

أثر تصميم أغلفة المباني المتنفسة على العمارة من حيث تحقيق الاستدامة والتشكيل البصري The Impact of Breathing Buildings Envelopes On Architecture In Terms Of Achieving Sustainability And Visual Formation

د/ رفايدة محي الدين محمد أحمد العطار^{١*}، أ.د./إسماعيل أحمد عامر^٢ م/ آلاء آمن أبوضيف^٣، د/ منال محمود أحمد مرسى^٤
(١) مدرس بقسم العمارة بكلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا
(٢) أستاذ بقسم العمارة بكلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا
(٣) معيدة بقسم العمارة بكلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا
Rofaida.ELAttar@mu.edu.eg

Abstract

The research discusses the possibility of applying breathing buildings envelopes to improve the internal environment of spaces and to reach the internal comfort required for the occupants. In addition to the visual role of this envelope, As it makes a complete isolation and separation between the building and the environment,

Despite the importance of the role of the envelope in raising the environmental efficiency of the building, there is a common concept among many, which is that the role of the envelope is limited to the visual role in addition to the isolation and complete separation between the building and the environment, while ignoring the possibility of benefiting from the external climatic conditions; As the utilization of storage and natural transfer of heat, solar energy, air, humidity and light is restricted, and reliance on mechanical systems that increase energy consumption in the building in order to reach a suitable indoor climate for the building occupants.

Therefore, this study aims to clarify the role of the envelope in integrating the artistic role and the visual image of the building while raising the environmental efficiency of the building and reaching an appropriate internal environment adapted to external environmental changes, to benefit from it while avoiding its harsh conditions, by presenting the concept of the building envelope and the factors affecting it. And its functions in general, technically, and functionally, also studying the concept of breathing envelopes, and mentioning their characteristics and role in achieving thermal comfort with indoor air quality. by making analysis for some applications of existing buildings with breathable envelopes to derive their characteristics, how they work and their efficiency.

Keywords: Breathing Envelope, Thermal Comfort, Indoor Air Quality, Evaporative Cooling, Porous Envelope, Optical modulation.

المخلص:

يناقش البحث إمكانية تطبيق أغلفة المباني المتنفسة لتحسين البيئة الداخلية للفرغات بالمباني والوصول إلى الراحة الداخلية المطلوبة للشاغلين. بالإضافة إلى دورها الفني التشكيلي لتحسين الصورة البصرية الخارجية للمباني، فبالرغم من أهمية دور الغلاف في رفع كفاءة المبنى البيئية، إلا أن هناك مفهوم شائع عند الكثير وهو أن وظيفة الغلاف تقتصر على الدور التشكيلي البصري بالإضافة إلى العزل والفصل التام بين المبنى والبيئة الخارجية، مع تجاهل إمكانية الاستفادة من الظروف المناخية الخارجية؛ مما يترتب عليه تقييد الاستفادة من عمليات التخزين والنقل الطبيعي للحرارة والطاقة الشمسية والهواء والرطوبة والضوء والاعتماد على أنظمة ميكانيكية تزيد من استهلاك الطاقة بالمبنى بغرض الوصول جودة بيئة داخلية مناسبة لساغلي المبنى.

لذلك تهدف هذه الدراسة إلى توضيح دور الغلاف في الدمج بين الدور الفني التشكيلي والصورة البصرية للمبنى مع رفع الكفاءة البيئية للمبنى والوصول إلى بيئة

داخلية مناسبة متكيفة مع التغيرات البيئية الخارجية، وذلك للاستفادة منها مع تجنب ظروفها القاسية، وذلك من خلال عرض مفهوم غلاف المبنى والعوامل المؤثرة عليه ووظائفه بشكل عام فنياً ووظيفياً وتشكلياً، مع دراسة مفهوم الأغلفة المتنفسة على وجه الخصوص وذكر خصائصها ودورها في تحقيق الراحة الحرارية وجودة الهواء الداخلي. مع تحليل بعض التطبيقات لمباني قائمة ذات أغلفة متنفسة لاستنباط سماتها وكيفية عملها ومدى كفاءتها.

الكلمات الدالة:

الأغلفة المتنفسة، الراحة الحرارية، جودة البيئة الداخلية، التبريد التبخيري، الغلاف المسامي، التشكيل البصري.

١- مقدمة:

يعاني كثير من المجتمعات العمرانية في العديد من دول العالم - ومنها مجتمعاتنا العمرانية المحلية - من تدهور شديد في مجالات عدة أهمها المجالات البيئية؛ حيث أدى تزايد السكان وتمركز العديد منهم في المدن إلى تدهور الظروف البيئية، وزيادة معدلات استهلاك الطاقة، والذي أثر بشكل كبير على التغيرات المناخية خاصة الإقليم الحار الجاف؛ مما ألحق الضرر بالبيئة المشيدة، وذلك نتيجة لارتفاع معدل التدفق الحراري إلى داخل المبنى؛ ونتيجة لارتفاع درجات الحرارة الخارجية في معظم فترات السنة؛ جعل استخدام المنظومات الخدمية الميكانيكية والكهربائية -كأجهزة التدفئة والتبريد في المباني- أمراً ضرورياً ومهماً لمحاولة الوصول للراحة الحرارية المطلوبة، بغرض الوصول لجودة بيئية داخلية جيدة؛ الأمر الذي أثر بشكل مباشر على معدل الاستهلاك العام للطاقة، والتي أصبحت مسألة جوهرية تشغل دول العالم، بالإضافة إلى زيادة تكلفة تشغيل المباني من الناحية الميكانيكية؛ فأصبح يمثل عبئاً اقتصادياً على المستخدمين، كما أثرت بشكل غير مباشر على زيادة الانبعاثات المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري، والتي أيضاً تلوث البيئة الداخلية للفرغات المعمارية.

ونظراً لذلك فقد بادرت العديد من الحكومات والمجتمعات على كافة المجالات إلى العمل على إيجاد الحلول الجذرية المناسبة للتصدي لهذه المشاكل في سبيل تقدم ورقي تلك المجتمعات.

ويمكن تحقيق ذلك من خلال ابتكار وتطوير أغلفة المباني نظراً لمدى أهميتها في التحكم في معدلات تدفق الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي وحركة الهواء من الخارج إلى الداخل والعكس لتعمل بمختلف أجزائها على خدمة المستخدمين؛ بما يحقق توفير القدر الكبير من الراحة الحرارية للشاغلين، أخذاً بعين الاعتبار ملائمة المبنى مع البيئة الطبيعية الخارجية متفاعلاً معها ومستفيداً من مواردها وطاقتها المتجددة، بما يحسن البيئة الداخلية بأقل تكلفة. وهذا هو الهدف الرئيسي من البحث بالإضافة لمرعاة التشكيل البصري للواجهات الخارجية للمباني المستخدمة لتلك الأغلفة.

٢- إشكالية البحث:

تتمثل إشكالية البحث في التركيز على الدور الفني التشكيلي للمبنى لدى بعض الممارسين وإغفال الدور البيئي الوظيفي لغلاف المبنى كعنصر أساسي يحمي ويتحكم إيجاباً في البيئة الداخلية للمبنى وراحة الشاغلين حيث أنه حلقة الوصل بين البيئة الداخلية والخارجية لأنه يعمل بمثابة البشرة في جسم الإنسان، فهو الذي يحمي المبنى من مختلف العوامل الجوية الخارجية، كما أنه يكتسب أكبر قدر من الطاقة الحرارية الداخلة.

٢/١ ... هدف البحث:

يهدف البحث إلى رصد الدور الوظيفي لأغلفة المباني المتنفسة في رفع كفاءة المباني بالإضافة إلى الدور التشكيلي لها وذلك من خلال الأهداف الثانوية التالية:
-دراسة مفهوم أغلفة المباني ووظائفها والعوامل المؤثرة عليها.
-دراسة متطلبات الراحة الإنسانية بالفراغات الداخلية ودور الغلاف في تحقيقها.
-توضيح مفهوم الأغلفة المتنفسة وخصائصها المختلفة مع ذكر بعض التطبيقات على تلك الأنظمة.

-رصد وتحليل بعض نماذج أغلفة المباني المتنفسة وتوثيق أنظمتها المختلفة.

٣/١ ... فرضية البحث:

يفترض البحث بأنه يمكن تحقيق الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية من خلال تطبيق المفهوم الأساسي للأغلفة المتنفسة المستدامة للمباني؛ لتكون قادرة على الاستجابة والتكيف مع التغيرات البيئية والمناخية الخارجية مع مراعاة التشكيل البصري، وذلك لتحقيق دور الغلاف في الدمج بين الدور الفني التشكيلي والصورة البصرية للمبني مع رفع الكفاءة البيئية للمبني والوصول إلى بيئة داخلية مناسبة متكيفة مع التغيرات البيئية الخارجية.

٤/١ ... المنهجية المتبعة:

اعتمدت منهجية البحث لتحقيق الهدف منه على منهجين متكاملين مع بعضهما البعض حيث تتمثل المنهجية فيما يلي:

***المنهج الاستقرائي:**

لدراسة مفاهيم أغلفة المباني المتنفسة بصريا ووظيفيا وأنواعها، مع توضيح أهم خصائصها.

***المنهج التحليلي:**

دراسة تحليلية تطبيقية لبعض النماذج لأغلفة المباني المتنفسة لاستنباط سماتها وكيفية تحقيقها لبيئة داخلية تنسجم بالراحة الحرارية المناسبة ورفع جودة الهواء الداخلي مع كفاءة استهلاك الطاقة.

وصولاً إلى عرض لأهم النتائج التي توصل إليها البحث وأهم التوصيات لفتح المجال أمام الباحثين في المستقبل في هذا المجال.

٢- مفهوم غلاف المبني :

يعرف غلاف المبني أنه الغشاء المحيط بالمبني الناتج عن توظيف مجموعه من العناصر المختلفة في ضوء علاقات تحكم هذه العناصر وفقاً لمقاييس وقواعد جماليه وحسية وتعبيرية ، وهو ما يعكس رؤيه المعمارى الفنيه ومدى نجاحه في تحقيق الملاءمة الشكلية والتناغم البصري للمبني مع البيئة المحيطة وتحقيق الجمال والابهار والمواءمة وتحقيق انطباعات نفسه متولدة عنه ايجابيا او سلبيا.

١/٢ بصريا :

يعرف غلاف المبني انه الغشاء المحيط بالمبني الناتج عن توظيف مجموعه من العناصر المختلفة في ضوء علاقات تحكم هذه العناصر وفقاً لمقاييس وقواعد جماليه وحسية وتعبيرية ، وهو ما يعكس رؤيه المعمارى الفنيه ومدى نجاحه في تحقيق الملاءمة الشكلية والتناغم البصري للمبني مع البيئة المحيطة وتحقيق الجمال والابهار والمواءمة وتحقيق انطباعات نفسه متولدة عنه ايجابيا او سلبيا (مرسي، ٢٠١٨).

فعملية التشكيل المعماري ينتج عنه اشكال مجسمه ثلاثية الابعاد تتركب من عنصرين اساسيين هما الكتله والفراغ ، ومن خلال دراسة العلاقة بينهما ومن خلال بعض الخصائص المحددة تنتج الصورة البصرية للمباني (مرسي ٢٠٠٨) وتتلخص تلك المحددات في التالي:

١/١/٢ الشكل العام للمبني:

ويمكن تحليل الشكل الي عناصره الاولى وكذلك تصنف الاشكال تبعا لعدة متغيرات وطبقا لخواص محددة الي اشكال هندسية بسيطة واخرى عضويه او مركبة من كلاهما ، كما يمكن تصنيفها الي اشكال مركزية او خطية او اشعاعية او شبكية ، وطبقا لحواف الشكل الي اشكال حادة الحواف او منحنية وناعمة ، كذلك تتنوع تلك التصنيفات في تأثيرها النفسي لدى المشاهد. وهناك عوامل متعددة ومتداخلة تلعب دورا هاما في التأثير البصري لشكل المبني وهي :نسب ابعاد المبني – ارتفاع المبني- حجم الكتلة المبنية – خط السماء – البروز والدور- حدود المبني الخارجية. (مرسي، ٢٠١٨)

٢/١/٢ الشفافيه والمساميه : فتعرف الشفافيه على انها الخاصية التي تسمح بمرور الضوء من خلال السطح بنسب متفاوتة ويمكن الرؤيه من خلالها ، اما بالنسبة للمساميه فهي نسبة مساحة الفتحات الموجودة في حوائط المبني او الفراغ مقارنة بالمساحة الكلية لحوائط المبني والتي تسمح بدخول الهواء ولا يقتصر دورهما تشكيليًا وبصريًا فقط بل يلعب دورا هاما في التصميم البيئي للمبني (مرسي، ٢٠١٨).

