

# إدارة المياه الحضرية: دور الهيدرولوجيا النظرية وماذا علمتنا أزمة المياه في كيب تاون

بقلم جودي ميلر



في أنماط استخدام المياه. وفي الوقت نفسه، فإن مسألة كيف يمكن لأحد المراكز الحضرية الكبيرة أن يحمي ويتم أمن المياه على المدى القصير قد أثارت أسئلة علمية مهمة، بما في ذلك كيفية تتبّع وقياس المساهمات النسبية للعديد من مدخّلات المياه المتنوعة التي تصل إلى شبكات الإمداد. ويُستعان بتحلّية المياه وإعادة تدوير المياه الرمادية والحصاد المباشر لمياه الأمطار واستخراج المياه الجوفية جميعها لتكملة خزانات المياه السطحية عبر العديد من الشبكات البلدية بمقاييس مختلفة. ولكن يمكن أن يؤثر ما سبق في جودة المياه. وتتطلب إدارة كمية المياه وجودتها معاً في ضوء تدفّقات المدخّلات المتنوعة بشكل متزايد نهجاً جديدة وأدوات علمية لتطوير استراتيجيات أفضل الممارسات.

## الهيدرولوجيا النظرية الحضرية

من بين الأدوات العلمية المتاحة للمساعدة على تتبّع مصادر المدخّلات المختلفة للشبكة البلدية دراسة النظائر المستقرة للمياه. ودراسة وتطبيق النظائر الطبيعية المنشأ للهيدروجين والأكسجين في الدورة المائية في صميم الهيدرولوجيا النظرية.

وبسبب التوسّع الحضري الكبير والنمو السكاني، اكتسبت الهيدرولوجيا النظرية الحضرية زخماً في السنوات الأخيرة كأداة لفهم العمليات التي تنطوي عليها إمدادات المياه في المناطق الحضرية. ويتمثل العنصر الأهم في الهيدرولوجيا النظرية الحضرية في "بصمة" الخصائص النظرية لكل مدخّل من مدخّلات شبكة المياه الحضرية لتتبع كل مكوّن من خلال النظام. ويمكن أن يستخدم مسؤولو الموارد المائية هذه المعلومات للتخطيط لسياسات إدارة المياه على المديّن الطويل والقصير، بما في ذلك رصد المساهمات النسبية، وفترات البقاء في الشبكة، والتسرّب والخسائر الناتجة عن النظام وإدارة التلوّث أو التلوّث.

وتمّ تحليل عينات مياه الصنبور التي جُمعت من المنازل الخاصة في جميع أنحاء مدينة ستيلينبوش، موطن جامعة ستيلينبوش ومركز أهم مناطق زراعة كروم العنب في هذا البلد، لتحديد نسب نظير الأكسجين- $^{18}\text{O}$  والديوتيريوم ( $^2\text{H}$ ). وترسم النتائج صورة رائعة عن مدى حساسية الهيدرولوجيا النظرية

## أتاحت

أزمة المياه التي شهدتها مدينة كيب تاون بجنوب أفريقيا في الفترة من عام ٢٠١٧ إلى عام ٢٠١٨ فرصة لتقييم دور الهيدرولوجيا النظرية في صون سلامة شبكات إمدادات المياه في المناطق الحضرية. وتعدّ سلامة إمدادات المياه مسألة بالغة الأهمية لاستدامة اقتصاد جنوب أفريقيا في الأجل الطويل، وتستلزم فهماً للعلاقة القائمة بين المناخ واستخدام موارد المياه والآثار المحتملة لهذه العلاقة على العوامل الاجتماعية والاقتصادية. وللميزانية المائية لمنطقة ما، ويُقصد بها العلاقة بين مدخّلات ومخرجات المياه، أثاراً اجتماعية اقتصادية مهمة، بما في ذلك القدرة على دعم المراكز الحضرية، والحدّ من الفقر، وحماية إمدادات الغذاء والطاقة، وتطوير المهارات العلمية لتوجيه استراتيجيات إدارة المياه المحلية.

