**ERJ**
**Engineering Research Journal**
**Faculty of Engineering**
**Minoufiya University**

# تقييم دور عناصر التحكم المناخي لتحقيق تصميم مستدام للمباني السكنية في المناطق الحارة الجافة في مصر

# Evaluating the use of climatic control elements to achieve sustainable residential buildings in hot arid areas in Egypt

**أ.م.د / ياسر عارف - د / حسام الدين مصطفى - م / المعتز بالله محمد البحيرى**
*قسم الهندسة المعمارية-كلية الهندسة- جامعة المنوفية*

**الملخص:**
إن مشكلة التحكم المناخي داخل المباني وخلق بيئة مناسبة لحياة الأنسان قديمة قدم الإنسانية نفسها، وكنتيجة للأضرار الواقعة على البيئة الطبيعية والناتجة عن التطور التكنولوجي الذى يشهده العصر الحالي، كان لابد من استغلال الموارد الطبيعية الموجودة في البيئة المحيطة في كل المجالات ومن أهم هذه المجالات هو مجال العمارة، حيث اطلق على هذا الاتجاه العمارة الخضراء، حيث بدأت معظم دول العالم المتقدم في استغلال الموارد الطبيعية ومنها الرياح في التهوية الطبيعية في المباني وتقليل استخدام الطاقات غير المتجددة. وتعتبر جمهورية مصر العربية حقلاً خصباً في استغلال الطاقات الطبيعية وبالأخص الرياح في التهوية، لتقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في التكييف وبالأخص في المباني السكنية. ويجب الإشارة إلى ما أثبتته الدراسات من أن زيادة درجة حرارة الهواء الخارجي درجة واحدة مئوية فوق ٥٣٥ ينتج عنه استهلاك للطاقة الكهربائية حوالي ١٠٠ ميغاوات/ساعة، أي أن ارتفاع درجة الحرارة إلى ٥٤٢ ينتج عنه زيادة في الاستهلاك إلى حوالي ٨٠٠ ميغاوات /ساعة، وهي تكافئ محطة حرارية يقدر ثمنها بحوالي ٢ مليار جنية مصري يحتاج إنشاؤها إلى حوالي أربع سنوات. ومن ناحية أخرى فإن استهلاك القطاع المنزلي يمثل الاستهلاك الأكبر من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربية خاصة في المناطق الحارة كما ورد في تقرير "مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة بجوهانسبرج،٤ سبتمبر ٢٠٠٢م". ومن هذا المنطلق تتناول هذه الدراسة بالبحث أساليب استغلال الرياح في التهوية الطبيعية لفراغات الغرف بالمباني السكنية، للتقليل من استهلاك الطاقة المستخدمة في التكييف، ولتحقيق تصميم مستدام، وبالتالي تتلخص المشكلة البحثية في كيفية تقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في التهوية والتكييف عن طريق زيادة كفاءة التهوية الطبيعية بغرف المباني. ويتم ذلك بدراسة كيفية زيادة كفاءة ومعدل التهوية الطبيعية داخل الفراغ السكنى، عن طريق التحكم في أماكن وأبعاد الفتحات الخارجية للغرف في المباني السكنية من خلال وضع بدائل تصميمية وإجراء محاكاة لها عن طريق استخدام برامج محاكاة لحركة الهواء والراحة الحرارية، ومنها استنباط البديل الذي يحقق تهوية طبيعية وراحة حرارية أفضل في الفراغ، وبذلك نحقق أقصى استفادة من الرياح في تهوية المباني وتقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في التهوية والتكييف في الفراغ السكنى.

The problems of climate control and create a suitable indoor environment for human life in the buildings are old as humanity itself, and that`s a result of the natural environment damage resulting from technological development witnessed by the current era. It was necessary to use these natural resources in the environment surrounding humans in all fields, one of the most important fields is architecture, and this direction named Green Architecture. Where the most of the developed countries began in exploitation of the natural resources in Architecture, such as the Wind and the solar forces, and reduce the non-renewable energy consumption. The Arab Republic of Egypt is a fertile field in utilization of the natural forces, especially the wind force, which used in the ventilation into the buildings naturally, to reduce the consumption of energy used in Air conditioning. On the other hand, the consumption of the household sector is the largest consumer of the total consumption of electricity, especially in the hot arid areas. As stated in the report of "World Summit conference on Sustainable Development in Johannesburg 4 September 2002". From this standpoint, this research study deals with the methods of who to exploit the wind force to ventilate the room's spaces in the residential buildings. to reduce the consumption of energy used in air conditioning, and to achieved a sustainable design, thus summed up the problem of the research in how to reduce energy consumption used in ventilation and air-conditioning by increasing the efficiency of natural ventilation rooms building. This is achieve by examining how to increase the efficiency and the rate of natural ventilation inside the space. By controlling the locations and dimensions of the exterior openings of the rooms in residential buildings. Through development of alternative design and simulating them with simulation software's for the airflow and thermal comfort. Including the development of an alternative, that achieves natural ventilation and better thermal comfort in a vacuum. so that we achieve the maximum benefit from the wind ventilation in buildings and reducing energy consumption used in ventilation and air conditioning in the space habitation.


**© Faculty of Engineering, Minoufiya University, Egypt**

***الكلمات المفتاحية:*** *الرياح – التهوية الطبيعية – الراحة الحرارية – برامج المحاكاة – فتحات النوافذ*

**١ - مقدمة**

يشهد العصر الحالي تطوراً كبيراً في كلا المجالين التكنولوجي والصناعي، وقد اعتمد هذا التطور بدرجة كبيرة على استهلاك مصادر الطاقة غير المتجددة مثل الفحم والغاز الطبيعي والبترول. ومن المتوقع ان يؤدى هذا الاستهلاك المتسارع إلى استنفاذ هذه المصادر، فضلاً عن ظهور العديد من المشاكل المناخية الأخرى المرتبطة به كتلوث للهواء وارتفاع درجة حرارة الأرض. ومن هذا المنطلق ونتيجة للأضرار الواقعة على النظام البيئي والمناخي، اتجهت العديد من الدراسات والأبحاث العلمية في كيفية الحفاظ على البيئة واستغلال الطاقات المتجددة، كمحاولة لإعادة الاتزان إلى الطبيعة، مما دعا أغلب دول العالم إلى تطبيق مبادئ التنمية المستدامة بصفة عامة، والعمارة الخضراء بصفة خاصة، ومن صور استخدام العمارة البيئية تقليل استهلاك المباني للطاقة المستخدمة في التهوية الصناعية والتكييف، وتحقيق استغلال أكبر لحركة الرياح داخل المباني وتحقيق أقصى استفادة منها، لتقليل ساعات استخدام أجهزة التكييف، مما يؤدى الى تقليل استهلاك الطاقة.

**٢ - المشكلة البحثية**

تعتبر العمارة من أكثر الأنشطة المؤثرة على البيئة، وذلك من خلال أنشاء المباني وتشغيلها، وبتصنيف أنواع الطاقة المستهلكة فى تشغيل المباني، وجد أن قطاع المباني السكنية هو أكثر القطاعات استهلاكا للكهرباء فى مصر حيث يمثل ٤٠% من إجمالي استهلاك الطاقة، كما أن الطاقة المستخدمة للتكييف والتهوية هى الأكثر استهلاكاً فى المباني السكنية، وخاصة فى المناطق الحارة كما ورد فى تقرير "مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة بجوهانسبرج،٤ سبتمبر ٢٠٠٢م"، ومن هذا المنطلق تتناول الدراسة بالبحث أساليب استغلال الرياح فى التهوية الطبيعية للمباني السكنية، للحد من استهلاك الطاقة المستخدمة فى التكييف، ولتحقيق تصميم مستدام.
وبالتالي تتمثل مشكلة البحث فى كيفية تقليل استهلاك الطاقة المستخدمة فى التهوية والتكييف عن طريق إيجاد حلول تصميمية لزيادة كفاءة التهوية الطبيعية، للوصول لمستوى الراحة الحرارية المطلوب للإنسان، وذلك من خلال استخدام برامج المحاكاة لا يجاد أفضل الحلول التصميمية لتحقيق تصميم مستدام للمباني السكنية في المناطق الحارة الجافة.

