

هل يجب أن نشعر بالقلق إزاء الجزر الحرارية في المدن؟

أفيتار آريل

معاهد جاكوب بلوستين لبحوث الصحراء ،

جامعة بن غوريون في النقب

erell@bgu.ac.il



طرق مختلفة للتعامل مع الجزر الحرارية في المدن – حيث يتم التعبير عن المساهمة الرئيسية للأشجار في الراحة الحرارية للمشاة في الشارع من خلال توفير الظل، بينما يقل اللون الأبيض للمنازل في الجزر اليونانية من العبء (الحمل) الحراري في الشقق، ولكنه يخلق سطوعًا ويزيد من العبء الحراري على المشاة في الأزقة. ويعتبر استخدام الغطاء النباتي أكثر نجاحًا، حتى لو كان أقل جمالاً. مثل جادة حين في تل أبيب مقارنة بشارع في سانتوريني (באדיבות ויקימדיה) من اليمين، Ali and Liz Baecker، فليקר 2.0 CC BY-NC من اليسار

ملخص

أدت المخاوف بشأن التأثير المشترك للاحتراز العالمي والجزر الحرارية في المدن إلى عدد غير قليل من الدراسات، والتي ساعدت في صياغة وثائق وتوصيات للسياسة بشأن "تخفيف حرارة الجزر الحرارية في المدن" من قبل هيئات متنوعة، مثل الاتحاد الأوروبي أو سلطة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية. وكان المبرر لتنفيذ مثل هذه السياسات هو الافتراض بأن خفض درجات حرارة في المدن سيؤدي إلى توفير الطاقة اللازمة لتكييف المباني (التدفئة والتبريد)، من أجل الحصول على الراحة الحرارية للمشاة في المناطق المدنية، وتقليل الوفيات أثناء موجات الحر الاستثنائية وخفض مستويات الأوزون في هواء المدينة.

لا شك أن هناك علاقة ارتباط قوية بين ارتفاع درجات حرارة الهواء وكم الآثار السلبية. ومع ذلك، تُظهر الدراسات البحثية التي درست جوانب مختلفة من المناخ المحلي للمدينة أن السياسات التي تركز على خفض درجة حرارة الهواء - بالرغم من الرغبة فيها - قد تؤدي إلى تنفيذ تدابير غير فعالة في أحسن الأحوال، وفي أسوأ الأحوال تؤدي إلى نتائج غير مرغوب فيها. ومن ناحية أخرى، يمكن بالتأكيد تحديد تدابير التي ستؤدي إلى تحسين الراحة الحرارية أو تقليل استهلاك الطاقة حتى وبدون انخفاض كبير في درجة حرارة الهواء. لذلك، يجب على المرء أن يفهم الآثار المُجمعة لحجم الشوارع، وكثافة البناء، ونوعية مواد الأرصفة، والنباتات من أنواع مختلفة على المناخ المحلي في المدينة، بالنظر إلى المناخ الإسرائيلي المتنوع، بالإضافة إلى الجهود المبذولة لتصميم المدن في بيئة حساسة للمياه.

مقدمة

يتسبب البناء في المدن إلى تغيرات في الأحوال الجوية السائدة فيها، مثل انخفاض متوسط سرعة الرياح. أول من لاحظ أن درجة حرارة الهواء في المدينة تكون أحياناً أعلى من درجة الحرارة في الريف هو على الأرجح صاحب الفنادق الأمريكي الشهير ويبستر [7]. ورداً

على ادعاء توماس جيفرسون بشأن التغير المناخي المزعم الذي حدث في الولايات المتحدة، أفاد ويبستر في وقت مبكر من عام 1799 أن التفسير للظاهرة التي وصفها الرئيس المستقبلي للولايات المتحدة، هو أن درجات الحرارة في وسط مدينة نيويورك كانت أعلى مما كانت عليه في الليل. إلا أن عالم الأرصاد الإنجليزية هوارد لوقا كان أول من وثق الاختلافات بين الظروف في المدينة والقريبة على مدى فترة طويلة من الزمن، وكان كتابه عن مناخ مدينة لندن [17] الذي نشر عام 1820 بمثابة حجر الزاوية في بحوث مناخ المدينة.

تظهر الفروق في درجات الحرارة بين المدينة والقريبة في ثلاثة مؤشرات [12]. أولاً، درجة حرارة سطح الأرض، وكما تبدو في الصور الحرارية للأقمار الصناعية، أعلى في المناطق المبنية أو الشوارع الإسفلتية من المناطق المغطاة بالنباتات. وتتأثر درجة حرارة الهواء عند أطراف المناطق المبنية، والتي هي الجزء السفلي من الغلاف الجوي (من 200 وحتى ارتفاع حوالي 1000 متر، اعتماداً على استقرار الغلاف الجوي وارتفاع المباني) باختلاف مميزات سطح الأرض، وعادة ما تكون أعلى فوق المدينة. وتكون درجة حرارة الهواء في طبقة مظلة المدينة، التي هي الجزء السفلي من حدود طبقة الغلاف الجوي (حتى ارتفاع أسطح المباني تقريباً)، أعلى أيضاً مما هي عليه في المساحة غير المبنية. وستركز هذه المراجعة على المؤشر الثالث الذي له تأثير حقيقي ومباشر على حياتنا.