وفي السنوات الأخيرة، بلغت هذه المشكلات ذروتها حين أثار الجفاف الشديد في كيب تاون، المدينة الواقعة في الطرف الجنوبي للقارة الأفريقية بتعداد سكان يناهز ٣,٨ مليون نسمة. وبسبب انخفاض معدل هطول الأمطار إلى ما دون المتوسط بين عامي ٢٠١٤ و ٢٠١٧ عانت مدينة كيب تاون إجهاداً مائياً شديداً خلال فصل الصيف عام ٢٠١٧ إلى عام ٢٠١٨. وتستمدّ المدينة معظم إمداداتها المائية من ستة مرافق لتخزين المياه السطحية بسعةٍ مشتركةٍ إجمالية قدرها ٩٩١ ٨٢٨ مليون لتر. وبحلول آذار/مارس ٢٠١٨، وصل مجمل الماء المخزّن في هذه المرافق إلى أدنى مستوى مسجّل عند أقلّ من ٢٠٪، فيما امتلأ أكبر الخزانات، وهو خزان Theewaterskloof، بنسبة ١٣,٥٪ لا أكثر من قدرته الاستيعابية البالغة ١٨٨ ٤٨٠ مليون لتر. وصدر العديد من التصريحات حول "يوم الصفر" الوشيك — وهو اليوم الذي تغلق فيه المدينة إمدادات المياه البلدية لصون البنية التحتية الأكثر أهمية، مثل المستشفيات. واستجابةً لذلك، طُلب من جميع السكان خفض استهلاك المياه إلى ٥٠ لتراً فقط للشخص الواحد يومياً.

وفي النهاية، لم تشهد المدينة "يوم الصفر" نهائياً. فقد سمحت الجهود الجماعية التي بذلتها المدينة لتوفير المياه بأن تدوم المياه المخزّنة إلى حين هطول أمطار الشتاء. ومع ذلك، فقد أحدث احتمال إغلاق شبكة المياه البلدية تحوّلًا في طريقة استخدام الناس للمياه وتقديرهم لقيمتها، مثلما أحدث تحوّلًا حقيقيًا

جودي ميلر هي أستاذ مشارك في قسم علوم الأرض في جامعة ستيلينبوش بجنوب إفريقيا. ويتركز معظم عملها على مشاريع الهيدرولوجيا النظرية في جميع أنحاء جنوب إفريقيا وموزامبيق وناميبيا. وهي مشاركة في مشروع بحثي منسّق للوكالة حول الهيدرولوجيا النظرية الحضرية، ونائب رئيس الرابطة الدولية للكيمياء الجيولوجية (IAGC)، ونصير منصة البنية التحتية لأبحاث الكيمياء الحيوية الجيولوجية لوزارة العلوم والتكنولوجيا في جنوب إفريقيا.



المختلفة، ومعلومات عن مدة بقاء المياه في شبكة التوزيع. وبينما يسعى مسؤولو الموارد المائية إلى تأمين إمدادات مياه مستدامة في الأجل الطويل للمراكز الحضرية المتنامية في جميع أنحاء العالم، ستصبح الهيدرولوجيا النظرية الحضرية مكوناً أساسياً ضمن مجموعة أدوات مسؤول الموارد المائية.

الحضرية في "رؤية" التقلبات في شبكة المياه الحضرية. فبدلاً من الماء الموحد الشكل الذي نراه بأعيننا ينسكب من الصنبور، تسجل نسب النضائر المستويات المرتفعة والمنخفضة، والأنماط المتوافقة والمتباينة.

وتوفر النضائر في جوهرها بصمة كل جزء من شبكة إمدادات المياه المحلية: المصدر، ومحطة المعالجة

**متوسط هطول الأمطار منذ عام ٢٠١٤ جعل منسوب المياه في سدّ Theewaterskloof في إقليم كيب الغربية بجنوب إفريقيا ينخفض إلى مستويات حرجة.**

(الصورة من: سيلفا غاردونو/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)



**جودي ميلر تجمع عينة مياه في كيب الغربية.**

(الصورة من: سيلفا غاردونو/الوكالة الدولية للطاقة الذرية)