

## تأثير الحيز الشمسي على الأداء الحراري لمبنى سكني باستخدام برنامج المحاكاة ترانزس

# Effect of Sunzone on Thermal Performance of Residential Building by TRNSYS Simulation Program

د. عبد اللطيف بشير بن موسى  
قسم الهندسة البحرية  
جامعة طرابلس

Abdullatif\_Musa@yahoo.com

د. منير محمد الراقوبي  
قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية  
كلية التقنية الهندسية جنزور

Eragubi@gmail.com

### المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى إجراء محاكاة لمبنى يحتوي على حيز شمسي SunSpace ومقارنته بمبنى تقليدي، ودراسة تأثير ذلك على خفض استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة للتدفئة المبنى خلال فصل الشتاء باستخدام برنامج المحاكاة ترانزس TRNSYS. تم تصميم ما مجموعه 6 نماذج محاكاة للمبنى بتكوينات مختلفة للجدران والزجاج ومساحة النوافذ المعرض للشمس لتحديد ما إذا كان النظام مجدياً لتحقيق توفير في الطاقة المستهلكة.

تبين من الدراسة انه يمكن توفير ما يصل إلى 20% من الطاقة لهذا المبنى عند استخدام النموذج الأمثل في الدراسة. إلا إن طول فترة استرجاع رأس المال التي تصل 222 سنة عند استخدام الحيز الشمسي الأمثل، فإنها لا تشجع على الاستثمار في بناء الحيز الشمسي، ويرجع ذلك إلى الدعم الحكومي لأسعار الطاقة في ليبيا، وعند مقارنة فترة استرجاع رأس المال حسب الأسعار العالمية للطاقة فإنها تنخفض إلى سبع سنوات فقط.

الكلمات الافتتاحية: الأنظمة السالبة، الحيز الشمسي، محاكاة، ترانزس.

### 1 مقدمة

يتم التركيز في السنوات الأخيرة بشكل كبير على كفاءة الطاقة في المساكن، سعياً وراء خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، حيث يصل استهلاك الطاقة في المباني إلى 40% من الاستهلاك العالمي للطاقة. وتصل نسبة الطاقة المستهلكة في التدفئة والتكييف إلى 20% [1]. ولخفض نسبة استهلاك المباني من الطاقة تم اقتراح استخدام الطاقة الشمسية السالبة في المباني خلال العقد المنصرم في العديد من الأبحاث العلمية.

يتميز الطقس في ليبيا بساعات سطوع كبير حتى في أيام الشتاء، ونظراً للاعتماد الكبير على استخدام الكهرباء في تدفئة المنازل فإن ذلك يؤدي إلى قصور في إمدادات الطاقة الكهربائية في فصل الشتاء

فضلا عن فصل الصيف. ومن ناحية أخرى فإن معظم المباني في المناطق النائية تتميز بتباعدتها وتعرضها لعوامل الطقس المباشرة، الأمر الذي يؤدي إلى فقد كبير في الطاقة في معظم فصول السنة، ولكن يمكن الاستفادة من هذا التباعد في استغلال الإشعاع الشمسي المباشر في التدفئة، وهو ما يسمى بأنظمة الطاقة السالبة "Passive Building Systems"، والذي يعتمد على تصميم المبنى هندسياً. يعتبر الحيز الشمسي "SunSpace" من أحد طرق الأنظمة السالبة، حيث يتم إضافة حيز شمسي "SunSpace" للمبنى الأصلي بحيث يمكن الاستفادة منه في تخزين الطاقة الحرارية أثناء ساعات السطوع الشمسي، والاستفادة منها طيلة ساعات النهار. تهدف هذه الدراسة إلى إجراء محاكاة لمبنى يحتوي على حيز شمسي SunSpace ومقارنته بمبنى تقليدي، ودراسة تأثير ذلك على خفض استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة للتدفئة المبنى في الشتاء باستخدام برنامج المحاكاة ترانسز TRNSYS. تم تصميم ما مجموعه 6 نماذج محاكاة للمبنى بتكوينات مختلفة للجدران والزجاج ومساحة النوافذ المعرضة للشمس لتحديد ما إذا كان النظام مجدياً لتحقيق توفير في الطاقة المستهلكة.

## 2 المنظومات السلبية والنشطة Active and Passive Systems

تعتمد الأنظمة الفعالة (Active Systems) على المجمعات الشمسية وأنظمة تخزين الطاقة التي لا يتم دمجها في هيكل المبنى. كما يمكن تمييز الأنظمة السلبية (Passive Systems) عن الأنظمة النشطة على أي أساسين: الأساس الأول هو درجة دمج وظائف التجميع والتخزين في هيكل المبنى؛ حيث يمكن استخدام النوافذ والغرف الموجودة كمجمعات للطاقة، حيث تعمل كمخزون للحرارة المحسوسة لهيكل المبنى ومحتوياته أثناء تغيير درجة الحرارة. الأساس الثاني أنها لا تتطلب طاقة ميكانيكية لتحريك السوائل لتشغيلها، حيث تتحرك الموائع والطاقة بفضل تدرجات درجة الحرارة التي نشأت بسبب امتصاص الإشعاع الشمسي، ومن هنا جاء المصطلح السلبي. ويمكن استخدام الطاقة الميكانيكية لتحريك العوازل وذلك للتحكم في الفقد الحراري أو لنقل الموائع لتوزيع الطاقة الممتصة من جزء من مبنى إلى آخر. وبطبيعة الحال، فإن التسخين السلبي يرتبط بشكل وثيق بالهندسة المعمارية للمبنى، حيث يعمل المبنى نفسه كوحدة تجميع وتخزين ومحيط يعيش فيه الناس ويتم حمايتهم من بيئة خارجية قاسية في كثير من الأحيان. [1] [2]

ناقشت العديد من الدراسات بطريقة نوعية إلى حد كبير العوامل التي تؤثر على الأداء الحراري السلبي للمبنى، أي قدرته على توفير مستوى مقبول من راحة الإنسان. فالأساس الهندسي لحسابات الأداء الحراري كما في الأنظمة النشطة [3]. إن إدخال الطاقة الشمسية في مساحات المبنى يمكن أن تحسن الميزات الجمالية للمبنى التي تجعله مكاناً لطيفاً للعيش والعمل، أو في بعض الحالات تزيدها تدهورها. تقترن التدفئة السلبية باستخدام ضوء النهار الذي هو عبارة عن الجزء المرئي من الطيف الشمسي بدلاً من الإضاءة الاصطناعية. هذه الأمور ذات أهمية أيضاً وتتعلق بجوانب العملية الشاملة لتصميم المبنى أساساً. بعض أنظمة التدفئة الشمسية عبارة عن مجموعات من الأنظمة النشطة والسلبية وتسمى بالأنظمة الهجينة، وتشمل الأنظمة ذات المجمعات النشطة والتخزين السلبي، ومجموعة من الأنظمة الفعالة والنشطة ذات الكسب المباشر. في السنوات الأخيرة طورت مجموعة كبيرة جداً من الأدبيات حول العمليات الشمسية السلبية. كما تم نشر مجلة Passive Solar Journal [4] من قبل الجمعية الأمريكية للطاقة الشمسية.

