JAUES

Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol.15, No. 56, July, 2020, 933-952

ARCHITECTURAL SOLUTIONS TO FACE CLIMATE CHANGE AND ACHIEVE THERMAL COMFORT IN THE INTERIOR AND EXTERIOR SPACES OF BUILDINGS

Safia Saad Hassan Mohammed*[1], Khaled M. Khorshid[2], and Mohamed M. Abdel Hamid[2]

[1]Architecture Department, Faculty of Engineering for Girls, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.

[2] Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.

*Corresponding Author E-mail: safiasaad@azhar.edu.eg

ABSTRACT

Studies and statistics emphasize that the temperatures and climate change of the atmosphere have recorded a change between high temperature and humidity over the past 100 years. It is expected by the end of the current century, that the global temperature will rise significantly, if the rates of change and greenhouse gas emissions in the atmosphere multiply, especially carbon dioxide; as stated in the report of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Undoubtedly, the climate change shall have a negative and clear impact on the internal and external environment in terms of high temperature due to global warming and the increase in the percentage of humidity and acid rain which affect the health and psychology of inhabitants of the environment, as well as the components of the external environment such as plants, birds and living beings.

Therefore, the research aims to determine the aforementioned impacts and results thereof, and observe the resulting environmental changes and impacts thereof on users. With the adoption of the state and its concern to achieve the requirements of quality of life and thus, they are achieved through raising the environmental standard of living for users, and by determining the impact of climate changes expected on the internal and external environment of buildings to find alternatives and architectural solutions to deal with such impacts and create an environmental balance and return to the nature created by God Almighty and achieve thermal comfort which meets their needs and achieve quality of life.

The study shall be tackled through an inductive approach to observe such climate changes and determine the places of direct impact on the internal and external buildings through the analytical approach leading to the findings of the aforementioned study. Accordingly, the architectural and urban alternatives and treatments shall be chosen through the applied approach to a study sample leading to observing the final results of the research and suggesting directions that would achieve the user's requirements of quality of life in the architectural and urban environment.

KEYWORDS : Climate Change - Architectural And Urban Environment - Thermal Comfort - Urban Space - Architectural And Urban Treatments.

الحلول المعمارية لمواجهة أثر تغير المناخ وتحقيق الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية والخارجية للمبانى

صفية سعد حسن محمد*[١]، خالد مصطفى خورشيد[٢]، محمد محمد عبد الحميد[٣]
[١] قسم هندسة العمارة، كلية الهندسة بنات، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.
[٢]قسم هندسة العمارة ، كلية الهندسة، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.
*البريد الالكتروني للباحث الرئيسى: E-mail: Safiasaad@azhar.edu.eg

الملخص
تؤكد الدراسات والإحصائيات أن درجات الحرارة والتغير المناخى للغلاف الجوى قد سجلت خلال المائة عام الماضية تغيرا ما بين ارتفاع درجة الحرارة ونسبة الرطوبة، ومن المتوقع مع نهاية القرن الحالى أن ترتفع درجة الحرارة فى العالم ارتفاعا ملحوظا، إذا ما تضاعفت معدلات التغير وانبعاث الغازات الدفيئة فى الغلاف الجوى وبخاصة ثانى أكسيد الكربون، وذلك كما جاء فى تقرير اللجنة الحكومية الدولية المعنية بالمناخ التابعة للأمم المتحدة.
ومما لا شك فيه أن تغير المناخ سيؤثر تأثيرا سلبيا وواضحا على فراغ البيئة الداخلية والخارجية من حيث ارتفاع درجة الحرارة نتيجة للاحتباس الحرارى وزيادة نسبة الرطوبة والأمطار الحامضية وغيرها مما يؤثر على صحة ونفسية المستخدمين للفراغ وكذلك عناصر البيئة الخارجية من نباتات وطيور وكائنات حية وخضراء، لذا يهدف البحث إلى تحديد تلك المؤثرات ونتائجها ورصد التغيرات البيئية الناتجة ومدى تأثيرها على المستخدمين.
ومع تبنى الدولة واهتمامها بتحقيق متطلبات جودة الحياة وبالتالى يتحقق من خلال رفع مستوى المعيشة البيئية للمستخدمين، ومن خلال تحديد أثر المتغيرات المناخية المتوقعة على بيئة المبانى الداخلية والخارجية، لإيجاد بدائل وحلول معمارية لمعالجة تلك التأثيرات وإحداث اتزان بيئى والعودة إلى الطبيعة التى خلقها الله - سبحانه وتعالى – وتحقيق راحة حرارية تلبى احتياجاتهم وتحقيق جودة حياة.
وسيتم تناول الدراسة من خلال المنهج الإستقرائى لرصد تلك التغيرات المناخية وتحديد مواضع التأثير المباشر على بيئة المبانى الداخلية والخارجية من خلال المنهج التحليلى وصولا إلى استخلاص نتائج لتلك الدراسة، وعليه سيتم اختيار البدائل والمعالجات المعمارية والعمرانية من خلال اتباع المنهج التطبيقى على عينة دراسة وصولا إلى رصد النتائج النهائية للبحث واقتراح توجيهات التى من شأنها تحقق متطلبات المستخدم من جودة حياة فى البيئة المعمارية والعمرانية.

الكلمات المفتاحية : التغير المناخى - البيئة المعمارية والعمرانية - الراحة الحرارية – الفراغ العمرانى – المعالجات المعمارية والعمرانية.

المشكلة البحثية
يؤثر تغير المناخ تأثيرا سلبيا وواضحا على البيئة المعمارية والعمرانية بفراغاتها الداخلية والخارجية، من حيث درجة الحرارة، والرطوبة، وغير ذلك ، وينتج عن ذلك فراغات لا تحقق الراحة الحرارية لمستخدميها مما يؤثرعلى صحة ونفسية المستخدمين للفراغ، وكذلك مستوى الأداء ومعدلات الإنتاج.

أهداف البحث
يهدف البحث إلى تحديد أثر التغيرات المناخية على بيئة المبانى الداخلية والخارجية وعلى المستخدمين، واختيار البدائل والمعالجات المعمارية لمعالجة تلك التأثيرات وتحقيق الراحة الحرارية لمستخدمى المنشأ دون اللجوء بشكل مستمر إلى استخدام الوسائل الكهروميكانيكية مرتفعة التكاليف والتى تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة.

فرضية البحث
يقوم البحث على فرضية أنه يمكن مواجهة أثر تغير المناخ وتوفير بيئة مريحة حراريا فى الفراغات الداخلية والخارجية للبيئة المعمارية والعمرانية، من خلال استخدام بعض المعالجات المعمارية المناسبة، والتى تحقق ذلك، من أجل توفير الراحة والرفاهية لمستخدمى الفراغات.

منهجية البحث
يتم تناول البحث من خلال:
المنهج الإستقرائى لرصد التغيرات المناخية وتحديد مواضع التأثير المباشر على بيئة المبانى الداخلية والخارجية، ثم اتباع المنهج التحليلى لبعض النماذج التى تمت بها المعالجات المختلفة لتحقيق الراحة الحرارية، واختيار البدائل والمعالجات المناسبة، ومن ثم تطبيقها من خلال اتباع المنهج التطبيقى على عينة دراسة وصولا إلى رصد النتائج النهائية للبحث واقتراح التوجيهات التى من شأنها تحقيق متطلبات المستخدم من الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية والخارجية للبيئة المعمارية والعمرانية.

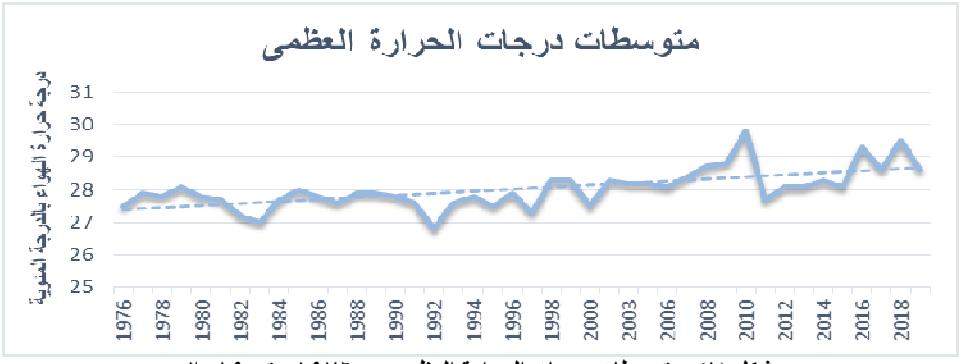
١ -المقدمة
إن الفجوات الشاسعة التي تم اكتشافها أخيراً في طبقة الأوزون فوق القطب الجنوبي لهي دليل واضح على استمرار اضمحلال هذا الحزام الواقي من الأشعة فوق البنفسجية، كما أن انتشار أمراض الجلد السرطانية، والتغييرات في الطقس

التي تنتاب العالم في الوقت الحاضر، دليل على أن التمزق لطبقة الأوزون لم يتوقف بعد، بل إنه في تزايد مستمر، وفي السنوات الأخيرة أخذ التقلص الذي يحدث لطبقة الأوزون الجوية على ارتفاع ١٥-٥٠ كم يأخذ شكلاً مروعاً، وخاصةً بعد اكتشاف فجوة فيه فوق القطب الجنوبي تعادل مساحة أمريكا الشمالية، علماً بأن ذلك لا يشكل إلاّ جزءاً من المشكلة الرئيسية التي تهدد الحياة على الأرض، وأما المشكلة الكبرى فتمكن في إحداث تغيير جذري في درجات الحرارة الجوية والأرضية معاً وما يرافق ذلك من زيادة في كميات ثاني أكسيد الكربون في الجو نتيجة التلوث البيئي الحاصل في الوقت الحاضر، نتيجة استهلاك كميات كبيرة من المحروقات كالفحم والغازات السائلة والطبيعية، بجانب قطع أشجار الغابات وإحراقها في كثير من مناطق العالم، فإن كمية ثاني أكسيد الكربون في الجو قد زادت في الآونة الأخيرة بنسبة ١١%، هذا مما يؤدي إلى تغيير في درجات الحرارة الجوية وإلى خلل في توازنها الطبيعي{10}، وقد سجلت درجات حرارة الغلاف الجوى خلال المائة عام الماضية زيادة تتراوح بين (٠.٥ – ٠.٧)°م، وأنه من المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة فى العالم بنحو من (١.٨ – ٤) درجات مئوية بنهاية القرن الحالى إذا ما تضاعفت معدلات انبعاثات غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى وخاصة ثانى أكسيد الكربون، وذلك كما جاء فى تقارير اللجنة الحكومية الدولية المعنية بتغيرات المناخ والتابعة للأمم المتحدة (IPCC) {1}، وتتعرض المبانى بأنواعها المختلفة للظروف المناخية المتغيرة مما يؤثر على جودة الفراغات الداخلية والخارجية لهذه المبانى وبالتالى يؤثر على راحة المستخدمين، لذا كان لا بد من إيجاد حلول (معالجات) معمارية تحقق الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية والخارجية للمبانى وتقلل من الطلب على الطاقة المستهلكة فى عمليات التبريد والتدفئة الميكانيكية.

