مجلة العلوم الهندسية وتكنولوجيا المعلومات
العدد الأول – المجلد الثالث
مارس 2019 م
ISSN: 2522-3321

المجلة العربية للعلوم و نشر الأبحاث
Arab Journal of Sciences & Research Publishing

أثر استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة على الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية

أسامة أحمد إبراهيم مسعود
قسم العمارة || كلية الهندسة || جامعة السويس || مصر
دينا محمود صادق
قسم المواد || معهد بحوث مواد البناء وضبط الجودة بالمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء || مصر
محمد إبراهيم محمد عبد الهادي
قسم الإنشاءات المعمارية || كلية التعليم الصناعي || جامعة السويس || مصر
أيمن سيد محمد أحمد
قسم تكنولوجيا الإنشاءات المدنية || كلية التعليم الصناعي || جامعة بني سويف || مصر

الملخص: ظهرت في الآونة الأخيرة مشكلة ارتفاع أسعار مواد البناء وكذلك فإن استخدام نظام البناء التقليدي يستهلك قدر كبير من الطاقة سواء أثناء التصنيع أو خلال فترة تشغيل المنشأ وعليه فقد تم إجراء العديد من الأبحاث مؤخرا لإيجاد بدائل لأنظمة ومواد البناء التقليدية ومنها البناء بالتربة المثبتة المضغوطة، والتي تعتمد على استخدام التربة الطبيعية المتوفرة وتثبيتها. يهدف هذا البحث إلى تقييم استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة كحوائط بديلة لأنواع الطوب التقليدي على الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية وذلك من خلال استخدام برنامج المحاكاة (builder Design) لتحديد معدل استهلاك الطاقة المستخدمة. تم استخدام نوعين من التربة الطبيعية (تربة رملية وطمية) وقد تم عمل احلال جزئي لأنواع التربة باستخدام بعض المواد المتوفرة محليا مثل بودرة الحجر الجيري والطين الأسواني والتربة الطينية ولتحسين أداء التربة ومن ثم إضافة 8% إسمنت من الوزن الكلى لتثبيت الخليط. وقد تم إنتاج وحدات بناء من أفضل 8 خلطات تحقق متطلبات الكود المصري للبناء بالتربة المثبتة. وقد تم عمل هذه الدراسة على نموذج سكني (نموذج الإسكان بمساحة الوحدة 90 م2) للمقارنة بين وحدات البناء المنتجة باستخدام التربة المثبتة مع وحدات البناء المحلي. ولقد أظهرت النتائج أن استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة بنسبة إسمنت 8% يعمل على توفير استهلاك الطاقة المستخدمة بنسبة تتراوح من 5% إلى 25% بمقارنة بأنواع الطوب الأخرى، بالإضافة إلى تقليل استهلاك الموارد وتقليل الأثر البيئي السلبى الناتج من مواد البناء الأخرى. وتشير التوصيات إلى ضرورة دراسة استخدام التربة لإنتاج وحدات البناء في المشروعات الجديدة لاختيار أفضل استخدام للتربة وتثبيتها بما يحقق الاستفادة من المواد الطبيعية وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية داخل المباني.

الكلمات المفتاحية: التربة الطينية، الطمية، الرملية، الحجر الجيري، الطين الأسواني، وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة، ترشيد استهلاك الطاقة، الراحة الحرارية.

المقدمة:-

ان صناعة مواد البناء تستهلك قدر كبير من الطاقة وينتج عنها ملوثات أثناء استخراجها وتجهيزها ونقلها. فقد وجد في المملكة المتحدة أن متوسط الاستهلاك من الطاقة حوالي 50% المستخدمة في إنتاج ونقل المواد البناء [1،2]. وتم قياس كمية انبعاثات الكربون لقياس الطاقة المستهلكة ومقارنتها لأنواع الطوب المستخدمة في صناعة وحدات البناء، نجد أن حوالي 22 كجم كربون/طن للتربة المثبتة المضغوطة، اما الطوب الإسمنتي المصمت حوالي 143 كجم كربون/طن، وأن الطوب الطفلي المحروق حوالي 280-375 كجم كربون/طن، وكذلك أن البلوكات الإسمنتية المفرغة حوالي 20كجم كربون/طن [3]. وعليه فقد ظهر نظام البناء بالتربة المثبتة المضغوطة الذى يعتمد

على استخدام خليط من التربة الطبيعية ومادة التثبيت وكمية من الماء للاستفادة من التربة الطبيعية وتقليل استهلاك المواد ذات التأثير السلبى على البيئة. ويتم إنتاج وحدات البناء بالضغط أو الكبس باستخدام مكبس يتم تشغيله يدوياً أو آلياً. ويتم البناء بهذه الوحدات البنائية باستخدام مونة بناء من نفس خليط التربة ومادة التثبيت والماء. وهناك العديد من الأمثلة على المشاريع التي استخدمت فيها نظام البناء بالتربة المثبتة المضغوطة ففي المملكة العربية السعودية تم تنفيذ (مسجد في الرياض المملكة العربية السعودية) حيث استخدم 8% إسمنت لتثبيت التربة [4،5]. وفي الهند تم استخدام هذا الأسلوب في بناء 2698 منزلاً في 39 قرية، وكذلك في ايران استخدم هذا النظام لإعادة تأهيل المناطق المتضررة من زلزال 2003 [3]. أن توفير الظروف الحرارية الأمنة والمريحة للإنسان داخل المباني يعتبر من اهم أهداف عملية التصميم المعماري والعمراني، ومع وجود أزمة عالمية في الطاقة التقليدية ظهرت الحاجة إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني. وبالتالي فإن الاستخدام الامثل للمواد لتحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية تعتبر متطلب أساسي من متطلبات المباني السكنية وخاصة في المناطق شديدة الحرارة [7]. بحيث يتم اختيار أنواع المواد التي تساعد في تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية وبالتالي ترشيد استهلاك الطاقة المُسْتَهْلَكَة في أعمال التبريد أو التدفئة [8]. وبالتالي ظهرت الحاجة إلى استبدال مواد البناء التقليدية ذات الموصلية الحرارية العالية مثل (الطوب الطفلي المصمت، والطوب الإسمنتي والخرسانة المسلحة) بمواد اخرى صديقة للبيئة مثل البناء بالتربة المثبتة وذلك لتحقيق الاستدامة وخاصة في المناطق الصحراوية وذلك لتوافر التربة الطبيعية وبالتالي تقليل استهلاك الموارد مما يجعلها أكثر اقتصادية بالإضافة إلى ترشيد استهلاك الطاقة المستخدمة أثناء الإنتاج.

مشكلة البحث: ظهرت في الآونة الأخيرة مشكلة عالمية بوجه عام ومحلية بوجه خاص والتي تتعلق بارتفاع أسعار مواد البناء ونقص الطاقة والمياه ونضوب بعض الموارد الطبيعية، وزيادة معدل استهلاك الطاقة في عملية التصنيع والنقل وكذلك أثناء فترة تشغيل المنشأة. والتأثير السلبي لمواد البناء التقليدية على البيئة مثل الخرسانة والطوب ومن ثم الحاجة إلى إيجاد بدائل لتلك المواد.

هدف البحث: دراسة جدوي استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة المضغوطة من حيث مدى توفيرها للراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية.

أهمية البحث: ترجع أهمية البحث إلى تحديد أفضل الخلطات التي تحقق أفضل راحة حرارية داخل الفراغات المعمارية وتحديد نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستخدمة مما له من تأثير إيجابي على البيئة.

منهجية البحث: يعتمد البحث على المنهج التحليلي للبيانات والمعلومات التي يتم التوصل إليها من خلال الدراسة النظرية والعملية.

ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

العوامل المؤثرة على ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

الأقاليم المناخية:

بشكل عام فإن المناخ في مصر بشكل عام هو مناخ صحراوي، حار جاف صيفاً، معتدل ممطر شتاءً. حيث يتضح من خلال الرجوع إلى التقسيم المناخي للعالم أن مصر تقع في الأقليم الحار الجاف [9].

العوامل المناخية:

تعتبر العوامل المناخية هي من أهم العوامل الاساسية المؤثرة على الراحة الحرارية للإنسان سواءً كان داخل أو خارج المبني السكني، ومن أهم تلك العوامل:-

درجة حرارة الهواء حيث انها مؤشر على كمية الطاقة الحرارية التي يخزنها أي جسم.

الإشعاع الشمسي ويشمل:-

أ- تأثير مدة سطوع الشمس.

ب- تأثير شدة أشعة الشمس.

