



تحسين الأداء الحراري للمسكن النوبي المستحدث (دراسة حالة وادي كركر)

حماده شعبان عبد القادر¹، محمد حسان حسن^{2*}

^{1,2} قسم العمارة – كلية الهندسة – جامعة أسيوط

Received 3 May 2017; Accepted 10 June 2017

الملخص:

يمثل المسكن النوبي مثالا جيدا للتفاعل المتوازن مع البيئة المحيطة، حيث تلعب البيئة دوراً هاماً في تشكيل أنماط وطرز المساكن النوبية ومفرداتها المعمارية، والذي ظهر من خلال نجاح تلك المساكن في السيطرة والتحكم وخلق مناخ معيشي مريح للفراغات الداخلية، وهو ما لم يتوفر بالمساكن المستحدثة بقري وادي كركر التي أنشأتها الدولة لتوطين النوبيين حول بحيرة ناصر، حيث جاءت مبانيها بشكل نمطي مكرر دون مراعاة الخصائص الطبيعية للبيئة الصحراوية المحيطة كما هو الحال بالمسكن النوبي التقليدي، لذلك يهدف البحث لتحسين الأداء الحراري للمسكن النوبي المستحدث من خلال تقييم الوضع الراهن لأحد المساكن بوادي كركر ووضع نموذج مقترح للتحسين. لذا اعتمدت الدراسة على أسلوب المحاكاة العددية، حيث تم الاستعانة ببرنامج (Autodesk Simulation CFD 2016) كأحد البرامج المعتمدة على حساب ديناميكية الموائع لقياس كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء لفراغات المسكن. وتبين نتائج معايرة البرنامج أن طريقة المحاكاة هذه قادرة على التنبؤ بالأداء الحراري لتلك المساكن وتأثير مفرداتها المختلفة. وتشير نتائج المحاكاة للنموذج المحسن إلى انخفاض درجة الحرارة بفارق (2.8 K^*)، وأيضاً زيادة معدل التهوية الطبيعية لتصل سرعة الهواء إلى (0.9 م / ث) بالفراغات الداخلية والتي بدورها تساعد على الإحساس بالراحة الحرارية.

1. المقدمة:

تعتبر العمارة النوبية هي قلب النوبة النابض الذي يعتزون به. حيث يمكن تعريف العمارة النوبية بأنها الخصائص البنائية التي استعملها النوبيين لتكون الهوية الخاصة بهم وبمساكنهم وبيئتهم المحيطة، وقد نشأت تلك العمارة بفضل حضارة النوبيين وذلك في المناطق الجنوبية لمصر بالإضافة إلى المناطق الشمالية للسودان على ضفتي نهر النيل^[1]. ولقد تبلورت العمارة النوبية القديمة وظهرت بوضوح في المسكن حيث خصه النوبيون بأهمية خاصة لما يمثله من قيمة روحية واجتماعية وتعبيرية، فقد كان المسكن بمثابة العالم الخاص للإنسان النوبي الذي يمارس فيه مبادئه وملكيته المطلقة، ويجسد من خلاله موروته الثقافية والحضارية التي ورثها على مدي تاريخه الطويل والممتد بجذوره عبر أجيال متلاحقة ومتصلة بفكرها الخاص والتميز^[2].

* [Kelvin] من وحدات القياس المعتمدة في النظام الدولي للوحدات لقياس درجة الحرارة ويرمز له بالرمز (K) سميت بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائي والمهندس البريطاني اللورد كلفن.

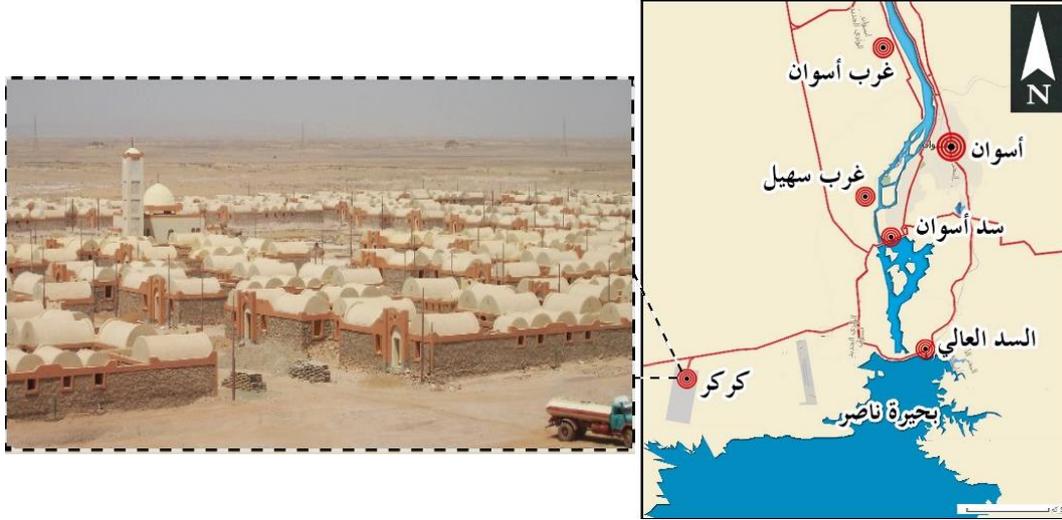
[1] عماد فريد: "العمارة التقليدية بالنوبة"، المؤتمر القومي لآثار وتراث وثقافة النوبة، القاهرة، 2011.

[2] زكريا حسين صديق: "ظاهرة العشوائيات في المسكن النوبي بعد التهجير مدخل للحفاظ على الهوية"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2005.

* Corresponding author.

Email address: moh.abdelhafez@aswu.edu.eg

تميز أيضاً المسكن النوبي القديم بزخارفه العديدة التي تضيء على واجهة المسكن وبداخله بهجة وكما تعتبر هذه الزخارف تسجيلاً لأهم أحداث العائلة. ويتميز أيضاً المسكن النوبي بعماراته التلقائية التي بناها النوبيون بتقنياتهم وحرقتهم القديمة كنتيجة لتفاعل الإنسان بالبيئة المحيطة [3]. لذا فقد جاءت تلك المساكن النوبية بنمط يتجاوب مع هذه البيئة [4]، وذلك بحكم توافق تصميماتها وخاماتها مع البيئة حيث استخدم النوبيون في بناء مساكنهم الطوب اللبن المصنوع من طمي النيل بسمك يصل إلى 0.6 متر [5]، كما احتوت أيضاً علي مجموعة غنية من المفردات المعمارية كالفناء الداخلي والقباب والأقبية والواجهات المصمتة ذات الفتحات الصغيرة العلوية لما لها من دور كبير في الأداء الحراري وتحقيق التهوية الطبيعية بتلك المساكن [6]. يقع وادي كركر في الجنوب الغربي لمدينة أسوان على بعد 25 كم عن مركز مدينة أسوان، كما يبعد أيضاً حوالي 3.5 كم عن بحيرة ناصر من جهة الشمال الغربي [7] كما هو موضح بالشكل رقم (1).