٢-رصد التغير المناخى

لقد تم تتبع البيانات المناخية بهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة المسجلة من محطة مطار القاهرة فى الفترة من عام ١٩٧٦ حتى عام ٢٠١٩ (كمؤشر على تغير مناخ القاهرة)، فوجد أنها كالآتى:

٢-١ درجة الحرارة



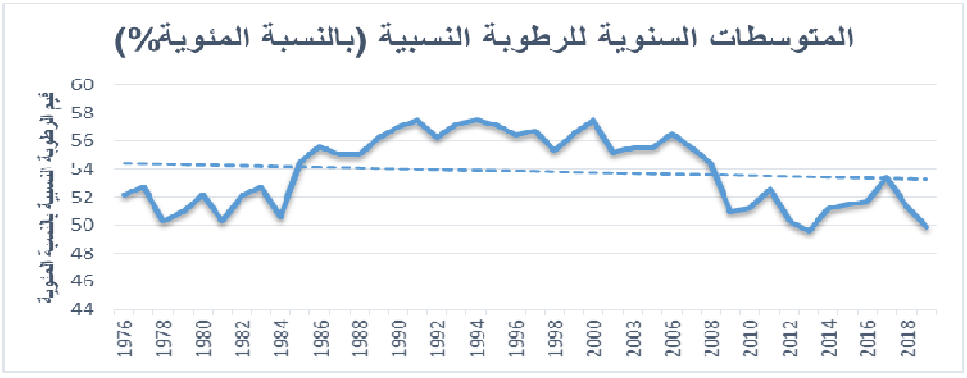
شكل (١): متوسطات درجات الحرارة العظمى من ١٩٧٦ حتى ٢٠١٩

المصدر: عمل الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورةعلى الموقع الإلكترونى

https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

الإتجاه العام للمتوسطات السنوية لدرجات الحرارة يسير نحو الارتفاع بشكل ملحوظ كما فى شكل (١)، وقد بلغت أعلى قيمة للمتوسط السنوى لدرجات الحرارة العظمى فى القاهرة ٢٩.٨°م فى عام (٢٠١٠)، بينما كانت أقل قيمة هى ٢٦.٨°م فى عام (١٩٩٢).

٢-٢ الرطوبة النسبية



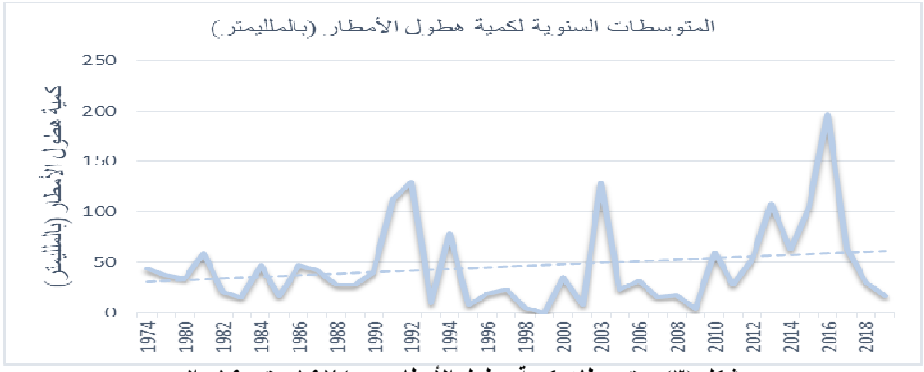
شكل (٢): متوسطات الرطوبة النسبية من ١٩٧٦ حتى ٢٠١٩

المصدر: عمل الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى

https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

الإتجاه العام للمتوسطات السنوية للرطوبة النسبية يسير نحو الانخفاض بشكل ملحوظ كما فى شكل (٢)، وقد بلغت أعلى قيمة للمتوسط السنوى للرطوبة النسبية فى القاهرة ٥٧.٥% فى الأعوام (١٩٩١ و ١٩٩٤ و ٢٠٠٠)، بينما كانت أقل قيمة هى ٤٩.٦% فى عام (٢٠١٣).

٢-٣ الأمطار

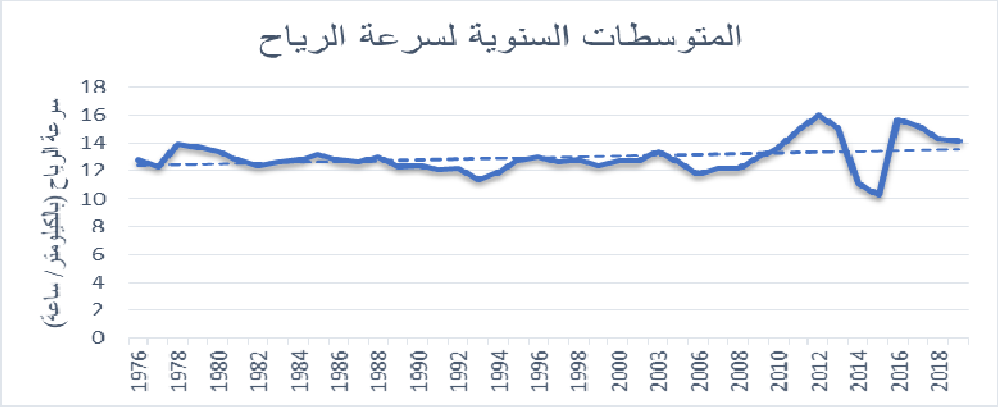


شكل (٣): متوسطات كمية هطول الأمطار من ١٩٧٤ حتى ٢٠١٩

المصدر: عمل الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

الإتجاه العام للمتوسطات السنوية لكمية هطول الأمطار متذبذب ويسير نحو الارتفاع كما فى شكل (٣)، وقد بلغت أعلى قيمة للمتوسط السنوى لكمية هطول الأمطار فى القاهرة ١٩٦.٦مم وذلك فى عام (٢٠١٦)، بينما اقتربت أقل قيمة من الصفر فى عام (١٩٩٩).

٢-٤ سرعة الرياح



شكل (٤): متوسطات سرعة الرياح من ١٩٧٦ حتى ٢٠١٩

المصدر: عمل الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

الإتجاه العام للمتوسطات السنوية لسرعة الرياح متذبذب ويميل إلى الارتفاع بقدر قليل كما فى شكل (٤)، وقد بلغت أعلى قيمة للمتوسط السنوى لسرعة الرياح فى القاهرة ١٦ كم/س فى عام ٢٠١٢، بينما كانت أقل قيمة هى ١٠.٣ كم/س فى عام (٢٠١٥).

وتشير البيانات السابقة إلى مدى التغير الحادث فى المناخ والذى يؤثر على البيئة عموما .

١. **أثر التغير المناخى على البيئة بشكل عام**

يؤثر تغير المناخ على البيئة عموما لما له من آثار على مصادر المياه وانعدام الأمن المائى وتهديد الإنتاج الزراعى والأمن الغذائى وارتفاع مستوى سطح البحر والتعرض للكوارث المناخية وتهديد الأنظمة الأيكولوجية والأنواع النباتية والحيوانية والميكروبية المتواجدة بها وتهديد الأوضاع الصحية (ويعرف التغير المناخى لمنطقة ما على سطح الأرض – كما فى تقرير حالة البيئة فى مصر ٢٠٠٨ – يعرف بأنه اختلال التوازن السائد فى الظروف المناخية كالحرارة وأنماط الرياح وتوزيعات الأمطار المميزة للمنطقة مما ينعكس فى المدى الطويل على الأنظمة الحيوية القائمة) {1}.

٢. **أثر التغير المناخى على البيئة العمرانية والمعمارية**

يؤثر تغير المناخ أيضا على البيئة العمرانية والمعمارية بفراغاتها الداخلية والخارجية، وترتبط العمارة بالمناخ ارتباطا وثيقا من حيث درجات الحرارة والإشعاع الشمسي، وارتفاع زاوية الشمس، وحركة الرياح واتجاهها، ومعدلات هطول الأمطار، والرطوبة النسبية، والإضاءة الطبيعية، وذلك على مدى الفصول الأربعة.

ويؤثر المناخ تأثيرا مباشرا على شكل المبنى وارتفاعه والمواد الداخلة في تصميمه وشكل فتحات النوافذ ومساحتها ودرجة الانعكاس للزجاج وتبليطات الأرضيات والنباتات المستخدمة في الحدائق، .. وغير ذلك.
لذا فعند دراسة أي مشروع معماري أو عمراني، يجب ان نقوم بعملية تجميع المعلومات اللازمة عن البيئة المحيطة بموقع المشروع، من حيث التضاريس والجيولوجيا والتربة والمياه الجوفية، والنباتات والمخاطر الطبيعية من سيول، وفيضانات وزلازل، وعناصر المناخ المحلية، ودراسة اتجاهات الرؤية والمناظر الطبيعية، وفيما يلى أهم عناصر المناخ التي يحتاج المعماري والعمراني لدراستها، وهى:
الحرارة والإشعاع الشمسي - الرياح - الرطوبة – هطول الأمطار.
ويؤثر كل عنصر من هذه العناصر تأثيرا مباشرا على العمارة والعمران وذلك كالآتى:

٤-١ تأثير الحرارة على العمارة والعمران

تؤثر درجات الحرارة بصورة مباشرة على أنواع العزل الواجب استخدامها في المباني، وأيضا مواد البناء المستخدمة فى الواجهات الخارجية والمواد الداخلية والألوان ودرجاتها ودرجة امتصاصها للحرارة، كما تؤثر الحرارة أيضا على تصميم الحدائق او ما يعرف ب LANDSCAPE، بحيث يجب مراعاة النباتات التي تعيش في درجات حرارة معينة بالاستناد الى المنطقة حيث ان النباتات الاستوائية مثلا لا تعيش في المناطق الباردة والعكس صحيح.

٤-٢ تأثير الإشعاع الشمسي على العمارة والعمران

يعتبر الإشعاع الشمسي أحد أهم عناصر المناخ المؤثرة في الإنسان والبيئة المحيطة به معماريا، حيث تؤثر الشمس على نوعية المواد المستخدمة في التصميم للمباني وقياس درجة انعكاس هذه المواد، كما أنها تؤثر على توجيه المبنى إلى مناطق الاشعاع الشمسي لاكتساب المزيد من الإضاءة الطبيعية، أو تؤثر على حجم ومساحة الفتحات في المباني خصوصاً في المناخ المحلى إذا كانت الواجهات الرئيسية موجهة الى الشمال، حيث انه تتطلب التصميمات توسيع الفتحات في الاتجاه الشمالي نظراً لعدم تعرضها لاشعة الشمس المباشرة لاكتساب المزيد من الإضاءة الطبيعية، وعلى مستوى تصميم الحدائق LANDSCAPE فإنه يتم اختيار بعض أنواع النباتات بدقة اعتمادا على مقدار الاشعاع الشمسي في المناطق الواقع فيها التصميم، حيث يُلاحظ أن بعض النباتات بحاجة الى اشعة شمس مستمرة لعملية البناء الضوئي، والبعض الآخر بحاجة إلى إشعاع شمسي أقل، أما على مستوى التصميم الحضري فان اشعة الشمس تتحكم بتوجيه المدن بشكل كامل في بعض الحالات لاكتساب الإضاءة الطبيعية وتوجيه المباني لأفضل زاوية للاستفادة القصوى من أشعة الشمس، بالإضافة الى اختيار المواقع التي يكون فيها خلايا الطاقة الشمسية.

