الجزر الحرارية في مدينة الإسكندرية
دراسة في المُناخ التطبيقي

الجزر الحرارية في مدينة الإسكندرية
دراسة في المُناخ التطبيقي

صادر عن الإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والاجتماعية2024
الحقوق محفوظة بموجب رخصة المشاع الإبداعي: نسب المصنف غير تجاري
-منع الاشتقاق / الإصدارة 4,0

المحتويات

مقدمة

مفاهيم ومصطلحات علمية

كيف تعمل الجزر الحرارية؟

الظروف البشرية في مدينة الإسكندرية:

- السكان
- النشاط الصناعي
- النقل والمواصلات وحرق الوقود
- نمط استخدام الأراضي

درجات الحرارة واتجاهاتها في مدينة الإسكندرية:

- منطقة شرق
- منطقة وسط
- منطقة غرب

خاتمة: التحول من مناخ بحري إلى مناخ شبه قاري

التوصيات

مقدمة

في السنوات الأخيرة، فرضت الظروف الطبيعية على الإنسان ضرورة متابعة التغيرات الملموسة والواضحة في المناخ. إذ وصلت درجات الحرارة إلى مستوياتٍ غير مسبوقة في التاريخ، مما يُشكِّل تهديدًا خطيرًا ويعيد تعريف العلاقة بين الإنسان والطبيعة. لقد أسهم التقدم الصناعي بشكل كبير في هذا التدهور، حيث استخدم الإنسان الموارد بدون اعتبار للتأثيرات السلبية التي ستنجم عنها، كما أن تزايد عدد السكان ونموهم المستمر مع اعتماد أنماط حياة تشجع على الاستهلاك المفرط، يترتب عليه زيادة التداعيات البيئية والاقتصادية. يرتبط هذا بطلب مستمر لزيادة الرفاهية، مما يُؤدِّي إلى ابتكار أساليب جديدة وغير صحيحة تسهم في التغير المناخي. وتعد درجات الحرارة أحد العوامل الرئيسية في التغير المناخي، حيث تُؤثِّر على باقي العوامل المناخية وتدفعها نحو التغير والانحراف. على الرغم من أن معظم التنبؤات تشير إلى تداعيات كارثية لارتفاع درجات الحرارة، إلا أن ذوبان الثلوج في القطبين وقمم الجبال القارية وارتفاع مستوى سطح البحر يشكلان الهاجس الحقيقي للبشر وأهم تلك التداعيات، خاصة بالنسبة لسكان المناطق الساحلية المنخفضة أو مجتمع الخطوط الأولى. وتشير المؤتمرات الدولية المختصة بالتغير المناخي إلى اهتمام العالم بهذه القضية وتأكيد أثرها الخطير على الكوكب. وتظهر أيضًا أن الدول الفقيرة هي الأكثر تضررًا وتعجز عن تنفيذ خطط التكيف والتخفيف من آثار التغيرات المناخية المحتملة رغم مشاركتها المتواضعة في الوصول إلى هذه المشكلة في حين أن هناك حكومات تضع بالفعل وتنفذ خطط للحماية من آثار التغير المناخي وتتخذ إجراءات للتكيف والتخفيف من آثاره.

لذلك فإن دراسة الجزر الحرارية في مدينة الإسكندرية، وهي أحد مجتمعات الخطوط الأولى، هو موضوع فائق الأهمية، فإن ارتفاع درجات الحرارة والظواهر الجوية المتطرفة من أهم التحديات المناخية التي تواجه المدينة بجانب خطر الغرق بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر والعواصف الممطرة. وتكمن خطورة الجزر الحرارية في إنها تغير هادئ، على الرغم من إنه يطيل كل فرد في المدينة وله تداعيات ضارة على الصحة والإنتاج ونوعية المعيشة والعمل. إذ قدرت دراسة أجريت عام 2022 أن الأشخاص في جميع مدن العالم يفقدون ما يقرب من 44 ساعة نوم كل عام بسبب عدم انخفاض الحرارة ليلاً، مما يؤدي إلى الإصابة بإجهاد حراري وأمراض أخرى[1].

بالفعل، هناك العديد من الدراسات التي تناولت الحالة المناخية في الإسكندرية[2]، وتحتاج الدراسات التفصيلية لاتجاهات المناخ في الإسكندرية إلى تتبع وتحليل البيانات المناخية لفترات زمنية كافية، بالإضافة إلى مراعاة التغيرات التي طرأت على المجتمع السكندري. إذ أن للتغيرات الديموغرافية والتطور العمراني دور في تأثير الظواهر المناخية على البشر والمدينة. وتعددت الدراسات التي اهتمت بالجزر الحرارية في كثير من مناطق العالم وفي مصر، وكذلك الدراسات التي اهتمت بالجزر الحرارية في بعض مدن مصر والإسكندرية تحديدًا، فمنها من اهتم بالجزر الحرارية في المدينة من وجهة نظر المُناخ الحضري الذي يرصد الواقع الفعلي لفترة زمنية قائمة، فكان واصف ومحلل لما هو عليه الوضع وقت الدراسة مثل الدراسة القيمة[3] لشيماء السيد عبد النبي.

1- مونتريال ديلي، «ما السبب وراء ارتفاع درجات الحرارة خلال الليل وما هي الأضرار المحتملة لهذه الظاهرة؟» 2 يوليو 2023.
https://tinyurl.com/4sskb9f5

2- الإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والاجتماعية (2022)، «هل تغرق المدينة؟ الإسكندرية في مواجهة التغير المناخي»،
https//:hcsr-eg.org?/p4564=

3- شيماء السيد عبد النبي (2010)، **الجزر الحرارية في الإسكندرية**، رسالة ماجستير، جامعة الاسكندرية.

وربما كان السبب في عدم رصد المُناخ الحضري لتاريخ الظاهرة إلى أن المساحة المدروسة في الجزر الحرارية تكون صغيرة إلى حدٍ كبير، وبالتالي يصعب الحصول على بيانات مُناخية لعدة سنوات تُمكِّن الباحث في المُناخ الحضري من تتبعها ورصد ما طرأ عليها من تغير والتنبؤ بما ستؤول إليه في المستقبل. ومن هذه الدراسات عن الجزر الحرارية خارج الإسكندرية دراسة علياء موسى في مدينة بورسعيد[4] ودراسة محمد هاني في مدينة أسيوط[5].

تتضمن هذه الورقة الدراسية تحليلًا لدرجات الحرارة في مدينة الإسكندرية في الفترة من 2000 إلى 2020 لتوضيح وجود جزر حرارية تُؤثِّر على نمط الحياة وطبيعة المدينة بهدف فهم اتجاهات درجات الحرارة في المستقبل. لذلك تم تقسيم مدينة الإسكندرية إلى أربعة أقسام: شرق ووسط وغرب وجنوب، لتحليل البيانات المناخية. ومع ذلك، لتحقيق دراسة مكانية أدق وتحديدًا جغرافية للجزر الحرارية، قد يكون من الضروري تقسيم المدينة إلى أقسام أصغر في حالة توفر مراصد مناخية مُوزعة على جميع أنحاء المدينة لتوفير بيانات مناخية شاملة ومتاحة تُمكِّن الباحثين من إجراء دراسات أعمق وأكثر تفصيلاً، مما يساهم في فهم أفضل للجزر الحرارية وتأثيرها على البيئة ونمط الحياة في المدينة، وهي ضرورة لاتخاذ التدابير والاستراتيجيات المناسبة للتكيف مع التغيرات المناخية وتخفيف تأثيرها السلبي.

وتهدف هذه الدراسة إلى استكشاف مبدئي لاتجاهات درجات الحرارة في المدينة على المدى الطويل وتوفير تحليل ونتائج مُعبِّرة عن التغيرات المناخية المُتوقعة. وتعتمد الدراسة على منهج البحث التاريخي لفهم النمط الزمني لدرجات الحرارة في الماضي وتتبع التغيرات على مر الزمن، من خلال تحليل السجلات المناخية والبيانات التاريخية ذات الصلة منذ سنة 2000. كذلك تركز الدراسة على عرض وتحليل البيانات المكانية والجغرافية لفهم تأثيرها على درجات الحرارة في مناطق مختلفة من المدينة. كما تتبع المنهج الوصفي التحليلي باستخدام أساليب الإحصاء لتحليل البيانات والتوصل إلى استنتاجات باستخدام معاملات الاختلاف والارتباط لتحديد العلاقات والتأثيرات المحتملة بين وجود الجزر الحرارية والأسباب الطبيعية والبشرية في المدينة. وتعتمد الدراسة على الأشكال والخرائط لعرض البيانات المُعقدة، لتيسير فهم نتائج البحث والتعامل مع الاستنتاجات والتوصيات الناشئة عنها. وباستخدام هذه المنهجيات المتنوعة، تسعى الدراسة إلى توفير رؤية شاملة لوجود الجزر الحرارية في مدينة الإسكندرية وفهم تأثيرها على الحياة والبيئة المحلية.

تفحص الدراسة البيانات المتاحة على محطات الأرصاد لفترة تمتد من عام 2000 إلى عام 2020 في عموم المدينة، وهي البيانات المتاحة بصورة شبه كاملة على محطات الأرصاد[6] لتحديد الاتجاهات العامة للحرارة، مما يوفر فهمًا أوليًا لتباين وتغير درجات الحرارة عن المعدل العام في عموم الاسكندرية خلال فصول السنة الأربعة ويساعد في تحديد الشذوذ والانحراف الحراري الذي قد يؤدي إلى وجود الجزر الحرارية.

4- علياء محمد موسى موسى (2020)، **شدة الجزيرة الحرارية في مدينة بورسعيد باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد**، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب جامعة دمياط.

5- محمد هاني سعيد (2016)، «الجزر الحرارية في مدينة أسيوط وعلاقتها براحة الإنسان»، **مجلة أسيوط للدراسات البيئية**، العدد الثالث والأربعون.

6- محطة شرق الإسكندرية كود المحطة رقم 62318099999، محطة الأرصاد الموجودة في برج العرب والكود الخاص بها هو 62360199999، المصدر geographic.org/globalweather/egypt/index.html

ثم تأخذ الدراسة اتجاهًا أكثر تفصيلاً حيث تُقسم مدينة الإسكندرية إلى أربعة مناطق مُناخية: شرق ووسط وغرب وجنوب، إلا أنها ركزت على ثلاثة مناطق حيوية تُمثِّل المدينة وهي شرق ووسط وغرب بنفس آلية الدراسة على كل منطقة وفي نفس السنوات لمعالجة البيانات بالطرق العلمية في حال عدم توفرها أوليًّا. وجرى استبعاد منطقة الجنوب لقلة كثافتها السكانية وظروفها الجغرافية المختلفة، إذ أنها تتكون من ظهير صحراوي ورقعة زراعية كبيرة نسبيًا بالمقارنة مع المناطق الأخرى بالمدينة جعلت منها منطقة مختلفة جغرافيًا ومناخيًا عن المناطق الثلاثة الأخرى التي اختصتهم الدراسة.

بعض **المفاهيم والمصطلحات العلمية** ومفاتيح البحث قبل التعمق في الدراسة:

- الجزر الحرارية

مناطق ومساحات تتغير فيها درجات الحرارة عن المناطق المجاورة لها، إما بالزيادة أو بالنقص، لأسباب قد تكون طبيعية. وهنا يجب التعايش والتكيف معها لصعوبة تغير الطبيعة، أو لظروف وأسباب بشرية وهو ما يمكن تغييره وتخفيفه وتصحيح الوضع للأفضل[7]. وعادةً ما يُطلق المصطلح الآن على ارتفاع درجات حرارة المدن الكبرى، التي قد تزيد في معدلات حرارة الهواء بين 2 و6 درجات مئوية، بمعنى أن التأثير يحول المدن إلى جزر من الحرارة.

- المناخ التطبيقي

علم حديث يهتم بدراسة المُناخ وعلاقته بكافة العناصر الطبيعية والبشرية على المدى الطويل الذي يسمح بوضع نمط يمكن أن يُطلق عليه بصمة مُناخية[8]

- المُناخ الحضري

علم يهتم بدراسة المُناخ في المدن والمناطق الحضرية ولا يشترط مرور فترة زمنية طويلة لدراسة النمط السائد في المناطق التي يتم دراستها[9]

- معامل الاختلاف (مؤشر التباين)

مقياس رياضي يتم من خلاله معرفة مدى انحراف قيم مُتغير عن قيم المتوسط العام لمُتغير ثابت ويُحسب بنسبة مئوية[10]

- معامل الارتباط

مقياس رياضي يتم من خلاله معرفة مدى ارتباط متغيران. وتنحصر نتيجته ما بين صفر و +1 وهنا تكون العلاقة موجبة بين المتغيرين أي بتغير عنصر يتغير العنصر الآخر في نفس الاتجاه، وما بين صفر و-1 وهنا تكون العلاقة عكسية أي بتغير عنصر يتغير العنصر الآخر بالاتجاه المعاكس[11]

7- عادل سعيد الراوي، (1990)، المُناخ التطبيقي، صـ373.
8- المرجع السابق صـ28.
9- لور شيمري، (2014)، **المناخ**، ترجمة زينب منعم، ط1، كتاب العربية، الرياض صـ114.
10- عبد الجبار توفيق البياتي، (2008)، **الإحصاء وتطبيقاته في العلوم التربوية والنفسية**، إثراء للنشر والتوزيع، الأردن.
11- المصدر السابق.

• درجة الحرارة الكبرى

درجات الحرارة العالية التي يتم تسجيلها من خلال محطات الأرصاد في اليوم أو الشهر أو السنة[12]

• درجة الحرارة الصغرى

درجات الحرارة المنخفضة التي يتم تسجيلها من خلال محطات الأرصاد في اليوم أو الشهر أو السنة[13]

• الاتجاهات طويلة المدى من درجات الحرارة

درجات الحرارة التي يتم تسجيلها في فترات زمنية طويلة قد تصل لسنوات طويلة[14]

• الحد الأقصى TMAX

درجات الحرارة العالية والتي تُمثِّل سقف ما يمكن أن تصل إليه درجة الحرارة في فترات زمنية طويلة[15]

• المتوسط TAVG

درجات الحرارة المتوسطة التي يتم تسجيلها والتي تدور حولها درجات الحرارة في منطقة ما لفترة زمنية طويلة والتي يعتاد عليها سكان هذه المنطقة، وتكون مناسبة لنمو نباتات مناسبة وكائنات حية تتعايش مع هذه الحرارة[16]

• الحد الأدنى TMIN

أقل درجات الحرارة التي يتم تسجيلها والتي تنخفض فيها درجات الحرارة لأدنى مستوى لها خلال فترات زمنية طويلة[17]

• قيم الملوثات

قيم ما يحمله الهواء من ملوثات مثل ثاني وأول أكسيد الكربون وغيرها من الملوثات والتي تصل فيها نسبة هذه الغازات إلى حدود ما يمكن إطلاق عليه تلوث الهواء. وتختلف هذه النسب من دولةٍ إلى أخرى، ولكن يوجد متوسط عالمي للحدود الآمنة التي يجب ألا تزيد عنها هذه النسب[18]

• عُقد النقل

تلك المناطق شديدة الكثافات المرورية وتتحرك فيها المركبات من سيارات وغيرها ببطء مما يُساعد على زيادة الانبعاثات الملوثة للهواء في هذه المناطق أو العقد[19]

12- الهيئة العامة للأرصاد الجوية، المتوسطات والمعدلات الشهرية لبعض العناصر المُناخية، بيانات غير منشورة، من 2000 إلى 2020.