٣/١/٢ الفتحات: وتعرف الفتحات على انها مفتاح العلاقة بين الداخل والخارج والتي تحكم نجاح المبني وتحقيق الراحة لمستخدميه فالفتحات هي ملامح وسمات المنشأ وتعكس ملامح الطابع العام للمبني وتشير الي عصر بناؤه ويتأثر تشكيل الفتحات بعدة عوامل بيئية وظيفيه هامة وهي: (التهويه وحركة الهواء) الراحة الهوائية) – الاضاءة والتشميس (الراحة البصرية) – رؤيه الوسط المحيط (Meiss1990)

٤/١/٢ المفردات الانشائية: وتعرف المفردات الانشائية على انها تلك المفردات التي تساهم في التفاصيل سواء كانت ناتجة عن الطرز المعمارية أو أسلوب الإنشاء أو الجداريات أو الزخارف في إعطاء القيمة الجمالية للصورة البصرية للمبني من خلال دراسة العلاقات المتبادلة بين تلك العناصرو تكامل ادوارها بحيث لا يمكن إضافة أو حذف أى منها ، وهذه التفاصيل تشمل (الطرز – عناصر الإنشاء – الجداريات)، (Meiss1990).

٥/١/٢ اللون: ويعرف اللون على انه عنصراً بصرياً هاماً في واجهات المباني حيث بدوره يتم إدراك التشكيل بصورة أكثر تكاملاً وهو ظاهرة ضوئية تتيح التميز بين العناصر و إعطاء التأثير الجمالي للمبني، ولا بد أن يكون اختيار اللون متناسباً مع الموقع الجغرافي والثقافي حيث ترمز الألوان في بعض الأحيان إلى معاني متعلقة بثقافة ومعتقدات مجتمع ما، كما تساعد على تأكيد الكتل وإيجاد علاقة بين الأحجام ، كما يلعب اللون دوراً هاماً في التصميم البيئي للمبني في مختلف البيئات (مرسي ٢٠١٨)، فيفضل الألوان الفاتحة ما بين الابيض والاصفر والبيج بدرجاته في البيئات الحارة او الصحراوية لتعكس الاشعاع الشمسي المباشر والحول دون تخزين الطاقة الحرارية داخل حوائط المبني لتقليل الانبعاث الحراري داخل المبني وتحقيق الراحة الحرارية لمستخدمي المبني.

٦/١/٢ الملمس: ويعرف الملمس على انه الشعور المرئي وتعد خاصية الملمس من الخصائص الهامة للأسطح التي تؤثر مباشرة في الإدراك البصري للمباني، ويعطى التنوع في الملمس انعكاس يعبر عن غنى الواجهة كما يستخدم في تعديل الخصائص التصميمية للأسطح، لذا لا بد من دراسة العلاقة بين المسافة والسطح الذي يساعد على رؤية الملمس لنقل الصورة بوضوح، الأمر الذي يؤدي إلى نجاح الإدراك الجمالي البصري للمباني، (مرسي، ٢٠١٨).

٧/١/٢ المواد: فالمواد هي ما يتركب منه الشيء ويقوم به، وهي تتخذ أشكالاً مختلفة، وهي التي تؤثر على واجهات المباني - موضوع البحث - وعلى الصورة البصرية وقد يكون تطور طرق الإنشاء عبر التاريخ هو نتيجة مباشرة لمحاولة اكتشاف أقصى إمكانية لتطويع مواد البناء سواء كانت حديثة أو تقليدية في إضفاء النواحي الجمالية على الواجهات ويشير "August perret" * أن "الجمال المعماري يتحقق من خلال المصادقية في التعبير عن استخدام المواد الطبيعية بحيث ترضى الاعتبارات الجمالية والوظيفية معاً فيعتمد جمال المبني على ثلاث مظاهر جمالية ألا وهي الشكل والكتلة والملمس الي انواع المواد الحديثة المستخدمة في اغلفة المباني والتي تحقق توافقاً بصرياً وحلاً بيئياً وظيفياً ملائماً لطبيعته المبني وموقعه (مرسي، ٢٠١٨).

٢/٢ وظيفيا:

يمثل غلاف المبني حلقة الوصل بين المبني وبينته الخارجية للاستفادة من الظروف المناخية الخارجية الطبيعية المناسبة وتوظيفها للوصول لبيئة مريحة لمستخدمي الفراغات الداخلية. مع تجنب الظروف المناخية الخارجية القاسية التي تؤثر بالسلب على نسب الراحة داخل الفراغات .

ويكون هذا الاتصال من خلال الرؤية أو الخروج والدخول من وإلى المبني، أو من خلال التأثيرات الخارجية من ضوضاء وحرارة ورياح وما غير ذلك من العوامل الخارجية التي تؤثر على الفراغ الداخلي ، أو من خلال تكامل أنظمة الإضاءة والتهوية الطبيعية داخل المبني (محي الدين-عطوة-الحجر ، ٢٠٠٣) و من أهم العناصر والمؤثرات على الغلاف الخارجي والتي تتمثل في التالي:

٢/٣ العوامل المناخية الخارجية:

وتشمل هذه العوامل الشمس وأشعتها ودرجة الحرارة الناتجة عنها والرطوبة النسبية، و حركة الهواء والرياح. وتختلف هذه العوامل طبقاً للمناخ المحلي ، اما إذا تجاوزت العوامل تلك الحدود فإنها تحتاج إلى بعض المعالجات والنظم للتكيف التي تستهلك طاقة كاحتياج لزيادة قدرة التكيفات التي تعد غير صديقة للبيئة، كما بالشكل- ١

* معماري فرنسي، له مساهمات رائدة في مجال البناء الخرساني، حيث أعلنت منظمة اليونسكو عام ٢٠٠٥ أحد مقاييسه المعاد إنشائها بعد الحرب العالمية الثانية في لو هافر بفرنسا موقعاً للتراث العالمي.

من الاحتياطات المتخذة ، فستزداد درجات الحرارة المحسوسة خاصة في المناطق الحارة وستصبح بيئة العمل غير مواتية وهناك معياران أساسيان لتحديد شروط الراحة الحرارية:

- (TS EN ISO 7730) الوسائط الحرارية المتوسطة وتحديد ظروف الراحة الحرارية

- (TS EN 27243) البيئات الساخنة و تقدير ضغط الحرارة

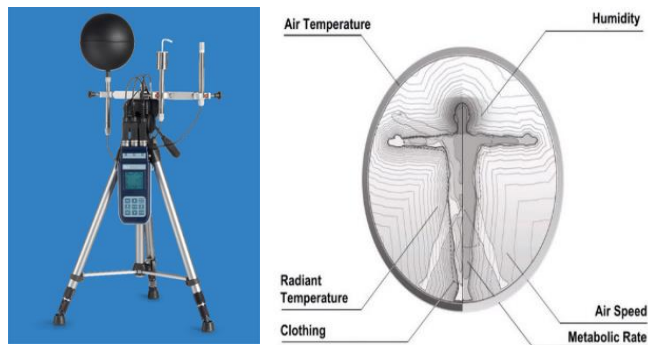
ومن هذه المعايير معيار (TS EN ISO 7730) وهو المعيار المستخدم في البيئات المعتدلة. حيث يغطي المواصفة القياسية وشروط عدم الرضا الشخصية .

اما المعيار (TS EN 27243) يغطي ظروف عدم الرضا البيئية. وترتبط المتغيرات البيئية بدرجة حرارة الهواء والحرارة المشعة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء. كما يوجد مؤشران في هذا المعيار يحددان ظروف عدم الرضا الشخصي:

- (PMV) تصويت متوسط متوقع.

- (PPD) (النسبة المئوية المتوقعة غير راضية) ، أي متوسط النسبة المئوية غير المرغوب فيها (نسبة عدم الرضا الشخصي)

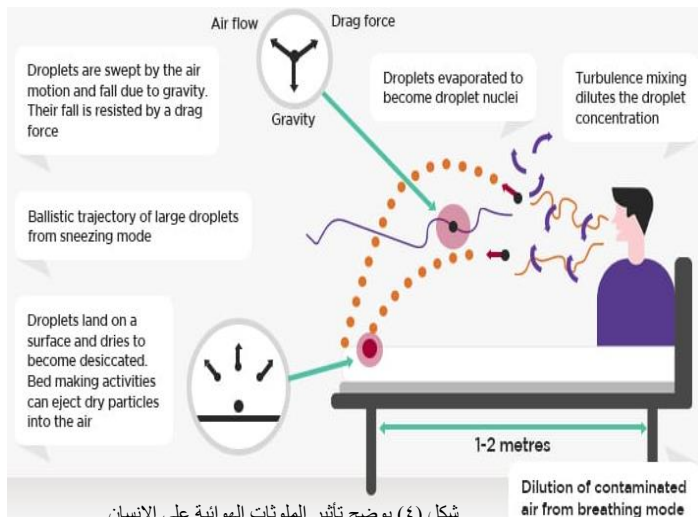
وتستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم لتحديد الراحة الحرارية ، ويتم تحديد المدة التي يمكن للمستخدمين الذين يتعرضون لارتفاع درجات الحرارة المحيطة العمل في هذه البيئة ، و يوضح شكل ٣- كلا من شكل محددات الراحة الحرارية للإنسان وأحد أجهزة قياسها .



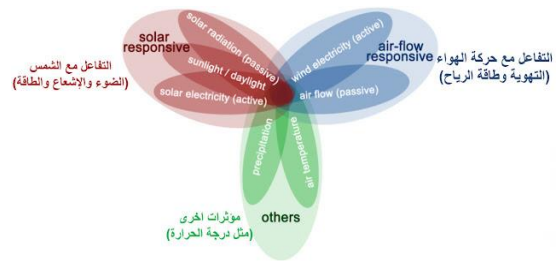
شكل (٣) يوضح شكل محددات الراحة الحرارية للإنسان وأحد أجهزة قياسها (Beltrán, ٢٠١٢م)

٢/٣ الراحة الهوائية:

ترتبط الراحة الهوائية بجودة الهواء الداخلي ويمكن تحقيق الراحة المرغوبة من خلال التهوية الكافية وتوفير معدل تبادل الهواء الثابت ويتم تحديد الراحة الهوائية والصحية من خلال البعد عن مصادر التلوث، وتركيزات الهواء، وأنواع الملوثات، ومعدل وكفاءة التهوية، ومن بين مصادر التلوث المختلفة نجد الفيروسات والجراثيم والجسيمات المختلفة والتي تسبب مخاطر كبيرة على أي إنسان تنتشر الفيروسات من خلال التلامس المباشر مع سوائل الجسم والهواء على شكل جزئيات، فتدفع الهواء والتهوية المصممة جيداً في الأماكن الداخلية يمكن أن يلعب دوراً مهماً في التخفيف من انتشار مسببات الأمراض المحمولة جواً (Bluyssen, ٢٠٠٩)، كما بالشكل رقم ٤.



شكل (٤) يوضح تأثير الملوثات الهوائية على الإنسان.



