ISSN 1020-1203

تقرير
منظمة الأغذية
والزراعة للأمم المتحدة
بشأن المياه

38

التكيف مع ندرة المياه

إطار عمل من أجل الزراعة والأمن الغذائي

FAO
FIAT PANIS

صورة الغلاف:
Chhattisgarh الهند 2008
(© Melissa Ho)

Copies of FAO publications can be requested from:

SALES AND MARKETING GROUP
Communication Division
Food and Agriculture Organization of the United Nations
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italy

E-mail: publications-sales@fao.org
Fax: +39 06 57053360
Web site: http://www.fao.org

التكيف مع ندرة المياه

إطار عمل من أجل الزراعة والأمن الغذائي

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الإعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها. ولا تعبر الإشارة إلى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين، سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره.

تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الإعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين)، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر منظمة الأغذية والزراعة أو سياساتها.

ISBN 978-92-5-607304-4 (طباعة)

E-ISBN 978-92-5-607633-5 (PDF)

© FAO 2013

تشجع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة استخدام هذه المواد الإعلامية واستنساخها ونشرها. وما لم يذكر خلاف ذلك، يمكن نسخ هذه المواد وطبعها وتحميلها بغرض الدراسات الخاصة والأبحاث والأهداف التعليمية، أو الاستخدام في منتجات أو خدمات غير تجارية، على أن يشار إلى أن المنظمة هي المصدر، واحترام حقوق النشر، وعدم افتراض موافقة المنظمة على آراء المستخدمين وعلى المنتجات أو الخدمات بأي شكل من الأشكال.

ينبغي توجيه جميع طلبات الحصول على حقوق الترجمة والتصرف وإعادة البيع بالإضافة إلى حقوق الاستخدامات التجارية الأخرى إلى العنوان التالي: www.fao.org/contact-us/licence-request أو إلى: copyright@fao.org.

تتاح المنتجات الإعلامية للمنظمة على موقعها التالي: www.fao.org/publications، ويمكن شراؤها بإرسال الطلبات إلى: publications-sales@fao.org.

حول هذا التقرير

يهدف التقرير إلى تقديم إطار عمل تصوري لمعالجة الأمن الغذائي في ظل ظروف ندرة المياه في مجال الزراعة. وقد أعد هذا التقرير فريق من العاملين والمستشارين في الفاو، في إطار مشروع "التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة". وقد تمت مناقشته في اجتماع تشاوري للخبراء نُظم في مقر الفاو، بروما، خلال الفترة من 14 - 16 ديسمبر 2009 حول الموضوع نفسه. وتم تنقيح التقرير ومراجعته، في ظل المناقشات التي دارت في الاجتماع التشاوري للخبراء والمواد التي عرضت في الاجتماع.

وكان الغرض من الاجتماع التشاوري للخبراء، مُساعدة الفاو من أجل تصميم برنامجها عن ندرة المياه بشكل أفضل. ولا سيّمَا، فقد طُلب من الخبراء تقديم توصيات بشأن مجموعة الخيارات الفنية والسياسة والمبادئ المرتبطة بها، والتي يجب على الفاو تعزيزها كجزء من الاستجابة الزراعية لندرة المياه في البلدان الأعضاء.

وتعرض الوثيقة وجهات النظر حول الإطار التصوري الذي يجب أن يرتكز عليه برنامج ندرة المياه التابع لمنظمة الفاو، وتقترح مجموعة من التعريفات المرتبطة بمفهوم ندرة المياه، وتشير إلى المبادئ الأساسية التي يجب أن يرتكز عليها عمل الفاو بشأن تقديم الدعم لبلدانها الأعضاء. وقد طُلب من الخبراء في الاجتماع مراجعة مسودة الوثيقة وتقديم رجع الصدى والتوصيات لوضع الصيغة النهائية. وتضمنت القضايا التي تم تناولها في المناقشات ما يلي:

- ندرة المياه: الاتفاق على التعريفات الرئيسية.
- وضع تصور بشأن ندرة المياه بأسلوب واضح المعنى من أجل وضع السياسات واتخاذ القرارات.
- تقدير مدى ندرة المياه.
- خيارات الاستجابة الفنية والسياسة المتاحة لضمان الأمن الغذائي في ظروف ندرة المياه.
- المعايير والمبادئ التي يجب استخدامها لتحديد الأولويات الخاصة بالعمل استجابة لندرة المياه في الزراعة وضمان فعالية وكفاءة استراتيجيات التكيف مع ندرة المياه.

شكر وتقدير

بدأت منظمة الفاو مؤخرا شراكة طويلة الأمد مع حكومة إيطاليا، التي وافقت على تمويل برنامج معياري حول موضوع "التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة". ويُعد وضع إطار تصوري لمعالجة الأمن الغذائي في ظروف ندرة المياه جزءا من هذا البرنامج.

وقد قام بإعداد هذا التقرير فريق عمل تابع لشعبة الأراضي والمياه لدى منظمة الفاو بمساعدة عدة خبراء. وقاد Pasquale Steduto، باعتباره رئيساً للصندوق الائتماني الإيطالي المسمى"التكيف مع ندرة المياه" المبادرة ونسق إعداد التقرير. كتب التقرير Jean Marc Faurès ، Jippe Hoogeve، Winpenny Jim بالتعاون مع Pasquale Steduto و .Jacob Burk وأعد Charles Batchelor وثيقة معلومات أساسية تركز على المحاسبة المائية والمراجعة المائية التي استخدمت بكثافة في إعداد هذا التقرير.

وكان المشاركون في الاجتماع التشاوري للخبراء، الذين ساهموا في مراجعة التقرير والتحقق من صحته هم: Mary Harwood (استراليا)، و François Molle (فرنسا)، و Humberto Pena Torrealba (شيلي)، و Mei Xurong و Gan Hong (الصين)، و Walter Huppert و Elisabeth Van Den Akker (ألمانيا)، و Nicola Lamaddalena و Stefano Burchi (إيطاليا)، و Wim Bastiaanssen (هولندا)، Amadou Allahoury Diallo (النيجر)، و Rivka Kfir (جنوب أفريقيا)، وOrtega Consuelo Varela وCastiel Elias Fereres (إسبانيا)، و Netij Ben Mechlia (تونس)، و Chris Perry و Charles Batchelor(المملكة المتحدة)، و Mark Svendsen و Donald A. Wilhite (الولايات المتحدة الأمريكية)، و Chandra A. Madramootoo (الهيئة الدولية للرى والصرف"ICID")، و Rudolph Cleveringa (الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، IFAD) و David Molden (ألمعهد الدولي لإدارة المياه، IWMI).

وكان المشاركون من منظمة الفاو الذين ساهموا في المراجعة وساعدوفي وضع الصيغة النهائية للتقرير هم Jacob Burke، و Thierry Facon، و Jean-Marc Faurès، و Karen Frenken ، و Nicoletta Forlano، و Jippe Hoogeveen، وGabriella Izzi، و Sasha Koo-Oshima، و Alba Martinez-Salas، Patricia Mejias-Moreno، و Daniel Renault، وGuido Santini، و Pasquale Steduto، و Domitille Vallée، و Johan Kuylenstierna (لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية) بصفته ميسر الاجتماع التشاوي للخبراء.

وقدمت Helen Foster و Lena Steritiالمُساعدة الخاصة بتنظيم الاجتماع التشاوي للخبراء. وقد قامت Thor Lawrence بتنقيح هذا التقرير وقام بمراجعة التنسيق Gabriele Zanolli.

تمول هيئة التعاون الإنمائي الإيطالية
برنامج «التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة».

المُحتويات

حول هذا التقرير III

شكر وتقدير IV

المُحتويات V

مُلخص تنفيذي IX
القوى المُسببة لندرة المياه ودور الزراعة IX
قياس ندرة المياه: الدورة الهيدرولوجية X
خيارات السياسة العامة والإدارة X
تعزيز الإمداد XI
إدارة الطلب في قطاع الزراعة XI
الإجراءات المُتخذة خارج مجال المياه XIII
التقييم والجمع بين خيارات الإمداد الغذائي من خلال نهج منحنى التكلفة XIV
مبادئ العمل XIV

1. مُقدمة 1
1.1 «أزمة» المياه 1
2.1 الزراعة والمياه والأمن الغذائي 2
3.1 أهداف ونطاق التقرير 2

2. تعريف ندرة المياه 5
1.2 التعريفات الحالية لندرة المياه 5
2.2 التعريفات المستخدمة في هذا التقرير 5
3.2 الأبعاد الخاصة بندرة المياه 6
4.2 مؤشرات ندرة المياه 7
5.2 الدورة الهيدرولوجية 8

3. القوى الدافعة لندرة المياه 11
1.3 العوامل المؤثرة على إمدادات المياه 12
2.3 العوامل المؤثرة على الطلب على المياه 14

4. التكيف مع ندرة المياه: الإطار التصوري 17
1.4 البناء على عمل سابق 17
2.4 خيارات الإستجابة إلى ندرة المياه عن طريق مجال السياسات الرئيسية 18
3.4 نموذج ديناميكي بشأن الاستجابات على مستوى السياسات 20
4.4 الإستجابة الزراعية لندرة المياه 21

5. المحاسبة المائية: حق الحصول على ميزانية المياه 25
1.5 المحاسبة المائية الشفافة 25
2.5 التحديات الرئيسية التي تتناولها المحاسبة المائية 26
3.5 أنواع المحاسبة المائية 26
المحاسبة المائية للاقتصاد الكلي: نظام المحاسبة البيئية والاقتصادية للمياه 27
سد الفجوة بين العرض والطلب: نهج منحنى تكلفة المياه 27
الرقابة التشاركية علي المياه الجوفية 28
التجارة في حقوق المياه: المحاسبة بشأن مياه أستراليا 28
المحاسبة المائية على أساس الاستشعار عن بعد 30
المحاسبة المائية حسب المنتج: مفهوم البصمة المائية 30
المحاسبة المائية للشركات 31
4.5 من المحاسبة المائية إلى المراجعة المائية 31

6. خيارات الإستجابة للسياسة العامة والإدارة 33
1.6 خيارات ضمن مجال المياه (جميع القطاعات) 33
إدارة الإمداد 33
إدارة الطلب 38
2.6 خيارات ضمن مجال إدارة المياه الزراعية 41
تعزيز الإمداد 41
إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها في الري 41
تخفيض الفاقد من المياه 42
تحسين الإنتاجية المحصولية للمياه 46
إعادة تخصيص مياه الري من الاستخدام الأدنى إلمن أدنى إلى الأعلى قيمة 47
3.6 خيارات خارج مجال المياه 47
الاستثمار في الزراعة البعلية 47
الحد من الفاقد في السلسلة الغذائية 48
ما بعد الإنتاج الزراعي: المياه الافتراضية ودور التجارة 48
4.6 القضايا الكبرى وترابط خيارات الاستجابة 49
5.6 منحنى تكلفة الإمداد الغذائي كأداة لصنع القرار 50
تطبيق منحنى التكلفة على الإمداد الغذائي 50
منحنى حساب تكلفة الإمداد الغذائي 53

7. مبادئ العمل 57
1-7 المعرفة: إرتكاز الاستراتيجيات على فهم واضح لأسباب وآثار ندرة المياه 57
2-7 الآثار: تقييم إجمالي الفوائد والتكاليف، 58
واستخدام معايير منهجية وشاملة لإتخاذ القرار
3-7 القدرة: ضمان أن المستوى المناسب من إدارة المياه 58
والقدرات المؤسسية في مكانهم المناسب
4-7 تحديد السياق: تكيف الاستجابة مع الظروف المحلية 59
5-7 الاتساق: ضمان مواءمة السياسات للمياه والزراعة والأمن الغذاء 60
6-7 التأهب: توقع التغيرات من خلال صنع قرار حاسم وإدارة تكيفية 60

المراجع 63

ملحق 1: تعريفات 71

ملحق 2: جدول أعمال الاجتماع التشاوري للخبراء 77

ملحق 3: قائمة المشاركين في مشاورة الخبراء 79

ملحق 4: قائمة العروض التقديمية التي يتم مناقشتها في الاجتماع التشاوري للخبراء 83

قائمة الأشكال

1. العوامل التي تؤثر على توافر المياه 12
2. وضع خيارات الاستجابة لندرة المياه ضمن سياق سياسة أوسع 19
3. التكيف مع ندرة المياه: تسلسل محدد من الطلب النسبي على المياه من قبل مختلف القطاعات وخيارات الاستجابة عبر الزمن 21
4. تمثيل تخطيطي بشأن التركيز النسبي على الخيارات المُختلفة للقطاع الزراعي من أجل التكيف مع المستويات المتزايدة من ندرة المياه عبر الزمن 22
5. منحنى تكلفة نموذجي بشأن خيار استجابة معين 52
6. الخيارات المُتاحة لزيادة الإمداد الغذائي والتكاليف المرتبطة به على المستوى القُطري – حالة بلد حيث كافة موارد أراضيها مُستخدمة والتوسع غير متوقع 53
7. منحنى تكلفة الإمداد الغذائي – حالة بلد حيث كافة موارد أراضيها مستخدمة بالفعل 54
8. مثال على منحنى تكلفة الإمداد الغذائي – حالة بلد ذات موارد شحيحة تعاني من عجز غذائي 54

قائمة الجداول

1. تعريفات اصطلاحية بشأن مستويات الإجهاد المائي 7
2. خيارات خاصة بنطاق السياسات الرئيسية 20
3. من المحاسبة المائية إلى المُراجعة المائية 32
4. استراتيجيات وسياسات للتكيف مع ندرة المياه وفقا لفئة صانع القرار 34
5. مُلخص خيارات التكيف مع ندرة المياه 35
6. نطاق تطبيق خيارات الاستجابة المختلفة 51

قائمة المُربعات

1. الإدارة التشاركية الجماعية للمياه الجوفية في ولاية اندرا براديش 29
2. مكونات سحب المياه في الري 44
3. ممارسات توفير المياه في نظم القنوات المنشأة لري الأرز بآسيا 45

ملخص تنفيذي

يُقال أن ندرة المياه تحدث عندما يكون الطلب على المياه العذبة يفوق العرض في مجال محدد.

ندرة المياه = وجود زيادة في الطلب على المياه أعلى من الإمداد المتاح

تنشأ هذه الحالة نتيجة لارتفاع معدل الطلب الإجمالي من جميع القطاعات التي تستخدم المياه مقارنة مع الإمداد المتاح، في ظل الترتيبات المؤسسية السائدة وظروف البنية التحتية. ويتجلى ذلك في صورة التوافر الجزئي أو عدم توافر الطلب المعرب عنه، والمنافسة الاقتصادية على كمية المياه أو نوعيتها، والنزاعات بين المُستخدمين، ونضوب المياه الجوفية الذي لا يستعوض، والآثار السلبية على البيئة.

تُعد ندرة المياه مفهوماً نسبياً ومتغيراً على حد سواء، ويمكن أن تحدث في أي مستوى من مستويات العرض أو الطلب، ولكنها أيضا بناء اجتماعي: ترتبط جميع أسبابها بتدخل الإنسان في الدورة المائية. وتتغير عبر الزمن نتيجة التغيير الهيدرولوجي الطبيعي، ولكن تتغير أكثر من ذلك كونها تلعب دورا في السياسات الاقتصادية السائدة وأساليب التخطيط والإدارة. ويمكن توقع تزايد ندرة المياه مع معظم أشكال التنمية الاقتصادية، ولكن، إذا حُددت بشكل صحيح، يُمكن توقع العديد من أسبابها، وتجنبها أو التخفيف من حدتها.

والأبعاد الثلاثة الرئيسية التي تميز ندرة المياه هي: النقص الطبيعي لتوافر المياه لتلبية الطلب، ومستوى تطوير البنية التحتية التي تضبط التخزين والتوزيع والحصول علي المياه، والقدرة المؤسسية لتوفير خدمات المياه الضرورية.

القوى المُسببة لندرة المياه ودور الزراعة

زاد الاستخدام غير المقيد للمياه على الصعيد العالمي إلى معدل أكثر من ضعف معدل الزيادة السكانية في القرن العشرين، إلى الحد الذي لم تعد خدمات المياه الموثوق بها قادرة على الوصول إلى العديد من الأقاليم. وتضع الضغوط الديموغرافية، ومعدل التنمية الاقتصادية، والتوسع العمراني والتلوث، ضغوطا غير مسبوقة على مورد متجدد ولكنه محدود، ولا سيما في المناطق شبه القاحلة والقاحلة.

وتُعد الزراعة، من بين جميع القطاعات الاقتصادية، القطاع الذي تكون ندرة المياه فيه أكثر أهمية. وتُمثل الزراعة حاليا 70٪ من عمليات سحب المياه العذبة في العالم، وأكثر من 90٪ من الاستخدام الاستهلاكي. ويتزايد الاستهلاك الغذائي في معظم مناطق العالم نظرا للضغط المشترك للنمو السكاني والتغيرات في العادات الغذائية. ومن المتوقع أنه بحلول عام 2050 سوف يلزم إنتاج مليار طن إضافية من الغلال و200 مليون طن إضافية من اللحوم سنويا لتلبية الطلب المتزايد على الغذاء.

ولكن إلى أي مدى تكون هذه الزيادة المضطردة في الطلب على المياه «قابلة للتفاوض»؟ هناك اتفاق عام على أن المياه اللازمة لتلبية الاحتياجات الأساسية غير قابلة للتفاوض، لكن صحة الإنسان تتطلب الحد الأدنى من الحصول على مياه ذات نوعية جيدة. وبالمثل، فمع الاعتراف المتزايد بالحق في الغذاء، وعلى اعتبار أن المياه عامل حاسم في إنتاج الغذاء، فإن الحد الأدنى لكمية مياه

إنتاج الكفاف يعتبر غير قابل للتفاوض. ومع ذلك، يُمثل سحب المياه المنزلية على الصعيد العالمي حوالي 10٪ فقط من كافة استخدامات المياه، ولكن لديه معدل استهلاك منخفض للغاية – حيث يرجع معظم الاستخدام المنزلي إلى البيئة مع فقدان قليل بالتبخر حتى وإن تدهورت النوعية. وعلى النقيض من ذلك، فالاستخدام الزراعي له عواقب مباشرة خاصة بالتدفق المائي نحو المصب (أو الانحدارات السفلية) حيث يتطلب إنتاج الكتلة الحيوية نتح كميات ضخمة من المياه. فإذا استخلصت المياه للري وتم نتحها، فإن ذلك يمثل فقدانا هيدرولوجيا محليا يقلل من توافر المياه في منطقة المصب. ويتمثل الغرض من هذا التقرير في تقييم خيارات ونطاق التقويم في استخدام المياه في الزراعة كاستجابة لندرة المياه.

قياس ندرة المياه: الدورة الهيدرولوجية

يتوقف الفهم الصحيح لندرة المياه على فهم قوانين الفيزياء التي تحكم العمليات الهيدرولوجية، ووسائل تخصيص واستخدام القياس.

1. **الماء هو مورد متجدد**، ولكن تختلف الأنماط في المكان والزمان.
2. **توجد المياه في حالة تدفق مستمرة** في جميع مراحلها (الصلبة والسائلة والغازية)، وتدفعها تدرجات الطاقة التي تتعلق بالعمليات الفيزيائية للتبخر، والنتح، والتكثيف، وتساقط الأمطار، والتسرب، والجريان السطحي، والتَدَفُّق التحت سَطحي، والتجمد، والذوبان. ويجب أن تكون هذه التدفقات محور التخطيط والإدارة وليس المخزونات.
3. **يخضع توازن المياه لحفظ الكتلة**، ويتساوى معدل المياه الذي يدخل في نطاق معين مع معدل المياه الذي يخرج من نفس النطاق مع أي اختلافات تنشأ عن تغيرات في التخزين. وتُعد الروابط بين المياه السطحية، والمياه الجوفية، والمحتوى الرطوبي للتربة، وعملية البخر والنتح ذات أهمية بالغة، ولا تزال تنعكس على نحو غير كافي في العديد من خطط إدارة المياه.
4. **تترابط جميع الأراضي في حوض النهر من خلال المياه**. ولذلك، سوف تؤثر الإجراءات في جزء واحد من النظام الهيدرولوجي على أجزاء أخرى من النظام، وتحقيقا لمعظم المقاصد والأغراض تُدار المياه بشكل أفضل على أساس الوحدات الهيدروغرافية.
5. نظرا لزيادة استخدام المياه، **إمتدت وظائف تخفيف وتنظيف النظم البيئية المائية إلى أقصى حدودها، مما أدى إلى تراكم الملوثات**.
6. **تتضمن أي رغبة في الحفاظ على مجموعة من السلع والخدمات الخاصة بالنظم البيئية المائية قيوداً** بشأن توافر المياه للاستخدام البشري في نطاق معين.
7. **المحاسبة المائية**، يُقصد بها أسلوب منهجي لتنظيم وتقديم معلومات تتعلق بالأحجام المادية وبنوعية تدفقات المياه في البيئة (من المصدر إلى القاع) بالإضافة إلى أن الجوانب الاقتصادية لإمدادات واستخدام المياه ينبغي أن تكون نقطة الانطلاق لأي إستراتيجية بشأن التكيف مع ندرة المياه. وتتضمن المحاسبة المائية رؤية شاملة للموارد المائية، ونظم الإمداد، ومدى ارتباطها بالمطالب المجتمعية والاستخدام الفعلي.
8. **المراجعة المائية** هي خطوة إضافية، وتضع العرض والطلب على المياه في السياق الأوسع للحوكمة، والمؤسسات، والتمويل، وإمكانية الوصول، وعدم اليقين. وتلزم كافة هذه العناصر من أجل تصميم إستراتيجيات فعالة للتكيف مع ندرة المياه.

خيارات السياسة والإدارة

يمكن تقسيم خيارات التكيف مع ندرة المياه إلى تعزيز الإمدادات وإدارة الطلب. ويشمل تعزيز الإمدادات زيادة إمكانية الوصول إلى الموارد المائية التقليدية، وإعادة استخدام مياه الصرف والمياه العادمة، والتحويلات بين الأحواض، وتحلية المياه، ومكافحة التلوث. وتعرف إدارة الطلب بأنها مجموعة من

الإجراءات تعتمد عليها عملية ضبط الطلب على المياه، سواء من خلال رفع الكفاءة الاقتصادية العامة بشأن استخدامها كمورد طبيعي، أو من خلال تطبيق إعادة تخصيص الموارد المائية بين القطاعات وداخلها. ويمكن رؤية خيارات التكيف مع ندرة المياه في الزراعة على أنها سلسلة متصلة من مصدر المياه إلى المستخدم النهائي (المُزارع)، وبعد ذلك إلى مُستهلك السلع الزراعية. وتناقش هذه الخيارات أدناه. ومع ذلك، يجب التأكيد على أنه على مستوى الطلب على المياه الزراعية الملحوظ بوجه عام في البلدان المنتجة للغذاء، ترتبط تدابير تعزيز الإمدادات وإدارة الطلب في كثير من الأحيان من خلال الدورة الهيدرولوجية.

تعزيز الإمدادات

خلال القرن العشرين، قامت سدود كبيرة متعددة الأغراض بتلبية احتياجات الزراعة، والطاقة، والمدن المتنامية، وساعدت في حماية السكان من مخاطر الفيضانات. وعلى الرغم من أن إمكانية إنشاء سدود أكثر لا تزال موجودة في بعض المناطق، فإن معظم المواقع المناسبة لإنشاء السدود مُستخدمة، ويزداد التساؤل بشأن إنشاء سدود جديدة على نحو متزايد من حيث الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

وتُعد عملية حفظ المياه في المزرعة، وبخاصة تطبيق المُمارسات الزراعية التي تقلل من الجريان السطحي لزيادة تسرب وتخزين المياه في التربة في الزراعة البعلية، من أكثر خيارات تعزيز الإمدادات المحلية الملائمة التي يمتلكها المزارعون لزيادة الإنتاج. وعلى نطاق أوسع قليلا، تساهم الأنظمة الصغيرة اللامركزية لحصاد وتخزين المياه في زيادة توافر المياه والإنتاج الزراعي على مستوى الأسرة والمجتمع. ومع ذلك، فقد أظهرت البرامج الكبيرة الخاصة بحصاد المياه على نطاق صغير، مثل برامج إدارة مستجمعات المياه التي تم تطويرها في ولاية أندرا براديش وأجزاء أخرى من الهند– أظهرت– تأثيرات جوهرية على توافر هيدرولوجيا مستجمعات المياه وتوافر المياه في اتجاه المصب.

وقد زاد استغلال المياه الجوفية بشكل كبير من حيث النطاق والكثافة خلال العقود الأخيرة. ويرى المُزارعون أن قدرة المياه الجوفية على توفير مياه بطريقة مرنة وعند الطلب لدعم الري ميزة كبيرة. وعلى الرغم من أن تكثيف استخدام المياه الجوفية ساهم في تحسين سُبل المعيشة للملايين من سكان الريف، فقد نتج عن ذلك أيضا النضوب طويل المدى لطبقة المياه الجوفية، وتلوثها، وتداخل المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية الساحلية الهامة.

وتميل عملية تطبيق إعادة تدوير مياه الصرف واستخدام المياه العادمة في الزراعة لأن ترتبط إيجابيا بندرة المياه. فإعادة استخدام مياه الصرف هي حقيقة واقعة في معظم مشروعات الري الكبيرة، ولا سيما في النظم الكبيرة المبنية على زراعة الأرز في آسيا. وتُعد إعادة استخدام المياه العادمة الحضرية ذات أهمية عالمية أقل ولكنها هامة على المستوى المحلي (تُشير التقديرات عن أنحاء العالم إلى أن نحو 20 مليون هكتار من الأراضي الزراعية يتم ريها بالمياه العادمة). ويلزم بذل جهود لتقييم إعادة استخدام هذه المياه وإمكانياتها بشكل أفضل، وتشجيع إعادة التدوير الآمن للمياه العادمة في الزراعة، وبخاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه.

إدارة الطلب في قطاع الزراعة

بالاصطلاح الواسع، لدى الزراعة ثلاثة خيارات لإدارة الطلب العام على المياه ضمن نطاقها:

- تقليل الفاقد من المياه؛
- زيادة إنتاجية المياه،
- إعادة تخصيص المياه.

يتمثل الخيار الأول الأكثر شيوعا في زيادة كفاءة استخدام المياه عن طريق تقليل الفاقد من المياه في عملية الإنتاج. ومن الناحية الفنية، "كفاءة استخدام المياه" هي نسبة بلا أبعاد يمكن أن تحسب على أي نطاق، بداية من نظام الري إلى نقطة الاستهلاك في الحقل. ويُطبّق ذلك بشكل عام على أي إدارة تقلل من الاستخدام غير النافع للمياه (أي تقليل التسرب أو خسائر التبخر أثناء نقل واستخدام المياه). ويتمثل الخيار الثاني في زيادة إنتاجية المحاصيل فيما يتعلق بالمياه. ويتضمن ذلك إنتاج محاصيل أكثر قيمة لكل حجم من المياه المُستخدمة. ويتمثل الخيار الثالث في إعادة تخصيص المياه نحو استخدامات أعلى قيمة من خلال نقل المياه بين القطاعات (النقل إلى إمدادات البلديات، على سبيل المثال) أو النقل داخل القطاعات عن طريق تقليل المساحة المروية المحصودة من محصول معين لتقليل البخر والنتح أو تحويل المياه نحو محاصيل ذات قيمة أعلى.

ومن الواضح أن هناك مجال لإدارة الطلب على المياه في الزراعة من ناحية الزمان والمكان. ولكن غالبا ما يوضع تركيز مفرط على الخيار الأول، بجهود رامية إلى تقليل "فواقد" المياه داخل شبكات توزيع الري. ويوجد عاملان يحدان من مجال وتأثير تقليل الفاقد من المياه. أولا، يتم استعادة جزء فقط من "فاقد" المياه بفاعلية وبتكلفة معقولة عند سحبها للاستعمال النافع (ويقصد بها المياه التي يتم تحويلها لأغراض ذات فوائد واضحة وملموسة، مثل الأغراض المنزلية، والري، والعمليات الصناعية، والتبريد). ثانيا، يعود جزء من المياه المفقودة بين المصدر والمستخدم النهائي إلى النظام الهيدرولوجي، إما عن طريق التسرب داخل طبقات المياه الجوفية أو التدفق المرتد داخل نظم النهر. وتختلف حصة المياه المفقودة من خلال الاستهلاك غير النافع، إما من خلال التبخر أو من خلال الصرف داخل الكيانات المائية منخفضة الجودة أو إلى البحر وذلك حسب الظروف المحلية. وهناك حاجة إلى فهم واضح بشأن الإمكانية الحقيقية للتقليل من فاقد المياه لتجنب تصميم استراتيجيات مكلفة وغير فعالة لإدارة الطلب.

وفي معظم الأحوال يعتبر السبيل الوحيد الأكثر أهمية لإدارة الطلب على المياه في مجال الزراعة هو زيادة الإنتاجية الزراعية فيما يتعلق بالمياه. وتُعد الزيادة في إنتاج غلة المحصول (الإنتاج لكل وحدة من الأرض) من أهم مصادر زيادة إنتاجية مياه المحصول. ويمكن زيادة الغلة من خلال مجموعة من المُمارسات الخاصة بتحسين التحكم في المياه، وتحسين إدارة الأراضي والممارسات الزراعية. ويشمل ذلك اختيار المادة الوراثية، وتحسين إدارة خصوبة التربة ووقاية النباتات. ومن المهم أن نلاحظ أن تربية النباتات والتكنولوجيا الحيوية يمكن أن تساعد من خلال زيادة حصاد أجزاء من الكتلة الحيوية، وتقليل الفواقد من الكتلة الحيوية من خلال زيادة المقاومة للآفات والأمراض، وتقليل تبخر التربة من خلال النمو المبكر السريع للغطاء النباتي، وخفض الحساسية للجفاف. لذلك تُعد إدارة الطلب العام من خلال التركيز على إنتاجية المياه بدلا من التركيز على الكفاءة الفنية لاستخدام المياه وحدها، من الاعتبارات الهامة.

وإذا تم النظر في الإنتاجية من حيث القيمة المُضافة وليس الإنتاج، يكون إعادة تخصيص الإمداد المائي من محاصيل ذات قيمة أقل إلى محاصيل ذات قيمة أعلى هو خيار واضح للمُزارعين الذين يسعون إلى تحسين مستويات الدخل. ولكي يحدث ذلك، يلزم إجراء تغييرات في كل من الإدارة والتكنولوجيا المرتبطة بالري لتزويد المزارعين بمستوى أعلى بكثير بشأن التحكم في الإمدادات المائية. وبالإضافة إلى ذلك، يتطلب أيضا التحول إلى محاصيل ذات قيمة أعلى، الحصول على مُدخلات، بما في ذلك البذور، والأسمدة، والقروض، فضلا عن التكنولوجيا والمعرفة الفنية، وأوضاع مقبولة للعمل في ظل ظروف سوق أكثر قدرة على المُنافسة. ومع ذلك، فمن الناحية العملية، يستطيع عدد قليل جدا من المزارعين اللجوء إلى هذا الاختيار لأن السوق الخاص بالمحاصيل ذات القيمة الأعلى محدود مقارنة مع سوق السلع الأساسية. وبعيدا عن الاهتمامات الإنتاجية، يمكن أن يكون الطلب على المياه الزراعية ببساطة محدوداً أو مغطى. ويطبق هذا الإجراء

عادة عند تقليص حجم البخر والنتح المستخدم في إنتاج وحدة من الإنتاج الزراعي عن طريق تقليل المساحة الخاضعة للري.

ويُعد فهم الأدوار، والمواقف، والاستراتيجيات الخاصة بمختلف أصحاب الشأن، بما في ذلك المؤسسات ذات الصلة، أحد الجوانب الرئيسية لاستراتيجيات إدارة الطلب. وفي النهاية، سوف تُستهلك معظم المياه على مستوى المزارعين. وسوف يكون الدافع وراء سلوكهم وقدرتهم على التكيف هو مجموعة من الحوافز المُختارة بعناية التي تشمل التغييرات الهيكلية والمؤسسية على حد سواء، وتحسين الموثوقية، وزيادة مرونة إمدادات المياه. وسوف يكون الدافع وراء استراتيجيات المُزارعين هو توفير المياه فقط عندما يصبح توافر المياه عاملا محدّدا رئيسيا لهم. وقد أثبتت السياسات القائمة على نظم تعريفة المياه بهدف تقليل الطلب على المياه الزراعية نجاحها في بعض الحالات، ولكنها تحتاج إلى شروط مقيدة جدا وغالبا ما يصعب تطبيقها. وتتمتع الأساليب القائمة على الحصص المائية وحقوق استخدام المياه (أو سحبها) في معظم الحالات باحتمالية أكبر للنجاح.

الإجراءات المُتخذة خارج مجال المياه

تكمن الاستجابة الزراعية لندرة المياه، على الأقل جزئيا، خارج مجال المياه. ومن ثم، فمن الممكن التعرف على التدابير الأخرى التي يُمكن أن تُساعد في إدارة الطلب على المياه:

- تقليل الفواقد في سلسلة القيمة ما بعد الحصاد؛
- خفض الطلب على الإنتاج المروي من خلال الاستبدال بالواردات من السلع الغذائية البعلية،
- تقليل نصيب الفرد من الطلب على المياه الزراعية.

تقليل الفواقد في سلسلة القيمة ما بعد الحصاد

يمكن أيضا الحصول على وفورات كبيرة من المياه خارج الإنتاج الزراعي عن طريق معالجة قضايا الفاقد في السلسلة الغذائية، والوجبات الغذائية، ودور التجارة الزراعية. وتحدث الفواقد والتلفيات على طول السلسلة الغذائية، وتقدر بما يصل إلى 50٪ من الإنتاج في البلدان المتقدمة. وعلى الرغم من أن جزءا من هذه الفواقد قد يكون غير قابل للاسترداد، فمن المنطقي تحديد المصادر الرئيسية للفواقد بدقة وتقييم نطاق خفضها.

خفض الطلب على الإنتاج المروي من خلال الإستبدال

تشمل الخيارات تعزيز الإنتاج في الزراعة البعلية واستيراد المنتجات الغذائية من خلال التجارة الدولية.

وهناك عدة أسباب لاعتبار الاستثمار في الزراعة البعلية كجزء من إستراتيجية التكيف مع ندرة المياه، ولكن تختلف الفرص اختلافا كبيرا من مكان إلى آخر. كما أن هناك إمكانية عالية لتحسين الإنتاجية في الأماكن التي يساعد فيها المناخ على الزراعة البعلية حيث لا تزال الغلة منخفضة، كما هو الحال في العديد من مناطق شبة الصحراء الإفريقية. ويمكن أن يحسن الجمع بين الممارسات الزراعية الجيدة، وروابط الصعود والهبوط (الوصول إلى التمويل، والمدخلات، والأسواق)، وخطط التأمين ضد تقلبات الطقس ،الإنتاجية الزراعية مع تأثير ضئيل على موارد المياه.

وتُعد قضية التجارة ذات أهمية خاصة في البلدان التي تحد ندرة المياه فيها من قدرة الزراعة على تلبية كافة الاحتياجات الخاصة بالسلع الزراعية الأخرى. وقد تم صياغة مفهوم "المياه الافتراضية" في التسعينيات بحيث يشير إلى أنه يمكن تحقيق مكاسب في إنتاجية المياه في أي عالم آمن ومترابط بشكل معقول، من خلال زراعة المحاصيل في الأماكن التي يسمح المناخ فيها بإنتاجية عالية للمياه

بتكلفة أقل، وتداولها تجاريا في الأماكن ذات إنتاجية المياه المنخفضة. وعلى الرغم من أنه قليلا ما يتم التعبير عنها في مصطلحات المياه، فإن تجارة المياه الافتراضية هي حقيقة واقعة بالنسبة للعديد من البلدان التي تعاني من ندرة المياه، ويتوقع أن تزداد في المستقبل.

تقليل نصيب الفرد من الطلب على المياه

وأخيرا، تؤدي زيادة استهلاك اللحوم، وإلى حد أقل، أيضا منتجات الألبان إلى زيادة استهلاك المياه نظرا لأن إنتاجها يتطلب كميات كبيرة من المياه. ويصل الحد الذي تكون فيه المجتمعات على استعداد لتعديل نظامها الغذائي، كجزء من جهد أكبر لتقليل بصمتها البيئية، إلى ما هو أبعد من مخاوف ندرة المياه. إلا أن لذلك تداعيات تتعلق بالأمن الغذائي الوطني واستراتيجيات التكيف مع ندرة المياه المرتبطة به.

التقييم والجمع بين خيارات الإمداد الغذائي من خلال نهج منحنى التكلفة

من أجل توجيه خيارات صناع القرار من بين مجموعة الخيارات المُتاحة، تحتاج هذه الخيارات إلى التقييم من حيث فعاليتها، والتكلفة، والجدوى الفنية، والاجتماعية، والبيئية. ويتم أيضا التحقق من البُعد السياسي لاختيارهم بعناية.

ويمكن أن يساعد "مُنحنى تكلفة إمدادات الغذاء" على إمعان النظر، في الطريقة التي يمكن من خلالها أن تعبر بلد ما فجوات الإمدادات الغذائي بطريقة فعالة من حيث التكلفة. ويصنف المنحنى خيارات إمدادات الغذاء من حيث تكلفتها ويقدم طريقة سهلة لتقييم فعالية التكلفة في تحقيق أهداف إمدادات الغذاء. وعند استخدامه على المستوى الوطني، سوف يكون لكل بلد منحنى خاص بها يستند إلى المستوى الحالي لتكثيف وتوافر الأراضي والمياه، ومستوى الفواقد في السلسلة الغذائية. ويقدم منحنى التكلفة طريقة بسيطة لكنها قوية لتحديد وتصنيف الخيارات الخاصة بإنتاج الأغذية في ظروف ندرة المياه. ويكمن الكثير من التعقيد في وضع منحنيات التكاليف الفردية لمختلف الخيارات، الأمر الذي يتطلب فهماً جيداً للظروف الزراعية، والهيدرولوجية، والاقتصادية والاجتماعية التي ستُجرى في سياقها التحسينات المطلوبة.

مبادئ العمل

سوف يعتمد اختيار المجموعة الصحيحة من الخيارات على الظروف المحلية، ومن غير المرجح أن يتم تحديد مجموعة واحدة من الخيارات باعتبارها الحل 'الأمثل' ولا باعتبارها خياراً خاصاً ينظر إليه كمرغوب في كافة السياقات. ولا يكون اختيار "عدم اتخاذ إجراء" خيارا في إطار ندرة المياه، حيث يؤدي إلى تدهور البيئة، واستخدام دون المستوى الأمثل للموارد النادرة، وانعدام العدالة في الحصول على هذه الموارد، إلى جانب التأثيرات السلبية بوجه عام على الاقتصاد والرخاء المجتمعي. لذلك، بدلا من محاولة تحديد حلول لندرة المياه، يقترح أن تستند خيارات السياسة العامة والاستراتيجيات ذات الصلة إلى مجموعة من المبادئ العامة، التي تسري عبر ضوابط اجتماعية واقتصادية. وقد وضعت ستة مبادئ أساسية، تعرض أدناه.

المعرفة: إرتكاز الاستراتيجيات على فهم واضح لأسباب وآثار ندرة المياه

يجب أن ترتكز الاستراتيجيات على أفضل الأدلة المتاحة، وليس على أقوال مرسلة أو تخمين، ويجب أن تجرى المحاسبة التفصيلية للعرض والطلب على المياه منذ البداية. والعلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والمياه الجوفية، وبين مستجمعات المنبع والمصب، وبين النوعية والكمية، وأهمية إعادة تدوير المياه في أحواض الأنهار، كل ذلك له تداعيات من حيث فعالية الإجراءات المقترحة. ويمكن أن يكون للإستراتيجيات الموضوعة بنية حسنة ولكن بمعلومات ضئيلة عن التكيف مع ندرة المياه، آثار عكسية كبيرة على الطريقة التي يتم بها توزيع المياه في حوض النهر، دون تحقيق الوفورات المتوقعة.

الأثر: تقييم النطاق الكامل للفوائد والتكاليف واستخدام معايير قرار منهجية وشاملة
قد يبدو واضحا أنه يجب النظر في فعالية التكاليف إلى جانب قيم العدالة والقيم الجماعية عند الانتقاء من بين الخيارات. ومع ذلك، تُبين الخبرة السابقة أن تحليلات مرد ودية التكاليف كثيرا ما غفلت أو قللت من قيمة الأثر السلبي المُحتمل للتدخلات التنموية للمياه على الناس أو البيئة، في حين تبالغ في تقدير الفوائد الأخرى. وعلى وجه الخصوص، فغالبا ما جرى انتقاء خيارات تعزيز الإمدادات، تجاوزاً لأي تحليل معقول، مما يؤدي إلى الإفراط في تجهيز القطاع الفرعي وحدوث ندرة مياه 'مصطنعة أو منشأة'. ويحتاج حساب فعالية التكلفة أن يشمل عدة أبعاد. ويختلف ذلك مع الوقت، نتيجة للتغيير في معرفة العمليات والقيم الاجتماعية والبيئية، فضلا عن التغيرات النسبية في القيمة المضافة لمختلف قطاعات استخدام المياه. والتحليل الدقيق لفعالية تكاليف كل خيار، هو فقط الذي يسمح بتحديد أفضل للمصادر الواعدة للمكاسب في مجال إدارة الطلب على المياه.