13- المصدر السابق.

14- نفسه.

15- عينه.

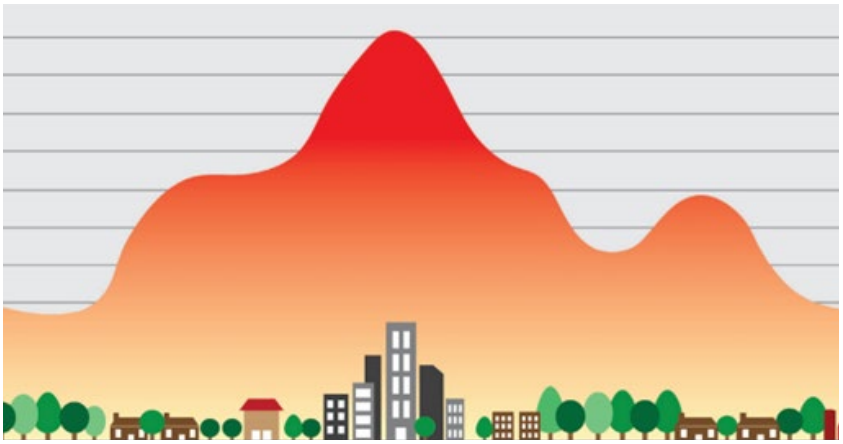
16- أكاديمية البحث العلمي، اللجنة الوطنية للمسائل البيئية (2022)، **التقرير النهائي لمشروع تغير البصمة المُناخية الحضرية لمدينة القاهرة الكبرى**، صـ4.

17- لور شيمري، مرجع سبق ذكره صـ150.

18- **التقرير النهائي لمشروع تغير البصمة المُناخية الحضرية لمدينة القاهرة الكبرى**، مرجع سبق ذكره.

19- محمد خميس الزوكة، (2000)، **جغرافية النقل**، ط2، دار المعرفة الجامعية الإسكندرية، صـ290.

كيف تعمل الجزر الحرارية؟



تمتص الأجسام الضوء والحرارة وتعكسهما. الأجسام الأكثر قتامة تمتص الضوء والحرارة أكثر من غيرها، والأسطح السوداء تمتص تقريبًا كل الضوء والحرارة. وبالتالي الأسطح الأفتح لونًا تعكس الضوء والحرارة أكثر. وعند امتصاص الجسم للضوء والحرارة، يتحول إلى طاقة حرارية تنبعث منه مرة أخرى. الأجسام القاتمة تبعث المزيد من الحرارة، لذلك تمتص جدران المباني والأرضية الإسفلتية كمية كبيرة من الضوء والإشعاع وينبعث منها على هيئة طاقة حرارية. هذا الامتصاص الحراري هو السبب في أن الفرق في درجة الحرارة بين المدن والمناطق الريفية هو الأعلى بعد غروب الشمس، فالمدن تحتفظ بالحرارة لفترة أطول من المناطق الريفية. كما أن الغطاء النباتي يؤدي دورًا كبيرًا في الحفاظ على منطقةٍ ما باردةً من خلال عملية التبريد بالتبخر، علاوةً على ما يمتصه من غاز ثاني أكسيد الكربون وما ينتجه من أكسجين، فيفقد الهواء الحرارة ويصبح أبرد عند عملية امتصاص الهواء الجاف للمياه من النبات وتحويلها إلى بخار. كما تساهم عوامل أخرى أيضًا في التأثير على درجة الحرارة، على سبيل المثال فإن السيارات ومكيفات الهواء وحرق الوقود التي تنتشر في كل مكان في المناطق الحضرية تحول الطاقة إلى حرارة، وتطلق هذه الحرارة في الهواء بجانب ما ينتج منها من غاز ثاني أكسيد الكربون والميثان وغازات أخرى دفينة تمنع فقد الحرارة بمعدلات طبيعية.

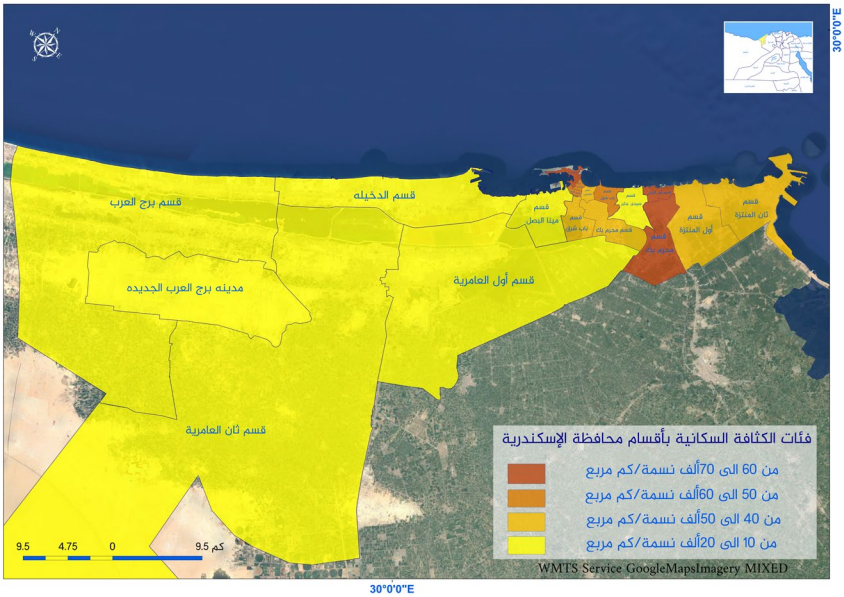
الظروف البشرية في مدينة الإسكندرية

تأتي الظروف البشرية كعامل مهم في فهم الكثير من الظروف المحيطة والمؤثرة في تكوين الجزر الحرارية في أي منطقة. فازدياد درجة الحرارة في منطقة ما يُرجعه الكثير من العلماء، بل أغلبهم، إلى الظروف البشرية وحركة الإنسان في تلك المنطقة. تعالج هذه الدراسة الظروف البشرية على مستوى الأنشطة الأساسية المؤثرة تأثيرًا واضحًا في رفع درجة الحرارة في المناطق الثلاثة موضع الدراسة (شرق، ووسط وغرب الإسكندرية)، وهي: السكان، والنشاط الصناعي، وحركة النقل والمواصلات وتكدسها، ونمط استخدام الأراضي، وما ينجم عن كل هذا من تبعات بيئية تُؤثّر وبشكلٍ واضح في إحداث تغير في مستويات درجة الحرارة يمكن قياسه ويعطي دلائل واضحة.

المباني الأسمنتية والطرق والبنية التحتية تمتص حرارة الشمس وتشيعها أكثر من المناطق التي تحتوي على مساحات خضراء واسعة أو مسطحات مائية. فلقد زادت انبعاثات الغازات الدفيئة بمصر منذ 2005 حتى 2015 بنسبة 31٪. ارتفاع الاستهلاك من الطاقة والعمليات الصناعية واستخدام المنتجات إلى جانب مخلفات السكان زاد الانبعاثات من الغازات الدفيئة الناتجة بنسبة 40٪ و49٪ و34٪ على التوالي، في حين شاركت الزراعة بنسبة زيادة بلغت 7٪ فقط [20]. يتبين من هذه الأرقام أن الأنشطة الاقتصادية المصاحبة للكثافة المرتفعة للسكان هي المصدر الأكثر مشاركة في انبعاثات الغازات الدفيئة والتي تُعد المسبب الأساسي لحدوث الجزر الحرارية. كما أن التوسع العمراني واستخدام الأراضي لا يأخذ بعين الاعتبار عنصر التغير المناخي وفرص تكوين الجزر الحرارية.

أولاً: السكان

بلغ عدد سكان محافظة الاسكندرية سنة 2023 حوالي 5523511 مليون نسمة واحتلت بهذا الرقم المركز الثاني على مستوى الجمهورية بعد محافظة القاهرة[21]، وقد سجلت المحافظة سنة 2017 عدد سكان بلغ 4.065344 مليون نسمة، أي أن نسبة الزيادة السكانية بلغت 5.9٪ وبلغ عدد الزيادة السكانية الطبيعية حوالي 1.458167 مليون نسمة[22]، حيث يزداد عدد السكان يومياً 675 نسمة، أي مولود كل دقيقتين تقريبًا. كما أن عدد القاطنين بالإسكندرية يختلف من موسم لآخر وخاصةً في فصول الحرارة المرتفعة كالصيف وبدايات الخريف ونهايات الربيع. وتُؤثّر الزيادة السكانية بشكلٍ مباشر وغير مباشر على وجود الجزر الحرارية. فكلما زاد عدد السكان ارتفعت درجة الحرارة بفعل زيادة في النشاط والطلب على السلع والخدمات، مما يؤدي إلى زيادة في الانبعاثات من الغازات الدفيئة والتي تعمل على ارتفاع درجات الحرارة. وتتضح كثافة السكان في منطقة الدراسة كما يلي:



توزيع الكثافة السكانية بمدينة الإسكندرية 2023
اعتمادًا على بيانات الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء

20- وزارة البيئة، التقرير المحدث الأول لجمهورية مصر العربية المقدم إلى اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المُناخ (2018)، https//:unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR20%Egypt20%20%AR.pdf

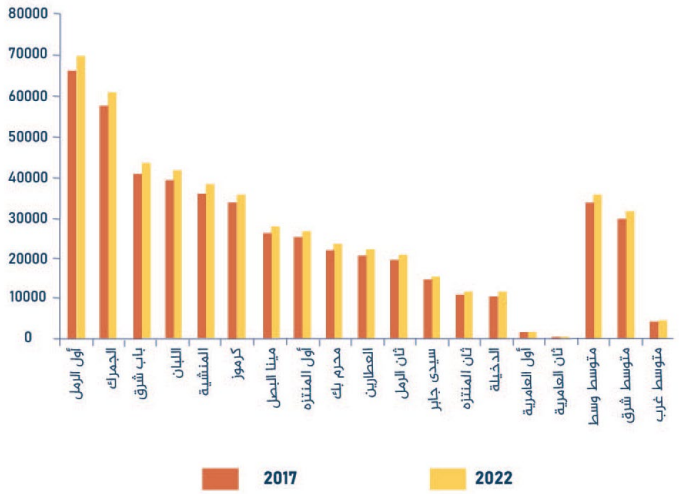
21- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2022)، الإحصاء السنوي، القاهرة.

22- نسبة الزيادة الطبيعية للسكان = قيمة الزيادة الطبيعية ÷ على عدد السكان في 2022× 100

جدول الكثافة السكانية في أقسام ومناطق مدينة الإسكندرية ما بين عامي 2017 و2023 اعتمادًا على بيانات الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء:

القسم أو المنطقة	الكثافة في 2017 نسمة/ كم²	الكثافة في 2023نسمة/ كم²
أول الرمل	66120	70021
الجمرك	57744	61150
باب شرق	41069	43492
اللبان	39300	41618
المنشية	35997	38120
كرموز	34119	36132
مينا البصل	26179	27723
أول المنتزه	25315	26808
محرم بك	22011	23309
العطارين	20860	22090
ثان الرمل	19548	20701
سيدي جابر	14607	15468
الدخيلة	11173	11832
ثان المنتزه	11061	11713
أول العامرية	1562	1654
ثان العامرية	466	493
متوسط وسط	33744	35734
متوسط شرق	29620	31367
متوسط غرب	4400	4659

الكثافة السكانية في أحياء الاسكندرية ما بين 2017 و2022



يتضح من خلال الجدول السابق أن منطقة وسط المدينة تزداد فيها الكثافة السكانية بشكل كبير، ويليها منطقة شرق. ولكن يجب أن نضع في الحسبان أن منطقة شرق لها ظهير زراعي يمكن أن يقلل من هذه الكثافة في الأعوام القادمة. تحتاج منطقة وسط المدينة إلى وقفة كبيرة؛ إذ أن الوضع بها يؤدي إلى تكون الجزر الحرارية ومستورى متدهور في الخدمات المقدمة للسكان. أما منطقة غرب فهي أقل المناطق التي تشهد كثافات سكانية، وهذا أمر طبيعي لما تمتلك من ظهير زراعي وصحراوي واسع يساعد على التوسع الأفقي وبالتالي تقليل الكثافات السكانية فيها.

لكن بيانات الجدول السابق لا تُعبِّر عن الواقع الحقيقي لحركة السكان في مدينة الإسكندرية، وذلك لكونها الوجهة الرئيسية لسكان كل محافظات مصر أثناء فصل الصيف. وفي أوقات ارتفاع الحرارة تتضاعف هذه الأعداد خاصةً في منطقة شرق المدينة التي تستقبل السياحة الداخلية للشواطئ بشكل مكثف، بما يتبع ذلك من تأثير خاصةً مع اعتماد نمط حياة استهلاكي لا يأخذ البيئة بعين الاعتبار.

ثانيًا: النشاط الصناعي

بحسب وصف وزارة الصناعة والتجارة، مدينة الإسكندرية من أهم المدن الصناعية في مصر. ففيها ما يقرب من 40٪ من حجم الصناعة المصرية[23]. والصناعة هي النشاط الأكثر تأثيرًا في الانبعاثات الغازية المُسببة للاحتباس الحراري لما ينتج عنها من مخلفات غازية كالكربون والنيتروجين. وبنظرة سريعة على خريطة الصناعة بالإسكندرية نجد ما يلي:

- منطقة شرق الإسكندرية تتركز بها مصانع الأسمدة، والورق، والصناعات الغذائية، والطوب الطفلي. وينتج عن هذه الأنشطة غازات دفيئة أهمها ثاني أكسيد الكربون وهو أحد أهم الغازات المسببة للاحتباس الحراري وينتج بسبب احتراق الفحم والغاز الطبيعي.[24]

- منطقة وسط الإسكندرية تتركز بها المسابك، ومصانع الرخام، والمناطق الصناعية كالمنشية الجديدة. وينتج عن هذه المصانع والانشطة غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جانب أكسيد النيتروجين الذي ينتج من احتراق الغاز الطبيعي والفحم الحجري وعوادم السيارات، علاوةً على انبعاث مركبات الكلورفلوكربون التي تأتي في الأهمية من حيث الغازات الدفيئة بعد ثاني أكسيد الكربون والميثان وتُؤثِّر في طبقة الأوزون[25].