شكل (١) يوضح العوامل المناخية المؤثرة على غلاف المبنى (Beltrán, ٢٠١٢م)

١/٢/٣ الصوت:

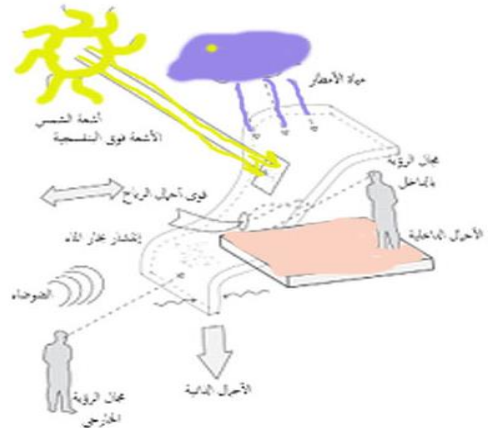
غالبا يصعب السيطرة التامة على التلوث الضوضائي، بسبب كثافة المناطق الحضرية. فهو خليط متضارب من الأصوات ذات استمرارية غير مرغوب فيها، ومن المعروف ان الضوضاء تسبب الإزعاج والتوتر العصبي، وإذا زادت نسبة الضوضاء عن ٩٠ ديسيبل قد يفقد الإنسان السمع.

٢/٢/٣ الأمطار:

هطول المطر هو أحد أهم مكونات دورة المياه في الطبيعة وهي المسؤولة عن حركة المياه في نظام الغلاف الجوّي للأرض، وتتمثل في العديد من العمليات؛ كالتيّج، والنّتح، والتكاثف، والهطول، والجريان السطحي، وغيرها، حيث يتمّ من خلال هذه الدورة إعادة تدوير المياه للمحافظة على وجود المسطّحات المائية، واستمرارية تكاثف السحب، ويؤدي تبريد الهواء إلى تكثيف الرطوبة المخزنة فيه مما يؤدي إلى هطول الأمطار.

٣/٢/٣ الملوثات الخارجية:

وتشمل الغبار والأبخرة والرطوبة وهي من بين الملوثات الرئيسية في الهواء الخارجي التي يمكن أن تؤثر على جودة الهواء الداخلي وبالتالي على صحة الشاغلين ، كما في شكل رقم ٢.



شكل (٢) يوضح عناصر غلاف المبنى وأهم المؤثرات الخارجية عليه (Knaack, ٢٠٠٧م)

٣-متطلبات الراحة الداخلية:

تعرف الراحة على انها الحالة التي يكون الفرد فيها راضياً عن رفايته والمناخ المحيط به. (Bluyssen, ٢٠٠٩) ويمكن تقسيم متطلبات الراحة إلى أربعة وهي:

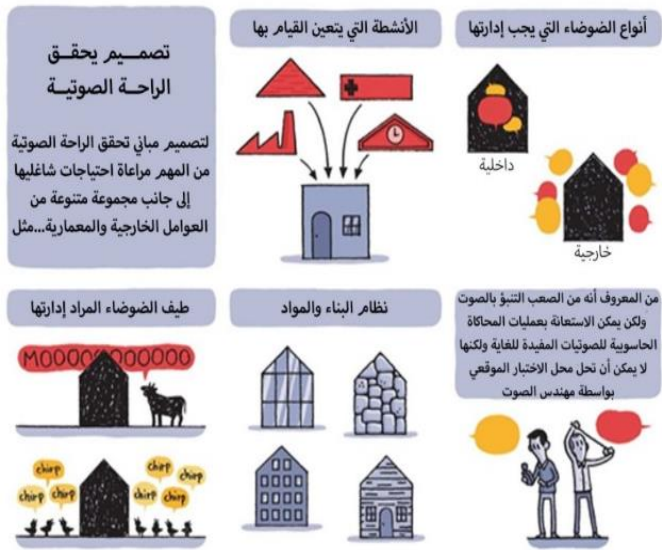
١/٣ الراحة الحرارية:

وهي الحالة الشعورية التي تعبر عن الرضى بالبيئة الحرارية حيث درجات الحرارة العالية تضر بصحة المستخدمين بالفراغ. فمن الممكن أن تسبب العديد من المضايقات كضربة شمس أو نوبة قلبية. ويزيد خطر الإصابة بنوبة قلبية بمجرد أن تتجاوز درجة حرارة جسم الإنسان ٤٠ درجة مئوية وتختلف من شخص لآخر على حسب الحالة الصحية العامة والحالة البدنية والعمر ونوع الملابس والمبلغ من السرعات الحرارية المنقعة.

كذلك الخطورة تكمن في ثاني أكسيد الكربون وغازات الدفيئة الأخرى ، التي يتم إطلاقها بكثرة في الغلاف الجوي بالسنوات الأخيرة ،والتي تسبب في زيادة درجة حرارة الأرض. فإذا كانت الأرض شديدة الحرارة أو شديدة البرودة ، فإنها تشكل خطراً على جميع الكائنات الحية.

كما تؤثر الزيادة في درجة الحرارة المحسوسة في مثل هذه البيئة على كفاءة العمل وتركيز المستخدمين داخل المباني بشكل سلبي وتقلل من كفاءة التشغيل. على الرغم

ولتحقيق متطلبات الراحة المذكورة خاصة متطلبات الراحة الحرارية والهوائية – أحد اهتمامات البحث لما لكل منهم من تأثير مهم على صحة وراحة الشاغلين في ظل تدهور الظروف البيئية الخارجية في وقتنا الحالي، نوصي بالاعتماد على نظام البناء والمواد التي لها فاعلية في العزل كالعزل الصوفي والفلين وغيرهما من أساليب البناء التي تقوم بشنيت أو تقليل حدة الضوضاء سواء داخل أو خارج المبنى فالأغلفة الفعالة الغير تقليدية تتمكن من الاستجابة والتكيف مع المتغيرات المحيطة التي تكون متغيرة ومتقلبة باستمرار والتي تغير معها متطلبات الراحة لدى الإنسان - كما في الشكل ٦ - .



شكل (٦) أنواع الضوضاء الداخلية والخارجية التي تؤثر على المبنى

٤- مفهوم التنفس:

٤/١ مفهوم التنفس من المنظور البيولوجي:

التنفس هو عملية حيوية للكائنات الحية التي تعتبر ضرورية لاستمرار الحياة وهي تمثل إحدى عمليات التفاعل بين الكائن الحي والمحيط الحيوي. كما يمكن تعريفه على أنه عملية يقوم بها الكائن الحي بغرض نقل الهواء من وإلى أجهزة الجسم المختلفة في الكائنات الحية، وذلك لتزويد الجسم بالأكسجين اللازم لإنتاج الطاقة اللازمة لكافة الأنشطة الحيوية التي يقوم بها. بالإضافة إلى الحفاظ على درجة حرارة الجسم مع التخلص من ثاني أكسيد الكربون مما يحمي الجسم من حالات التسمم (السيد، ٢٠١٥).

تعتبر أنظمة التنفس البيولوجية من أهم أنظمة التكيف الحرارية البيولوجية، فإنها تخلص جسم الكائن الحي من الحرارة والرطوبة الزائدة عن طريق تبادل الهواء من المحيط البيئي الخارجي إلى الأجهزة التنفسية للكائن الحي ونقل الحرارة من الجسم إلى الجلد الخارجي الذي يعمل كمشتع حرارية للتخلص من الحرارة الداخلية الغير مرغوبة عن طريق التلامس المباشر مع تدفق الهواء أو عن طريق التبريد التبخيري من خلال عمليات التعرق (Bluyssen، ٢٠٠٩).

٤/٢ مفهوم التنفس من المنظور المعماري:

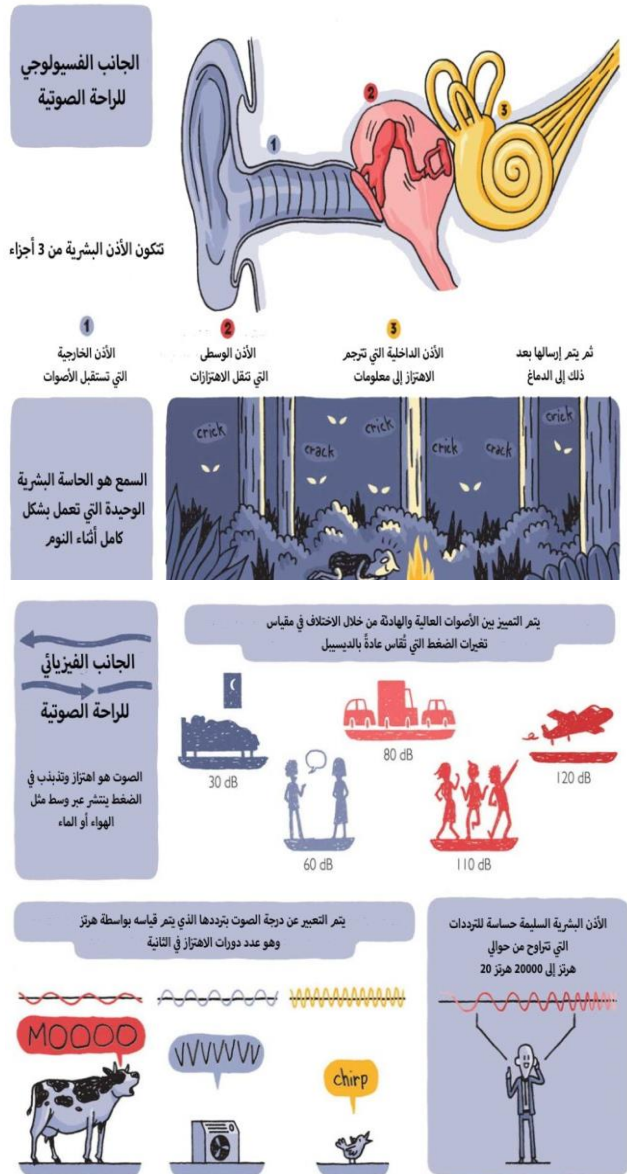
إن مفهوم التنفس من المنظور المعماري يتشابه كثيراً مع مفهوم التنفس في الكائن الحي إلا أنه لا يمثل المفهوم الشامل لمبدأ التنفس في العمارة. حيث إن عملية التنفس في الكائن الحي تمثل حركة الهواء من البيئة الخارجية إلى الأجهزة التنفسية للجسم لتزويده بالأكسجين وطرد ثاني أكسيد الكربون وبقيّة الغازات غير المرغوب فيها. فكذلك التهوية في المبنى هي حركة الهواء من المحيط الخارجي للمبنى إلى الفراغات الداخلية؛ بغرض تهويتها وتحقيق الراحة الحرارية بهدف الوصول لبيئة داخلية صحية. إلا أن العامل الذي يتم تجاهله عند وصف الغلاف المتنفس هو عامل الرطوبة النسبية وانتقالها من وإلى الفراغات والتي تؤثر بشكل مباشر على الراحة الحرارية للمستخدمين. لذا فإن تشبيه عملية التنفس في المباني بالبروتين في الكائنات الحية مع تجاهل عامل الرطوبة هو مفهوم غير صحيح (greenbuilt.org، ٢٠٢١). وعادة ما تكون حركة الهواء غير المنضبط عبر أغلفة المبنى أمراً غير مستحباً خاصة في فصل الشتاء، حيث يمكن أن يحمل الهواء المنقول كميات كبيرة من بخار الماء الذي يمكن أن يتراكم على الأسطح الباردة داخل الجدران مما يزيد بشكل كبير من معدل الرطوبة النسبية داخل الفراغات ويزيد من احتمالية تكون العفن على أسطح تلك الفراغات وبالتالي يؤثر على معدل الراحة الحرارية وجودة البيئة الداخلية للفراغات أنظر شكل ٤. لهذا السبب يعد تسرب الهواء المحمل

٣/٣ الراحة البصرية:

تتأثر الراحة البصرية إلى حد كبير بكمية الضوء في الغرفة وجودة ألوانها والتوهج. وتعتبر جودة وكمية الإضاءة في المباني ذات أهمية كبيرة لأن ظروف الإضاءة غير الكافية أو السيئة قد تساهم في المشاكل الصحية والنفسية لدى الأفراد. ويتم تحديدها من خلال درجة الإضاءة والانعكاسات، والرؤية، ومؤشر اللون والترددات. (Bluyssen، ٢٠٠٩)

٣/٤ الراحة الصوتية:

تتحقق الراحة السمعية عندما تكون مستويات الصوت منخفضة بدرجة كافية حتى يتمكن المستخدمين من التركيز والتواصل بشكل صحيح مع الآخرين دون اضطرابات سمعية أخرى. ويتم تحديد الراحة السمعية من خلال مستويات الصوت، والترددات، والمدة الزمنية، وخصائص الامتصاص من حيث الجانب الفسيولوجي، والقدرة البشرية للأذن السليمة وحساسية الترددات من ١ حتى ٢٠٠٠٠ هرتز. (Bluyssen، ٢٠٠٩)، كما في الشكل ٥.