بحث العديد من الدراسات على مر السنين أسباب تكون الجزر الحرارية في المدن. وقيل إن درجة حرارة المدينة أعلى من حولها للأسباب التالية: زيادة امتصاص الإشعاع الشمسي أثناء الانعكاسات المتكررة بين جدران المباني؛ ثم يكون أيضاً ارتفاع مستوى الأشعة تحت الحمراء أعلى من قبة السماء بسبب تلوث الهواء؛ ثم الانبعاث الحراري المرتبط بالنشاط البشري؛ ثم انخفاض التبخر بسبب نقص الغطاء النباتي؛ ثم عدم توازن في توزيع الحرارة في الغلاف الجوي بسبب انخفاض سرعة الرياح. ومع ذلك، وجد Oke، وهو أحد أهم الباحثين في هذا المجال، أن الأسباب الرئيسية للجزر الحرارية هي انخفاض انبعاث الحرارة في إشعاع الموجة الطويلة، وزيادة تخزين الحرارة في جدران المباني وفي الأسطح المرصوفة والمعبدة، [25]. ويعتمد مدى تأثير هذين العاملين على هندسة شوارع المدينة، والتي توصف بأودية الشوارع المدينة [22]: بحيث كلما كانت الشوارع أضيق وأعمق، زادت شدة الجزر الحرارية في المدن.

من المهم جداً التأكيد على أن الجزر الحرارية في المدن، والتي يتم تمييز شدتها عادةً باختلاف درجة الحرارة بين المناطق المبنية والمناطق الريفية (ΔT_{u-r})، ليست موحدة - لا في الزمان ولا في المكان. بل تكون شدة ذروة الجزر الحرارية في ساعات المساء، وبعد ساعات قليلة من غروب الشمس. ويمكن أن يصل الفارق في درجات الحرارة بين المدينة والمناطق المحيطة بها في كثير من الأحيان إلى خمس درجات مئوية أو أكثر خلال هذه الساعات، وفي مدن مختلفة تم قياس فارق الذروة لأكثر من عشر درجات. ومع ذلك، يحدث غالباً أثناء النهار أن تكون درجة الحرارة في المدينة أقل بقليل من درجات الحرارة المحيطة بها [13]. ونشعر بالجزر الحرارية بشكل خاص في الليالي الصافية الخالية من الرياح، لأن السبب الرئيسي لتكونها هو التبريد الإشعاعي السريع في المناطق المفتوحة، بينما يكون معدل انبعاث الحرارة من أودية الشوارع المدينة أبطأ.

الأثار الضارة المحتملة للجزر الحرارية في المدن

في السنوات الأخيرة، هناك اهتمام عام وعلمي متزايد بالعواقب المحتملة لتغير مناخ الأرض. وتلقى الموضوع انطلاقة واهتمام كبيرين في أعقاب موجة الحر في أوروبا في صيف عام 2003، التي أودت بحياة عشرات الآلاف من الأشخاص. وعلى الرغم من كون تسجيل الزيادة في الوفيات بشكل رئيسي بين السكان المسنين الذين بقوا في المنزل معظم الوقت، إلا أنه يُعزى، من بين أمور أخرى، إلى حقيقة أن ارتفاع درجات الحرارة في الليل، التي تفاقمت بسبب الجزر الحرارية في المدن، حالت دون احتمال تبريد الشفق بدون تكييف، خاصة في الطوابق العلوية. وتم تسجيل زيادة في معدل الوفيات، والتي تُعزى إلى موجات الحر، في مدن أخرى حول العالم في السنوات الأخيرة، مثل نيويورك [19]، وكذلك وجد في إسرائيل أن الزيادة في درجات الحرارة تؤدي إلى زيادة في معدل الوفيات [27]. ومع ذلك، يجدر التأكيد على أنه لا توجد درجة حرارة مطلقة تؤدي إلى زيادة معدل الوفيات عندما ترتفع درجة الحرارة فوقها. وترتبط الزيادة في معدل الوفيات بالتغير النسبي عن درجة الحرارة النموذجية في كل موقع، وتم تسجيل أدنى معدل وفيات عندما كان متوسط درجة الحرارة اليومية يساوي النسبة المئوية السنوية الـ 75، تقريباً [15].

تزع بعض الدراسات أن الجزر الحرارية في المدن تؤدي إلى زيادة كبيرة في استهلاك الطاقة لتكييف الهواء. على سبيل المثال، ذكرت إحدى الدراسات بأن ارتفاع درجة حرارة الهواء في المدن الأمريكية منذ عام 1940 من 0.3 إلى 0.5 درجة مسؤول عن زيادة استهلاك الكهرباء بنسبة 5 إلى 15% [3]. ان الجزر الحرارية في المدن قد لا تؤدي إلى زيادة إجمالي استهلاك الطاقة فحسب، بل إلى إحداث زيادة في ذروة الطلب والتي تقاس في الصيف في فترة ما بعد الظهر أو في المساء [16].

