

# الجودة المجهولة

أزمة المياه غير المرئية

موجز وافٍ

ريتشارد دامانيا، وسيباستيان ديسبورو، وأودي صوفي رودبلا، وجيسون راس، وإيشا زافيري

# الجودة المجهولة



# الجودة المجهولة

أزمة المياه غير المرئية

موجز وافٍ

ريتشارد دامانيا، وسيباستيان ديسبورو، وأودي صوفي رودبلا، وجيسون راس، وإيشا زافيري

هذه المطبوعة هي الموجز الوافي لتقرير البنك الدولي الجودة المجهولة: أزمة المياه غير المرئية. والتقارير الكامل متاح على هذا الموقع: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32245>. يرجى استخدام التقرير الكامل في الاستشهاد وإعادة النسخ والتعديل.

نشر البنك الدولي هذا العمل أصلاً باللغة الإنجليزية بعنوان الجودة المجهولة عام 2019. وفي حالة أي تضارب، لا يُعتد إلا باللغة الأصلية.

هذه المطبوعة هي نتاج عمل خبراء مجموعة البنك الدولي مع إسهامات خارجية. ولا تُشكّل النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذا العمل بالضرورة وجهات نظر البنك الدولي، أو مجلس مديريه التنفيذيين، أو الحكومات التي يمثلونها.

ولا يضمن البنك الدولي دقة البيانات الواردة فيه. ولا تعني الحدود والألوان والمسميات والمعلومات الأخرى المُبيّنة في أي خريطة في هذا العمل أي حكم من جانب البنك الدولي على الوضع القانوني لأي إقليم أو تأييد هذه الحدود أو قبولها.

#### الحقوق والأدوات

تخضع محتويات هذا التقرير لحقوق الاستنساخ. ولأن البنك الدولي يُشجّع على نشر معارفه، فإنه يجوز إعادة نسخ هذا التقرير كلياً أو جزئياً لأهداف غير تجارية ما دام يتضمن نسبته بشكل كامل إلى هذا العمل.

يجب توجيه أي استفسارات عن الحقوق والتراخيص بما في ذلك حقوق التبعية إلى إدارة مطبوعات البنك الدولي على العنوان التالي:  
The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA  
فاكس: 202-522-2625  
بريد إلكتروني: [pubrights@worldbank.org](mailto:pubrights@worldbank.org)

صورة الغلاف: Wietze Brandsma from Pixabay  
تصميم الكتاب والغلاف: Studio Grafik, LLC

# المحتويات

شكر وتقدير  
موجز وافٍ

## الأشكال

الشكل 1. ثلاثة أساليب أساسية لحل المشكلة العويصة  
الشكل 2. سلم الإجراءات التدخلية على صعيد السياسات

## خريطة

الخريطة 1. مخاطر تواجه جودة المياه من حيث الطلب البيولوجي على الأكسجين، والنيتروجين، والتوصيل الكهربائي



## شكر وتقدير

أعد هذا التقرير فريق بقيادة ريتشارد دامانيا وشارك في قيادة الفريق أودي صوفي رودبلا، وضم سيباستيان ديسبورو، وجايسون راس، وإيشا زافيري. واستفاد التقرير بشكل كبير من التوجيه الإستراتيجي والإشراف العام لجنيفر سارة (مدير بقطاع الممارسات العالمية للمياه) وإدارة قطاع الممارسات العالمية للمياه. كما نشكر جوانتشي تشين (مدير بقطاع الممارسات العالمية والمنطقة للبنية التحتية) لدعمه في المراحل الأولى من هذا العمل.

بالإضافة إلى البحث الذي أنجزه المؤلفون، يعتمد هذا العمل على دراسات مرجعية وملاحظات ومشورة وتحليلات من قبل عدد كبير من الأشخاص من بينهم: جون أندرسون (كلية لندن للصحة والطب الاستوائي)، وإساياس كابا أيانا (جامعة كورنيل)، وكيلي بيكر (جامعة أيوا)، وكونراد بوشاور (ARAConsult GmbH)، وكثير تشيس (البنك الدولي)، ويوي تشن (البنك الدولي)، وأوليفر كامينغ (كلية لندن للصحة والطب الاستوائي)، وخورخي إسكورا (البنك الدولي)، وفلوريان هايزر (البنك الدولي)، وتوفيقه حق (البنك الدولي)، ومايكل جبرمين (جامعة أوريغون)، وجورج جوزيف (البنك الدولي)، وكيونغ لو (البنك الدولي)، وداروين مارسيلو (البنك الدولي)، وفريدريك مورثيه (CIRAD)، وليا نويز (كلية العلوم التطبيقية)، ودانييل أودرمان (المعهد الفيدرالي السويسري للعلوم والتكنولوجيا المائية)، وشيلا أولمستيد (جامعة تكساس)، وماركوس بوبكه (البنك الدولي)، وأديتي راينا (البنك الدولي)، وجيوفانا ريبيرو (مركز التعلم على التقييم والنتائج)، وعلي شارمان (البنك الدولي)، وأنشومان سينها (البنك الدولي)، وأمل طالبي (البنك الدولي)، وميشيل فان فليت (جامعة واجينجين والبحوث)، ويوشيهيد وادا (المعهد الدولي لتحليل النظم التطبيقية وجامعة أوترخت)، ومارتن فاجنر (الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا)، وتشنغ شو (جامعة جورج واشنطن)، وسالي زغيب (البنك الدولي)، وجيامنغ تشنغ (جامعة تكساس)، وخوان إجناسيو زولوا (جامعة لابلاتا الوطنية).