شكل (1): خريطة توضح موقع وادي كركر بالنسبة لمدينة أسوان [8]

جاءت المساكن التي بنتها الدولة لتوطين النوبيين بمنطقة وادي كركر مشابهة للمساكن النوبية التقليدية القديمة من الخارج فقط، حيث احتوت علي المفردات المعمارية التقليدية من قباب وأقبية وأفنية ولكنها غير متوافقة مع الخصائص البيئية والمناخية المحيطة كذلك الموجودة بالمسكن التقليدي، حيث اختلفت عنها في مادة وأساليب البناء حيث استخدمت الأحجار والطوب الأحمر والخرسانة في بناء تلك المساكن، وأيضاً استخدمت فتحات كبيرة وذات منسوب منخفض مستحدثة علي العمارة النوبية التي تميزت بقلة الفتحات بالواجهات الخارجية وبصغر حجمها وارتفاع منسوبها، ومن هنا كان لابد من تقييم الأداء الحراري لتلك المساكن والذي تم من خلال استخدام أسلوب المحاكاة، حيث تم الاستعانة ببرنامج (Autodesk Simulation CFD 2016) كأحد البرامج المعتمدة على حساب ديناميكية الموائع لتقييم الأداء الحراري لتلك المساكن المستحدثة ومن ثم معرفة أوجه القصور والسلبيات داخل هذه المساكن وبالتالي وضع نموذج معدل لتحسين الأداء الحراري لها.

1-1 إشكالية البحث:

تشير نتائج القياسات الميدانية التي أجريت خلال 15 يوماً في الفترة من 1 : 15 أغسطس 2016 إلى زيادة درجات الحرارة بشكل كبير لتصل إلى (40° C) داخل الفراغات الداخلية للمسكن النوبي المستحدث

[3] أيمن رجب عبد الراضي: "الطابع التشكيلي لعمارة المسكن التقليدي في القرى التقليدية بصعيد مصر"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، 2010.

[4] Omar M. El-Hakim: "Nubian Architecture: The Egyptian Vernacular Experience", Palm Press, 1993.

[5] أية سالم حافظ: "التصميم البيومناخي كإحدى مبادئ التنمية المستدامة لخلق فراغ داخلي معاصر"، رسالة ماجستير، قسم ديكور (عمارة داخلية)، كلية الفنون الجميلة، جامعة الإسكندرية، 2014.

[6] مروة مصطفى محمد رشوان: "نظام العمارة والزخارف النوبية كمدخل لتدريس التصميمات متعددة الأسطح"، رسالة ماجستير، قسم التصميمات الزخرفية، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان، 2012.

[7] الجهاز المركزي للتعمير والإسكان، جهاز جنوب الصعيد: "مشروع تاهيل وتوطين النوبيين بمنطقة وادي كركر"، دليل الجهاز، 2012.

[8] مكتب شئون البيئة، محافظة أسوان: "تقرير عن التوصيف البيئي بأسوان"، 2003.

بوادي كركر خلال ساعات النهار، وهو ما يتخطى بكثير حدود الراحة الحرارية والحمل الطبيعي الذي يستطيع الإنسان تحمله لممارسة نشاطه، حيث تعد أحد مظاهر تلك المشكلة هي نفور النوبيين من تلك المساكن واستخدام البعض منهم وسائل التبريد الميكانيكية. لذا تكمن الإشكالية البحثية في تردي الأداء الحراري بالمسكن المستحدث بوادي كركر، مما أوجب دراسة سبل تحسين الأداء الحراري لتلك المساكن.

1-2 هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحسين الأداء الحراري للمسكن النوبي بوادي كركر من الناحية المناخية من خلال الاستفادة من مفردات المسكن النوبي التقليدي.

1-3 منهجية البحث:

تعتمد منهجية البحث على أربعة أجزاء كالتالي:

- وصف المسكن النوبي المستحدث ومفرداته المعمارية، لما لها من دور كبير في تحديد كيفية الأداء الحراري لتلك المساكن.
- التحقق من صحة أسلوب المحاكاة المقترح من خلال مقارنة نتائج المحاكاة مع بيانات القياسات الميدانية.
- تقييم كفاءة الأداء الحراري للمسكن النوبي المستحدث بوادي كركر (الوضع الراهن) من خلال تطبيق المحاكاة العددية.
- وضع نموذج معدل لتحسين الأداء الحراري لتلك المساكن وتقييمه من خلال أسلوب المحاكاة المستخدم.

2- وصف تحليلي للظروف المناخية لمنطقة الدراسة:

طبقاً لتصنيف كوبن-جيجر (Köppen-Geiger) [1*] تعد مدينة أسوان من المناطق الصحراوية الجافة والتي يرمز لها بالرمز (BWh)، مما يجعلها عرضة للظروف المناخية القاسية، لذا يمكن تلخيص أهم خصائص مناخ أسوان في أنه حار جاف في الصيف ومعتدل في الشتاء [9]. واستناداً إلى بيانات 30 عاماً من سجلات محطة الأرصاد بأسوان فإن البيانات الأساسية لعناصر المناخ سجلت كالتالي:

1-2 درجات الحرارة:

تتميز مدينة أسوان بالمناخ الصحراوي، فهي شديدة الحرارة صيفاً حيث يبلغ المتوسط اليومي لدرجة الحرارة في أعلى شهور السنة (33.8 درجة مئوية) في شهر يونيو وأدنى شهور السنة (15.8 درجة مئوية) في شهر يناير، وتتميز المدينة بارتفاع درجة الحرارة صيفاً ودفئها شتاءً حيث تصل درجة الحرارة إلى أكثر من (40 درجة مئوية) في بعض أيام فصل الصيف.

2-2 الرطوبة النسبية:

تعتبر مدينة أسوان من أقل مدن الجمهورية من حيث الرطوبة حيث يصل أعلى معدل للرطوبة في شهر ديسمبر ويناير (36% ، 34%) على الترتيب وتتنخفض نسب الرطوبة في شهور الصيف بسبب ارتفاع درجة الحرارة حيث تبلغ (12%) في كل من شهر مايو ويونيو.

3-2 الرياح:

تسود الرياح الشمالية والشمالية الغربية والشمالية الشرقية طوال العام تقريباً حيث يبلغ المتوسط السنوي لهبوب الرياح الشمالية (49.2%)، وأثناء فصل الربيع خلال أشهر مارس وأبريل ومايو تهب بعض

[*] يعتبر تصنيف كوبن-جيجر (Köppen-Geiger) واحد من نظم تصنيف المناخ الأكثر استخداماً على نطاق واسع. ويستند هذا النظام إلى مفهوم أن الغطاء النباتي المحلي هو أفضل تعبير عن المناخ. وبالتالي، تم اختيار حدود المنطقة المناخية مع وضع توزيع الغطاء النباتي في الاعتبار. فهو يجمع بين متوسط درجات الحرارة السنوية والشهرية وهطول الأمطار الموسمية.

[9] Jinwoong Yoo, Robert V. Rohli: "Global distribution of Köppen-Geiger climate types during the Last Glacial Maximum, Mid-Holocene, and present", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 446, 2016.

العواصف الترابية ورياح الخماسين الجنوبية الغربية التي ترتفع خلالها درجة الحرارة وتأتي هذه الرياح على فترات متقطعة ولا تستمر الواحدة منها أكثر من ثلاث أيام لتسود بعدها رياح شمالية هادئة.

2-4 الإشعاع الشمسي:

تقع مدينة أسوان في نطاق الإشعاع الشمسي العالي حيث يبلغ الحد الأقصى للإشعاع الشمسي المباشر اليومي (10 كيلوواط.ساعة / م² / يوم) في شهر يوليو، ويصل الحد الأدنى إلى (5.7 كيلوواط.ساعة / م² / يوم) في شهر يناير، كما يتراوح متوسط الإشعاع الشمسي المباشر العمودي للعام ما بين (2000 : 3200 كيلوواط.ساعة / م² / السنة)، كما يتراوح معدل سطوع الشمس بين 9 : 11 ساعة / اليوم [10].

2-5 التساقط:

يندر هطول الأمطار على مدينة أسوان، وبصفة عامة لا تتجاوز الأمطار (1 مم) في المتوسط على مستوي العام وذلك في فصلي الخريف والشتاء وتندعم الأمطار في فصلي الربيع والصيف. وتتميز الأمطار في مدينة أسوان إلى جانب ندرتها بأنها طارئة وغير ثابتة حيث أن معظمها يسقط على شكل سيول موسمية.

