Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized
Public Disclosure Authorized

13315

إعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة: دليل إرشادي للمخططين

تقرير
المياه والإصحاح

6

منظمة الصحة العالمية
المكتب الإقليمي لشرق المتوسط
المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة
عمان، الأردن ٢٠٠٣

13315

اعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة
دليل إرشادي للمخططين

منظمة الصحة العالمية
المكتب الإقليمي لشرق المتوسط
المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة
عمان، الأردن
2003

Copyright April, 1994
The International Bank for Reconstruction & Development
The World Bank
1818 H street, NW
Washington, DC 20433 USA

13315

اشترك في وضع هذا التقرير مجموعة من الباحثين هم نديم خوري وهو مهندس زراعي في البنك الدولي و John M. Kalbermatten مهندس إصحاح ومستشار للبنك الدولي و Carl R. Bartone أخصائي بيئي في مديرية (النقل والمياه والتطوير الحضري) التابع للبنك الدولي.

لقد تم تطوير العديد من معلومات هذا التقرير كجزء من البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – البنك الدولي مشروع GLO/84/007 والمتعلق بالتنمية المستديمة للموارد (إدارة وإعادة استعمال النفايات) من خلال البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة، وبالتحديد برنامج عقد المياه والإصحاح للبنك الدولي.

يتقدم المؤلفون بعظيم الامتنان للمدير السابق للبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – برنامج البنك الدولي Saul Arlosoroff والذي قام بالإشراف على المشرع، وإلى الإقتصادي Frederic Wright الاقتصادي الذي ساهم بشكل كبير في المناقشات الاقتصادية للتقرير. كما ويوجه المؤلفون الشكر والتقدير إلى العاملين في البنك الدولي الذي قام بالمراجعة والتعليق على المقترح الأصلي بالمسودات الأولية لهذا التقرير وهم:

A. Al-Khafagi, S. Barhouti, J. Brisco, J.C. Colins, H. Garn, D. Howarth, E. Idelovitch, G. Le Moigne, D. Macewen, M. Po ,mmierand A. velderman

بالإضافة إلى ذلك فإن تعليقات المراجعين من الخارج كانت لا تثمَّن ومقدرة بشكل كبير وهم:

T. Asano, D. A. Julius, K. Kawata, R. Schertenleib, H. Shuval, M. Strauss, and M. Suleiman.

ولا يفوتنا تثمين جهود العاملين في البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – برنامج البنك الدولي – وحدة النشر للمساعدة في طباعة ونشر التقرير وهم:

D. Murphy, J. Hopper, R. Pinin, and J. Gren.

وقد تم إعداد هذه الوثيقة ونشرها من قبل البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – برنامج البنك الدولي للمياه والإصحاح مديرية /النقل والمياه والتطوير الحضري /البنك الدولي. ويمكن الحصول على نسخ من هذه الوثيقة الأصلية من البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – برنامج البنك الدولي والإصحاح على العنوان التالي: 1818 H Street, NW, Washington, DC 20433 كما ويمكن اقتباس المادة العلمية مع الإشارة إلى المصدر. إن النتائج والتفسيرات والاستنتاجات المعبر عنها في هذا التقرير هي للمؤلفين، ولايجوز عزوها بأي حال إلى البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – برنامج البنك الدولي للمياه والإصحاح أو البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة أو البنك الدولي أو أي منظمات مرتبطة بالبرامج المذكورة أعلاه.

وتجدر الاشارة الى أن الخرائط المرافقة للنص قد تم إعدادها فقط لفائدة القارئ علما بأن تصميم وتقديم المادة فيها لا يتضمن التعبير عن رأي البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة - برنامج البنك الدولي للمياه والإصحاح، أو البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة، أو البنك الدولي، أو أي منظمات مرتبطة بالبرامج المذكورة أعلاه.

This work was originally published by the World Bank in English as Reuse of Wastewater in Agriculture: A Guide for Planners in 1994. This translation was Prepared and produced by WHO-CEHA. WHO-CEHA is responsible for the accuracy of the translation. In case of any discrepancies, the original language shall govern.

تم نشر الوثيقة الأصلية - إعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة، دليل إرشادي للمخططين- في عام 1994 من قبل برنامج البنك الدولي. وتمت ترجمتها واعدادها من قبل منظمة الصحة العالمية- المركز الإقليمي لأنشطة صحة البيئة – CEHA ، وبذلك تتحمل مسؤولية الدقة في الترجمة. وفي حالة التعارض أوالتناقض، يكون للغة الأصلية القرار.

الخلاصة

يلخص دليل البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة – البنك الدولي، معلوماتٍ عن إعادة استعمال مياه الفضلات لغايات الري. ويعتبر هذا الدليل متمماً للدلائل الصحية لمنظمة الصحة العالمية المتعلقة بإعادة استعمال مياه الفضلات، بالإضافة إلى دلائل جودة الماء، لأغراض الري الصادر عن منظمة الأغذية والصناعة الدولية. ويلخص التقرير أيضاً المعلومات المتعلقة بالصناعة وتشمل المنافع المحتملة والتأثيرات البيئية لإعادة الاستعمال.

إنَّ إعادة استعمال مياه الفضلات بشكل صحيح، يعد إجراءً لحماية البيئة، وهو أفضل من تصريف مياه الفضلات المعالجة إلى المياه السطحية؛ لأن هذا الإجراء يوفر كمياتٍ كبيرةً من المياه العذبة المستخدمة حالياً لأغراض الري، لسد الاحتياجات المتزايدة للمياه العذبة في مدن الدول النامية.

ويقترح الدليل استخدام الأراضي كخيار للتخلص من مياه الفضلات عندما لا يكون هناك حاجة ملحة لوجود مصادر إضافية لأغراض الري.

إنَّ التعاون والتنسيق بين القطاعات المعنية بالزراعة والمياه والفضلات، وحماية البيئة والصحة أمرٌ حيوي، وقد أظهر هذا التعاون والتنسيق العديد من القضايا التنظيمية التي تم مراجعتها في هذا الدليل.

وأخيراً فإن هذا التقرير يوفر توجيهات إرشادية للخيارات الفنية على ضوء سياسة البدائل، ويفترض إطار عمل يتضمن الاعتبارات الاقتصادية والمالية، ويساعد المديرين المكلفين وكوادر وكالات التنمية في إعداد مشاريع إعادة استعمال مياه الفضلات.

وتعد مشكلة جودة المياه وكمياتها من المشاكل التي ظهرت في دول العالم النامي بشكل متزايد ومستمر ويأمل المؤلفون أن يسهل هذا التقرير إمكانية إعادة استخدام مياه الفضلات في الزراعة كجزء متمم لاستراتيجيات إدارة المياه في المشاريع التنموية.

ترحب منظمة الصحة العالمية بطلبات الحصول على الإذن باستنساخ أو ترجمة منشوراتها جزئيا أو كليا. وتوجه الطلبات والاستفسارات في هذا الصدد إلى السيد مدير الإدارة العامة، المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لشرق المتوسط، شارع عبد الرزاق السنهوري، مدينة نصر، القاهرة 11371، جمهورية مصر العربية، الذي يسره أن يقدم أحدث المعلومات عن أي تغييرات تطرأ على النصوص، وعن الخطط الخاصة بالطبعات الجديدة، وعن الترجمات والطبعات المتكررة المتوافرة.

© منظمة الصحة العالمية، 2003

تتمتع منشورات منظمة الصحة العالمية بالحماية المنصوص عليها في البروتوكول الثاني للاتفاقية العالمية لحقوق الملكية الأدبية، فكل هذه الحقوق محفوظة للمنظمة.

وإن التسميات المستخدمة في هذه المنشورة، وطريقة عرض المادة التي تشتمل عليها، لا يقصد بها مطلقاً التعبير عن أي رأي لأمانة منظمة الصحة العالمية، بشأن الوضع القانوني لأي قطر، أو مقاطعة، أو مدينة، أو منطقة، أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدود أي منها أو تخومها.

ثم إن ذكر شركات بعينها، أو منتوجات جهة صانعة معينة، لا يقصد به أن منظمة الصحة العالمية تخصها بالتزكية أو التوصية، تفضيلاً لها على ما لم يرد ذكره من الشركات أو المنتوجات ذات الطبيعة المماثلة.

يمكن التوصل إلى النص الكامل لهذه المنشورة عن طريق الإنترنت
www.emro.who.int/ceha

شكر وتقدير

ينتهز مركز منظمة الصحة العالمية الاقليمي لأنشطة صحة البيئة مناسبة اصدار هذه الوثيقة ليعبر عن شكره وامتنانه للبنك الدولي لموافقته على ترجمتها وطباعتها وتوزيعها في اقليم شرق المتوسط. كما يعرب المركز عن شكره للتالية اسمائهم وذلك عن جهودهم في التعريب والتدقيق والتصميم والاخراج والتنفيذ:

الترجمة والتعريب: المهندس الزراعي محمد هشام الحاج خليل، رئيس قسم اعادة استخدام مياه الفضلات/ سلطة المياه الأردنية (سابقا)

المراجعة التقنية: الدكتور المهندس صقر السالم، مركز منظمة الصحة العالمية الاقليمي لانشطة صحة البيئة

التدقيق اللغوي: الدكتور قاسم سارة، مكتب منظمة الصحة العالمية الاقليمي لشرق المتوسط

المراجعة والاخراج الفني: المهندس مازن ملكاوي، مركز منظمة الصحة العالمية الاقليمي لانشطة صحة البيئة
المهندس أحمد الكوفحي، المدير التنفيذي لجمعية البيئة الأردنية
السيدة رهام اليمن

المحتويات

الاصطلاحات والاختصارات vii

الخلاصة التنفيذية viii

1- المقدمة 1
لمحة تاريخية 2
التطورات الحديثة لمواصفات جودة المياه 2

2- الجوانب الرئيسة المهمة في التخطيط لاعادة استعمال مياه الفضلات 5
الموارد المائية 5
الكمية 5
الجودة 5
تخصيص وتسعير المياه 6
التكاليف والمنافع 7
المخاطر الجرثومية على الصحة 8
المخاطر السمية على الصحة 12
الجوانب التشريعية الضابطة 12
معايير الصحة العامة 14
الجوانب الاجتماعية الثقافية 14
الجوانب الزراعية 16
المعايير الزراعية 19
تكنولوجيا التخلص ومنافع اعادة الاستعمال 20
تكنولوجيا المعالجة ذات التكاليف المنخفضة 21
الجوانب البيئية 24
الرصد والتقييم 25
الاستنتاجات 25

3- عناصر تطوير مشروع اعادة الاستعمال 27
المؤسسات 27
الخيارات السياسية والتكنولوجية 28
الاعتبارات المالية والاقتصادية 29

الملحق ا دلائل الصحة العامة لاعادة استعمال مياه الفضلات 31

الملحق ب دلائل جودة مياه الري 32

ملحق ج الارشادات الخاصة بمكونات معينة للملوثات 35

ملحق د الدلائل التطبيقية لاعادة استعمال مياه الفضلات 42

المراجع 53

الجداول

1 أمثلة للري بمياه الفضلات المعالجة في بعض الدول.
2-2 الخصائص الوبائية للكائنات الممرضة المعوية فيما يتعلق بفعاليتها في التسبب بالعدوى من خلال الري بمياه الفضلات.
3-2 دلائل الجودة الجرثومية الموصى بها لاستخدام مياه الفضلات في الزراعة.
4-2 انتاجية مساحات اختبارية في تايلاند والهند باستعمال مياه ري ذات نوعية مختلفة.
5-2 ميزات ومساوئ أساليب الري المختلفة باستعمال مياه الفضلات فيما يتعلق بخطر نقل الأمراض وكفاءة استخدام المياه والكلفة.
6-2 نسبة الإزالة المتوقعة للجراثيم والديدان المعوية المفرغة في عمليات معالجة مختلفة للفضلات السائلة
7-2 أداء سلسلة من خمس برك تثبيت فضلات في شمال شرق البرازيل (متوسط حرارة البركة 26º مئوية).
8-2 الكفاءة المسجلة لإزالة الجراثيم من برك تثبيت الفضلات متعددة الاحواض بفترة احتجاز تزيد عن 25 يوم.
أ-1 معالجة مياه الفضلات ومعايير الجودة للري (ولاية كاليفورنيا 1978).
ب-1 دلائل تفسير نوعية المياه لغايات الري.
ب-2 الحد الأعلى لتراكيز العناصر النزرة الموصى بها في مياه الري.
ج-1 جدول C-1 / مقاومة المحاصيل النسبية للملوحة.
ج-2 تأثير نوعية مياه الري على احتمالية انسداد النقاطات في نظام الري بالتنقيط.
ج-3 المكونات ذات الأهمية في معالجة مياه الفضلات، والري باستخدام مياه البلديات العادمة المستصلحة.
ج-4 القيم المحددة لتركيز المعادن الثقيلة في التربة.
ج-5 القيم المحددة لتركيز المعادن الثقيلة في الحمأة المستعملة في الزراعة.
ج-6 القيم المحددة لكميات المعادن الثقيلة التي يمكن أن تضاف سنويا إلى الأراضي الزراعية بمعدل عشر سنوات.
د-1 سوق المياه المستصلحة/ إعداد المسح المعلوماتي.
د-2 سوق المياه المستصلحة : موجز التقييم / تقرير الجدوى.
د-3 موجز خطة لاستصلاح المياه العادمة ومرافق إعادة الاستخدام.
د-4 المعوقات المحتملة لتأمين الالتزامات من مستخدمي المياه المستصلحة.
د-5 الشروط المستحبه لعقود مستخدمي المياه المستصلحة.

الأشكال التوضيحية

شكل رقم 1 مخطط للمسار يبين الانتقال المحتمل للممرضات المفرغة، وإجراءات الحماية الصحية التي يمكن تنفيذها عن طريق التدخل في عمليات الجريان.
شكل رقم 2-1 صمود الكائنات الممرضة المعوية المختارة في مياه الفضلات، وعلى المحاصيل.
شكل رقم 2-2 نموذج عام لمستوى الخطر على صحة الإنسان المرتبطة بتشكيلة مختلفة من إجراءات الحماية لاستخدام مياه الفضلات أو المفرغات البشرية في الزراعة أو تربية الأحياء المائية.
شكل رقم 3-2 مفهوم المكونات المحددة للأراضي المستعملة في حالة تصميم المعالجة باستخدام الأراضي.
شكل رقم 4-2 نموذج لمخطط برك تثبيت المخلفات.
شكل رقم ج-1 تقسيمات معدلات المقاومة النسبية للملوحة بواسطة المحاصيل الزراعية.

الاصطلاحات والاختصارات

BOD	الطلب الكيميائي الحيوي على الأكسجين.
COD	الطلب الكيميائي على الأكسجين.
EPA	وكالة حماية البيئة (الولايات المتحدة الأمريكية).
FAO	منظمة الأغذية والزراعة.
Ha	هكتار = 10000 م 2 = 2.5 أيكر.
IRCWD	المركز المرجعي الدولي للتخلص من الفضلات (ديندورف – سويسرا).
LLC	تحليل المكونات المحددة للأرض.
Log^{10}	كفاءة الإزالة المعبر عنها بـ Log10 وحدات إزالة (مثال 4 تكافئ 10^{-4}= 99.9% نسبة إزالة).
Mm^3	مليون متر مكعب.
UNDP	البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة.
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة.
WHO	منظمة الصحة العالمية.

الخلاصة التنفيذية

يلاحظ ازدياد الأهمية الإستراتيجية لإدارة واستعمال مياه البلديات العادمة والمستصلحة للاستخدامات الزراعية في مناطق العالم المحدودة الموارد المائية.

إنَّ لإعادة استعمال مياه الفضلات غرضين رئيسين: الأول أنها تحسن البيئة بسبب تقليصها كميات الفضلات (معالجة أو غير معالجة) التي يتم تصريفها إلى المجاري المائية، والثاني: المحافظة على الموارد المائية وذلك بتقليل طلب استخراج المياه العذبة.

وخلال العملية فإن إعادة الاستعمال لها مردود ناتج عن تقليل كلفة عملية التخلص من الفضلات، وتوفير مياه الري بصورة رئيسة حول المدن التي يتوفر فيها شبكة صرف صحي .

وبالرغم من أن مياه البلديات العادمة المعالجة يمكن استعمالها للأغراض المنزلية والبلدية والصناعية والزراعية، فإن هذا التقرير يتناول استعمالهل للأغراض الزراعية فقط بسبب أن أكثرية إعادة الاستعمال (سواء كانت منضبطة وتتم تحت السيطرة أم غير منضبطة) تحدث حالياً في الدول النامية من خلال عمليات ري المحاصيل. كما يشكل الري أعلى مستويات استهلاك للمياه، ويلعب دوراً متميزاً في أي برنامج لإعادة الاستعمال المتكرر للمياه، وذلك للتخلص النهائي من المياه الخارجة (Final effluent) .

يستهدف هذا التقرير مخططي المشاريع ذوي العلاقة بالمياه، بما في ذلك:

أ. تصحاح المدن.
ب. الإدارة المتكاملة للموارد المائية.
ج. الري حول المناطق الحضرية
د. تحسين البيئة.

إن هذا التقرير لا يقدم معلومات تفصيلية قطاعية في تخطيط أنظمة التصحاح، ومحطات معالجة مياه الفضلات أو مشاريع الري، بل يهتم فقط بالجوانب التخطيطية والتصميمية ذات الطبيعة المتداخلة بين عدة تخصصات؛ لتسهيل التفاعل بين الخبرات الفنية والاقتصادية والاجتماعية، من أجل إنجاح مشاريع إعادة الاستعمال.

إن إعادة استعمال المياه حسب تعريفها هو جهد لعدة تخصصات. فنوعية مياه الفضلات المعالجة هو الأكثر أهمية من الناحية الفنية في تصميم وتنفيذ نظام متكامل لإعادة الاستعمال يكون مقبولاً ومدعوماً من المواطنين المتأثرين مثل (المنتجين والمستهلكين).

يتضمن هذا التقرير الدلائل النوعية الإرشادية لإعادة الاستعمال الآمن (منظمة الصحة العالمية 1989م) بما في ذلك اهتمامات الصحة العامة، مع الاهتمام بالشؤون الزراعية لإدارة جيدة للنبات والتربة والمياه.

ويركز الجزء الأول من التقرير على التداخلات الأساسية، للقطاعات المتعددة التي لها علاقة بإعادة الاستعمال، وخاصة فيما يتعلق بضمان الإنتاجية الاقتصادية لنوعية مياه الفضلات المستعملة والمقبولة للغايات الزراعية المستهدفة، مع الأخذ بعين الاعتبار الصحة والإنتاجية الزراعية والتقبل العام.

أما الجزء الثاني من التقرير فإنه يتضمن العناصر الرئيسة لإطار تخطيط مشروع إعادة استعمال المياه، ويناقش بصورة مختصرة ما سيؤول إليه الحال في حالات عدم تطبيق المشروع Without –Project situations .

