بصورة متعاكسة أي عند فتح باب الدخول تغلق باب الخروج تلقائيا باستخدام تقنيات مختلفة ، وتحافظ على ضغط هواء مختلف عن الفضاءات المجاورة لزيادة العزل و منع التلوث و كما هي موضحة في **الشكل (٢)** (انترنيت ٤٧).

المتغيرات الأساسية للتلوث المؤثرة على عمارة الأبنية النظيفة

تعكس العمارة في جزء منها المحاولة المستمرة لتوفير بيئة محمية تؤمن الراحة و البساطة لشاغلي المباني ، ففي تخطيط أي فضاء معماري يكون الاهتمام الرئيس هو السيطرة على الظروف البيئية بطريقة لا تخلق مؤثرات سلبية على المستخدم كزيادة الحرارة أو البرودة ، الهدوء و الضوضاء أو التوهج و العتمة أو الرطوبة و الجفاف . تكون مهمة المصمم في الأبنية النظيفة أبعد من تقليل المؤثرات السلبية وتذهب إلى ابعد من تأمين بيئة لأداء الأعمال بكفاءة حيث يصبح هدف المصمم هو توفير بيئة محكمة و منظّمة تستجيب لردود أفعال مستخدم المبنى الفيزيولوجية و السيكولوجية . فالأصوات و الروائح و أنماط الإنارة و الحرارة و الرطوبة مع نوع الاستجابة لها تعتمد على النوعية الذاتية لتكيُّف الأشخاص ،(Colin) ، (Joseph) .

هذا من جهة و من جهة أخرى تستجيب التقنيات البنائية الحديثة و الأفكار الخلاقة للمعماري للمتطلبات البيئية و الوظيفية و المناخية و السيكولوجية و التعبيرية .

متغيرات البيئة الخارجية و الداخلية

كثيرة هي و متنوعة و لا تختلف في كلياتها المؤثرة على المباني النظيفة عن غيرها من المباني الأخرى بل تختلف في جزئياتها فمتغيرات المناخ (الحرارة ، و الرطوبة ، و الرياح) يتم السيطرة عليها بتقنيات الهواء

النظيف و المكيف اما متغيرات الإنارة الطبيعية و الصناعية وما لوجود و حجم النوافذ من أثر على التصاميم و بالتالي على الشكل الفيزيائي للمباني و المضمون الداخلي فيتم السيطرة عليها بتقنيات المنظومة الكهربائية ، أما المتغيرات الأخرى فهي :-

البيئة النباتية

تشكل النباتات الداخلية سلاحاً قيّماً في محاربة ارتفاع منسوب تلوث الهواء الداخلي ، فالنباتات الداخلية ليست لأغراض تزينية فقط بل إنها كما وجدت وكالة ناسا للأبحاث بأنها مفيدة في امتصاص الغازات المؤذية و مُنظفة للهواء الداخلي من الملوثات و توفر حلاً لمشكلة متلازمة الأبنية المريضة .

البيئة اللونية

تحتوي الألوان على محتوى عاطفي تؤثر به على أمزجة الأشخاص و هذا يُربك المصمم عند اختيار الألوان طبقاً للمنطق ، فالطب النفسي يعزو نسبة عالية من الأمراض النفسية إلى التوتر و الحصر النفسي و الخوف و هذه الحالة لا ينفع معها العلاج السريري بل الاهتمام بالحالة الذهنية هو المجدي ، و هنا يدخل تأثير اللون في تخطيط المباني النظيفة و إعطاء الأهمية الوظيفية لمكان العمل أو الراحة أو العلاج..فالإنسان يتحسس لبيئته و يتأثر بها وبسبب ردود فعل الإنسان العاطفية والسيكولوجية المختلفة للألوان ،