وتتطلب مبادرات المياه آليات تمويل واقعية لتغطية التكاليف الكاملة، الخاصة بالتدخلات في شأن ندرة المياه وبرامجها. وفي كثير من الحالات، يتضمن ذلك وضع تركيز أقل على التكاليف الرأسمالية للعمليات الإنشائية والهندسية، ووضع مزيد من التركيز على بناء القدرات، والتخطيط القائم على أصحاب الشأن، والتشغيل والصيانة، وغيرها من تكاليف الدعم المؤسسي طويلة الأجل.

القدرة: ضمان أن المستوى الصحيح لحَوْكَمَة المياه والقدرات المؤسسية موجودة
تتزايد النزاعات بين المستخدمين مع ندرة المياه، وكذلك احتمال حدوث آثار سلبية على الفئات الاجتماعية المعرضة للخطر وعلى البيئة. ونظرا لتزايد أهمية إدارة الطلب، فهناك حاجة إلى مؤسسات أكثر قوة لضمان التوزيع العادل للمنافع وصيانة الخدمات البيئية. وتتزايد أهمية التحديد الأفضل للأدوار والمسؤوليات، وتمكين المؤسسات المحلية، ومراجعة السياسات، وموائمة القوانين، واستخدام آليات الحوافز، نظرا لتزايد ندرة المياه بشكل تدريجي. ويلزم بذل جهود من أجل نشر ثقافة جديدة لإدارة المياه، بما يشمل حملات التوعية العامة، والبرامج التعليمية، وبناء القدرات، والتدريب على كافة الأصعدة، بما في ذلك مجموعات مستخدمي المياه. وتحتاج أيضا المؤسسات إلى التكيف مع الأساليب التي يمكن بها للقطاع العام، والقطاع الخاص، وغيرهم من الجهات العاملة في هذا المجال تنفيذ مهام الإدارة بصورة تضامنية.

تحديد السياق: تكيف الاستجابة مع الظروف المحلية
تعتمد استجابة إي بلد لندرة المياه على عدد من الظروف، بما في ذلك الظروف المناخية الزراعية المحلية، ومستويات ندرة المياه، والدور الذي تلعبه الزراعة في الاقتصاديات القُطرية، والقيم المجتمعية. وتعتمد أيضا على عوامل خارجية، بما في ذلك البيئة العالمية للتجارة والتعاون، وتوقعات تغير المناخ. بالإضافة إلى ذلك، وبالنظر إلى التغيرات السريعة في المجالات الجغرافية السياسية، والمجالات الاجتماعية والبيئية، فما يمكن اعتباره مناسبا تماما اليوم، قد لا يكون كذلك غدا، ويجب توقع تغير الاستراتيجيات.

الاتساق: ضمان المواءمة السياسية بين المياه، والزراعة، والأمن الغذائي
يمكن أن يكون للقرارات التي يتم اتخاذها خارج مجال المياه، مثل تلك التي تُحدد أسعار الطاقة، والاتفاقيات التجارية، والإعانات الزراعية، واستراتيجيات الحد من الفقر، تأثيرٌ كبيرٌ على العرض والطلب بالنسبة للمياه، وبالتالي على ندرة المياه. وتُعد المواءمة بين العديد من السياسات، والتشريعات، والتدابير المالية التي تؤثر على إدارة المياه، والإمداد بالخدمات، ومستوى الطلب، أمراً بالغ الأهمية. وترتبط سياسات الزراعة والأمن الغذائي ارتباطا وثيقا بسياسات المياه، ويجب أن تكون تلك الدرجة من الارتباط موضع تقدير لضمان الاتساق العام.

التأهب: توقع التغيير من خلال اتخاذ قرارات حاسمة وإدارة تكيفيه

يجب أن تكون نظم التخطيط والإدارة مرنة وتكيفيه، وأن تكون قائمة على التعلم الاجتماعي المؤسسي المستمر. وتعترف الإدارة التكيفية بارتفاع مستوى عدم اليقين المرتبط بالأحوال المستقبلية، وتركز على التخطيط المرن الذي يسمح بالتطوير المنتظم للخطط والأنشطة. ولا يمكن تحقيق هذا المستوى من الاستجابة، إلا إذا تم تحديث المعلومات والمعرفة، وقامت نظم إدارة الرصد والمعلومات باستمرار، بتزويد صناع القرار بمعلومات موثقة. وهناك دائما خطر أن تنحرف استراتيجيات التكيف عن طريق عوامل خارجية، مثل تغير المناخ، والصدمات المالية والاقتصادية العالمية، وتغيير اتفاقيات التعاون الدولي. ويُعد وضع السيناريو، باعتباره جزءا لا يتجزأ من صياغة الإستراتيجية ،أحد وسائل تحديد وتخفيف هذه المخاطر، ووضع استجابات قوية لعدم اليقين المتعلق بالأحوال المستقبلية.

1 - مُقدمة

1.1 "أزمة" المياه

ترصد تقارير الأمم المتحدة الأخيرة حول تنمية مياه العالم (لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، 2009 و2012) كيف تترابط الأزمات العالمية التي أبلغ عنها مؤخرا – بشأن تغير المناخ، والطاقة، والأمن الغذائي، والركود الاقتصادي، والاضطرابات المالية – مع بعضها البعض ويكون لها تأثيرات على المياه. وتذكرنا التقارير أن المياه تلعب دورا في جميع قطاعات الاقتصاد، كما أنها ضرورية في تحقيق التنمية المُستدامة وبلوغ الأهداف الإنمائية للألفية (MDG).

وكلما ازداد الطلب على المياه وكذلك المنافسة بين القطاعات المستخدمة لها، تصبح الندرة المائية ظاهرة بأشكال متباينة. ومع ذلك، فغالبا ما يصعب فهم العلاقة المتبادلة بين البيئات المحلية الهيدرولوجية وسبل المعيشة والتنمية الاقتصادية. وكان لابد منذ زمن بعيد، القيام بتقييم موضوعي عما نعنيه بـ "الندرة"، وكيف نتوقع تأثير ندره المياه على التحولات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية التي نراها اليوم. وهذا التقرير يأخذ عملية استخدام المياه الزراعية كنقطة انطلاق، حيث سيسود هذا القطاع السحوبات العالمية من المياه في المستقبل المنظور.

وقد طرح التقييم الشامل لإدارة المياه في القطاع الزراعي (التقييم الشامل 2007) السؤال التالي: هل هناك ما يكفي من الأراضي والمياه، والقدرات البشرية لإنتاج الغذاء في ظل نمو السكان على مدى الخمسين عاما المقبلة – أو هل ستنفد المياه؟ وقد تمت الإجابة على هذا السؤال كما يلي:

من الممكن إنتاج الغذاء – ولكن من المُحتمل أن يؤدي إنتاج الغذاء اليوم والاتجاهات البيئية، إذا استمرا، إلى أزمات في أجزاء كثيرة من العالم. وفقط في حالة العمل على تحسين استخدام المياه في الزراعة، سنتمكن من معالجة التحديات الشديدة بشأن المياه العذبة التي تواجه البشرية على مدى الخمسين عاما المقبلة. أو بعبارة أخرى، إن العمل على النحو المعتاد ليس خيارا. فهناك حاجة إلى تغييرات حقيقية في الطريقة التي يتم بها التحكم في المياه واستخدامها إذا أردنا تجنب الأزمات المؤقتة أو طويلة الأجل.

وهناك تصور واسع النطاق بأن المياه أصبحت شحيحة نتيجة للاتجاهات التي لا يمكن، إلى حد ما، تجنبها، وخاصة النمو السكاني وما نتج عنه من طلب متزايد على المياه لإنتاج الغذاء، والاستخدامات المنزلية، والصناعية، والمحلية. ويدعو ذلك العديد إلى القفز للاستنتاج بأن "أزمة المياه" أمر لا مفر منه. ومع ذلك، يمكن تجنب التحديات الأكثر توقعاً (أو الأزمات المحتملة) إلى حد كبير من خلال تعديل الطريقة التي يتم بها إدارة المياه والتحكم فيها (Moriarty و Butterworth و Batchelor 2004). وقد تم توثيق مجال إدارة المياه للمُساهمة بفعالية في احتياجات الإنسان الأساسية وسبل المعيشة بشكل جيد (التقييم الشامل 2007؛ ولجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية 2009، 2012). ومع ذلك، لا يزال من الصعب تحديد التوازن الصحيح للتدابير الأساسية الخاصة بتخصيص المياه، وتوفير الخدمة والإدارة من قبل المُستخدمين النهائيين فيما يتعلق بالدورة الهيدرولوجية المتغيرة وتزايد ندرة الموارد. وباختصار، يحتاج سلوك مستخدمي المياه أن يكون أكثر اتساقا مع الواقع المتزايد لندرة المياه.

2-1 الزراعة والمياه والأمن الغذائي

يُعد قطاع الزراعة هو الأكثر حساسية بالنسبة لندرة المياه من بين جميع قطاعات الاقتصاد. وعلى الرغم من النظر في بعض الأحيان إلى القطاع الزراعي كمستخدم لما "يتبقى" من المياه، بعد القطاعات المنزلية والصناعية، فهو يستخدم 70٪ من السحوبات العالمية على المياه العذبة، وأكثر من 90٪ من الاستخدام الاستهلاكي. كما يعد القطاع ذو أكبر نطاق أو إمكانية للتقويم.

وتشكل عملية البخر والنتح من الأراضي الزراعية المروية إلى حد بعيد أكبر استخدام استهلاكي للمياه المسحوبة لأغراض الاستخدام البشري في مُعظم مناطق العالم. ولا يزال الطلب المتزايد باضطراد على المنتجات الزراعية لتلبية احتياجات الأعداد المتزايدة من السكان الدافع الرئيسي وراء استخدام المياه في الزراعة. وعلى الرغم من أن معدل النمو السكاني في العالم قد تباطأ منذ الثمانينات، لا يزال عدد السكان ينمو بسرعة، ولا سيما في البلدان النامية. وبالإضافة إلى ذلك، فقد أدت التنمية الاقتصادية المضطردة، وخاصة في اقتصاديات الأسواق الناشئة، إلى زيادة الطلب على نظام غذائي أكثر تنوعا، بما يشمل اللحوم ومنتجات الألبان، مما يضع المزيد من الضغط على الموارد المائية (لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية 2012). ومن المتوقع أن تكون هناك حاجة إلى غذاء أكثر بنسبة 60٪ في الفترة من الآن وحتى عام 2050 لتلبية طلب السكان المتوقع وصولهم لأكثر من 9 مليار نسمة. والنتيجة النهائية هي أن استخدام المياه الزراعية يزيد من شدة ندرة المياه في بعض المناطق، ويتسبب في ندرة المياه حتى في المناطق التي تنعم بشكل جيد نسبيا بالموارد المائية.

وتخضع الزراعة، وبخاصة الزراعة المروية، لتغيرات سريعة وتواجه تحديات قديمة وجديدة على حد سواء. ويجب أن يتكيف المزارعون في جميع أنحاء العالم مع عالم أدت فيه التجارة والعولمة إلى الزيادة السريعة للترابط المتبادل بين إنتاج الناس وأنماط الاستهلاك، وحيث عزز التقدم التكنولوجي الإنتاجية الزراعية. وقد ساعدت الثورة الخضراء والتقدم التابع في علم الزراعة على أن يتجاوز الإنتاج الزراعي النمو السكاني، وإطعام المزيد من الأعداد بغذاء أكثر تنوعا تتزايد جودته. ولكنه قد أتى أيضا بتكلفة بيئية كبيرة.

ومع ذلك فهناك وجه آخر لهذه الاتجاهات، والعدد الإجمالي للأشخاص الذين يعانون من سوء التغذية، والذين يعيش معظمهم بالمناطق الريفية لا ينخفض، ولا تزال الإنتاجية الزراعية في الكثير من البلدان النامية منخفضة. كما أن التأثير المحتمل لتغير المناخ على موارد المياه والطلب عليها غير مؤكد، وهو الحال أيضا بالنسبة للتأثير المحتمل لإنتاج الطاقة الحيوية على الزراعة والأمن الغذائي. ويشكل تزايد التقلبات الأخيرة في أسعار الغذاء منذ عام 2007 إنذارا قويا بأخطار الثقة الزائدة بشأن إمدادات الغذاء طويلة الأجل.

وتعد الزراعة سببا وضحية لندرة المياه، والمنافسة على المياه بين القطاعات أكثر وضوحا في المناطق التابعة للمراكز الحضرية الكبرى، إلا أن ندرة المياه يمكن أن تظهر في جميع مستجمعات المياه حيث تقلل كثافة الزراعة في مناطق المنابع إمدادات المياه عبر المصب. ويمكن أن يكون لاستخدام المياه الجوفية غير المستدام، تأثيرات طويلة المدى على الإنتاج الزراعي في مناطق مثل جنوب آسيا، حيث أدى ازدهار الري القائم على المياه الجوفية في الثمانينيات والتسعينيات إلى زيادة كبرى في الإنتاج الزراعي المقيد الآن بنضوب طبقة المياه الجوفية. أما مصدر القلق الأساسي فهو أن الإنتاج الزراعي سيتقلص في المناطق المأهولة بالسكان في الوقت الذي يرتفع فيه الطلب، وتتصدر قضية الأمن الغذائي كافة القضايا في جميع المناطق.

3-1 أهداف ونطاق التقرير

نظرا لأهمية المياه بالنسبة للزراعة والإنتاج الغذائي، والدور السائد الذي تلعبه الزراعة في السحب العالمي للمياه، فقد أجرت الفاو مراجعة لبرنامج المياه الخاص بها لاقتراح استجابة أكثر استراتيجيه

وفاعلية لمعالجة القضية المتنامية لندرة المياه. ويلتزم البرنامج بتركيز المنظمة على سبل العيش الزراعية والريفية، ويعكس بالضرورة هموما معينة بشأن الأغذية والزراعة من جانب أعضاء منظمة الفاو. ويعتبر وضع منهجيات واقعية ومسئولة لإدارة المياه جزءا من هذه المهمة.

ويهدف هذا التقرير إلى أمرين؛ أولا، تحديد إطار عمل للمحاسبة المائية يسمح بتفسير ندرة المياه بموضوعية. ثانيا، تحديد أين وكيف يمكن لإدارة المياه الزراعية أن تلعب دورا مبكراً وفعالا في الاستجابة للقلق المتزايد بشأن ندرة المياه العذبة على مستوى العالم.

وهناك عدة عوامل تشكل الحديث عن تخصيص المياه والتشريع البيئي، وهي التنافس على المياه كمُدخل اجتماعي واقتصادي، والحاجة إلى حماية البيئة وحساب تكلفة استخدام الموارد الطبيعية، والاعتراف بقيم الخدمات البيئية التي تؤديها المياه. وستظل الزراعة المستخدم الأكثر أهمية للمياه في كثير من البلدان، وتحتاج إلى وضعها على طاولة النقاش بناءا على إطار عمل واضح لمناقشة تأثيراتها، وتخصيصها القانوني، والاستجابة المناسبة من جانب القيادات لعصر تتزايد فيه ندرة المياه.

ويلزم التحليل الصحيح لدور المياه في الإنتاجية الزراعية، وسبل العيش الريفية، والعوامل البيئية من خلال وضع تعريفات مقبولة بشكل عام وسليمة علميا وأساليب للمحاسبة المائية. ويتضمن ذلك تقييم الاستخدام الفعال للمياه في الحقل، ومشروعات الري، وفي نطاقات مستجمعات النهر، مع الوضع في الاعتبار الأبعاد الإضافية للإنتاجية، وإجراء تقييمات اقتصادية كلية لمساهمة الاقتصاد الزراعي المتعلق بالمياه في الناتج المحلي الإجمالي والتجارة العالمية. أما سياق هذه التقييمات فهو تسلسل من نقطة سحب المياه المباشر إلى نقطة الاستهلاك المؤثر في المواد الغذائية والسلع الصناعية.

وقد أجريت مراجعات موسعة في الماضي القريب على القضايا الأساسية ذات الصلة باستخدام المياه في الزراعة وخيارات الاستجابة من حيث السياسات والإدارة (CA, 2007). ومع ذلك، فإن أولويات العمل، وأنماط التنفيذ ، وإطار العمل الكلي الذي سيتم من خلاله تنفيذ هذا العمل، لا تزال قيد التحديد.

وقد شرعت مُنظمة الفاو مؤخرا بتنفيذ برنامج طويل الأجل حول موضوع "التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة". ويتناول البرنامج في المرحلة الأولية وضع إطار شامل للاستجابة الزراعية لندرة المياه. وسيتم وضع مجموعة متكاملة من الآليات الفنية والسياسات وترويجها بين البلدان الأعضاء في منظمة الفاو، من خلال هذا المشروع. ويجب أن يكون هذا الإطار الشامل مرناً بما يكفي ليتكيف مع جميع السياقات الفيزيائية الحيوية والاجتماعية – الاقتصادية. وسوف يتكيف البرنامج في المراحل اللاحقة مع خصائص مختلف المناطق ويُطبق على المستوى القطري. ويهدف هذا التقرير إلى تهيئة الأجواء للإطار الذي ستقوم منظمة الفاو من خلاله بوضع برنامجها عن ندرة المياه وتبادل العمل مع أعضائها.

2- تعريف ندرة المياه

يتطلب الإطار الشامل للتكيف مع ندرة المياه تعريفا واضحا غير غامض يخضع للفحص الدقيق ويمكن استخدامه في إجراء تقييمات النوعية والكمية الخاصة بندرة المياه. وقد أسفر بحث واسع النطاق عن العديد من الأوصاف الخاصة بندرة المياه، ولكن لم يحظى تعريف واحد بتوصية قاطعة.

2-1 التعريفات الحالية لندرة المياه

لا يهدف هذا الفصل إلى تقديم عرض شامل لتعريفات ندرة المياه وإنما لاستخدام عدد قليل من التعريفات التي يمكن استخدامها كنقطة انطلاق لاقتراح تعريف واضح وغير غامض لندرة المياه. وبعد النظر في عشرين تعريفا أو نحو ذلك من تعريفات ندرة المياه، هناك ثلاثة تعريفات تبدو قوية ومصاغة بشكل جيد.

وفي ورقة تحديد وضع تم إعدادها بشأن مؤتمر سابق عقدته الفاو عبر البريد الالكتروني بشأن ندرة المياه، عرف Winpenny (1997) ندرة المياه على أنها عدم التوازن بين العرض والطلب في ظل الترتيبات المؤسسية السائدة و/ أو الأسعار؛ ووجود زيادة في الطلب على العرض المتاح، وارتفاع في معدل الاستخدام بالمقارنة مع الإمداد المتاح، خاصة إذا كان الإمداد الإضافي المحتمل يصعب الحصول عليه أو مكلفا. ويتميز هذا التعريف بوجود اعتراف صريح بأن ندرة المياه هي مفهوم نسبي. وقد اقترحت عدة أشكال مختلفة لهذا التعريف. وبينما كان Abrams (2009) يُعيد تعريف الطبيعة النسبية لندرة المياه، قام بتعريفها على أنها مفهوم يصف العلاقة بين الطلب على المياه وتوفرها. وشدد على أن الطلب يختلف اختلافا كبيرا بين مختلف البلدان والأقاليم اعتمادا على الاستخدام القطاعي للمياه، وسلط الضوء على حقيقة أن الطلب يختلف أيضا باختلاف الظروف المناخية المحلية.

وبناء على التعريف الذي اقترحه Winpenny (1997)، وضع التقرير الخاص بتنمية مياه العالم (UN-Water, 2006a) تعريفاً لندرة المياه على النحو التالي:

"النقطة التي عندها يعتدى التأثير الكلي لجميع المستخدمين على إمدادات المياه أونوعيتها في ظل الترتيبات المؤسسية السائدة، إلى الحد الذي يكون فيه الطلب من قِبَل جميع القطاعات، بما في ذلك البيئة، غير مستوفي تماما [...]، وهو مفهوم نسبي يمكن أن يحدث على أي مستوى من مستويات العرض أو الطلب. وقد تكون الندرة بناء اجتماعي (محصلة الوفرة والتوقعات والسلوك المعتاد)، أو نتيجة لتغير أنماط العرض الناجمة عن تغير المناخ. وللندرة أسباب مختلفة، ومعظمها قابل للعلاج أو التخفيف."

وتتضمن نقاط القوة في هذا التعريف الاعتراف بأن ندرة المياه يمكن أن تحدث في أي مستوى من مستويات العرض والطلب، وأن لها أسباب مختلفة، وقابلة للعلاج أو التخفيف إلى حد ما.

2-2 التعريفات المستخدمة في هذا التقرير

يقصد بندرة المياه في هذا التقرير وجود فجوة بين العرض المتاح والطلب على المياه العذبة في منطقة معينة، في ظل الترتيبات المؤسسية السائدة (بما يشمل ترتيبات 'تسعير' الموارد ورسوم البيع بالتجزئة على حد سواء) وأحوال البنية التحتية.

ندرة المياه = وجود زيادة في الطلب على المياه أعلى من العرض المتاح

وتتميز الندرة بالطلب غير المستوفى، والتوتر بين المستخدمين، والمنافسة على الماء، وزيادة السحب من المياه الجوفية وعدم كفاية التدفقات إلى البيئة الطبيعية.

وفي هذا التقرير، تعتبر كافة التوليفات الواسعة لأسباب ندرة المياه متعلقة بتدخل الإنسان في الدورة المائية. وندرة المياه متغيرة بشكل أساسي وتختلف عبر الزمن نتيجة للتنوع الهيدرولوجي الطبيعي، ويزداد تغيرها أكثر نتيجة للسياسات الاقتصادية السائدة وأساليب التخطيط والإدارة، وقدرة المجتمعات على توقع المستويات المتغيرة من العرض والطلب. ويمكن أن تنشأ الندرة عن سياسات قصيرة الأجل، مثل الإفراط في تخصيص تراخيص استخدام المياه في المستجمعات، أو التوسع المفرط في المساحات المروية باستخدام مياه مجانية أو رخيصة للمزارعين. وتزداد حدة المشكلة مع الطلب المتزايد من قبل المستخدمين مع تناقص وفرة ونوعية الموارد. ويمكن أن تظهر الندرة جنبا إلى جنب مع توافر الماء، حيث لا يوجد ترتيب قانوني أو مؤسسي لتحسين إمكانية الوصول للمياه، أو إذا كانت البنية التحتية المطلوبة غير موجودة أو غير فعالة. وإذا حددت الندرة بشكل صحيح، يمكن توقع أسباب كثيرة لها، وتجنبها و/أو تخفيف حدتها.

وتُستخدم المصطلحات ذات الصلة الأخرى في هذا التقرير بالمفاهيم التالية (انظر قائمة التعريفات الواردة في المُلحق 1 من أجل الحصول على التعريفات الأخرى):

- **العجز المائي**: نقص في إمدادات المياه ذات النوعية المقبولة، ومستويات منخفضة من الإمداد المائي، في مكان محدد ووقت معين عن مستويات الإمداد المطلوب كنتيجة لعدم كفاية الموارد المائية، والافتقار إلى البنية التحتية أو سوء صيانتها، أو المستويات المنخفضة للموارد المائية نتيجة للاختلافات السنوية أو الموسمية في المناخ أو مجموعة من العوامل الهيدرولوجية أو الهيدرو–جيولوجية. ووفقا للمفهوم المستخدم في هذا التقرير، يُعد نقص المياه مفهوما مطلقا وليس نسبيا.
- **الإجهاد المائي**: أعراض ندرة أو نقص المياه، مثل تزايد الصراع بين المستخدمين والتنافس على المياه، وتدني معايير الموثوقية، والخدمات، والفشل المحصولي وانعدام الأمن الغذائي. ويستخدم هذا المصطلح لوصف مجموعة متنوعة من الظروف والأسباب. وقد اقترحت مؤشرات للإجهاد المائي (انظر الفصل 2-4 لمزيد من النقاش).

3-2 أبعاد ندرة المياه

قد تكون أسباب الندرة كما هو موضح في التعريف المختار ذات طابع متغير، مما يتطلب استجابات محددة. وينص التقييم الشامل لإدارة المياه في القطاع الزراعي (CA, 2007) على أن ندرة المياه هي عائق جوهري للزراعة في أجزاء كثيرة من العالم. واستنادا إلى العمل السابق لـ (1998) Seckler *et al.*، فإنه يميز بين نوعين رئيسيين من ندرة المياه، وهما الندرة المادية والندرة الاقتصادية.

وتحدث الندرة المادية عندما لا يوجد ما يكفي من المياه لتلبية كافة المطالب، بما في ذلك التدفقات البيئية. وأعراض ندرة المياه المادية هي التدهور البيئي الشديد، وتناقص المياه الجوفية، وتخصيص المياه تفضيلا لبعض الفئات على غيرها.

وتوصف ندرة المياه الاقتصادية على أنها وضع ناجم عن نقص الاستثمار في المياه، أو عدم وجود القدرات البشرية لتلبية الطلب على المياه. وتشمل أعراض الندرة الاقتصادية للمياه تقصير في تطوير البنية التحتية، إما على النطاق الصغير أو الكبير، بحيث يعاني الناس من مشكلة الحصول على ما يكفي من المياه لأغراض الزراعة أو الشرب. وقد يكون أيضا توزيع المياه غير عادل، حتى في وجود بنية تحتية. وتتصف معظم شبة الصحراء الأفريقية بالندرة الاقتصادية، لذلك يمكن لتنمية الموارد المائية أن تفعل الكثير للحد من الفقر.

وقد أقترح البنك الدولي (2007) في تقرير صدر مؤخرا حول ندرة المياه في الشرق الأوسط النظر في ثلاثة أنواع من ندرة المياه: ندرة الموارد الطبيعية، والندرة التنظيمية، وندرة المُساءلة. وتُشير "الندرة التنظيمية" إلى "توصيل المياه إلى المكان المناسب في الوقت المناسب". وتُشير "المساءلة" إلى حكومات مسئولة أمام دوائرها الانتخابية ومقدمي الخدمات أمام مستخدمي الخدمات (البنك الدولي، 2007). ويعكس التركيز على القضايا التي يمكن اعتبارها قضايا مؤسسية بوجه عام، الاتجاهات الحالية نحو زيادة إيلاء الاهتمام إلى عملية الإدارة، بينما تصل خيارات الإمدادات إلى حدودها القصوى.

ونقترح بناء على هذه الأساليب وغيرها، واعترافا بأن الندرة تنشأ نتيجة لأسباب متعددة، وبالتالي تتطلب استجابات مختلفة، الأخذ في الاعتبار بثلاثة أبعاد رئيسية بشأن ندرة المياه، يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- الندرة في توفر المياه ذات النوعية المقبولة فيما يتعلق بالطلب الإجمالي، في الحالة البسيطة من النقص الطبيعي للمياه؛
- الندرة بسبب عدم وجود بنية تحتية مناسبة، بصرف النظر عن مستوى الموارد المائية، وذلك بسبب القيود المالية أو الفنية أو غيرها؛
- الندرة في إمكانية الوصول إلى خدمات المياه، وذلك بسبب فشل المؤسسات الموجودة (بما في ذلك الحقوق القانونية) لضمان توفير إمدادات موثوقة وآمنة وعادلة من المياه للمستخدمين.

ويجمع هذا البُعد بين الأبعاد التنظيمية والمساءلة التي اقترحها البنك الدولي (2007).

وفي الحالتين الأخيرتين، يمكن أن تملك البلدان مستوى عال نسبيا من الموارد المائية مقارناً مع الطلب، ولكن تكون غير قادرة على استيعابها وتوزيعها بسبب عدم وجود البنية التحتية، أو بسبب العوامل المؤسسية التي تقيد الوصول إلى المياه.

4-2 مؤشرات ندرة المياه

تُعد المياه المتجددة للفرد الواحد هي أكثر مؤشرات ندرة المياه القطرية شهرة، حيثُ تستخدم قيما حدودية تبلغ 1000,500 و 1700 م^3 للفرد في العام للتمييز بين مستويات الإجهاد المائي المختلفة (*Falkenmark* 1992 و *Widstrand*؛ UN-Water, 2006b). وفيما يتعلق بهذا المعيار، تُعتبر البلدان أو الأقاليم أنها تواجه ندرة مياه مطلقة إذا كانت موارد المياه المتجددة أقل من 500 م^3 للفرد الواحد سنويا، ونقص مياه مزمن إذا كانت موارد المياه المتجددة تتراوح بين 500 – 1000 م^3 للفرد سنويا، وإجهاد مائي منتظم إذا تراوحت الموارد بين1000 – 1700 م^3 للفرد الواحد (جدول 1). وكانت تبنى هذه المنهجية الأولية لقياس ندرة المياه أساسا على تقديرات عدد الأشخاص الذين يمكنهم الحياة بصورة معقولة بوحدة معينة من موارد المياه (*Falkenmark 1984*). ويُستخدم هذا المؤشر على نطاق واسع لإمكانية حسابه بسهولة لكل بلد من البلدان في العالم ولكل عام بُناءً على بيانات موارد المياه (FAO-AQUASTAT, 2012)، وبيانات السكان المتاحة (UN, 2009). علاوة على ذلك، تسمح توقعات السكان التي تصل حاليا لعام 2010 بتوقع مستويات ندرة المياه في العقود القادمة.

جدول 1
التعريفات التقليدية لمستويات الإجهاد المائي
(after Falkenmark and Widstrand, 1992)

معدل الإجهاد المائي	المياه العذبة السنوية المتجددة (م^3 /السنة)
ندرة المياه المطلقة	< 500
نقص المياه المزمن	500 – 1 000
الإجهاد المائي المنتظم	1 000 – 1 700
الإجهاد المائي العرضي أو المحلي	> 1 700

وبالرغم من مزايا هذا المقياس، إلا أنه يبالغ في تبسيط وضع المياه في بلدان معينة، متجاهلا العوامل المحلية التي تحدد الوصول إلى المياه، وكذلك جدوى هذه الحلول في مواقع مختلفة. ولا يستطيع أن

يأخذ هذا المقياس في الاعتبار الظروف المناخية السائدة، والتباين السنوي البيني والداخلي لموارد المياه، والحوكمة، وقضايا الحصول على المياه، وحقوق المياه، والاستبعاد الاجتماعي، والتنافس بين القطاعات، وإمكانية إعادة تدوير المياه أو تنمية موارد المياه غير التقليدية، والمتطلبات المائية للبيئية التي تختلف من إقليم إلى إقليم (*Molle* 2003 و*Mollinga*). ولا تعني كثيرا المتوسطات على المستوى القطري، خاصة بالنسبة للبلدان الكبرى ذات التنوعات الإقليمية القوية. وقد أوضحت العروض التقدمية التي قُدِّمتها أسبانيا، وتونس، والصين، وتشيلي خلال اجتماع الخبراء التشاوري "تدرج" ندرة ملحوظ بين مناطق مختلفة في البلد ذاتها.

وفي محاولة لمعرفة العلاقة بين الإمداد والطلب، يفيد مؤشر المياه (FAO-AQUASTAT, 2012) الخاص بالأهداف الإنمائية للألفية في قياس مستوى الضغط البشري على موارد المياه بناءا على النسبة بين إجمالي سحب المياه عن طريق الزراعة، والمدن، والصناعات إلى إجمالي موارد المياه المتجددة. وبالرغم من أن هذا المؤشر يعكس التوازن بين الإمداد والطلب، إلا أنه يحمل في طياته مشكلات حاسوبية ومفاهيمية تتعلق جزئيا بموثوقية قياس سحب المياه، وقضايا المحاسبة المزدوجة (إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي أو التدفق المرتد)، وغياب التسلسل الوقتي المنتظم للبيانات اللازمة للرصد طويل الأجل، وصعوبات تفسير الاتجاهات.

وقد وُضِع مؤشر آخر للإجهاد المائي – قائم على "نسبة الطلب على المياه التي لا يُمكن الإيفاء بها دون اتخاذ تدابير – في محاولة لتركيز الاهتمام على الإجراء العلاجي وإدراك الطبيعة الديناميكية لندرة المياه. وبالرغم من عدم مثالية أي من هذه المحاولات لقياس ندرة المياه وإجهاد المياه المتعلق بها، فهي تعكس الطبيعة النسبية لندرة المياه وتقدم تقييماً أولياً لبُعد المشكلة على المستوى القطري أو الإقليمي.

5-2 الدورة الهيدرولوجية

ترتبط ندرة المياه ارتباطا وثيقا بالدورة الهيدرولوجية والقوانين الفيزيائية التي تحكم العمليات الهيدرولوجية. ووفقا لمنظور ندرة المياه، هناك ستة جوانب هامة بشأن الدورة الهيدرولوجية:

- تُعد المياه موردا متجددا. فعلى الرغم من أن كمية هطول الأمطار التي تسقط على سطح الأرض متغيرة بدرجة كبيرة حسب المكان والزمان، يمكن الاعتماد على مياه الأمطار لتغذية الخزانات، وقطاع التربة، وطبقات المياه الجوفية. ولذلك، لا تشبه المياه غيرها من الموارد الطبيعية التي يمكن أن تنضب بالكامل (على سبيل المثال النفط والغاز).
- المياه في حالة تدفق متواصل، وهي في مرحلة تحرك وتغير مستمر من خلال عمليات البخر، والنتح، والتكثيف، وتساقط الأمطار، والتسرب، والجريان السطحي، والتدفق تحت السطحي، والتجمد، والذوبان. وهكذا، تتمتع المياه بالقدرة على تغيير الحالة وتصبح سائلة، أو غازية، أو صلبة (مثل الثلج) أثناء مرورها خلال الدورة الهيدرولوجية.
- يخضع توازن المياه إلى حفظ الكتلة. فكتلة المياه في الدورة الهيدرولوجية ثابتة بشكل أساسي كما هو الحال بالنسبة لكمية المياه الموجودة في كل من الخزانات الرئيسية للدورة المائية. وبعبارة أخرى، لا يتم خلق أو هلاك المياه في أي من العمليات الطبيعية للدورة الهيدرولوجية. ويُعني ذلك أن معدل المياه التي تدخل نطاقاً معيناً، في المتوسط على مر الزمن، تتساوى مع معدل المياه التي تترك نفس النطاق، مع أي اختلافات نتيجة للتغيرات في التخزين، كما هو الحال في طبقات المياه الجوفية، أو قطاع التربة، أو الخزانات. ولذلك فهناك مورد واحد فقط، والنهج التنظيمي للمياه هو فقط الذي يمكن أن يضمن نتيجة متناسقة لأي استراتيجية إدارة. وعلى وجه الخصوص، فإن الترابط المتبادل بين المياه السطحية، والمياه الجوفية، والمُحتوى الرطوبي للتربة وعملية البخر والنتح شديد الأهمية،

ولا ينعكس بشكل كامل في العديد من الخطط القُطرية لإدارة المياه. وتُعد المياه الجوفية والمياه السطحية جزءا أساسيا من نفس المورد، ولا يمكن اعتبارها مصادر بديلة. وقد تؤدي محاولات زيادة كفاءة استخدام المياه في نطاق معين دون فهم واضح لتأثيرها على التوازنات المائية المنتظمة، إلى نتائج غير متوقعة وغير مرغوب فيها. فعلى سبيل المثال، يمكن بسهولة ، أن يؤدي احتجاز المياه الجوفية في السهول الرسوبية إلى قلة تدفقات القيعان في الأنهار.

- ترابط الحدود وأحواض الأنهار. سيكون لإدارة الأراضي والمياه في جزء واحد من النظام الهيدرولوجي (مستجمعات المياه والمياه الجوفية)، تأثير على أجزاء أخرى من النظام. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يؤثر تكثيف استخدام المياه الزراعية في مناطق أعلى النهر على كل من توافر المياه السطحية والمياه الجوفية في مناطق المصب. والفهم الواضح لعمليات حوض النهر هو الأساس الذي بني عليه مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية (IWRM). وعلى النحو الذي اقره المبدأ الأول لدبلن (GWP, 2009)، توافق إحدى الهيئات التنفيذية سريعة التقدم في هذا المجال على وجوب إدارة المياه بناءا على وحدات هيدروغرافية (أحواض، ومستجمعات، وطبقات جوفية، وهو الخيار الأقل شيوعا) بالرغم من أن هذه الوحدات نادرا ما تتوافق مع حدود الوحدات المؤسسية والإدارية. ويتم عادة تخطيط وإدارة تخصيص المياه لعديد من الاستخدامات من خلال الوحدات الإدارية مثل المحافظات، البلديات، المناطق، أو مشروعات الري. ويتمثل التحدي الرئيسي في ضمان روابط مناسبة عبر الحدود المختلفة. وسوف يستخدم تعبير المياه للري أو الاستخدام الحضري – خاصة عندما يتضمن ذلك تحويل كبير بين الأحواض – في صيغة وحدة هيدروغرافية تختلف عن الوحدة التي استخلصت فيها. وعادة ما تعبر مستجمعات المياه وطبقات المياه الجوفية الحدود الدولية. ومن منظور المحاسبة المائية، تُعد قضايا الحدود حقيقة من حقائق الحياة التي لابد من التسليم بها.
- حدود التنقية والتخفيف من الملوثات. حتى وقت قريب جدا، اعتمدت العديد من المدن، وحتى في العالم المتقدم، على قدرة الأنهار والمياه الساحلية على التنقية والتخفيف الذاتي عند التخلص من النفايات السائلة من البلدات والمدن. وكان يمكن استمرار ذلك طالما أن كثافة السكان والصناعات ذات الصلة منخفضة. إلا أنه، مع تطور الفهم حول تأثير النفايات السائلة غير المعالجة على البيئة النهرية والساحلية (وعلى الناس في النهاية)، فمن الواضح أن وظائف النظم البيئية المائية في التخفيف قد وصلت حدودها في أماكن عديدة، وأن هذه الممارسات تحتاج الآن إلى تعديلها بعناية. وأينما تنعدم التشريعات أو يضعف مستوى تنفيذها، يمكن أن يزيد تلوث مصادر المياه من ندرتها.
- صيانة المقومات والخدمات الخاصة بالنظم الإيكولوجية المائية. تعتمد النظم الإيكولوجية المائية، بما في ذلك العديد من المواطن الهامة والنادرة، على صيانة مستويات المياه الجوفية وانتظام التدفق في نظم النهر. ويتم حاليا تحديد المتطلبات البيئية بوضوح في حسابات الموارد المائية بينما كان هناك اتجاه لتجاهلها في الماضي أو اعتبارها مطالب راكدة في مجال المياه. وعلى الصعيد العالمي، فإن كافة نتائج هذا الموقف واضحة جدا. ويشير الإطار التصوري المقترح هنا إلى أنه لايجب اعتبار البيئة أحد المنافسين على المياه مع الاستخدامات الأخرى. وبدلا من ذلك، يجب أن يكون الحفاظ على الوظائف البيئية شرطا مسبقا للحفاظ على إمدادات المياه لأغراض أخرى. وبالرغم من أن الحفاظ على الوظيفة البيئية لنظم المياه واحدة من الأولويات، فسوف ينطوي تنفيذ ذلك على مفاوضات دقيقة بشأن التدفقات البيئية المطلوبة. وبالإضافة إلى ذلك، فنظرا لأن مناطق الزينة الزراعية تقوم أيضا بوظائف بيئية، فإن الحد الفاصل بين متطلبات المياه البيئية والطلب على المياه الزراعية ليس واضحا تماماً غالب الأحيان.

3- القوى الدافعة لندرة المياه

إن دوافع أزمة المياه الملحوظة معروفة وهي؛ تزايد الاستخدام العالمي للمياه بنسبة تفوق ضعف زيادة السكان في القرن الماضي، وتزايد عدد الأقاليم التي وصلت إلى أقصى حد يمكن عنده توفير خدمات مياه موثوق بها. كذلك يشكّل النمو الديموجرافي، والتطور الاقتصادي، والتحضر، والتلوث ضغطا غير مسبوق على موارد المياه المتجددة خاصة في المناطق شبه القاحلة والقاحلة. وبالتوازي، هناك إدراك متزايد بأنه لا يجب الاستمرار في التعامل مع الخدمات البيئية ووظائف النظام البيئي كاستخدامات للمياه المتخلفة بعد الاستخدامات الأخرى. ويؤدي تغير المناخ والطاقة الحيوية إلى التواء أكثر للعلاقة المعقدة فعلياً بين التنمية والطلب على المياه.

وتتعدد أسباب ندرة المياه وترتبط ببعضها البعض (Abrams 2009)، وتنشأ ندرة المياه عندما يتجاوز طلب الإمدادات المتاحة، سواء كانت الإمدادات محدودة بسبب التخطيط غير المنسق وعدم كفاية البنية التحتية الهيدروليكية، أو بسبب التواجد الطبيعي للمياه نفسها. ويزداد الأمر سوءا بتزايد المنافسة على المياه، الأمر الذي يدفع الأفراد أو الجماعات إلى سلب الموارد المتزايدة الندرة (على سبيل المثال من خلال التنافس على تعميق الآبار أو المضاربة في حقوق المياه).