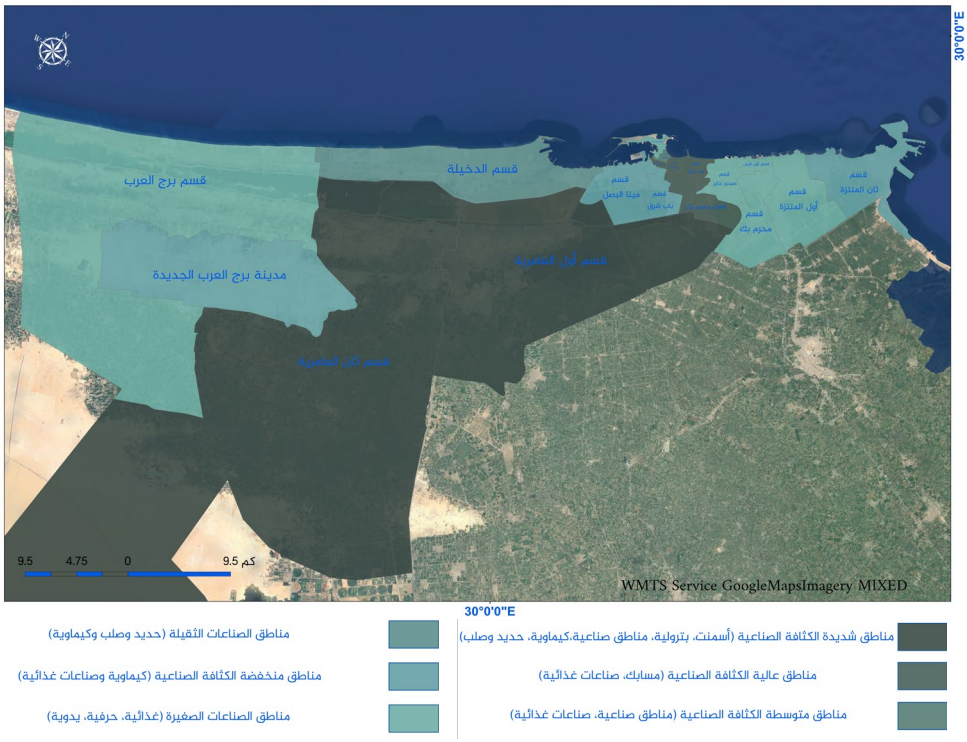
- منطقة غرب الإسكندرية تتركز بها صناعة الأسمنت، والحديد والصلب، والصناعات البترولية، والكيماويات، والإطارات. وبها المناطق الصناعية الكبيرة كبرج العرب وهي من أهم المناطق الصناعية بالإسكندرية وينتج عن النشاط الصناعي بها معظم الغازات الدفيئة التي تُؤثِّر بشكل واضح على حدوث ظاهرة الجزر الحرارية بالإسكندرية فتخلف ورائها ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النتروجين وغيرها.[26]

23- الموقع الرسمي لمحافظة الإسكندرية http//:tinyurl.com2/vtkvwfm

24- عبد العليم سعد سليمان دسوقي (2021)، **التوعية البيئية من مخاطر التغيرات المُناخية**، سوهاج، مصر.

25- المرجع السابق.

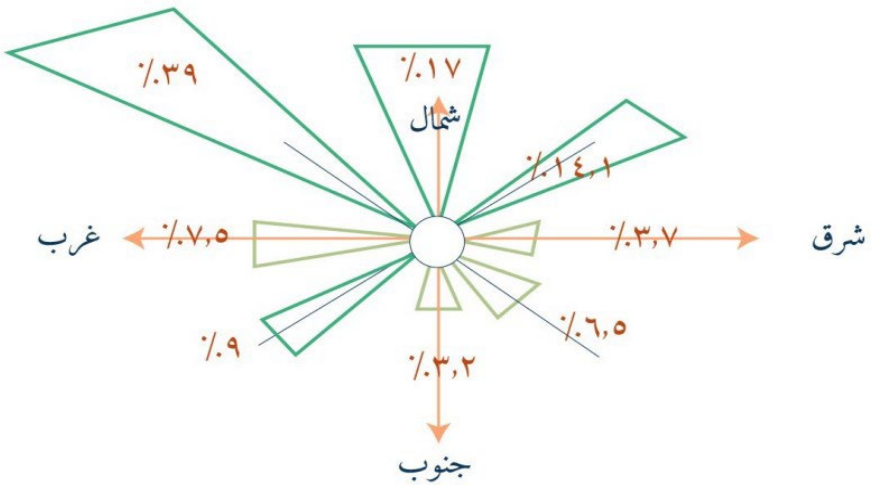
26- نفسه.



خريطة النشاط الصناعي في الإسكندرية

اعتماداً على بيانات الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء

يتبين من خلال قراءة خريطة توزيع النشاط الصناعي تنوع الصناعات المختلفة في المدينة، وأن أكثر المناطق التي يتركز بها النشاط الصناعي هي المناطق الغربية من المدينة. نوعية الصناعة التي ينتج عنها ملوثات وغازات دفيئة تساعد على الاحتباس الحراري ومن ثم رفع درجات الحرارة تتركز في منطقة غرب الإسكندرية، ورغم ذلك لا تتصدر معظم مناطق غرب الإسكندرية نسب التلوث أو حدوث الجزر الحرارية إلا في خلال فصل الخريف، ويرجع ذلك إلى حركة الرياح في الإسكندرية. فخلال فترة الدراسة تبين أن 39٪ من الرياح التي تهب على الإسكندرية تأتي من جهة الشمال الغربي مما يوجه هذه الانبعاثات إلى منطقة وسط الإسكندرية، تليها الرياح الشمالية بنسبة 17٪. وهذا ما يوضحه الشكل الذي يرصد اتجاهات الرياح بالإسكندرية في الفترة من 2000 إلى 2022.



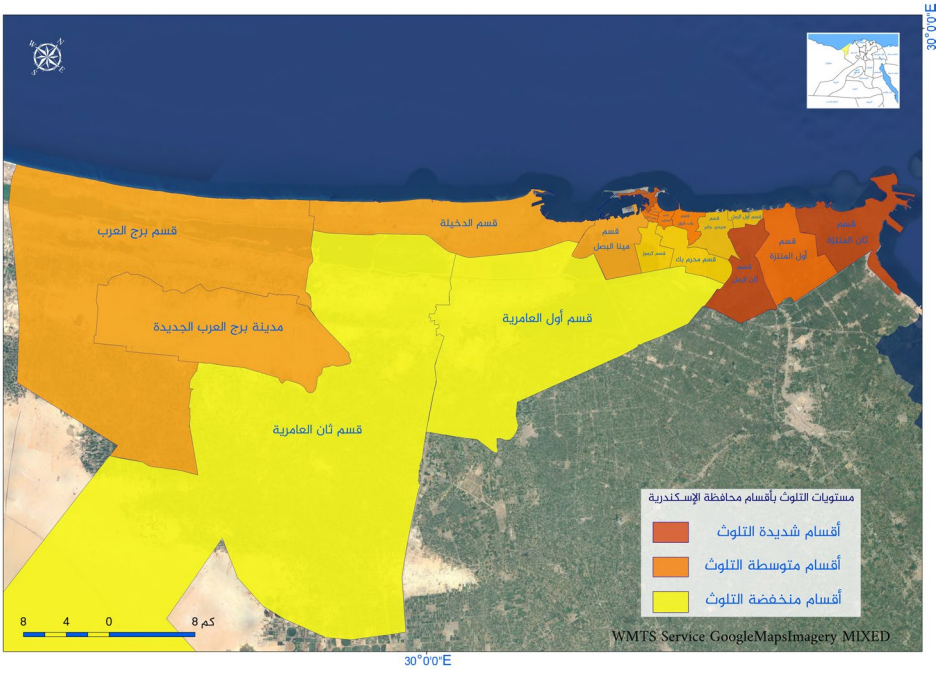
اتجاه الرياح بالإسكندرية في الفترة من 2000 : 2020

حللت دراسة سعيد مصطفى ملوثات الهواء في الاسكندرية عن طريق موقع جيوفاني[27] وكانت نتائجها كالتالي:

-أكثر المناطق تلوثًا بأول وثاني أكسيد الكربون هي على التوالي أول العامرية، وثان الرمل، ومحرم بك، وكرموز، وسيدي جابر، ومينا البصل، وباب شرقي، وأول المنتزه، واللبان، والعطارين، والدخيلة، والمنشية، وثاني العامرية، وأول الرمل، والجمرك، وثان المنتزه، برج العرب، والساحل الشمالي.

- يعد فصل الربيع هو أكثر فصول السنة ارتفاعًا في قيم ملوث أول أكسيد الكربون، يليه فصل الشتاء ثم الصيف. ويحتل الخريف المرتبة الأخيرة كأقل فصول السنة في قيم الملوث، باستثناء عامي 2018 و2021، حيث تبادلا فيهما فصلي الربيع والشتاء المراكز.

- سجل عام 2021 أكثر أعوام السنة ارتفاعًا في قيم ملوث أول أكسيد الكربون، كما تبين أن عام 2020 أقل أعوام الدراسة في قيم الملوث أول أكسيد الكربون. ولعل السبب يرجع إلى تعدد فترات الإغلاق والحظر تزامنًا مع فترة انتشار فيروس كوفيد 19. وتعد أقسام أول العامرية وثان الرمل ومحرم بك وسيدي جابر وكرموز ومينا البصل وأول المنتزه أكثر الأقسام الإدارية ارتفاعًا في قيم الملوث. ولعل من أهم الأسباب وقوعها بجوار المناطق الصناعية الكثيفة من الغرب منها والتي تُخلف كميات كبيرة من الغازات الدفيئة وتحمله الرياح السائدة (الشمالية الغربية) إليها. كما أن الانبعاثات الناتجة من وقود السيارات- والتي تزداد كثافتها في هذه المناطق- عامل آخر إلى جانب زيادة الكثافة السكانية وما تخلفه من انبعاثات على نحو تم توضيحه من قبل. هذا الوضع ينذر بمشكلات بيئية وصحية كبيرة. فمع زيادة نسبة التلوث تتزايد فرص الأمراض وخاصة أمراض الصدر والحساسية، ومع استمرار الوضع وتزايد درجات الحرارة تصبح فرص حدوث حمى الضنك قائمة.



توزيع مناطق التلوث بغاز ثاني أكسيد الكربون بمدينة الإسكندرية

اعتمادًا على موقع جيوفاني

27- سيد سعيد مصطفى محمد (2023)، **التحليل المكاني لجودة الهواء بمحافظة الإسكندرية باستخدام تقنيات الجيوماتكس**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

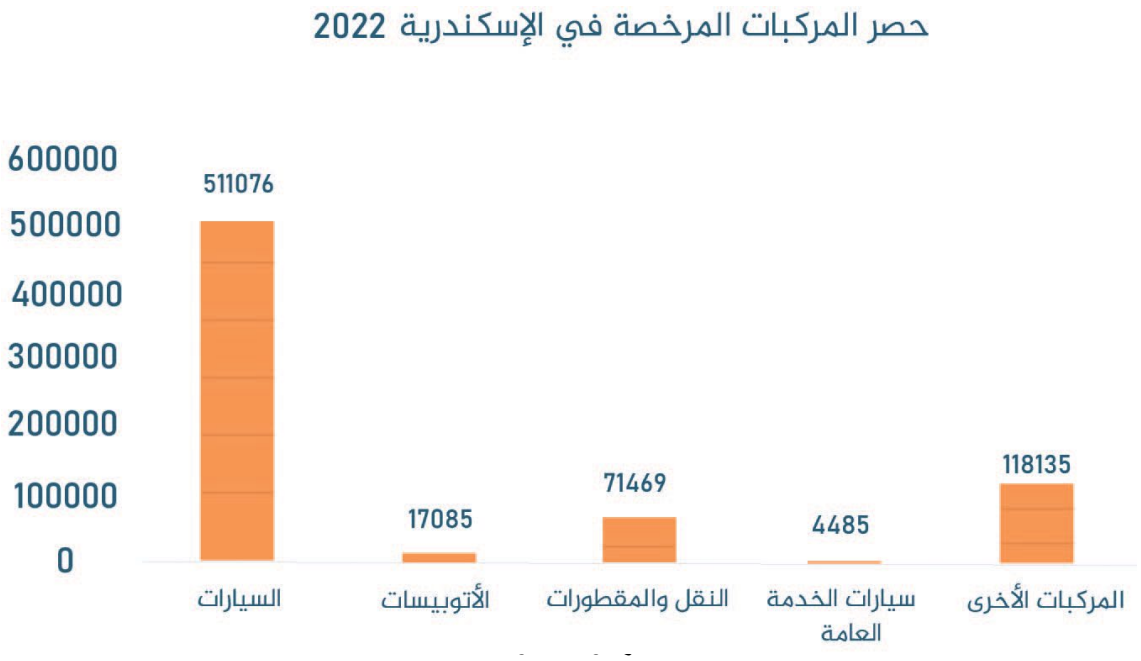
يوضح هذا العرض فقط انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن النشاط الصناعي. ويوجد انبعاثات لعدد من الغازات الدفيئة الأخرى مثل النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والميثان، والتي لا تبعد كثيرًا عن نفس النتائج والمسببة لارتفاع درجات الحرارة في المناطق التي تتركز بها. وللملوثات أسباب مختلفة لا تقتصر على الصناعة؛ فهناك أسباب طبيعية وأسباب بشرية. ومن الأسباب الطبيعية التي قد تُؤثّر على المدينة العواصف الغبارية التي تحمل الغبار والرمال لآلاف الكيلومترات، أما الأسباب البشرية فتأتي الصناعة والمصانع في المقدمة، ثم بقايا المبيدات الحشرية وينتج عنها مخلفات كيميائية، والاستخدامات المنزلية لبعض الكيماويات وحرق الوقود للتدفئة وما تخلفه الأجهزة المنزلية مثل المكيفات. إضافة إلى كل هذا، يتمثل سبب آخر لتكوين الجزر الحرارية في نمو استهلاك الوقود وحرقه والسيارات وما تخلفه من رصاص وهيدروكربونات.

ومن آثار التلوث الخطيرة على المجتمع زيادة أمراض عديدة مثل أمراض الجهاز التنفسي والقلب والحساسية وسرطان الرئة، وتعرض الأصحاء لمشكلات عرضية مثل ضيق التنفس والدوار، وزيادة نسبة الحوادث نظراً إلى تزايد الشوائب والضباب وخاصةً في المدن الصناعية. وينتج عن هذه الشوائب أضرار بيئية على الكائنات الحية لما ينتج عنها من حجب للإشعاع الشمسي الضروري لهذه الكائنات.

