تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية في المباني العامة

طالبة الماجستير: م. نور حسين كلية الهندسة المعمارية – جامعة البعث
إشراف الدكتور: أ.د طالب ديوب

الملخص:

سيتناول هذا البحث استقصاء استراتيجيات تنظيم الهواء في الطبيعة من أجل تنفيذها في أنظمة التهوية لبناء أغلفة المباني، حيث تقوم العديد من الكائنات الحية في الطبيعة بتبادل الهواء لتزويد أنسجتها الحيوية بالأكسجين، عن طريق وسائل مباشرة أو غير مباشرة. تطورت أنظمة وهياكل مختلفة من الجهاز التنفسي لأداء وتسهيل عمليات تبادل الهواء. سوف يتم التحدث عن بعض الاستراتيجيات المختارة لتبادل الهواء وحركته في الطبيعة للكائنات الحية، مع التركيز على انتشار الهواء والحمل الحراري (انتقال الحرارة) وفرق الضغط. يتم تلخيص الوظائف والعمليات والعوامل التي تم بحثها في نماذج استكشاف الحلول. تم الاعتماد في أدوات البحث على الدراسات السابقة و المراجع عن استراتيجيات التهوية و التجارب المعتمدة لتحليل و دراسة اساليب التهوية المتبعة للكائنات الحية، ثم استنباط طرق و أساليب التهوية و إمكانية اتباعها في التصاميم البشرية، ثم تحليل مباني اتبعت النهج القائم على الحلول من تلال النمل الأبيض لتسليط الضوء على استراتيجيات يمكن تطبيقها في المباني للحصول الى مباني أكثر استدامة.

الكلمات المفتاحية: أنظمة التهوية للكائنات الحية، تلال النمل الأبيض، النهج القائم على الحل.

Application of ventilation system for living organisms in public buildings

Abstract:

Air regulation strategies in nature will be investigated for implementation in ventilation systems for building envelopes, as

many organisms in nature exchange air to supply their vital tissues with oxygen, by direct or indirect means. Various systems and structures of the respiratory system have evolved to perform and facilitate air exchange processes. Some selected strategies for air exchange and movement in nature for living organisms will be discussed, with emphasis on air diffusion, convection (heat transfer) and pressure difference. The functions, processes, and factors considered are summarized in solutions exploration models.

The research tools depended on previous studies and references on ventilation strategies and experiments adopted to analyze and study the ventilation methods used by living organisms underground. Then devising the methods and methods of ventilation and the possibility of adopting them in human designs, then analyzing the buildings that followed the solutions-based approach from the termite mounds to highlight strategies that can be applied in the buildings to obtain more sustainable buildings.

Keywords: incubation systems for living organisms, termite mounds, solution-based approach

المقدمة:

لتطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية تحت الأرض يجب تحديد المشكلة الموجودة في المبنى التي نريد حلها وذلك وفقا للنهج القائم على حل المشكلة. تركز تطورات نظام التهوية الحالية على تقليل مشاكل جودة الهواء الداخلي بأقل استخدام للطاقة [2][1].

يعد تبادل الهواء وحركته من الوظائف المهمة في الطبيعة، حيث تحتاج الكائنات إلى الأكسجين للبقاء على قيد الحياة. إن الحلول الفعالة ذات التأثير الهام في الطبيعة قد تعزز تصميم أنظمة التهوية الهجينة المبتكرة لبناء اغلفة المباني، وتؤدي إلى جودة هواء داخلية أفضل مع استهلاك أقل للطاقة.

سوف يتم استقصاء استراتيجيات تنظيم الهواء في الطبيعة من أجل تنفيذها في أنظمة التهوية لبناء أغلفة المباني، بناءً على منهجية التصميم الحيوي التي سيتم تم ذكرها، حيث تقوم العديد من الكائنات الحية في الطبيعة بتبادل الهواء لتزويد أنسجتها الحيوية بالأكسجين، عن طريق وسائل مباشرة أو غير مباشرة. تطورت أنظمة وهياكل مختلفة من الجهاز التنفسي لأداء وتسهيل عمليات تبادل الهواء. سوف يتم التحدث عن بعض الاستراتيجيات المختارة لتبادل الهواء وحركته في الطبيعة للكائنات الحية، مع التركيز على انتشار الهواء والحمل الحراري (انتقال الحرارة) وفرق الضغط. سوف يتم تلخيص الوظائف والعمليات والعوامل التي تم بحثها في نماذج استكشاف الحلول.

مثال على نشوء مفهوم التصميم من أجل نظام تهوية هجين معتمد على المبادئ المستمدة من نموذج الاستكشاف ومصفوفة مسار التصميم قد بينت في القسم التالي.

يعمل مكون التهوية الفعال (active) كوسيلة للتنفس ولديه القدرة على التحكم في كمية الهواء التي تدخل وتخرج من خلاله.

هذا النظام عبارة عن مزيج من التهوية الطبيعية والميكانيكية حيث تخلق مكونات هذا النظام اختلافات في الضغط والتي تقوم بسحب وامتصاص الهواء من خلال الغلاف البنيوي. يعتمد مكون التهوية المنفعلة (passive) على مبادئ القوانين الفيزيائية الموجودة في تلال النمل الأبيض وما يسمى الجهاز القصبي أو الرغامي أو ما يشابهه في الحشرات. تم تكييف السمات المعمارية للأنظمة البيولوجية مع هذا النظام لتسهيل تبادل الهواء بشكل منفعل [1] [2].

1-Addington, D 2000-The history and future of ventilation.

2- ASHRAE, S 2004-The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality. Atlanta, GA, 62p

أولاً: إشكالية البحث: افتقار الحقل المعماري إلى طرق واضحة يمكن الاعتماد عليها في تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية لتعزيز الحلول المستدامة لتصميم مباني أكثر استدامة.

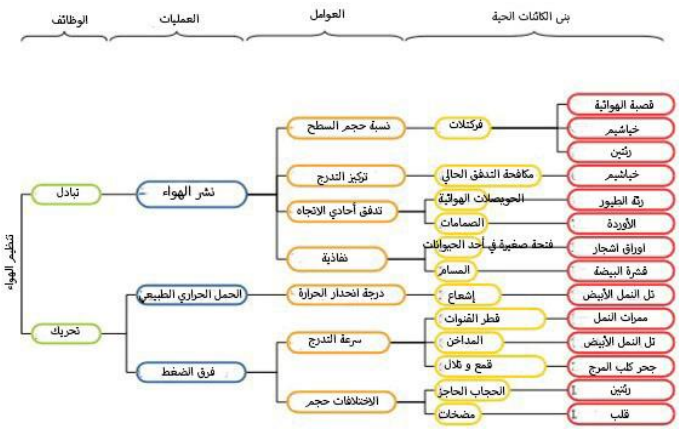
ثانياً: هدف البحث: شرح كيفية تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية على تصميم المباني العامة للحصول على مباني أكثر استدامة وكفاءة.

رابعاً: منهجية البحث: يعتمد البحث على المنهجين التجميعي والتحليلي، حيث تم الاعتماد في الدراسة النظرية على الأسلوب التجميعي للقاعدة النظرية القائمة على التعريف بالتصميم الحيوي للكائنات الحية والتصنيفات في مستوى التصميم الحيوي للكائنات الحية، ودارسة كيفية تطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية بالطريقة القائمة على الحل، وفي الدراسة التحليلية تم الاعتماد على تحليل مباني عامة عالمية اتبعت الطريقة القائمة على الحل البيولوجي من تلال النمل الأبيض للحصول على مباني بيئية أكثر استدامة.

1- طرق تنظيم الهواء في الطبيعة: تتم عملية تبادل الهواء عن طريق الانتشار، وتم توضيحها في القسم التالي حيث طورت الكائنات الحية استراتيجيات متنوعة للحفاظ على مستويات تركيز الهواء المطلوبة سواء في أجسامها أو في البيئة المحيطة المباشرة (مثل تلك الموجودة في منازلهم أو هياكلهم). لتنظيم الهواء ثلاث طرق:

أ- تبادل الهواء عبر الانتشار. ب-حركة الهواء عبر الحمل الحراري الطبيعي. ج- حركة الهواء عن طريق الضغط.