1. المقدمة

يتبين أن إعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة هو الاستعمال ذو الجدوى الاقتصادية، والاستعمال البيئي الجيد لمياه البلديات العادمة لغايات الري وتربية الأحياء المائية. إن إعادة الاستعمال سيؤدي بصورة عامة إلى:

- توفير مصادر إضافية للمياه، والمغذيات، ومواد عضوية لتحسين التربة.
- تحسين البيئة بواسطة منع أو تقليل التصريف إلى المياه السطحية.
- حفظ مصادر المياه العذبة.
- تحسين الكفاءة الاقتصادية للاستثمارات في مجال التخلص من مياه الفضلات والري، وبصورة رئيسة بالقرب من المدن والبلدات حيث توجد أنظمة الصرف الصحي.

إن مياه الفضلات لا تُستعمل كمورد في كثير من الأحيان، ولا ينظر إليها بعين الاعتبار لخمسة أسباب رئيسية هي: نقص المعلومات المتوفرة عن منافعها والخوف من المخاطر المحتملة على الصحة والتأثير الثقافيو الافتقار إلى طريقة لتحليل اقتصاديات مشاريع إعادة الاستعمال بشكل شامل، والممارسات السلبية حول إعادة استعمال مياه الفضلات في المناطق بدون تخطيط أو بوضع خطط تصميمية ضعيفة.

توفر دلائل المشروع - المفصلة في الفصل الثالث للمخطط الذي له معرفة جيدة بالموضوع حول ميزات إعادة استعمال مياه الفضلات لغايات الري والتخلص البيئي الصحيح - المساعدة على اتخاذ القرار حول الاستثمارات في مشاريع إعادة الاستعمال، وبذلك فإن هذا التقرير:

- يناقش القضايا المرتبطة بإعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة.
- يوضح للمسؤولين عن تخطيط مشاريع التخلص من مياه الفضلات، والمسؤولين عن تخطيط مشاريع الري ضرورة التشاور المشترك فيما بينهم حول مشاريع إعادة الاستعمال للأغراض المزدوجة: الري وتصريف مياه الفضلات.
- يوفر المعلومات الضرورية لمقترحي المشاريع الزراعية، بحيث يمكنهم من تقييم أثر إعادة استعمال مياه الفضلات على الصحة والإنتاجية.
- المساعدة في تحضير وتقييم هذه المشاريع .

بالرغم من أن أغلب القضايا التي تمت مناقشتها ترتبط بكل من الري وتربية الأحياء المائية (إنتاج السمك أو الأعلاف المائية أو كليهما) فإنه سيتم في هذا التقرير التطرق بالتفصيل إلى موضوع الري فقط. إنَّ البحوث الأساسية حول التأثيرات الصحية لتربية الأحياء المائية لا زالت قائمة، ولا يمكن ترجمة هذه النتائج إلى دلائل محددة لحد الآن. ويمكن إيجاد مراجعة شاملة للخبرات في موضوع تربية الأحياء المائية التي يتم تغذيتها على الفضلات في مكان آخر (Edwards, 1991).

وهذا التقرير لا يوفر معلومات عن تصميم محطات معالجة مياه الفضلات، أو مشاريع الري، أو عن إجراء استقصاءات وبائية، علماً بأن الدلائل الإرشارية لعمل مثل تلك الإجراءات متاحة، وأنَّ أصحاب الاختصاص ذوي العلاقة على علم بذلك. توفر دلائل هذا التقرير المعلومات الإضافية اللازمة لمختلف التخصصات الضرورية، لتقييم إعادة استعمال مياه الفضلات لغايات الري. وتوفر الدلائل الحقائق المطلوبة للتطبيق المناسب والناجح لاستعمال مياه الفضلات لغايات الري.

لمحة تاريخية

إنَّ استعمال الفضلات البشرية في الزراعة،من الممارسات المعروفة منذ آلاف السنين، حيث استخدم في العصور القديمة السماد البشري (غائط وبول الإنسان) لتسميد الحقول في الصين، ودول آسيوية أخرى، ومازالت هذه الممارسة مستمرة حتى يومنا هذا.

وقد استُخدِمت مزارع المجاري Sewage farms لمعالجة مياه الفضلات البلدية، وإنتاج المحاصيل الزراعية في ألمانيا، وذلك في مطلع القرن السادس عشر، وفي إنجلترا خلال القرن السابع عشر، وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر. ومع الازدياد السريع في انتشار أنظمة الصرف الصحي، أصبحت مزارع المجاري طريقة متعارف عليها لمعالجة مياه الفضلات والتخلص منها في أوروبا وأمريكا الشمالية واستراليا. ورغم توقف أغلب هذه المواقع عن العمل فإنها ما زالت تعمل وحتى يومنا هذا وبانتظام في مدينة مكسيكيو وملبورن. وقد بقيت مزارع المجاري مشهورة حتى بداية القرن العشرين ثم بدأت المدن تحتاج إلى المزيد من الأراضي لغايات التوسع. وقد أدى هذا التعدي على الأراضي إلى هجر مزارع المجاري، ولكنها تقلصت بسبب سوء بنائها وتشغيلها، والمعرفة المحدودة عن تأثيراتها الصحية. وانسجاماً مع ذلك، ونظراً لتحديث الطرق الزراعية، وازدياد استعمال الأسمدة الكيماوية، وازدياد التقبل لاستخدام طرق معالجة مياه الفضلات (الميكانيكية والبيولوجية)، وتضاؤل الاهتمام في الاستصلاح واستعادة المغذيات، فقد شهدت أعوام الخمسينات تجديد الاهتمام بالري باستعمال مياه الفضلات، ويعزى ذلك لأسباب منها التمدن السريع وزيادة تلوث المياه السطحية بسبب تصريف مياه الفضلات إلى المجاري المائية وندرة المياه العذبة المتوفرة لغايات الري، وخصوصاً في المدن الواقعة في المناطق الجافة، واستقبال المياه لأجل معالجة تدفق مياه المجاري. ونتيجة لهذه الأسباب، والتفهم الأكثر للمخاطر الصحية، فقد تزايد الاهتمام باستصلاح مياه الفضلات، وبشكل مبدئي من تدفق محطات معالجة مياه الفضلات (Treatment Plant effluent).

إن المنافع المتوخاة حالياً، مشابهة لتلك المتوخاة في الماضي، وهي حماية البيئة من المياه المصروفة، وزيادة محتوى التربة من المغذيات، والمحافظة على كافة الموارد المائية. وتجدر الاشارة الى أن إعادة الاستعمال قد تكون محدودة إذا تم تصريف مياه فضلات صناعية غير مراقبة إلى شبكات الصرف الصحي، وبالتالي تصبح مياه الفضلات غير صالحة للري، وقد تنشأ المشاكل أيضاً نتيجة لعدم كفاية تشريعات الموارد المائية، وعدم التمكن من ضبط: (ا) نوعية المياه المعالجة effluent، (ب) موقع إعادة الاستعمال المختار، (ج) طريقة إضافة المياه المعالجة، أما المحددات الأخرى فيفرضها المناخ وجغرافية المنطقة. ومع هذا فهناك ازدياد في عدد الدول التي أدركت قيمة استصلاح مياه الفضلات فقد أقرّ بعضها سياسة وطنية وبرامج للري من هذه المياه.

التطورات الحديثة لمواصفات جودة المياه

إن تأثير الري بمياه الفضلات على الصحة العامة هو الاهتمام الأولي للهيئات المشرعة، regulatory agencies. ففي عام 1985م بدأ التعاون بين هيئات متعددة لمراجعة الجوانب الوبائية لإعادة استعمال مياه الفضلات، وقد شملت المنظمات المساهمة في هذا التعاون: منظمة الصحة العالمية،و البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة، وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة،و المركز المرجعي الدولي للتخلص من الفضلات والبنك الدولي.

واعتماداً على تقييمهم للحالة الصحية السائدة في الدول النامية فقد تم اقتراح مواصفات (تقرير Engelberg) (IRCWD, 1985) والتي تأخذ بعين الاعتبار أربع نقاط للتحسين، تم اعتمادها لاحقاً من قبل منظمة الصحة العالمية (WHO, 1989) .((الدلائل الصحية لاستعمال المخلفات السائلة في الزراعة وتربية الأحياء المائية)). وتكمن أهمية هذه الدلائل الإرشادية لجودة الماء بامكانية تحقيقها بطرق معالجة بسيطة وقليلة التكاليف. ونتيجة لذلك يمكن تطبيق الدلائل وتنفيذها بفعالية. وتوفر هذه الدلائل نقطة بداية لتلك الدول المهتمة بتنظيم إعادة استعمال مياه الفضلات، وقد تؤدي إلى زيادة كبيرة في تبني إعادة الاستعمال كخيار ذي جدوى للتخلص من مياه الفضلات.

تبنى اجتماع المجموعة العلمية لمنظمة الصحة العالمية في جنيف توصيات Engelberg وتم صياغة دلائل إرشادية جديدة وإلغاء الدلائل الصادرة عام 1973. وقد نشرت الدلائل الجديدة عام 1989 (WHO 1989) على ضوء الزيادة المفترضة في استعمال مياه الفضلات لغايات الري. وتم نشر وثائق أخرى تتبنّى دلائل منظمة الصحة العالمية لعام 1989 م والمتعلقة بالصحة العامة والجراثيم (Mara and Cairncross 1989, Shuval 1990). ولدراسة الحالات بالتفصيل، يمكن للقارئ الرجوع إلى تقرير (إعادة استعمال مياه الفضلات في دول مختلفة) من إعداد (Strauss and Blumenthal 1990). إن موضوع إعادة استعمال مياه الفضلات أدى إلى توفر وثائق ممتازة عديدة من المستحيل عملياً إدراجها هنا جميعها، وتمثل الوثائق المذكورة أعلاه بالإضافة إلى التقرير الحالي نظرة مختلفة لإعادة الاستعمال. وتعتمد جميعها على جهود متضامنة توجت في الدلائل الإرشادية لمنظمة الصحة العالمية 1989م. تختلف الوثيقة الحالية عن غيرها من الوثائق بأنها لا تحاول تبرير الأساس لدلائل الجودة الجديدة، بل تتضمن الدليل الجرثومي وتوسيع آفاق تطبيقه لتشمل المشاكل العملية التي تواجهها بصورة عامة على مستوى المشروع. والغرض من هذا التقرير هو التوصل إلى إعداد مشاريع استعمال مياه الفضلات وتوسيع نطاق آفاق المناقشة لتشمل الدلائل الزراعية والبيئية لإعادة الاستعمال.

2- الجوانب الرئيسية المهمة في التخطيط لإعادة استعمال مياه الفضلات

إن إعادة استعمال مياه الفضلات في الزراعة يتطلب مراعاة الأثر الصحي،والإنتاجية الزراعية، والجدوى الاقتصادية والجوانب الثقافية الاجتماعية. ونتيجة لذلك، فإنه يجب تعاون أربعة أو خمسة من ذوي الاختصاص أو اثنين منهم على الأقل لتصميم مشروع مقبول اجتماعيا، ذي منافع معقولة، وقليل التكاليف، ويحمي الصحة العامة. وهؤلاء المختصون قد يمثلوا اختصاصات الصحة العامة وهندسة الصرف الصحي والهندسة الزراعية وهندسة الري والعلوم المالية والاقتصادية والاجتماعية (السلوكية). وبالرغم من أن المواضيع التي نوقشت في هذا الفصل يمكن أن تطبق على أي مشروع لإعادة استعمال مياه الفضلات البلدية أو المنزلية، فإنه من المهم الملاحظة بأن الحل المتعدد التخصصات لقضايا (إعادة استعمال مياه الفضلات)، يجب أن يرتبط بموقع المشروع ويتوافق مع الظروف الاقتصادية والاجتماعية المحلية، وأن يمتاز بالاستمرارية.

الموارد المائية

الكمية

قد تكون الاختلافات الموسمية في هطول الأمطار مهمة في أي منطقة بالرغم من أن الهطول السنوي (المعدل السنوي) يبقى ثابتاً، وبشكل معقول على المدى الطويل. إن إدارة موارد المياه المتوفرة (وتتضمن الأمطار والمياه من المصادر الأخرى) يجب أن تشمل برامج تخصيص تلائم الطلب الموسمي المختلف على المياه ، علماً بأن الزراعة هي المستخدم الرئيسي للمياه (حوالي 75% من الاستخدام الكلي في الدول النامية) تتبعها الصناعة، والتجارة والاستخدام المنزلي.

هناك صعوبة في تخصيص المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة، ولا بد من الاستخدام الكفؤ للمياه في الزراعة، من خلال ري أكثر فاعلية، أما في المجال الصناعي والمنزلي، فانه يمكن استخدام أجهزة ترشيد المياه التي تقلل الطلب على المياه، كما يمكن للتسعير الحقيقي للكميات المستهلكة أن تشجع المحافظة على المياه في الزراعة، والصناعة، والاستهلاك المنزلي. إن إعادة تدوير مياه الفضلات للغايات الأقل أهمية ،الصناعية أو المنزلية، أو ضمن المجتمع المحلي يمكن أن يحافظ على المياه العذبة. ولتفعيل هذه الإجراءات لا بد من وضع استراتيجيات، وسياسات محددة، لضبط استعمال موارد المياه العذبة وإجراء عمليات التخصيص. ويمكن أن يكون لاستعمال مياه الفضلات المستصلحة لغايات ري الأراضي الزراعية القريبة من المدن مردودٌ اقتصاديُ يوفر أسواقاً للمحاصيل ذات المردودية العالية.(High – value crops). وقد تساهم مياه الفضلات في بعض المناطق الجافة بـ 15-80% من المياه المتوفرة لغايات الري. وجدول رقم 2-1 يبين أمثلة لمدى مساهمة إعادة الاستعمال في الري والتخلص من مياه الفضلات.

الجودة

يجب أن يعتمد تخصيص الموارد المائية على اعتبارات الجودة، بالإضافة إلى الكمية. وفي العادة، فإن الجودة الجيدة تخصص للاستهلاك البشري، وبعض العمليات الصناعية. وبذلك يترتب على السياسات الوطنية وضع خطط كبيرة لموارد المياه وخطط لأحواض الأنهار، والتشريعات؛ وأن تكون الأولوية لاستعمال الماء العذب للأغراض البشرية (الإنسانية)،

وأن تقوم بإعداد المواصفات النوعية لمياه الفضلات، والتي تشجع إعادة استعمالها لأغراض زراعية، ومنزلية و صناعية. حيث أن ذلك مهم وبشكل خاص في المناطق الجافة وشبه الجافة، ويمكن تحقيق المواصفات المحددة لنوعية مياه الفضلات بواسطة المعالجة أو المزج مع المياه العذبة (التخفيف)، أو بواسطة إجراء العمليتين معاً (المعالجة والمزج). إن الدافع لمثل هذا الاستعمال المتتابع للمياه، قد لا يكون سببه الحاجة إلى المياه فقد يكون مرتبطاً بالحاجة للمحافظة على نوعية الموارد المائية. إن استهلاك مياه الفضلات قبل وصولها إلى موارد المياه الجيدة يمنع تدهور هذا المصدر، ولأن الزراعة هي المستهلك الرئيسي للمياه بالمقارنة مع الاستخدامات الصناعية والمنزلية يمكن وضع الاستخدام الزراعي في نهاية أي تشكيلة للاستخدام المتكرر للمياه*.

تخصيص وتسعير المياه: Water Pricing and Allocation

يتأثر تخصيص الموارد المائية بالاهتمامات المتعددة، وأحياناً المتضاربة، للقطاعات المختلفة، فالمزارعون قد يكونون غير متفهمين لمنافع الري بمياه الفضلات، وقد يقاوم القطاع الصناعي الاستثمار في مجال معالجة وإعادة استعمال مياه الفضلات. ومقاومة هذا التوجه غالباً ما يكون لنقص المعلومات عن أهمية هذا المورد أو خطأ في سياسة تخصيص موارد المياه أو تسعيرها.

إن التسعير الملائم الواقعي للمياه مهم لتغطية الكلفة ولتشجيع المحافظة عليها، وفي أمثلة عديدة يتم توفير المياه العذبة للمزارعين بدون ثمن، وهذا لا يقلل من الحوافز المطلوبة للمحافظة على المياه فحسب ولكن يعرِّض أي محاولة للري جزئياً بمياه الفضلات المعالجة مقابل التكاليف للخطر. إن العائق الآخر لمطالبة المزارعين بتكاليف مياه الفضلات المعالجة هو أن المزارعين على الأغلب قد استخدموا مياه الفضلات (الخام) لغايات الري، وأدركوا المنافع الزراعية لها، (ولكنهم لم يدركوا المخاطر على الصحة)، وفي هذه الحالات قد يقاوم المزارعون بدفع جزءٍ من قيمة المياه والتي تغطي جزءاً من كلفة نظام المعالجة. ويعرض الفصل الثالث مناقشة أكثر شمولاً لسيناريوهات مختلفة لإنجاز المشاريع. فصياغة سياسة مناسبة لتسعير المياه في كل حالة يمكن أن تحدد جدوى مشروع إعادة استعمال مياه الفضلات.

ويمكن القول بأنه على كل مستخدم أن يدفع التكاليف الحقيقية لاستخراج ومعالجة ونقل المياه إلى موقع الاستخدام لغايات المعالجة اللاحقة والتصريف بعد الاستخدام. وضمن هذا المبدأ الواسع يجب توفر قواعد للتقاسم المتساوي للتكاليف والمنافع الناتجة عن الاستخدام المتعددة للمياه، وإذا وفرت عملية إعادة استعمال مياه الفضلات الأموال للمنتج والمستخدم فيجب أن تقسم المنافع بصورة عادلة وإذا كانت النتيجة تكاليفاً إضافيةً لواحد أو للآخر فلا بد من تقاسم الكلفة أيضاً. إن إحدى طرق التسوية للمتطلبات المائية المختلفة والمتضاربة هو إنشاء سلطة حوض النهر، لتكون مسؤولة عن إدارة وتخصيص الموارد المائية، ويمكن لهذه الوكالة أن تخطط للاستخدام الأكثر تكرارية وكفاءة للموارد المائية ولكافة الأغراض مع تجهيز المستخدمين للمياه بالنوعية والكمية المطلوبة دون اهمال الكلفة المعقولة وحماية البيئة.

*** يلاحظ من خلال هذا التقرير أنه لم يكن هناك أي محاولة للتمييز بين إعادة الاستعمال للغايات الزراعية، باستخدام الأراضي كخيار للتخلص من مياه الفضلات، وإعادة الاستعمال كمصدر إضافي لموارد المياه. وبصورة عامة فإن مشاريع إعادة الاستعمال تقوم بدمج الحلول المثلى لكلتا المشكلتين آخذة بعين الاعتبار أولوية التخلص المأمون والاقتصادي من مياه الفضلات في البيئة.**

جدول 2-1
أمثلة للري بمياه الفضلات المعالجة في بعض الدول

	------ مدى إعادة استعمال مياه الفضلات المعالجة------		
	الحجم الذي أعيد استخدامه مليون م^3 /سنوياً	إجمالي مياه الصرف الصحي %	إجمالي مياه الري %
المستوى الوطني/الإقليم			
استراليا	149	11	-
ألمانيـا	100	3	10
الأردن (وادي الأردن)	97[a]	100 [a]	32 [a]
الهنـــد	730	55	-
إسرائيل	140	65	11
جنوب أفريقيا	70	16	-
أمريكا (أريزونا)	790[a]	-	أكبر من [a] 14
المناطق الحضرية			
سانتياغو/ شيلي[b] Santiago (Chile)	280	100	70[c]
مكسيكو د.ف[b] Mexico DF (Mexico) [b]	1500	100	80[c]
تونس (مدينة تونس)	68[a]	75 [a]	-

المصدر: Bartone and Arlosoroff 1987, Idelovitch 1988 and World Bank, 1988.

a. تم التخطيط للتوسع في إعادة الاستعمال.
b. الري بمياه الصرف الصحي غير المعالجة (المجاري الخام).
c. ظروف الفصل الجاف.

