ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

المرونة المناخية والتكيف الحضري في البيئات شبه الجافة:
دراسة تحليلية لمدينة دمشق

أد. فواز أحمد الموسى
أستاذ الجغرافية الطبيعية بجامعة حلب

د. سمر محمد سمير الصيرفي
مدرس بقسم الجغرافية بجامعة حلب

الملخص

تتناول هذه الدراسة موضوع المرونة المناخية والتكيف الحضري في البيئات شبه الجافة، مع تطبيق تحليلي على مدينة دمشق بوصفها نموذجاً لمدينة تعاني من تداخل الضغوط المناخية والهشاشة الحضرية. تنطلق الدراسة من إطار مفاهيمي يعتمد على العلاقة بين المخاطر المناخية (الجفاف، موجات الحر، الفيضانات، العواصف الغبارية) وبين عناصر التعرض والهشاشة والقدرة على التكيف، وذلك استناداً إلى الأدبيات الحديثة وتقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC وبرنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية UN–Habitat.

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، مع الاستفادة من المنهج الاستقرائي والمقارن في تحليل الخصائص المناخية والحضرية لمدينة دمشق، وتقييم مستويات الهشاشة المرتبطة بها. أظهرت النتائج أن المدينة تواجه مجموعة من المخاطر المناخية المتداخلة، يأتي في مقدمتها الجفاف وندرة المياه بوصفهما الخطر الأكثر تأثيراً، يليهما ارتفاع درجات الحرارة وموجات الحر المرتبطة بتفاقم ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية، ثم العواصف الغبارية وتدهور جودة الهواء، وأخيراً الفيضانات الحضرية المفاجئة.

كما بينت النتائج أن الهشاشة المناخية في دمشق تتعزز بفعل التوسع العمراني غير المنظم، وتراجع الغطاء النباتي، وارتفاع الطلب على الموارد المائية والطاقة، إضافة إلى محدودية البنية التحتية البيئية في بعض القطاعات. وفي المقابل، تمتلك المدينة إمكانات مهمة لتعزيز مرونتها المناخية من خلال تطوير إدارة الموارد المائية، وتوسيع البنية التحتية الخضراء، وإعادة تأهيل النظم البيئية المحيطة، ودمج اعتبارات المناخ في التخطيط الحضري.

وتخلص الدراسة إلى أن تحقيق المرونة المناخية في دمشق يتطلب انتقالاً من الاستجابة للأخطار إلى التكيف الاستباقي طويل الأمد، عبر سياسات حضرية متكاملة تستهدف خفض الهشاشة وتعزيز الاستدامة حتى عام 2050.

الكلمات المفتاحية: المرونة المناخية، التكيف الحضري، البيئات شبه الجافة، دمشق، الهشاشة المناخية، التغير المناخي.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

Climate Resilience and Urban Adaptation in Semi-Arid Environments
A Case Study of Damascus

Abstract

This study addresses climate resilience and urban adaptation in semi-arid environments, with an analytical focus on the city of Damascus as a representative case of an urban system exposed to complex interactions between climatic stressors and urban vulnerability. The study is based on a conceptual framework that links climate-related hazards—such as drought, heat waves, flash floods, and dust storms—with exposure, sensitivity, and adaptive capacity, drawing on recent literature and key reports of the IPCC and UN-Habitat.

The research adopts a descriptive-analytical methodology, supported by inductive and comparative approaches to examine the climatic and urban characteristics of Damascus and assess its levels of climate vulnerability. The findings indicate that the city is exposed to multiple interrelated climate risks, with drought and water scarcity representing the most critical threat, followed by rising temperatures and heat waves intensified by the urban heat island effect, then dust storms and air quality degradation, and finally urban flash floods.

The study further reveals that climate vulnerability in Damascus is exacerbated by unplanned urban expansion, the decline of urban green spaces, increasing demand for water and energy resources, and limitations in environmental infrastructure. On the other hand, the city possesses significant potential to enhance its climate resilience through improved water resource management, expansion of green infrastructure, ecological restoration of surrounding areas, and integration of climate considerations into urban planning.

The study concludes that achieving climate resilience in Damascus requires a shift from reactive responses to proactive, long-term adaptation strategies through integrated urban policies aimed at reducing vulnerability and enhancing sustainability towards 2050.

Keywords: Climate resilience, urban adaptation, semi-arid environments, Damascus, climate vulnerability, climate change.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

المقدمة

يُعد التغير المناخي (Climate Change) أحد أبرز التحديات البيئية والتنموية التي تواجه العالم في القرن الحادي والعشرين، نظراً لتأثيراته المتزايدة على النظم الطبيعية والبشرية على حد سواء. وقد أصبحت المدن (Cities) في مقدمة المناطق المعرضة لهذه التأثيرات نتيجة تركز السكان والأنشطة الاقتصادية والبنية التحتية والخدمات فيها، الأمر الذي يجعلها أكثر حساسية للمخاطر المناخية مقارنة بالمناطق الريفية. وتشير التقديرات الحديثة إلى أن أكثر من نصف سكان العالم يعيشون حالياً في المناطق الحضرية، ومن المتوقع أن ترتفع هذه النسبة بصورة ملحوظة خلال العقود القادمة، مما يجعل مستقبل التنمية المستدامة مرتبطاً إلى حد كبير بقدرة المدن على مواجهة التحديات المناخية المتزايدة (IPCC, 2022, p. 6–3 ؛UN–Habitat, 2019, p. 7).

وفي هذا السياق ظهر مفهوم التكيف الحضري (Urban Adaptation)، الذي يشير إلى مجموعة السياسات والإجراءات التخطيطية والهندسية والإدارية التي تتبناها المدن للتعامل مع المخاطر المناخية وتعزيز قدرتها على مواجهة آثارها. ويرتبط هذا المفهوم بمفهوم المرونة المناخية الحضرية (Urban Climate Resilience)، الذي يعبر عن قدرة المدينة على امتصاص الصدمات والضغوط المناخية والتكيف معها والتعافي من آثارها مع الحفاظ على وظائفها الأساسية واستمرارية خدماتها الحيوية وبنيتها التحتية (UN–Habitat, 2015, pp. 3–5).

وتؤكد تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) أن المدن تواجه طيفاً واسعاً من المخاطر المناخية يشمل ارتفاع درجات الحرارة، وتزايد موجات الحر (Heat Waves)، والفيضانات الحضرية (Urban Flooding)، والجفاف (Drought)، وتدهور جودة الهواء، وارتفاع الطلب على المياه والطاقة. ولا تنشأ هذه المخاطر من التغيرات المناخية وحدها، بل تتفاقم نتيجة التفاعل بين الأخطار المناخية ومستويات التعرض (Exposure) والهشاشة (Vulnerability) والقدرة على التكيف (Adaptive Capacity)، وهي العناصر الأساسية التي تحدد مستوى المخاطر المناخية في البيئات الحضرية (IPCC, 2022, pp. 6–5–6–8).

وتكتسب هذه التحديات أهمية خاصة في المدن الواقعة ضمن الأقاليم شبه الجافة (Semi–Arid Regions)، حيث تتسم هذه البيئات بمحدودية الموارد المائية وتذبذب الهطل المطري وارتفاع معدلات التبخر، مما يجعلها أكثر حساسية للتغيرات المناخية مقارنة بالأقاليم الرطبة. كما يؤدي التوسع العمراني السريع إلى تفاقم ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban Heat Island)، الناتجة عن استبدال الأسطح الطبيعية بالخرسانة والإسفلت وتراجع الغطاء النباتي،

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الأمر الذي يرفع درجات الحرارة داخل المدن ويزيد من استهلاك الطاقة والمياه (OECD & UN–Habitat, 2022, pp. 21–25).

وتُصنف منطقة شرق البحر المتوسط (Eastern Mediterranean Region) ضمن المناطق الأكثر تأثراً بالتغير المناخي على المستوى العالمي، حيث تشير النماذج المناخية إلى احتمال ارتفاع درجات الحرارة بمعدلات تفوق المتوسط العالمي، بالتزامن مع انخفاض كميات الهطل المطري وزيادة تكرار موجات الجفاف خلال العقود القادمة. وقد دفعت هذه التوقعات العديد من الباحثين إلى تصنيف المنطقة ضمن البؤر الساخنة للتغير المناخي (Climate Change Hotspots)، نظراً لحساسيتها البيئية واعتمادها الكبير على الموارد المائية المحدودة.

وفي هذا الإطار تبرز مدينة دمشق باعتبارها إحدى أهم المدن شبه الجافة في الشرق الأوسط. وتقع المدينة ضمن حوض داخلي يعتمد تاريخياً على مياه نهر بردى والمياه الجوفية، وقد شهدت خلال العقود الماضية توسعاً عمرانياً متسارعاً ترافق مع تراجع المساحات الزراعية المحيطة، ولا سيما في منطقة الغوطة، إضافة إلى تزايد الضغوط على الموارد المائية وشبكات الطاقة والخدمات الحضرية. كما أن ارتفاع درجات الحرارة وتكرار موجات الجفاف وتزايد الطلب على المياه تمثل تحديات متنامية تؤثر بصورة مباشرة في استدامة التنمية الحضرية وجودة الحياة في المدينة.

وقد أثبتت تجارب العديد من المدن العالمية، ومنها لندن ونيويورك، أن دمج إجراءات التكيف المناخي ضمن سياسات التخطيط الحضري (Urban Planning) وإدارة الموارد الطبيعية والبنية التحتية الخضراء (Green Infrastructure) يسهم بصورة فعالة في تقليل مستويات الهشاشة المناخية وتعزيز قدرة المدن على الصمود أمام التغيرات المناخية المستقبلية. فقد اعتمدت هذه المدن استراتيجيات متكاملة شملت إدارة المياه، والتوسع في التشجير الحضري، وتحسين كفاءة الطاقة، وتطوير نظم الإنذار المبكر، وإدماج الاعتبارات المناخية في الخطط التنموية طويلة الأجل (World Bank, 2009, pp. 2–5).

وانطلاقاً من ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل المخاطر المناخية التي تواجه مدينة دمشق في ظل خصائصها المناخية وشبه الجافة، وتقييم مستويات الهشاشة الحضرية المرتبطة بها، واقتراح مجموعة من استراتيجيات التكيف الحضري القادرة على تعزيز المرونة المناخية للمدينة، بما يسهم في دعم جهود التخطيط الحضري المستدام وتحقيق التنمية الحضرية القادرة على مواجهة تحديات التغير المناخي خلال العقود القادمة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

مشكلة الدراسة:

تشهد مدينة دمشق، بوصفها إحدى المدن الواقعة ضمن الأقاليم شبه الجافة، تحديات متزايدة ناجمة عن التغير المناخي تتمثل في ارتفاع درجات الحرارة، وتزايد تكرار موجات الحر، وتراجع الموارد المائية، وازدياد احتمالات الجفاف، فضلاً عن تنامي تأثير ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية الناتجة عن التوسع العمراني وتراجع المساحات الخضراء. وتؤثر هذه التحديات بصورة مباشرة في استدامة التنمية الحضرية وكفاءة البنية التحتية وجودة الحياة للسكان.