2- نموذج استكشاف لتنظيم الهواء في الطبيعة: يستند استكشاف تنظيم الهواء في الطبيعة إلى وظيفتين: تبادل الهواء وحركة الهواء الشكل (2). تتضمن كل وظيفة عمليات مختلفة، حيث يشار إلى بعضها في نموذج الاستكشاف لتنظيم الهواء الشكل (2) يتم تصنيف نموذج الاستكشاف على أساس أربعة مستويات. على المستوى الأول، يتم تحديد الجوانب الوظيفية: تبادل الهواء وحركة الهواء. يصنف المستوى الثاني من الاستكشاف العمليات التي تؤثر على الجوانب الوظيفية المحددة، على سبيل المثال الحمل الحراري الطبيعي. على المستوى الثالث، يتم استكشاف العوامل المؤثرة التي تؤثر على تلك العمليات في المستوى السابق على سبيل المثال تدرج درجة الحرارة. تؤدي هذه العوامل إلى المستوى الرابع من الاستكشاف، حيث تمثل كل بنية وظيفة معينة.



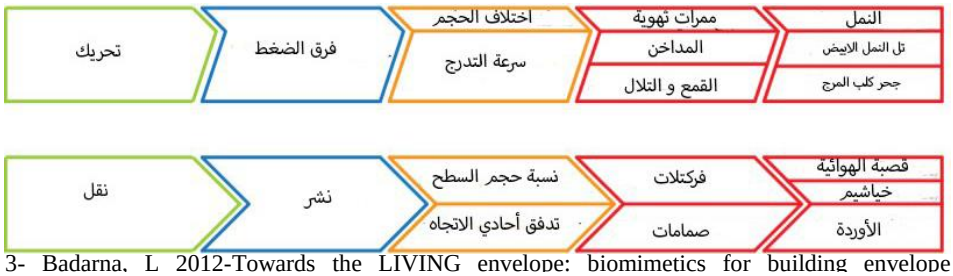
الشكل (2) نموذج استكشاف لتنظيم الهواء. [3] [3].

2-1-1-4 الخطوات المتبعة في تطبيق نظام التهوية للكائنات الحية في مجال البناء:

إن النظر في مبادئ التهوية المنفعلة إلى جانب مكونات التهوية الميكانيكية للتحكم بمثابة نهج واعد لتحقيق الكفاءة وزيادة رضا ساكني المبنى. يمكن تحقيق ذلك من خلال التبادل المنفعل للهواء دون المرور عبر الأنظمة الميكانيكية المعقدة، وتعزيز حركة الهواء عبر الوسائل الميكانيكية عندما يكون التبادل الهوائي المنفعل غير كافٍ. توضح الأقسام التالية مثالًا لتوليد مفهوم التصميم. تستند خطوات توليد المفاهيم إلى المنهجية السابقة التي تم شرحها. وذلك وفق ما يلي:

أولاً: التعريف بمشكلة التصميم: تتمثل المشكلة المحددة في التصميم الحالي في توفير جودة مناسبة للهواء الداخلي من خلال غلاف المبنى باستخدام مبادئ التهوية المنفعلة والاستراتيجيات النشطة المختارة لتعزيز معدلات تبادل الهواء مع معدلات تدفق هواء مقبولة.

ثانياً: تحديد الحلول المثالي: "التهوية المنفعلة" هي في الأساس نقل الهواء من الداخل إلى الخارج واستبداله بهواء نقي من الخارج دون استخدام أنظمة ميكانيكية. وبالتالي، فإن حركة الهواء هي الوظيفة ذات الصلة التي يجب اختيارها من نموذج الاستكشاف.
العمليات المشابهة هي: (1) الحمل الحراري الطبيعي، حيث يكون التدرج الحراري ضروريًا لتنفيذ عملية التهوية، و (2) فرق الضغط، حيث تؤثر التدرجات السريعة وتغيرات الحجم على هذه العملية. "تعزيز تبادل الهواء" هو في الأساس لزيادة كفاءة تبادل الهواء. وبالتالي، فإن تبادل الهواء هو الوظيفة ذات الصلة التي يجب اختيارها من نموذج الاستكشاف (الشكل2). العملية المقابلة هي الانتشار، حيث يشار إلى أربعة عوامل مختلفة. أن الشكل يعرض المسارات المستخرجة من نموذج الاستكشاف المناسب لمشكلة



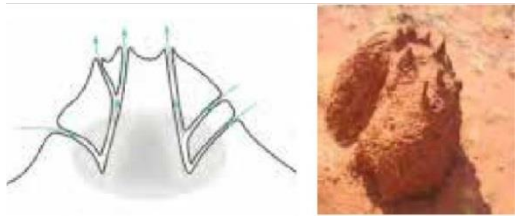
3- Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope
الشكل(3) مسارات التصميم التي تم استكشافها. [3]

التصميم [3] [4].

ثالثاً: تحليلات البنى المختارة:

حددت مشكلة التصميم عدة حلول من نموذج الاستكشاف لتنظيم الهواء: (1) تل النمل الأبيض، وجحر كلب البراري، ورئة الكائن في تحريك الهواء. (2) القصبة الهوائية والصمامات لتبادل الهواء، يتم استكشاف الحل، على أساس المنشورات ذات الصلة بعلم الأحياء، لتحديد الخطوط العريضة للهياكل المورفولوجية وخصائص عملية تبادل الهواء لتحديد التصميم الحالي. ويرد ملخص التحليل في القسم التالي.

أ- الحل: تل النمل الأبيض: هناك طريقتان متميزتان للتهوية، أكواخ ذات مداخن تهوية وفقًا لمبدأ بيرنولي (الشكل4)، وتلال ذات ممرات هوائية قريبة من السطح دون مداخن تقوم بالتهوية من خلال الحمل الحراري الطبيعي. وبالتالي، فإن التلة توازن بين تنظيم درجة الحرارة والتهوية. تحد مساحة السطح الصغيرة في الغابة من تبادل الغاز عبر التلة، وتحدث في الغالب عند قمة التل.[6][5].



الشكل (4) التهوية من خلال المداخن. اليسار (المقطع العرضي): المداخن تخلق ضغطًا أقل، وبالتالي تطرد الهواء للخارج، ونتيجة لذلك، يمتص الهواء من الجانبين. إلى اليمين: كومة من النمل الأبيض مع عدة مداخن.[3] [6]

ب- **الحل: جحر كلاب البراري:** كلاب البراري تشغل البيئات القاحلة، وتفضل المناطق الخالية من الغطاء النباتي وحواجز الرياح. وهم يعيشون في جحور طويلة وضيقة يبلغ قطرها حوالي 12 سم وطولها 10-30 متر وعمق 1-5 متر، مع 2-3 مداخل. على الرغم من كون الجحر طويلًا وضيقًا، حيث يبدو انتشار الهواء غير كافٍ، فلا يزال هناك تهوية مناسبة. نظرًا لهذا الإنجاز، تُعتبر كلاب البراري كحالة مميزة من بين الحفارين [11][7]. تستند آلية تحقيق هذه التهوية المناسبة إلى مبدأ برنولي: حيث

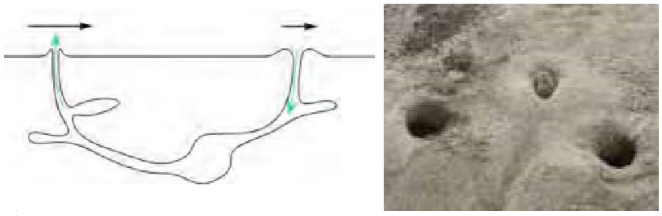
4- Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.

5 -Linsenmair, E 2000 Ventilation of termite mounds: new results require a new model Behavioral Ecology, Vol. 11.5, 486–494p.

6 -Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.

7 -Vogel, S 1973 Wind-induced ventilation of the burrow of the prairie-dog, Cynomys Laodiceans Behavioral Physiology, Vol.85.1, 1-14p.

تتدفق الرياح فوق سطح الأرض، يتم إنشاء تدرج سرعة يوفر مصدرًا محتملاً لانتشار الهواء. يولد كلب البراري تدرجات للضغط على سطح الأرض من خلال تشكيل فتحتين طرفيتين للجحر الواحد أحدهما مع تل حاد (الشكل، الفتحة اليسرى: ضغط منخفض؛ طرد الهواء) والثانية مع تل دائري (الشكل5، الفتحة اليمنى: أعلى الضغط؛ تمتص الهواء للداخل.



