

## إطار استراتيجي متعدد المعايير لتحسين كفاءة الطاقة التشغيلية

### للأبنية السكنية في ظل إعادة الإعمار

#### (حالة دراسية لأبنية السكن الشبابي في دمشق)

د. ليلى أديب خضور\*

### الملخص

تشهد إعادة الإعمار تزايد الطلب على ترشيد استهلاك الطاقة في مباني السكن الشبابي/الاجتماعي الميسر. لكن تدني الأداء الحراري للأبنية السكنية التقليدية أدى إلى ازدياد شكاوى السكان في ظل شح مصادر الطاقة وازدياد فترات انقطاع التيار الكهربائي. لذا يعد تحسين كفاءة الطاقة في أبنية السكن الشبابي ضرورة بيئية واقتصادية واجتماعية في آن معاً. وذلك لما له من أثر كبير في الأداء الحراري للمبنى، استهلاك الطاقة، الانبعاثات الضارة بالبيئة، وراحة البيئة الداخلية للبناء. وبخاصة في مرحلة الإشغال، كونها المرحلة الأطول من مراحل حياة البناء. ولكن، في ظل محدودية الموارد ما بعد الحرب، يجب أن يعتمد اختيار بدائل كفاءة الطاقة في الأبنية السكنية على معايير متعددة.

يهدف البحث إلى مساعدة صانعي القرار من الانطلاق بالتفكير عكسياً من مرحلة الإشغال عند اتخاذ قرار الاختيار بين البدائل في مراحل التصميم المبكرة. لذلك يقيم البحث ويقارن بين نموذج بناء موفر للطاقة مع بناء تقليدي. وذلك من حيث الفروقات في المواصفات، الأداء الحراري، كفاءة الطاقة التشغيلية، انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، التكلفة الشاملة لمبادلة الطاقة، ونمذجة الأداء الحراري. بينت نتائج الدراسة تراجعاً كبيراً في الأداء الطاقوي والحراري، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الطاقة المستهلكة في نموذج المبنى التقليدي الأكثر انتشاراً بالمقارنة مع المبنى النموذجي الموفر للطاقة. إلا أن دراسة التكلفة الشاملة لمبادلة الطاقة بينت أن التكلفة المبدئية للمبنى النموذجي تزيد 35% عن المبنى التقليدي. لذا وبناءً على نمذجة الأداء الحراري لعدة بدائل تقدم البحث بمجموعة من المقترحات للعوائق التي بينتها نتائج الدراسة. وعليه، طوّر البحث إطار عمل من مستويات مرحلية لتحسين كفاءة الطاقة في مباني السكن الشبابي. ويتضمن الإطار الذي طوره هذا البحث، مسؤوليات الجهات المعنية خلال مراحل: التمكين، التخطيط والتصميم، التنفيذ والمتابعة، والتحسين المستمر في ظل الاعتماد على الجهود الذاتية لإعادة الإعمار.

الكلمات المفتاحية: الأبنية السكنية، إعادة الإعمار، توفير الطاقة.

\*مدرس في قسم الهندسة المدنية والبيئية كلية الهندسة والتكنولوجيا في الجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا. دكتوراه في إدارة المشاريع والاستدامة من جامعة نوتنغهام البريطانية- ماجستير في إدارة المشاريع الهندسية من جامعة وريك البريطانية.

## **Multi-criteria Strategic Framework for Improving Residential Buildings Operational Energy Efficiency (Case Study Damascus Residential Youth Buildings)**

**Dr. Lina Adib Khadour\***

### **Abstract**

The poor thermal performance of traditional residential buildings has led to residents' complaints in light of the post-war energy shortage and the increasing periods of power cuts. Therefore, improving residential building energy efficiency is a key factor in Syria post-war new housing affordability, environmental challenges and socio-economic restoration. This is due to its significant impact (building's thermal performance, energy consumption, emission, and internal environment) especially at occupancy stage, being the longest phase of the building lifecycle. Given the post-war limited resources, residential building energy efficiency requires a multiple criteria for decision making.

This study aim to assess decision-makers to start thinking backwards from the occupancy phase when deciding between energy efficient alternatives which must be made in the early design stages. The research evaluates and compares between an energy efficient building with a conventional one; in terms of differences in specifications, thermal performance, operational energy efficiency, carbon dioxide emissions, comprehensive energy exchange costs, and thermal performance modeling. The results of the study showed a significant decline in the energy and thermal performance and the emission of carbon dioxide resulting from the operational energy in the widespread traditional building compared to the energy efficient building. Hitherto, the energy-cost trade-off analysis demonstrates that the energy efficient building's initial cost is 35% more than the traditional building with 10 years payback period. Therefore, based on the thermal performance modeling of several building envelops alternatives, the research presents a set of obstacles and recommendations. The research developed a framework of phased levels to improve the energy efficiency of youth housing buildings. The framework developed by this research includes the responsibilities of the involved parties during the four stages of: empowerment, planning and design, implementation and follow-up, and continuous improvement, in light of relying on local-efforts for reconstruction.

**Key words:** residential buildings; reconstruction; energy savings.

---

---

\*Teaching for the Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Technology, International University for Science and Technology IUST. PhD in Project Management and Sustainability, University of Nottingham NTU, UK. MSC of Engineering Project Management, University of Warwick, UK.

## المقدمة:

التحتية للطاقة، وفقدان الحكومة السيطرة على العديد من حقول النفط [11].

لذا تعد كفاءة الطاقة عاملاً مهماً في القدرة على تحمل التحديات التي يواجهها قطاع الإسكان ما بعد الحرب. من المعروف أن مرحلة إشغال المباني تستهلك أعلى طاقة خلال دورة حياة المبنى، وذلك من خلال التدفئة وتكييف الهواء والإضاءة وغيرها من التطبيقات المنزلية [23] [16] [13].

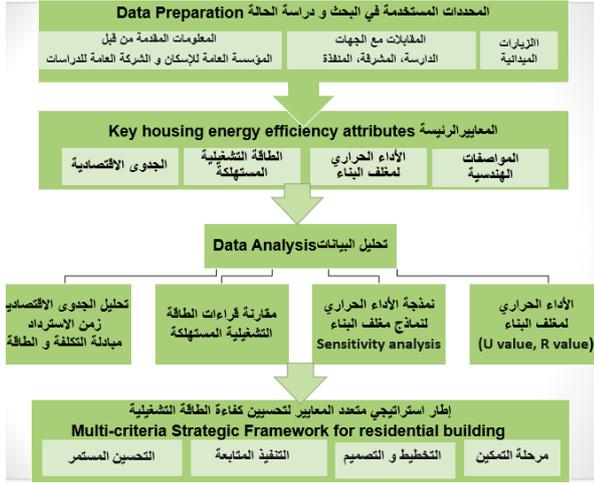
هذا ويتأثر استهلاك الطاقة في مرحلة الإشغال بشكل كبير باختيار مواد مغلف البناء [13] [26]. وعليه يجب التركيز على معايير متعددة في اختيار مغلف البناء في أبنية السكن الشبائي ما بعد الحرب، نظراً للتأثير الكبير لخصائص مواد مغلف البناء في استهلاك الطاقة، وفي التلوث البيئي، وفي راحة البيئة الداخلية في مرحلة الإشغال [26].

**فكرة البحث:** إن مواد مغلف البناء التقليدي المستخدم في السكن الشبائي في دمشق جعلت معظم المباني معرضة بشكل كبير لنقلية حرارية عالية بين داخل المبنى و خارجه من خلال الجدران الخارجية والأسقف والنوافذ. وهذا ما يسبب استياء السكان من شركات البناء، نظراً لتدني الأداء الحراري للأبنية التقليدية، وازدياد تكاليف الصيانة، وارتفاع قيمة فواتير الطاقة (في ظل شح مصادر الطاقة وازدياد فترات انقطاع التيار الكهربائي). حيث تتسم معظم شركات البناء السكني بتوخي الحذر الشديد من حيث تخفيض التكلفة، ولكن مع فهم غير متطور للقيمة المضافة. وعليه يزداد القلق على انخفاض معايير توفير الطاقة في أبنية السكن الاجتماعي الجديدة نظراً لزيادة التركيز على التكلفة المبدئية للبناء، محدودية الموارد ما بعد الحرب، غياب قوانين البناء والاشتراطات والمواصفات الملزمة لتوفير الطاقة في المباني.