منذ عام 1976 ، قامت الجمعية بإدارة المؤتمرات الوطنية للطاقة الشمسية السلبية والتي أسفرت عن ظهور العديد من الكتب حول هذا الموضوع ، كما ظهرت أوراق في مجلات أخرى مثل الطاقة الشمسية والمنشورات المعمارية. تضمنت هذه المنشورات أعمالاً حول الجوانب الكمية لعمليات التسخين السلبية ، والهندسة المعمارية ، وأداء نظام المبنى ، وضوء النهار ، والتظليل ، ونقل الحرارة داخل المباني عن طريق الحمل الحراري الطبيعي والقسري ، والتبريد ، وتخزين الطاقة ، والجوانب التجارية ، وغيرها.

## 1.2 مفاهيم التسخين السلبي

تم تطوير العديد من مفاهيم التسخين الشمسي السلبي والهجين التي توفر أساس مفيد لمناقشة مبادئ ووظائف الأنظمة السلبية. وهي الكسب المباشر وجدارن التخزين والتجميع والحيز الشمسي. كما يوجد العديد من الأنظمة الأخرى، بما في ذلك حلقة الحمل الحراري والمدخنة الشمسية وما إلى ذلك. إن السمات المشتركة لهذه الأنظمة هي وسائل امتصاص الطاقة الشمسية في المبنى وتخزينها في أجزاء من هيكل المبنى، ونقلها إلى المساحات المراد تسخينها. [5]

## 2.2 الكسب المباشر وغير المباشر للطاقة

يمكن أن يوفر الكسب المباشر للطاقة من خلال النوافذ بجزء من الأحمال الحرارية المطلوبة للمبنى. حيث تعمل النافذة كمجمع، ويوفر المبنى نفسه جزء من التخزين. كما تُستخدم الأعمدة أو الجدران المجنحة أو غيرها من الأجهزة المعمارية لتظليل النوافذ في الأوقات التي لا تكون فيها التدفئة مطلوبة. ومن الضروري أيضًا ، في المناخات الباردة ، عزل النوافذ خلال فترات انخفاض الإشعاع الشمسي لمنع الخسائر المفرطة. ويمكن أن يوفر الكسب المباشر الطاقة الحرارية اللازمة للجانب الجنوبي من المبنى فقط، وقد يلزم توفير الوسائل الميكانيكية لتوزيع الطاقة على الغرف التي لا تحتوي على نوافذ جنوبية. [6]

## 3.2 جدارن التجميع والتخزين

تجمع الجدارن بين وظائف التجميع والتخزين في وحدة واحدة، وتعد جزءًا من هيكل المبنى نفسه. يحتوي الجدار الجنوبي على نافذة ذات زجاج مفرد أو مزدوج؛ يوجد داخل الزجاج جدار ضخم من مواد البناء أو خزانات المياه المطلوبة باللون الأسود لامتصاص الإشعاع الشمسي. يتم نقل الحرارة من جدار التخزين إلى الغرفة عن طريق الإشعاع والحمل الحراري من جانب الغرفة من الجدار، وعن طريق الحمل الحراري القسري أو الطبيعي لهواء الغرفة عبر الفراغ بين الزجاج والجدار. قد يدخل هواء الغرفة إلى هذه المساحة من خلال فتحات في الجزء السفلي من الجدار والعودة إلى الغرفة من خلال الفتحات الموجودة في الأعلى. يمكن أن تكون وحدة التخزين أيضًا جزءًا من السقف أو السقف نفسه. وقد يتعين توفير عازل متحرك في المناخ البارد للتحكم في الخسائر في أوقات انخفاض الإشعاع الشمسي. [7]

## 4.2 الحيز الشمسي (Sunspace)

يتم استخدام الحيز الشمسي الملحق بالمبنى كمجمع للطاقة الشمسية، مع تخزين الطاقة في الجدارن أو الأرضيات أو طبقة من الحصى المرصوفة. يتم تدوير الهواء قسرياً إلى الغرف المجاورة لتحسين التخزين والاستفادة من الطاقة الممتصة. في المناخات الباردة ، يمكن أن تتجاوز خسائر الطاقة من الحيز الشمسي الطاقة الممتصة، لذا يجب توخي الحذر لضمان تحقيق مكاسب صافية من مثل هذا النظام. إن

تقلبات درجات الحرارة المسموح بها في الحيز الشمسي والتي تؤثر على موازين الطاقة فيه، يعتمد على نوع الاستخدام المطلوب للحيز الشمسي. [8]

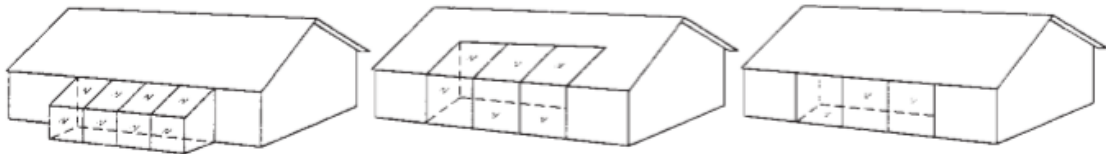
## 5.2 أنواع الحيز الشمسية

الحيز الشمسي المرفق هو امتداد زجاجي للجانب الجنوبي من المبنى ، وهو مصمم لتوفير مزيج من اكتساب الطاقة والمساحة التي قد تكون مفيدة. قد يتم توفير التخزين في الكتلة الحرارية للأرضية وجدران هيكل الحيز الشمسي نفسه أو يمكن تخزين الطاقة بشكل منفصل ، على شكل سرير مرصوف بالحصى، ويتم باستخدام التدوير القسري أو الطبيعي للحصول على الطاقة. [9]