الشكل(5) اليسار:
مقطع عرضي من جحر كلب البراري حيث يُظهر فتحتين بأشكال مختلفة للتهوية التي تسببها الرياح. تولد الفتحة اليسرى ذات الكومة الحادة سرعة أعلى على السطح وتؤدي إلى خلق ضغط أقل، وبالتالي طرد الهواء إلى الخارج. الفتحة اليمنى و تكون ذات تلة قبة الشكل لها سرعة أقل من الكومة الحادة وينتج عنها ضغط أعلى، وبالتالي تمتص الهواء. يمينًا: يمكن تمييز أنواع الفتحات المختلفة؛ يمثل الوسط التلة الحادة، والفتحتان عند الحواف التي تمثل تل القبة.[4] [8]

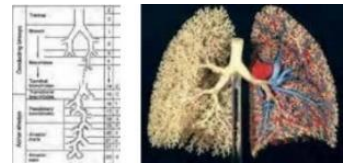
ج- الحل الثالث: رئتي الكائنات الحية: يمكن التمييز بين نوعين من انتشار الهواء في الرئتين: انتشار الهواء في الرئتين دون أي جهد والتهوية الرئوية بالتنفس. تم العثور على النوع الأول في الحيوانات الصغيرة نسبيًا (مثل القواقع والعقارب وبعض متساويات الأرجل). تعتبر التهوية الرئوية بالتنفس أمرًا شائعًا في الفقاريات، حيث يحدث الضخ النشط للهواء لإحداث تدفق الهواء للداخل والخارج (الشهيق والزفير). إن نشاط الشفط يسبب الاستنشاق، والذي يساعده الانقباض العضلي (الحجاب الحاجز)، ويتبعه الزفير بشكل منفعل من أجل تقليل العمل المطلوب للتنفس (مثل النشاط العضلي)، يظهر العديد من الثدييات والطيور التزامن بين التنفس والحركة. على سبيل المثال، لدى الخفافيش اقتران دقيق 1: 1 بين ضربات الجناح والتنفس. كما في الشكل التالي (7). ينتهي هذا النظام المتفرّع بأكياس صغيرة رفيعة غنية بالأوعية الدموية - الحويصلات الهوائية (حوالي 300 مليون حويصلة). يحدث تبادل الغازات في أغشية الحويصلات الهوائية، والتي تبلغ مساحتها الإجمالية 120-140 م 2 لتبادل الغازات. استنادًا إلى قانون Hess-Murray، يمكن توقع متوسط قطر المسالك الهوائية في كل فرع [12] [9].

الشكل (6) اليسار: أثناء الاستنشاق - ينقبض الحجاب الحاجز ويتسطح مع امتلاء الرئتين بالهواء. إلى اليمين: أثناء الزفير -

8- Debrester, D 2007-Prairie Dog Baby, http://www.flickr.com/

9 - Weibel, E 1963- Architecture of the human lungs, 585-577p.

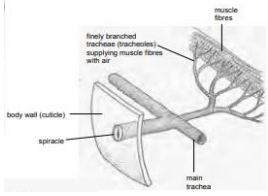
يرتاح الحجاب الحاجز ويتحرك لأعلى مع إطلاق الهواء.[4] [10] .



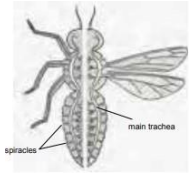
الشكل (7) اليسار: "نموذج من مجرى الهواء المتفرّع في الرئة البشرية عن طريق الانقسام المنتظم من القصبة الهوائية، يمينًا: "تُظهر تفرع قالب مجرى الهواء البشري الثنائي التفرع للقصبات الهوائية من لقصبة الهوائية والتقليل المنتظم لقطر وطول مجرى الهواء مع التفرع التدريجي[4].[11]

د- الحل الرابع: القصبة الهوائية: تغصنات وتفرعات لنقل الغاز بكفاءة: توجد أنظمة القصبة الهوائية في جميع الحشرات ومعظم سداسي الأرجل. ينقسم النظام إلى الكثير من الأنابيب الصغيرة التي تكون على اتصال مباشر بالعضلات والأعضاء. يعمل هذا النوع من النظام في أجسام يقل طولها عن 5 سم. يحدث تبادل الغازات في نظام القصبة الهوائية فقط عن طريق انتشار الهواء في الرئتين دون أي جهد، حيث يمكن أن تزيد حركات الجسم من انتشار الغازات في الداخل. المسام الصغيرة الموجودة على سطح الجسم، والتي تسمى الفتحات التنفسية، تربط نظام القصبة الهوائية بالجو كما الشكل (8).

الفتحات التنفسية (حتى 12 زوجًا) هي هياكل تفتح وتغلق استجابة لمتطلبات تبادل الغازات. تستجيب بشكل مستقل لتركيزات ثاني أكسيد الكربون، وتسمح باختراق كميات متغيرة من الغاز. بالإضافة إلى ذلك، لديهم تحكم دقيق في إدارة فقدان الماء لا تمتلئ الشعيرات الدموية الدقيقة في نظام القصبة الهوائية بالماء، بسبب جدرانها الداخلية الكارهة للماء والتي لها زاوية تلامس أكبر من 90 درجة (التعريف في الشكل التالي8). لذلك، يتم إخراج المياه من الأنابيب بالقوة بدلاً من سحبها [10][12].



الشكل (8) المقطع العرضي الشعري بداخله سائل



للأنبوب [7][13].

10- المصدر السابق 8

11- المصدر السابق 8

12 - Schmidt-Nielsen, K 2007-Animal physiology: adaptation and environment, New York: Cambridge University Press, 57-58p.

13 -Mackean, D G 2011-Insect structure and function, 5 p.

ه- الحل الخامس: الأوردة - تدفق أحادي الاتجاه:

تحمل الأوردة الدم غير المؤكسد باتجاه القلب. يتحرك الدم في الأوردة تحت ضغط منخفض، حيث يوفر وجود الصمامات تدفقًا أحادي الاتجاه ويمنع تدفق الدم مرة أخرى. الصمامات عبارة عن أغشية مرنة، يكون متصلة من أحد حافتيه بالوريد، والحافة الأخرى تكون حرة للسماح بالاتصال الكامل عند زيادة الضغط، وبالتالي منع عودة تدفق الدم في الأوردة [3] [14].

تحليل البنى: يرد في الجدول التالي ملخص لتحليل البنى الست المستخرجة من نموذج الاستكشاف، والذي يوفر دليلاً وظيفياً لعملية التصميم. حيث تمثل تلال النمل الأبيض، جحر كلب البراري، ورئتي الكائنات الحية بعض آليات حركة الهواء، وتمثل القصبة الهوائية بعض آليات تبادل الهواء، وتمثل الأوردة آلية التدفق أحادي الاتجاه.

الجدول (1) ملخص تحليل البنى للكائنات الحية المختارة [الباحثة].

استراتيجية الحل	آلية	المبدأ الرئيسي	الميزة الأساسية
تلال النمل الأبيض: نمل التلة يعدلون التهوية وفقا للتغيرات البيئية للتوازن	السمات الهيكلية للاحتفاظ أو تبديد الحرارة: التغيرات في سمك الجدار، ومادة السطح، وبروز النتوءات، والتوجيه، والمداخن، وممرات الهواء، والمسامية.	الحمل الحراري الطبيعي	المداخن والممرات الهوائية
جحور كلاب البراري يبنون هياكل ذات ميزات معمارية خاصة للحث على تدفق الهواء إلى جحورهم الضيقة الطويلة	إنها تخلق تدرجات سرعة على سطح الأرض من خلال تشكيل الفتحتين الطرفيتين للجحر، واحدة ذات حافة حادة والثانية مع قمة مستديرة، مما يؤدي إلى إحداث الرياح من خلال الجحر على الرغم من اتجاه تدفق الرياح	مبدأ برنولي	فتحات قمع وشكل قمع
رئتي الكائنات الحية تخلق اختلافات في الحجم لنقل الغاز داخل وخارج الرئة. تبادل الغازات في الجدران السنخية الرقيقة الغنية بالشعيرات الدموية.	توليد ضغط متدرج عن طريق التمدد والانكماش للحث على تدفق الغاز. التخفيض المنتظم لحجم مجرى الهواء (التشكل الكسوري)، وبالتالي زيادة مساحة السطح للتبادل	تهوية فعالة	هيكل الحجاب الحاجز والتغصنات القصبية- قانون موراي
نظام القصبة الهوائية في الحشرات ينتشر الهواء من خلال الفتحات التنفسية في نظام القصبة الهوائية (التي تتفرع بشكل متكرر) وتصل إلى جميع أعضاء الجسم لتزويد	إن سلسلة صغيرة من الأنابيب تكون القصبة الهوائية، حيث إن التخفيض المتتالي في نهايات قطر الأنابيب لتصبح رقيقة الجدران لنشر الغاز عبر الأنسجة من أجل التبادل المباشر مع الأعضاء.	الهندسة الكسيرية- تفرع النظام على أساس التسلسل الهرمي لنقل الغاز بكفاءة	التغصنات