ثالثًا: النقل والمواصلات وحرق الوقود

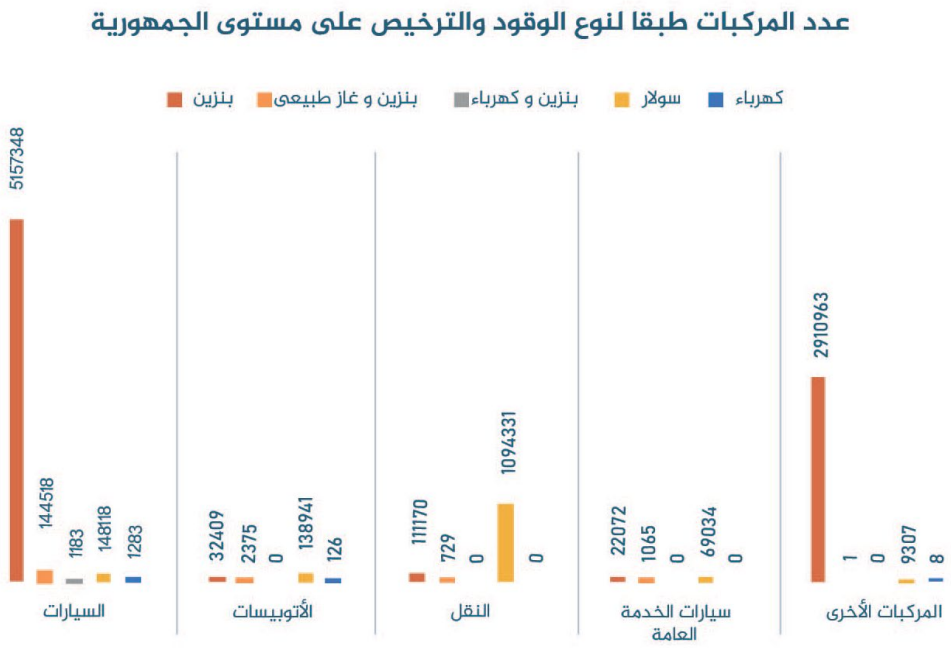
تشارك حركة النقل والمواصلات بوضوح في ارتفاع درجة الحرارة في أي موقع وذلك بما تخلفه من عوادم مباشرة من الغازات الدفيئة نتيجة حرق الوقود، مما يسرع عملية الاحتباس الحراري. وقد بلغ إجمالي عدد المركبات المرخصة بمحافظات الجمهورية 9,9 مليون مركبة في 2022/12/31 مقابل 10,9 مليون مركبة في 2021/12/31 بنسبة انخفاض قدرها 8,9٪ طبقا للجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.[28] وجاءت الإسكندرية في المركز الثالث بعد القاهرة والجيزة على التوالي بعدد 722,3 ألف مركبة بنسبة 7,3٪ من إجمالي مركبات الجمهورية مقسمة على النحو التالي:

28- نشرة حصر المركبات المرخصة في 31 ديسمبر 2022 إصدار مارس 2023 الصادرة عن الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء مرجع رقم 2131571 - 2022 https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?page_id=5104&YearID=23468



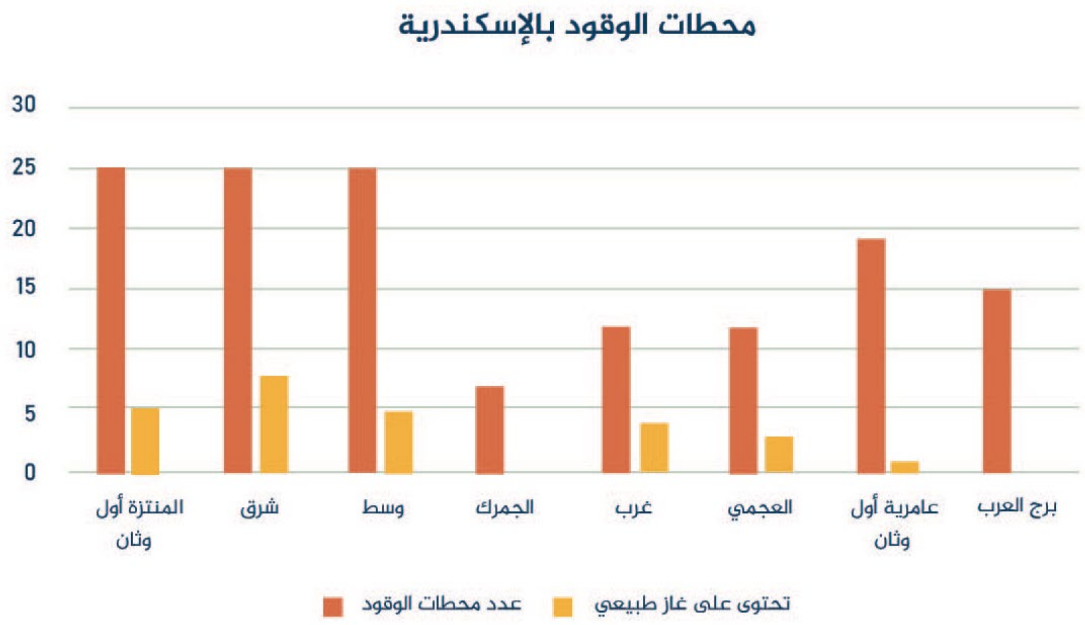
عن الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء مرجع رقم 2022 -2131571

وفقًا لهذه الأعداد فإن السيارات هي الأكثر استخدامًا في المدينة بينما الأتوبيسات ومنها النقل العام لا تشكل رقمًا كبيرًا والأغلبية العظمى من تلك المركبات بكافة أنواعها تستخدم الوقود الأحفوري وتسبب نسبة انبعاثات كبيرة تساهم بشكل كبير في تكوين الجزر الحرارية. وعلى الرغم من عدم وجود حصر لمركبات الاسكندرية وفقًا لنوع الوقود المستهلك، إلا أن مثل هذا الحصر على مستوى الجمهورية يمكن أن يعطي فكرة عن الوضع كما يلي:



حصر عدد المركبات طبقا لنوع الوقود والترخيص على مستوى الجمهورية
عن الجهاز المركزي للتعبئة والإحصاء مرجع رقم 2022 -2131571

تشير الأرقام إلى أن 83.7٪ من المركبات على مستوى الجمهورية تستخدم البنزين و14.8٪ منها تستخدم السولار بينما 1.5٪ من المركبات تستخدم الغاز الطبيعي والبنزين، في غياب شبه تام لاستخدام الكهرباء. وإذا كان غياب إحصاء الأعداد لمدينة الإسكندرية لا ينفي إنها تتبع أرقام الجمهورية في النسب بشكل كبير، إلا أنه وفقًا لتقرير حديث صادر عن مديرية التموين، يُبيِّن أن عدد محطات وقود السيارات في محافظة الإسكندرية يُقدر بحوالي 140 محطة. وتُمثِّل المحطات التي تَعمَل بالغاز الطبيعي نسبة 18٪ من إجمالي عددها. تنتشر هذه المحطات في مختلف أحياء المدينة على النحو التالي[29]:



- أحياء المنتزه أول وثاني: تحتوي على 25 محطة وقود، منها 5 تعمل بالغاز الطبيعي.

- حي شرق: يضم 25 محطة وقود، ومنها 8 محطات تعمل بالغاز الطبيعي.

- حي وسط: يضم 25 محطة وقود، ومنها 5 محطات تعمل بالغاز الطبيعي.

- حي الجمرك: يضم 7 محطات وقود فقط، ولا يوجد أي محطة تعمل بالغاز الطبيعي.

- حي غرب: يضم 12 محطة وقود، ومنها 4 محطات تعمل بالغاز الطبيعي.

- حي العجمي: يضم 12 محطة وقود، ومنها 3 محطات تعمل بالغاز الطبيعي.

- العامرية أول وثاني: يضمان 19 محطة وقود، ومنها محطة واحدة تعمل بالغاز الطبيعي.

- برج العرب: يضم حوالي 15 محطة وقود، وتقدم البنزين والكيروسين فقط للسيارات.

29- جريدة المال، «تقرير حكومي: 140 محطة وقود سيارات في الإسكندرية»، 29 أكتوبر 2023، https//:tinyurl.com/ms38vbc3

توضح البيانات أيضًا أن استهلاك الغاز الطبيعي في العام الماضي بلغ حوالي 339 مليون متر مكعب، في حين شهد استهلاك البوتاجاز المنزلي وغير المنزلي زيادة بنسبة 22٪ ليصل إلى 10 ملايين أسطوانة. وارتفع استهلاك البنزين بنسبة 27٪ ليصل إلى 8.871 ألف لتر، بينما انخفض استهلاك الديزل بنسبة 1.07٪ ليصل إلى 1.8 مليون لتر[30].

لا شك أن الكثافات والعقد المرورية تساعد في ارتفاع كمية الانبعاثات وبالتالي تهيئة الظروف بشكل كبير لحدوث نمط خاص للمنطقة التي يوجد بها كثافات مرورية في درجات حرارتها، حيث أن كثافات الطرق المسفلتة تعمل على تسخين الأرض أكثر من المناطق غير المسفلتة. فإذا كانت درجة الحرارة في المناطق المزروعة 31 درجة مئوية فتصل في المناطق المسفلتة إلى 44 درجة مئوية وذلك ما تأكده جميع الدراسات[31]. المركبات على الطرق تأتي في مقدمة وسائل النقل المسببة للتلوث بالإسكندرية. فبالنظر إلى خريطة كثافات الطرق التي تسير عليها هذه المركبات، يتبين وجود شبكة كبيرة جدًا من هذه الطرق. ومع زيادة وشدة الازدحام ووجود عُقد مرورية بمناطق متفرقة منها، تزيد حجم الانبعاثات الناتجة عن حرق الوقود. كما أن أغلب هذه الطرق فرعية لا تخضع لفحص كربوني أو عوادم السيارات، مما يُضاعف حجم الانبعاثات الكربونية منها وتشكل سحابة كربونية كثيفة تمنع تسرب الحرارة إلى الغلاف.

وتشهد مدينة الإسكندرية مشكلة حقيقية في حركة النقل والمواصلات، وذلك لعدم استحداث وسائل النقل الخضراء مثل وسائل النقل العام الكهربائية. وتشهد مناطق كثيرة منها كثافة مرورية ضخمة رغم صغر مساحتها. ففي العطارين مثلاً تصل فيه كثافة الطرق إلى 25 كم لكل كم^2 رغم مساحته الصغيرة،[32] إلى جانب خدمات الطرق مثل محطات الوقود وورش الصيانة وغيرها، وكذلك اللبان. ويأتي حي أول الرمل في مقدمة الأحياء التي تشهد تجمع لمواضع السيارات وصلت إلى 5 مواضع/كم^2.[33] ويُستخلص من هذا الوضع أن منطقة وسط المدينة تشهد كثافة مرورية ضخمة رغم ضيق المساحة، ويليها الجزء الشرقي وأخيرًا الجزء الغربي.

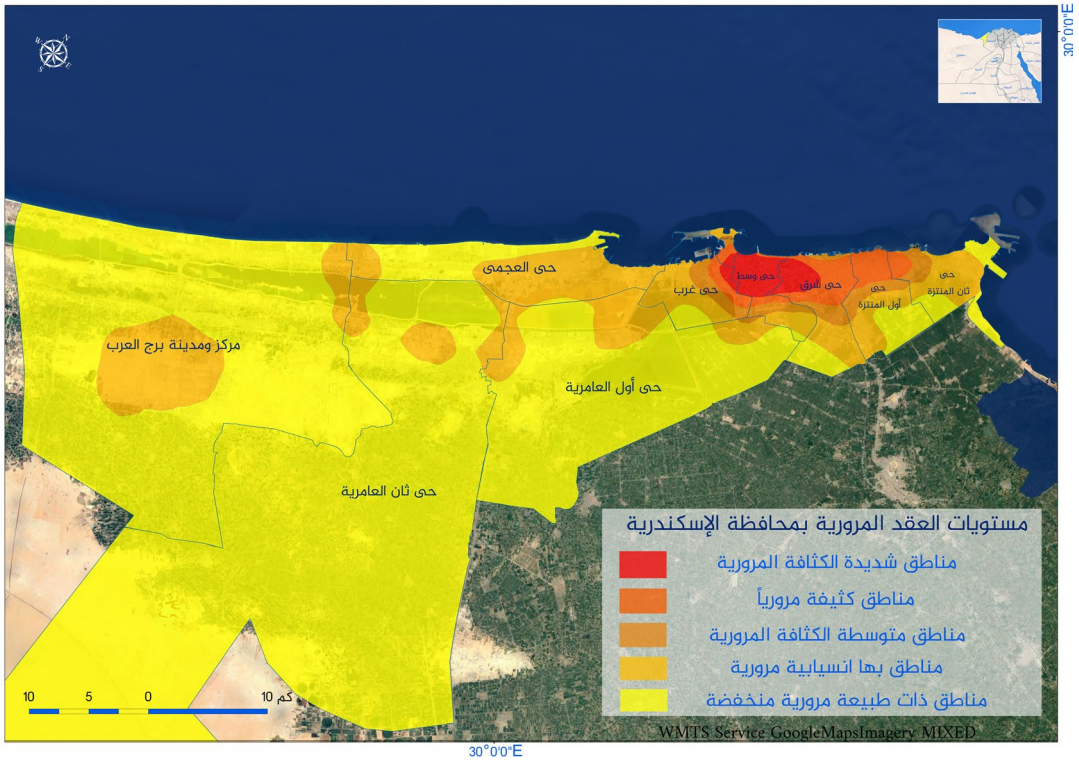
وتكاد تكون عقد النقل بكل أنواعه ثابتة وتخضع لحركة متوازية مع حركة السكان. وأظهرت صور الأقمار الصناعية على مدى سنوات متتالية وبتحليلها على برنامج الـArcMap أن الكثافات المرورية منحصرة في نطاق وشريط يدور حول بؤر ثابتة مركزها الوسط كثيرًا والشرق في المتوسط، وهذا ما تظهره خريطة نطاقات العقد المرورية التالية:

30- المصدر السابق.

31- تغير المناخ في المناطق الحضارية، مركز دعم واتخاذ القرار، 6 أكتوبر 2023.
https//:www.idsc.gov.eg/Article/details8863/

32- سيد سعيد مصطفى محمد، مرجع سبق ذكره.

33- تم حساب هذه المواضع أو العقد المرورية من خلال تحليل المرئيات والصور الجوية واعتمد التحليل على كثافة الطرق وكذلك مدى اتساعها وعدد الكباري التي توجد على هذه الطرق.



توزيع العقد والكثافات المرورية بمدينة الإسكندرية

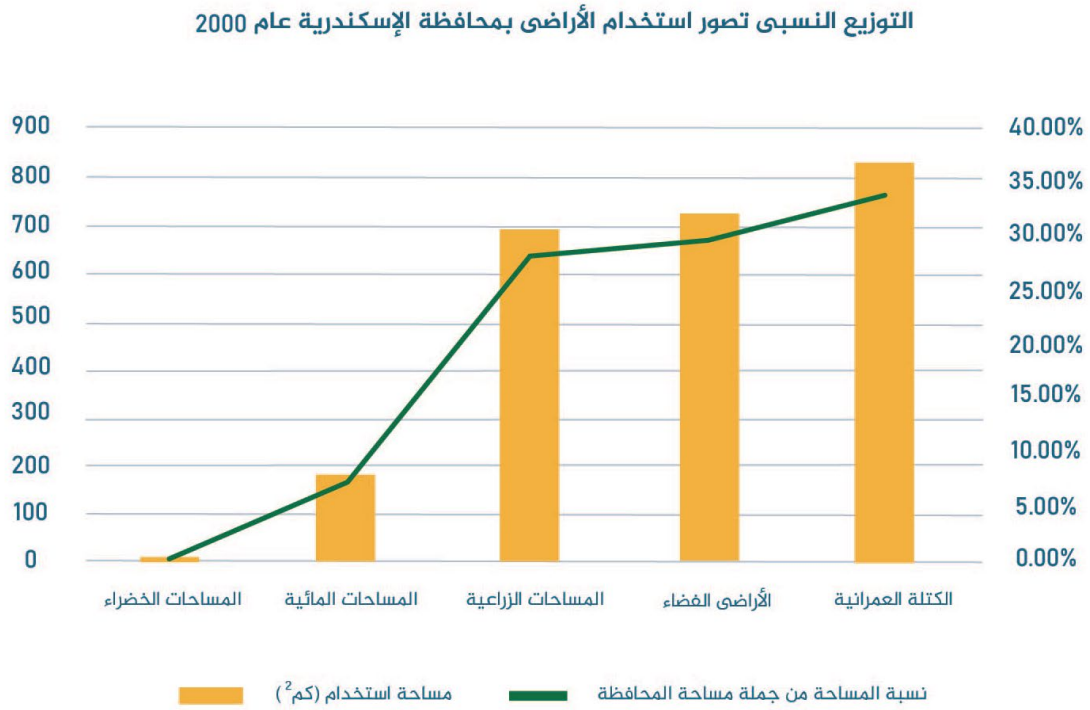
على تحليل الصور الجوية من القمر الصناعي الألماني OSM باستخدام برنامج أرك ماب

تُظهِر الخريطة أن الأماكن الداكنة هي التي يتركز بها الكثافات والعقد المرورية، وأنه كلما ابتعدنا عن منطقة وسط المدينة تقل الكثافات والعقد المرورية مُشكِّلة حزام دائري حولها.