ويُعد الإفراط في تنمية البنية التحتية الهيدروليكية أحد الأسباب الرئيسية لبناء ندرة المياه (Molle 2008). وفي الكثير من أحواض الأنهار، أدى التوسع في المناطق المروية إلى تجاوز الطلب لسعة المستجمعات، وضغط على الموارد المتاحة، واضطراد تزايد الندرة المائية. وفي السنوات التي تنخفض فيها الأمطار، لا يُمكن الوفاء بالطلب على المياه الذي بولغ فيه خلال السنوات الممطرة، مؤدياً إلى الشعور العام بندرة المياه ونشأة الدعوة إلى المزيد من الاستثمارات في مجال تكنولوجيا توفير المياه. وعلى النقيض، تُعتبر السنوات الممطرة فرصاً ضائعة، حيثُ تتدفق كميات "زائدة" من المياه إلى البحر، مما يدعو في الغالب إلى تنمية جديدة للمياه. وقد أوضحت الأبحاث أن الإفراط في تنمية البنية التحتية إلى جانب الندرة الصناعية المتزايدة تنتج غالبا عن تحالف المصالح المالية والسياسية وليس عن أي "حاجة" شرعية (Molle 2008). ويُعد ضغط "توفير" أي قطرة مياه من "التدفق تجاه البحر" أقوى سياسيا من أي تقييم هيدرولوجي يُجرى بعناية ويضع في الاعتبار الأبعاد الاقتصادية، والبيئية، والاجتماعية لتنمية موارد المياه.

وفي بعض الأقاليم، تسببت التقديرات البالغة التفاؤل بشأن موارد المياه المتاحة وما نتج عنها من الإفراط في تخصيص حقوق المياه إلى عجز شديد خلال فترات الجفاف. وفي استراليا، بلغ متوسط التدفقات إلى نظام نهر موراي دارلنج خلال الفترة بين (2009/2001/2) 33% فقط من متوسط المائة عام الماضية التي كانت الأساس الذي بُني عليه نظام التخصيص الحالي. ويحتمل أن يؤدي تغير المناخ المستقبلي إلى المزيد من إبطال الافتراضات الهيدرولوجية التي صدرت الحقوق الحالية بناءا عليها.

ويعتبر نهر الكولورادو جنوب غرب الولايات المتحدة حالة أخرى للإفراط في تخصيص المياه، والدافع في هذا المثال هو زيادة الطلب والإدعاءات البيئية المتزايدة (خاصة القانون الأمريكي بشأن السلالات المهددة بالانقراض)[1].

1 مصدر المعلومات هو العروض التقديمية التي قدمتها الولايات المتحدة الأمريكية في اجتماع الخبراء التشاوري.

1-3 العوامل المؤثرة على إمدادات المياه

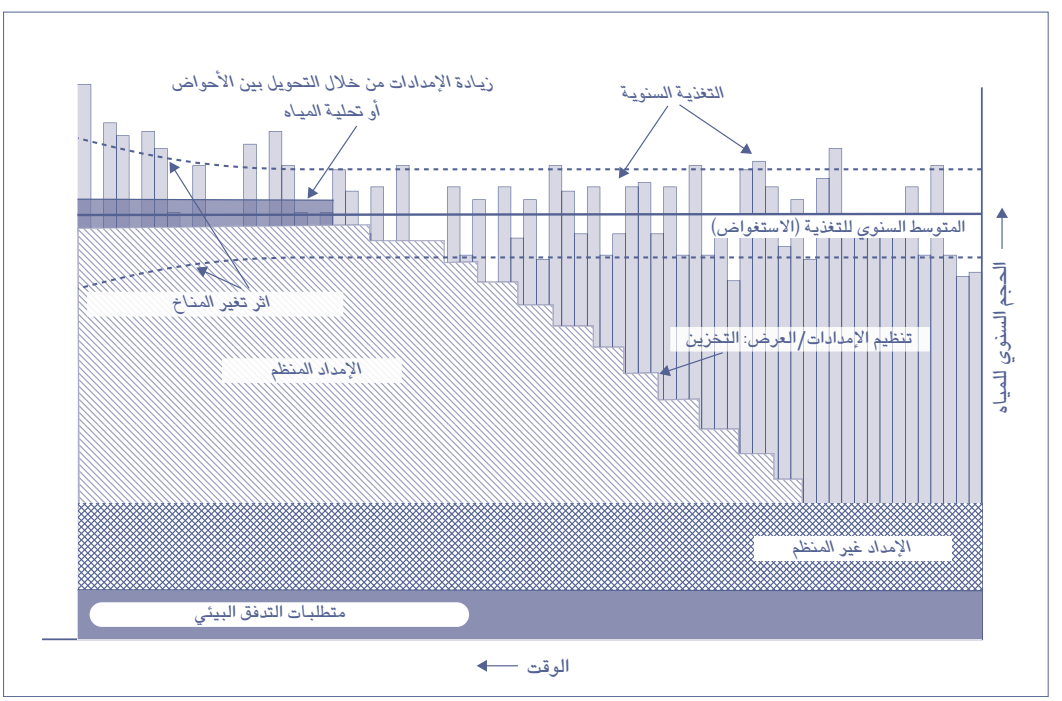
تؤثر عدة عوامل على الإمداد السنوي المتوافر من المياه (شكل 1). ويمكن أن تكون هذه العوامل ذات صفة طبيعية أو بشرية. ويعتمد الحجم السنوي للتدفق، وتوزيعه في الوقت والمكان المناسبين، والتباين بين السنوات، على الظروف المناخية والجيومورفولوجة. وتحدد الظروف الجيولوجية بشكل أوضح، خصائص تغذية المياه الجوفية والتخزين. فتوافر المياه أقل بكثير من إجمالي المياه المتدفقة في نظام معين. وتتقلب المياه من سنة إلى أخرى، ويمكن الوصول إلى جزء منها فقط للاستخدام البشري كمصدر موثوق به للإمدادات الدائمة.

ويؤدي اختلاف هطول الأمطار بين السنوات إلى تباين في الجريان السطحي للنهر وتغذية طبقة المياه الجوفية، وهما المصدران الرئيسيان للمياه. ويتم توزيع المياه بشكل متفاوت عبر الزمان والمكان، كما تتوافر نسبة كبيرة من موارد المياه العالمية بعيدا عن المراكز السكانية، أو في الأماكن التي يكون الطلب فيها منخفضاً. ونظرا لأن هطول الأمطار متفاوت أيضا عبر الزمن، فقد تحدث ذروة الجريان السطحي خلال موسم السنة الذي يتزامن مع أدنى طلب على المياه، ولا سيما لأغراض الزراعة (رغم أن هذا ليس هو الحال عندما يتم تغذية الأنهار بالكتل الجليدية التي تذوب في فصل الربيع).

ويُمكن أن تؤدي التدخلات البشرية إلى زيادة أحجام المياه المتاحة للاستخدام. ويقلل التحكم في المياه – من خلال إنشاء الخزانات – التعرض إلى التباينات الموسمية أو الفصلية للتدفقات ويزيد من مقدار المياه المتاحة على أساس منتظم. وتتضمن تنمية تخزين المياه أساسا نقل المياه من المناطق عالية الأمطار إلى مناطق منخفضة الأمطار. وفي الماضي كانت الاستجابة الأكثر وضوحا وشيوعا لهذه المشكلة هي تخزين المياه السطحية خلف سدود، أما في العقود الأخيرة فقد تم اللجوء إلى تخزين المياه الجوفية بكثرة كبديل مناسب.

شكل 1

العوامل التي تؤثر في وفرة المياه



ويُمكن تحقيق تعزيز الإمداد عن طريق جلب مياه عذبة داخل منظومة أو حوض معين. ويعتبر تحويل المياه بين الأحواض، وتحلية مياه البحر – عند الإمكان – والاستخدام المباشر للمياه العادمة أهم طرق لزيادة الإمداد الطبيعي من خلال تدبير المياه من خارج المنظومة. وتشمل الخيارات الهامشية الأخرى لزيادة الإمداد نقل المياه عن طريق ناقلات أو قرب عبر البحر، وهي خيارات باهظة الثمن في العادة، وتُعد حلول طوارئ قصيرة الأجل، ودائما ما تقتصر على تلبية الاحتياجات المنزلية الأساسية.

ومن الموضوعات ذات الصلة في هذا السياق نوعية المياه، فنتيجة لتزايد إعادة استخدام المياه وإعادة تدويرها – وهي استجابة في حد ذاتها لندرة المياه – تميل نوعية المياه إلى التدهور، مما يؤدي إلى قلة توافر مياه ذات نوعية جيدة كافية لاستخدامات معينة. وهناك مشكلة الملوِّثات الطبيعية في بعض المناطق مثل الفلوريد والزرنيخ المرتبطان بالسحب الجائر من المياه الجوفية، الذي يعتبر سببا ونتيجة لندرة المياه. وعلى ذلك، قد يؤدي تدهور نوعية المياه إلى جعل الندرة أكثر سوءا ويعطل النمو الاقتصادي. وتحتاج الخطط المستخدمة في إدارة موارد المياه أن تكون أكثر إحاطة وأقل نظراً في اتجاه واحد لتستوعب أهمية إعادة تدوير المياه (والمغذيات) واعتبار مكافحة التلوث كأحد العناصر الهامة في استراتيجيات إدارة إمدادات المياه.

والتدفق البيئي هو مصطلح يُستخدم لوصف كمية، ونوعية، وزمن تدفقات المياه اللازمة لاستدامة المياه العذبة والأنظمة البيئية لمصبات الأنهار، وسبل العيش والرخاء البشري التي تعتمد عليهم الأنظمة (Brisbane Declaration, 2007). أما الشرط الذي يلزم فيها الحفاظ على الأنظمة البيئية المائية وخدماتها فهو قرار ذو أبعاد فنية اجتماعية سياسية يتطلب فهماً للعمليات الحيوية الطبيعية وكذلك القيم الاجتماعية الخاصة بكل زمان، ومكان، وظرف اقتصادي. وقد يحدد ظروف الأنظمة البيئية المرغوبة، القانون الوطني أو المعاهدات الدولية بما تتضمن من تداعيات لنظام المياه اللازم للحفاظ على الأنظمة البيئية في هذه الظروف. والبديل الآخر هو مناقشة التدفق البيئي المخصص لنظام نهر معين بين مستخدمي المياه، وعلى أساس ذلك يُجرى التعامل مع أوضاع النظم البيئية ونتائج هذه الإتفاقات. وفي كل الأحوال، قد يؤدي الحفاظ على نظام معين للتدفقات البيئية ، إلى تقليل كمية المياه المتاحة عند المنبع للسحب أو نقلها نحو المصب.

ويُتوقع أن يؤثر تغير المناخ في الأنظمة الهيدرولوجية وتوافر المياه العذبة وعلى كل من الزراعة البعلية والزراعة المروية (UN-Water, 2009, 2012; FAO, 2008; FAO, 2011a) وتشير التوقعات إلى انخفاض عام في هطول الأمطار بالمناطق شبه القاحلة، وزيادتها في المناطق معتدلة المناخ، وتباين أكبر في توزيع هطول الأمطار، وزيادة في تكرار الأحداث المتطرفة، وارتفاع في درجة الحرارة. ويؤثر كل ذلك تأثيرا معيناً على الزراعة القارية وشبه القارية (IPCC, 2008). ويتوقع انخفاض شديد في الجريان السطحي للأنهار وإعادة شحن طبقة المياه الجوفية في حوض البحر المتوسط بأكمله، وكذلك في المناطق شبه القاحلة من جنوب أفريقيا، واستراليا، والأمريكتين مما يؤثر على توافر المياه لجميع الاستخدامات.

وستؤدي التغيرات في الجريان السطحي – التي تؤثر على توافر المياه إما في الأنهار أو لإعادة شحن طبقة المياه الجوفية – إلى زيادة الضغط البشري على موارد المياه. ويُتوقع أن يؤثر اقتران انخفاض تدفقات قاع الأنهار، وزيادة ارتفاع مستويات سطح البحر على الأنظمة المروية عالية الإنتاجية المعتمدة على ذوبان الجليد (e.g. Punjab, Colorado) والدلتات المنخفضة (مثل السند، والنيل، و Brahmaputra-Ganges-Meghna وهي أكبر دلتا مزدحمة بالسكان في العالم). وفي المناطق القارية شبه القاحلة – التي يتنبأ فيها زيادة حدوث الجفاف والفيضانات – يُتوقع أن يؤثر تغير المناخ على الفقراء الريفيين بالأخص، من خلال انخفاض غلات المحاصيل والثروة الحيوانية (IPCC, 2007).

2-3 العوامل المؤثرة على الطلب على المياه

تتسم كافة العوامل التي تؤثر على الطلب على المياه بأنها ذات طبيعة بشرية. وتؤثر مُعدلات النمو السكاني والتغيرات في أنماط الاستهلاك بشكل مباشر على طلب السلع والخدمات، والمياه المرتبطة بالإنتاج، والتجهيز، والتسليم. وتندرج قطاعات استخدام المياه بشكل تقليدي إلى قطاعات زراعية، وصناعية (بما في ذلك مياه التبريد المُتبخرة) وبلدية (بما في ذلك المنزلية). وبشكل عام، تعتبر الاستخدامات الترفيهية، وتوليد الطاقة الكهرومائية، والتدفقات البيئية استخدامات غير استهلاكية، إلا عندما ينشأ تبخر مكثف للمياه المكشوفة نتيجة التخزين في المجرى المائي. ويؤثر السكان أيضا بشكل غير مباشر على موارد المياه من خلال التغيرات في أنماط استخدام الأراضي والمياه، مع تداعيات جوهرية على المستويات المحلية، والإقليمية، والعالمية (UN-Water, 2009).

ويتزايد الضغط البشري على الموارد المائية كلما ازدادت الدخول. ولا ينطبق ذلك فقط على الطلب الأسري على المياه (نظرا لأن الناس يستخدمون المزيد من المياه للاستحمام، والغسيل، والبستنة)، ولكن ينطبق أيضا على طلب البلديات (بما في ذلك ري الحدائق وملاعب الجولف، فضلا عن إمدادات المياه لأغراض السياحة والترفيه)، وتنامي الطلب على المنتجات الصناعية والزراعية. ويرافق النمو الاقتصادي زيادة في استهلاك السلع المصنعة، والطاقة الكهربائية، والخدمات، الخ، وكل ذلك يزيد الطلب على المياه. ولا تُعد هذه الزيادة قطعية، وهي تصل لذروتها في نهاية المطاف عند مستوى دخل معين، أو تختلف وفقا لمستوى الوعي البيئي. وقد بلغ أجمالي سحب المياه في الولايات المتحدة ذروته في أوائل الثمانينات، بالرغم أن النمو السكاني حدث مؤخرا. وينخفض نصيب الفرد من سحب المياه بثبات منذ أواخر السبعينيات[2].

وتؤدي زيادة الدخل إلى ارتفاع الطلب على نصيب الفرد من الغذاء. وعندما ينوع الناس من نظامهم الغذائي، يأكلون المزيد من اللحوم ومنتجات الألبان، التي يتطلب إنتاجها مياه أكثر من نظام غذائي يعتمد على منتجات المحاصيل الأساسية (الغلال أو المحاصيل الجذرية). ويتزايد معدل استهلاك الفرد من الغذاء في معظم مناطق العالم. ومن المتوقع أن يرتفع المعدل العالمي لإمدادات الغذاء من 2650 سعر حراري / شخص / يوم عام 2006 إلى أعلى من 3000 سعر حراري / شخص / يوم عام 2050. وتشمل هذه الأرقام الخاصة بنصيب الفرد فواقد ما بعد الحصاد وبقايا الطعام، وتستدعي إنتاج مليار طن إضافية من الغلال و200 مليون طن من اللحوم سنويا (FAO, 2006a; Bruinsma, 2009).

ويؤثر التحضر أيضا على استهلاك الغذاء. كما أصبحت محلات السوبر ماركت، والمطاعم، والأغذية الجاهزة (الغذاء المُعد تجاريا لسهولة الاستهلاك)، أكثر أهمية في المدن. ويُعد تزايد طول السلسلة الغذائية أحد نتائج ذلك، مما يؤدي إلى إهدار المزيد من الغذاء. ومع وضع هذه العوامل في الاعتبار، تقدر منظمة الفاو أن الإنتاج الزراعي العالمي سيحتاج إلى النمو بنسبة 60% في الفترة بين 2006 و 2050 لمواكبة الطلب على الغذاء (Bruinsma, 2009). ومن المتوقع زيادة كلا من نسبة الأراضي الزراعية المروية وحصة الإنتاج المروي، مما يؤدي إلى زيادة الطلب على المياه للأغراض الزراعية (Bruinsma, 2009).

وسوف تكون الاتجاهات الناشئة الأخرى هامة في تشكيل الطلب على المياه الزراعية. وقد تضاعف إنتاج الإيثانول الحيوي ثلاث مرات بين عامي 2000 و 2007 (OECD/FAO, 2008)، في حين ارتفع إنتاج وقود الديزل الحيوي أحد عشر مرة. ويختلف الأثر المحتمل لإنتاج الوقود الحيوي على الموارد المائية مع الأحوال المناخية الزراعية والسياسات المحلية. ويصل هذا التأثير إلى أقصاه حيثما كان الإنتاج الزراعي يعتمد على الري. ويكون ذلك التأثير غير مباشر ويصعب تقييمه كثيرا في المناطق

2 مصدر المعلومات هو العروض التقديمية التي قدمتها الولايات المتحدة الأمريكية في اجتماع الخبراء التشاوري.

البعلية. وحيث تكون إمدادات المياه محدودة، قد تؤدي زيادة إنتاج الوقود الحيوي إلى انخفاض تخصيص المياه لمحاصيل أو استخدامات أخرى. وعلى الرغم من أن الوقود الحيوي يُمثل حاليا بضع نقاط مئوية فقط من إجمالي استخدام المياه على المستوى العالمي، يمكن أن تصبح آثاره – وبخاصة على نوعية المياه نتيجة التكثيف – كبيرة بالنسبة لبعض البلدان، بما في ذلك الصين، والهند، وبعض المناطق في الولايات المتحدة أمريكا.

وسوف يؤثر تغير المناخ على الطلب على المياه الزراعية، ونتيجة لذلك سوف يتغير التوزيع العالمي للزراعة. وسوف يضر الجفاف المتكرر والشديد والفيضانات بالإنتاج المحلي، وخاصة في قطاعات الكفاف بالمناطق المنخفضة، والمناطق الرئيسية لانعدام الأمن الغذائي التي تسودها الزراعة البعلية. وسوف يشدد ذلك من الطلب في الأسواق العالمية، ويضع المزيد من الضغوط على الإنتاج المروي. كما سيكون لارتفاع درجات الحرارة، إلى جانب التغيرات في النظم الهيدرولوجية للأنهار الرئيسية، آثار جوهرية على الطلب على المياه الزراعية.

ويعد مدى "قابلية التفاوض" بشأن الطلب على المياه أمرٌ أساسيٌ لاستراتيجيات التكيف مع ندرة المياه. كما إن تلبية المياه للاحتياجات الأساسية مثل الشرب، والصرف الصحي، والنظافة هو بالفعل أمرٌ غير قابل للتفاوض، ولكنه لا يمثل سوى نسبة ضئيلة من الطلب على المياه. وبنفس الكيفية، يتزايد الاعتراف بمفهوم الحق في الغذاء. ويتطلب إنتاج الغذاء كميات هائلة من المياه، والتي تحددها العمليات الفيزيائية الحيوية الأساسية المرتبطة بإنتاج الغذاء. وبالتالي، هناك حجم غير قابل للتفاوض بشأن المياه اللازمة لضمان غذاء آمن وكافي للجميع (Steduto, Hsiao and Fereres, 2007) وعلى الرغم من ذلك، فإن التغيرات الكبيرة ممكنة في الطريقة التي تُستخدم بها المياه لإنتاج الغذاء. على سبيل المثال، يمكن لاختيار نوع المحصول المزروع في ظروف زراعة مروية أو بعلية، وعدد ونوع الحيوانات التي تربى، والمُمارسات الزراعية، وتقنيات الري، بالاشتراك مع المستويات الإنتاجية المرتبطة بها، والتغيرات في التوزيع المكاني للإنتاج (متضمنا التجارة)، والتغيرات في العادات الاجتماعية (الاستهلاك وتوزيع الغذاء والوجبات الغذائية) أن تخفض جميعها من الطلب العام على المياه الزراعية كما توفر مساحة للإدارة الماهرة. وهذه كلها موضوع هذه الوثيقة وقد نوقشت بمزيد من التفاصيل في الفصل 6.

4- التكيف مع ندرة المياه: إطار العمل التصوري

4-1 البناء على الجهود السابقة

يوفر هذا المؤلف أمثلة عن محاولات تصور المراحل المتباينة لتنمية وإدارة الموارد المائية، استجابة مع الندرة المائية. وقد جرى تطوير هذه الأطر، لكي تعكس التركيز النسبي على عنصر معين أو على غيره، في نطاق التوازن بين العرض والطلب. ولقد صممت كافة أطر العمل الموصوفة أدناه، لمواجهة الندرة المائية، في الأحوال التي تمثل فيها الزراعة المروية، جزءاً هاماً من الطلب على المياه.

وتقترح معظم أطر العمل أسلوبا تتابعياً أو تدريجيا لمواجهة الندرة المائية. ويرى Keller, Keller and Davids (1998) and Keller (2000) التفرقة بين ثلاث مراحل لتطور حوض النهر هي: الاستغلال، والصيانة، والإنماء.

ومن الناحية النمطية، تسود مرحلة الاستغلال في الأطوار المبكرة بالتحويل السطحي المباشر للمياه، واستخدام المياه الجوفية القريبة، تم تستكمل في مرحلة تالية عن طريق الإنشاء التدريجي لنظم تخزين وتوزيع المياه، وحفر الآبار العميقة. وخلال مرحلة الصيانة، يمكن أن تصبح إدارة الطلب والجهود الرامية لزيادة الكفاءة أكثر أهمية، ثم يتبع ذلك معالجة وإصلاح للمياه أكثر تنظيما، مع التخلص من الأملاح. أما مرحلة الإنماء فهي تركز على نقل المياه من الأحواض البعيدة وكذلك على تحلية مياه البحر، مما يسمح بتزايد الإمداد السنوي بما يفوق معدل الإمداد السنوي المتجدد. وبينما ينطبق هذا الشرح جيداً على عديد من المناطق التي استفادت من الثورة الخضراء في الستينات والسبعينات، خاصة في بلدان مثل الهند وباكستان، فربما لا يسري ذلك بالضرورة على أماكن أو أزمنة أخرى.

وقد اقترح Molden, Sakthivadivel and Keller (2001) تسلسلاً مختلفاً هو التنمية، والاستخدام والتخصيص، كما يلي:

- أولاً، تنمية حوض النهر: تنشأ السدود في المواقع الأفضل ملائمة، الموارد المائية كافية للوفاء بالطلب من كافة القطاعات الاقتصادية، أما نوعية المياه والنظم البيئية فتتأثر بدرجة لا يعتد بها. وهذه المرحلة توازي مرحلة الاستغلال كما يوضحها Keller, Keller and Davids (1998).
- ثانياً، الاستخدام أو الصيانة: يبدأ العجز المائي في الظهور وتبزغ المنافسة على المياه بين مختلف القطاعات وداخل القطاعات نفسها. وتتدهور نوعية المياه وتتلف النظم البيئة المائية نتيجة لانخفاض كلا من جودة المياه وكميتها. وتركز السياسات المائية على تحسين إدارة المياه والحفاظ عليها، وتصبح الكلمات الدليلية هي تعزيز التحديث، والأداء والإنتاجية. وفي نفس الوقت، يستدعي تلوث المياه والسحب من المياه الجوفية إصدار تشريعات أفضل وأكثر كفاءة.
- ثالثاً، إعادة التخصيص: أصبحت المياه سلعة نادرة ولم تعد كافية للوفاء بالاحتياجات الإجمالية لكافة القطاعات. وتوجه السياسات نحو الاستخدام الاقتصادي الأمثل للمياه، مع

التركيز على إعادة تخصيص المياه من الاستخدامات منخفضة القيمة إلى عالية القيمة. ولهذه المرحلة الثالثة يركز Keller, Keller and Davids (1998) على عملية الإنماء، مثل النقل ما بين الأحواض أو التحلية، بدلا من مجرد إعادة التخصيص.

ولا تعتبر الخطوات الثلاث الموصوفة بتوسع أعلاه وهي التنمية، والصيانة، وإعادة التخصيص أو الإنماء حقوق مياه، ولا هي أمور حصرية باتفاق الأطراف المعنية في أي توقيت معين. ونظراً للعلاقة المتشابكة للمستخدمين عبر كافة الدورة المائية (خاصة العلاقات بين أعلى النهر وأدناه، وبين نظم المياه السطحية والمياه الجوفية) فربما لا تعتبر كلها شيئاً إضافياً. وهناك أمثلة متعددة لهذا الموضوع مثل: مشروعات الإنماء ذات الأثر الجانبي في تخفيض الإمداد لبعض المستخدمين (وبالتالي يصبح ذلك واقعياً إعادة تخصيص)، و"الصيانة" كإجراء يضمن تماما الإمدادات لمستخدم واحد بينما يخفض الموثوقية لدى آخرين، أو إنماء احتياطيات المياه الجوفية التي تخفض الإمداد بالمياه السطحية ("إعادة تخصيص" أيضاً)، الخ.

وبإتباع منهج تحليلي بدرجة أكبر، يقترح Molle (2003) بأنه يجب النظر إلى الاستجابات السياسية نحو الندرة ضمن إطار سياسي اقتصادي أوسع. وتميل النماذج المتتابعة لتنمية حوض النهر مثل ما ذكر أعلاه لأن تبنى على الفهم الاقتصادي الصحيح، أو على مفاهيم التكيف الاجتماعي التي قد تكون شديدة التقييد. والاستجابات الاجتماعية للندرة المائية ليست مدفوعة بمجرد الاعتبارات الاقتصادية أو بالاحتياجات التي تدرك على المستوى المحلي، ولكنها تنتج من عملية توزع السلطة بين أصحاب الشأن، إضافة إلى مصالحهم واستراتيجياتهم الخاصة فيما يتعلق بالاختيارات المختلفة المتاحة.

ويرى Molle (2003) أن يستبدل المنهج التتابعي بآخر يدرك أن كل الاستراتيجيات تميل إلى التتابع بالتوازي عندما تصبح الندرة شديدة. وفي واقع الأمر، قد يكون من المفيد بدرجة أكبر، أن تعتبر اختيارات التجاوب المتعددة مجموعة من الاختيارات، يلجأ إليها حسب الظروف المحلية. ويمكن أن تعاون المعايير الموضوعية مثل تحليلات الفائدة إزاء التكلفة، وتحليلات التكلفة إزاء الفاعلية في مثل هذه القرارات، ولكن يجب أن يكون ذلك دائماً ضمن الإطار السياسي الاقتصادي. ولبيان مدى تعقد الأمور، فإن اختيارات التجاوب غالبا ما ترتبط ببعضها وتأتي في صورة "حزم". وتوضح خبرات البلدان المشاركة في مشاورة الخبراء، أنه بالرغم من أن هناك تدرج على مستوى واسع من تعزيز الإمدادات، سعياً نحو إدارة الطلب وإعادة التخصيص عندما تزداد حالة الندرة سوءاً، فهناك أيضاً حجم كبير بين التداخل، وأنه في أي وقت معين يتم تنفيذ عديد من الإجراءات المتباينة.

2-4 اختيارات التجاوب مع الندرة المائية، من جانب أصحاب النفوذ في السياسات الرئيسية

هناك فرق شاسع بين الاستجابات من جانب الدولة على المستوى الوطني والاستجابات المحلية من جانب المجموعات أو المجتمعات الصغيرة. وهذين النمطين من الاستجابات يعتمد كلاً منهما على الآخر، ولكن بينما يتم التركيز غالب الأحيان على السياسات الحكومية، فإن التعديلات التي يدخلها المزارعون المحليون لها أهميتها في تشكيل الطلب على المياه من جانب الزراعة وأثرها على الدورة المائية. والعناصر المتعددة مثل طبيعة الدولة والعلاقة بين الدولة والمواطنين، وآثار "الأحداث الفجائية"، وطبيعة الاقتصاد السياسي وأوضاع المتغيرات الزراعية كلها ذات أهمية في تشكيل الاستجابات للندرة المائية (Molle, 2003). وفي هذا السياق، من المهم اعتبار أن الندرة المائية تشعر بها الفئات المختلفة من أصحاب الشأن، بطرق متباينة، ويشكلون استراتيجيات مختلفة للتعايش والتكيف في نطاق سلطاتهم وقدراتهم.

وتوضح كلا من الولايات المتحدة الأمريكية واستراليا، الجهود الديناميكية المشتركة بين السلطات الفيدرالية والمحلية، عندما تشتد حدة الندرة المائية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية، تعتبر الحوكمة المائية مسئولية الولاية أساساً، ولكن بعض التشريعات الفيدرالية ذات أهمية سيادية أكثر، كما أصبح قانون السلالات المعرضة للخطر هو النفوذ الفيدرالي السائد على كافة أنشطة سحب المياه. ويعتبر ذلك سلطة رئيسية للتجاوب العمومي نحو الندرة المائية، خاصة في الولايات الغربية القاحلة. أما في استراليا، فقد أدى الجفاف الغير عادي في العقد الماضي لتدخل الحكومة الفيدرالية لتعديل الاختصاصات التي تمارسها الهيئة المستقلة المسماة Murray Darling Basin Authority[1].

ويعتبر الشكل (2) محاولة لجمع الأبعاد المختلفة للمشكلة، والإقرار بالبيئة الأوسع التي يتم خلالها اتخاذ القرار. فالاختيارات المتعلقة بجوانب العرض والطلب، تعتبر إلى حد كبير، موجودة عند مستوى التخطيط التقني والاقتصاديات الاستثمارية، ولكنها تتأثر بشكل واسع بالسياق العام للحوكمة، وإطار العمل المؤسسي، والبيئة السياسية. وقد نوقشت هذه الأبعاد بتفصيل أكثر في الجزء السادس.

الشكل 2

وضع اختيارات التجاوب مع الندرة المائية ضمن السياق السياسي الأوسع.

ويقدم الجدول (2) الاختيارات في المجال السياسي الرئيسي: المياه، والزراعة والأمن الغذائي الوطني. ويفرق هذا التصنيف بين فئتين واسعتين من الاختيارات: تلك المعنية بتعزيز العرض والأخرى المعنية بإدارة الطلب. وهذا التقسيم الواسع يسري في باقي هذا التقرير.

ويحدد الجدول ثلاث مجالات يمكن تطبيق تعزيز العرض وتعزيز الطلب بها. أولها، أن هناك مياه بمعناها الأوسع، مع تنمية وإدارة للمورد من أجل صالح المستخدمين في كافة القطاعات، بما يشمل البيئة. وثانيها، فهناك زراعة – وهي محور الاهتمام في هذا التقرير والمستخدم الرئيسي للمياه. وأخيراً فهناك دائرة الاكتفاء الذاتي في الغذاء والأمن الغذائي الوطني، مع الملابسات المتعلقة بالتجارة الدولية للبلد إضافة إلى العادات الاستهلاكية وتنظيم صناعاته الغذائية.

ويشمل تعزيز العرض زيادة إمكانية الوصول إلى الموارد المائية التقليدية من خلال بناء المنشآت الهيدروليكية الهادفة إلى تنظيم الإمداد المائي وتوصيل المياه إلى المستخدم الأخير (السدود والخزانات، نظم توصيل المياه)، بالإضافة إلى تعزيز الإمدادات بالمياه العادمة المعالجة، والتحلية والنقل بين الأحواض.ويجب اعتبار مكافحة التلوث أيضا أحد اختيارات إدارة الإمداد، لأنها تزيد من كمية المياه المتاحة للاستخدام النافع، وكذلك بالنسبة للنقل بين الأحواض.

1 معلومات مستقاة من العرض المقدم من الولايات المتحدة الأمريكية إلى مشاورة الخبراء.

الجدول 2
اختيارات التجاوب مع الندرة المائية من جانب المجال السياسي الرئيسي

المجال السياسي الرئيسي	تعزيز الإمدادات	إدارة الطلب
المياه	تحويل النهر، السدود تنمية المياه الجوفية التحلية، مكافحة التلوث	التخصيص بين القطاعات، زيادة الكفاءة العامة في الاستخدام المائي القطاعي
الزراعة	التخزين بالمزرعة نفسها تنمية المياه الجوفية إعادة الاستخدام وإعادة التدوير	زيادة الإنتاجية المحصولية، تخفيض الفواقد، ضبط المساحة المحصولية المروية، التخصيص بين القطاعات (التحول إلى إنتاج ذو قيمة أعلى)
الأمن الغذائي الوطني	استيراد الأغذية، التخزين، كفاءة التوزيع	تخفيض العادم في السلسلة الغذائية، التغيير في العادات الغذائية

وعلى النقيض، فإن إدارة الطلب تهدف إلى رفع الكفاءة الاقتصادية العامة لاستخدام المياه، أو إعادة تخصيص المياه في نطاق القطاع الواحد أو بين القطاعات. والهدف العام لإدارة الطلب هو الحصول على الحد الأقصى من الفوائد الناتجة عن كمية معينة من المياه المتاحة للمستخدمين، والتي قد تشمل أيضا الحصول على نفس الفوائد من مياه أقل. وفي الزراعة، يمكن أن يشمل ذلك إنتاج أكثر من المحاصيل عالية القيمة من الري، أو زيادة الإنتاجية المحصولية، أو تخفيض الاستخدام الاستهلاكي من المياه عن طريق خفض النتح إلى أدنى درجة، أو تحديد المساحة المحصولية المروية. وتعتبر اختيارات إدارة الطلب أكثر صعوبة بوجه عام وأقل شيوعا في التطبيق عن اختيارات تعزيز الإمدادات. وهذا هو السبب في اعتبارها أغلب الأحيان كمرحلة ثانية، بعد تطبيق الاختيارات الأكثر سهولة المتعلقة بالإمداد (Molden *et al.*, 2010).

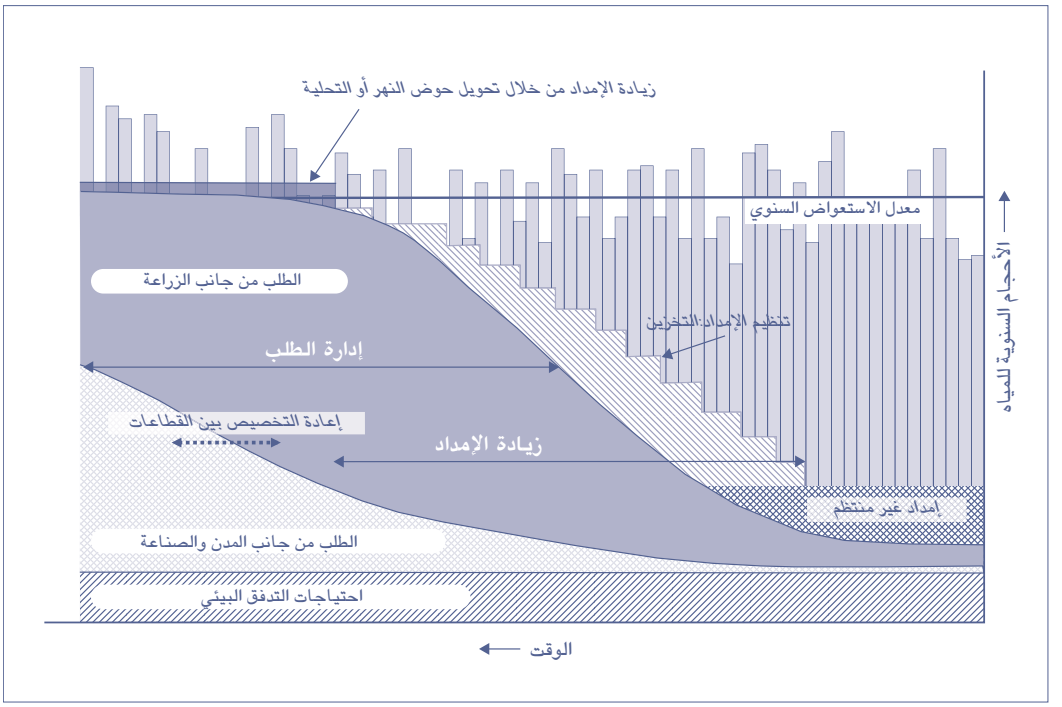
ويمكن أن ينظر إلى التحسينات في الكفاءة التقنية لتوزيع المياه إما من ناحية الإمداد، أو كإجراء لإدارة الطلب، وذلك حسب طبيعة ونظام العمل، وحسب ما تقع المسئولية. فمثلا، يمكن اعتبار التحسينات الرئيسية في القنوات وخطوط الأنابيب، أن كلاهما إجراءات لجانب الإمداد (حيث تزيد المياه المتاحة للمستخدمين) وإجراءات لجانب الطلب (حيث تخفض من فواقد البخر والتسرب)، بينما التحسينات المحلية وعلى مستوى الحقل، خاصة تلك التي تحت سيطرة المزارعين أنفسهم، فهي تتشابه مع إدارة الطلب، حيث تؤثر على الكفاءة الاقتصادية التي تستخدم بها المياه.

3-4 نموذج فعال للتجاوبات السياسية

يوضح الشكل (3) نمطاً شائعاً للتجاوب مع تنامي الندرة المائية، التي يمكن ملاحظتها في كثير من المناطق. وفي المراحل الأولى للندرة المائية، يمكن بسهولة الوفاء نسبيا بالطلب على المياه عن طريق تحويل النهر، أو زيادة المخزون من خلال إنشاء السدود والخزانات، أو دق أنابيب لسحب المياه الجوفية. وفي المرحلة اللاحقة، يمكن مراعاة الكفاءة الاقتصادية الشاملة لاستخدام المياه. ويمكن إجراء ذلك في الزراعة عن طريق زراعة المحاصيل الأفضل، وإدارة المياه، وتحديث البنية التحتية للري. وباستمرار الوقت، تصبح إجراءات تعزيز الإمدادات المائية هامة أيضا من خلال إعادة الاستخدام المنظم للمياه العادمة بدرجة أكبر. ولما كان الطلب سوف يكون بشكل كبير مقصوراً عما هو متاح من الإمداد المائي، فإن سياسة التخصيص تصبح أكثر أهمية. وربما يكون من الضروري إجراء تعديلات على مفهوم الأمن الغذائي الوطني، للسماح بواردات أكثر من المنتجات الزراعية، حيثما لا تكون المياه كافية للاكتفاء الذاتي الزراعي.

الشكل 3

التكيف مع الندرة المائية: الترتيب المتناسق للطلب النسبي على المياه من جانب القطاعات المختلفة واختيارات التجاوب عبر الزمن



وأخيراً، فهناك النماذج الأخرى الأكثر تكلفة لتعزيز الإمدادات، مثل التحلية، التي قد تصبح مجدية. وسوف يتصاعد الضغط على الزراعة لزيادة إنتاجيتها المائية، ليس عن طريق الاستخدام الأكثر كفاءة تقنية للمياه فحسب، ولكن أيضا من خلال التحول إلى المحاصيل عالية القيمة، وذلك حتى يمكن بلوغ العائد الاقتصادي المثالي من مياه الري.

ويبين الشكل (4) بأسلوب منهجي، التوزيع النسبي للتركيز على مختلف خيارات العرض والطلب عبر الزمن. ومن الواضح أن شكل المنحنيات، وتسلسل الاختيارات والأهمية النسبية، وتطابق الخيارات المتباينة، سوف يختلف حسب الأحوال المناخية الزراعية السائدة، والأوضاع الاجتماعية الاقتصادية وتلك المتعلقة بالسوق، بجانب السياسات والاستراتيجيات التي جرى اختيارها.

ولا تدل الأرقام بالضرورة على أن ذلك حزمة "مثالية" أو "فعالة" أو على التسلسل السليم للإجراءات، ولا أن ذلك نموذجاً يحتذي به في كل الأحوال. وبالأصح، فإن هدفها هو توضيح مختلف الخيارات المتاحة، والأسلوب الممكن لانبثاقها عبر الزمن.

4-4 التجاوب الزراعي مع الندرة المائية

يعتبر المزارعون نموذجا للتكيف التام مع التغيرات في فرص السوق وإمكانية الوصول إلى المدخلات الإنتاجية بما في ذلك المياه (Shah, 2009). وإن التجاوب الناجح للقطاع الزراعي مع التزايد السكاني السريع خلال النصف الثاني من القرن الماضي، ومع العجز المتزايد في الأرض والمياه، يعتبران حالة يجب التنويه بها: فعبر الأعوام الثلاثين المنصرمة، تضاعف الإنتاج الزراعي العالمي الإجمالي، بينما كان التوسع في الأراضي المنزرعة بمعدل 15 في المائة فقط، وكان مجمل هذا النمو في الأراضي المجهزة للري. وفي المناطق ذات ندرة الأراضي، مثل جنوب آسيا، كان النمو

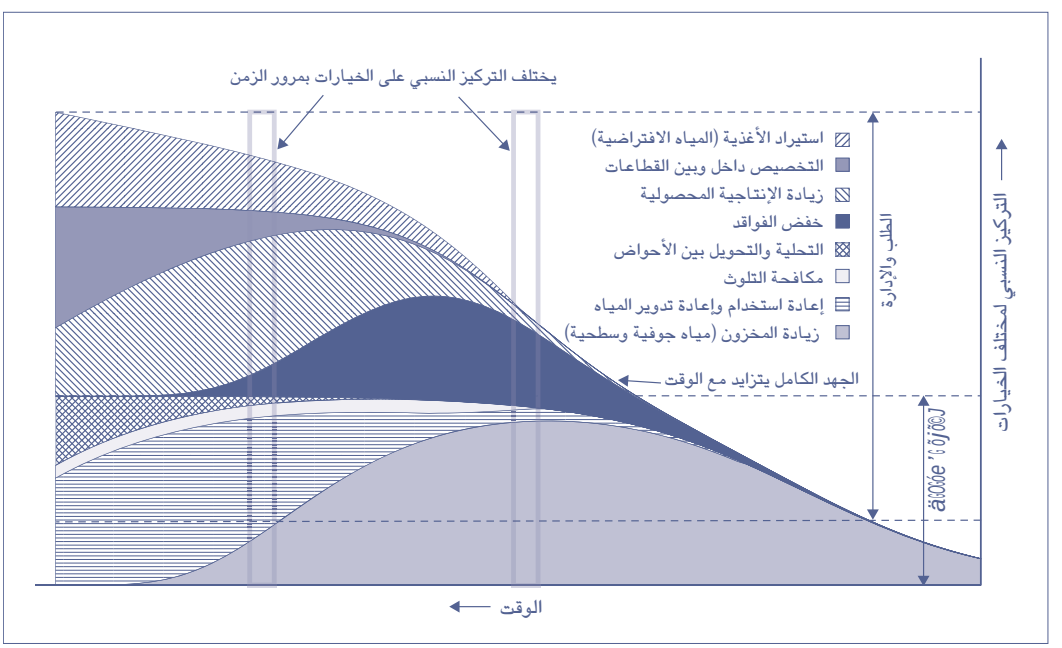
في إنتاج السلع يرجع كله تقريبا إلى زيادة الغلات والكثافات المحصولية. وعلى العكس، ففي أمريكا الجنوبية، حيث الضغط على الأرض أقل، فقد كان 40 في المائة من النمو في الإنتاج راجعا لزيادة مساحة الأراضي المنزرعة. والتكيف مؤكد في مناطق الندرة المائية مثل الشرق الأدنى وشمال أفريقيا، حيث تزداد كفاءات الري بمعدل 20 في المائة تقريبا عن مناطق الوفرة المائية بجنوب آسيا، وأمريكا اللاتينية أو شبه الصحراء الأفريقية.