التكاليف والمنافع Costs and Benefits

يجب حصر الاهتمام في دراسة جدوى الري بمياه الفضلات بالتكاليف والمنافع المرتبطة مباشرة بالاستخدام. وبذلك فإنه من المحتمل أن لا يكون الري بمياه الفضلات جذَّاباً اقتصادياً أو مالياً حينما تكون كمية هطول الأمطار كافية، ليجعل من الري بحد ذاته عملية غير مرغوبة؛ لأن الزيادة الهامشية في الإنتاج تعادل كلفة نظام الري المطلوب تجهيزه، ومن جهة أخرى حيث يوجد نظام ري قائم أو حيث يكون الطلب على مياه الري يفوق المتوفر من الموارد، فإن الكلفة الهامشية لاستعمال مياه الفضلات المعالجة تكون مبررة بزيادة الإنتاج. إن الأردن(World bank, 1988)، وإسرائيل (world bank, 1987)، الولايات المتحدة – كاليفورنيا (Engineering Science, 1987)، وأريزونا (Ambrose & Lyne) هي أمثلة للدول التي فيها الطلب على مياه الري مبرراً للاستثمار في عدد من مشاريع إعادة الاستعمال.

وكبديل قد يكون الري بمياه الفضلات هو خيار جذاب للتخلص من مياه الفضلات (باستخدام الأراضي) في حالة الحاجة إلى درجة عالية من المعالجة قبل التصريف لاعتبارات بيئية أو لارتفاع كلفة التخلص (مثال قرب المصب البحري). إن المنافع الناتجة عن تقليل كلفة المعالجة والتخلص وزيادة الإنتاج الزراعي تبرر الاستثمار في نظام الري.

ويجب تحليل كل حالة لغرض تقرير فيما إذا كان الري بمياه الفضلات قابلاً للتطبيق من وجهة نظر كل من الزراعة والتخلص. وفي بعض الحالات فإن خيار التخلص هو أكثر جاذبية من خيار إعادة الاستخدام في الري. وفي حالات أخرى فإن خيار الري يكون جذاباً جداً حتى لو ساهم المستفيد من مشروع الري بكلفة معالجة مياه الفضلات. وفي حالات أخرى حيث لا يكون هناك مصادر أخرى للمياه وتتوفر مساحات كبيرة من الأراضي صالحة للزراعة قرب محطات المعالجة فإن المزارعين على استعداد للاستثمار في مجال المعالجة وتخزين المياه. وفي كثير من الأحيان بالرغم من أن المنافع لا تبرر الاستثمار للتخلص وحده أو الري وحده، فقد يكون الاثنان معا مبررا للاستثمار، خاصة عند الأخذ بعين الاعتبار المنافع البيئية مثل تقليل تلوث المياه المستقبلة، والحقن غير المباشر للمياه الجوفية. لذلك يجب أن يقوم مهندس الصرف الصحي بتقييم جدوى الري بمياه الفضلات كطريقة للتخلص ويجب على مهندس الري الأخذ بعين الاعتبار إمكانية استعمال مياه الفضلات كمصدر لمياه الري والمغذيات في المناطق الزراعية وحول المستوطنات الحضرية.

المخاطر الجرثومية على الصحة Microbial Health Risks

إن المحدد الأكثر أهمية عند إعادة استعمال مياه الفضلات هو ما يتعلق بالصحة العامة،حيث تحمل مياه الفضلات الكائنات الممرضة. وبصوره عامة فإن طرق المعالجة الحديثة (مثل الحمأة المنشطة) لم تصمم للتخلص من الكائنات الممرضة، علما بأن عمليات التطهير يمكنها التخلص من هذه العوامل المسببة للأمراض، ولكن بكلفة عالية نسبيا وتتجاوز الإمكانيات المالية والتكنولوجية لأقاليم عديدة في الدول النامية. وتشمل الأحياء التي يمكن أن تعيش وتقاوم عمليات المعالجة (بدون تطهير) الجراثيم والأوليات والديدان المعوية والفيروسات، وتصيب أغلب هذه الكائنات الممرضة جسم الإنسان فقط من خلال تناول الماء والطعام الملوث بالفضلات.

وتشمل العوامل الرئيسة التي تضبط المخاطر الجرثومية على الصحة:

- قدرة العوامل المسببة للأمراض على العيش أو التكاثر في البيئة.
- الجرعة اللازمة للإصابة.
- الحاجة إلى وجود أو عدم وجود العائل الوسيط.
- قابلية التأثر الشخصي بالخطر (التعرض المستمر قد يخلق المناعة).

إن هذه العوامل ملخصة في الجدول رقم (2-2) والشكل 2-1 يظهر مدى صمود الكائنات الممرضة المختلفة في البيئة.

جدول رقم 2-2

الخصائص الوبائية للكائنات الممرضة المعوية فيما يتعلق بفعاليتها

في التسبب بالعدوى من خلال الري بمياه الفضلات

العوامل المسببة للأمراض	فترة الحياة في البيئة (الصمود)	الحد الأدنى للجرعة المعدية	المناعة	طريقة العدوى	فترة كمون/ تتطور داخل التربة
الفيروسات	متوسط	منخفض	طويلة	التماس المنزلي الطعام / الماء	لا يوجد
الجراثيم	قصيرة – متوسط	متوسط – مرتفع	قصيرة– متوسطة	التماس المنزلي الطعام / الماء	لا يوجد
الأوالي	قصيرة	منخفض – متوسط	معدومة – قليلة	التماس المنزلي الطعام / الماء	لا يوجد
الديدان المعوية	طويلة	منخفض	معدومة – قليلة	ملامسة التربة خارج المنزل/ الطعام	يوجد

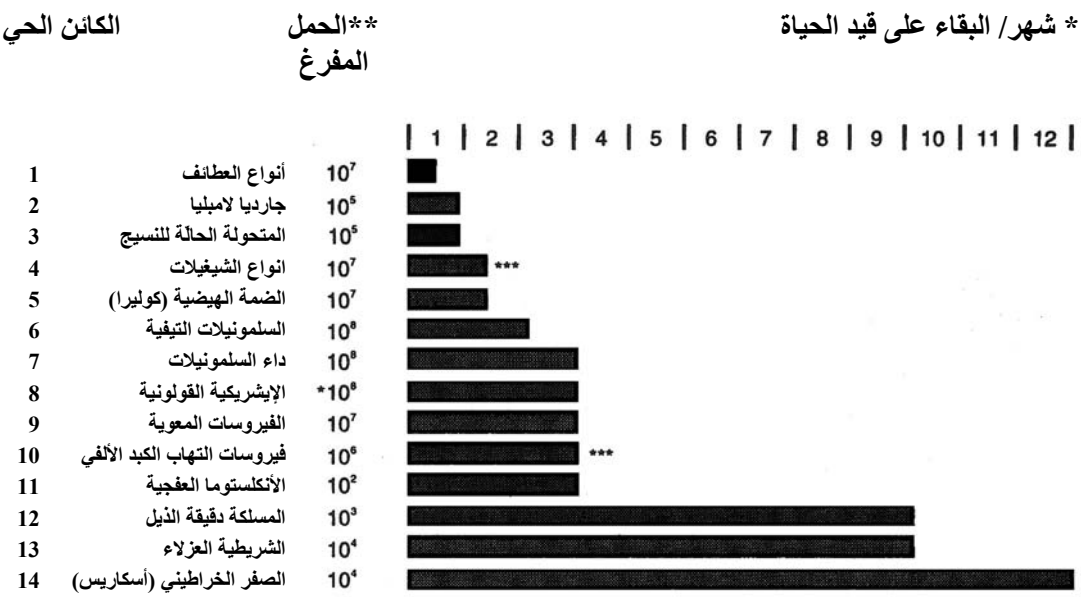
المصدر: Gerba et al 1975

تصيب العوامل المسببة للأمراض مجموعات مختلفة من السكان وبطرق مختلفة. فمستهلكي الخضار غير المطبوخة RAW أكثر عرضة للإصابة من مستهلكي الخضار المطبوخة، كذلك فإن العاملين في ري الحقول المروية بمياه الفضلات أكثر عرضة للأخطار من العاملين في مجالات أخرى. وهناك مجموعات غير معرضة للإصابة، لذا فإنه من المهم وضع أسس لحماية صحة الأشخاص المعرضين.

هناك أربع فئات من الناس في خطر نتيجة الري الزراعي بمياه الفضلات أو المفرغات البشرية وهم:

1. عمال الزراعة العاملين في الحقل وعائلاتهم.
2. متداولو المحاصيل.
3. مستهلكو المحاصيل والحليب واللحوم.
4. الأشخاص الذين يقطنون بالقرب من الحقول المروية بمياه الفضلات.

ويمكن استخدام طرق مختلفة للحد من تعرض الإنسان للعوامل المسببة للأمراض في التجمعات السكانية المذكورة عن طريق: أ) منع الناس من الاتصال المباشر بالكائنات الممرضة في مياه الفضلات، ب) منع أي تلامس مع العوامل المسببة للأمراض قد يؤدي إلى انتشار المرض. والشكل رقم (2-2) يظهر نموذج عام يوضح تأثير الإجراءات المختلفة على المخاطر الصحية.



* معدل الحياة التقديرية للمرحلة الفاعلة عند درجة 20 ° - 30 ° مئوية.

** معدل الرقم النموذجي لعدد الكائن الحي جم/مفرغات بشرية.

*** أرقام تقديرية.

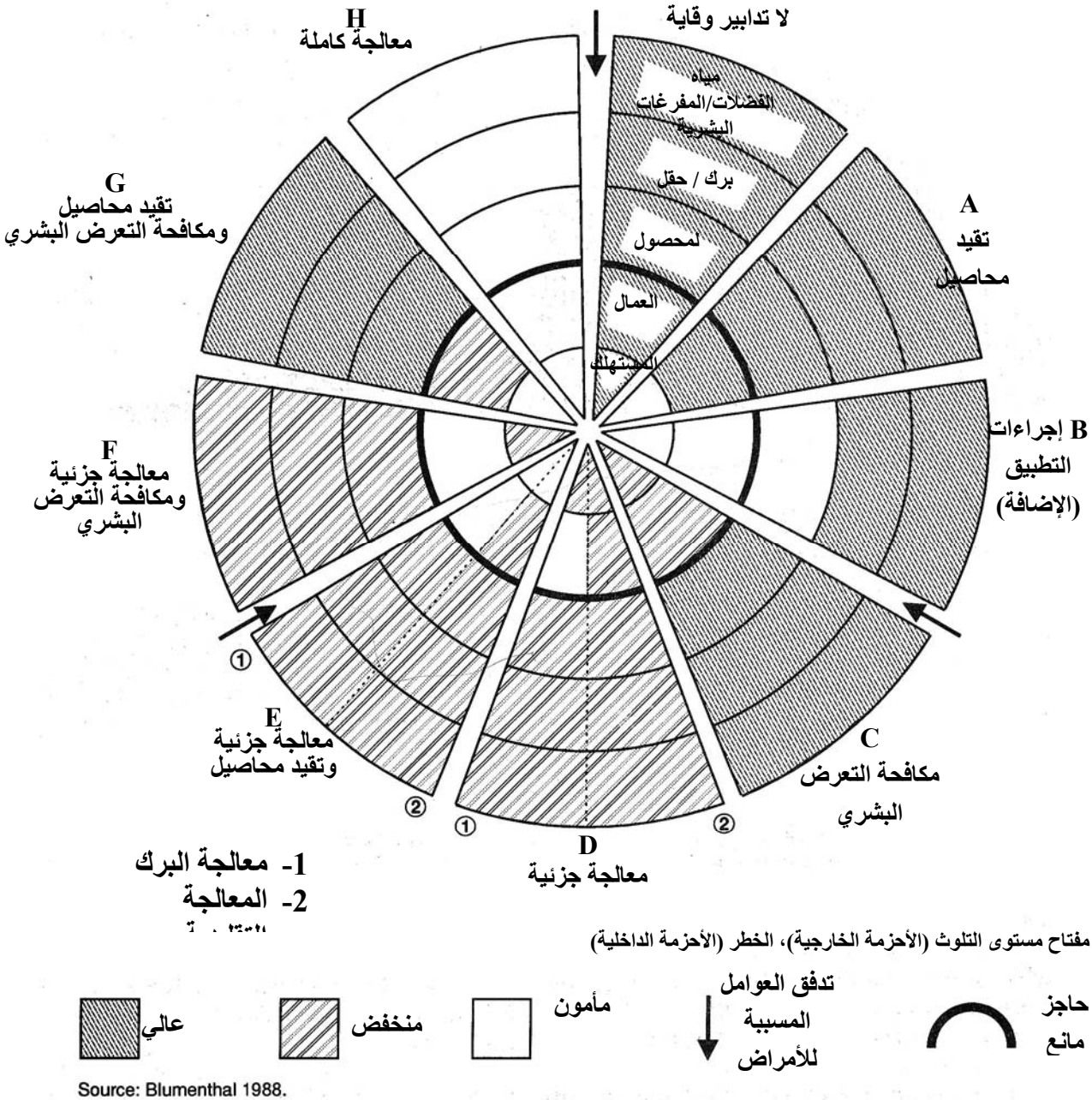
شكل (2-1) صمود الكائنات الممرضة المعوية المختارة في مياه الفضلات، وعلى المحاصيل.

المصدر: Based on Feachem et al. 1983

إن الإجراءات الوقائية لحماية عمال الزراعة في الحقل ومتداولو المحاصيل تتضمن الملابس الوقائية وزيادة مستوى النظافة ومن الممكن التطعيم ضد الأمراض (التمنيع). فعلى سبيل المثال يمكن تقليل تعرض عمال الزراعة في الحقل للإصابة بداء الأنكلستوما (الدودة الشصية)، إذا استخدم العمال أحذية مناسبة. وقد يكون ذلك أصعب مما يبدو؛ لأنه في الكثير من المناطق يتم ممارسة الري التقليدي عادة من مزارعين مرتدين أحذية غير مناسبة. التمنيع ضد الأمراض هو إجراء وقائي آخر ذو جدوى ضد أمراض معينة، مثل (التهاب الكبد أ، وحمى التيفي) ولكنه ليس اجراءً وقائياً ضد أمراض أخرى مثل (الأخماج الدودية، وأمراض الإسهال). فإجراءات الصحة الوقائية تتطلب مرافق طبية كافية لمعالجة الاسهالات وداء الأميبات والأمراض الخمجية الحادة الناتجة عن الممسودات .

ويمكن تقليل الخطر على المستهلكين للمنتجات في مشاريع اعادة الاستعمال الزراعية وتربية الأحياء المائية إذا تم طهي الطعام بشكل كافي وقبل استهلاكه، مع المحافظة على مستوى عالي من النظافة. وفي حالة القيام بحملات توعية للتثقيف الصحي، يجب التأكيد على الطعام النظيف. وبالنسبة للخضار التي تؤكل بدون طبخ Raw يحب عدم ريها بمياه الفضلات حتى لو كانت معالجة. حيث يعتمد ري المحاصيل بمياه الفضلات على مياه تحقق مواصفات مساوية لدلائل منظمة الصحة العالمية WHO1989 على الأقل (انظر جدول رقم أ /1)

ويجب إعلام السكان المقيمين عن مواقع الحقول التي تروى بمياه الفضلات، حتى يتمكنوا هم وأطفالهم من تجنب الدخول إلى هذه المواقع، كما يجب وضع اللوحات التحذيرية على طول حدود الحقول المروية بالإضافة إلى حنفيات المياه. وثبت بأن الضبوبات الهوائية (aerosols) المتطايرة من شبكة الري بالرش قد تكون خطراً على مجموعة الناس (الذين هم على اتصال مباشر مع الحلالة الهوائية) لذا يمنع استخدام الري بالرش لمسافة تقل عن 100 متر من الطرق والبيوت.



Source: Blumenthal 1988.

شكل رقم 2-2 نموذج عام لمستوى الخطر على صحة الإنسان المرتبطة بتشكيلة مختلفة من إجراءات الحماية لاستخدام مياه الفضلات أو المفرغات البشرية في الزراعة أو تربية الأحياء المائية.

تمثل الدوائر متحدة المركز (الأحزمة) "الوسط" المتعدد على طريق العوامل المسببة للأمراض البشرية من نقطة التخلص من تصريف مياه الفضلات إلى المستهلك المحتمل للطعام الملوث. إن تأثير التقنيات العلاجية المختلفة (تدخلات A إلى H) في ممارسة الحماية للعمال والمستهلكين مبين ومقارن مع خطر التلوث العالي المرتبط مع الممارسة (غير الموصى بها) لإعادة استعمال مياه الفضلات غير المعالجة لغايات الري.

ويجب اتخاذ الإجراءات الوقائية الخاصة لضمان عدم استعمال مياه الفضلات لأغراض الشرب أو الأغراض المنزلية من قبل العمال والسكان المقيمين والزوار، بشكل عرضي أو بسبب الافتقار إلى بديل. إن من الحاجات الأساسية لمكافحة التعرض البشري توفير مورد مياه صالح للشرب. بالإضافة إلى طلاء القنوات والمواسير وفتحات مخارج المياه بلون مميز، كما يجب أن تكون مخارج المواسير وتجهيزاتها من نوع خاص لا يسهل فتحه لمنع سوء الاستعمال.

المخاطر السمية على الصحة Toxicological Health Risks

تحتوي مياه فضلات البلديات (خام أو معالجة) بشكل عام على كميات منخفضة من الكيماويات أقل من المستوى السمي للإنسان. ومع ذلك فإن مياه الفضلات الصناعية المصروفة إلى شبكات الصرف الصحي قد تؤدي إلى إضافة مستويات سمية من المركبات كالمعادن الثقيلة والملوثات العضوية، ويمكن لهذه الملوثات: (أ) أن تسبب خطراً على صحة الإنسان إذا ما تم ممارسة الري بطريقة غير مضبوطة (ب) أن تؤثر على تصميم نظام الري بحيث يتوجب إضافة المياه العذبة لغايات تخفيف المركبات السامة. إن مياه الفضلات الصناعية الخام التي تحتوي على كميات ملموسة من المركبات الخطرة، يجب أن تعالج في المصدر، ودون السماح بتصريفها في شبكات الصرف الصحي البلدية.

هناك مشكلة سمية أخرى، محتملة وهي تراكم المعادن الثقيلة في أجزاء من النباتات التي قد تدخل جسم الإنسان من خلال السلسلة الغذائية. ومثال ذلك الكادميوم الذي قد يتواجد في مياه البلديات العادمة وبمستويات غير سامة للنبات ولكنه قد يتراكم داخل النبات ليصل إلى مستويات ضارة بالإنسان أو الحيوان. وقد تظهر تراكمات مماثلة في الحيوانات، ومثال ذلك المعادن الثقيلة المتواجدة في الأعلاف الخضراء التي تتراكم في حليب الأبقار، مما قد يؤدي إلى تراكمات خطرة في جسم المستهلك. إن طرق التصميم القياسية لاستخدام الأراضي للتخلص من الفضلات تأخذ بعين الاعتبار كلاً من التركيز والحمل الكلي للكيماويات المضافة مع مياه الفضلات لمنع هذه التراكمات. إن تحليل المكونات المحددة للأرض (LLC) Land-limiting Constituent هي طريقة صممت لتضمن عوامل ضبط مكافحة تراكمات السموم عند استعمال الفضلات على الأرض (Loehr & Overcash, 1985) شكل رقم 2-3 يلخص الخطوات التي تشمل تحليل المكونات المحددة للأرض (LLC). ويلاحظ أن قيم المعادن الثقيلة المحددة كتراكيز في التربة ومعدل الإضافة السنوي قد تم تطويرها في عدة مناطق من العالم فقد تبنى مجلس المجموعة الأوروبية الحدود المذكورة في الملحق ج.

