السلوك الحراري لعدة أنظمة جدران غير حاملة مناسبة للاستخدام في مناطق المناخ الحار

أ.م. عاطف علي حسن
atif56ali@yahoo.com
معهد التكنولوجيا- بغداد

المستخلص

لتقليل الاعتماد على الطابوق كمادة أساسية في تشييد جدران غير حاملة في الأبنية الهيكلية، تم اقتراح عدة أنظمة خفيفة الوزن وذات معامل انتقال حراري منخفض مع استخدام الحجر الكلسي سمك (100) ملم لأغراض التقوية والجمالية، تم اختيار هذه النماذج ضمن الظروف المناخية لمدينة بغداد [خط عرض 33.2 درجة شمالاً] ولليوم الـ (21) من كل شهر (على مدار العام 2012) ومقارنة السلوك الحراري لها مع الجدار التقليدي المشيد من الطابوق سمك 240ملم.

اتضح من خلال الدراسة ان استخدام النظام المصنع من ثلاث طبقات من الخشب المضغوط مثبت بينها عازل حراري سمك 50 ملم وفجوة هوائية سمك 50 ملم يوفر طاقة كهربائية حوالي 42% مما يستهلكه الجدار التقليدي صيفاً وخلال الشتاء يوفر 39% بينما يكون التوفير السنوي 41% وعند استخدام الألواح الجبسية بديلاً عن طبقة الخشب المضغوط الداخلية ينخفض التوفير الى 27% صيفاً، 6% شتاءاً وعلى مدار العام كان التخفيض 17% . أما التغليف من الخارج بالسيراميك ذو السطح الأملس أو الخشن، اتضح بأن استخدام السيراميك ذو السطح الخشن يوفر طاقة في حدود 35% صيفاً، 6% شتاءاً وعلى مدار العام يكون التوفير 22% . بينما استخدام السيراميك ذو السطح الأملس فيحقق توفير 17% صيفاً، 9% شتاءاً وعلى مدار العام يكون في حدود 13% ونسبة تقليل وزن الجدار المقترح تكون في حدود(13-7)% من وزن الجدار التقليدي وكذلك كلفة التشييد قد انخفضت بمقدار 27% من تكلفة إنشاء الجدار التقليدي.

الكلمات الرئيسية: جدران غير تقليدية، جدران غير ساندة، جدار حجر الحلان، جدار سيراميك، ترشيد استهلاك الطاقة.

المقدمــة

ان استخدام مادة الطابوق المجوف في تشييد جدران الأبنية التقليدية ما زال شائعاً (ومنذ عدة عقود) في أغلب مدن العراق، مع فارق بسيط يتعلق بنوعية مواد الأكساء الخارجية في الأغلب وتبعاً لما متوفر في السوق المحلية، لذلك فان المقطع الإنشائي للجدران المنفذة تمتلك وزن (288) كغم/م^2 ومتوسط معامل انتقال حراري عالي نسبياً (1.65 واط/م^2.ك°) [يتغير تبعاً لنوع مادة التغليف]، وينعكس هذا على زيادة التأثير البيئي على الحيز الداخلي للمبنى وبالتالي زيادة استهلاك الطاقة لأغراض التكييف السنوية وبالتالي زيادة تكلفة الإنشاء الكلية. ومع تزايد استخدام الأبنية الهيكلية لم يعد المطلوب استخدام مواد إنشاء تمتلك قيم مرتفعة لإجهادي الشد والانضغاط، لذلك تزايد الطلب على استخدام الكتل البنائية الخفيفة لما تتمتع به من وزن خفيف وعزل حراري جيد، ويمكن تقسيم الجهود العلمية المبذولة لإنتاج مثل هذه المواد الى قسمين، فعلى الصعيد الوطني، نجد أن الباحث[1] قد استخدم مواد محلية لتشكيل جدران غير حاملة ثنائية القشرة تحتوي داخلها مواد عازلة، واستخدم الباحث[2] الحجر الكلسي أو كتل خرسانية صغيرة [3] لتشكيل جدران صندوقية (غير حاملة) تجمع داخل موقع التشييد مع وجود فجوة داخلها لوضع العازل الحراري، بينما الباحث [4] استخدم كسر الطابوق/ مخلفات البناء كمادة بديلة عن الحصى لإنتاج كتل بنائية خفيفة أو استخدم مخلفات القطع للحجر الكلسي بديل عن الحصى لصنع كتل خرسانية خفيفة[5] أو خلط التراب مع السمنت لصناعة كتل بنائية موقعيه[6]. بينما على الصعيد الدولي نجد أن الباحث[7] استخدم كؤوس نبات الذرة كمخلفات زراعية بمثابة مواد عازلة داخل فجوة الجدار أو استخدام مخلفات الأفران الحرارية لتصنيع أحجار خفيفة وعازلة [8] أو استخدام غاز الاركون و الكرايتون لمليء فجوة داخل كتل بنائية لتوفير كتل خفيفة وعازلة حرارياً[9] او استخدام مواد متغيرة الطور توضع داخل فجوة الكتل البنائية لامتصاص الحرارة قبل دخولها المبنى[10]، أو استخدام صخور من السليكات تعرف بالزيوليت تطحن وتستخدم مع بعض المضافات لإنتاج الكتل الخفيفة[11] أو استخدام ألياف زجاج السيراميكا مع مطحون صخور الزيوليت لإنتاج كتل بنائية [12]، بينما استخدم الباحثين[13] مخلفات الجبس (مخلفات صناعية) لإعادة إنتاج كتل بنائية خفيفة وباستخدام عدة مضافات. وإنتاج كتل بنائية باستخدام السمنت الاعتيادي ومواد رابطة شعيرية من مادة (Polylvinyle -alcohol)[14] بينما الباحث[15] استخدم الألمنيوم داخل الجدار لخزن الحرارة دون نقلها الى المبنى. يتضح مما تقدم ضرورة الاستفادة مما متوفر في العراق من مواد لتشكيل مواد بنائية خفيفة، مثل الألواح الخشبية (الخشب المضغوط المصنع من المخلفات الزراعية أو الصناعية والألواح الجبسية وألواح السيراميك مع استخدام الحجر الكلسي Limestone سمك 100 ملم لإكساب الجدار المقترح الجساءة والجمالية.