تلقى المؤلفون توجيهات وملاحظات حاسمة ومفيدة من زملاء البنك الدولي، ومن بينهم أليكس سيرات كابديفيلا (كبير أخصائي إدارة موارد المياه)، وجينيفيف كونور (مدير بقطاع الممارسات العالمية)، وألكساندر دانيلينكو (كبير أخصائي إمدادات المياه والصرف الصحي)، وماريان فاي (رئيس الخبراء الاقتصاديين)، ومارتن جامبريل (كبير أخصائي المياه والصرف الصحي)، وبيير مانتوفاني (كبير أخصائي إمدادات المياه والصرف الصحي)، وبراتيبيها ميستري (كبير أخصائي إمدادات المياه والصرف الصحي)، وإرنستو سانتشيز تريانا (كبير أخصائي البيئة)، وبيتر ووليويين (كبير أخصائي إدارة الموارد المائية)، وماركوس فينن (كبير أخصائي إدارة الموارد المائية).

بالإضافة إلى ذلك، فإن الفريق مدين للغاية لهارتفيغ كريمر (برنامج الأمم المتحدة للبيئة) لما قدمه من نصح ودعم للبحث، وكذلك لكارتر براندون (معهد الموارد العالمية)، وداستن غاريك (جامعة أكسفورد)، وبروس جوردون (منظمة الصحة العالمية) لما قدموه من ملاحظات قيّمة.

كما قدمت فرق الاتصالات والمعارف والنشر في البنك الدولي، والتي تضم إرين باريت ومريم جراي ومارتن هول ولي لو وباسكال ساورا، دعماً لا يقدر بثمن لتحويل المخطوطة إلى تقرير نهائي.

أخيراً، يعرب الفريق عن امتنانه لما قدمه جورجين بادو من دعم إداري رائع. وأصبح هذا العمل ممكناً من خلال المساهمة المالية للشراكة العالمية للأمن المائي وخدمات الصرف الصحي (انظر <https://www.worldbank.org/en/programs/global-water-security-sanitation-partnership>) بقطاع الممارسات العالمية للمياه، مجموعة البنك الدولي.





## موجز واف

كان ذلك فصل الصيف في عام 1969 وكان نهر كويهاوجا مشتعلًا. لم تكن هذه هي المرة الأولى التي يحترق فيها النهر الواقع في شمال أوهايو، بل لم تكن حتى المرة العاشرة. فكل بضعة سنين، تشعل شرارة خاطفة مياه النهر، وتهدد المباني القريبة أو السفن المارة. لم يكن حريق عام 1969 ملحوظًا بشكل خاص بسبب الأضرار التي سببها أو مدة الحريق. لكنه أشعل الفتيل لنشوب اضطرابات بيئية كانت كامنة بالفعل في جميع أنحاء البلاد. وفي غضون ستة أشهر من اندلاع الحريق، أقر الكونجرس الأمريكي قانون السياسة البيئية الوطنية، الذي أنشأ الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (EPA). وكان من الإجراءات الأولى التي اتخذتها الوكالة تنفيذ قانون المياه النظيفة لعام 1972، الذي ينص على وجوب تحقيق الجودة الكافية في مياه جميع الممرات المائية بحيث تكون آمنة للسباحة والحياة المائية بحلول عام 1983.