3- وصف نموذج الدراسة للمسكن النوبي المستحدث بوادي كركر:

تتكون مساكن قرى وادي كركر من نموذج تكراري ذي تصميم موحد لكل مساكن القرية، حيث تكوّن كل أربعة مساكن وحدة متمائلة حول محورين كما هو موضح بالشكل رقم (2)، والمساكن ذات حوائط سميكة يصل سمكها إلى (0.4 متر) ومبنية بالحجر والأسقف بالطوب الأحمر. يحتوي كل مسكن من المساكن على صالة مدخل والتي تتصل بالفناء الداخلي من خلال ردهة مكشوفة (الصالة التمهيدية) على الواجهة الشمالية. ويحتوي المسكن على ثلاثة غرف وهي الاستقبال والمعيشة والنوم، حيث تأخذ كل من غرفة الاستقبال والنوم التوجيه الشمالي في مسكنين والتوجيه الجنوبي في المسكنين الآخرين، كما تأخذ غرفة المعيشة التوجيه الشرقي في مسكنين ويقابل ذلك التوجيه الغربي في المسكنين الآخرين، وكافة غرف المسكن مسقوفة بالأقبية كما تحتوي على فتحات شبابيك خارجية كبيرة تبلغ مساحتها (1.2 × 1 متر) وعلى ارتفاع (1 متر)، كما يحتوي المسكن على مطبخ وحمام على الواجهة الغربية، شكل رقم (3).

4- المحاكاة بطريقة حساب ديناميكا الموائع:

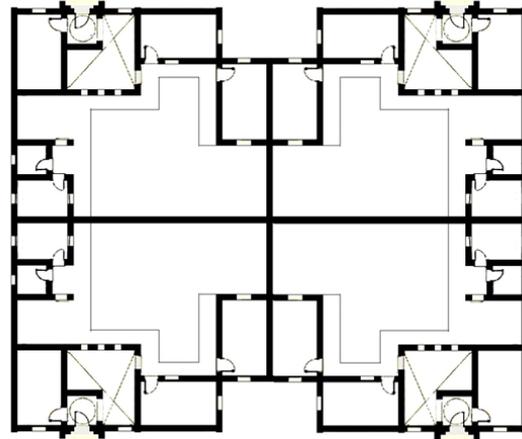
تدرس ديناميكا الموائع حركة السوائل وتفاعلها مع الأجسام الصلبة، مع الأخذ بعين الاعتبار القوى المعنية والطاقة المنتجة أثناء الحركة حيث أنها تطبق مبادئ الميكانيكا العامة [12]. كما تعتبر برامج المحاكاة إحدى الوسائل المستخدمة لتقييم الأداء الحراري للمباني بجانب القياسات الميدانية، حيث أنه يمكن الاستعانة ببرامج الحاسب الآلي لمحاكاة الفراغات المختلفة التي يصعب إجراء قياسات حقلية لها نظراً لصعوبة تغطية تلك القياسات لكامل مساحة الحالة الدراسية [13]، ومن هذا المنطلق يتم استخدام برنامج (Autodesk Simulation CFD 2016)، والذي يعد أحد البرامج المستندة على أساسيات حساب ديناميكا الموائع، الذي يستخدم العمليات الحسابية لتحليل تدفق الغازات والسوائل وسلوكها الحراري مع الأسطح المختلفة من خلال مجموعة من الخوارزميات المعتمدة على علم ديناميكا الموائع [14].

[10] مسعد سلامة مسعد مندور: "الإشعاع الشمسي في مصر – دراسة في الجغرافيا المناخية"، رسالة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنصورة، 2002.

[12] V. Alexa, I. Kiss, S. Ratiu: "Verification of Bernoulli law using the software Autodesk simulation CFD", Review of Faculty of Engineering, University of Szeged, Vol. 8, No. 2, 2014.

[13] ريم سامي عبد العال: "تقييم استخدام المفردات المعمارية التراثية في العمارة المعاصرة باستخدام ديناميكا الموائع"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.

[14] أيمن رجب عبد الراضي، عبد المنطلب محمد علي، محمد حسان حسن: تقييم الأداء الحراري للفراغات الحضرية بمدينة أسوان "شارع سعد زغلول كدراسة حالة"، مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، 2015.



أ- صورة جوية لجزء من قرى وادي كركر

ب- المسقط الأفقي للنموذج التكراري للمسكن

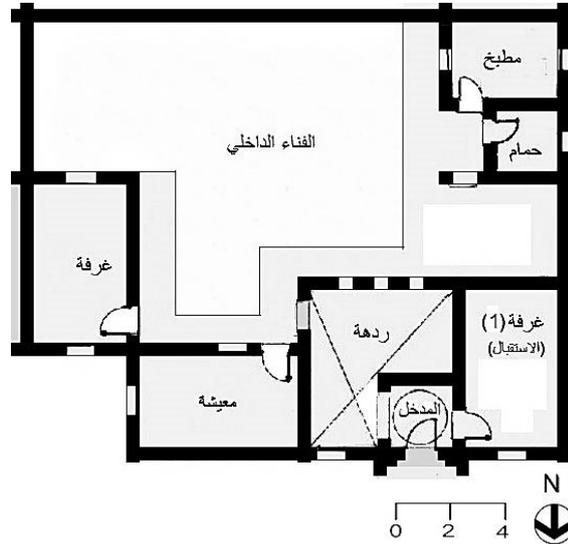
شكل (2): النموذج التكراري لمسكن قرى وادي كركر [11]



الواجهة الرئيسية



الفناء الداخلي



المسقط الأفقي

شكل (3): المسكن النوبي المستحدث (الباحث)

1-4 برنامج المحاكاة (Autodesk Simulation CFD 2016):

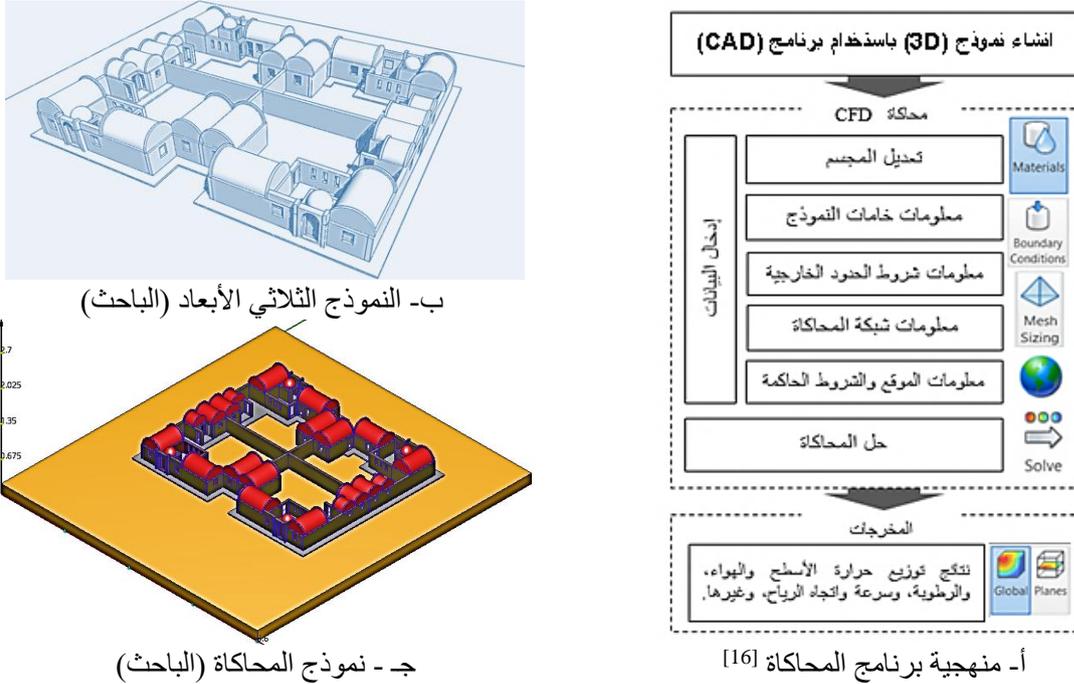
برنامج (Autodesk Simulation CFD 2016) عبارة عن برنامج حاسوبي رياضي ثلاثي الأبعاد لمحاكاة المباني والبيئة العمرانية المحيطة، حيث يستخدم لمحاكاة التفاعل الحادث بين كل من فراغات المباني والعناصر المناخية المختلفة، لمعرفة مدي نجاح أو إخفاق تلك الفراغات في أدائها الحراري، ويختلف هذا البرنامج عن البرامج الأخرى الشائعة في سهولة إعداد النموذج ثلاثي الأبعاد بأشكاله المختلفة كالقبة والقبو كذلك المستخدمة في سياق البحث، ويعتبر برنامج (Autodesk Simulation CFD 2016) أحد أهم تلك البرامج المستخدمة للأغراض البحثية [15].