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة أيضًا إلى تسريع العمليات الكيميائية في الغلاف الجوي، وخاصة تكون الأوزون عند التفاعل بين المركبات العضوية المتطايرة (VOCs) وأكاسيد النيتروجين (NOx) الناتجة عن تلوث الهواء [18]. ويساهم الأوزون الموجود في الجزء العلوي من الغلاف الجوي مساهمة حيوية بتصفية معظم الأشعة فوق البنفسجية التي مصدرها من الشمس، ولكن عندما يكون تركيزه عالي في هواء المدينة، يمكن أن يسبب زيادة في أمراض الجهاز التنفسي.

أخيرًا، بافتراض عدم حدوث أي تغيير في جميع العوامل الأخرى التي تؤثر على الراحة الحرارية، فمن الواضح أنه في الأيام الحارة، سوف تؤدي الزيادة في درجة حرارة الهواء إلى زيادة العبء الحراري الذي يشعر به المشاة.

الاستراتيجيات الممكنة للتخفيف من حرارة الجزر الحرارية في المدن

أدت الآثار السلبية لارتفاع درجة الحرارة إلى قيام هيئة حماية البيئة الأمريكية بصياغة توصيات للتخفيف من تأثير الجزر الحرارية في المدن [14]. وتشمل هذه التوصيات العديد من مسارات العمل الرئيسية:

الأسطح الباردة: تنقسم الأسطح الباردة إلى نوعين: أسطح ذات انعكاسية مرتفعة (0.6-0.8)، والتي تحافظ على درجة حرارة سطح منخفضة من خلال عكس معظم الإشعاع الشمسي، التي اعتمدت في العمارة التقليدية في بلدان البحر الأبيض المتوسط والتي شددت على تبييض الأسطح في الصيف. أما اليوم، فهم يعتمدون على الطلاء بمواد ليست بالضرورة بيضاء، ولكنها تعكس معظم الإشعاع الشمسي في موجات في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (0.5-3 ميكرون) [21]. وتحافظ الأسطح المغطاة بالنباتات، المعروفة باسم الأسطح الخضراء، على درجة حرارة منخفضة بمساعدة التبخر، على الرغم من أنها تمتص حوالي 80% من إشعاع الشمس. ففي ظل الظروف السائدة في إسرائيل، فإن مساهمة هذه الأسطح الخضراء في تبريد الشقق صغيرة جدًا بحيث لا تثير (بحد ذاتها) كمية المياه المطلوبة لريها [31]. وتعتمد مساهمة كلا النوعين من الأسطح في تقليل الجزر الحرارية في المدن بالطبع على حقيقة أنه سيتم استخدامها على نطاق واسع جدًا، في جميع أنحاء المدينة. وعلى الرغم من أن درجة الحرارة على هذه الأسطح منخفضة، إلا أن مساهمتها المحلية في خفض درجة حرارة الهواء صغيرة جدًا، وتكاد تكون غير ملحوظة على مستوى الشارع [5]، خاصةً عندما يتعلق الأمر بالمباني الشاهقة.

رصيف بارد: على غرار الأسطح الباردة، يمكن أيضًا الحصول على رصيف بارد عن طريق تركيب البلاط الفاتح اللون أو من خلال دمج النباتات، مثل "رصيف العشب". على عكس الأسطح الباردة، قد يكون للأرصفة الباردة تأثير أكبر على المناخ المحلي للشارع،

خاصة عندما يتعرض الشارع لأشعة الشمس. وقد يحدث أن درجة حرارة مواد الرصيف فاتحة اللون أقل بعشرين درجة أو أكثر مقارنة بدرجة حرارة الأسفلت المعرض لأشعة الشمس المباشرة، ولهذا السبب، قد يؤدي استخدامها أيضًا إلى تقليل درجة حرارة الهواء [20].

الغطاء النباتي: تمت دراسة تأثير الغطاء النباتي على درجة حرارة الهواء في المدينة ولربما أكثر من أي وسيلة أخرى للتخفيف من حرارة الجزر الحرارية في المدن، وأظهرت النتائج قدرًا كبيرًا من التباين.

موجز

* يتزايد الخوف من تأثيرات ظاهرة الجزر الحرارية في المدن بسبب العمليات العالمية لزيادة التحضر والاحترار العالمي.

* من أجل الحد من (تخفيف) جزر الحرارة المدنية، غالبًا ما يتم اتباع سياسة تُركز على خفض درجة حرارة الهواء في المدن.

* على الرغم من أن خفض درجة حرارة الهواء في المدن هو نتيجة مرغوبة، فإن تركيز السياسة على هذا الهدف قد يؤدي إلى استخدام تدابير غير فعالة وحتى نتائج سلبية.

* يجب إعطاء الأولوية لاختيار الإجراءات التي من شأنها تحسين الراحة الحرارية أو تقليل استهلاك الطاقة، حتى لو كانت الأشياء تأتي على حساب خفض درجة حرارة الهواء.

* يوصى باستخدام مؤشرات مركبة (مثل مؤشر العبء الحراري واستهلاك الطاقة المحدد لتكييف الهواء في المباني) لفحص تأثير بدائل السياسة ليس فقط على خفض درجة حرارة الهواء، ولكن أيضًا على توفير استهلاك الطاقة في المباني وتقليل العبء الحراري على المشاة في الشارع.