وفي المراحل المبكرة لتنمية المياه، عندما يمكن للإمدادات المائية أن تفي بسهولة بالطلب، تعطي الأولوية عادة إلى إدارة هذه الإمدادات، عن طريق إنشاء بنية تحتية لتخزين وتوصيل المياه، دعما لتطوير عملية الري. وفي مرحلة تالية، عندما لا تصبح إمدادات المياه كافية للوفاء بالطلب الغير مقيد، وعندما تكون الفوائد قليلة التكلفة في الكفاءة قد تحققت فعليا، تركز الجهود على إدارة الطلب: تتحقق زيادة إنتاجية المياه في الزراعة وخفض الفواقد من خلال الإدارة والإجراءات التقنية التي يمكن أن تساعد على تعويض محدودية الإمداد المائي (Loeve *et al.*, 2004). وبزيادة الندرة، فإن توليفة القوى التي توجه الطلب على المياه، غالبا ما تؤدي إلى انخفاض كلا من الحصة والتخصيص الكلي للمياه من أجل الزراعة. وهذه النتيجة تعكس الأولوية الممنوحة للإمداد المائي الخاص بالاستخدامات المنزلية، في المناطق الحضرية سريعة النمو. وفي كثير من الحالات، يعطي التفضيل أيضا للاستخدامات الصناعية عن الاستخدامات الزراعية، سواء من خلال عمليات التخصيص العادية أو، في حالات الطوارئ، بالتخصيص المباشر. ويعتبر الإدراك المتزايد بالحاجة إلى استبقاء الماء للحفاظ على النظم البيئية، تحديا إضافيا للزراعة في مناطق الندرة المائية (CA, 2007).

وعند التفاوض بشأن نصيبها الصحيح من المياه، يمكن للزراعة أن تستعرض الوظائف المتعددة التي تقوم بها، والتي تتعدى مجرد الإنتاج السلعي وتحقيق فوائد اجتماعية وبيئية. ومع ذلك، فيجب أن تكون الزراعة قادرة على إظهار استخدام أكثر إنتاجية لمائها، ولكي يحدث ذلك، سوف يحتاج الأمر إلى استثمارات ضخمة، التي سيقوم بها المزارعون، فقط إذا كانت مربحة.

الشكل 4

تمثيل تخطيطي للتركيز النسبي على مختلف الخيارات للقطاع الزراعي للتكيف مع المستويات المتزايدة من الندرة المائية عبر الزمن.



وإحدى النتائج المنتظرة للمنافسة الزائدة على موارد المياه النادرة، ذات الصلة بالأمن الغذائي الوطني، هي عندما تصبح الزراعة غير قادرة على الوفاء بالاحتياجات الوطنية، وعندها يجب تدبير الاحتياجات الإضافية من المنتجات الزراعية (بما في ذلك الغذاء)، عن طريق الاستيراد. ويعبر عن استيراد المنتج الزراعي وعلاقة ذلك بالماء بأنه استيراد "للمياه الافتراضية". وطبقا لـ Molle, (2003)، فإن استيراد المياه الافتراضية يمكن أن يعتبر الوضع النهائي لإدارة الإمداد حيث تزيد كمية المياه المتاحة بنفس الكمية المشمولة في الواردات، والتي يمكن أن تستخدم في الزراعة. ومن وجهة نظر أخرى، على المستوى الاقتصادي الأشمل، فإن استيراد المياه الافتراضية هو ربح للفاعلية، حيث أن المياه التي كان يمكن استخدامها في الزراعة، سوف تطلق من أجل استخدام أفضل إنتاجية، وبذلك، يمكن أن يعتبر هذا إجراء لإدارة الطلب.

وتعطي تونس مثلا لذلك باتخاذ سلسلة من الخطوات التقدمية بدأت بإجراءات تعزيز الإمدادات: سدود كبيرة، سدود ترابية صغيرة، خلط المياه العذبة بالمياه العادمة، نقل المياه من الأراضي الداخلية إلى المناطق الساحلية، وتحلية المياه الآسنة (قليلة الملوحة) من أجل الاستخدام المنزلي. وخلال الخمسة عشر عاما الماضية، جرى استكمال الإجراءات المذكورة ببرامج عن جانب الطلب: تحديث نظم الري، مع مساندتها بالدعم، إعادة تخصيص الأراضي والمياه "للمحاصيل الإستراتيجية"، والتوقف عن إنتاج بنجر السكر، وترويج تحميل المحاصيل مع الأشجار بواسطة صغار المزارعين. وفي أسبانيا، تعتبر الإجراءات الجارية خليطا من برامج الإمداد لاستخدام المياه العادمة، والتحلية والتخزين على مستوى المناطق والحقول، مع إجراءات تتعلق بإدارة الطلب عن تحديث الري، لتحسين مستويات الخدمة وإعادة تخصيص المياه للمحاصيل عالية القيمة. وتشمل إستراتيجية جنوب أفريقيا لمواجهة الندرة المائية في الزراعة تشجيع إنشاء اتحادات مستخدمي المياه، إصلاحات في مجال التراخيص، تشجيع الاستخدام الفعال للمياه، ومكافحة غزو النباتات الغريبة (مثل نمو نباتات الكافور على ضفاف النهر) وتسعير المياه[2].

2 معلومات مستقاه من العرض المقدم من جنوب أفريقيا في مشاورة الخبراء.

5- المحاسبة المائية:
الحصول على ميزانية المياه بطريقة سليمة

يجب أن تستند أي استراتيجية تهدف إلى معالجة تحدي ندرة المياه على فهم شامل لعناصر التوازن المائي، الذي يشمل العرض والطلب على المياه والأبعاد المكانية والزمانية المنتسبين لها.

وتشير المحاسبة المائية إلى دراسة منهجية للدورة الهيدرولوجية والوضع الحالي والاتجاهات المستقبلية في إمدادات المياه والطلب على حد سواء. وخلافا للمحاسبة البسيطة للكميات والتدفقات فهي تركز أيضا على القضايا المتعلقة بمدى سهولة الوصول وعدم اليقين والحوكمة.

5-1 المحاسبة الشفافة للمياه

الغرض الرئيسي من المحاسبة المائية هو مساعدة المجتمعات على فهم رصيدها المائي: كمية المياه المتاحة، مكان وجودها، كيفية استخدامها، وما إذا كانت أنماط الاستخدام الحالية مستدامة في المستقبل. وفي معناها الشائع، تعني المحاسبة وضع تقارير عن الخدمة، وهي في هذه الحالة الاستخدام المجتمعي لموارد المياه. وبالتالي فإن المحاسبة المائية تبدأ بالقياسات، إلا أنه لايمكن لها تفادي التساؤلات المتعلقة باستخدام المياه وحوكمتها.

ولن تكون استراتيجية الخدمة فعالة إن لم تكن مبنية على فهم واضح للدورة الهيدرولوجية والمحاسبة المائية الصحيحة. ويجري الترويج للمحاسبة المائية على نحو متزايد باعتبارها عنصرا أساسيا من برامج الإدارة المتكاملة للموارد المائية. ويمكن أن يتم إجراءها مرة واحدة بهدف تحقيق غرض معين، أو يمكن أن تكون جزءا من برنامج الرصد والتقييم على المدى الطويل التي تهدف إلى تحسين خدمات توصيل المياه واستدامتها. وعادة ما تكون المعلومات التي يتم جمعها من المحاسبة المائية متنوعة جدا، وتتناول مجموعة من القضايا الاجتماعية والفنية والحوكمية.

وتعد المحاسبة المائية مكوناً حيويا للسياسات والبرامج الرامية إلى معالجة ندرة المياه. والسبب هو أن مفهوم الندرة المائية يعد مفهوماً نسبياً (أي زيادة الطلب على المياه أكثر من الموارد المائية المتاحة في نطاق معين). وبالتالي لا يمكن توصيف ندرة المياه، أو تحديد كمياتها و / أو رسم خرائط لها إلا بعد اكتساب الإدراك الجيد للاختلافات الحالية والمتوقعة بين العرض والطلب، ومدى تأثير ذلك على المستخدمين. وهذا هو بالضبط الهدف من معظم إجراءات المحاسبة المائية.

وتعد المعلومات عنصراً حاسماً للوساطة ومنح السلطة داخل العلاقات المجتمعية. فبدون المعلومات الصحيحة، لن يكون لدى المجتمع الأساس لتحدي الأخطاء الواقعية أو المواقف المتحيزة. كما يستحيل التخطيط الفعال والمفاوضات ،إذا عمل أصحاب الشأن على قواعد معلومات متغيرة خاصة بهم. غير أن مثل هذا الوضع يعد شائعاً جدا. فعلى سبيل المثال، وعلى المستوى الوطني، نادرا ما تشترك الإدارات الحكومية في القطاعات المختلفة في قواعد معلومات موحدة. وعلى المستوى المحلي، غالبا ما تؤدي المفاهيم الغير صحيحة أو الناقصة عن كميات المياه وتوزيع استخداماتها إلى تقدير أقل للضغط الواقع على الموارد ومفهوم خاطئ لمدى تناقص الوفرة المائية. وبالمثل، فإنه على المستوى المحلي يمكن لمستخدمي المياه أن يكون لديهم تصور مختلف جدا لمستويات

خدمتهم مقارنة بالمنظمات المسئولة عن تلك الخدمات. لذا يعتبر الناتج الأساسي للمحاسبة المائية، هو قاعدة معلومات مشتركة مقبولة من كافة أصحاب الشأن الأساسيين الضالعين في التخطيط أو غير ذلك من عملية صنع القرار.

2-5 التحديات الرئيسية التي تتناولها المحاسبة المائية

لهؤلاء المهتمين بالإدارة طويلة الأجل للموارد المائية، فإن الطبيعة الديناميكية للعمليات الفيزيائية والاستجابات المجتمعية، فضلا عن التباين الكبير في المساحة، تشكل تحديا كبيرا وعدم اليقين يعتبر عاليا بوجه عام، عن مدى توافر الموارد، وحالة البنية التحتية والتغير المستمر لمتطلبات المستخدمين. وقد يستجيب السكان المحليون في كثير من الأحيان إلى القوى الدافعة التي تتعدى سيطرة الإدارات الحكومية أو المتخصصين في إدارة المياه.

كما يشكل الاستخدام المتزايد للمياه الجوفية لأغراض الري في العقود الأخيرة مشاكل في المحاسبة المائية، حيث يصعب قياس كل من الموارد ومعدل استنزافها واستعواضها بدقة. وهذا هو الحال بصفة خاصة للاستخدام المشترك للمياه، حيث إعادة شحن المياه هي وظيفة الري؛ وبنسبة أقل لعدم إعادة شحن نظم طبقات المياه الجوفية الأحفورية.

ونتيجة لذلك، تحتاج خطط إدارة المياه أن تكون مهتمة بتلك المشاكل (متماشية مع أي تحديات معينة في نطاق محدد) وديناميكية في طبيعتها. وبالمثل، فإن درجة التفصيل في إجراءات المحاسبة المائية تحتاج إلى تعديلها حيثما تتغير كلا من الظروف والتحديات.

وتستند الإدارة المتوائمة على قبول فكرة أنه في الحالات المعقدة لا يمكن أبدا أن تكون المعلومات كافية للتوصل إلى القرار "الأمثل". ولذلك فإنها تركز على الخطط المرنة، مدعومة برقابة قوية ونظم إدارة المعلومات التي تسمح بالتكيف المستمر ورفع مستوى الخطط والأنشطة. ومثل هذا المستوى من الاستجابة لا يمكن تحقيقه إلا إذا تم الحفاظ على قواعد المعلومات الحالية، استنادا إلى نظم الرصد والتقييم التي تمد صناع القرار باستمرار بالمعلومات التي يستند عليها في اتخاذ القرارات. وتعد هذه القاعدة قياسا مستقلاً: حيث لا تنطبق على صانعي القرار على مستوى السياسات أو الإدارة فحسب، بل وتعد أيضا ذات علاقة كبيرة بالمستخدمين النهائيين، خاصة المزارعين.

3.5 أنواع المحاسبة المائية

تنطوي المحاسبة المائية على اتخاذ نظرة شمولية على الموارد المائية ونظم الإمداد، وربطها بحاجة المجتمع والاستخدام الفعلي. وينبغي أيضا النظر بتمعن لاحتياجات المياه المطلوبة للنظم البيئية والتأثير المحتمل للمؤثرات الخارجة عن نطاق سيطرة أنظمة حوكمة المياه (مثل تغير المناخ أو أسعار الطاقة).

وينبغي أن تستند طبيعة وتصميم إجراءات المحاسبة المائية على السياق والحاجة التي سيتم التعامل معها. وقد أظهرت الخبرات أن المحاسبة المائية كثيرا ما تحتاج إلى عدة خطوات ذات تعقيد متزايد، مع التقييم المبدئي للمؤشرات التي توجه دورات لاحقة لجمع معلومات أكثر تفصيلا وتركيزا حسبما تدعو الحاجة. ويعتمد اختيار النوع المطلوب من المحاسبة المائية على المقياس الجغرافي المطلوب، فضلا عن الأفق الزمني للقضايا المعنية. ولأسباب معينة، يتم الدعوة للتوازن المائي الوطني؛ بينما في مكان آخر يكون التركيز على حوض النهر أكثر ملائمة (كما في اشتراط الإطار التوجيهي للمياه للاتحاد الأوروبي لخطط إدارة أحواض الأنهار). وهناك حاجة للتفرقة بين إجراءات المحاسبة المائية المصممة لمرة واحدة لدعم مشروع أو برنامج، وبين المحاسبة المائية التي هي جزء من برنامج طويل الأجل للإدارة التكيفية والتي تهدف إلى استدامة مستويات مقبولة من إدارة المياه. وتناقش أمثلة نهج المحاسبة المائية أدناه.

المحاسبة المائية على مستوي الاقتصاد الكلي: نظام المحاسبة البيئية والاقتصادية للمياه

نظام المحاسبة البيئية والاقتصادية للمياه (SEEAW)[1] هو نظام شامل للمحاسبة المائية تم تطويره بهدف توحيد المفاهيم والأساليب للمحاسبة المائية (UNSD, 2012). ويوفر هذا النظام للمحاسبة إطارا مفاهيميا لتنظيم المعلومات الهيدرولوجية والاقتصادية، مما يسمح بإجراء تحليل متسق لمدى مساهمة المياه في الاقتصاد وتأثير الاقتصاد على الموارد المائية.

ونظام المحاسبة SEEAW هو التنقيح لبرنامج الأمم المتحدة السابق الأكثر شمولا لتطوير الحسابات القومية البيئية (الخضراء)، التي تحاول قياس الأثر الاقتصادي للتدفقات البيئية، وزيادة أو استنفاد المخزون (UN 2003). وطموح هذه الحسابات مزدوج: فمن جهة، تهدف إلى تزويد صانعي السياسات بالمعلومات حول أثر السياسات الاقتصادية الحالية وأنماط النمو على البيئة (ومدي استدامتها)، و من الناحية الأخرى، تهدف لقياس مدى تأثر الاقتصاد من جراء السياسات التي اتخذت لأسباب بيئية. وأحد الأهداف الأساسية هو تقييم مدى "النمو" الاقتصادي الذي يقاس تقليديا حسب واقع استهلاك رأس المال بسبب نضوب الموارد (World Bank, 2006).

ويهدف نظام المحاسبة المذكور إلى التوفيق بين المرونة وتوفير نهج موحد. ومع ذلك، فإنه يتطلب كميات كبيرة من المعلومات، التي لا تتاح بسهولة أو تجمع بشكل روتيني من قبل الدوائر الحكومية أو الوكالات. وقد يكون إنشاء نظام SEEAW لدعم عملية صنع القرار، والذي سيكون مضيعة للوقت ومكلفاً في بدء و أثناء التشغيل، له ما يبرره في بعض الحالات، ولكن قد تكون المناهج الأكثر قدرة على التكيف والفعالية من حيث التكلفة مناسبة في ظروف أخرى.

ويعد المنهج مناسبا تماما لتحليل التفاعل بين الاقتصاد والبيئة عند تقييم نضوب المخزون من مورد معين مقابل المكاسب الاقتصادية. ومع ذلك، بالنسبة للماء، تعتبر التدفقات أكثر أهمية من المخزون، حيث أن الموارد تجدد نفسها على أساس سنوي خلال الدورة الهيدرولوجية. وعلى عكس الموارد المعدنية أو التنوع البيولوجي، فإن استنزاف المخزون الذي لا يستعوض لا يزال هامشيا في الدورة المائية العالمية[2]، وربما لا ينعكس هذا بالقدر الكافي في منهجية SEEAW.

سد الفجوة بين العرض والطلب: نهج منحنى التكلفة المائية

تم تطوير منحنى التكلفة المائية لمساعدة البلدان التي تواجه ندرة المياه المستقبلية في تقييم "الثغرات المائية المستقبلية" وتحليل التجاوبات المحتملة (2030 Water Resources Group, 2009)، وتجمع هذه الآلية بنظام كافة الخيارات ذات الجدوى إما لإنقاذ أو توفير المياه وإدارتها حسب أحجام المياه المعنية، وفق تكلفة الوحدة. وفي رسم بياني واحد، تصف الخيارات منحنى عرض متصاعد، وهو مفهوم مألوف في الاقتصاد الأولي. وقد تم تطبيق منحنى إمدادات المياه في الهند والصين وجنوب أفريقيا ومنطقة ساو باولو البرازيلية للمساعدة في وضع الأولويات للتخفيف من ندرة المياه المتوقعة بهذه المناطق.

وإحدى النقاط المتميزة في منحنى تكلفة الماء هو التمكن من المقارنة المباشرة بين خيارات تعزيز العرض وخيارات إدارة الطلب. وغالبا ما تكون إجراءات إدارة الطلب أكثر صعوبة وأقل مكسباً سياسيا من وجود بنية تحتية جديدة، في حين أن إعادة تخصيص المياه يعد محفوفاً بالمخاطر سياسيا.

1 أنظر: http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/SEEWDraftManual.pdf

2 يعد أكثر تطبيق حسابات بيئية – اقتصادية ذات الصلة بالمياه هو تقييم تداعيات نضوب خزانات المياه الجوفية الأحفورية، أو التعدي على التدفقات البيئية

وكما هو موضح في الفصل 3، غالبا ما يكون التمويل العام لتعزيز الإمـدادات، الخيار المفضل لصانعي القرار، حتى لو كان ثاني أفضل اختيار من الناحية الاقتصادية والهيدرولوجية. وليس من غير المألوف أن يتم اختيار بدائل التنمية المتعلقة بجانب العرض حتى وإن طورت جميع الموارد المتاحة و جرى تخصيصها. وهذا الوضع ينتج حتما صراعاً بين المستخدمين وتدهوراً إضافياً للبيئة، أو في أفضل الحالات، يفرض قيودا على جميع المستخدمين.

وفي حين أن هذا النهج لديه ميزة مقارنة خيارات من الناحية الاقتصادية، إلا أن لديه بعض العيوب الهامة. فالعديد من التدابير المقترحة مترابطة، و، لأسباب فنية ومؤسسية، فإن تسلسلاً بسيطا من الخيارات المستقلة المبنية على منطق تكلفة الوحدة فقط غالبا ما يكون غير مجدياً. علاوة على ذلك، فإن الوفورات المائية الناتجة عن الخيارات المختلفة نادرا ما يمكن حسابها، والمكاسب من مجموعة من الخيارات غالبا ما تكون أقل من مجموع مكاسب هذه الخيارات إذا اتخذت بشكل منفصل. والأهم من ذلك هو التأثير المحتمل لخيارات توفير المياه بالمصب للاستخدامات الأخرى.

وقد أبرز واضعو منحنى التكاليف المائية بشكل صريح أن المنهجية تركز حصريا على التخطيط الفني ونواحي الاقتصاديات الاستثمارية المتعلقة بإدارة المياه، تاركين جانبا القضايا المتعلقة بالاقتصاد السياسي، والمؤسسات، والتنظيم والحوكمة. ومع ذلك، فغالبا ما تكون هذه هي الأماكن التي يتاح فيها التطبيق الناجح للخيارات الفنية والاستثمارات.

علاوة علي ذلك، فإن هذه التدابير يجب أن تنفذ من قبل أطراف مختلفة: المنتفعين من القطاع الخاص، والشركات، والسلطات العامة، في ظل القيود والحوافز الخاصة بها. وهذه العوامل تعني أن منحنى التكلفة المائي لايمكن تطبيقه دون إحكام كأداة قرار التصدي لندرة المياه. وقد تم تحديد سلسلة من التحديات التي تواجه التطبيق (2030 Water Resources Group, 2009: 94)، ذات طبيعة مالية وسياسية، وهيكلية، وتنظيمية، واجتماعية، والتي قد تمثل عائقا أمام تطبيق الخيارات التقنية المقترحة. وهي تمثل التكاليف الخفية لهذه الخيارات، مع تأثير كبير محتمل على ترتيبها على منحنى التكلفة.

ومع ذلك، فإن منهج منحنى التكاليف المائي له ميزات عديدة. أنه معيار مفيد للاستخدام، إلى جانب معايير أخرى، في التفاوض بشأن خطط مواجهة ندرة المياه. وفي سياق السرد المنتظم لكل الخيارات الممكنة بشفافية ومقارنتها من حيث فعاليتها إزاء التكلفة، فإنها توفر منبرا مفيدا للتفاوض على استراتيجيات وبرامج التعايش مع ندرة المياه. وفي هذا التقرير، نقترح تطبيق منحنى التكاليف من خلال معادلة إنتاج الأغذية والإمدادات وليس من خلال الفجوة المائية نفسها. ومثل هذا النهج يساعد على معالجة العديد من المشاكل المذكورة أعلاه مع الحفاظ على العناصر الرئيسية للتوازن المائي على المستوى الوطني.

الرقابة التشاركية على المياه الجوفية

بينما يواجه المزارعون الندرة المتزايدة لمياه الري، فقد اتخذوا خطوات في بعض المناطق لمراقبة مواردهم المائية كخطوة أولى نحو الإدارة الجماعية. ففي ولاية أندرا براديش، حيث يعتمد المزارعون على المياه الجوفية من خلال مجموعة من طبقات المياه الجوفية الرقيقة نسبيا والغير مستقرة، فإن نضوبها خلال سنوات الجفاف أدى إلى تزايد القلق بشأن الوصول إلى المياه الجوفية على المدى الطويل. وقد تم تطبيق برنامج على مستوى الدولة للرقابة التشاركية على المياه الجوفية للسيطرة على مخاطر الإنتاج من سنة إلى أخرى (الإطار1).

التجارة في حقوق المياه: المحاسبة على المياه في أستراليا

توفر المياه هي قضية رئيسية بالنسبة لاستراليا، لا سيما عندما تختلف الأمطار كثيرا موسميا، سنويا

وعبر القارة. كما أن تزايد المنافسة على المياه، أدى بالتالي إلى تزايد التجارة في حقوق المياه بين القطاعات وبين المناطق. وفي أستراليا، نظم معمول بها لحساب حجم وقيمة المياه التي يتم تداولها، ولكن النمو المتخصص الغير متناسق لتلك الأنظمة قد يؤدي إلى مفاهيم مختلفة. لذلك فما يسمى تقارير للمحاسبة المائية ذات الغرض العام (GPWARs) يجري إعدادها لمساعدة المستخدمين على اتخاذ وتقييم قرارات مستنيرة بشأن تخصيص الموارد.

الإطار 1

الإدارة الجماعية التشاركية للمياه الجوفية في ولاية أندرا براديش

دعم مشروع إدارة المزارعين في ولاية أندرا براديش لنظم المياه الجوفية، (APFAMGS) من قبل حكومة هولندا ومنظمة الأغذية والزراعة بين عامي 2006 و 2010 في استجابة للجفاف واسع النطاق والهجرة، عبر الدولة. ويهدف المشروع إلى تحسين إدارة المياه الجوفية من خلال تمكين المزارعين من رصد وإدارة موارد المياه الجوفية. وقد توحدت لجان إدارة المياه الجوفية عن كل طبقة أو وحدة هيدرولوجية معا لتقدير الموارد الإجمالية المتاحة للمياه الجوفية وتحديد أنظمة زراعة المحاصيل المناسبة لها. وقد نشرت اللجان بعد ذلك المعلومات إلى المجتمع الزراعي بأكمله وقامت بدور مجموعات الضغط لتشجيع المشروعات المناسبة لتوفير وحصاد المياه، وتعزيز الزراعة العضوية ذات الاستثمارات القليلة والمساعدة على صياغة قواعد تضمن الاستدامة السنوية لموارد المياه الجوفية المحدودة.

وقد تم تدريب 6500 مزارع في 643 تجمع سكاني لجمع البيانات الأساسية لفهم طبقات المياه الجوفية المحلية. وفي كل من محطات قياس الأمطار أل 191، يوجد مزارع يسجل هطول الأمطار اليومية. وفي أكثر من 2000 بئر للمراقبة، يجري المزارعون قياسات يومية ونصف شهرية لمستويات المياه الجوفية. وإجمالاً، فهناك أكثر من 4500 مزارع، رجال ونساء، تطوعوا لجمع البيانات في 630 تجمعاً سكانيا. ويتم الاحتفاظ بالبيانات في السجلات المحفوظة في مكاتب لجنة إدارة المياه الجوفية ويتم إدراجها أيضا على لوحات العرض بالقرية. وعلى صعيد طبقة المياه الجوفية،يتم تدريب أعضاء للوحدة الهيدرولوجية لاستخدام هذه البيانات لتقدير تغذية المياه الجوفية في الطبقات بعد نهاية الأمطار الموسمية الصيفية (الجنوبية الغربية). ونتيجة للتغيرات الكبيرة في الهيدروجيولوجيا المحلية، فالحسابات محددة لكل طبقه وتتبع منهجا قياسيا متقدما ومستخدم من قبل المجلس المركزي الهندي للمياه الجوفية. ومن حيث إجمالي المياه المستخرجة، خفضت 42٪ من الوحدات الهيدرولوجية استمرار (موسم الجفاف) الربيعي على مدى ثلاث سنوات من تشغيل المشروع، في حين 51٪ قللت من الجفاف بشكل متقطع، و 7٪ فقط شهدت زيادة في جفاف المياه الجوفية خلال هذه الفترة. وهذا التأثير لم يسبق له مثيل، من حيث تخفيضات فعليه تتحقق في سحب المياه الجوفية، وكذلك من حيث النطاق الجغرافي لهذا الأثر، حيث يغطي عشرات من طبقات المياه الجوفية ومئات من المجتمعات، مع التواصل تقريبا مع مليون مزارع. وفي حين يجري تقييم هذه النتائج من خلال تقييم لاحق، يمكن الاستشهاد بمشروع APFAMGS كمثال نجاح على نطاق واسع في إدارة المياه الجوفية من قبل المجتمعات المحلية.

الموقع الالكتروني للمشروع: www.fao.org/nr/water/apfarms/index.htm

ويتم إعداد GPWARs من قبل مديري المياه وتلبية الاحتياجات العامة من المعلومات لمستخدمي المياه، و مستثمري سوق الماء، والتجار، والوسطاء، والمنظمات البيئية، والمدققين، والممولين، والحكومات المحلية، والباحثين، والمخططين، وواضعي السياسات.

ومن خلال توفير إمكانية الوصول إلى معلومات موثقة ومؤكدة حول كيفية إدارة الموارد المائية وتقاسمها واستخدامها، بما في ذلك المعلومات المتعلقة بحقوق المياه والمطالبة بها والالتزامات المحددة لهذه المياه، فقد تم تصميم GPWARs لتعزيز ثقة المستخدم في قراراتهم الاستثمارية المتصلة بالمياه (مجلس معايير المحاسبة المائية، 2009).

المحاسبة المائية على أساس الاستشعار عن بعد

إن استخدام الاستشعار عن بعد للمحاسبة المائية له ميزة القابلية للتطبيق دون الحاجة إلى الرصد الميداني وجمع البيانات على نطاق واسع.

ويركز النهج الموضوع من Bastiaanssen (2009) على استهلاك المياه لأربعة أنواع مختلفة من استخدام الأراضي: المناطق المحمية، والمراعي، والزراعة البعلية، والمروية. ويفرق هذا النهج بين الأجزاء المفيدة وغير المفيدة، من النتح، والتبخر والاعتراض، ويتضح ذلك في الإنتاجية لكل وحدة من الأراضي والإنتاجية لكل وحدة من المياه المستهلكة.

ولما كان هذا النهج يستند إلى معلومات الاستشعار عن بعد، فإن له ميزة أن أي دراسة يمكن تطبيقها في وقت قصير وأن مصدر المعلومات حيادي لا يعتمد على البيانات الميدانية التي قد أو قد لا يكون تم جمعها بالفعل. ونظرا لأنه يركز على استهلاك المياه لأنواع مختلفة من الأراضي المستخدمة، فإنه سهل الانقياد ليأخذ في الاعتبار قطاعات استخدام المياه ذات التدفقات المرتجعة العالية التي ليست محددة النطاق، مثل الصناعة والقطاع المنزلي.

المحاسبة المائية حسب المنتج: مفهوم البصمة المائية

المحاسبة المائية طبقا للمنتج تتكون من تقييم حجم المياه اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من منتج معين (أو خدمة). ولذلك فهي عنصر هام في تقييم الطلب على المياه. ويترتب على ذلك أن مفهوم البصمة المائية يهدف إلى قياس أثر منتجات محددة، أو مشروعات، على الموارد المائية. وقد استخدمت هذه التقنية لاستخلاص استنتاجات سياسية للمناطق التي تعاني من ندرة المياه و الرغبة في تعيين مواقع للإنتاج بدلا من غيرها؛ والإنتاج المحلي مقابل الاستيراد، وفوائد التخصص في بعض المنتجات بدلا من غيرها؛ الخ. وقد نشأت البصمة المائية من مفهوم المياه الافتراضية، أي كمية المياه الداخلة في السلع والخدمات المتداولة.

ويرمي عدد متزايد من الدراسات (على سبيل المثال Chapagain and Hoekstra, 2004; WWF/ SAB Miller, 2009) إلى قياس البصمة المائية لمختلف البلدان ولمنتجات محددة. وتوضح معظم الدراسات، على سبيل المثال، البصمة المائية العالية للحوم، مما يعني تزايد الضغوط على الموارد المائية في البلدان المنتجة والمصدرة للحوم، حيث يؤدي تزايد الثراء إلى تحول السكان إلى اتباع نظام غذائي يحتوي على كميات أكبر من اللحوم ومنتجات الألبان. وقد اعتمدت دراسات أخرى البصمة المائية للغلال والقطن والبيرة وغيرها من المنتجات. والبصمة المائية لها فضل مواجهة المنتجين والمستهلكين بالأثر المحتمل لسلوكهم مع المياه، وبالتالي تحديد المخاطر المائية.

وبينما تلقي الضوء علي تأثير أنماط الاستهلاك المتعلقة بالمياه ، فإن مفهوم البصمة المائية ما زال يعاني مجموعة من الصعوبات المنهجية، بما في ذلك التفريق بين الاستخدام الاستهلاكي وغير الاستهلاكي؛ مصدر المياه (الأمطار أو المياه العذبة من الأنهار وطبقات المياه الجوفية)، ومشاكل اقتفاء الأثر والمحاسبة على نحو كاف لآثار إنتاج المنبع والمصب (المشتريات من الموردين وغيرها من المدخلات والنقل والاستخدام من قبل المستهلكين خارج حدود المزرعة، أو المصنع، أوالمنجم).

ومن التطبيقات الهامة لتقنية المحاسبة المائية هي أنها تتيح قياس حجم استخدام المياه لكميات محددة من المنتج (إنتاجية المياه). ففي الزراعة، تعتمد غلة المحاصيل الفعلية (كجم / هكتار) على وفرة المياه، ولكن أيضا على سلسلة من العوامل، بعضها متصل بالتربة والمناخ، وغيرها ذات صلة بالإدارة والممارسات الزراعية، ويمكن الحصول على كميات متباينة من المحاصيل بحجم معين من المياه المستخدمة. ولذلك فإن العائدات المنخفضة تترجم إلى انخفاض إنتاجية المياه، في حين الممارسات الزراعية الجيدة مع إمدادات المياه الكافية يمكن بسهولة أن تضاعف إنتاجية المياه بمعدل 2 إلى 4 مرات.

المحاسبة المائية للشركات

بالإضافة إلى البصمة المائية، هناك آليات عديدة أخرى متاحة لتقييم تعرض شركات محددة لندرة المياه والمخاطر المائية الأخرى، وفي الوقت نفسه لتقدير التأثير المحتمل لإنتاجها على توازنات العرض والطلب للمياه المحلية (وبالتالي المخاطرة بسمعة الشركة).

ويقيس تقييم دورة الحياة (LCA) "الاستدامة البيئية للمنتجات والخدمات من خلال جميع عناصر سلسلة القيمة". وقد أدرجت LCA في تشريعات عدد من البلدان والخطوط الإرشادية الدولية، كما هو الحال في وضع معايير ISO. كما تقيس استخدام الموارد والتلوث الذي يمكن أن يعزى إلى منتج معين في جميع مراحل إنتاجه والعمر الزمني للاستخدام (بما في ذلك التخلص النهائي). وهناك على وجه الخصوص دراسات عديدة عن المواد الغذائية والمنتجات الزراعية الأخرى. وعلى الرغم من أن المياه هي واحدة فقط من الآثار البيئية التي تؤخذ في الحسبان في معظم دراسات LCA، فلا يوجد أي سبب يمنع تقييم دورة حياة الماء بشكل خاص. وبعض التحديات المنهجية التي تواجه ال LCA هي: تمييز الاستخدام الاستهلاكي عن الغير استهلاكي، وتحديد الموقع الجغرافي وطبيعة مصدر الماء، وما هو متجدد وغير متجدد. وأن تتبع أثر المنتج طوال عمره المفيد، وتقييم أثر التخلص منه كنفايات، هو أيضا أمر صعب.

وآلية المياه العالمية لمجلس الأعمال العالمي للتنمية المستدامة هي أداة لتمكين الشركات من فهم أفضل لتأثير عملياتها على حوض النهر المحلي وخطر التعرض المحتمل لشح المياه أو الخطر على سمعتهم بين المجتمعات المحلية، وكذلك بين مساهميهم والمستهلكين. وتجمع هذه الآلية البيانات المتاحة للبلد وحوض النهر (بما في ذلك الخرائط والصور لبرنامج (Google Earth) مع مؤشرات محسوبة لمواقع ومناطق محددة.

وآلية استدامة المياه الخاصة بمبادرة الإدارة البيئية العالمية (GEMI) هي أداة أخرى على الانترنت لمساعدة الشركات والمنظمات الأخرى لبناء استراتيجية مائية وفهم قضايا استدامة المياه فيما يتعلق بعملياتها.

4-5 من المحاسبة المائية للمراجعة المائية

جنبا إلى جنب مع الفهم الواضح للدورة الهيدرولوجية، بما في ذلك الإمدادات والطلب و إعادة التدوير ونوعية الماء– تتطلب استراتيجيات التكيف مع ندرة المياه أيضا الفهم السليم للأبعاد المؤسسية، والاجتماعية، والبيئية، والمالية، لإدارة المياه داخل الحوض. في حين يشير مصطلح المحاسبة المائية إلى دراسة منهجية للوضع الراهن والاتجاهات المستقبلية لكل إمدادات المياه والطلب عليها في مجال حيز معين، تضع المراجعة المائية هذا الحساب في إطار أوسع للمؤسسات والتمويل والاقتصاد السياسي العام (الجدول 3).

هناك عدد من العوامل التي تسبب ندرة المياه، التي تتفاعل مع بعضها، ولكن قد يكون لها أصول مستقلة. ولذلك فهناك حاجة لمراجعة منهجية للموارد، والطلب علي الماء وإمكانية الوصول إليه،

والبنية التحتية، جنبا إلى جنب مع فهم للحوكمه، والتمويل، والسياق السياسي العام، لإجراء تشخيص للمشاكل ووضع خيارات الاستجابة. و يسري هذا في نطاق نظام الري للقرية ، حيث تكون المشكلة إما بنية تحتية (مثل انهيار مضخة) أو مجتمعية (مثل الإقصاء الاجتماعي من استخدام بعض مواقع المياه) أو متصلة بالموارد (مثل انخفاض مستويات المياه الجوفية)، وكذلك حسب مقاييس أخرى: مستجمعات المياه المحلية، المنطقة، أو البلد ، أوحوض نهر كبير عابر للحدود.

الجدول 3

من المحاسبة المائية إلي المراجعة المائية

تحديد الحوكمة	تحديد الاقتصاديات الاجتماعية والتمويل	تحديد التنظيم والإدارة	تعيين إمدادات المياه والطلب عليها
السياسات المائية، والسياسات البيئية وسياسات الأمن الغذائي المؤسسات: الصلاحيات، التفاعلات ، الكفاءة، والمستوى (وطني، حوض النهر، محلي) تنفيذ القوانين واللوائح	سكان الريف/الحضر: الدخل، والصحة، ومستويات التعليم واستخدام المياه أنماط مستخدمي المياه في الزراعة نوع الجنس والأقليات: الحقوق، الوصول للمياه، والاستخدام، رسوم المياه، والحوافز، وبرامج التنمية (إدارة مستجمعات المياه، الخ.)	عمليات البنية التحتية الممارسات الزراعية والإنتاجية والفجوات الإنتاجية الكفاءة التقنية في استخدام المياه، وخسائر النقل	المياه السطحية: الأحجام والتوزيع البنية التحتية: قدرة التشريعات الطلب: الري، المدن، الصناعات، البيئة نوعية المياه: معالجة المياه التدفق العائد: إعادة التدوير

6- خيارات استجابة السياسة والإدارة

تركز المراحل الأولى من إدارة المياه عادة على تعزيز الإمدادات وتشمل تطوير التكنولوجيا والبنية التحتية استجابة لتزايد الطلب. ويميل نموذج تعزيز الإمدادات للنظر إلى الطلب ببساطة من حيث الوفاء بالاحتياجات. وفي العصر الجديد، حيث تقبل مناطق ندرة المياه على برامج إدارة الطلب، أصبح من الواضح أن الطلب الذي يعتمد على الاحتياجات البشرية، والسلوك والقيم، وطريقة عمل المجتمعات وتنظيم أنفسهم، يمثل تحديا أكثر تعقيدا من العرض (Brooks, Rached and Saade, 1997).

وتحتاج مختلف الأدوار والمواقف والاستراتيجيات لمشاركة أصحاب الشأن في سياسة و إدارة المياه لأن تكون مفهومة بوضوح. ويبين الجدول 4 أهداف المجموعات الرئيسية من صناع القرار على مختلف المستويات، والاستراتيجيات المتاحة لهم لمواجهة ندرة المياه. و في سياق الهدف المشترك لمواجهة تزايد ندرة المياه، قد تكون أهداف مجموعات معينة متضاربة أو حتى متعارضة. ولتجنب هذا الخطر، تحتاج سياسات القطاعات المختلفة لأن تكون متسقة (خاصة بين الموارد المائية والزراعة، والبيئة) ويجب أن تنسجم الحوافز الخاصة التي تؤثر على المزارعين مع الغرض العام الأسمى للاستخدام الأمثل للمياه. وينطبق الأمر نفسه على مختلف الأطراف على جميع مستويات إدارة المياه.

ويقيم هذا الفصل الخيارات المتاحة لصناع القرار لوضع استراتيجيات للتكيف مع ندرة المياه. وهي تفرق بين الخيارات في مجال المياه، وتلك ذات الأهمية المباشرة للزراعة وتلك المتعلقة بالاستراتيجيات الوطنية لتحقيق الأمن الغذائي. ويدرك هذا التمييز أن المؤسسات التي تتعامل مع إدارة موارد المياه وتلك التي تتعامل مع الزراعة والإمدادات الغذائية لها أهداف مختلفة وصلاحيات لقطاعات محددة. ويقدم الجدول 5 موجزا للخيارات الممكنة، والتي تمت مناقشتها في هذا الفصل.