الأبنية والبيئة

يقع العراق في شبه المنطقة المدارية – الحارة الجافة والتي يغلب عليها المناخ الصحراوي، حيث يستمر فيها فصل الصيف أكثر من سبعة أشهر، تسطع الشمس خلاله فترات طويلة (أكثر من (14) ساعة/يوم، وتصل درجة حرارة الظل خلاله الى أكثر من 45°م)، وبهذا تتعرض القشرة الخارجية للمبنى الى موجات حرارية تتناسب شدتها مع تغير الوقت مسببة إحداث فرق كبيرة بين درجتي حرارة الهواء الملامس للقشرة (الطبقة المتاخمة) الخارجية والداخلية للمقطع الإنشائي للمبنى خلال ساعات اليوم الواحد، إضافة الى المدى اليومي الكبير نسبياً لتغير درجات حرارة البيئة (ليلاً ونهاراً) والذي يصل أكثر من 20°م (من قياسات الباحث). أن الكسب الحراري للحيز خلال القشرة الخارجية للمقطع الإنشائي للمبنى يتألف من مجموع كميات الحرارة المنتقلة نتيجة اختلاف درجتي حرارة الهواء داخل وخارج المبنى و كميات الحرارة المنتقلة نتيجة اختلاف كثافة الإشعاع الشمسي الساقطة على أسطح المبنى، وكمية الحرارة المنتقلة هذه خلال الجدار تعتمد مقدارها على الموصلية الحرارية والكثافة الوزنية والحرارة النوعية لمكونات الجدار ولكنها تتأخر لفترة زمنية محددة (خلال مكونات الجدار قبل وصولها الى حيز المبنى) تبعاً للسعة الحرارية للمقطع الإنشائي، أي ان تقلبات درجة حرارة السطح الخارجي لمقطع الجدار سوف لن تظهر بصورة سريعة بتقلبات مماثلة لدرجة حرارة السطح الداخلي لمقطع الجدار، لأن المواد الإنشائية المؤلف منها مقطع الجدار ستزيد من مقدار التأخير الزمني لانتقال الحرارة خلاله، إضافة الى تخميد ترددها العالي، ولكن بالرغم من ذلك، فان درجة حرارة القشرة الداخلية لجدار المبنى سترتفع بعد فترة (قد تطول) ومما يؤدي الى رفع درجة حرارة هواء الحيز الداخلي للمبنى لمستوى أعلى مما مؤشر في مستويات الراحة الحرارية المتناسبة مع طبيعة استخدام ذلك المبنى، مما يتطلب استخدام معدات التكييف على مدار ساعات اليوم الواحد، لامتصاص الأحمال الحرارية حال وصولها (منعاً لتجمعها) وتخفيض درجة حرارة هواء الحيز الى ذلك المستوى المحدد مسبقاً، أي أن استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض تشغيل معدات التكييف يكون مرتبطاً بكمية الحرارة المنتقلة خلال جدران المبنى، فتقليل تلك الحرارة سيقود الى تقليل فترة تشغيل مكيفات الهواء وبالتالي تقليل كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لأغراض التكييف وبالتالي تقليل كمياتها المستهلكة بصورة عامة.

الجدران المقترحة

ان الحجر الكلسي (Limestone) متوفر في عدة مناطق تمتد من المنطقة الغربية الى الشمالية الغربية والشمالية في العراق وبكميات تجارية[16]، لذلك تم اختياره كمادة انهاء خارجية سمك 100 ملم (الجدار A ، B- الشكل 1) ومادة انهاء داخلية سمك 100 ملم (الجدار C، D-الشكل1) لتوفر الجساءة للمقطع الانشائي المقترح (يتناسب مع الذوق العام لتغير لونه من البرتقالي الى الوردي والاصفر الى الرمادي أو الأبيض تبعاً للمنطقة التي يتواجد فيها) [كثافته الكتلية 1680 كغم/م^3 ومعامل توصيل حراري 1.2 واط/م.ك°][18] وكذلك تم استخدام ألواح الخشب المضغوط المصنع من المخلفات

الخشبية الصناعية أو الزراعية (خشب رخيص الكلفة لانخفاض تكاليف مواده الأولية)، بينما استخدام الألواح الجبسية التي تصنع بسهولة (متوفرة محلياً وبأسعار منخفضة)مع استخدام عوازل حرارية أما أن تكون صناعية مثل الياف الفايبر الزجاجي متناهية الصغر أو طبيعية مثل القصب وسعف النخيل وتغلف بأكياس البولي اثيلين لمنع وصول الرطوبة اليها مع استخدام السيراميك ذو السطح المصقول أو الخشن كمواد إنهاء خارجية مقبولة للمقطع الإنشائي. وكما موضح في أدناه:

- **الجدار A**

يتكون هذا الجدار من عدة طبقات مرتبة من الخارج الى الداخل : 100 ملم حجر الحلان الكلسي (Limestone) مع 10 ملم ألواح خشب مضغوط، 50 ملم عازل حراري (الياف الفايبر كلاس متناهية الصغر)، 10 ملم ألواح خشب مضغوط، 50 ملم فجوة هوائية مغلقة و 10 ملم ألواح خشب مضغوط ويتم طلاء هذه الطبقة الأخيرة بأي أصباغ مطلوبة أو طبقة خفيفة من الجص حسب رغبة المستخدم.

- **الجدار B**

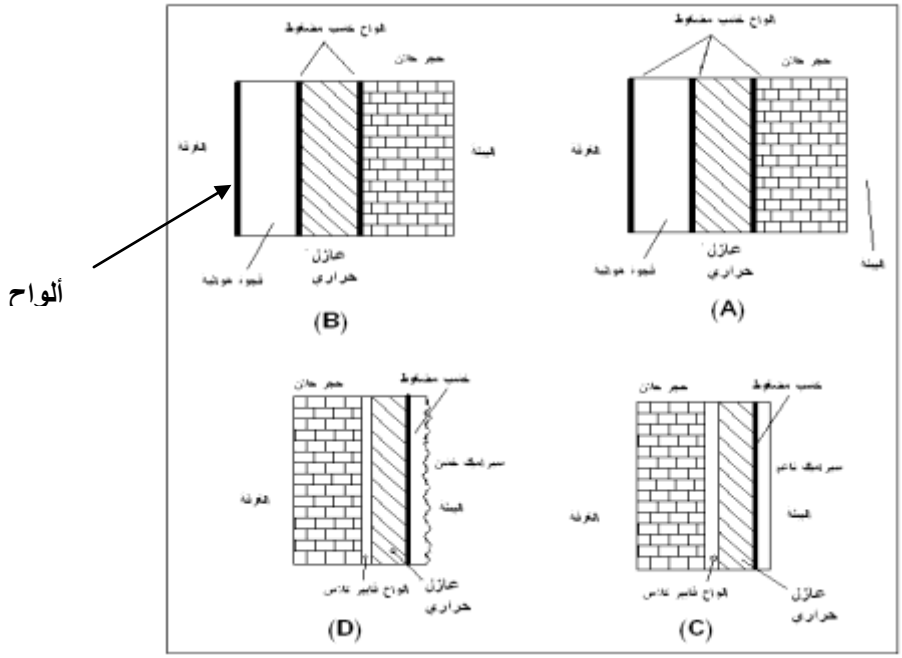
نفس مكونات الجدار(A) ولكن باستثناء واحد هو استبدال الطبقة الداخلية الأخيرة (10 ملم ألواح خشب مضغوط) بألواح جبسية سمك 10 ملم.

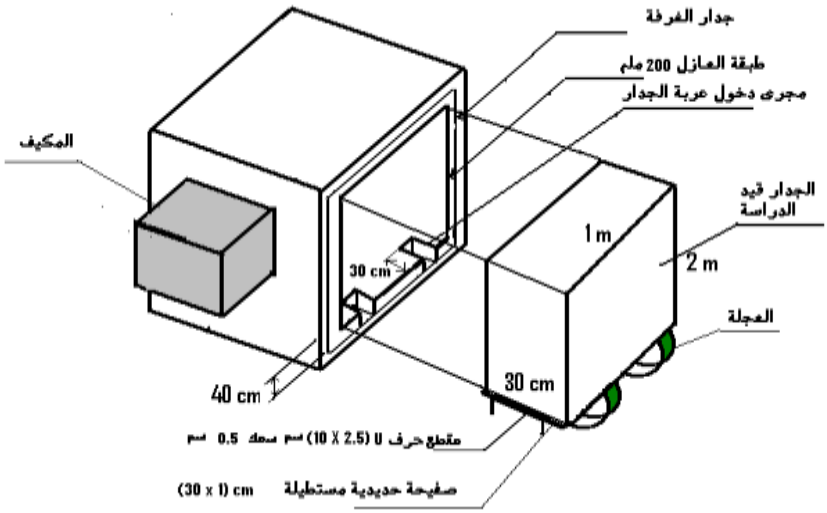
- **الجدار C**

يتكون هذا الجدار من عدة طبقات مرتبة من الخارج الى الداخل : 6 ملم ألواح سيراميك ذو سطح ناعم – ألواح فايبر كلاس سمك 1 ملم، طبقة عازل حراري (الياف الفايبر كلاس المتناهية الصغر سمك 50 ملم) – ألواح خشب مضغوط سمك 10 ملم، فجوة هوائية مغلقة 50 ملم – ألواح خشبية مضغوطة 10 ملم – 100 ملم الحجر الكلسي (الحلان)