مما سبق تبدو إشكالية البحث في غياب إطار استراتيجي محلي متعدد المعايير يدعم كفاءة الطاقة في الأبنية السكنية في مرحلة الإشغال. ينطوي اختيار مغلف البناء (آلية اتخاذ القرار) على دراسة مجموعة مختلفة من

يعد قطاع البناء من أكثر القطاعات استهلاكاً للطاقة بنسبة 38 % من إجمالي استهلاك الطاقة في العالم [26]. تشهد إعادة الإعمار في سوريا تزايداً ملحوظاً في الطلب على ترشيد استهلاك الطاقة نظراً لأهميته في التحديات البيئية والاقتصادية الاجتماعية ما بعد الحرب. إذ تسببت الحرب بنزوح أكثر من نصف السكان (11 مليون)، منهم (8 ملايين) نزحوا داخلياً إلى مناطق آمنة [1]. نتيجةً لذلك تزايد الطلب على السكن الاجتماعي الميسر حيث إن قطاع الإسكان كان الأكثر تضرراً في الحرب، 65% من إجمالي أضرار الحرب. في حين أن قطاع الطاقة هو ثاني أكثر القطاعات تضرراً، حيث تقدر الأضرار بـ 62 مليار دولاراً [25]. كما بلغت خسائر منظومة الكهرباء 2 مليار دولاراً حتى عام 2016م، الأمر الذي دفع إلى رفع أسعار المشتقات النفطية. وبالتوازي، مع انخفاض النشاط الاقتصادي الإنتاجي والخدمي وانكماش الناتج المحلي الإجمالي، فقد انخفض الطلب الملبى على مصادر الطاقة بين العام 2011 و العام 2016 إلى دون النصف (من 25 إلى حوالي 10 مليون طن مكافئ نفط) مع الإشارة إلى أن توقف عمل العديد من محطات التوليد [25].

في هذا الصدد، يمتاز قطاع الطاقة السوري بالاعتماد على الوقود الأحفوري وضآلة دور الطاقة المتجددة [11]. حيث تجاوز إجمالي الطلب على الطاقة 23.2 مليون طناً من استهلاك النفط المكافئ (كيلووات ساعة / سنة) في عام 2010م مقارنة بـ 16.64 مليون طناً من مكافئ النفط في عام 2000م، بمعدل يزيد عن 4.5% سنوياً، ومن المتوقع أن يصل إلى 63.8 مليون طناً من النفط بحلول عام 2030م [9]. ولكن بعد أن كانت إمدادات سوريا من الطاقة تعتمد على مواردها المحلية من النفط والغاز الطبيعي، ومنذ بداية الصراع الحالي، يعاني قطاع الطاقة في سوريا من الفوضى، مع انخفاض إنتاج النفط والغاز الطبيعي بشكل كبير بسبب العقوبات التي تفرضها الولايات المتحدة، وأضرار الحرب على البنية



(الشكل 1): مخطط مراحل البحث

### المرحلة 3: الأداء الحراري لمغلف البناء

(U value, R value). بالاعتماد على معطيات التصميم والدراسة، سيتم حساب عامل الأداء الحراري لمغلف النموذجين (أ) و (ب) (النوافذ والجدران والأسقف) بناءً على قيمة U (الناقلية الحرارية) و R (المقاومة الحرارية) لعناصر كل مغلف. استخدمت الدراسة طريقة ستروب [13] لحساب الأداء الحراري لمكونات مغلف المبنى (وفق قيم U و R للمتر المربع لكل عنصر في مغلف البناء مضروباً بمساحته الكلية A). تم اختيار هذه الطريقة لبساطة تطبيقها، ولملاءمتها لمجموعة متنوعة من المواد، و لكونها مؤشراً معتمداً لتلبية متطلبات كفاءة الطاقة في الأبنية.

**المرحلة 4:** مقارنة قراءات الطاقة التشغيلية المستهلكة. بالاعتماد على دراسة مرحلة الإشغال ومتابعتها، تمت مقارنة القراءات المسجلة لاستهلاك الطاقة التشغيلية السنوي للمبنى (أ) مقابل (ب). وذلك بهدف ربط كفاءة الطاقة والمنافع الأخرى الاقتصادية والبيئية للمبنى بخصائص مغلف البناء المختار.

**المرحلة 5:** تحليل الجدوى الاقتصادية، زمن الاسترداد ومبادلة التكلفة والطاقة. تمت مقارنة التكلفة المبدئية بالمنافع على المدى البعيد للمبنى (أ) مقابل (ب).

المعايير للتحقق من أن المنافع الناتجة عن كل اختيار تتجاوز تكاليفه المبدئية على المدى البعيد.

### 1. أهداف البحث:

تقوم فرضية البحث على: إمكانية بناء إطار عمل لاختيار مغلف بناء يدعم كفاءة الطاقة في الأبنية في مرحلة الإشغال، لأبنية السكن الشبابي في دمشق ما بعد الحرب. وعليه يهدف هذه البحث إلى:

- تحديد العوامل المختلفة لتحسين كفاءة الطاقة في أبنية السكن الشبابي في دمشق.
- تقييم ومقارنة تأثير اختيارات مغلف بناء (بناء موفر للطاقة، وبناء تقليدي) في: الأداء الحراري لعناصر مغلف البناء، كفاءة الطاقة التشغيلية، الانبعاثات، وعلى التكلفة الشاملة لمبادلة الطاقة، وعلى نمذجة الأداء الحراري لأبنية السكن الشبابي في دمشق.
- تطوير إطار عمل من مستويات مرحلية مع بيان مسؤوليات الجهات المعنية، وربطها مع التمويل والإدارة في ظل الاعتماد على الجهود الذاتية لإعادة الإعمار.

### 2. مراحل البحث:

تشتمل الدراسة على سبع مراحل:

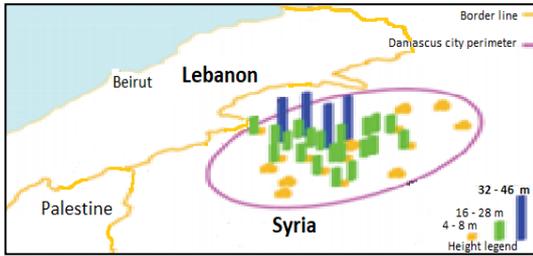
**المرحلة 1:** تبدأ الدراسة باستعراض الأبحاث السابقة حول استهلاك الطاقة في المباني السكنية للربط بين خصائص عناصر مغلف البناء واستهلاك الطاقة التشغيلية. كما سيتم اختيار العوامل المختلفة المؤثرة في كفاءة الطاقة في أبنية السكن الشبابي في دمشق.

**المرحلة 2:** وتتضمن البيانات الأولية. من أجل تقييم تأثير اختيار مغلف البناء في كفاءة الطاقة في مرحلة الإشغال، تقيم هذه الدراسة الفروقات في المواصفات المعتمدة بين مبنى سكني نموذجي موفر للطاقة (أ) مع مقابلاتها في نموذج مبنى تقليدي (ب). حيث تم تحديد عدد الطوابق، المساحة الطابقية و الواجهات، مصادر التدفئة والتبريد. كذلك إجراء حساب كميات لعناصر مغلف البناء بالاعتماد على دفاتر الكميات التي قدمها المقاول بالإضافة إلى الزيارات الميدانية، ومراجعة وثائق المشروع.

وبالنسبة لمواصفات مواد البناء التقليدية الشائعة، فإن عدم وجود مواصفات معتمدة، وغياب الدراسات البحثية المحلية حول الأداء الحراري لمواد مغلف البناء في سوريا، فأقَم مشكلة استهلاك الطاقة في الأبنية.

تستهلك المباني السكنية الطاقة طوال دورة حياتها؛ في مرحلة التصنيع، في مرحلة الإشغال (التكييف، والتدفئة، والإثارة، وتسخين المياه، وغيرها من التطبيقات التي توفر الراحة للبيئة الداخلية للمبنى، بالإضافة إلى الطاقة المستهلكة في أعمال صيانة البناء)، وكذلك في مرحلة الهدم [3].

قام كومار (2012) بتصنيف استهلاك الطاقة في دورة حياة المباني إلى طاقة تشغيلية وطاقة متضمنة. الطاقة المتضمنة للمبنى هي الطاقة المستهلكة بشكل مباشر في عملية البناء، والطاقة غير المباشرة المستخدمة لتصنيع مواد البناء [19]. أما الطاقة التشغيلية فهي ناتجة عن استهلاك الطاقة في مرحلة إشغال المبنى لتوفير احتياجات السكان وراحة البيئة الداخلية للمبنى [23].