6-1 الخيارات ضمن المجال المائي (جميع القطاعات)

يناقش هذا الفصل خيارات التجاوب على كلا جوانب العرض و الطلب. ومن أجل إدارة الإمداد فإن الخيارات التي تؤخذ في الاعتبار هي زيادة التخزين، وتنمية المياه الجوفية، وإعادة التدوير وإعادة الاستخدام، ومكافحة التلوث، وتحلية المياه. وتنقسم الخيارات الخاصة بإدارة الطلب إلى إعادة تخصيص وزيادة كفاءة الاستخدام.

ولا تناسب كل تدابير الاستجابة هاتين الفئتين بسهولة. فعلى سبيل المثال، يمكن اعتبار التحسينات في توزيع المياه إما في جانب الإمداد أو إجراء لإدارة الطلب ، حسب موقعهم المتتابع من المصدر إلى المستخدم. وبالمثل، فإن عملية إعادة الشراء وتقييد حقوق المياه التاريخية، التي تجري في أستراليا، والتي حدثت في جنوب إفريقيا من خلال قانون المياه الوطني الصادر عام 1998، يمكن أن تعتبر في جانب العرض وإجراء (تقييدي)، أو كإجراء لتعزيز الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه، أو إعادة تخصيص (للبيئة).

إدارة الإمداد

من أجل تأمين الحصول على المياه،و الحد من الأضرار الناجمة عن الفيضانات و التغلب على حالات الجفاف، حاول الناس دائما السيطرة على التدفق الموسمي والغير منتظم للمياه وتخزينها.و يمكن

الجدول 4

استراتيجيات وسياسات التكيف مع ندرة المياه وفقا لفئات صناع القرار

المستوى	جانب العرض	جانب الطلب
ماذا: الهدف		
هيئة المياه الوطنية	توفير المياه الصالحة والكافية للشرب لجميع قطاعات الاقتصاد مع المحافظة على سلامة قاعدة الموارد	ضمان الاستخدام الفعال والمستدام للمياه العذبة
الهيئة القومية للزراعة والري	تأمين ما يكفي من إمدادات المياه لتلبية احتياجات قطاع الزراعة	ضمان أعلى إنتاجية من المياه المستخدمة في الزراعة
هيئة حوض النهر أو الطبقات الجوفية	ضمان توفير المتاح من المياه لكافة المستخدمين بطريقة شفافة وفعالة وموثوق بها	ضمان الاستخدام الفعال والمستدام للمياه العذبة من قبل كافة المستخدمين بحوض النهر أو مستوى الطبقات الجوفية وتجنب النزاعات، وضمان حماية البيئة
مدير تخطيط الري	ضمان أن يتم توفير إمدادات كافية لجميع المستخدمين بطريقة موثوق بها و فعاله في الوقت المناسب	ضمان أن المياه المتاحة مستخدمه بالطريقة الأكثر إنتاجية
المزارعين	تأمين إمدادات المياه لكافة العمليات الزراعية	استخدام المياه المتاحة بطريقه أكثر إنتاجية وربحية
كيف: الاستراتيجيات والسياسات		
هيئة المياه الوطنية	بناء السدود متعددة الأغراض، محطات تحلية المياه والنقل بين الأحواض ، مكافحة التلوث، التفاوض بشأن المخصصات العابرة للحدود، وإنشاء وتطبيق التدفقات البيئية	تكييف قوانين المياه، وتطوير المؤسسات المائية؛ تنفيذ أكثر صرامة، والترويج لأسواق المياه، وآليات التجارة؛ رسوم المياه أو آليات الحصص، وإدارة حقوق المياه؛ توزيع المياه ومعايير الجودة المائية، وحملات التوعية العامة؛ إعادة شراء للأغراض البيئية
سلطات الزراعة والري الوطنية	بناء السدود للري والتفاوض على تخصيص المياه للزراعة	حوافز لتحديث الري، واعتماد الخدمات الموجهة لإدارة الري؛ تكييف البنية التحتية للري لزيادة المرونة والموثوقيه لإمدادات المياه، ومراجعه سياسة تعريفة مياه الري
هيئة حوض النهر أو طبقة المياه الجوفية	بناء السدود الكبيرة، وقواعد تشغيل السد، إعادة شحن طبقة المياه الجوفية وحفر الآبار (تنمية المياه الجوفية)	تعظيم الاستفادة من إدارة السدود، إدارة آليات تخصيص المياه، إدارة استخدام المياه الجوفية، مكافحه التلوث
مدير مشروع الري، جمعيات مستخدمي المياه	التفاوض على تخصيص المياه، إعادة تدوير مياه الصرف، تحسين الأراضي	الحد من الفواقد في التوزيع؛ حوافز لزيادة الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه علي المستوي الحقلي.(الإعانات، و التسعير الحجمي، و أسواق المياه)
المزارعون	حفر الآبار الفردية، إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي، الاستثمار في الحفاظ علي المياه بالمزارع، المياه المتداولة، مياه الكسح، العمل الجماعي	تحسين الكفاءة علي مستوي المزرعة (الري المضغوط)، الري الناقص، تأقلم المحاصيل و سلالاتها مع أوضاع الإمداد المائي

الجدول 5

ملخص خيارات التكيف مع ندرة المياه

			الاجراء	جميع القطاعات	الزراعة
خيارات جانب العرض	في مجال الحيز المائي		الحد من التقلبات السنوية لتدفق النهر	زيادة التخزين (السدود متعددة الأغراض)	الحفاظ على المياه بالمزرعة
			تعزيز قدرة إمدادات المياه الجوفية	تنميه المياه الجوفية والإدارة والتغذية الاصطناعية	تعزيز إعادة شحن طبقة المياه الجوفية في سياق الري
			إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها	الحلقة المغلقة لإعادة الاستخدام وإعادة التدوير	إعادة استخدام المياه العادمة الحضرية لإنتاج المحاصيل
			مكافحة التلوث	تحديد مصادر التلوث (الصناعة، المدن)	الإنتاج النباتي المتكامل وحمايته، ومكافحة التلوث من الزراعة (بما في ذلك الدفع للخدمة البيئية)
			استيراد المياه	نقل بين الأحواض، تحلية	
خيارات جانب الطلب			تخفيض الفاقد من المياه	تحسين الرصد ومراقبة التسرب، والدوائر المغلقة (الصناعة)	وسيلة النقل المضغوطة وتطبيق (الري بالتنقيط)، وتحسين مناوبات الري والتحكم في الرطوبة، وتبطين القنوات
			زيادة إنتاجية المياه	من خلال تحكم أفضل في ألمياه	آليات أفضل لإدارة المياه، وتحسين القدرة على التنبؤ بالإمدادات، والإنذار المبكر	تحسين خدمة توصيل المياه في الري (زيادة الموثوقية والمرونة في توزيع المياه من خلال تحديث البنية التحتية والإدارة)، والري بدقة والري الناقص والصرف في الري
				من خلال تحسين عملية الإنتاج	التبريد الجاف (القوى)	الحد من الفجوةالانتاجية عن طريق الممارسات الزراعية المحسنة (إدارة الخصوبة، ومكافحة الآفات)، تحسين المادة الوراثية
			إعادة تخصيص المياه	نقل بين القطاعات (من خلال أسواق المياه أو غيرها من آليات تخصيص المياه) نقل داخل القطاعات (بما في ذلك الطلب المقيد)	التحول إلى ري محاصيل ذات قيمة أعلى و / أو الحد من التبخر عن طريق تخفيض المساحات المروية
	خارج الحيز المائي		الحد من الفواقد في سلسلة القيمة	مكافحة الفقد، تحسين التداول والتوزيع	الحد من فواقد ما بعد الحصاد؛ التخزين، ،التجهيز،التوزيع والاستهلاك النهائي
			الحد من الطلب على المنتجات المروية والخدمات	استيراد المنتجات المصنعة	تخفيض فجوة الغلة بالإنتاج البعلي (الممارسات الزراعية المحسنة؛ إدارة الخصوبة ؛ مكافحة الآفات؛ إدارة رطوبة التربة: التغطية ،إزالة الأعشاب الضارة؛ الصرف، المادة الوراثية المحسنة، التوقعات الموسمية وخطط التأمين على المحاصيل).
					استيراد الأغذية والمنتجات الزراعية الأخرى (التجارة في المياه الافتراضية)
			الحد من استخدام المياه للفرد	التغيير في عادات الاستهلاك	التغيرات في أنماط الاستهلاك الغذائي وجبات قليلة الكثافة المائية

إدارة الإمداد عن طريق زيادة فرص الحصول على الموارد المائية التقليدية، بما في ذلك مخزون السدود، وسحب المياه الجوفية أو جمع مياه الأمطار. ويمكن أيضا أن يتم ذلك من خلال إعادة استخدام المياه العادمة ومياه الصرف أو من خلال تطوير مصادر المياه "الغير تقليدية" ، بما في ذلك تحلية المياه الأسنة(قليلة الملوحة) أوالمياه المالحة واستخدام المياه الجوفية الأحفورية.

زيادة تخزين المياه

شهد الجزء الثاني من القرن العشرين زيادة سريعة في تطوير خزانات المياه السطحية، مما يؤدي إلى انجازات ملحوظة فى تعبئة المياه.و قد أوفت السدود الكبيرة المتعددة الأغراض بالاحتياجات المتزايدة للمياه لتوليد الطاقة، والزراعة، والمدن، وساعدت في حماية السكان من مخاطر الفيضانات. وبينما إمكانية التطوير الأكثر للسدود لا تزال موجودة في بعض المناطق، فإن معظم المواقع المناسبة للسدود مستخدمه بالفعل، كما أصبح تطوير سدود جديدة مكلفا على نحو متزايد.

منذ أواخر التسعينات، قيد الجدل حول السدود الكبيرة مواصلة تطويرها في العديد من البلدان، وذلك بسبب المخاوف من الاستخفاف بآثارها البيئية والاجتماعية والاقتصادية.و سوف تكون السدود الكبيرة في المستقبل بحاجة متزايدة لتبريرها من الناحية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وعلى مستوى الأسرة والمجتمع، فإن النظم الصغيرة اللامركزية لحصاد المياه و التخزين ساعدت على زيادة توافر المياه وتعزيز الإنتاج الزراعي. وهذه التدابير على النطاق الصغير تعزز التنمية الاقتصادية المحلية وتزيد من مرونة التكيف مع المناخ من جانب التجمعات المحلية.و مثل هذه التدابير المائية اللامركزية، مع أنها صغيرة، لا يزال لديها تأثير على توازن مستجمعات المياه (Batchelor, Rama Mohan Rao and Monahar Rao, 2003). و لقد كان للبرامج الكبيرة عن حصاد المياه على نطاق صغير، مثل برامج إدارة الأحواض المحلية في ولاية أندرا براديش وأجزاء أخرى من الهند (Rao *et al.*, 2003) تأثيرات جوهريه على الهيدرولوجي العام للحوض وزيادة توافر المياه عند المصب.

ولقد أصبح مفهوم البنية التحتية الخضراء أكثر وضوحا في إدارة إمدادات المياه.و يسعى هذا النهج لحماية الوظائف الحيوية للبيئة الطبيعية من خلال إجراءات التنظيم والتخطيط.و في هذا السياق، تلعب الأراضي الرطبة والغابات دورا حاسما في تنظيم تدفق المياه لدعم المستخدمين عند المصب.

تنمية المياه الجوفية

لقد نما باضطراد الاستغلال المكثف للمياه الجوفية من حيث الحجم والكثافة على مدى العقود الأخيرة.و تشير التقديرات إلي أن السحب العالمي للمياه الجوفية قد نما من مستوى 100-150 km^3 في عام 1950 إلى/950 - 1000 km^3 في عام 2000 (Shah, Burke and Villholth, 2007)، مع تركز الجزء الأكبر من هذا النمو في الزراعة. وتوضح آخر التقديرات المتاحة استنادا إلى بيانات إحصائية شاملة، وطنية وشبه وطنية، إلى أنه يمكن أن يعزى ري 40٪ من المساحة المروية فعلا في العالم لمصادر المياه الجوفية (Siebert *et al.*, 2010) ، مع تقدير مستوى السحب السنوي للزراعة ب 454 كيلو متر مكعب.

والزراعة المروية هي المستخدم الرئيسي لطبقات المياه الجوفية الرسوبية الرئيسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأمريكا الشمالية والسهول الغرينية الآسيوية. وقد كان الدافع وراء طفرة المياه الجوفية هو الطلب على الإنتاج المروي بتسهيل من الدعم الحكومي مع توفر المضخات وتقنيات الحفر بأسعار معقولة. وقدرة المياه الجوفية لتوفير مياه بمرونة و رهن الطلب لأغراض الري، هي ميزة كبيرة للمزارعين.و لقد وجد أن غلة المحاصيل من المزارع المروية بالمياه الجوفية في الهند، أكبر من غلة المزارع المروية بالمياه السطحية بمقدار 1.2-3 مرات (Shah *et al.*, 2000).

وبالرغم أن الاستخدام المتزايد للمياه الجوفية قد حسن سبل معيشة الملايين من سكان الريف (Moench, 2002)، فقد تسبب ذلك في استنزاف طبقات المياه الجوفية، وتلوث هذه المياه وتداخل مياه البحر. ومشكلة المياه الجوفية هي أنه، بوصفها موردا سهل الوصول إليه، فهناك حوافز قوية لاستنفاذها.و في حالات مثل الهند، تم تزويد المزارعين بالكهرباء الرخيصة جدا، مما يزيد من تشجيع استنزاف الموارد. بيد أن هناك فرق هام بين طبقات المياه الجوفية الطمييه الضحلة التي تتجدد في كل موسم أمطار، والمياه الجوفية العميقة التي تتباطأ معدلات إعادة شحنها.

ولا يمكن أن تستمر الاتجاهات الحالية دون إدارة أكثر فعالية للمياه الجوفية (Shah, Burke and Villholth, 2007). ومع ذلك، فحيث أن تطوير المياه الجوفية يجري في الغالب من قبل الأفراد، فإنه من الصعب التنظيم والمراقبة، كما أن الأساس القانوني لهذا عادة ما يكون غائبا (FAO, 2003). وعندما يوجد التشريع فإنه يواجه تحديات تنفيذ في غاية الصعوبة. وهذا يعرقل تدابير الحفاظ والاستخدام الفعال للمياه الجوفية.و أحد المشاكل الأساسية جدا هو أن مفهوم "العائد المستدام" هو بعيد المنال، من الصعب قياسه، ويصعب تطبيقه في الممارسة العملية (COMMAN, 2005). و قد عزز هذا المفهوم أيضا فكرة خاطئة أن استخدام المياه الجوفية لا يؤثر على الوظائف البيئية الطبيعية الأخرى. وعلى الرغم من هذه المشاكل، تم إحراز تقدم في تصميم عملية إدارة ناجحة للمياه الجوفية على أساس مجتمعي (APFAMGS, 2009).

وإدارة إعادة شحن المياه الجوفية هو خيار هام محتمل، ولكنه يعتمد على فهم أوضح لتخزين المياه الجوفية ومعدلات إعادة الشحن.و من الصعب في بعض المواقع الهيدروجيولوجية تحسين كفاءة عمليات إعادة الشحن الطبيعية، بينما في حالات أخرى فإن زيادة أعاده الشحن الصناعي ذات الجدوى الاقتصادية عن إعادة الشحن الطبيعي محدودة جدا، رغم أن التقنيات تساعد على حل المشاكل المحلية وتحسين نوعية المياه الجوفية. و رغم ذلك فسوف تكون الأولوية الأهم للإدارة هي دائما حماية مناطق إعادة الشحن الرئيسية، وفي هذا السياق تمت مناقشة تشجيع إعادة شحن طبقات المياه الجوفية في مشروعات الري الكبيرة كبديل لخدمة المياه المحسنة للمستخدمين (Shah, 2009). وعلى أية حال، يجب أن تصمم عمليه إعادة شحن المياه الجوفية في إطار ميزانية واضحة للمياه لضمان فعالية الخيارات المحددة.

إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها

أن الاستثمارات في مجال الإمداد المائي، والصرف الصحي وإدارة المياه، تميل أن تكون مخططه و مصممه و أن تدار على حدة، بآفاق زمنية مختلفة.و إن إنشاء نظم سليمة بيئيا التي تأخذ في الاعتبار كامل دورة المياه لمختلف المستخدمين، تدعو إلى نهج متماسك للتغلب على الحدود القطاعية والفجوة بين الريف والحضر. وإدارة المياه العادمه أمر ضروري لعدة أسباب. أولا، يتم تصريف المياه العادمة في كثير من الأحيان إلي حيث لا يمكن إعادة استخدامها، أو مباشرة إلى البحر، فاقدين بذلك فرصة الاستخدام المفيد. ثانيا، المياه العادمة غالبا ما تكون غنية بالمغذيات النباتية، ويمكن لها مع المياه المتبقية أن توضعا في الاستخدام المفيد من خلال الري.كذلك فإن إعادة الاستخدام للزراعة، بعد معالجه مبدأيه أو ثنائية بتكنولوجيات منخفضة التكلفة البيئية، أن تكون الحل الفعال للجميع من حيث التكلفة والربحية المزدوجة في هذه الظروف.

مكافحة التلوث

يقلل التلوث المياه المتاحة للاستخدام ويزيد من تكلفة معالجة المياه.و تكاليف عدم مواجهة التلوث سوف تكون عالية كما أن بعض الآثار قد تكون لا رجعة فيها (تلوث مياه الشرب الجوفية، وخسائر النظام الإيكولوجي).وتترتب علي المياه الملوثة تكلفة باهظة على صحة الإنسان: يمكن أن يعزى واحد على عشرة من العبء العالمي للمرض إلي الماء (WHO, 2004).وتشمل تكاليف التلوث الأخرى

التنظيف، المعالجة الإضافية و الإضرار لمصايد الأسماك والنظم الإيكولوجية والاستجمام.وقد أدخلت معظم البلدان تشريعات لحماية الموارد المائية، ولكن في كثير من الأحيان يتخلف التنفيذ لأن المسؤوليات مشتتة عبر مؤسسات متعددة، والإرادة السياسية لمقاومة المصالح الصناعية ناقصة، وتكاليف المراقبة والضبط مرتفعة.

وهناك أمثلة (معظمها في البلدان المتقدمة) حيث حفز مبدأ "الملوث يدفع" التغيرات في المواقف تجاه التلوث وأدى لإعادة التدوير مع تطوير العمليات النظيفة للصناعة أو إدارة النفايات السائلة بنهج "نهاية الأنبوب" الذي يجمع، ويضبط، ويعالج ويراقب الأداء. ومع ذلك،فإن الاستثمارات لهذا النهج قاصرة في أغلب الأحيان على جميع المستويات، من الصرف الصحي المنزلي والعمليات الصناعية حتى محطات معالجة النفايات للمدينة.

ومع زيادة الزراعة المكثفة، سوف يزداد التلوث سوءا من كل من المصادر الثابتة والغير ثابتة. وتوجد تقنيات للحد من تلوث المياه الزراعية، ولا سيما من خلال المكافحة المتكاملة للآفات وإدارة التغذية النباتية.و توضح تجارب البلدان ذات الدخل المرتفع أن مجموعة من الحوافز، بما في ذلك تنفيذ تشريعات أكثر صرامة، وإعانات موجهة بشكل جيد، يمكن أن تساعد في الحد من تلوث المياه. وفي بعض الحالات، أدى الدفع من أجل الخدمات البيئية إلى انخفاض ملحوظ في التلوث الزراعي وتحقيق وفره في تكاليف معالجة المياه عند نهايات الأراضي الزراعية.

نقل المياه بين الأحواض وعملية التحلية

تمارس عملية نقل المياه من الحوض الغني بالمياه إلى حوض الندرة المائية في كثير من المناطق، وتقدم فرصة لمعالجة اختلال التوازن المحلي بين العرض والطلب. وفي ظل القلق المتزايد عن قيمة المياه وضرورة تأمين تدفقها في المستقبل، أصبحت المفاوضات بين الأقاليم بشأن النقل بين الأحواض أكثر تعقيدا ويصعب إنهائها.

وقد ازدادت القدرة على تحمل تكاليف تحلية مياه البحر والمياه الآسنة بسبب التقدم في تكنولوجيا الأغشية. ويتم استخدام تلك العملية في الغالب لمياه الشرب والإمدادات الصناعية في بلدان مثل مالطا وقبرص وإسرائيل ودول الخليج، حيث وصل سحب المياه إلى حدود أجمالي الموارد المائية المتجددة. ولا تستخدم تحلية المياه على نطاق واسع من أجل المياه الزراعية. كما أن ارتفاع تكاليف الطاقة والتخلص من الماء المالح هي اعتبارات أخري، ولكن يمارس استخدامها في المحاصيل عالية القيمة حيث توجد ندرة مائية طبيعية، و حيث يتفق طلب السوق مع الميزة النسبية الزراعية المناخية في محاصيل تصديرية معينة، لا سيما في منطقة البحر الأبيض المتوسط. وفي المغرب توجد خطط لبناء محطة لتحليه المياه لري المحاصيل النقدية. وقد شكلت المياه المحلاة 0.4٪ فقط من إجمالي استخدامات المياه في عام 2004 (تقريبا 14 km^3/year)، ولكن من المتوقع أن يتضاعف الإنتاج بحلول عام 2025. ويمكن لتحلية المياه لإمداد المناطق الحضرية، أن تحرر بشكل غير مباشر المياه العادية لاستخدامات أخرى، بما في ذلك الزراعة (FAO, 2006 b).

إدارة الطلب

الهدف العام لإدارة الطلب هو التأكد من أن إمدادات معينة من المياه يجري توزيعها لتحقيق نمط الاستخدام "الأمثل". ومن الناحية الاقتصادية، سوف يتحقق هذا عندما تصبح الوحدة الهامشية من الماء لكل مستخدم لها نفس القيمة (Winpenny, 1994). والهدف من مساواة القيم الهامشية للمياه في جميع الاستخدامات[1] هو مثاليه نظريه، ولكن حيث توجد ندرة المياه، و حيث تزداد تكلفة إمدادها، من المهم بالنسبة

1 ما يسمى بمثالية Pareto حيث يستحيل رفع مستوى الرفاهية العامة بإعادة تخصيص المنافع بدرجة أكثر.

لصانعي السياسة تشجيع المجتمع ككل لتحقيق الاستفادة الإنتاجية القصوى من المياه المتاحة، ولكن هذا مجرد تصور. ويمكن السعي نحو ذلك من خلال إعطاء حوافز للمستخدمين الأفراد من أجل الاستخدام الأكثر "كفاءة" للمياه و بتشجيع تحول المياه من الأغراض الأقل لأغراض أكثر فائدة.[2] وهذين النهجين يناقشان أدناه.

تحقيق "كفاءة" أكثر لاستخدام المياه

أن أهداف "أكثر كفاءة" و "أكثر إنتاجية" لاستخدام المياه هما وجهان لعملة واحدة. فالكفاءة تركز على "الطريقة" بدون أبعاد بين المخرجات والمدخلات، في حين تركز الإنتاجية على "العائدات" وفي حالة إنتاجية المياه فهي تقاس من حيث الوحدة لكل حجم من الماء.وتحت هذا النوع من إدارة الطلب، يتم تشجيع المستخدمين للحد من فاقد المياه وإهدارها، و إيقاف استخدامات المياه المنخفضة القيمة، وتعظيم القيمة المحصلة من مياههم المتبقية. و"القيمة" في هذا السياق تشمل المنافع غير النقدية وكذلك القيم المقدرة من قبل "الاستعداد للدفع" وغيرها من تقنيات التقييم الاقتصادي.

ويستخدم مصطلح "كفاءة استخدام المياه" أحيانا بالمعنى الضيق بأنه النسبة بين الاستخدام المفيد وسحب الماء. وهذا ينطبق على مفهوم " كفاءة الإمداد المائي " أو "كفاءة الري"، حيث يتم تحليل الفرق بين المياه المسحوبة والخسائر المادية الناجمة عن التسرب من الأنابيب والقنوات والهدر من خلال الاستخدام المفرط أو الغير مناسب للمحصول أو العملية الإنتاجية. وتفقد شبكات التوزيع في المدن ونظم الري كميات كبيرة من المياه بسبب التسرب والرشح. ومن بين 23 دوله علي البحر الأبيض المتوسط، يتم فقدان ما يقدر بنحو 25٪ من المياه في الشبكات الحضرية و 20٪ من قنوات الري، بينما تشير التقديرات العالمية لكفاءة الري بأنها حوالي 40٪. والإقرار بالنطاق الحقيقي لتوفير المياه عن طريق الحد من هذه الخسائر هو قضية هامة في مجال إدارة الطلب على المياه، ولكن لا يمكن ا أن يتم تحديده إلا من خلال إجراءات المحاسبة المائية.

ومع ذلك، هناك عاملان للحد من نطاق، وأثر، تخفيض الخسائر. أولا، لا يمكن إلا استرداد جزء من المياه المفقودة في استخدام مفيد بتكلفة معقولة. وكثيرا ما يستخدم معدل التسرب من شبكات المياه في المناطق الحضرية القديمة كمعبر عن كفاءة الشبكة، ألا أن استبدال الأنابيب والتركيبات يمكن أن تكون مكلفة و معطلة للغاية[3]. ثانيا، أن جزءا من الماء "المفقود" بين المصدر والمستخدم النهائي يجد طريقه مرة أخرى إلى النظام الهيدرولوجي، إما عن طريق الرشح إلي طبقات المياه الجوفية أو عن طريق التدفق العائد إلى نظم الأنهار (Perry, 2007). وتختلف حصة المياه المفقودة عن طريق الاستهلاك غير المجدي ، إما عن طريق التبخر أو الصرف إلي كيانات مائية ذات نوعية منخفضة أو إلى البحر، على نطاق واسع وفقا للظروف المحلية. وهناك أيضا فرق بين الفواقد في المواقع الحضرية والصناعية،و تلك التي في المناطق الزراعية، وبين أوضاع المنبع والمصب.لذلك فمن الضروري وجود فهم واضح لتحقيق مكاسب حقيقية في الحد من الفواقد، من أجل تجنب تصميم خيارات مكلفة لإدارة الطلب يكون لها تأثير ضعيف على توافر المياه للوحدة الهيدرولوجية الشاملة.وفي هذه الحالة، يمكن "لفواقد" الماء من وجهة نظر أخرى أن تكون استعملت في "استخدامات غير مقصودة" ولذا فمن المهم تتبع كيف استخدم ما "فقد" من ماء، إذا كان قد استخدم فعليا.

وفي ضوء ذلك، فإن استهداف الحد من الفواقد في شبكات التوزيع ما زال له ما يبرره في كثير من الحالات.هذا وتعكس المستويات المفرطة من الفواقد والتسرب إخفاقات البنية التحتية أو إدارتها،

2 المصطلح مفيد هو أكثر شمولا و أفضل من « منتج»

3 في انكلترا وويلز يستخدم منظم الماء OFWAT مفهوم «المستوى الاقتصادي للتسرب»، المحدد لكل شركة، حيث تساوي قيمة الماء الذي تم توفيره عن طريق زيادة التحكم تكلفة القيام بذلك لكل وحدة.

وتسبب تكاليف مالية (للإنتاج والضخ ونقل المياه)، علاوة علي تدهور نظام التوزيع، وزيادة المخاطر البيئية و الصحية، و الفرص الضائعة للاستخدام المفيد من الماء. وفي الري، علي سبيل المثال، قد تحد الفواقد في التوزيع من توافر المياه للري في نهايات الترع.

إعادة تخصيص الماء

يمكن تحقيق التحول من الاستخدام الأقل إلي الاستخدام الأكثر فائدة للمياه من خلال مزيج من التسعير، وآليات السوق والأجهزة الإدارية الأخرى. وبمجرد استيفاء الاحتياجات المائية الأساسية البشرية والبيئية، يمكن تطبيق "سعر الظل" علي ما تبقى من هذه الموارد النادرة الذي من شأنه أن يشجع استخدامها على الأغراض (أو المنفعة) الأكثر إنتاجية. وفي نظام السوق، يمكن أن يتدفق الماء من الاستخدام الأدنى إلى الأعلى قيمة[4].

وعند النظر في إنتاج السلع فقط، تميل الزراعة لأن تكون قيمة ما تضيفه لكل وحدة من الماء أقل بكثير من القطاعات الأخرى. وبهذا المعيار، فإن إعادة التخصيص سوف يمنح الأفضلية عادة لقطاعات أخرى مثل المدن والصناعات والسياحة أو الترفيه.

ومع ذلك ، فإن الصورة معقدة بسبب الأدوار المتعددة التي تلعبها الزراعة في المجتمع: الاجتماعية والثقافية والدينية والبيئية، وكذلك الإنتاج. وفي كثير من البلدان النامية توفر الزراعة لقمة العيش لنسبة كبيرة من سكان الريف. وعلاوة على ذلك، فإن حاجة الحكومات لتأمين إمدادات كافية من الغذاء لتلبية الاحتياجات الأساسية للسكان، تحظى باهتمام متجدد في ضوء تقلب أسعار الغذاء الحالية. و لذلك تقدم الرغبة في السيادة الغذائية الوطنية بالتالي، مجموعة أخرى من الاعتبارات. فتقييم المنافع المتعددة للمياه في الزراعة يجب أن يأخذ في الاعتبار كل هذه الخيارات والقيم المجتمعية.

وقد تم في مناطق قليلة (شيلي، وأجزاء من استراليا وبعض الولايات الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية) تهيئة الظروف لتجارة منظمة في الماء. ويشيع استخدام أسواق الماء من قبل المزارعين الذين يريدون الماء التكميلي للمحاصيل ذات القيمة خلال ظروف الجفاف أومن قبل المدن لتلبية احتياجاتهم المتزايدة من المياه. وتشير الأسعار الفعلية في هذه الأسواق إلي القيم الهامشية للمياه في هذه الاستخدامات المختلفة، والتي عادة ما تكون أعلى بكثير من المعدل العادي. ومع ذلك، فإن الأسواق النمطية محلية للغاية و غير سليمة بالمعنى الاقتصادي النظري. و كما أشارت دراسة حديثة فإن "ملاحظه الأسعار من سياق واحد قد تكون ذات صلة قليله بآخري" (Aylward *et al.*, 2010: 34).

وفي الغالبية العظمى من البلدان،لا تعتبر أسواق المياه، على أساس الحقوق المائية المعترف بها ،والآمنة والقابلة للتداول، خيارا مجديا. ففي هذه البلدان، يمكن تحقيق التخصيص وإعادة التخصيص البين قطاعي من خلال التدابير الإدارية. وسواء تمت إعادة التخصيص من خلال السوق أو الأجهزة الإدارية، فعلى المجتمع أن يضع قيودا على التحويلات لحماية الأطراف الثالثة، البيئة، والمصلحة الاجتماعية الأوسع. وطبقا لهذه الشروط، يمكن أن يكون التنافس على المياه محفزا لتحسين كفاءة التخصيص. وباستخدام آليات التجارة "تنافس" بعض المنظمات حتى بالنيابة عن البيئة عن طريق شراء حقوق أحجام معينة من المياه في نهر أو بحيرة، و يتركونها في الكيان المائي ك "تدفق بيئي". وفي أستراليا، تم إنشاء رابطة مالك المياه البيئية لإدارة المياه المشتراه للمستحقات البيئية من خلال برنامج إعادة شراء الماء الحكومي، و 50٪ من جميع المياه التي تم توفيرها من خلال برنامج تمويل البنية التحتية للحكومة الاتحادية يجب أن تعاد للبيئة[5].

4 يذكر القول المأثور، «يتدفق الماء لأعلى التل نحو المال»
5 المعلومات مستقاه من العرض التقديمي لأستراليا في اجتماع مشاورة الخبراء

وثمة من يجادل أيضا بأن السماح للسوق أو أسعار الماء الفعلية بالتأثير على التخصيص سيرغم قوى الإمداد المائي على المضاربة في ندرة المياه، وتشجع الاستثمار الخاص والتقدم التقني.

وقد أدرج عدد من البلدان استخداما أكثر نشاطا لأسعار المياه الفعلية في استجابتهم السياسية إزاء ندرة المياه. ففي أستراليا، ينظر لمؤشرات الأسعار الدقيقة و أسواق المياه الفعالة كجزء أساسي من تحسين الكفاءة الاقتصادية لاستخدام المياه، وتشجيع مستخدمي المياه للتكيف مع تغير الظروف المناخية. وفي جنوب أفريقيا، يهدف التسعير الاقتصادي للمياه ، من حيث المبدأ، للتعبير عن ندرة المياه، على الرغم من أن مستوى رسوم الري لا يزال طريقها طويل في هذا الصدد لكي تعكس القيم المتفق عليها عموما[6].

واستخدام آليات السوق أو التسعير غير قابلين للتطبيق في جميع الحالات ويتطلبا سلسلة من الشروط لتكون قابلة للتطبيق. ففي الري، نادرا ما نجح التعزيز المفرط للنهج المبسط القائم على السوق في التسعينات. وفي الواقع، هناك الكثير من الشكوك بين خبراء الري حول جدوى أو حتى الرغبة في استخدام رسوم الري لتشجيع كفاءة استخدام المياه من قبل المزارعين. (Molle and Berkoff, 2007). وهذه مسألة معقدة للغاية ومثيرة للجدل، وينبغي تجنب مثل تلك الوصفات المبسطة. ومع ذلك، فمن وجهة نظر واقعية، ينبغي الإشارة إلى أن التعريفات تخدم غرضين، الغرض الاقتصادي في الإشارة إلي الندرة، و الغرض المادي في رفع الإيرادات لقطاع ضعيف التمويل بشكل مزمن. وفي إحدى مناطق الإجهاد المائي بجنوب ايطاليا، تشمل تعريفة مياه الري، إلى جانب المعدل المتغير المتزايد لكل متر مكعب، رسما ثابتا للهكتار الواحد لتغطية تكاليف الصيانة.[7] ويناقش الفصل التالي بعض الصعوبات الكامنة في تطبيق تسعير المياه للزراعة كوسيلة لتحقيق إعادة توزيع المياه المطلوبة داخل هذا القطاع.

2-6 خيارات ضمن مجال أدارة المياه الزراعية

معظم خيارات الاستجابة التي نوقشت حتى الآن متمثلة في الزراعة، مع الملامح المحددة لهذا القطاع. وهذا الفصل يناقش التطبيقات الزراعية لتعزيز الإمدادات، والحد من الفاقد، وإنتاجية المحاصيل، وإعادة التوزيع، وتدابير الزراعة البعلية.

تعزيز الإمدادات

يمكن أن يزداد توافر المياه لأغراض الزراعة بمعدلات مختلفة. فعلى مستوى أحواض الأنهار تمثل السدود لتخزين مياه الري، سواء لغرض واحد أو لأغراض متعددة، الحلول الكبرى، ذات الكثافة الرأسمالية. وعلى نطاق أصغر بكثير، المزارعون قادرون على سد الأنهار وحصاد وتخزين المياه لصالح أعمالهم. وعلى مستوى المزرعة، في ظروف الزراعة البعلية، يمكن للمزارعين ممارسة حفظ المياه للحد من الجريان السطحي، وتشجيع عمليات التسرب وتخزين المياه في التربة. وعلى هذا المستوى المحلي، فإن زيادة توافر المياه هو أمر لامركزي للغاية ، ويشمل أعدادا كبيرة من المزارعين المشاركين في ضخ المياه الجوفية ،وتنمية حصاد المياه على نطاق صغير.

إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها في الري

أن إعادة استخدام وإعادة تدوير مياه الصرف والمياه العادمة هو جزء مهم من المحاسبة المائية. و في مشاريع الري الكبيرة المتجاورة، تعود المياه الزائدة إلى النظام من خلال الصرف أو التسرب ويتم استخدامها ضمن نفس النظام أو على طول قناة الري . وفي وادي النيل، على سبيل المثال، يتم تدوير حوالي 20٪ من المياه في الطريق بين سد أسوان والبحر (Molden, El kady and Zhu, 1998; Faures, 2007 ,Svendsen and Turral).

6 المعلومات مستقاه من العرض التقديمي لجنوب إفريقيا في اجتماع مشاورة الخبراء
7 المعلومات مستقاه من العرض التقديمي لايطاليا في اجتماع مشاورة الخبراء

وتتبع نظم حقول الأرز واسعة النطاق في جنوب شرق آسيا أنماطا مشابهة جدا لإعـادة الاستخدام.والتقدير الجيد لمعدل إعـادة الاستخدام أمـر أساسي في قياس فعالية تدابير توفير المياه: الجهود المبذولة لزيادة كفاءة استخدام المياه من خلال تقليل فواقد التوزيع والاستخدام على مستوى المزرعة قد تنتهي بأن يكون لها تأثير صافي هـامشي عند تقييمها علي نطاق الحوض.

وعلى الرغم من أنها ذات أهمية عالمية طفيفة،فإن إعادة استخدام المياه العادمة الحضرية في الزراعة هو من الأهمية المحتملة في عدد متزايد من المناطق. ولا توجد أرقام موثقة عن مدى استخدام مياه البلديات في الزراعة، ولكن الاستخدام المباشر للمياه العادمة المعالجة والغير معالجة في مناطق معينة تعاني من ندرة المياه ،مثل منطقة الشرق الأوسط و وادي تولا بالقرب من مدينة المكسيك يعتبر جوهريا. ويلزم بذل الجهود لإجراء تقدير أفضل وتحديد الاستخدام الحالي الغير رسمي للمياه العادمة وإمكانياتها، لا سيما في المناطق التي تعاني من ندرة المياه (FAO, 2010).

وعلى الرغم أن القلق الرئيسي حول استخدام المياه العادمة غير المعالجة في الزراعة يتعلق بـالمخاطر المحتملة على صحة الإنسان، فإن تنفيذ معايير جودة المياه في أغلب الأحيان قد عقدت أحيانا من خلال خطوط غامضة من السلطة وضعف القدرة على التطبيق. كما أن تقييد المحاصيل التي يمكن زراعتها بالمياه العادمة صعب حيث بعض المحاصيل عاليه الطلب في السوق المحلية وزراعتها مربحة. وحتى عندما لا يتم علاج المياه العادمة إلى المستوى المرغوب فيه تماما، يمكن الحد من المخاطر على الصحة من خلال زيادة التوعية واعتماد أساليب للري يمكن أن تقلل إلى حد كبير تلوث المحاصيل. كما أوضح تحسين النظافة في المنتجات المسوقة أنها أيضا وسيلة فعالة من حيث التكلفة إزاء الكفاءة لحماية الصحة العامة.

تخفيض الفواقد من المياه

هناك الكثير من الجدل والنقاش حول المفهوم الهندسي ل "كفاءة استخدام المياه" – النسبة بين كمية المياه المتبخره من النباتات لأغراض إنتاجية وكمية المياه المسحوبة أو المحولة من المصدر، (Keller and Keller,1995; Keller, Keller and Seckler, 1996; Seckler, 1996; Perry *et al.*, 2009; Frederiksen and Allen, 2011; Gleick, Christian-Smith and Cooley, 2011). وقد أصبح من المقبول حاليا على نطاق واسع أنه على الرغم من أن خسائر الري تبدو مرتفعة، بمتوسط نحو 40٪ من إمدادات المياه للزراعة التي تصل إلى جذور النباتات، فإن جزءا كبيرا من هذه "الفواقد" يعود إلى حوض النهر في شكل تدفقات عائده أو إعادة شحن المياه الجوفية، ويمكن استغلاله من جانب مستخدمين آخرين عبر المجرى المائي ليخدم وظائف بيئية هامة. و سوف تزيد تدابير الحد من خسائر المنبع، مع الحفاظ على المستويات الحالية للسحب، من الكفاءة الإنتاجية لاستخدام المياه ، ولكن، في الوقت نفسه، قد تحرم مستخدمي المياه في اتجاه المصب الذين يعتمدون على تدفق المياه الراجعة للأنهار أو طبقات المياه الجوفية من التغذية من هذه العوائد.

ويبدو أن عملية "حفظ" المياه قد تؤثر عكسيا على توافر المياه. ويمكن لتنمية الأحواض تحسين توافر المياه للمزارعين في المناطق شبه القاحلة، ولكن هذا غالبا ما يؤدي إلى تكثيف استخدام المياه الذي يقلل من توافرها في اتجاه مناطق المصب (Batchelor, Rama Mohan Rao and Monahar Rao, 2003). وبالمثل، فمن الممكن الدخول إلى فخ الكفاءة المائية. وقد أظهرت العديد من الدراسات لتطبيق الري الدقيق أن الحفاظ على المياه من خلال الاعتماد المكثف على الري بالتنقيط ذو الكفاءة العالية يمكن أن يزيد من الاستخدام الاستهلاكي للمياه المحلية والحد من التدفق نحو المصب (e.g. Ward and Pulido-Velazquez, 2008). وهذه الممارسات قد تزيد من إنتاجية الماء ولكن لا

تزيد بالضرورة من كمية المياه المتاحة للمزارعين الآخرين بل في الواقع ، قد تقلل هذا ببساطة عن طريق حفز مزيد من التبخر، لكن مع تقنيات عالية الكفاءة. وهذا هو الحال غالبا عندما يتم تحويل ري المواد الغذائية الأساسية لري أكثر دقة للمحاصيل البستانية ذات الاحتياجات المائية المرتفعة والكثافة المحصولية العالية. وعند حدود الندرة، عندما يتم استغلال جميع مصادر المياه وتخفيض جميع الفواقد من خلال تطبيق الري بكفاءة، فإن الخيار الوحيد هو الحد من حجم النتح للحفاظ على وإعادة بناء مخزون المياه الجوفية أو تقليل معدلات النضوب. وقد بذلت محاولات لإدخال ما يعرف بحصص النتح في سهل شمال الصين (World Bank, 2009):2009 Box 3.4.