ورغم تزايد الاهتمام العالمي بقضايا التكيف الحضري مع تغير المناخ، ما تزال الدراسات التي تتناول مدينة دمشق من منظور المرونة المناخية الحضرية محدودة نسبياً، كما تفتقر الأدبيات المحلية إلى إطار متكامل يربط بين المخاطر المناخية والخصائص الحضرية للمدينة واستراتيجيات التكيف الممكنة. ومن هنا تنبع مشكلة الدراسة من الحاجة إلى تقييم المخاطر المناخية التي تواجه مدينة دمشق وتحليل درجة هشاشتها الحضرية واقتراح استراتيجيات تكيف ملائمة لخصائصها البيئية والمناخية.

أهمية الدراسة:

تنبع أهمية الدراسة من عدة اعتبارات علمية وتطبيقية، من أبرزها:

1. تزايد تأثيرات التغير المناخي على المدن في الأقاليم الجافة وشبه الجافة.
2. أهمية مدينة دمشق باعتبارها المركز الحضري الأكبر في الجمهورية العربية السورية.
3. الحاجة إلى دمج اعتبارات التغير المناخي ضمن سياسات التخطيط الحضري والتنمية المستدامة.
4. الإسهام في تطوير قاعدة معرفية علمية حول المرونة المناخية للمدن السورية.
5. دعم صناع القرار والمخططين الحضريين في إعداد سياسات واستراتيجيات تكيف فعالة.
6. الاستفادة من التجارب الدولية الرائدة في بناء المدن المرنة مناخياً وتكييفها مع الواقع المحلي.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

1. تحليل الخصائص المناخية والحضرية لمدينة دمشق.
2. تحديد أبرز المخاطر المناخية الحالية والمستقبلية التي تواجه المدينة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

3. تقييم مستويات الهشاشة المناخية الحضرية المرتبطة بالموارد المائية والطاقة والبنية التحتية والبيئة الحضرية.
4. دراسة تأثير التغير المناخي في استدامة التنمية الحضرية في دمشق.
5. استعراض أهم استراتيجيات التكيف الحضري المطبقة عالمياً في المدن المرنة مناخياً.
6. اقتراح إطار متكامل لتعزيز المرونة المناخية لمدينة دمشق حتى عام 2050.

فرضية الدراسة:

تنطلق الدراسة من الفرضية الرئيسة الآتية:

"يسهم دمج استراتيجيات التكيف الحضري ضمن منظومة التخطيط العمراني وإدارة الموارد المائية والبنية التحتية الخضراء في تعزيز المرونة المناخية لمدينة دمشق والحد من هشاشتها تجاه التأثيرات المتزايدة للتغير المناخي."

ويتفرع عنها عدد من الفرضيات الفرعية:

1. توجد علاقة مباشرة بين تراجع الغطاء النباتي الحضري وارتفاع شدة الجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة دمشق.
2. يؤدي تحسين كفاءة إدارة الموارد المائية إلى زيادة قدرة المدينة على مواجهة فترات الجفاف.
3. تسهم البنية التحتية الخضراء في خفض المخاطر المناخية وتحسين جودة البيئة الحضرية.
4. يؤدي إدماج اعتبارات المناخ في التخطيط الحضري إلى تعزيز قدرة المدينة على التكيف مع التغيرات المناخية المستقبلية.

أسئلة الدراسة:

تسعى الدراسة للإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. ما أبرز المخاطر المناخية التي تواجه مدينة دمشق؟
2. ما مستويات الهشاشة المناخية الحضرية في المدينة؟
3. كيف يؤثر التغير المناخي في الموارد المائية والبيئة الحضرية والتنمية المستدامة في دمشق؟
4. ما أهم استراتيجيات التكيف الحضري الملائمة للمدن شبه الجافة؟

5. كيف يمكن توظيف مفهوم المرونة المناخية الحضرية في تعزيز قدرة دمشق على مواجهة التغير المناخي؟

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي (Descriptive–Analytical Method) لدراسة واقع مدينة دمشق وتحليل خصائصها المناخية والحضرية. كما استُخدم المنهج الاستقرائي (Inductive Method) في مراجعة الأدبيات العلمية والتقارير الدولية المتعلقة بالتغير المناخي والتكيف الحضري، والمنهج المقارن (Comparative Method) للاستفادة من تجارب المدن العالمية الرائدة في مجال المرونة المناخية، ولا سيما لندن ونيويورك.

واعتمدت الدراسة على البيانات والمعلومات المستمدة من تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، وبرنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية (UN–Habitat)، والبنك الدولي (World Bank)، إضافة إلى الدراسات العلمية المتعلقة بالمناخ الحضري وإدارة المخاطر المناخية في المدن شبه الجافة. وتم تحليل هذه البيانات بهدف بناء إطار مقترح لتعزيز التكيف الحضري والمرونة المناخية في مدينة دمشق.

1. الخصائص الجغرافية والمناخية والحضرية لمدينة دمشق

1.1 الموقع الجغرافي:

تقع مدينة دمشق في جنوب الجمهورية العربية السورية، في الجهة الغربية من حوض دمشق الداخلي، على هضبة ارتفاعها الوسطي نحو 707 متراً فوق مستوى سطح البحر.

يُظهر تحليل بيانات الاستشعار عن بعد أن الامتداد الحضري المتصل لمدينة دمشق يتموضع ضمن المجال المكاني الواقع بين (20″ 27′ 33°) و (40″ 33′ 33°) شمالًا، وبين (00″ 12′ 36°) و (40″ 22′ 36°) شرقًا، مع تمركز النواة الحضرية للمدينة ضمن موقع فلكي يقارب (31′ 33°) شمالاً و (18′ 36°) شرقاً، ما يضعها ضمن نطاق العروض المعتدلة الدافئة الانتقالية بين التأثيرات المتوسطية والجافة. وتبلغ مساحة مدينة دمشق حوالي 106.25 كم^2، يمكن تقسيمها إلى منطقتين متميزتين، الأولى جبلية ممثلة بسفح جبل قاسيون وتعادل 27.8%، والثانية سهلية إلى حد ما وتشمل 72.2% من المساحة الاجمالية. في حين تمتد محافظة دمشق (وفق التقسيمات الإدارية) على مساحة أوسع تصل إلى نحو 26 ألف كيلومتر مربع. ويعكس هذا التباين بين مساحة المدينة والمحافظة الامتداد الإداري الواسع الذي يشمل مناطق ريفية وجبلية وصحراوية ذات خصائص جغرافية متباينة. ويُعد موقع دمشق على الطرف الغربي من حوض دمشق الداخلي ذا أهمية جيومورفولوجية ومناخية، حيث يضعها في منطقة انتقالية بين السفوح الجبلية الرطبة نسبياً

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

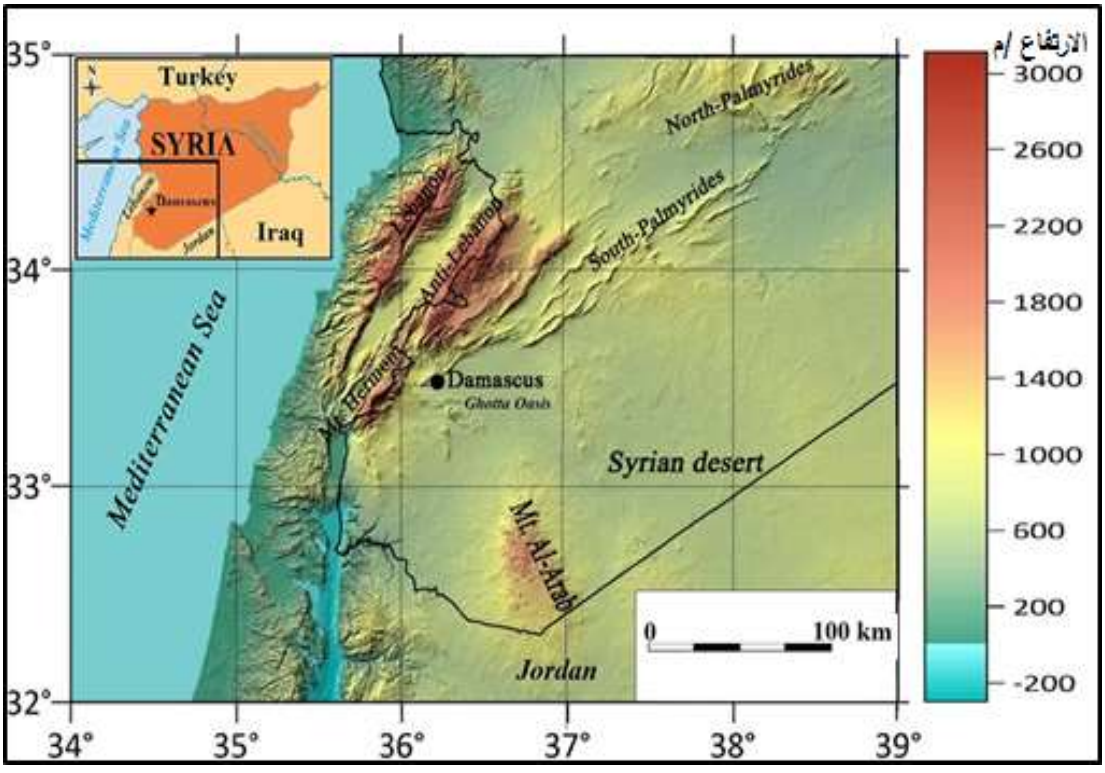
غرباً والامتداد الصحراوي الجاف شرقاً. ويُعزز هذا الموقع مكانتها كمركز حضري رئيسي في جنوبي بلاد الشام. (خير،1982).

1.2 الخصائص الطبوغرافية:

تقع دمشق ضمن حوض جيومورفولوجي مغلق نسبياً يُعرف بحوضة دمشق، يحدها من الشمال والغرب جبال القلمون وجبال لبنان الشرقية، بينما يحدها من الجنوب والشرق مرتفعات حوران والجولان ذات الأصل البركاني، إضافة إلى الامتداد الصحراوي للبادية السورية. ويُشكّل هذا الإطار الطبوغرافي حوضاً تحيط به سلاسل جبلية متنوعة الارتفاع والبنية الجيولوجية.

ويُعد جبل الشيخ (حرمون) أعلى قمم سلسلة جبال لبنان الشرقية من أبرز المعالم الطبوغرافية المطلة على المدينة من الجهة الشمالية الغربية، ما يعزز من تأثير التضاريس على المناخ المحلي من خلال اعتراض الكتل الهوائية الرطبة وتعديل خصائص الرياح ودرجات الحرارة.

كما يظهر انحدار عام للسطح من الغرب نحو الشرق، وهو ما يفسر التدرج في تناقص كميات الهطل المطري باتجاه الداخل الجاف، إضافة إلى دور نهر بردى في تشكيل البنية السطحية، حيث يفصل مجراه بين نسيج "دمشق القديمة" وامتدادات "دمشق الحديثة"، ويُعد عنصراً محورياً في تشكيل المشهد الجغرافي للمدينة.