ج- تأثير زاوية سقوط الشمس.

الرطوبة النسبية هي تستخدم لتقدير كتلة بخار الماء الموجودة في كتلة معينة من المزيج الغازي أو الهواء بالنسبة إلى كتلة بخار الماء اللازم لتشبع كتلة الهواء نفسها وعند درجة الحرارة نفسها.

الرياح (حركة الهواء) حركة أو انتقال الكتل الهوائية في الاتجاه الأفقي، وتتحرك الرياح نتيجة فروق الضغط الجوي، فالرياح تتحرك حركة تسارعية من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. ويحدث انحراف في حركة الرياح نتيجة دوران الكوكب. كما يوضح جدول (1) العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية.

جدول رقم (1) العوامل المؤثرة على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية [10]

العوامل المناخية المؤثرة على الراحة الحرارية	حدود الراحة الحرارية
درجة حرارة الهواء (درجة مئوية ^{5}C)	21,8: 30 س^{5} (درجة مئوية)
الرطوبة النسبية (RH)%	20: %50
سرعة الهواء (V_a) م/ث	0,5: 1,5 م/ث

العوامل الإنشائية:

تؤثر العوامل الإنشائية تأثيرا مباشرًا على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية. ومن اهم النظم الإنشائية النظام الإنشائي الهيكلي ونظام الحوائط الحاملة ونظام الهيكل الحديدي (14) كما هو موضح في الشكل رقم (1). وتؤثر مواد البناء المستخدمة في الأنشاء تأثيراً كبيراً على الراحة الحرارية داخل المباني السكنية. حيث يمكن تصنيف مواد البناء المستخدمة في الإنشاء إلى (مواد بناء طبيعية - مواد بناء معالجة - مواد البناء المصنعة) [11]. ويعتبر استخدام مواد البناء التي تعمل على تخفيض استهلاك الطاقة الحرارية من اهم العوامل الإنشائية المؤثرة على ترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني، ويتم ذلك من خلال استخدام مواد من البيئة المحيطة مثل التربة المستخرجة من الأرض التي تعمل على خفض درجة حرارة داخل المبنى وزيادة الوفر في الطاقة الكهربية المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية في المباني.

شكل رقم (1) النظم الإنشائية

نسبة الإشغال ونوع النشاط الداخلي والملابس:

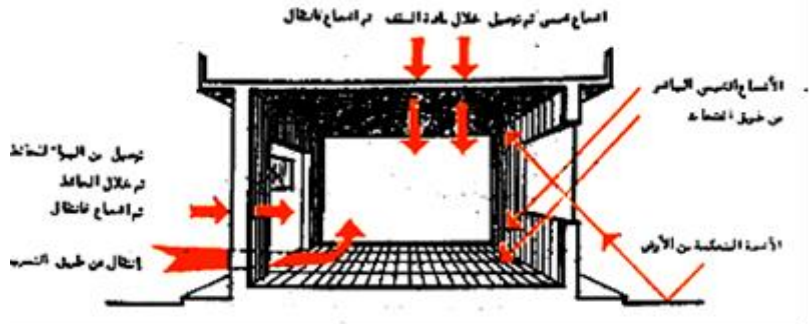
تعد نسبة الإشغال داخل الفراغ المعماري من العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة والراحة الحرارية الداخلية، وهذا لأن جسم الإنسان يقوم بإنتاج طاقة حرارية من خلال عملية التمثيل الغذائي وتتم هذه العملية لإمداد الإنسان بالطاقة اللازمة للقيام بالعمليات الحيوية، وكمية الطاقة الحرارية المتولدة من جسم الإنسان تعتمد على نوع النشاط الذي يقوم به الشخص داخل الفراغات المعمارية [12].

الحرارة المنبعثة من الأجهزة المنزلية الداخلية:

يجب اختيار الأجهزة المنزلية قليلة الانبعاث الحراري وذات الكفاءة العالية في ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، مع مراعاة استخدام نظم الإضاءة الصناعية التي تتميز بنسبة إشعاع حراري منخفض لتقليل الأحمال الحرارية الداخلية [13].

طرق الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي للمباني السكنية:

يوضح الشكل (2) طرق الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخل (التوصيل الحرارى – الحمل الحرارى – الاشعاع الحرارى – البخر والتكثيف)، مما يؤثر على تحقيق الراحة الحرارية الداخلية [14].



شكل رقم (2) الانتقال الحراري بين البيئة الخارجية والوسط الداخلي[15].

تأثير ظاهرة التغير المناخي والاحتباس الحراري:

إن التغيرات المناخية الناتجة عن الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري مثل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون لها العديد من الاثار السلبية على العالم، ومن أهم الظواهر السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية ومما ينتج عنها كوارث طبيعية مثل رفع حرارة الكوكب إلى 1.2 درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية بسبب ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية الإنتاج. وفي ضوء تلك المشكلة ظهرت الحاجة الملحة إلى إعادة تقييم كل المنشآت من الناحية البيئية، وخاصة المنشآت السكنية ودراسة إمكانية استبدال تلك المنشآت الغير متوافقة مع البيئة بأخرى متوافقة معها بحيث يتحقق معها المعايير البيئية لتقليل تفاقم الأزمة البيئية [16].

طرق تقييم الراحة الحرارية داخل المباني السكنية وترشيد استهلاك الطاقة:

1- طرق التقييم البيومناخية.
2- طرق القياس المعملية.
أ- طريقة القياس المباشر لتقييم الأداء الحراري للمباني.

ب- طرق القياس لتقييم معدلات استهلاك الطاقة.

3- الطرق النظرية (الحسابية) الرياضية البسيطة لمحاكاة الغلاف الخارجي.

أ- حساب الانتقالية الحرارية للغلاف الخارجي.

ب- حساب الانتقالية الحرارية الكلية للمبني.

4- تقييم الأداء الحراري بواسطة برامج المحاكاة [15، 16].

منهجية الدراسة العملية:

البرنامج العملي:

في الجزء العملي تم إنتاج وحدات بناء من التربة المثبتة المضغوطة ابعادها (250× 120×90) مم، حيث تم استخدام نوعين من التربة الطبيعية من خلال تصنيف التربة والتدرج الحبيبى [6]. التربة الأولى هي تربة رملية زلطيه والثانية هي تربة طمييية. وقد تم دراسة تأثير استبدال جزء من التربة الطبيعية ببعض المواد المتوفرة محليا في البيئة المحيطة مثل بودرة الحجر الجيري، الطين الأسواني أو التربة الطمييية الطينية بحيث كانت نسبة الاستبدال 26% من وزن التربة. كما تم تثبيت التربة بنسبة 8% الإسمنت من وزن التربة. تم عمل ثماني خلطات كما هو موضح في الجدول (3). وقد تم إنتاج وحدات البناء من التربة بكبس الخلطات الموضحة في جدول (3) بعد إضافة الماء وخلطه جيدا مع المواد الجافة باستخدام مكبس يتم تشغيله يدوياً كما موضح بالشكل (3). بعد إنتاج الوحدات مباشرةً تم رصها كما هو موضح في شكل (4) وعمل المعالجة برش الماء بعد 24 ساعة من الكبس ولمدة 27 يوم. بعد انتهاء المعالجة تم إجراء اختبار الضغط (شكل رقم 5) واختبار الموصلية الحرارية ويوضح جدول (2) نتائج اختبار مقاومة الضغط والموصلية الحرارية.