[11] الجهاز المركزي للتعمير والإسكان، جهاز جنوب الصعيد: "مشروع تأهيل وتوطين النوبيين بمنطقة وادي كركر"، مرجع سابق.

[15] أيمن رجب عبد الراضي، عبد المنطلب محمد علي، محمد حسان حسن: المرجع السابق.

2-4 منهجية المحاكاة:

تتكون طريقة المحاكاة من عدة خطوات متتالية كما هو موضح بالشكل رقم (4 - أ)، حيث الخطوة الأولى هي إنشاء نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) للمسكن النوبي وغيرها من الهياكل المؤثرة والمتصلة بالمسكن. ويتم إنشاء النموذج باستخدام برنامج (AutoCAD) كما هو موضح بالشكل رقم (4 - ب). أما الخطوة الثانية فهي إجراء المحاكاة في ظل الحالة المستقرة (steady-state)، حيث يتم تحديد مواد البناء للأسقف والحوائط، كما يتم استخدام بيانات الأرصاد الجوية من درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وسرعة الهواء كظروف حدودية لإجراء المحاكاة الحرارية في الهواء الطلق كما هو موضح بالشكل رقم (4 - ج). وتعد الخطوة الثالثة والأخيرة هي نتائج المحاكاة التي تظهر من خلال الأسطح المختلفة أو تحديد النتائج لمستوي وهمي (أفقي أو رأسي) ليبيّن توزيع درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الرياح داخل نموذج الدراسة.



شكل (4): رسم تخطيطي لمنهجية برنامج المحاكاة والنموذج الثلاثي الأبعاد ونماذج المحاكاة

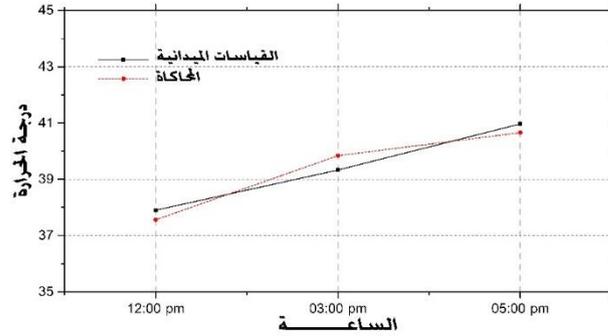
3-4 معايير برنامج (Autodesk Simulation CFD 2016):

تمثل معايير برنامج المحاكاة المستخدم أهمية بالغة للتأكد من صحة عملية تقييم الأداء الحراري لنموذج الدراسة، وأيضاً التنبؤ الصحيح بسلوكه الحراري والتهوية الطبيعية به التي تشكل صعوبة في دراستها من خلال القياسات الميدانية. لذا فقد تم إجراء معايير لبرنامج (Autodesk Simulation CFD 2016) في نفس أماكن القياسات الميدانية بنموذج الدراسة (أجريت القياسات الميدانية بالفناء الداخلي وكذلك بإحدى غرف المسكن)، وقد تم التركيز على الساعات الحرجة وهي الساعة 12:00 ظهراً والساعة 3:00 عصراً والساعة 5:00 مساءً لليوم الأكثر حرارة على مدار أيام القياس وهو يوم الأول من أغسطس 2016 وذلك من خلال بيانات الأرصاد [16]*. ومن خلال مقارنة كل من نتائج القياسات الميدانية ونتائج المحاكاة لقيم درجات الحرارة والرطوبة النسبية التي تم رصدها بالفناء الداخلي والغرفة، يشير الشكل رقم (5) إلى تشابه منحنى درجات الحرارة المسجلة بواسطة أجهزة القياس مع درجات الحرارة المستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة، وكذلك الحال بالشكل رقم (6) لتشابه منحنى الرطوبة النسبية المسجلة بواسطة أجهزة القياس مع الرطوبة النسبية المستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة،

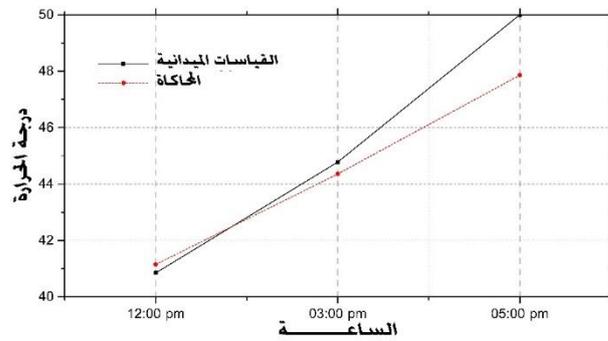
[16] Jiang He and Akira Hoyano: "The Effects of Windbreak Forests on the Summer Thermal Environment in a Residence", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2009.

[*] تشير البيانات المستخلصة من محطة الأرصاد بأسوان للفترة 1-15 من شهر أغسطس 2016 أقصى قيمة درجة الحرارة سجلت خلال تلك الفترة إلى (49° C) مع معدل (10%) للرطوبة النسبية كما سجلت سرعة الرياح (5 م / ث) باتجاه الشمال، وذلك في تمام الساعة 3 عصراً يوم الأول من أغسطس.

مع عدم تطابقهما حيث يبلغ معامل الخطأ لمتوسط قيم القياسات الميدانية والقيم المستخرجة بواسطة برنامج المحاكاة حوالي (1.18 %). وتم تفسير هذا الاختلاف لكل من درجات الحرارة والرطوبة النسبية إلى وجود نسبة خطأ لأجهزة القياس وأيضاً إلى تجاهل الكتل المحيطة بنماذج الدراسة لتسهيل عملية المحاكاة. لذلك تتفق نتائج المحاكاة بشكل جيد مع بيانات القياسات الميدانية وبالتالي يمكن الاعتماد عليها في تقييم الأداء الحراري للمسكن المستحدث والنموذج المحسن له.