شكل رقم (1) موقع مدينة دمشق (Kattan & Nasser, 2023)

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

1.3 الخصائص المناخية:

ينتمي مناخ مدينة دمشق إلى المناخ شبه الجاف (Semi-Arid Climate – BSk/BSh وفق تصنيف كوبن)، مع تأثيرات متوسطية واضحة في النظام المطري. ويتسم المناخ بشتاء معتدل إلى بارد نسبياً تتساقط خلاله معظم الأمطار، مقابل صيف طويل حار وجاف.

ويتراوح متوسط الهطل المطري السنوي بين 150 و250 ملم، مع تركز الأمطار في الفترة الممتدة من تشرين الثاني إلى نيسان، بينما يسود الجفاف شبه الكامل خلال أشهر الصيف. وتنعكس الخصائص الطبوغرافية المحيطة مباشرة على هذا التوزيع، حيث تعمل الجبال الغربية كحاجز أمام الكتل الهوائية الرطبة القادمة من البحر المتوسط، مما يضع المدينة ضمن نطاق ظل مطري واضح. وتتراوح درجات الحرارة المتوسطة في كانون الثاني بين 5 و8 درجات مئوية، وقد تنخفض إلى ما دون الصفر في بعض الحالات، بينما يتجاوز متوسط تموز وآب 30 درجة مئوية، مع إمكانية حدوث موجات حر تتجاوز 40 درجة مئوية.

وتشير الأدبيات المناخية الحديثة إلى أن منطقة شرق المتوسط تشهد اتجاهاً نحو الاحترار المتسارع مقارنة بالمعدل العالمي، مما يعزز احتمالات زيادة تكرار موجات الحر، وتفاقم الجفاف، وتراجع الموارد المائية في المستقبل.

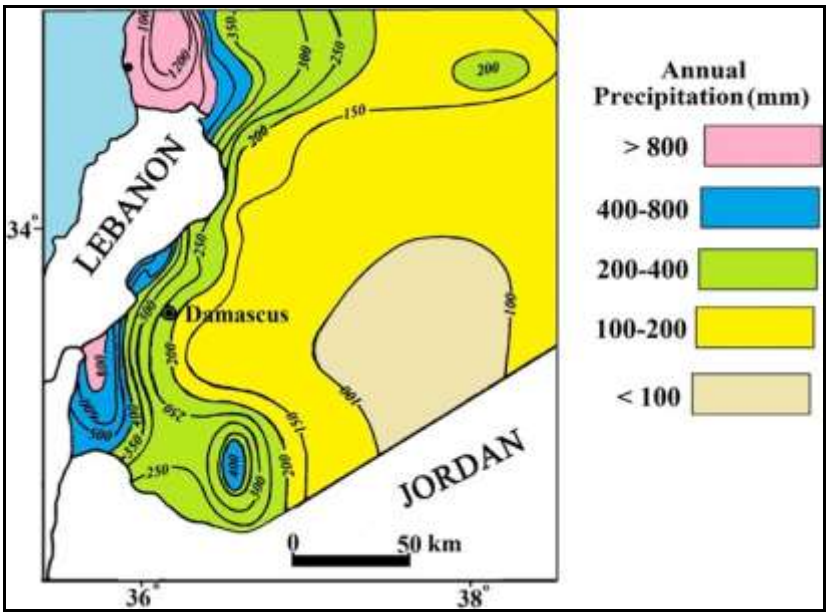
1.4 الموارد المائية:

تعتمد مدينة دمشق تاريخياً على نهر بردى وروافده بوصفه المصدر الرئيس للمياه السطحية، حيث أسهم في نشوء الغوطة الدمشقية التي شكلت حزاماً زراعياً كثيفاً حول المدينة. ويُعد هذا النظام المائي نموذجاً تقليدياً للتكيف مع بيئة شبه جافة محدودة الموارد.

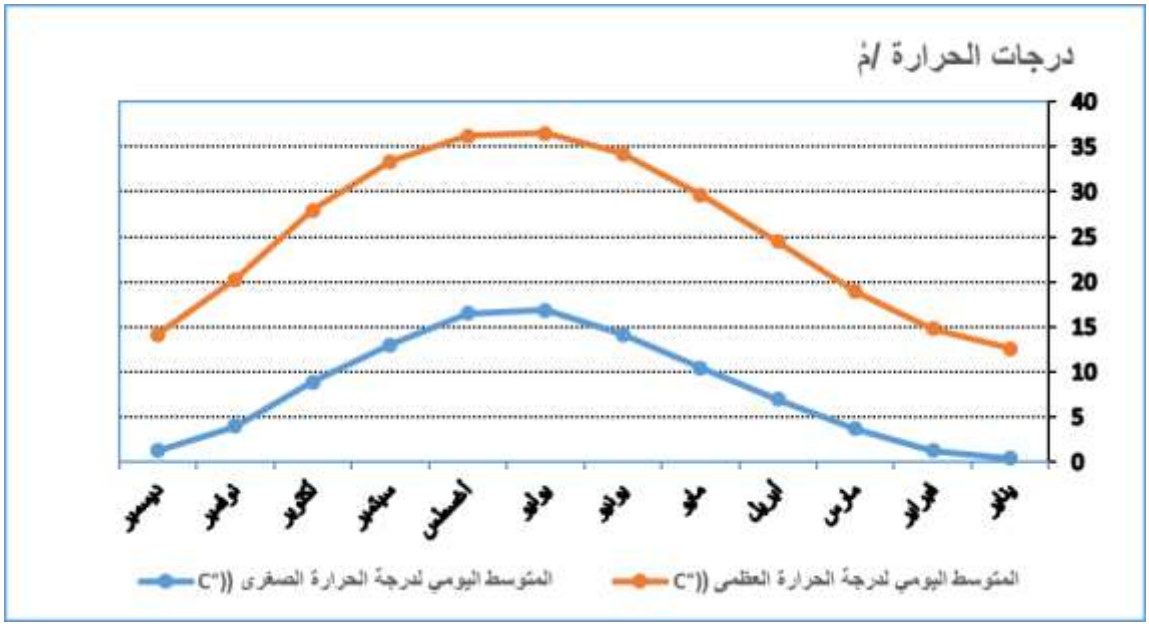
كما تعتمد المدينة على المياه الجوفية المستخرجة من أحواض دمشق المائية، إلا أن التوسع العمراني والنمو السكاني المتسارع أدى إلى زيادة الضغط على هذه الموارد، مما تسبب في تراجع مستويات التغذية الطبيعية وارتفاع معدلات الاستهلاك.

ويُعد الأمن المائي أحد أبرز التحديات الجغرافية المستقبلية لمدينة دمشق، خصوصاً في ظل التغير المناخي المتوقع وانخفاض معدلات الهطل المطري وازدياد فترات الجفاف.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

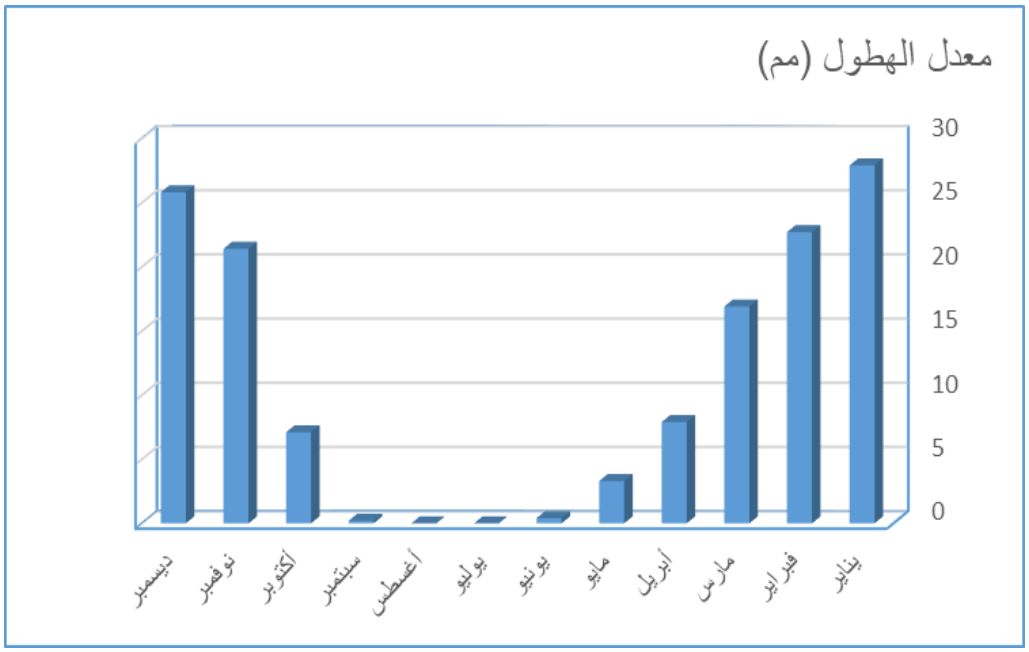


شكل رقم (2) المتوسط السنوي لكمية الهطول في دمشق وما حولها عن (Kattan & Nasser, 2023)



شكل رقم (3) المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى في دمشق

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604



شكل رقم (4) المتوسط الشهري لكمية الهطول في دمشق

1.5 النمو السكاني والتوسع العمراني:

شهدت مدينة دمشق نمواً سكانياً متسارعاً خلال العقود الأخيرة نتيجة التزايد الطبيعي والهجرة الداخلية من مختلف المحافظات السورية، مما أدى إلى توسع عمراني كبير تجاوز النطاق التقليدي للمدينة وامتد نحو الريف المحيط بها.

وقد أدى هذا النمو إلى تحولات واضحة في استخدامات الأراضي، تمثلت في تقلص الأراضي الزراعية والبساتين، وزيادة الكثافات العمرانية، وارتفاع نسبة الأسطح غير المنفذة للمياه مثل الطرق والمباني الخرسانية، مما أثر في التوازن البيئي داخل المدينة.

كما أسهم هذا التوسع في زيادة الضغط على البنية التحتية والخدمات العامة، ورفع مستويات التعرض للمخاطر المناخية مثل موجات الحر والإجهاد الحراري داخل النسيج الحضري.

1.6 استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي:

تتوزع استعمالات الأراضي في دمشق بين الاستخدامات السكنية والتجارية والصناعية والخدمية والزراعية، إلا أن التحولات الحضرية خلال العقود الأخيرة أدت إلى تغير واضح في الغطاء الأرضي، حيث توسعت المناطق المبنية على حساب الأراضي الزراعية والبساتين المحيطة، خاصة في منطقة الغوطة.

وقد انعكس هذا التغير على النظام البيئي الحضري من خلال انخفاض الغطاء النباتي، وتراجع القدرة الطبيعية على تنظيم الحرارة وامتصاص مياه الأمطار، إضافة إلى تدهور جودة الهواء، مما ساهم في تفاقم ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

1.7 دلالات الخصائص الجغرافية والمناخية على الهشاشة المناخية

تشير الخصائص الجغرافية والمناخية لمدينة دمشق إلى ارتفاع مستوى الهشاشة المناخية نتيجة تداخل عوامل طبيعية وبشرية متعددة، أبرزها الموقع ضمن إقليم شبه جاف محدود الموارد المائية، وتذبذب الهطل المطري، وارتفاع درجات الحرارة، إضافة إلى التوسع العمراني غير المنظم وتراجع الغطاء النباتي.