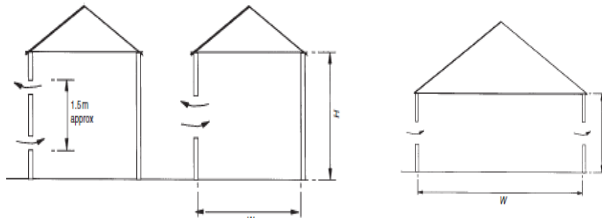


شكل (٥) يوضح الجانب الفسيولوجي للراحة الصوتية ومدى قدرة الأذن البشرية السليمة

وحيث ان تقليل تركيزات ملوثات الهواء من خلال السماح بتدفق الهواء عن طريق الغلاف بأكمله بتأثير الاختلاف الطبيعي في ضغط الهواء والحرارة بين الداخل والخارج للوصول إلى الراحة الحرارية المطلوبة، مع المساهمة في تقليل واستبعاد ملوثات الهواء لتحقيق جودة الهواء الداخلي. ويمكن التحكم في انتقال الهواء داخل المبنى بشكل عام عن طريق استراتيجيات التهوية الأتية:

- التهوية الطبيعية:

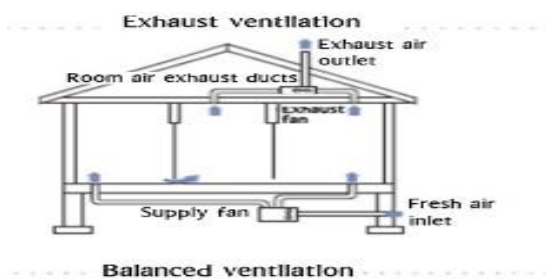
تتم عن طريق القوى الطبيعية كالرياح من خلال فتحات المبنى التي تتمثل في النوافذ والابواب والمداخل وابراج الرياح شكل ٦. وتعتمد على عدة عوامل مثل طبيعة المناخ وتصميم المبنى من حيث التوجيه والشكل وتصميم الفتحات والغلاف وغيرها.



شكل ٦: يوضح أنظمة التهوية الطبيعية (Awbi, 2002)

- التهوية الميكانيكية:

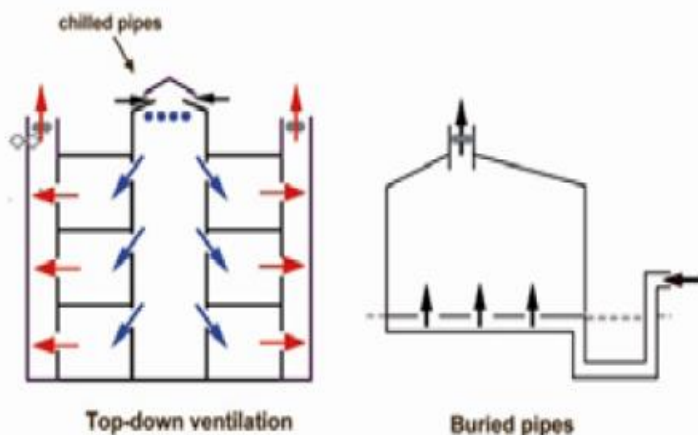
ويتم استخدامه عندما تكون القوى الطبيعية غير قادرة على تحقيق معدل التهوية المطلوب أو وجود مشكلات تلوث الهواء الخارجي للمبنى، وتتنوع نظمها للتحكم في تدفق الهواء بدءاً من استخدام المراوح وصولاً إلى أجهزة تكييف الهواء شكل ٧، ويتم اختيار النظام المناسب حسب احتياجات التهوية المناسبة والتكلفة، وظروف المناخ (Chartier, Pessoa-Silva, 2009).



شكل ٧: يوضح أنظمة التهوية الميكانيكية (Chartier, Pessoa-Silva, 2009).

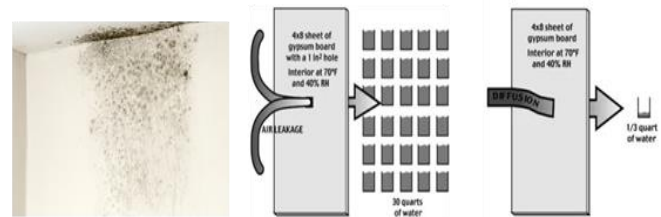
- التهوية الهجينة:

تعتمد التهوية الهجينة على قوى دافعة طبيعية لتوفير معدل التهوية المطلوب، كما تستخدم التهوية الميكانيكية عندما لا تكون التهوية الطبيعية وحدها مناسبة شكل ٨؛ وذلك لتوفير استهلاك الطاقة الناتج عن الاستخدام المفرط للأنظمة الميكانيكية. (Soeta, Shimokura, 2017).



شكل ٨: يوضح بعض أنظمة التهوية الهجينة (Chartier, Pessoa-Silva, 2009).

بكميات كبيرة من بخار الماء داخل المبنى من أكبر المسببات للمشاكل الناتجة عن الرطوبة بعد المياه السائبة الناتجة عن التسريبات التي تحدث بسبب أنظمة الصرف والأمطار (greenbuilt.org ٢٠٢١).



شكل ٤: يوضح بخار الماء المتراكم والأضرار الناتجة عنه (Elghawaby, 2012)

٥- الأغلفة المتنفسة (BE) (Breathing Envelopes):

١/٥ مفهوم الأغلفة المتنفسة:

مع انتشار مجال بيولوجيا البناء الذي صيغ في ألمانيا في عام ١٩٦٩م استخدم مفهوم "جدران التنفس" للدلالة على الجدران القادرة على نشر بخار الماء لضمان جودة الهواء الداخلي باستخدام مواد طبيعية أو صناعية أو كليهما، حيث تسمح بمرور الرطوبة لمنع تراكم المياه الضارة داخل نسيج غلاف المبنى أو محيطه، كما أن المعماري حسن فتحي استخدم المصطلح نفسه لوصف عملية تدفق الهواء عبر الجدران المصنوعة من مواد طبيعية، بالإضافة إلى قدرتها على امتصاص الرطوبة من الهواء، وبالتالي تقليل درجة حرارة الهواء عن طريق التبريد التبخيري (Elghawaby, 2012)، أن الأغلفة المتنفسة هي أيضاً أغلفة ذكية قادرة على التكيف مع مختلف الظروف المناخية، وتستخدم مصادر الطاقة الطبيعية والمتجددة، مثل التحكم في تدفقات الهواء وبخار الماء عبر السطح بأكمله وتبريد المساحات الداخلية، لتوفير متطلبات شأغلي المباني من التدفئة والتبريد وجودة الهواء والبيئة الداخلية، ومن خلال وسائل واستراتيجيات مختلفة تقلل من معدل استهلاك الطاقة، مثل التهوية الطبيعية والتبريد التبخيري وإنشاء مناطق عازلة. لذلك يوصى أن يتم تصميم غلاف المبنى وواجهته كغلاف حي يستجيب للظروف البيئية وله القدرة على تغيير خصائصه لتلبية احتياجات المبنى، بهدف تعزيز السلوك الحراري للأغلفة مع خلق أجواء حرارية ديناميكية داخل المساحات المعمارية لتوفير بيئة مريحة لشاغلي المبنى (Masri, 2016).

٢/٥ خصائص الأغلفة المتنفسة:

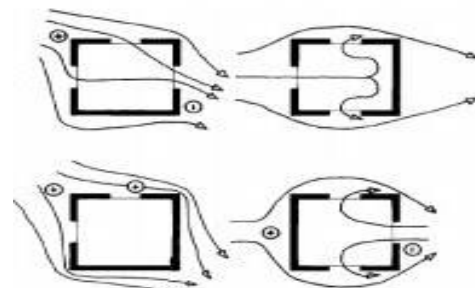
تنقسم خصائص الأغلفة المتنفسة إلى خصائص خاصة بالتحكم في نقل الهواء "التهوية"، وأخرى خاصة بالتحكم في نقل المياه "الرطوبة"، وذلك لما لهم من تأثير كبير على الأداء الحراري وجودة البيئة الداخلية للمبنى.

١/٢/٥ التحكم في انتقال الهواء "التهوية":

تتطابق عملية تبادل الهواء بين جسم الإنسان والبيئة المحيطة بشكل كبير مع عملية انتقال الهواء بين المبنى والبيئة المحيطة شكل رقم ٥. ، فترجع حركة الهواء داخل الرئتين وخارجها إلى الاختلاف في الضغط عند حدوث عملية الشهيق والزفير التي يقوم بها معظم الكائنات الحية. أيضاً ينتقل الهواء بالمباني من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض.

فالمقصود بعملية انتقال الهواء بالمبنى هو تبادله من المحيط الخارجي إلى داخل المبنى، والحفاظ على نسب الأكسجين المناسبة في الفراغات الداخلية

(Stavridou, 2015).



شكل ٥: يوضح عملية تبادل وحركة الهواء في المباني والبيئة المحيطة (Awbi, 2002).

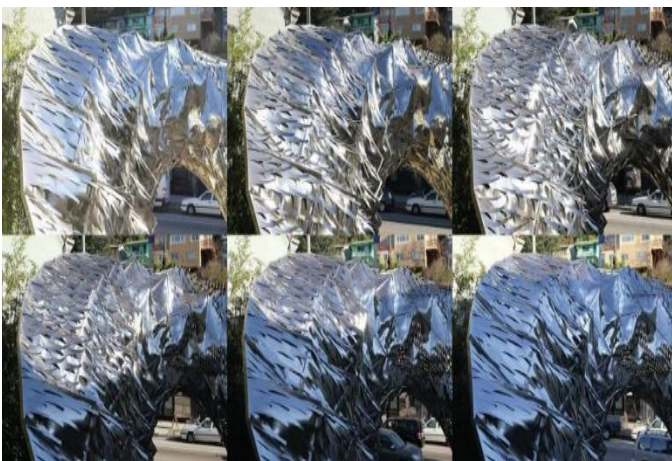
والتي تتحرك وفقاً للتغيرات في درجة الحرارة. حيث تتفاعل الألواح الحرارية ثنائية المعدن دون أي استخدام للطاقة عن طريق خصائصها المتأصلة وعوامل البيئة المحيطة. لتفتح وتغلق بشكل فعال استجابة للضوء والحرارة من تلقاء نفسها (Sung, 2008)



شكل ١٠: يوضح تصميم غلاف Bloom المتنفس (materialdistrict.com)

وطبقاً لأنظمة التهوية الطبيعية الذكية يتم فتح فتحات الغلاف عند تسخن أشعة الشمس للغلاف المعدني، ليتمدد ويتسبب في تقوس الألواح، لتسمح الفجوات بين الألواح بالتوسع والانحناء بسرعات مختلفة وفي أوقات مختلفة من اليوم. حيث يتفاعل كل لوحة مع التأثير المادي ويتغير شكل الغلاف ببطء عند فتحه، ليتسرب الهواء عبر الثقوب شكل ١١، وعندما يبرد المبنى، أثناء المساء والليل، ينعلق الغلاف مجدداً. وفي حالة الرغبة في خروج الهواء الساخن من الأسفل سوف ينفث السطح ويصعد الهواء الساخن ويتحرك من خلال الغلاف بنفس الطريقة تلقائياً دون أي مصدر للطاقة.

كما يعد الغلاف المسامي من أهم التطبيقات على الأغلفة المتنفسة، حيث انه غلاف منفذ للهواء، يعتمد على مواد مسامية، يخترقها تدفق هواء طبيعي - نتيجة لفرق الضغط - و يكون قادر على التحكم في تدفق الهواء عبر السطح بأكمله (Bluyssen, 2009)، و يعمل كمبادل حراري وعازل نشط شكل ١٢، مما يقلل من تسرب الحرارة الداخلية من داخل الفراغات للخارج في فصل الشتاء (Angelotti, Mazzarella, 2017)، كما يعمل على تبريد المساحات الداخلية من خلال استراتيجيات تبريد طبيعية مختلفة في فصل الصيف، ويساعد أيضاً على ضبط معدل الرطوبة في المناطق الجافة من خلال انتشار بخار الماء عبر الغلاف لتحسين جودة الهواء. (Tiderenczl, 2000).