شكل رقم (3) طريقة الكبس اليدوي

شكل رقم (4) رص وحدات البناء

شكل رقم (5) اختبار الضغط

جدول رقم (2) نتائج مقاومة الضغط والموصلية الحرارية لوحدات البناء بالتربة المثبتة

أنواع التربة	رقم الخلطة	أنواع الخلطات	مقاومة الضغط كجم/سم^2	الموصلية الحرارية (وات/م.س$^\circ$)
			28 يوم	
تربة رملية زلطية (مجموعة 1)	1	100% تربة رملية زلطيه	57.31	1.069
	2	76% تربة رملية زلطيه+ 24% الحجر الجيري	78.5	1.034
	3	76% تربة رملية زلطيه+ 24% طين أسواني	67.7	0.946
	4	76% تربة رملية زلطيه+ 24%طيني طمي	66.5	0.756
تربة طمية رملية (مجموعة 2)	5	100% تربة طميه رملية	74.8	0.848
	6	76% تربة طميه رملية+ 24% الحجر الجيري	55.9	0.789
	7	76% تربة طميه رملية+ 24% طين أسواني	61.9	0.723
	8	76% تربة طميه رملية+ 24%طيني طمي	57.6	0.548

جدول رقم (3) نسب الخلطات لإنتاج وحدات بناء من التربة المثبتة المضغوطة (كجم/م3)

التربة	رقم الخلطة	الخلطة	الإسمنت	التربة		المواد المضافة			الماء
				تربة رملية زلطيه	تربة طمية رملية	بودرة الحجر الجيري	الطين الأسواني	طمية طينية	
تربة رملية زلطية (مجموعة 1)	1	100% تربة رملية زلطيه	137.8	1584	__	__	__	__	229
	2	76% تربة رملية زلطيه+ 24% الحجر الجيري	142.2	1208	__	426	__	__	236
	3	76% تربة رملية زلطيه+ 24% طين أسواني	142.6	1212	__	__	427	__	237
	4	76% تربة رملية زلطيه+ 24%طيني طمي	134.8	1145	__	__	__	404	224
تربة طمية رملية (مجموعة 2)	5	100% تربة طميه رملية	113.7	__	1307	__	__	__	237
	6	76% تربة طميه رملية+ 24% الحجر الجيري	120.8	__	1026	362	__	__	252
	7	76% تربة طميه رملية+ 24% طين أسواني	121.01	__	1029	__	1029	__	121
	8	76% تربة طميه رملية+ 24%طيني طمي	115.4	__	998	__	__	346	240

برنامج المحاكاة Design Builder (Version 2.2.5.004)

تم استخدام برنامج المُحاكاة Design Builder (Version2.2.5.004) في تقييم كفاءة وحدات البناء من التربة المثبتة من حيث ترشيد استهلاك الطاقة المستخدمة لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية مقارنة بأنواع الطوب المختلفة المتوفرة محليا، وذلك من خلال حساب استهلاك المبني السكني للطاقة (ك.و.س) ومعرفة نسبة الوفر أو ترشيد استهلاك الطاقة في أحد نماذج مباني الإسكان الاجتماعي. ثم يتم عرض نتائج المحاكاة ومقارنتها ببعضها البعض لكل نوع من أنواع الطوب المختلفة، بنتائج استهلاك الطاقة الكهربائية لتحقيق الراحة الحرارية داخل المباني.

مدخلات البرنامج

1- رسم المبني السكنى: نموذج الإسكان الاجتماعي المكون من طابقين والمكون من وحدتين سكنية بمساحة الوحدة 90 م^2 الشكل (رقم 6) كما يوضح الشكل رقم (7) المنظور للمبني السكني على برنامج المحاكاة.

درجة الحرارة المطلوبة عند تشغيل اجهزة التكييف: ضبط درجة الحرارة التشغيل عند 24 ° س.

الإنشاء:-

الحوائط: تتكون الحوائط الخارجية وكذلك الداخلية من الطوب بأنواعه سمك 25 سم للمبني لاستخدامه في الحوائط الغير حاملة.

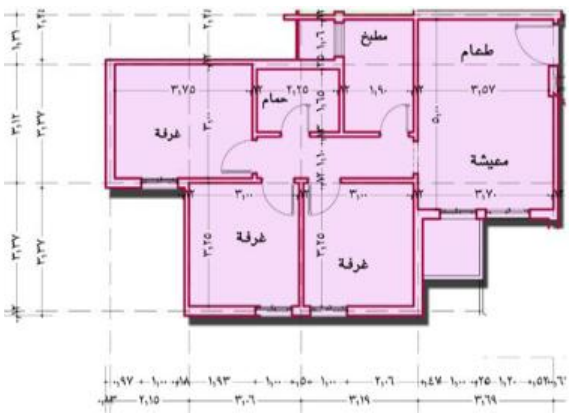
الأسقف:- السقف يسمك 14 سم وبدون عزل حراري (U-value= 3.559 w/m^2-k).

أ- المقاومة الحرارية للسطح الخارجي= 0,055م^2. س °/واط.

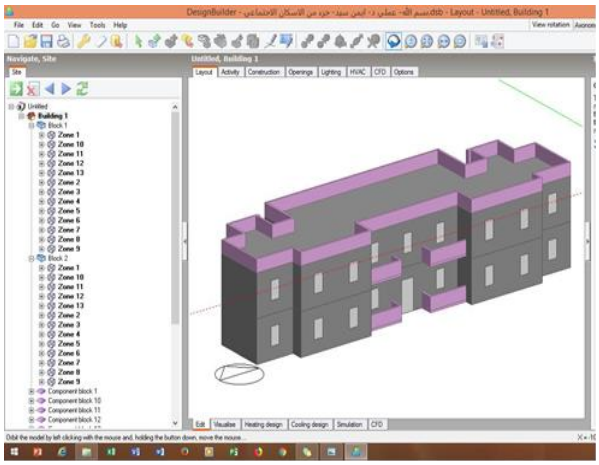
ب- المقاومة الحرارية للسطح الداخلي= 0,123م^2. س °/واط.

ج- نسبة مساحة الفتحة من مساحة الواجهة 10% لجميع واجهات المبني السكني

4- البيانات المناخية:- تم استخدام ملف البيانات لمدينة أسوان.



شكل رقم (6) المسقط الأفقي لوحده سكنية



شكل رقم (7) منظور للمبني السكني من نماذج الإسكان الاجتماعي

نتائج الاختبارات المحاكاة:

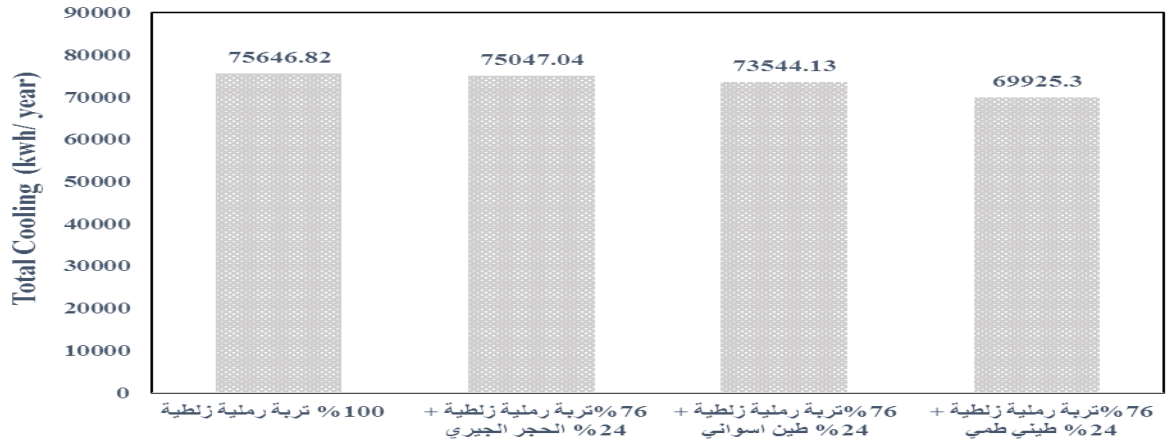
يتم في هذا الجزء عرض نتائج برنامج المحاكاة من حيث تحديد إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية داخل مبنى الإسكان الاجتماعي لتحديد أفضل خلطات من التربة المثبتة بأقل نسبة طاقة مستهلكة، وكذلك تحديد نسبة الوفر في الطاقة المستهلكة مقارنة بالطوب المحلي المتوفر في السوق المصري.