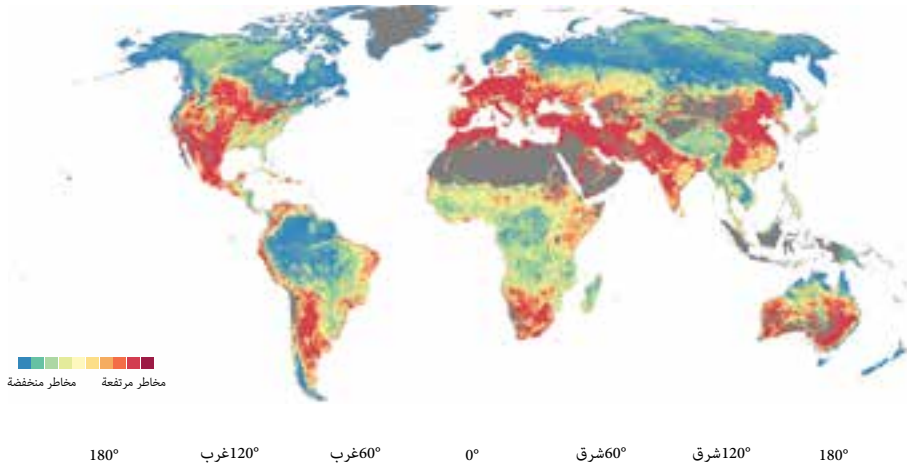
لكن بعد مرور 50 عامًا، لا تزال مسائل جودة المياه تمثل تحديًا. فمثلها مثل نهر كويهاوجا في عام 1969، تشتعل النيران في العديد من المسطحات المائية الأخرى – بعضها مشتعل حرفيًا – مثل نهر ميو في شرق الصين أو بحيرة بيلاندور في بنجالور بالهند التي أمطرت الرماد على المباني لمسافة تصل إلى حوالي عشرة كيلومترات. ومع ذلك، فإن معظم هذه الأنهار يحترق بشكل غير محسوس، فالبكتيريا ومياه الصرف الصحي والمواد الكيميائية والبلاستيك كل ذلك يمتص الأكسجين الذائب في مياه النهر مثل الجحيم المستعرة وتحول المياه إلى سموم للبشر والنظم الإيكولوجية على السواء. ولم يضعف نقص المعلومات فحسب القدرة على فهم هذه المشكلة، بل أيضًا تعقد القضايا التي تتجاوز حدود الاختصاص العلمي في كثير من الأحيان – العلوم البيئية، والصحة، وعلوم المياه، والاقتصاد – مع تقديم كل منها رؤية مختلفة. يعرض هذا التقرير نتائج جديدة تسلط الضوء على تأثير المخاطر الخفية التي تكمن تحت سطح الماء وتوضح الإستراتيجيات اللازمة لمكافحتها. ينصب التركيز الرئيسي، وإن كان غير الحصري، على المحددات التي يرصدها مقصد جودة المياه رقم 2-3-6 ضمن أهداف التنمية المستدامة، بتركيزه على الأحمال الغذائية والتوازن الملحي والصحة البيئية العامة للمسطحات المائية. ويوضح التقرير أن المحددات المعينة في هذا المقصد لها تأثيرات أوسع وأعمق وأكبر مما كان معروفًا في السابق، مما يشير إلى ضرورة توسيع نطاق التركيز على جودة المياه بما يتجاوز مؤشرات الملوثات ذات الصلة بالصحة، مثل القولونيات البرازية وبكتيريا إي كولاي. إن إدراك نطاق المشكلة وتحديد حجم التأثيرات وصياغة السبل لمعالجتها أمر بالغ الأهمية لتحسين الصحة العامة والحفاظ على النظم الإيكولوجية واستدامة النمو الاقتصادي طوال القرن الحادي والعشرين.

## فهم حجم المشكلة

ثبت أن الرصد العالمي لجودة المياه عملية شاقة للغاية لأسباب منها تعقد قضية جودة المياه وحجم المحددات التي تحتاج إلى رصد. ولتسليط الضوء على هذه القضية، جمعت هذه الدراسة قاعدة بيانات واسعة، ربما تكون هي الأكبر من نوعها، عن جودة المياه. وقد تم جمع البيانات من تحت سطح الماء باستخدام معلومات من محطات الرصد في الموقع أو من عينات. كما جمعت الأقمار الصناعية بيانات من السماء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. وتم الحصول على بيانات أخرى بواسطة الكمبيوتر باستخدام نماذج التعلم الآلي. والطريقة الأخيرة مثيرة للاهتمام بشكل خاص لأن محطات الرصد والاستشعار عن بعد تقدم بيانات عن نقاط محدودة في المكان والزمان، في حين أن بيانات النماذج يمكن أن تملأ الفجوات لتعطي صورة أكثر اكتمالاً لحالة جودة المياه. وتسخير كل هذه الأدلة يتيح بعض الرؤى الصارخة.