٤-٣ تأثير سرعة الرياح على العمارة والعمران

توثر الرياح بصورة مباشرة ايضا على توجيه المباني وذلك للاستفادة القصوى من الهواء الطبيعي وأيضاً لوضع حلول لسرعة الرياح الشديدة، وتوجيه الفراغات استناداً الى اتجاه الرياح وشدتها، وعلى مستوى تصميم الحدائق LANDSCAPE فيجب دراسة الرياح وسرعتها ودرجة حرارتها واتجاهها لاختيار نباتات تقاوم الرياح الشديدة على سبيل المثال، بالاضافة الى ان دراسة الرياح توفر على المصمم اختيار افضل الحلول لتقليل سرعة الرياح الشديدة باستخدام انواع من الاشجار تعمل على صد هذه الرياح، أما على مستوى التصميم الحضري، فإن المدن اثناء تصميمها على سبيل المثال يجب توجيهها الى زوايا معينة بحيث تستفيد من الهواء الطبيعي النقي وتقاوم الرياح الشديدة.

٤-٤ تأثير الرطوبة على العمارة والعمران

توثر رطوبة الأجواء على تصميم المباني بشكل كبير، وتؤثر على أنواع المواد المستخدمة وأساليب العزل وتوجيه الفراغات، فعلى سبيل المثال: في تصميم المستشفيات يجب الاخذ بعين الاعتبار أن نسبة الرطوبة المناسبة لغرف المرضى يجب أن لا تتجاوز ٦٠% كحد أقصى، وأن لا تقل أيضا عن ٤٠% لبعض الحالات، وعلى مستوى تصميم الحدائق LANDSCAPE فيجب الانتباه إلى أن بعض أنواع النباتات تتأثر مباشرة بنسبة الرطوبة الموجودة في بعض المناطق، لذلك يجب دراسة الرطوبة لاختيار أفضل الحلول في أنواع النباتات.

٤-٥ تأثير هطول الأمطار على العمارة والعمران

تساعد معرفة كمية الهطول على توفير افضل الحلول التصميمية لمواجهة مشاكل توجيه وتجميع المياه إلى الاماكن المخصصة لها، كما انها تساعد على اختيار أنواع النباتات التي بحاجة الى ري مستمر أو العكس{11}، كما تؤثر على تصميم الجدران والسقف، بحيث تصمم جدران المبنى بشكل لايسمح بتسرب المياه إلى الداخل، وبحيث تتحمل ضغط مياه الأمطار خاصة المصحوبة بالرياح القوية، ويتحقق ذلك عند اختيار مواد البناء ذات الجودة العالية، وطلاء الجدران بمواد مقاومة لامتصاص المياه وتسربها، وكذلك إحكام تركيب النوافذ والأبواب لمنع تسرب الماء، ويتم تصميم الأسقف (الأسطح) بحيث يستطيع تصريف مياه الأمطار لكي لاتتجمع فوقها، لان تجمعها يزيد من خطر احتمال تسربها إلى الداخل، ويجب أن يكون السقف مائلا بدرجة تتناسب مع غزارة الأمطار والثلوج، فالميل ولو بدرجة بسيطة يسمح بتصريف مياه الأمطار في المناطق ذات الأمطار القليلة، أما في المناطق غزيرة الأمطار والثلوج فتتم زيادة ميل الأسقف ليسهل تصريف مياه الأمطار والثلوج بسرعة ويسر{12}.

ومن هنا يتضح أهمية المناخ وتأثيره المباشر على العمارة والعمران، ولدراسة تأثير تغير المناخ على البيئة المحلية، ينبغى معرفة الحدود الطبيعية للمناخ البيئى الطبيعى الجيد للحياة ثم مقارنتها بالتغير الحادث فى المناخ من أجل الوقوف على المشكلة واختيار الطرق الأنسب لمعالجتها.

٣. منطقة الراحة الحرارية المثلى

تقع منطقة الراحة الحرارية المثلى (تبعا لخريطة الراحة الحرارية لڤيكتور أولجياى، وهى صالحة للمناطق الحارة الجافة والرطبة وللشخص العادى مع نشاط متوسط وملابس تعادل ١ (clo))، تقع بين درجتى حرارة جافة (٢١-٢٧°م) ورطوبة نسبية (٢٠-٧٠%) {2}.

٤. مقارنة علمية بين منطقة الراحة المثلى ومناخ القاهرة خلال العامين ٢٠١٨ و ٢٠١٩

من خلال تتبع البيانات المناخية ومعرفة منطقة الراحة الحرارية المثلى من المعدلات والمعايير، أمكن عمل مقارنة علمية لمناخ القاهرة فى العامين الماضيين (٢٠١٩ و٢٠١٨) -كمثال- لمعرفة ما إذا كان يقع داخل نطاق الراحة أم خارجه، ويتضح ذلك فى الجداول التالية.

جدول (١): مقارنة علمية بين منطقة الراحة المثلى ومناخ القاهرة (من حيث درجة الحرارة ونسبة الرطوبة) لعام ٢٠١٩
المصدر: الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى
https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

٢٠١٩	أعلى قيمة لدرجة الحرارة خلال العام	أدنى قيمة لدرجة الحرارة خلال العام	المتوسط السنوى	نطاق الراحة
اليوم	٢٣ مايو	٢٧ مارس	-	-
درجة الحرارة العظمى (°م)	٤٥.٧	٣.٨	٢٨.٦	٢١-٢٧
الرطوبة النسبية (%)	١١	٥٣	٤٩.٩	٢٠-٧٠
المحتوى الحرارى (°م) Heat Index (°c)	٤٣	٤	٢٩	٢١-٢٧
ملاحظات	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	خارج نطاق الراحة (أقل بكثير)	خارج نطاق الراحة (أعلى)	-

جدول (٢): مقارنة علمية بين منطقة الراحة المثلى ومناخ القاهرة (من حيث درجة الحرارة ونسبة الرطوبة) لعام ٢٠١٨
المصدر: الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى
https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

٢٠١٨	أعلى قيمة لدرجة الحرارة خلال العام	أدنى قيمة لدرجة الحرارة خلال العام	المتوسط السنوى	نطاق الراحة
اليوم	٢٢ مايو	٢٠ يناير	-	-
درجة الحرارة العظمى (°م)	44.4	9.9	29.5	٢١-٢٧
الرطوبة النسبية (%)	١٦	٥٤	51.4	٢٠-٧٠
المحتوى الحرارى (°م) Heat Index (°c)	٤٤	٨	٣١	٢١-٢٧
ملاحظات	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	خارج نطاق الراحة (أقل بكثير)	خارج نطاق الراحة (أعلى)	-

وقد تم حساب المحتوى الحرارى فى الجداول السابقة طبقا لحاسبة المحتوى الحرارى (Heat Index Calculator {13}، وتؤثر سرعة الهواء أيضا على الراحة الحرارية للإنسان فكلما زادت أو قلت عن المعدلات المطلوبة، كلما شعر الإنسان بالضيق وعدم الراحة {3}، ويوضح الجدول التالى بعض سرعات الهواء اللازمة حسب النشاط الذى يقوم به الإنسان، وكذلك درجات الحرارة، ومتطلبات المناخ الداخلى المناسبة.

جدول (٣): متطلبات المناخ الداخلي

المصدر: Den Hartog, J P. "Designing Indoor Climate. A Thesis on the Integration of Indoor Climate Architectural Design", Netherlands, 2004. Analysis in (ترجمة الباحثة)

م	متطلبات المناخ	مثال	درجة الحرارة (°م)		سرعة الهواء	
			صغرى	عظمى	صغرى (م٣/ث)	عظمى (م/ث)
أ	الحماية ضد الرياح والأمطار	مظلة باصات (Bus shelter)	-	-	-	-
ب	الحماية ضد الرياح والأمطار وبدون صقيع	مظلة محطة قطار (Train station shelter)	٥	-	-	-
ت	الملائمة لمشى الأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالخارج (فى الهواء الطلق)	مركز تسوق (Shopping mall)	١٠	Toutside +5		٠.٥
ث	الملائمة لجلوس الأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالخارج (فى الهواء الطلق)	شرفة مغطاة (Covered terrace)	١٢	Toutside +5		٠.٥
ج	الملائمة لمشى الأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالداخل حسب الفصل المناخى	الممرات والأروقة (Hallways)	١٥	Toutside +5		٠.٥
ح	الملائمة لجلوس الأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالداخل وللفصل المناخى (بحد أقصى ١٥ دقيقة)	ركن القهوة (Coffee corners)	١٥	Toutside +5		٠.٢٥
خ	الملائمة لجلوس الأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالداخل وللفصل المناخى (بحد أقصى ٤٥ دقيقة)	الكانتين (cantina)	١٨	٢٥		٠.٢٥
د	الملائمة للجلوس غير المقيد بموقع للأشخاص بملابس مناسبة للتواجد بالداخل وللفصل المناخى (بحد أقصى عدة ساعات)	مكتبة (Library)	٢٠	٢٥		٠.٢٥
ذ	الملائمة للأشخاص الذين يقومون بعمل بدنى خفيف فى ملابس مناسبة (بحد أقصى ٨ ساعات)	مختبر (Laboratory)	١٨	٢٤	Mech. Vent.	٠.٢٥
ر	الملائمة للأشخاص الذين يقومون بعمل بدنى ثقيل فى ملابس مناسبة (بحد أقصى عدة ساعات)	موقع أعمال الإنشاءات (Construction workplace)	١٥	٢٣	Mech. Vent.	٠.٢٥
ز	مريح للجلوس غير المقيد بموقع للأشخاص بملابس مناسبة للفصل المناخى (لفترات طويلة)	غرفة معيشة (Living room)	٢٠	Toutside +3		٠.٢٥
س	مريح للجلوس المقيد بموقع للأشخاص بملابس مناسبة للفصل المناخى (لفترات طويلة)	غرفة مكتب (Office room)	20	25	Mech. Vent.	0.15

ويتضح من الجدول أن نطاق الراحة بالنسبة لسرعة الرياح فى أغلب أنشطة الإنسان العادية لا يتعدى ٠.٥ م/ث وهو ما يعادل ١.٨ كم/س.

جدول (٤): مقارنة علمية بين منطقة الراحة المثلى ومناخ القاهرة (من حيث سرعة الرياح) لعام ٢٠١٩

المصدر: الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

٢٠١٩	أعلى قيمة لسرعة الرياح خلال العام	المتوسط السنوى	نطاق الراحة
اليوم	٥ فبراير	-	-
سرعة الرياح (كم/س)	٧٤.١	١٤.٢	١.٨
كمية هطول الأمطار (مم)	٠.٥١	١٦.٧٦	-
ملاحظات	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	-

جدول (٥): مقارنة علمية بين منطقة الراحة المثلى ومناخ القاهرة (من حيث سرعة الرياح) لعام ٢٠١٨
المصدر: الباحث بالاستناد إلى البيانات المناخية لهيئة الأرصاد الجوية بالقاهرة (محطة مطار القاهرة) المنشورة على الموقع الإلكترونى
https://en.tutiempo.net/climate/ws-623660.html

٢٠١٨	أعلى قيمة لسرعة الرياح خلال العام	المتوسط السنوى	نطاق الراحة
اليوم	١٨ يناير	-	-
سرعة الرياح (كم/س)	٧٧.٨	١٤.٣	١.٨
كمية هطول الأمطار (مم)	٠	٣٠.٩٨	-
ملاحظات	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	خارج نطاق الراحة (أعلى بكثير)	-

ويتضح من الجداول السابقة أن مناخ القاهرة قد تعدى حدود الراحة الحرارية، مما يعنى وجود فراغات لا تحقق الراحة الحرارية لمستخدميها.