الشكل (2): توزيع المباني السكنية من حيث الارتفاع في مدينة دمشق

قام كومار (2012) بتصنيف استهلاك الطاقة في دورة حياة المباني إلى طاقة تشغيلية وطاقة متضمنة. الطاقة المتضمنة للمبنى هي الطاقة المستهلكة بشكل مباشر في عملية البناء، والطاقة غير المباشرة المستخدمة لتصنيع مواد البناء [19]. أما الطاقة التشغيلية فهي ناتجة عن استهلاك الطاقة في مرحلة إشغال المبنى لتوفير احتياجات السكان وراحة البيئة الداخلية للمبنى [23]. وجد Herczeg أن استهلاك طاقة المباني في مرحلة الإشغال يفوق الطاقة المتضمنة؛ بأكثر من 4 مرات [13]. وأظهر بحث ل Thormark، باستخدام تحليل دورة حياة المباني، أن طاقة مرحلة الإشغال تسهم بنسبة

## المرحلة 6: Sensitivity analysis:

نمذجة الأداء الحراري لنماذج مختلفة من مغلف البناء.

المرحلة 7: تم تطوير إطار عمل استراتيجي لتحسين كفاءة الطاقة في ظل إعادة الإعمار. شكَّلت بيانات الدراسة المرجعية أساساً لتطوير إطار العمل، وكذلك بالاعتماد على مجموعة مقابلات أجرتها الباحثة مع الجهات الدارسة والمنفذة والاستشارية. استغرقت الدراسة 14 شهراً (من كانون أول 2018م إلى كانون الثاني 2020م).

## 3. عوامل اختيار مغلف البناء الموفر للطاقة في الأبنية السكنية:

إن ازدياد أهمية ترشيد استهلاك الطاقة في المباني السكنية، ناتج عن نقص الطاقة والموارد، وضرورة البحث عن حلول اقتصادية في ظل محدودية الموارد، والاعتماد على الجهود الذاتية لإعادة الإعمار في سوريا بعد الحرب. لذا يوضح البحث هنا: زيادة استهلاك الطاقة في المباني السكنية، عوامل اختيار مواد مغلف البناء للأبنية السكنية (في مرحلة التصميم)، ثم أثر مغلف البناء في استهلاك الطاقة (في مرحلة الإشغال).

### 1-4 استهلاك الطاقة في المباني السكنية:

يعد قطاع الإسكان في سوريا أحد أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة (السكني 49%، والصناعي 8%، والتجاري 31%) [9]. حيث يتأثر استهلاك الطاقة في المباني السكنية بالعوامل الآتية: المناطق المناخية، وتصميم المباني، وخصائص مواد البناء [16].

وفيما يتعلق بوضع دمشق من حيث العوامل السابقة: مناخياً: تتمتع دمشق، وفقاً لتصنيف مناخ كوبن-جيجر، بمناخ حار وجاف صيفاً ومعتدل إلى بارد شتاءً [10]. أما من حيث تصميم المباني السكنية في دمشق: تتوزع المباني السكنية في دمشق وفق تصنيف المكتب المركزي للإحصاء السوري بحسب الارتفاع إلى:

53.2% (ارتفاع 32-48 م)، 43.4% (متوسطة الارتفاع 16-28 م)، و 3.4% (ارتفاع 4-8 م) [21]. تبحث هذه الدراسة في كفاءة الطاقة للأبنية المتوسطة الارتفاع كونها شائعة في أبنية السكن الشباني، الشكل (2).

الإنسان، 4) المواد ذات الديمومة العالية، 5) مواد ذات كفاءة طاقية [19].

ووفقاً لبحثٍ آخر، بحسب القادري، تشمل معايير اختيار مواد مغلف البناء: 1) تقليل النفايات 2) مواد متينة، 3) مواد عازلة طبيعية ومحلية، 4) تخفف التلوث و 5) مواد أقل سمية [5].

كذلك حددت دراسة ل Yuksek، المزيد من خصائص مواد مغلف البناء للأخذ بها في مرحلة التصميم: من عزل، ديمومة، اقتصادية، وتصنيع بطاقة متجددة واستهلاك أقل للطاقة أثناء مرحلة البناء [26].

على الرغم من أن الدراسات السابقة ركزت على خصائص مواد مغلف البناء وبخاصة الأداء الحراري، إلا أن الدليل الاسترشادي الجديد للعمارة الخضراء في سوريا تجاهل خصائص عناصر مغلف البناء وأهمية عزل المباني وضرورة اختبار مواد البناء لمقاومة الإشعاع والحمل الحراري وتسرب الهواء والرطوبة [9].

نستنتج مما سبق، أن العزل، والأداء الحراري، والديمومة، والاقتصادية، وإضافة للأثر البيئي، تعد من الخصائص الضرورية لاختيار مغلف البناء في مرحلة التصميم من أجل تضمين مواصفات مواد مغلف البناء في المناقصة و دفاقر الشروط. لكن من الضروري دراسة تأثير خصائص مواد مغلف البناء (بخاصة الأداء الحراري)، في استهلاك الطاقة في مرحلة الإشغال.

#### 4-3 تأثير مغلف البناء في استهلاك الطاقة:

تعد مواد البناء مسؤولة عن كمية كبيرة من استهلاك الطاقة التشغيلية واستهلاك الطاقة المتضمنة، ومن ثم انبعاث الكربون [16]. من المؤكد أن مواد البناء تؤثر بشكل أكبر في استهلاك الطاقة، والانبعاثات، والتلوث البيئي، وراحة البيئة الداخلية في مرحلة الإشغال [26]. لذلك، يؤدي الاختيار السليم لمواد مغلف البناء دوراً رئيسياً في الحفاظ على الطاقة في مرحلة الإشغال من خلال تقليل اكتساب/فقدان الحرارة الشمسية مع تقليل أحمال التدفئة والتبريد [3]. في بحث أجراه Herczeg وآخرون تم حساب معاملات مختلفة لمواد مغلف البناء في الأبنية السكنية ومقارنتها باستهلاك الطاقة التشغيلية

85-95 % من إجمالي استهلاك الطاقة من خلال التدفئة والتبريد والتهوية واستخدام الماء الساخن [23].

كذلك أكدت دراستان سابقتان حول المباني السكنية التقليدية في البلدان الأوروبية، [6] [15]، أن الطاقة المتضمنة تمثل حوالي 10 إلى 20% من كامل الطاقة المستهلكة خلال دورة حياة المبنى في حين أن 80 إلى 90% ترجع إلى الطاقة المستهلكة في مرحلة الإشغال، وأقل من 1% للطاقة في معالجات نهاية العمر الافتراضي للبناء.

كما توضح نتائج بحثي Kumar (2012) و Change (2010) أن تحسين بعض مواد مغلف البناء وبعض تطبيقات كفاءة الطاقة أدى إلى توفير من 30 إلى 90% من استهلاك الطاقة في مرحلة الإشغال [16] [7]. وفي ضوء ذلك يمكن القول إنه من الأهمية بمكان تقليل استهلاك الطاقة التشغيلية للمبنى عن طريق الاختيار الدقيق لمواد مغلف البناء.

#### 4-2 اختيار مواد مغلف البناء للمباني السكنية:

هناك طلب متزايد على مواد البناء في سوريا ما بعد الحرب. كما أن مواد مغلف البناء التقليدية الأكثر استخداماً، مثل الإسمنت والبلوك والحديد والفولاذ وغيرها، هي مواد مستهلكة للطاقة وملوثة للبيئة [16]. ويؤكد المكتب المركزي للإحصاء في سوريا؛ أن الخرسانة المسلحة هي أكثر مواد البناء الشائعة الاستخدام في دمشق بنسبة (95.5%) [21]. وهذا ما يفسر سبب زيادة أرباح شركات الإسمنت العامة والخاصة ما بعد الأزمة. شركة أسمنت البادية الخاصة مثلاً زادت أرباحها من 13.8 مليار ليرة سورية في عام 2016م إلى 26.7 مليار ليرة في عام 2017م [5].

وعليه فإن وجود مواصفات معتمدة لمواد مغلف البناء يشكل أحد أهم التحديات الرئيسية في أزمة الإسكان في سوريا بعد الحرب. طورت سلقيني معايير اختيار المواد من خلال استخدام؛ 1) مواد البناء الطبيعية (مثل الحجر والخشب)، 2) المواد المحلية لتقليل تكلفة النقل (مثل الحجر والبلوك)، 3) المواد التي لا تضر بصحة

ونظراً لاختلاف البيانات المستخدمة في حساب الطاقة التشغيلية في الأبحاث السابقة عن تلك المستخدمة في سوريا، فإن النتائج التي توصلت إليها تلك الدراسات تبدو محدودة الفائدة التطبيقية في سوريا.