الإدارة

وتتنوع أسباب ذلك: يتأثر قياس درجة حرارة الهواء بالتعرض للإشعاع الشمسي، ومعظم المظلات المستخدمة لا تمنعه تمامًا [10]؛ ثم يختلف أنواع الغطاء النباتي، لذلك توجد متنزهات مدينية تكون فيها درجة الحرارة منخفضة أثناء النهار، والبعض الآخر يكون أكثر برودة في الليل [36]؛ ويؤثر اتجاه الرياح أيضاً على انخفاض درجة الحرارة كلما ابتعدنا عن المنطقة الخضراء يكون تأثير الغطاء النباتي محسوساً مع اتجاه الريح، ولكن الرياح المعاكسة لا يمكن الشعور بها على الإطلاق [38]. وفي مسح شامل للعديد من الدراسات الميدانية، توصل الباحثون إلى استنتاج مفاده أنه لا يمكن تحديد تأثير إضافة نباتات في مكان معين على درجة الحرارة في المنطقة المدينية بأكملها، وعلى وجه الخصوص - أنه لا يمكن فصل تأثير الغطاء النباتي عن العوامل الأخرى التي تؤثر على درجة الحرارة [6]. وتوصلت الدراسات التي أجريت في إسرائيل إلى نتائج مختلفة: في بعضها وجد أن التأثير على درجة حرارة الهواء، خفيف [29]، [30]. وفي حالات أخرى - ان النباتات، والأشجار على وجه الخصوص، قد تؤدي إلى انخفاض كبير في درجة حرارة الهواء بالقرب منها [28، 32].

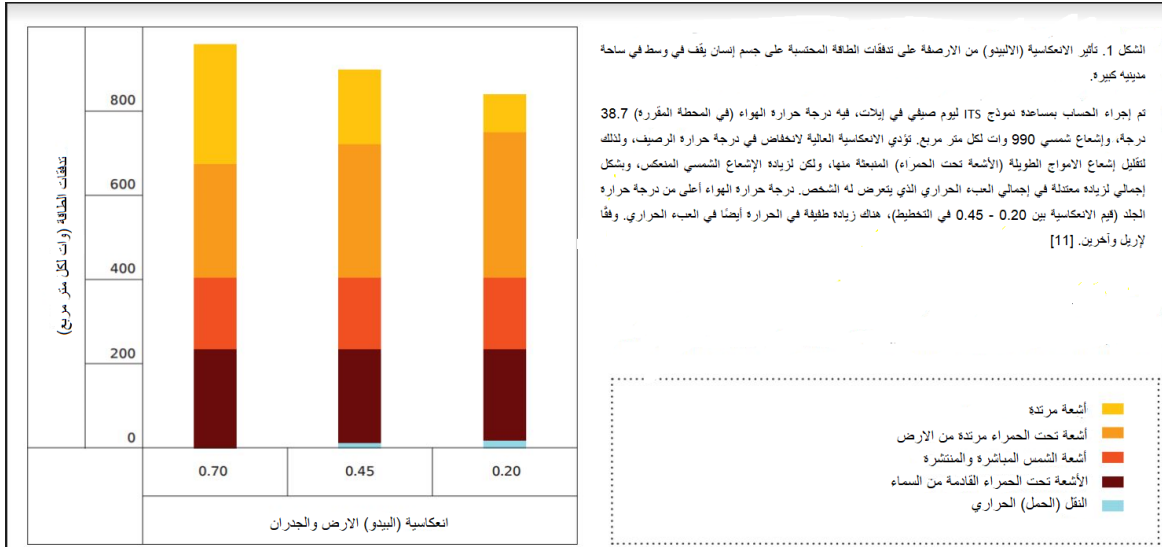


تُستخدم الخلايا الكهروضوئية لتوليد الكهرباء في جامعة ولاية أريزونا (ASU)، وتظليل أحد ممرات الحرم الجامعي الرئيسية - مساهمتها مضاعفة - حتى لو لم تؤثر على جزر الحرارة في المدن تصوير: أقتار آرنييل.

هل درجة حرارة الهواء مهمة للغاية؟

السياسة التي تهدف إلى الحد (التخفيف) من الجزر الحرارية في المدن، كما تم التعبير عنها في وثيقة صادرة عن هيئة حماية البيئة الأمريكية [14]، تفترض في الواقع أن خفض درجة الحرارة سيؤدي إلى تحقيق أهداف أكثر أهمية، مثل تقليل استهلاك الطاقة أو تقليل العبء الحراري على المشاة في الشارع. ووفقاً لذلك، يقياس نجاح الإجراءات الموصى بها من خلال قدرتها على خفض درجة حرارة الهواء. يلقي عدد من الدراسات التي أجريت في إسرائيل وحول العالم بظلال من الشك على هذا الافتراض.