٥. الأثر السلبى للتغير الحادث فى المناخ على الراحة الحرارية لمستخدمي الفراغات المعمارية والعمرانية

تستقبل رئتى الإنسان الطبيعى فى الظروف المناخية العادية حوالى ١٥ كجم من الهواء الجوى يوميا، ولذا يشترط فى هذا الهواء أن تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة جسم الإنسان حتى يستطيع التخلص من الحرارة الزائدة، وينتج عن ذلك الشعور بالنشاط والحركة وعدم الشعور بالكسل والخمول (كما فى الأجواء الحارة)، ويشترط أيضا فى الهواء أن يكون متحركا حتى تتجدد طبقاته المحيطة بالجسم باستمرار (ولكن فى حدود المسموح لأن تيارات الهواء الشديدة تسبب الإصابة بنوبات البرد) {4}.

وتعد الظروف البيئية أحد العوامل المؤثرة على وعى الفرد فتسبب التعب أو النشاط كما تؤثر على المزاج الشخصى، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يدفع من لديه مشاعر عدوانية إلى السلوك العدوانى، فنجد أن عدم شعور الشخص بالراحة عند درجة حرارة ٣٢°م مثلا يسبب الشعور بالضيق، وقد يرجع هذا الضيق إلى غضب موجود لديه أصلا، وبالتالى يصبح أكثر غضبا من ذى قبل، ولقد بحث علماء النفس آثار الحرارة على السلوك فى تجارب المختبر (حيث إنه لا يمكن تناول درجة الحرارة البيئية كلها، فيتم ضبطها فى الحجرات التجريبية وتسجيل التغيرات فى السلوك مع تغير درجات الحرارة)، وعلى سبيل المثال وجد أن الأشخاص عند درجة حرارة ٣٤°م يتصفون بسلبية أكبر منها عند درجة حرارة ٢٣°م، وهذا يرجح أن العلاقات الشخصية تكون أكثر سلبية عند التعرض لدرجات حرارة عالية بشكل غير معتاد، ولقد درس بارون وأعوانه آثار الحرارة على العدوان، وعلى أساس هذا البحث اقترح بارون أن العدوان يكون عند أعلى مستوياته عندما يتعرض الأشخاص لمستويات معتدلة من الضيق (مقادير معتدلة من عدم الراحة)، وذلك لأنه دون هذا المستوى (حيث توجد راحة ولا يوجد إزعاج) فإنه لا يوجد ما يؤدى إلى ظهور العدوان، بينما فوق ذلك (عند التعرض لمقادير عالية من عدم الراحة) فإنهم يصبحون غير مبالين، أو يركزون على إنقاص ما يضايقهم، ولذا ينقص العدوان، ولما كان للحرارة أثر قوى على الضيق وعدم الراحة فإنها قد تلعب دورا هاما فى هذه العلاقة، ولقد تم التوصل إلى دليل على هذا فى دراسة تجريبية قام بها (بل وبارون) حيث تلقت العينة المختبرة من الأشخاص إما تقويما سالبا أو موجبا من متحالف مع المجرب فى ظل ظروف جوية معتدلة (٧٢-٧٤°ف) أى ما يعادل (٢٢.٢-٢٣.٣°م)، أو فى ظل ظروف حارة (٩٢-٩٤°ف) أى ما يعادل (٣٣.٣-٣٤.٤°م)، وأظهرت النتائج أن العدوان يكون عند أعلى مستوى فى المستويات المعتدلة من عدم الراحة (عندما تكون الحرارة منخفضة ويتلقى الأشخاص تقويما سالبا، وكان أقل عندما كان عدم الراحة عند حده الأدنى (جو معتدل وتقويم إيجابى)، وكان العدوان أيضا أقل عندما كان الانزعاج (عدم الراحة) عال جدا (حرارة مرتفعة وتقويم سلبى)، وهكذا استنتج (بل وبارون) أن العدوان يكون على أشده عند المستويات المعتدلة من الانزعاج (عدم الراحة)، كما أن (بارون ورانزبرجر) ربطا بين تقارير الجو والاضطرابات، فوجدا أن أكبر عدد من الاضطرابات قد حدث عندما كانت درجة الحرارة من (٨١-٨٥°ف) أى ما يعادل (٢٧.٢-٢٩.٤°م)، بينما حين كانت الحرارة أعلى من ذلك أو أقل فقد حدثت اضطرابات أقل، وهذه النتائج ترجح وجود علاقة بين درجة الحرارة والعدوان ولكن ليست علاقة بسيطة ومباشرة، فعند ارتفاع الحرارة ارتفاعا كبيرا تقل إمكانية حدوث العدوان بدلا من أن تزيد، وينبغى أن تتم الإشارة إلى أن هناك من الباحثين من يقدم تفسيرا مختلفا لنتائج (بارون ورانزبرجر)، فقد فسر (كارل سميث واندیسن) زيادة عدد الاضطرابات فى درجة حرارة (٨١-٨٥°ف) -والتى تساوى (٢٧.٢-٢٩.٤°م)- عن غيرها، فسر ذلك بأن المدى الأول أيامه أكثر من أيام المستويات الأقل والأعلى، وبالطبع لا يوافق (بارون) على ذلك ويتجه إلى أن التفسير الأصلى هو الصحيح، والخلافات فى هذا النوع بين الباحثين فى علم النفس البيئى شائعة، وخاصة فيما يتعلق بالدراسات الارتباطية والميدانية، ثم يتوصل العلماء بعد مزيد من الأبحاث إلى قدر معقول من الاتفاق ونقص الخلاف {5}.

وعلى سبيل المثال تؤثر درجة حرارة أماكن العمل (سواء أكانت مكاتب أو مصانع أو شركات أو غير ذلك)، تؤثر درجة حرارة هذه الأماكن فى سلوك العامل وفى مستوى أدائه، بالإضافة إلى العديد من المؤثرات البيئية الأخرى كالرطوبة والتهوية والإضاءة وخلو المكان من الملوثات، ولذا ينبغى أن يتم تصميم هذه الأماكن بصورة مثالية تقلل من الآثار السلبية وتزيد من كفاءة العاملين وسعادتهم وتساعد على زيادة الإنتاج وتحسين الأداء وقلة الشعور بالتعب والإرهاق أو الإضرار بالصحة، حيث تشكل بيئة العمل أهمية كبيرة بالنسبة للعامل وصحته الجسمية والنفسية، ومدى ارتفاع روحه المعنوية،

ومستوى شعوره بالرضا عن عمله واهتمامه به، وعلاقاته الإجتماعية مع زملائه ورؤسائه، بالإضافة إلى تأثيرها على معدلات إنتاجه أو أدائه، فهناك علاقة تفاعل (أى تأثير متبادل) بين الإنسان وبيئته، وقد أظهرت الدراسات الحديثة أهمية هذا التفاعل بين الإنسان وظروف البيئة المحيطة به (من الحرارة والرطوبة والبرودة والتهوية والإضاءة)، والحقيقة أن الإهتمام بهذا الموضوع قديم ويرجع إلى دراسات الهندسة البشرية وعلم النفس البيئى أو الهندسة السيكولوجية، وقد أدى اهتمام العلماء إلى وضع شروط للتهوية والإضاءة وتجديد الهواء وتصميم المكان، مما يساعد على تحقيق الراحة الحرارية {6}.

وفيما يلى نذكر بعض نماذج المعالجات والحلول المعمارية التى يمكن تنفيذها للوصول بالبيئة العمرانية والمعمارية إلى المستوى المطلوب والمناسب من تحقيق الراحة الحرارية.

٦. المعالجات المعمارية

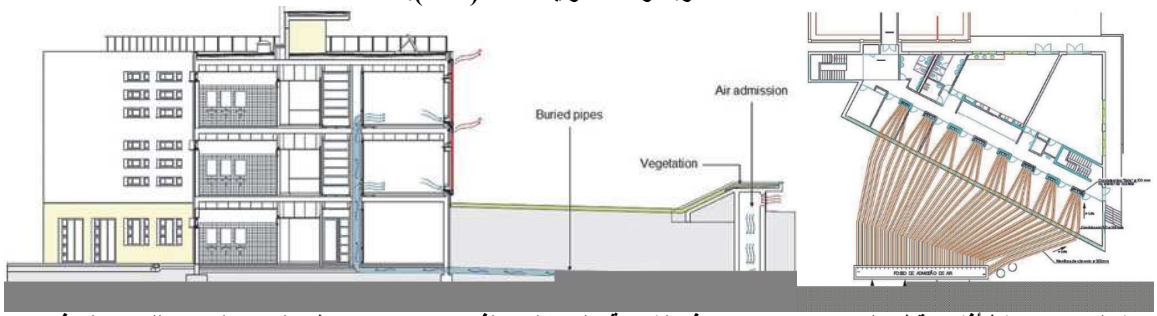
هذه الحلول يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع كما يلى:

٨-١ المعالجات المعمارية عن طريق الوسائل التصميمية

٨-١-١ نظام التهوية الطبيعية والتبريد والتدفئة عن طريق الأنابيب المدفونة كما فى مبنى Solar XXI ، البرتغال {14}.

يتكون المبنى الموضح فى شكل (٥)، من مكتب ومختبر، ويتميز هذا المبنى متعدد الأغراض الذي تبلغ مساحته ١٥٠٠ متر مربع في لشبونة، البرتغال، بأنه ذو تهوية طبيعية ويعمل كمبنى قريب من المبانى صفر الطاقة وتبين أن تكلفته أكثر بقليل من مبنى تقليدي من نفس الحجم، وتقع الفراغات المكتبية فى الناحية الجنوبية من المبنى للاستفادة من ضوء النهار والتدفئة الشمسية، بينما تقع الفراغات ذات الاستخدام المتقطع، مثل المختبرات وقاعات الاجتماعات، على الجانب الآخر من المبنى، ويتم استخدام الفراغات المكتبية من ٩ صباحًا إلى ٦ مساءً خلال أيام الأسبوع، وقد تم ترتيب نمط التهوية ليناسب ذلك.

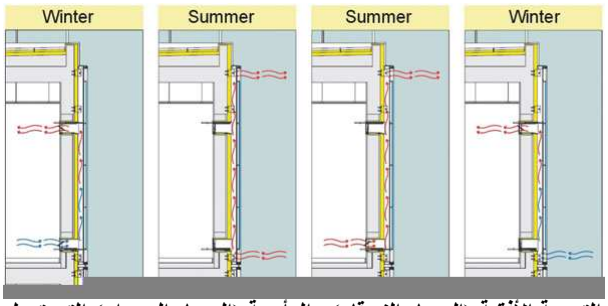
شكل (٥): مبنى Solar XXI في لشبونة ، البرتغال
المصدر: الوكالة الدولية للطاقة (IEA).



شكل (٦): مسقط أفقى وقطاع لمبنى Solar XXI في لشبونة، البرتغال، والذي يوضح توزيع نظام التبريد المسبق للهواء المدفون.
المصدر: الوكالة الدولية للطاقة (IEA)

ويتم استخدام الحرارة المتولدة من الوحدات الكهروضوئية ببراعة لاستكمال التهوية، كما يتم تبريد الهواء عن طريق الأنابيب المدفونه، كما هو موضح فى شكل (٦)، ويوجد فراغ هوائي خلف كل لوحة مع فتحات للهواء الداخلي والخارجي على المستويين المرتفع والمنخفض، حيث تتسبب الحرارة من الجزء الخلفي من اللوحة في حدوث تدفق حراري.

ويوضح شكل (٧) الأداء الموسمى لأنظمة التهوية الأفقية والرأسية التى تعمل مع نظام الأنابيب المدفونه، ففي فصل الشتاء، تأخذ الفتحة العلوية الهواء إلي الداخل، إما من الخارج أو من الغرفة، من خلال الفتحة السفلية لتسخينها، بينما في الصيف، تسمح الفتحات العلوية بخروج الهواء الدافئ إلى الخارج، أما الفتحات السفلية فيمكن أن تكون مفتوحة للغرفة لتوفير تهوية أو للخارج لتوفير تبريد للألواح الكهروضوئية فقط.