يمكن أن يتم تدوير الهواء الدافئ من الحيز الشمسي إلى المبنى عن طريق الحمل الحراري الطبيعي أو بمساعدة المراوح وعناصر التحكم المرتبطة بها. كما يتم نقل الطاقة إلى المبنى من خلال الجدران التي تفصل الحيز الشمسي عن الغرف. وإذا كان هناك جدار ثقيل بين الحيز الشمسي والمبنى ، فيمكن اعتباره جدارًا للتجميع والتخزين مع مساحة واسعة بين الزجاج والجدار. إذا كان الزجاج في المقام الأول على الجانب الجنوبي والتخزين في الغرف المراد تسخينها (أي الحيز الشمسي نفسه) ، فيمكن اعتبارها غرفة كسب مباشر. [10]

عادة ما يتم يستخدم الحيز الشمسي كتقنية سلبية للطاقة الشمسية في المباني، ولكن يمكن استخدامها أيضًا كنظم نشطة لتجميع الطاقة الشمسية وتسخيرها في معدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC). [11]

ويختلف تصميم وبناء الحيز الشمسي على نطاق واسع. فيمكن أن يكون لها نهايات مفتوحة أو مغلقة ، ومنحدرات مفردة أو متعددة ، وترتيبات مختلفة لكتلة التخزين في الأرضية والجدار. التكوينات التمثيلية للحيز الشمسي موضحة في الشكل 1

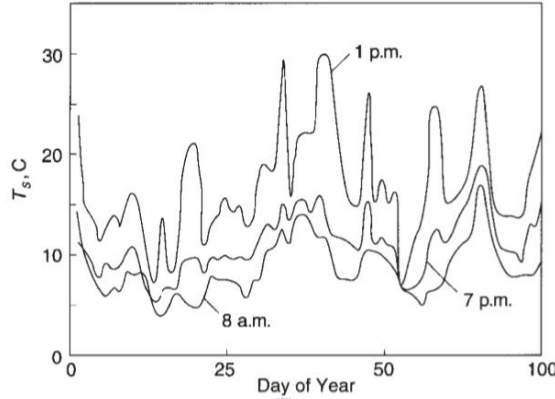


شكل 1 التكوينات الشائعة للحيز الشمسي

إن إضافة الحيز الشمسي يعتبر مكلفا في كثير من الأحيان، ولكن يمكن تحويل شرفات العمارات السكنية إلى حيز شمسي بوضع ألواح بلاستيكية على الواجهة. كما يمكن استغلالها كغرفة للتسخين المسبق لنظام تهوية أحادي التدفق. وبالتالي تزداد مكاسب الطاقة الشمسية بتكلفة منخفضة نسبياً مع سهولة التنفيذ. [12]

قامت العديد من البحوث بدراسة العلاقة بين عدد أيام التدفئة مع إمكانيات الحيز الشمسي، وعلاقة الحيز الشمسي بغلاف المبنى، وتحليل العلاقة بين إمكانيات الحيز الشمسي والإشعاع الشمسي، كما تم دراسة مدى ملائمة الحيز الشمسي في العديد من المواقع، وتحليل العلاقة بين الحيز الشمسي والتبريد المحسوس للمبنى في الصيف. [13] حيث يتم تزويد المبنى بالهواء الدافئ من الحيز الشمسي إلى المنزل عندما

تكون درجة حرارة الحيز أعلى من درجة حرارة الغرفة. ويبين الشكل 2 تغير درجات الحرارة داخل الحيز الشمسي عند ثلاث أوقات خلال مائة يوم في لندن ببريطانيا [14]



شكل 2 درجة حرارة الهواء لثلاث أوقات داخل الحيز الشمسي [14]

هذا الحيز الشمسي له زجاج مزدوج وسعة حرارية منخفضة. قد تكون درجة الحرارة أكثر تغيرا من هذا الشكل عندما يكون الطقس أكثر برودة، كما أن التغيرات تكون أقل عندما يكون الحيز الشمسي ذو سعة حرارية عالية. يتطلب الحيز الشمسي نفس الاعتبارات الحرارية لجدران التجميع والتخزين أو أنظمة الكسب المباشر، ولكن مساحة الزجاج يمكن أن تكون أكبر بكثير من مساحة المجمع الشمسي. [14]

يحدث فقد حراري باستمرار، فبالرغم من إيقاف المراوح التي تنقل الحرارة من الحيز الشمسي إلى المبنى في الفترات الغير مشمسة. إلا أنه من الضروري استخدام العوازل المتحركة للتحكم في هذه الفقدوات، وحتى لا تزيد الفقدوات على الكسب الحراري. [8]

### 3 برنامج محاكاة العمليات الحرارية الديناميكي ترانزس TRNSYS

تم تصميم برنامج ترانزس لمحاكاة العمليات الحرارية الانتقالية (Transient Process Simulation Program) ويستخدم على نطاق واسع لدراسة تطبيقات الطاقة الشمسية. وفي حين يعتبر برنامج ترانزس (TRNSYS) أداة قوية ويتمتع بمرونة غير محدودة، إلا أنه ليس سهل التعلم والاستخدام. [15] وقد تم تطويره مبدئيا لتطبيقات الطاقة الشمسية، ولكنه الآن يستخدم لمحاكاة للعديد من العمليات الحرارية، يحتوي ترانزس على العديد من الخوارزميات التي تمثل عناصر أنظمة الطاقة الشمسية التقليدية، وبإمكان المستخدم كتابة خوارزميات خاصة به للعناصر المطلوبة إذا لم تتوفر في مكتبة البرنامج. [16]

ولتشغيل البرنامج يتم اختيار وتوصيل العناصر المكونة للنموذج مع بعضها كما توصل الأنابيب والمجاري والتوصيلات الكهربائية في أنظمة الطاقة. ثم يقوم المبرمج بتزويد البرنامج بقيم للمتغيرات التي تصف المكونات المستخدمة في النموذج قيد الدراسة. ثم يقوم البرنامج بحل المعادلات الجبرية والتفاضلية التي تمثل المكونات بتسلسل زمني، كما يقوم البرنامج بترتيب المخرجات وعرضها بصريا أو رقميا في ملفات خاصة.