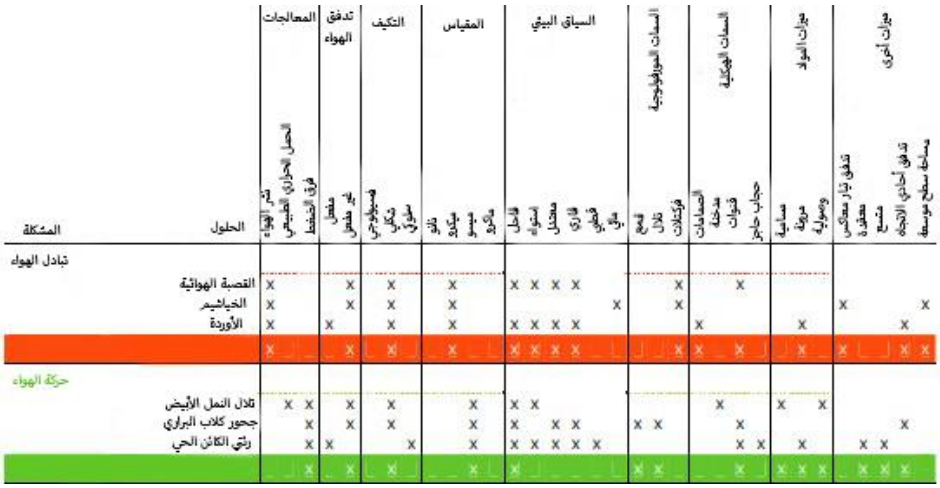
14 - Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.

الأكسجين المباشر		عبر الانتشار.	
الأوردة **تدفق أحادي الاتجاه لتحسين التبادل**	يتكون من صمامات لمنع التدفق العكسي. تلتصق الحافة الحرة للأغشية المرنة ببعضها البعض عند زيادة الضغط	تدفق أحادي الاتجاه	الصمامات

رابعاً: مصفوفة مسار التصميم: في المثال الحالي، يعد تبادل الهواء وتحريك الهواء هو المشكلة الذي يجب إيجاد حل لها، الجدول (2). يتم تقديم تسع تصنيفات لكل مشكلة، على سبيل المثال، المعالجات، التدفق، التكيف، المقياس، إلخ. تدل إشارات الضرب إلى السمات المتشابهة لكل حل في كل تصنيف. يتم تسليط الضوء على الخصائص المشتركة لتبادل وتحريك الهواء باللون الأخضر والأحمر في الجدول، والتي تمثل حل مبدأي لكل وظيفة. في المثال المذكور، هناك ثلاث حلول للمشكلة. يقدم المثال توضيحا للتقنية للحصول على الميزات المشتركة للمشكلة. في هذا الصدد، من الجدير بالملاحظة أن زيادة حجم عينة الحل سيؤدي إلى ميزات مسيطرة أكثر موثوقية.

تمثل مصفوفة مسار التصميم الشكل التالي تراكب البنى المتخيلة لمشاكل تبادل الهواء وحركته من أجل تحديد الميزات المشتركة التي سيتم تناولها في مفهوم التصميم المتكامل.

الميزات المشتركة (العقد البرتقالية) هي الميزات التي تحتوي على العدد الأكبر من الاشتراكات للبنى المبدئية المختلفة، حيث كلما زاد عدد الاتصالات كلما أصبحت الميزة أكثر قابلة للتطبيق.



الجدول(2) مصفوفة مسار التصميم [3].[15]

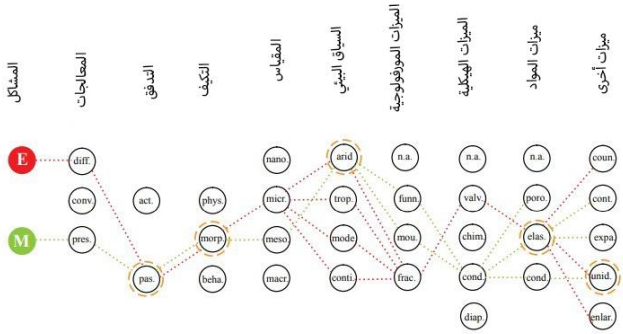
15- المصدر السابق 14

تشير مصفوفة مسار التصميم لتبادل الهواء وحركته إلى عدة خصائص من مختلف التصنيفات ذات الصلة بمفهوم التصميم:

- انتشار الهواء ينجم عنه تبادل الهواء، أما فرق الضغط فينجم عنه حركة للهواء.
- تدفق الهواء المنفعل من أجل تبادل الهواء وحركته.
- يؤثر التكيف المورفولوجي على وظيفة تبادل الهواء ووظيفة حركة الهواء، الأمر الذي يتطلب الانتباه إلى السمات المورفولوجية ذات الصلة لكل بنية متبعة.
- تحدث حركة الهواء على نطاق متوسط (meso scale)، بينما يحدث تبادل الهواء على نطاق صغير (micro scale).
- تشترك البنيتين المتبعتين في السياق البيئي الجاف.
- الصمامات والبنية التغصنية تسهل عملية تبادل الهواء.
- القنوات / التلال تسهل عملية حركة الهواء.
- إن مرونة المادة والتدفق أحادي الاتجاه هما المسيطران في ميزات المواد وفئة الميزات الأخرى، على التوالي.

توفر الميزات السابقة التي تم الحصول عليها إرشادات لمفهوم التصميم.

كلا البنيتن المتصورتين تشتركان في التكيف المورفولوجي، ولكن لا



الشكل (10) مصفوفة مسار التصميم [3].[16]

يتم مشاركة السمات المورفولوجية النوعية. وبالتالي، لا يوصى بالتكامل المادي أو الفيزيائي لهذه الحالة بالذات. توضح الخطوة التالية الترجمة الرسومية المجردة لمصفوفة مسار التصميم، يمثل كل عمود رأسي فئة وميزاتها المختلفة. تشير الخطوط الحمراء إلى مسار تبادل الهواء، بينما تشير الخطوط الخضراء إلى مسار حركة الهواء، بينما تشير العقد البرتقالية إلى الميزات المشتركة التي تمثل مسار التصميم.

16 - المصدر السابق 14

خامساً: اقتراح مفهوم للتصميم الأولي:
تتضمن الترجمة الرسومية المجردة الخصائص المختلفة المستخرجة من الخطوات السابقة لمصفوفة تحليل البنى ومصفوفة مسار التصميم، وينبغي لتهوية المغلف الحيوي دمج عدة مبادئ: نتذكر استراتيجية التهوية المنفعلة لجحر كلب البراري، حيث التلال على سطح الأرض تولد انخفاض الضغط، حيث الترجمة الرسومية لتهوية الغلاف البنيوي مبنية على مبدأ بيرنولي، حيث يوجد العديد من الفتحات فوق سطح السقف ومن ثم تولد ضغطًا منخفضًا وبالتالي يتم طرد الهواء خارجًا (الشكل11).

الشكل(11) رسم تخطيطي يوضح مبدأ تبادل الهواء من خلال غلاف المبنى[3].[17]

ترتبط هذه الفتحات بممرات هوائية بتشكيل محدد مشابه للقصبة الهوائية. يتم امتصاص الهواء الدافئ الصاعد (الحمل الحراري الطبيعي) ضمن الفضاء إلى داخل الممرات الهوائية بسبب الضغط المنخفض ومن ثم يتم توجيهه إلى الخارج. يدخل الهواء النقي إلى الداخل، في الجزء السفلي من غلاف المبنى، من خلال وسط محيطي نفوذ للهواء. يسمح الوسط النفوذ للهواء بالانتشار بداخله بشكل منفعل، وفي حالات عدم كفاية دوران الهواء، يتم تنشيط غرف ضخ الهواء الموجودة في هذا الوسط النفوذ لتوليد تدفق أحادي الاتجاه.