شكل (٧): الأداء الموسمي. أنظمة التهوية الأفقية (السهام الزرقاء) والرأسية (السهام الحمراء) التي تعمل مع نظام الأنابيب المدفونة (السهام الزرقاء على اليمين). المصدر: الوكالة الدولية للطاقة (IEA)

ويتميز المبنى بسعة حرارية عالية وتثبيت خارجي للألواح الكهروضوئية على الجدران والسقف، حيث تحتوى الواجهة الجنوبية على ١٠٠ m2 من الوحدات الكهروضوئية الشمسية ومعظم التزجيج، ويتم توفير مساحة إضافية للتدفئة بمساحة ١٦ مترًا مربعًا من الطاقة الشمسية الحرارية المثبتة على السقف.
تقوم ألواح الطاقة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة بتزويد الكهرباء بقدرة تبلغ ١٨ كيلو وات kWp (خرج الطاقة المقدّر في ظروف الاختبار القياسية)، كما توجد لوحات إضافية في موقف للسيارات، حيث توفر أيضًا الظل.
يفي النظام بأكمله بمتطلبات التدفئة البالغة ٦.٦ كيلو واط / متر مربع ومتطلبات التبريد البالغة ٢٥ كيلو واط في الساعة / متر مربع، ويبلغ استخدام الكهرباء السنوي للمبنى حوالي ١٧ كيلو واط / متر مربع، منها ١٢ كيلو واط / متر مربع من الألواح الكهروضوئية، بينما يتبقى ٣٠ في المائة يتم سحبها من الشبكة الوطنية.
يتم تشجيع الإضاءة الطبيعية، ففي وسط المبنى، تقوم فتحة السقف بتوفير الضوء للممرات والغرف المواجهة للشمال في جميع الطوابق الثلاثة، وليست هناك حاجة لنظام تبريد نشط (يعمل بالطاقة)، وتقع الستائر المعدنية خارج الزجاج للحد من الاكتساب الشمسي المباشر، كما يتم تعزيز التهوية الطبيعية من خلال استخدام الفتحات في الواجهة وبين الفراغات الداخلية، جنبًا إلى جنب مع النوافذ الموجودة على مستوى السقف، مما يساعد على توفير حركة الرياح وتأثير المداخن.
يتم توفير التهوية المساعدة عن طريق الحمل الحراري من فقدان الحرارة عن طريق الوحدات الكهروضوئية، ولتكملة ذلك في موسم التبريد، يمكن عمل تبريد مسبق للهواء الداخل عن طريق سحبه بواسطة مراوح صغيرة من خلال مجموعة من الأنابيب تحت الأرض، والفتحات قابلة للتعديل، ويسمح للهواء بالارتفاع من خلال المنارة المركزية جيدًا.
مخارج الهواء قابلة للتشغيل يدويًا، ويحتاج الموظفون إلى تعلم كيفية استخدامها، أما في المباني الأخرى، فيمكن أن تعمل هذه الفتحات تلقائيًا، وتحكمها أجهزة استشعار، وقد تم عمل استبيان لشاغلي المبنى وأعربوا عن ارتياحهم بنسبة تتراوح من ٧٠ إلى ٩٥ في المائة لجوانب جودة الهواء ودرجة الحرارة.

٨-١-٢ مآخذ الهواء للتهوية والتبريد كما فى المبنى الإدارى السلبي Energon في أولم، ألمانيا {14}.

هو مبنى مثلث مكون من خمسة طوابق، وله واجهة منحنية تحيط بالأتريوم المغطى بالزجاج في المركز، وهذا يوفر التهوية، وضوء النهار، وتوجد مآخذ للهواء خارج المبنى كما فى شكل (٨)، والمبنى عبارة عن هيكل إنشائى من الخرسانة المسلحة مع واجهات مصنوعة من عناصر خشبية مسبقة الصنع ذات أبعاد متساوية إلى حد كبير، ويبلغ سمك العزل ٢٠ سم أسفل بلاطة الأساسات، ٣٥ سم في الواجهة، حتى ٥٠ سم في السطح، والنوافذ معزولة حراريا ثلاثية الزجاج، كما تساعد المضخات الحرارية والمخازن الحرارية على تخفيف درجة الحرارة.

شكل (٨): مآخذ الهواء للتهوية والتبريد خارج المبنى الإدارى السلبي Energon في أولم، ألمانيا.
المصدر: الوكالة الدولية للطاقة (IEA)

٨-١-٣ نظام تظليل الشمس الديناميكي كما فى الحرم الجامعي الجديد لكلية إيمرسون في هوليوود {15}.

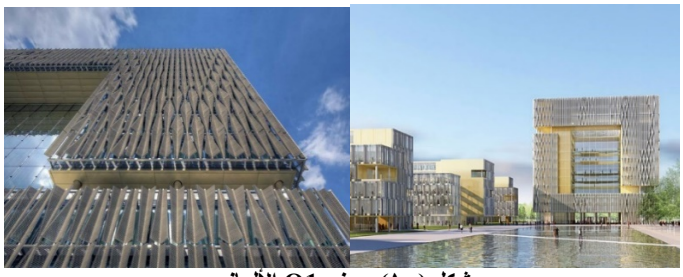
تم بناء هذا المبنى الموضح فى شكل (٩)، والمكون من ١٠ طوابق على مدى عامين مقابل ٨٥ مليون دولار، ويمكن أن يستوعب ما يصل إلى ٢١٧ طالبًا جامعيًا في برجين عموديين فضيين يعملان كإطار لمركز التعليم الذى يأخذ الشكل المنحني، ويتم تغليف الحرم الزجاجي والمعدني بنظام تظليل الشمس الديناميكي لتخفيف وهج الحرارة الشمسية والإبهار، وعلى أمل الحصول على شهادة LEED Gold ، قام المهندسون المعماريون أيضًا بدمج ميزات مستدامة أخرى بما في ذلك الجدار الأخضر الحي.

شكل (٩): الحرم الجامعي الجديد لكلية إيمرسون في هوليوود

المصدر: https://inhabitat.com/morphosis-spectacularly-swanky-emerson-college-campus-set-to-open-in-hollywood/

٨-١-٤ نظام متطور للتظليل الشمسى كما فى مبنى Q1 الألماني {16}.

تعد الواجهة المعدنية المعقدة لمبنى Q1 الجديد في مدينة إيسن بألمانيا بمثابة نظام متطور للتظليل الشمسى، كما هو موضح فى شكل (١٠)، ويعد الهيكل المعدني المفتوح المصمم من قبل JSWD Architetken، بمثابة إطار بانورامي متعدد المستويات يمتد على كامل المبنى، ويوفر هذا النظام الفريد من نوعه للشركة أموالاً لا تعد ولا تحصى يمكن إنفاقها على الطاقة والتحكم في المناخ.



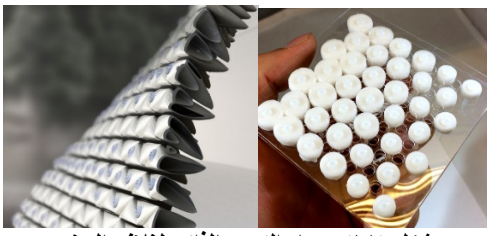
شكل (١٠): مبنى Q1 الألماني

المصدر: http://arquitectura.estudioquagliata.com/tag/jswd-architekten

ويتكون نظام التظليل من حوالي ٤٠٠٠٠٠ "ريشة" من المعدن، تم تثبيتها في ٣١٥٠ ساق متحركة من الفولاذ المقاوم للصدأ (stainless steel)، والتي تتحرك وتتنفس مع لمس وحدة التحكم، وهذه الريش من الفولاذ المقاوم للصدأ تقوم بالعديد من الوظائف كتحويل الواجهة للسماح للضوء بدخول المبنى بنسبة أقل أو أكثر، كما يمكن إغلاق ١.٢٨٠ عنصر مزود بمحرك لتكوين غلاف مصمت أو تتبع موضع الشمس أو أن تكون مفتوحة بالكامل للسماح بحد أقصى من التعرض لأشعة الشمس، وتحجب العناصر المعدنية الشمس القاسية مع الحفاظ على برودة الداخل، مما يقلل من الحاجة إلى تكييف الهواء والتحكم في المناخ، ويمكن القول بأن المبنى يجمع بنجاح بين التصميم المعماري المتطور ونظام بناء مبتكر ومستدام وموفر للطاقة.

٨-١-٥ نظام تنظيم غلاف المبنى الذاتي الفعال Self-Activated Building Envelope Regulation (SABER) {17}.

يقدم الباحثون في جامعة كاليفورنيا - بيركلي تطوراً واعداً للمواد حيث تعمل Maria-Paz Gutierrez وفريقها البحثي في BIOMS مع المهندس الحيوي Luke Lee لتطوير SABER، وهو غشاء جديد للتبريد الذاتي يهدف إلى الالتفاف حول المباني بأداء مثل "الجلد" طبيعي التبريد، كما فى شكل (١١)، وهذا "الجلد" لا يحتاج إلى مصدر طاقة خارجي بل يتكون من صمامات وعدسات صغيرة الحجم تفتح وتغلق عن طريق أجهزة استشعار تستجيب للظروف الخارجية مثل الحرارة والضوء والرطوبة، وبهذه الطريقة تصبح واجهة المبنى (سواء كانت مطبقة على مقصورة صغيرة أو ملعبًا ضخمًا) تصبح ذاتية التنظيم، وهذا الغشاء لا يبرد الهواء كما تفعل مكيفات الهواء، بل ينظم الهواء الداخلي، مع استراتيجية سلبية أكثر انسجاما مع ما اعتمد عليه مصممو البناء في الماضي على نطاق واسع لتنظيم الظروف المناخية الصعبة، وتشبه Maria-Paz Gutierrez فكرة هذا الابتكار بالطريقة التي يعمل بها جلد الإنسان فتقول: "لقد بدأت الفكرة بهدف تكوين بشرة يمكنها أن تتنفس، مثل بشرتنا، يمكنها أن تفتح وتغلق مسامها، لتنظيم درجة الحرارة والرطوبة وظروف الإضاءة"، ويتطلع فريق BIOMS إلى جعل SABER بديلاً تكنولوجيًا منخفض التكلفة لاستخدامه في بلدان العالم النامي، حيث يرتفع استهلاك الطاقة بسرعة.



شكل (١١): مواد التبريد الذاتى لغلاف المبنى

المصدر: https://materialdistrict.com/article/saber-self-cooling-material/

٨-١-٦ المداخن الشمسية كما في المبنى الإدارى في مؤسسة أبحاث البناء، إنجلترا {14}.

يتم فتح "المداخن الشمسية" الموضحة فى شكل (١٢)، تلقائيًا عند الحاجة لإطلاق هواء ساخن غير مرغوب فيه، ويسمح ارتفاعها وتركيبها المعدني بتسخينها بواسطة أشعة الشمس، والتي تسخن الهواء داخليًا، فيرتفع من خلال المدخنة، ويسحب الهواء من داخل المبنى.

شكل (١٢): المداخن الشمسية في المبنى الإدارى في مؤسسة أبحاث البناء ، إنجلترا.