فالبلدان الغنية والبلدان الفقيرة على حد سواء تعاني مستويات عالية من تلوث المياه. وتعرض الخريطة 1 المخاطر العالمية العامة التي تواجه جودة المياه على المؤشرات الثلاثة

## الخريطة 1: مخاطر تواجه جودة المياه من حيث الطلب البيولوجي على الأكسجين، والنيتروجين، والتوصيل الكهربائي



ملحوظة: توضح هذه الخريطة مؤشر جودة المياه الذي يلخص التوقعات العالمية للطلب البيولوجي على الأكسجين والتوصيل الكهربائي والنيتروجين. ويتم قياس كل قيمة وفقاً لأساس مشترك كي يتسنى المقارنة فيما بينها ويمكن جمعها معاً. ويُعرض متوسط القيم 2000-2010. المناطق الرمادية لا تحتوي على بيانات لمحدد واحد أو أكثر. يُعرض مزيد من التفاصيل عن بناء المؤشر في الملحق (متاح على هذا الموقع [www.worldbank.org/qualityunknown](http://www.worldbank.org/qualityunknown)).

الرئيسية لجودة المياه في المقصد 6-3-2، وهي: النيتروجين (نترات النترت)، وهو ملوث خارجي من حيث الوزن والنطاق والاتجاهات والتأثيرات؛ والتوصيل الكهربائي، وهو مقياس الملوحة في الماء؛ والطلب البيولوجي على الأكسجين، وهو مؤشر عام واسع الاستخدام لجودة المياه. من الواضح من الخريطة 1 أن وضع الدخل المرتفع لا يمنح البلدان في تلك المرتبة حصانة من مشاكل جودة المياه. وهذا يتناقض مع ما يمكن للمرء أن يفترضه بناءً على فرضية منحني كوزننتس Kuznets البيئية، والتي ترى أن التلوث يتراجع في نهاية المطاف مع الازدهار. فالتلوث لا يخف مع النمو الاقتصادي فحسب، بل إن مجموعة الملوثات تزداد في العادة مع الازدهار. إذ تتلقى الولايات المتحدة وحدها إشعارات بإطلاق أكثر من 1000 مادة كيميائية جديدة في البيئة كل عام - أو حوالي ثلاث مواد كيميائية جديدة يومياً. ومراقبة هذه المجموعة المتنامية من المخاطر أمر صعب حتى في البلدان ذات الموارد الضخمة، وشبه مستحيل في البلدان النامية.

## ما أهمية ذلك

توضح النتائج الواردة في هذا التقرير أهمية جودة المياه في مجموعة من القطاعات وكيف تتقاطع آثارها مع جميع أهداف التنمية المستدامة تقريباً. وتحظى التحديات التي تواجه كمية المياه باهتمام كبير من مجتمع التنمية، لكن تأثيرات جودة المياه قد تكون على القدر ذاته من الأهمية أو يزيد. ويوضح هذا التقرير نتائج التحليلات الجديدة التي وجدت تأثيرات على الصحة والزراعة والبيئة أكبر مما كان معروفاً سابقاً. عندما يتم تجميع هذه التأثيرات القطاعية، فإنها تتسبب في ببطء ملموس في معدل النمو الاقتصادي. تمثل الملوثات المعروفة مثل الملوثات البرازية، وكذلك الملوثات الجديدة بما في ذلك المواد الغذائية والبلاستيك والأدوية، تحديات ضخمة. والنيتروجين ضروري للإنتاج الزراعي لكنه سريع الزوال وغير مستقر. ففي كثير من الأحيان يتسرب أكثر من نصف الأسمدة النيتروجينية إلى الماء أو الهواء. في الماء، قد يؤدي إلى نقص الأكسجين وظهور المناطق الميتة - وهي مشاكل تنشأ عن نقص الأكسجين الذائب في الماء وقد تستغرق قروناً حتى تتعافى. وفي الهواء، قد يشكل أكسيد النيتروز، وهو أحد غازات