#### 4 منهجية البحث

يهدف البحث إلى الحصول على طريقة مجدية لحل مشكلة تدفئة المباني في المناطق الباردة، وتقييم إمكانيات الطاقة الشمسية في تدفئة المنازل، وخفض استهلاك الكهرباء للتقليل من طرح الأحمال في فصل الشتاء، مع الحفاظ على الراحة الحرارية في المنازل.

في المرحلة الأولى تم تطوير نموذج رقمي لمنزل تقليدي عن طريق برنامج ترانسزس (TRNSYS) واعتباره الحالة المرجعية، في المرحلة الثانية تم إضافة حيز شمسي للمنزل وذلك لغرض مقارنته بالحالة الأولى من حيث الطاقة المستهلكة في تدفئة المنزل.

توجد العديد من العوامل التي تؤثر في كفاءة الحيز الشمسي، مثل معامل انتقال الحرارة الإجمالي للزجاج ومساحة النافذة، ونسبة مساحة الإطار إلى مساحة الزجاج، ونوع العازل المستخدم لجدران المنزل والحيز الشمسي، وكمية الهواء المتبادل بين الحيز الشمسي والمنزل. لذلك فقد تم دراسة 6 حالات وفي كل حالة تم إجراء تغيير لأحد العوامل بغية الحصول على النموذج الأمثل. يبين الجدول 1 الحالات قيد الدراسة كما يبين عمود الملاحظات نوع التغيير الذي تم إجراءه.

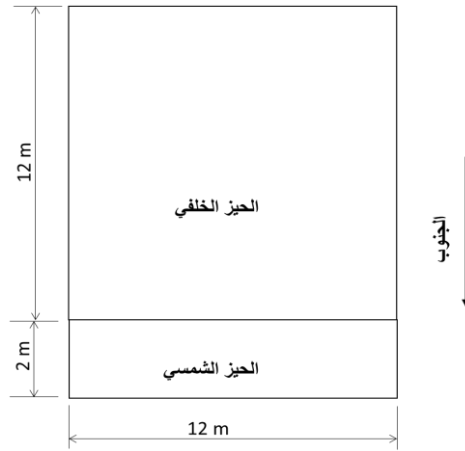
جدول 1 حالات المبنى قيد الدراسة والتحسينات المقترحة

الحالة	U	G	مساحة النافذة	نسبة الإطار	الملاحظات
-1	5.54	0.831	20	0.15	أضافة الحيز الأساسي مع النافذة
-2	5.54	0.831	20	0.15	تغيير معدل تبادل الهواء بين الحيزين من 0 إلى 30 لتر/ساعة
-3	2.82	0.64	20	0.15	تغيير معامل انتقال الحرارة الإجمالي و نفاذية للزجاج
-4	1.1	0.62	20	0.15	تغيير معامل انتقال الحرارة الإجمالي و نفاذية للزجاج
-5	1.1	0.62	40	0.15	زيادة مساحة النافذة الموجهة إلى الجنوب
-6	1.1	0.62	40	0.08	تغيير نسبة إطار النافذة

يقوم البرنامج بحساب درجات الحرارة داخل المنزل وفي الحيز الشمسي، كما يقوم بحساب الطاقة المستهلكة في التدفئة وذلك كل ساعة وخلال السنة بالكامل. تمت مقارنة النتائج عند استخدام الحيز الشمسي وبدونه كما تم مقارنة النتائج في الحالات المشار إليها في الجدول السابق.

#### 5 وصف النموذج (Model description)

تم اعتباره المبنى الافتراضي قيد الدراسة حيز واحد أبعاده  $12 \times 12$  وارتفاع 3.5، في المرحلة الثانية من الدراسة تم إضافة ما يسمى بالحيز الشمسي SUNZONE بعرض 2 متر وبنفس الارتفاع والطول وملتصق به تماما من الناحية الجنوبية. يحتوي الجدار الجنوبي للحيز الشمسي على نافذة كبيرة كما توجد نافذة مفتوحة بين الحيزين وبمساحة ( $2 \text{ m}^2$ ) انظر الشكل 3.

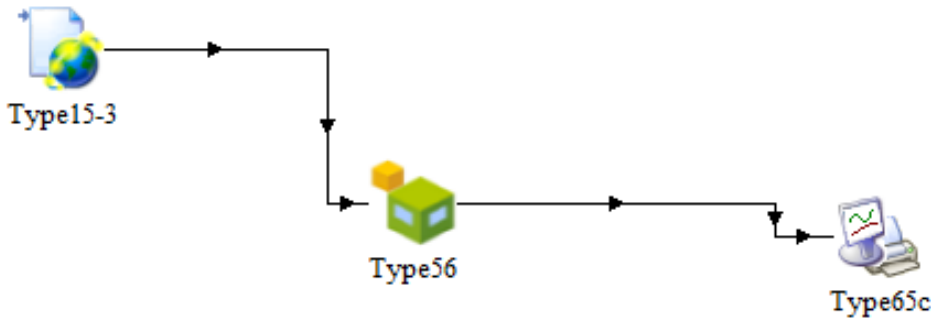


شكل 3 المبنى بعد إضافة الحيز الشمسي

## 6 المكونات الأساسية للنموذج

لإجراء محاكاة لمبنى معين يجب إضافة ثلاث مكونات أساسية لبرنامج ترانزس وهي:

- 1- مكون بيانات الطقس Type 15-3
- 2- مكون المبنى Type 56
- 3- مكون عرض البيانات الديناميكي Type65c انظر الشكل 4



شكل 4 ربط نموذج المبنى بنموذجي الطقس والعرض الديناميكي

## 1.6 قارئ ملفات الطقس نوع "Type 15-3"

يحتوي برنامج ترانزس على الكثير من الخوارزميات لقراءة ملفات الطقس المتنوعة، وقد تم اختيار قارئ ملفات الطقس نوع "Type 15-3" الذي يمكنه قراءة ملفات الطقس من نوع "EPW" المتوفرة بشكل واسع. وقد تم اختيار ملف الطقس لمنطقة نالوت الذي تم الحصول عليه من موقع Climate.OneBuilding.Org [17] الذي يوفر البيانات المناخية لمحاكاة الأداء الحراري للمباني بعدة صيغ.