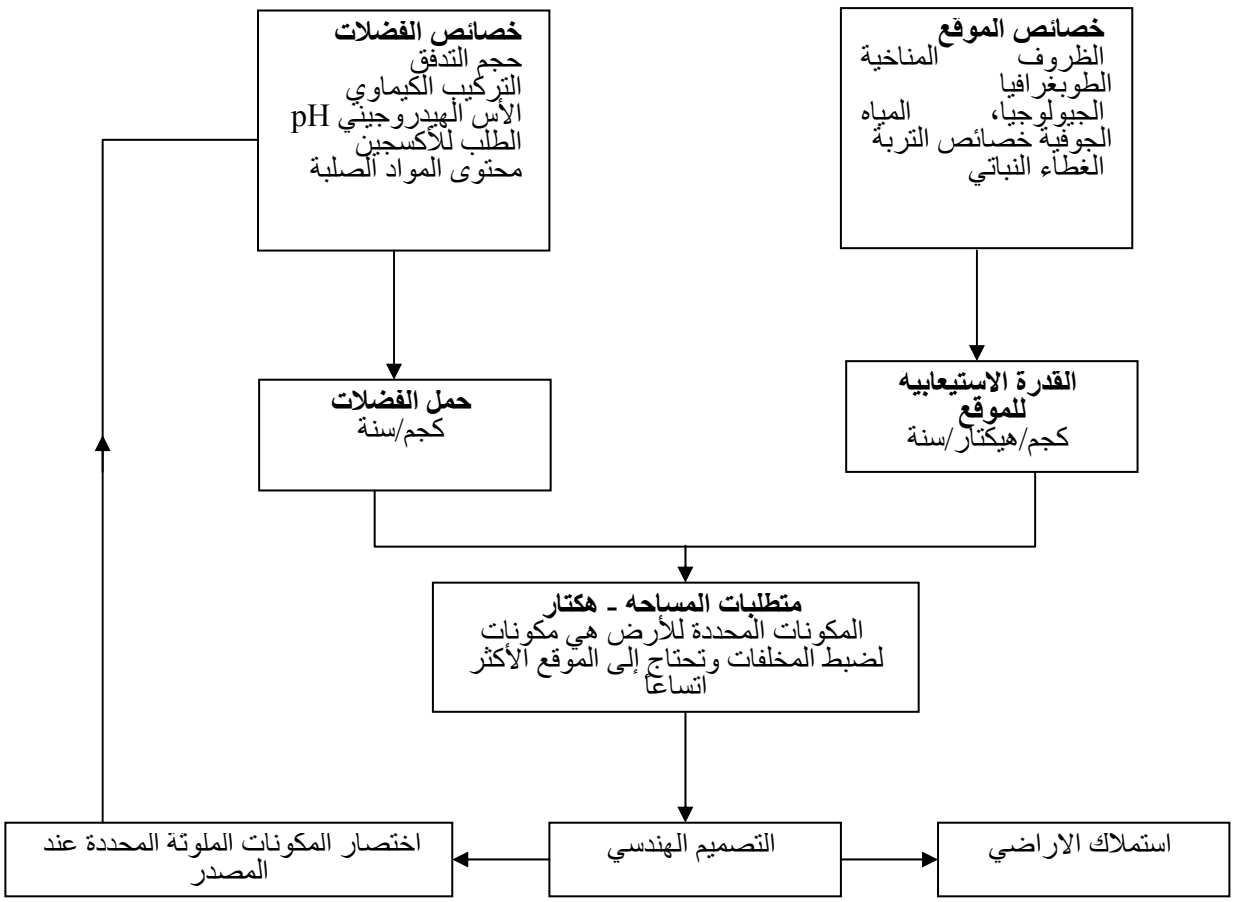
الجوانب التشريعية الضابطة Regulatory Aspects

إن أكثر الدول التي يمارس فيها الري بمياه الفضلات لديها تعليمات تتعلق بحماية الصحة العامة للعاملين في المجال الزراعي ومستهلكي المحاصيل المروية بهذه المياه، وتتطلب التعليمات إيقاف الري قبل وقت محدد من الحصاد، كما تتطلب ارتداء ملابس معينة، وأحذية خاصة (جزم) وتقديم الرعاية الصحية اللازمة للعمال. إن المواصفات المفروضة لجودة مياه الري غالباً ما تكون صارمة، وتعكس دلائل كاليفورنيا الإرشادية (Pettygrove & Asano, 1985) أو دلائل منظمة الصحة العالمية لعام 1973 (WHO guidelines, 1973). وفي معظم الدول الصناعية يمكن الوصول إلى تحقيق هذه المواصفات دون صعوبات؛ بسبب متطلبات مكافحة تلوث المياه أثناء المعالجة. وتمتاز الدول الصناعية بتوفر التكنولوجيا والقدرة التشغيلية لتحقيق المواصفات المطلوبة مع وجود وكالات وهيئات رصد جودة المياه الخارجة من المحطات والتي

لها القدرة على فرض التعليمات المناسبة. تعكس التعليمات في الدول الصناعية حالة التصحاح والخارطة المرضية فيها، ومثال ذلك الديدان المعوية التي لا تؤخذ في الاعتبار منذ فترة طويلة لذا فهي ليست من العوامل التي تدخل في تطوير مواصفات إعادة الاستعمال.

ولا تتوافر في الدول النامية على الأغلب، المعدات التكنولوجية اللازمة للوصول إلى تحقيق نوعية مياه معالجة (مطابقة للمواصفات القياسية) وفي حالة توفرها فإنها لا تتمتع بالاستمرارية، فالوكالات التشريعية في حالة تواجدها لا تستطيع فرض المواصفات المطلوبة إلا نادراً. لذا فإن الري بمياه الفضلات غير المضبوطة يؤدي إلى تعريض العاملين في المجال الزراعي والمستهلكين للخطر. ولغايات حل المشاكل القانونية المتعلقة بفرض ودعم المواصفات فإن الخطوة الأولى هي إعداد معايير حقيقية تعكس المخاطر الصحية السائدة. وهذا سيؤدي إلى مخاطر صحية محدودة ومواصفات مفروضة ومقبولة تشجع الاستخدام الآمن لمياه الفضلات لغايات الري.

الشكل (2-3)



شكل (2-3) مفهوم المكونات المحددة للأرض في تصميم المعالجة باستخدام الأراضي، ويمكن استخدام هذه الطريقة لتصميم نظام (استخدام الأراضي) للمعالجة بطريقة آمنة (ومن ضمنها ري المحاصيل الزراعية) دون التخوف من

الكيماويات (غير الجرثومية) الملوثة في مياه الفضلات المأخوذة بتصرف عن Loher & Overcash, 1985 إن خصائص الموقع تحدد القابلية العامة للموقع لتخزين واستيعاب مكونات مياه الفضلات. وبصورة طبيعية "معالجة" و"إعادة تدوير" تدفقات مياه الفضلات من (خلال البخر الكلي). إن خصائص مياه الفضلات (أو الحمأة) تقرر كمية الأحمال المحتملة لمكونات مياه الفضلات المختلفة. إن الحد الأدنى المطلوب من الأراضي لغايات التخلص المأمون من محتويات مياه الفضلات يتوقف على معدل الأحمال في مياه الفضلات والقدرة الاستيعابية للموقع. إن المكونات المحددة للأراضي (والتي تكافئ مكونات مياه الفضلات الأكثر تلوثاً) تقرر المساحة المطلوبة (للاستملاك) لغايات التخلص المأمون (Safely) من مياه الفضلات، وكبديل آخر فإن المعالجة الإضافية لمياه الفضلات التي تغير من خصائصها سوف تؤدي إلى تقليص مساحة الأراضي المطلوبة.

معايير الصحة العامة Public Health Standards

وكما ذكر سابقاً راجعت مجموعة من المختصين في تموز 1985، الممارسات والمواصفات النافذة المتعلقة بالري باستعمال مياه الفضلات في الدول النامية وقد قام برعاية هذا الاجتماع الذي عقد في أنكلبرك Engelberg(سويسرا) كل من منظمة الصحة العالمية WHO والبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة UNDP وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP والبنك الدولي World Bank والمركز الدولي المرجعي للتخلص من النفايات IRCWD ولاحقاً انضمت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة FAO (المركز المرجعي للتخلص من الفضلات IRCWD 1985). وبعد مراجعة الدراسات الأخيرة للاستقصاءات الوبائية لإعادة استعمال مياه الفضلات غير المعالجة، استنتجت المجموعة أن خطر الإصابة يكون:

1. مرتفعاً بالديدان المدورة المعوية (الممسودات).
2. متوسطاً بالإصابة الجرثومية والإسهال الجرثومي.
3. قليلاً بالإصابة بالفيروسات والإسهال الفيروسي، والتهاب الكبد أ.
4. عالياً إلى معدوم للإصابة بالمثقوبات والإصابة بالشريطيات والمنشقة وداء متفرعات الخصية وداء الشريطيات بحسب الظروف والممارسات المحلية.

ونتيجة لذلك قامت المجموعة بتطوير دلائل جديدة لجودة مياه الري (تقرير Engelberg)، وتم تبني هذه التوصيات بواسطة منظمة الصحة العالمية (WHO) . وقد تم تحديث هذه الدلائل في اجتماع المجموعة العلمية لمنظمة الصحة العالمية في جينيف في الفترة ما بين 18-23 تشرين ثاني 1987م، جدول رقم (2-3) الذي تم التوصية فيه كدليل جديد / لمنظمة الصحة العالمية (الدلائل الصحية لاستعمال مياه الفضلات في الزراعة وتربية الأحياء المائية) (WHO 1989) إن الدليل مستنبط من تقرير Engelberg بتقييماته الأكثر واقعية حول المخاطر الصحية ويتوقع أن يؤدي إلى استعمال أكثر انتشاراً لمياه الفضلات المأمونة لغايات الري.

الجوانب الاجتماعية الثقافية Sociocultural Aspects

يقوم العنصر الثقافي الاجتماعي أو (البرمجيات) الخاصة بمشاريع إعادة استعمال مياه الفضلات بتقييم عاملين حيويين لتخطيط وتنفيذ المشاريع على المستوى التشغيلي، هما: (أ) الحاجة الملحة لمياه الفضلات المعالجة wastewater effluent كبديل أو مصدر إضافي للمياه (ب) درجة تقبل إعادة الاستعمال من قبل الناس الذين سيتأثرون من هذا المشروع. وسوف يكشف المسح الفيزيائي الطبيعي المستكمل، لتوجيه الموارد بدراسة اقتصادية اجتماعية للمجتمعات المتأثرة بمشروع إعادة الاستعمال (المزارعون بصورة رئيسية في حالة إعادة الاستعمال في الزراعة) الحاجة لمثل لهذا المشروع. وسيتأثر تقبل إعادة استعمال مياه الفضلات وتبنى الممارسات للتنفيذ السليم بالطبيعة الاجتماعية الثقافية للناس المشمولين (أي ، القيم، والمعتقدات، والعادات المرتبطة بإمدادات المياه، والتصحاح والصحة وفعاليات أخرى مرتبطة

باستخدام المياه)، وبالرغم من تطوير واختبار طرق ناجحة لاضافة بيانات اجتماعية ثقافية في مشاريع إمدادات المياه والصرف الصحي بنجاح خلال العشر سنوات العشر الماضية (Simpson – Hebert 1983) فإن هناك القليل من الدراسات المعمقة المختصة بالجوانب الاجتماعية الثقافية لمشاريع إعادة الاستعمال في الدول النامية. ومع ذلك فهناك دراسات نوعية استكشافية، تصف الجوانب الثقافية لإعادة الاستعمال مثل (Strauss and Blumenthal 1990) والتي تشير إلى عدد من الاستنتاجات المفيدة والملخصة أدناه:

جدول 2-3
دلائل الجودة الجرثومية الموصى بها لاستعمال مياه الفضلات في الزراعة*

الفئـــة	ظروف إعادة الاستعمال	المجموعة المعرضة	الديدان المدورة المعوية [a] (عدد المتوسط الحسابي للبيضات في كل لتر [b])	القولونيات البرازية (عدد المتوسط الهندسي لكل 100مل [b])	معالجة مياه الفضلات المتوقع أن تحقق النوعية الجرثومية المطلوبة
A	ري المحاصيل المرجح أن تؤكل غير مطبوخة الملاعب الرياضية الحدائق العامة [c]	العمال المستهلكون الجمهور	تساوي أو أقل من 1	تساوي أو أقل 1000 [c]	سلسة من برك التثبيت تصمم لتحقيق النوعية الجرثومية المطلوبة أو معالجة معادلة
B	ري محاصيل الحبوب، المحاصيل الصناعية ومحاصيل الأعلاف المراعي والأشجار [c]	العمال	تساوي أو أقل من 1	لا يوصى بمعيار	الاحتجاز في برك التثبيت لمدة 8-10 أيام أو إزالة معادلة للديدان والقولونيان البرازية
C	ري موضعي للمحاصيل في الفئة B إذا لم يحدث تعرض للعمال والجمهور	لا أحد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة سابقة كما تتطلبها تكنولوجيا الري ولكن لاتقل عن ترسيب أولي

المصدر: (WHO 1989)

ملاحظة: في حالات معينة ينبغي أن تؤخذ في الحسبان العوامل الوبائية المحلية والاجتماعية والثقافية والبيئية، وتعدل الدلائل تبعاً لذلك.

a. نوعا الصفر والديدان السوطية والديدان الشصية.
b. أثناء فترة الري.
c. دليل أكثر صرامة (200 قولونيات برازية في كل 100 مل أو أقل) يلائم الحدائق العامة مثل حدائق الفنادق والتي قد يلامسها الجمهور بشكل مباشر.
d. في حالة أشجار الفاكهة، ينبغي أن يتوقف الري قبل قطف الثمار بأسبوعين، وألا تلتقط أي ثمرة من الأرض وألا يستعمل الري بالرشاشات .

إن فكرة الري باستعمال مياه الفضلات وخاصة مياه الفضلات المعالجة لا تثير النفور بصورة كبيرة في الأماكن التي تم تنفيذها أو اقتراحها فيها، وبالرغم من أن بعض المزارعين في مناطق معينة يرفضون استبدال مياه الفضلات المعالجة بالمياه العذبة المتوفرة، نجد أنَّ مزارعين آخرين ذوي ظروف مشابهة، ويعيشون في المنطقة نفسها تقبلوا استخدام مياه الفضلات لغايات الري بسهولة. وبذلك يبدو أن هذا السلوك يعكس مفهوم شخصي بدلاً من كونه مفهوماً ثقافياً. وتمارس عملية الري باستعمال مياه الفضلات على نطاق عالمي بغض النظر عن الخلفية الثقافية لمستخدميها. وهناك بالتأكيد كلفة اجتماعية وسياسية مرتبطة بعدم استعمال مياه الفضلات عندما تكون هذه المياه هي المصدر الوحيد أو الملموس لمياه الري. إن المزارعين المدركين لقيمة مياه الفضلات قاموا في بعض الحالات بكسر خطوط الصرف الصحي (المجاري) لأخذ المياه عندما لم تكن إعادة الاستعمال مسموحاً بها رسمياً. وفي جميع الحالات يجب إعطاء الوضع الاجتماعي والبرامج التعليمية عناية خاصة عند البدء بأي مشروع لإعادة الاستعمال.

من المهم إدراك محدودية هذه الجهود، وتوقع تغيرات سلوكية متواضعة مصاحبة لمشروع إعادة استعمال مياه الفضلات. ولكن لا يتوقع تغير عادات تناول الطعام لمدينة بأكملها لتبرير تقديم محصول تم ريه بمياه الفضلات المعالجة. ومن جهة أخرى فإن الجهد الموجه في الوقت المناسب والذي يساعد السكان على التغلب على أكبر المعوقات التي تقف أمام معالجة مياه الفضلات (مقاومة السكان لوجود مرافق) هو تسليط الضوء على المنافع المحتملة من استخدام المياه المعالجة.

يتفاوت الرأي العام حول إعادة استخدام المياه وحسب نوع إعادة الاستخدام ، وتشير البحوث في الولايات المتحدة) (Bruvold 1988 بأن الناس بصورة عامة يفضلون خيار التخلص من مياه الفضلات بأقل تعرض بشري كتصريف مياه الفضلات في القنوات المائية (stream) أو إعادة استعمالها في ري المناطق الريفية لغايات تجميلية (landscap) . ومع ذلك فان هناك توجهاً ملموساً اتجاه تقبل خيار إعادة الاستعمال للوصول إلى نتائج اكثر منفعة حتى لو أدى ذلك إلى تلامس بشري بمياه الفضلات المستصلحة. ويتوقع المرء بأنه عندما يتم توعية السكان في الدول النامية عن مشاكل نقص المياه قريبة الحدوث، فانهم سوف يرغبون بدراسة خيار إعادة الاستعمال دراسة جادة، بما في ذلك امكانية التلامس البشري بهذه المياه المعالجة وخصوصاً اذا كانت عملية إعادة الاستخدام جزءاً من الجهد المتكامل للمحافظة على المياه.

إن تاثير الدين على جدوى إعادة استعمال المياه في الدول الاسلامية يؤخذ كمثال للعوامل الاجتماعية الثقافية التي يمكن إن تحدد تطبيق إعادة استعمال مياه الفضلات في هذه الدول. ومع ذلك تبين الأدلة ندرة المياه في الدول الاسلامية الواقعة في الشرق الاوسط وتظهر أن مياه الفضلات يعاد استخدامها بصورة رئيسية لغايات الري (Ail 1987, Biswas and Arar 1988 Haddadin and suleiman 1988). وقد سجل رفض السلطات الدينية لمحاولات إقامة اشكال أخرى من إعادة الاستعمال كمثل الاستخدام في رحض دورات المياه (toilet flushing) وذلك بسبب خطر التلوث بماء غير طهور.

الجوانب الزراعية Agronomic Aspects

المنافـع

ترتبط منافع استخدام مياه الفضلات في الزراعة بكمية المياه المتوفرة والمغذيات. وقد يزيد الري بمياه الفضلات في المناطق الجافة وشبه الجافة إنتاجية المزرعة بصورة ملموسة. وفي حالة تدفق 140 لتر /لكل شخص / يومياً يمكن لتجمع سكاني من 100.000 شخص توفير حوالي خمسة ملايين متر مكعب من المياه سنوياً وهي تكفي لري 1000 هكتار بمعدل 5000 م3 للهكتار / سنوياً وذلك باستخدام طرق الري الحديثة. وفي حالة استخدام الطرق التقليدية فإن هذه الكمية من المياه تكفي لري 250-500 هكتار وذلك في الأقاليم الجافة. وفي المناطق ذات المناخ المعتدل فان قرب هذا المصدر من المياه

يجعله بديلاً مقبولاً بدلاً من استخدام المياه العذبة لري الحدائق البلدية والمسطحات الخضراء. إن التقديرات المقدمة هنا تمثل تقديرات تقريبية للمنافع الزراعية المتوخاه في حالة استخدام مياه الفضلات المعالجة وفي الواقع فإن نسبة المياه المعالجة التي يمكن إعادة استخدامها بشكل اقتصادي هي اقل من 100 %.