متغيرات التفاصيل البنائية و الانهاءات الخاصة

عند تصميم و إقرار التفاصيل البنائية تراعى وظيفة المباني التي تم وضع التصاميم لها ففي المباني النظيفة يجب إحكام غلق الهيكل الإنشائي الخارجي والقواطع الداخلية عند مفاصل الربط وفتحات تمرير الخدمات المختلفة وتفادي حدوث الفطور والشروخ في الهيكل أو في الأسس ، أما ما يخص التفاصيل الإنهائية والتكميلية ، فتراعى المفاهيم والمحددات الآتية أثناء عملية التصميم و اختيار الانهاءات للمباني النظيفة :-

المرونة

لكون الفعاليات التي تجري في الأبنية النظيفة متعددة و متطورة بتطور التقنيات المختلفة لذا يتطلب اختيار وحدات تركيبية (Components) تستجيب للتطوير و التغيير التقني و ذات مرونة تتقبل إضافة أو حذف وحدات خدمية ، و توسع أو تقلص في الفضاءات وتغيير الفعاليات .

السطوح (Surfaces)

يجب اختيار سطوح مقاومة للتلف والتفطر والتشقق ، وموفرة موازنة بين الصلابة والمرونة وتسمح بالتنظيف اليومي باستعمال المنظفات الاعتيادية والماء ، واستعمال مفاصل ربط كتيمة معطية سطوحاً مستوية

ومعتدلة ومستمرة ، سواء أكانت أرضيات أو سقوف أو جدران ، أي لا تسمح بإدخال ملوثات أو تجمع أتربة وغبار عليها .

مقاومة الصدمات

يتم اختيار بنية السطوح من مواد مقاومة للصدمات و لا تتعرض للتلف أو التثقّب لئلا تطلق ملوثات داخلية و تعرض الفضاءات إلى الفشل .

انبعاث الدقائق الهبائية

يتطلب توقي انبعاث الدقائق الهبائية من المواد الإنهائية المختلفة مع مراعاة النواحي التقنية الأخرى و الجمالية .

مقاومة الأحياء المجهرية

يجب استخدام مواد إنشائية و انهائية لا تساعد على نمو أو بقاء الأحياء المجهرية العضوية حية و معالجة ضد العفن و البكتريا.

مقاومة الكهربائية المستقرة (الالكتروستاتيكية)

تجمُّع الشحنات الالكتروستاتيكية على السطوح يجعل الغبار العالق ينجذب إليها و بالتالي تتكون مستعمرات ميكروبية ، لذا يتم استخدام منظومة التأريض لتسريب الشحنات و التخلص من المشكلة .

مقاومة الفطريات

يجب منع إنتاج و توليد المزيد من العوالق في هواء الفضاءات النظيفة بسبب نمو و انقسام الأحياء المجهرية العضوية باستعمال مواد انهائية و حشوية مقاومة لنمو الفطريات في بُنية الفضاءات .

مقاومة التآكل و التأكسد

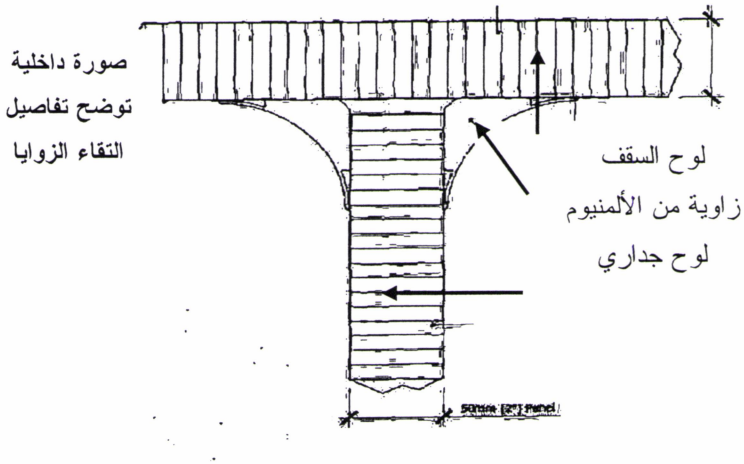
استعمال العناصر الهيكلية للمبنى من النوع المقاوم للتآكل و للتأكسد و معالجتها بمواد لا تسمح بانبعاث الدقائق المتآكلة ، كذلك معالجة الانهاءات باستعمال مواد ضد التلف و التمزق (Wear & tear) .