وبعد تحديد نوع قارئ بيانات الطقس وتحديد الملف الذي يحتوي على بيانات الطقس للمنطقة المقترح دراستها يجب تحديد عدد الأسطح المزمع دراستها، ففي الضبط الأولي للقارئ يوجد سطح واحد فقط، ولدراسة أي مبنى يجب إضافة الأسطح الممكن تعرضها لأشعة الشمس. وفي حالة المبنى قيد الدراسة يجب زيادة على الأسطح إلى 5 أسطح منها 4 رأسية وسطح أفقي يمثل السقف ، كما يجب ضبط اتجاهاتها و زاوية الميل لكل سطح.

## 2.6 مكون المبنى Type 56

يعتبر المكون Type 56 هو الأداة الرئيسية لربط برنامج ترانزس ببرنامج TRNBuild. وللقيام بتصميم المبنى يجب الدخول إلى برنامج TRNBuild، وإضافة جميع مكونات المبنى وكل ما يتعلق به.

وللحصول على القيم الفعلية للإشعاع الساقط لكل جدار من المبنى على مدار السنة، يجب توصيل جدران المبنى بالأسطح التي تم تعريفها في قارئ الطقس نوع Type 56 كل حسب اتجاهه. كما يمكن تحديد النتائج الضرورية المطلوبة عن طريق البرنامج TRNBuild وربطها بالرسام المباشر عن طريق Type 56.

## 3.6 تصميم الأسطح المكونة لجدران المبنى

تم اختيار ثلاث طبقات للسطح المستخدم كجدار للمبنى، وهي عبارة عن طبقتين من ملاط الاسمنت بسمك 1 سم من الخارج والداخل وطبقة بينهما من طوب البناء الاسمنتي بسمك 20 cm، فكان معامل التوصيل الحراري الشامل  $2.653 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . أما السقف فكان عبارة عن طبقتين أحدهما خرسانة بسمك 12 cm ، والأخرى ملاط بسمك 1 cm ، وكان معامل التوصيل الحراري الشامل  $4.268 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  أما الأرضية فكانت عبارة عن طبقة الرمل بسمك 50 cm وطبقة من الإسمنت بسمك 5 cm وطبقة من السراميك بسمك 0.5 cm وكان معامل التوصيل الحراري الإجمالي  $1.096 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

## 4.6 تصميم زجاج النوافذ المستخدمة

نظرا للحاجة لإضافة نافذة للحيز الشمسي فإنه يتطلب إضافة نوع النافذة المستخدمة، وقد تم اختيار نافذة بطبقة واحدة سمكها 6mm وبمعامل انتقال حرارة إجمالي  $U= 5.69 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  ونفاذية  $g=0.82$ ، أما الإطار فكانت نسبته 15%، كما تم تصميم نافذة مفتوحة لإضافتها إلى الجدار الفاصل بين الحيز الخلفي والحيز الشمسي، فكان معامل انتقال الحرارة الإجمالي  $U= 5.68 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ، ونسبة الإطار 15%

## 5.6 الرسام المباشر Online Plotter

لغرض عرض النتائج وتخزينها فقط تم اختيار الرسام المباشر من نوع "Type 65c" الذي يمكنه القيام بعرض ديناميكي مرئي لحظي للنتائج المطلوبة، كما يقوم بتخزين هذه البيانات على ملف نصي لمزيد من التحليل.

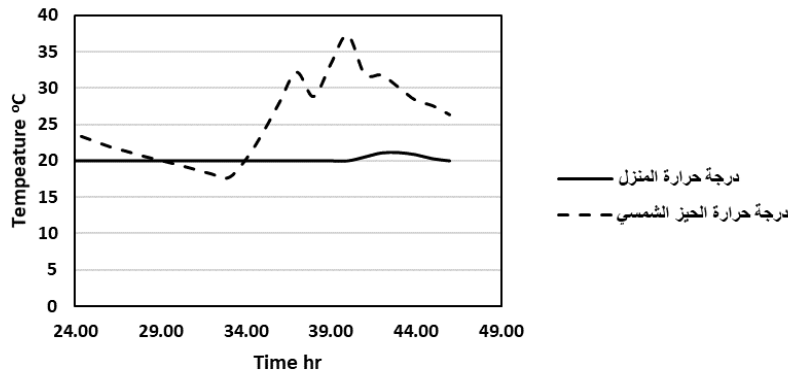
## 6.6 ضبط زمن انشغال المبنى

تم ضبط زمن انشغال المبنى يوما كاملا ولجميع أيام الأسبوع، وهذه طبيعة استخدام المباني السكنية في مجتمعاتنا، وذلك من خلال نافذة "Schedule Type Manger" في برنامج TRNBuild.



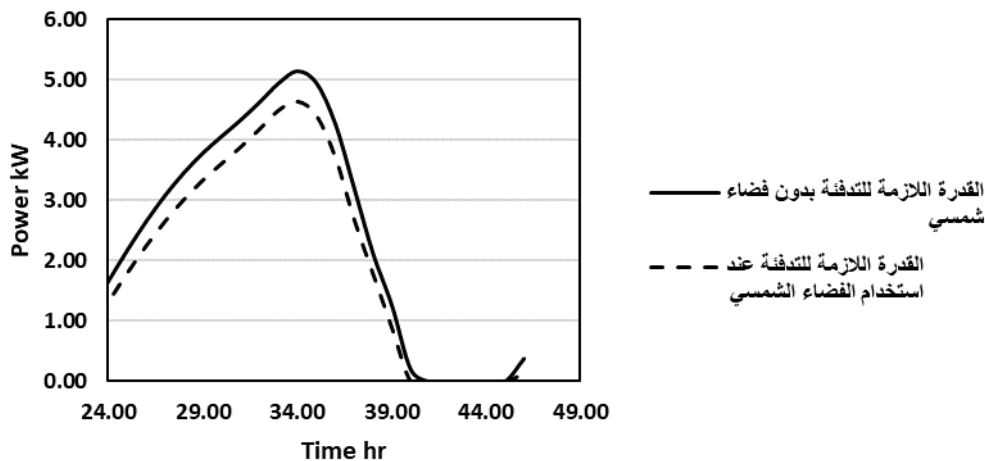
## 7 النتائج والمناقشة

يبين الشكل 5 تغير درجات الحرارة داخل الحيز الشمسي والمنزل خلال يوم كامل وقد تم اختيار الفترة من 24 - 48 ساعة حتى يدخل في الاعتبار تأثير اليوم السابق. يظهر بوضوح ارتفاع درجة حرارة الهواء داخل الحيز الشمسي حيث تصل إلى حوالي  $37^{\circ}\text{C}$  عند الساعة 16:00، بينما تنخفض إلى  $17^{\circ}\text{C}$  في فترة الصباح بينما تبقى درجة حرارة المنزل مستقرة عند حوالي  $20^{\circ}\text{C}$  بسبب استخدام أجهزة التدفئة عند انخفاض درجة حرارتها.