وفي حالة الأرز، فإن الرشح الزائد إلى المياه الجوفية الكامنة يتم استرداده في العديد من المناطق من خلال الضخ (Frederiksen, 2009). وفي نهاية المطاف فإن المياه التي "فقدت" من خلال التسرب يمكن استخدامها كماء منتج مثل الذي يبقى في نظام الري، حتى عندما يقترن ذلك بتكاليف إضافية لاستعادته عن طريق الضخ والمعالجة للحصول على نوعية مياه ذات معايير مقبولة.

وفي بعض الحالات، قد يؤدي الإفراط في الري إلى تشبع التربة بالمياه ،(تطبيل)، وبالتالي خاصة في المناطق الشبه قاحلة، إلي الملوحة. ولمنع هذا من الحدوث، يمكن استخدام نظم الصرف الفعالة ويمكن استخدام مياه الري بشكل مقتصد خلال موسم النمو، في حين أن الملح المتراكم قد يحتاج إلى التخلص منه في فترات التبوير.و يمكن إعادة استخدام المياه المستخدمة في غسيل التربة على طول مجرى الماء، إذا خففت بدرجة كافية بمياه النهر العذبة أو المياه الجوفية.

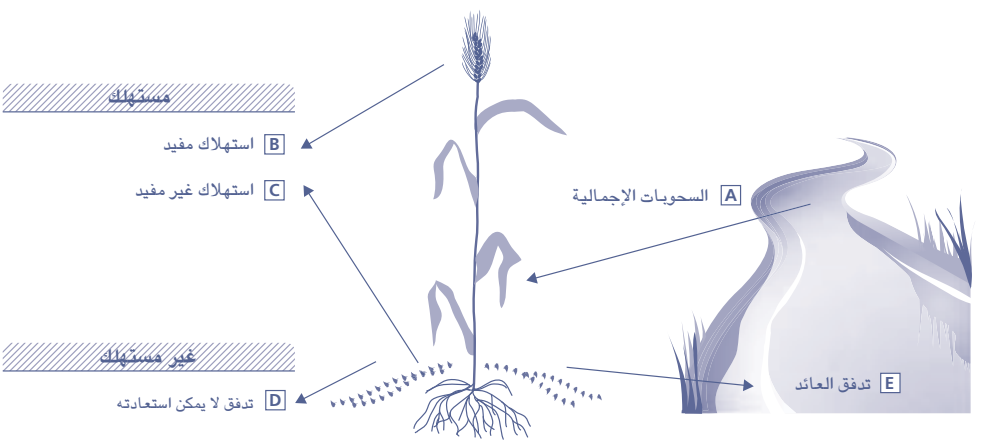
والاستنتاج الهام هنا هو أن تدابير الحد من الفواقد يجب تقييمها لكل مستجمع مياه، وليس فقط على مستوى المزرعة الفردية. كذلك يجب الإدراك التام للملابسات المترتبة على عودة التدفق ، وتوزيعه في المكان والزمان والجزء المسترد. و تتطلب التدخلات الفعالة للحد من الفواقد في الري تقييما دقيقا لجميع عناصر التوازن المائي على نظام هيدرولوجي معين، ولا سيما تحديد حصة الإمداد المائي التي فقدت من خلال التبخر، والجزء الذي يعود إلى طبقة المياه الجوفية أو الأنهار و الذي يمكن إعادة استخدامه على طول قناة الري، والجزء الذي يدخل في الاستخدام المفيد من خلال النتح بالمحاصيل، والجزء الذي لا يستهلك و لا يسترد (Molden, 1997; Hsiao, Steduto and Fereres, 2007). و في مثل هذه الظروف فقط يمكن تصميم تدابير الحفاظ على المياه بطريقة فعالة. و يقدم العرض التصوري المعروض في الإطار 2 وسيلة لتقييم التأثير المحتمل لإجراءات توفير المياه المقترحة من حيث الاستهلاك النفعي مقابل الغير نفعي و التدفق القابل للاسترداد مقابل الغير قابل للاسترداد. ولذلك ينبغي أن تجري هذه التقييمات بشكل منتظم.

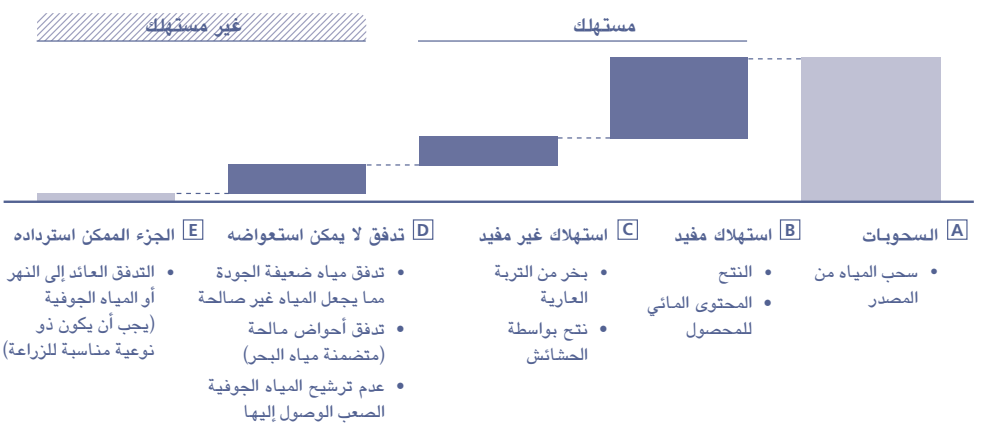
ولذلك فإن خيارات الحفاظ على المياه ترتبط ارتباطا وثيقا بقضايا الوصول و الحقوق و التخصيص بين المستخدمين. وحيث أنها تؤثر على وصول وتوزيع المياه، فيجب بالتالي أن ينظر لتدابير الحفظ في السياق الأوسع للتخصيص لضمان فهم تأثيراتها على المستخدمين و الموافقة علي ذلك. و مع ذلك، فهناك مجال لتطبيق التكنولوجيات أو أساليب الإدارة التي تؤدي إلى خفض فواقد المياه في التوزيع وعملية الاستخدام، وقد يكون من الخطأ تجاهل تدابير الحفاظ على المياه تلقائيا على أساس أن معظم تدفقات العائد يمكن أن يستخدم في اتجاه المصب (الإطار 3). وحصة الجزء الغير قابل للاسترداد والاستهلاك غير المفيد مقارنا مع التدفق العائد والاستهلاك المفيد تتصف إلى حد كبير بصفات الموقع وتختلف من مكان إلى آخر. وبالإضافة إلى ذلك، ترتبط عادة خيارات المحافظة على المياه مع زيادة إنتاجها ومع فوائد أخري مصاحبه، غير ذات صلة بمنافع المياه ، مثل خفض استخدام الطاقة، والحد من تكاليف العمالة أو زيادة الدقة والموثوقية لتوصيل المياه.. (Gleick Christian-Smith and Cooley, 2011).

الإطار 2
مكونات سحب المياه في الري

يقدم الشكل أدناه نظرة تصورية لمكونات سحب المياه على مستوى الحقل الذي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم برامج إدارة الطلب(Perry, 2007; Perry *et al.*, 2009; 2030 water resources group, 2010) ويمكن تقسيم المياه المسحوبة من مصدرها إلى أجزاء مستهلكه وأجزاء غير مستهلكة،و الأجزاء المستهلكة هي المياه المسحوبة التي تتبخر، إما مباشرة من التربة أو من خلال النتح النباتي. و الجزء غير المستهلك يترك الحقل، سواء من خلال التسرب العميق أو التدفق على أراضي نحو المصب والمجاري المائية. و يدخل جزء من المستهلك في الاستخدام المفيد من خلال نتح المحاصيل أو يبقى كمحتوى مائي للمحاصيل، في حين يفقد الاستهلاك غير المفيد من خلال التبخر للتربة العارية. و من الجزء غير المستهلك، سيتم فقدان جزء غير قابل للاسترداد لاستخدامه مرة أخرى، إما متدفقا لمصادر مياه جوفية يتعذر الوصول إليها، أو الأحواض ملحية أو إلى البحر، أو تتأثر جودته لدرجة أنه لا يمكن استخدامه مرة أخرى، بينما يتدفق الباقي نحو المصب كتدفق عائد أو تدفق يمكن استعادته ومتاح لمزيد من الاستخدام.

نظرة عامة توضيحية لمكونات سحب المياه في الري





Adapted from: 2030 Water Resources Group (2011).

الإطار 3

ممارسات توفير المياه في نظم القناة المنشأة لزراعه الأرز في آسيا

أدت نظم القناة المنشأة لزراعه الأرز في آسيا، والتخزين غير المتوازن وغير المنسق، إلى جانب المشاكل الداخلية للتوزيع ، إلى الندرة المائية ‹الصناعية› في العديد من مشروعات الري.و قد ترتب علي عدم فهم أرصدة المياه، والروابط بين المياه السطحية والمياه الجوفية، والفرق بين الاستخدامات النافعة وغير النافعة، ضعف فعالية أساليب توفير المياه (AIT, 2009) ومع ذلك، يمكن لممارسات توفير المياه مثل الترطيب المتناوب وتقنيات التجفيف، عند دمجها مع خدمات المياه المصرفية والإدارة والتخزين، أن تساهم في توفير المياه وزيادة إنتاجها. كما أن ذلك يقلل من الاستهلاك غير النافع للمياه المستخدمة في الزراعة وبالتالي يمثل زيادة صافيه في وفرة المياه على مستوى حوض النهر.و يتطلب رفع مستوى نجاح مثل هذه الممارسات فهما جيدا للقيود التي تمنع المزارعين من تطبيقها. . و يجب أن يركز تحفيز المزارعين لتطبيق تدابير توفير المياه على خدمة الري ورفع مستوى البنية التحتية، وتحسين مرونة ومصداقية الخدمات المائية.و يوضح استخدام نظام الحصص، جنبا إلى جنب مع التجارة في المياه، نتائج مبشره أكثر من الأساليب التي تروج لرسوم المياه كآلية لإدارة الطلب.

وتشمل تدابير الحفاظ الأكثر ترويجا على نطاق واسع تبطين القناة والتحول من الجاذبية إلى الري تحت ضغط، خاصة في الري الموضعي (الري متناهي الصغر)[8]. وأن تبطين القناة في مشاريع الري السطحي الكبيرة تعتبر من بين الأساليب الأكثر ترويجا على نطاق واسع للحد من الفواقد في الري، ولا سيما في جنوب آسيا. وعندما يكون التصميم للمناطق ذات طبقات المياه الجوفية الواسعة ،المتصلة ، غير المحصورة، مثل حوض نهر الغانج، فقد تصمم مثل هذه التدخلات لتحسين التحكم في المياه وتقليل التسرب المحلي، ولكن لن تؤدي بالضرورة إلي توفير المياه في جميع أنحاء المنطقة المعنية. علاوة على ذلك، وفي الظروف الحالية، مع تزايد أهمية الاستخدام المشترك للمياه السطحية والجوفية من خلال حفر الآبار الجوفية الضحلة في أراضي المزارع الفردية، تلعب نظم الري بالجاذبية ذات كفاءة الإمداد الضعيفة دورا متزايد الأهمية من حيث شحن طبقة المياه الجوفية. وبالتالي، يحتاج إعادة تأهيل أو تحديث التخطيط في مشاريع الري هذه إلى اتخاذ نهج أكثر شمولا لتوفير المياه، وزيادة التركيز على الإنتاجية الكلية للمياه في النظام بدلا من مجرد الكفاءة التقنية الدقيقة. وقد لا يزال تبطين القناة مبررا في إطار خطط تحديث الري عندما يكون ذلك مطلوبا لتحسين التحكم في المياه، أو في المناطق ذات الفواقد المرتفعة في نقل المياه حيث يكون استرداد المياه في اتجاه المصب غير محتمل.

ويحتاج النهج المماثل إلى أن يطبق في حالة التحول من نظم الجاذبية إلي نظم الري المضغوط. والري المضغوط لا يحقق دائما وفرا حقيقيا للمياه علي مستويات المزرعة ونظام الحوض. فعلى سبيل المثال، قد يزيد الري الموضعي من صافي استخدام المياه على مستوى المزرعة نتيجة للتكثيف الناتج عن زراعة محاصيل متعددة أو توسيع المساحة المروية.

ومع ذلك، فإن تطبيق الري المضغوط غالبا ما يمثل أيضا خطوة نحو تحسين السيطرة والمرونة والمساءلة في توصيل مياه الري، وبالتالي يسمح للتحول من العائد المنخفض إلى العائد الزراعي الأعلى. وبالتالي، يمكن أن تبرر مثل هذه التحولات ليس من حيث توفير المياه فحسب ولكن أيضا من حيث زيادة إنتاجية الري. وتناقش هذه الاعتبارات أدناه، ولكن على أي حال سيكون هناك دائما حاجة إلى فهم واضح للتغيرات في توزيع المياه وتداعيات ذلك على مستوى حوض النهر أو طبقة المياه الجوفية.

8 المعلومات من العرض المقدم من إيطاليا في اجتماع الخبراء الاستشاري.

تحسين إنتاجية المياه للمحاصيل

إن زيادة إنتاجية المياه الزراعية، أي كمية العائد من كمية المياه المستخدمة، يتم التسليم بها على نطاق واسع كهدف أساسي للري. ويقدم التقييم الشامل لإدارة المياه في الزراعة (CA, 2007) عرضا مكثفا لهذا الموضوع. ويمكن رفع الإنتاجية الزراعية سواء عن طريق زيادة الإنتاج من حجم معين من الماء، أو عن طريق التقليل من حجم المياه مع المحافظة على مستويات مقبولة من الإنتاج. وهذا الأخير هو حالة الري الناقص، وهو استراتيجية تطبق من قبل المزارعين باستخدام مياه ري أقل من التي تلزم لتلبية كامل الاحتياجات المائية للمحاصيل. ومن خلال قبول بعض النقص في الغلة في المحاصيل الحولية، يهدف الري الناقص إلى تحقيق الاقتصاد الأمثل في العلاقة بين استخدام المياه وغله المحاصيل الزراعية في ظل ندرة المياه. و يتطلب تطبيق ذلك معرفة استجابة المحاصيل لنقص الماء في مراحل مختلفة من النمو من أجل صياغة جدول زمني للري يزيد من توفير المياه في الوقت الذي يقلل من فاقد المحصول. ويشيع استخدام الري الناقص في المحاصيل الدائمة مثل أشجار الفاكهة أو الكروم حيث، على عكس الوضع مع المحاصيل الحولية، فإن الحد من المساحة المزروعة أو عدم ألزراعه ليست خيارات حيوية للتجاوب مع ندرة المياه.ويوفر الري الناقص لكثير من ا لمحاصيل الشجرية ، إمكانية تخفيض استخدام مياه الري مع الحفاظ على دخل المزارعين في ظروف ندرة المياه (FAO, 2012).

ويعتبر رفع غلة المحاصيل، (الإنتاج لكل وحدة من الأرض) هو المورد الأوحد الأكثر أهميه من زيادة الإنتاجية المحصولية للمياه. وعلى مدى السنوات أل 30 الماضية، شكلت زيادة الغلة 75٪ من النمو في الإنتاج الزراعي، ومن المتوقع لها أن تظل المصدر الرئيسي للنمو في الإنتاج الزراعي (FAO, 2006a). وفي النظم المروية، يمكن الترويج لزيادة الغلة الزراعية من خلال تدابير تسمح بتحقيق أقصى قدر من جانب المياه التي وضعت في الاستخدام النافع من خلال نتح المحاصيل وتقليل جزء المياه الذي يفقد من خلال التبخر غير النافع . وهذا لا يعني بالضرورة زيادة في إمدادات المياه للمحاصيل. فجزء صغير من المياه الإضافية يتم امتصاصه كإضافة للمحتوى المائي للمحاصيل، ولكن هذا الجزء يمثل عادة أقل من واحد في المائة من إجمالي المياه المستخدمة من قبل النباتات. ولذلك، فإن أي زيادة للغلة تترجم مباشرة إلي تحسين الإنتاجية المحصولية للمياه.

ويمكن أن تساعد تربية النباتات والتكنولوجيا الحيوية في الحد من خسائر الكتلة الحيوية من خلال زيادة المقاومة للآفات والأمراض، وتنشيط النمو المبكر لسرعة تغطيه الأرض و / أو التنمية الجذرية، وخفض الحساسية للجفاف.

وعلى الرغم من إحراز تقدم كبير في البلدان التي تعاني من ندرة المياه بتقليص الفجوة بين العائد الفعلي والممكن للمحاصيل، لا تزال هناك أمكانيه لتقدم إضافي في هذا الشأن. ويمكن زيادة الغلة من خلال مزيج من التحكم في المياه، وتحسين إدارة الأراضي، ومواد البذور، والاستخدام الرشيد للأسمدة وكيماويات وقاية النباتات. ومع ذلك، فإن تحسين التحكم في المياه هو مطلب رئيسي لتكثيف وزيادة الغلة. وعلى وجه الخصوص، هناك علاقة مباشرة بين الموثوقية والمرونة في إمدادات المياه والقدرة على الاستثمار في إنتاج المحاصيل.

لذلك فإن التحديث الشامل لمشاريع الري (مزيج من تحسين البنية التحتية والتحسينات الإدارية بطريقة ترقي من خدمات إيصال المياه) من المرجح أن يكون محوريا في الاستراتيجيات الوطنية التي تهدف إلى زيادة أداء إنتاج المحاصيل. والتحديث جنبا إلى جنب مع إدارة خصوبة التربة وحماية النباتات، لديه القدرة على تخفيض كبير لثغرات الإنتاجية في المحاصيل المروية. ومع وضع هذا في الاعتبار، أعدت منظمة الأغذية والزراعة آليات عديدة لتقييم إنتاجية الزراعة المروية. (نظام رسم الخرائط والخدمات لتقنيات عمليات القنوات) هو أسلوب يقيم أداء إدارة الري من

خلال تحليل وتقييم MASSCOTE ومختلف عناصر نظام الري من أجل وضع خطة تحديث لتحسين خدمات توصيل المياه وتحسين الكفاءة إزاء التكلفة بالنسبة للعمليات والإدارة. (Renault, Facon, and Wakoj, 2007).

ونموذج Aqua Crop هو نموذج منظمة الأغذية والزراعة لمحاكاة استجابة الغلة للمياه، التي تتواءم خاصة مع مواجهه الأوضاع حيث يكون الماء هو العامل الرئيسي في الإنتاج المحصولي. (FAO, 2012).

إعادة تخصيص مياه الري من الاستخدام الأدنى إلى الأعلى قيمة

إن نطاق زيادة قيمة كل وحدة من المياه المستخدمة في الزراعة (الإنتاجية ألاقتصاديه للمياه) يتباين بصوره جوهريه، ولكن في بعض الحالات قد يكون طريقا واعدا أكثر من زيادات في الإنتاجية المادية للمياه. وليس هناك علاقة بين الاحتياجات المائية للمحاصيل والعائد الاقتصادي. ففي المناطق التي تعاني من ندرة المياه، من المنطقي استخدام المياه للمحاصيل التي توفر عائدا اقتصاديا مرتفعا، بدلا من المحاصيل الأساسية ذات العوائد الاقتصادية الأدنى. وفي تونس، يشار إلى هذا الهدف بأنه " أفضل استخدام اقتصادي للمياه[9].

وحيث تتوافر شروط السوق وحيث يمكن تعويض الإنتاج الأساسي من مصادر أخرى، يمكن تشجيع المزارعين على التحول من محاصيل أقل قيمة لأعلى قيمة وزيادة إنتاجية المياه في الزراعة. ومع ذلك، عادة ما تتطلب المحاصيل عالية القيمة نظم إمدادات للمياه أكثر مرونة وموثوقية أكثر مما يمكن أن توفره مشروعات الري العامة واسعة النطاق. وهذا قد يدعو لإجراء تغييرات في كل من إدارة وتكنولوجيا الري – وليس من باب المصادفة أن يترافق عادة إنتاج المحاصيل النقدية مع المياه الجوفية، حيث يملك المزارعون السيطرة الكاملة على إمدادات المياه الخاصة بهم. والمحاصيل ذات القيمة العالية عادة ما تكون ذات كثافة رأسماليه كبيره وحساسة لظروف السوق، وأكثر مجازفة للمزارعين لهذه الأسباب. ويتطلب التحول إلى محاصيل ذات قيمة أعلى الحصول علي المدخلات بما في ذلك البذور، والأسمدة، والقروض، فضلا عن التكنولوجيا والدراية الفنية.

والمدى الذي سوف تركز عليه السياسات الوطنية في مناطق تعاني من ندرة المياه في سياق التحول إلي الزراعة الإنتاجية سوف يرتبط أيضا باستراتيجيات الأمن الغذائي الوطني.ويعتبر مستوى إدماج البلاد في الاقتصاد العالمي، والوصول إلى الأسواق الهامة من خلال الاتفاقيات التجارية ومستوى الثقة في السوق العالمية للحصول على المواد الغذائية الضرورية، عوامل سوف تشكل الاستراتيجيات الغذائية الوطنية وتؤثر على أولوية إعادة تخصيص المياه لاستخدامات أعلى قيمة. ولكن، كما أشير في المناقشة السابقة لتقليل فواقد المياه، فمن الممكن لكفاءة عالية وزراعه مروية ذات إنتاجيه عاليه أن تستغل ببساطة، جميع مصادر المياه. وعند هذا الحد، لا تزال بعض الخيارات باقية خلاف تحديد حصص للمساحات المحصودة و مقدار عمليات النتح.

3-6 خيارات خارج المجال المائي

الاستثمار في الزراعة البعلية

تمثل الزراعة البعلية 80٪ من الأراضي المزروعة، وتساهم ب 58٪ من الإنتاج المحصولي العالمي (Bruinsma, 2009) ولذا، فإنها المصدر الرئيسي للإنتاج الزراعي على المستوى العالمي. وقد أدى ذلك إلى توسيع نطاق قضايا المياه الزراعية لتشمل كلا من الزراعة المروية والبعلية (Wani, Rockström

9 معلومات من العرض الذي قدمته تونس في اجتماع الخبراء الاستشاري

and Oweis, 2008; Rockström *et al.*, 2009). و قد تم الترويج لمفهوم الماء الأزرق (المياه المتدفقة في الأنهار والبحيرات وطبقات المياه الجوفية) والماء الأخضر (مياه الأمطار المخزنة في التربة والمستخدمة مباشرة من قبل النباتات من خلال النتح) لإظهار الأهمية النسبية للزراعة البعلية في العلاقة مع الري من حيث استخدام المياه. وفي الواقع، تمثل المياه العذبة المستهلكة في الري 20٪ فقط من كل الماء المستهلك من قبل جميع المحاصيل عن طريق النتح (CA, 2007).

وهناك عدة أسباب للاستثمار في الزراعة البعلية كجزء من استراتيجية التعايش مع ندرة الماء ، ولكن الفرص تختلف اختلافا كبيرا من مكان إلى آخر. وحيث يكون المناخ مناسبا للزراعة البعلية، هناك إمكانية كبيرة لتحسين الإنتاجية حيثما تكون الغلة ما زالت منخفضة ، كما هو الحال في العديد من مناطق شبه الصحراء الافريقيه (CA, 2007). وهنا، يمكن لمجموعة من الممارسات الزراعية السليمة (من خلال إدارة التربة، والماء، والخصوبة، ومكافحه الآفات)، صعودا إلي (المدخلات والائتمان) وهبوطا نحو روابط (الأسواق)، جنبا إلى جنب مع خطط للتأمين ضد الطقس أن تقطع شوطا طويلا في تحسين الإنتاجية الزراعية مع التأثير القليل على الموارد المائية.

وفي المناطق الاستوائية شبه القاحلة تحظي مسألة التوازن بين الزراعة المروية والبعلية علي أكبر قدر من الاهتمام. ففي هذه المناطق، ينطوي الاعتماد على الزراعة البعلية علي مخاطر كبيرة ذات صلة بالمناخ. وقد دعت مجموعة من تقنيات جمع المياه إلي تغطيه فترات الجفاف القصيرة، و بالتالي تقليل المخاطر في الزراعة البعلية (Wani, Rockström and Oweis, 2008; Faurès and Santini, 2008). ومع ذلك، فهذه التقنيات بشكل عام لا تحمي المحاصيل من نوبات جفاف أطول التي قد تؤدي إلى فشل المحاصيل. ويجب أن تقيم المنافع، والتكاليف، والمخاطر المرتبطة بهذه الممارسات بعناية للحكم على مدى ملاءمتها. وبالإضافة إلى ذلك، تم تحديد المناطق الاستوائية شبه القاحلة بأنها معرضة بصفة خاصة لتغير المناخ وما يتعلق بذلك من تقلباته (FAO, 2011a).

الحد من الفواقد في السلسلة الغذائية

تحدث فواقد على طول السلسلة الغذائية، من الحصاد والنقل والتخزين والتعبئة والتغليف.و يحدث المزيد من الفواقد في تجهيز الأغذية، وتجارة الجملة والتجزئة، والاستهلاك من قبل الأسر. وتقدر منظمة الأغذية والزراعة FAO (2011b) أن الفواقد والهدر قد يكونا في حدود 30٪ بين الحقل والمستخدم النهائي.

ومن الواضح أن جزءا من هذه الفواقد تكون غير قابله للاسترجاع علي مدي الامتداد التدريجي للسلسلة الغذائية المرتبطة بالاقتصاد الحديث.و مع ذلك، ففي استراتيجية الأمن الغذائي الوطني، من المنطقي التحديد الدقيق للمصادر الرئيسية للفواقد وتقييم إمكانية الحد منها.

ويقترن بذلك مسألة النظام الغذائي، والتي تجتذب اهتماما متزايدا. وكلما تقدمت المجتمعات، يميل معدل استهلاك الفرد من الغذاء إلى الزيادة و تصبح النظم الغذائية أكثر تنوعا (UN-Water, 2006b). وتفرض زيادة استهلاك اللحوم، وإلى حد أقل، منتجات الألبان ضغطا على المياه، وذلك بسبب الكم الهائل من المياه اللازمة لإنتاجها (CA, 2007). وأن مدى رغبه و استعداد هذه المجتمعات لتعديل عاداتهم الغذائية كجزء من جهد أكبر للحد من بصمتهم البيئية، يعتبر خارج نطاق هذا التقرير. و مع ذلك، فإن لها تداعياتها على الأمن الغذائي الوطني واستراتيجيات التعايش مع ندره المياه.

ما بعد الإنتاج الزراعي: المياه الافتراضية ودور التجارة

في البلدان التي تمثل ندرة المياه بها عائقا في تحقيق الاكتفاء الذاتي في المواد الغذائية والسلع الزراعية الأخرى، يجب وضع الخيارات الاستراتيجية على أساس السياسات الوطنية للأمن الغذائي ودور التجارة الزراعية.

وقد تم تطوير مفهوم "المياه الافتراضية" في التسعينات (Allan, 2001; Hoekstra and Chapagain, 2007) لتطوير العلاقة بين التجارة الدولية وسياسات المياه. والمياه الافتراضية هي المياه المستخدمة لإنتاج السلع: وحيث يتم تداول هذه السلع، تغير المياه الافتراضية أيضا من معطياتها. فاستراتيجية التنمية الاقتصادية في تشيلي، على سبيل المثال، تقوم على تصدير المياه الافتراضية من خلال النحاس، الفواكه، ولب الخشب والنبيذ، وسمك السلمون.[10] وإذا كان بلد ما يعاني من ندرة المياه لإنتاج ما يحتاجه لتحقيق الأمن الغذائي الوطني، قد يكون من المنطقي اقتصاديا استيراد تلك المنتجات ، في مقابل السلع والخدمات ذات الكثافة الأقل في استخدام المياه. فشراء المواد الغذائية من الأسواق العالمية في وقت ندرة المحلية يمكن أن يكون أيضا أحد الخيارات. إذا كان لدي البلد ما يكفي من احتياطي النقد الأجنبي وغيرها من وسائل النفاذ إلي التجارة الدولية. وينبغي ألا يغيب عن البال أنه في البلدان الكبيرة مثل الصين، في ظل وجود اختلافات مناخيه شاسعة بين المناطق، يمكن تطبيق مبدأ المياه الافتراضية على التجارة الداخلية أيضا[11].

ويخضع مفهوم المياه الافتراضية لبعض المحاذير الفنية، واحدة منها هو أنه لا يميز بين المحاصيل المنتجة في ظل ظروف الزراعة البعلية (حيث ترتبط المياه ارتباطا جوهريا بالأرض، وبالتالي فهي 'مجانا') والمحاصيل المنتجة بالري، حيث للمياه تكلفة مؤكده. وفي حالة اللحوم، على المرء أن يأخذ في الاعتبار أن الحيوانات المتجولة لديها كفاءة جمع المياه "الافتراضية": وفي المناطق القاحلة، تنمو المراعي الذين يستهلكونها على مياه الأمطار التي عادة لا يكون لها استخدام آخر.

وبالرغم من عدم التعبير عنها؛ بمصطلح الهيدرولوجية المحورية، فإن تجارة الأغذية والمياه الافتراضية المرتبطة بها هما حقيقة واقعة، وسوف يميلان إلى الزيادة حيث يزيد عدد البلدان التي بلغت مستويات الندرة المطلقة للمياه. ومع ذلك، ووفقا للدراسات التجريبية، لا يبدو إن مفهوم المياه الافتراضية يمارس على نطاق واسع.و بالمعنى الاقتصادي القياسي، لا تفسر المياه الافتراضية الكثير من التجارة الدولية. وهذا لا يفند المبدأ الأساسي، بالرغم من أنه يشير بالقطع إلى أن عوامل أخرى تميل إلى الغلبة في تحديد تركيبة التجارة الدولية.وتشرح الإعانات،و نقص النقد الأجنبي، و التردد في الاعتماد على الإمدادات الخارجية، ووجود قوى أخرى محلية ذات نفوذ، تشرح جميعها القيود المفروضة على مفهوم المياه الافتراضية كأداة تنفيذية (Fraiture *et al.*, 2004; Fraiture and Wichelns, 2010). وما كان له أهمية خاصة للدول في الماضي القريب، هو ضرورة الحفاظ على مستوى معين من السيادة الغذائية.فإن تذبذب أسعار المواد الغذائية الأساسية، وتأثيرها على السكان، ولا سيما في البلدان النامية، يحث أصحاب القرار لمراجعة سياستهم الغذائية لصالح زيادة الاكتفاء الذاتي. وفي الأماكن التي تعاني من شح المياه، تؤثر هذه الاعتبارات على السياسات المائية وتضيف بعدا سياسيا واجتماعيا إلى الفكر الاقتصادي الضيق المرتبط بمفهوم المياه الافتراضية.

4-6 القضايا الهامة والاعتماد المتبادل بين خيارات الاستجابة

ليس كل خيارات الاستجابة صالحة على جميع المستويات.و يوضح الجدول 6 كيف أن الخيارات المتعددة تنطبق بشكل مختلف علي مستويات حوض النهر ونظام الري والمزارع، وخارج بوابه المزرعة. وهي توفر فرصة لتركيز الاهتمام على مختلف أصحاب الشأن المعنيين بتطوير استراتيجيات التعايش مع ندرة المياه، والحاجة إلى برامج مصممة خصيصا لمتطلبات مختلف أصحاب الشأن. كما تسلط الضوء على الاعتماد المتبادل بين الخيارات. وعلى وجه الخصوص،تعتمد الخيارات على مستوى المزرعة والتي تهدف إلى الحد من فاقد المياه في المزارع أو زيادة إنتاجية المياه، على نوعية وموثوقية خدمة توصيل المياه، وهذه بدورها تعتمد على نوع البنية الأساسية

10 معلومات من العرض الذي قدمته شيلي في مشاورة الخبراء
11 معلومات من العرض الذي قدمته الصين في مشاورة الخبراء

للري والمعدات، وفي نهاية المطاف، على إدارة المياه عند مستويات حوض نهر. وكما تتدفق المياه من الأنهار إلى القنوات وإلى حقول المزارعين، كذلك يجب أن تتدفق القدرة للسيطرة عليها ولايمكن توقع عدم حدوث تحسن جوهري على مستوى المزرعة دون التحسينات على المستويات الأعلى.

5-6 منحنى تكلفة الإمدادات الغذائية كآلية لصنع القرار

ناقشت الفصول السابقة مجموعة من الخيارات المتاحة لصناع القرار لمواجهه قضية الأمن الغذائي في سياق ندرة المياه. وتعتبر التساؤلات المتعلقة بتعزيز الإمدادات مقابل إدارة الطلب، والأدوار النسبية للإنتاج البعلي والمروي في إرضاء الطلب المستقبلي للأغذية والمنتجات الزراعية الأخرى ذات صله وثيقة بذلك. وتلعب المياه دورا محوريا في هذه المناقشات، سواء كعامل رئيسي لنظم الإنتاج المروية (والبعلية) أو كموارد تخضع للمنافسة مع قطاعات آخري.

تطبيق منحنى التكلفة علي استراتيجيات الإمدادات الغذائية

يجب أن يفحص دور المياه في الاستراتيجيات الوطنية للأمن الغذائي بطريقة حاسمة لضمان إدارة جميع الموارد بطريقة فعالة ومستدامة.و يعتبر المفهوم "منحنى تكلفة الإمدادات الغذائية" أداة مفيدة لدعم اتخاذ القرار في هذا المجال. فهو يوفر نظرة ثاقبة في ألطريقه التي تمكن الدولة من سد الفجوات في الإمدادات الغذائية بطريقة فعالة من حيث التكلفة.ويمكن تعريف الثغرات في الإمدادات الغذائية بأنها الفرق بين المستوى الحالي للإمدادات الغذائية و المستوى المرغوب أو المخطط لهذهالإمدادات في المستقبل الذي يأخذ في الاعتبار النمو السكاني والتغيرات في العادات الغذائية (ويمكن تمديد هذا المفهوم على المنتجات الزراعية غير الغذائية).

ويمكن التعبير عن الإمدادات الغذائية المحلية على المستوى الوطني من خلال المعادلة التالية:

$$FS = FP + I - E - L$$

حيث:

FS = الإمدادات الغذائية؛ FP = إنتاج الأغذية؛ I = الواردات؛ E = الصادرات، و L =الفواقد في السلسلة الغذائية.

ويتطلب التقييم الشامل وإجراء توقعات للطلب على الغذاء تفنيد الطلب علي المنتجات الغذائية الرئيسية، بما يشمل اللحوم والأسماك ومنتجات الألبان. وهنا، نركز على المحاصيل الغذائية الرئيسية (على اعتبار أن الطلب على اللحوم ومنتجات الألبان يمكن التعبير عنها كأعلاف، وبالتالي كمحاصيل). ولا يوجد سوى ثلاثة مصادر ممكنة للنمو المستقبلي في إنتاج المحاصيل (Bruinsma, 2009): زيادة في الغلة، وزيادة في الكثافة المحصولية، والتوسع في المساحات المزروعة. و يمكن التعبير عن الزيادة في إنتاج المحاصيل بوصفها وظيفة هذه المصادر الثلاثة للنمو. وحيث أن الوسائل والتكاليف المشاركة في إدارة وتطوير أو توسيع الأراضي تحت ألزراعه البعلية والزراعة المروية مختلفة، فمن المهم النظر في هذه الخيارات بشكل منفصل، وحيث أن جميع المصادر الثلاثة للنمو يمكن أن تنطبق على كل من الزراعة البعلية والمروية،فهناك في الإجمال ستة متغيرات يمكن أن تتأثر لتصل إلى مستوى معين من إنتاج المحاصيل. فإذا أضفنا لذلك عنصر الحد من الفواقد في السلسلة الغذائية، وتجارة الأغذية (الواردات أو الصادرات)، يكون لدي صانعي السياسات إجمالي ثمانية اختيارات يمكن لهم مزجها للوصول لأهداف الإمدادات الغذائية المحلية.

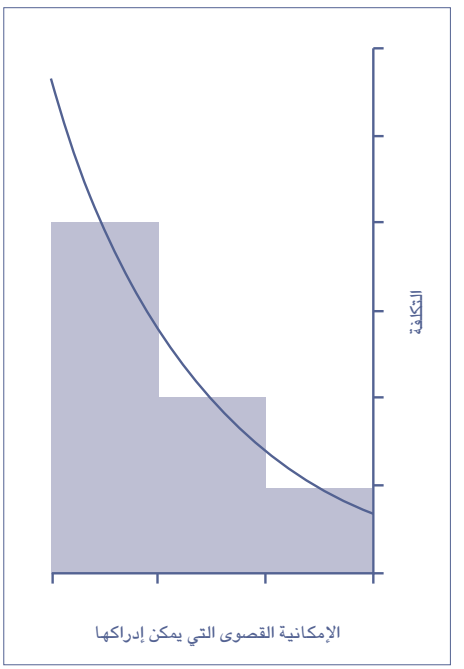
ولكل من هذه الخيارات (مع استبعاد التجارة)، يمكن حساب المساهمة المحتملة في تحقيق هدف الإمدادات الغذائية المحلية على أساس بلوغ الغلة القصوى للمحاصيل الرئيسية، وتوافر الأراضي والموارد المائية، والخفض المحتمل في الفواقد الغذائية. وعادة، سيكون لكل واحده من هذه الخيارات توزيعا دلاليا للتكاليف كما هو مبين في الشكل 5.

الجدول 6

نطاق تطبيق خيارات الاستجابة المختلفة

	الإجراءات	أحواض الأنهار / طبقة المياه الجوفية	مشروع الري	مزرعة / قطعة	ما بعد الإنتاج
على جانب العرض خيارات	الحد من التقلبات السنوية لتدفق النهر	زيادة التخزين (السدود متعددة الأغراض)	تخزين المياه علي مستوي المشروع	المحافظة على المياه على مستوى المزرعة	-
	تعزيز قدرة إمدادات المياه الجوفية	تنمية المياه الجوفية والإدارة والتغذية الصناعية			-
	إعادة تدوير المياه وإعادة استخدامها	-	إعادة استخدام المياه العادمة الحضرية لإنتاج المحاصيل		-
	مكافحة التلوث	الرصد علي مستوى الحوض و التنظيم والحوافز لمكافحة التلوث	-	الإنتاج و الوقاية المتكاملين للنبات	-
	استيراد المياه	التحويلات بين الأحواض	-	-	-
جانب الطلب خيارات	تخفيض الفاقد من المياه	تحسين تخطيط تخصيص المياه	نقل المياه تحت ضغط وتحسين جدولة الري والتوزيع وتبطين القناة	استخدام المياه المضغوطة (الري بالتنقيط)، وتحسين جدولة الري وضبط الرطوبة	-
	زيادة إنتاجية المياه	آليات أفضل لإدارة المياه، وتحسين القدرة على التنبؤ بالإمدادات، والإنذار المبكر	الحد من فجوة الغلة من خلال تحسين الممارسات الزراعية	-	-
	إعادة تخصيص المياه	نقل بين القطاعات (من خلال أسواق المياه أو غيرها من آليات تخصيص المياه)	آليات نقل المياه علي مستوي المشروع	التحول إلى محاصيل ذات قيمة أعلى في الري،تقييد المساحة المزروعة تحت الري	-
	الحد من الفواقد في سلسلة القيمة	-	-	الحد من فواقد المحاصيل من خلال مكافحة الآفات	الحد من فواقد ما بعد الحصاد في التخزين والتجهيز والتوزيع والاستهلاك النهائي
	الحد من الطلب على ري المنتجات والخدمات	-	-	تخفيض فجوة الغلة في الإنتاج البعلي	-
	تخفيض استخدام المياه للفرد	-	-	-	التغيرات في أنماط الاستهلاك الغذائي (أطعمه أقل كثافة لاستخدام المياه)

شكل 5
منحنى التكلفة النموذجي لخيار تجاوب معين



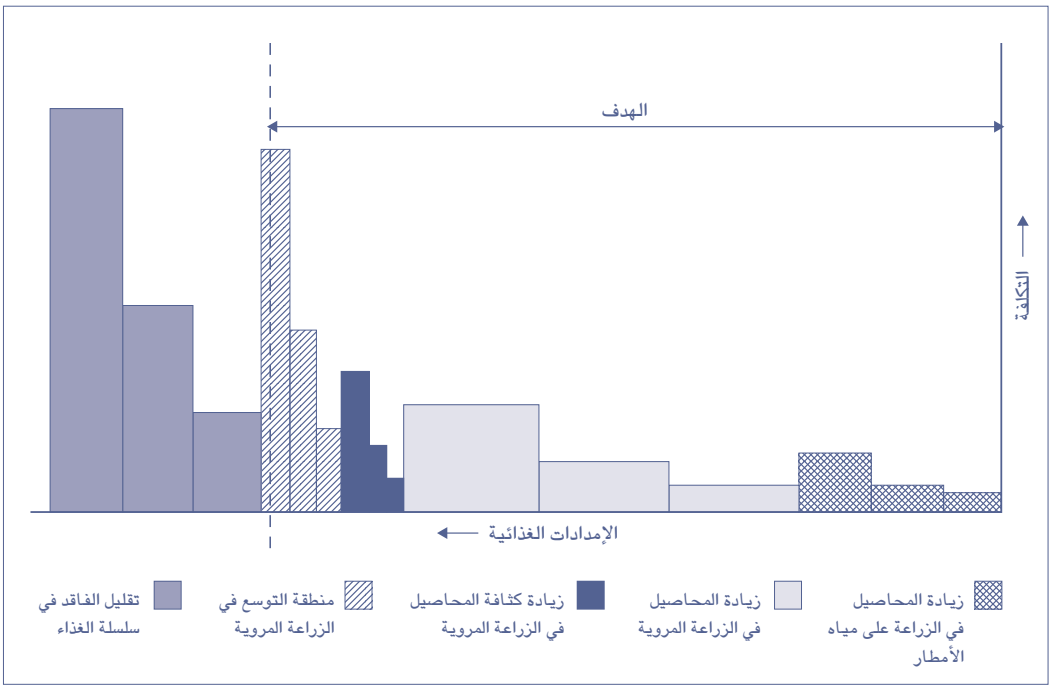
ويعكس توزيع التكلفة المشار إليها حقيقة أن المكاسب المبكرة أسهل و لذلك أقل تكلفة في الحصول عليها عن تلك الأقرب للقدرة النهائية. فعلى سبيل المثال، إذا ما أخذنا في الاعتبار المحاصيل البعلية بالمدخلات المنخفضة والعوائد المنخفضة، فمن السهل نسبيا زيادة الغلة من خلال تنفيذ تدابير مثل مكافحة الأعشاب الضارة، وتحسين إدارة خصوبة التربة أواستخدام البذور المحسنة. وسوف تصبح الزيادة الاضافيه للغلة أكثر صعوبة وتكلفة باتخاذ إجراءات مثل تطوير أفضل لأوضاع السوق أو الاستثمار في البحوث الزراعية والإرشاد. ولزيادة الغلة أكثر من ذلك، يصبح من الضروري اتخاذ إجراءات مكلفة، مثل الميكنة الكاملة من اجل زراعة دقيقه. وهذا صحيح بالنسبة لزيادة الغلة، كما هو الحال بالنسبة للتوسع في الأراضي الزراعية وتوفير المياه للري، أو الحد من الفواقد في السلسلة الغذائية. وفي الرسم البياني بالشكل (5)، جري تبسيط منحنى التكلفة وتوضيحه في ثلاث كتل من التكاليف المتزايدة. وهذا هو الحال أيضا بالنسبة لاستيراد المواد الغذائية، وحيث تعتمد تكلفة المواد الغذائية في السوق الدولية على قدرة البلد على التنبؤ باحتياجاتها الغذائية، وتعديلات اللحظة الأخيرة عادة ما تكون أكثر تكلفة من صفقات الوقت المبكر.