قد يؤدي استخدام مواد الرصيف، ذات الألوان الفاتحة أو مع إضافة مواد ذات ألوان فاتحة على جدران المباني، إلى خفض درجة حرارة الهواء بالفعل. ان الأرصفة فاتحة اللون أقل امتصاصاً للإشعاع، وبالتالي تسخن الأرصفة بدرجة أقل وتقل معها سخونة الهواء الذي يتلامس معها. عملياً يجب أن يشعر المشاة بانخفاض العبء الحراري. ومع ذلك، فإن العبء الحراري الذي يتعرض له المشاة لا يعتمد فقط على درجة حرارة الهواء، ولكن على ميزان الطاقة الكلي، والذي يتأثر أيضاً بتوازن الإشعاع (في الموجات القصيرة والطويلة) وسرعة الرياح والرطوبة في الهواء، الذي يؤثر على تبخر العرق من الجسم [26]. لا تؤدي الأرصفة الباردة إلى انخفاض في درجة حرارة الهواء فحسب، بل تنبعث منها أيضاً أقل إشعاعات ذات الموجات الطويلة - لكن الإشعاع الشمسي المنعكس مباشرة منها يزيد بشكل كبير من العبء الحراري على المشاة. ان الشكل 1، تم إنشاؤه بمساعدة نماذج الكمبيوتر لدرجة حرارة الهواء وأسطح الأرصفة [11]، ويمكن الملاحظة ان هذه العملية لم تأتي بالإفادة. فهذه الأرصفة فاتحة اللون لا تقلل من العبء الحراري فحسب، بل إنها تؤدي في الواقع إلى ارتفاع طفيف بدرجته - على الرغم من انخفاض درجة حرارة الهواء، والتي تبين أنها معتدلة جداً. وتشير الدراسات أيضاً إلى أن استخدام الأرصفة الفاتحة جداً قد يتسبب في زيادة استهلاك الطاقة للمباني في حالات معينة: هناك زيادة في عودة الإشعاع الشمسي من الأرصفة، التي تؤدي إلى زيادة درجة حرارة الجدران أيضاً. وزيادة في تدفق الإشعاع على النوافذ [39].



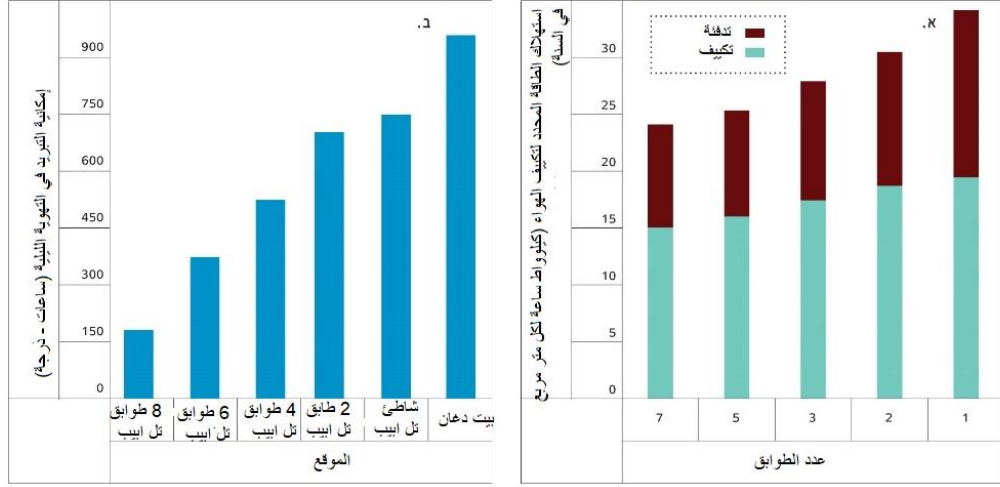
مما لا شك فيه أن زيادة أبعاد الأودية (الكانيون) المدنية (النسبة بين ارتفاع المباني وعرض الشارع - H / W) يؤدي إلى زيادة حدة جزر الحرارة في المدن ليلاً. لذلك، من المتوقع أن تؤدي إضافة طوابق للمباني القائمة، بحسب برنامج تاما 38، إلى زيادة الطلب على مكيفات الهواء في الصيف، وفي نفس الوقت إلى انخفاض في الطلب على التدفئة في فصل الشتاء. وتُظهر محاكاة الكمبيوتر التي تدرس العديد من السيناريوهات، بما في ذلك زيادة ارتفاع المباني حتى ثمانية طوابق، أنه من المتوقع بالفعل زيادة حدة جزر الحرارة في المدن في الليل بشكل كبير [9]