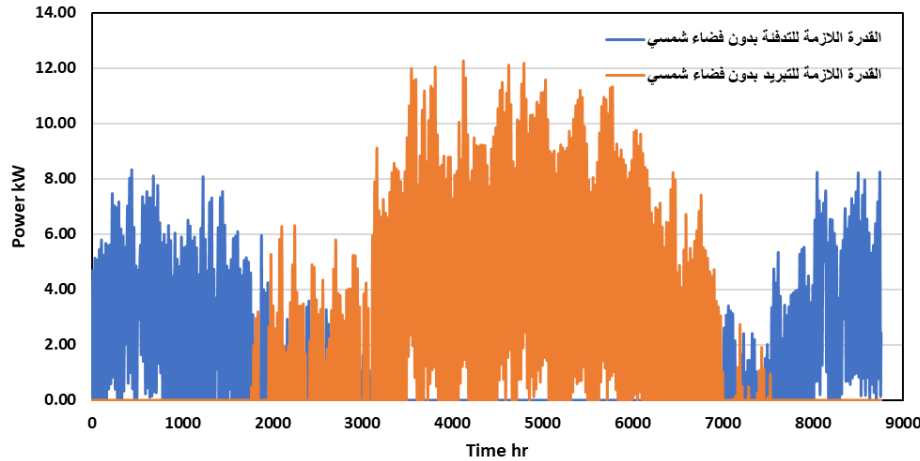
شكل 5 درجات الحرارة للمنزل والحيز الشمسي خلال 24 ساعة

كما يبين الشكل 6 القدرة اللازمة للتوفير الراحة الحرارية داخل المنزل خلال يوم كامل في حالتها المبنى المرجعي وعند استخدام الحيز الشمسي، حيث تصل أقصى قدرة إلى حوالي  $5.2\text{ kW}$  عند الساعة 9:00 في حالة المبنى المرجعي وحوالي  $4.7\text{ kW}$  في حالة استخدام الحيز الشمسي، أي انخفاض في معدل الاستهلاك حوالي 9.6% انظر ال. Error! Reference source not found.



شكل 6 القدرة اللازمة لتدفئة المنزل في حالة وجود الحيز الشمسي وبدونه خلال 24 ساعة

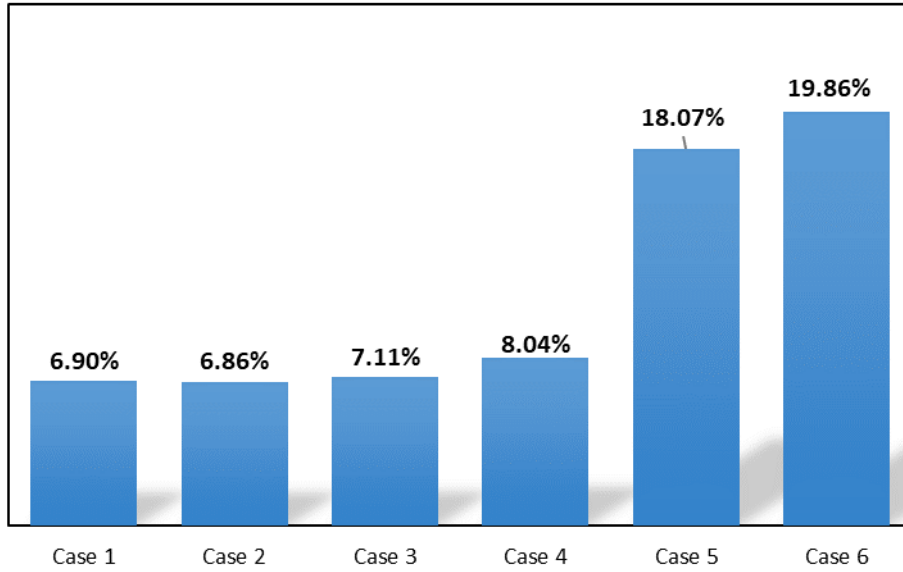
يبين الشكل 7 محاكاة للأداء الحراري للمنزل المرجعي على مدار السنة ويبين معدل كمية الطاقة الحرارية اللازمة للتوفير الراحة الحرارية داخل المنزل على مدار السنة، حيث يصل أقصى قدرة لازمة لتدفئة المنزل إلى حوالي 8.3 kW عند الساعة 560، بينما يصل أقصى قدرة لازمة لتبريد المنزل إلى 12.3 kW عند الساعة 4123.



شكل 7 محاكاة الأداء الحراري للمنزل بدون استخدام الحيز الشمسي خلال السنة بالكامل

لحساب الطاقة المستهلكة خلال السنة بالكامل يمكن استخدام البيانات الرقمية التي تم تخزينها في الملف النصي، وإجراء عملية تكامل لجميع القيم الحرارية المستهلكة لكل ساعة، ومقارنة هذه الكميات لجميع الحالات قيد الدراسة، وبذلك يمكن حساب نسبة الاستفادة من الحيز الشمسي من ناحية الطاقة المستهلكة خلال السنة.

يبين الشكل 8 نسبة التوفير في الطاقة المستهلكة في الحالات المشار إليها في الجدول (1)، حيث تظهر نسبة التوفير في الحالة رقم (1) حوالي 6.9% والتي تمثل إضافة الحيز الشمسي مبدئياً، والتي تعتبر نسبة بسيطة وتحتاج لبعض التحسينات، في الحالة الثانية (2) تم السماح بتبادل الهواء مع الحيز الشمسي إلا أن تأثير ذلك كان عكسياً، لأن الهواء البارد يدخل إلى المنزل عند انخفاض درجة الحرارة أيضاً. في الحالة (3 و 4) تم تغيير نوع الزجاج للحصول على معامل انتقال حرارة أقل للحفاظ على درجة الحرارة داخل الحيز ومنعها من الانخفاض عند غياب الشمس وانخفاض درجة حرارة المحيط، فكانت نسبة الزيادة في توفير الطاقة حوالي 1% و 2% لنوعي الزجاج، علماً بأن تغيير نوع الزجاج له عامل سلبي آخر وهو انخفاض النفاذية. في الحالة رقم (5) تم زيادة مساحة النافذة من 20 m<sup>2</sup> إلى 40 m<sup>2</sup>، مما أثر تأثيراً كبيراً في توفير الطاقة من 8% إلى 18%، مما يدل على أن تأثير حجم النافذة على الأداء الحراري كبير جداً. في الحالة رقم (6) تم تغيير نسبة الإطار إلى الزجاج وهو عامل تصحيحي منطقي لأن نسبة الإطار إلى النافذة تعتمد على حجم النافذة.