**٣ - أهداف البحث**

يتمثل الهدف الرئيسى للبحث فى تقييم مدى صلاحية الأساليب والمعالجات المعمارية المتمثلة فى فتحات نوافذ فراغات الغرف السكنية، والوصول الى أفضل بديل تصميمي لهذه الفتحات عن طريق برامج محاكاة حركة الهواء، لزيادة كفاءة التهوية الطبيعية داخل فراغات الغرف السكنية، وبالتالي تحقيق مبدأ التصميم المستدام.

**٤ - منهجية البحث**

يرتكز البحث على المنهج التجريبي وذلك من خلال إجراء الدراسات التحليلية على بدائل تصميمية باستخدام برامج الحاسب الألى المتخصصة فى محاكاة حركة الهواء محاكاة الراحة الحرارية فى الغرف السكنية.

**٥ – مبادئ العمارة الخضراء:**

العمارة الخضراء هي عمارة ناتجة عن بيئتها وذات مسؤولية اتجاهها، أي عمارة تحترم موارد الأرض وطبيعتها، وهي عمارة توفر احتياجات مستأجريها، كما أنها تؤدى إلى الحفاظ على صحتهم وشعورهم بالرضا وزيادة إنتاجهم وإشباع احتياجاتهم الروحية، وذلك من خلال العناية بتطبيق الاستراتيجيات المؤكدة لاستدامة البيئة، وتشمل ما يلي[١]:

- الحفاظ على الطاقة.
- التكيف مع المناخ.
- التقليل من استخدام الموارد الجديدة.
- احترام الموقع.
- احترام العاملين والمستأجرين.

**٦ - الرياح**

تعرف الرياح بأنها "الحركة الأفقية للهواء فوق سطح الأرض، وتهب الرياح من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض وتسمى الرياح باسم الجهة التي تهب منها، كما تتنوع مصادر الرياح وتختلف سرعاتها باختلاف مصادرها والعوامل البيئية المحيطة بها، حيث تتمثل مصادر الرياح فيما يلي[٢]: -

أ. نسيم البر والبحر.
ب. نسيم الجبل والوادي.

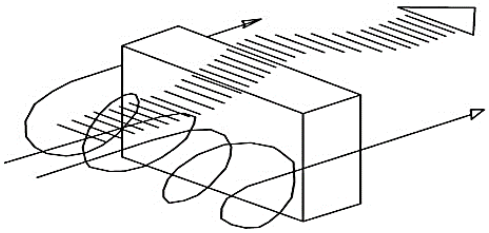
***٦-١ العوامل المؤثرة على حركة الرياح***

هناك عاملان رئيسيان يؤثران بصفة عامة على حركة الرياح، وهما:

أ. فرق الضغط الجوي: حيث أن الهواء يتنقل من المنطقة ذات الضغط الجوي الأعلى إلى المنطقة ذات الضغط الجوي الأقل، هذا الفرق في الضغط يؤدى الى حركة الرياح.
ب. تضاريس سطح الأرض (الاحتكاك) وهي النتوءات الموجودة به (التضاريس، المباني، الأشجار، ...إلخ)، شكل (١) الذي يوضح تأثير الارتفاعات والتضاريس على حركة الرياح.

(1) Ken. Beattie. "Sustainable Architecture and Simulation Modelling." University of Salford. http://cebe.cf.ac.uk/learning/habitat/HABITAT4/beattie.html. 2011.

(2) B.. Giovoni. Man Climate & Architecture. Elsevier Publishing Co. 1977. p 122



**شكل (١)** العلاقة بين ارتفاعات المباني وشكل سريان الرياح

**٦-٢ الرياح في مصر**

تسود الرياح الشمالية والشمالية الغربية في اقليم الساحل الشمالي حيث تبلغ نسبتها ٤٦% من الرياح التي تهب طوال العام، وهي غالباً شمالية غربية في الشتاء وأقرب إلى الشمالية في الربيع والخريف. اما جنوب الدلتا فإن الرياح تهب عادة من الجهة الشمالية حيث تبلغ نسبتها حوالي ٣١.٨% وفى فصل الخريف والشتاء تزداد نسبة الرياح الشمالية الشرقية. في إقليم مصر الوسطى والصعيد تتساوى نسبة هدوء الرياح مع الرياح الشمالية التي تسود أيضاً في هذا الأقاليم، وذلك بسبب بعده عن الانخفاضات الجوية الشتوية. أما رياح الخماسين الموسمية فتهب على جمهورية مصر في فصل الربيع من جهة الجنوب والجنوب الغربي، وهي رياح شديدة ساخنة ومحملة بالأتربة، تهب على فترات كل فترة تدوم من يوم إلى ثلاثة أيام على الأكثر وذلك خلال خمسين يوماً من أواخر شهر مارس إلى أوائل شهر مايو. وبصفة عامة تنحصر سرعة الرياح في كافة أنحاء مصر في الحالات العادية، بين السرعات المتوسطة فتبلغ أدناها حوالي ٧ كم / ساعة في المتوسط (نسيم خفيف)، وأقصاها ٢٠ كم / ساعة (معتدلة) أما في حالة الرياح الشديدة فتصل فيها السرعة إلى ٥٠ كم / ساعة.

## ٧- *التهوية الطبيعية والراحة الحرارية*

تساهم الفتحات في تحقيق التهوية الطبيعية وتوفير الإضاءة الطبيعية داخل المباني، كما أنها تلعب دوراً رئيسياً في انتقال الحرارة من وإلى فراغات المبنى. كما تؤدى نقص معدلات التهوية الطبيعية في المباني الى العديد من المشاكل الصحية مثل فساد الهواء، التهابات الأغشية المخاطية، الصداع، البلادة، لذا يوصي بتوفير تهوية طبيعية من الهواء الخارجي لتقليل حدة التلوث إلى درجات تركيز مناسبة، حيث أن الأنسان يمكث أكثر من ٩٠ % من الوقت في بيئة داخلية، فإن توفير هواء نقى ومتجدد من الخارج يصبح ضرورة لازمة.

### ٧-١ *التهوية الطبيعية*

تعتمد أهمية التهوية الطبيعية على الإقليم المناخي والظروف المناخية المحيطة، وبصفة عامة يمكن إيجاز وظائف التهوية الطبيعية في المناطق الحارة الجافة في النقاط التالية: -

أ. التهوية الصحية
ب. التهوية الطبيعية من أجل رفع نسبة الرطوبة بالهواء
ج. التهوية الليلية
د. التهوية من أجل تبريد المبنى

### ٧-٢ *الراحة الحرارية*

يعرف واطسون الراحة الحرارية **Thermal comfort** على أنها "حالة عقلية يشعر معها الإنسان بالرضا عن ظروف البيئة المحيطة"[١]. بينما يعرفها ماركوس وأولجاى على أنها "حالة لا يشعر معها الإنسان بالبرد أو الحر، أو يشعر بأي ضيق ناتج عن التوزيع غير المنتظم للإشعاع الشمسي أو التيارات الهوائية السريعة إلى آخر الظواهر التي تعبر عن خلل في البيئة الحرارية"[٢].

الراحة الحرارية الموصى بها في البلاد ذات المناخ الحار الجاف مثل جمهورية مصر العربية تتراوح بين ٢١،٥ -٣٠ س° ورطوبة من ٢٠ -٥٠ % لسرعة رياح من ٠،٥ إلى ١،٥ م/ث [٣].

#### ٧-٢-١ *كيفية قياس الراحة الحرارية*

لتحديد الراحة الحرارية للإنسان يجب تحليل الظروف المناخية الخاصة بالفراغات التي يعيش فيها الإنسان، ومدى تأثيرها على راحته، وبصفة عامة فإن عملية التحليل والتقييم لهذه الظروف تكون بالغة التعقيد. وفيما يلي عرض تفصيلي لبعض طرق التحليل ذات الأهمية العلمية والتاريخية، وهي:

- مقياس درجة الحرارة المؤثرة والتطورات المتتابعة التي طرأت عليها.
- خريطة الراحة (الخريطة البيو مناخية) لفيكتور أولجاى.
- جداول مارتن إيفنز.
- جداول ماهونى.
- منحنى جيفونى في أحد صوره المعدلة.
- متوسط معدل التصويت Predicted Mean Vote (PMV)
- متوسط النسبة المئوية لعدم الرضا الحرارى Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)

#### ٧-٢-٢ *سبل تحقيق الراحة الحرارية من خلال التهوية الطبيعية في المناطق الحارة الجافة*

يمكن الوصول إلى قدر مناسب من الراحة الحرارية دون اللجوء إلى الوسائل الميكانيكية عن طريق بعض المعالجات العمرانية والمعمارية، نستعرضها فيما يلي: -

- التحكم في الانتقال الحراري بين البيئة والمبنى باستخدام مواد بناء ذات مقاومة حرارية عالية، ألوان فاتحة لدهان الوجهات، حوائط مفرغة، مواد عازلة للحرارة.
- ترطيب الهواء باستخدام المرطبات الصحراوية، او وضع نوافير او مسطحات مائية في اتجاه الرياح.
- المعالجات العمرانية للتحكم في الرياح عن طريق وضع المباني بطريقة تبادلية او مائلة، حيث تحقق انتظاماً في حركة الهواء.