ومع ذلك، كما يوضح الشكل 2 أ، فإن الاستهلاك المحدد للطاقة لتكييف الهواء في مبنى سكني نموذجي (الطاقة المطلوبة للتدفئة وتكييف الهواء، ويتم قياسها بالكيلوواط في الساعة لكل متر مربع سنوياً) لن يتغير، بل في الواقع سوف ينخفض بشكل طفيف: الزيادة في استهلاك الطاقة في الصيف يقابلها جزئياً انخفاض الاستهلاك في الشتاء، وسيؤدي التظليل المتبادل بين المباني إلى تقليل العبء الحراري بينها خلال النهار. ويكمن الاختلاف الرئيسي بين السيناريوهات في تقليل الحصة النسبية للشقق في الطوابق العلوية من إجمالي استهلاك الطاقة للمبنى. هذه الشقق أكثر صعوبة للتدفئة في الشتاء والتبريد في الصيف من الشقق الموجودة في الطوابق الوسطى. ومع ذلك، من المهم التأكيد على أن عمليات المحاكاة تفترض أن الشقق مكيفة خلال ليالي الصيف، كما يفعل العديد من سكان تل أبيب بالفعل - ولكن ليس جميعهم. وإذا تم بناء المزيد من الطوابق كإضافة إلى المباني القائمة، فمن المحتمل ألا يكون هناك مهرب حقاً من تكييف الهواء في الليل، لأنه مع زيادة حدة الجزيرة الحرارية المدنية، ستختفي تماماً تقريباً إمكانية التبريد الطبيعي من خلال التهوية (الشكل 2 ب).

شكل 2. محاكاة لتأثير إضافة طوابق لمباني على شارع في تل أبيب باتجاه الشمال والجنوب.

أ. على الاستهلاك السنوي للطاقة لتكييف مبنى سكني نموذجي. تم إجراء الحساب بمساعدة برنامج ENERGYui مع بيانات مناخية مصححة تعبر عن تأثير الجزيرة الحرارية المدنية وفقاً لعدد الطوابق.

ب. حول إمكانية التبريد من خلال التهوية التبلية في يوليو، وفقاً لصيغة ARTMANN [37] فإن احساب البيانات بحسب محطة الأرصاد الجوية في بيت دغان يستخدم للمقارنة، كما يوضح الفرق بين منطقة الأراضي المنخفضة والشريط الساحلي.

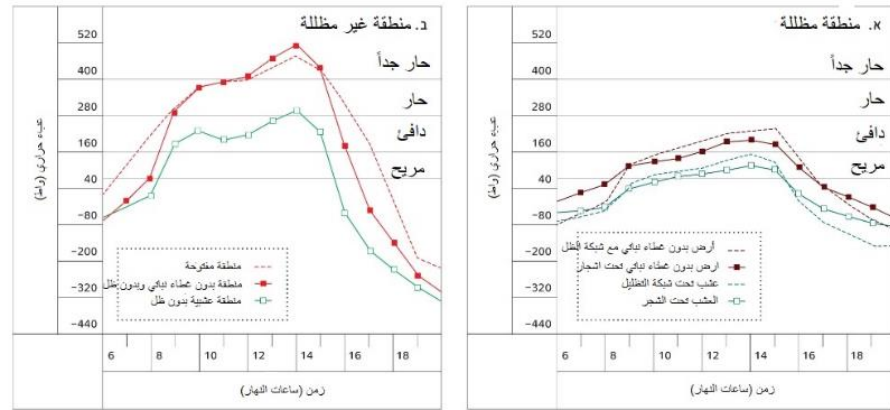


لا توجد خلافات تقريباً حول مساهمة الغطاء النباتي في تخفيف العبء الحراري على المشاة في الأيام الحارة. ومع ذلك، تركز العديد من الدراسات على مساهمة الغطاء النباتي في خفض درجة حرارة الهواء، في حين أن مساهمته الرئيسية في الراحة الحرارية هي على وجه التحديد في تغيير ميزان الإشعاع. في الدراسة التي أجريت في سديه بوكير، تم قياس الظروف المناخية في فناءين صغيرين متطابقين في الحجم وفي مميزات المباني المحيطة بهما، لكن اختلفا في الغطاء النباتي المزروع فيهما. ككل، تم فحص ستة سيناريوهات اختبرت مجموعات مختلفة من المعايير: التظليل (باستخدام شبكة الظل، أو الأشجار أو بدون ظل) والغطاء النباتي (العشب أو التربة المكشوفة والأرصعة الخرسانية). وأظهرت القياسات أن وجود الأشجار يؤدي بالفعل إلى انخفاض درجة حرارة الهواء خلال ساعات الظهيرة الحارة [33].

في المقابل، أظهر فحص مساهمتها في تخفيف العبء الحراري (الشكل 3) أن المساهمة أكبر قليلاً من مساهمة شبكة الظل، والتي لم ينتج عنها انخفاض في درجة حرارة الهواء على الإطلاق. يعود سبب تخفيف العبء الحراري بالكامل تقريباً إلى الحماية من الإشعاع الشمسي الحارق. وانه لم ينتج عن وجود العشب تغير كبير في درجة حرارة الهواء على ارتفاع متر واحد فوق سطح الأرض - ومع ذلك فقد قدم مساهمة حقيقية في الراحة الحرارية، لأن العشب البارد يبعث من الأشعة تحت الحمراء أقل من الأرض الدافئة [34].

الشكل 3. العبء الحراري المحسب (وفقاً لمؤشر ITS) في يوم صيفي تحت ظروف مختلفة أثناء التجربة في منطقة سدي بوكير.