تأثير استخدام وحدات البناء من التربة المثبتة على الراحة الحرارية وترشيد استهلاك الطاقة داخل المباني السكنية:

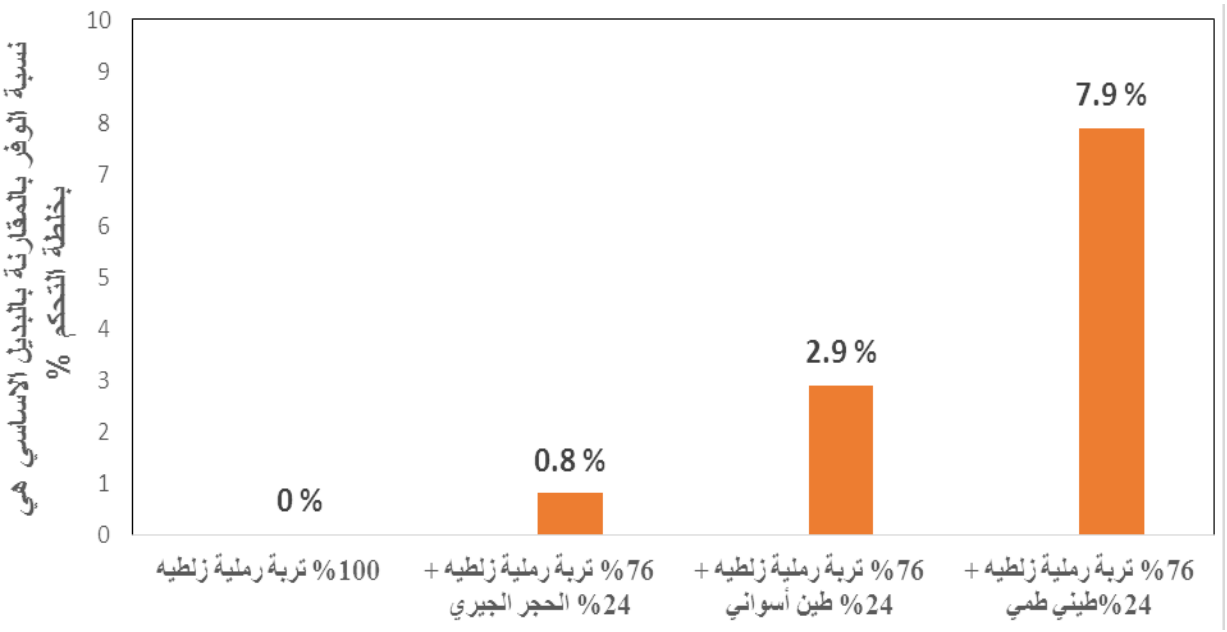
يتم في هذا الجزء عرض نتائج تقييم الخلطات المختلفة من وحدات البناء من التربة المثبتة والمنتجة في الدراسة، حيث يوضح جدول (5) نتائج المحاكاة للأنواع الطوب (الموصلية الحرارية - الكثافة- الحرارة النوعية - معامل الانتقال الحراري للحائط - إجمالي الطافة المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية).

المجموعة رقم (1): الخلطات المصنعة من التربة الرملية الزلطية

يوضح الشكل (8) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة والمصنعة من التربة الرملية الزلطية، كما يوضح الشكل (9) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بخلطة التحكم (خلطة رقم 1) والتي تحتوي على التربة والإسمنت والماء فقط بدون اى اضافات اخرى. يتضح من الاشكال أن معدل الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء من التربة المثبتة والمصنعة من خلطة التحكم هو (75646.82) كيلو وات/ السنة، بينما الخلطات المحتوية على مواد مضافة سواء بودرة الحجر الجيري أو الطين الأسواني أو التربة الطينية تحقق وفر في استهلاك الطاقة مقارنة بخلطة التحكم، حيث تعطى الخلطة المحتوية على التربة الطينية (76% تربة رملية+ 24% تربة طينية) أعلى نسبة وفر في الطاقة الكهربية (7.9%) يليها الخلطة المحتوية على التربة الطين الأسواني (76% تربة رملية+ 24% طين أسواني) (2.9% وفر) واخيرا الخلطة المحتوية على بودرة الحجر الجيري (76% تربة رملية+ 24% بودرة حجر جيري) والتي تعطى أقل نسبة وفر في الطاقة الكهربية (0.8%) مقارنة بخلطة التحكم (100% تربة رملية). ومن ثم فإنه من المفضل استخدام خليط من التربة الطينية مع التربة الرملية لتحقيق أفضل نتائج من حيث الراحة الحرارية يليها الطين الأسواني واخيرا بودرة الحجر الجيري عن استخدام التربة فقط بدون مواد مضافة خاصة أن المواد المضافة تعمل على تحسين مقاومة الضغط للوحدات المنتجة مما له تأثير على قوه تحمل الحوائط.



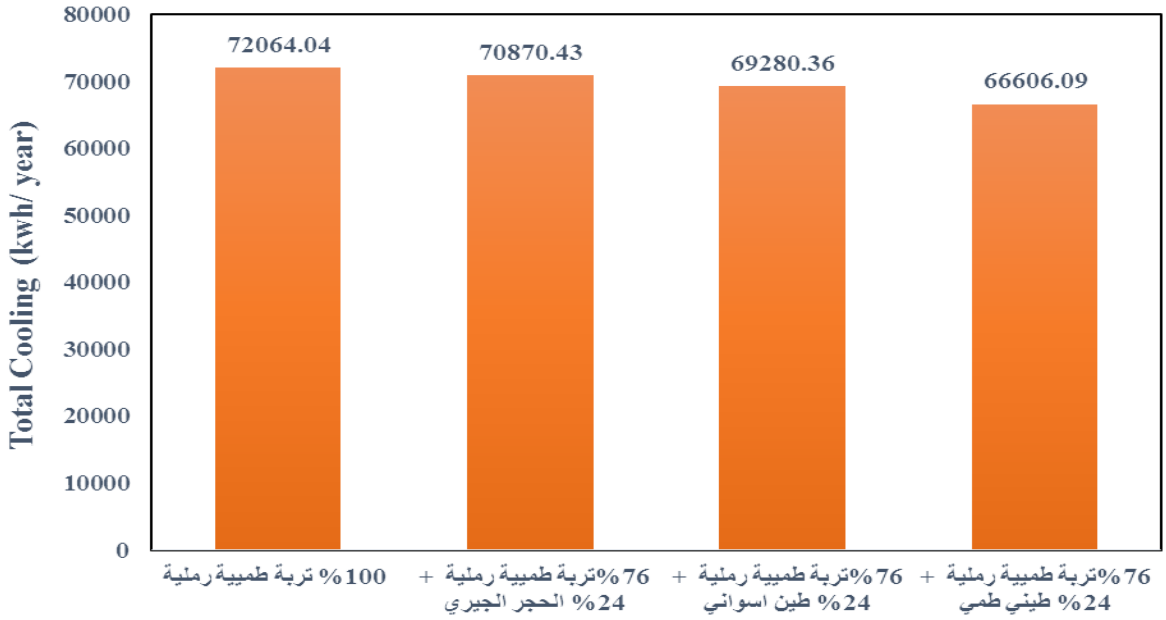
شكل رقم (8) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة المجموعة رقم (1)



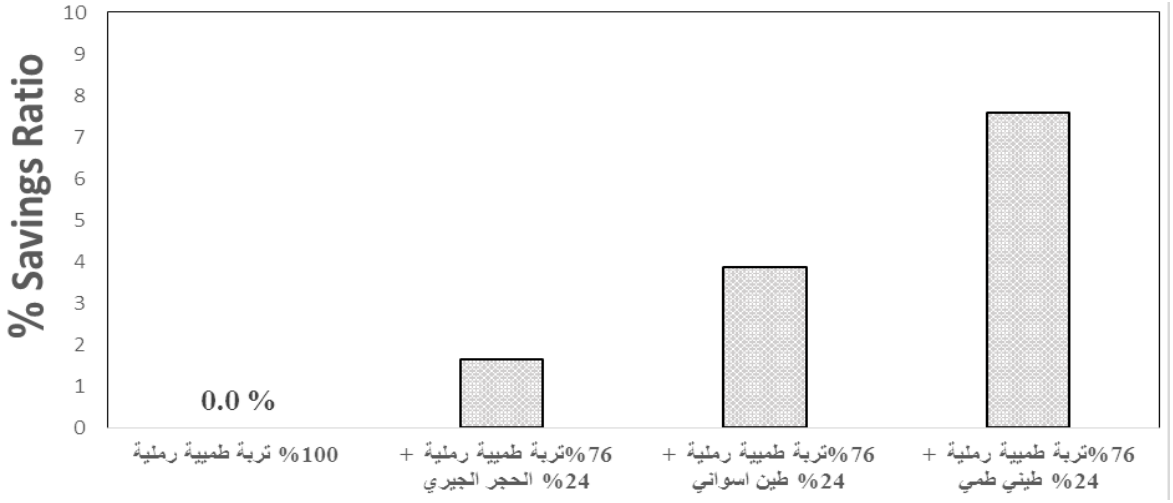
شكل رقم (9) نسبة الوفر الطاقة بالمقارنة بخلطة التحكم في المجموعة رقم (1) لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة.