المصدر: مؤسسة أبحاث البناء (BRE)

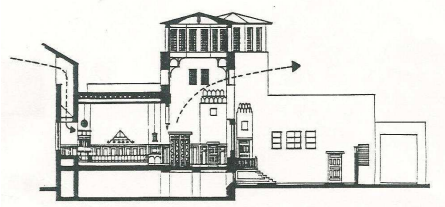
٨-١-٧ نظام الواجهات الواقية من الشمس (Sunscreen Facade System) {18}.

يستخدم فى المشاريع التجارية والسكنية ومشاريع المؤسسات، وهوعبارة عن شبكة منسوجة من الصلب غير القابل للصدأ (stainless steel)، ويتوفر منه العديد من الأشكال والألوان والأحجام والخامات التى يتم دمجها وتركيبها فى الشبكة الفولاذية كالزجاج والخشب والعديد من المواد الأخرى، بالإضافة إلى مستويات مختلفة من الشفافية، مما يعطى خيارات تصميمية غير محدودة، وهذا النوع من الأنظمة يوفر الراحة الحرارية (عن طريق الحماية من أشعة الشمس المباشرة)، كما يسمح بدخول ضوء النهار، بالإضافة إلى الحماية من الإبهار(Glare)، كما فى مركز (لاجوتا) الثقافى بأسبانيا، المبين فى شكل (١٣).

شكل (١٣): نظام الواجهات الواقية من الشمس بمركز (لاجوتا) الثقافى بأسبانيا

المصدر: Google search engine

٨-١-٨ استخدام الملاقف الهوائية: تعد الملاقف الهوائية أحد الحلول المعمارية الجيدة للتهوية الطبيعية وتحقيق الراحة الحرارية بالفراغات الداخلية، وقد انتشر استعمالها فى المناطق الحارة لتحقيق أفضل تهوية طبيعية والتحكم فى سرعة الهواء وتوزيعه داخل فراغات المبنى {19}، ويوضح شكل (١٤) قطاع فى ملقف هوائى فى أحد الفيلات بالمملكة العربية السعودية.



شكل (١٤): قطاع فى الملقف الهوائى المستخدم لتهوية فيلا بالمملكة العربية السعودية

المصدر: Samira Jamal Jamil, "The Architectural And Constructing Treatments For The Climatic And Environmental Factors, Assiut University, 2007, Journal Of Engineering, Vol. 35.

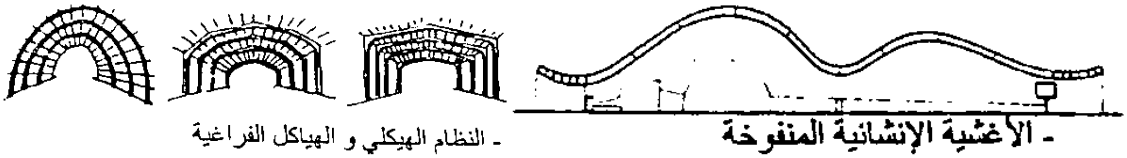
٨-١-٩ استخدام الأفنية الداخلية: الفناء الداخلى هو فراغ داخلى مكشوف، كما فى شكل (١٥)، يعمل كمنظم حرارى وعامل ملطف لدرجة الحرارة داخل المبنى، وذلك حيث يحتفظ بالهواء البارد بداخله أثناء الليل ثم يشعه إلى الفراغات الداخلية المطلة عليه أثناء النهار، حيث أن كثافة الهواء البارد أعلى من كثافة الهواء الساخن، وبالتالى فإن الهواء الساخن بفعل حرارة الشمس أثناء النهار يرتفع إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد المتجمع فى الليل، وبالتالى فإن الفناء الداخلى يعمل كخزان تبريد تستمر فاعليته إلى ساعة متأخرة من النهار، رغم مرور الهواء الساخن فوق الفناء، وبذلك تظل درجة حرارة الفراغات الداخلية أبرد من الخارج، ومن هنا نجد أن الفناء الداخلى يعمل كمعالجة تحقق الراحة الحرارية لشاغلى الفراغات {19}.

شكل (١٥): مسقط أفقى لمنزل بالفسطاط بالقاهرة، مبينا الفناء الداخلى.
المصدر: حسن فتحى "الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية"، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٨٨.

٨-٢ المعالجات المعمارية عن طريق أساليب الإنشاء

٨-٢-١ نظام التحكم في درجة حرارة قلب الخرسانة (concrete core temperature control) (CCTC) {20}.
بغض النظر عما إذا كان الجو دافئًا جدًا أو شديد البرودة - مع تقنية تكييف الغرف التقليدية، من الضروري دائمًا القيام بمقاومة فعالة، مثل التبريد أو التدفئة، ولكن ليس هذا هو الحال مع (CCTC)، (concrete core temperature control) والتى تعنى التحكم في درجة حرارة قلب الخرسانة: حيث يتم استخدام هيكل المبنى لتخزين الطاقة الحرارية، من أجل إطلاقها عند الحاجة.

٨-٢-٢ استخدام الأسقف الدورانية أو المائلة لتقليل شدة الإشعاع الشمسى بالإضافة إلى معالجة ترسب الأمطار على الأسطح، كما فى شكل (١٦).



شكل (١٦): استخدام الأسقف الدورانية

٨-٣ المعالجات المعمارية عن طريق مواد البناء

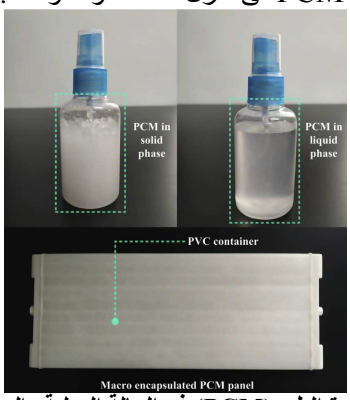
٨-٣-١ مواد ذات سعة حرارية عالية
يعتمد انتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل على السعة الحرارية (Heat Capacity) لمواد البناء وعلى سمك المادة، بحيث تتناسب قدرة المادة على الاحتفاظ بالحرارة وتأخير إعادة بثها إلى الداخل (وهو ما يسمى بالتخلف الزمنى Time Lag) تناسبا طرديا مع سمك المادة، فمثلا نجد أن مواد البناء التقليدية (كالطين والحجر) لها تخلف زمنى كبير، أو بمعنى آخر: مواد ذات سعة حرارية عالية، وذلك تبعا لنوع المادة وسمكها، وبالتالى فإن لهذه المواد القدرة على الاحتفاظ بالحرارة المكتسبة من الخارج لفترات طويلة خلال النهار ثم إعادة بثها إلى الداخل فى الليل بعد غياب مصدر الحرارة، وبذلك يتم تحقيق الاتزان الحرارى (Thermal Equilibrium) بين الحرارة المكتسبة والمفقودة خلال غلاف المبنى (الجدران والسقف) مما يعمل على توزيع الحرارة بانتظام داخل المبنى وتوفير بيئة داخلية مريحة حراريا {7}، ومن هنا يتضح أن المواد البنائية المحيطة بساكنى المنشآت هامة جدا لتوفير الوقاية من الحر والبرد، وهى فى هذه الحال بمثابة معالجة حرارية، ومن أمثلتها، الخشب.

٨-٣-٢ مواد العزل الحرارى: بالنسبة لبعض مواد البناء الأخرى التى ليست لها نفس الخصائص فإن الحرارة المتسربة إلى المبنى عن طريق الحوائط والأرضيات والنوافذ والأسقف، تزيد الحمل الحرارى داخل المبنى، لذا فإنه من الممكن اللجوء إلى حلول أخرى منها: العزل الحرارى وذلك عن طريق إضافة مادة عازلة للحرارة فى الأسقف أو الأرضيات أو الحوائط، لتقليل الحرارة المتسربة للداخل، ومن ثم تحقيق الراحة الحرارية بالفراغ الداخلى، مع تقليل الطاقة المستهلكة فى عملية التبريد الميكانيكية، وفيما يلى استعراض لبعض مواد العزل الحرارى كمعالجة معمارية عن طريق مواد البناء لتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية:

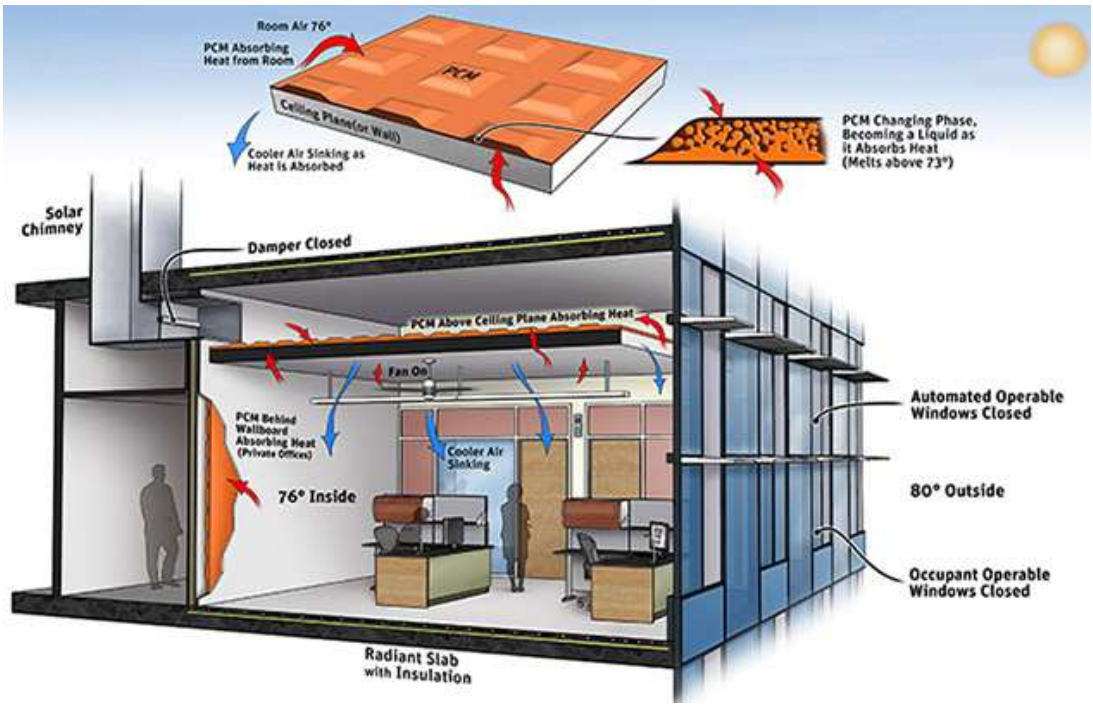
٨-٣-٢-١ ألواح العزل الفراغى - Vacuum Insulation Panels (VIPs): تعتبر ألواح العزل الفراغي (VIPS) واحدة من أفضل حلول العزل الحراري أداءً، حيث يفوق أدائها الحراري من ثلاثة إلى ستة أضعاف عزل الهواء الساكن، كما أنها تحقق العزل الفعال دون التضحية بجماليات التصميم، حيث يتم تطبيق فراغ على مادة مسامية صغيرة مغلفة، تقدم في غلاف نحيف، و توفر أداء حراري يعادل ثمانية إلى عشرة أضعاف سمك العزل من الصوف المعدني المستخدم عادة في موقع البناء، كما هو موضح فى شكل (١٧)، مما ينتج عنه إمكانات كبيرة للجمع بين تقليل استهلاك الطاقة في المباني والحصول على منشآت رقيقة (ذات غلاف خارجى رقيق وغير سميك).