الديفينة وتزيد قوته 300 مرة عن قوة ثاني أكسيد الكربون في الاحتباس الحراري. هذا هو السبب في أن بعض العلماء يشيرون إلى أن العالم ربما يكون قد تجاوز بالفعل الحدود الآمنة للكوكب بالنسبة للنيتروجين، وأنه أكبر عامل مؤثر على العالم بل يتجاوز الكربون في قوته. على الرغم من أنه من المعروف أن أكسيد النيتروجين يمكن أن يتسبب في وفاة الرضع، فإن هذا التقرير يوضح أن من ينجون من عواقبه المبكرة يمكن أن يعانون من آثاره طوال حياتهم، مما يضعف نموهم وقدرتهم على كسب العيش لاحقاً. والنيتروجين في الماء هو المسؤول عن إلحاق الضرر بما يعرف باسم متلازمة الطفل الأزرق، الذي يحرم أجسام الرضع من الأكسجين. ويخلص هذا التقرير إلى أن من يبقون على قيد الحياة يعانون أضراراً طويلة المدى طوال حياتهم. فالأطفال الذين ولدوا في الهند وفييتنام و33 بلداً في أفريقيا والذين تعرضوا لمستويات عالية من النترات في السنوات الثلاث الأولى من العمر، أصبحو أقصر مما كانوا سيصبحون عليه. هذه النتيجة مذهلة لأسباب ثلاثة، هي كالتالي: أولاً، تعني أن التعرض للنترات في الطفولة يمكن أن يقضي على قدر كبير من أي مكسب تحقق بالنسبة للطول (مؤشر معروف للصحة والإنتاجية بشكل عام) وكان ملحوظاً خلال نصف القرن الماضي؛ ثانياً، تشير إلى أن النترات قد يكون لها تأثيرات مماثلة أو أسوأ على معايير الطول وغيرها من معايير التنمية، مثل القولونيات البرازية؛ وأخيراً، التأثيرات موجودة حتى في المناطق الجغرافية حيث تقل مستويات النترات عن المستويات المفترض أنها آمنة.

وتشير هذه النتائج الجديدة إلى مفاضلة صارخة بين استخدام النيتروجين كسماد، حيث أن له فوائد للزراعة، وبين خفض استخدامه حماية للصحة. وتحويل عملية حسابية بسيطة هذه المبادلة إلى قياس كمي: فكلوجرام إضافي من السماد لكل هكتار على مستوى العالم يزيد الغلة بنسبة تتراوح بين 4% و5%. ومع ذلك، فإن جريان السماد الزائد وإطلاق النترات في الماء يشكل خطراً كبيراً بما يكفي لزيادة التقزم بين الأطفال بنسبة تتراوح من 11% إلى 19% وخفض الدخل في فترات لاحقة من الحياة بنسبة 1-2%. ويشير تفسير محافظ لهذا الاستنتاج إلى أن إعانات الدعم الضخمة المتركمة للأسمدة قد تحدث أضراراً بصحة الإنسان على القدر نفسه من الفوائد التي تحققها للزراعة، بل حتى تزيد عليها.

فالأملاح، أكثر الملوثات الأولية التي ابتلي بها العالم منذ العصور القديمة، تتزايد في التربة والمسطحات المائية في جميع أنحاء العالم. ويعرض هذا التقرير بحثاً جديداً يوثق مدى تأثير الأملاح على الإنتاج الزراعي. فالحضارة السومرية التي منحتنا العجلة والمحراث واللغة المكتوبة، كانت أول من بدأ الزراعة المروية. وأدى ذلك بدوره إلى تراكم الأملاح التي دمرت الإمكانات الزراعية وتدهور تلك الحضارة العظيمة في نهاية المطاف. واليوم، تنتشر المياه والتربة المالحة في معظم أنحاء العالم – وخاصة المناطق الساحلية المنخفضة، والأراضي الجافة المروية، وحول المناطق الحضرية، مع وجود تأثيرات ملموسة على الغلة الزراعية. يحدد هذا التقرير التأثير الكمي على الغلة ويخلص إلى أنها تقع خطياً تقريباً مع تركيزات الأملاح في المياه. بشكل عام، يفقد العالم كميات من الغذاء كل عام بسبب المياه المالحة تكفي لإطعام 170 مليون شخص، أو بلد بحجم بنغلاديش. كما أن مياه الشرب المالحة ضارة بصحة الإنسان، خاصة في المراحل الضعيفة من دورة الحياة – الطفولة والحمل – مما يهدد التنمية البشرية. فالمياه المالحة في بنغلاديش، حيث تنتشر، مسؤولة عما يصل إلى 20% من وفيات الرضع في المناطق الساحلية وهي الأكثر تضرراً. والحوامل اللاتي يتعرضن لكميات كبيرة من الأملاح أكثر عرضة للإجهاض ولمخاطر تسمم الحمل وارتفاع ضغط الدم الحولي. لكن بحثاً جديداً توصل إلى تأثيرات واضحة حتى في مناطق تقل فيها مستويات الملوحة عن بنغلاديش، حيث وجد أن وفيات الأجنة ترتفع بنسبة تصل إلى 4% في المناطق المالحة. وحين يكون الأطفال معرضين لمستويات عالية من الملوحة، يصبحون أكثر عرضة لمضاعفات صحية. وعلى الرغم من ذلك، لا توجد معايير صحية بالنسبة لمستوى الأملاح في مياه الشرب.