المجموعة رقم (2) الخلطات المصنعة من التربة طمية رملية

يوضح الشكل (10) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة والمصنعة من التربة طمية رملية، كما يوضح الشكل (11) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بخلطة التحكم (خلطة رقم 1) والتي تحتوي على التربة والإسمنت والماء فقط بدون اى اضافات اخرى. يتضح من الاشكال أن معدل الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء من التربة المثبتة والمصنعة من خلطة التحكم هو (72064.04) كيلو وات/ السنة، بينما الخلطات المحتوية على مواد مضافة منها التربة الطينية تحقق وفر في استهلاك الطاقة مقارنة بخلطة التحكم، حيث تعطى الخلطة المحتوية على التربة الطينية (76% تربة طمية رملية+ 24% تربة طينية طمية) أعلى نسبة وفر في الطاقة الكهربية (7.6%) بينما الخلطة المحتوية على التربة الطين الأسواني (76% تربة رملية+ 24% طين أسواني) حيث تعطي نسبة وفر في الطاقة الكهربية (3.9%) وكذلك الخلطة المحتوية على بودرة الحجر الجيري (76% تربة رملية+ 24% بودرة حجر جيري) والتي تعطى نسبة وفر في الطاقة الكهربية (1.7%) مقارنة بخلطة التحكم (100% تربة طمية رملية). ومن ثم فإنه من المفضل استخدام خليط من التربة الطينية مع التربة طمية رملية لتحقيق أفضل نتائج من حيث الراحة الحرارية عن استخدام التربة فقط بدون مواد مضافة خاصة أن المواد المضافة تعمل على تحسين مقاومة الضغط للوحدات المنتجة مما له تأثير على قوه تحمل الحوائط.



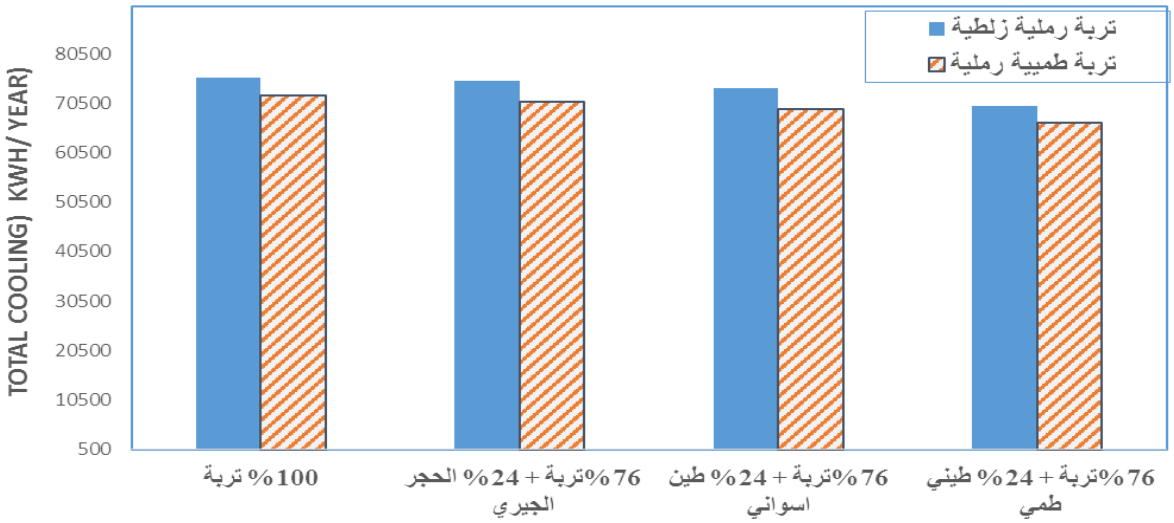
شكل رقم (10) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة مجموعه (2).



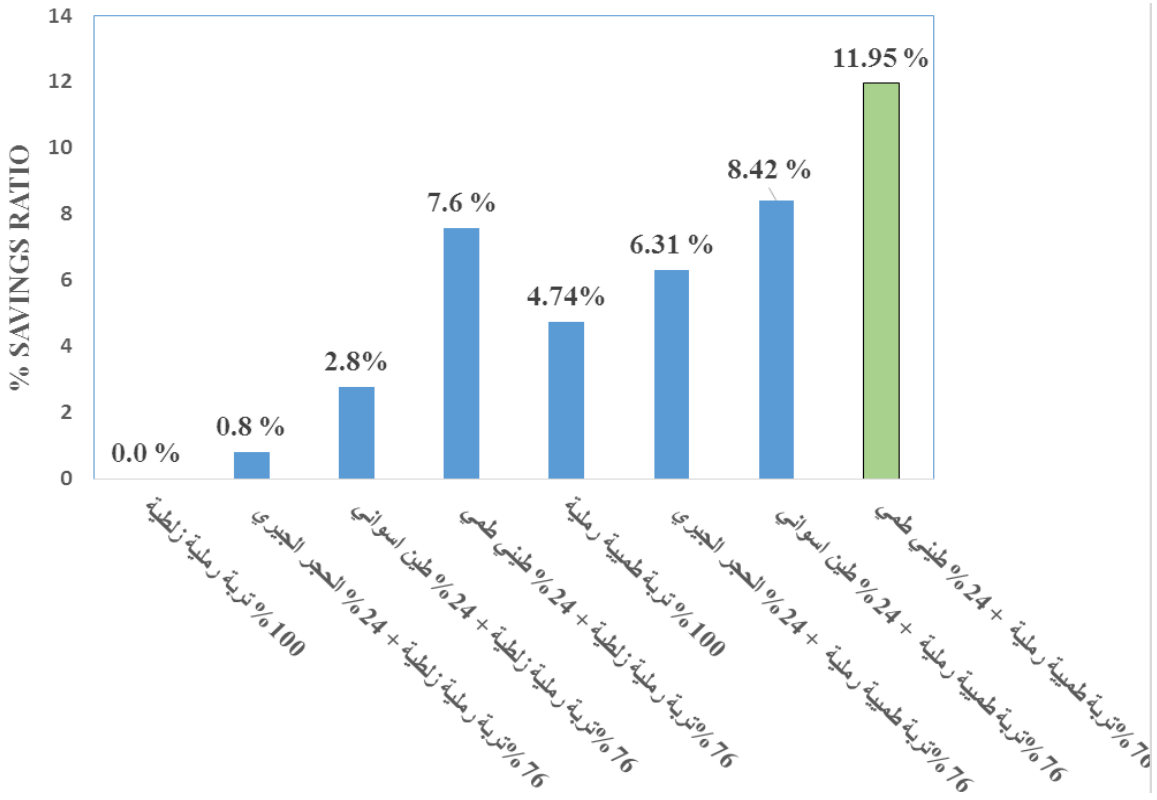
شكل رقم (11) نسبة الوفر الطاقة بالمقارنة بخلطة التحكم للمجموعة الخلطات رقم (2) لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة.

يوضح الشكل (12) تأثير نوع التربة على كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية، كما يوضح الشكل (13) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالخلطة المحتوية على التربة الرملية والإسمنت والماء. يتضح من شكل (12) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمية الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالتربة الرملية الزلطية حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة بين 8.7% و12.8% بناءً على نوع المادة المضافة. ومن ثم فإنه في المناطق شديدة الحرارة يفضل استخدام التربة الطمية الرملية عن التربة الرملية الزلطية. كما يتضح أن الخلطة المحتوية على التربة الطمية الرملية مضافا إليها التربة الطينية تعطى أعلى نسبة وفر في الطاقة الكهربية على الإطلاق يليها المحتوية على التربة

رملية زلطية مضافا إليها تربة طينية طمية بينما الخلطة المحتوية على التربة الرملية فقط تعطى أعلى استهلاك للطاقة الكهربية، وعليه فإنه من المفضل استخدام خليط من التربة مضافا عليه بعض المواد المتوفرة في البيئة المحلية لتحسين مقاومة الوحدات وتقليل استهلاكها للطاقة الكهربية.



شكل رقم (12) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالتربة المثبتة المضغوطة



شكل رقم (13) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالخلطة التحكم.