3- الدراسة التحليلية:

في المشاريع التي تمت دراستها في الدراسة التحليلية توجد نقاط مشتركة و هي:

هدف المشاريع: الحصول على مبنى مبرد ذاتياً كما تلال النمل الأبيض.

مستوى المحاكاة: يحاكي المبنى مستوى سلوك النمل الأبيض في بناء تلالهم.

منهجية المحاكاة الحيوية: النطاق الحيوي لدى الكائن الحي: لدى تلال النمل الأبيض عدة استراتيجيات للتحكم في التهوية منها بناء مدخنة مركزية مرتفعة الهدف منها التشتت الحراري كما قام ببناء عمود مركزي، كما قام ببناء قنوات تهوية جانبية تهدف أيضاً إلى الضياع الحراري.

17. المصدر السابق 14 -

النطاق التصميمي لدى الانسان: تم تطبيق استراتيجية المدخنة في المبنى عند الانسان من خلال وضع فتحات تستخدم كمداخن، كما تم تطبيق استراتيجية العمود مركزي عند الإنسان و ذلك من خلال أقنية هدفها تحريك الهواء، و تم تطبيق استراتيجية قنوات التهوية الجانبية من خلال وضع منافذ في أعلى الجدران للتخلص من الهواء الساخن.

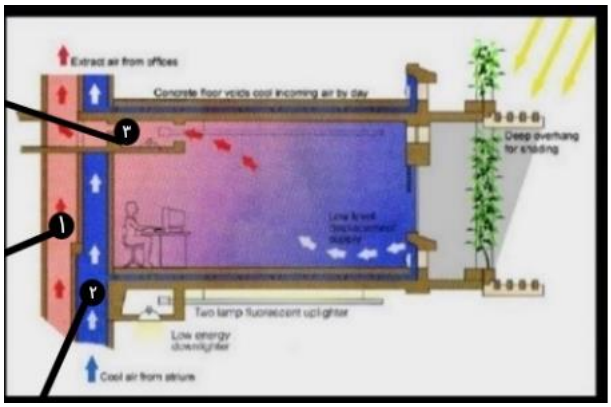
من مصفوفة مسار التصميم لتنظيم الهواء لدى الكائنات الحية تم الوصول إلى عدة استراتيجيات يمكن تطبيقها لدى تصميم الإنسان و التي تم ذكرها سابقاً.

3-1 مبنى EastGate في هراري زيمبابوي:

وصف المشروع: يعتبر أكبر مجمع تجاري ومكاتب في هراري-زيمبابوي فهو أعجوبة معمارية في استخدامه لمبادئ التقليد الحيوي، أنشأ في عام 1996 بتكلفة 35 مليون دولار، يتألف مبنى EastGate من مبنيين جنبًا إلى جنب مرتبطين ببعضهما بسقف زجاجي. صورة (1) صورة مبنىEastGate [9] [18]

المبنى متوسط الارتفاع 8 طوابق، صممه المهندس المعماري ميك بيرس بالتعاون مع مهندسي Arup، لا يحتوي على تكييف أو تدفئة تقليدية ، ومع ذلك يظل منظمًا طوال العام مع استهلاك أقل للطاقة بشكل كبير باستخدام أساليب تصميم مستوحاة من التلال ذاتية التبريد و هي تلال النمل الأبيض الأفريقي.

شرح الأداء البيئي للمشروع من خلال الاستراتيجيات التي تم وضعها والتي تحاكي تلال النمل الأبيض:



تم عكس استراتيجيات تلال النمل الأبيض في المبنى من خلال اقتراح مفهوم أولي للتصميم وذلك وفق الشكل التالي، حيث تم تطبيق عدة استراتيجيات:

يوجد إلى جانب طوابق المكاتب غرفة نباتات نصفيّة

18 - Pearce, M 2003 East Gate Building Harare, http://www.mickpearce.com/Eastgate.html

تقع خلف غطاء الشكل(12) عكس استراتيجيات تلال النمل الأبيض في مبنى East Gate. [9][19]

الشيفرون متقاطع الشكل حيث يوجد 32 مروحة من المراوح مختلفة الحجم الصغيرة والكبيرة تعمل على سحب الهواء من الأرتيوم من خلال الفلاتر.

يتم دفع هذا الهواء للأعلى من خلال القنوات الرأسية داخل العمود المركزي لكل مكتب.

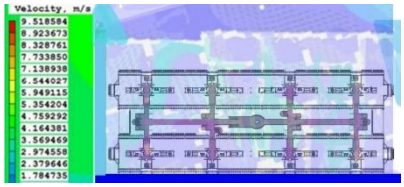
ومن القناة يتم تمرير الهواء من خلال الأرضيات المجوفة إلى شبكات معدنية منخفضة المستوى تحت النوافذ. عندما يتم تسخين الهواء من خلال النشاط البشري، يرتفع إلى السقف حيث يتم سحبه عبر منافذ في نهاية السقف إلى المداخن الرأسية المركزية. ان السقف والأرضية المفرغة أعلاه يعملان كمبادل حراري. كما يعمل الهواء الليلي البارد الذي يمر عبر الفراغ المدعم بمسننات خرسانية على إزالة حرارة اليوم السابق، وفي اليوم التالي يتم تبريد الهواء الخارجي الدافئ حوالي 3 درجات مئوية بنفس المسننات قبل دخول الغرفة. وعادةً ما تعمل المراوح ذات الحجم الكبير في الليل لإعطاء تغييرات في سرعة حركة الهواء، كما تعمل المراوح ذات الحجم المنخفض أثناء النهار في إجراء تغييرين في سرعة حركة الهواء.

يوضح الجدول التالي العناصر التي يتكون منها المبنى مع الوظائف البيئية التي تقوم بها العناصر:

العنصر	الوظيفة البيئية
مداخن داخلية	تسحب الهواء العادم من الطوابق السبعة للمكاتب.
غرف نباتية	ترطيب الفراغات.
مراوح مختلفة الحجم	سحب الهواء من الأرتيوم عبر الفلاتر.
العمود المركزي (القناة المركزية)	لدفع الهواء للأعلى.
منافذ في نهاية كل سقف	التخلص من الهواء العادم و الساخن.
السقف و الأرضية المفرغة	مبادل حراري.

الجدول(3) توضح العناصر البيئية للمبنى.[الباحثة]

تقييم الأداء البيئي للمبنى: لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج الAutodisk Ecotect تبين أن



الشكل (13) حركة الرياح في المبنى وفق برنامج Ecotect.[الباحثة]

المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل الأقنية الشاقولية التي تم وضعها حيث يستخدم المبنى أقل من 10% من الطاقة في حال اعتبر مبنى مكتب نموذجي.

الجدول(4) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى.[الباحثة]

الفتحات	أبعاد الفتحات
	8طوابق
أقنية شاقولية على شكل مداخن	عرض 70 سم بارتفاع الطابق
قناة فرعية	عرض 60 سم بارتفاع الطابق
فتحات (منافذ)	ارتفاع 50سم
الأقنية ضمن البلاطات	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم

قام المهندسون، Ove Arup & Partners، بتركيب مسجل بيانات يسجل باستمرار درجة حرارة الهواء في خمسة مواقع مختلفة. وجدوا أن شركة Eastgate تستخدم إجمالي طاقة أقل بنسبة 35٪ من متوسط استهلاك ستة مبانٍ تقليدية أخرى مزودة بنظام التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الكامل في هراري. كان التوفير في تكلفة رأس المال مقارنة مع التدفئة والتهوية وتكييف الهواء الكامل 10 ٪ من إجمالي تكلفة البناء. خلال فترات انقطاع التيار الكهربائي المتكرر أو التدفئة والتهوية وتكييف الهواء بسبب سوء الصيانة في المباني الأخرى، تستمر Eastgate في العمل ضمن مستويات راحة مقبولة مع تشغيل نظامها بالحمل الحراري الطبيعي.