تحتوي مياه الفضلات على مواد غذائية وعناصر ضرورية لنمو النباتات، حيث تحتوي خمسة ملايين متر مكعب من مياه الفضلات على 250.000 كجم/ نيتروجين ، و 50.000 كجم/ فسفور، 150.000 كجم/ بوتاسيوم، وفي حالة الحاجة إلى أسمدة اضافية فإن ذلك يتوقف على نوع المحصول تحت الري. وفي العادة فانه يمكن اصلاح التربة التي تعاني من نقص العناصر المغذية من خلال العناصر النزره المتوفرة في مياه الفضلات، فوجودها فعال وخصوصاً في حالة عدم استخدام الأسمدة أو عندما يكون المزارعون عاجزين عن إضافة هذه الأسمدة الكيماوية. يتم الحصول على زيادة ملحوظة في الإنتاج من جراء الري بمياه الفضلات تحت ظروف مناخية وزراعية مختلفة، ويبين الجدول رقم 2-4 نتائج استعمال مياه الفضلات لغايات الري في مساحات اختبارية دون إضافة الأسمدة في كل من تايلاند والهند، حيث تم الحصول على محصول أكبر من حالة استعمال المياه العذبة مع إضافة الأسمدة غير العضوية لهذه الحقول.

إن المواد الغذائية الموجودة في مياه الفضلات ذات فائدة عظيمة، فمنافعها لا تقتصر فقط على الانتاجية الزراعية، لأن التكاليف التي يتم تكبدها للتخلص من مياه الفضلات دون اجراء عملية الري disposal without irrigation باهظة ومع ذلك فقد تصل هذه المغذيات إلى مستويات سامة للنبات كما تم مناقشته سابقا في فصل مخاطر السمية على الصحة.

التكاليف

إن تكاليف إعادة استخدام المياه والمرتبطة بصورة خاصة بالري تنتج من: (أ) المعالجة الخاصة أو متطلبات تكنولوجيا الري (ب) إمكانية ري محاصيل منخفضة القيمة مرتبطة بإضافة نوعية معينة من مياه الفضلات (ج) الاجراءات اللازمة لحماية الصحة العامة. فمياه الفضلات المستعملة لري الاشجار مثلا تحتاج إلى القليل من المعالجة ويمكن استعمالها دون معالجة، ولكن العائد المالي من محاصيل الاشجار أقل من العائد المالي من الخضار. إن مياه الفضلات المستعملة لغايات ري الخضار تحتاج إلى استثمار كبير في المعالجة (معالجة مياه الفضلات) و/ أو مرافق الري وإجراءات الحماية الصحية للعاملين في المزرعة. ويبين الجدول رقم 2-5 الطرق العامة لأساليب الري، وميزات ومساوئ كل منها.

قد تصل المغذيات، والعناصر النزره وأملاح أخرى موجودة في مياه الفضلات المعالجة إلى مستويات تؤذي التربة أو المحاصيل المروية. وفي هذه الحالة قد تزرع محاصيل بديلة (لها القدرة على التحمل) أو إضافة مياه عذبة لتخفيف مياه الفضلات وهذه الإجراءات قد تؤدي إلى انخفاض المنافع الاقتصادية. تم أدناه مناقشة المركبات والعناصر الكيماوية المهمة باختصار، ولغايات معلومات ذات تفاصيل اكثر يرجى الرجوع إلى المراجع /مثل (Bouwer and ldelovitch 1987)

النيتروجين: تتفاوت متطلبات النباتات للماء والنيتروجين بصورة مستقلة خلال موسم النمو، وذلك عند استعمال مياه فضلات ذات محتوى مرتفع من النيتروجين وحسب احتياجات المحاصيل للمياه. فقد تزداد عندها كميات النيتروجين المضافة مع المياه عن حاجة المحاصيل. فزيادة النيتروجين قد يكون لها التاثيرات السلبية التالية:

- نمو زائد في الاوراق يؤدي إلى ميل النبات إلى الرقاد (الانحناء بسبب ضعف الانسجة السليلوزية) وانخفاض في القيمة الاقتصادية لمحاصيل معينة (القطن، الطماطم، وأشجار الفاكهة).
- تراكم مستويات عالية من النيتروجين في النباتات حيث يمكن أن تتحول النترات إلى نتريت وهي شكل من أشكال النيتروجين السامة للحيوانات.
- تلوث المياه الجوفية بالنيتروجين النافذ المتسرب على شكل نترات.

جدول 2-4
إنتاجية مساحات اختبارية في تايلاند والهند باستعمال مياه ري ذات نوعية مختلفة

إنتاج المحاصيل (طن/هكتار/ سنة)

مياه الري	الحنطة (8)	البقوليات (5)	الرز (7)	البطاطا (4)	القطن (3)
مياه الفضلات (الخام)	3.34	0.90	2.97	23.11	2.56
مياه الفضلات (ترسيب)	3.45	0.87	2.94	20.78	2.30
المياه الخارجة من برك التثبيت	3.45	0.78	2.98	22.31	2.41
المياه العذبة مع استخدام الاسمدة التجارية	2.70	0.72	2.03	17.16	1.70

المصدر: Shende 1985

a. تشير الأعداد بين الاقواس إلى عدد سنوات الحصاد المستخدمة لاحتساب معدل الإنتاج

العناصر الزهيدة المقدار: المعادن الثقيلة في مياه الفضلات قد تكون بمستويات تؤثر على الإنتاج الزراعي للحقل وفي هذا المجال هناك عنصران لهما أهمية خاصة في مشاريع الري بمياه الفضلات، هما: البورون والموليبدينوم Bouwer & Idelovitch فالبورون في مياه الفضلات قد يكون ساماً للنباتات ويمكن لعنصر الموليبدينوم أن يتراكم في المحاصيل العلفية إلى مستويات خطرة على الماشية التي تتغذى على هذه الأعلاف. وقد تشكل عناصر أخرى خطراً في حالة تصريف المخلفات الصناعية في شبكة الصرف الصحي البلدية. وهذا الأمر يحدث في الدول النامية حتى أن المصانع الصغيرة والمحلات الحرفية قد تلوث مياه الفضلات بصورة ملموسة. لذا يجب فحص واختبار مياه الفضلات للكشف على الكيماويات المستعملة في المصانع بالإضافة إلى البورون والموليبدينوم.

الملوحة: قد تؤدي الملوحة في التربة أو في مياه الري عند مستويات معينة إلى انخفاض في إنتاج المحاصيل، ويعبر عن الملوحة بالملجرام لكل لتر (mg/L) من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS)، وبشكل عام فإن ملوحة مياه الفضلات تزيد بمعدل 200- 400 ملجم/لتر عن المياه العذبة التي تم إمداد المدينة بها، ويمكن لعمليات إزالة عسر المياه أن تزيد من هذه القيمة بشكل ملموس إذا تم طرح وتصريف المياه الخام غير المعالجة (Raw) الناتجة عن هذه العملية في شبكة الصرف الصحي البلدية. وبالرغم من ذلك فإن استعمال مياه البلديات العادمة لم يظهر أخطاراً أكبر للملوحة مقارنة بالري بالمياه العذبة بسبب مجموعة من العوامل هي:

- درجة ملوحة مياه الفضلات ليست أكبر نسبياً بكثير من ملوحة المياه العذبة.
- يتم غسل الأملاح (leaching) من منطقة الجذور بواسطة الماء الزائد المستخدم في أنظمة الري التقليدية (ذات الكفاءة المنخفضة) (Inefficient Irrigation System).
- المواد العضوية الموجودة في مياه الفضلات تعمل على إبطال التأثيرات السلبية للأملاح.

إن أحد الاستثناءات التي تم ملاحظتها للاعتبارات المشجعة لدرجة ملوحة مياه الفضلات المعالجة تتمثل عندما تكون أنظمة شبكات الصرف الصحي القريبة من الساحل تعاني من التسرب Leaking وعندها يسمح لمياه البحر المالحة بالاختلاط والتداخل مع مياه الفضلات.

جدول 2-5
ميزات ومساوئ أساليب الري المختلفة باستعمال مياه الفضلات فيما يتعلق بخطر نقل الأمراض وكفاءة استخدام المياه والكلفة

أسلوب الري	الميزات	المساوئ
الري السطحي	كلفة منخفضة، مطلوب مستوى منخفض من المعالجة لمياه الفضلات	مخاطر صحية عالية على العاملين في الحقل، ومتداولي المحاصيل والمستهلكين وهناك ضرورة لتقيد المحاصيل وكفاءة استخدام المياه منخفضة
الري بالرش والرش الدقيق	كفاءة استخدام المياه متوسطة	كلفة عالية للمعالجة ومخاطر صحية محتملة للعمال المزارعين والسكان المحليين، ومتداولي المحاصيل، والمستهلكين عند أكل المحاصيل المروية دون طبخ.
الري الموضعي (بالتنقيط و التفوير الرقيق bubbler)	مخاطر صحية قليلة، كفاءة استخدام المياه مرتفعة	كلفة عالية لمعالجة المياه لغايات الري بالتنقيط واقل كلفة للري بالتفوير الرقيق bubbler . وكلفة عالية لشبكة التوزيع.

المصدر: Adapted from Mara and Cairncross 1989

المعايير الزراعية Agronomic standards

تثير الدلائل التي تعكس تأثير جودة مياه الفضلات على نمو النبات بعض الجدل باعتبار أن مياه الري مصدرها مياه الفضلات، أو المياه السطحية، أو المياه الجوفية، وأن هذه المياه تحتوي على كميات متفاوتة من المواد المفيدة أو الضارة وذلك على العكس من مواصفات النوعية المصممة لتقليل المخاطر على الصحة العامة. إن طبيعة ومستوى هذه المواد هو العامل المحدد لمدى ملاءمتها لري محاصيل محددة. ولا تعتمد عملية اختيار المحاصيل على خصائص مياه الري فقط، ولكنها تعتمد أيضاً على ظروف التربة والمناخ، وبالرغم من أن عملية إدارة الإنتاج الأساسية لم تتغير فقد يزداد تعقيدها بإعادة استخدام مياه الفضلات.

إن مياه الفضلات مفيدة نوعاً ما للنبات إلا في حالة احتوائها على مواد سامة تأتي عادة من مياه الفضلات الصناعية أو نتيجة احتوائها على مستوى ملحي عالٍ جداً. يدرج الملحق (ج) القيم النموذجية للمغذيات وعناصر نزرة أخرى موجودة في مياه الفضلات الخام، أو مياه الفضلات المعالجة. ويحتوي الملحق أيضاً (دلائل مقاومة المحاصيل النسبية للملوحة) والتوصيات الخاصة بهذه المكونات، والملوحة بشكل عام. ولمعلومات أخرى تتعلق بالأيونات المحددة التي لها أهمية يمكن الرجوع إلى (Pettygrove & Assano, 1985, Mass, 1984, Ayres & Wescot, 1985).

إن القرار حول أساليب الري التي يجب استخدامها، و المحاصيل التي يمكن زراعتها، يجب يحدد في الموقع (مع الأخذ بعين الاعتبار نوعية مياه الفضلات وحالة التربة والمهارة المحلية). ولا يوجد توصيات عالمية قابلة للتطبيق خارج نطاق الدلائل العامة المشار إليها في الملحق (ج). إن التطورات التكنولوجية الحديثة (كأنظمة الري بالرش الدقيق أو الانسياب

الرقيق) توفر نفس المنافع التي يوفرها نظام الري بالتنقيط دون مشاكل الانسداد في النقاطات. ولقد زادت هذه التطورات من خيارت تبني الري باستعمال مياه الفضلات.

تكنولوجيا التخلص ومنافع إعادة الاستعمال Disposal Technologies and Reuse Benefits

إن المعالجة التقليدية لمياه الفضلات وأساليب التخلص تشمل الحد الأدنى من المعالجة بأقل كلفة للحد من التلوث العضوي للمياه المستقبلة وللحد المقبول محليا. فاستخدام مياه الفضلات لغايات الري لا يعتبر بصورة عامة من خيارات التخلص (باستثناء مناطق قليلة حيث يكون الماء نادراً وبالتالي قبول أي مصدر للمياه كمكمل لمياه الري)، ونتيجة لذلك فإن الهدف الأولي لأساليب المعالجة التقليدية لمياه الفضلات هو التقليل من المواد العضوية القابلة للتحلل (التدرك الحيوي) بدلاً من إزالة الكائنات الممرضة. وتشمل هذه الأساليب ترسيب أولي يتبعه المعالجة بالحمأة المنشطة أو الترشيح الحيوي أو خنادق الأكسدة أو البحيرات الهوائية، وأحياناً يكون ذلك متبوعاً بالمعالجة الثلاثية والتطهير. تتطلب جميع عمليات المعالجة فترة احتجاز قصيرة (ساعة إلى أربع ساعات) لتكون كافية لإزالة المواد العضوية العالقة والذائبة. ولكنها غير كافية لتعطيل عمل (inactive) العوامل المسببة للأمراض دون إجراء عملية التطهير (جدول2-6). إن استعمال مياه الفضلات المعالجة الخارجة من الأنظمة المختلفة يتطلب قيوداً معينة على المحاصيل التي يتم ريها (مثال: لا تروي المحاصيل التي تؤكل دون طبخ إلا في حالة : أ) استعمال المطهرات. ب) حجز المياه المعالجة لفترة كافية للتأكد من قتل العوامل المسببة للأمراض أو الحد من نشاطها. ج) استخدام أساليب الري المناسبة (ري بالتنقيط أو التحت أرضي) التي تحد من ملامسة عمال المزرعة للمحاصيل المروية بمياه الفضلات المعالجة.

ويمكن أن تستخدم الحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الفضلات كمحسن وسماد للتربة بعد المعالجة. إن التعامل والتداول مع الحمأة هو أحد أكثر التكاليف التشغيلية كلفة في معالجة مياه الفضلات. وستؤدي عملية تحويل الحمأة إلى سماد (composting) إلى السيطرة على معظم العوامل المسببة للأمراض، وستساهم في الجدوى الاقتصادية لمحطة المعالجة، إذا تم تسويقها بالشكل الصحيح ويمكن إيجاد تفاصيل التصميم والتخطيط في مكان آخر (For example Biocycle, 1984). إن استخدام الأراضي للتخلص من الحمأة الخام أو المخمرة طريقة مستعملة على نطاق واسع في الولايات المتحدة وأوروبا. ومع ذلك يجب احتساب معدل إضافة الحمأة الخام أو المخمرة بدقة من أجل منع تراكمات المعادن السامة في التربة. إن مفهوم المكونات المحددة للأرض (LLC) والذي تم مناقشته مسبقاً في هذا التقرير وظهر في الشكل رقم 2-3 هو إطار عملي مناسب لتصميم استعمال وإضافة الحمأة، أما القيم المحددة لمعادن معينة فموجودة في الملحق ج.

جدول 2-6
نسبة الإزالة المتوقعة للجراثيم والديدان المعوية المفرغة
في عمليات معالجة مختلفة للفضلات السائلة

نوع المعالجة	نوع الكائن الممرض الذي تم إزالته لوغرتم 10 وحدات	
	جراثيم	ديدان معوية
الترسيب الأولي العادي		
plain	1 -0	2-0
بمساعدة المواد الكيماوية [A]	2-1	[W] 3-1
الحمأة المنشطة [b]	2-0	2-0
الترشيح البيولوجي [b]	2-0	2-0
البحيرات المهواة [c]	2-1	[W] 3-1
خنادق الأكسدة [b]	2-1	2-0
التطهيـــــر [d]	6-2	1-0
برك تثبيت الفضلات WSP [e]	6-1	[W] 3-1
أحواض خزن المياه الخارجة المعالجة (برك إنضاج) [f]	[W] 6-3	[W] 3-2
منشأة الأراضي المبللة/ المناقع (CWL) [g]	[W] 3-2	غير متوفر
التربة – الصخور الخازنة للماء (حقن الخزان الجوفي) [h]	4-3	غير متوفر

المصدر: Adapted from Feachem etal. 1983 except where indicated

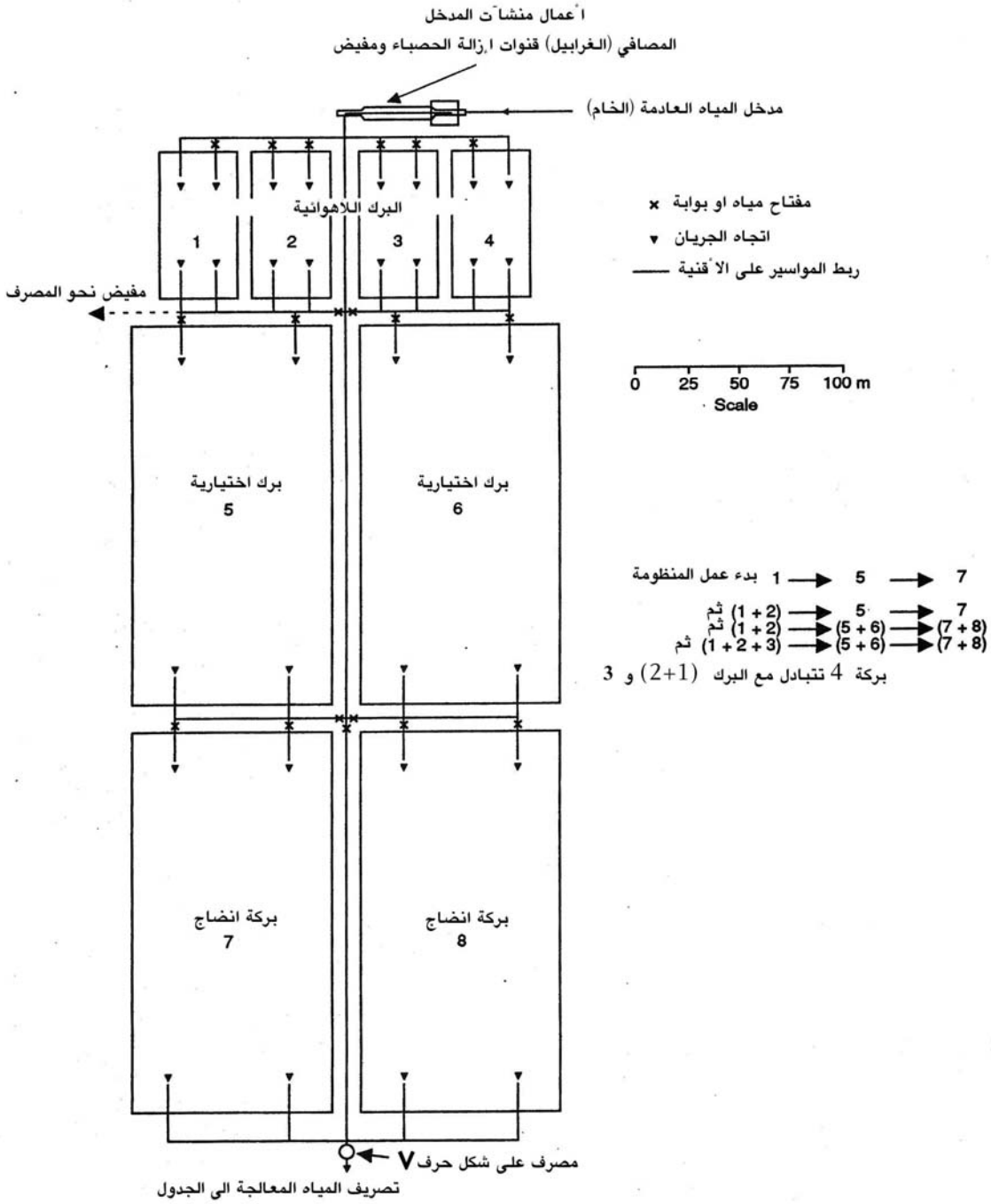
W بالتصميم الجيد والتشغيل الصحيح يمكن تحقيق متطلبات دلائل منظمة الصحة العالمية 1989*.

a الحاجة إلى أبحاث إضافيه للتحقق من الأداء.
b تتضمن الترسيب الثانوي.
c تحتوي على بركة ترسيب.
d الكلورة والمعالجة بالأوزون.
e يعتمد الأداء على عدد البرك في السلسلة.
f يعتمد الأداء على فترة المكوث والاحتجاز، والتي تختلف حسب الطلب.
g المصدر Reed et al 1988
h المصدر Idelovitch & Michail, 1984
* ملاحظة من المرُاجع التقني:

ورد في الأصل دلائل منظمة الصحة العالمية 1991 والصحيح 1989 حيث لا يوجد دلائل صادرة عن الصحة العالمية عام 1991.