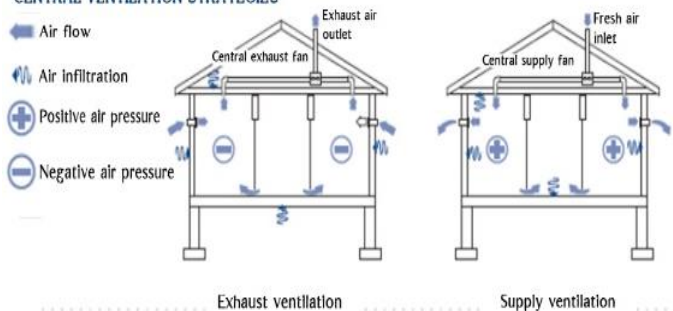
شكل ١١: يوضح الانحناءات لأجزاء الغلاف أثناء سقوط أشعة الشمس عليه

- التكيف :

هو مصدر الإلهام الرئيسي لفكرة الأغلفة المتنفسة والتي تمكنها من تجديد الهواء داخل الفراغات بهواء غني بالأكسجين، بطريقة مشابهة لكيفية عمل الأجهزة التنفسية لبعض الكائنات الحية، ومن ناحية أخرى الوصول إلى نسبة الرطوبة المناسبة في هواء الغرفة، وذلك من خلال تبادل الهواء المتحكم فيه، من خلال دمج أنظمة تهوية مبتكرة ذكية للغلاف للتمكن من الاستفادة من القوى الطبيعية لمحاولة الاعتماد بشكل أكبر على التهوية الطبيعية وتقليل استهلاك النظم الميكانيكية في التهوية. وتتبع نظم التهوية الذكية إحدى الاستراتيجيات التالية (greenbuilt.org 2021):

- **التهوية الطبيعية الذكية:** تشمل أنظمة نقل الهواء من خلال الغلاف عن طريق تزويده بنظم حركية ذكية تعمل على ادخال الهواء الخارجي للفراغات الداخلية واستجابة للتغيرات المناخية والمتطلبات البيئية الداخلية شكل ٩.
- **التهوية الهجينة الذكية:** تعتمد فيها على أنظمة هجينة مع استخدام أنظمة تحكم ذكية لتفعيل التهوية الطبيعية من خلال غلاف المبنى في

CENTRAL VENTILATION STRATEGIES



الظروف المناخية المناسبة، مع تفعيل التهوية الميكانيكية عند الحاجة فقط في الظروف المناخية القاسية لتحقيق أقصى قدر من التهوية الطبيعية والتقليل من استهلاك الطاقة.

شكل ٩: يوضح أنظمة التهوية الطبيعية الذكية عبر غلاف المبنى (archdiwanya.com2020)

٢/٢/٥ التحكم في انتقال المياه "الرطوبة":

ويقصد بالرطوبة ما ينتج عن الماء كغاز "بخار الماء". حيث لا يتعلق الأمر فقط بقدرة الغلاف على السماح لبخار الماء بالمرور خلاله، ولكن أيضاً حول قدرة الغلاف على امتصاص وإطلاق الماء كجهاز "Hygroscopicity" وقدرة الغلاف على امتصاص وإطلاق الماء كسائل "Capillary". حيث يؤثر الماء على صحة نسيج غلاف المبنى، وعلى الأداء الحراري وصحة البيئة الداخلية للمبنى وشاغليه، لذلك إن إستراتيجية التعامل مع الماء في الهواء وفي نسيج غلاف المبنى أمر أساسي لنجاح أداء المبنى (Stavridou, 2015)، ومن المهم إزالة غالبية الرطوبة الداخلية عن طريق التهوية الجيدة والتخلص من غالبية الرطوبة الخارجية من خلال سطح حماية فعال للطقس ونظام صرف جيد. لكن بالرغم من أهمية التهوية إلا انها ليست بديلاً عن الآليات الرئيسية لإزالة الرطوبة والحماية منها داخل نسيج الغلاف، لذا فإن وجود إستراتيجية للتعامل مع هذا أمر مهم للتصميم الجيد. فهي الطريقة الأكثر فعالية للحفاظ على مستويات الرطوبة المستقرة وغير الضارة داخل نسيج المبنى، (thermafleece.com).

٦- تطبيقات على أغلفة المباني المتنفسة:

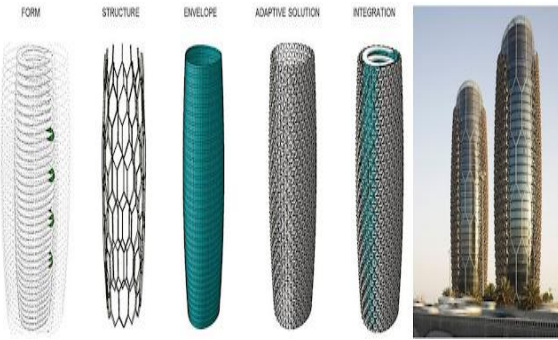
يعد غلاف (Bloom) شكل ١٠ الذي اقترحه المعمارية "Drois Kim Sung" غلاف متنفس قادر على التحكم في انتقال الهواء عن طريق غلاف ذكي مكون من مجموعة من الألواح من المعادن الحرارية ثنائية المعدن المتصلة ببعضها ببعض،

* دوريس كيم سونغ هي مهندسة معمارية أمريكية كورية. تشغل سونغ منصب مدير برامج البكالوريوس في احد كلية الهندسة الأمريكية في الهندسة المعمارية.

مستدام معاصر ذو واجهة تفاعلية متجاوبة تستجيب للبيئة الخارجية. وتبلغ مساحة المشروع (٥٦٠٠٠ متر^٢) للاستخدام المكتبي، ويتكون من ٢٧ طابقاً بارتفاع ١٤٧ متر فهو عبارة عن برجين متمتالي الشكل دائريين بارتفاع ١٥٠ متراً (مصطفى، أسامة، قاسم، محمد، عطوة، سعد، ٢٠١٦). ويتكون غلاف كلا من البرجين من طبقتين داخليه وخارجية ليتكاملا في تحقيق دورا تشكيليًا وبيئيًا محددًا كالآتي:

- **تشكيليًا:** تتشكل الطبقة الخارجية للغلاف والتي تبعد عن الغلاف الداخلي بمسافة ٢ متر من شكل وفكرة المشريه وهي وحدات سداسية الشكل مقسمة الي وحدات مثله الشكل قابله للطّي وهي بنظام تظليل ديناميكي، فالمشريه تقدم حلولاً وظيفية وجماهيرية معاصرة تستند أصولها من الفكر الإسلامي وتتسق مع مفاهيم الحداثة والتكنولوجيا المعاصرة.

- **بيئيًا:** بحيث تتركب الطبقة الداخلية من هيكل زجاجي ظاهر نسبياً يمثل الغلاف الداخلي للمبنى، والتي تتكامل بدورها مع الطبقة الخارجية ذات نظام التظليل الديناميكي مستجيبة لظروف الطاقة الشمسية والضوء المثلى والمستوحى من فكرة المشريه شكل ١٤،



شكل ١٤: يوضح طبقات الغلاف بأبراج البحر واستجابة نظام التظليل بالغلاف استجابة للمناخ الخارجي (Karanouh, Kerber 2015)

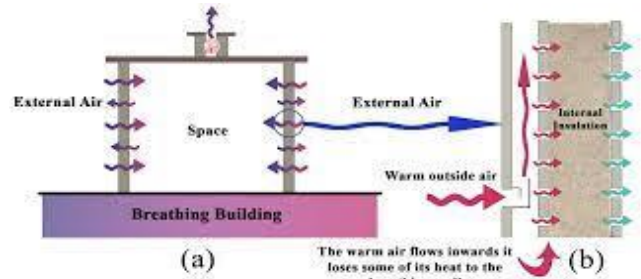
ونظام التظليل هذا عبارة عن شاشة تتكون من شكل سداسي مقسم إلى وحدات مثلية الشكل قابلة للطّي شكل ١٥. تعمل كأجهزة تظليل فردية تتحرك بزوايا مختلفة استجابة لحركة الشمس من أجل التقليل من الإشعاع الشمسي المباشر

(Attia, 2018) ويتم التحكم فيه بواسطة الكمبيوتر من خلال برنامج لتتبع حركة أشعة الشمس التي تتحكم في تسلسل الفتح والإغلاق وفقاً لزاوية الشمس. حيث يتم ربط البرنامج بأجهزة الاستشعار التي تقدم ردود فعل مباشرة إلى المحرك مثل شدة الرياح وزوايا الإشعاع الشمسي ومستويات المطر، لتعمل على توجيه حركة الوحدات.



شكل ١٥: يوضح الوحدات المتحركة المكونة لنظام الغلاف ودورها في التكيف (Karanouh, Kerber 2015)

فقط المظلات مطوية في الليل لتسمح بمجال رؤية مفتوح من خلال الواجهة الزجاجية، وتفتح عند شروق الشمس مع تتبعها لتلك الأشعة، فكلما تحركت الشمس لتسقط أشعتها على بعض المناطق من المبنى تتبعها تلك المظلات حيث تفتح وفقاً لحركة أشعة الشمس (الرشدي ٢٠٢٠) شكل ١٦، لتساعد تلك المشريه الديناميكية في خفض نسبة أشعة الشمس التي تدخل المبنى إلى النصف، كما أنها تسمح بتدفق الهواء للداخل لتتهوية فراغات المبنى حيث تعمل حركة هذه الوحدات عمل الرئة في الشهيقي والوزير فعند فتح النوافذ بالغلاف الداخلي للمبنى يتدفق الهواء بشكا انسيابي داخل الفراغات ليزودها بالهواء النقي من الخارج ويطرد الهواء الملوث الذي يتصاعد إلى الأعلى لينتج مبنى متنفس يوفر الصحة لمستخدميه، وبذلك يتم



شكل ١٢: يوضح تدفق الهواء والحرارة عبر الغلاف المسامي (Imbabi, Peacock, 2003)

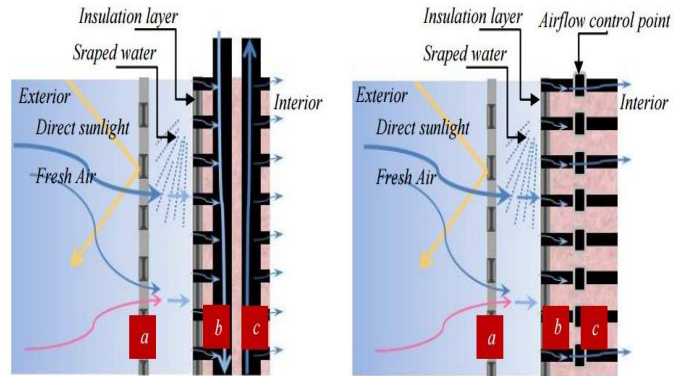
كما، يوضح الشكل ١٣ نموذج لغلاف متنفس مسامي، والذي يتكون من ثلاث طبقات وهي:

- **الطبقة الخارجية:** وهي الطبقة المقاومة للعوامل الجوية حيث انها قادرة على منع أو تقليل ضوء الشمس المباشر، ويمكن أن تكون طبقة بسيطة مصنوعة من مادة مسامية لها القدرة على امتصاص الرطوبة مثل المنسوجات الطبيعية أو الطين أو الخشب أو القصب، ويمكن أن تكون هذه الطبقة طبقة أكثر تعقيداً وتتكون من فتحات قابلة للفتح قادرة على التحكم في شدة ضوء الشمس وفقاً لأوامر مطلوبة مبرمجة مسبقاً أو وفقاً لرغبة الإشغال.