كما أن الضغط المتزايد على الموارد المائية والطاقة، إلى جانب التحولات في استخدامات الأراضي، يزيد من تعرض المدينة لمخاطر مناخية متعددة تشمل الجفاف، وموجات الحر، والعواصف الغبارية، والفيضانات الحضرية المفاجئة.

وبناءً عليه، فإن تعزيز المرونة المناخية في مدينة دمشق يتطلب دمج اعتبارات التغير المناخي في التخطيط الحضري، وتحسين إدارة الموارد المائية، وتوسيع البنية التحتية الخضراء، بما يضمن تقليل الهشاشة وتعزيز القدرة على التكيف في إطار التنمية الحضرية المستدامة.

2. المخاطر المناخية ومظاهر الهشاشة الحضرية في مدينة دمشق

2.1 الجفاف وندرة المياه: التهديد المناخي الرئيس لمدينة دمشق

يُعد الجفاف (Drought) من أخطر التحديات المناخية التي تواجه المدن الواقعة ضمن الأقاليم الجافة وشبه الجافة، نظراً لما يسببه من ضغوط متزايدة على الموارد المائية والأنظمة البيئية والأنشطة الاقتصادية. وتزداد خطورة هذه الظاهرة في المدن الكبرى التي تعتمد على موارد مائية محدودة وتواجه نمواً سكانياً وعمرانياً متسارعاً، كما هو الحال في مدينة دمشق.

وتشير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) إلى أن منطقة شرق البحر المتوسط والشرق الأوسط (Middle East and Eastern Mediterranean Region) تُعد من أكثر مناطق العالم عرضة لتراجع الموارد المائية نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الهطل المطري وزيادة معدلات التبخر، الأمر الذي سيؤدي إلى تفاقم ظاهرة الإجهاد المائي (Water Stress) خلال العقود القادمة (IPCC, 2022, pp. 16-33–16-37).

وتؤكد الدراسات المناخية الإقليمية أن منطقة شرق المتوسط شهدت منذ منتصف القرن العشرين اتجاهاً واضحاً نحو الاحترار المناخي (Regional Warming)، ترافق مع انخفاض نسبي في كميات الهطل المطري وزيادة تكرار سنوات الجفاف. وقد بينت دراسة (Lelieveld et al., 2012, p. 668) أن معدلات الاحترار في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تفوق المتوسط العالمي، وأن المنطقة مرشحة لتصبح أكثر جفافاً خلال القرن الحادي والعشرين. كما أظهرت دراسة

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

(Cook et al., 2016, pp. 3243–3245) أن الجفاف الذي تعرضت له بلاد الشام خلال الفترة 1998–2012 يُعد من أشد موجات الجفاف المسجلة خلال القرون الأخيرة.

وتكتسب هذه النتائج أهمية خاصة بالنسبة لمدينة دمشق التي تعتمد تاريخياً على حوض نهر بردى والمياه الجوفية كمصادر رئيسية للمياه. وقد أدى تراجع التغذية الطبيعية للأحواض المائية بالتزامن مع النمو السكاني والتوسع العمراني إلى زيادة الضغوط على الموارد المائية المتاحة. كما ساهمت الزيادة المستمرة في الطلب الحضري على المياه في تفاقم حالة العجز المائي، ولا سيما خلال سنوات الجفاف الممتدة.

ومن منظور الهشاشة المناخية (Climate Vulnerability)، يمكن تحليل وضع دمشق من خلال ثلاثة عناصر رئيسية هي: التعرض (Exposure)، والحساسية (Sensitivity)، والقدرة على التكيف (Adaptive Capacity) وفق إطار (IPCC (2022, pp. 1-12–1-15.

أولاً: التعرض للمخاطر (Exposure)

تتعرض مدينة دمشق بصورة مباشرة للتقلبات المناخية المرتبطة بانخفاض الهطل المطري وارتفاع درجات الحرارة. كما أن وقوعها ضمن إقليم شبه جاف يجعل مواردها المائية شديدة الحساسية لأي تغير في التوازن المناخي. وتشير السيناريوهات المناخية المستقبلية إلى احتمال انخفاض التدفقات السطحية وزيادة العجز المائي نتيجة ارتفاع معدلات التبخر والنتح (Evapotranspiration).

ثانياً: الحساسية (Sensitivity)

ترتفع حساسية دمشق تجاه الجفاف نتيجة عدة عوامل مترابطة تشمل:

- الاعتماد الكبير على المياه الجوفية.
- محدودية الموارد المائية المتجددة.
- تراجع الغطاء النباتي في الغوطة.
- ارتفاع الكثافة السكانية.
- زيادة الطلب الحضري والصناعي على المياه.

ويؤدي تفاعل هذه العوامل إلى زيادة احتمالات حدوث أزمات مائية خلال فترات الجفاف الممتدة.

ثالثاً: القدرة على التكيف (Adaptive Capacity)

رغم امتلاك دمشق خبرة تاريخية طويلة في إدارة المياه، فإن التحديات الحالية تتطلب تطوير أدوات أكثر تقدماً تشمل:

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- إدارة متكاملة للموارد المائية
- إعادة استخدام المياه المعالجة.
- حصاد مياه الأمطار.
- تحسين كفاءة شبكات التوزيع.
- تعزيز نظم الرصد المناخي والهيدرولوجي.

وتشير التجارب الدولية في المدن شبه الجافة إلى أن نجاح التكيف مع الجفاف يعتمد بصورة رئيسية على كفاءة الحوكمة المائية (Water Governance) أكثر من اعتماده على حجم الموارد المائية المتاحة (World Bank, 2023, p. 41).

التأثيرات الحضرية للجفاف في دمشق

لا يقتصر تأثير الجفاف على القطاع المائي فحسب، بل يمتد ليشمل مختلف مكونات النظام الحضري، ومن أبرز هذه التأثيرات:

- تراجع الأمن المائي الحضري (Urban Water Security).
- زيادة تكاليف توفير المياه المنزلية والصناعية.
- ارتفاع استهلاك الطاقة المرتبط بضخ المياه ونقلها.
- تدهور المساحات الخضراء الحضرية.
- زيادة تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية.
- تراجع جودة الحياة الحضرية.
- ارتفاع مستويات الهشاشة الاجتماعية والاقتصادية.

وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الجفاف في المدن شبه الجافة لم يعد يُنظر إليه بوصفه أزمة مائية مؤقتة، بل باعتباره تحدياً هيكلياً طويل الأمد يتطلب إعادة صياغة سياسات التخطيط الحضري وإدارة الموارد الطبيعية بما يتوافق مع الظروف المناخية المستقبلية (UN-Habitat, 2024, pp. 85–89).

وبناءً على ما سبق، يمكن اعتبار الجفاف وندرة المياه الخطر المناخي الأكثر تأثيراً في مستقبل مدينة دمشق، نظراً لتداخله مع معظم القطاعات الحضرية الأخرى، بما في ذلك الطاقة والصحة العامة والغطاء النباتي والبنية التحتية والتنمية الاقتصادية. ولذلك يشكل تعزيز الأمن المائي الركيزة الأساسية لأي استراتيجية مستقبلية تهدف إلى بناء مدينة دمشق مرنة مناخياً وقادرة على التكيف مع التغيرات المناخية المتوقعة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.2 ارتفاع درجات الحرارة وموجات الحر والجزيرة الحرارية الحضرية في مدينة دمشق

يُعد ارتفاع درجات الحرارة العالمية أحد أكثر المؤشرات وضوحاً على التغير المناخي المعاصر. فقد أكد التقرير السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) أن متوسط درجة حرارة سطح الأرض ارتفع بنحو 1.1°م مقارنة بفترة ما قبل الثورة الصناعية، وأن معظم هذا الارتفاع يُعزى بصورة مباشرة إلى الأنشطة البشرية وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري (IPCC, 2023, pp. 4–6). وتُظهر النماذج المناخية المستقبلية أن مناطق الشرق الأوسط وشرق البحر المتوسط ستكون من بين أكثر مناطق العالم تعرضاً للاحترار المناخي خلال القرن الحادي والعشرين.

وتشير الدراسات المناخية الإقليمية إلى أن معدلات الاحترار في منطقة شرق المتوسط تفوق المتوسط العالمي، حيث يُتوقع أن ترتفع درجات الحرارة بمقدار يتراوح بين 2 و5 درجات مئوية بحلول نهاية القرن الحالي تبعاً للسيناريوهات المناخية المعتمدة (Lelieveld et al., 2016, pp. 364–367). ويُرجح أن تترافق هذه الزيادة مع ارتفاع واضح في عدد الأيام الحارة جداً، وزيادة مدة وشدة موجات الحر، وانخفاض عدد الأيام الباردة.

2.2.1 موجات الحر بوصفها خطراً مناخياً متصاعداً

تُعرف موجات الحر (Heat Waves) بأنها فترات متتالية من درجات الحرارة المرتفعة بصورة غير اعتيادية مقارنة بالمعدلات المناخية السائدة في منطقة معينة. وقد أصبحت هذه الظاهرة من أكثر الأخطار المناخية فتكاً بالسكان على مستوى العالم، حيث تتسبب سنوياً بآلاف الوفيات وتؤثر بصورة مباشرة في الصحة العامة والاقتصاد الحضري والبنية التحتية (WHO, 2023, pp. 2–5).

وتُعد المدن أكثر عرضة لتأثيرات موجات الحر مقارنة بالمناطق الريفية بسبب ارتفاع الكثافة السكانية وتراكم المنشآت العمرانية والأسطح الإسفلتية وانخفاض التهوية الطبيعية. وتشير الدراسات إلى أن المخاطر الصحية لموجات الحر تزداد بصورة ملحوظة لدى كبار السن والأطفال والأشخاص الذين يعانون من أمراض القلب والجهاز التنفسي (IPCC, 2022, pp. 6-31–6-34).

وبالنسبة لمدينة دمشق، فإن وقوعها ضمن بيئة شبه جافة يترافق أصلاً مع ارتفاع درجات الحرارة خلال فصل الصيف، حيث تتجاوز درجات الحرارة العظمى في بعض الأيام 40°م. ومع استمرار الاحترار المناخي، يُتوقع أن يزداد عدد الأيام شديدة الحرارة وأن تتكرر موجات الحر

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

بصورة أكبر خلال العقود القادمة، مما يرفع مستويات الخطر المناخي على السكان والخدمات الحضرية.

2.2.2 الجزيرة الحرارية الحضرية في دمشق

تُعد ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية (Urban Heat Island – UHI) من أهم الظواهر المناخية المرتبطة بالتوسع العمراني. ويُقصد بها ارتفاع درجات الحرارة داخل المناطق الحضرية مقارنة بالمناطق الريفية المحيطة بها نتيجة التغيرات التي يحدثها العمران في خصائص سطح الأرض والتوازن الحراري المحلي (Oke, 1982, pp. 1–24).

وتنشأ هذه الظاهرة نتيجة مجموعة من العوامل المتداخلة، أهمها:

- استبدال الغطاء النباتي الطبيعي بالخرسانة والإسفلت.
- انخفاض معدلات التبخر والنتح (Evapotranspiration).
- امتصاص المواد العمرانية للطاقة الشمسية وتخزينها.
- انبعاث الحرارة الناتجة عن وسائل النقل والمباني والأنشطة البشرية.
- انخفاض التهوية الطبيعية بين الكتل العمرانية الكثيفة.