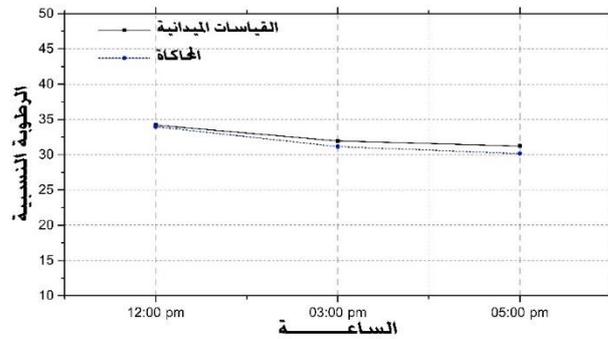


نتائج الغرفة

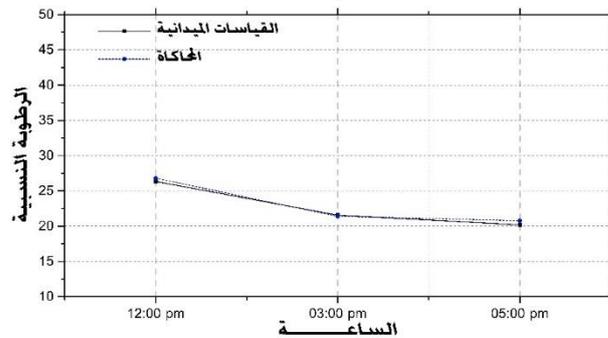


نتائج الفناء الداخلي

شكل (5): مقارنة بين النتائج المستخلصة لدرجات الحرارة بواسطة القياسات الميدانية وبرنامج المحاكاة



نتائج الغرفة



نتائج الفناء الداخلي

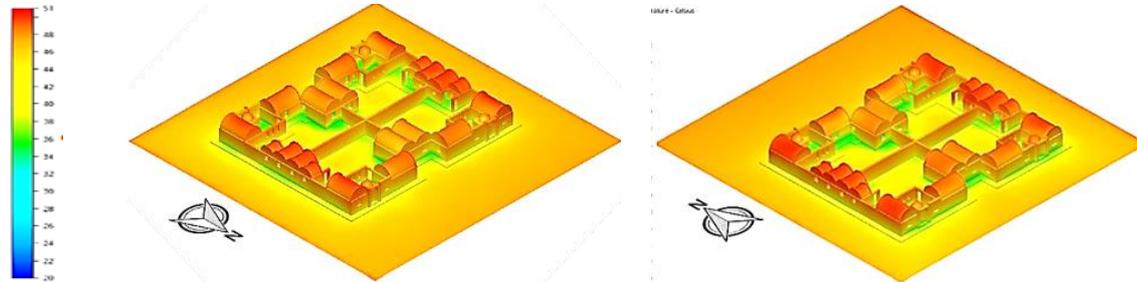
شكل (6): مقارنة بين النتائج المستخلصة للرطوبة النسبية بواسطة القياسات الميدانية وبرنامج المحاكاة

5- نتائج المحاكاة:

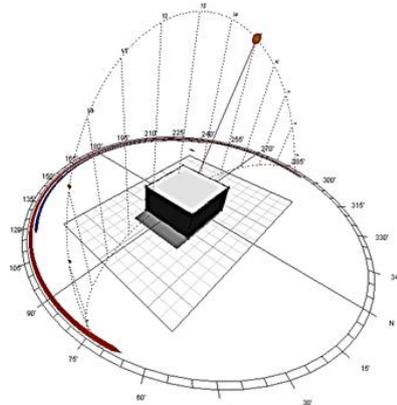
تم تحليل الأداء الحراري للنموذج من خلال تحليل كل من نتائج درجة حرارة الأسطح والهواء والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الهواء، حيث تم تفسير السلوك الحراري الحادث خلال الفترة القصوى لتأثير الإشعاع الشمسي خلال الساعة 3:00 عصراً لليوم الأول من أغسطس 2016 الذي يمثل أعلى درجة حرارة سجلت للأرصاد. تنقسم نتائج المحاكاة إلى درجة حرارة الأسطح، ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وسرعة واتجاه الهواء على مستوي (1.2 متر) ومستوي القطاع المار بمنتصف الغرفة.

5-1 توزيع درجة حرارة الأسطح (الغلاف الخارجي للمسكن):

تشير نتائج توزيع درجات حرارة الأسطح المختلفة للساعة 3:00 عصراً كما هو موضح بالشكل رقم (7) إلى زيادة درجة حرارة الأسطح المختلفة لتصل أقصى قيمة لها إلى (51°C)، وذلك نتيجة لانحراف زاوية ميل الشمس ناحية الجنوب والغرب عند الساعة 3:00 عصراً كما هو موضح بالشكل رقم (8) والذي بدوره أدى إلى زيادة مساحة الأسطح المعرضة للإشعاع من الأسقف والحوائط، شكل رقم (9)، وبالتالي زيادة الاكتساب الحراري للأسطح المختلفة (مواد البناء من الطوب الأحمر والخرسانة) نتيجة امتصاصها للإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار.



شكل (7): نتائج المحاكاة لتوزيع درجات حرارة الأسطح

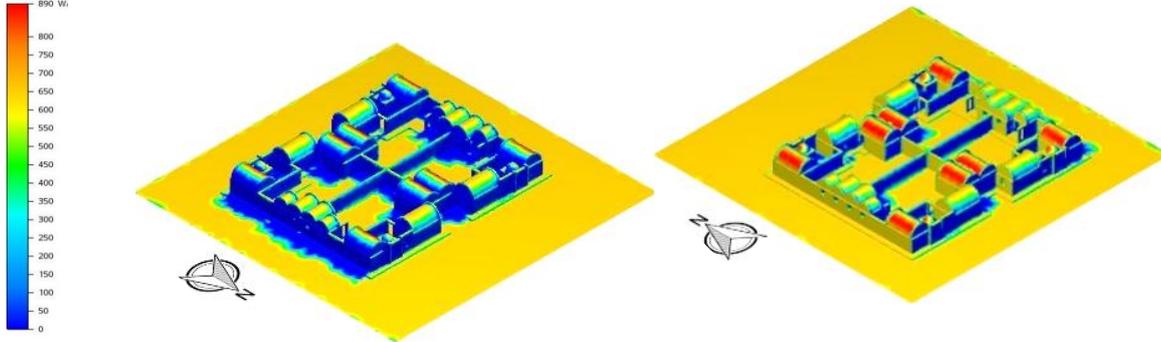


شكل (8): خريطة مسار الشمس لمدينة أسوان ليوم 1 أغسطس [*]

كما يمكن ملاحظة أن الحوائط الشرقية المطلة على الفناء تتعرض للإشعاع شبه المباشر لتصل متوسط درجة حرارة السطح لها إلى (46.5°C)، أما بالحوائط الشمالية تصل إلى (44°C) بالحائط المشترك مع الردهة وإلى (41°C) بالحوائط الشمالية المشتركة مع الغرف، وتزداد بالحوائط الجنوبية والغربية المشتركة مع النماذج المجاورة التي تتعرض للإشعاع من الجهة الأخرى لتصل إلى (43°C) وذلك بسبب نفاذية الحرارة لمادة البناء المستخدمة بتلك الحوائط، وتعد أيضاً تلك الزيادة بدرجة حرارة الأسطح المطلة على الفناء نتيجة قلة ارتفاع الحوائط بالنسبة لعرض الفناء وبالتالي قلة مساحة الظل الذاتي والظل على أرضية الفناء والسماح بكمية إشعاع أكثر للدخول للفناء الداخلي وبالأخص للحوائط الشرقية.

[*] تم الحصول على خريطة مسار الشمس لمدينة أسوان ليوم 1 أغسطس من برنامج Ecotect Analysis وذلك استناداً على البيانات المناخية لمحطة الأرصاد WMO no. 623660 الواقعة بمطار القاهرة الدولي.