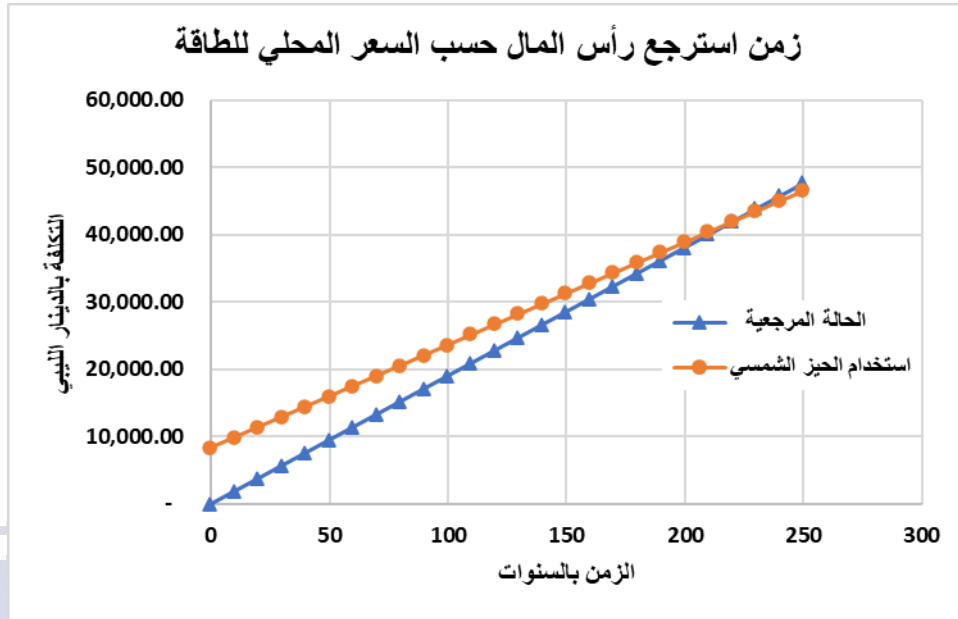


شكل 8 نسبة التوفير في الطاقة المستهلكة في الحالات قيد الدراسة

تشير نتائج المحاكاة الحرارية التي تم إجراؤها على مدار عام واحد إلى أن إجمالي استهلاك الطاقة المطلوب لأحمال التدفئة قد انخفض بمقدار 1895 كيلو وات ساعة ، أي 20٪ عند استخدام الحيز الشمسي واستخدام زجاج ذو عامل حراري 1.1 ونفاذية تساوي 0.62.

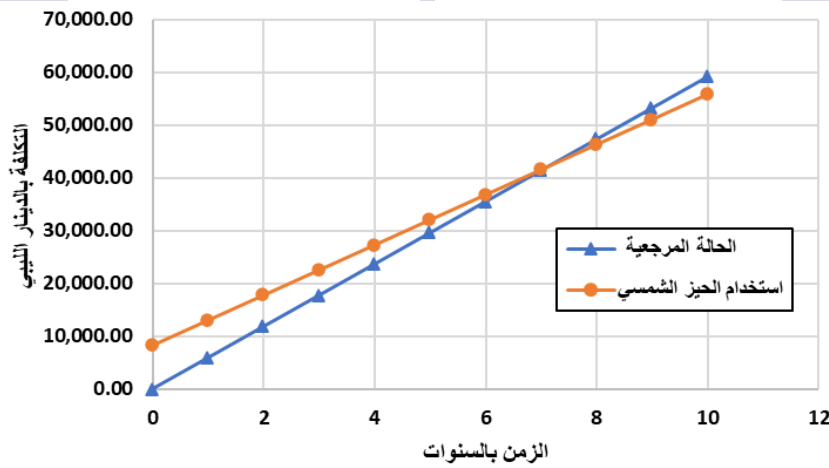
لمعرفة الجدوى الاقتصادية لاستخدام الحيز الشمسي، تم حساب زمن استرجاع رأس المال المستخدم في بناء الحيز الشمسي، وذلك باعتبار مساحة مسقوف 24 متر وباعتبار سعر البناء الحالي الذي يساوي حوالي 350 دينار للمتر، فإن سعر بناء الحيز قد يصل إلى 8400 دينار، مع ملاحظة أنه لم يتم احتساب تكاليف صيانة معدات التدفئة التي قد تخفض من زمن استرجاع رأس المال للحيز الشمسي.

بين الشكل 9 زمن استرجاع رأس المال - الذي تم انفاقه على الاستثمار في بناء الحيز الشمسي- والذي ينتج من الاقتصاد في الطاقة المستهلكة، وباعتبار السعر المحلي للطاقة الذي يقدر 20 درهم/ كيلووات ساعة، حيث يظهر أن فترة استرجاع رأس المال طويلة جداً، والتي تصل 222 سنة عند استخدام الحيز الشمسي، وهذا قد يشجع على الاستثمار في بناء حيز شمسي أو عزل المبنى حرارياً، ويرجع ذلك إلى تديني أسعار الطاقة في ليبيا نتيجة الدعم الحكومي لشركات المنتجة للكهرباء.



شكل 9 زمن استرجاع رأس المال حسب السعر المحلي للطاقة

وعند مقارنة فترة استرجاع رأس المال حسب الأسعار العالمية للطاقة فإنها تنخفض إلى سبع سنوات تقريباً، عند الحالة المثلى وهي الحالة رقم 6 انظر الشكل 10.