وقد بينت دراسات المناخ الحضري أن الفارق الحراري بين مراكز المدن والأطراف الريفية قد يتراوح بين 1 و8 درجات مئوية تبعاً لحجم المدينة وكثافة البناء والظروف المناخية المحلية (Santamouris, 2020, pp. 3–8).

وفي حالة دمشق، يمكن تفسير تنامي ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية من خلال عدة عوامل متزامنة، أبرزها التوسع العمراني السريع خلال العقود الأخيرة، والتراجع المستمر في المساحات الخضراء داخل المدينة ومحيطها، ولا سيما في مناطق الغوطة التي كانت تؤدي دوراً مهماً في تنظيم المناخ المحلي وتلطيف درجات الحرارة.

2.2.3 التأثيرات الحضرية لارتفاع درجات الحرارة

لا تقتصر آثار الاحترار المناخي على ارتفاع درجات الحرارة فقط، بل تمتد لتشمل مختلف عناصر النظام الحضري، ومن أهمها:

أولاً: التأثيرات الصحية

يؤدي التعرض لفترات طويلة من الحرارة المرتفعة إلى زيادة حالات الإجهاد الحراري (Heat Stress)، وضربات الشمس، وأمراض القلب والأوعية الدموية، والأمراض التنفسية. وتشير منظمة الصحة العالمية إلى أن الوفيات المرتبطة بالحرارة أصبحت من أسرع المخاطر المناخية نمواً على مستوى العالم (WHO, 2023, p. 4).

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

ثانياً: التأثيرات على الطاقة

ترفع درجات الحرارة المرتفعة الطلب على التبريد والتكييف، مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الكهرباء خلال أشهر الصيف. وتؤكد الوكالة الدولية للطاقة أن الطلب على التبريد يمثل أحد أسرع القطاعات نمواً في استهلاك الطاقة عالمياً (IEA, 2022, pp. 45–48).

ثالثاً: التأثيرات على الموارد المائية

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة معدلات التبخر من الخزانات المائية والتربة والغطاء النباتي، الأمر الذي يفاقم من مشكلات ندرة المياه في المدن شبه الجافة ويزيد من حدة الإجهاد المائي.

رابعاً: التأثيرات الاقتصادية

تشير الدراسات إلى أن ارتفاع درجات الحرارة يؤثر في إنتاجية العمل، خاصة في القطاعات الخارجية مثل البناء والنقل والخدمات الميدانية، كما يرفع تكاليف الطاقة والصيانة والتشغيل في المدن (IPCC, 2022, pp. 16-58–16-62).

2.2.4 تقييم الهشاشة الحرارية لمدينة دمشق

استناداً إلى الخصائص المناخية والعمرانية للمدينة، يمكن اعتبار دمشق من المدن ذات الحساسية المرتفعة نسبياً تجاه المخاطر الحرارية المستقبلية للأسباب التالية:

- وقوعها ضمن إقليم شبه جاف بطبيعته.
- محدودية الغطاء النباتي الحضري.
- استمرار التوسع العمراني الكثيف.
- تزايد الطلب على المياه والطاقة.
- ارتفاع نسبة الأسطح غير المنفذة والمواد عالية الامتصاص للحرارة.
- التأثير المتزايد لظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.

وتشير هذه المؤشرات إلى أن ارتفاع درجات الحرارة وموجات الحر يمثلان أحد أخطر التهديدات المناخية المستقبلية لمدينة دمشق، وأن التكيف مع هذا الخطر يتطلب إعادة النظر في سياسات التخطيط العمراني، وتوسيع البنية التحتية الخضراء، وتحسين تصميم المباني، وتعزيز كفاءة استخدام الطاقة والمياه ضمن إطار متكامل للمرونة المناخية الحضرية.

2.3 الفيضانات الحضرية المفاجئة وإدارة مخاطر مياه الأمطار في مدينة دمشق

على الرغم من أن مدينة دمشق تقع ضمن إقليم شبه جاف يتسم بمحدودية الموارد المائية وانخفاض معدلات الهطل المطري السنوي، فإن ذلك لا يعني غياب مخاطر الفيضانات الحضرية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

فقد أظهرت الدراسات الحديثة أن التغير المناخي يؤدي إلى زيادة التباين في الأنظمة المطرية، بحيث تتراجع كميات الأمطار السنوية في بعض المناطق بالتزامن مع ازدياد شدة الهطولات المطرية قصيرة المدة وعالية الغزارة، وهي الظاهرة التي تُعد من أهم مسببات الفيضانات الحضرية المفاجئة (Urban Flash Floods) (IPCC, 2022, pp. 8-21–8-25).

وتُعرف الفيضانات الحضرية (Urban Flooding) بأنها تجمع المياه داخل المناطق المبنية نتيجة عجز شبكات التصريف أو عدم قدرتها على استيعاب كميات المياه الناتجة عن الهطولات الغزيرة خلال فترة زمنية قصيرة (World Bank, 2021, pp. 14–18). وتزداد احتمالية حدوث هذه الفيضانات في المدن التي تشهد توسعاً عمرانياً سريعاً وارتفاعاً في نسبة الأسطح غير المنفذة للمياه (Impervious Surfaces).

شكل (5) السيول في دمشق 15 مارس 2026

مصدر الصورة : https://www.eremnews.com/environment/9ft77n0

شكل (6) السيول في دمشق 5 مايو 2018

مصدر الصورة : https://www.sy-24.com/12805/

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.3.1 التغير المناخي والهطولات المطرية الشديدة

تشير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى وجود أدلة قوية على تزايد شدة الهطولات المطرية القصوى (Extreme Precipitation Events) في العديد من مناطق العالم نتيجة زيادة محتوى بخار الماء في الغلاف الجوي الناجم عن الاحترار العالمي (IPCC, 2021, pp. 151–153).

ويُتوقع أن تصبح المدن أكثر تعرضاً للهطولات الغزيرة قصيرة المدة، حتى في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يؤدي ارتفاع درجة حرارة الهواء إلى زيادة قدرته على الاحتفاظ بالرطوبة، مما يرفع من احتمالية حدوث عواصف مطرية شديدة عند توافر الظروف الجوية الملائمة.

2.3.2 عوامل الهشاشة الفيضانية في مدينة دمشق

رغم انخفاض متوسط الأمطار السنوي في دمشق، فإن عدداً من الخصائص الحضرية يزيد من قابليتها للتعرض للفيضانات المفاجئة، ومن أهمها:

أ- التوسع العمراني السريع

أدى النمو العمراني إلى زيادة المساحات المغطاة بالإسفلت والخرسانة على حساب التربة الزراعية والأسطح الطبيعية القادرة على امتصاص مياه الأمطار. ويؤدي ذلك إلى زيادة الجريان السطحي (Surface Runoff) وتسريع انتقال المياه نحو الشوارع والمنخفضات الحضرية.

ب- تراجع المساحات الخضراء

كانت الغوطة تاريخياً تمثل منظومة طبيعية مهمة لتنظيم الدورة المائية وامتصاص جزء من مياه الأمطار. إلا أن تقلص مساحاتها خلال العقود الأخيرة أدى إلى انخفاض قدرة البيئة المحيطة بالمدينة على تخزين المياه وتخفيف الجريان السطحي.

ج- محدودية البنية التحتية لتصريف مياه الأمطار

تعتمد العديد من المدن التاريخية على شبكات تصريف أنشئت في ظروف مناخية مختلفة عن الظروف الحالية. ومع ازدياد شدة العواصف المطرية، قد تصبح هذه الشبكات غير قادرة على استيعاب كميات المياه المتدفقة خلال الفترات القصيرة.

د- الخصائص الطبوغرافية

يقع جزء كبير من مدينة دمشق ضمن حوض داخلي تحيط به مرتفعات جبلية نسبياً، الأمر الذي يؤدي إلى توجيه مياه الجريان السطحي نحو المناطق المنخفضة داخل النسيج الحضري، وخاصة أثناء العواصف المطرية الشديدة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.3.3 الآثار المحتملة للفيضانات الحضرية

يمكن أن تؤدي الفيضانات المفاجئة في دمشق إلى مجموعة من الآثار السلبية تشمل:

- تعطيل حركة النقل والمرور.
- غمر الأنفاق والطرق والمنشآت الحيوية.
- إلحاق أضرار بالبنية التحتية وشبكات الخدمات.
- زيادة مخاطر التلوث البيئي والصحي.
- ارتفاع تكاليف الصيانة وإعادة التأهيل.
- تعطل الأنشطة الاقتصادية والخدمية.

وتشير الأمم المتحدة إلى أن الخسائر الاقتصادية الناجمة عن الفيضانات الحضرية أصبحت من أسرع الخسائر المناخية نمواً على مستوى العالم، خصوصاً في المدن التي تشهد نمواً عمرانياً سريعاً (UNDRR, 2023, pp. 45–48).

2.3.4 الفيضانات الحضرية في إطار المرونة المناخية

لم تعد إدارة مياه الأمطار تُنظر إليها بوصفها قضية هندسية فقط، بل أصبحت جزءاً من مفهوم المرونة المناخية الحضرية (Urban Climate Resilience). ولذلك تتجه المدن الحديثة نحو تبني الحلول القائمة على الطبيعة (Nature-Based Solutions) مثل:

- الحدائق المطرية.
- الأرصفة النفوذة.
- الأسطح الخضراء.
- أحواض احتجاز مياه الأمطار.
- البنية التحتية الزرقاء والخضراء.

وتساعد هذه الحلول على تقليل الجريان السطحي، وتحسين تغذية المياه الجوفية، والحد من مخاطر الفيضانات، وتعزيز استدامة الموارد المائية في المدن شبه الجافة.

2.3.5 تقييم مستوى الخطر الفيضاني في دمشق

رغم أن خطر الفيضانات في دمشق أقل أهمية من مخاطر الجفاف وارتفاع درجات الحرارة، فإنه يمثل خطراً مناخياً متنامياً نتيجة التغيرات المتوقعة في أنماط الهطل المطري والتوسع العمراني المستمر. ومن المرجح أن تزداد أهمية هذا الخطر خلال العقود القادمة إذا لم تُدمج إدارة مياه الأمطار ضمن سياسات التخطيط الحضري والتكيف المناخي.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

وعليه، فإن تطوير أنظمة متكاملة لإدارة مياه الأمطار يمثل أحد المكونات الأساسية لاستراتيجية بناء مدينة دمشق المرنة مناخياً، إلى جانب إدارة الموارد المائية ومواجهة موجات الحر والجفاف.

2.4 العواصف الغبارية وتدهور جودة الهواء في مدينة دمشق

تمثل العواصف الغبارية (Dust Storms) وتدهور جودة الهواء (Air Quality Degradation) أحد أبرز التحديات البيئية والمناخية التي تواجه المدن الواقعة ضمن البيئات الجافة وشبه الجافة. وقد ازداد الاهتمام العلمي بهذه الظاهرة خلال العقود الأخيرة نتيجة ارتباطها بالتغير المناخي والتصحر وتدهور الأراضي، إضافة إلى آثارها الصحية والاقتصادية الواسعة النطاق. وتشير تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن ارتفاع درجات الحرارة وتزايد الجفاف وتدهور الغطاء النباتي قد يؤدي إلى زيادة انبعاث الغبار من المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العديد من أقاليم العالم، بما فيها منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (IPCC, 2022, pp. 16-71–16-74).