وتجسد الملوثات التي تشكل بواعث قلق ناشئة، كالجزيئات البلاستيكية والمستحضرات الصيدلانية، الطبيعة المعقدة لمسائل جودة المياه، فهي متعددة الجوانب وليس لها حلول فورية أو واضحة. إن فوائد البلاستيك والمستحضرات الصيدلانية لا حصر لها، ومع ذلك فإن المنتجات الثانوية غير المقصودة لها عواقب واسعة النطاق يصعب احتواؤها وتقديرها كميًا. فالجزيئات

البلاستيكية، وهي المُنتج الناشئ عن تحطم وتمزق السلع الاستهلاكية والأكياس البلاستيكية والمواد البوليمرية الأخرى، منتشرة في جميع أنحاء العالم. وعلى الرغم من عدم القدرة على تحديد حجم المشكلة، فقد اكتشفتها بعض الدراسات في 80% من مصادر المياه العذبة حول العالم، و81% من مياه الصنبور البلدية، بل في 93% من المياه المعبأة. وعلى الرغم من تزايد الفلق من أن تناول الجزيئات البلاستيكية والجزيئات الناجمة عن تحلل المواد البلاستيكية يمكن أن يضر بصحة الإنسان، لا تزال المعلومات محدودة بشأن الحدود الآمنة. كما أن إزالة المواد البلاستيكية، حالما تصل إلى الماء، أمر عسير ومكلف. إن الأساليب الطوعية لتدوير المواد البلاستيكية والحد منها وإعادة استخدامها، وإن كانت شعبية، فهي محدودة ولن تحل المشكلة بدون المزيج الصحيح من اللوائح التنظيمية والحوافز. لذلك، يعد المنع أمراً أساسياً، وبالقدر ذاته تحسين فهمنا لهذه المخاطر والحاجة إلى توحيد أساليب موحدة لتقييم مستويات التعرض والمخاطر.

بالنظر إلى الطائفة الواسعة من الملوثات، هل يمكن تحديد التكلفة الاقتصادية الكلية التي ينطوي عليها سوء نوعية المياه على النشاط الاقتصادي؟ إن كثرة الملوثات، وتعقيدات القياس، وعدم اليقين بشأن التأثيرات، كل ذلك يترك هذا السؤال بلا إجابة. ومع ذلك، من الممكن تقديم مؤشر على العلاقة بين جودة المياه عند المنبع والنشاط الاقتصادي عند المصب باستخدام العديد من مجموعات البيانات المتوفرة حديثاً والمُصنفة حسب الموقع الجغرافي عن النشاط الاقتصادي الذي يتم قياسه وفقاً لحجم إجمالي الناتج المحلي، وجودة المياه، وغير ذلك من المحددات ذات الصلة. فإطلاق ملوثات عند المنبع هو بمثابة عوامل مناوئة تحد من النمو الاقتصادي في مناطق المصب، مما يؤدي إلى خفض نمو إجمالي الناتج المحلي في مناطق المصب بنسبة تصل إلى الثلث.

وعلى الرغم من أن محددات عديدة لجودة المياه قد تؤثر على النمو، ربما كان الطلب البيولوجي على الأكسجين هو المقياس الأنسب لاستخدامه في اختبار العلاقة بين جودة المياه عند المصب وإجمالي الناتج المحلي عند المصب، نظراً للقدرة على استخدامه كمؤشر لطائفة واسعة من الملوثات. فحين يكون مستوى الطلب البيولوجي على الأكسجين بالمياه السطحية عند مستوى يُعتبر فيه الأنهار ملوثة بشدة (تتجاوز 8 ملليجرامات لكل لتر)، ينخفض نمو إجمالي الناتج المحلي في مناطق المصب بمقدار الثلث. وهذا مؤشر صارخ آخر على أنه غالباً ما توجد مفاضلات بين فوائد الإنتاج الاقتصادي وجودة البيئة، وأن العوامل المؤثرة الناتجة عن الإنتاج الاقتصادي يمكن أن تضيء في دائرة حيث تحد من النمو أيضاً عند المصب.

## سياسات لتخفيف المشكلة العسيرة

جودة المياه هي مشكلة تزداد تعقيداً مع توسع الازدهار وظهور ملوثات جديدة. ويختلف النطاق المتنامي للملوثات حسب القطاع والموقع الجغرافي ومستوى التنمية. ولا تزال هناك حالة شديدة من عدم اليقين بشأن المستويات الآمنة وحجم ونوع التأثيرات على البشر والنظم الإيكولوجية. ولا يتوقف الأمر عند عدم وجود حل ناجع لمشكلة جودة المياه، لكن حتى الخروج بتصنيف من الاستجابات المناسبة يمثل تحدياً.

ويجمع قياس جودة المياه وفهمها وتنظيمها بين مكونات «مشكلة عويصة» «wicked problem»، وهو مصطلح ابتكره كل من المنظرين هورست رينل وميلفين ويبر لوصف المسائل المعقدة التي لا توجد لها حلول مثالية.