وبما أن كفاءة الطاقة في المباني السكنية في مرحلة الإشغال هي من أولويات مرحلة التصميم، فإنه من الضروري تضمين عوامل اختيار مغلف البناء الربط بين المرحلتين. وذلك من خلال دراسة تأثير خصائص مواد مغلف البناء (الأداء الحراري)، المتضمنة في المناقصة ودفاتر الشروط، في استهلاك الطاقة في مرحلة الإشغال من جهة، وفي التكلفة، والمنافع المستفادة على المدى البعيد من جهة أخرى.

#### 4. المحددات المستخدمة في دراسة الحالة :

من أجل تقييم تأثير اختيار مغلف البناء في كفاءة الطاقة في مرحلة الإشغال، تقارن هذه الدراسة بين مغلف مبنى تقليدي (ب) مع مغلف مبنى موفر للطاقة (أ). تم اختيار هذه المنهجية لتوضيح كيف يمكن أن يؤثر اختيار مغلف البناء في الراحة الحرارية وأداء الطاقة للمبنى في مرحلة الإشغال.

نظراً لأن المبنىين اللذين تمت مقارنتهما متجاوران، ولهما التصميم نفسه، والتوجيه نفسه، فإن هذا يتغلب على تباين المعطيات التي توصلت إليها الأبحاث السابقة التي عزت هامش الاختلاف في النتائج إلى أن اختلاف معطيات المباني التي تمت دراستها.

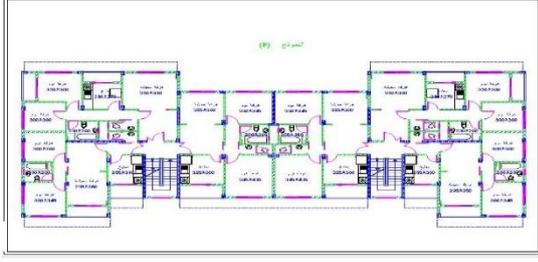


(الشكل 3): المسقط الطابقي المتكرر للمبنيين

12600 شقة سكنية وقد تم التخطيط لمزيد من التوسع ما بعد الحرب وفقاً لجداول زمنية محددة.

والمتضمنة في الاتحاد الأوروبي. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن تصنيع مواد مغلف البناء التقليدية المستخدمة على نطاق واسع (الفولاذ والخرسانة) مسؤول عن ما يصل إلى 2.05% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالمياً [13]. وقارنت دراسة أخرى، أجراها Myer وآخرون، استهلاك الطاقة المتضمنة والتشغيلية بين المباني التقليدية مع المباني الموفرة للطاقة التي تستخدم مواد متجددة في مغلف البناء، وتوصل إلى نتيجة أن المبنى السكني النموذجي الذي يستخدم مغلف بناء من مواد متجددة قد خفض استهلاك الطاقة المتضمنة بنسبة 28% [18].

كذلك أجرى كل من Powell و Monahan [17] مقارنة لاستهلاك الطاقة بين نموذجي أبنية سكنية: الأول هو منزل عالي التكلفة (باستخدام نظام مغلف البناء من البلوك المغطى بألواح عازلة)، المنزل الثاني (باستخدام مغلف مبنى بطبقتين من البلوك بينهما طبقة عازلة). وخلصت الدراسة إلى أن مغلف البناء المغطى بألواح عازلة قلل من الطاقة المستهلكة بنسبة 34% مقارنة بالمنزل الآخر. وجد بعض الباحثين أنه بالنسبة للمباني الموفرة الطاقة (باستخدام العزل والتوجيه والتصميم الإيجابي)، فإن حصة الطاقة المتضمنة لمواد مغلف البناء تتراوح بين 9-46% من إجمالي الطاقة المستخدمة خلال دورة حياة المبنى مقارنة بـ 2-38% في المباني التقليدية [20]. وبالنتيجة نجد أن الدراسات السابقة في هذا المجال تتفق على أنه يمكن تحقيق تحسينات لكفاءة الطاقة التشغيلية من خلال التركيز على خصائص مواد مغلف المبنى، من حيث الانتقالية الحرارية والمقاومة الحرارية. كذلك تبين أن أبحاث اختيار مغلف البناء تظهر اختلافات كبيرة في النتائج من بلد إلى آخر. يرجع هذا الاختلاف بشكل رئيس إلى صعوبة المقارنة بسبب اختلاف: تصاميم المباني المدروسة، أو المواد المستخدمة في مغلف البناء، أو العمر الافتراضي للمبنى، أو الظروف المناخية للأبنية التي تمت مقارنتها. منطقة الدراسة هي مشروع قدسيا الذي يعد واحداً من أكبر مشاريع السكن الشبابي الاجتماعي في دمشق، الشكل (3). تتكون المنطقة من 18 مبنى، تحتوي على



(الشكل 4): السكن الشبابي ضاحية قدسيا الموقع العام



(الشكل 5): المبنى (أ) تطبيق طبقة عازلة على كامل مغلف البناء



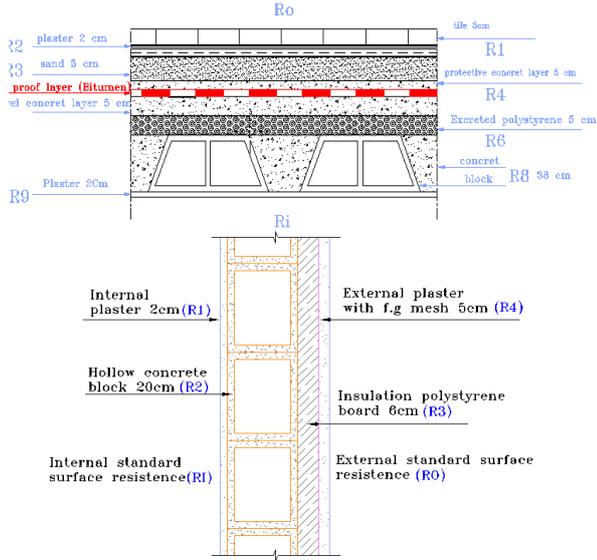
(الشكل 6): المبنى (أ) تطبيق نظام التدفئة الأرضية بالاعتماد على الطاقة الشمسية

هذا ويقع المبنى السكنيان المختاران للدراسة على مقربة من بعضهما في مشروع قدسيا. كلا المبنىين متطابقان من حيث المساحة، والتصميم، والتوجيه، والتعرض لدرجات الحرارة الخارجية، وتصنيف الرياح في الموقع. تم إشغال كلا المبنىين خلال فترة الدراسة. يحتوي البناءان المختاران على خمسة طوابق (30 شقة في كل منهما). تبلغ المساحة الإجمالية لكل شقة في كلا المبنىين حوالي 80 متراً مربعاً، وهي مناسبة للسكن الشبابي. كل طابق يحتوي على 6 شقق. تبلغ المساحة الإجمالية لكل طابق حوالي 480 م<sup>2</sup>، الشكل (4). وعليه لكلا المبنىين التصميم نفسه، والتوجه نفسه، وقد تمت دراستهما بالتوازي.

تبنى الغالبية العظمى من مباني السكن الشبابي في دمشق وريفها كما المبني (ب)، باستخدام نظام إنشائي هيكلي من الخرسانة المسلحة. حيث تُبنى الأساسات والأعمدة والأسقف من الخرسانة المسلحة وتُبنى الجدران من البلوك الخرساني (طبقة واحدة) قياس 40×20×20 سم أو 40×20×15 سم للجدران الخارجية 40×20×12 سم للجدران الداخلية. وتتم تغطية الجدران من الداخل بطبقة من الطينة من الإسمنت بسماكة حوالي 1 - 2 سم، ثم تُطلى بالدهان الزيتي أو المائي، بينما تغطي الجدران الخارجية بطبقات من الطينة على ثلاث مراحل: مرحلة طبقة روية إسمنتية، ثم طبقة من الطينة الإسمنتية، ثم طبقة من الكوارتز والإسمنت بسماكة إجمالية حوالي 2-3 سم. يتم صب طبقة من الخرسانة كمدة للأرضيات ويتم التبليط باستخدام بلاط التيرازو أو السيراميك أو الرخام. لا يتم تنفيذ أي معالجات للأسقف في غالبية مباني السكن الشبابي. نادراً ما يتم وضع طبقة من العازل المائي فوق السطح، ولكن لا يتم وضع أي طبقات للعزل الحراري. تستخدم الأبواب من الخشب في غالبية المباني، وأما النوافذ فيغلب استخدام الألمنيوم المفرغ بطبقة مفردة من الزجاج.