وتُعد منطقة الشرق الأوسط من أهم مناطق إنتاج الغبار الجوي على المستوى العالمي، حيث تساهم الصحاري الواسعة والمناطق المتدهورة بيئياً في إطلاق كميات كبيرة من الجسيمات العالقة إلى الغلاف الجوي. وقد بينت دراسة (Middleton, 2017, pp. 46–49) أن تواتر العواصف الغبارية في المنطقة شهد تزايداً ملحوظاً خلال العقود الأخيرة نتيجة تفاعل العوامل المناخية والبيئية والبشرية.

2.4.1 العوامل المؤثرة في حدوث العواصف الغبارية

تنشأ العواصف الغبارية نتيجة تفاعل مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية، من أهمها:

أ- الجفاف وتراجع رطوبة التربة

يسهم انخفاض الهطل المطري وارتفاع درجات الحرارة في زيادة جفاف التربة وتفكك حبيباتها السطحية، مما يجعلها أكثر عرضة للانجراف بفعل الرياح. وتؤكد الدراسات أن فترات الجفاف الطويلة تمثل أحد أهم المحركات المناخية لزيادة النشاط الغباري في المناطق الجافة وشبه الجافة (UNEP, 2022, pp. 34–37).

ب- تدهور الغطاء النباتي

يؤدي تراجع الغطاء النباتي إلى فقدان التربة للحماية الطبيعية التي توفرها النباتات ضد التعرية الريحية (Wind Erosion). كما يؤدي تقلص المساحات الزراعية والبساتين المحيطة بالمدن إلى زيادة قابلية التربة للانجراف.

ج- التصحر (Desertification)

يُعد التصحر أحد أبرز التحديات البيئية في منطقة الشرق الأوسط، حيث يؤدي تدهور الأراضي إلى زيادة مساحات التربة المكشوفة القابلة لإنتاج الغبار. وقد أشارت اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر إلى أن التغير المناخي يزيد من سرعة انتشار عمليات التصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة (UNCCD, 2022, pp. 18–21).

د- العوامل البشرية

تشمل إزالة الغطاء النباتي، والتوسع العمراني غير المنظم، والرعي الجائر، والاستغلال غير المستدام للموارد الطبيعية، وهي جميعها عوامل تسهم في زيادة مصادر الغبار وتفاقم آثار العواصف الغبارية.

2.4.2 واقع العواصف الغبارية في دمشق

تقع دمشق على هامش منطقة البادية السورية التي تشكل أحد أهم مصادر الغبار في بلاد الشام. كما تتأثر المدينة أحياناً بكتل هوائية محملة بالغبار قادمة من المناطق الصحراوية في سورية والعراق وشبه الجزيرة العربية.

وخلال العقود الأخيرة، ساهمت موجات الجفاف المتكررة وتراجع الغطاء النباتي في بعض المناطق المحيطة بالمدينة في زيادة احتمالية تعرضها للعواصف الغبارية. ويُتوقع أن تزداد هذه الظاهرة مستقبلاً مع استمرار الاحترار المناخي وازدياد الضغوط البيئية على النظم الطبيعية في المنطقة (Lelieveld et al., 2015, pp. 356–360).

شكل (7) عاصفة غبارية في دمشق 2011/9/28

مصدر الصورة :

https://www.kuna.net.kw/ArticleDetails.aspx?id=2193119&language=ar

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2.4.3 جودة الهواء في البيئة الحضرية

تُعد جودة الهواء (Air Quality) أحد المؤشرات الأساسية للاستدامة الحضرية والصحة البيئية. ويؤثر التلوث الهوائي في المدن من خلال مجموعة من المصادر تشمل:

- انبعاثات وسائل النقل.
- الأنشطة الصناعية.
- احتراق الوقود الأحفوري.
- الغبار الطبيعي المحمول بالهواء.
- أنشطة البناء والتشييد.

وتشير منظمة الصحة العالمية إلى أن تلوث الهواء يمثل أحد أهم عوامل الخطر البيئي على صحة الإنسان، حيث يرتبط بزيادة معدلات الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي وأمراض القلب والأوعية الدموية والوفيات المبكرة (WHO, 2023, pp. 6–9).

2.4.4 الآثار الصحية للعواصف الغبارية

تؤثر الجسيمات الدقيقة العالقة في الهواء (Particulate Matter – PM10 وPM2.5) بصورة مباشرة في صحة الإنسان. وتزداد المخاطر الصحية خلال فترات العواصف الغبارية نتيجة ارتفاع تركيز هذه الجسيمات في الهواء المستنشق.

وتشمل أهم الآثار الصحية:

- تهيج الجهاز التنفسي.
- تفاقم الربو والأمراض الرئوية المزمنة.
- زيادة معدلات الحساسية.
- ارتفاع مخاطر أمراض القلب والأوعية الدموية.
- زيادة الحاجة إلى الخدمات الصحية الطارئة.

وقد أظهرت الدراسات الوبائية أن المدن الواقعة في المناطق الجافة تسجل ارتفاعاً ملحوظاً في المشكلات الصحية خلال فترات النشاط الغباري الشديد (WHO, 2023, pp. 10–12).

2.4.5 العلاقة بين التغير المناخي والعواصف الغبارية

تشير الأدبيات الحديثة إلى وجود علاقة متزايدة بين التغير المناخي والعواصف الغبارية من خلال عدة آليات رئيسية:

- ارتفاع درجات الحرارة وزيادة التبخر.
- تكرار موجات الجفاف طويلة الأمد.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- تدهور الغطاء النباتي.
- تسارع عمليات التصحر.
- زيادة هشاشة النظم البيئية الجافة.

ويؤدي تفاعل هذه العوامل إلى تعزيز ظروف إنتاج الغبار ونقله لمسافات طويلة، مما يزيد من تعرض المدن للمخاطر البيئية والصحية المرتبطة به (IPCC, 2022, pp. 16-71–16-74).

2.4.6 تقييم الهشاشة المرتبطة بجودة الهواء في دمشق

يمكن اعتبار دمشق مدينة ذات هشاشة متوسطة إلى مرتفعة تجاه المخاطر المرتبطة بجودة الهواء والعواصف الغبارية للأسباب الآتية:

- وقوعها بالقرب من مناطق شبه صحراوية واسعة.
- تعرضها الدوري للكتل الهوائية المحملة بالغبار.
- محدودية الغطاء النباتي الحضري مقارنة بالحجم السكاني والعمراني.
- ازدياد الضغوط الناجمة عن التوسع العمراني والنقل والطاقة.
- التأثيرات المتوقعة للتغير المناخي والتصحر في المنطقة.

وتشير هذه المعطيات إلى أن تحسين جودة الهواء ينبغي أن يشكل جزءاً أساسياً من سياسات التكيف الحضري في دمشق، من خلال تعزيز التشجير الحضري، وتوسيع البنية التحتية الخضراء، ومراقبة الملوثات الجوية، والحد من مصادر الانبعاثات، إضافة إلى تطوير نظم الإنذار المبكر الخاصة بالعواصف الغبارية.

تمثل العواصف الغبارية وتدهور جودة الهواء أحد المخاطر المناخية والبيئية المتنامية في مدينة دمشق، نتيجة التفاعل بين التغير المناخي والظروف البيئية المحلية والضغوط الحضرية المتزايدة. ورغم أن تأثيراتها قد تكون أقل وضوحاً من الجفاف أو موجات الحر، فإن انعكاساتها الصحية والاقتصادية والاجتماعية تجعلها عنصراً أساسياً في تقييم الهشاشة المناخية للمدينة، وفي صياغة استراتيجيات التكيف الحضري المستدام خلال العقود القادمة.

2.5 التقييم المتكامل للهشاشة والمرونة المناخية في مدينة دمشق

أصبح مفهوم المخاطر المناخية (Climate Risk) أحد المفاهيم المحورية في الدراسات المناخية الحضرية الحديثة، حيث لم تعد الأخطار المناخية تُدرس بوصفها ظواهر طبيعية مستقلة، بل باعتبارها نتاجاً للتفاعل بين الأخطار المناخية (Climate Hazards) والتعرض (Exposure) والهشاشة (Vulnerability). وقد اعتمد التقرير السادس للهيئة الحكومية الدولية

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

المعنية بتغير المناخ هذا الإطار المفاهيمي لفهم طبيعة المخاطر التي تواجه المدن والمجتمعات البشرية في ظل التغير المناخي (IPCC, 2022, pp. 1-5-1-9).

وبناءً على هذا الإطار، فإن تقييم الهشاشة المناخية لمدينة دمشق لا يقتصر على تحليل الجفاف أو موجات الحر أو الفيضانات بصورة منفصلة، بل يتطلب دراسة كيفية تفاعل هذه الأخطار مع الخصائص الجغرافية والديموغرافية والعمرانية والاقتصادية للمدينة.

2.5.1 إطار تقييم المخاطر المناخية

وفقاً لمنهجية الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، يمكن التعبير عن المخاطر المناخية من خلال العلاقة الآتية:

$$\text{Climate Risk} = \text{Hazard} \times \text{Exposure} \times \text{Vulnerability}$$

حيث تشير:

- **الأخطار المناخية (Hazards)** إلى الظواهر المناخية المحتملة مثل الجفاف وموجات الحر والفيضانات والعواصف الغبارية.
- **التعرض (Exposure)** إلى السكان والبنية التحتية والأنشطة الاقتصادية الواقعة ضمن نطاق تأثير هذه الأخطار.
- **الهشاشة (Vulnerability)** إلى درجة قابلية هذه العناصر للتضرر نتيجة محدودية القدرة على التكيف والاستجابة.

ويُعد هذا النموذج من أكثر النماذج استخداماً في تقييم مخاطر التغير المناخي على المدن (IPCC, 2022, pp. 1-12-1-15).

2.5.2 تحليل عناصر الهشاشة المناخية في دمشق

أولاً: التعرض (Exposure)

تُظهر مدينة دمشق مستوى مرتفعاً من التعرض للمخاطر المناخية نتيجة عدة عوامل مترابطة، أهمها:

- التركز السكاني المرتفع.
- الكثافة العمرانية الكبيرة.
- الاعتماد على موارد مائية محدودة.
- توسع المناطق المبنية على حساب الأراضي الزراعية.
- تمركز الأنشطة الاقتصادية والخدمية الحيوية داخل المدينة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

وتعني هذه الخصائص أن أي اضطراب مناخي واسع النطاق قد يؤثر بصورة مباشرة في أعداد كبيرة من السكان والبنية التحتية والخدمات الأساسية.