شكل (١٧): يتطلب الصوف المعدني سماكة من ثمانية إلى ١٠ أضعاف لتوفير قيمة العزل المكافئة للوحة العزل الفراغية (VIP).
المصدر: https://www.constructionspecifier.com/meeting-efficiency-codes-without-compromising-design/

٨-٣-٢-٢ المواد متغيرة الطور- phase_change material (PCM): المواد متغيرة الطور (PCM) عبارة عن مواد تقوم بامتصاص كمية كبيرة من الحرارة عند تغير الطور (صلب/سائل) وتقوم بإطلاقها عند التصلب، لذلك فإن إحدى استخدامات المواد متغيرة الطور هي تخزين الطاقة الحرارية، حيث يمكن للمواد متغيرة الطور المدمجة مع مواد البناء أن تزيد من العزل الحرارى للأبنية وأن تخفض الطاقة اللازمة للتدفئة والتبريد، ويتوفر العديد من المواد متغيرة الطور ذات الخصائص الحرارية المختلفة، كما تتوفر طرق عديدة لاحتوائها {8}، وتقوم مواد تغيير الطور (PCM) (التي تتغير بين الحالة الصلبة والسائلة بالقرب من درجة حرارة الغرفة لتحسن من سعة التخزين الحراري لمواد البناء التقليدية)، تقوم بتخزين الطاقة الحرارية في شكل حرارة كامنة عندما تتعرض لدرجات حرارة تتجاوز درجة انصهارها، ويوضح شكل (١٨) أشكال مختلفة لمادة متغيرة الطورPCM فى الحالة الصلبة والحالة السائلة وفى حالة الألواح المغلفة، كما يوضح شكل (١٩): قطاع فى فراغ تم استخدام مادة PCM فى عزل السقف والحوائط به.



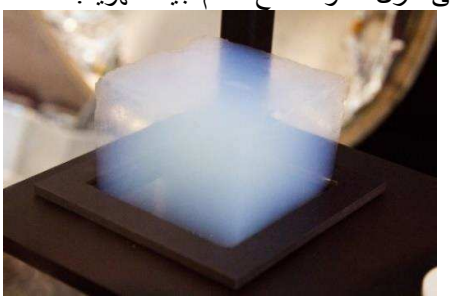
شكل (١٨): أشكال مختلفة لمادة متغيرة الطور(PCM) فى الحالة الصلبة والحالة السائلة وفى حالة الألواح المغلفة.
المصدر: "Reduced-scale experiments on the thermal performance of phase change m aterial wallboard in different climate conditions", Building and Environment, June 2019.



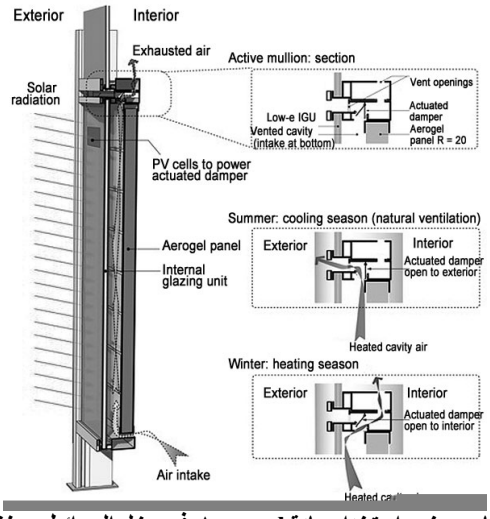
شكل (١٩): قطاع يوضح استخدام مادة PCM فى عزل السقف والحوائط
المصدر: Google search engine

٨-٣-٢-٣ الهلاميات الهوائية العازلة للحرارة - (Aerogel).

الهلاميات الهوائية هى مواد ذات مسامية عالية، وكثافة قليلة، وتتكون من ٩٠% إلى ٩٩.٨% هواء، وتتراوح كثافتها بين ٣ إلى ١٥٠ ملجم/ سم٣، وتكون بحالة جامدة تشبه الهلام مع الفارق أن بها هواء بدلا من السائل، وهى ذات طبيعة شبه شفافة وذلك كما فى شكل (٢٠)، ولذا تلقب بالدخان المثلج، والدخان الجامد، والدخان الأزرق، وتعتمد فكرة تصنيعها على إحلال الهواء محل السائل السيليكونى المستخدم فى التحضير {9}، وحتى الآن يتم تصنيع معظم هذه الهلاميات من السيليكا، أو البوليمرات العضوية المكلورة (المتحللة بالتسخين تحت درجة حرارة عالية جدا{21}، ويوضح شكل (٢١) قطاع تم فيه استخدام مادة Aerogel فى عزل الحوائط مع نظام جيد للتهوية.



شكل (٢٠): مادة الهلام الهوائى النانوية (Aerogel)
المصدر: أكرم عبد اللطيف، وآخرون. "تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني."، المؤتمر العلمي الدولي الثاني : البناء والطاقة والعمران، تحديات راهنة وحلول مستقبلية. القرية الذكية، ٢٠١٧.



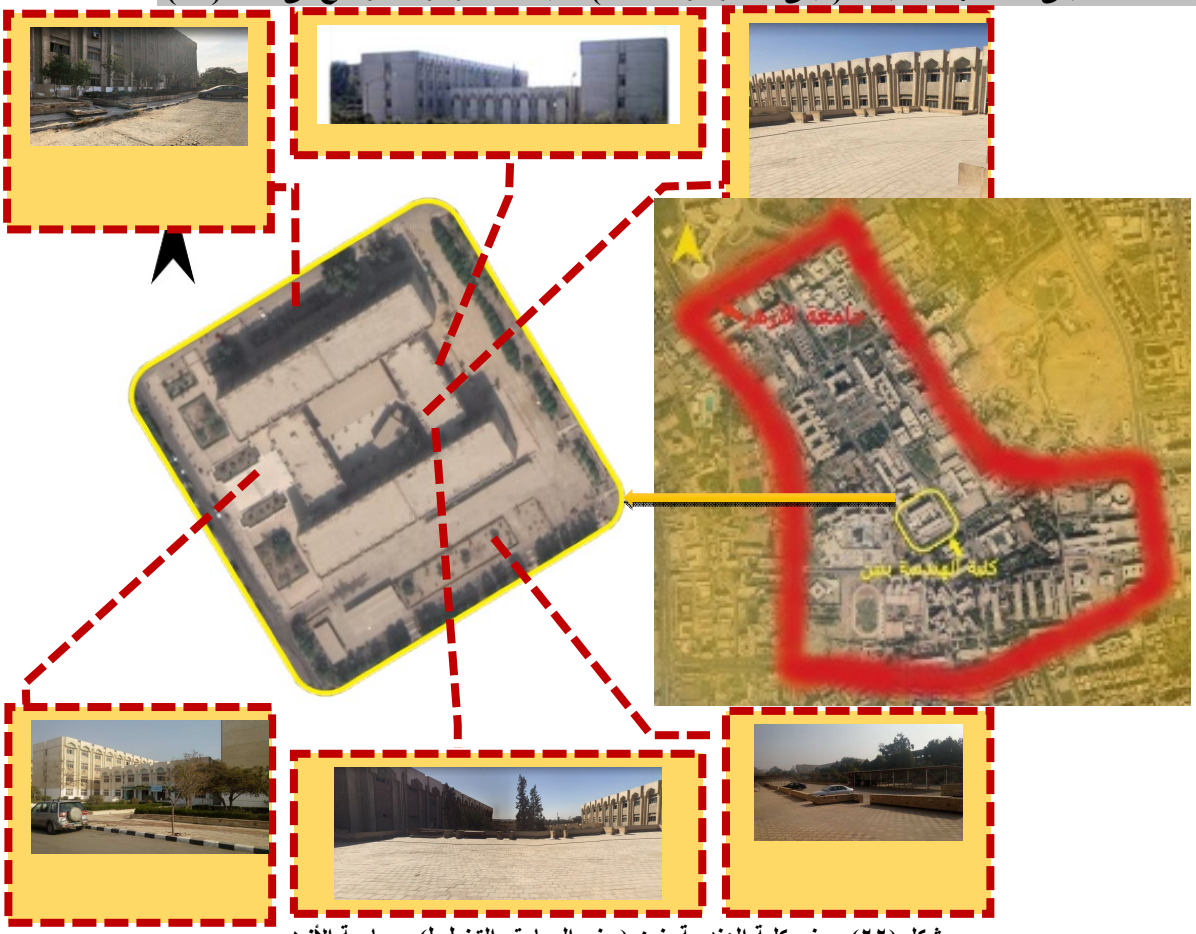
شكل (٢١): قطاع يوضح استخدام مادة Aerogel فى عزل الحوائط مع نظام جيد للتهوية

المصدر: David Thorpe, "How to Save Millions on Air Conditioning by Designing Passively Cooled Buildings".

٧. الدراسة التطبيقية

تهدف دراسة الحالة إلى رصد بعض الحلول المعمارية التى تم مراعاتها فى مبنى كلية الهندسة بنين (مبنى العمارة والتخطيط) لمواجهة أثر تغير المناخ وتحقيق الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية والخارجية للمبنى، واقتراح بعض الحلول الأخرى مما لم يتم مراعاته بالمبنى، للوصول بفراغاته الداخلية والخارجية إلى المستوى المناسب من تحقيق الراحة الحرارية لمستخدمى المبنى، وبالتالى رفع جودة حياتهم مما يؤثر على حالتهم الصحية والنفسية وبالتالى مستوى الأداء.

دراسة حالة مبنى كلية الهندسة بنين (مبنى العمارة والتخطيط) – جامعة الأزهر، الموضح فى شكل (٢٢).



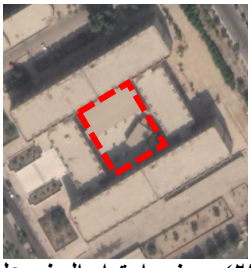
شكل (٢٢): مبنى كلية الهندسة بنين (مبنى العمارة والتخطيط) – جامعة الأزهر

٩-١ رصد الحلول المعمارية التى تم مراعاتها فى المبنى

٩-١-١ الراحة الحرارية فى الفراغات الخارجية (Thermal Comfort in the External Spaces)

٩-١-١-١ المعالجات المعمارية عن طريق الوسائل التصميمية

استخدام الأفنية الداخلية: يحتوى المبنى على فناء داخلى كما فى شكل (٢٣).



شكل (٢٣): يوضح احتواء المبنى على فناء داخلى

٩-١-٢ الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية (Thermal Comfort in the Internal Spaces)

٩-١-٢-١ المعالجات المعمارية عن طريق الوسائل التصميمية

التهوية الطبيعية (Natural Ventilation): تعتمد فراغات المبنى على التهوية الطبيعية بشكل أساسى عن طريق الفتحات والنوافذ، كما فى شكل (٢٤).

شكل (٢٤): التهوية الطبيعية عن طريق الفتحات والنوافذ

٩-١-٢-٢ المعالجات المعمارية عن طريق مواد البناء

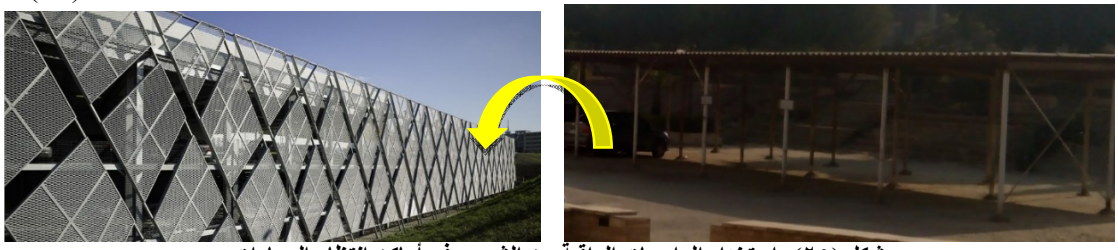
المواد ذات السعة الحرارية العالية: مثل الخشب، فقد تم استخدامه فى بعض الديكورات الداخلية عند مدخل المبنى كما استخدم أيضا فى الأرضيات وتجاليد الحوائط لبعض الفراغات الداخلية بالمبنى، بالإضافة إلى الأبواب الخشبية وقطع الأثاث.