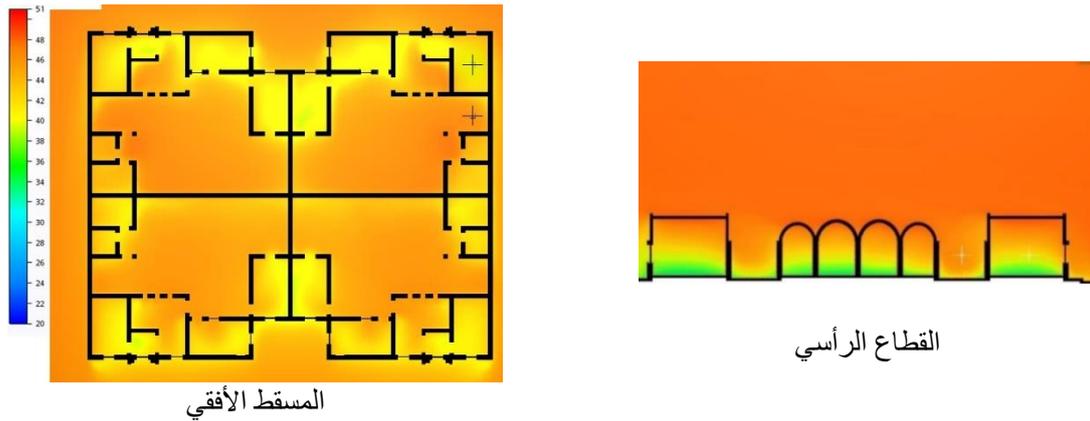
كما يتضح أيضا اختلاف درجة حرارة سطح أرضية الفناء بالنموذج لتصل متوسط درجة حرارة أرضية الفناء المعرضة للإشعاع الشمسي إلي ما يقرب من ($43^{\circ}C$)، وتقل درجة حرارة سطح الأرضية المعرضة للظل الناتج عن حوائط الفناء لتصل إلي ($35^{\circ}C$)، يفسر ذلك نتيجة قلة مساحات الظل علي أرضية الفناء بسبب قلة ارتفاع حوائط الفناء التي تصل إلي (2.9 متر). كما تزداد درجة حرارة الأسطح لمعظم الحوائط الخارجية التي تواجه الغرب والجنوب لتصل متوسط درجة حرارة تلك الحوائط بالنموذج إلي ($45^{\circ}C$) للحوائط الغربية وإلي ($46.5^{\circ}C$) للحوائط الجنوبية، وذلك بسبب ميل الشمس عند الساعة 3:00 عصراً وبالتالي تعرض تلك الحوائط للإشعاع شبه المباشر.



شكل (9): توزيع الإشعاع الشمسي على الأسطح المختلفة

2-5 توزيع درجة حرارة الهواء:

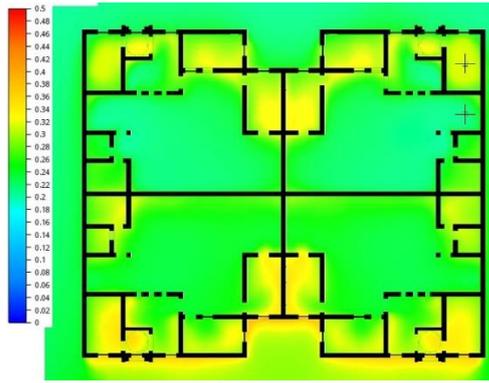
تشير نتائج توزيع درجات حرارة الهواء بالقطاع الرأسي والمسقط الأفقي في الشكل رقم (10) إلي ارتفاع متوسط درجة حرارة الهواء بداخل الغرف ليصل إلي ($39.8^{\circ}C$) وتصل داخل الفناء إلي ($44^{\circ}C$)، حيث يفسر زيادة درجة حرارة الهواء بكل من الغرف والفناء خلال الساعة 3:00 كما ذكر سابقاً بسبب زيادة اكتساب الحرارة نتيجة امتصاص مواد البناء للإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار. كما يظهر التباين الواضح بين درجة حرارة الهواء بأعلى وأعلى الغرفة بالقطاع الرأسي لتقل درجة حرارة الهواء الملاصق للأرضية بالغرفة لتصل إلي ($34.5^{\circ}C$) وتزداد بأعلى الغرفة لتصل إلي ($48^{\circ}C$)، كما تزداد درجة حرارة الهواء الملاصق لأرضية الفناء لتصل إلي ($44.5^{\circ}C$). حيث تزداد درجة حرارة الهواء الملاصق لأرضية الفناء عن الغرفة بسبب اكتساب سطح أرضية الفناء للحرارة الناتجة من الإشعاع الشمسي خلال ساعات النهار وقلة الظل الواقع على أرضية الفناء بسبب قلة ارتفاع حوائط الفناء.



شكل (10): نتائج المحاكاة لتوزيع درجات حرارة الهواء

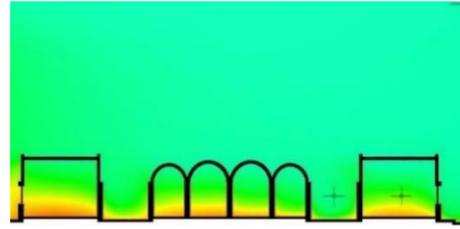
3-5 توزيع الرطوبة النسبية:

تشير نتائج الرطوبة بكل من القطاع الرأسي والمسقط الأفقي كما هو موضح بالشكل رقم (11) إلي تناسب الرطوبة بشكل عكسي لدرجة الحرارة بالهواء حيث تقل الرطوبة في مستويات الهواء الملاصق للأسطح الأسقف التي تصل إلي أقصى قيمة لدرجة حرارة الهواء. وتزداد الرطوبة بالهواء الأقل درجة حرارة الملاصق للأرض، حيث تصل متوسط الرطوبة النسبية إلي (30 %) بالغرفة، كما تقل بالفناء لتصل إلي (21 %).



المسقط الأفقي

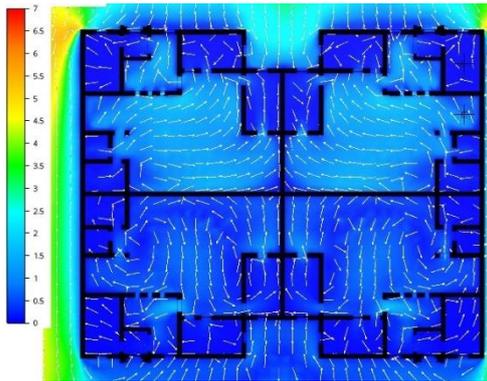
شكل (11): نتائج المحاكاة لتوزيع الرطوبة النسبية للهواء



القطاع الرأسي

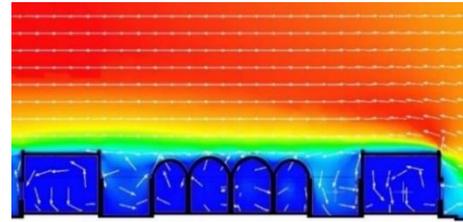
4-5 توزيع سرعة واتجاه الهواء:

توضح نتائج حركة وسرعة الهواء بالقطاع الرأسي والمسقط الأفقي كما بالشكل رقم (12) حيث تنعدم داخل الغرف نتيجة عدم وجود فتحات علوية (حيث يوجد فتحات كبيرة على الواجهات الخارجية تكون مغلقة خلال ساعات النهار للحماية من الإشعاع الشمسي وأيضاً لتحقيق خصوصية المسكن كأحد أهم الخصائص الاجتماعية للنوبيين)، كما تزداد سرعة الهواء داخل الفناء وذلك نتيجة لقلة ارتفاع الحوائط بالنسبة لعرض الفناء حيث تقل العوائق لدخول الهواء بشكل كبير لتصل متوسط سرعة الهواء إلى (2.2 م / ث) كما هو موضح بالقطاع الأفقي.