مقاومة الحوامض والمواد الكيماوية والأبخرة العالية والحريق

استعمال مواد مقاومة للحوامض والمواد الكيماوية يزيد من عمر المواد الانهائية ويمنع التذرر نتيجة تلف المواد .

وتشير الدراسة الحالية هنا إلى ضرورة استخدام الأصباغ البلاستيكية الخاصة والمقاومة للحوامض والترطيب المائي وذات ملمس لماع سهل التنظيف ويقلل من احتمالات التراكم للعوالق الهبائية وكذلك يستبعد المستعمرات الجرثومية وتفضل الألوان الفاتحة(البيضاء) ، مع ملاحظة استبعاد الزوايا الحادة عند تلاقي الجدران مع بعضها،كما في **الشكل (٣)**(انترنيت ٣٧).

كما لاحظنا فانه يشترط في المباني النظيفة بان تكون السطوح نظيفة و ناعمة و بدون شقوق أو فطور و بأقل مفاصل ربط ممكنة .



الشكل رقم (٣)

يبين تفاصيل التقاء السقف مع الجدار

المصدر : انترنيت

الاستنتاجات

١- شجع ظهور علم البيئة والدراسات العلمية المتعلقة به ، الكثير من المعماريين على دراسة اثر البيئة على السلوك الإنساني وعلى الصحة العقلية والنفسية وبالتالي اعتبارها من المدخلات الرئيسة في إعداد تصاميم المنشآت –بصورة عامة – والأبنية النظيفة بصورة خاصة .

٢- يقع التجاوب مع المتغيرات البيئية والتقنية والوظيفية على عاتق المهندس المعماري بخلق مباني تستوعب هذا الكم من المتغيرات دون الإخلال بالنظام البنائي والمحددات السيكولوجية والجمالية والوظيفية والاقتصادية للمنشأ .

٣- تعتبر معدات منظومة التهوية والتبريد والتدفئة الميكانيكية مصدرا رئيسا للملوثات الداخلية الهبائية والميكروبية ، الأمر الذي يتطلب معالجة تصميمية وتصنيعية وتنفيذية.

٤- إن نسبة ٢٠% من الأعراض المَرَضِية تعود إلى أسباب سيكولوجية مما يؤكد دور المعماري في توظيف أفكاره وقدراته الإبداعية لتحقيق تواصل بيئي داخلي مع الخارج ، فضلا عن إعطاء حلول لتقليل نسب التلوث البيئي الداخلي والخارجي ، لكونه مؤثرا ومتأثرا .

٥- الحاجة إلى مباني نظيفة هي لأسباب إنسانية أكيدة وذلك لتقليل خطر العدوى في المنشآت الصحية ، والحصول على نتائج لأبحاث مختبرية دقيقة ، والحد من نسب الملوثات الخطرة داخل المباني وخارجها .

٦- الصناعات الدوائية والغذائية والإلكترونية والعسكرية والفضائية تُلِح في طلب مباني خالية من التلوث والملوثات لضمان نتائج دقيقة ومنتجات عالية الجودة .

٧- ٧ . تتطلب الدراسات والبحوث التقنية المتطورة حضور مباني نظيفة لاستخدام التقنيات المعلوماتية (IT) إذ إن توفير فضاءات نظيفة خالية من الملوثات الدقائقية ، يعني تقليل الهدر في الوقت والجهد .