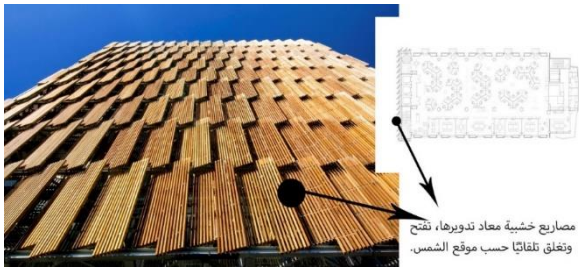
3-2 مبنى cH2 في ملبورون، استراليا:

وصف المشروع: صممه المهندس المعماري ميك بيرس في ملبورون، استراليا، و هو مبنى مكاتب يتكون مبنى ال CH2 من 10 طوابق، والذي تبلغ مساحته 135000 متر مربع، في أبريل 2005 أصبح أول مبنى مكتبي يحقق الحد الأقصى من تصنيف six Green Starالمعتمد من قبل مجلس المباني الخضراء في استراليا، تم افتتاحه رسمياً في أغسطس

2006 اعتمد المبنى على أكوام الصخور السفلية كمخزن صورة(3) مبنى CH2 [20][8].

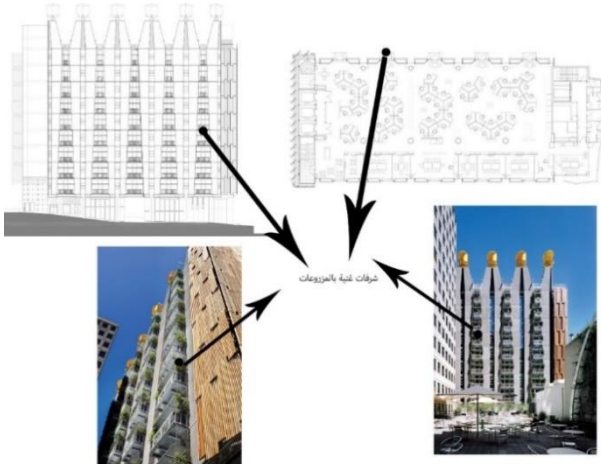
حراري للتبريد المجاني في مبنى مصمم لمحاكاة تل النمل الأبيض .

شرح الأداء البيئي للمبنى:



يتميز المبنى بواجهات حركية ذات نهج استدامي رائع، حيث يحتوى المبنى على العديد من الاستراتيجيات المستدامة حيث تنقل الواجهات الثلاث الأكثر صورة (4) توضح المصاريع الخشبية المعاد تدويرها [8][21]

شيوعًا في CH2 هذه الرسالة البيئية: 1- مصاريع خشبية عمودية معاد تدويرها يتم التحكم فيها هيدروليكياً في الجانب الغربي حيث تفتح وتغلق تلقائيًا حسب موقع الشمس، و يمكن التحكم في حركتها أوتوماتيكياً بواسطة حساسات موجوة على الغلاف الخارجي للمبنى.



2- شرفات غنية بالمزروعات على النوافذ الشمالية.

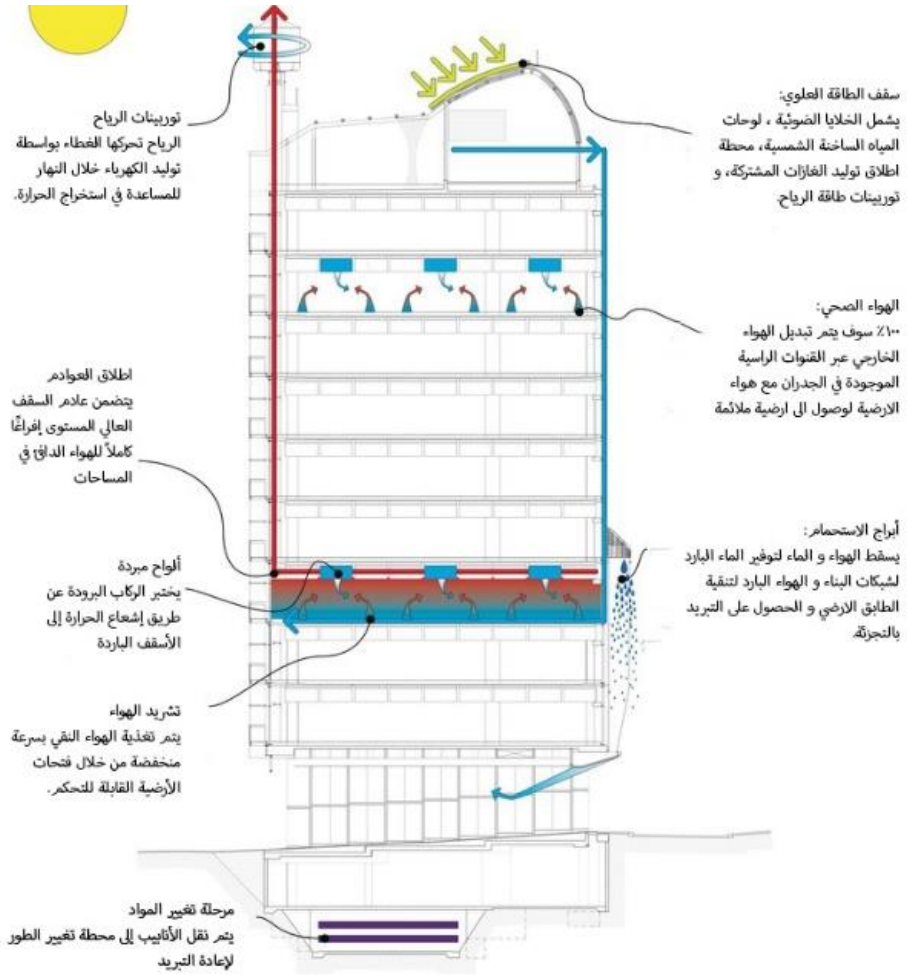
3- يتم التعرف على الواجهة الجنوبية من خلال مهاوي للهواء النقي المدمجة من السقف صورة(5) توضح الشرفات الغنية بالمزروعات[22][8]

20 - Pearce, M 2003 COUNCIL HOUSE 2 MELBOURNE, http://www.mickpearce.com/CH2.html

21 - المصدر السابق 20

22 - المصدر السابق 20

إلى الأسفل، وخلفها ما يسمى بـ "أبراج التبريد



الشكل(14) الية عمل المبنى في وضع النهار. .[الباحثة]

تبرد ألواح السقف الخرسانية مسبقة الصنع الفراغ عندما تفتح النوافذ تلقائيًا من الساعة 1 إلى 6 صباحًا للسماح بالهواء الليلي للدخول. هذا يخفض درجة حرارة المكتب من 4 إلى 5 درجات وهو مسؤول بشكل مباشر عن توفير 14٪ من الطاقة للتبريد. السقف مموج لسببين: الأول، زيادة مساحة سطح، والثاني لإنشاء تجاويف تستخدم للهواء العادم.

بمجرد وصول العمال في الصباح، تبدأ وحدات معالجة الهواء على السطح بالعمل ويتم تشغيل الفلاتر، يخرج الهواء بنسبة 100% الى قنوات من الخرسانة المصبوبة التي تكون مرتفعة على مستوى ارتفاع الواجهة الجنوبية. ترتبط القنوات بتجويف مضغوط بحجم 6 انش من الأرضية المرتفعة في كل مستوى. يدخل الهواء المعالج بالرطوبة إلى

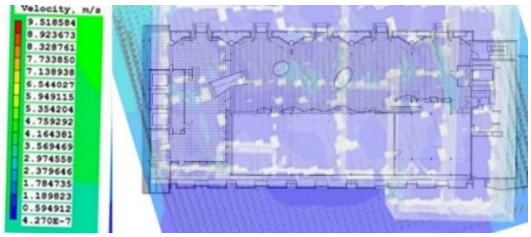
الفراغ عبر أجهزة نشر مثبتة على الأرض والتي يتحكم بها المستخدم. هذا الهواء البارد يسخن ويصعد عبر الفراغ، ويتم تحريكه بفعل تأثير المدخنة، ويتم سحبه إلى فتحات على طول ألواح السقف حيث يتم خروجه في مهاوي مصممة في الواجهة الشمالية.