---

(1) Watson ،Kenneth ،Kenneth Labs ،Donald and Labs. Climatic Design. McGraw-Hill ،1985 p 26.

(2) Olgay، Victor. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University، 1987، p 14.

(٣) الوكيل. شفق العوضي، محمد عبد الله سراج، **المناخ وعمارة المناطق الحارة**، عالم الكتب، ١٩٨٩م.

- المعالجات المعمارية للتحكم في الرياح عن طريق تغيير وضع الفتحات وابعادها بحيث تحقق توزيع جيد للهواء داخل الفراغ.

## ٨- برامج المحاكاة المستخدمة في تحليل المشروع

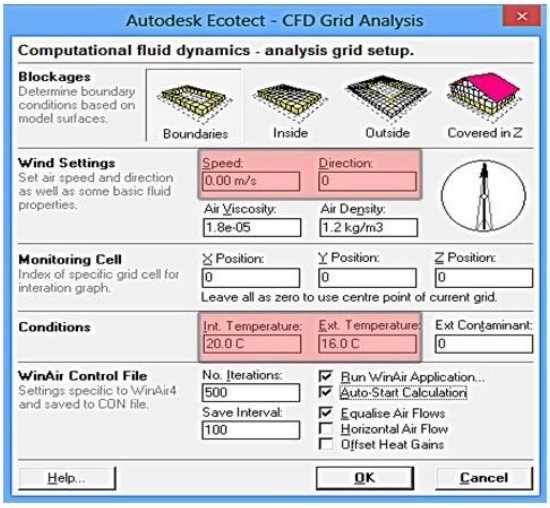
أصبحت عملية إجراء محاكاة معملية لحركة الهواء والراحة الحرارية لمراحل التصميم للمبنى معقدة ومكلفة وغير دقيقة كما أنها تستهلك وقت كبير. مما أدى الى ظهور برامج حاسب ألي تقوم بإجراء هذه المحاكاة اعتماداً على معادلات ومعطيات عن مواد البناء للقشرة الخارجية للمبنى والموقع الجغرافي ودرجات الحرارة واتجاه وسرعة الرياح بالموقع المقام به المشروع ...الخ. في هذا البحث يتم استخدام برامج (معتمدة من منظمات عالمية) لأجراء محاكاة بيئية للمباني، حيث تم استخدام نوعان من البرامج لكي يتم إجراء محاكاة كاملة وهما: -

- برنامج **AUTODESK ECOTECT 2011 + winair** والذي يتميز بإجراء محاكاة لحركة الهواء داخل الفراغ.
- برنامج **DESIGNBILDER v.3** والذي يتميز بإجراء محاكاة للراحة الحرارية داخل الفراغ.

وقد تم استخدام هذان النوعان من البرامج حيث انه لا يوجد برنامج واحد يجمع بين محاكاة حركة الهواء ومحاكاة الراحة الحرارية.

### ٨-١ برنامج AUTODESK ECOTECT ANALYSIS 2011

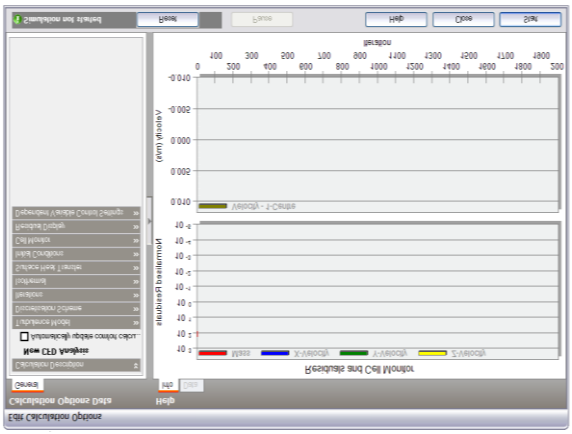
يقوم هذا البرنامج بإجراء محاكاة تحليلية بيئية للمبنى حيث يقوم بإجراء حسابات للأشعة الشمسية الساقطة على المبنى وحساب كمية الظلال الواقعة على المبنى والقيام بحسابات حرارية للمبنى ... الخ، كما يتم أضافة برنامج **WINAIR** الى هذا البرنامج ليقوم بإجراء محاكاة لحركة الهواء داخل المبنى. ويتم ذلك عن طريق رسم الفراغ المراد إجراء محاكاة له رسما ثلاثي الأبعاد وتحديد اتجاه وسرعة الرياح، وحساب حركة الهواء داخل الفراغ، ويكون المخرج النهائي للبرنامج قطاع محدد علية اتجاهات الرياح وسرعتها. وكما هو موضح بالشكل (٢) نموذج لمدخلات البرنامج وهي سرعة الرياح، اتجاه الرياح في الموقع، درجة الحرارة داخل المبنى وخارجه.




**شكل (٢)** مدخلات برنامج ECOTECT –WINAIR

### ٨-٢ برنامج DESIGNBILDER v.3

يقوم هذا البرنامج بإجراء العديد من التحليلات البيئية للمباني منها (استهلاك الكهرباء – انبعاثات الكربون – معايير الراحة الحرارية – حركة الهواء داخل وخارج المبنى – أنظمة التكييف...الخ )، ومن أهم تطبيقات البرنامج إجراء محاكاة لأنظمة التكييف والتهوية في المباني **(HVAC)**، حيث يستخدم محرك برنامج المحاكاة **ENERGY PLUS** الذى يعتبر اقوى برامج المحاكاة البيئية للمبنى ولكنه معقد في الاستخدام. ويعتمد البرنامج على جميع التفاصيل الخاصة بالمبنى كمدخلات له، حيث يتم توقيع المبنى الجغرافياً ومواد البناء المستخدمة في المبنى، ومواد التشطيب وأنواع النوافذ والأبواب بكافة تفاصيلها، وأيضاً توجيه المبنى وموقعه من المباني المحيطة، يوضح الشكل (٣) نافذة الحسابات الخاصة بمحاكاة حركة الهواء داخل المبنى لبرنامج **DESIGNBILDER**.



**شكل (٣)** نافذة الحسابات الخاصة بمحاكاة حركة الهواء داخل المبنى الخاصة ببرنامج DESIGNBUILDER

### ٨-٣ فكرة عمل برامج محاكاة حركة الهواء والراحة الحرارية

تقوم فكرة اجرء هذه البرامج على إجراء محاكاة لحركة الهواء الديناميكية داخل الفراغ **"Computational Fluid Dynamics"** والتي تعرف باسم **CFD**. حيث تعتمد هذه البرامج على معادلات فيزيائية، لحساب حركة الهواء باعتباره أحد أنواع الموائع. وتقوم حساب حركة واتجاه الهواء اعتمادا على بناء شبكة داخل الفراغ المراد إجراء محاكاة له. هذه الشبكة يمكن التحكم في أبعادها ومقياسها، حيث يقوم البرنامج بحساب حركه واتجاه الهواء عند كل نقطة من نقاط الشبكة. كما تقوم هذه البرامج أيضاً بحساب الراحة الحرارية في الفراغ عن طريق معادلات وخرائط الراحة الحرارية التي تعتمد على نموذج **"Fanger"** في حساب مناطق الراحة الحرارية، كما يمكن لهذه البرامج إجراء حسابات الراحة الحرارية بعد إجراء محاكاة **CFD**، مثل حساب متوسط درجة الحرارة المشعة **Mean Radiant Temperature "(MRT)"** متبوعة بعدة إجراءات أخرى منها حساب متوسط معدل التصويت **"Predicted Mean Vote (PMV)"**، وأخيراً يتم حساب معدل متوسط عدم الرضاء **" Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)"**، وهو من أهم المعدلات التي توفر نتائج مباشره عن نسبة عدم ارتياح الأشخاص حرارياً في الفراغ.