- **الجدار D**

نفس المكونات للجدار (C) ولكن باستبدال طبقة الواح السيراميك ذو السطح الناعم بسيراميك ذو سطح خشن. مقاطع هذه الجدران التي تمت دراستها موضحة في الشكل(1) وكذلك يوضح تفاصيل غرفة الاختبار الحراري.





شكل (1) تفاصيل الجدران المقترحة وغرفة الاختبار

خطـــــة البحـــــــث

لغرض تحقيق هدف البحث لا بد من تثبيت المتغيرات التالية :

1. **منطقة البحث:** مدينة بغداد – خط عرض 33.2 درجة شمالاً (متوسط خطوط العرض المارة بالعراق) وأبعاد الجدار قيد الدراسة (2x1) م .
2. **موقع غرفة الاختبار:** الطابق الثالث لمبنى سكني، لتجنب وجود ما يعيق وصول أشعة الشمس الى غرفة الاختبار خلال ساعات النهار.
3. **توجيـه جـدار الاختبـــار:** تم تثبيت توجيه جدار الاختبار (قيد الدراسة) باتجاه الشرق لكون البحث لا يتعلق بتحديد أفضل توجيه، بل يتطلب معرفة تأثير تغليف الجدار (لا ضرر من تثبيت التوجيه) والجدول رقم (1) يوضح تأثير تغيير التوجيه على حمل التبريد لمتر مربع من جدار مشيد من الطابوق العادي خلال شهر تموز [1]

جدول (1) : تأثير تغير توجيه جدار على حمل التبريد لمتر مربع

توجيه الجدار	متوسط درجة حرارة الظل Tsh C^0	متوسط درجة حرارة السطح الخارجي للجدار To C^0	متوسط درجة حرارة السطح الداخلي المواجه للغرفة Tr C^0	فرق درجات الحرارة بين الجدار والحيز C^0	السعة التبريدية بوحدات طن تبريد شهرياً	الطاقة الكهربائية المستهلكة بوحدات kw-hr شهرياً	النسبة المئوية لتغير الطاقة المستهلكة نسبة للاتجاه الشرق %
الشمال N	39.34	43.31	35.53	9.03	21.4	16.1	- 20.8
الشمال الشرقي NE		45.54	37.36	10.86	25.7	19.35	- 4.8
الشرق E		46.2	37.9	11.4	27	20.33	___
الجنوب الشرقي SE		46.10	37.82	11.32	26.8	20.18	- 0.74
الجنوب S		45.84	37.6	11.1	26.3	19.8	- 2.61
الجنوب الغربي SW		47.02	38.5	12	28.4	21.4	+ 5.26
الغرب W		46.55	38.19	11.7	27.7	20.86	+ 2.61
الشمال الغربي NW		45.41	37.33	10.83	25.65	19.3	- 5.02

4. بما ان البحث يركز على دراسة انتقال الحرارة خلال جدار الواجهة (الجدار قيد الدراسة)، لذلك يتطلب تحييد أية مصادر تنقل الحرارة من البيئة الى داخل غرفة الاختبار. فلذلك تم استخدام عازل حراري نوع ألواح الستايربور (البولي ستايرين) سمك 200ملم لتغليف جدران وأرضية وسقف غرفة الاختبار (باستثناء الجدار قيد الاختبار). لذلك يكون جدار الاختبار هو المصدر الوحيد المؤثر في تغيير مستوى الراحة الحرارية داخل الغرفة.

5. استخدام مكيفة هواء جدارية سعتها نصف طن تبريد لتوفير الظروف الحرارية المناسبة داخل الغرفة.

6. مستوى الراحة الحرارية المطلوب توفيرها داخل الغرفة يكون 26.5 م° بصلة جافة، 65% رطوبة نسبية صيفاً، لكون أن اشغال الحيز أكثر من 40 دقيقة (درجة حرارة هواء البيئة صيفاً (الظل) أقرب الى 50م°)[17]

7. ان مادة الإنهاء الخارجية لسطح الغرفة وكذلك الأسطح المحيطة بالنموذج هي البلاطات الخرسانية (الشتايكر) (40x800x800) ملم، رصاصية اللون ومادة الإنهاء الداخلية للجدران والسقف هي الجص سمك 25 ملم.

8. ان قيم معامل التوصيل الحراري والكثافة للمواد المستخدمة في البحث مستقاة من المصدر [18] .

9. تم الاعتماد على البيانات الموضحة في المصدر رقم [19] لتقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل الحر (h) من الجدار الى حيز الغرفة

$$h = 1.31\ (\Delta T)^{1/3}$$

حيث أن ΔT هي فرق درجات الحرارة بين السطح الساخن (الجدار) ودرجة الحرارة القياسية داخل الغرفة. وعليه فان كمية الحرارة المنتقلة بالحمل نتيجة ارتفاع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الجدار المواجه للبيئة (Q_{con}) هي :

$$Q_{con} = h.A.\Delta T$$

10. لغرض تقدير الأحمال التبريدية تم قياس درجات الحرارة على طرفي جدار الاختبار(ΔT) باستخدام مقاييس الكترونية مصنعة من قبل شركة (Intelligent Auto Digital Thermo-meter by Victor Company) وتمتلك المواصفات الموضحة بالجدول (2)

جدول (2) مواصفات جهاز قياس درجة الحرارة

Specifications	
Temperature range	-18 to 1050℃ (0 to 1922℉)
Accuracy	100℃(212℉) to1050℃(1922℉)±2℃ or ±2% 0℃(32℉) to 100℃(212℉)±2℃ or ±2% -18℃(0℉)to 0℃(32℉) ±3℃or ±3% whichever is greater
Repeatability	1% of reading or 1℃
Response time	500 mSec, 95% response
Spectral response	8-14 um
Emissivity	0.10 to 1.00 adjustable (pre-set 0.95)
Ambient operatiagrange	0 to 40℃ (32 to 104℉)
Relative humidity	10-95% RH noncondensing, @upto 30℃ (86℉)
Storage temperature	-20 to 60℃ ,≤85%RH, without battery
Weight/Dimensions	480g ;220*134*60mm

11. كمية الطاقة الكهربائية التي تستهلكها مكيفة الهواء للتخلص من الأحمال الحرارية فيتم قراءتها مباشرة بمقياس الطاقة والمصنع من قبل نفس الشركة ، وتحسب

النسبة المئوية لتوفير الطاقة الكهربائية عند استخدام اسلوب التغليف من العلاقة التالية :

$$\text{النسبة المئوية للتوفير في الطاقة الكهربائية} = \left[\frac{\text{استهلاك الطاقة في الحالة العادية} - \text{استهلاك الطاقة للجدار المقترح}}{\text{استهلاك الطاقة في الحالة العادية}}\right] x\ 100\%$$