المسقط الأفقي

شكل (12): نتائج المحاكاة لتوزيع سرعة واتجاه الهواء



القطاع الرأسي

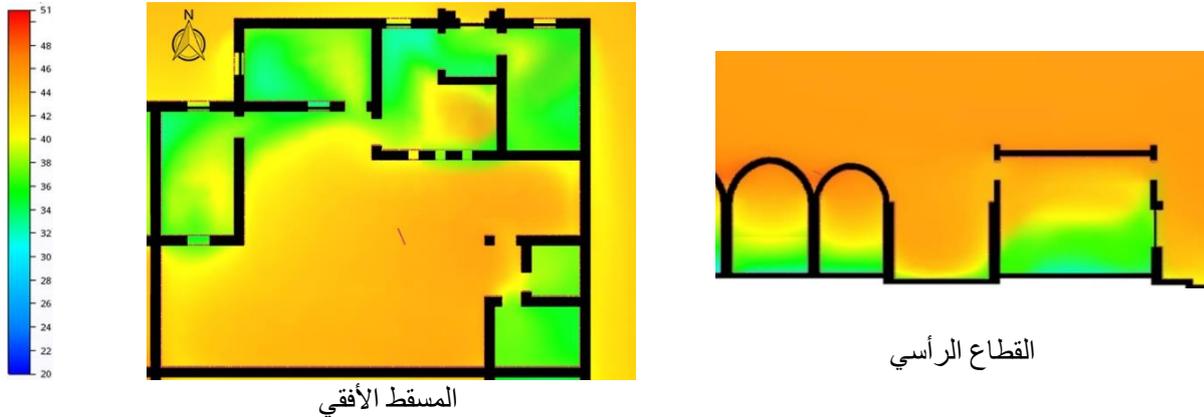
6- النموذج المحسن:

من خلال تحليل أوجه الاختلاف بين المسكن المستحدث بوادي كركر والمسكن النوبي التقليدي ومفرداته المعمارية، والذي احتوي على نفس المفردات تقريباً إلا أنه مختلف عنه في مواد البناء المستخدمة وسمكها، حيث تم استخدام الطوب الأحمر والأحجار والخرسانة، وأيضاً تم استخدام فتحات كبيرة مستحدثة، لذا تم عمل النموذج المحسن بإضافة الطوب اللين للحوائط وعمل فتحات علوية صغيرة وذلك لتوضيح تأثير تلك المفردات على الأداء الحراري للمسكن المستحدث. حيث تم عمل محاكاة للنموذج المحسن بنفس الظروف السابقة. مع الأخذ في الاعتبار إجراء عملية المحاكاة على مسكن واحد فقط وذلك محاولة لتوضيح النتائج بصورة أكبر وأوضح.

1-6 توزيع درجة حرارة الهواء:

تشير نتائج توزيع درجات حرارة الهواء للنموذج المحسن بالمسقط الأفقي كما هو موضح بالشكل رقم (13)، حيث تنخفض درجة حرارة الهواء بداخل الغرفة لتصل إلى (37° C) عن نظيرتها في النموذج السابق بفارق (2.8 K)، حيث يفسر ذلك الانخفاض بدرجة الحرارة نتيجة أن الطوب اللين عازل جيد للحرارة لذا ساعد على خفض درجة الحرارة داخل غرف النموذج، وأيضاً إضافة الفتحات العلوية التي

ساعدت على تسريب درجة الحرارة الملامسة للسقف القبو الداخلي إلى الخارج بشكل مستمر كما هو موضح بالقطاع الرأسي، كما ارتفعت درجة حرارة الهواء بالفناء لتصل إلى ($45^{\circ}C$)، بفارق ($1K$) وذلك لنفس سبب استخدام الطوب اللبن حيث يعمل على مقاومة انتقال الحرارة وانعكاسها مرة أخرى داخل الفناء.



شكل (13): نتائج المحاكاة لتوزيع درجات حرارة الهواء بالنموذج المحسن

2-6 توزيع الرطوبة النسبية:

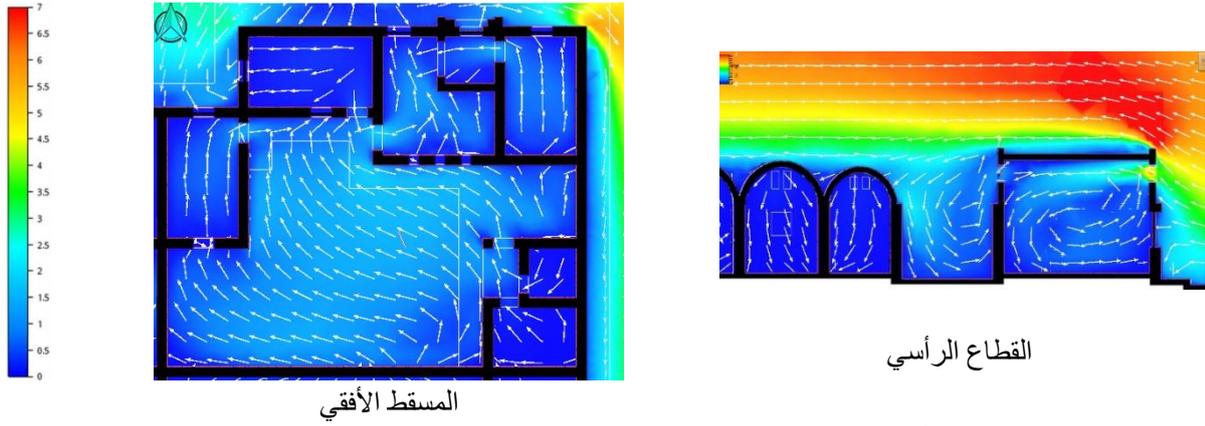
يوضح الشكل رقم (14) توزيع الرطوبة النسبية في الهواء بالمسقط الأفقي والقطاع الرأسي، حيث تصل نسبة الرطوبة بالغرفة إلى (22%)، وتقل بالفناء لتصل إلى (16%)، كما تنخفض الرطوبة النسبية بكل من الغرفة والفناء عن الحالة السابقة نتيجة لاستخدام الطوب اللبن الذي يمتص الرطوبة بالهواء المحيط به بشكل كبير عند زيادة حرارته.



شكل (14): نتائج المحاكاة لتوزيع الرطوبة النسبية للهواء بالنموذج المحسن

3-6 توزيع سرعة واتجاه الهواء:

توضح نتائج سرعة وحركة الهواء للنموذج المحسن بالشكل رقم (15) إلى حدوث تهوية طبيعية داخل الغرفة عن الحالة السابقة بسبب وجود الفتحات الصغيرة العلوية التي تعمل على تدفق الهواء داخل الغرفة، وكما هو موضح بالقطاع الرأسي تزداد سرعة دخول الهواء داخل الغرفة عند الفتحات بالواجهة الشمالية بشكل كبير لتصل إلى (4.5 م / ث)، ويتدفق أيضا الهواء داخل الغرفة بسرعة أقل من الفتحات المقابلة على الفناء لتصل سرعتها إلى (1 م / ث)، يتحرك الهواء معاً بشكل دائري من الأعلى للأسفل ليخرج من فتحة الباب على صالة المدخل لتصل سرعة خروج الهواء إلى (1.3 م / ث) كما هو موضح بالمسقط الأفقي وكذلك القطاع الرأسي، وتساعد حركة الهواء على طرد الهواء الساخن بشكل مستمر من داخل الغرفة. كما يصل متوسط سرعة الهواء داخل الغرفة إلى (0.9 م / ث)، وتزداد بالفناء لتصل إلى (2 م / ث) بمنتصف الفناء وتقل بالأجزاء الجانبية للفناء، حيث نلاحظ انخفاض متوسط سرعة الهواء داخل الفناء بشكل طفيف نتيجة للفتحات العلوية والتي ساعدت على حدوث تدفق بسيط للهواء من الفناء إلى داخل الغرفة.