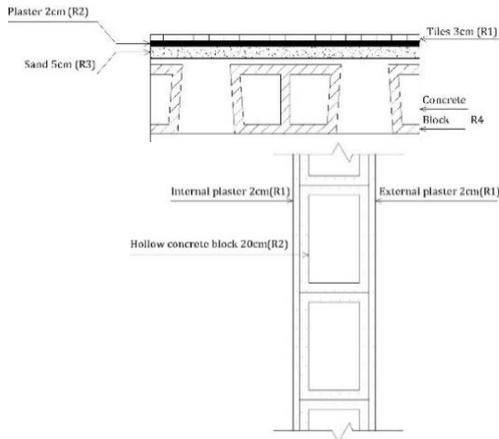
ونتيجة للخصوصية الاجتماعية وكذلك لتصنيف المنطقة C (منطقة شبه مفتوحة من حيث التعرض للرياح)، لا يتم استخدام مسطحات كبيرة لفتحات النوافذ. إذ تبلغ نسبة الفتحات 20% فقط من المساحة الخارجية للمبنى.

توفر هذه الدراسة فرصة متميزة للمقارنة بين المبنى التقليدي المنتشر (ب) مع المبنى الموفر للطاقة (أ) في العالم الحقيقي. حيث تضمنت مواصفات كفاءة الطاقة للمبنى (أ) تطبيق مغلف خارجي كامل من مواد العزل الحراري (ألواح بولسرين بسماكة 5سم) للجدران والسقوف مع تظليل النوافذ الزجاجية المزدوجة، الشكل (5). يوضح الشكل (6) مقطعاً ثلاثي الأبعاد في البناء (أ) التدفئة الأرضية بالاعتماد على الطاقة الشمسية.



الشكل (7): مقطع في الجدار الخارجي وآخر في السقف للمبنى (أ)

يمثل الشكل (7) قطاعاً في الجدار الخارجي وآخر في السقف للمبنى (أ). بينما يوضح الشكل (7) قطاعاً في الجدار الخارجي وآخر في السقف للمبنى (ب).



الشكل (8): مقطع في الجدار الخارجي، وآخر في السقف للمبنى (ب)

لم يتم إرفاق الجداول الحسابية تماشياً مع اشتراطات النشر في المجلة. فيما يبين الشكل (9) ملخص النتائج النهائية لقيم U لعناصر مغلف البناء في كلا النموذجين.

كما تم بناء كلا المبنيين من قبل الطاقم نفسه (الشركة العامة للإسكان (المالك)، والشركة العامة للدراسات والاستشارات الهندسية (GCEC) (الدراسة والتصميم)، وشركة LAMA (المقاول المنفذ قطاع خاص). بالإضافة إلى ذلك، تمت دعوة استشاريين للمشاركة في هذا المشروع التجريبي الرائد ممثلين بالمركز الوطني للطاقة (NERC) (استشاري محلي)، و Medenec (استشاري أوروبي). يختلف المبنيان من حيث مواد البناء المستخدمة في مغلف المبنى وفي نوع مصدر التدفئة والتبريد. وهي أهم العناصر المسؤولة عن تحسين أداء الطاقة.

### 5. النتائج والمناقشة:

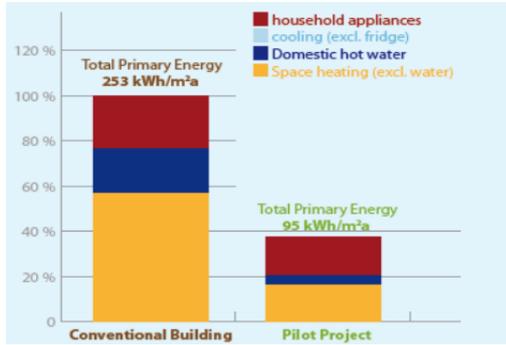
تم حساب ومناقشة الأداء الحراري لعناصر مغلف البناء للمبنيين (أ) و(ب). ثم تحليل كفاءة الطاقة في مرحلة الإشغال للمبنيين مدة سنة. وبعد ذلك حساب التكلفة الشاملة لمبادلة استهلاك الطاقة.

### 6-1 حساب الأداء الحراري لمواد مغلف بناء:

يعتمد اختيار عناصر مغلف البناء على الناقلية الحرارية. لذا كان من الضروري تحديد الاختلافات بين المبنى (أ)، كما في الشكل (7)، والمبنى (ب) في الشكل (8)؛ من حيث الناقلية الحرارية لعناصر مغلف البناء من نوافذ و جدران وأسقف. ثم حساب أداء الطاقة لمكونات مغلف البناء (U-value و R-value). حيث يمثل مجموع قيم U (الانتقالية الحرارية بين داخل المبنى وخارجه) للجدران الخارجية والأسقف والنوافذ معدل انتقال الحرارة، ومن ثم الطاقة المفقودة لكل متر مربع (m<sup>2</sup>) من المواد مقابل كل فرق في درجة الحرارة (K) بين داخل المبنى وخارجه. بينما تعكس قيم R المستخدمة المقاومة الحرارية لطبقات المغلف المستخدمة، تبعاً لسماكة كل طبقة d. لحساب قيم U الشاملة، تم حساب كميات مواد البناء للنموذجين؛ 2455 م<sup>2</sup> للجدران الخارجية، 500 م<sup>2</sup> للزجاج و 580 م<sup>2</sup> للسقف.

## 6-2 تحليل كفاءة الطاقة في مرحلة الإشغال:

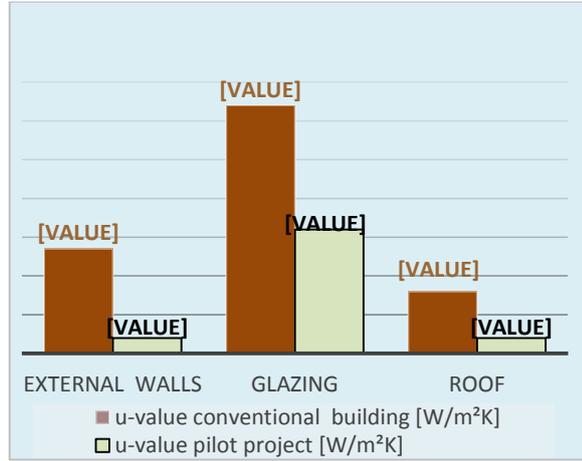
تم توثيق قراءات استهلاك الطاقة السنوية وتحليل الجدوى الاقتصادية للمبنى (أ) مقابل (ب). وذلك من خلال قياس إجمالي الطلب على الطاقة الكهربائية بوساطة مقياس كهربائي مقدم من قبل الشركة العامة للكهرباء. استندت معدلات تكلفة الطاقة المستخدمة على المعدلات الوطنية السورية السكنية، والتي كانت تساوي أثناء الدراسة 0.17 دولاراً/كيلوواط ساعة للكهرباء و 2.08 دولاراً للوقود.



الشكل (10): استهلاك الطاقة للمبنى النموذجي (أ)، والمبنى التقليدي (ب)

يوضح الشكل (10) استهلاك الطاقة للمبنيين (أ) و(ب) وفقاً للاستخدامات المنزلية والتبريد والتدفئة وتسخين الماء. إن استهلاك (أ) الكلي للطاقة أقل بنسبة 63% من (ب). السبب الرئيس هو أن توفير الطاقة في تدفئة البيئة الداخلية للمبنى (أ) ناتج عن اختيار مواد بناء المغلف، وعن النظام الشمسي للتدفئة الأرضية المركزية، وعن استخدام مصابيح توفير الطاقة. نلاحظ عدم وجود قيمة لاستهلاك الطاقة لأغراض التكييف صيفاً بسبب الظروف المناخية والتعرض للرياح في قدسيا.