المقارنة بأنواع الطوب المحلي المستخدم في السوق المصري: -

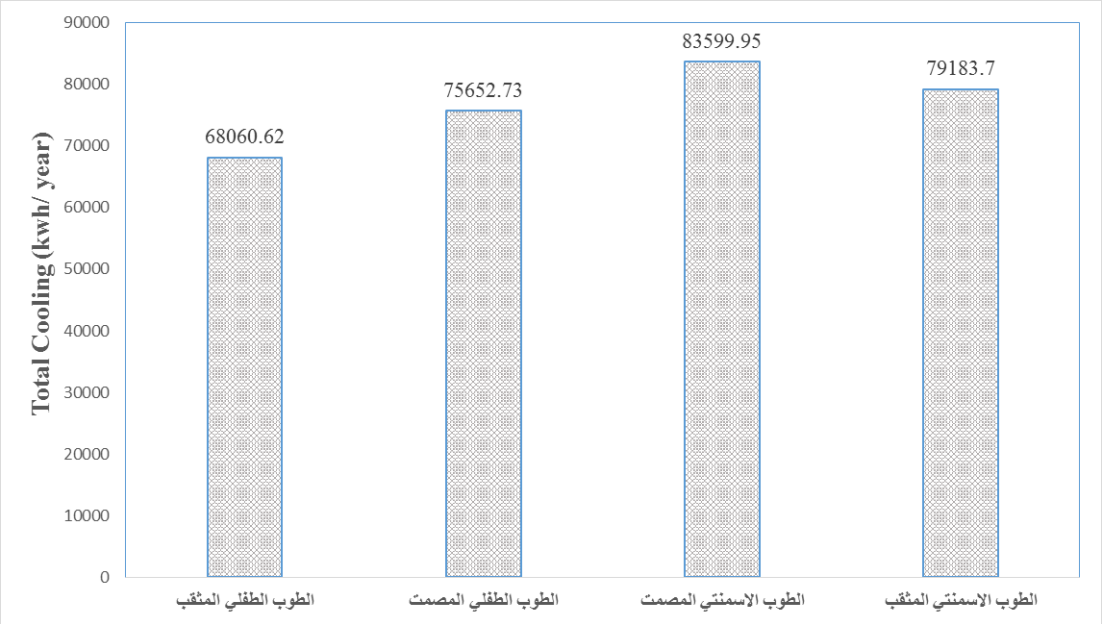
يتم تقييم أنواع الطوب المختلفة المستخدمة محلياً في الأسواق المصرية وعددهم أربعة أنواع مختلفة من الطوب، وفيما يلي يوضح الجدول (2) نتائج تقييم أداء أنواع الطوب في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية، وترشيد استهلاك الطاقة.

- يوجد أربعة أنواع من الطوب في السوق المحلي يتم المقارنة بهم هما: -

1- الطوب الطفلي المفرغ مقاسة (25*12*6)سم. 2-الطوب الطفلي المصمت مقاسة (25*12*6)سم.

3- الطوب الإسمنتي المفرغ مقاسة (40*20*12)سم 4-الطوب الإسمنتي المصمت مقاسة (25*12*6)سم.

يوضح الشكل (14) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بالطوب الإسمنتي المثقب. كما يتضح من الاشكال أن معدل الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربية للنظام المعتمد على الحوائط من وحدات البناء بالطوب الإسمنتي المثقب هو (83599.95) كيلو وات/ السنة،. ثم يتضح بالمقارنة التي تم أجرأها على جميع الأنواع المختلفة من الطوب المحلي أن أفضل بديل حقق وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية المستهلكة داخلياً هو الطوب الطفلي المفرغ بنسبة 22.14% بالمقارنة بالطوب الإسمنتي المفرغ. يبين الجدول(4) نتائج تقييم أداء استخدام أنواع الطوب المحلي (الطوب الطفلي المثقب- الطوب الطفلي المصمت- الطوب الإسمنتي المثقب-الطوب الإسمنتي المصمت). وكذلك يبين الجدول (5) نتائج المحاكاة للخلطات المصنعة من التربة المثبتة المضغوطة.



شكل رقم (14) إجمالي الطاقة الكهربائية المستهلكة لتحقيق الراحة الحرارية لأسلوب البناء بأنواع الطوب المحليا

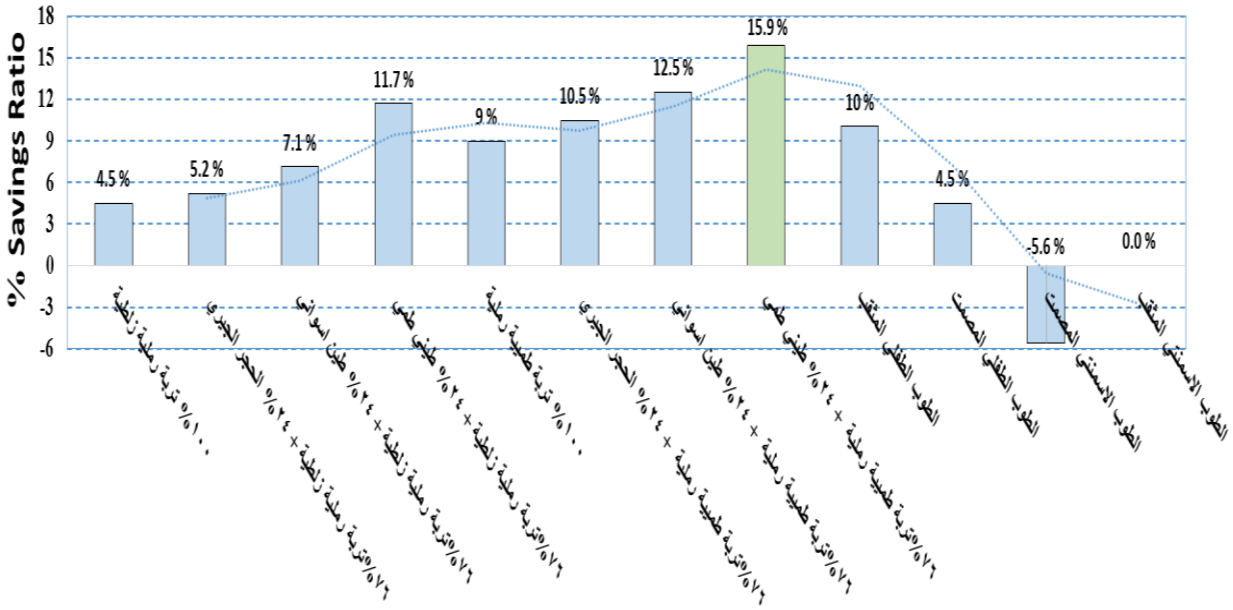
جدول رقم (4) نتائج تقييم أداء استخدام الطوب المحلي

م	أنواع الطوب	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الكثافة (كجم/م^3) [10]	الحرارة النوعية (جول/كجم.س) [10]	معامل الانتقال الحراري للحائط واط/م^2.كلفن	إجمالي الطاقة المستهلكة (كيلو وات ساعة/السنة)
1	الطوب الطفلي المثقب	0.6	1790	840	1.705	68060.62
2	الطوب الطفلي المصمت	1.00	1950	829	2.381	75652.73

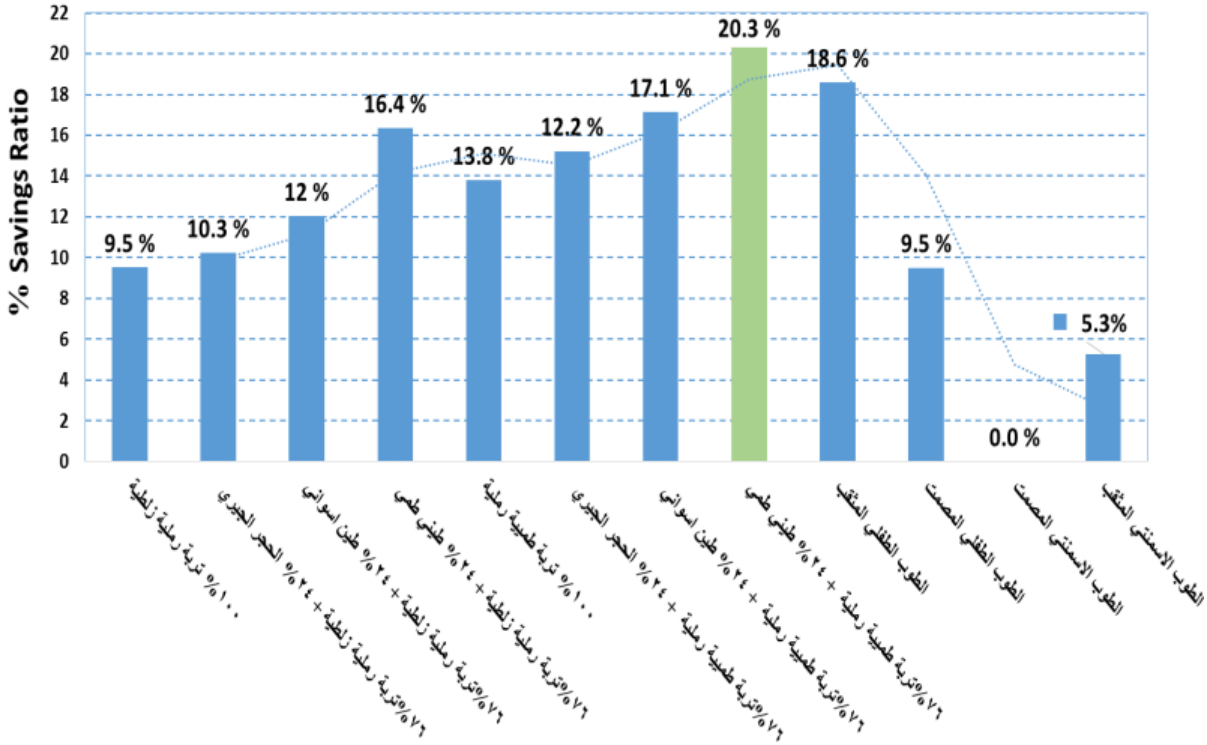
م	أنواع الطوب	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الكثافة (كجم/م^3) [10]	الحرارة النوعية (جول/كجم.س) [10]	معامل الانتقال الحراري للحائط واط/م^2.كلفن	إجمالي الطاقة المستهلكة (كيلو وات ساعة/السنة)
3	الطوب الإسمنتي المصمت	1.6	1800	880	2.703	79183.7
4	الطوب الإسمنتي المفرغ	1.25	1140	880	3.065	83599.95