أما المتغيرات التي شملت بالدراسة في هذا البحث، فهي دراسة السلوك الحراري اليومي للجدران المقترحة- فتم قياس درجات الحرارة على طرفي مادتي الانهاء الداخلية / المواجه للغرفة والخارجية/ المواجه للبيئة (تسع نقاط موزعة على كامل مساحة الجدار ويتم حساب متوسط قيمها) وكذلك تم قياس درجة حرارة هواء البيئة (الظل) خلال اليوم الـ (21) خلال فصل الشتاء والمتمثل بالأشهر [كانون الأول، كانون الثاني، شباط، آذار، تشرين الأول، تشرين الثاني] وخلال فترة فصل الصيف [المتمثل بالأشهر آيار، حزيران، تموز، آب، ايلول] والجدول (3) يوضح المتوسط الساعي لتغير درجات الحرارة لسطحي الجدار الداخلي المواجه للغرفة والخارجي المواجه للبيئة كنماذج لأشهر الاختيار عام 2012 من الساعة 06:00 صباحاً ولغاية الساعة 07:30 مساءاً (28 قراءة خلال اليوم الواحد) وتم تمثيل السلوك الحراري للجدران كما موضحة بالأشكال (2-5) .

النتائج والمناقشة

في أدناه مناقشة نتائج دراسة السلوك الحراري اليومي للجدران غير الحاملة المقترحة :

- **الجدار وفرق درجات الحرارة**

يوضح الجدول(3) المتوسط الساعي لدرجات حرارة سطحي الجدار المواجه للبيئة والمواجه للغرفة وكذلك المتوسط الفصلي لدرجتي حرارة السطح الداخلي للجدار والقيمة التصميمية لهواء الغرفة ، حيث يتضح أن الجدار(A) المغلف من الخارج بالحجر الكلسي ومن الداخل بالواح الخشب المضغوط قد تسبب في فرق درجات حرارة 10.4 م° كمعدل يومي لأشهر الصيف بينما كانت 8.8 م° كمعدل لأشهر الشتاء، بينما استخدام الألواح الجبسية من الداخل الجدار (B) تسببت بـ 11.2 م° صيفاً و 13.13م° شتاءاً والسبب يعود الى انخفاض معامل التوصيل الحراري للألواح الخشب (k = 0.25w/m.c°) مقارنة بالألواح الجبسية (k = 0.36 w/m.k°) أما استخدام حجر الحلان من الداخل والسيراميك من الخارج الجدار (C)، فنجد أن متوسط فرق درجات الحرارة خلال فصل الصيف كان 11.7 م° عند استخدام السيراميك ذو الوجه الصقيل و 9.7 م° عند استخدام السيراميك ذو السطح الخشن الجدار (D) والسبب يعود الى أن السيراميك ذو السطح الناعم مصنع من الوان متقاربة أغلبها غامق بينما السيراميك ذو السطح الخشن مصنع من الوان متفاوتة بين الفاتح والغامق لذلك نجد أن الأخير أعلى انعكاسية للأشعة الساقطة عليه مما يقلل من كمية الحرارة المنتقلة الى الداخل بالرغم من خشونة السطح.

- **وزن الجدار المقترح**

ان استخدام مواد بناء خفيفة لتشييد الجدار غير الحاملة سينعكس على تقليل الأوزان الساكنة للجدران وبالتالي تقليل مقدار حجم أسس المبنى الحاملة لتلك الجدران (تم استخدام ألواح الخشب المضغوط 500كغم/م^3 – الألواح الجبسية 980 كغم/م^3 – ألواح السيراميك 2650 كغم/م^3) وترتيب تلك المواد موضحة في الشكل(1) تفصيلياً، يتضح من الجدول (3) ان استخدام الألواح الخشبية النموذج (A) يحقق أقل وزن للجدران قيد الدراسة، حيث بلغ 183 كغم/م^2 ، أي أن النسبة المئوية لتخفيض وزن الجدار هذا مقارنة بالجدار التقليدي (البناء بالطابوق سمك 120 ملم) سيكون في حدود13%، بينما استخدام الألواح الجبسية (النموذج B) بدلاً من استخدام الألواح الخشبية كإنهاء داخلي سيزيد من وزن الجدار ليكون 192 كغم/م^2، وسيقلل النسبة المئوية لتخفيض وزن الجدار الى 9% ، بينما استخدام ألواح السيراميك ذات السطح الأملس كطبقة إنهاء خارجية (النموذج C) سيزيد من وزن الجدار الى 193 كغم/م^2 ، بينما استخدام ألواح السيراميك ذات السطح الخشن كطبقة إنهاء خارجية (النموذج D) سيزيد وزن الجدار الى 196 كغم/م^2 بسبب الوزن الإضافي لخشونة ألواح السيراميك، أما النسبة المئوية لتخفيض وزن الجدار فكانت 8% عند استخدام النموذج (C) ، وتكون 7% عند استخدام النموذج (D).

جـدول (3) المتوسط الساعي لدرجات الحرارة (بالوحدات °C)

استخدام حجر الحلان	نموذج الجدار قيد الاختبار	وزن الجدار kg/m^2	سمك الجدار mm	متوسط درجات الحرارة خلال أشهر العام 2012 الذي تمت خلاله القياسات											
				2/ شباط			3 / آذار			4/ نيسان			5/ أيار		
				T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}
من الخارج	A	183	230	21.1	14.4	15.8	26.6	20.6		39.3	29.5		41.0	36.04	
	B	192	230	24	12.7		29.6	16.1	21.0	42.8	23.8		41.6	35.4	
من الداخل	C	193	227	28.7	13.8		32.9	20.0		43.4	30.4		46.4	36.5	
	D	196	227	23.8	14.5		30.8	19.2		38.3	29.6	32.6	43.8	35.2	37.6

تتمة جـدول (3) المتوسط الساعي لدرجات الحرارة (بالوحدات °C)

استخدام حجر الحلان	نموذج الجدار قيد الاختبار	وزن الجدار kg/m^2	سمك الجدار mm	متوسط درجات الحرارة خلال أشهر العام 2012 الذي تمت خلاله القياسات											
				6 / حزيران			7 / تموز			9 / أيلول			10/تشرين اول		
				T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}	T_o	T_i	T_{sh}
من الخارج	A	183	230	45.2	35.9		46.6	40.1	41.5	41	36.04		25.8	20	
	B	192	230	46.1	35.1	38.0	47.1	39.8		41.6	35.4		28.1	19.0	
من الداخل	C	193	227	48.4	41.0		49.7	40.9		46.4	36.5		32.5	20.9	
	D	196	227	46.0	37.0		47	38.4		43.8	35.2	37.6	26	19.5	23.1

تتمة جـدول (3) المتوسط الساعي لدرجات الحرارة (بالوحدات °C)

استخدام حجر الحلان	نموذج الجدار قيد الاختبار	وزن الجدار kg/m^2	سمك الجدار mm	متوسط درجات الحرارة خلال أشهر العام 2012 الذي تمت خلاله القياسات			متوسط فرق درجات الحرارة بين البيئة الداخلية وسطح الجدار	
				12/كانون اول			صيفاً	شتاءاً
				T_o	T_i	T_{sh}		
من الخارج	A	183	230	17.4	16.8		10.4	8.8
	B	192	230	14.5	11.5		11.2	12.13
من الداخل	C	193	227	10.0	8.4		11.7	11.8
	D	196	227	11.0	8.0	19.7	9.7	12.1