- **الطبقة الوسطى:** تشبه طبقة "البشرة" في جلد الإنسان، فيمكن أن تكون من مواد بناء مسامية أو تحتوي على مداخل للتحكم في تدفق الهواء ونظام رش الماء وشبكة مجاري الهواء، حيث تهدف هذه الطبقة إلى تحقيق بعض المهام مثل العزل الحراري وتبريد تدفق الهواء عن طريق التبريد التبخيري ثم استقبال تدفق الهواء والتحكم فيه عن طريق شبكة مجاري الهواء.

- **الطبقة الداخلية:** تحتوي الطبقة الداخلية على منافذ تهوية محكمة بإدارة كل من نظام إدارة المباني ورغبة الإشغال مع طبقة تشطيب تسمح بمرور بخار الماء ولا تغلق مسام المادة المكونة للغلاف.

كما يمكن دمج هذه الأغلفة المسامية بشكل فعال مع أنظمة التدفئة والتبريد الصناعية لتقليل الاعتماد الكلي عليها وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة والكهرباء الناتج عنهم.



شكل ١٣: يوضح نموذج لطبقات غلاف مسامي (Bluyssen, ٢٠٠٩).

٧- الأمثلة التحليلية:

في هذه الجزئية من البحث يتم عمل دراسة تحليلية لأربعة حالات دراسية عالمية و محلية والتي قد تم تطبيق أنظمة الأغلفة المتنفس على أغلفتها لتحقيق مبادئ العمارة البيئية المستدامة، لاستنتاج أنظمة غلاف للتحكم في حركة الهواء والرطوبة النسبية المناسبة للفراغات الداخلية والمعالجات المعمارية المختلفة التي تؤثر على الراحة الحرارية وجودة البيئة للفراغات الداخلية مع توفير استهلاك الطاقة.

٨-١ دراسة حالة غلاف مبنى Al Bahar Office Towers:

هي بمثابة المقر الرئيسي لمجلس الاستثمار المحلي بإمارة أبوظبي، حيث تقع على الشاطئ الشمالي لجزيرة أبوظبي. تم تصميمه بواسطة شركة "Aedas Architects" بالتعاون مع "Arup Engineers" عام ٢٠٠٩ م فهو يعتبر مبنى

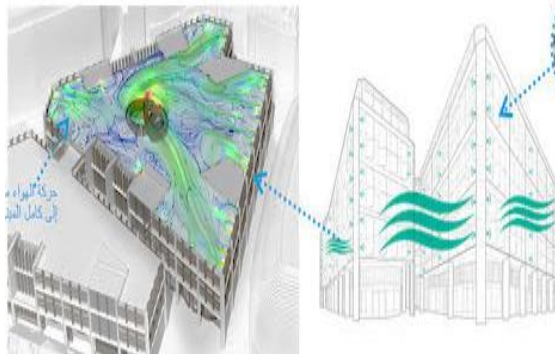
يتكون غلاف المبنى من إطار هيكلي من الحجر الرملي مع مجموعة من الكاسرات المتحركة الشبيهة بالزعانف البرونزية الكبيرة الحجم، والتي تعمل على تقليل الغلاف الداخلي للمبنى المصنوع من الزجاج الممتد من الأرض إلى السقف.

حيث تختلف هذه الزعانف في الحجم والكثافة عبر كل واجهة، ويتم فتح وغلق هذه الزعانف الموجودة بالغلاف استجابة لدرجة الحرارة الخارجية حيث أنها تتحرك وفقاً لزاوية الشمس لتوفير الظل مما يقلل من الحرارة المكتسبة عبر الغلاف، كما أن ذلك الغلاف المتنافس يعتمد على منظومة متكاملة لتوفير التهوية الطبيعية عن طريق فتح وغلق تلك الزعانف عندما تكون الظروف الجوية المحيطة معتدلة، مما يسمح للمبنى بالعمل في وضع تهوية طبيعية "متنفسة" شكل ١٨.



شكل ١٨: يوضح دراسة المبنى بصريا ووظيفيا من خلال الاغلفة Bloomberg archdiwanya.com

ومن خلال عناصر التدفق الذكي للهواء الموجودة داخل الإطار الحجري وأيضاً داخل ألواح السقف المتكاملة، وفي اتجاه الفناء المركزي شكل ١٩. وفي الظروف المناخية غير المناسبة، يتم استخدام مركز توليد الطاقة في الموقع للحفاظ على مستوى الحرارة الداخلية المناسبة مع خفض انبعاثات الكربون وذلك يؤدي إلى تقليل الاعتماد على أجهزة التبريد والتهوية الميكانيكية وتقليل استهلاك الطاقة بشكل كبير (الرشدي، ٢٠٢٠).



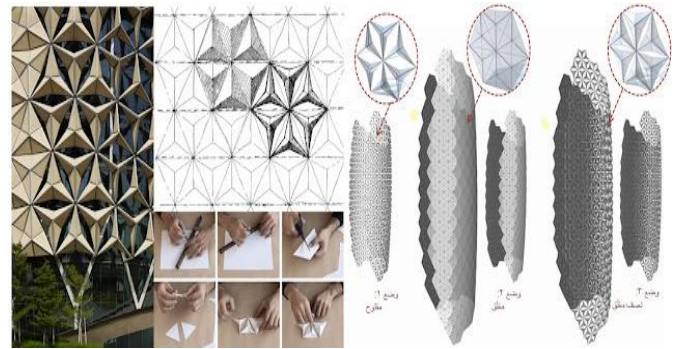
شكل ١٩: دراسة تأثير حركة الرياح على المبنى وجود الاغلفة Bloomberg (archdiwanya.com)

بالإضافة إلى اعتماد غلاف المبنى على العديد من نظم التظليل الأخرى والتي تتمثل في: تظليل الممر بين الكتلتين، وتثبيت وحدات تظليل زجاجية على الأدوار السفلية من غلاف المبنى، بالإضافة إلى البروز بكتلة المبنى ببعض الأدوار العلوية لتظليل الجزء التجاري بالأدوار السفلية من المبنى، شكل ٢٠. يتميز المبنى بتوافقه مع بيئته وتكيفه معها ومع احتياجات المستخدمين وذلك ليس فقط من خلال غلاف المبنى والأنظمة الذكية المتصلة به ليعتمد بشكل أساسي على التهوية والإضاءة الطبيعية. لكن طبق المبنى الكثير من اعتبارات ومبادئ العمارة المستدامة (Shahin, 2019) وأهمها التالي:

- كفاءة استخدام الموارد من خلال استخدام الخلايا الشمسية للاستفادة من الطاقة الناتجة عن أشعة الشمس في توليد المزيد من الكهرباء، بالإضافة إلى الاعتماد على مواد بناء محلية كالحجر الرملي.

- توفير الطاقة حيث أن المبنى يوفر الكهرباء بنسبة ٣٥٪ مقارنة بالمباني المكتبية التقليدية من خلال الغلاف، وبالإضافة إلى أسقف الإضاءة المبكرة متعددة الوظائف التي توفر ٤٠٪ من الطاقة المستخدمة في الإضاءة التقليدية Shahin, (2019)

توفير نسبة كبيرة من الطاقة الكهربائية المستخدمة بالمبنى، بالإضافة إلى ما سبق فإن استخدام المظلات لتوفير الظلال للمبنى ساعد في الاستغناء عن الزجاج الداكن الذي يعوق الاستفادة من ضوء الشمس الخارجي في جميع الأوقات، مما ترتب عليه عدم استخدام الإضاءة الصناعية في النهار وتوفير الكهرباء الناتج عن استهلاكها (Karanouh, Kerber 2015).

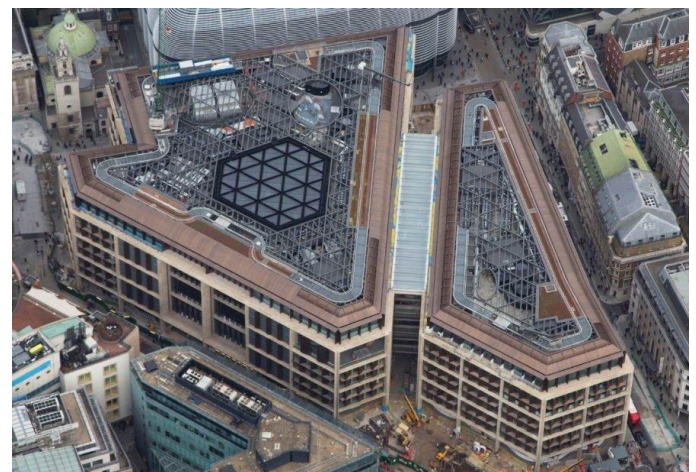


شكل ١٦: يوضح تفاصيل النظام الحركي استجابة لحركة الشمس والهواء (Karanouh, Kerber 2015)

و قد تم تقييم هذا النظام بأنه يقلل من الأحمال الحرارية التي يمكن اكتسابها بأكثر من ٥٠ ٪ وبالتالي تقلل من كفاءة استهلاك الطاقة الناتجة من الطلب على أجهزة تكييف الهواء بنسبة تزيد عن ٢٠ ٪. وايضا انبعاثات الكربون (الرشدي ٢٠٢٠).

٨-٢دراسة حالة غلاف مبنى The Bloomberg Headquarters Building :

هو بمثابة المقر الأوروبي الجديد لشركة بلومبرج، يقع في وسط مدينة لندن بين كاتدرائية سانت بول وبنك إنجلترا، تم تصميمه وبناءه بواسطة Norman Foster عام ٢٠١٧ م. يتكون المبنى من كتلتين متصلتين بجسور شكل ١٧، حيث تبلغ مساحة الكتلة الشمالية نحو (٧٥٠٠٠ متر^٢) أما الكتلة الجنوبية تبلغ مساحتها نحو (٤٠٠٠٠ متر^٢) ، واعتمد تصميم المبنى على مبادئ الاستدامة والعمارة الخضراء ك فلسفة أساسية لكل جانب من جوانبه، وهو انعكاس لتوجه شركة (Bloomberg) التي تعمل بمجال الاستدامة، حيث أعتمد المبنى على معايير واشترطات التقييم لنظام (BREEAM) لتقييم المباني المستدامة والخضراء، فقد حقق مبنى بلومبرج أعلى تقييم من نظام (BREEAM) للمرحلة التصميمية للمباني المكتبية، حيث تميز تصميمه خارجيا وداخليا برعاية المحيط التاريخي المميز لموقعه مما انعكس بصريا على تشكيل غلافه الخارجي وتصميم واجهاته والتي جاءت مواكبة لكل من عنصر الزمن والتقدم التكنولوجي والاستدامة البيئية، لتقييم المباني المستدامة والخضراء. (Shahin, 2019)

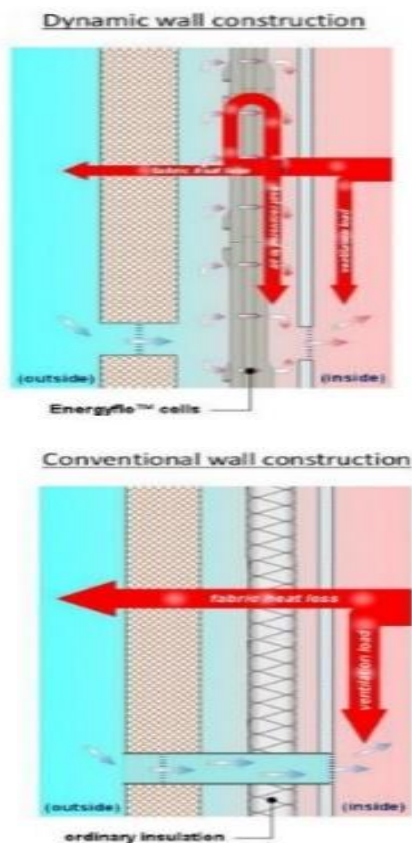


شكل ١٧: يوضح كتلة المبنى والممر بين الكتلتين (archdiwanya.com2021)

تثبت الخلايا في الجزء العلوي من الغلاف أسفل بلاطة السقف وتكون مثبتة بين العوارض الخشبية مع ترك تجويف بينها وبين بلاطة السقف الخارجية للسماح بدخول الهواء شكل ٢٣، ويتم تزويد الهواء من خلال شبكة من القنوات لتوصيل الهواء للتجويف بين طبقات الغلاف للسماح له باختراق خلايا (Energyflo™) مع استخدام وحدة تهوية ميكانيكية لاسترداد الحرارة وذلك لعمل قدرة على سحب الهواء الخارجي إلى التجويف ومن ثم اختراقه لخلايا (Energyflo™) وتسخينه من خلال المبادل الحراري قبل تزويد المبنى به شكل ٢٤، مع طرد الهواء غير المرغوب فيه لخارج المبنى أيضاً بواسطة شبكة من أنابيب الهواء المتصلة بالخارج. (Imbabi, 2006).