٨- الإيفاء بالمتطلبات السيكولوجية لوجود مباني نظيفة تأتي كمحصلة لتلبية المتطلبات الإنسانية والاقتصادية والعلمية والصحية ، حيث إن التواجد الإنساني في بيئات نظيفة ذات تهوية جيدة وإنارة مدروسة وتصميم داخلي لا يهمل الجوانب الجمالية والوظيفية يعطي للمتلقي إحساسا عاليا بانتمائه للمكان الذي يشغله .

المصادر

مصادر شبكة المعلومات العالمية (انترنيت)

Clean room technology " ESS data recovery.
http://www.savemyfiles.com/clean.htm

Healthy buildings international pt. ltd. sick building syndrome causes & effects, Australia indoor environmental consultants.
http://www.hloi.com.au/sbs.html

Luebkeman architectural design philosophy, core benefits about architecture, (1995).
http://www.darkwing.uovegon.edu/resources/essays/design-philosopy,html.

The California healthy buildings study, by William Fisk, indoor environment program, (1994).
http://www.eetd.lbl.gov/CBS/NEWSLETTER/NC2/healthy buildings.html.

Green buildings: resources. Tools & policy: by XIn GAO & Ann Jackson, (2000).
http://www.Green/Buildings.htm

Indoor Air Pollution: By EPA/ Environmental protection agency – USA, (1994).
http://www.indoorairpollution-htm

Guth lighting for clean rooms, what are clean rooms & how do they operate?
http://www.guth.com/clean2.htm.

Clean rooms, commercial energy systems.
http://www.cipco.apogee.net/ces/xhfcr.htm

Engineering infection control through facility design, by Gray A. Noskin & Lance R. Peterson. May (2001).
http://www.cds.gov/acidod/cid/volno2/noskin.htm.

Classification of clean rooms.
http://www.classification/of/cleanrooms.htm

Clean room standards & specifications.
http://www.airclean.co.uk/cleanspec,htm

Towards Global cleanrooms technology standards, by Dr. Hans H. Schicht. Frankfurt, 2001.
http://s2c2.co.uk/tem35/toglobals.html

Classification of clean rooms.
http://www.classification/of/cleanrooms.htm

Towards Global cleanrooms technology standards, by Dr. Hans H. Schicht. Frankfurt, 2001.
http://s2c2.co.uk/tem35/toglobals.html

An Introduction to the design of clean & containment areas.
http://www.s_2c_2.co.uk /docs/cleanroom-Design-Intro.html.

CET group & clean rooms .
http://www.CETgroupandcleanrooms.html.

المصادر الأجنبية

Ashrae, (1987), HVAC Hand book, (Chapter 32) USA,.

Brunekreeff, B., Dockery, D.W. et al (1989)," Home Dampness &Respiratory disease" American review,.

Burge, Harriet A. & FEELY J.C. (1991), Indoor Air Pollution and Infectious Diseases, Johns Hopkins University Press,.

Colin W. Clipson, Joseph J. Wehrer. " Planning For Gardiac Care (1973), Aguide to the planning and design of gardias care facilities, the healh administration press,

Lopez, barnett, diana, & william d. browning (1995), A Primer on sustainable Building, Snow mass: Rocky mountain institute,.

Moller, C.B. (1968), "Architectural environment & our mental health", new York: horizon press.

Murrills, Angela, (2000), Large Scale Recycling comes home, the Georgia straight . □

Needleman, H.L. Schell A., (1990), THE–Long Term Effects of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood: an 11-year follow up report, the New England journal of medicine,.

Samet, J.M. M Arbury, Marian C. & Spegler, J. D. (1987), Health Effects & Sources Of Indoor Air Pollution, USA.

المصادر العربية

ساوثويك (شارلس .هـ .) (١٩٨٤)، علم البيئة و نوعية بيئتنا" ترجمة قيصر نجيب صالح، و سهيلة عباس احمد الدباغ ، و طارق محمد صالح ، جامعة الموصل عام .