تكنولوجيا المعالجة ذات التكاليف المخفضة Low - Cost Treatment technology

إن التكنولوجيا المفضلة لانتاج مياه ري آمنة من مياه الفضلات في الدول النامية هي استخدام برك تثبيت الفضلات (WSP) شكل (2-4)حيث أنها تحتاج إلى الحد الأدنى من الطاقة، ومهارات التشغيل والصيانة. ومن ميزاتها الأخرى، عند تشغيلها على التوالي، انتاج البرك التي تحتوي على مياه معالجة ذات نوعية عالية الجودة مع بعض المواد الصلبة المترسبة



شكل رقم 2-4 نموذج لمخطط برك تثبيت المخلفات مقتبس عن (Adapted from Arthur, 1983)

ومستوى آمن من العوامل المسببة للأمراض، والجراثيم ، دون وجود ديدان معوية في المستوى العالي من المواد الغذائية. ويمكن تصميم سلسلة من برك التثبيت(اثنتان على الاقل) مع فترة مكوث لمدة ثمانية إلى عشرة أيام لازالة الديدان المعوية بشكل كافٍ. ولتحقيق المواصفات الجرثومية في الاجواء الحارة، فإن فترة المكوث المطلوبة هي ضعف ما ذكر أعلاه بالنسبة للديدان المعوية. ويمكن تحقيق ذلك من خلال أربع أو خمس برك عاملة على التوالي . ويجب الحذر في التصميم؛ لتجنب إحداث قصور في المسار الذي سوف يقلل من الفترة الفعلية للمكوث.

يعرض جدول 2-7 ميزات المياه المعالجة الخارجة من نظام برك في البرازيل، ففي هذه الحالة فإن نظام برك تثبيت الفضلات متعددة الأحواض الموجودة في مناخ حار ولفترة مكوث تمتد من عشرين إلى خمسة وعشرون يوماً، يوفر نوعية من المياه المعالجة تكون مقبولة لغايات الري غير المقيد. ويشير أيضا وبوضوح الى أن الانخفاض الأعظم في تركيز الأحمال العضوية (الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين) والديدان المعوية(الديدان المدورة) يحدث في البركة الأولى(اللاهوائية)، مصاحباً لموت جرثومي في الأحواض اللاحقة يتناسب مع فترة المكوث. لقد تم تحقيق نتائج مشابهة في مكان آخر تحت ظروف مناخية مختلفة الظروف. انظر جدول (2-8) (Arthur, 1983)، حيث يوفر معايير تصميمية مناسبة.

جدول 2.7
أداء سلسلة من خمس برك تثبيت فضلات في شمال شرق البرازيل
(متوسط حرارة البركة 26° مئوية)

موقع العينة	فترة المكوث (يوم)	الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين ملجم/لتر	المواد الصلبة العالقة ملجم/لتر	القولونيات البرازية لكل 100مل	الديدان المدورة المعوية لكل لتر
مياه عادمة (خام)	-	240	305	10×4.6^{7}	804
مياه خارجة من البرك اللاهوائية	6.8	63	56	10×2.9^{6}	29
البرك الاختيارية	5.5	45	74	10×3.2^{5}	1
برك انضاج 1	5.5	25	61	10×2.4^{4}	0
برك انضاج 2	5.5	19	43	450	0
برك انضاج 3	5.8	17	45	30	0

المصدر: mara etal 1983

وغالبا ما يكون الطلب على مياه الري موسميا، مع توفر مياه الفضلات بنسبة ثابتة على مدار العام، وفي مثل هذه الظروف يمكن توفير سعه تخزينية بواسطة تصميم نظام معالجة مع بركة لا هوائية أو خزان أمهوف، متبوعة بخزانات تخزين. ويمكن استبدال المرحلة اللاهوائية ببحيرات اختيارية أو مهواه. ويمكن تصميم كل هذه الانظمة البسيطة من أجل مياه معالجه صالحة للري غير المقيد. علما بأن اختيار التكنولوجيا المحددة والمناسبة يتوقف على الظروف المحلية.

إن احدى المشاكل المحتملة مع أنظمة برك تثبيت الفضلات(wsp) هي المساحات الواسعة من الأراضي التي تتطلبها. إن تكاليف الأراضي تصبح العامل المسيطر عند تقييم تكاليف المعالجة البديلة في المناطق الحضرية وفي الدول ذات الاراضي الزراعية المحدودة. وبالرغم من ذلك فإن تغطية قيمة الأرضي المستخدمة لإنشاء البرك ستقدر بصورة عامة، إذا تطلب النمو الحضري وتوسع المدن نقل مرافق ومعدات محطة المعالجة إلى مسافات أبعد عن المدينة.

جدول 2.8
الكفاءة المسجلة لإزالة الجراثيم من برك تثبيت الفضلات
متعددة الاحواض بفترة احتجاز تزيد عن 25يوم

موقع نظام البرك	عدد البرك العاملة على التوالي	نوعية المياه المعالجة/القولونيات البرازيه لكل100مل [a]
ملبورن /استراليا	11-8	100
كابينا كراندیه/البرازيل [b]	5	30
كوجلين/فرنسا	3	100
عمان/الأردن	9	30
ليما/بيرو	5	100
تونس/تونس	4	[c] 600

المصدر: barton and arlosorf 1987

a fecal coliforms
b (Extrabes) experimental centre for biological treatment of wastewater b
c source: Trad. Rais 1989 c

الجوانب البيئية Environmental Aspects

تجدر الإشارة الى أن مياه الفضلات ليست للاغراض الزراعية فقط، فقد تكون البديل المفضل لأغراض التخلص؛ وذلك لانها تؤدي إلى منافع بيئية وصحية لايمكن الحصول عليها بالمعالجة الحديثة والتطهير فقط. إن المخاطر البيئية الرئيسية التي قد ترتبط بمياه الفضلات هي: (أ) انتشار الكائنات الممرضة(ب) استنزاف الأوكسجين بواسطة الملوثات العضوية(ج) ادخال الكيماويات إلى الانظمة البيئية الحساسة (مصادر المياه بشكل رئيسي). لقد تم تصميم طرق المعالجة الحديثة المستخدمة في الدول الصناعية للتقليل من الكيماويات والمواد القابلة للتفكك الحيوي الموجودة في مياه الفضلات ولكنها لاتؤثر بصوره ملموسة على العوامل المسببة للأمراض جدول(2-6) ومع ذلك يمكن التوصل إلى إزالة العوامل المسببة للأمراض بكلفة منخفضة بنظام برك تثبيت الفضلات المتعددة الأحواض غير التقليدية مع فترة احتجاز لمدة عشرين يوم تقريباً.

إن تطهير مياه الفضلات المعالجة غير مألوف في دول عديدة بسبب كلفته العالية والتكنولوجيا المطلوبة، وننبه الى أن مياه الشرب لا يتم تطهيرها في كثير من الدول النامية، إن من الظواهر السلبية لعملية الكلورة(التطهير)، تفاعل الكلور مع المواد الدبالية(humic compound) الموجودة في مياه الفضلات، وإنتاج مركبات الميثانات الهالوجينية (THMS). ومن أهم هذه المركبات الكلوروفورم، وهو من المواد المسرطنة، لذلك فإن معالجة مياه الفضلات واستعمالها لغايات الري، توفر منافع بيئية وتحافظ على الصحة العامة. وهذه منافع لا يمكن تحقيقها بواسطة المعالجة (بضمنها الطرق الحديثة) والتطهير لوحدهما.

إن استخدام التطبيقات الأرضية المخططة (استخدام الأرضي للمعالجة)تقلل أيضا من الملوثات العضوية والكيماوية التي تؤثر على المياه الجوفية والسطحية، وذلك عبر عمليتين طبيعيتين: الأولى، تقوم المحاصيل بامتصاص المواد كالمغذيات

وتمنع وصولها إلى مياه الجريان السطحي أو المياه الجوفية، والثانية، تمنع التربة التي تعمل كمصفاه دخول الكائنات الممرضة والعناصر النزرة من التسرب إلى أسفل ويحدث ذلك بحد أدنى من الجهد الفني دون احتمالية حدوث الأضرار الجانبية المؤذية(كما في عملية الكلورة).

إن المظاهر البيئية لإعادة الاستخدام لا تقتصر على المعالجة وإعادة الاستعمال لمكافحة التلوث فقط. انها تتضمن أيضا ري المحاصيل غير الغذائية، مثل ري مناطق الحشائش والغابات، و يمكن الري كذلك بمياه فضلات معالجة بصورة مناسبة لغايات مكافحة التصحر وإنشاء أحزمة خضراء واعادة زراعة الغابات في المناطق الجافة ومنع انجراف التربة. ونظرا لارتفاع كلفة إنتاج الاخشاب وندرته في البلدان النامية التي تستخدم هذه الأخشاب لغايات الطبخ والتدفئة من ذوي الدخل المحدود، ارتفعت الأصوات من أجل إعادة تجديد إنتاج الأخشاب وخصوصا في المناطق المجاورة للمناطق الحضرية.

الرصد والتقييم Monitoring and Evaluation

يتطلب إجراء الرصد المنتظم والتقييم من أجل التأكد من أن معايير حماية الصحة مطبقة بشكل فاعل.ومن أجل نجاح مشاريع إعادة استخدام المياه، زيادة القدرة المؤسسية وتقوية القدرات التنفيذية في معظم الدول النامية. إن بعض عناصر هذه المشاريع التي تتطلب الرصد المنتظم والتقييم تتضمن متابعة تطبيق الإجراءات نفسها وهي جودة المياه العادمة وجودة المحاصيل ومراقبة الأمراض (Mara and Cairn Cross1989).

إن أحد العوامل المهمة التي قدمتها دلائل منظمة الصحة العالمية هي الحاجة إلى تطوير إمكانيات المؤسسات المحلية في الرصد للوصول إلى معايير جودة المياه المحددة في الدلائل(WHO 1989) خصوصاً المنهاج المؤدي إلى احتساب عدد بيوض الديدان الموصى به حيث لايمكن تحقيقه في أغلب الدول النامية. وتهدف البحوث الحالية (Ayres et al 1989) إلى إيجاد تقنية بسيطة موثقة يمكن اعتمادها بصورة دائمة في الدول النامية. ويجب تشجيع مراكز البحوث المحلية لاختبار هذا المنهاج ولعب دورٍ في برامج تدريب المراقبين. كما يجب عدم تنفيذ المراقبة الفعلية من قبل مراكز البحوث. في حين يجب استخدام جراثيم القولونيات البرازية كدليل كاشف وفحص مرافق محطة المعالجة بشكل روتيني وذلك للتأكد من أن معالجة مياه الفضلات كافٍ لحين اعتماد مراقبة الديدان المعوية كأداة تشغيل مفيدة .

* ملاحظة من المرُاجع التقني:

توصي منظمة الصحة العالمية بأن يكون معيار الديدان المعوية معياراً تصميمياً وليس معياراً تشغيلياً.

الاستنتاجات Conclusions

إن الري بمياه الفضلات حل جذَّاب لكل من مشاكل التخلص من مياه الفضلات وندرة مياه الري. أما الاستقصاءات الوبائية التي تعتمد عليها دلائل منظمة الصحة العالمية(WHO 1989) فإنها تظهر أن المواصفات والمدونات السابقة -كانت بصورة عامة- صارمة على نحو غير ملائم. والأسوأ من ذلك عدم إمكانية تنفيذها في حالات عديدة. لذا فإن تبني دلائل أكثر واقعية يجب أن يكون مصحوباً بإجراءاتٍ صارمة تتعلق بالصحة العامة. فالقضايا التي تظهر عند إعادة استخدام مياه الفضلات مرتبطة عادة بالصحة. إن الاسئلة الرئيسية التي يجب تناولها في مرحلة إعداد مشروع إعادة استخدام المياه تشمل:

1 ـ الناس:	هل يحتاجون ويتقبلون إعادة الاستخدام ؟
2 ـ الموارد:	هل المياه نادرة؟
	هل الأرض متوفرة؟
3 ـ المؤسسات:	كيف يمكن دمج مصالح البلديات والمزارعين؟
	من الذي يجب أن يخطط ويشرف ويشغل مشاريع إعادة الاستخدام؟
4 ـ البنية التحتية:	هل يمكن مكافحة التلوث وتنفيذ تعليمات إعادة الاستخدام؟
	هل إجراءات الصحة العامة المتخذة كافية ؟
	هل بالإمكان رصد جودة المياه أو إجراءات الحماية الصحية؟
	هل هناك آلية للتدخل في حالة الطوارىء ؟
5 ـ التخلص من مياه الفضلات:	هل يتضمن بديل التكاليف الأقل طريقة استخدام الأراضي؟
	هل هناك احتمالية لإعادة استخدام غير زراعي؟
6- الزراعة:	هل هناك محاصيل يمكن زراعتها بشكل اقتصادي، باستعمال مياه الفضلات المعالجة؟
	هل نوعية مياه الفضلات مقبولة لغايات الري؟

إن دلائل تخطيط المشروع الآتي تقدم إطار عمل منسق، وتتناول هذه الأسئلة، بالإضافة إلى قضايا أخرى ظهرت في الفصل الثاني خلال تطوير المشروع.

3. عناصر تطوير مشروع إعادة الاستعمال

Elements of Reuse project Development

بالرغم من أن ري المحاصيل من أغلب الأشكال الشائعة لإعادة استعمال مياه الفضلات في الدول النامية في يومنا هذا. فإن المخطط لإعادة الاستخدام يجب أن يعطي اهتمامات كاملة لاستخدامات أخرى محتملة (مثل الصناعة والأغراض المنزلية، أو حقن الخزان الجوفي)، عند البدء بتحديد الحاجة لإعادة استعمال مياه الفضلات في منطقة معينة. ويمكن تطبيق الجداول الخمسة لدلائل التخطيط الواردة في الملحق (د) على المشاريع الزراعية ومشاريع أخرى لإعادة الاستخدام، ولغرض الحصول على إرشادات توجيهية مفصلة أخرى على المخطّط الرجوع إلى النشرات المتعلقة بهذا الموضوع والمعدة من قبل (Asano and Mills, 1988-1991).

تجمع مشاريع إعادة الاستخدام الزراعية تقنيات نظامين هما: التخلص من مياه الفضلات والري، ويتم تطوير المشاريع وتنفيذها في كلا النظامين بشكل روتيني من خلال التصاميم المعتمدة والدلائل الارشادية، لا يمكن لدلائل مشاريع الري بمياه الفضلات أن تكون ممثلة لواحد من النظامين المشار إليهما أعلاه. وتتطلب بعض جوانب مشاريع إعادة الاستخدام اهتماماً خاصاً وفي مراحل مختلفة. ولقد تعاملت الفصول السابقة من هذا التقرير مع مجموعة من القضايا وهي: المؤسسات والتكنولوجيا والسياسات والاعتبارات المالية والاقتصادية. وتشمل الفقرات التالية، اقتراحات لشمول هذه الاهتمامات التشغيلية في عمليات وصف المشروع.

المؤسسات Institutions

إن التحديد الصحيح لأصحاب االتأثير في المجتمع (Stakeholders) والمؤسسات ذات العلاقة بإعادة الاستخدام أمر حساس؛ بسبب الطبيعة القطاعية المتعددة لمشاريع إعادة الاستخدام. فالتخلص الآمن من مياه الفضلات هو الموضوع المهم للسلطات التي تقوم بتجميع الفضلات والتخلص منها سواء كانت سلطات عامة أو شبه عامة. على مستوى الوطن، أو الولاية ، أو وكالات المياه والتصحاح البلدية، لذا فإن الموضوع مهم للمنظمات المسؤولة عن حماية الصحة العامة والبيئة مثل وزارات الصحة والبيئة على المستوى الوطني والولاية أو السلطات الصحية المحلية المسؤولة عن مراقبة ورصد مستوى التلوث في مياه الفضلات المعالجة.

وتعتبر أعمال الري لحد الآن من اختصاص منظمات أخرى مثل الهيئات والمنظمات التعاونية والمجتمعات العاملة تحت مظلة السلطات الزراعية أو وزارات الموارد المائية. وتهتم هذه المنظمات باستخدام المياه وتوفيرها في الوقت والنوعية المناسبة.

وأخيراً قد تكون هناك منظمات أخرى، مثل هيئة التخطيط الوطنية أو الإقليمية أو سلطة حوض النهر ، معنية بتوزيع موارد المياه ، وتنفيذ القوانين المتعلقة بحقوق استخدام المياه أو مواصفات جودة المياه.

إن هذه الاهتمامات والمسؤوليات المتعددة يجب أن تراعى ويعاد النظر بها إذا أريد لهذا المشروع أن ينجح، للوصول الى نموذج مثالي يجب أن تكون سياسة استخدام مياه الفضلات واستراتيجيات تطبيقها (تنفيذها) جزءاً من خطط الموارد المائية

الوطنية على المستوى المحلي، ويجب أن تكون المشاريع الفردية لإعادة الاستخدام جزءاً من التخطيط الكلي لحوض النهر . ويجب على مُقترح المشروع، لغايات الإحاطة بمختلف معدلات المستويات المؤسسية ذات العلاقة، أن يُضمِّن مشروعه ما يلي:

1. تعريف وتمييز كافة الوكالات والتنظيمات المستخدمة التي تكون مهتمة بالمشروع، ووضع قائمة بمسؤوليتها.
2. تعريف وتحديد الوكالة القيادية لتخطيط وتنفيذ المشروع بعد الاستشارة المناسبة.
3. تطوير وإنشاء آلية استشارية، وإعطاء فرصة لكافة الأطراف المهتمة للمشاركة في عمليات التخطيط وتعريف أدوارهم ومسؤولياتهم في تنفيذ المشروع.
4. ضمان فرص لمستخدمي مياه الري للمشاركة في تطوير المشروع، كونهم على اطلاع بمنافع ومتطلبات واحتياجات الري بمياه الفضلات.
5. تقييم التعليمات وإدارة وكالات التنفيذ، واقتراح التغييرات حسب الضرورة.
6. تحديد وتطوير برامج الرصد والمراقبة، والإجراءات القانونية وتنفيذها والتأكد من الالتزام بتعليمات المحافظة على الصحة العامة.