## ٩- الحلول التصميمية المعمارية المقترحة لزيادة كفاءه التهوية الطبيعية في فراغات المباني السكنية

تم اختيار الغرف السكنية باعتبارها أكثر الفراغات استخداما في المبنى السكنى، وباعتبار تصميمها ثابت الى حد كبير في معظم النماذج السكنية من حيث الشكل والأبعاد. كما تم عمل تقييم بيئي لعدة بدائل وحلول تصميمية لفتحات نوافذ هذه الفراغات السكنية المتمثلة في الغرف. وتم اختيار نماذج هذه الغرف في ظروف مختلفة من حيث التوجيه وأماكن فتحات النوافذ وموقع الغرف في الوحدة السكنية، بحيث تشمل معظم نماذج الوحدات السكنية.

كما تم مراعاة عدة عوامل ومحددات عند اقتراح البدائل التصميمية وهي:

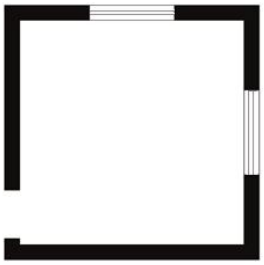
أ- مراعاة الحد الأدنى لمساحة فتحة النافذة طبقاً للكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية رقم (٦٠٢).
ب- مراعاة الحد الأدنى لمساحة الغرفة السكنية طبقاً للكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية رقم (٦٠٢).
ج- مراعاة أن تكون جميع فتحات النوافذ تحقق الحد الأدنى من منسوب شدة الإضاءة الطبيعية كما حددها الكود المصري لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني السكنية، وهي للغرف ٥٠ لكس.
د- ارتفاع جلسة النوافذ ١متر من منسوب أرضية الغرفة.
ه- ارتفاع عتب النوافذ ٢.٢ متر من منسوب أرضة الغرفة، حتى تتطابق مع معظم نماذج الأسكان.

كما تنقسم حلول التصميمية المقترحة للفتحات في غرف الفراغات السكنية، الى الاتي: -

### ٩-١ أبعاد وأماكن النوافذ في الغرفة السكنية

تم تصنيف الغرف السكنية الى ثلاث نماذج، لإجراء البدائل التصميمية عليها، حيث أن اختيار هذه النماذج يعتمد على اختلاف موقع اضلاع الغرفة بالنسبة للواجهة، وأماكن فتحات الأبواب الداخلية في الغرفة، تم اختيار نموذج واحد من هذه النماذج لعرضة وهو النموذج الأول.

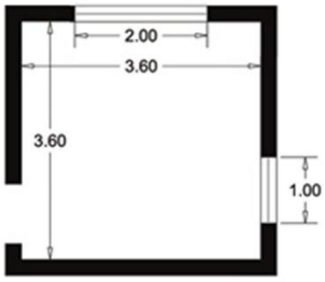
- **النموذج المختار:** يمثل هذا النموذج غرفة ذات واجهتان يطلان على الخارج، أي أن لها ضلعان يمكن وضع فتحات شبابيك بهما، كما هو موضح بالشكل (٤).



**شكل (٤)** نموذج الغرفة ذات الواجهتين في الوضع الحالي وقبل إجراء البدائل التصميمية

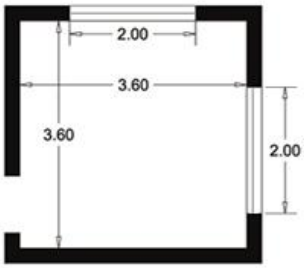
كما تم تصميم ثلاث بدائل لأبعاد وأشكال الفتحات في هذا النموذج، مع مراعاة عدم الإخلال بوظيفة الفراغ كغرفة سكنية، كالتالي:

أ. **البديل الأول:** حيث تم زيادة مساحة الفتحات المقابلة لاتجاه الرياح لتصل الى ٢ متر، وتقليل مساحة الفتحة الأخرى التي يخرج منها الهواء لتصل الى ١ متر، كما هو موضح بالشكل (٥)، حتى نوفر توزيع وسرعة أفضل للهواء داخل الغرفة.



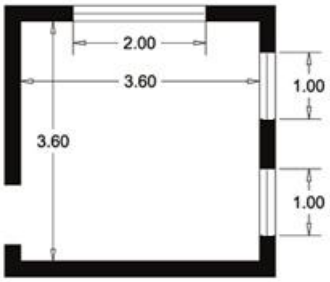

**شكل (٥)** البديل التصميمي الأول للنموذج الأول من الغرفة السكنية

ب. **البديل الثاني:** تم تثبيت مساحة الفتحة المقابلة للرياح حتى يمر منها أكبر قدر من الهواء مع تغيير مساحة الفتحة الأخرى لتصل الى ٢ متر عرض، كما هو موضح بالشكل (٦)، حتى نصل الى أفضل مساحة وموضع للفتحات يوفر توزيع وتهوية أفضل.




**شكل (٦)** البديل التصميمي الثاني للنموذج الأول من الغرفة السكنية

ج. **البديل الثالث:** في هذا البديل تم تثبيت مساحة الفتحة المقابلة للرياح أيضاً حتى نوفر أكبر قدر من الهواء الداخل للفراغ مع الحفاظ على سرعة مناسبة، كما تم تقسيم الفتحات في الجهة الأخرى الى فتحتين عرض كل فتحة ١ متر، كما هو موضح بالشكل (٧)، وذلك لتلافى المناطق التي يوجد بها قصور في التهوية ونضمن توزيع أفضل للهواء داخل الفراغ.



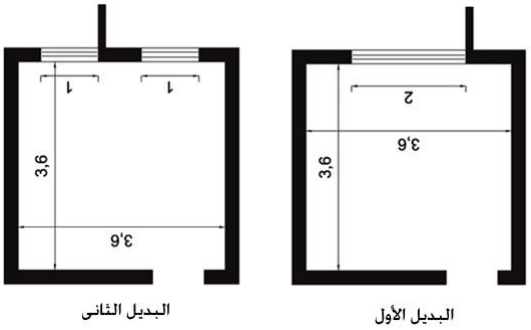

**شكل (٧)** البديل التصميمي الثاني للنموذج الأول من الغرفة السكنية

**٩-٢ ارتفاع الفراغ في الغرفة السكنية**

يعتبر ارتفاع الفراغ من العوامل الهامة المؤثرة على حركة الهواء داخل الفراغ، لأنه يمكن أن يكون له تأثير سلبي او تأثير إيجابي على حركة الهواء داخل الفراغ، كما تم اقتراح بدائل تصميمية لارتفاع الفراغ يتراوح من ٢.٧ الى ٣ متر، وهي الارتفاعات السائدة في مشروعات الأسكان والتي يحددها القانون بحدها الأدنى ٢،٦ متر، اما مباني الأسكان الفاخر فيمكن أن ترتفع الى ٣ متر. وتم في الدراسة اختيار بدائل تتراوح من ٢.٧ الى ٣ متر.

**٩-٣ إضافة كاسرات شمس (أكتاف) على النوافذ**

استخدم هذا الحل التصميمي لفتحات النوافذ في حاله التوجيه الشرقي والغربي للغرف، حيث يكون اتجاه الرياح موازي لفتحات النوافذ في الغرف. وفى هذه الحالة يصعب دخول الهواء داخل الفراغ، وبالتالي كان من الضروري إضافة عنصر على فتحات النوافذ لتوجيه الهواء الى داخل الفراغ. كما تم دراسة البدائل المقترحة لوضع الكاسرات بحيث توجه الهواء الى داخل الفراغ. وتم دراسة تغيير أبعاد وأشكال فتحات النوافذ بهدف الوصول لأفضل بديل كما بالشكل (٨).