نمط استخدام الأراضي:

سوء التخطيط والبناء العشوائي

تسبب التوسع الحضري السريع في مشكلات متعددة على مستوى المدينة. يتضمن ذلك البناء غير المنظم، وظهور العشوائيات، وردم المسطحات المائية مثل ترعة المحمودية وأجزاء كبيرة من بحيرة مريوط، والبناء على حرم كورنيش البحر المتوسط، وزيادة عدد المباني المخالفة ذات الأدوار العالية. يواجه هذا التوسع العديد من التحديات على عدة مستويات، حيث تشهد البنية التحتية صعوبات في التكيف والتحمل لتلبية النمو الحضري السريع، ويؤدي تكون الجزر الحرارية نتيجة تراكم المباني وارتفاع درجات الحرارة في المدينة إلى زيادة التحمل على السكان وزيادة انبعاثات الحرارة.



التوزيع النسبي لاستخدامات الأراضي بمحافظة الإسكندرية عام 2022

بناءً على القياس على برنامج arc map لمساحة طبقة المحافظة التي تم رسم حدودها اعتمادًا على وصف الحدود الإدارية بصفحة المحافظة الرسمية ومن خلال عمليات الرسم والقياس.

تمثل الكتلة العمرانية المتكونة من مباني وطرق نسبة 34٪ من إجمالي مساحة المحافظة، بينما تمثل الأراضي الفضاء والمساحات الزراعية نسب 29.9٪ و 28.4٪ على التوالي. وتُشكِّل المسطحات المائية المتمثلة في بحيرة مريوط بحيرة النزهة بعد ردم قناة المحمودية نسبة 7.3٪. وأخيرًا تُشكِّل المساحات الخضراء نسبة 0.25٪ من إجمالي مساحة المحافظة. بالنظر إلى تلك الأرقام نلاحظ أن المسطحات المائية والمسطحات الخضراء مجتمعة لا تُشكِّل أكثر من 8٪ من إجمالي مساحة المحافظة. وعلى الرغم من أن مساحة العمران في توازن مع المساحات الزراعية والأراضي الفضاء، إلا أن التوزيع المكاني لا يخدم ذلك التوازن لتركز الزراعة والفضاء في الجزء الجنوبي وتركز العمران في الجزء الشمالي. وقد بلغت مساحة المسطحات الخضراء بمحافظة الإسكندرية عام 2023 حسب بيان رسمي من محافظة الإسكندرية[34] ما يقارب 1.03 مليون م² وهو ما يمثل فقط 15.8٪ من المعدل الطبيعي المفترض لنسبة المساحات الخضراء بالنسبة للفرد، وفي ظل ارتفاع معدلات الكثافة السكانية والزحف العمراني غير المُخطط مما يؤثر على تكوين الجزر الحرارية بشكل بالغ؛ إذ تُوفِّر المسطحات الخضراء متنفسًا طبيعيًا يساهم في خفض انبعاثات الكربون، والحد من ارتفاعات وانخفاضات شديدة في درجات الحرارة[35]. ويُؤثِّر توزيع استخدام الأراضي سلبيًّا على مرونة المدينة في مواجهة التغير المناخي بشكل عام وعلى تكوين الجزر الحرارية بشكل أكثر تحديدًا.

34- جريدة الدستور، «تفاصيل مبادرة «100 مليون شجرة» بالإسكندرية»، 7 سبتمبر 2022، تاريخ الدخول 27 أكتوبر 2023، https://tinyurl.com/4n62ztw5

35- «التوزيع الزماني والمكاني للمسطحات الخضراء»، فبراير 2024. http://tinyurl.com/4j8pmcue

تأثير التوسع الحضري على الجزر الحرارية:

- تأثير على تدفق الهواء:

يؤدي تخطيط الشوارع والمباني بشكل غير منتظم وعدم وجود مساحات خضراء كافية إلى تفاوت في تدفق حركة الهواء في المدينة. ويمكن أن يتسبب ذلك في زيادة حرارة المدينة وتكون جزر حرارية في المناطق المحيطة بالمباني والمجموعات الحضرية. يلعب اتساع الشوارع دورًا هامًا أيضا في تأثير مناخ المدينة وحرارتها، فالشوارع شديدة الاتساع تسمح بتسليط الأشعة الشمسية وتدفئة المنطقة وزيادة درجات الحرارة خاصةً في غياب الغطاء النباتي. بينما قد تلقي المباني ظلالها على المباني الأخرى في الشوارع الضيقة، مما يساهم في تقليل كمية الطاقة الحرارية التي تدخل المباني المظللة لكن يتم تشتيت تدفق الرياح وتقليل سرعتها عندما تكون الشوارع ضيقة ومتراصة. بينما في الشوارع الأوسع، يمكن للرياح أن تتدفق بحرية وتساعد في تهوية المدينة وتخفيف الحرارة. لذلك يجب أخذ سرعة واتجاه الرياح عند تخطيط شوارع المدينة واتساعها، وهو ما لا يتوفر في المناطق العشوائية والمخالفة التي تضاعف عددها ومساحتها في العقود الأخيرة بشكل كبير. في دراسة شيماء عبد النبي[36]، تم تصنيف اتساع الشوارع في الإسكندرية إلى ثلاث فئات مختلفة: الفئة الأولى تشمل الطرق التي يقل عرضها عن 7.5 متر وتشكل حوالي 65.1٪ من إجمالي الطرق في المدينة. هذه الشوارع تعاني من تدفق حركة المرور وازدحام في المناطق ذات الكثافة العالية، وتعوق تدفق الهواء بسلاسة، لكنها توفر بعض الظلال. الفئة الثانية تتضمن الطرق التي يتراوح عرضها بين 7.5 متر و12 مترًا، وتشكل حوالي 23.3٪ من إجمالي الطرق. هذه الشوارع أوسع قليلاً، مما يسمح بتدفق الهواء وحركة المرور بشكل أفضل. أما الفئة الثالثة، فتشمل الطرق الرئيسية التي يتجاوز عرضها 12 مترًا، وتشكل حوالي 18.8٪ فقط من إجمالي الطرق. تعد هذه الشوارع مسارات أساسية لحركة المرور وتوفر تهوية مرونة في حركة الرياح. ومع ذلك، يجب الإشارة إلى أنه منذ إجراء هذه الدراسة، قد تم تنفيذ مشروعات توسعة الطرق وإنشاء محاور جديدة في الإسكندرية خلال العقد الأخير. وقد تسببت هذه المشروعات في تغيير النسب المذكورة في الدراسة، خاصةً بعد إزالة بعض المناطق العشوائية ونقل سكانها إلى مناطق جديدة مخططة. على الرغم من ذلك، يجب أن يتم التوازن بين التوسع في الشوارع والمحاور الجديدة وحماية البيئة والمكونات البيئية الهامة. وينبغي إجراء دراسات بيئية شاملة لتقييم التأثيرات البيئية لمشروعات التوسعة، وضمان أن الفوائد البيئية والاجتماعية للمساحات العامة لا تتأثر سلبًا. ويجب احترام دراسات الأثر البيئي المطلوبة على جميع المشروعات وتنفيذ إجراءاتها ونشر نتائجها، وذلك لضمان تحقيق التنمية الحضرية المستدامة وحماية البيئة وراحة المجتمع

- امتصاص وتخزين الحرارة:

المواد الأسمنتية والمعدنية والأسفلت تمتاز بكتلة حرارية عالية، مما يجعلها تمتص وتخزن الحرارة بشكل أكبر من الأراضي الطبيعية. هذا التراكم للحرارة يؤدي إلى زيادة درجات الحرارة في المنطقة وتشكل الجزر الحرارية. وعلى الرغم من وجود قوانين البناء[37] تحكم ارتفاع المباني وتخطيطها، إلا أن الاسكندرية تعاني من مشكلة كبيرة في البناء المخالف الذي يتسم بارتفاع عدد الطوابق حتى 20 طابقًا في بعض الأماكن وضيق مساحات المناور والتهوية السيئة. كما أن المواد المستخدمة في البناء تؤثر بشدة على درجة الحرارة؛

36- شيماء عبد النبي، مرجع سبق ذكره، عن إيمان محمود رمزي، **النقل في مدينة الإسكندرية: دراسة جغرافية**، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، صـ90.

37- تنص أحكام المادة 13 من اللائحة التنفيذية للقانون 106 لسنة 1976 بأنه لا يجوز زيادة الارتفاع الكلي للبناء على مرة ونصف عرض الشارع بحد أقصى 36 مترًا.

إذ يتم استخدام الطوب الأسمنتي بكثافة وهو يتميز بسرعة توصيله للحرارة، مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة بصورة عالية في الداخل، مما يشجع السكان على استخدام مكيفات الهواء التي تزيد من حدة المشكلة في دائرة مفرغة. ويرجع تفضيل الطوب الأسمنتي في البناء في المدينة إلى رخص سعره بالمقارنة بالطوب الأحمر المجرم لعدم تجريف التربة الزراعية والطوب الجيري الأعلى سعراً رغم خصائصهم في العزل الحراري. وفي غياب قوانين لتنظيم الشكل الخارجي للمباني والألوان المستخدمة تعاني المدينة من عدم وجود تنسيق أو نمط موحد لألوان المباني. وبجانب مشكلات الناحية الجمالية والتنسيق العام، يمكن أن يكون لذلك تأثير سلبي على المشهد الحضري وعلى استخدام ألوان عادة ما تمتص الحرارة وتحتفظ بها.

- تأثير على البيئة المائية:

ردم المسطحات المائية وتراكم المباني في المناطق المجاورة يؤدي إلى انقطاع التدفق المائي وتغير في حاجز البخر، مما يؤثر على المناخ المحلي ويسهم في ارتفاع درجات الحرارة. من أهم الأمثلة على تأثير البيئة المائية ردم قناة أو ترعة المحمودية التي تعود إلى ما يقرب من 200 عام كأقدم مصدر للمياه العذبة بالإسكندرية والتي ساهمت بشكل كبير في عملية الترسيب الشاطئي والحماية من تآكل السواحل. إلا أنه في العقود السابقة تعرضت القناة إلى الإهمال والتلوث، مما أثر على دورها بشكل كبير وتحولها إلى عبء بيئي. ومرت القناة بعدد من محاولات التطوير والتطهير إلى أن تم ردمها نهائياً واستبدالها بطريق سريع باسم محور المحمودية يتكون من 6 إلى 8 حارات مرور في كل اتجاه. الحالة المتردية وتشبع المياه بالملوثات كان قد ساعد بشكل كبير على خلق الجزر الحرارية، إلا أن تحويلها إلى طريق سريع لم يساهم في حل المشكلة، بل قد يكون أدى إلى تفاقمها. ففي دراسة حديثة لعصام حجي وآخرون[38] تطرق الباحثون إلى تأثير تحويل قناة المحمودية إلى طريق رئيسي على حركة المرور، وانخفاض المساحات الخضراء والزرقاء. إذ زادت حركة المرور، وبالتالي زاد تركيز الغبار الناعم وملوثات الهواء. علاوة على ذلك، تلاشى وجود الممر المائي الذي كان يعمل كممر تهوية للتبريد وتم اجترار المساحات الخضراء والأشجار على جانبيه، مما أدى إلى تفاقم مشكلة الجزر الحرارية الحضرية على طول المحور. بالإضافة إلى ذلك، تسببت أعمال البناء لجسور علوية للعبور، وزيادة المساحات المسفلتة، وتوسعة الأبنية السكنية العمودية العالية في ارتفاعاً إضافي في درجات الحرارة مقارنة بالمناطق المحيطة بها. والسؤال هنا يطرح نفسه هل ردم الترعة واستخدامها لحل مشكلة النقل هو الحل الأمثل والتي أنشأها محمد على لهذا الغرض، أم أن تطويرها وإعادة حفرها يساعد في تقليل ظهور الجزر الحرارية؟ وللإجابة على هذا السؤال يجب الإشارة إلى أن ترعة المحمودية هي المصدر الرئيسي لري الأراضي الزراعية بالإسكندرية والتي تبلغ 162 ألف فدان إلى جانب 133 ألف فدان قابلة للزراعة وأن المساحة المحصولية[39] لهذه الأراضي بلغت 318 ألف فدان بمعامل تكثيف زراعي بلغ 1.96[40]. ودلالة هذه الأرقام أن ترعة المحمودية رغم ما تعانيه من المشكلات السابق ذكرها، إلا أن ورائها ظهير زراعي له الأثر البيئي الذي يساعد على انبعاث غاز الأكسجين المطلوب للحد من ظهور الجزر الحرارية المتوقع حدوثها لتقلص مساحة الترعة. لذا من الأهمية بمكان العمل على تطوير الترعة وإعادة حفرها وتقنين أوضاعها بتجريم التعدي عليها وحمايتها.

38- Sara S. Fouad, Essam Heggy and Udo Weilacher, "Waterways transformation in the vulnerable port city of Alexandria", *Cities*, Volume 141, 2023, https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104426

39- تختلف المساحة المزروعة عن المساحة المحصولية. فالمساحة المزروعة هي الأراضي المزروعة بالفعل، أما المساحة المحصولية فهي كمية المحصول الذي يتم إنتاجه في مواسم مختلفة، وطبيعي أن تكون المساحة المحصولية أكبر من المساحة المزروعة.