إلى اليمين: ساحة مظلمة، فيها عشب وقسم بدونه، وعلى اليسار: منطقة مفتوحة وساحة بدون ظل، مع أو بدون عشب. كانت ظروف الجوية في جميع الحالات متماثلة تقريباً، وكان تأثير الغطاء النباتي على درجة حرارة الهواء ضئيلاً جداً. ويرجع الاختلاف في العبء الحراري والشعور بالراحة بشكل أساسي إلى مستوى التعرض للإشعاع الشمسي والإشعاع طويل الموجة المنبعث من الأرض، وفقاً لـ شاشوا بار وآخرين [34].



في البلدان التي تسقط فيها كميات كبيرة من الأمطار، فإن الغطاء النباتي في المدن لا يتطلب الري. علاوة على ذلك، ففي العديد من المدن، نظام الصرف غير مُعد للتعامل بالشكل المرجو مع مياه الجريان السطحي التي تتجمع أثناء سقوط الأمطار، وإن إضافة مناطق ذات غطاء نباتي هي لأجل تأخير تدفق المياه وخاصة في الحالات القصوى. وتتبنى السلطات البلدية في دول مختلفة التخطيط المدني المراعي للمياه من أجل توفيرها والاستفادة منها، وبالتالي يتم تحقيق مكاسب في كلا المجالين [8]. حتى في إسرائيل، يمكن تبني مبادئ المياه. [1، 2] - لكن يجب ملاءمتها مع فترات هطول الأمطار الاعتيادية - وهي موسم ممطر قصير نسبيًا مع أحداث مطر غزيرة، يليها موسم حار وجاف وطويل.

وجدت التجربة في سدي بوك [33] أن البديل الأكثر فعالية في اختبار تحسين الراحة الحرارية فيما يتعلق بكمية الري اللازمة للحفاظ على الغطاء النباتي، هو زراعة أشجار الظل. وكانت الأسطح العشبية غير المظللة، على الرغم من أنها حسنت الراحة الحرارية، إلا أنها تحتاج لكميات كبيرة من المياه. ومن الممكن الاستفادة من الغطاء النباتي الموقر للمياه مقارنة بالعشب، والتي تستند إلى النباتات العسارية، ولا يزال من الممكن الاستفادة من تحسين كبير في الراحة الحرارية [35].

تلخيص واستنتاجات

تعد جزر الحرارة في المدن من أبرز مظاهر تأثير الإنسان على الظروف المناخية. ففي العديد من الدراسات يتم التعامل معها على أنها ظاهرة سلبية يجب التخفيف من حدتها. وفي الواقع، في بلد تنعم فيه الشمس بمناخ حار مثل إسرائيل، يجب التعامل مع عواقب هذه الظاهرة. إلا أن التأقلم الفعال ممكن فقط إذا حددنا الأهداف العملية لأفعالنا بشكل صحيح. هذه الإجراءات تُشجّع بالتأكيد من توفير الطاقة في المباني وتقلل من العبء الحراري على المشاة في الشارع. إن تحديد هدف خفض درجة حرارة الهواء يساعد في تحقيق هذه الأهداف، ولكنه قد يؤدي أيضًا إلى تنفيذ خطوات غير مناسبة أو تفسير غير صحيح لعواقب السياسات في مجالات أخرى، مثل تكثيف البناء في المدى المدني لتقليل توسع المدن نحو المناطق المفتوحة. لذلك، من الأفضل استخدام مؤشرات أكثر تعقيدًا، مثل مؤشر الإجهاد الحراري أو استهلاك طاقة مخصصة لتكييف المباني، ودراسة كل بديل وفقًا لتأثيره على هذه عوامل.

على عكس التدابير التي تحاول التعامل مع تغير المناخ العالمي، فإن التحركات الرامية إلى الحد من تأثير مناخ المدينة قد تكون ناجحة على المستوى المحلي على المدى القصير حتى بدون تعاون عالمي. ومن ناحية أخرى، قد يؤدي عدم اتخاذ الإجراءات المناسبة، بدءًا من مالك المنزل الخاص وانتهاءً بالسلطة البلدية، إلى معاناة البيئة السكنية من ظروف بيئية متدنية.

مصادر:

1. **مشرد הבינוי והשיכון, مشرد החקלאות ופיתוח הכפר והמשרד לאיכות הסביבה. 2004.**
מדריך לתכנון ובנייה משמרת נגר עלי.
2. **שמיר א וכרמון נ. 2007. תר"ם – תכנון רגיש למים: שילוב שיקולי מים בתכנון עירוני ואזורי.**
مشرد הבינוי והשיכון ומוסד הטכניון בע"מ.
3. **Akbari H, Pomerantz M, and Taha H. 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy* 70: 295-310.**
4. **Artmann N, Manz H, and Heiselberg P. 2007. Climatic potential for passive cooling of buildings by night-time ventilation in Europe. *Applied Energy* 84: 187-201.**
5. **Botham-Myint D, Recktenwald GW, and Sailor DJ. 2015. Thermal footprint effect of rooftop urban cooling strategies. *Urban Climate* 14(Part 2): 268-277.**

- Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, and Pullin AS. 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* **97**: 147-155. .6
- Cerveny R. 2009. Noah Webster: Lexicographer, Climatologist. *Weatherwise* July/August: 38-43. .7
- Coutts AM, Tapper NJ, Beringer J, et al. 2013. Watering our cities: The capacity for Water Sensitive Urban Design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context. *Progress in Physical Geography* **37**: 2-28. .8
- Erell E and Kalman Y. 2015. Impact of increasing the depth of urban street canyons on building heating and cooling loads in Tel Aviv, Israel. ICUC9 – The 9th International Conference on Urban Climate; July 20–24 2015; Toulouse, France. .9
- Erell E, Leal V, and Maldonado E. 2005. Measurement of air temperature in the presence of a large radiant flux: An assessment of passively ventilated thermometer screens. *Boundary-Layer Meteorology* **114**: 205-231. .10
- Erell E, Pearlmutter D, Boneh D, and Bar Kutiel P. 2014. Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons. *Urban Climate* **10**(Part 2): 367-386. .11
- Erell E, Pearlmutter D, and Williamson T. 2011. Urban microclimate – Designing the spaces between buildings. London: Earthscan. .12
- Erell E and Williamson T. 2007. Intra-urban differences in canopy layer air temperature at a mid-latitude city. *International Journal of Climatology* **27**: 1243-1255. .13
- Ferguson B, Fisher K, Golden J, et al. 2008. Reducing urban heat islands: Compendium of strategies: Cool paving. www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium. .14
- Guo Y, Gasparrini A, Armstrong B, et al. 2014. Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: A systematic evaluation. *Epidemiology* **25**: 781-789. .15
- Hassid S, Santamouris M, Papanikolaou N, et al. 2000. The effect of the Athens heat island on air conditioning load. *Energy and Buildings* **32**: 131-141. .16
- Howard L. 1820. London: The Climate of London. .17

- Jacob DJ and Winner DA. 2009. Effect of climate change on air quality. *Atmospheric Environment* **43**: 51-63. .18
- Klein Rosenthal J, Kinney PL, and Metzger KB. 2014. Intra-urban vulnerability to heat-related mortality in New York City, 1997–2006. *Health & place* **30**: 45-60. .19
- Laaidi K, Zeghnin A, Dousset B, et al. 2012. The impact of heat islands on mortality in Paris during the August 2003 heat wave. *Environmental Health Perspectives* **120**: 254-259. .20
- Levinson R, Akbari H, and Reilly J. 2007. Cooler tile-roofed buildings with near-infrared-reflective non-white coatings. *Building and Environment* **42**: 2591-2605. .21
- Nunez M and Oke TR. 1977. The energy balance of an urban canyon. *Journal of Applied Meteorology* **16**: 11-19. .22
- Oke TR. 1973. City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment* **7**: 769-779. .23
- Oke TR. 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **108**: 1-24. .24
- Oke TR. 1981. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology* **1**: 237-254. .25
- Pearlmutter D, Berliner P, and Shaviv E. 2007. Integrated modeling of pedestrian energy exchange and thermal comfort in urban street canyons. *Building and Environment* **42**: 2396-2409. .26
- Peretz C, Biggeri A, Alpert P, and Baccini M. 2011. The effect of heat stress on daily mortality in Tel Aviv, Israel. In: Fernando HJS, Klaić Z, and McCulley JL (Eds). National security and human health implications of climate change, Netherlands: Springer. .27
- Potchter O, Cohen P, and Bitan A. 2006. Climatic behavior of various urban parks during hot and humid summer in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. *International Journal of Climatology* **26**: 1695-1711. .28
- Saaroni H, Bitan A, Ben Dor E, and Feller N. 2004. The mixed results concerning the 'oasis effect' in a rural settlement in the Negev Desert, Israel. *Journal of Arid Environments* **58**: 235-248. .29

- Schiller G and Karschon R. 1974. Microclimate and recreational value of tree plantings in deserts. *Landscape Planning* **1**: 329-337. .30
- Schweitzer O and Erell E. 2014. Evaluation of the energy performance and irrigation requirements of extensive green roofs in a water-scarce Mediterranean climate. *Energy and Buildings* **68**(Part A): 25-32. .31
- Shashua-Bar L and Hoffman M. 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings* **31**: 221-235. .32
- Shashua-Bar L, Pearlmutter D, and Erell E. 2009. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning* **92**: 179-186. .33
- Shashua-Bar L, Pearlmutter D, and Erell E. 2011. The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology* **31**: 1498-1506. .34
- Snir K, Pearlmutter D, and Erell E. 2016. The moderating effect of water-efficient ground cover vegetation on pedestrian thermal stress. *Landscape and Urban Planning* **152**: 1-12. .35
- Spronken-Smith RA and Oke TR. 1998. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing* **19**: 2085-2104. .36
- Synnefa A, Dandou A, Santamouris M, et al. 2008. On the use of cool materials as a heat island mitigation strategy. *Journal of Applied Meteorology & Climatology* **47**: 2846-2856. .37
- Upmanis H and Chen D. 1999. Influence of geographical factors and meteorological influences on nocturnal urban-park temperature differences – A case study of summer 1995 in Goteborg, Sweden. *Climate Research* **13**: 125-139. .38
- Yaghoobian N, and Kleissl J. 2012. Effect of reflective pavements on building energy use. *Urban Climate* **2**: 25-42. .39