حيث:

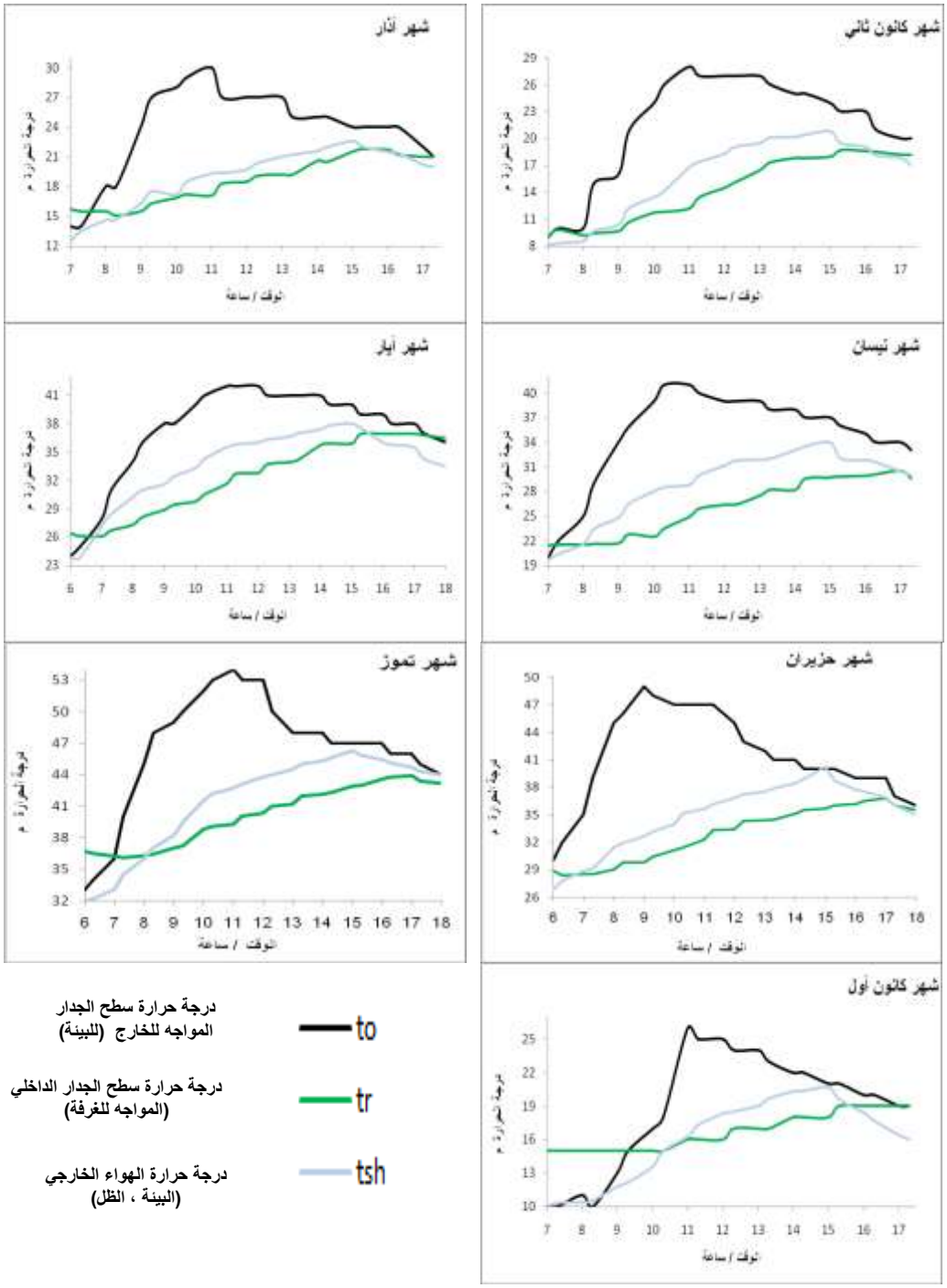
T_o : متوسط درجة حرارة سطح الجدار المواجه للخارج (للبيئة) خلال يوم واحد

T_i : متوسط درجة حرارة سطح الجدار الداخلي المواجه للغرفة خلال يوم واحد

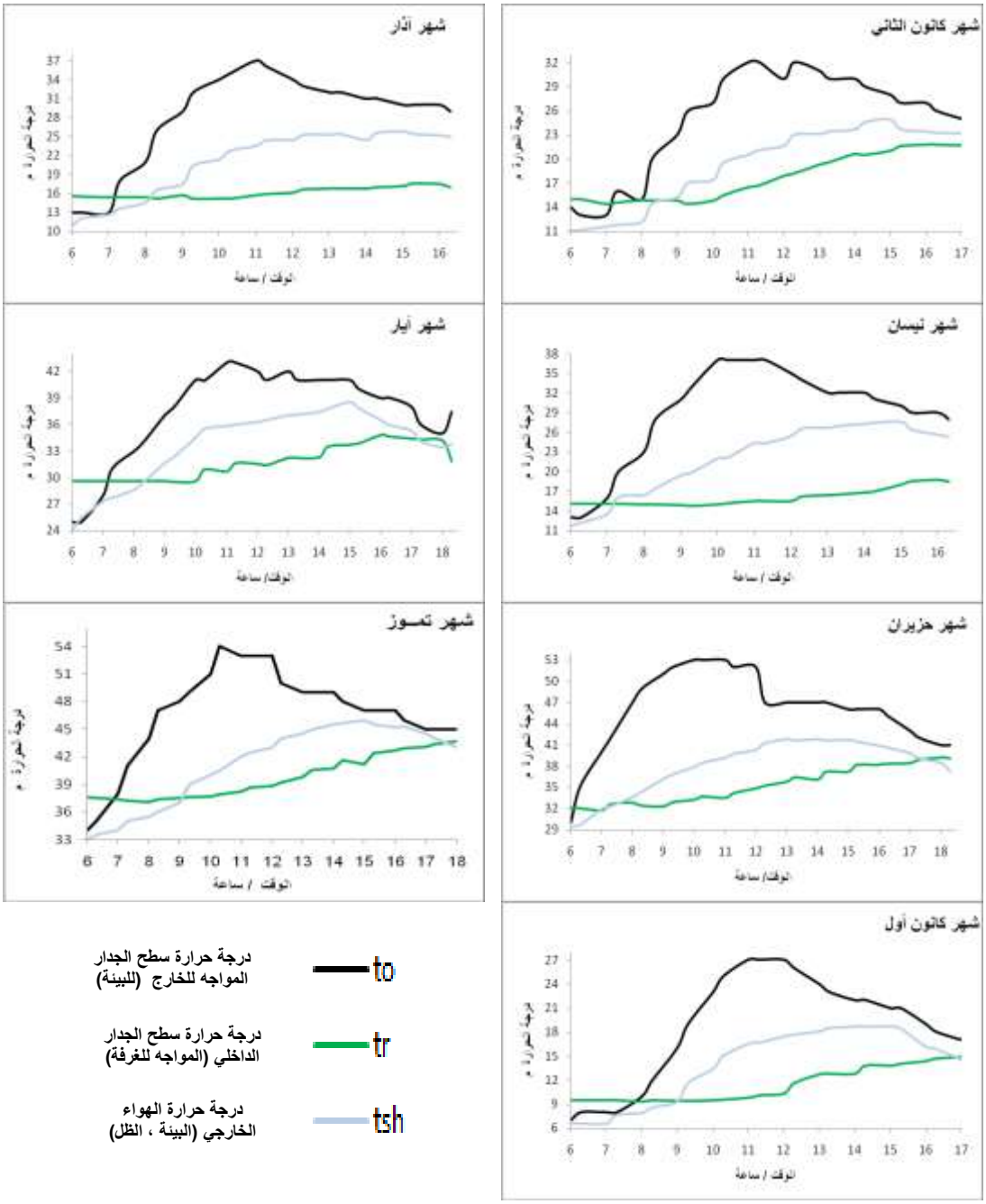
T_{sh} : متوسط درجة حرارة الهواء الخارجية (في البيئة) خلال يوم واحد