الخيارات السياسية والتكنولوجية Technical and Policy Options

تزود مشاريع الري والتخلص من مياه الفضلات المخططين بالخيارات التي تتفاوت حسب الظروف المحلية والموارد المتاحة وأهداف المشروع. وبصورة عامة يجب إعداد صيغ مشروع ابتدائي، اعتماداً على حلول فردية، بأقل كلفة لكل نوع من المشاريع (الري والتخلص من مياه الفضلات) ومن ثم إعادة النظر فيها للوصول إلى الحل الأقل كلفة والمقبول على المستوى العام. وقد لا يكون الحل الأقل كلفة متعارفاً عليه فهو مجموع الحلول للمشروعين منفردين بكلفة أقل، ومثال ذلك الري باستخدام المياه المعالجة فقد يحتاج إلى خطوط ناقلة، وهذا يزيد عن كلفة استخراج المياه الجوفية، ومع ذلك فإن تخفيض كلفة التخلص من مياه الفضلات يكون مقبولاً، وفي هذه الحالة يجب أن تقوم الوكالة المسؤولة عن التخلص من مياه الفضلات بدفع الكلفة الإضافية لنظام النقل، وبقيمة تصل إلى الوفر في كلفة التخلص. وفي حالة حصول مستخدمي ماء الري على منافع إضافية من المشروع المندمج، فإن هذه المنافع يجب اقتسامها (بين معالجة المياه ومستعمليها للري)، أو تخفيض الكلفة الإضافية لمنتج مياه الفضلات المعالجة.

تبدأ عادة عملية التخطيط بدراسة السوق، لتحديد أي نوع من الري، إذا تبين وجود جدوى اقتصادية. ويتبع ذلك تصاميم أولية، وتقديرات كلفة البدائل واختيار مكونات المشروع المفصلة والتقييم المالي والاقتصادي المفصل. ونتيجة لذلك يجب أن تقوم دراسات القطاع الزراعي دوماً بتقييم إعادة الاستعمال المحتملة لمياه الفضلات المتعلقة بالكمية والجودة (المعالجة القائمة أو المعالجة المطلوبة)، والتغيرات الموسمية في الطلب. وبصورة مماثلة يجب أن تقوم دراسات إمدادات المياه وقطاع الصرف الصحي دوماً بتقييم احتمالية استخدام الأراضي / الري كخيار للتخلص من مياه الفضلات.

عند أخذ الخيارات المتوفرة بعين الاعتبار لتطوير كلٍّ من نوعي المشروع يجب على المخطط ما يلي:

1. تحديد القيمة السوقية لمياه الري، وموقعها والمتطلبات النوعية تحت النظام القانوني كشرط للاستخدام المفترض. إن المستعملين المحتملين لمياه الري يشمل المزارعين المنتجين للمحاصيل بمياه ذات متطلبات جودة مختلفة، ومشاريع إعادة التحريج (الحراجة) والمننزهات البلدية والأحزمة الخضراء، وأماكن التسلية مثل ساحات كرة القدم.
2. تحديد متطلبات معالجة مياه الفضلات؛ لتحقيق مواصفات جودة مياه الري أو كبديل لنوعية مياه الفضلات المعالجة لغايات التصريف في المياه السطحية.

3. إعداد التصاميم الاولية وتقدير مرافق المعالجة (آخذين بعين الاعتبار - ضمن عوامل أخرى - وضع مرافق المعالجة في موقع إنتاج مياه الفضلات أو في موقع استخدامها لغايات الري) أو التصريف المباشر.
4. إعداد التصاميم الاولية وتقدير قيمة أنظمة الري، وميزانية المزرعة، ووضع قائمة منفصلة بالمكونات المطلوبة حصرياً لغايات الري بمياه الفضلات (مثل الخزانات المطلوبة لخزن المياه لحين حاجتها لغايات الري والأسمدة الإضافية المطلوبة اذا كانت المغذيات المتوفرة في مياه الفضلات غير كافية للمحاصيل المفترضة أو الغلة وحماية العاملين، وبرامج الرعاية الصحية).
5. تقدير الاحتياجات السمادية والمائية لمشروع الري في حالة استخدام المياه العذبة، وبذلك يمكن تحديد منافع وتكاليف استبدال المياه العذبة بمياه الفضلات عند الضرورة، وفي حالة توفر مصادر بديلة للمياه كذلك.
6. تقدير المنافع الاقتصادية والمالية للمحافظة على الماء الصالح للشرب الذي يستعمل للمحاصيل. فقد يتم مثلاً إلغاء أو تقنين الاستثمارات الخاصة بإمدادات مياه الشرب واستبدالها بمياه الفضلات لأغراض الري.
7. طرح أسئلة إضافية لتحديد المستخدمين الحاليين لمياه الفضلات. وإذا كانت هذه المياه مستعملة حالياً يجب أن يقوم المخطط بتحديد من الرابح والخاسر إذا نفذ المشروع المفترض. (قد يؤثر ذلك على قبول المشروع الجديد ونجاحة النهائي) .

إن النقطة الأخيرة هي نقطة حرجة تتعلق بنجاح مشروع إعادة الاستخدام، ففي حالة حرمان مستخدمي المياه - السابقين الواقعين اعالى نقطة التصريف ومن محطة المعالجة الجديدة - من الوصول إلى مياه الفضلات فقد يلجأون إلى تخريب المشروع الجديد. و عليه فإن على المخطط توفير مصادر بديلة أو تعويضية للمستخدمين أعالى نقطة التصريف لمياه الفضلات من اجل زيادة الفرصة للنجاح الشامل لمشروع إعادة الاستخدام. لقد فشلت مشاريع إعادة استخدام المياه في عدد من الأماكن (مثال البيرو) حيث إن هذه المشكلة لم يتم تقديرها بشكل صحيح.

الاعتبارات المالية والاقتصادية Economic and financial considerations

إن التقييم الاقتصادي والمنهجيات التبريرية لمشاريع الري مستخدمة على نطاق واسع، وهي في العادة أبسط مما يتعلق بمشاريع التخلص من مياه الفضلات. حيث تتطلب الأخيرة (التخلص) تحديد القيم الاقتصادية لمسار أكثر تعقيداً للمنافع. إن تبرير استعمال مياه الفضلات المعالجة في الري، يجب أن يكون على أساس التكاليف الاضافية والمنافع لهذا الاستعمال بجانب زيادة الانتاجية الزراعية. والمنافع التي يجب أخذها بعين الاعتبار تشمل التحسينات البيئية، مثل: إنهاء تصريف مياه الفضلات (ليست دائماً بكميات وفيرة)، وحماية الصحة العامة وذلك بايقاف الري غير المنضبط، والتقليل من الاستثمارات المالية من أجل مصادر مياه جديدة لغايات الشرب وذلك باستبدال مياه الفضلات بمياه الري ذات الجودة العالية، حيث تقوم السلطات المحلية باعتماد الحد الأدنى لمواصفات النقاوة لتصريف مياه الفضلات في البيئة. وتحقيق الحد الأدنى لكلفة المعالجة، حيث تؤخذ بعين الاعتبار في تحديد المنافع الصافية المتزايدة، وهذه الكلفة يجب اعتمادها كقاعدة في حالة عدم تنفيذ المشروع (without project situation) .

التقييم يمكن أن يكون على أساس التصورات التالية:

1. **عدم وجود مشاريع ري:** حيثما لا يوجد مشاريع زراعية أو أن الري الوحيد القائم هو عن طريق المطر، فإن الفوائد تتمثل في إدخال الإنتاج الزراعي أو بزيادة انتاج المزارع القائمة. وتشمل التكلفة المستلزمات التالية:
   - تنفيذ شبكة الري.

- نقل ومعالجة مياه الفضلات المستصلحة (ويُقتصر ذلك على التكلفة التي تزيد عن متطلبات التصريف الى المياه المستقبلة). حينما يتم التقيد بتصريف صديق للبيئة فإن كلفة المعالجة واعادة الاستخدام قد تقل عن كلفة التصريف المباشر وفي هذه الحالة تكون قيمة (ب) سالبة بما يعادل قيمة الفائدة.

2. **الري القائم**: حيث يمكن لمياه الفضلات توفير ري تكميلي، قد يسمح بالانتقال إلى محاصيل ذات ربحية أكبر (مثال زراعة الخضار بدلاً من الحبوب) أو مواسم نمو أطول. فالإيرادات الإضافية لهذا التوسع محسوماً منها الكلفة تعطي الربح، إن التكاليف المرتبطة بمياه الفضلات هي نفسها المذكورة بالبند رقم (1).

3. **الري القائم**: حيث يمكن استبدال مصادر المياه العذبة النادرة بمياه الفضلات فعدم اتخاذ هذا الإجراء يعني بلا أدنى ريب (على المدى المتوسط أو الطويل) تقليل أو إلغاء المناطق المروية من أجل زيادة إمدادات مياه الشرب للاستهلاك المنزلي.

4. **ري قائم غير منضبط بمياه الفضلات:** كثيراً ما تشاهد هذه الحالة في الدول النامية، فالانتقال إلى عملية منضبطة باستخدام مياه الفضلات المعالجة treated wastewater سيؤدي إلى تحسينات في الصحة العامة والبيئية ويجب أن يكون لهذه التحسينات وزن كبير في تطوير المشروع حتى لو كان من الصعب تحديدها. هناك حالتان من المحتمل أن تؤديا إلى زيادة إضافية للجدوى الكلية لخيار إعادة الاستعمال المنضبط، الأولى: قد يكون استخدام الأراضي لمياه الفضلات جزءاً بديلاً لمعالجة مياه الفضلات الأقل كلفة، والثانية: الري باستخدام مياه الفضلات المعالجة قد يؤدي إلى إنتاج محاصيل ذات ربحية أكبر.

5. **الري القائم أو الري الحديث بالمياه العذبة للحدائق العامة والأحزمة الخضراء:** في هذه الحالة فإن الانتقال إلى الري بمياه الفضلات سيكون مبرراً إذا كانت كلفته أقل من تصريف مياه الفضلات إلى المياه السطحية و/أو في حالة توفيرها لمنافع بيئية مساوية لكلفة استثمارات الري والاستصلاح. ويمكن بيان ذلك كماً أو على الأقل وصفه نوعياً. والمنفعة الأخرى هي قيمة المياه الصالحة للشرب التي يمكن توفيرها والتي قد تكون أساسية في المدن التي تعاني من ندرة المياه.

6. **عدم وجود ري قائم، واستخدام الأراضي لمعالجة مياه الفضلات:** في هذه الحالة لا حاجة لإقامة منشآت ولا يوجد طلب على مياه الري ومع ذلك فإن البديل لمعالجة مياه الفضلات الأقل كلفة سيتضمن التخلص من مياه الفضلات المعالجة باستعمال الأراضي. ويجب أن تشمل التكاليف كلفة النظام كاملاً بما في ذلك الري، حيث أن المنافع المتأتية من الري قد تؤدي إلى تحسين جدوى معالجة مياه الفضلات.

إن المبرر الاقتصادي لا يؤكد آلياً بأن المشروع سيكون مقبولاً من الناحية المالية. فتقديرات المنافع البيئية القابلة للقياس أو غير القابلة للقياس والمتأتية من منع تصريف مياه الفضلات إلى المياه السطحية قد تجعل الري بهذه المياه جذاباً من الناحية الاقتصادية، ولكنه قد يكون باهظ الثمن للمزارعين أو البلدية. وفي جميع الأحوال يجب أن يدفع منتجي مياه الفضلات الحد الأدنى من كلفة المعالجة المقبولة بيئياً ومن كلفة خيار التخلص. ويجب على مستخدم مياه الري دفع قيمة المعالجة الإضافية المطلوبة لتحقيق جودة مياه الري، بالإضافة إلى تكاليف النقل والتوزيع. إن موازنة المتطلبات والإمكانيات لكلا الطرفين (منتجي المياه ومستخدمي المياه) قد تتطلب تدخل المنظمات الرسمية الحكومية.وعندما لا يتمكن المزارعون والبلديات من دفع الكلفة المالية المطلوبة للمعالجة الخاصة بمشروع الري، فإن الحكومة قد تتدخل لتحقيق المنافع الزراعية البيئية على المستوى الوطني.

وبصورة عامة فإن التكاليف التي يتحملها مستخدم مياه الري يجب أن لا تتجاوز البديل الأقل كلفة، إلا عند وجود تقنين لاستهلاك المياه وبالرغم من ذلك يستخدم المزارع في العديد من الدول النامية مياه الري أو المياه الجوفية مدعومة مالياً بشكل كبير، وهذا لا يعكس بصورة كافية التكاليف الاقتصادية الناتجة عن استنزاف الحوض الجوفي للمياه. وحتى تعكس رسوم مياه الري (أثمان مياه الري) التكاليف الحقيقية، يتوجب اختيار وانتقاء المشاريع على أساس التقييم الاقتصادي للبدائل، ويجب استخدام الدعم المالي فقط كملجأ أخير لدعم الحل الذي تم أختياره. ويفضل أن يكون هيكل تسعير المياه معدلاً ليعكس الكلفة الهامشية للمياه.

الملحق أ: دلائل الصحة العامة لإعادة استعمال مياه الفضلات

جدول رقم أ-1

معالجة مياه الفضلات ومعايير الجودة للري

(ولاية كاليفورنيا 1978)

مستوى المعالجة	حدود القولونيات	نوع الإستخدام
الأولية	غير محدد	الري السطحي لبساتين الفاكهة وساحات الكروم (العنب) والأعلاف ومحاصيل الألياف والحبوب.
الأكسدة والتطهير	تساوي أو أقل من 100/23 مل	مراعي الحيوانات الحلابة، تجميل بالمسطحات المائية، الري التجميلي(ملاعب الجولف، المقابر..الخ)
	تساوي أو أقل من 100/2.2 مل	الري السطحي للمحاصيل الغذائية (لا تلامس بين الجزء الذي يؤكل من المحصول مع المياه)
الأكسدة	تساوي أو أقل من 100/2.2 مل	الري بالرش (البخاخ) للمحاصيل الغذائية
التخثر إزالة العكورة الترشيح* والتطهير	الحد الأعلى 100/23 مل	الري التجميلي (الحدائق، ساحات الملاعب ... الخ)

مصدر: pettygrove and Asano 1985

* إن نسبة العكورة لمياه الفضلات المعالجة المرشحة يجب أن لا تزيد عن وحدتي عكورة خلال أي 24 ساعة.

الملحق ب: دلائل جودة مياه الري

جدول رقم ب-1

دلائل تفسير نوعية المياه لغايات الري

مشكلة الري المحتملة	الوحدات	درجة التقيد على الاستخدام		
		لا يوجد	خفيفة إلى متوسطة	حادة
الملوحة (تؤثر على تيسر المياه للمحصول)				
EC_W	ds/M	أقل من 0.7	3.0 0.7	اكبر من 3
OR TDS	Mg / L	أقل من 450	2000 – 450	أكبر من2000
النفاذية (تؤثر على معدل رشح الماء إلى داخل التربة مقيم بأستخدام EC_W و SAR معاً) (ب)				
SAR = صفر- 3 و EC_W =	ds/M	أكبر من 0.7	0.2-0.7	أقل من 0.2
SAR = 3-6 و EC_w =	ds/M	أكبر من 1.2	0.3-1.2	أقل من 0.3
SAR = 6-12 و EC_W =	ds/M	أكبر من 1.9	0.5-1.9	أقل من 0.5
SAR = 12-20 و EC_W=	ds/M	أكبر من 2.9	1.3-2.9	أقل من 1.3
SAR = 20-40 و EC_W=	ds/M	أكبر من 5	2.9-5	أقل من 2.9
سمية الايون المحدد (تؤثر على المحاصيل الحاسة) الصوديوم (ص)				
الري السطحي	SAR	أقل من 3	9-3	أكبر من 9
الرش بالرش	Me/L (ج)	أقل من 3	أكبر من 3	
الري السطحي/ الكلور (كل)	Me/L	أقل من 4	10-4	أكبر من 10
الري بالرش/ الكلور (كل)	Me/L	أقل من 3	أكبر من 3	
البورون (ب)	Mg/L	أقل من 0.7	3-0.7	أكبر من 3
العناصر النزرة (راجع جدول ب-2)				
التأثيرات المتفرقة (تؤثر على المحاصيل الحاسة)				
نيتروجين ن-ن أ 3	Mg/L	أقل من 5	30-5	أكبر من 30
بيكربونات يدك أ3 (الرش العالي فقط)	Me/L	أقل من 1.5	8.5-1.5	أكبر من 8.5
pH المدى الطبيعي		8.4-6.5		

a EC_W تعني التوصل الكهربائي، قياس ملوحة المياه مدونة ديسي سيمنز لكل متر بدرجة 25 مئوي ds/mأو مليموز لكل سنتيمتر Mmho/cmكلاهما متكافئان، TDS تعني المواد الصلبة الذائبة الكلية مدونة بـ ملجرام/ لكل لتر.

b SAR تعني نسبة إدمصاص الصوديوم (ص).

c me/L = ملي مكافئ لكل لتر إذاً 1 me Na =11 mg, 1me Cl =17 mg ,1 me HCO_3 = 31 mg.

مصدر: apted from Ayers and wescot 1985،يمكن للقارئ الرجوع للإفتراضات التفصيلية والتبريرات للدلائل المقدمة أعلاه.

جدول رقم ب-2

الحد الأعلى لتراكيز العناصر النزرة الموصى بها في مياه الري

العنصر[a]	الحد الأعلى للتراكيز[b] الموصى به ملجم/لتر	الملاحـــظات
الالمينيوم Al لو	5.0	قد يؤدي إلى عدم الإنتاجية في التربة الحمضية (الأس الهيدروجيني أقل من 5.5) ولكن في التربة الأكثر قاعدية (أس هيدروجيني أكبر من 7) يتم ترسيب الايون وتزال أي سمية.
الزرنيخ As ز	0.1	تتفاوت السمية على النباتات بشكل كبير، تتراوح ما بين 12 ملجم / لتر لحشيشة السودان إلى أقل من 0.05 ملجم / لتر للرز.
البورون B ب	15-0.5	تتفاوت السمية على النباتات بشكل واسع، مثال أقل من 0.5 ملجم/ لتر لليمون، 1 ملجم/ لتر للقمح، 6 ملجم/ لتر للبندورة (طماطم)، 15 ملجم/ لتر للقطن.
بريليوم Be بير	0.1	تتفاوت السمية على النباتات بشكل واسع، تتراوح ما بين 5 ملجم/ لتر للكرنب (Kale) إلى 0.5 ملجم إلى شجيرات البقوليات.
الكادميوم Cd كد	0.01	سام للبقوليات والشمندر (البنجر) واللفت بتراكيز منخفضة قد تصل إلى 1,ملغم/لتر في المحاليل الغذائية،يوصي بحدود منخفضة بسبب احتمالية تراكمه في النباتات والتربة بتراكيز قد تؤذي الإنسان.
الكوبلت Co كو	0.05	سام للبندورة على مستوى 0.1 ملغم/لتر في المحلول المغذي، يميل إلى أن يكون غير فعال في التربة المتعادلة والقلوية.
الكروم Cr كر	0.1	بشكل عام لم يتحقق من كونه أساسياً كعنصر للنمو، يوصى الالتزام بحدود متحفظة لنقص المعلومات المتوفرة عن سميته للنباتات.
النحاس Cu نح	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى 0.1-1 ملغم/لتر في محلول التغذية.
الفلور F فل	1	غير نشط (غير فعال) في التربة القلوية والمتعادلة.
الحديد Fe ح	5	غير سام للنباتات في التربة المهواة، ولكنه قد يساهم في رفع حموضة التربة وفقدان توفر الفسفور الأساسي والموليبيدينيوم. الري بالرش العالي قد يؤدي إلى رواسب غير مستساغة على النباتات والمعدات، والمباني.
الليثيوم Li لث	2.5	تتحمله أغلب المحاصيل لغاية 5 ملغم/لتر، متحرك في التربة، سام للحمضيات بتراكيز منخفضة (أقل من 0.075 ملغم /لتر) ويعمل بشكل مشابه للبورون.
المنغنيز Mn م	0.2	سام لعدد من المحاصيل بأعشار قليلة إلى عدد قليل من الملغم /لتر، ولكن عادة في الترب الحامضية.