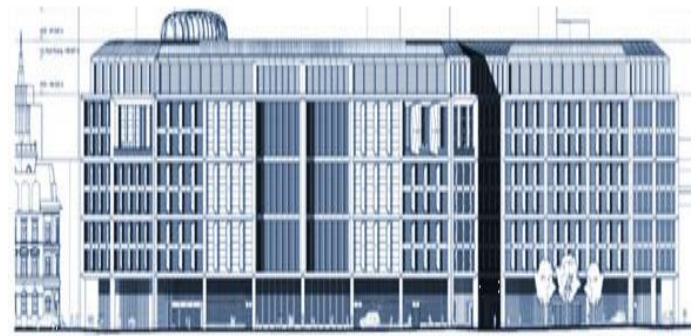


شكل ٢٣: يوضح تثبيت خلايا "Energyflo™" في الجزء العلوي من الغلاف الخارجي [٣٢].



شكل ٢٤: يوضح الفرق بين العزل الديناميكي في خلايا "Energyflo™" والعزل التقليدي ومبدأ عمل كل منهم. (Imbabi, 2006).

يعمل تأثير الغلاف من خلال السماح بتدفئة الهواء الداخل للمبنى مسبقاً عن طريق استخدام الطاقة الحرارية المتسربة من المبنى لتدفئة الهواء الوارد من خلال الغلاف المتنفس، وهذا التأثير يمكنه أن يحقق الراحة الحرارية المطلوبة داخل المبنى، كما تم تقييم أداء تنقية الهواء الداخل للمبنى من قبل الشركات المنفذة ونتج عنه تنقية الهواء بنسبة ٩٠٪ عند المرور عبر خلايا "Energyflo™". أما بالنسبة لمعدلات استهلاك الطاقة فقد نتج انخفاض ملحوظ نتيجة استخدام النظام الديناميكي في طاقة التدفئة بنسبة تتراوح بين ١٣-٢٢٪ مقارنة بالغلاف التقليدي. (Imbabi, 2006).



شكل ٢٥: يوضح الغلاف المتنفس والتشكيل البصري المميز بصريا وكذلك وظيفيا

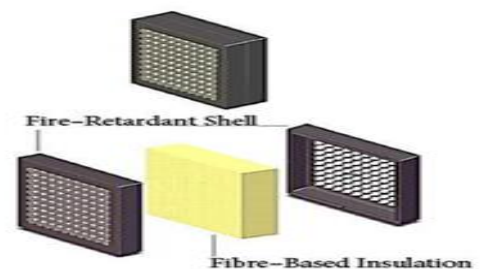
- يعتمد المبنى على نظام لتدوير النفايات، بالإضافة الى ان ٦٠٪ من مادة الخرسانة المستخدمة في البناء من المواد المعاد تدويرها، مما يترتب عليه تقليل التأثير السلبي للمبنى على البيئة المحيطة (Shahin, 2019).
- تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي ٣٠٠ طن متري كل عام.
نظراً لاستخدام أدوات التحكم الذكية التي تتمكن من استشعار نسب ثاني أكسيد الكربون في الهواء، وفقاً للعدد التقريبي للشاغلين

٨-٣ دراسة حالة غلاف مبنى "The Balerno Project"

يقع هذا المبنى في باليرنو (Balerno)، مدينة إدنبرة (City of Edinburgh)، اسكتلندا، وتم تصميمه والانتهاؤه منه عام ٢٠٠٧م من قبل شركة ("CALA Homes (East) Ltd"، وهي إحدى شركات بناء المنازل الرائدة في اسكتلندا، بالاشتراك مع شركة ("the Environmental Building Partnership Ltd (EBP)" وجامعة أبردين. وهو عبارة عن منزل عائلي منفصل مكون من ٤ غرف نوم، فالبالرغم من كون المبنى غير مميز بصريا بطراز فني مختلف لتصميم واجهاته الا انه يتماشى مع الطابع العام للمنازل في البيئة المحيطة به ولكنه يتميز بغلاف متنفس شكل ٢١، ومزود بحوالي ٢٣٠ متراً مربعاً من خلايا تسمى ("Energyflo™") شكل ٢٢، وهي خلايا مسامية مكونة من طبقتين خارجيتين من معدن مقاوم للحريق بهما مسام للسماح بتخلل الهواء وبينهم طبقة عزل من الياق السليلوز تساعد على تمرير الهواء الخارجي من خلالها مع تنقيته من الملوثات والرطوبة الزائدة أثناء دخوله إلى المبنى للحفاظ على جودة الهواء الداخلي مع المحافظة على العزل الحراري للهواء الداخلي (Van Heiselberg, & Perino 2011). حيث إنه يحل محل العزل الحراري في السكن التقليدي في غلاف المبنى لتقليل استهلاك الطاقة في المبنى مع تعزيز جودة الهواء، (Imbabi, Brown, Peacock & Murphy 2008).

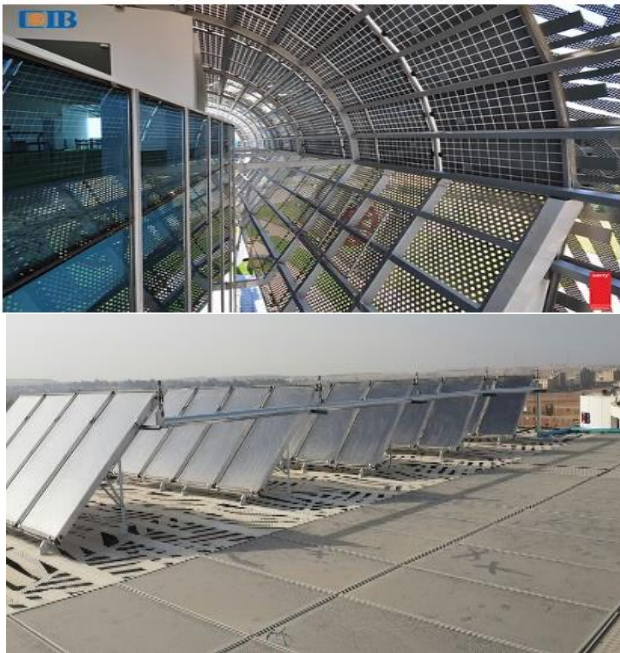


شكل ٢١: مبنى "The Balerno Project"



شكل ٢٢: يوضح تكوين خلايا "Energyflo™" المثبتة بالمبنى

ومن اهم مبادئ الاستدامة التي تم تطبيقها بالمبنى بجانب أنظمة الغلاف هو الاعتماد على الطاقات المتجددة عن طريق استخدام الألواح الشمسية كمصدر رئيسي للطاقة شكل ٢٧، مع إعادة تدوير المياه المستعملة والاستفادة منها في ري المساحات الخضراء وذلك للقضاء على أي تكاليف صيانة مستقبلية Imbabi, (Brown, & Peacock,2008).



شكل ٢٧: يوضح التصميم المبتكر لغلاف مبنى المقر الرئيسي الملازم بصريا ووظيفيا مع الألواح الشمسية

٤-٨ دراسة حالة غلاف مبنى Commercial International Bank:

تم تصميم مبنى (Commercial International Bank) ليكون المقر الرئيسي الجديد للبنك التجاري الدولي، حيث يقع في القرية الذكية بجمهورية مصر العربية. تم تصميم المبنى من قبل المعماري أحمد سري، بغرض توفير بيئة داخلية مناسبة لاحتياجات العاملين بالمبنى من خلال دمج التكنولوجيا مع عناصر البيئة الطبيعية، لخلق مبنى نابع من البيئة المحيطة به متكيف معها ومستجيب لها شكل ٢٥ - ٢٦ (Imbabi, Brown, & Peacock,2008)



شكل ٢٥: تتألف غلاف المبنى وظيفيا وبصريا



شكل ٢٦: دمج التكنولوجيا والطبيعة وتشكيل بصري متناعم مع الوظيفة

٩- تحليل مقارن بين عينات التحليل:
الجدول-١ (المصدر الباحثين).

Commercial International Bank	The Balerno Project	The Bloomberg Headquarters Building	AL Bahar Office Towers	
				
جمهورية مصر العربية – مبنى إداري	باليرنو- مبنى سكني	لندن – إداري	أبو ظبي- مبنى إداري	معلومات عامة
١- بصريا وتشكليا				
عربي معاصر	اوريبي معاصر	نيو كلاسيك	اسلامي معاصر	الطابع العام (الطراز)
✓	×	✓	✓	مميز بصريا
٢- وظيفيا وبيئيا				
نوع الغلاف الفعال				
حوائط ثابت	أسقف ثابت	حوائط حركي	حوائط حركي	مكونات أنظمة
مادة الغلاف الفعال				
أغلفة مسامية تعمل عمل المشريبات لتوفير التهوية والاضاءة الطبيعية المناسبة مع تقليل الكسب الشمسي.	تتكون كل خلية من خلايا "TM Energyflo" من هيكلي مسامي من مادة مقاومة للحريق وبداخله طبقة عزل من الألياف.	الكاسرات المتحركة الشبيهة بالزعانف البرونزية تتحرك استجابة لدرجة الحرارة الخارجية حيث تفتح وتغلق لتوفير الإضاءة والتهوية الطبيعية.	وحدات مثلثة الشكل قابلة للطي تعمل كأجهزة تظليل وتتحرك بزوايا مختلفة استجابة لحركة الشمس من خلال أجهزة استشعار.	التقنية
أنظمة التحكم في الغلاف				
✓	✓	×	×	مباشر
×	×	بواسطة مستشعرات	بواسطة مستشعرات	غير مباشر
مدى تنفسية الغلاف				
تقليل سرعة الرياح وخلق اضطرابات بحركة الهواء لتعزيز استراتيجيات التهوية الطبيعية داخل المبنى.	السماح بتدفئة الهواء الداخل للمبنى مسبقاً عن طريق استخدام الطاقة الحرارية المتسربة من المبنى لتدفئة الهواء الوارد.	الاعتماد على منظومة متكاملة لدعم التهوية الطبيعية من خلال فتح وغلق الزعانف، مما يسمح للمبنى بالعمل في وضع تهوية طبيعية. من خلال عناصر تدفق الهواء الذكي داخل الإطار الحجري وألواح السقف المتكاملة، وفي اتجاه الفناء المركزي	تعمل حركة الوحدات الخارجية عمل الرئة فعند فتحها يتدفق الهواء داخل الفراغات ليزودها بالهواء النقي من الخارج ويطرد الهواء الملوث الذي يتصاعد إلى الأعلى.	التأثير على التهوية داخل الفراغات
مختلط	مختلط	مختلط	مختلط	نوع التهوية
زيادة مساحات التظليل والتقليل من الكسب الشمسي للمساعدة في الوصول للراحة الحرارية المطلوبة داخل فراغات المبنى.	يعمل على تدفئة الهواء الوارد من خلال الغلاف المتنفس. وهذا التأثير جنباً إلى جنب مع "MHVR" والمكاسب الشمسية.	يقلل من الأحمال الحرارية التي يمكن اكتسابها من الأشعاع الشمسي، عن طريق غلاف المبنى وأنظمة التظليل الثانوية الأخرى.	يقلل من الأحمال الحرارية التي يمكن اكتسابها من الأشعاع الشمسي بأكثر من ٥٠ %.	التأثير على درجة الحرارة ومدى تحقيق الراحة الحرارية الداخلية

التأثير على جودة الهواء الداخلي	توفير الهواء النقي نتيجة لتبادل الهواء الطبيعي باستمرار داخل الفراغات (شهيقي- زفير)	- تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي ٣٠٠ طن متري كل عام. نتيجة لاستخدام أدوات التحكم الذكية لاستشعار نسب ثاني أكسيد الكربون في الهواء، وفقاً لعدد الشاغلين التقريبي.	تنقية الهواء بمعدل ٩٠٪	يمكنه تنقية الهواء عن طريق زراعة بعض مساحات الواجهة لتساعد على امتصاص الغازات الضارة.
التأثير على الإضاءة داخل الفراغات	يتم التحكم في نسبة الإضاءة المطلوبة عن طريق أنظمة الغلاف.	يتم التحكم في نسبة الإضاءة المطلوبة عن طريق أنظمة الغلاف.	لا يؤثر	يتم تقليل من المساحات المعرضة لاشعة الشمس مع الاحتفاظ بنسبة الإضاءة المطلوبة.
انتاج الطاقة				
موفر للطاقة	✓	✓	✓	✓
منتج للطاقة	✓	✓	×	×
الاعتبارات البيئية الأخرى				
الاعتبارات البيئية الأخرى	- الحدائق السماوية بالجزء الجنوبي يعمل على مواصلة تخفيض الإكتساب الحراري الشمسي. - استخدام الخلايا الشمسية لانتاج الطاقة	- استخدام الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء. - الاعتماد على مواد بناء محلية. - استخدام وحدات اضاءة توفر الطاقة. - الاعتماد على نظام لتدوير النفايات. - استخدام المواد المعاد تدويرها.	- استخدام نظام "MHVR" الموفر للطاقة.	- استخدام الطاقات المتجددة. - استخدام المياه المستعملة في الري.