جـدول (4) الحمل التبريدي واستهلاك الطاقة الكهربائية والتوفير المتحقق لأنظمة البناء المقترحة

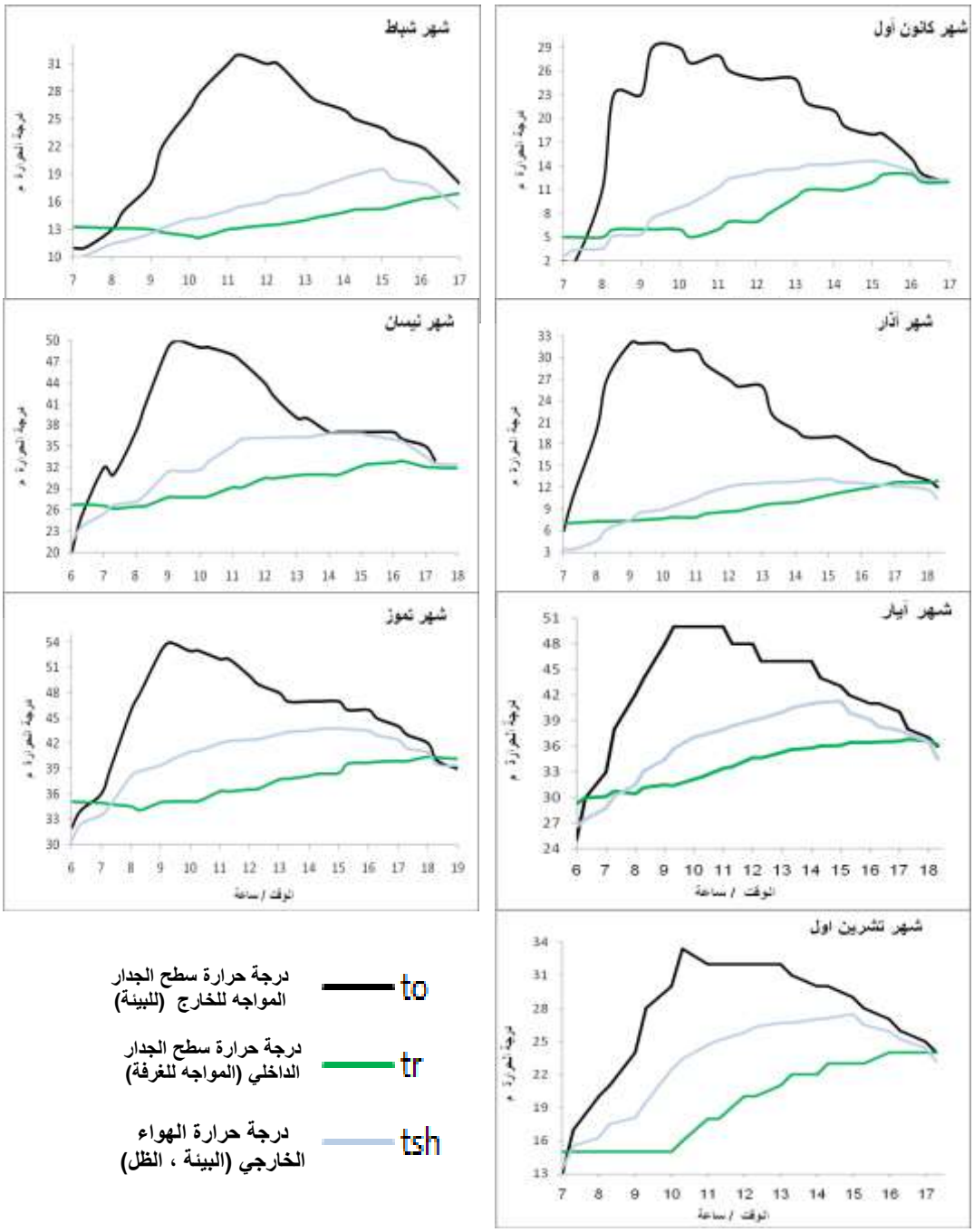
استخدام حجر الحلان	نموذج الجدار قيد الاختبار	الحمل الحراري kw/m^2		الطاقة الكهربائية المستهلكة kw-hr			النسبة المئوية للتوفير المتحقق مقارنة بالجدار المشيد من الطابوق		
		التبريدي	التسخيني	صيفاً	شتاءاً	سنوياً	صيفاً	شتاءاً	سنوياً
من الخارج	A	43.6	36.3	14.64	12.3	26.9	42	39	41
	B	55	55.7	18.50	18.9	37.5	27	6	17
من الداخل	C	62.7	53.7	21.05	18.2	39.3	17	9	13
	D	48.9	55.5	16.40	18.8	35.2	35	6	22
جدار الطابوق العادي		76	59	25.2	20.0	45.2	__	__	__