في مواجهة هذه التحديات العويصة، هناك ثلاثة أساليب متاحة لصانعي السياسات، هي كالتالي: أسلوب سلبى من التقاعس عن العمل، أو أسلوب استباقي لمنع، أو أسلوب تفاعلي يعالج الملوثات (الشكل 1). إن تقاعس السياسات العامة أمر شائع في البلدان المنخفضة الدخل أو حين يسود عدم اليقين بشأن آثار الملوثات. ثم يُترك للأفراد التصدي للمخاطر الملموسة حيث يمكنهم، على سبيل المثال، الانتقال إلى منطقة أكثر سلامة أو تحاشي الآثار من خلال إجراءات يتخذونها. وحين تكون القدرات التنظيمية أعلى، يمكن لواضعي السياسات أن يتخذوا مواقف

## الشكل 1: ثلاثة أساليب أساسية لحل المشكلة العويصة



استباقية فيسعون إلى منع التلوث أو الحد منه عند مصدره. وبدلاً من ذلك، قد يتخذون مواقف تفاعلية بأن يحاولوا معالجة التصريفات السامة، وعادةً ما يتم ذلك من خلال الاستثمار في أنواع مختلفة من منشآت معالجة المياه.

يتطلب المضي قدماً مزيجاً من هذه الأساليب، المصممة بحيث تعكس خصوصيات التحديات التي تواجه جودة المياه. أولاً، يتطلب الأمر الحصول على مزيد من المعلومات حول حجم المشكلة ونطاقها وإتاحتها للأطراف المتأثرة بطريقة تتسم بالانفتاح والشفافية. بعد ذلك، يتطلب تقديم حوافز أفضل لمنع التلوث من دخول البيئة. كما يقول المثل، فإن الوقاية خير من العلاج، ونظراً لعدم اليقين الشديد فيما يتعلق بالتأثيرات، فإن الوقاية تكون في الغالب البديل الأكثر أماناً. أخيراً، نظراً لأن التكلفة مرتفعة لدرجة تثبط منع التلوث كله، يجب ضخ استثمارات ذكية لمعالجة التلوث بشكل فعال. يرد وصف لكل من هذه المسارات في الشكل 2، الذي يلخص سلم الإجراءات التدخلية التي تبدأ بفعالية أقل نسبياً لكن يمكن تنفيذها بسهولة أكبر ثم تزيد تعقيداً وأثراً.

ويعد تحسين قياس جودة المياه خطوة أولى مهمة. فقلة من البلدان النامية ترصد جودة المياه بالشكل الكافي. وساعدت التقنيات والأساليب الفنية الحديثة على زيادة جدوى وموثوقية القياس. وأثبتت التجارب الحديثة أن أنظمة المراقبة متعددة الطبقات التي تشمل عدة أطراف يمكنها تحسين موثوقية البيانات التي يتم جمعها. ويمكن استكمال هذه بدورها بالاستشعار عن بعد والتعلم الآلي لتوفير طبقة إضافية ومستقلة من التحقق. ويمكن لتقنيات البيانات المتسلسلة، على الرغم من أنها لا تزال في المراحل التجريبية للاستخدام في قطاع المياه، أن تنتج طبقة واعدة إضافية من التحقق والشفافية بتكلفة منخفضة وبموثوقية متزايدة مع تضمين البيانات التي تم جمعها حديثاً.

ويعد الإفصاح عن المعلومات جزءاً حيوياً من مزيج السياسات. ففي السياقات التي يوجد فيها قدر كبير من عدم اليقين، تكون المعلومات ذات قيمة اقتصادية عالية. وكما يشير التحليل الوارد في هذا التقرير، هناك قدر كبير من عدم اليقين بشأن المستويات الآمنة للملوثات المائية الرئيسية المنتشرة حول العالم. وفي مثل هذه الظروف، فإن إتاحة مبادئ توجيهية واضحة ومفهومة حول الدلائل وأوجه عدم اليقين المتاحة من شأنه أن يزود المستهلكين بالقدرة على اتخاذ خيارات أفضل. ومن أقوى نتائج الإفصاح عن المعلومات القدرة على تحفيز الحركات الاجتماعية وخلق الدعم اللازم لتحسين السياسة العامة. فلا يمكن للمواطنين التحرك إذا كانوا على جهل بالوضع أو غير مدركين له. ويعد دعم هذه المعلومات وتنظيمها أمراً أساسياً للتعهد الاجتماعي القائم بين المحكومين والحاكمين، وهو أمر بالغ الأهمية للسيطرة على هذه المشكلة العويصة.