40- الموقع الرسمي لمحافظة الإسكندرية
http://www.alexandria.gov.eg/invest/invest/guide-investors/investment-2020-opportunities-available.html

في تقرير التوصيف البيئي لمحافظة الإسكندرية الصادر في 2007 عن وزارة البيئة بالتعاون مع الوكالة الدنماركية للتعاون الدولي، توصف بحيرة مريوط بأنها مسطح مائي ممتاز وكان له أثر بالغ في تشكيل العمران وتنقية المناخ والحفاظ على التوازن البيئي. ويلخص التقرير المشكلات البيئية للبحيرة في «الردم المستمر والتعدي على البحيرة حيث تعرضت البحيرة لردم وتجفيف أجزاء كبيرة منها منذ عام 1986 من قبل المؤسسات والهيئات الحكومية وبعض الشركات الواقعة على حدود البحيرة»[41] إلى جانب مشكلات التلوث الشديد. ويستعرض التقرير استراتيجية لتنمية البحيرة والمنطقة المحيطة بها. تقلص حجم البحيرة من 50 ألف فدان حتى أصبحت مساحتها ما بين 16 و17 ألف فدان[42] في 2019. على الرغم من تحذير المتخصصين المتكرر منذ 2009 من تأثير عمليات الردم على الاحتباس الحراري الذي يخنق بدوره المدينة[43]. وفي نفس العام 2009 أقام أعضاء جمعية أصدقاء البيئة بالإسكندرية دعوى قضائية طالب فيها السيد النحاس المحامي بوقف تنفيذ خطة الردم مستندًا إلى نص المادة 20 من القانون رقم 124 لسنة 1984، التي تمنع تجفيف أي مساحة من البحيرات إلا بعد تقرير عدم صلاحيتها للاستغلال السمكي اقتصاديًا وذلك بمعرفة لجنة تضم مندوبين من وزارات حددها القانون[44]. وفي دراسة لتقييم الأثر البيئي والاجتماعي لتلوث بحيرة مريوط ضمن مشروع الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية بالإسكندرية والتي أنجزتها وزارة البيئة المصرية بالتعاون مع البنك الدولي، صنفت الدراسة البحيرة على أنها أكثر المناطق تلوثًا بالنفايات الصناعية بمصر. وحددت مكونين أساسين لمعالجة مشكلة التلوث بالبحيرة، الأول وضع مخطط عام يشمل منطقة بحيرة مريوط مع المناطق الساحلية للإسكندرية مع تعزيز قدرة الجهات المعنية بحيرة مريوط لحساب تلوث البحيرة ومعدات لرصد المتابعة، والثاني يشمل تقليل أحمال التلوث في البحيرة.[45]

من خلال استعراض هذه الدراسة يتبين ضرورة المعالجة البحيرة والتوقف عن الردم، لما لهذه المعالجة من أهمية بالغة في حفظ التوازن الأيكولوجي للمنطقة سواء للكائنات الحية أو للعوامل المُناخية التي ستظهر حال ردم البحيرة. ورغم ما تمثله البحيرة من مصدر كبير لتلوث المياه بالبحر المتوسط، الا أن ردمها له الأثر البيئي الأكبر على المنطقة، وبالتالي لم تطرق الدراسة في أي من الحلول المطروحة نحو الردم لما يمثله من خطر أكبر. حيث أن المعالجة إذا ما تمت وفق ضوابط بيئية وقانونية واجتماعية ستؤتي ثمارها. وعلى الرغم من ذلك ما زال التعدي بالردم على البحيرة قائم رغم عدة محاولات للحفاظ عليها ربما كان آخرها ما صرح به محافظ الإسكندرية اللواء محمد الشريف عن تنفيذ خطة تطوير وتنمية بحيرة مريوط تشمل تعميق البحيرة لتصل إلى نحو 3 أمتار والحفاظ على تدفق المياه، بالإضافة إلى إزالة التعديات على البحيرة بناءً على خطة تنمية البحيرات التي وضعها جهاز حماية وتنمية

41- وزارة البيئة بالتعاون مع الوكالة الدنماركية للتعاون الدولي، تقرير التوصيف البيئي لمحافظة الإسكندرية 2007 صـ31.
https://www.eeaa.gov.eg/Uploads/Reports/Files/Alex%20Des.pdf

42- جريدة صدى البلد، «مريوط إحدى أهم بحيرات مصر هل يعيدها مشروع التطوير إلى الحياة؟: 2 فبراير 2019، https://www.elbalad.news/3682801 ؛ الهيئة العامة للاستعلامات، «رئيس الوزراء يتابع جهود تطوير بحيرة مريوط مصدر رزق 10 آلاف صياد»، 23 سبتمبر 2019. http://tinyurl.com/mwvuysp9

43- جريدة المصري اليوم، د. مسعود عبد الرحمن أستاذ علم البحيرات: الاحتباس الحراري سيخنق الإسكندرية بسبب «ردم» أجزاء من بحيرة مريوط، 1 يوليو 2009، https://www.almasryalyoum.com/news/details/1903379

44- جهاز حماية وتنمية البحيرات والثروة السمكية، «إعدام مريوط: التلوث يغتال بحيرة مريوط والردم يهددها بالتجفيف»، https://lfrpda.org/posts/86049

45- جهاز شئون البيئة، مشروع الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية بالإسكندرية، (AICZMP) ملخص دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي، أكتوبر2009 http://tinyurl.com/27b694cf

البحيرات والثروة السمكية[46]. وتقع ضمن مشروعات مصر القومية[47] التي تهتم بها رئاسة الجمهورية[48]. فربما كانت البحيرة أمل المدينة في مجابهة التغير المناخي واستعادة جودة البيئة (Environmental Quality - EQ) كما تنصح دراسة حديثة[49].

هذه هي العوامل التي تشكل الوضع الحراري من خلال تحليل الظروف البشرية والنشاط البشري. أما عن الوضع المُناخي القائم في مدينة الإسكندرية فهذا ما سوف نستعرضه في المبحث القادم لتحليل وجود الجزر الحرارية ونطاقها المكاني والزمني.

درجات الحرارة واتجاهاتها في مدينة الإسكندرية

بالنظر إلى ما سجلته محطات الأرصاد من درجات حرارة، تم استخلاص متوسطات درجات الحرارة بالمحافظة من عام 2000 حتى عام 2020 على النحو التالي:

السنة	الشتاء		الصيف		الربيع		الخريف	
	الكبرى	الصغرى	الكبرى	الصغرى	الكبرى	الصغرى	الكبرى	الصغرى
2000	21	16.3	30	25.7	25	20.3	31	25
2005	19	15	29	25	26	19.3	30	25.5
2010	19	15.7	29	26.5	29	20.3	29	26
2015	18	15.7	33	26.5	28	21	31	25.5
2020	18	15	29	26	25,25	20	30	26.3

جدول متوسط درجات الحرارة بمدينة الإسكندرية في الفترة من 2000 إلى 2020

اعتمادًا على بيانات محطات الأرصاد https://geographic.org/global_weather/egypt/index.html

يظهر الجدول أن أقل الشهور في درجات الحرارة هي شهور فصل الشتاء وهو أمر طبيعي. إلا أنه عند تحليل البيانات، لوحظ ارتفاع مضطرد في درجة الحرارة الصغرى وانخفاض في درجة الحرارة العظمى وخاصةً في النصف الثاني من المدة المذكورة. ولقد تبادل كلاً من الصيف والخريف المركز الأول والمركز الثاني في أعلى درجات الحرارة المسجلة طوال الفترة المذكورة، وإن كان الخريف يصاحبه ارتفاع ملحوظ في نسبة الرطوبة التي تزيد الإحساس بارتفاع درجة الحرارة وخاصةً درجة الحرارة الصغرى، في حين ظل فصل الربيع في المركز الثالث دون تغيير رغم ما يصاحبه من تقلبات حادة من رياح وأمطار وفي بعض الأحيان سجل درجات حرارة ناهزت ما سُجل في فصلي الصيف والخريف كما يتضح من الشكل.

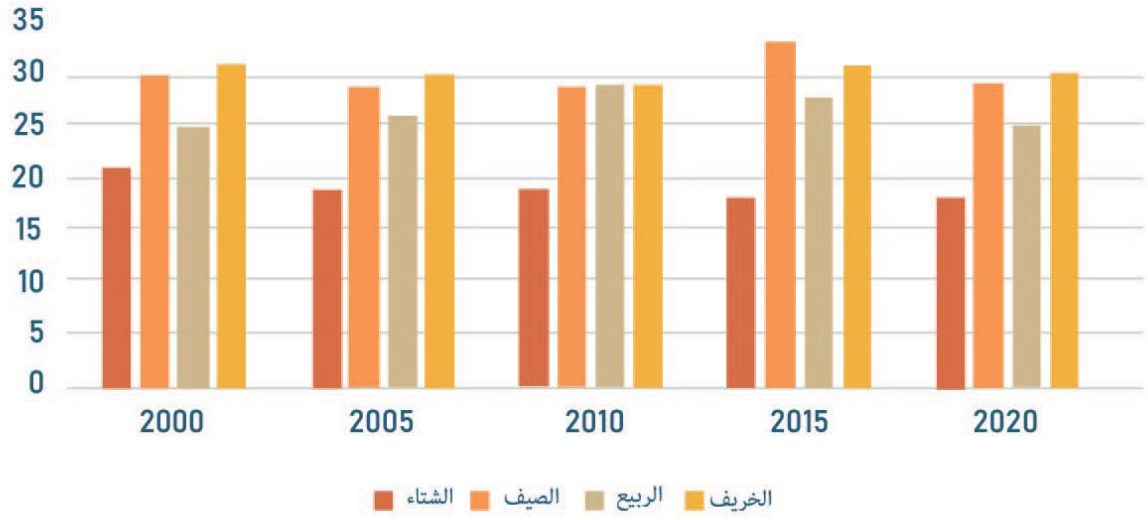
46- جريدة الأهرام، «عقب عقود من الإهمال والمخالفات.. بحيرة مريوط تعود للحياة»، 17 يوليو 2023، http://tinyurl.com/5a2zdjpn

47- خريطة مشروعات مصر، «تطوير واستعادة كفاءة بحيرة مريوط» http//:tinyurl.com7/d4djbnd

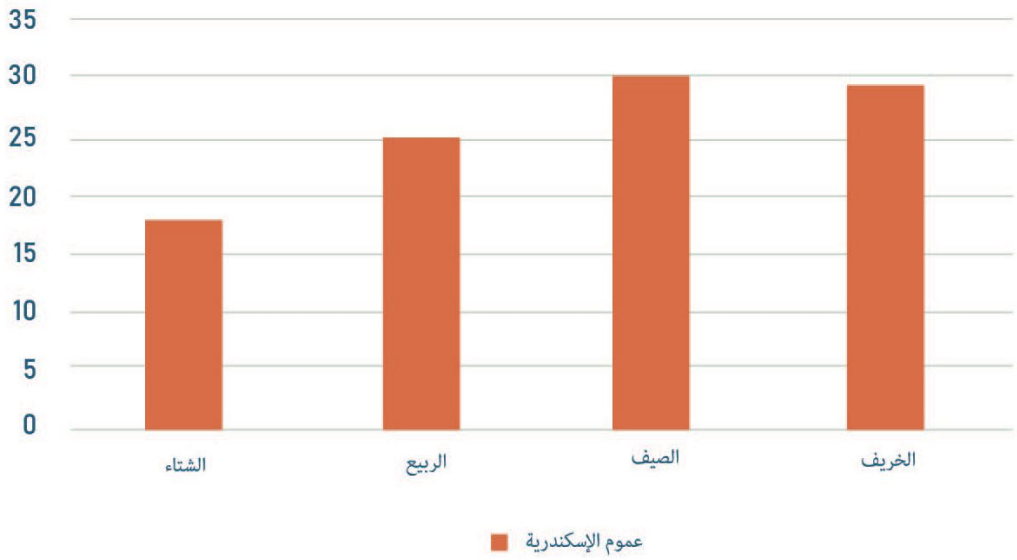
48- موقع رئاسة الجمهورية، «أعمال تطوير واستعادة كفاءة بحيرة مريوط» http//:tinyurl.com5/e23hnxf

49- El Sayed Yoseph, W. (2022). "Socio-economic Dimension of Mariout Lake as an Ecological Approach for Sustainable Development in Alexandria, Egypt", *Arts and Architecture Journal*, 3(2), 174–208. https://aaj.journals.ekb.eg/article_279197_5fcb115bd77237f83dfee142d5ce6ec8.pdf

متوسط درجات الحرارة في الإسكندرية في الفترة من 2000 إلى 2020



مؤشرات لاختلاف درجات الحرارة من 2000 حتى 2020



يتضح من الشكل أيضًا أن أكثر الفصول تذبذب في درجة الحرارة هو فصل الصيف يليه الربيع ثم الخريف. بينما يظل الشتاء هو أكثر الفصول ثباتًا من حيث تغير وتذبذب درجة الحرارة. وبناءً على هذه المتوسطات، تم حساب مؤشر التباين والاختلاف لأقسام المحافظة، وبناءً عليه تم الوصول لنتائج تعبر عن مدى اختلاف درجات الحرارة من مكان إلى آخر في الإسكندرية، وقد تم تقسيم المدينة التي سيتم تطبيق هذا الأمر عليها إلى ثلاثة مناطق حسب تقسيم الدراسة وهو يتفق مع ما يوجد بين هذه المناطق من بيانات مشتركة للمُناخ وليس تقسيم إداري على النحو التالي:

منطقة شرق	منطقة وسط	منطقة غرب
ثان منتزه أول منتزه أول الرمل ثان الرمل سيدي جابر باب شرق	محرم بك العطارين كرموز المنشية اللبان الجمرك مينا البصل المينا	الدخيلة أول العامرية ثان العامرية برج العرب

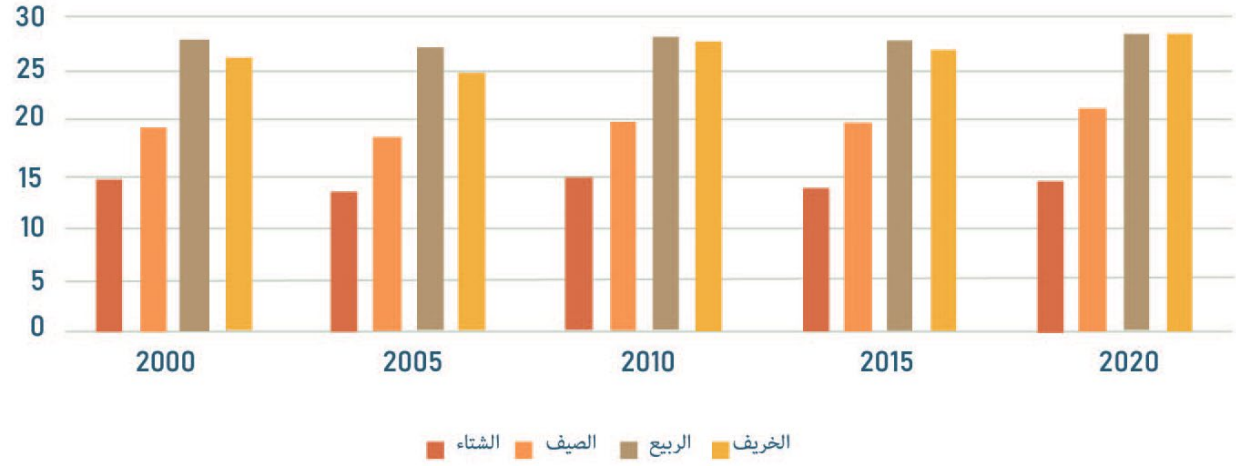
أولاً: منطقة شرق

تم دراسة درجات الحرارة ومعالجتها من محطة شرق الإسكندرية كود المحطة رقم (62318099999) والتي تقع على ارتفاع 1.8 متر من سطح البحر، وحساب متوسطات درجات الحرارة في كل شهور العام واستخلاص النتائج وعمل متوسطات لها شهرية وفصلية وسنوية، ثم عمل مؤشر التباين النسبي أو الانحراف عن متوسطات درجة الحرارة في عموم مدينة الإسكندرية وجاءت النتائج على النحو التالي:

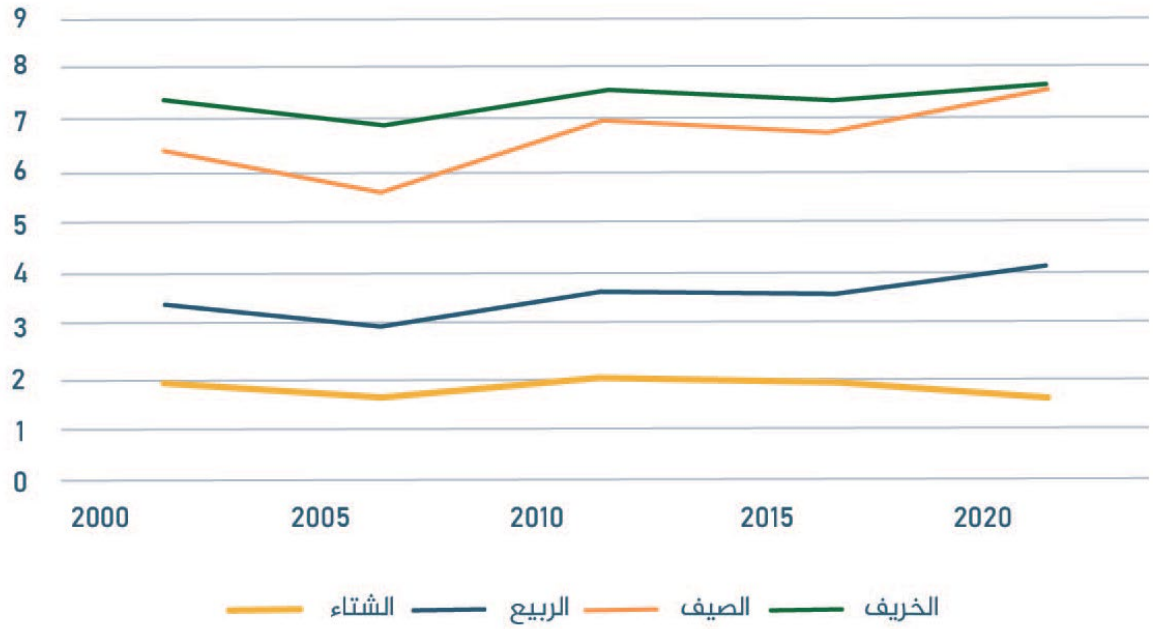
السنة	الشتاء	مؤشر الاختلاف	الربيع	مؤشر الاختلاف	الصيف	مؤشر الاختلاف	الخريف	مؤشر الاختلاف
2000	14.5	1.9	19.33	3.4	27.9	7.4	25.9	6.4
2005	13.42	1.6	18.4	3	27	6.9	24.4	5.6
2010	14.7	2	19.82	3.7	28.2	7.6	27.09	7
2015	13.56	1.9	19.78	3.6	27.9	7.4	26.7	6.8
2020	14.2	1.6	21.3	4.2	28.45	7.7	28.43	7.6

جدول متوسطات درجات الحرارة في منطقة شرق مدينة الإسكندرية في الفترة من 2000 حتى 2020 مع مؤشر التباين النسبي لنفس الفترة
https//:geographic.org/global_weather/egypt/alexandria_intl.99999_623180_html

متوسط درجات الحرارة في منطقة شرق في الفترة من 2000 الى 2020



مؤشر الاختلاف في منطقة شرق في الفترة من 2000 إلى 2020



يتبين من الجدول أن أقل الشهور تباين أو اختلاف عن المتوسط العام لدرجة الحرارة (ويشمل درجات الحرارة العظمى والصغرى) كان في فصل الشتاء ثم فصل الربيع والذي يتراوح بين 1.2 إلى 4.2 وهو معدل مقبول جدًا لانحراف درجة الحرارة عن المتوسط العام في المحافظة، إلا أن ما تم ملاحظته أثناء التحليل هو الارتفاع الملحوظ والمطرد لدرجات الحرارة الصغرى، وهو ما نتج عن ازدياد الملوثات والانبعاثات التي تتشبع بها مياه البحر التي من المفترض أن تقوم بتلطيف الهواء والعمل على عدم حدوث انحراف كبير في درجات الحرارة. وهذا التشبع بالملوثات هو ما يساعد على رفع درجة حرارة المياه وبالتالي فإن دورها في تلطيف درجة الحرارة والعمل على عدم شذوذها عن المعدل الطبيعي أصبح ضعيف، إلى جانب ملوثات الهواء نفسه والمتمثلة في الغازات الدفيئة حيث يعمل الهواء على تفريغ الحرارة باستمرار بينما يؤدى تشبع الهواء بهذه الغازات التي تحتفظ بالحرارة إلى

ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية للهواء الحامل لهذه الغازات، ثم يرتفع المؤشر ليسجل قفزات في معدل الانحراف والتغيير عن المتوسط العام للمحافظة ليسجل ما بين 5.6 إلى 7.7 درجة مئوية في فصل الخريف، وذلك مع زيادة الرطوبة مع هدوء الرياح بشكل كبير فتتركز الانبعاثات من الغازات الدفيئة بالمنطقة، وهو ما يشير إلى وجود شذوذ حراري في هذه الأوقات ويفتح المجال لتكوين جزيرة حرارية في شرق المحافظة تحديدًا في تلك الأوقات. ويتضح الأمر أكثر بالوصول إلى فصل الصيف وحساب معدل انحراف وتباين درجات الحرارة والتي ترتفع ما بين 6.9 إلى 7.7 درجة مئوية لتشكل جزيرة حرارية واضحة عن باقي المحافظة والتي سيتم تحديد مدى اختلافها عن باقي مناطق المحافظة بعد تحليل كل الأحياء ومعرفة قيمة التباين فيها.

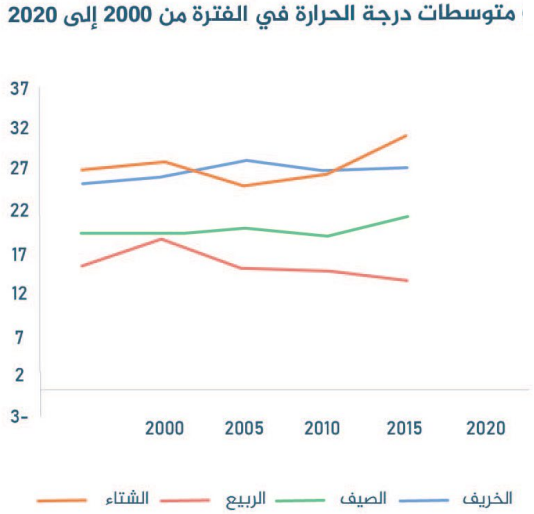
ثانياً: منطقة وسط

تم دراسة بيانات الحرارة في هذه المنطقة بنفس الآلية التي تم بها دراسة منطقة شرق، وقد أخذت بيانات هذه المنطقة من نفس المحطة السابقة ولكن بآلية أخرى. فهذه المحطة ترصد بشكل فرعي درجات الحرارة في مناطق وسط الإسكندرية دون تحليلها وهو ما تم معالجتها لتصبح مثل المناطق الشرقية في البيانات المتاحة لإجراء العمليات اللازمة لاستخراج نتائج تضاهي بيانات شرق الاسكندرية، وجاءت البيانات على النحو التالي:

السنة	الشتاء	مؤشر الاختلاف	الربيع	مؤشر الاختلاف	الصيف	مؤشر الاختلاف	الخريف	مؤشر الاختلاف
2000	15,09	2	9.03	3.3	26.89	6.9	25.26	6
2005	18.5	3.2	19.5	3.5	27.8	7	26.22	6.5
2010	14.66	1.9	19.84	3.7	25.02	5.9	28.1	7.5
2015	14.7	1.9	18.8	3.2	26.4	6.6	26.8	6.8
2020	13.4	1.6	21.13	4.1	31	9.5	27.3	7

جدول متوسطات درجات الحرارة مؤشر التغير في منطقة وسط في الفترة من 2000 إلى 2020 اعتمادًا على بيانات محطة الأرصاد المذكورة من موقع

https//:geographic.org/global_weather/egypt/index.html



يتضح مما سبق ارتفاع مؤشرات التغير في فصل الشتاء عن منطقة شرق الاسكندرية بقيم واضحة، وقلة درجات الانحراف عن المتوسطات في فصل الربيع بقيم صغيرة وفي بعض السنوات تكاد تلامس المؤشرات نفس مؤشرات التغير في حي شرق. وفي فصل الصيف أخذت درجات الحرارة منحنى أقل في مؤشر التغير عن المتوسطات العامة للمدينة أو متوسطات مؤشرات حي شرق في الـ15 عاما لأولى للدراسة من سنة 2000 حتى 2015، ولكنها قفزت في أخر خمس سنوات لتسجل أرقام أكثر من المتوسط العام أو متوسط حي شرق وتعطي مؤشرات كبيرة للانحراف الموجب لدرجات الحرارة وخاصة الصغرى منها، وذلك لأسباب نتضح من خلال الدراسة والتحليل النهائي لها.

ثالثاً: منطقة غرب

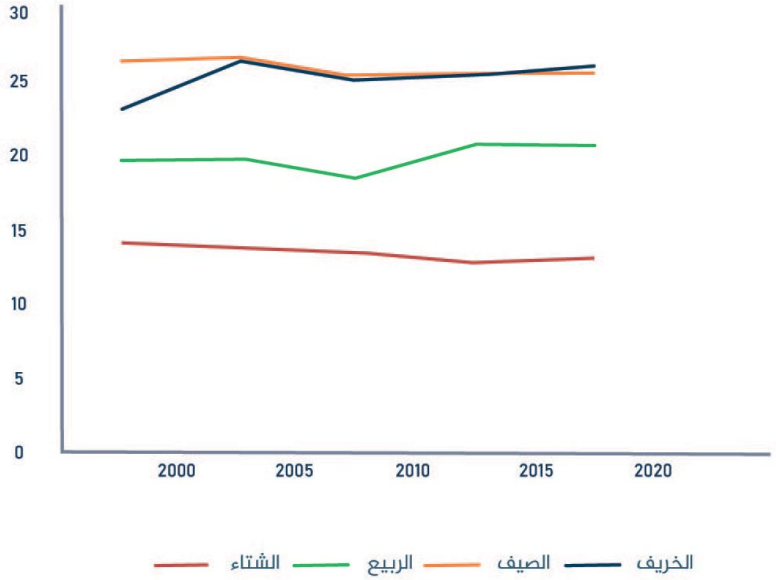
اعتمدت الدراسة في المنطقة على بيانات محطة الأرصاد الموجودة في برج العرب والتي ترتفع عن سطح البحر بمقدار 53.9 متر والكود الخاص بها هو (62360199999). وهذه المحطة تتميز بدقة البيانات نظراً لكثرة استخدام بياناتها ومراجعتها من خلال العديد من الجهات خاصة هيئة الطيران المدني، وقد اعتمد عليها في كثير من الدراسات المُناخية التي عممت نتائجها على كل المحافظة كما سيتضح عند عرض هذه الدراسات. وبناءً على دقة هذه البيانات، عالجت الدراسة البيانات للفترة الزمنية التي تبدأ من 2000 حتى 2020 وجاءت البيانات على النحو التالي:

السنة	الشتاء	مؤشر الاختلاف	الربيع	مؤشر الاختلاف	الصيف	مؤشر الاختلاف	الخريف	مؤشر الاختلاف
2000	14.05	2.3	19.6	4.1	26.3	6.6	23.01	4.9
2005	13.9	2.1	19.7	4.1	26.5	6.7	26.2	6.5
2010	13.5	2	18.5	3.1	25.2	6	25	6
2015	12.8	1.8	20.7	4	25.4	6.1	25.3	5.2
2020	13.2	1.9	20.7	4.5	25.5	6.8	26	7.05

جدول متوسطات درجة الحرارة في منطقة غرب ومؤشر التباين في الفترة من 2000 إلى 2020

اعتماداً على بيانات محطة برج العرب http//:geographic.org/global_weather/egypt/index.html

متوسطات درجة الحرارة بمنطقة غرب في الفترة من 2000 إلى 2020



يتضح من الجدول السابق أن مؤشر الاختلاف في منطقة غرب الإسكندرية قليل ومتوازن في فصل الشتاء والربيع، إلا أنه يزداد وبوتيرة شبه منظمة في فصل الصيف الذي يُعد أعلى الفصول تغير وانحراف عن المتوسط العام للمدينة. بينما يمثل فصل الخريف التذبذب الواضح في معدلات التغير والانحراف عن متوسطات درجات الحرارة في المدينة. وكما ذُكر أنفًا، فلقد استأثرت بيانات المُناخ وخاصة الحرارة في هذا الحي على معظم الدراسات التي تعرضت لمدينة الإسكندرية وتم تعميم نتائج الدراسات التي أُجريت على هذا الجزء من المدينة لمحافظة الإسكندرية. كما ورد في دراسة طارق محمد الجزيري نتائج الاتجاهات طويلة المدى التي تم تحليلها لثلاث فئات من درجات حرارة الهواء وهي: المتوسط (Tavg)، الحد الأقصى (Tmax)، الحد الأدنى (Tmin) على أسس شهرية وسنوية وموسمية لمدينة الإسكندرية. كان الهدف هو دراسة التغيرات المناخية المحتملة في هذه المدينة بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها من الاتجاهات التي تم تحليلها، اعتمدت الدراسة على فحص ما يلي: (1) طرق الانحدار الخطي، (2) مقادير الاتجاه، (3) اختبار اتجاه مان-كيندال و(4) أحداث درجة حرارة الهواء القصوى، تم استخدام بيانات درجة حرارة الهواء من محطة مطار الإسكندرية الدولي على مدى 65 عامًا (1957-2021). بالنسبة لجميع السلاسل الزمنية التي تم تحليلها، أظهرت النتائج اتجاهات إيجابية ذات دلالة إحصائية، وكان الاستثناء للمتوسط الشهري للحد الأقصى Tmax خلال ديسمبر ويناير وفبراير (اتجاهات سلبية)، ومارس (لا يوجد اتجاه) بينما ارتفع المتوسط السنوي Tavg والحد الأدنى Tmin بمعدل +0.02 درجة مئوية/عام، في حين ارتفع المتوسط السنوي Tmax بمعدل +0.008 درجة مئوية/عام. في فصل الشتاء كان للمتوسط السنوي لـTavg وTming اتجاهات متزايدة بمعدل +0.02 درجة مئوية/سنة، كان لـTmax الشتوي اتجاه متزايد ضعيف (ثابت تقريبًا)، بمعدل +0.0003 درجة مئوية / سنة فقط. وفي الصيف، زادت فئات درجة حرارة الهواء الثلاث بمعدل +0.02 درجة مئوية/عام لكل منها، تم تحديد أوقات درجات حرارة الهواء القصوى في هذه الدراسة على جميع الأسس لفئات درجات الحرارة الثلاث. ويُعتقد أن نتائج هذه الدراسة هي مؤشر موثوق لوجود تغير المناخ في الإسكندرية.[50]

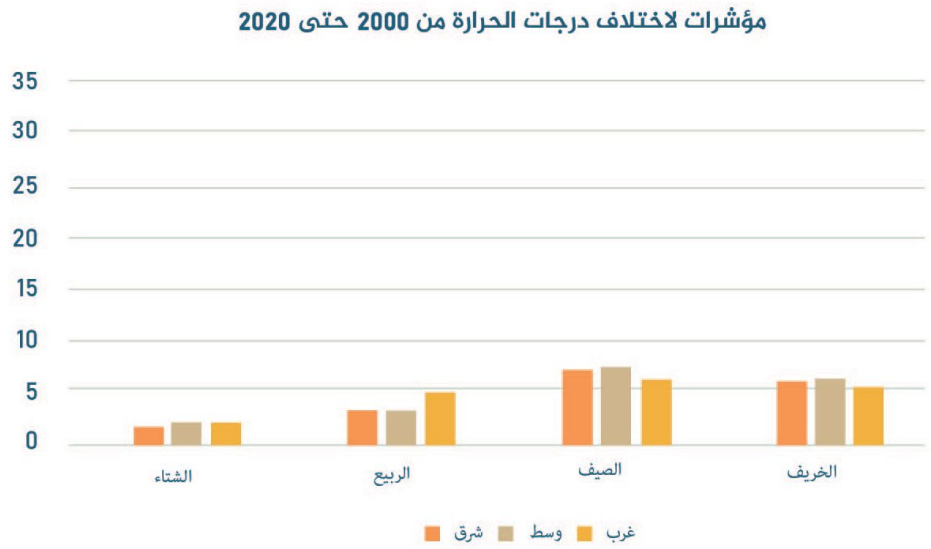
50- El-Geziry, Tarek. (2022). "Analysis of Air Temperature Trends as a Climate Change Indicator for Alexandria (Egypt)". *Athens Journal of Sciences*. 9. 239-256. http://tinyurl.com/pvjzyswt