وفي "منحنى تكاليف الإمداد بالأغذية"، يمثل محور X كمية الغذاء الإضافية التي يمكن الحصول عليها من هذه الخيارات المختلفة، في حين أن المحور Y يبين التكاليف المترتبة على كل اختيار. وسوف يكون لكل بلد المنحنى الخاص به، استنادا إلى المستوى الحالي للتكثيف، وتوافر الأراضي والمياه، ومستوى الفواقد في السلسلة الغذائية. و يمثل الشكل 6 نموذجا لبلد يجاهد لتحقيق الاكتفاء الذاتي من الغذاء مع عدم وجود المزيد من الأراضي المتاحة للزراعة البعلية.

ومصادر النمو لإنتاج الأغذية في الشكل 6 هي زيادة الغلة في الزراعة البعلية والمروية، وزيادة الكثافة المحصولية في الزراعة المروية؛ التوسع في المساحات المروية (من الأراضي البعلية سابقا – وهو نمط نموذجي للتكثيف)، والحد من الخسائر في السلسلة الغذائية. وتكاليف تنفيذ الزيادات في الإمدادات الغذائية من كل فئة من الفئات ليست موحدة، كما يدل عليه ارتفاع أعمده الرسم البياني. ولكل فئة من الفئات، ينبغي تحديد الإجراءات ألمعينه التي يمكن اتخاذها لزيادة الإمدادات الغذائية المحلية. ففي فئة "توسيع المساحات المروية"، يمكن للمرء أن يفكر أولا في تمديد مشروعات الري القائمة كإجراء رخيص نسبيا، ويمكن تصور زيادة استخدام المياه الجوفية لأغراض الري كتدبير وسطي، في حين تكون التدابير الأغلى من خلال إنشاء خزانات إضافية والنقل بين الأحواض، وتطوير الري الإضافي في مواقع هامشية مناسبة. وبالمثل، يمكن خفض أجزاء من فواقد ما بعد الحصاد في البلدان النامية باتخاذ تدابير سهلة نسبيا قابله للتنفيذ، مثل تقنيات حصاد أفضل أو تخزين أفضل للمواد الغذائية في المزرعة وعلى مستوى المجتمع المحلي. وقد تشمل التدابير الأكثر إلحاحا وصول أفضل إلى الأسواق والمعلومات عنها؛ تحسين البنية التحتية لتحسين وسائل النقل، والتخزين والتجهيز وتقنيات التعبئة والتغليف.و يتم الحصول على منحنى تكلفة إمدادات الغذاء من خلال ترتيب الخيارات حسب مستوى تزايد التكاليف.ويبين الشكل 7 التركيبة الأكثر فعالية من حيث التكلفة للخيارات التي من شأنها أن تكون مطلوبة لملء فجوة إمدادات غذائية معينه.

شكل 6

االخيارات المتاحة لزيادة الإمدادات الغذائية والتكاليف المرتبطة بها على المستوى الوطني – حالة بلد حيث تستخدم كل موارد الأرض فعليا والتوسع غير وارد.



وتختلف الخيارات المتاحة لكل فئة لكل بلد، وكذلك التكاليف المرتبطة بها. والتدابير التي يمكن اتخاذها على الجانب الأيمن من الرسم البياني هي الأكثر تكلفة، و ربما يمكن تجنبها لو تم استيراد المواد الغذائية. ويمكن توضيح ذلك بصوره اكبر بالشكل 8، الذي هو مثال لمنحنى الإمداد الغذائي لبلد موارده لا تكفي لتلبية الاحتياجات المحلية.

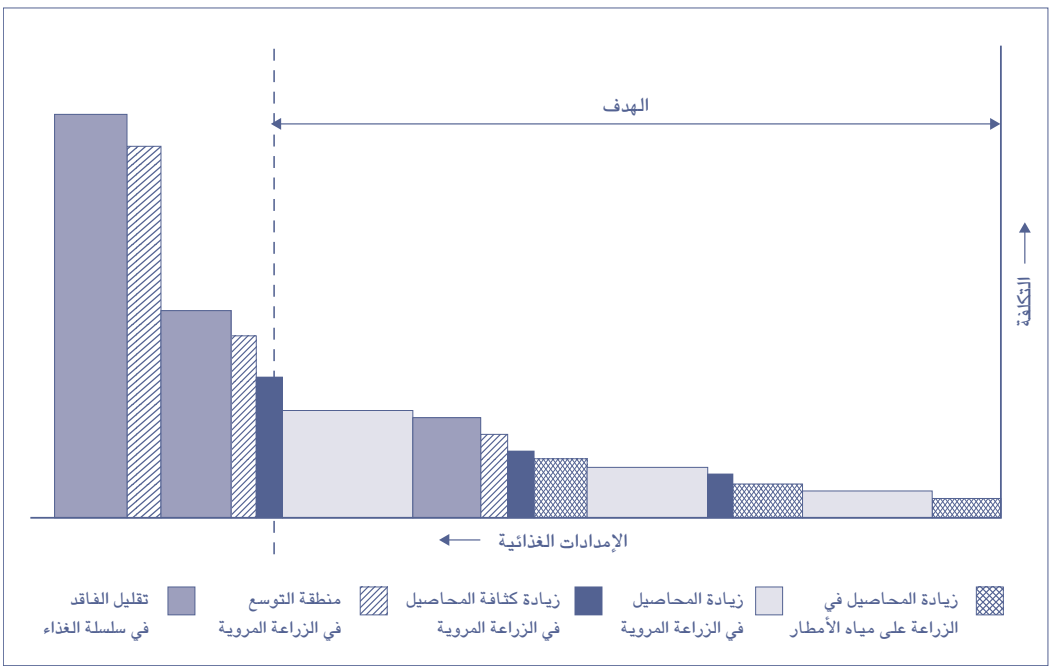
البلد في مثال الشكل 8 يمكنها فقط إنتاج الغذاء تحت ظروف الري. والزراعة مكثفة بالفعل وليس هناك أي فرص لزيادة كثافة المحاصيل. ومصادر النمو لزيادة الإنتاج هي زيادة الغلة وربما التوسع في المساحات المروية. ويوضح الرسم البياني أنه من المستحيل لهذا البلد تحقيق الاكتفاء الذاتي في الإمدادات الغذائية المحلية.و يمكن إجراء بعض التوفير في الإمدادات الغذائية عن طريق الحد من الفواقد في السلسلة الغذائية، ولكن غالبا ما يكون العديد من الخيارات في هذه الفئة مكلفا للغاية. ويوضح الرسم البياني أن جزءا من فجوة الإمدادات الغذائية سوف يحتاج لأن يغلق من خلال الاستيراد من السوق الدولية. وفي كثير من الحالات،تكون تكلفة المواد الغذائية في السوق الدولية أرخص من أغلى خيارات الإمدادات الغذائية الوطنية ، و سوف يتعين أن يتم التفاوض بشأن ذلك داخليا، مع مراعاة شواغل السياسة العامة الأوسع نطاقا فيما يتعلق بالسيادة الغذائية والأمن الغذائي الوطني.

منحنى حساب تكلفة إمدادات الغذاء

يوفر منحنى التكلفة الموصوف سابقا طريقة بسيطة لكنها فعاله لتحديد وترتيب خيارات إنتاج الأغذية في ظروف ندرة المياه. ويكمن الكثير من التعقيد في إنشاء منحنيات التكاليف الفردية لمختلف الخيارات،ويتطلب ذلك فهما جيدا للظروف الزراعية، الهيدرولوجية، والاقتصادية الاجتماعية التي سيجري إدخال تحسينات فيها.

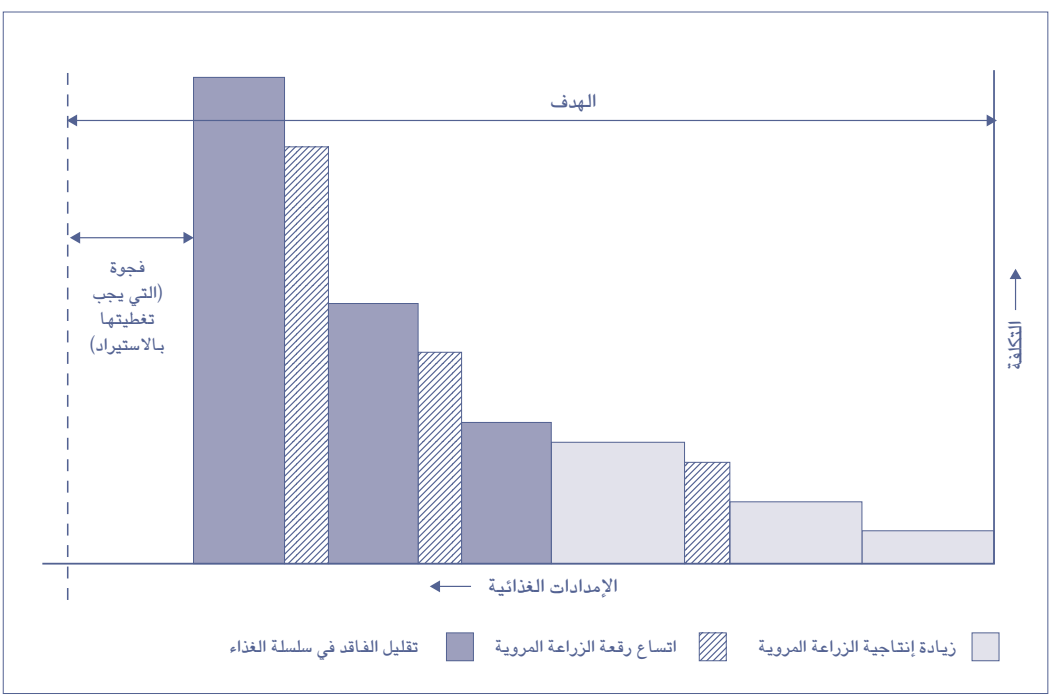
شكل 7

منحنى تكاليف إمدادات الأغذية – حالة دولة حيث كل موارد الأرض مستخدمه بالفعل



شكل 8

مثال لمنحنى تكلفة الإمدادات الغذائية – حالة بلد ذات موارد شحيحة وتعاني من العجز الغذائي.



وسوف تكون زيادة الغلة، على سبيل المثال، في معظم الحالات نتيجة لمزيج من تحسينات زراعية واقتصادية، والتي لا يمكن اعتبارها بشكل منفصل. وبينما هناك دائما و بصفه عامه عامل محدد رئيسي، فإن مزيجا من الممارسات الزراعية الجيدة من شأنه أن يسهم في زيادة الغلة بدلا من تطبيق أي من هذه الممارسات بشكل منفصل.

والبعد الآخر ذو العلاقة بإنشاء منحنى التكلفة هو مستوى عدم اليقين المرتبط بالإنتاج تحت ظروف الزراعة البعلية والمروية. ومستوى عدم اليقين هو عادة أعلى في ألزراعه البعلية منها في الزراعة المروية، نظرا لاعتماد الأولي حصريا علي هطول الأمطار لإمدادات المياه، مع وجود اختلافات بين البلدان أو داخل البلدان حسب الخصائص المناخية السائدة. وهذه المخاطر المرتبطة بالإنتاج يجب إظهارها في منحنى التكلفة، وتلعب دورا هاما في عملية صنع القرار.

وينطبق الأمر نفسه على الواردات الغذائية، والمخاطر المرتبطة بتقلبات أسعار المواد الغذائية في السوق الدولية. ويمكن معالجه هذه المخاطر من خلال زيادة مخزون الإمدادات، أو إبرام عقود حصر طويلة الأجل لإنتاج الغذاء خارج البلاد، أو عقد صفقات مبكرة في السوق العالمية.كما يمكن تحليل الفعالية مقابل التكاليف لكل هذه الخيارات من خلال منحنى تكلفه الإمدادات الغذائية.

وأخيرا، فإن منحنى التكلفة يخضع لكثير من مستويات التمحيص الممكنة التي من شأنها أن تؤثر على عملية صنع القرار. ويمكن اعتبار تكلفة اختيار معين من الناحية الاقتصادية فقط، و لكن يمكن أيضا أن تتوسع لتشمل الناحية البيئية، والأبعاد الاجتماعية والسياسية اللازمة لصناعة القرارات المستنيرة.

7- المبادئ من أجل العمل

لقد شرح الفصل السادس تنوع الاختيارات المتاحة لمختلف نوعيات واضعي القرارات لمواجهة التحدي الخاص بالندرة المائية والدور الذي تقوم به الزراعة. وسوف يعتمد اصطفاء الاختيارات وإمكانياتها النسبية على سلسلة من الظروف، تشمل العوامل الزراعية – المناخية المحلية، ومستويات الندرة المائية، والدور التي تلعبه الزراعة في الاقتصاديات القومية، والقيم الاجتماعية. كذلك سوف يعتمد على عوامل خارجية، تشمل التجارة العالمية، والبيئة التعاونية، والتوقعات الخاصة بالتغير المناخي. علاوة على ذلك، فنظراً للتغيرات السريعة في الميادين الجيولوجية، والسياسية، والمجتمعية، والبيئية، فإن ما يمكن اعتباره اختياراً مثاليا اليوم قد لا يكون كذلك في الغد. ولذلك فليس في الإمكان تواجد منهج ثابت يطبق في هذا الشأن، والاحتمال بعيد أن يمكن صياغة مجموعة من الاختيارات كحل "مثالي"، ولن يمكن اعتبار اختيار معين بأن هذا هو المرغوب – أو الممكن – على كافة السياقات.

ومع ذلك، فمن الواضح أن "عدم القيام نشئ" يؤدي إلى تدهور بيئي، وإلى الاستخدام الغير سليم للموارد النادرة، وعدم المساواة في إمكانية الوصول لتلك الموارد، وخسائر للاقتصاد وللرفاهية الاجتماعية، الأمر الذي قد يؤدي إلى نزاع على كافة المستويات، بدءاً من الحقل حتى حوض النهر الدولي.

وحيث أن الحلول الإستراتيجية للندرة المائية تعتبر قضية بذاتها، فإن هذا الجزء الختامي يقترح بعض المبادئ العامة التي تسري على مختلف الأوضاع الاقتصادية الاجتماعية. ولقد تم تطوير ستة مبادئ أساسية تناقش أدناه. وهي تمثل مجتمعة نقطة البداية الضرورية لأي إستراتيجية مؤثرة وفعالة ومستدامة للتكيف مع الندرة المائية في الزراعة.

7-1 المعرفة: إستراتيجيات الأساس عن الإدراك الواضح لأسباب وتأثيرات الندرة المائية

يجب أن تبنى إستراتيجيات التكيف على الفهم الجيد لأسباب الندرة المائية، على كلا المستويين الوطني والمحلي. ويجب أن تستخدم المحاسبة التفصيلية للعرض والطلب المائي كنقطة بداية، وكأساس لتحديد، وتطويع وتطوير إستراتيجيات التكيف. ويجب أن تعترف هذه الأسس أن هناك حدوداً لما يمكن استغلاله من المياه، وأنه قد يكون هناك أسباب متعددة للندرة المائية (سواءً على جوانب الطلب أو العرض)، التي تختلف جميعها بالنسبة للوقت والمكان. ومن المهم أيضاً إدراك الصلات مع القطاعات المختلفة للاقتصاد، حيث من الممكن أن تقع الأسباب الأولية للندرة المائية خارج دائرة المياه (مثل السياسات الاقتصادية أو الزراعية التي تشجع الاستخدام غير المستدام للموارد المائية). وعلى ذلك، فمن الأهمية بمكان أن تبنى الإستراتيجيات على أصدق البراهين المتاحة ولا تعتمد على مجرد الإشاعات أو البديهيات (بالرغم أن ذلك يمكن أن يوفر تخمينات مفيدة).

ولقد تم التأكيد على أهمية فهم الدورة الهيدرولوجية عند صياغة السياسات المائية في الفصل الخامس. فالعلاقة المتبادلة بين المياه السطحية والمياه الجوفية، وبين مستجمعات أعلى النهر وأدناه، وبين النوعية، والحجم، وأهمية إعادة استخدام المياه عبر أحواض النهر – كل هذه الأمور لها ملابساتها من أجل فاعلية الجهود المقترحة. وتوفر المحاسبة المائية أساسا جوهريا للتطوير الإستراتيجي، والتكيف المبنيان على البراهين، كلما توفرت براهين أكثر. وإن الفشل في إدراك

التداعيات الهيدرولوجية للجهود المقترحة، قد يؤدي إلى عواقب غير متوقعة، كما أن إستراتيجيات النوايا الحسنة ولكن ضعيفة الإدراك، للتكيف مع الندرة المائية، يمكن أن تؤدي لآثار مناوئة على الأسلوب الذي توزع به المياه عبر حوض النهر، بدون تحقيق الوفورات المتوقعة.

ويوفر التخطيط المتكامل الفرص للإدارة السليمة للطلب على المياه. وحيثما تكون المياه نادرة، فيجب إيلاء الرعاية الخاصة إلى إمكانية إعادة الاستخدام، لما يمكن استعادته من الاستخدامات الغير مستنفذة للمياه، في كل مرحلة من مراحل التخطيط، والتصميم، والتنفيذ، لمشروعات متعددة الأغراض للإمداد بالمياه واستخدامها (UN-Water, 2009).

2-7 الآثار: تقدير المدى الكامل للمنافع والتكاليف، واستخدام معيار نظامي شامل لاتخاذ القرار

إن كلا من معياري التكلفة إزاء الفائدة والتكلفة إزاء الفاعلية لهما دور هام في اصطفاء الخيارات، بجانب المعايير الأخرى مثل المساواة، والأثر البيئي والقيم الاجتماعية الأخرى. ومع ذلك، فمن الصعب على تحليلات التكلفة إزاء الفائدة (CBA)، أن تستوعب كلياً وبدقة، كافة الآثار المحتملة لمشروعات المياه على المواطنين أو على البيئة، كما أن هناك ميل للمبالغة في تقدير الفوائد، خاصة بالنسبة للبنية التحتية الأساسية. كذلك، فإن تقنيات التكلفة إزاء الفائدة (CBA) مطاطة، ولم تبرهن على كفايتها بنفسها لإدخال ممارسات تخطيطية أفضل، وذلك طبقا لـ Molle (2003).

أما تحليلات التكلفة إزاء الفاعلية (CEA) فقد تبدو أكثر بساطة، طالما ليس هناك حاجة للتقدير المباشر للفوائد. ولكن الـ CEA لها أيضا أبعاد متعددة، ويمكن أن تتغير مقاييس حالة معينة عبر الزمن مع تطورات في مفاهيمنا للنسق والقيم الاجتماعية والبيئية، والنمو الاقتصادي التفاضلي لمختلف القطاعات. والاختيار الصحيح منذ عشرين عاما في مكان معين، ربما لا يكون صالحا للوقت الحالي. فالاهتمام المتزايد وتحسن المعرفة ببناء السدود الكبيرة، يعتبرا مثالا في هذا الموضوع (World Commission on Dams, 2000).

وخيارات إدارة العرض والطلب تأتي مع توابعها من التكاليف والفوائد ذات التوزيع المكاني والاجتماعي المتباين. وسوف يعتمد التوزيع النسبي للفوائد بين المصالح الخاصة والمصالح الإجمالية على سياق الحوكمة، مثل عملية صنع القرار، ومدى شفافيتها وخضوعها للمحاسبة. وسوف تعالج هذه النقاط في الفصل القادم.

وفيما يتعلق بالإمداد الغذائي، فإن منحنى التكلفة المشروح في الفصل السادس يمثل اختيارا سليما لتحليلات التكلفة إزاء الفاعلية، حيث تؤخذ تماما في الحسبان، الاعتبارات الخاصة بالاعتماد المتبادل والروابط المتبادلة للاختيارات، وذلك بدعم من الفحص الدقيق للتداعيات المتعلقة بالمياه، فيما يتعلق بالاختيارات ذات الجدوى. ويشكل ذلك أسلوبا مفيدا لترتيب المداخلات طبقا لتكلفتها إزاء فاعليتها، وتقدير تكلفة التوليفات المختلفة من الاختيارات.

3-7 القدرة: تأكيد المستوى الصحيح لحوكمة المياه ووجود القدرة المؤسسية

تصل عملية تعزيز العرض إلى مداها في عدد متزايد من المناطق، بينما تصبح خيارات إدارة الطلب أكثر بروزاً في التكيف مع الندرة المائية، التي تستدعي مؤسسات أقوى وأكثر فاعلية. كذلك، فسوف تثير الندرة المائية التوترات بين المستخدمين مع احتمالات للآثار السلبية على الفئات الاجتماعية الضعيفة سياسيا والمهمشة، وكذا على البيئة. وسوف يكون هناك حاجة لمؤسسات قوية لضمان التوزيع العادل للمنافع بين الفئات المختلفة لمستخدمي المياه.

ولكن نمو تلك المؤسسات مازال يشكل تحدياً رئيسيا (Pritchett, Woolcock and Andrews, 2010). وإن توزيعا منظماً للأدوار والمؤسسات، وتمكين المؤسسات المحلية، واستخدام الآليات التحفيزية مثل الدعم والضرائب، تعتبر جميعها متعلقة بهذا الأمر (Rogers and Hall, 2003). إلا أن تطبيق النماذج الشاملة والمعالجات العامة فليس لها إلا أثر قليل (Meinzen-Dick, 2007; Merry and Cook, 2012). ومع ذلك، فيمكن أن يبزغ السؤال التالي: لماذا تصلح الفئات البيروقراطية أصحاب المنافع من أنفسهم. فالفساد، وعدم الشفافية والمسائلة الضعيفة كلها أسباب لضعف الأداء، ومقاومة التغيير والإمداد الغير عادل بالخدمات. وفي واقع الأمر، فإن التغيرات الفعالة لا تحدث إلا بسبب صدمات خارجة عن نطاق المؤسسات نفسها، مثل تغيرات سياسية رئيسية على أعلى مستوى، أو بتعبئة المجتمع المدني (وتحول عامة المجتمع إلى الديمقراطية)، وليس بسبب الإصلاحات الداخلية فقط.

وربما لا تصبح إستراتيجيات الإدارة الحالية قابلة للتطبيق حينما تتغير طبيعة أو شدة الندرة المائية عبر الزمن، أو لأن السياقات المؤسسية والقانونية لم تعد متكيفة مع الظروف الحالية. فالقوانين لا يمكن تطبيقها من خلال العقوبات السلبية فقط: والحوافز الإيجابية مطلوبة، بالإضافة إلى جهود غرس ثقافة جديدة لإدارة المياه. ويشمل ذلك حملات زيادة الوعي العام والبرامج التعليمية المدرسية. وهذا يستدعي أيضا العمل على بناء القدرات والتدريب على البيروقراطيات التقليدية للمياه على المستويات الوسطى والمحلية للإدارة، حيث تكون المؤسسات ضعيفة في غالب الأحيان وليست معدة جيداً للتكيف مع التغير (Mathew and Le Quesne, 2009).

وتفرض الندرة المائية تحديات معينة على إدارة مشروعات الري الكبيرة. وسوف يتطلب ذلك تحديداً، وتخصيصاً ورقابةً على المستحقات الحجمية أو الحصص ذات المرونة المناسبة لحماية البيئة المجتمعة والمصالح الاقتصادية الضرورية، تحت ظروف إمدادات متقلبة وتزايد الندرة المائية (Hodgson, 2006). ولن يكون من السهل إنشاء مثل هذا النظام، حيث سيتطلب أجهزة قياس معقدة إضافة إلى رصد التدفقات المائية.

ومن المرجح أن تستلزم التغيرات المؤسسية تعاونا أكبر في مجال الإدارة ومشاركات بين ممثلي الكيانات العامة والخاصة وغيرهما. وحيثما تشمل الإصلاحات انسحاب القطاع العام من المهام التشغيلية، يصبح الإشراف العام أمراً حاسماً. وفي هذا السياق، يكون الوضع الصحيح ومواقع أدوات التنظيم على مستوى الإدارة مسألة ذات أهمية، ولكن الخبرات توضح أنه ليس من السهل تعديل الأنماط المتواجدة من قبل، من جانب القوى البيروقراطية.

كذلك فالحوكمة المحسنة، أيضا لها ملابساتها الخاصة بالتمويل. فالتقاطرات التمويلية الواقعية، مطلوبة من أجل تكاليف دورة الحياة الكاملة لمبادرات وبرامج الندرة المائية. وفي كثير من الأحيان، يشمل ذلك توجيه تركيز أقل على التكاليف الرأسمالية للإنشاء والعمليات الهندسية وتركيز أكثر على بناء القدرات، والتخطيط المبني على آراء أصحاب الشأن، والتشغيل والصيانة، وتكاليف الدعم المؤسسي الأخرى على المدى الطويل.

4-7 تحديد السياق: استجابات التكيف مع الظروف المحلية

يعتمد تجاوب الدولة للندرة المائية إلى حد كبير، على الظروف الخاصة الطبيعية والاجتماعية – الاقتصادية للدولة. فعلى المستوى الوطني، يعتبر الترابط ضعيفاً بين الإنتاج المحلي الإجمالي (GDP) والندرة المائية، بالرغم من العلاقة بين الـ GDP ووجود اختيارات تجاوبية. فالبلدان الغنية لديها اختيارات أكثر للتكيف مع الندرة المائية من البلدان الفقيرة: فمثلا عملية التحلية تعتبر اختياراً يمكن تحمله بالنسبة للسعودية العربية ولكن لا تحتمل بنفس الدرجة للبلدان الأقل ثراء بنفس الإقليم مثل مصر واليمن. كذلك فسوف تعتمد جدوى الاختيارات أيضاً على التكلفة الرأسمالية والعمالة،

وعلى دور الزراعة في الاقتصاد. والبلدان الفقيرة التي تشكل فيها الزراعة قطاعا رئيسيا للاقتصاد، لديها فرص أقل من غيرها للتكيف مع الندرة المائية، من غير تأثيرات رئيسية على الاقتصاد، وعلى سبل معيشة المواطنين.

وتختلف البلدان والأقاليم اختلافا كبيراً في معدل استغلال مواردها المائية. فبلدان مثل العراق وأوزبكستان تسحب مياها لكل نسمة، أكثر جداً من مثيلاتها من بلدان الندرة المائية. وفي هذه الدول، يجب أن يكون التركيز السياسي بالضرورة بدرجة أكبر على إدارة الطلب، مقارنة مع البلدان ذات المستويات الأقل من الندرة المائية. وباختصار، فإن مدى الاختيارات الخاصة بمواجهة الندرة المائية يختلف طبقا للظروف الاقتصادية والطبيعية.

5-7 المطابقة: تأكيد التخطيط السياسي من أجل المياه، والزراعة والأمن الغذائي

إن السياسات، والتشريع والإجراءات المالية لها تأثيرات كبيرة عما يحدث على مستويات المناطق والمحليات. وأكثر هذه التأثيرات أهمية هو وضع حدود في نطاقها يشارك أصحاب الشأن في اتخاذ القرارات،وتوضح بالتفصيل أدوارهم ومسئولياتهم (Moriarty *et al*, 2008). ومن الأهمية بشكل قاطع وجود تخطيط جيد بين السياسات العديدة، والبنود التشريعية والإجراءات المالية التي تؤثر في إدارة المياه، وتقديم الخدمة ومستوى الطلب. والقرارات الخارجة عن نطاق المياه، مثل تلك المعنية بأسعار الطاقة، والاتفاقيات التجارية وأنواع الدعم الزراعي وإستراتيجيات تخفيض معدل الفقر، غالبا ما يكون لها أثر أعظم على عرض وطلب المياه وبالتالي على الندرة المائية.

والزراعة والأمن الغذائي ذوي صلة لصيقة بالمياه، ولذلك فيجب أن تكون السياسات في هذه المجالات متناسقة. وفي أوقات الأزمات وتقلبات الأسواق، تصبح اهتمامات واضعي السياسات على المستوى الوطني بإطعام مواطنيهم، ذات أولوية قصوى. ويجب على السلطات المنوطة بموضوع المياه، التوقف عن النظر للمياه كقطاع "مستقل" وأن يهتموا بدرجة أكبر بالقطاعات الاقتصادية الأخرى، لجعل إستراتيجياتها الخاصة بالتكيف مع الندرة المائية، متناسقة مع القرارات الهامة التي تتخذ في جهات أخرى (UN-Water, 2009). ومثل هذا الحوار فيما بين القطاعات يعتبر ضروريا من أجل "تفعيل" مفهوم الإدارة المتكاملة للموارد المائية.

6-7 التأهب: توقع التغيرات من خلال الاتخاذ الحاسم للقرارات والإدارة الملائمة

تتصاعد دوافع التغير في مجال المياه، بما يلزم باتخاذ قرارات ضد عدم اليقين المتزايد. وأحد هذه الدوافع مثل التغير المناخي، يؤدي إلى توترات متعددة وشدة للأحداث المتطرفة، الأمر الذي يتطلب مرونة أكثر من المواطنين ومن المجتمع. والقلق في الوقت الحالي أن مدى التغير المتزايد في استراتيجيات التكيف، ربما يكون قد وصل إلى حده الأقصى، لأن التغيرات في العرض والطلب، ربما تكون أسرع من اللازم من أجل تكيف فعّال.

وتتعرض إستراتيجيات التكيف لخطر إخراجها عن الخط السليم بواسطة عوامل خارجية، والتغيرات التي تحدث خارج سيطرة القائمين بصياغة وتنفيذ تلك الإستراتيجيات. وتشمل عوامل الخطر الخارجية هذه التغير المناخي، والوضع المالي والاقتصادي العالمي، ونظام الحوكمة الدولية الذي تعمل من خلاله البلدان. وفي هذا السياق، فإن بناء السيناريو اللازم يعتبر جزءاً متمماً لإعداد الإستراتيجية، التي تشكل أسلوبا لتعريف، والحد من أو تخفيف تلك المخاطر. إلا أن التنبؤ بالمخاطر أصبح أكثر صعوبة. ونتيجة لذلك، فليس هناك معنى كبير لمحاولة تطوير إستراتيجيات مثالية، وما نحتاج إليه هو التقييم المتواصل لإستراتيجيات التكيف.

ولقد طور خبراء المياه وسائل فعالة لمعالجة عدم اليقين المتعلق بطبيعة المناخ، ولكنهم يواجهون حاليا مصاعب متزايدة في تخطيط وإدارة المياه، في ظل تزايد عدم اليقين بالنسبة لكل من العرض والطلب. كما أن فكرة اتخاذ قرارات متشددة (Groves, 2006) والإدارة التكيفية، تفتح باباً لكثير من الجدل عن إدارة المياه، في ظل إدراك أنه من الصعب جداً التنبؤ بالأنماط المستقبلية للعرض والطلب بأي مستوى عالٍ من الثقة، (Moench, Caspari and Dixit, 1999). وحيث أن الوضع كذلك، فهناك حاجة لأن تكون نظم الإدارة مرنة، قادرة على التكيف مع التحديات الجديدة، وأن تبنى على التعلم الاجتماعي والمؤسسي المتواصل. واتخاذ القرارات المتشددة يعمل على الاستخدام الواسع للسيناريوهات، لصياغة قرارات قوية في ظل خيارات مستقبلية متنوعة. وتعترف الإدارة التكيفية بأنه في الحالات المعقدة، من المستحيل وجود معلومات كافية تؤدي إلى اتخاذ قرارات "مثالية". ولذلك، فهي تركز على التخطيط المرن، المدعوم بنظم قوية للرقابة وإدارة المعلومات، يسمح بالتكيف المستمر والتحسين الدوري للخطط والأنشطة. ومثل هذا المستوى من التجاوب ممكن فقط، في حالة تحديث المعارف والمعلومات، على أن توفر نظم الرصد والتقييم لصناع القرار وبصفة مستمرة، معلومات موثقة، يبنون على أساسها القرارات الاستجابية. ويوفر إطار العمل السياسي التكيّفي (UNDP, 2004) أسلوبا مماثلا موجه بصفة خاصة إلى عدم اليقين الناتج عن التغير المناخي.

ويعتبر تحسين مستوى المرونة لدى مستخدمي المياه في مواجهة الصدمات والأحداث المتطرفة، جزءاً حيويا من إستراتيجية التكيف الفعالة. وفي ظل افتراض مخاطر تزايد شدة وتكرار الأحداث المتطرفة، فإن الأساليب المبنية على سيناريو معين، يجب أن تدمج في عملية مرونة التخطيط. ومن الناحية العملية، فإن الإستراتيجية المرنة للتعايش مع ندرة المياه، هي تلك التي يمكن أن تكون فعّالة في نطاق أكثر عدد من السيناريوهات الممكنة، التي جرى إعدادها خلال عملية تحليل المخاطر.

المراجع

2030 Water Resources Group. 2009. Charting our water future. Economic framework to inform decision-making. Mc Kinsey & Company. 185 p.

Abrams, L. 2009. Water scarcity. www.africanwater.org/drought_water_scarcity.htm Accessed 4 July 2004.

AIT [Asian Institute of Technology]. 2009. Water saving irrigation practices in rice-based canal systems. Findings from a Regional Workshop organized in cooperation with the University of Copenhagen, 8–9 October 2009, Bangkok, Thailand.

Allan, J.A. 2001. *The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy.* I B Tauris, London, UK.

APFAMGS [Andhra Pradesh Farmer Managed Groundwater System Project]. 2009. Nationally Executed Partnership project between BIRDS and FAO. See http://www.fao.org/nr/water/apfarms/index.htm Accessed 10 July 2012.

Aylward, B., Seely, H., Hartwell, R. & Dengel, J. 2010. The economic value of water for agricultural, domestic and industrial uses: a global compilation of economic studies and market prices. Report prepared for FAO. 31 May 2010. Available at http://www.ecosystemeconomics.com/Resources_files/Aylward%20et%20al%20(2010)%20Value%20of%20Water.pdf Accessed 10 July 2012.

Batchelor, C.H., Rama Mohan Rao, M.S. & Monahar Rao, S. 2003. Watershed development: A solution to water shortages in semi-arid India or part of the problem? *Land Use & Water Resources Research,* 3: 1–10.

Bastiaanssen, W.G.M. 2009. Water accounts: de nieuwe generatie waterbeheercontroleurs. Intreerede Technische Universiteit Delft. (in Dutch).

Brisbane Declaration. 2007. Proclaimed at the 10th International River Symposium and International Environmental Flows Conference, held in Brisbane, Australia, 3–6 September 2007.

Brooks, D.B., Rached, E. & Saade, M. 1997. Management of water demand in Africa and the Middle East. Current Practices and Future Needs. IDRC.

Bruinsma, J. 2009. *The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?* Expert Meeting on How to Feed the World in 2050. FAO. Available at ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e06.pdf Accessed 10 July 2012.

CA [Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture]. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management In Agriculture.* Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Chapagain, A.K. & Hoekstra, A.Y. 2004. *Water footprints of nations.* Volume 1. Main Report. UNESCO-IHE.

COMMAN. 2005. *Managing groundwater resources in rural India: the community and beyond.* BGS Commissioned Report CR/0536/N. ODI, London, UK. Available at http://www.odi.org.uk/resources/details.asp?id=3059&title=ground-water-resources-rural-india-community Accessed 4 July 2012.

Falkenmark, M. 1984. New ecological approach to the water cycle: ticket to the future. AMBIO, 13(3): 152–160.

Falkenmark, M. & Widstrand, C. 1992. Population and Water Resources: A delicate balance. Population Bulletin. Population Reference Bureau, Washington, USA.

Falkenmark, M. 1989. The massive water scarcity threatening Africa – why isn't it being addressed? *Ambio,* 18(2): 112–118.

FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. 1997. Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options. *Water Report 12.* FAO/RAP Publication 199722/. Bangkok, Thailand.

FAO. 2003. Re-thinking the approach to groundwater and food security. *FAO Water Reports*, no. 24.

FAO. 2004. Water charging in irrigated agriculture. An analysis of international experience. Prepared by G. Cornish, B. Bosworth, C. Perry and J. Burke. *FAO Water Reports*, no. 28.

FAO. 2006a. *World agriculture: towards 20302050/.* Interim report. FAO, Rome, Italy.

FAO. 2006b. *Water desalination for agricultural applications.* Prepared by J. Martínez Beltrán and S. Koo-Oshima. *FAO Land and Water Discussion Paper,* no. 5.

FAO. 2007. Modernizing irrigation management – the MASSCOTE approach: Mapping System and Services for Canal Operation Techniques. Prepared by Renault, D., Facon, T. & Wahaj, R. *FAO Irrigation and Drainage Paper,* No 63.

FAO. 2008. Expert meeting on Climate change, water and food security. 26–28 February 2008. Contribution to the High Level Conference on World Food Security and the Challenge of Climate Change and Bio-energy on Water and Climate Change.

FAO. 2010: The Wealth of Waste. The economics of wastewater use in agriculture. Prepared by J. Winpenny, I. Heinz and S. Koo-Oshima. **FAO Water Reports,** no. 35.

FAO. 2011a. Climate change, water and food security. Prepared by H. Turral, J. Burke and J.-M. Faurès. *FAO Water Reports,* no. 36.

FAO. 2011b. Global food losses and food waste; extend causes and prevention. Study conducted for the International Congress "Save Food!" at Interpack2011, Düsseldorf, Germany.

FAO. 2012. Crop yield response to water. Prepared by P. Steduto, T.C. Hsiao, E. Fereres and D. Raes. *FAO Irrigation and Drainage Paper,* no. 66. 500 p.

FAO-AQUASTAT. 2012. FAO Global information system on water and agriculture. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/maps/index.stm

Faurès, J.-M. & Santini, G. 2008. Water and the rural poor: interventions for improving livelihoods in sub-Saharan Africa. FAO/IFAD.

Faurès, J.-M., Svendsen, M. & Turral, H. 2007. Re-inventing irrigation. *In:* D. Molden (editor). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.* Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Fraiture, C. de, & Wichelns, D. 2010. Satisfying future water demands for agriculture. Agricultural Water Management, 97: 502–511.

Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. & Molden, D. 2004. Does cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. Comprehensive Assessment Research Report no. 4. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Frederiksen, H.D. 2009. The world water crisis and international security. Middle East Policy, 16(4): 76–89.

Frederiksen, H.D. & Allen, R.G. 2011. A common basis for analysis, evaluation and comparison of offstream water uses. *Water International,* 36(3): 266–282.

Gleick, P.H., Christian-Smith, J. & Cooley, H. 2011. Water-use efficiency and productivity: re-thinking the basin approach. *Water International,* 36(7): 784–798.

Groves, D.G. 2006. New Methods for Identifying Robust Long-Term Water Resources Management Strategies for California. Pardee RAND Graduate School (PRGS) Dissertation Series, Santa Monica, CA, USA.

GWP [Global Water partnership]. 2000. Integrated water resources management. TAC Background Paper, No. 4. Technical Advisory Committee. Stockholm, Global Water Partnership. 67 p. Available at http://www.gwp.org/Global/GWP-CACENA_Files/en/pdf/tec04.pdf Accessed 4 July 2012.

GWP. 2009. Dublin statements and principles.

Hodgson, S. 2006. Modern water rights: theory and practice. *FAO Legislative Study* No. 92.

Hoekstra, A.Y. & Chapagain, A.K. 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management,* 21(1): 35–48.