يوضح الجدول العناصر البيئية المكونة للمبنى ووظيفتها في المبنى:

العنصر	الوظيفة
قنوات من الخرسانة المصبوبة	تمرير الهواء من الخارج إلى داخل الأرضية.
مهاوي على الواجهة الشمالية	سحب الهواء الساخن إلى الخارج.
أبراج التبريد	للتبريد الهواء
أكوام الصخور السفلية	مخزن حراري للتبريد
الهيكل الخرساني للمبنى ألواح السقف الخرسانية السميكة	يبردان الفراغ عند فتح النوافذ تلقائيا من 1-6 صباحا بدخول الهواء الليلي.
السقف الممزوج	زيادة مساحة سطح الكتلة الحرارية لانشاء تجاويف تستخدم للهواء العادم
ناشرات (تويست)	و هي مثبتة على الأرض، يدخل الهواء المعالج بالرطوبة عبرها وفقا لدرجة حرارة الهواء الرطب في الهواء الخارجي الى الفضاء.
فتحات على طول الواح السقف مهاوي مصممة في الواجهة الشمالية	وظيفتهم تسخين الهواء البارد و صعوده عبر الفضاء و يتم تحريكه عبر الهواء المكدس من فتحات على طول ألواح السقف.

الجدول(5) عناصر المبنى ووظائفها. .[الباحثة]

تقييم الأداء البيئي للمبنى: لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج ال Autodisk Ecotect تبين أن المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل



الشكل (15) حركة الرياح في المبنى وفق برنامج Ecotect.[الباحثة]

الأقنية الشاقولية التي تم وضعها حيث زادت أنتاجية الموظفين بنسبة 10.9% بالإضافة إلى ذلك حقق المبنى نتائج ملحوظة في الأداء البيئي، مع انخفاض بنسبة 85% في استهلاك الكهرباء مقارنة بالمبنى الاسبق عام 1970، و انخفاض الانبعاثات بنسبة 13% فقط. يتجاوز النظام الحركي المطبق على الواجهة الغربية 95% من التظليل خلال النهار ويوفر تهوية طبيعية في الليل عن طريق فتح النوافذ تلقائياً والسماح للهواء الليلي بتبريد

المبنى. حيث إن آلية أعمال الواجهة الغربية تعتمد على نظام حساسات يشتغل تلقائياً لتتبع موقع الشمس و توفير التظليل في فترة ما بعد الظهيرة.

جدول يبين أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى:

الفتحات	أبعاد الفتحات
	10 طوابق
أقنية شاقولية على شكل مداخن	عرض 80 سم بارتفاع الطابق
قناة فرعية	عرض 70 سم بارتفاع الطابق
فتحات (منافذ)	ارتفاع 55سم
الأقنية ضمن البلاطات	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم

الجدول(6) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى.[الباحثة]

3-3 فندق Breeze hotel:

وصف المشروع: فندق Breeze و هو مبنى صفري الطاقة في أمستردام، فاز فندق Hotel Breeze بجائزة EZK Energy.

صورة (7) فندق Breez Hotel [5][23]

حيث يحاكي مفهوم المحاكاة الحيوية هذا تكييف الهواء الطبيعي لتل النمل الأبيض. الاستخدام الأمثل مصنوع من الرياح والمياه والشمس والأرض، وهي عناصر طبيعية تضمن تكييف الهواء الطبيعي في جميع أنحاء المبنى. إنها تقنية بيئية رائدة ورائدة يتم فيها دمج العناصر الطبيعية بذكاء مع التكنولوجيا المبتكرة ذات التقنية العالية. استخدم المطور قوة العناصر الطبيعية، أحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا الحديثة والبيئية لبناء هذا الفندق الفريد من نوعه، والذي ينعدم فيه استهلاك الطاقة.

[23] Sustainable CAPITALISES ON THE SUN

الشكل(16) شرح آلية عمل العناصر البيئية في المبنى [24][5]

شرح الأداء البيئي للمبنى: من مصفوفة مسار التصميم لتنظيم الهواء لدى الكائنات الحية تم الوصول إلى عدة استراتيجيات يمكن تطبيقها لدى تصميم الإنسان وهي: المهوى الساقط هو محور عمودي يعمل كمبادل حراري، المدخنة الشمسية التي تسهل التهوية والتدفئة بالطاقة الشمسية، لإعادة استخدام التدفئة المستخرجة، نظام تخزين الطاقة الحرارية في الأرض، الطاقة الشمسية في السقف والواجهة الأمامية مع بناء مدمج به لوحات كهروضوئية مخصصه له وعزل عالي الجودة لواجهة المبنى مكون عن ثلاث طبقات من الزجاج. يتدفق هواء التهوية عبر المهوى الساقط عبر فتحات التهوية، وذلك بفضل شدة الرياح على الجانب المعرض للريح من المبنى، بمجرد دخول الهواء إلى المهوى الساقط، تسخن قطرات الماء الهواء وترطبه في الشتاء وتبرده في الصيف يقع المهوى الساقط في مركز المبنى. التيار الهوائي الهابط في المهوى الساقط ينشر الهواء النقي المكيف في الهواء المحيط والموجود في المرافق والغرف.

يتدفق الهواء المستخدم من الطابق الأرضي خلال فتحة سقف عبر المدخنة الشمسية الحرارية الخارجية متكاملة مع وحدة تجميع الطاقة الشمسية بجانب الجدار الجنوبي الغربي الخارجي للمبنى.

هذا هو المكان الذي يتم فيه تجميع الحرارة الشمسية في الجدار الخلفي حيث يتم تسخين الهواء، مما يتسبب في ارتفاع حرارة التيار الهوائي، يتم استخراج الحرارة من الهواء بواسطة مبادل حراري في الجزء العلوي الذي يجمع الحرارة لاستخدامها بواسطة مضخة حرارة الهواء التي يتم انتاج الماء الساخن من خلالها أو تخزينه تحت الفندق لإعادة استخدامها. يوفر نظام تخزين الطاقة الحرارية تدفئة إضافية او تبريد عند الحاجة. يضمن العزل المثالي والواجهات الثلاثية أن يكون EPC الخاص بالمبنى صفراً.

يحتوي سطح الواجهة والمظلة والحائط الخلفي للمداخن الشمسية على حوالي 2000 متر مربع من الطاقة الشمسية. يبلغ إنتاج الطاقة الشمسية حوالي 200000 كيلو واط ساعة في السنة. علاوة على ذلك، من المحتمل جدًا أن يتم توليد طاقة أكثر مما هو مطلوب في أوقات معينة.

كما يتم تطبيق العديد من تقنيات الاستدامة المتطورة في غرف الفندق، تطبيق نظام استرجاع الحرارة ينظم استخدام الماء الساخن، كما يقلل نظام الأتمتة الرقمية الذكي من استهلاك الطاقة. يخلق هذا المبنى ذو التقنية العالية "المدعوم من الطبيعة" بيئة صديقة للبيئة مريحة وصحية جديدة بفضل التقنيات القابلة للاستدامة وتم تكريمها بتصنيف BREEAM Excellent.

والعناصر البيئية التي يتكون منها المبنى ووظيفتها في المبنى:

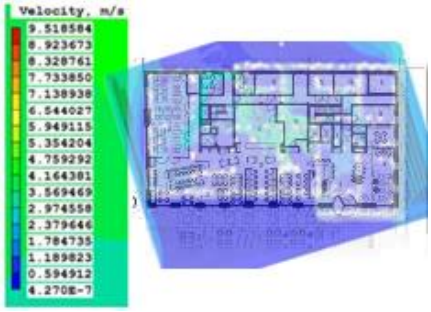
العنصر	الوظيفة
فتحات تهوية	يتم من خلالها دخول الهواء الى المبنى

24- المصدر السابق 23

المهوى الساقط	بتكيف الهواء الداخل و نشره إلى الطوابق
فتحة السقف في كل طابق	مرور الهواء من الطابق الى المدخنة الشمسية
المدخنة الشمسية	مرور الهواء من خلالها باتجاه المبادل الحراري
الالواح الشمسية	تقوم بتسخين الهواء في المدخنة
المبادل الحراري	امتصاص حرارة الهواء واستخدام الحرارة في انتاج الماء الساخن
نظام تخزين الطاقة	توفير طاقة عند الحاجة
الزجاج الثلاثي والعازل	توفر EPC طاقة صفرية خاصة بالمبنى.