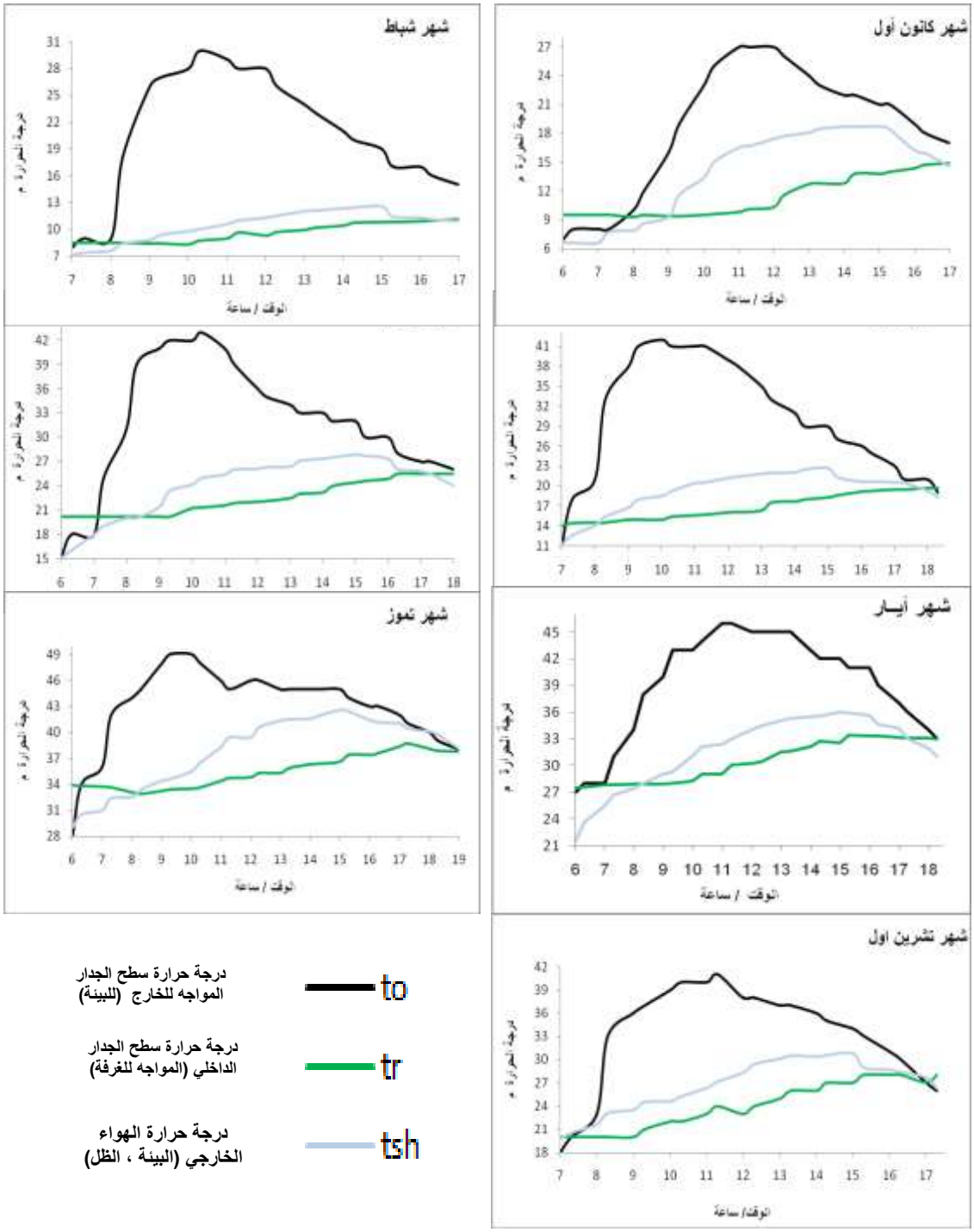
شكل (2) السلوك الحراري الساعي للجدار (A) قيد الدراسة بتغير أشهر العام .



شكل (3) السلوك الحراري الساعي للجدار (B) قيد الدراسة بتغير أشهر العام .



شكل (4) السلوك الحراري الساعي للجدار (C) قيد الدراسة بتغير أشهر العام .



شكل (5) السلوك الحراري الساعي للجدار (D) قيد الدراسة بتغير أشهر العام .

- **الجدار الأعلى كفاءة حرارياً**

يتضح من الجدول (4) أن الحمل التبريدي الفعلي المستهلك عند استخدام الجدار(A) يكون في حدود 44 كيلو واط الحمل الأقل بسبب انخفاض معامل انتقاله الحراري ($0.62W/m^2.k°$) ونسبة تخفيض الطاقة الكهربائية المستهلكة عند المقارنة مع الجدار التقليدي ستكون في حدود 42% بينما استبدال طبقة الإنهاء الداخلية ألواح الخشب بالواح جبسية زادت كمية الحرارة المنتقلة لكون معدل التوصيل الحراري للجبس أعلى مما للخشب (معامل التوصيل الحراري للجبس ($0.36w/m.k°$) بينما للخشب $0.25w/mk°$)[18] مما انعكس على مقدار انتقاله الحراري والذي أصبح ($0.73W/m^2k°$) لذلك ارتفع مقدار تأثير البيئة وأصبح في حدود 55 كيلو واط وقلت نسبة التخفيض في استهلاك الطاقة الكهربائية خلال فصل الصيف الى27%. بينما استخدام ألواح السيراميك ذو السطح الخشن قد حقق تخفيض جيد لتأثير البيئة والحمل الحراري المتسرب خلاله في حدود 49 كيلو واط رغم كون معامل التوصيل الحراري للسيراميك ($0.92w/m.k°$) إلا أنه أدنى مما يمتلكه الحجر الكلسي وانعكس هذا على مقدار معامل الانتقال الحراري لمقطع الجدار ($0.79W/m^2k°$). وبالرغم من أن السطح الأملس (الناعم) يمتلك معامل انعكاس أعلى إلا أن الألوان التي تشكل السيراميك ذو السطح الأملس تكون ألوان متقاربة أي بطول موجي متقارب بينما الألوان التي تشكل السيراميك ذو السطح الخشن تكون الوان متفاوتة أي بطول موجي متباعد لذلك فان انعكاسيتها تكون أعلى وهذا ما أثر في تقليل كمية الحرارة المنتقلة خلاله الى داخل المبنى. بينما كمية الحرارة التي تنتقل من الداخل الى الخارج شتاءاً كانت الأقل عند النموذج(A) الإنهاء الداخلي الألواح الخشبية وتليها بقية النماذج وبنسبة تخفيض متقاربة جداً. ولكن عند تقييم النموذج على اساس الاستهلاك الأقل للطاقة المصروفة في توفير الراحة الحرارية سنوياً، يتضح أن النموذج (A) يحقق أعلى نسبة تخفيض (41%) ويليه النموذج (D) (22%) بينما استخدام اللواح الجبسية (النموذج B) حقق (17%) وأخيراً السيراميك ذو السطح الناعم (13%) .

- **اقتصادية الجدار المقترح**

لغرض المقارنة بين تكلفة إنشاء الجدار الأعلى ترشيداً للطاقة / النموذج (A) والجدار التقليدي / البناء بالطابوق مع لبخ وبياض من الجوانب – تم افتراض أن مساحة الجدار (3x4) م وبالاعتماد على الأسعار السائدة في سوق العمل . في العراق / مدينة بغداد – عام 2012 تبين أن:

- كلفة إنشاء الجدار من الطابوق مع البياض واللبخ (مواد + عمل) هي في حدود 550,000 دينار عراقي.
- تكلفة إنشاء الجدار المقترح / النموذج (A) الموضح في الشكل(1) 400,000 دينار عراقي .

والملحق A يوضح تفاصيل حساب كلف تفاصيل انشاء الجدران .

- ان مقدار تقليل الكلف الأولية للإنشاء ستكون في حدود 27% ، إضافة الى التوفير المتحقق من تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التكليف السنوي .

الاستنتاجـــات

مما تقدم يمكننا تثبيت عدة استنتاجات نوصي بها مهندسي التصاميم وهي :

1. تقليل الاعتماد على الطابوق كمادة أساسية لتشييد الجدران غير الحاملة .
2. استخدام الحجر الكلسي (الحلان) كجدار مواجه للبيئة (من الخارج) النموذج (A) مع إضافة ثلاث طبقات من الألواح الخشبية ذات سمك 1 سم، والمثبت بينها عازل حراري سمك 50 ملم مع فجوة هوائية سمك 50 ملم حيث يحقق أعلى توفير في الطاقة والأقل وزناً والأرخص انشاءاً .
3. ان استبدال اللوح الخشبي الداخلي بألواح جبسية سيقلل من مقدار التوفير السنوي.
4. بالإمكان استخدام الحجر الكلسي / من داخل المبنى، واستخدام ألواح السيراميك ذات السطح الخشن من الخارج سيوفر طاقة كهربائية جيدة.
5. يفضل عدم استخدام الألواح السيراميكية ذات السطح الناعم / الأملس – ذات الألوان الغامقة لتأثيرها السيء في زيادة مقدار التأثير البيئي، مما يتسبب عنه زيادة الطاقة الكهربائية لأغراض التكييف.