من الجدول السابق يمكن استخلاص التالي :

- يمكن تقسيم أنظمة أغلفة المباني المتنفسة إلى أنظمة متكيفة متحركة كما في (أبراج البحر، The Bloomberg Headquarters Building)

وأنظمة متكيفة ثابتة كما في The Balerno Project (Commercial International Bank) ،

- تطبيق أنظمة أغلفة المباني المتنفسة على أحد مكونات الغلاف من حوائط أو أسقف، كما يمكن تطبيقها على جميع تلك المكونات للاستفادة من مميزاتها لتحقيق بيئة داخلية مريحة مع تقليل استهلاك الطاقة وذلك طبقاً للمناخ المحيط دون الاخلال بالجانب الفني التشكيلي لواجهات المباني

- تطبيق أغلفة المباني المتنفسة في مختلف المناخات سواء كان حار جاف أو رطب أو بارد.

- المباني ذات أغلفة متنفسة والمميزة تشكيليًا وبصريًا هي مباني مستدامة حيث أن الأغلفة تساعد في تحقيق أهم مبادئ الاستدامة من جودة البيئة الداخلية وتقليل استهلاك الطاقة.

- أغلب الأغلفة المتنفسة موفرة للطاقة كما ان الكثير منها يمكنه ان ينتج الطاقة.

- الأغلفة المتنفسة يمكنها توفير الإضاءة الطبيعية المناسبة للفراغات الداخلية مع التقليل من الكسب الشمسي والحفاظ على درجة الحرارة الداخلية.

١٠ النتائج والتوصيات

١٠-١ النتائج:

- يلعب الغلاف المتنفس دوراً هاماً في انعكاس صورة بصريه مميزة للمبني تتكامل مع تحسين الأداء البيئي للمبني وتكيفه مع المتغيرات البيئية الخارجية لذلك لا بد من تصميمه بالكيفية التي تحقق المطلب الرئيسي منه متكاملًا مع باقي عناصر المبني لتحقيق أداء أفضل.

- ان دمج أنظمة عمل الغلاف المتنفس مع أنظمة التدفئة والتبريد تعمل على تقليل اعتماد المبني الكلي عليها وبالتالي توفير الطاقة والكهرباء، حيث أن زيادة معدل التهوية مع ارتفاع درجة حرارة الهواء تتسبب في اكساب الفراغات درجات حرارة عالية.

- فعالية استخدام أنظمة الأغلفة المتنفسة في المناخات المختلفة نظراً لتفاعلها مع الظروف المناخية المختلفة.

- تنوع أنظمة عمل الأغلفة المتنفسة باختلاف نوع الغلاف وذلك اما من خلال تزويد الغلاف بأنظمة متفاعلة ذكية كما هو الحال في الأغلفة المتحركة الذكية أو عن طريق استخدام خصائص المواد كما في الأغلفة الثابتة.

[٢١] Available on line at (9/2022)

<https://www.thermaffleece.com/news/the-concept-of-breathability-br-in-buildings>

[٢٢] Sung, D. K. (2008). Skin deep: Breathing life into the layer between man and nature. AIA Report on University Research.

[٢٣] <https://materialdistrict.com/article/breathing-buildings/>

[٢٤] Alongi, A., Angelotti, A., & Mazzarella, L. (2017). Analytical modelling of Breathing Walls: experimental verification by means of the Dual Air Vented Thermal Box lab facility. Energy Procedia.

[٢٥] Gábor Tiderenczl, K.M. (2000). Breathing Walls: A Challenge for New Sustainable Building Techniques in Hungary. Building Industry Trends.

[٢٦] Imbabi, M. S., & Peacock, A. (2003, September). Smart breathing walls for integrated ventilation, heat exchange, energy efficiency and air filtration. In Invited paper, joint ASHRAE/CIBSE conference, Edinburgh.

[٢٧] أحمد مصطفى، م. أ.، م. أسامة، قاسم، مجدى محمد، عطوة، محمد سعد. (٢٠١٦). تقييم تجربة العمارة المستدامة في مصر Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, 11(39), 716-727

[٢٨] Attia, S. (2018). Evaluation of adaptive facades: The case study of Al Bahr Towers in the UAE. QScience Connect, 2017(2, Special Issue on Shaping Qatar's Sustainable Built Environment-Part I).

[٢٩] Karanouh, A., & Kerber, E. (2015). Innovations in dynamic architecture. Journal of Facade Design and Engineering, 3(2), 185-221. [٣٠] مروة محمد حسن الرشيدى (٢٠٢٠). الغلاف الخارجي كدأة لتحقيق العمارة المستدامة، رسالة دكتوراة بقسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة الأزهر.

[٣١] Shahn, H. S. M. (2019). Adaptive building envelopes of multistory buildings as an example of high-performance building skins. Alexandria Engineering Journal, 58(1), 345-352.

[٣٢] Available on line at (10/2021):

<https://www.architecture.com/awards-and-competitions-landing-page/awards/riba-regional-awards/riba-london-award-winners/2018/bloomberg-london>

[٣٣] Van der Aa, A., Heiselberg, P., & Perino, M. (2011). Designing with Responsive Building Elements. Aalborg University: Aalborg, Denmark.

[٣٤] Imbabi, M. S., Brown, A. R., Peacock, A., & Murphy, J. (2008). The transforming technology of dynamic breathing building. In Ecocity World Summit .

[٣٥] Imbabi, M. S. E. (2006). Modular breathing panels for energy efficient, healthy building construction. Renewable Energy.

[٣٦] Imbabi, M. S. E., Brown, A. R., & Peacock, A. (2008). Dynamic breathing buildings to combat global warming.

Author Contributions:

, all authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Conceptualization, Methodology, validation, Investigation,	د/ ريفية محي الدين محمد أحمد العطار ^١
Supervision, review and editing	أ.د/إسماعيل أحمد عامر ^٢
writing—original draft preparation, writing	م/ آلاء أمن أبوضيف ^٣
formal analysis, software, visualization, resources	د/ منال محمود أحمد مرسى ^٤

Funding: This research received no external funding; authors will share to pay fees.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: All relevant data are included within the manuscript.

١٠-٢ التوصيات:

- ضرورة توعية المماريين بأهمية الدور البيئي الوظيفي للأغلفة المتكيفة الي جانب دورها التشكيلي للاستفادة من الظروف البيئية الخارجية، ومواجهة المشاكل البيئية العالمية كالتغيرات المناخية وتلوث البيئة المحيطة .
- العمل على تطوير مواد البناء المحلية والاستفادة منها في تطبيق أغلفة ذات أداء بيئي فعال خاصة في الدول الفقيرة والنامية مثل المواد المسامية و الصديقة للبيئة.
- ضرورة توعية المماريين بأهمية دراسة وتطبيق استراتيجيات عمل الأغلفة المتكيفة وبشكل عام للوصول الى متطلبات الراحة المناسبة لتقليل الاعتماد على الوسائل الميكانيكية.
- العمل على تطوير أغلفة المباني التقليدية القائمة والتي تساهم بشكل كبير في تفاقم المشاكل البيئية الحالية، وذلك لتحسين أداء المبنى البيئي وزيادة العمر الافتراضي له.
- مراعاة اختيار المواد الطبيعية والصناعية والذكية كجزء رئيسي ومهم لكفاءة عمل الأغلفة المتكيفة.

المراجع المستخدمة في البحث:

- [١] منال محمود احمد مرسى " تأثير الثقافات المتعاقبة على تشكيل العمارة المصرية المعاصرة " رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة المنيا، ٢٠٠٨.
- [٢] منال محمود احمد مرسى " تقييم التشكيلي البصري للمباني السكنية بالمدن المصرية " رسالة دكتوراة، كلية الهندسة، جامعة المنيا، ٢٠١٨.
- [٣] Ching, Francis D.K "Architecture, Form Space & Order", Van Nostrand Reinhold Company, 1997.
- [٤] Meiss, V. P. , " Elements Of Architecture " (From Form to Place) . ١٩٩٠ .
- [٥] نهى الفقي. حلول تصميمية لتوظيف المستوى الرأسى في الفراغات الداخلية بالمسكن، الجمعية العلمية للمصممين – مجلة التصميم الدولية، بالقاهرة. ٢٠١٦.
- [٦] إسماعيل محي الدين، محمد سعد عطوة، منى محمود الحجر (٢٠١٨). أثر استخدام مواد وتقنيات النانو في الغلاف الخارجي على جودة البيئة الداخلية في المباني، المجلة الدولية للعمارة والهندسة والتكنولوجيا.
- [٧] Wang, J., Beltrán, L. O., & Kim, J. (2012, October). From static to kinetic: A review of acclimated kinetic building envelopes. In Proceedings of the solar conference.
- [٨] Knaack, U., et al. (2007). Façades: Principles of Construction. Basel, Springer.
- [٩] Bluyssen, P. (2009). The indoor environment handbook: How to make buildings healthy and comfortable, London, Earthscan.
- [١٠] منى رزق جاد السيد. (٢٠١٥). مفهوم المباني المتكيفة لمواجهة التغير المناخي. " كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم في الهندسة المعمارية، جامعة القاهرة. كلية الهندسة.
- [١١] Available on line at (2021): <https://www.greenbuilt.org/should-we-eliminate-the-term-breathable-from-our-discussion-of-walls-and-buildings/>
- [١٢] Elghawaby, M. (2012, September). Breathing façades: a new concept to create dynamic thermal ambiances in buildings located in hot climates. In Ambiances in action/Ambiances en acte (s)-International Congress on Ambiances, Montreal. International Ambiances Network.
- [١٣] Masri, Y. F. (2016). Intelligent Building Envelopes: A Design Approach for Integrating Automation in Sustainable Façades (Doctoral dissertation, University of Southern California).
- [١٤] Awbi, H.B.(2002) Ventilation of buildings. Routledge.
- [١٥] A. D. J. F. o. A. R. Stavridou,(2015). "Breathing architecture: Conceptual architectural design based on the investigation into the natural ventilation of buildings," vol. 4, no. 2.
- [١٦] Y. Chartier and C. Pessoa-Silva,(2009). "Natural ventilation for infection control in health-care settings,".
- [١٧] Available on line at: <https://www.hvi.org/resources/publications/mechanical-ventilation-types/>
- [١٨] Y. Soeta and R. J. A. A. Shimokura, (2017). "Sound quality evaluation of air-conditioner noise based on factors of the autocorrelation function," vol. 124.
- [١٩] Chartier, Y. and C. Pessoa-Silva, (2009). Natural ventilation for infection control in health-care settings.
- [٢٠] Available on line at2021: <https://www.archdiwanya.com/2022/04/Kinetic-Facade.html>