الجدول(7) عناصر المبنى البيئية ووظيفتها.[الباحثة]

تقييم الأداء البيئي للمبنى: تبلغ مساحة السطح الإجمالية للخلايا الكهروضوئية لتوليد الطاقة الشمسية حوالي 2000 متر مربع. يبلغ إنتاج الطاقة الشمسية من الطاقة "الخضراء" حوالي 200000 كيلوواط ساعة في السنة. هذا يعني أن إجمالي استهلاك الطاقة في غرف الفندق البالغ عددها 195 غرفة طاقة طبيعية. ومن المتوقع أن يتم توفير ما يقرب من ثلاثة أرباع إجمالي احتياجات الفندق من الطاقة، بما في ذلك المرافق الإضافية المعتمدة على المستخدم مثل المطعم والبار الجوي واللياقة البدنية والعافية، بهذه الطريقة. يتوافق عزل السقف والواجهة والأرضيات في جميع أنحاء المنشأة مع متطلبات الاستدامة الأكثر صرامة، بما في ذلك الزجاج الثلاثي على الواجهات. بالإضافة إلى ذلك، تم تنفيذ العديد من الأنظمة عالية التقنية في الفندق مثل



الشكل (17) حركة الرياح في المبنى وفق برنامج Ecotect [الباحثة]

المبادلات الحرارية في الحمامات ونظام أتمتة المبنى الذكي ونظام مراقبة الطاقة الذكي لضمان توفير إضافي للطاقة. والنتيجة هي مبنى ذكي تم فيه تطبيق التكنولوجيا البيئية لخلق مناخ داخلي مريح وصحي. إجمالاً، هذا يعني أن المبنى حاصل على تصنيف EPC-0 وسيحصل على شهادة BREEAM الممتازة.

لقد تمت دراسة المبنى وفق برنامج الAutodisk Ecotect تبين أن المبنى يتعرض لسرعات رياح عالية بفضل الأقنية الشاقولية التي تم وضعها وفق الشكل التالي:

جدول يبين أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى:

الفتحات	**أبعاد الفتحات**
	10 طوابق
أقنية شاقولية على شكل مداخن	عرض 80 سم بارتفاع الطابق

قناة فرعية	عرض 70 سم بارتفاع الطابق
فتحات (منافذ)	ارتفاع 55سم
الأقنية ضمن البلاطات	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم

الجدول(8) أبعاد العناصر المستخدمة في المبنى.(الباحثة)

نتائج الدراسة التحليلية:

1- نستنتج مما سبق أن التصميم الحيوي يولد لدينا شبكة و هي: أقنية على شكل أسطوانة مركزية و أسطوانة فرعية و قنوات ضمن البلاطات و فتحات (منافذ).

2- جدول يبين الأبعاد المستنتجة من خلال الأمثلة المستخدمة للتصميم الحيوي:

الجدول (9) يبين الأبعاد المستنتجة من خلال الأمثلة المستخدمة للتصميم الحيوي.(الباحثة)

الفتحات	**أبعاد الفتحات**		
	10 طوابق	**8طوابق**	**5 طوابق**
أقنية شاقولية على شكل مداخن	عرض 80 سم بارتفاع الطابق	عرض 70 سم بارتفاع الطابق	عرض 60 سم بارتفاع الطابق
قناة فرعية	عرض 70سم بارتفاع الطابق	عرض 60سم بارتفاع الطابق	عرض 50سم بارتفاع الطابق
فتحات (منافذ)	ارتفاع 55سم	ارتفاع 50سم	ارتفاع 45سم
الأقنية ضمن البلاطات	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم	الأرضية المفرغة بارتفاع 12 سم

3- تبين من خلال الدراسة التحليلية إن المباني المستخدمة للتصميم الحيوي تقلل من استخدام الطاقة، حيث أدى استخدام الشبكة التي تم وضعها إلى انخفاض ملحوظ في درجة الحرارة من 3 درجات مئوية إلى 3.7 درجة مئوية.
4- كما إنه عند تطبيق استراتيجيات التصميم الحيوي في المباني فإنه يتم تخفيض التكلفة بحدود ال 35 بالمية.

5- إن الاستخدام الصحيح لقطر المجاري المستنتجة من التصميم الحيوي يساهم في تحريك الهواء وزيادة تدفق الهواء وبالتالي زيادة الاستدامة.

النتائج:

1- لقد أثبت البحث أن استراتيجيات العمارة الحيوية للكائنات الحية من أهم الاستراتيجيات التي تعمل على تحسين أنظمة بناء الطاقة المتعلقة بأنظمة التهوية في تصميم قطاع البناء.

2- تم التوصل إلى نتائج تصميمية نذكر منها:

- يفيد مفهوم وضع المداخن في تلال النمل الأبيض في تبديد الحرارة، يمكن تحقيق ذلك في التصميم المعماري بوضع أقنية شاقولية تستخدم كمداخن.
- يفيد مفهوم القنوات الطرفية الموجودة على مساحة سطح التلة الكبير في الحصول على مزيد من أشعة الشمس مما يعزز تدفق الهواء في القنوات الطرفية و بالتالي يعزز الحمل الحراري، يمكن تحقيق ذلك في التصميم المعماري بوضع قنوات لإمداد الهواء النقي و قنوات لسحب الهواء الملوث.

4- استلهم المعماريون من استراتيجيات النمل الأبيض حلول تصميمية، حيث تم التوصل إلى شبكة و هي مكونة من الأسطوانة المركزية و الفرعية و القنوات، يوفر تطبيق هذه الشبكة إلى مزيد من الاستدامة في المباني.

5- إن التصميم الحيوي للكائنات الحية يساعد في حل المشاكل المعمارية حيث يوفر قاعدة بيانات هائلة من التصاميم التي يمكن أن تلهم الأفكار البيئية.

7- فتحت حالات التصميم الحيوي آفاقًا جديدة للحلول التقنية الممكنة الجديدة لبناء أغلفة تحقق راحة حرارية داخلية، وإمكانية تحقيق فئة جديدة من الابتكار ووضع أساس وظيفي في الهندسة المعمارية: مستوحى من الحيوية، ومتكيف مناخيًا، ومراعياً للبيئة.

8- إن تطبيق التصميم الحيوي للكائنات الحية يقلل من التأثير السلبي للبناء على كل من الإنسان وبيئته المحيطة باستخدام طاقات الطبيعة.

9- إن المزيد من الدراسات والأبحاث على مستعمرات ومساكن الحيوانات المقامة في الطبيعة واليات عمل الكائنات الحية يمكن أن يمنح أفكاراً للمصممين لاستلهام المزيد من الأفكار التصميمية الصديقة للبيئة، والتي يمكن تطبيقها عند تصميم المباني المعاصرة.

المراجع:

1. ASHRAE, S 2004-The Standards for Ventilation and Indoor Air Quality. Atlanta, GA, 62p
2. Addington, D 2000-The history and future of ventilation.
3. Badarna, L 2012-Towards the LIVING envelope: biomimetics for building envelope adaptation.
4. Debrester, D 2007-Prairie Dog Baby, http://www.flickr.com/photos/debster248/1316482851/.
5. Heirbaut, J 2019 AMSTERDAM HOTEL CAPITALISES ON THE SUN Sustainable sleeping, Vol.22.25, 34-36p.
6. Linsenmair, E 2000 Ventilation of termite mounds: new results require a new model Behavioral Ecology, Vol. 11.5, 486–494p.
7. Mackean, D G 2011-Insect structure and function, 5 p.
8. Pearce, M 2003 COUNCIL HOUSE 2 MELBOURNE, http://www.mickpearce.com/CH2.html
9. Pearce, M 2003 East Gate Building Harare, http://www.mickpearce.com/Eastgate.html
10. Schmidt-Nielsen, K 2007-Animal physiology: adaptation and environment, New York: Cambridge University Press, 57-58p.
11. Vogel, S 1973 Wind-induced ventilation of the burrow of the prairie-dog, Cynomys Laodiceans Behavioral Physiology, Vol.85.1, 1-14p.
12. Weibel, E 1963- Architecture of the human lungs, 585-577p .