يعكس الشكل (11)، أن المشروع الريادي (أ) بالمقارنة بالمبنى (ب)، من حيث استهلاك الوقود، قد حقق وفراً سنوياً مقداره (48790 لترًا). أي ما يشكل انخفاضاً بنسبة 72%. أما من حيث استهلاك الطاقة الكهربائية فقد حقق وفراً سنوياً مقداره (11400 كيلووات/ساعة) أي ما يعادل 28% استهلاك كهرباء أقل من المبنى (ب). إن هذا التوفير السنوي للوقود يساوي تخفيضاً بمقدار 125 طنًا سنويًا من انبعاثات ثاني أكسيد

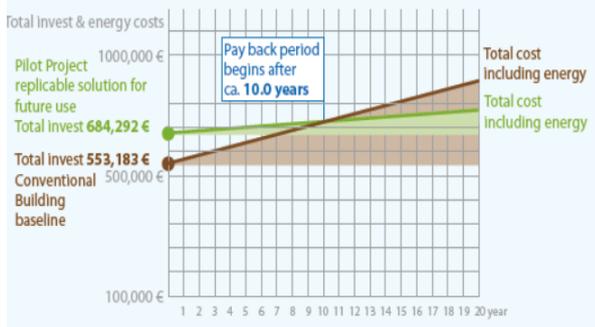


الشكل (9): قيم U للجدران الخارجية و الأسقف للمبنيين

يوضح الشكل (9) أنه بالمقارنة مع (ب)، فإن تنفيذ العزل في (أ) قد أسهم في خفض قيم U بنسبة 85% عبر الجدران الخارجية، و 75% عبر السقف، و 50% عبر النوافذ المزدوجة. إن قيم المقاومة الحرارية لمواد مغلف البناء (ب) التقليدية منخفضة جداً بحيث يمكن تجاهلها. لا يعكس هذا الاستخدام المتزايد للجملة الإنشائية الخرسانية التقليدية الطلب المتزايد على أداء حراري أفضل، ومن ثمّ تحسين كفاءة الطاقة للأبنية السكنية. يمكن تحسين ذلك بسهولة من خلال التدقيق في مجموعة من قيم R لعناصر مغلف البناء وتفاصيل تصميمه، بالإضافة إلى أنظمة التدفئة المستخدمة في المبنى. إن إضافة الطبقة العازلة في المبنى (أ) كان لها تأثير كبير على تحسين الأداء الحراري للمبنى وذلك بتقليل القيمة U (الانتقالية الحرارية) للجدران و الأسقف، ومن ثمّ زيادة كفاءة الطاقة للمبنى مقارنة بالمبنى (ب) الذي تم فيه تطبيق الدهان الخارجي مباشرة على طبقة الطينة الخارجية للجدران، وكذلك تم تنفيذ الأسقف دون طبقات عزل مما تسبب بانخفاض قيمة R لمغلف البناء، ومن ثمّ تأثيره الضئيل في الأداء الحراري للمبنى. ولكن، ألواح العزل المستخدمة في (أ) تعد غير متوفرة محلياً ومكلفة اقتصادياً بما لا يتناسب وظروف إعادة الإعمار ما بعد الحرب. لذا يجب التحقق من تأثير اختيار مواد المغلف في كفاءة الطاقة التشغيلية، وفي التكاليف.

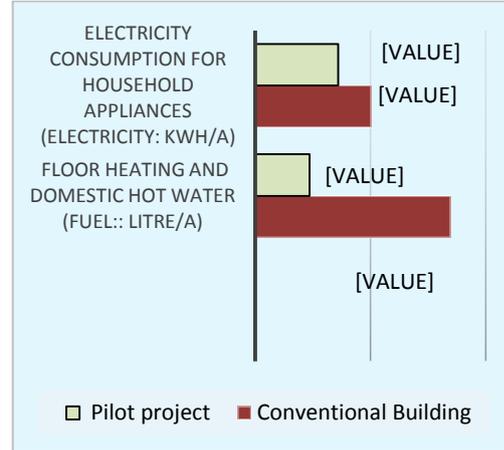
الإشراف على المشروع أكد أن التكاليف المبدئية والإضافية للمشروع التجريبي (أ) تجاوزت تكاليف (ب) بمقدار 35%، الشكل (12). وهو السبب الرئيس الذي جعل المبنى (أ) الموفر للطاقة التجربة الأولى و الوحيدة من نوعها في سوريا.

يحتاج اختيار مغلف البناء إلى دراسة مبادلة كفاءة الطاقة اقتصادياً. وذلك لمفاضلة استثمار رأس المال الأعلى للبناء الموفر للطاقة (أ) مع البناء التقليدي (ب). ولكن رأس المال الإضافي هنا يعد استثماراً ينتج فائدة توفير سنوية في نفقات الطاقة المستهلكة مقارنةً بالبناء التقليدي. للعثور على نقطة التعادل أي زمن استرداد الفرق بالتكلفة المبدئية من خلال تكلفة الطاقة التشغيلية (النفقات السنوية)، يُظهر الشكل (13)، أن زمن الاسترداد يصل إلى عشر سنوات، كما يوضح.



(الشكل 13): التكلفة الشاملة وزمن الاسترداد للمبنيين (أ) و (ب) وبمنظور اقتصادي شامل، يمكن لعدة عوامل أن تؤثر في إمكانية تقليل زمن الاسترداد. أولاً: إمكانية خفض التكلفة المبدئية للمبنى (أ)، وذلك باعتماد هذا النموذج كحل قابل للتكرار في أبنية السكن الشبابي الجديدة. ثانياً: احتمالية تخفيض دعم الدولة لأسعار الطاقة. ثالثاً: بالنظر إلى المنافع البيئية والاقتصادية للمبنى (أ)، قد يكون للدولة مصلحة في دعم هذا النوع من المباني، ومن ثمّ زيادة الإيرادات وتقليل زمن الاسترداد إلى 3 سنوات، كما يظهر في الشكل (14).

الكربون إلى الغلاف الجوي. إلى هذه النقطة، تُثبت هذه الدراسة أن اختيار مواد البناء له تأثير كبير على استهلاك الطاقة في مرحلة التشغيل. والسؤال هنا هو بما أن مزايا مغلف البناء (أ) واضحة للغاية، لماذا المبنى (أ) هو المبنى الوحيد الموفر للطاقة المنفذ في سوريا حتى تاريخه؟



الشكل (11): الاستهلاك الإجمالي للطاقة للمبنيين

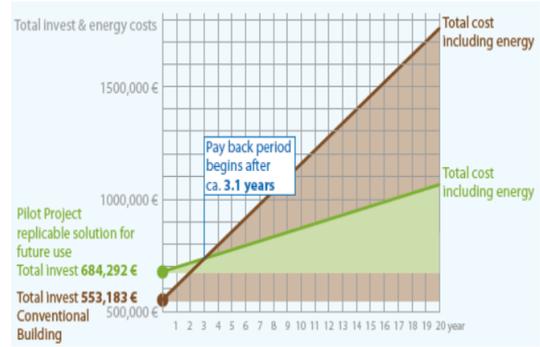
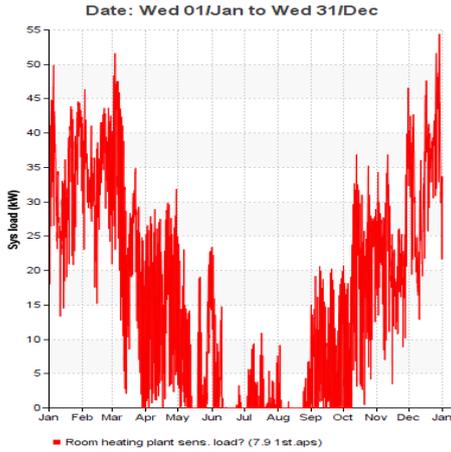
### 3-6 دراسة مبادلة كفاءة الطاقة اقتصادياً:

لاختيار مغلف البناء الأكثر كفاءة للطاقة نلاحظ اختلاف الإيرادات والمنافع الاقتصادية والبيئية الأخرى بين النموذجين المدروسين (أ) و (ب). لذا نحتاج إلى منظور شامل لدراسة التكلفة والربحية على المدى البعيد.



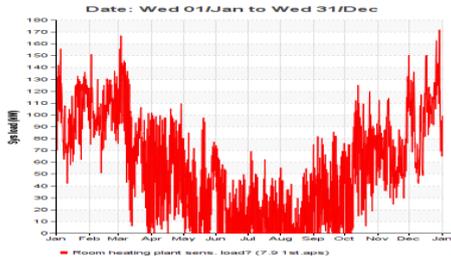
(الشكل 12): التكلفة المبدئية للمبنى النموذجي (أ)، و للمبنى التقليدي (ب)

المبنى (أ) يقلل من استهلاك الطاقة التشغيلية للمبنى بنسبة 63% مقارنة بالمبنى التقليدي (ب). يرجع السبب إلى مغلف البناء المختار، إضافةً إلى استخدام الطاقة الشمسية للتدفئة الأرضية وتسخين المياه. لكن فريق



الشكل (14): منظور اقتصادي شامل للتكلفة وزمن الاسترداد للمبنيين (أ) و(ب)

الشكل (15): الأداء الحراري للمشروع النموذجي (أ)

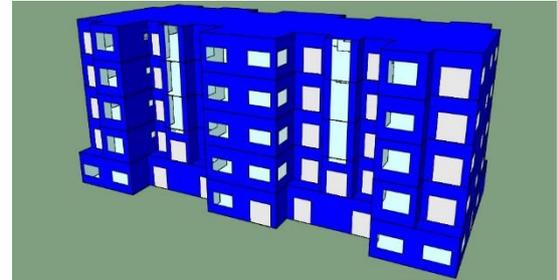


الشكل (16): الأداء الحراري للبناء التقليدي (ب)

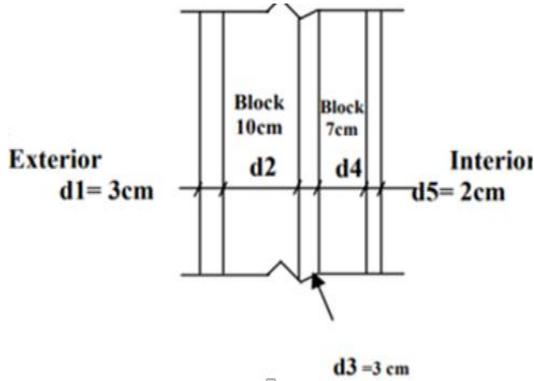
ولكن اعتماد نموذج المغلف القابل للتكرار يحتاج إلى المزيد من البحث والقياس، وذلك بحثاً عن مزيد من البدائل المختلفة لعناصر مغلف البناء، وذلك لتخطي الإجراءات الأكثر تكلفة. الإجراءات الأكثر تكلفة.