ومن خلال كل ما سبق من عرض لدرجات الحرارة ومتوسطها ودرجة انحرافها وتطبيق مؤشر التغير النسبي عليها ومعالجتها معالجة علمية، في محاولة لقراءة ورصد لاتجاهات الحرارة المكانية والزمانية في مدينة الإسكندرية، وذلك لاستخلاص نتائج تسهم في الإجابة على السؤال التالي؛ أين ومتى تتكون الجزر الحرارية؟ تم الوصول إلى نتائج يمكن أن يُعبر عنها الجدول التالي:

جدول المؤشرات النهائية لاختلاف درجات الحرارة في مدينة الإسكندرية في الفترة من 2000 حتى 2020:

الفصول	عموم الإسكندرية	شرق	وسط	غرب
الشتاء	18.3	1.8	2.4	2.2
الربيع	25.25	3.6	3.65	5.2
الصيف	30.7	7.3	7.7	6.35
الخريف	29.82	6.65	7	5.7

اعتمادًا على بيانات الحرارة في المحطات السابقة وتطبيق المعادلات الرياضية

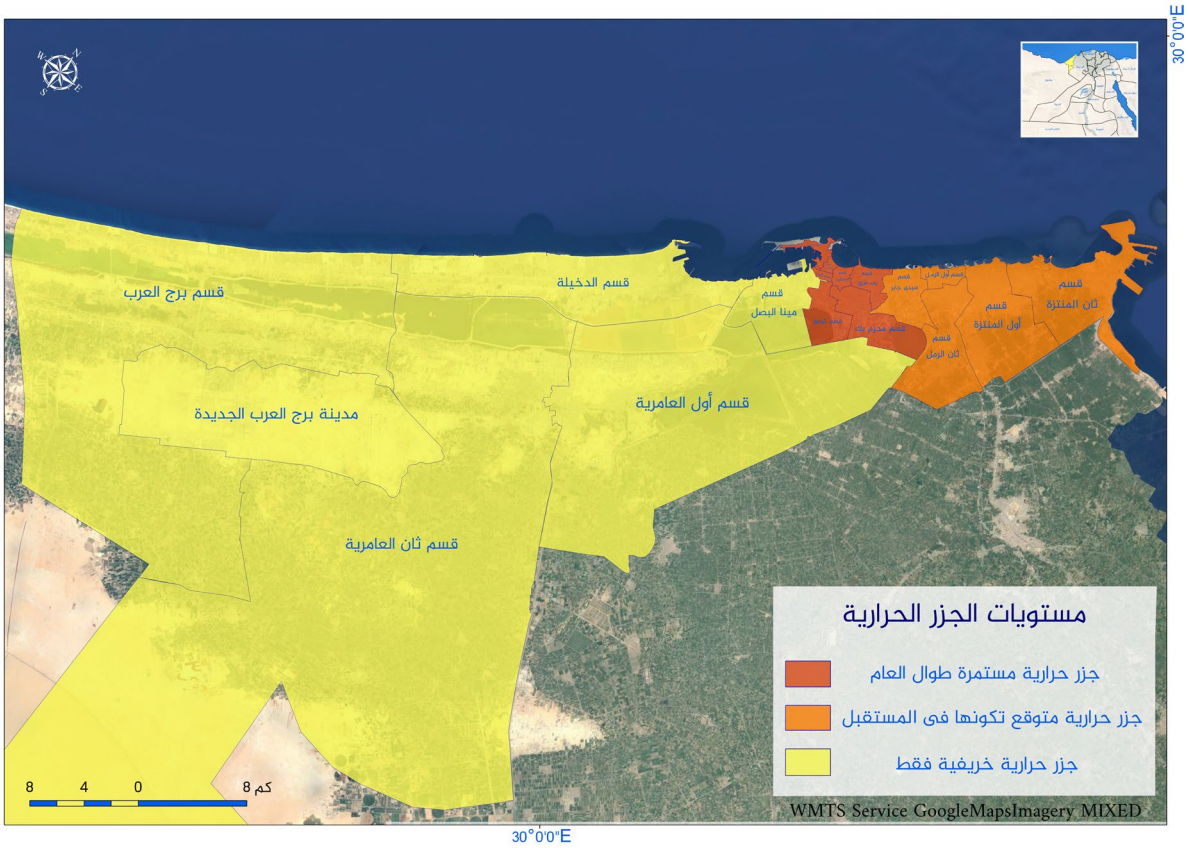


من خلال استعراض النتائج النهائية لتحليل اتجاهات الحرارة يمكن تحديد عدة حقائق على النحو التالي:

1- احتلت منطقة وسط المركز الأول في التغير الحراري وشذوذه عن باقي المدينة في فصول الشتاء والصيف والخريف، ووصلت درجات الحرارة فيها إلى معدلات تكوين جزيرة حرارية تختلف عن باقي مناطق مدينة الإسكندرية.

2- جاءت منطقة غرب في المقدمة من حيث التغير والشذوذ الحراري في فصل الخريف وكانت نسب التغير والتشتت لدرجات الحرارة في هذا الفصل مُهيئة لتكوين الجزر الحرارية، إلا أن منطقة غرب لم تحتل إلا المركز الأخير في باقي العام لتعزيز وجود جزر حرارية فيه.

3- منطقة شرق هي الملاحقة لوسط في تهيئة الظروف المُناخية المساعدة على إيجاد الفرص المُناخية لتكوين جزر حرارية وربما تساوت معها في القيم في معظم الفصول أو ناهزتها، وتظهر اتجاهات درجات الحرارة ومؤشراتها أن منطقة شرق من المناطق الواعدة في الدخول إلى عالم الجزر الحرارية بقوة ومرشحة أن تكون الأولى في حدوث هذه الظاهرة في الاسكندرية خلال عقد واحد من الآن.



توزيع مستويات الجزر الحرارية بمدينة الإسكندرية في الفترة من 2000 إلى 2020 اعتمادًا على الجدول السابق

التحول من مناخ بحري إلى مناخ شبه قاري؟

وفقًا لموقعها، استمتعت مدينة الإسكندرية بمناخ بحري ومع ذلك، تُظهر البيانات وجود مناخ شبه قاري، حيث يزداد ارتفاع الفرق بين درجات الحرارة النهارية والليلية والفروق المتوسطة بين درجات الحرارة الصيفية والشتوية وتتكون الجزر الحرارية الحضارية في وسط وشرق المدينة. كما يخلُص المبحث الثاني إلى أن مناطق شرق ووسط المدينة يتصدران قوائم الإحصائيات والبيانات في معظم الأنشطة البشرية وكذلك كثافة السكان، وتأتي المناطق الغربية في مقدمة المناطق في النشاط الصناعي وخاصة الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية، وأن مناطق شرق وغرب الاسكندرية يمتلكان إمكانية توسع عمراني لما يملكانه من ظهيرين زراعي وصحراوي، بينما تفتقر مناطق وسط الاسكندرية إلى هذه الميزة النسبية والتي تتيح له إمكانية التوسع والخروج من الحيز الضيق الذي يشغله. وتعاني كل أقسام المدينة من وجود مناطق عشوائية وتخطيط يفتقر إلى اتخاذ مرونة المدينة في مواجهة التغير المناخي.

مما سبق يمكن الوصول إلى أنه على المستوى المكاني، تحتل منطقة وسط المدينة في الوقت الحالي مركز الصدارة في وجود الجزر الحرارية، إلا أن منطقة شرق الاسكندرية تحتل المركز الثاني في هذا الإطار ومع تزايد الاتجاه نحو الشرق وزيادة الكثافات السكانية وتضائل المساحات الخضراء في الشرق يساعد على عودة منطقة شرق المدينة ليحتل الصدارة في حدوث الجزر الحرارية؛ إذ أن شرق الإسكندرية قد سجل قيم تراوحت بين 1.6 إلى 7.7 وهو أكبر مؤشر اختلاف في درجات الحرارة على مستوى مدينة الإسكندرية. أما إقليم وسط الإسكندرية، فلقد ظل منذ عام 2000 حتى عام 2015 يسجل مؤشرات أقل من شرق الإسكندرية، ثم أخذ في الصعود ليسجل مؤشرات أعلى أو متساوية بسبب زيادة الكثافة السكانية، وكثافة حركة المرور والعقد المرورية، والانبعاثات الغازية الكربونية خاصةً مع إنشاء مدن صناعية جديدة كالمنشية الجديدة. ويعد من أكثر المناطق المرشحة لزيادة حجم الصناعة لتلبية احتياجات السكان المتزايدة، حتى أصبحت الآن تحتل المركز الثاني من حيث انتشار وكثافة الصناعة بعد منطقة العامرية. أما أكثر المناطق التي تضم صناعة ملوثة ومحفزة لارتفاع درجة الحرارة هي المناطق الغربية لما تضمه من صناعات واسعة والتي ينتج عنها مخلفات كيميائية كبيرة. وأظهرت نتائج تطبيق معامل الارتباط بين السكان وقيم درجات الحرارة وجود ارتباط قوي يزيد عن 0.6٪ أي أن زيادة عدد وكثافة السكان كان له أثر كبير في زيادة ارتفاع درجة الحرارة، كما أظهرت النتائج وجود ارتباط أكثر قوة وصل إلى 0.7٪ أي أن تأثير الصناعة وما ينتج عنها من انبعاثات كيميائية وغازات دفيئة كان أقوى من تأثير الزيادة السكانية وكثافتها على ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي حدوث أو إتاحة حدوث الجزر الحرارية. بينما أظهرت النتائج انخفاض العلاقة بين العقد المرورية وبين ارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى0.55٪ وكل العلاقات علاقات موجبة أي أن العقد المرورية وزيادة الكثافة السكانية والصناعة وكثافة البنايات السكنية لهم تأثير واضح في إحداث زيادة درجة الحرارة. وبما أن الزيادة والكثافة السكانية والعقد المرورية يزداد كثافتهما وتركزها في حي وسط، فإن تأثيرهما مجتمعان أعطى نتائج لمعامل الارتباط بينهما وبين درجات الحرارة وصل إلى 0.81٪؛ أي أنهما مجتمعين كادا يتطابقا نسبة ارتفاعهما مع نسبة ارتفاع درجات الحرارة. بالإضافة إلى أن حركة السكان خلال الفصول المختلفة تُعد عامل مساعد لزيادة الكثافة السكانية المؤقتة، فإن كانت حركة المصطفين الكبيرة خلال الصيف تجاه المناطق الشرقية وكذلك حركة سكان المدينة نحو الوسط طلبًا للخدمات التعليمية والصحية وغيرها في معظم العام؛ وبالتالي تأثيرها المباشر في رفع درجات الحرارة وتهيئة الأجواء لحدوث جزر حرارية.

بينما على مستوى الفصول، سجل فصل الربيع أكبر قيم للتلوث بين فصول العام نظرًا لنشاط الرياح التي تساعد على نقل الملوثات وخاصة من الغرب إلى الشرق، إلى جانب زيادة حركة المرور وزيادة العقد المرورية. بينما يُعد فصل الخريف أقل الفصول تلوثًا لهدوء حركة الرياح نسبيًا. وتتركز نسبة التلوث العالية في هذا الفصل بحي غرب الإسكندرية، مما شكل جزيرة حرارية واضحة خلال فصل الخريف على منطقة غرب الإسكندرية تحديدًا.

وعلى المستوى الزمني كان 2020 أقل الأعوام تسجيلاً لنسبة التلوث مع وصول جائحة كورونا لدرجة كبيرة من توقف حركة الصناعة، لكن أعقب ذلك عام 2021 أعلى الأعوام تسجيلاً لنسب التلوث لنشاط حركة التجار بصورة مكثفة عقب جائحة كورونا.

توصيات:

وفقًا لمحافظ الاسكندرية فإن المدينة من ضمن أكثر ٥ مدن تضررًا بسبب التغير المناخي، وذلك بالرغم من أن الانبعاثات الكربونية في المدينة لا تتعدى نسبة 0.24% من الانبعاثات الكربونية العالمية[51]. لذلك فإن إتباع سياسات واستراتيجيات للتخفيف من مشكلة الجزر الحرارية ضرورة ولا بد أن يكون هدفًا رئيسيًا لمتخذي وصانعي القرار، إلى جانب إجراءات وسياسات التكيف البيئي مع آثار التغيرات المناخية مثل تنفيذ مشروع إدارة مياه الأمطار، ومشروع حماية الشواطئ والتحول نحو استخدام الطاقة النظيفة لتسيير المركبات تزامنًا مع زيادة أعدادها بصورة كبيرة، ومشروعات تخفيف آثر التلوث البيئي بحيرة مريوط، والمضي قدمًا في تنظيف وإعادة حفر ترعة المحمودية لما تُشكله من أهمية في وجود متنفس زراعي يقي من حدوث الجزر الحرارية.

لذلك، ينبغي إجراء دراسة شاملة باستخدام أدوات علمية دقيقة في مدينة الإسكندرية، لتحديد مراكز الجزر الحرارية والعوامل المسببة لها، ومن ثم اتخاذ الإجراءات اللازمة لمعالجتها. ومشكلة الجزر الحرارية يمكن التخفيف من آثارها بالنظر إلى تجارب الدول الأخرى وتوصيات الهيئات الدولية المعنية بالمناخ. فإحدى الرسائل الرئيسية القادمة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ هي أن تندمج المدن مساحاتها الرمادية والخضراء، والعمل على تفضيل وسائل النقل الجماعي التي تعمل بالطاقة النظيفة. كما يجب العمل على تقليل العقد المرورية في مناطق الازدحام المروري مع استخدام التكنولوجيا لتقليل الآثار الناتجة عن الازدحام المروري وإنشاء الطرق. على سبيل المثال معالجة الأسفلت لجعل سطحه أكثر انعكاسًا مما يؤثر بشكل رئيسي على الجزر الحرارية. والحفاظ على الشواطئ وإنشاء شواطئ صناعية بالتغذية الرملية والالتزام بقوانين البناء والحد من انبعاثات المناطق الصناعية مع توحيد القياس المصري للانبعاثات الحرارية مع القياسات العالمية وفرض سياسات ضريبية صارمة على الأنشطة الاقتصادية التي لا تلتزم بالمعايير البيئية التي تفرضها الدولة والمجتمع العالمي. كما يجب زيادة التوعية للسكان وتبني مبادرات الأسطح الخضراء وزيادة رقعة المساحات الخضراء بالمدينة والتي لا تمتص الحرارة فحسب بل تبرد الهواء من حولها، وتعوض تأثير الجزيرة الحرارية إلى حدٍ ما. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي إنشاء مراكز طبية متقدمة لإجراء فحوصات طبية دورية للسكان، بهدف التنبؤ بالأمراض المرتبطة بتغيرات درجات الحرارة وتلوث الهواء. هذا سيساهم في التشخيص المبكر والتدخل الفعال للحفاظ على صحة الأفراد.

51- جريدة المصري اليوم، «محافظ الإسكندرية لممثلي البنك الدولي: الثغر ضمن أكثر 5 مدن تضررًا من تغير المناخ»، 7 مايو 2023.
https//:tinyurl.com2/nencuru

الإنسان والمدينة للأبحاث

الإنسانية والاجتماعية

www.hcsr-eg.org
info@hcsr-eg.org