**شكل (٨)** البدائل التصميمية لإضافة كاسرات على فتحات نوافذ الغرف السكنية

**١٠ - إجراء محاكاة لحركة الهواء وللراحة الحرارية للحلول التصميمية المقترحة للنموذج المختار من الغرفة السكنية**

تم إجراء محاكاة باستخدام برامج الحاسب الألى المذكورة سابقاً للغرفة السكنية الممثلة في النموذج المختار الذي يمثل الوضع القائم، وكذلك تم إجراء محاكاة للبدائل المقترحة التي سبق ذكرها. حيث أن هدف هذه المحاكاة هو التعرف بشكل تفصيلي على مسار واتجاه وسرعة الهواء في كل بديل، وتحليل وتقييم ومقارنة نتائج عملية المحاكاة للوصول الى أنسب الحلول التي توفر راحة حرارية للمستخدمين وأفضل تهوية طبيعية. ولكي يتم إجراء المحاكاة ودراسة حركة الهواء وقياس أماكن وأبعاد الفتحات، تم افتراض المحددات والافتراضات التالية:

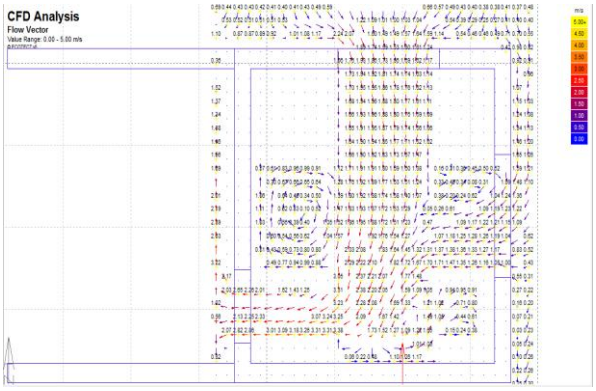
**أ-** تم افتراض أن اتجاه حركة الهواء من الشمال.
**ب-** تم إجراء محاكاة حركة الهواء بدون وجود فرش في الغرفة.
**ج-** تم افتراض عدم وجود أي حواجز على الشبابيك، مثل الستائر او سلك.
**د-** تم افتراض عدم وجود أشجار أو مباني أخرى في الموقع.

**١٠-١ محاكاة فرغ الغرفة السكنية في حاله تغيير أبعاد وأماكن فتحات النوافذ في النموذج الأول**

تم إجراء محاكاة للوضع الحالي لتصميم الغرفة ومحاكاة للبدائل التصميمية المقترحة للنموذج الأول من الغرف: -

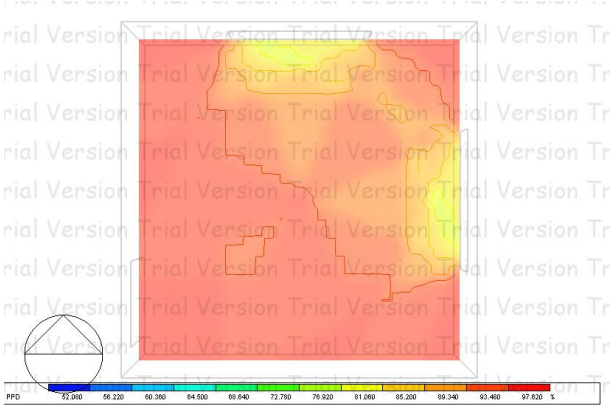
أ- **محاكاة حركة الهواء لفراغ الغرفة في الوضع الحالي:** وهي غرفة نوم أبعادها الغرفة ٣.٦ X ٣.٦ متر، وهي تطل على ناصيتين. ويوجد في كل حائط فتحه شباك بعرض ١.٤ متر وجلسة ١متر، كما تم إجراء المحاكاة التالية: -

- **محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة واتجاهاتها** عن طريق برنامج **"ECOTECT ANALISYS 2010"** كما هو بالشكل (٩) الذي يوضح شكل واتجاه ومسار حركة الهواء وتوزيعه داخل الغرفة. وأظهرت المحاكاة وجود عيوب في هذا التصميم المتمثلة في وجود مساحات في جوانب الغرفة لا يوجد بها حركة للهواء، حيث ان هذا العيب يعد قصور واضح في توزيع الهواء داخل الفراغ.




**شكل (٩)** محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة الأولى موضحه بأسهم توضح اتجاه حركة الهواء ومسارها وتوزيعها داخل الغرفة

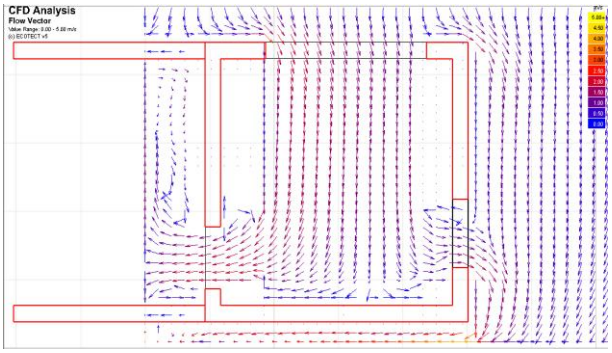
- **محاكاة الراحة الحرارية داخل الغرفة** عن طريق برنامج**"DESIGNBUILDER"**، والذى يوضح معدل عدم الرضا او عدم الارتياح الحرارى **PPD** داخل الفراغ، وكما هو موضح بالشكل (١٠)، الذى يظهر وجود معظم الغرفة في منطقة عدم ارتياح حرارى الممثلة باللون الأحمر. كما نلاحظ ان نسبة عدم الارتياح الحراري يتراوح من ٨١ % الى ٩٧ %، وهي نسبة مرتفعة.



**شكل (١٠)** يوضح معدل عدم الرضا الحراري **PPD** في الغرفة

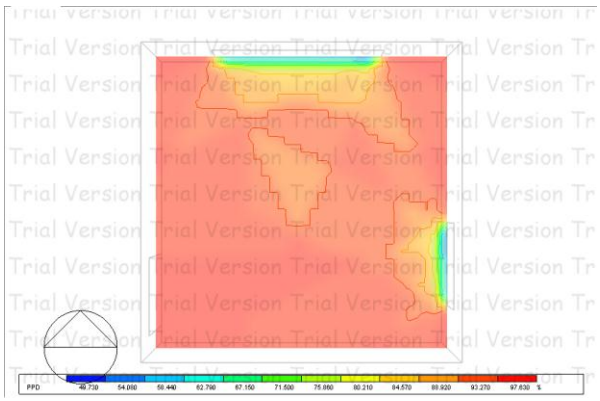
**ب-** **محاكاة البديل الأول:** حيث تم زيادة عرض الشباك المواجهة للرياح ليصل الى ٢م وتقليل عرض الشباك الأخر الى ١متر، ونقله من منتصف الحائط الى ابعد مكان عن الشباك الأخر، كما تم إجراء المحاكاة وكانت نتائجها كالتالي: -

- **محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة واتجاهاتها** كما هو بالشكل (١١) الذي يوضح شكل واتجاه ومسار حركة الهواء وتوزيعه داخل الغرفة، كما يظهر هذا البديل نتائج أفضل من حيث سرعة الرياح داخل الفراغ وتوزيعه، ولكن توجد بعض المساحات في جوانب الغرفة تنعدم فيها سرعه الهواء، ولكنها أقل من المساحات الموجودة بالتصميم القائم.




**شكل (١١)** محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة الأولى موضحه باسهم توضح اتجاه حركة الهواء ومسارها وتوزيعها داخل الغرفة

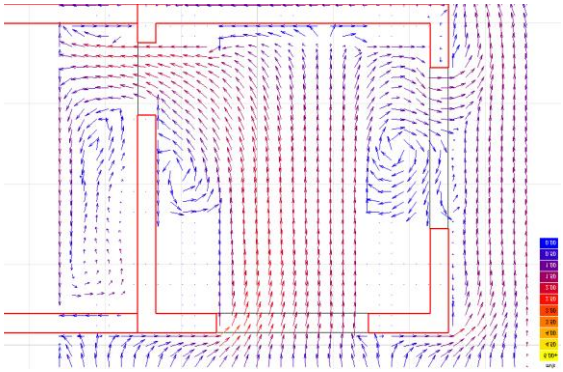
- **محاكاة الراحة الحرارية داخل الغرفة** كما هو موضح بالشكل (١٢)، الذي يظهر وجود معظم الغرفة في منطقة عدم الارتياح الحراري الممثلة باللون الأحمر. ونلاحظ ان مناطق الراحة الحرارية بالغرفة زادت لتصل الى ٢٥% تقريباً، ولكنها غير موزعة جيدا في الفراغ.