4-6 نمذجة الأداء الحراري لبدائل مغلف البناء :

للمنذجة الحديثة (Sensitivity analysis) لكفاءة استهلاك الطاقة وجودة البيئة الداخلية في مرحلة الإشغال دور مهم في تحليل كفاءة الطاقة. تم استخدام النمذجة في هذا البحث لتحديد المتغيرات الرئيسية التي تؤثر في الأداء الحراري للمبنى، الشكل (15)، من خلال نماذج محاكاة الطاقة لعدة بدائل.



الشكل (15): نموذج الدراسة



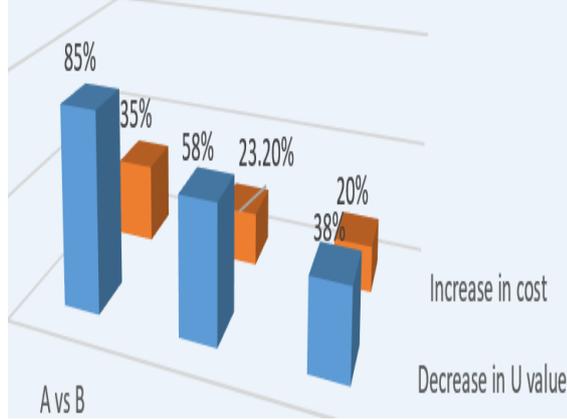
الشكل (17): جدران بطبقتين من البلوك المفرغ بينهما فراغ هوائي أو بولسترين

بالنسبة للمبنى (أ) (المشروع النموذجي)، يمكن ملاحظة أن حمل التدفئة يصل إلى ذروته إلى حوالي 50 كيلو وات / يوم في الشتاء، وأدنى قيمة تصل إلى حوالي 0 كيلو وات / يوم في بعض أيام الصيف (تموز إلى آب)، الشكل (15). أما بالنسبة للمبنى (ب) (البناء التقليدي)، يمكن ملاحظة أن حمل التدفئة يصل إلى ذروته (حوالي 170 كيلو وات / يوم في الشتاء) أي أكثر من ثلاثة أضعاف قيم المبنى (أ)، الشكل (16).

الشكل (18) يوضح الحمل الحراري في حالة (طبقتي بلوك بينهما بولسترين) حيث يبلغ حمل التدفئة ذروته (حوالي 90 كيلو وات / يوم في الشتاء). أما الشكل (19) فيوضح الحمل الحراري في حالة (طبقتي بلوك بينهما فراغ هوائي) حيث يبلغ حمل التدفئة ذروته (حوالي

الشكل (20). من ثمَّ يحقق بديل (جدران من طبقتين من البلوك بينهما طبقة بولسترين) الموازنة بين المنافع والتكاليف عند الاختيار.

وذلك نظراً لعدم توفر منتجات عزل محلية رخيصة الثمن كما في المستخدمة في (أ). لذا يجب اعتماد إطار استراتيجي مرحلي متعدد المعايير لتحسين كفاءة الطاقة تدريجياً.



-طبقتين من البلوك - طبقتين من البلوك - (أ) و(ب)  
بينهما فراغ هوائي بينهما طبقة بولسترين بالمقارنة مع (ب)

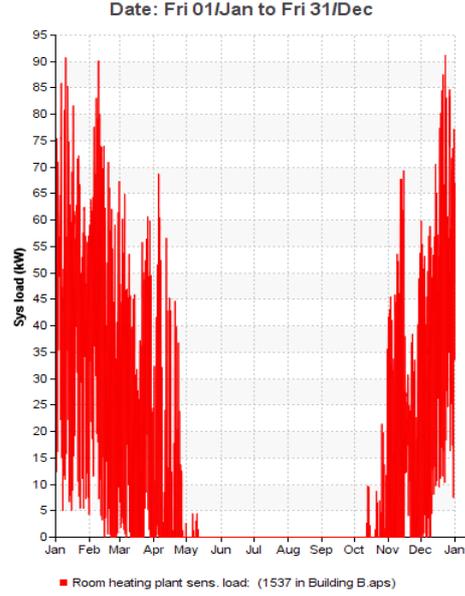
(الشكل 20): الأداء الحراري للبناء في حالة الجدران منفذة من طبقتي بلوك بينهما بولسترين

6. إطار عمل لاختيار لتحسين كفاءة الطاقة التشغيلية في الأبنية السكنية:

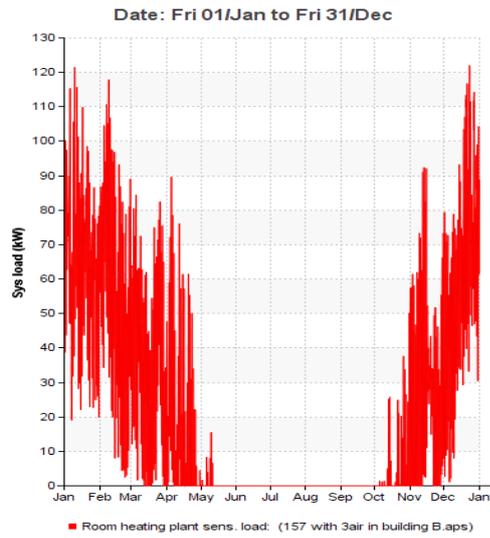
يمكن تلخيص ما توصلت إليه الدراسة من معوقات رئيسية، بناءً على مقابلات أجريت مع معنيين بالمشروع قيد الدراسة (من فريق الدارسين والمنفذين والإشراف)، بما يأتي:

- عدم توفر منتجات عازلة محلية رخيصة الثمن.
- نقص الخبرة اللازمة لدراسة تطبيقات كفاءة الطاقة المناسبة و تنفيذها.
- انخفاض كفاءة التكلفة للتدفئة الشمسية نظراً لارتفاع ثمن تنفيذها وصيانتها.
- انخفاض أسعار الطاقة المدعومة من قبل الدولة (من كهرباء ووقود).
- انخفاض الميزانية وتخصيص المشاريع من خلال عطاءات تقل 20% عن سعرها التقديري.

120 كيلو وات / يوم في الشتاء) كما نلاحظ عدم وجود حمولة تدفئة في الصيف بأكمله في الحالتين.



(الشكل 18): الأداء الحراري للبناء في حالة الجدران منفذة من طبقتي بلوك بينهما بولسترين



(الشكل 19): الأداء الحراري للبناء في حالة الجدران منفذة من طبقتي بلوك بينهما فراغ هوائي

نستنتج أن المبنى (أ) حقق أدنى حمل تدفئة خلال العام، يليه حالة جدران منفذة بطبقتين من البلوك بينهما طبقة بولسترين ثم حالة جدران منفذة بطبقتي بلوك بينهما فراغ هوائي. ولكن بحساب بسيط للتبعات الاقتصادية لكل خيار على التكلفة المبدئية للبناء نجد أن الزيادة في التكلفة تتناسب مع الانخفاض في الناقلية الحرارية،

- تتسم معظم شركات البناء في سوريا بالتقليدية، ومحدودية الابتكار، والحذر الشديد من التكلفة المبدئية، ولكن مع فهم غير متطور للقيمة المضافة.
  - في حالة السكن الاجتماعي الموقر للطاقة، ستكون شركات البناء مسؤولة عن التكلفة المبدئية، بينما التوفير السنوي في استهلاك الطاقة سيعود بالفائدة المباشرة على السكان.
  - في ظل غياب الدعم الحكومي والاشتراطات الملزمة للبناء الموفر للطاقة، فإن سعر البيع للمساكن الموفرة للطاقة، المشتق بناءً على تكلفة الإنتاج والأرض والأرباح المتوقعة، سيكون أكبر مما سيتحمله وضع السوق ما بعد الحرب.
- لتجاوز هذه المعوقات توصلت الدراسة إلى بناء إطار استراتيجي يوزع المسؤوليات ويوازن بين اختيار خصائص مواد مغلف البناء واستهلاك الطاقة التشغيلية. يوضح الشكل (21) إطاراً مرحلياً لاختيار مواد مغلف البناء لمباني السكن الشبابي في دمشق. يشمل هذا الإطار أربعة مستويات لتحسين كفاءة الطاقة في المباني: مستوى التمكين، ومستوى التخطيط والتصميم، ومستوى المتابعة والتحسين المستمر.