ولا يكون القياس فعالاً إلا إذا كان مقترناً بلوائح تنظيمية جيدة التصميم تنتج حوافز للشركات والأفراد للالتزام بإرشادات جودة المياه. ولكن كلما ازداد طول تلك اللوائح، زادت فرص التسرب والنشاط الريعي والفساد.

وبالتالي، فإن أوجه القصور في التنفيذ تصبح ضخمة بشكل خاص في البلدان النامية ذات القدرات التنظيمية المحدودة. ولحسن الحظ، يمكن تسخير التقنيات الجديدة لتحسين الإنفاذ في هذه الظروف. فعلى سبيل المثال، يمكن استخدام العقود الذكية - قواعد مكتوبة بتفسير حاسوبي يجري تضمينها في بيانات متسلسلة ويتم تنفيذها تلقائياً عند استيفاء الشروط - لإجبار الملوثين تلقائياً على دفع الرسوم المحددة. يضيف هذا التنفيذ التلقائي مستوى من الشفافية غالباً ما تفتقر

الشكل 2: سلم الإجراءات التدخلية على صعيد السياسات



إليه عملية الإنفاذ. وكما تنسم الوقاية بالفاعلية، يجب أن يكون نظام المراقبة دليلاً على التلاعب، ويجب ألا يكون من الممكن تجنب العقوبات عن المخالفات. ومع الاهتمام المناسب بالحوافز والتصميم، يمكن لهذه الأنظمة تحفيز الملوئين على التحرك.

ويجب تغيير الافتراضات القديمة حول البنية التحتية لمعالجة المياه العادمة – يجب زيادة الاستثمارات لكن يجب أيضاً أن تصبح أكثر فاعلية. ولا يزال أكثر من 80% من المياه العادمة في العالم – وأكثر من 95% في بعض البلدان النامية – يتم إطلاقها في البيئة دون معالجة. لذلك توجد ضرورة ملحة لزيادة الاستثمار في محطات معالجة المياه العادمة، خاصة في المناطق المكتظة بالسكان. لكن هذا التقرير يجد أنه في بعض الأحيان، تؤدي الاستثمارات في مرافق معالجة المياه العادمة إلى تحسن لا يُذكر في جودة المياه، مما يمثل هدراً للأموال العامة النادرة. والنتيجة الواضحة هي أن الاستثمارات تحتاج إلى أن تكون مصحوبة بهياكل ملائمة من الحوافز لمراقبة الأداء، والمعاقبة عن التبدير، والإثابة عن النجاح. علاوة على ذلك، تشير الفجوة الكبيرة في موارد القطاع العام إلى الحاجة إلى نماذج جديدة تجذب الاستثمارات الخاصة.

أخيراً، فإن سياسات استخدام الأراضي بطريقة أفضل والتخطيط المكاني الذكي أمران ضروريان لحماية إمدادات المياه. إذ تعمل الغابات والأراضي الرطبة كحواجز عازلة طبيعية تمتص العناصر الغذائية الزائدة التي من شأنها تلويث المجاري المائية. ويخلص هذا التقرير إلى أن تكتيف الأراضي على مستوى العالم – من توسع المدن والتوسع في الأراضي الزراعية – يعد أحد أكبر التهديدات لجودة المياه. فهو يزيد بشكل كبير من خطر نقص الأكسجين في الدم والأنسجة (المناطق الميتة)، والذي يشكل تهديداً خطيراً للنظم الإيكولوجية وصحة الإنسان على حد سواء. وتعد سياسات استخدام الأراضي التي تحافظ على الغابات الحرجة والأراضي الرطبة والكتلة الحيوية الطبيعية، وخاصة في المناطق القريبة من الموارد المائية عالية القيمة، هي الأساس لحماية إمدادات المياه.

هناك حاجة إلى التحرك: يجب أن تمثل جودة المياه أولوية سياسية، ويجب أن تعامل على أنها مبعث قلق عاجل للصحة العامة والاقتصاد والنظم الإيكولوجية. وتبين النتائج المستخلصة من هذا التقرير أن التكلفة على الأجل الطويل قد تم تقديرها بأقل من قيمتها الحقيقية. فالتهديدات التي تمثلها رداءة جودة المياه غير محسوسة إلى حد كبير؛ ونتيجة لذلك، فإن تقاعس السياسات العامة عن التحرك والتسويق غالباً ما يشكلان استجابة مناسبة لمشكلة غير مرئية. لكن هذا يعني أن السكان يتعرضون للمخاطر دون علمهم أو موافقتهم. ومع توقع تقادم ندرة المياه مع نمو السكان وتغير المناخ، لا يمكن للعالم أن يهدر موارده المائية الثمينة ويلوثها.