**شكل (١٢)** يوضح معدل عدم الرضا الحراري **PPD** في الغرفة

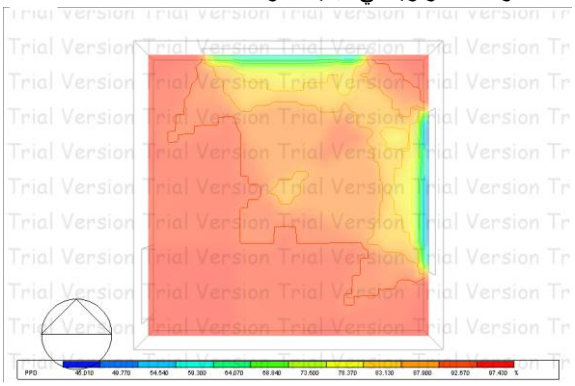
**ج-** **محاكاة البديل الثاني**: حيث تم زيادة عرض الشباك المواجهة للرياح ليصل الى ٢ متر، وزيادة عرض الشباك الأخر ليصل الى ٢متر، أيضاً حتى نصل الى أفضل نسبة لعرض فتحة الشباك المواجه للهواء والذي يفرغ الهواء، كما تم إجراء المحاكاة التالية: -

- **محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة واتجاهاتها** عن طريق برنامج **"ECOTECT ANALISYS 2010"** كما هو بالشكل (١٣) الذي يوضح شكل واتجاه ومسار حركة الهواء وتوزيعه داخل الغرفة، كما يظهر هذا البديل نتائج أفضل من حيث سرعة الرياح داخل الفراغ وتوزيعه، ولكن توجد بعض المساحات في جوانب الغرفة تنعدم فيها سرعه الهواء، حيث أنها أقل من المساحات الموجودة بالبديل الأول والتصميم القائم.



**شكل (١٣)** محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة الأولى موضحه باسهم توضح اتجاه حركة الهواء ومسارها وتوزيعها داخل الغرفة

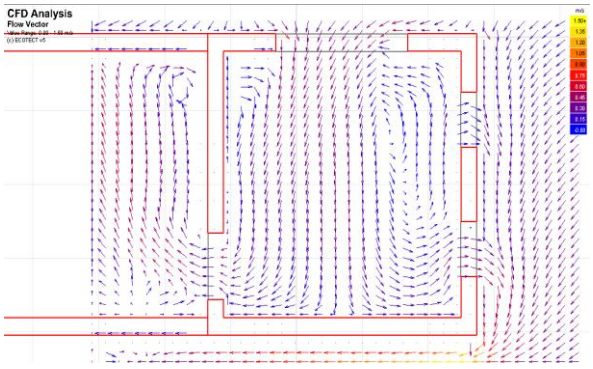
- **محاكاة الراحة الحرارية داخل الغرفة** عن طريق برنامج **"DESIGNBUILDER"**، والذى يوضح معدل عدم الرضا او عدم الارتياح الحرارى **PPD** داخل الفراغ، وكما هو موضح بالشكل (١٤)، الذى يظهر وجود مساحات داخل الغرفة في منطقة عدم الارتياح الحرارى الممثلة باللون الأحمر، ولكنها اقل من المساحات الواقعة في منطقة عدم الراحة الحرارية في البديل الأول.



**شكل (١٤)** يوضح معدل عدم الرضا الحرارى **PPD** في الغرفة

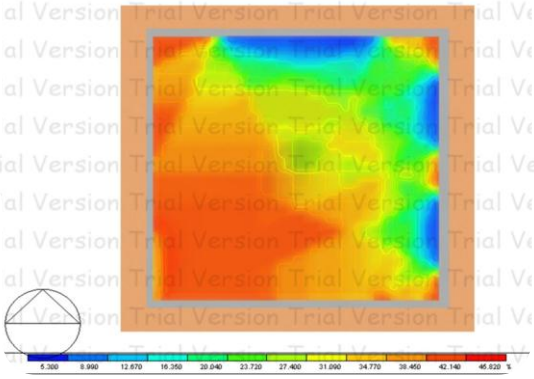
د- **محاكاة البديل الثالث:** حيث تم الوصول لأفضل نسبة لفتحه الشباك المواجهة للرياح وهي ٢متر، حيث أنها توفر أفضل نتائج من خلال دراسة البدائل السابقة، وتقسيم الفتحة الأخرى الى فتحتين عرض كل واحدة ١ متر وموضوعة على مسافات متساوية في الحائط، حتى يعطى توزيع أكبر للهواء داخل الفراغ ونتلافى العيوب في البدائل السابقة، وتزيد من سرعة الرياح عن طريق التقسيم حيث أن مساحة الفتحة التي تخرج الهواء اصبحت أصغر من مساحة الفتحة التي تدخل الهواء، وتتضح فكرة البديل من خلال الخريطة التحليلية التالية: -

- **محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة واتجاهاتها** عن طريق برنامج **"ECOTECT ANALISYS 2010"** كما هو بالشكل (١٥) الذي يوضح شكل واتجاه ومسار حركة الهواء وتوزيعه داخل الغرفة، كما يتضح وجود توزيع جيد جداً للهواء أفضل من الوضع القائم والبدائل السابقة حيث أن معظم الفراغ يوجد به توزيع وحركه للهواء كما هو موضح في الشكل التالي.




**شكل (١٥)** محاكاة لحركة الهواء داخل الغرفة الأولى موضحه باسهم توضح اتجاه حركة الهواء ومسارها وتوزيعها داخل الغرفة

- **محاكاة الراحة الحرارية داخل الغرفة** عن طريق برنامج**"DESIGNBUILDER"**، والذى يوضح معدل عدم الرضا او عدم الارتياح الحرارى **PPD**داخل الفراغ، وكما هو موضح بالشكل (١٦)، الذى يظهر وجود مساحات قليلة من الغرفة في منطقة عدم الارتياح الحرارى الممثلة باللون الأحمر، حيث أنها تدل على زيادة المساحات الواقعة في الراحة الحرارية بنسبة كبيرة مما كانت علية في الوضع الحالي، حيث أن هذا البديل يمثل أفضل نتيجة للراحة الحرارية في كل البدائل.



**شكل (١٦)** يوضح معدل عدم الرضا الحرارى **PPD** في الغرفة

**١١- اختيار البديل الأمثل من البدائل التصميمية المقترحة للنموذج الأول**

تم اختيار البديل الأمثل من البدائل التصميمية بناءاً على نسبة تحقيق هذا البديل لعدة معايير بالمقارنة مع البدائل الأخرى. هذه المعايير تم توصيفها وتحديدها كالاتي:

أ. **توزيع الهواء داخل الفراغ في كل بديل تصميمي مقترح:** حيث تم تقييم هذا العامل بناءاً على نتائج محاكاة حركة الهواء داخل الفراغ، حيث أظهرت المحاكاة اختلاف في توزيع الهواء داخل الفراغ تراوحت من توزيع جيد الى توزيع ضعيف للهواء في كل بديل تصميمي.

ب. **سرعة الهواء داخل الفراغ:** تم مقارنة نتائج محاكاة حركة الهواء لكل بديل وتقيمها بناءاً على معدل

سرعة الرياح المناسب للراحة الحرارية للإنسان داخل الفراغ، والموضح في المحاكاة.

ج. **الراحة الحرارية PPD:** حيث تم تقييم الراحة الحرارية لكل بديل كنسبة مؤدية توضح مقدار الراحة الحرارية في الفراغ.

د. **ملائمة الفراغ للوظيفة:** لم يتم الاخلال بوظيفة الفراغ السكنى في كل بديل من البدائل المقترحة. حيث انه تم تطبيق جميع اشتراطات الكود المصري للمباني السكنية في تصميم البدائل.

ه. **الخصوصية:** تدرجت الخصوصية في كل بديل تصميمي نظراً لاختلاف ابعاد وأماكن النوافذ، كما تم تقييم الخصوصية في كل بديل كنسبة مؤدية بناءاً على المعايير الموصى بها في الكود المصري للمباني السكنية.

و. **امكانية فرش الفراغ:** تراوحت إمكانية وضع الفرش في الفراغ في كل بديل تصميمي نظراً لاختلاف أماكن وابعاد النوافذ، حيث ان كل البدائل التصميمية تحقق الفرش المطلوب في الفراغ ولكن اختلفت نسبة إمكانية المرونة والتنوع في وضع أماكن الفرش لكل بديل عن الاخر.