المصـــادر

[1] حسن - عاطف علي " تقليل انتقال الحرارة خلال الجدران غير الحاملة باستخدام نظام ثنائي القشرة وبدائل عن الطابوق" المؤتمر العلمي الثاني للعلوم الهندسية/ كلية الهندسة / جامعة القادسية 19-2009/10/20

[2] حسن - عاطف علي " استخدام الحجر الكلسي (الحلان) لإنتاج جدران غير حاملة مسبقة التصنيع بديلة عن الطابوق سمك 120 ملم مع دراسة مقارنة للعوازل الحرارية المستخدمة" مجلة كلية المأمون/ كلية المأمون الجامعة/ العدد 16 - 2010 .

[3] حسن - عاطف علي " دراسة السلوك الحراري للجدران الخرسانية الملائمة للمناخ الحار وبديلة عن الطابوق" المجلة العراقية للهندسة المدنية/ كلية الهندسة / جامعة الأنبار – العدد 2012 .

[4] Mazin T. H. , Mohammed A. K. and Ali H. A., "Crushed bricks as coarse aggregate in constructional concrete" Al-Taqani Journal for engineering research's, Foundation of technical education. No.6 pp 3-27 – 1990 .

[5] Abdoca M. M. Investigation the use of crushed limestone rock aggregate in concrete M. Sc. Thesis, University of Baghdad – 1980

[6] حسون – فاضل محمد ، الصفار – نبيل لطيف ، عبد الله – عادل شاكر " البديل عن الحرف في صناعة الطابوق " المؤتمر العلمي الأول – كلية هندسة المواد/ جامعة بابل – 28-2010/12/29 .

[7] Pinto J., Cruz D., Piava A., Pereira S. --- ect. " Characterization of Corn Cob as a possible raw building materials " Construction & building materials Journal Vol:34,PP 28-33/ 2012

[8] Zhou J. Shu Z. Hu X. Wangy " Direct utilization of liquid slag from phosphorus – smelting furnace to prepare cast stone as decorative building material " Construction & building material Journal, Vol: 24, Issue 5 , pp 811-817 , 2009

[9] Griffith B. T. , Arasteh D. and Tuerler D. " Gas filled panels an updata on application in the building thermal envelope " U. S. Energy – 1995.

[10] Atchley Jerald Allen , Kosny Jan, Yarbrough David W., Childs – Phillip W. " Theoretical and experimental thermal performance analysis of building shell components containing blown fiber glass insulation enhanced with phase change material " U.S. Energy – 2010 .

[11] Sokolova S. N. , Vereshagin V. I. " Lightweight granular material from Zeolite rocks with different additives " , construction and building materials, Vol:24 , Issue : 4, 2010

[12] Volland S. , Vereshchagin V. " Cellular glass ceramic material on the basis of Zeolitic rock ". Construction & building Journal. Vol:36,2012

[13] Gary M. , Jain N. , " Waste gypsum from intermediate dye industries for production of building materials " , construction and building materials, Vol: 24 , Issue : 9 , 2010.

[14] Toutanji H. , Xu B. , Gilbert J. , Lavin T. " Properties of poly (Vinyl alcohole) Fiber reinforced high performance organic aggregate comentitious material " construction & building material Journal. Vol: 24, Issue: 1, 2010

[15] Mok S. C. " Aluminum economy for sustainable development : Aluminum as core material for energy storage and energy saving products: low cost, high performance and easy processing in developing countres " , IEEE Global Humanitarian Technology conference 2011, IEEE publisher – 2011

[16] المؤسسة العامة للمعادن/ المنشأة العامة لمواد البناء الأولية/ الكراسة التعريفية بإمكانية لاستثمار مكامن الصخور الكلسية/ وزارة الصناعة/ العراق – 1982 .

[17] Arora, S. Domkundwar " A Course in Refrigeration & Air – Conditioning " Dhanput Rai & Sons – Delhi – 2007.

[18] الدوري – مجيد ، علي حسن – عاطف وآخرون **"** الصفات الحرارية لمواد البناء والإنهاء المحلية **"**، مؤتمر الطاقة الأول / وزارة النفط – بغداد 1992 .

[19] Rohsenow – Warren m., Hartnett – James P. [Handbook of Heat transfer] McGraw – Hill Book Company , New- york – U.S.A - 1973

الملحق A
تفاصيل حساب كلف انشاء الجدار التقليدي والمقترح

تكلفة انشاء الجدار التقليدي

- يتضمن انشاء الجدار التقليدي الاعمال التالية
- البناء بالطابوق الفني (تكلفة المواد والعمل) 20000 دينار عراقي / م^2
- اكساء الجدار بطبقة اسمنت (لبخ) بسمك 20ملم (تكلفة المواد والعمل) 12000 دينار عراقي/م^2
- اكساء الجدار بطبقة جص سمك 25ملم (تكلفة المواد والعمل) 11750 دينار عراقي/م^2

تكلفة انشاء الجدار 43750 دينار عراقي/ م2

بافتراض ان ابعاد الجدار قيد الاختبار (3x4) م
كلفة الاشراف الهندسي 5%
التكلفة الكلية للأنشاء (مواد وعمل) 550000 دينار عراقي / م^2

تكلفة انشاء الجدار المقترح

يتطلب انشاء هذا الجدار تجهيز:

- قطع خشبية بأبعاد (50x50) ملم لتشكيل الهيكل الخشبي للجدار 13000 دينار عراقي
- تجهيز الواح خشبية من المنع المضغوط بأبعاد (1200x2400) ملم سمك 10ملم 50000 دينار عراقي
- تجهيز العازل الحراري الالياف الفايبر كلاس متناهية الدقة سمك 50ملم 40000 دينار عراقي
- اجور تشكيل الهيكل والتغليف بالخشب ووضع العازل 30000 دينار عراقي
- اجور تغليف حجر الحلان سمك 50ملم (مواد وعمل) 220000 دينار عراقي

كلفة الاشراف الهندسي 5%
الكلفة الكلية لأنشاء الجدار (3x4) م 400000 دينار عراقي

Thermal Properties of New Insulated Non Bearing Walls Systems for Hot Climate Area

Assist. Prof. Atif Ali Hasan
atif56ali@yahoo.com
Institute of Technology - Baghdad

Abstract: *In order to reduce the using of brick as a primary material for nonbearing walls construction, many light weight system having a low heat transfer coefficient (consist by 100 mm thickness from limestone takers) has been suggested*

These suggested samples of walls have been chosen according to the weather condition of Baghdad city (L= 33.2N^0) at the day of (21) of each month (during the year of 2012), comparing their thermal performance with that of traditional classical walls which consist mainly from a 240 mm thickness brick. The results of study shows that using the combined system (consist of three layers from compressed wood, thermal insulation located between each layer, and an air gap of 50 mm thickness) will provide a saving in energy of 42%, 39%, and 41% for summer season, winter season and annual, respectively. Moreover the results shown that using the gypsum board instead of the

compressed wood, the saving in energy will be reduced to 27%, and 6% at summer and winter season respectively. Using the rough ceramic layer for outside covering of the walls, will save energy about 35% and 6% at summer and winter season respectively with an annual saving about 22%. While using the smooth ceramic layer for covering the walls will save energy 17% , 9% and 31% at summer season , winter season and annual saving respectively .

The weight of the suggested wall is reduced by range of (7% –13%) as compared with the traditional wall ,in addition to the cost of construction was noticed to be less by 27% as compared with the cost of the traditional wall .

Keywords: Non classical walls, non-loaded walls, limestone wall, ceramic walls, energy saving.