## 7. التوصيات:

ويمكن تلخيص أهم التوصيات كما يأتي:

- ضرورة العمل المشترك بين كافة قطاعات الدولة لتوحيد آليات كفاءة الطاقة والمعايير الملزمة لعناصر مغلف البناء في مباني السكن الشبابي.
- التوجيه لمزيد من البحث والقياس لضبط آلية تطبيق الكود السوري للعزل، وذلك بحثاً عن مزيد من البدائل لتخطي الإجراءات الأكثر تكلفة.



(الشكل 21): إطار عمل استراتيجي يدعم كفاءة الطاقة

- [16] Kotaji, S., Schuurmans, A., & Edwards, S. (Eds.). (2003). Life-Cycle Assessment in Building and Construction: A state-of-the-art report, 2003. Setac.
- [17] Kumar A, B. D. (2012). Indexing of Building Materials with Embodied, Operational Energy and Environmental Sustainability with Reference to Green Buildings. *Journal of Pure and Applied Science & Technology*, 2(1), 11–22.
- [18] Monahan, J. and Powell, J.C. (2009). An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework. *Energy and Buildings*, 43, 179-188.
- [19] Myer, F., Fuller, R., & Crawford, R. H. (2012, January). The potential to reduce the embodied energy in construction through the use of renewable materials. In *ASA 2012: Building on knowledge, theory and practice: Proceedings of the 46th Annual Conference of the Architectural Science Association*(pp. 1-8). Architectural Science Association.
- [20] Salkiki, H. S. (2017). Embodying a New Bio-Climatic Design in the Rehabilitation Process of the Historical context of Aleppo Post-war. *World Heritage and Disaster* . Italy.
- [21] Sartori, I., & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and buildings*, 39(3), 249-257.
- [22] Statistics (2010). Housing indicators in Damascus Governorate. Central Bureau Of Statistics, pp. 46-56. <http://cbssy.sy/studies/st24>. (Accessed on 9/2018).
- [23] Straube, J. (2017). Meeting and exceeding building code thermal performance requirements. Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute.
- [24] Thormark, C. (2006). The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. *Building and environment*, 41(8), 1019-1026.
- [25] Utama, N. A. McLellan, B. Gheewala, S. H. and Ishihara, K. N. (2012). Embodied impacts of traditional clay versus modern concrete houses in a tropical regime. *Building and Environment*. 57, 362-369.
- [26] WBG. (2017). The Toll of War: The Economic and Social Consequences of the Conflict in Syria Online:<http://www.worldbank.org/en/country/syria/publication/the-toll-of-war-the-economic-and-social-consequences-of-the-conflict-in-syria>.(Accessed on 9/2018).
- [27] Yüksek, I. (2015). The Evaluation of Building Materials in Terms of Energy Efficiency. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 59(1), 45–58.

#### شكر:

تم دعم هذا البحث من قبل الجامعة الدولية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا. كما تشكر الباحثة إدارة المؤسسة العامة للإسكان لتعاونها في تنفيذ البحث وتسهيل الحصول على المقابلات والبيانات الميدانية لقياس الأداء.

#### المراجع : References

- [1] Abdo, H. G. (2018). Impacts of war in Syria on vegetation dynamics and erosion risks in Safita area, Tartous, Syria. . *Regional environmental change*, Vol:18(6), pp.1707-1719.
- [2] Ahmed, S., Dlask, P., Hassan, B., & Beshara, M. (2017). Pre-Cast Concrete, a Key Option for the Reconstruction Phase after War. *Procedia engineering*, 196, 211-219.
- [3] Akadiri, P. C. (2012). Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector . *Buildings*, 2, 126-152; doi:10.3390.
- [4] Alhourani, A. &. (2013). A Framework for Performance-Based Seismic Design Approach for Developing Countries, Acase Study of Syria. *Journal of Japan Society of Civil Engineers*, 69(4), 195-206.
- [6] Alqadri. (2019). International fund for Syria Reconstruction Resedential Projects (in Arabic). Retrieved from Syria Economic. <https://aliqitsadi.com/1424896> (Accessed on 13/5/2019).
- [7] Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, 46(5), 1133-1140.
- [8] Chang, Y. W. (2010). Resourcing challenges for post-disaster housing reconstruction: a comparative analysis. *Building Research & Information*, 38(3), 247–264.
- [9] Gui, X. C., Ma, Y. T., Chen, S. Q., & Ge, J. (2018). The methodology of standard building selection for residential buildings in hot summer and cold winter zone of China. *Journal of Building Engineering*, 18, 352-359.
- [10] Guidelines for Green Aechitecture in Syria. (2013). The Guidelines for Green Architecture in Syria.Syrian Engineering Association Publications. Damascus, Syria.
- [11] Hanna, G. (2010). Energy Efficient Residential Building Code for Arab Countries. *International Conference for Enhanced Building Operations*. Kuwait.
- [12] Hassan, B. & Beshara, M. (2019). Using Renewable Energy Criteria for Construction Method Selection in Syrian Buildings. *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, 13(2), 125-130.
- [13] Hassouneh K, A. (2010). Influence of windows on the energy balance of apartment buildings in Amman, . *Energy Conversion and Management*, 51(8), 1583–1591.
- [14] Herczeg, M., McKinnon, D., Milios, L., Bakas, I., Klaassens, E., Svatikova, K., & Widerberg, O. (2014). Resource efficiency in the building sector. Final report. Prepared for European Commission. ECORYS and Copenhagen Resource Institute, Rotterdam, the Netherlands.
- [15] Khadour, L., (2020). Life-Cycle Sustainability Risk Management a Multi-stakeholder Approach: The Case of Damascus Post-war Residential Projects. *Journal of Housing and the Built Environment*. (In process).

Received	2020/9/1	إيداع البحث
Accepted for Publ	2020/2/3	قبول البحث للنشر

الملحق:

الجدول (1): حساب معاملات الأداء الحراري للجدران الخارجية للمبنى (أ)

External Wall	Material	Thickness m	K value W/(m.k)	K value Btu /h.ft.F	U value (m2.k)/W	K value h.ft2.F/Btu
RI	Internal standard surface resistance Ri	-	-	-	0.12	0.68
R1	Internal plaster	0.02	0.720	0.416	0.028	0.158
R2	Hollow concrete block	0.2	1.173	0.999	0.171	0.969
R3	Insulation polystyrene board(30 kg/m3)	0.06	0.032	0.018	1.875	10.631
R4	External plaster with f.g mesh	0.05	0.100	0.057	0.050	0.284
RO	External standard surface resistance Ro	-	-	-	0.02	0.113
Total R value (m2.k) /W					2.264	12.836
Overall heat transfer coefficient for wall : U value W/ (m2.k)					0.4	0.078

جدول (2): حساب معاملات الأداء الحراري لسطح المبنى (أ)

NO	Material	Thickness m	K value W/(m.k)	K value Btu /h.ft.F	R value (m2.k) / W	K value h.ft2.F/ Btu
RI	Internal standard surface resistance Ri				0.1	0.567
R1	Tile	0.03			0.01	0.0567
R2	plaster	0.020	0.720	0.416	0.028	0.158
R3	Sand	0.05	0.578	0.333	0.086	0.487
R4	Protection concrete layer	0.05	0.71	0.410	0.070	0.397
R5	Bitumen water proof layer	0.004	-	-	0.030	0.170
R6	Extruded Polystyrene (30 kg/m3)	0.05	0.032	0.018	1.562	8.85
R7	Bevel Concrete layer	0.05	0.71	0.410	0.070	0.397
R8	Combined (concrete + block)				0.250	1.417
R9	plaster	0.020	0.720	0.416	0.028	0.158
RO	External standard surface resistance Ro				0.020	0.113
Total R value (m2.k) /W					2.254	12.78
Overall heat transfer coefficient for roof : U value W/ (m2.k)					0.4	0.077