هذه المعاير السابق ذكرها تم تمثيلها في جدول، حيث مثلت نسبة تحقيق وملائمة كل معيار بنسبة مأوية او بدرجة ملائمة. كما هو موضح في الجدول التالي:

| البدائل التصميمية | توزيع الهواء داخل الفراغ | سرعة الهواء داخل الفراغ | الراحة الحرارية (PPD) % | الكود المصري للمباني السكنية | الخصوصية % |
|---|---|---|---|---|---|
| التصميم الحالي | ضعيف جدا | مقبول | ٢٠ | مطابق | ٩٠ |
| البديل الأول | مقبول | مقبول | ٤٠ | مطابق | ٨٥ |
| البديل الثاني | مقبول | مقبول | ٦٥ | مطابق | ٨٥ |
| البديل الثالث | جيد جدا | جيد | ٦٥ | مطابق | ٨٥ |

## ١٢- تطبيق الحلول التصميمية المقترحة على مشروع Golf Residence

- **أسم الشروع:** مشروع إسكان عائلي متوسط **Golf Residence.**
- **المالك:** شركة بيتا ايجيبت للمقاولات.
- **الموقع:** مدينة السادس من اكتوبر -حدائق اكتوبر.
- **الموقع الجغرافي :** ٣١ طول ٣٠ عرضي.
- **المساحة:** ١٧ فدان -٧٠٠٠٠ م٢

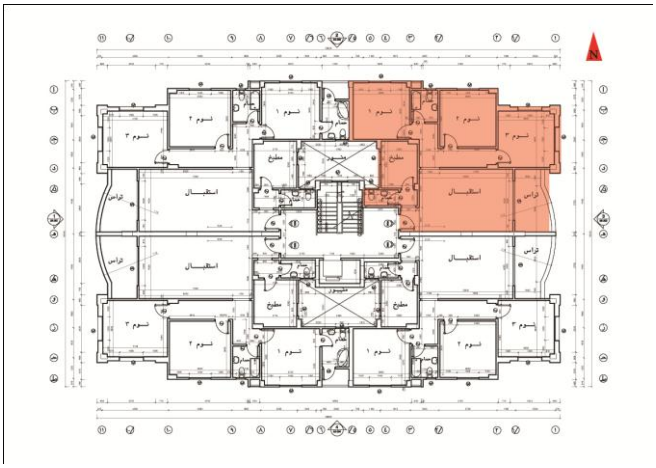
### ١٢-١ وصف المشروع

هو مشروع إسكان عائلي ينقسم الى مرحلتين الأولى إسكان عائلي متوسط، والمرحلة الثانية إسكان عائلي اقتصادي، حيث تتشابه نماذج الإسكان في هذا المشروع مع مشاريع إسكان كثيرة، مالك ومنفذ المشروع شركة بيتا ايجبت، يقع المشروع في مدينة السادس من أكتوبر كما هو موضح بالشكل (١٧) موقع المشروع بالنسبة لمدينة السادس من أكتوبر.

**شكل (١٧)** الموقع العام للمشروع وموقع العمارة السكنية محل الدراسة

### ١٢-٢ معايير اختيار الوحدة السكنية

تم اختيار نموذج الوحدة السكنية محل الدراسة بناء على أفضل توجيه من وجهة نظر الباحث، حتى تتحقق أقصى استفادة من التطوير في التصميم. للوصول لنموذج يحقق أقصى استفادة من التهوية الطبيعية، تتكون الوحدة السكنية محل الدراسة من ٣ غرف نوم تتشابه الى حد كبير مع معظم نماذج الغرف السكنية المعاصرة. كما هو في الشكل (١٩).



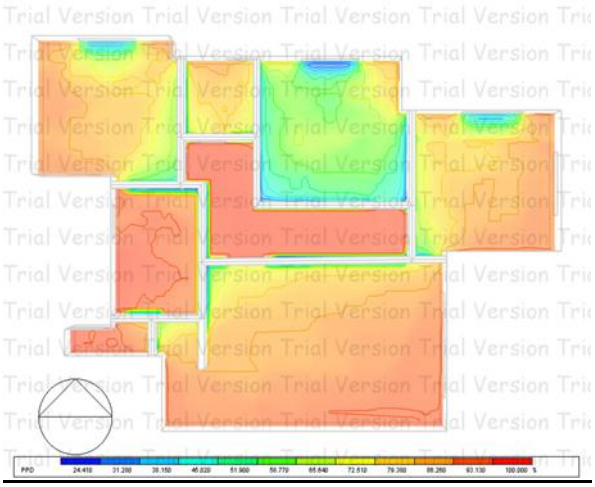
**شكل(١٩)** المسقط الأفقي للوحدة السكنية موضح علية اتجاه الشمال

### ١٢-٣ محاكاة مقارنة للتصميم بين الوضع الحالي للوحدة السكنية والتصميم المقترح من حيث الراحة الحرارية.

### ١٢-٣-١ محاكاة للراحة الحرارية داخل الوحدة السكنية في الوضع الحالي

تم إجراء محاكاة لمعدلات الراحة الحرارية داخل فراغات الوحدة السكنية عن طريق برنامج المحاكاة

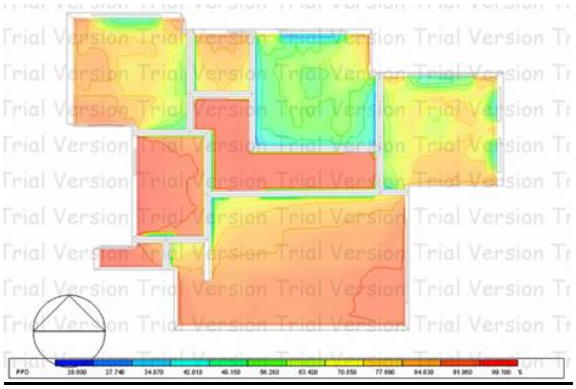
"DESIGNBUILDER" لمعرفة الوضع القائم للراحة الحرارية داخل الوحدة السكنية، ومعرفة الفراغات ذات الراحة الحرارية الرديئة. يوضح الشكل (٢٠) تحليل متوسط النسبة المئوية لمعدل عدم الارتياح داخل الفراغ "PPD"، في المسقط الأفقي للوحدة السكنية المختارة. حيث أن PPD تمثل معدل عدم الراحة كنسبة مئوية ممثلة بتدرج ألوان تبدأ من اللون الازرق بنسبة ٢٤% وهو أقل نسبة لعدم الارتياح داخل الوحدة السكنية وتنتهي باللون الأحمر بنسبة ١٠٠ % عدم ارتياح حراري داخل الفراغ، وهي أقصى نسبة لعدم الارتياح الحراري، أي أنه كلما اقتربت النسبة المئوية الى صفر % كان الفراغ يحقق الراحة الحرارية المثالية.



**شكل (٢٠)** خريطة تحليل متوسط النسبة المئوية لمعدل عدم الارتياح داخل الفراغ "PPD "موضح اتجاه الشمال.

### ١٢-٣-٢ محاكاة للراحة الحرارية داخل الوحدة السكنية بعد تطبيق الحلول التصميمية

من خلال هذه التجارب والتحليلات على البدائل، تم اختيار أفضل بدائل تصميمية لفتحات شبابيك كل غرفة وتطبيقها على الوحدة السكنية، واجرى محاكاة لها أيضاً حتى تتم مقارنتها بنتائج تحليل حركة الهواء والراحة الحرارية بالوحدة السكنية القائمة، حيث يوضح الشكل (٢١) تحليل متوسط النسبة المئوية لمعدل عدم الرضا داخل الفراغ "PPD" في المسقط الأفقي للوحدة السكنية المعدلة من النموذج.



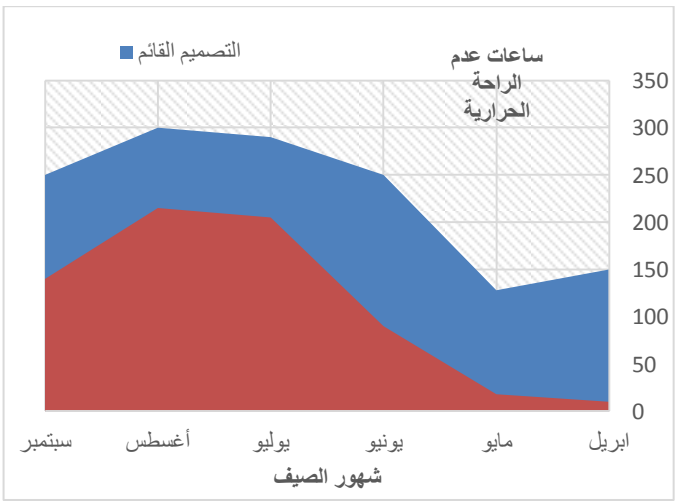
**شكل (٢١)** خريطة تحليل متوسط النسبة المئوية لمعدل عدم الارتياح داخل الفراغ "PPD ".