ثانياً: الحساسية (Sensitivity)

تمثل الحساسية مدى تأثر المدينة بالأخطار المناخية عند حدوثها. ويمكن تحديد أبرز عوامل الحساسية في دمشق بما يلي:

- محدودية الموارد المائية المتجددة.
- ارتفاع الطلب الحضري على المياه والطاقة.
- تقلص الغطاء النباتي الحضري.
- تزايد ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية.
- الاعتماد المتزايد على البنية التحتية التقليدية.

وتؤدي هذه العوامل إلى تضخيم الآثار الناتجة عن الجفاف وموجات الحر والعواصف المطرية الشديدة.

ثالثاً: القدرة على التكيف (Adaptive Capacity)

تعبر القدرة على التكيف عن قدرة المدينة ومؤسساتها وسكانها على التعامل مع المخاطر المناخية والحد من آثارها. وتشمل عناصرها:

- كفاءة المؤسسات الحضرية.
- نظم الرصد والإنذار المبكر.
- التخطيط العمراني المستدام.
- إدارة الموارد المائية.
- توافر البنية التحتية المرنة.
- الوعي المجتمعي بالمخاطر المناخية.

ورغم امتلاك دمشق خبرة تاريخية طويلة في إدارة المياه والتكيف مع البيئات شبه الجافة، فإن التحديات المناخية المستقبلية تتطلب تطوير أدوات أكثر تقدماً واستدامة.

2.5.3 مصفوفة المخاطر المناخية في مدينة دمشق

استناداً إلى التحليل السابق، يمكن ترتيب المخاطر المناخية الرئيسة التي تواجه المدينة وفق درجة تأثيرها المتوقعة كما يأتي:

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

الخطر المناخي	احتمال الحدوث	حجم التأثير	مستوى الخطورة
الجفاف وندرة المياه	مرتفع جداً	مرتفع جداً	مرتفع جداً
موجات الحر والجزيرة الحرارية الحضرية	مرتفع جداً	مرتفع	مرتفع جداً
العواصف الغبارية وتدهور جودة الهواء	مرتفع	متوسط إلى مرتفع	مرتفع
الفيضانات الحضرية المفاجئة	متوسط	متوسط	متوسط
تدهور النظم البيئية الحضرية	مرتفع	مرتفع	مرتفع

وتشير هذه النتائج إلى أن المخاطر المرتبطة بالمياه والحرارة تمثل التحديات الأكثر أهمية بالنسبة لمستقبل المدينة.

2.5.4 المرونة المناخية الحالية للمدينة

يشير مفهوم المرونة المناخية الحضرية (Urban Climate Resilience) إلى قدرة المدينة على الاستعداد للمخاطر المناخية وامتصاص آثارها والتعافي منها مع الحفاظ على وظائفها الأساسية (UN-Habitat, 2024, pp. 73–77).

ويمكن تقييم الوضع الحالي لدمشق من خلال أربعة أبعاد رئيسية:

أ- المرونة البيئية

تمتلك المدينة بعض المقومات البيئية المهمة المرتبطة بموقعها الجغرافي وتاريخها الزراعي، إلا أن تراجع الغطاء النباتي الحضري وتقلص المساحات الخضراء أسهما في انخفاض قدرة البيئة المحلية على مواجهة الضغوط المناخية.

ب- المرونة المائية

تمثل المياه نقطة الضعف الرئيسة في النظام الحضري الدمشقي نتيجة محدودية الموارد المائية وازدياد الطلب عليها، مما يجعل تعزيز الأمن المائي أولوية قصوى في سياسات التكيف.

ج- المرونة العمرانية

تشهد المدينة توسعاً عمرانياً مستمراً يزيد من تعرضها للجزيرة الحرارية الحضرية والفيضانات المفاجئة، الأمر الذي يستدعي دمج اعتبارات المناخ ضمن عمليات التخطيط العمراني المستقبلية.

د- المرونة المؤسسية

تعتمد قدرة المدينة على التكيف مستقبلاً على كفاءة المؤسسات المحلية وقدرتها على تطوير سياسات مرنة ومتكاملة لإدارة المخاطر المناخية.

2.5.5 مؤشرات المرونة المناخية المستقبلية

تشير الاتجاهات المناخية الحالية إلى أن دمشق ستواجه خلال العقود القادمة:

- ارتفاعاً في درجات الحرارة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- زيادة تواتر موجات الحر.
- ضغوطاً متزايدة على الموارد المائية.
- احتمال زيادة شدة الهطولات المطرية القصوى.
- توسعاً في تأثير الجزيرة الحرارية الحضرية.

وفي المقابل، فإن تبني سياسات تكيف فعالة يمكن أن يحسن قدرة المدينة على مواجهة هذه التحديات من خلال:

- تعزيز البنية التحتية الخضراء.
- رفع كفاءة إدارة المياه.
- تطوير نظم الإنذار المبكر.
- تحسين كفاءة الطاقة.
- دمج المناخ في التخطيط الحضري.

2.5.6 الاستنتاج

يُظهر التقييم المتكامل أن مدينة دمشق تواجه مزيجاً معقداً من المخاطر المناخية المرتبطة بالمياه والحرارة وجودة الهواء والتوسع العمراني. وتتمثل أبرز نقاط الهشاشة في محدودية الموارد المائية وتراجع الغطاء النباتي الحضري وارتفاع التعرض لموجات الحر. وفي المقابل، تمتلك المدينة فرصاً مهمة لتعزيز مرونتها المناخية من خلال تبني استراتيجيات تكيف حضري متكاملة تستند إلى الإدارة المستدامة للمياه، والبنية التحتية الخضراء، والتخطيط الحضري المرن، والحوكمة المناخية الفعالة. وتمثل هذه الاستراتيجيات الأساس الذي يمكن من خلاله بناء مدينة دمشق القادرة على التكيف مع تحديات المناخ خلال العقود القادمة.

3. استراتيجيات التكيف الحضري مع تغير المناخ في مدينة دمشق

3.1 مدخل إلى التكيف الحضري في المدن شبه الجافة

أصبح التكيف الحضري مع تغير المناخ (Urban Climate Adaptation) أحد المكونات الأساسية للتخطيط الحضري المستدام خلال العقود الأخيرة، نتيجة تزايد المخاطر المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة والجفاف والفيضانات وتدهور النظم البيئية الحضرية. وتشير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن قدرة المدن على التكيف أصبحت عاملاً حاسماً في تحديد مستوى المخاطر المناخية المستقبلية، حيث يمكن للتخطيط الحضري الفعال أن يخفض مستويات الهشاشة حتى في ظل استمرار الاحترار العالمي (IPCC, 2022, pp. 6-82–6-89).

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

وفي المدن شبه الجافة (Semi-Arid Cities)، تكتسب استراتيجيات التكيف أهمية مضاعفة بسبب محدودية الموارد المائية وارتفاع الحساسية تجاه التغيرات المناخية. ولذلك فإن بناء المرونة المناخية في دمشق يجب أن يعتمد على نهج متكامل يجمع بين الإدارة المستدامة للمياه، والتخطيط العمراني، والحلول القائمة على الطبيعة (Nature-Based Solutions)، والحوكمة المناخية الفعالة.

3.2 التكيف في قطاع المياه: الركيزة الأساسية للمرونة المناخية

تُعد المياه العنصر الأكثر حساسية في النظام الحضري الدمشقي، ولذلك فإن تعزيز الأمن المائي الحضري (Urban Water Security) يمثل الأساس الذي تُبنى عليه بقية استراتيجيات التكيف.

وتشير الأمم المتحدة إلى أن أكثر من 40% من سكان العالم سيعيشون بحلول منتصف القرن في مناطق تعاني من الإجهاد المائي المرتفع (UN-Water, 2023, p. 11). وتُصنف دمشق ضمن المدن المعرضة لهذا الخطر نتيجة الاعتماد الكبير على المياه السطحية والجوفية المحدودة. وتشمل إجراءات التكيف المقترحة:

أ- الإدارة المتكاملة للموارد المائية

وهي منهجية تدمج بين إدارة المياه السطحية والجوفية ومياه الأمطار والمياه المعالجة ضمن إطار موحد يوازن بين الاحتياجات البيئية والاجتماعية والاقتصادية (Global Water Partnership, 2020, p. 14).

ب- إعادة استخدام المياه المعالجة

تشير الدراسات إلى أن إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة يمكن أن توفر ما بين 15-30% من الطلب الحضري على المياه في المدن الجافة (World Bank, 2023, p. 54).

ج- حصاد مياه الأمطار

رغم محدودية الأمطار في دمشق، فإن استثمار الأسطح والمباني العامة والخزانات الحضرية يمكن أن يوفر مورداً إضافياً للمياه غير الصالحة للشرب، ويساهم في تخفيف الضغط على الشبكات المائية.

د- تقليل الفاقد المائي

تصل خسائر المياه في بعض المدن النامية إلى أكثر من 30% من إجمالي المياه الموزعة (UN-Habitat, 2024, p. 112)، مما يجعل تحديث الشبكات أولوية استراتيجية.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

3.3 البنية التحتية الخضراء وإعادة إحياء الدور المناخي للغوطة

تمثل البنية التحتية الخضراء (Green Infrastructure) أحد أكثر أدوات التكيف الحضري فعالية في مواجهة التغير المناخي.

ويشير برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية إلى أن كل زيادة بنسبة 10% في الغطاء النباتي الحضري يمكن أن تخفض درجات الحرارة المحلية بما يتراوح بين 1 و2 درجة مئوية تبعاً للظروف المناخية المحلية (UN-Habitat, 2022, p. 76).

وفي حالة دمشق يمكن أن تشمل الاستراتيجية:

أ- استعادة الحزام الأخضر حول المدينة

تمثل الغوطة تاريخياً نظاماً بيئياً فريداً أدى أدواراً متعددة:

- تلطيف المناخ المحلي.
- امتصاص الكربون.
- الحد من الغبار.
- تحسين الأمن الغذائي.

لذلك فإن إعادة تأهيل الغوطة يجب أن تُعامل كأولوية مناخية وليست فقط زراعية.

ب- التشجير الحضري واسع النطاق

تشير الدراسات إلى أن الأشجار الناضجة قادرة على خفض درجة حرارة الهواء المحيط بين 2-8 درجات مئوية محلياً (Bowler et al., 2010, pp. 147-150).

ج- إنشاء الممرات الخضراء

التي تربط الحدائق والمساحات المفتوحة وتعمل كممرات تهوية طبيعية تقلل من تراكم الحرارة داخل المدينة.

3.4 مواجهة الجزيرة الحرارية الحضرية

أصبحت مكافحة الجزيرة الحرارية الحضرية أحد أهم محاور التكيف في المدن الكبرى.

- **الأسطح الباردة (Cool Roofs)** والتي تعتمد على مواد ذات انعكاسية مرتفعة للإشعاع الشمسي. وقد أظهرت الدراسات أن تطبيقها على نطاق واسع يمكن أن يخفض حرارة الأسطح بمقدار يتجاوز 20°م مقارنة بالأسطح التقليدية (Santamouris, 2020, pp. 12-14).
- **الأرصفة الباردة (Cool Pavements)** تسهم في تقليل امتصاص الحرارة في الشوارع والساحات العامة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

- **التوسع في الظل الحضري (Urban Shading)** من خلال الأشجار والعناصر المعمارية التي تقلل تعرض المشاة للإجهاد الحراري.
- **التخطيط المناخي للمباني (Climate-Sensitive Urban Design)** بما يضمن:
  - ✓ تحسين التهوية الطبيعية.
  - ✓ تقليل اكتساب الحرارة.
  - ✓ رفع كفاءة الطاقة.