٩-٢ الحلول المعمارية المقترحة

٩-٢-١ الراحة الحرارية فى الفراغات الخارجية (Thermal Comfort in the External Spaces)

٩-٢-١-١ المعالجات المعمارية عن طريق الوسائل التصميمية

نظام الواجهات الواقية من الشمس (Sunscreen Facade System): يمكن إحاطة مظلات انتظار السيارات بالواجهات الواقية من الشمس من الجهات الثلاث بحيث يوفر الحماية من أشعة الشمس المباشرة، كما فى شكل (٢٥).

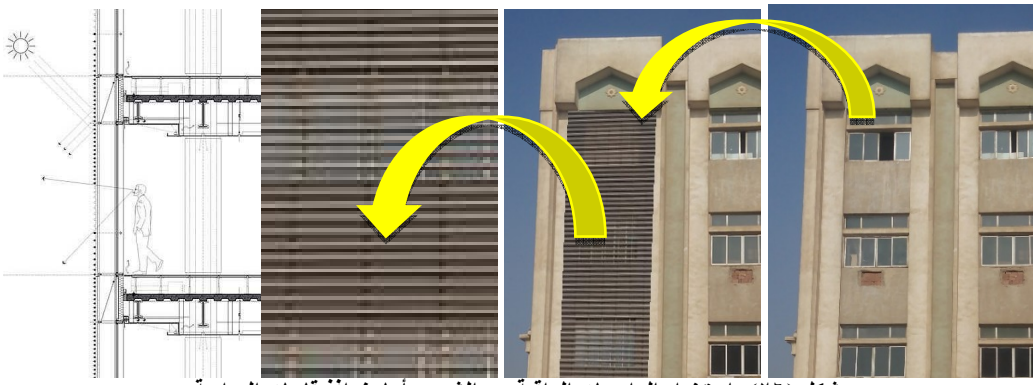


شكل (٢٥): استخدام الواجهات الواقية من الشمس فى أماكن انتظار السيارات

٩-٢-٢ الراحة الحرارية فى الفراغات الداخلية (Thermal Comfort in the Internal Spaces)

٩-٢-٢-١ المعالجات المعمارية عن طريق الوسائل التصميمية

نظام الواجهات الواقية من الشمس (Sunscreen Facade System): يمكن استخدامها على الحوائط الخارجية ذات النوافذ للحماية من أشعة الشمس المباشرة والسماح بدخول ضوء النهار، بالإضافة إلى الحماية من الإبهار(Glare)، وبصفة خاصة فى القاعات الدراسية، كما هو موضح فى شكل (٢٦).



شكل (٢٦): استخدام الواجهات الواقية من الشمس أمام نوافذ قاعات الدراسة

نظام التظليل الشمسى فى الواجهات (بدلا من نظام الواجهات الواقية من الشمس) لتغطية النوافذ والتحكم فى كمية الإضاءة والإشعاع الشمسى حسب الحاجة، كما هو موضح فى شكل (٢٧)، والفرق بين نظام الواجهات الواقية من الشمس ونظام التظليل الشمسى أن الأول نظام ساكن (Static)، بينما الثانى متحرك (Dynamic)، حيث تتحرك الريش المعدنية فتفتح أو تغلق حسب الحاجة.

شكل (٢٧): نظام التظليل الشمسى لتغطية النوافذ بواسطة ريش من المعدن تفتح وتغلق حسب الحاجة

٩-٢-٢-٢ المعالجات المعمارية عن طريق مواد البناء

مواد العزل الحرارى: يمكن عزل الأسقف باستخدام ألواح العزل الفراغى - Vacuum Insulation Panels (VIPs)، وعزل الحوائط الخارجية باستخدام المواد متغيرة الطور- phase_change material (PCM).

النتائج

- يشير التغير المناخى الحادث فى مناخ القاهرة إلى أن درجة الحرارة تتجه إلى الإرتفاع الملحوظ، بينما تتجه الرطوبة النسبية إلى الإنخفاض الملحوظ، وتتغير كمية هطول المطر لكنها تسير نحو الإرتفاع، وبالنسبة لسرعة الرياح فإنها أيضا تزداد ولكن بنسبة قليلة.
- يؤثر التغير المناخى على البيئة بشكل عام، وعلى البيئة المعمارية والعمرانية بشكل خاص.
- تؤثر العوامل المناخية تأثيرا مباشرا على العمارة والعمران من حيث تصميم المبانى وتوجيهها وأنواع مواد البناء المستخدمة وخصائصها.
- عند رصد التغير المناخى لمناخ القاهرة فى العامين الماضيين، ومقارنته بمنطقة الراحة المثلى، وجد أن المتوسطات السنوية والقيم العظمى والصغرى تقع خارج منطقة الراحة الحرارية.
- يؤثر التغير الحادث فى المناخ تأثيرا سلبيا على الراحة الحرارية لمستخدمى الفراغات المعمارية والعمرانية، حيث يؤثر على صحة ونفسية المستخدمين.
- ينتج عن تغير المناخ انزعاج وعدم راحة فى الفراغات الداخلية والخارجية على حد سواء.
- يمكن مواجهة الأثر السلبى لتغير المناخ على البيئة العمرانية والمعمارية وتحقيق الراحة الحرارية فى فراغاتها الداخلية والخارجية عن طريق بعض المعالجات المعمارية على مستوى الأساليب التصميمية ومواد البناء وأساليب الإنشاء.
- تستخدم مواد العزل الحرارى لتقليل الاكتساب الحرارى وتحقيق الراحة فى الفراغات الداخلية.
- تحقق بعض مواد النانو العازلة عزل جيد للفراغات بسماكات أقل للحوائط.
- يستخدم التبريد التبخيرى لتحقيق الراحة فى الفراغات الخارجية.

التوصيات

- ينبغى ترشيد استهلاك الطاقة عن طريق التحكم فى الراحة الحرارية بمجموعة من الوسائل التصميمية ومواد البناء، وأيضا عن طريق أساليب الإنشاء المختلفة.
- ينبغى إعادة النظر فى المبانى القائمة التى لا تحقق الراحة الحرارية، واستخدام الأساليب الممكنة لتحقيق الراحة بها.

- يوصى باستخدام المواد ذات السعة الحرارية العالية كلما أمكن، أو التحكم فى اكتساب المواد للحرارة عن طريق إضافة مادة عازلة للحرارة.
- توجيه نظر المعماريين إلى استغلال التصميم المعمارى فى تحقيق المتطلبات الاقتصادية وتوفير الطاقة.
- يوصى بمزيد من الأبحاث عن مواد البناء التى تحمى الفراغات الداخلية من التأثر بالحرارة الخارجية.
- يوصى باستخدام عناصر تنسيق الموقع (كالمياه والنباتات) فى توفير راحة حرارية للفراغات الخارجية.
- ينبغى دراسة وتحليل مناخ المنطقة قبل البدء فى تصميم أى مشروع، ومراعاة التكيف المناخى مع البيئة المحيطة.
- على صانعى القرار فى الهيئات العمرانية، الأخذ فى الإعتبار وسائل تحقيق الراحة الحرارية فى البيئات المبنية.
- على التعليم المعمارى، التركيز على الفكر البيئى وتطبيق مفاهيمه.

المراجع

١. الحداد، محرم وآخرون، (٢٠١٠). "متطلبات مواجهة الأخطار المحتملة على مصر نتيجة للتغير المناخى العالمى"، جمهورية مصر العربية، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية رقم (٢٢٥)، معهد التخطيط العمرانى.
٢. نخبة من خبراء الطاقة، (١٩٩٨). "دليل الطاقة والعمارة"، مصر، جهاز تخطيط الطاقة.
٣. شاهين، حجازى عرفات إسماعيل، (٢٠١٧). "توظيف التهوية الطبيعية فى عمارة المسكن الفلسطيني المعاصر"، رسالة ماجستير، برنامج الهندسة المعمارية، نابلس، فلسطين، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية.
٤. عبد السلام، على زين العابدين، (١٩٩٢). "تلوث البيئة"، المكتبة الأكاديمية.
٥. جابر، جابر عبد الحميد وآخرون، (١٩٩١). "علم النفس البيئى"، القاهرة، دار النهضة العربية.
٦. العيسوى، عبد الرحمن، (٢٠٠٩). "أصول علم النفس البيئى"، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، دار المعرفة الجامعية.
٧. محمد، ميساء ازيارة، (٢٠١٠). "السبل التخطيطية والتصميمية لتحقيق مبادئ الاستدامة التقليدية فى عمارة الإسكان المحلية المستقبلية"، قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة بغداد، بغداد، مجلة الهندسة، المجلد ١٦.
٨. أحمد، مها، (٢٠١٦). "اختيار المواد متغيرة الطور (PCM) من أجل تكييف هواء المنازل فى فصل الصيف"، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد٣٨.
٩. فاروق، أكرم وآخرون، (٢٠١٧). "تطبيقات تكنولوجيا النانو لتحقيق كفاءة إدارة الطاقة بالمباني"، القرية الذكية، المؤتمر العلمي الدولي الثاني: البناء والطاقة والعمران، تحديات راهنة وحلول مستقبلية.
10. Http://Al3loom.Com/?P=11369
11. Https://Www.Arabiaweather.Com/Ar/Content/
12. Http://Www.Uobabylon.Edu.Iq/Uobcoleges/Lecture.Aspx?Fid=10&Lcid=10774 .
13. Meterological Conversions And Calculations, National Weather Service, Https://Www.Wpc.Ncep.Noaa.Gov/Html/Heatindex.Shtml
14. Https://Www.Smartcitiesdive.Com/Ex/Sustainablecitiescollective/Three-Office-Buildings-Using-Passive-Heating-And-Cooling-Design/1088807/. Author: David Thorpe.
15. Morphosis Spectacular Emerson College Campus Set To Open In Hollywood, Lucywang, Https://Inhabitat.Com/Morphosis-Spectacularly-Swanky-Emerson-College-Campus-Set-To-Open-In-Hollywood/
16. Q1, Thyssenkrupp Quarter Essen/ Jswd Architekten +Chaix & Morelet Associes, Noticias Arquitectura, Http://Arquitectura.Estudioquagliata.Com/Tag/Jswd-Architekten
17. Saber: The Self-Cooling Material, Https://Materialdistrict.Com/Article/Saber-Self-Cooling-Material/
18. SunScreen,Fabric,Shildan,Https://Www.Archdaily.Com/Catalog/Us/Products/7271/SunscreenFabrikShildan?Ad_Source=Neufert&Ad_Medium=Gallery&Ad_Name=Close-Gallery

19. Jamil, Samira Jamal, (2007). "The Architectural And Constructing Treatments For The Climatic And Environmental Factors", Assiut University, Journal Of Engineering.
20. Concrete – With Quality Temperature Control, Energy Research For Application,Http://Www.Bine.Info/En/Publications/Publikation/Thermoaktive-Bauteilsysteme/Beton-Temperiert-Gut/
21. Islam, Mohammad F. And Others, (2007). “Carbon Nanotube Aerogels”, Wiley Interscience.