### ١٢-٣-٣ تحليل عدد ساعات عدم الراحة الحرارية داخل التصميم القائم والتصميم المقترح خلال فصول الصيف

تم إجراء تحليل للنسبة التقريبية لمعدلات ساعات عدم الراحة الحرارية داخل الوحدة السكنية خلال أشهر فصول الصيف عن طريق برنامج "DESIGNBUILDER"، حيث سجل شهرا أغسطس ويوليو أعلى معدل لساعات عدم الراحة الحرارية وهو ما يقرب الى ٣٠٠ ساعة في كل شهر، وهو ما يعنى استخدام التكييف في هذه الفترة، كما تم إجراء نفس تحليل للنسبة التقريبية لمعدلات ساعات عدم الراحة الحرارية داخل الوحدة السكنية المقترحة، وكما هو موضح بالشكل (٢٢) عدد ساعات عدم الراحة الحرارية في كل شهر من شهور الصيف، حيث سجل شهر أغسطس عدد ساعات عدم راحة حرارية تقترب من ٢٢٠ ساعة وهو أقل بـ ٨٠ ساعة من نتائج التصميم القائم، أي تم توفير ٨٠ ساعة في استخدام التكييف في هذا الشهر فقط نتيجة لتطبيق الحلول التصميمية على فتحات نوافذ الغرف، وبالمثل في شهر يوليو سجل ما يقرب من ٢٠٥ ساعة من ساعات عدم الراحة الحرارية وهو أقل بـ ٩٠ ساعة تقريباً. كما هو موضح بالجدول التالي:

**جدول يوضح عدد ساعات عدم الراحة الحرارية في كل شهر للتصميم القائم والتصميم المقترح**

| الشهر | ابريل | مايو | يونيو | يوليو | أغسطس | سبتمبر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| التصميم القائم | ١٥٠ | ١٢٨ | ٢٥٠ | ٢٩٠ | ٣٠٠ | ٢٥٠ |
| التصميم المقترح | ١٠ | ١٨ | ٩٠ | ٢٠٥ | ٢١٥ | ١٤٠ |
| الفرق في عدد الساعات | ١٤٠ | ١١٠ | ١٦٠ | ٩٠ | ٨٠ | ١١٠ |



**شكل (٢٢)** رسم بياني يوضح مقارنة بين عدد ساعات عدم الراحة الحرارية في الوحدة السكنية للتصميم القائم والمقترح خلال كل شهر من شهور فصل الصيف

**١٣-١ النتائج**

- بمقارنة النتائج النهائية لبرامج محاكاة التهوية والراحة الحرارية التي في البحث يتضح ان النموذج المعدل به أماكن الفتحات ومقاساتها يحقق نتائج أفضل من حيث التهوية الطبيعية داخل فراغاته. كما تم اثبات أن فتحة النافذة المقابلة لاتجاه دخول الهواء يفضل أن تكون فتحة واحدة وبنسبة ٣.٦ :٢ عرض الحائط المصمت الى الفتحة، أما فتحة الشباك التي يخرج منها الهواء فتكون بنفس النسبة ولكن مقسمة الى فتحتين حتى يحقق توزيع أفضل وسرعة أعلى للهواء الخارج، حتى يزيد ذلك من معدل تغيير الهواء المتجدد داخل الفراغ.
- يتضح من مقارنة نتائج ساعات عدم الراحة الحرارية أن نموذج الوحدة المعدل يوفر ساعات عدم راحة حرارية أقل من التي يعطيها النموذج الحالي بحوالي ١٤٠ ساعة في شهر ابريل و١١٠ ساعة في شهر مايو، و١٦٠ ساعة في شهر يونيو، و٩٠ ساعة في شهر يوليو، و٨٠ ساعة في شهر أغسطس، و١٤٠ ساعة في شهر سبتمبر. **من خلال هذه النتائج يتضح انه تم تحويل ٦٧٠ ساعة من ساعات عدم الراحة الحرارية الى ساعات راحة حرارية في فصل الصيف دون الحاجة الى استخدام التكييف الصناعي، عن طريق تغيير أماكن ومقاسات فتحات نوافذ هذه الفراغات، مما يوفر الطاقة المستخدمة في التكييف خلال هذه الساعات من ساعات عدم الراحة الحرارية.**

**١٣-٢ التوصيات**

- تطبيق الحلول التصميمية النهائية المقترحة لفتحات النوافذ في الغرف السكنية على كل نموذج من نماذج الغرف السكنية المطابقة لها في مرحلة التصميم، مع إجراء محاكاة لحركة الهواء وللراحة الحرارية لهذا التصميم بعد تطبيق الحلول علية، للوصول إلى نتائج أدق توفر توفير أكبر للطاقة مع زيادة كفاءة التهوية الطبيعية في فراغاتها.
- مراعاة التوجيه الشمالي لغرف الوحدات السكنية، والبعد عن التوجيه الجنوبي لانعدام وجود حركة للرياح في هذا التوجيه وبالتالي تنعدم فرصة إجراء تهوية طبيعية بهذه الفراغات السكنية.
- استخدام برامج محاكاة حركة الهواء ومحاكاة الراحة الحرارية في مراحله تصميم المباني السكنية، لتلافى وجود قصور في التهوية الطبيعية في الفراغات السكنية، وبالتالي توفير أكبر قدر ممكن من الطاقة المستخدمة في التكييف الصناعي في المباني السكنية، مما يحقق مبدأ العمارة الخضراء.

**المراجع العربية:**


١. فتحي. حسن، **الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية**، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ١٩٨٨م.
٢. فجال. خالد سليم، **العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية الحارة**، الدار الثقافية للنشر، ٢٠٠٢م.
٣. الوكيل. شفق العوضي، محمد عبد الله سراج، **المناخ وعمارة المناطق الحارة**، عالم الكتب، ١٩٨٩م.
٤. عطية. إيمان محمد عيد، **التقنيات التقليدية وكيفية توظيفها في عمارة المناطق الصحراوية**، (ندوة الرياض: التنمية العمرانية في المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها) ٢٧ – ٢٩ شعبان ١٤٢٣ هـ.
٥. فجال. خالد سليم، **دراسة تحليلية لتطوير ملقف الهواء بهدف استعماله في العمارة المصرية المعاصرة**، رسالة ماجيستير، كلية الهندسة جامعة المنيا، ١٩٨٨ م.
٦. **الكود المصري لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني**-كود رقم ٣٠٦ -٢٠٠٥-الجزء الأول: المباني السكنية.
٧. **الكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية** - كود رقم (٦٠٢) ٢٠٠٩.


**REFERENCES:**


[1] B.. Giovoni. Man Climate & Architecture. Elsevier Publishing Co. 1977. p 122

[2] Dimitra. Babalis. Ecopolis: Conceptualising and Defining Sustainable Design. Alinea Editrice. 2006. p 36.

[3] Doerr Architecture. "Definition of Sustainability and the Impacts of Buildings." Doerr Architecture. http://doerr.org/html/Sustain.html. 2003

[4] Evans. M.. Housing.climate and comfort. 1980. p 21.

[5] F.. Griffiths. Climate and Environment. London. 1976. p 92

[6] Ken. Beattie. "Sustainable Architecture and Simulation Modelling." University of Salford. http://cebe.cf.ac.uk/learning/habitat/HABITAT4/beattie.html. 2011.

[7] Koenigsberger. O.H. & Ingersoll. T.G. & Mayhew. A. & Szokolay. S.V.. "Manual of tropical housing and building. Part 1: Climatic design". 1980

[8] Konya. Allan. and Vandenberg. Maritz. Design Primer for hot climates. Archimedean Press Limited. 2011. P 55.

[9] Markus. Building Climate & energy. 2007. p 47.

[10] Melaragno. Michele. Wind in Architecture and Environmental Design. Van Nostrand Reinhold Company: New York. cincnnati. Toronto. London. 1982. p 148. 149.

[11] Olgay. Victor. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural

Regionalism. Princeton University. 1987. p 14.

[12] S. Pushkar. R. Becker. A. Katz. "A methodology for design of environmentally optimal buildings by variable grouping". Building and Environment Journal. Vol 40/8. August 2005. p 40.

[13] Pidwirny. M. "Climate Classification and Climatic Regions of the World". *Fundamentals of Physical Geography. 2nd Edition.* http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html. 2006.

[14] Watson. Kenneth. Kenneth Labs. Donald and Labs. Climatic Design. McGraw-Hill. 1985 p 26.

[15] WBDG Sustainable Committee. (August 18. 2009). Sustainable. Retrieved November 28. 2009. from http://www.wbdg.org/designsustainable.php