شكل 10 زمن استرجاع رأس المال حسب السعر العالمي للطاقة

## 8 خاتمة

يهدف هذا العمل إلى دراسة مساهمة الحيز الشمسي في تقليل استهلاك الطاقة في منزل تقليدي في منطقة نالوت في جبل نفوسة في ليبيا. في المرحلة الأولى تم تطوير نموذج لمنزل تقليدي مساحته 144 متر مربع وفي المرحلة الثانية تم إضافة حيز شمسي ملتصق بالمنزل ومتصل به من خلال نافذة مفتوحة ومحاكاة الحالتين عددياً باستخدام برنامج TRNSYS ومقارنة النتائج.

تشير نتائج المحاكاة الحرارية التي تم إجراؤها على مدار عام واحد إلى أن إجمالي استهلاك الطاقة المطلوب لأحمال التدفئة قد انخفض بمقدار 1895 كيلو واط في الساعة، أي 20٪ عند استخدام الحيز الشمسي واستخدام زجاج ذو عامل حراري 1.1 ونفاذي تساوي 0.62 وبدون استخدام أي نوع من العوازل الحرارية.

إن خفض الطاقة السنوية المستهلكة في التدفئة سيكون لها تأثير مباشر على خفض القدرة المستهلكة خاصة في أوقات الذروة، والذي سيؤثر إيجاباً على استقرار الامداد بالطاقة الكهربائية، وخفض ساعات طرح الأحمال إلى الصفر، إلا أن طول فترة استرجاع رأس المال التي تصل 222 سنة عند استخدام الحيز الشمسي لا تشجع المواطن على الاستثمار في بناء حيز شمسي أو عزل المبنى حرارياً، ويرجع ذلك إلى الدعم الحكومي لأسعار الطاقة في ليبيا. فعند مقارنة فترة استرجاع رأس المال حسب الأسعار العالمية فإنها تنخفض إلى سبع سنوات فقط. إلا أن بعض المباني قد تحتوي على شرفات مواجهة للشمس فيمكن استخدامها كحيز شمسي بإضافة النوافذ الزجاجية المعزولة جيداً، مما يخفف من زمن استرجاع رأس المال.

#### 9 التوصيات

- 1- المزيد من البحث عن طرق استخدام أنظمة الطاقة السالبة الاقتصادية التي تناسب الظروف المحلية.
- 2- استخدام برامج المحاكاة التي تعطي نتائج لحظية وتكاملية على مدار السنة، مما يقلل من الجهد والوقت.
- 3- العمل على توفير بيانات الطقس من مصادر موثوقة لجميع المدن الليبية، على أن تكون متاحة للباحثين والطلبة.
- 4- تشجيع المواطنين على خفض استهلاك الطاقة الكهربائية عن طريق استخدام أنظمة الطاقة المتجددة.

#### 10 المراجع

- [1] L. Pajek, J. Potočnik, and M. Košir, 'The effect of a warming climate on the relevance of passive design measures for heating and cooling of European single-family detached buildings', *Energy and Buildings*, vol. 261, p. 111947, Apr. 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2022.111947.
- [2] M. Kadri, A. Bouchair, and A. Laafer, "'The contribution of double skin roof coupled with thermo reflective paint to improve thermal and energy performance for the 'Mozabit' houses: Case of Beni Isguen's Ksar in southern Algeria'", *Energy and Buildings*, vol. 256, p. 111746, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111746.

- [3] 'The heating effect of the additional solar house to classroom in the cold region---A case study of an elementary school', *Energy Procedia*, vol. 14, pp. 1193–1198, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2011.12.1075.
- [4] *Passive Solar Journal: Official Journal of the Passive Systems Division*. American Section of the International Solar Energy Society, 1982.
- [5] M. Vaseghi, M. Fazel, and A. Ekhlasi, 'Numerical investigation of solar radiation effect on passive and active heating and cooling system of a concept museum building', *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 19, p. 100582, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.tsep.2020.100582.
- [6] 'Collaborative optimization between passive design measures and active heating systems for building heating in Qinghai-Tibet plateau of China', *Renewable Energy*, vol. 147, pp. 683–694, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.09.031.
- [7] 'Multi-objective optimization of energy performance for a detached residential building with a sunspace using the NSGA-II genetic algorithm', *Solar Energy*, vol. 224, pp. 1426–1444, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.solener.2021.06.082.
- [8] 'Influence of sunspace on energy consumption of rural residential buildings', *Solar Energy*, vol. 211, pp. 336–344, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.09.043.
- [9] 'Study of the effect of sun patch on the transient thermal behaviour of a heating floor in Algeria', *Energy and Buildings*, vol. 133, pp. 257–270, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.09.066.
- [10] 'Energy savings using sunspaces to preheat ventilation intake air: Experimental and simulation study', *Journal of Building Engineering*, vol. 40, p. 102343, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.job.2021.102343.
- [11] M. J. Suárez López, S. S. Castro, A. N. Manso, and E. B. Marigorta, 'Heat collection in an attached sunspace', *Renewable Energy*, vol. 145, pp. 2144–2150, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.07.137.
- [12] G. Allesina, C. Ferrari, A. Muscio, and S. Pedrazzi, 'Easy to implement ventilated sunspace for energy retrofit of condominium buildings with balconies', *Renewable Energy*, vol. 141, pp. 541–548, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.04.037.
- [13] G. Chiesa, M. Simonetti, and G. Ballada, 'Potential of attached sunspaces in winter season comparing different technological choices in Central and

- Southern Europe', *Energy and Buildings*, vol. 138, pp. 377–395, Mar. 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.12.067.
- [14] L. T. Terziotti, M. L. Sweet, and J. T. McLeskey, 'Modeling seasonal solar thermal energy storage in a large urban residential building using TRNSYS 16', *Energy and Buildings*, vol. 45, pp. 28–31, 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2011.10.023.
- [15] N. Sommerfeldt, G. Schön, N. Sommerfeldt, and H. Madani, 'Investigation of PV/Thermal Collector Models for use with Ground Source Heat Pumps in Transient Simulations', Jan. 2016, pp. 1–12. doi: 10.18086/eurosun.2016.08.19.
- [16] G. Datta, 'Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal performance of building by TRNSYS simulation', *Renewable Energy*, vol. 23, no. 3, pp. 497–507, 2001, doi: 10.1016/S0960-1481(00)00131-2.
- [17] 'climate.onebuilding.org'. <https://climate.onebuilding.org/> (accessed Apr. 19, 2022).
- [18] 'PVGIS Photovoltaic Geographical Information System'. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en) (accessed Mar. 17, 2022).