Hsiao, T.C., Steduto, P. and Fereres, E. 2007. A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrigation Science,* **25(3): 209–231.**

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. 2007. Fourth Assessment Report. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland. http://www.ipcc.ch/.

IPCC. 2008. Climate Change and Water. Edited by B.C. Bates, Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof. IPCC Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Geneva. 210 p.

Keller, J. 2000. Re-engineering irrigation to meet growing freshwater demands. pp. 21–39, in: Proceedings of the 4th decennial symposium of the American Society of Agricultural Engineers. American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Michigan, USA.

Keller A.A. & Keller, J. 1995. Effective efficiency: a water use efficiency concept for allocating freshwater resources. Discussion Paper No. 22. Center for Economic Policy Studies, Winrock International. 19 p.

Keller, J., Keller, A. & Davids, G. 1998. River basin development phases and implications of closure. *Journal of Applied Irrigation Science,* 33(2): 145–164.

Keller A.A., Keller, J. & Seckler, D. 1996. Integrated water resource systems; theory and policy implications. In: Research Report No. 3. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka 14 p.

Loeve, R., Hong, L., Dong, B., G-Man, Chen, C.D., Dawe, D. & Barker, R. 2004. Changes in long-term trends in intersectoral water allocation and crop productivity in Zhanghe and Kaifeng, China. In: R. Barker (Guest Editor). *Paddy and Water Environment.* 2(4).

Mathew, J. & Le Quesne, T. 2009. Adapting water management: a primer on coping with climate change. WWF Water Security Series No. 3.

Meinzen-Dick, R. 2007. Beyond panaceas in irrigation institutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 104(39): 15200–15205.

Merry, D.J. & Cook, S. 2012. Fostering institutional creativity at multiple levels: Towards facilitated institutional bricolage. *Water Alternatives,* 5(1): 1–19.

Moench, M. 2002. Water and the potential for social instability: Livelihoods, migration and the building of society. Natural Resources Forum 26. United Nations.

Moench, M., Caspari, E. & Dixit, A. 1999. Rethinking the mosaic: Investigations into local water management. Nepal Water Conservation Foundation, Kathmandu, Nepal.

Molden, D. 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper 1. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Molden, D.J., El Kady, M. & Zhu, Z. 1998. Use and productivity of Egypt's Nile water. In: J.I. Burns and S.S. Anderson (editors). *Contemporary challenges for irrigation and drainage.* Proceedings of the USCID 14th Technical Conference on Irrigation, Drainage and Flood Control, Phoenix, Arizona, USA, 3–6 June 1998. USCID, Denver, CO, USA.

Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M.A. & Kijne, J. 2010. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management,* 97(4 Special Issue): 528–535.

Molden, D., Sakthivadivel, R. & Keller, J. 2001. Hydronomic zones for developing basin water conservation strategies. Research Report No. 56. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka. 30 p.

Molle, F. 2003. Development trajectories of river basins: a conceptual framework. IWMI Research Report No. 72. Colombo, Sri Lanka.

Molle, F. 2008. Why enough is never enough: The societal determinants of river basin closure. *International Journal of Water Resource Development,* 24(2): 247–256.

Molle, F. & Berkoff, J. (editors). 2007. *Irrigation Water Pricing: the gap between theory and practice.* Produced for the Comprehensive Assessment of water management in agriculture. CABI, Wallingford, UK.

Molle, F. & Mollinga, P. 2003. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. Water Policy, 5(5-6): 529–544.

Moriarty, P.M, Butterworth, J.A. & Batchelor, C.H. 2004. Integrated Water Resources Management and the domestic water and sanitation sub-sector. IRC Thematic Overview Paper. Available at http://www.irc.nl/page/10431 Accessed 4 July 2012.

Moriarty, P., Batchelor, C., Abd-Alhadi, F.T., Laban, P. & Fahmy, H. 2008. The EMPOWERS approach to water governance: Guidelines, Methods and Tools. Available at http://www.project.empowers.info/page/2850 Accessed 4 July 2012.

OECD/FAO. 2008. *OECD-FAO Agricultural Outlook 20082017-.* Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France, and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Available at http://www.fao.org/es/ESC/common/ecg/550/en/AgOut2017E.pdf Accessed 4 July 2012.

Perry, C. 2007. Efficient irrigation; inefficient communication; flawed recommendations. *Irrigation and Drainage,* 56(4): 367–378.

Perry, C., Steduto, P., Allen, R.G. & Burt, C.M. 2009. Increasing productivity in irrigated agriculture: Agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management,* 96(11): 1517–1524.

Pritchett, L., Woolcock, M. & Andrews, M. 2010. Capability Traps? The mechanisms of persistent implementation failure. CGD Working Paper 234. Center for Global Development. Available at http://www.cgdev.org/files/1424651_file_Pritchett_Capability_FINAL.pdf Accessed 4 July 2012.

Rao, R.M., Batchelor, CH., James, A.J., Nagaraja, R., Seeley, J. & Butterworth, J.A. 2003. Andhra Pradesh Rural Livelihoods Programme Water Audit Report. APRLP, Rajendranagar, Hyderabad 500 030, India.

Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S. & Gerten, D. 2009. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research,* 45: Article W00A12**.**

Rogers, P. & Hall, A.W. 2003. *Effective water governance.* Background Paper No. 7. Global Water Partnership.

Seckler, D. 1996. *The new era of water resources management: from "dry" to "wet" savings.* Research Report No. 1. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Seckler, D., Upali, A., Molden, D., de Silva, R. & Barker, R. 1998. *World water demand and supply, 1990 to 2025: Scenarios and issues.* Research Report No. 19. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Shah, T., Molden, D., Sakthivadivel, R. & Seckler, D. 2000. The global groundwater situation: overview of opportunities and challenges. IWMI, Colombo, Sri Lanka.

Shah, T., Burke, J. & Villholth, K. 2007. Groundwater: a global assessment of scale and significance. *In:* Comprehensive assessment of water management for agriculture. Earthscan, London, UK, and International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Shah, T. 2009. *Taming the anarchy: groundwater governance in South Asia.* Resources for the Future. 310 p.

Siebert, S., Burke, J., Faurès, J-M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. & Portmann, F.T. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences,* 14: 1863–1880. Available at: http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/14/1863/2010/hess-14-1863-2010.html Accessed 4 July 2012.

Steduto, P., Hsiao, T.C. & Fereres, E. 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Science,* 25(3): 189–207.

UN [United Nations]. 2003. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. Published in collaboration with European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development and World Bank. Statistical Office of the United Nations, Series F, No.61, Rev.1 (ST/ESA/STAT/SER.F/61/Rev.1). UN Statistics Division, New York, USA. Available at http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seea2003.pdf Accessed 4 July 2012.

UN. 2009. United Nations Population Information network online database. http://www.un.org/popin/ Cited November 2009.

UNDP [United Nations Development Programme]. 2004. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures.* Editors: Bo Lim Erika Spanger-Siegfried, with I. Burton, E. Malone and S. Huq. United Nations Development Programme, New York.

UNSD [United Nations Statistics Division]. 2012. System of Environmental-Economic Accounting for Water (SSEA-Water). UN Statistics Division, New York, USA. Available at http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaw/seeawaterwebversion.pdf Accessed 04 July 2012.

UN-Water. 2006a. The United Nations World Water Development Report 2: *Water, a shared responsibility.* World Water Assessment Programme (WWAP). Doc. no. UN-WATER/WWAP/2006/3. Unesco, Paris, France, and Berghahn Books, New York, USA. Available at http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409e.pdf Accessed 3 July 2012.

UN-Water. 2006b. *Coping with water scarcity: A strategic issue and priority for system-wide action.* Available at http://waterwiki.net/images/9/92/UN_Water_-_waterscarcity_leaflet.pdf Accessed 3 July 2012.

UN-Water. 2009. The United Nations World Water Development Report 3: *Water in a Changing World.* World Water Assessment Programme (WWAP). Unesco, Paris, France, and Earthscan, London, UK.

UN-Water. 2012. The United Nations World Water Development Report 4: *Managing Water under uncertainty and risk.* World Water Assessment Programme (WWAP). Unesco, Paris, France.

Wani, S.P., Rockström, J. & Oweis, T. (editors). 2008. *Rainfed Agriculture: Unlocking the Potential.* Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series No. 7. CABI Publishing, Wallingford, UK.

Ward, F.A. & Puldido-Velazques, M. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 105(47): 18215–18220.

Water Accounting Standards Board. 2009. Water accounting conceptual framework for the preparation and presentation of General Purpose Water Accounting Reports. Canberra, Australia.

Winpenny, J.T. 1997. *Managing Water Scarcity for Water Security.* A discussion paper prepared for the First FAO E-mail Conference on Managing Water Scarcity, 4 March to 9 April 1997.

Winpenny, J.T. 1994. *Managing water as an economic resource.* Routledge, London, UK.

World Bank. 2006. Where is the wealth of nations? Measuring capital for the 21st Century. World Bank, Washington DC, USA.

World Bank. 2007. Making the most of scarcity: accountability for better water management results in the Middle East and North Africa. World Bank, Washington DC, USA

World Bank. 2009. Addressing China's water scarcity: recommendations for selected water resource management issues. World Bank, Washington DC, USA.

World Commission on Dams. 2000. Dams and development. A new framework for decision-making. Earthscan Publications Ltd, London, and WWF-UK, London, UK.

WHO [World Health Organization]. 2004. The global burden of disease. 2004 Update. Available at http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GBD_report_2004update_full.pdf Accessed 3 July 2012.

WWF/SAB Miller. 2009. Water footprinting: identifying and addressing water risks in the value chain.

الملحق 1: تعريفات

استخدمت التعريفات التالية في هذا التقرير:

الندرة الكاملة/ المطلقة للمياه: Absolute water scarcity

عدم كفاية الإمدادات المائية اللازمة لتلبية الطلب على الماء بعد اللجوء لكافة الخيارات الممكنة لتعزيز الإمدادات وإدارة الطلب. ويؤدي هذا الوضع إلى قيود واسعة على استخدام المياه. وغالبا ما يستخدم معدل 500 م^3/للفرد في العام كدليل يوضح الندرة الكاملة للمياه (Falkenmark, 1989). وهذا المعدل ينطبق على كمية المياه فقط، بالرغم أنه في كثير من الأحيان يمكن لنوعية المياه أن تؤدي إلى الندرة إذا كانت غير صالحة للاستهلاك.

المياه المتوفرة/المتاحة: Available water

الجزء من الموارد المائية المتاح للاستخدام. وهذا المفهوم غامض، ويعتمد عما إذا كان يشير إلى المياه المتاحة للاستخدام المباشر، أو إلى موارد المياه العذبة المتاحة للتنمية المستقبلية. وفي كلتا الحالتين، فالوصول إلى المياه يمكن أن يكون له تكلفه.

الاستهلاك النافع للمياه (في الزراعة): Beneficial Consumption of water (in agriculture)

الجزء من المياه الذي يسحب من مورده لغرض الري، والذي إما أن يستهلك بواسطة المحاصيل من خلال عملية النتح أو يدخل في تركيب البيوماس. والاستهلاك الغير مفيد هو هذا الجزء من الماء الذي يسحب من مصدره والذي يتبخر من التربة بدون المساهمة في إنتاج البيوماس.

الاستخدام النافع للمياه: Beneficial use of water

استخدام المياه في أغراض ذات منافع ملموسة، مثل الأغراض المنزلية، الري، العمليات الصناعية والتبريد، توليد الطاقة المائية، النزهة والملاحة. وحسب السياق، فإن الاستخدام النافع يمكن أن يشمل أيضا الحفاظ على مستويات النهر للأغراض البيئية، تخفيف تدفقات المياه العادمة واستدامة الأراضي الرطبة، ومنع المياه المالحة من التسرب في مصبات الأنهار، الخ.

الندرة المزمنة للمياه: Chronic water scarcity

المستوى الذي تستخدم عنده كافة موارد المياه العذبة المتاحة للاستخدام. وفيما هو أبعد من هذا المستوى، فإن الإمدادات المائية اللازمة للاستخدام يمكن أن تتاح فقط من خلال الموارد المائية الغير تقليدية مثل مياه الصرف الزراعي، المياه العادمة المعالجة أو المياه المحلاة، أو عن طريق إدارة الطلب. وغالبا ما يستخدم المعدل ما بين 500 إلى 1000 م^3/شخص/سنة كدليل لتبيان الندرة المزمنة للمياه (Falkenmark, 1989).

الاستخدام الاستهلاكي للمياه: Consumptive use of water

الجزء من الماء المسحوب من مصدره لاستخدامه في قطاع معين (مثل الزراعة، الصناعة أو الأغراض المنزلية)، والذي لن يصبح متاحا لإعادة الاستخدام بسبب البخر، والنتح، الإدماج داخل منتجات، الصرف المباشر إلى البحر أو إلى مناطق التبخر، أو النقل بأساليب أخرى من مصادر المياه العذبة. ويسمى الجزء من الماء المسحوب ولكن لم يستهلك في هذه العمليات بالتدفق العائد.

تكلفة المياه: Cost of water

بشكل محدد، تتعلق تكلفة المياه بالمصروفات المباشرة التي تحدث عند توفير خدمات الإمداد المائي. وتشمل التكلفة الكلية لهذا الإمداد تكاليف التشغيل والصيانة، ونقص قيمة رأس المال بالاستعمال، وتكاليف الإحلال والتجديد. وتقدير التكلفة الكلية لمياه المجتمع يجب أن يشمل بالإضافة إلى تكاليف الإمداد، تكلفة الفرصة الضائعة (مثل الفوائد المفقودة عندما لا تستعمل المياه في أكثر الاستخدامات منفعة)، وكذلك المظاهر الاقتصادية والبيئية المتعلقة بالإمداد المائي (العواقب الغير مباشرة التي لا تدمج بشكل مباشر في النظام المحاسبي) (FAO, 2004,GWP,2000). وهناك حاجة للتفرقة بين تكلفة الخدمة المائية وبين "سعرها" كما يظهر من خلال معاملات السوق، حيثما توجد، وقيمتها الاقتصادية (أنظر تعريف تسعير المياه وقيم المياه).

إدارة الطلب: Demand management

مجموعة من الإجراءات تعتمد عليها عملية ضبط الطلب على المياه،إما برفع كفاءة استخدامها(انظر التعريف أدناه) أو إعادة تخصيص المياه عبر القطاعات.

المياه القابلة للاستغلال Exploitable water

(يطلق عليها أيضا **موارد المياه الممكن إدارتها أو إمكانية تنمية المياه**). وهي حجم المياه الممكن إتاحته من أجل قطاعات الاستخدام الاستهلاكي للمياه (الزراعة، الصناعة، البلديات). ومحاولة تقدير كمية هذا الجزء من الموارد المائية المتجددة الكلية بالدولة المتوفر فعليا لسحبه، يعتمد على عوامل مختلفة مثل الجدوى الاقتصادية والبيئية لتخزين المياه، واستخلاص المياه الجوفية، والإبقاء على التدفقات اللازمة للملاحة والمنافع البيئية، الخ. ويختلف مستوى المياه القابلة للاستغلال تبعا لمستوى التنمية الاقتصادية بالدولة، والبنية التحتية، وقابلية التغير والنوعية، وتبادل المنفعة بين المستخدمين المتنافسين.

المياه العذبة: Freshwater

المياه الطبيعية الموجودة على سطح الكرة الأرضية في صورة أنهار جليدية، بحيرات وأنهار، والمياه الجوفية في طبقات الأرض. والملمح الرئيسي لها هو ضعف تركيز الأملاح الذائبة. ويستثنى من ذلك مياه الأمطار، المياه المخزونة بالتربة، والمياه العادمة الغير معالجة، ومياه البحر والمياه العسرة (الضاربة للملوحة). وفي هذا التقرير، ما لم يذكر خلاف ذلك، فإن اصطلاح الماء يستخدم للتعبير عن المياه العذبة.

المؤسسات: Institutions

القوانين والتشريعات التي تحكم الإدارة، والتنمية، والحماية من التلوث، واستخدام الموارد المائية، والكيانات الحكومية على كافة المستويات، المنوط بها إدارة وتنفيذ القوانين والتشريعات، والسلطة القضائية ومنظمات مستخدمي المياه، الرسمية والغير رسمية.

التحديث: Modernization

في مجال الري، يعرف التحديث بأنه عملية الترقية الفنية والإدارية (مقابل مجرد إعادة التأهيل) لمشروعات الري، مصحوبة بالإصلاحات المؤسسية، إذا تطلب الأمر، بهدف تحسين استخدام المورد (عمالة، اقتصاديات مياه، بيئة) وخدمات توصيل المياه إلى الحقول (FAO, 1997).

التدفق العائد: Return flow

الجزء من الماء الذي يسحب من مصدره ولكن لا يستهلك ويعود إلى المصدر أو إلى كيان آخر من المياه الجوفية أو السطحية. ويمكن تقسيم التدفق العائد إلى تدفق لا يمكن استعادته (تدفق إلى منخفضات مالحة، أو إلى مياه جوفية غير اقتصادية أو تدفق ذو نوعية غير جيدة)، وتدفق يمكن استعادته (إلى الأنهار أو التسرب إلى طبقات المياه الجوفية).

تعزيز الإمدادات: Supply enhancement

(يسمى أيضا **إدارة الإمدادات أو زيادة الإمدادات**). مجموعة من الإجراءات لزيادة الإمداد المائي، إما من خلال تنمية الموارد المائية (إنشاء البنية التحتية للمياه أو تنمية المياه الجوفية)، أو من خلال زيادة الموارد المائية المتاحة عن طريق تنمية الموارد الغير تقليدية للمياه، مثل تحلية مياه البحر، أو إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة.

جملة الموارد المائية المتجددة: Total renewable water resources

كمية المعدل السنوي طويل المدى لموارد المياه الداخلية والخارجية المتجددة في منطقة معينة. وهي تتوافق مع الكمية السنوية القصوى من المياه المتاحة نظريا للدولة، من غير اعتبار لنوعية المياه أو المتطلبات البيئية. وتعرف الموارد المائية الداخلية المتجددة بالدولة بمعدل التدفق السنوي طويل المدى للأنهار ولشحن الطبقات الجوفية الناتج عن الأمطار الطبيعية. كما تعرف الموارد المائية الخارجية المتجددة بأنها الجزء من الموارد المائية السنوية المتجددة للدولة الذي لا يتولد داخل الدولة نفسها. وهذا يشمل التدفقات من بلدان أعلى النهر وجزء من مياه البحيرات والأنهار الحدودية. وهي تأخذ في حسابها كمية التدفق الذي يحجز بواسطة بلدان أعلى النهر (تدفق وارد) و/أو بلدان أدنى النهر (تدفق خارج) من خلال اتفاقيات أو معاهدات رسمية أو غير رسمية، والسحوبات المائية المحتملة التي تحدث في بلدان أعلى النهر.

المحاسبة المائية: Water accounting

أسلوب منهجي لتنظيم وتقديم معلومات تتعلق بالأحجام المادية وتدفقات المياه في البيئة، بالإضافة إلى القيم الاقتصادية للمياه من خلال تحليل العلاقة بين التكلفة والمنفعة.

المراجعة المائية: Water audit

دراسة منهجية للوضع القائم والاتجاهات المستقبلية لكل من العرض والطلب الخاصين بالمياه، مع تركيز خاص على القضايا المتعلقة بالحوكمة، والمؤسسات، والتمويل، وإمكانية الوصول وعدم اليقين، في نطاق منطقة معينة.

رسوم المياه: Water charges

يشير هذا الاصطلاح إلى ما يدفعه المستفيد من أجل خدمة المياه (الإمدادات المنزلية، الري، الخ). وغالبا ما يشار إلى عملية تحديد سعر أو تعريفة للمياه، تحسب على أساسها الرسوم، بأن ذلك هو سعر المياه، ولكن ذلك يختلف تماما عن "التسعير" الاقتصادي الرسمي للمياه كمورد طبيعي، حيث تنطبق فكرة تسعير الظل (أنظر أيضا تسعير المياه أدناه).

الحفاظ على المياه: Water conservation

الحماية والإدارة الفعالة لموارد المياه العذبة لضمان استدامتها على المدى الطويل.

الطلب على المياه: Water demand

يعني ذلك من الناحية الاقتصادية، قدرة ورغبة المستخدمين على الدفع من أجل المياه وما توفره من فوائد. وبهذا المفهوم، فإن الطلب على المياه يختلف عن كون المياه ضرورة أساسية للبشر، الذين يحتاجون إلى الحد الأدنى من الإمدادات الآمنة. وفي سياق ندرة المياه، فإن الطلب على المياه يعبر عن المتطلبات أو الاحتياجات المائية بتكلفة عادلة لمستوى معين من خدمة الإمداد المائي.

تسعير المياه: Water pricing

عملية تقرير سعر للخدمة المائية. ويمكن حساب هذا السعر بحيث يغطي كل أو جزء من تكاليف الخدمة المائية (أنظر تعريف تكلفة المياه)، أو الحث على تغيير سلوكيات استخدام المياه عن طريق الإقلال من الاستخدامات المبددة للمياه. وفي مجال الزراعة، يمكن حساب ذلك عن طريق مساحة الأرض، ونوع المحصول، أو على أساس الأحجام المترية. وغالبا ما يسمى السعر المعين للخدمة المائية بتعريفة المياه، وهذا يمكن أن يعكس أو لا يعكس القيمة الاقتصادية للمورد المائي نفسه. وحتى عندما يعلن عن أسعار السوق فيما يتعلق بالتعاملات المائية المحلية، أو أسواق المياه المنظمة (كاليفورنيا، شيلي، استراليا)، فربما لا تعكس هذه الأسعار القيم الاقتصادية الكاملة. وعلى ذلك، فعند التخطيط للمورد المائي، يحتاج تحليل الفائدة والتكلفة، إلى تعديل الأسعار المنظورة، أو تقدير الأسعار بكاملها. وهذه الأسعار المعدلة أو المقدرة يشار إليها عادة بأسعار الظل.

إنتاجية المياه: Water productivity

الكمية (كتلة وسعرات حرارية) أو قيمة العائد (بما في ذلك الخدمات) فيما يتعلق بحجم المياه المستخدمة لإنتاج هذا العائد. والإنتاجية المحصولية للمياه هي ببساطة الكمية (بالكيلوجرام أو السعرات) أو قيمة الناتج لكل وحدة من الإمدادات المائية (متر كعب).

تقدير/تقييم الموارد المائية: Water resources assessment

يركز تقدير الموارد المائية على جانب الإمدادات الخاصة بالمحاسبة المائية، ويوفر تقييما منهجياً للموارد المائية، بما يشمل متغيراتها واتجاهاتها.

الندرة المائية: Water scarcity

عدم التوازن بين العرض والطلب في المياه العذبة في منطقة معينة (دولة، إقليم، مستجمع أمطار، حوض نهر، الخ) كنتيجة لمعدل عال للطلب مقارنا بالعرض/الإمداد المتاح، في ظل الترتيبات المؤسسية السائدة (بما يشمل السعر) وأحوال البنية التحتية. وأعراضه هي: طلب غير مستوفى، توتر بين المستخدمين، المنافسة على الماء، زيادة السحب من المياه الجوفية وعدم كفاية التدفقات إلى البيئة الطبيعية. وتشير الندرة المائية المصنوعة أو المنشأة، إلى الحالة الناتجة عن التنمية الزائدة للبنية التحتية المائية بالنسبة لما هو متاح من الإمداد المائي، بما يؤدي إلى حالة من زيادة العجز المائي.

العجز المائي: Water shortage

نقص في إمدادات المياه ذات النوعية المقبولة، ومستويات منخفضة من الإمداد المائي، في مكان محدد ووقت معين عن مستويات الإمداد المطلوبة. وقد ينشأ هذا النقص عن عوامل مناخية، أو أسباب أخرى لعدم كفاية الموارد المائية، مثل عدم صيانة البنية التحتية أو رداءة هذه الصيانة، أو مجموعة من العوامل الهيدرولوجية أو الهيدرو–جيولوجية الأخرى.

الإجهاد المائي: Water stress

أعراض ندرة أو نقص المياه، مثل قيود شديدة وواسعة ومتكررة على استخدام المياه، تزايد الصراع بين المستخدمين والتنافس على المياه، وتدني مستويات إمكانية الاعتماد عليها، ومستويات الخدمات، والفشل المحصولي وعدم الأمن الغذائي.

الإمداد المائي: Water supply

كمية المياه المتاحة أو التي جعلت متاحة للاستخدام.

تعريفة المياه: Water tariff

أنظر تسعير المياه. وتختلف تعريفة المياه اختلافا شاسعا في هيكلها ومستواها بين فئات المستخدمين، ومقدمي الخدمة وكذلك بين البلدان والأقاليم. كذلك تختلف اختلافا واسعا جداً، الآليات التي تعدل التعريفات.

استخدام المياه: Water use

أي تطبيق عمدي أو استخدام للمياه لغرض معين. وهناك اختلاف جوهري بين الاستخدام الاستهلاكي (أنظر التعريف السابق) والاستخدام الغير استهلاكي. وتشمل الاستخدامات الغير استهلاكية الهامة الملاحة، والنزهة، واستيعاب المواد العادمة وتحليلها. وبالرغم أن الطاقة المائية وعملية تبريد محطات الطاقة لا تعتبر استخداما استهلاكيا رئيسيا صرفا للمياه، فإن لها آثار هامة على الدورة الهيدرولوجية، حيث تطلق المياه في أوقات وأجواء تفرض تكاليفا على المستخدمين الآخرين للمياه. كذلك فإن خزانات المياه تؤدي إلى فواقد عن طريق البخر.

كفاءة استخدام المياه: Water use efficiency

بالاصطلاح الهندسي، فإن كفاءة استخدام المياه هي النسبة بين كمية المياه التي استخدمت فعليا لغرض معين، والكمية التي سحبت أو صرفت من مصدرها كالنهر، طبقة جوفية أو خزان، من أجل الوفاء بهذا الاستخدام. وليس لها أبعاد محددة ويمكن تطبيقها على أي نطاق. وفي هذا التقرير يفهم "الاستخدام الفعال للمياه" بتعبير اقتصادي أكثر شمولا، بأنه استخدام المياه لزيادة إنتاج السلع والخدمات. ويمكن تعزيز الاستخدام الفعال للمياه في الزراعة عن طريق خفض فواقد المياه أثناء نقلها وتوزيعها، وزيادة الإنتاجية المحصولية، أو توجيه المياه نحو المحاصيل عالية القيمة (التخصيص داخل القطاعات). وهذا لا يعني أنه لمجرد أن الاستخدام الزراعي للمياه أصبح فعالا تكون المياه قد "وفرت". ولأجل تحقيق "كفاءة" أعظم، من المهم الأخذ بنظرة أوسع (على مستوى الحوض مثلا)، مع الاعتراف بالمساهمة التي يمكن أن تفعلها ما تسمى بالـ "فواقد" في إنتاجية المستخدمين الآخرين، وفي أجزاء أخرى من الدورة المائية.

حقوق استخدام المياه: Water use rights

بالمفهوم القانوني، فإنه الحق الشرعي لاستخلاص أو توجيه واستخدام المياه من مورد طبيعي معين، أو تجميع أو تخزين كميات معينة من المياه في مورد طبيعي خلف خزان أو بنية هيدروليكية أخرى، أو استخدام أو الإبقاء على الماء بحالته الطبيعية (تدفق بيئي في نهر، واستخدام المياه من أجل النزهة، أو الممارسات الدينية والروحانية، والشرب والغسل والاستحمام وسقاية الحيوانات).

القيم المائية: Water values

فائدة/فوائد المياه من استخدامها في أغراض وأماكن وأوقات معينة. ويمكن قياس عديد من هذه الفوائد وتحديد قيمتها الاقتصادية (مثال ذلك من أجل الري، العمليات الصناعية، وفي كثير من الأحيان الاستخدامات المنزلية). بينما يجب أن يعبر عن الفوائد الأخرى بالأسلوب النوعي (القيمة الامتاعية). وتعتمد تقنية تقدير قيمة المياه على الاستبيانات لاستنباط التفضيلات عن الرغبة في الدفع من أجل خدمة جيدة (القيمة المحتملة). وتعتمد تقنية القيمة الغير مباشرة للمياه على السلوكيات الملحوظة في السوق للاستدلال على القيم (مثل أسلوب تنمية المتعة وتكاليف النقل).

سحب المياه: Water withdrawal

الحجم الإجمالي للمياه المستخلصة من مجرى مائي، طبقات جوفية أو بحيرات لأي غرض (زراعي، صناعي، تجاري، منزلي).

الملحق 2:
جدول أعمال مشاورة الخبراء

الوقت	اليوم الأول: الاثنين 14 ديسمبر	اليوم الثاني: الثلاثاء 15 ديسمبر	اليوم الثالث: الأربعاء 16 ديسمبر
9.00 – 8.45	التسجيل	عرض قطري: استراليا وتونس	عرض قطري: الصين وأسبانيا
9.15 – 9.00			
9.30 – 9.15	خطبة الافتتاح وأهداف الاجتماع	جلسة (2) مجموعة: تحديد صناع القرار الأساسيين، خيارات التجاوب والأوضاع	جلسة (5) مجموعة: تسليط الضوء من أجل جهود ومشاركة الـ FAO
10.00 – 9.30	تقديم المشاركين (Johan Kuylenstierna)		
10.30 – 10.00	تقديم مسودة إطار العمل التصوري (Pasquale Steduto)	جلسة عامة: موجز نتائج جلسة المجموعة	جلسة عامة: موجز نتائج جلسة المجموعة
11.00 – 10.30	**استراحة**	**استراحة**	**استراحة**
12.50 – 11.00	مناقشة عن إطار العمل التصوري بما يشمل المصطلحات (مقدم بواسطة Jean-Marc Faures)	جلسة (3) مجموعة: وضع ندرة المياه الزراعية في المنظور الأوسع	تلخيص النتائج: توصيات للجهود المستقبلية
12.30 – 12.15		جلسة عامة: موجز نتائج جلسة المجموعة	ختام
13.30 – 12.30	**غذاء**	**غذاء**	**غذاء**
13.45 – 13.30	عرض قطري: مصر وجنوب أفريقيا	عرض قطري: الولايات المتحدة وشيلي	
15.00 – 13.45	جلسة 1: مجموعة: استعراض مفهوم الندرة المائية، الأبعاد والأسباب	جلسة 4: مجموعة: المعايير والمبادئ من أجل العمل	
15.30 – 15.00	جلسة عامة: موجز نتائج جلسة المجموعة	جلسة عامة: موجز نتائج جلسة المجموعة	
16.00 – 15.30	**استراحة**	**استراحة**	
16.30 – 16.00	المراجعة المائية: مدخل نحو التقييم المنظم لاستخدام المياه (Charles Batchelor)	تطبيقات الاستشعار عن بعد في تقييم استخدام المياه (Wim Bastiaansen)	
17.30 – 16.30	مناقشة: تطبيق مفهوم المراجعة المائية	مناقشة: تطبيق الاستشعار عن بعد في المراجعة المائية	
18.00 – 17.30	تلخيص النتائج	تلخيص النتائج	

الملحق 3:
قائمة بالمشاركين في اجتماع مشاورة الخبراء

Australia
Mary Harwood
First Assistant Secretary
Water Efficiency Division
Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts

France
François Molle
Chargé de recherche
Institut de Recherche pour le Développement

Chile
Humberto Peña Torrealba
Consultor en recursos hídricos

China
Mei Xurong
Director General
Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture (IEDA)

Gan Hong
Deputy Director
Department of Water Resources
China Institute of Water Resources
and Hydropower Research (IWHR)

Germany
Walter Huppert
Consultant
Water Management and Institutions

Elisabeth Van Den Akker
Senior Planning Officer
Section Policy Consultancy in
the Agriculture, Fisheries and Food Sector

Italy
Nicola Lamaddalena
Mediterranean Agronomic Institute Bari

Stefano Burchi
Consultant, FAO

Netherlands
Wim Bastiaanssen
Faculty of Civil Engineering and Geosciences

Niger
Amadou Allahoury Diallo
Senior Agricultural Water Expert
Niamey, Niger

South Africa
Rivka Kfir
Chief Executive Officer
South Africa Water Research Commission

Spain
Consuelo Varela-Ortega
Professor, Departamento de economía y ciencias sociales agrarias. ETSI Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

Elias Fereres-Castiel
Consejo Superior de
Investigaciones Científicas
Instituto Agricultura Sostenible
Finca Alameda del Obispo

Tunisia
Netij Ben Mechlia,
Professeur
Institut National Agronomique de Tunis

United Kingdom
Chris Perry
Water Resources Economist

Charles Batchelor
Water Resources Management Ltd

United States of America

Donald A. Wilhite
Director and Professor,
School of Natural Resources
University of Nebraska

Mark Svendsen
President, United States Committee on Irrigation and Drainage

ICID

Chandra A. Madramootoo
President, International Commission on Irrigation and Drainage (ICID)
James McGill Professor and Dean Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
Ste. Anne de Bellevue QC

IFAD

Rudolph Cleveringa
Senior Water Advisor
International Fund for Agricultural Development

IWMI

David Molden
Deputy Director General - Research
International Water Management Institute
(IWMI)

UN-Water

Johan Kuylenstierna
Chief Technical Advisor

FAO

Division des terres et des eaux
Pasquale Steduto
Jacob Burke
Jean-Marc Faurès
Karen Frenken
Nicoletta Forlano
Jippe Hoogeveen
Gabriella Izzi
Sasha Koo-Oshima
Alba Martinez-Salas
Patricia Mejias-Moreno
Daniel Renault
Guido Santini
Domitille Vallée
Regional Office for Asia and the Pacific
Thierry Facon

الملحق 4:
قائمة التقديمات القطرية في اجتماع الخبراء التشاوري

Coping with water scarcity **The role of agriculture. A framework for action** Pasquale Steduto	**التعايش مع ندرة المياه.** دور الزراعة – إطار عمل
Water and agriculture in Australia Mary Harwood	**المياه والزراعة في استراليا**
Coping with water scarcity **The role of agriculture. The case of Chile** Humberto Pena	**التكيف مع ندرة المياه** دور الزراعة. الوضع في شيلي
Water and agriculture in China Mei Xurong	**المياه والزراعة في الصين**
Some experiences of agricultural water use in China GAN Hong	**بعض التجارب عن استخدام المياه.** **الزراعة في الصين**
Coping with water scarcity: **an Italian case study** Nicola Lamaddalena	**التكيف مع ندرة المياه:** دراسة ميدانية في إيطاليا
Remote sensing of water consumption in basins and agricultural systems Wim Bastiaanssen	**الاستشعار عن بعد لاستهلاك المياه** **في الأحواض والنظم الزراعية**
Coping with water scarcity South Africa Rivka Kfir	**التكيف مع الندرة المائية في جنوب أفريقيا**
Coping with water scarcity in Spain: **current measures and future developments** Consuelo Varela – Ortega and Elias Ferers-Castiel	**التعايش مع النظم الزراعية في أسبانيا:** الإجراءات الحالية والتطورات المستقبلية
Water accounting – and approach to systematic assessment of water use Charles Batchelor	**المحاسبة المائية –** مدخل إلى التقييم المنتظم لاستخدام المياه
Water scarcity in agriculture – **The case of Tunisia** Netij Ben Mechlia	**الندرة المائية في الزراعة –** الوضع في تونس
Coping with water scarcity – **US experiences** Mark Svendsen	**التكيف مع ندرة المياه –** تجارب من الولايات المتحدة

التقارير الفنية لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO) – منشورة باللغة الإنجليزية.

تقارير الـ FAO عن المياه

1. منع تلوث المياه عن طريق الزراعة والأنشطة ذات الصلة، 1993 (E/S)
2. نماذج توصيل مياه الري. 1994 (E)
3. حصاد المياه من أجل تحسين الإنتاج الزراعي، 1994 (E)
4. استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في الري والصرف، 1995 (E)
5. تحويل إدارة الري، 1995 (E)
6. أسلوب مراجعة السياسة المائية والإصلاح، 1995 (E)
7. الري في أفريقيا بالأرقام، 1995 (E/F)
8. مناوبات الري: من النظرية إلى التطبيق، 1996 (E)
9. الري بإقليم الشرق الأدنى بالأرقام، 1997 (E)
10. ضبط جود المياه العادمة لإنتاج المحاصيل المروية، 1997 (E)
11. تداخل مياه البحر في طبقات المياه الجوفية الساحلية – إرشادات للدراسة والرصد والمكافحة، 1997 (E)
12. تحديث مشروعات الري: الخبرات السابقة والخيارات المستقبلية، 1997 (E)
13. إدارة جودة مياه الصرف الزراعي، 1997 (E)
14. إدخال تكنولوجيا الري دعماً للأمن الغذائي، 1997 (E)
15. الري في بلدان الاتحاد السوفيتي السابق بالأرقام، 1997 (E) (نشر أيضا كمطبوع لـ RAP. 1997)
16. الاستشعار عن بعد والموارد المائية، 1997 (E/F)
17. الخيارات المؤسسية والتقنية في تطوير وإدارة الري على النطاق الصغير 1998 (E)
18. الري في آسيا بالأرقام، 1999 (E)
19. التحكم الحديث في المياه وممارسات إدارة الري – وآثار ذلك على الأداء، 1999 (E)
20. الري في أمريكا اللاتينية والكاريبي بالأرقام، 2000 (E/S)
21. إدارة جود المياه ومنع تلوثها، 2000 (E)
22. ممارسات الري الناقص، 2000 (E)
23. استعراض الموارد العالمية للمياه بكل دولة، 2003 (E)
24. إعادة التفكير في العلاقة بين المياه الجوفية والأمن الغذائي، 2003 (E)
25. إدارة المياه الجوفية: البحث عن أساليب عملية، 2003 (E)
26. تنمية القدرات في الري والصرف: القضايا، والتحديات والتوقعات المستقبلية 2004 (E)
27. التقييم الاقتصادي للموارد المائية: من المنظور القطاعي إلى المنظور العملي في إدارة الموارد المائية، 2004 (E)
28. رسوم المياه في الزراعة المروية – تحليل للخبرة الدولية، 2004 – الجهود والنتائج، 2007 (E)
29. الري في أفريقيا بالأرقام – حصر TATDAUQA (F/E)
30. التوجيه المنسق بأصحاب الشأن لدعم عملية إدارة الموارد المائية – المفاهيم المواجهة للممارسة المحلية، 2006 (E)
31. الطلب على منتجات الزراعة المروية في شبه الصحراء الأفريقية، 2006 (E)
32. تحول إدارة الري – على مستوى العالم، 2008 (E/S)
33. تحديد مجال التفاعل بين الزراعة والأراضي الرطبة – نحو إستراتيجية مستدامة ذات تجاوبات متعددة، 2008 (E)
34. الري في إقليم الشرق الأدنى بالأرقام – حصر TATDAUQA, 8002, 9002 (E/RA)
35. الثروة من المواد العادمة: اقتصاديات استخدام المياه العادمة في الزراعة، 2010 (E)
36. التغير في آسيا، المياه والأمن الغذائي (E)
37. الري في آسيا الجنوبية والشرقية بالأرقام – حصر TATDAUQA (E)
38. التكيف مع ندرة المياه – إطار عمل للزراعة والأمن الغذائي 2012 (E)

تاريخ توفر التقارير: فبراير 2011

عربي = AR

صيني = C

إنجليزي = E

فرنساوي= F

برتغالي = P

أسباني = S

التكيف مع ندرة المياه

إطار عمل من أجل الزراعة والأمن الغذائي

في القرن العشرين، ازداد استخدام المياه بمعدل يفوق ضعف النمو السكاني، لدرجة أنه في كثير من الأقاليم لم يصبح في الإمكان الوفاء بالاحتياجات الإجمالية من المياه. وتستخدم الزراعة 70 في المائة من مسحوبات المياه العذبة على مستوى العالم، وهي القطاع الذي تكون فيه المياه شديدة الأهمية. وتحت الضغط المشترك لكل من النمو السكاني والعادات الغذائية، يزداد الاستهلاك الغذائي في معظم مناطق العالم، ومن المتوقع أنه في العام 2050 سوف يحتاج الأمر لزيادة قدرها 60 في المائة من المواد الغذائية للوفاء بالمتطلبات العالمية.

وسوف يزداد احتياج القرارات السياسية المستقبلية، لأن تعكس العلاقة الوثيقة بين الماء والأمن الغذائي، وأن تبنى على إدراك واضح للفرص والمبادلات التجارية في إدارة المياه، من أجل الإنتاج الزراعي. ومن أجل ترشيد جهودها الداعمة لبلدانها الأعضاء، توجهت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) منذ وقت قريب نحو برنامج طويل المدى تحت شعار "التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة". وتأسيسا على اجتماع استشاري للخبراء، تم إعداد إطار عمل تصوري ليعاون على مواجهة قضية الأمن الغذائي في ظروف الندرة المائية. ويقدم هذا التقرير الإطار المذكور، مع استعراض سلسلة من الاختيارات السياسية والتقنية، كما ينشئ مجموعة من المبادئ من شأنها أن تعمل كأسس لتطوير سياسات فعالة للأمن الغذائي تجاوبا مع الندرة المائية المتزايدة.

البرنامج المسمى
"التكيف مع ندرة المياه – دور الزراعة"
يجري تمويله من جانب التعاون
التنموي الإيطالي.

Italian Development Cooperation
Ministry of Foreign Affairs

Coping with water scarcity
An action framework for agriculture and food security

ISBN 978-92-5-607304-4 ISSN 1020-1203
9 789256 073044
I3015Ar/1/04.13