3.5 إدارة مياه الأمطار والفيضانات الحضرية

رغم أن دمشق مدينة شبه جافة، إلا أن تغير المناخ يزيد احتمالية الهطولات الشديدة قصيرة المدة. وتوصي الأدبيات الحديثة بالانتقال من مفهوم تصريف مياه الأمطار إلى مفهوم إدارة مياه الأمطار (Stormwater Management). وتشمل الأدوات الأساسية:

- ✓ الحدائق المطرية
- ✓ الأرصفة النفوذة
- ✓ أحواض الاحتجاز
- ✓ الأسطح الخضراء

وقد أثبتت هذه الحلول نجاحها في مدن مثل كوبنهاغن وسنغافورة ونيويورك في خفض الجريان السطحي بنسبة تجاوزت 30% في بعض المناطق (World Bank, 2021, p. 37).

3.6 تحسين جودة الهواء والتكيف مع العواصف الغبارية

مع توقع تزايد موجات الجفاف والتصحر، تصبح إدارة جودة الهواء جزءاً أساسياً من التكيف الحضري. وتشمل الإجراءات المقترحة:

أ- تطوير شبكات الرصد البيئي.

ب- أنظمة الإنذار المبكر للعواصف الغبارية.

ج- تعزيز الغطاء النباتي الحضري وخاصة الأنواع المتحملة للجفاف.

د- تخفيض الانبعاثات الحضرية من خلال النقل المستدام وتحسين كفاءة الطاقة.

3.7 التكيف في قطاع الطاقة والمباني

تشير الوكالة الدولية للطاقة إلى أن الطلب على التبريد سيزداد عالمياً بأكثر من ثلاثة أضعاف بحلول عام 2050 في العديد من المناطق الحارة (IEA, 2022, pp. 51-54). لذلك ينبغي أن تتضمن استراتيجية دمشق:

1. الأبنية منخفضة الاستهلاك للطاقة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

2. العزل الحراري.
3. الطاقة الشمسية الكهروضوئية.
4. التهوية الطبيعية.
5. تصميم المباني المتوافق مع المناخ المحلي.

3.8 الحوكمة المناخية والتخطيط الحضري المرن

تؤكد الأدبيات الحديثة أن نجاح التكيف يعتمد على المؤسسات أكثر من اعتماده على التكنولوجيا وحدها (OECD, 2023, p. 91). ولذلك ينبغي:

1. دمج المناخ في المخططات التنظيمية.
2. إنشاء وحدة متخصصة للمناخ الحضري.
3. تطوير قواعد بيانات مناخية حضرية.
4. اعتماد تقييم المخاطر المناخية في المشاريع العمرانية.
5. إشراك المجتمع المحلي والقطاع الخاص.

3.9 رؤية دمشق مدينة مرنة مناخياً 2050

استناداً إلى نتائج الدراسة، يمكن صياغة رؤية مستقبلية تتمثل في:

"بناء مدينة دمشق مرنة مناخياً وقادرة على التكيف مع التغير المناخي من خلال تحقيق الأمن المائي، وتوسيع البنية التحتية الخضراء، وخفض الإجهاد الحراري الحضري، وتعزيز جودة البيئة الحضرية، ودمج الاعتبارات المناخية في جميع مستويات التخطيط والتنمية المستدامة حتى عام 2050."

وتنسجم هذه الرؤية مع أهداف التنمية المستدامة، وإطار سنداي للحد من مخاطر الكوارث، وأهداف اتفاق باريس للمناخ، ومبادئ المدن المرنة التي تتبناها الأمم المتحدة والبنك الدولي.

النتائج والتوصيات

أولاً: النتائج

خلصت الدراسة إلى مجموعة من النتائج الرئيسة المتعلقة بالمخاطر المناخية والهشاشة الحضرية في مدينة دمشق، ويمكن تلخيصها كما يلي:

1. تقع مدينة دمشق ضمن إقليم شبه جاف يجعلها بطبيعتها عرضة للإجهاد المائي والتقلبات المناخية الحادة.
2. يُعد الجفاف وندرة المياه الخطر المناخي الأكثر تأثيراً على استدامة النظام الحضري في المدينة، نظراً لاعتمادها الكبير على موارد مائية محدودة ومتراجعة.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

3. يشكل ارتفاع درجات الحرارة وموجات الحر تهديداً متزايداً، مع تفاقم تأثير ظاهرة الجزيرة الحرارية الحضرية نتيجة التوسع العمراني وتراجع الغطاء النباتي.
4. تمثل العواصف الغبارية وتدهور جودة الهواء خطراً بيئياً وصحياً متكرراً، مرتبطاً بظروف الجفاف والتصحر في الإقليم المحيط.
5. تُعد الفيضانات الحضرية المفاجئة خطراً ثانوياً لكنه متصاعد، نتيجة ازدياد شدة الهطولات المطرية قصيرة المدة وضعف شبكات التصريف.
6. تتفاعل المخاطر المناخية المختلفة فيما بينها، مما يؤدي إلى تضخيم التأثيرات السلبية على المدينة بدلاً من حدوثها بشكل منفصل.
7. ترتفع درجة الهشاشة المناخية في دمشق بسبب تداخل ثلاثة عوامل رئيسية: ارتفاع مستوى التعرض، وزيادة الحساسية، وضعف القدرة على التكيف النسبي.
8. أسهم التوسع العمراني غير المنظم وتراجع المساحات الخضراء في زيادة شدة المخاطر المناخية، خصوصاً الحر والجفاف والفيضانات.
9. يؤدي انخفاض الغطاء النباتي وزيادة الأسطح غير المنفذة إلى تفاقم الجزر الحرارية الحضرية وارتفاع درجات الحرارة داخل المدينة.
10. توجد علاقة مباشرة بين التغير المناخي والتحضر، حيث يعزز كل منهما تأثير الآخر في زيادة الضغط على الموارد والبنية التحتية.
11. تمتلك المدينة مقومات يمكن تطويرها لتعزيز المرونة المناخية، مثل الخبرة في إدارة المياه وإمكانية إعادة تأهيل المناطق الخضراء.
12. يمثل دمج اعتبارات التغير المناخي في التخطيط الحضري شرطاً أساسياً لخفض الهشاشة وتعزيز الاستدامة المستقبلية للمدينة.

ثانياً: التوصيات

توصي الدراسة بما يلي:

1. اعتماد نهج الإدارة المتكاملة للموارد المائية لتعزيز الأمن المائي وتقليل الإجهاد المائي الحضري.
2. التوسع في إعادة استخدام المياه المعالجة وحصاد مياه الأمطار لتخفيف الضغط على الموارد التقليدية.
3. تطوير وتحديث شبكات المياه للحد من الفاقد وتحسين كفاءة التوزيع.

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

4. إعادة تأهيل الغطاء النباتي الحضري واستعادة الدور البيئي للغوطة بوصفها حزاماً أخضر مناخياً.
5. زيادة التشجير الحضري وربط المساحات الخضراء ضمن ممرات خضراء لتحسين التهوية وتقليل الحرارة.
6. تطبيق حلول الحد من الجزيرة الحرارية الحضرية مثل الأسطح والأرصفة الباردة والتصميم المناخي للمباني.
7. اعتماد أنظمة متكاملة لإدارة مياه الأمطار للحد من مخاطر الفيضانات الحضرية المفاجئة.
8. إنشاء منظومة رصد وإنذار مبكر للعواصف الغبارية وتحسين مراقبة جودة الهواء.
9. تعزيز كفاءة الطاقة في المباني وتشجيع التصميم العمراني المتوافق مع المناخ المحلي.
10. دمج التغير المناخي ضمن جميع مستويات التخطيط الحضري وتأسيس وحدة متخصصة للمرونة المناخية.

أولاً: المراجع العربية (مدققة أكاديمياً)

1. الأمم المتحدة. (2022). اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر وتقارير الجفاف وتدهور الأراضي. https://www.unccd.int
2. برنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية. (2019). تقرير حالة مدن العالم. https://unhabitat.org
3. البنك الدولي. (2023). المياه والمناخ والتنمية في المنطقة العربية. https://www.worldbank.org
4. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. (2022). تغير المناخ 2022: الآثار والتكيف والهشاشة (الترجمة العربية). https://www.ipcc.ch
5. . صفوح خير (1982). مدينة دمشق. وزارة الثقافة والإرشاد القومي، دمشق.
6.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97(3), 147–155. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
2. Cook, B. I., Ault, T. R., & Smerdon, J. E. (2015). Unprecedented 21st century drought risk in the Middle East and North Africa. Science Advances, 1(7), e1400082. https://doi.org/10.1126/sciadv.1400082

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

3. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896
4. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844
5. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/
6. International Energy Agency. (2022). The future of cooling. https://www.iea.org/reports/the-future-of-cooling
7. Kattan, Z. and Nasser S. (2023). Temporal variability of precipitation isotopes in Damascus, Syria - implications for regional climate change. Asian Journal of Atmospheric Environment, 17(5). https://doi.org/10.1007/s44273-023-00004-x
8. Lelieveld, J., et al. (2012). Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. Global and Planetary Change, 86–87, 59–70. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.03.002
9. Lelieveld, J., et al. (2016). The contribution of atmospheric processes to climate change in the Mediterranean region. Climatic Change, 137, 359–377. https://doi.org/10.1007/s10584-016-1664-9
10. Middleton, N. J. (2017). Desert dust hazards in the Middle East and North Africa. Earth-Science Reviews, 165, 46–67. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.12.006
11. Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1–24. https://doi.org/10.1002/qj.49710845502
12. Organisation for Economic Co-operation and Development & UN-Habitat. (2022). Cities and climate change adaptation in semi-arid regions. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/
13. Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban heat island and heat island mitigation technologies. Energy and Buildings, 229, 110525. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110525
14. United Nations Environment Programme. (2022). Sand and dust storms: A guide to mitigation. https://www.unep.org/resources
15. United Nations Human Settlements Programme. (2015). Urban climate resilience framework. UN-Habitat. https://unhabitat.org
16. United Nations Human Settlements Programme. (2019). World cities report 2019: The value of sustainable urbanization. https://unhabitat.org

ISSN: 2698 - 6159
ISSN (PRINT): 2699 - 2604

17. United Nations Human Settlements Programme. (2022). Green infrastructure and urban resilience. https://unhabitat.org
18. United Nations Human Settlements Programme. (2024). Water and sanitation in rapidly growing cities. https://unhabitat.org
19. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). Global assessment report on disaster risk reduction. https://www.undrr.org
20. UN-Water. (2023). Water security and climate change. https://www.unwater.org
21. World Bank. (2009). Cities and climate change: An urgent agenda. https://openknowledge.worldbank.org
22. World Bank. (2021). Urban flood risk management. https://openknowledge.worldbank.org
23. World Bank. (2023). Water security and resilience. https://openknowledge.worldbank.org
24. World Health Organization. (2023). Climate change and health. https://www.who.int