جدول رقم (5) نتائج المحاكاة للخلطات المصنعة من التربة المثبتة المضغوطة

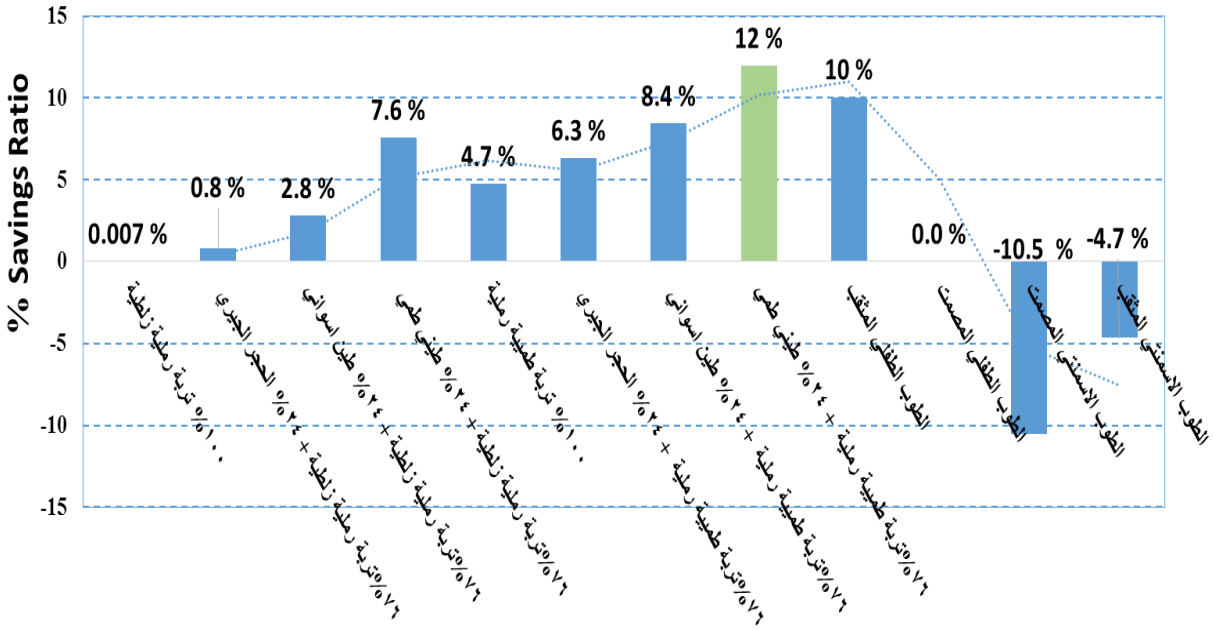
م	أنواع الطوب	الموصلية الحرارية (وات/م.س)	الكثافة (كجم/م^3)	الحرارة النوعية (جول/كجم.س)	معامل الانتقال الحراري للحائط (واط/م^2.كلفن)	إجمالي الطاقة المستهلكة (كيلو وات ساعة/السنة)
1	100% تربة رملية زلطيه	1.069	1892	835	2.476	75646.8
2	76% تربة رملية زلطيه+ 24% الحجر الجيري	1.034	1930	830	2.303	75047.1
3	76% تربة رملية زلطيه+ 24% طين أسواني	0.946	1933	833	2.428	73544.1
4	76% تربة رملية زلطيه+ 24%طيني طمي	0.756	1844	828	1.994	69925.3
5	100% تربة طميه رملية	0.848	1723	829	2.054	72064.1
6	76% تربة طميه رملية+ 24% الحجر الجيري	0.789	1715	827	1.939	70870.4
7	76% تربة طميه رملية+ 24% طين أسواني	0.723	1756	831	2.151	69280.3
8	76% تربة طميه رملية+ 24%طيني طمي	0.548	1629	826	2.160	66606.0



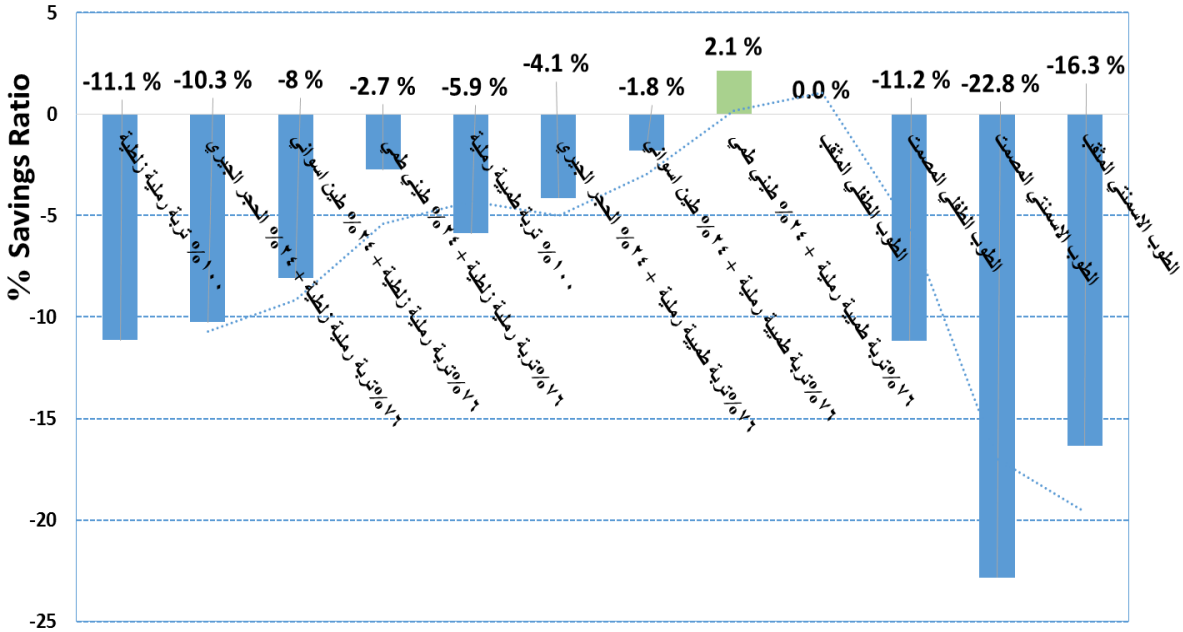
شكل رقم (15) نسبة وفر% الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الإسمنتي المثقب)



شكل رقم (16) نسبة الوفر% الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الإسمنتي المصمت)



شكل رقم (17) نسبة الوفر% الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الطفلي المصمت)



شكل رقم (18) نسبة الوفر% الطاقة باستخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة بالمقارنة بالبديل (الطوب الطفلي المثقب)

يوضح الشكل (15) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الإسمنتي المثقب. يتضح من شكل (15) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمية الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الإسمنتي المثقب حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة 20.3% بناءً على نوع المادة المضافة. كما يوضح الشكل (16) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الإسمنتي المصمت. يتضح من شكل (16) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمية

الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الإسمنتي المصمت حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة 15.6% بناءً على نوع المادة المضافة. وكذلك أيضاً يوضح الشكل (17) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الطفلي المصمت. يتضح من شكل (17) انه بصفة عامة استخدام التربة الطمييية الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الطفلي المصمت حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة 11.9% بناءً على نوع المادة المضافة. وأيضاً يوضح الشكل (18) نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة للخلطات المختلفة مقارنة بالطوب الطفلي المثقب. يتضح من شكل (18) انه بصفة عامة استخدام الطوب الطفلي المثقب يعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الطفلي المثقب حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة 2.1% بناءً على نوع المادة المضافة. ومن ثم فإنه في المناطق شديدة الحرارة يفضل استخدام التربة الطمييية الرملية عن التربة الرملية الزلطية. كما يتضح أن الخلطة المحتوية على التربة الطمييية الرملية مضافا إليها التربة الطينية تعطى أعلى نسبة وفر في الطاقة الكهربية على الإطلاق يليها المحتوية على التربة الطمييية الرملية مضافا إليها الطين الأسواني بينما الخلطة المحتوية على التربة الرملية فقط تعطى أعلى استهلاك للطاقة الكهربية، وعليه فإنه من المفضل استخدام خليط من التربة مضافا عليه بعض المواد المتوفرة في البيئة المحلية لتحسين مقاومة الوحدات وتقليل استهلاكها للطاقة الكهربية.