شكل (15): نتائج المحاكاة لتوزيع سرعة واتجاه الهواء بالنموذج المحسن

7- النتائج:

العمارة النوبية جاءت كرد فعل للبيئة المحيطة، معتمدة على الإمكانيات التقنية المتاحة وطرق الإنشاء البدائية و مواد البناء المحلية، حيث اعتمد النوبيون في بناء مساكنهم على أبسط التقنيات المتاحة في عمل الطوب اللبن والذي يستخدم في عمل الحوائط والأسقف، واستخدام الواجهات المصمتة باستثناء الفتحات العلوية الصغيرة للواجهات المقابلة للرياح المحببة وذلك للتقليل من الاكتساب الحراري وتحقيق التهوية الطبيعية. والذي يتضح من خلال نتائج المحاكاة أنه بالرغم من استخدام المساكن بوادي كركر لمفردات المسكن النوبي كالفناء الداخلي والقباب والأقبية إلا أنه لا يتوفر بتلك المساكن الحد الطبيعي للراحة الحرارية، وذلك ناتج من خلال استخدام مواد ذات حمل حراري عالي وفتحات كبيرة غير مألوفة بالمسكن النوبي التقليدي، والذي ظهر من خلال النموذج المحسن الذي انخفضت فيه درجة الحرارة عن السابق بفارق (2.8 K) نتيجة استخدام الطوب اللبن كمادة بناء والفتحات العلوية الصغيرة، حيث ساعدت الفتحات العلوية الصغيرة علي تسريب الحرارة وعدم اختزان الفراغات للحرارة خلال الساعات الحرجة، وأيضا ساعدت على توفير التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية حيث وصلت سرعة الهواء داخل الغرفة إلي (0.9 م / ث)، الأمر الذي يساعد علي الإحساس بالراحة الحرارية داخل تلك الفراغات، حيث أن التهوية الطبيعية يمكنها زيادة الحدود العليا لمنطقة الراحة الحرارية حوالي (5 C°) عندما تتراوح الرطوبة النسبية من (20 %) إلى (50 %)، لذلك تعد التهوية عاملاً مساعداً بشكل كبير علي توفير الراحة الحرارية بالبيئات الحارة كما بحالة الدراسة.

8- التوصيات:

- بعد استعراض النتائج السابقة يمكن القول بضرورة مراعاة النقاط التالية:
- العمل على تحسين الأداء الحراري لتلك المساكن الحديثة من أجل إنجاح مثل هذه المشاريع القومية والاستغناء عن وسائل التبريد الميكانيكية، وذلك باستخدام الحلول والمعالجات المناخية النابعة من العمارة النوبية التي جاءت بتلك الدراسة وذلك من خلال:
 - زيادة سمك الحوائط بالطوب اللبن وإضافة طبقة من الطين علي الأسقف لتقليل الاكتساب الحراري للفراغات الداخلية.
 - عمل فتحات علوية صغيرة علي الواجهة المقابلة للرياح المحببة لتحقيق التهوية الطبيعية ومنها تحقيق الراحة الحرارية.
 - ضرورة الرجوع إلى التجارب والمشاريع الخاصة بالمسكن النوبي التقليدي للاستفادة منها في مثل هذه المشاريع مستقبلاً، وكمثال لذلك مشاريع المعماري حسن فتحي والذي أحي نمط بيوت النوبة المبنية بالطين والمسقوفة بالقباب والأقبية وقدم نماذج لمباني تحترم البيئة المحيطة وتوفر الراحة الحرارية بداخلها.
 - تفعيل استخدام برامج المحاكاة والاستفادة منها في اختبار كفاءة الأداء الحراري لمثل تلك المساكن أثناء مرحلة التصميم، حيث أثبتت المعايير إلى تشابه نتائج المحاكاة بشكل جيد مع بيانات القياسات الميدانية، مع وجود نسبة خطأ منخفضة إلى حد كبير وهي (1.18 %).

المراجع:

- [1] عماد فريد: "العمارة التقليدية بالنوبة"، المؤتمر القومي لآثار وتراث وثقافة النوبة، القاهرة، 2011.
- [2] زكريا حسين صديق: "ظاهرة العشوائيات في المسكن النوبي بعد التهجير مدخل للحفاظ على الهوية"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2005.
- [3] أيمن رجب عبد الراضي: "الطابع التشكيلي لعمارة المسكن التقليدي في القرى التقليدية بصعيد مصر"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، 2010.
- [4] Omar M. El-Hakim: "Nubian Architecture: The Egyptian Vernacular Experience", Palm Press, 1993.
- [5] أية سالم حافظ: "التصميم البيومناخي كأحدى مبادئ التنمية المستدامة لخلق فراغ داخلي معاصر"، رسالة ماجستير، قسم ديكور (عمارة داخلية)، كلية الفنون الجميلة، جامعة الإسكندرية، 2014.
- [6] مروة مصطفى محمد رشوان: "نظام العمارة والزخارف النوبية كمدخل لتدريس التصميمات متعددة الأسطح"، رسالة ماجستير، قسم التصميمات الزخرفية، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان، 2012.
- [7] الجهاز المركزي للتعمير والإسكان، جهاز جنوب الصعيد: "مشروع تأهيل وتوطين النوبيين بمنطقة وادي كركر"، دليل الجهاز، 2012.
- [8] مكتب شئون البيئة، محافظة أسوان: "تقرير عن التوصيف البيئي بأسوان"، 2003.
- [9] Jinwoong Yoo, Robert V. Rohli: "Global distribution of Köppen–Geiger climate types during the Last Glacial Maximum, Mid-Holocene, and present", Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol 446, 2016.
- [10] مسعد سلامة مسعد مندور: "الإشعاع الشمسي في مصر – دراسة في الجغرافيا المناخية"، رسالة دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنصورة، 2002.
- [11] V. Alexa, I. Kiss, S. Ratiu: "Verification of Bernoulli law using the software Autodesk simulation CFD", Review of Faculty of Engineering, University of Szeged, Vol. 8, No. 2, 2014.
- [12] ريم سامي عبد العال: "تقييم استخدام المفردات المعمارية التراثية في العمارة المعاصرة باستخدام حساب ديناميكا الموائع"، رسالة ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.
- [13] أيمن رجب عبد الراضي، عبد المنطلب محمد علي، محمد حسان حسن: تقييم الأداء الحراري للفراغات الحضرية بمدينة أسوان "شارع سعد زغلول كدراسة حالة"، مجلة العلوم الهندسية، جامعة أسيوط، 2015.
- [14] Jiang He and Akira Hoyano: "The Effects of Windbreak Forests on the Summer Thermal Environment in a Residence", Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2009.

Improving the Thermal Performance of Modern Nubian House (Wadi Karkar as a Case Study)

Abstract:

The Nubian houses represent a good example of balanced interaction with the surrounding environment. Where the environment plays a major role in shaping the Nubian houses and their architectural vocabulary, which has emerged through the success of these houses in controlling and creating a comfortable living environment for the interior spaces. The comfort conditions are not available in the new housing located in the Karkar Valley, which was established by the state to settle the Nubians around Lake Nasser, where the buildings came in a typical repetitive form without considering the natural characteristics of the surrounding desert environment as in the traditional Nubian houses.

So, the main aim of the research is to improve the thermal performance of the modern Nubian houses. The study relied on numerical simulation, using (Autodesk Simulation CFD 2016) as one of the programs based on the calculation of fluid dynamics to measure the temperature, relative humidity and air velocity of the spaces of the house. The results of the calibration of the program show that this simulation method can predict the thermal performance of these houses and the impact of their various components. The simulation results for the improved model indicate a temperature drop of (2.8 K) and increase the natural ventilation rate to (0.9 m / s) within internal spaces, which in turn helps to feel the thermal comfort.