النتائج والمناقشة

ركزت الدراسات السابقة في هذه الدراسة استخدام مواد البناء في عملية البناء السكني وكانت النتائج تشير أن أغلب الانظمة المتوفرة لا تلبي بمتطلبات الراحة الحرارية للإنسان ولكن استخدام هذا النظام المقترح سوف يعمل على توفير أقصي نسبة وفر للطاقة الكهربائية المستهلكة والمستخدمة داخل المباني السكنية.

حالياً عملية البناء الحديثة تستهلك طاقة كهربائية ضخمه من حيث استخراج المواد وتصنيعها وكذلك استخدام المبني. لذلك أصبح هناك استهلاك للطاقة كهربائية عالية داخل المنشأ السكني وعدم تحقيق الراحة الحرارية لها. ولذلك تم التوصل إلى نظام بناء يعتمد على توفير استهلاك الطاقة الكهربائية.

لقد توصلت الدراسة إلى أن استخدام نظام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة فعال في تحقيق أفضل راحة حرارية داخل الفراغات المعمارية لأن النظم البناء المستخدمة والاكثر انتشاراً لا تتبع منهجية التصميم ومواد البناء التي تعمل على تحقيق الراحة الحرارية للإنسان ونسبة وفر في الطاقة الكهربية المستهلكة وعدم مراعاة التأثير والتلوث البيئي. حيث أظهرت النتائج أن الخلطات المصنعة من التربة الرملية الزلطية (مجموعة رقم 1) حيث تعطي الخلطة المحتوية (76%تربة رملية زلطية+24% تربة طينية) أعلي نسبة وفر في الطاقة الكهربية بمقدار (7.9%) مقارنة بخلطة التحكم الخلطة التي تحتوي على التربة والإسمنت والماء فقط في نفس المجموعة. وكذلك في مجموعة الخلطات رقم (2) حيث استخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة حيث تعطي الخلطة المحتوية (76% تربة رملية زلطية+24% تربة طينية) تحقق نسبة وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية سنوياً بمقدار قدره 4.42% بالمقارنة بالخلطة التحكم الأساسية الخلطة التي تحتوي على التربة والإسمنت والماء فقط في نفس المجموعة.

بصورة عامة، من نتائج المحاكاة المقارنة بالأنواع المختلفة من الطوب نجد أن استخدام التربة الطمييية الرملية تعمل على تقليل استهلاك الطاقة الكهربية لتحقيق الراحة الحرارية مقارنة بالطوب الإسمنتي المثقب حيث تتراوح نسبة الوفر في الطاقة الكهربية المستهلكة 20.3% بناءً على نوع المادة المضافة الخلطة.

التوصيات

إن استخدام وحدات البناء بالتربة المثبتة المضغوطة يحقق أفضل راحة حرارية داخل الفراغات المعمارية ونسبة وفر أفضل في توفير الطاقة الكهربية المستهلكة.

إذا تم تطبيق هذا النظام البناء في هذه الوحدات فإنه يعمل على تحسين الراحة الحرارية للإنسان من حيث استخدام المنشأ وكذلك لها تأثيرها الإيجابي على البيئة.

قائمة المراجع:

أولاً/ المراجع بالعربية:

- أحمد عبد المطلب محمد علي، "استخدام المحاكاة لتقييم وتحسين الأداء الحراري للمباني السكنية (دراسة حالة: مدينة أسيوط الجديدة)"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، 2011.
- أحمد محمد صديق حسن،" دور خدمات المبني في تحقيق الراحة الحرارية داخل المباني السكنية -دراسة تطبيقية بمدينة السويس"، دكتوراه، قسم الإنشاءات المدنية والمعمارية، كلية التعليم الصناعي، جامعة السويس، 2018.
- خالد سليم فجال، "العمارة والبيئة في المناطق الصحراوية الحارة"، كتاب، دار الثقافة والنشر، 2001.
- خالد مسعد عبد السميع غريب، "الغلاف الخارجي للمنزل الذكي- نحو دليل عملي لتقييم مستوي ذكاء الغلاف الخارجي للمنزل الذكي"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2011.
- عبد الرحيم بن حسن الشهري، "تكنولوجيا البناء ودورها في تحقيق الراحة الحرارية داخل الفراغات المعمارية"، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2008.
- محمد حسن محمد فهمي، "جدلية تشكيل الغلاف الخارجي للمبني من منظور الراحة الحرارية للفراغات المعمارية"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2012.
- محمود محمد محمود عبد الرازق، "تقييم كفاءة أداء الطاقة للمباني الحكومية الإدارية في مصر (حالة القاهرة)"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2011.
- المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، "الكود المصري لتصميم المسكن والمجموعة السكنية"، وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية،2009.
- نهي عبد الوهاب محمد محمد مصطفي، "حماية البيئة وترشيد استهلاك الطاقة في المبني من خلال اختيار مواد البناء"، ماجستير، قسم العمارة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2013.
- هينار أبو المجد أحمد خليفة، "تصميم الفراغات العمرانية لتحقيق الراحة الحرارية باستخدامات التقنيات الحديثة للتحكم المناخي"، ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، 2004.

ثانياً/ المراجع بالإنجليزية:

- Adalbert K. Energy demand during the life Cycle of a building. CIB symposium Energy Mass and Flow in the life Cycle of building. Vienna 1996.
- Egyptian Standard Building Earth. 2016, pp. 395.
- GHOUMARI F. Matériau en Terre Crue Compactée: Amélioration de sa Durabilité à l'Eau: Thèse de Doctorat, INSA de Lyon 1989.

- HOUBEN H, GUILLAUD H. Construction", Primer Brussels, CRATerre/ PGC/ CRA/ UNCHS/ AGCD 1984.
- Maini S. Earthen architecture for sustainable habitat and compressed stabilized earth block technology. Progrmmae of the city on heritage lecture on clay architecture and building techniques by compressed earth, High Commission of Ryadh City Development. The Auroville Earth Institute, Auroville Building Centre – INDIA 2005.
- Morel JC, Mesbah A, Oggero M, Walker P. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. Building and Environment 2001 Dec 1-36(10): 1119-26.

Effect of Using Compressed Stabilized Earth Blocks on the Thermal comfort in Architectural Spaces

Abstract: The problem of high building materials prices, using traditional building systems, consumes a great deal of energy during manufacturing or operating the facility. Accordingly, many researchers have been taken out recently to find alternatives traditional building systems and materials such as Compressed Stabilized Earth Blocks, which relates on using available natural soil compressed at high pressure, This research aims to evaluate the effect of Compressed Stabilized Earth Blocks as alternative walls for walls made from traditional blocks on thermal comfort in architectural spaces through using (Design builder) for defining energy consumption. Two types of natural soils were used (Sandy soil and Silty soil) and a partial replacement was made to the used soil types by utilizing some materials Aswan clay and Clay soil in order to improve soil performance then adding 8% cement of the total weight for stabilizing the mix. Building blocks were made of best 8 mixes in order to achieve the requirements of Egyptian Code for building by Stabilized Earth Blocks. This study is conducted on a residential sample (Social Housing sample composed of two residential units with a total area of 90 m2 for each) for comparison between building blocks made from stabilized soil and other blocks made from local brick units. Experimental results shown that the usage of building blocks, made from stabilized soil with 8% cement, helps to reduce energy consumption in order to achieve thermal comfort ranging from 5% to 25%, compared with other brick types. It also helps to reduce resources and energy consumption used in manufacturing and to decrease negative environmental impacts resulting from other building materials. Research recommendations refer to the necessity of using soil in producing building blocks in new projects under design for choosing best usage of soil and stabilize it in order to benefit from natural materials, rationalize electric power consumption in buildings

Keywords: Sandy soil, Silty soil, Limestone, Aswan clay, Compressed stabilized Earth Blocks, Stabilization, Energy conservation, Thermal comfort.