العنصر[a]	الحد الأعلى للتراكيز[b] الموصى به ملجم/لتر	الملاحـــظات
الموليبدينيوم Mo مو	0.01	ليس ساماً للنباتات في التراكيز العادية في التربة والماء، ومن الممكن أن يكون ساماً للماشية إذا تم زراعة الأعلاف الخضراء في التربة المحتوية على التراكيز العالية للموليبدينوم المتوفر.
النيكل Ni نك	0.2	سام لعدد من النباتات على مستوى 0.5 ملغم /لتر-1ملغم /لتر، وتقل السمية عندما يكون الاس الهيدروجيني (pH) متعادلاً أو قلوياً.
الرصاص Pb ر	5	يمكن أن يمنع نمو خلايا النبات في حالة التراكيز العالية.
السيلينيوم Se سل	0.02	سام للنباتات بتراكيز منخفضة تصل إلى 0.025 ملغم /لتر وسام للماشية إذا ما تم زراعة الأعلاف الخضراء في تربة مضاف إليها مستوى عالياً من السيلينيوم، وهذا العنصر ضروري للحيوانات ولكن بتراكيز منخفضة جداً.
فانديوم V فا	0.1	سام للعديد من النباتات بتراكيز منخفضة نسبياً.
الخارصين Zn خ	2	سام للعديد من النباتات بتراكيز مختلفة بشكل واسع، وتنخفض السمية عندما تكون قيمة الأس الهيدروجيني أكبر من 6 وفي قوام التربة الناعمة أوالتربة العضوية.

a. تعتبر هذه القائمة شاملة لتأثيرات كافة العناصر النزرة الموجودة في مياه الفضلات خاصة في حالة تصريف الفضلات الصناعية مباشرة إليها. وفي حالة وجود الفضلات الصناعية في مياه الفضلات فهناك حاجة لتحديد العناصر النزرة المتوفرة والمعلومات المتحصلة حول تأثيرها على أسس محددة في الموقع .

b. يعتبر الحد الأعلى للتراكيز على أساس معدل المياه المضافة المتناسبة مع احتياجات الري الجيد(10000 م^3/هيكتار/للعام) وفي حالة تجاوز هذه النسبة بصورة كبيرة، يجب تعديل الحد الأعلى للتراكيز يشكل تنازلي يتناسب ومقدار التجاوز. يجب عدم إجراء تعديل لمعدل إضافة أقل 10.000م^3/هكتار للعام. القيم المعطاة هي للماء المستخدم بصورة مستمرة في موقع واحد.

المصدر: AYERS AND WESTCOT 198

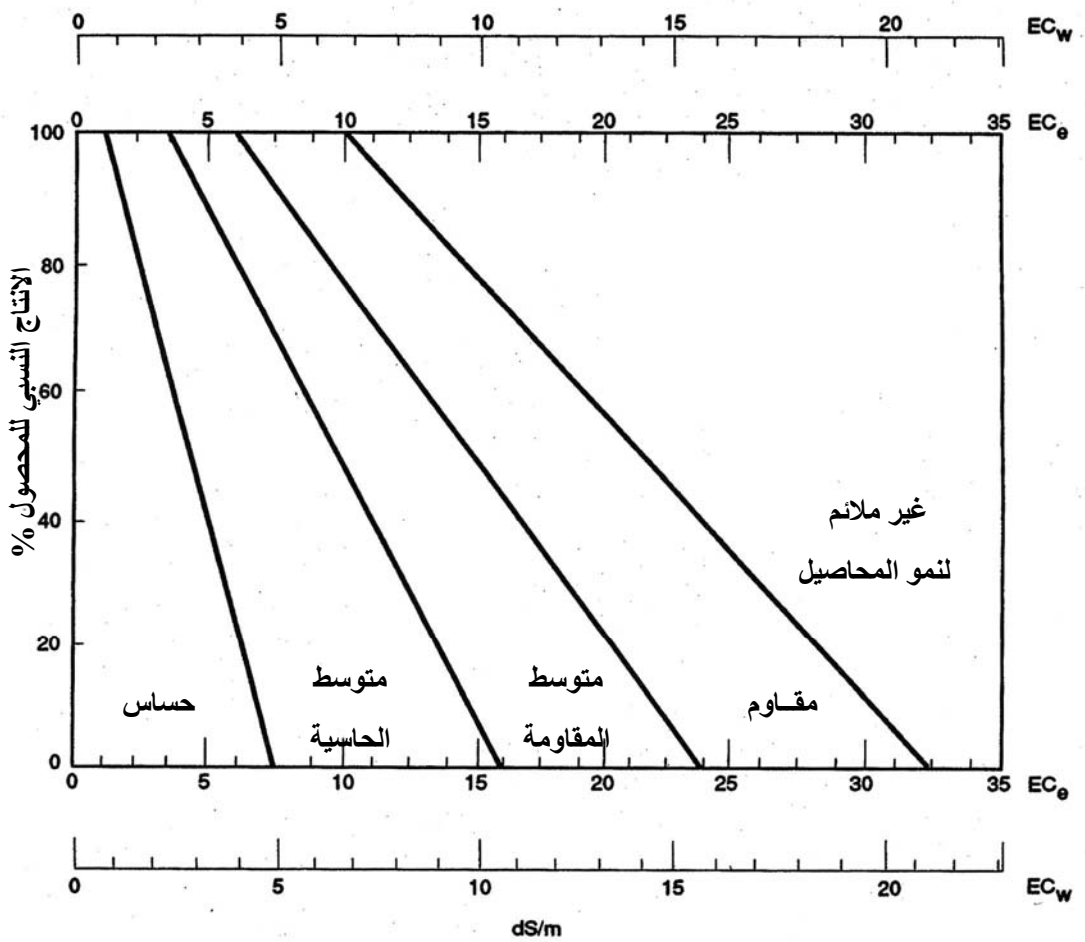
الملحق ج : الإرشادات الخاصة بمكونات معينة للملوثات

جدول ج-1 / مقاومة المحاصيل النسبية للملوحة

مقاوم	متوسط الحساسية	حساس
ألياف، حبوب ومحاصيل السكر	ألياف، حبوب ومحاصيل السكر	ألياف، حبوب ومحاصيل السكر
الشعير	الفول العريض	الفول(البقول الجافة)
القطن	الخروع	مطاط جوايول
الجوجوبا	الذرة	السمسم
بنجر السكر	الكتان	الخضار
الخضار	الدخن،ذيل الثعلب(حرير نباتي)	البقول الخضراء
الهيليون	الفول السوداني(الفستق)	الجزر
الفواكة والبندقة	الرز،الرز غير المقشور	الباميا
نخيل البلح	قصب السكر	البصل
متوسطة المقاومة	عباد الشمس	الجزر الأبيض
الألياف، الحبوب ومحاصيل السكر	الخضار	الفواكه والبندقة
اللوبيا	البروكلي (كرنب الشتاء)	اللوز
الشوفان	كرنب بروكسل	التفاح
حشيشة الراي/الثيلم	ملفوف (اللهانة) /كرنب	المشمش
العصفر	الزهرة (القرنبيط)	الأفاكادو (زبدية)
السورجم (حشيشة السودان)	الكرفس	العليق الأسود (توت)
فول الصويا	الذرة الحلوة	عليق بوينز (توت)
التريتكال	الخيار	شيرمويا (قشدة هندية)
القمح	الباذنجان	الكرز الحلو
القمح القاسي	كرنب السلطة KALE	الكرز الرملي
الخضار	الكرنب اللفتي (أبو ركبة)	عنب الزبيب
أرضي شوكي (الخرشوف)	الخس	الكشمش/ عنب الثعلب
الشمندر الأحمر	البطيخ الأصفر (شمام)	البثملة
الكوسا، القرع الصيفي	الفجل	الكريب فروت (ليمون هندي)
الفواكه والبندقة	الفلفل	الليمون (حمضيات/ موالح)
التين	البطاطا (البطاطس)	ليمون بنزهير (اللايم)
العناب (عناب لجوجوبا)	اليقطين/القرع العسلي	المانجا

الزيتون	السبانخ	البرتقال
الباباي (الباباظ)	الكوسا/قرع	فاكهة الحب
الأناناس	البطاطا الحلوة	الخوخ / الدراق
الرمان	البندورة(الطماطم)	الأجاص (الكمثرى)
	اللفت	البرسيمون (كاكي)
	البطيخ الأحمر	ثمر البرقوق (من أنواع الخوخ)
	الفواكه والبندقة	من أنواع الرمان
	العنب	توت العليق
		التفاح ألوردي (العائلة الريحانية)
		السبوتة البيضاء (السذبية)
		الفراولة
		المندرين (اليوسفي/حمضيات)

المصدر: Maas, 1984. , لمقاومة النسبية للملوحة مبينة في الشكل ج1 أدناه



EC_w التوصيل الكهربائي لراشح ماء الري معبر عنه ديسي سيمنـز لكل متر (dS/m)

EC_e التوصيل الكهربائي لراشح عجينة التربة المشبعة معبر عنه ديسي سيمنـز لكل متر (dS/m)

$1.5\ EC_w = EC_e$

شكل رقم ج-1 = تقسيمات معدلات المقاومة النسبية للملوحة بواسطة المحاصيل الزراعية

المصدر: Mass, 1984

جدول ج-2

تأثير نوعية مياه الري على احتمالية انسداد النقاطات في نظام الري بالتنقيط

المشكلة المحتملة	الوحدات	درجة تقيد الاستخدام: لا يوجد	درجة تقيد الاستخدام: قليلة إلى متوسطة	درجة تقيد الاستخدام: شديدة
فيزيائية				
المواد الصلبة العالقة	ملجم/لتر	أقل من 50	100-50	أكبر من 100
كيميائية				
pH		أقل من 7	8-7	أكبر من 8
الأملاح الذائبة	ملجم/لتر	أقل من 500	2000-500	أكبر من 2000
المنغنيز	ملجم/لتر	أقل من 0.1	1.5-0.1	أكبر من 1.5
الحديد	ملجم/لتر	أقل من 0.1	1.5-0.1	أكبر من 1.5
كبريتيد الهيدروجين	ملجم/لتر	أقل من 0.5	2-0.5	أكبر من 2
بيولوجية				
عدد الجراثيم	الحد الأعلى عدد/مل	أقل من 10000	50000-10000	أكبر من 50000

المصدر: Ayers and Westcot 1985

جـــدول ج-3

المكونات ذات الأهمية في معالجة مياه الفضلات، والري باستخدام مياه البلديات العادمة المستصلحة

المكونات	المعايير المقاسة	أسباب الاهتمام
المواد الصلبة العالقة	المواد الصلبة العالقة تتضمن المتطايرة والصلبة الثابتة	يمكن أن تؤدي المواد الصلبة العالقة إلى ترسيب الحمأة وحالة لا هوائية عند تصريف مياه الفضلات غير معالجة إلى البيئة المائية تسبب الكميات الزائدة من المواد الصلبة العالقة انسداداً في أنظمة الري
المواد العضوية القابلة للتفكك الحيوي	الطلب الكيماوي الحيوي للأكسجين الطلب الكيماوي للأكسجين	تتكون بشكل رئيسي من البروتينات، والكربوهيدرات والدهون، وفي حالة تصريفها إلى البيئة قد يؤدي تفككها الحيوي إلى استنزاف الأكسجين الذائب في المياه المستقبله وتطوير حالة من التحلل (رائحة غير مقبولة في المياه)
الكائنات الممرضة	الكائنات الدالة ، والقولونيات البرازية والجراثيم الكلية	يمكن أن تنتقل الأمراض المعدية بواسطة العوامل المسببة للأمراض الموجودة في مياه الفضلات: الجراثيم والفيروسات والطفيليات.
المغذيات	النيتروجين الفوسفور البوتاسيوم	إن النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم هي مغذيات أساسية لنمو النبات، ووجودها طبيعياً يعزز قيمة الماء المستخدم لغايات الري. عندما يتم تصريفها إلى البيئة المائية من الممكن أن يؤدي النيتروجين والفوسفور إلى نمو أحياء مائية غير مرغوب فيها. وعندما يتم تصريفها بكميات زائدة على الأرض يمكن أن يؤدي النيتروجين أيضاً إلى تلوث المياه الجوفية.
المواد العضوية الثابتة مقاومة للمعالجة (جامحة)	مركبات محددة مثل الفينولات ومبيدات الآفات والهيدروكربونات المكلورة	تميل هذه المركبات العضوية إلى مقاومة الطرق التقليدية لمعالجة مياه الفضلات وبعض المركبات العضوية سامة للبيئة، ووجودها قد يحدد ملاءمة مياه الفضلات لغايات الري.
فعالية أيون الهيدروجين	الاس الهيدروجيني pH	إن درجة الحموضة والقلوية في مياه الفضلات تؤثران على درجة ذائبية المعادن بالإضافة إلى قلوية التربة،و المدى الطبيعي (الاس الهيدرجيني) لمياه البلديات العادمة 6.5 – 8.5 ولكن يمكن للمخلفات الصناعية أن تغير (الاس الهيدرجيني) بصورة ملموسة.
العناصر الثقيلة	العناصر المحددة مثل الكاديوم ، الزنك، النيكل، الزئبق	تتراكم بعض المعادن الثقيلة في البيئة وتكون سامة للنباتات والحيوانات، ووجودها قد يحدد ملاءمة مياه الفضلات لغايات الري.
الأملاح الذائبة المعدنية (غير عضوية)	المواد الصلبة الذائبة الكلية، والتوصيل الكهربائي وعناصر محددة (الصوديوم، الكالسيوم، الكلور، البورون)	الملوحة الزائدة قد تتلف بعض المحاصيل وأيونات محددة مثل الكلوريد والصوديوم والبورون سامة لبعض المحاصيل و قد يساهم الصوديوم في خلق مشاكل النفاذية في التربة.

الكلور المتبقي	الكلور الحر والكلور المرتبط	إن الكميات الزائدة من الكلور الحر المتبقي (أكبر من 0.05 ملجم /لترCl_2) قد يؤدي إلى حرق أطراف الأوراق النباتية وإتلاف بعض المحاصيل الحساسة. ومع ذلك فإن معظم الكلور الموجود في المياه العادمة المستصلحة ، يكون في صورة مرتبطة ولا يسبب إتلافاً للمحاصيل. وهناك بعض الاهتمامات التي تم التعبير عنها حول التأثيرات السمية للمواد العضوية المكلورة وعلاقتها بتلوث المياه الجوفية.

المصدر Pettygrove and Assano, 1985

جدول ج-4 القيم المحددة لتركيز المعادن الثقيلة في التربة

المعيار Parameter	القيم المحددة Limit values
الكادميوم	3-1
النحاس	140-50
النيكل	75-30
الرصاص	300-50
الزنك	300-150
الزئبق	1.5-1
الكروم (أ)	-

جدول ج-5القيم المحددة لتركيز المعادن الثقيلة في الحمأة المستعملة في الزراعة

المعيار Parameter	القيم المحددة limit values
الكادميوم	40-20
النحاس	1750-1000
النيكل	400-300
الرصاص	1200-750
االزنك	4000-2500
الزئبق	25-16
الكروم [a]	---

ملاحظة: القيم المعبر عنها بالميلي غرام/كيلوغرام مادة جافة من التربة مع pH7-6.

a. من غير الممكن حالياً تثبيت قيم محددة للكروم.

المصدر: Council of Europeon Communities (CEC) 1986

جدول ج-6القيم المحددة لكميات المعادن الثقيلة التي يمكن أن تضاف سنويا إلى الأراضي الزراعية بمعدل عشر سنوات

المعيار	القيم المحددة
الكادميوم	0.15
النحاس	12
النيكل	3
الرصاص	15
الزنك	30
الزئبق	0.1
الكروم [a]	--

ملاحظة: القيم معبر عنها (كيلوغرام/هكتار/سنة)

a. من غير الممكن حاليا تثبيت قيم محددة للكروم

المصدر: Council of the European Communities (CEC) 1986.

الملحق رقم د: الدلائل التطبيقية لإعادة استعمال مياه الفضلات

جدول رقم د-1سوق المياه المستصلحة/ إعداد المسح المعلوماتي

1. وضع قائمة بأسماء المستعملين المحتملين واستخدامات المياه المستصلحة.
2. تحديد المتطلبات المرتبطة بالصحة التي لها علاقة بجودة الماء ومتطلبات الإضافة (مثل المعالجة ومنع الجريان العكسي وطرق الري) لكل نوع من أنواع تطبيقات المياه المستصلحة.
3. تحديد المتطلبات التنظيمية لمنع الإزعاج ومشاكل جودة الماء، كقيود حماية المياه الجوفية.
4. تطوير افتراضات تتعلق بجودة الماء المحتملة التي ستكون متوفرة في المستقبل وبمستويات مختلفة من المعالجة، ومقارنتها بالمتطلبات التنظيمية ومتطلبات المستخدم.
5. تقدير تكاليف إمدادات المياه العذبة المستقبلية للمستخدمين المحتملين للمياه المستصلحة.
6. إجراء مسح للمستخدمين المحتملين للمياه المستصلحة للحصول على المعلومات التالية:
   - أ- تحديد الاستخدامات المحتملة للمياه المستصلحة.
   - ب- تحديد الاحتياجات الكمية الحالية والمستقبلية.
   - ج- توقيت واعتماد الاحتياجات.
   - د- تحديد الاحتياجات النوعية.
   - ه- تعديل المرافق الضرورية في الموقع للتحول إلى استصلاح المياه، وللوصول إلى المتطلبات التنظيمية، والتخلص من الماء المستخدم، وتقدير التكاليف المصاحبة لذلك.
   - و- تقدير استثمارات رأس المال الداخلة بواسطة المستخدم، والتغيرات في تكاليف التشغيل وفترة الاسترداد المرغوب فيها أو معدل العائد وتوفير كلفة المياه المرغوب فيها.
   - ز- خطط تغير الاستعمال في الموقع مستقبلاً.
   - ح- الرغبة الأولية لاستخدام المياه المستصلحة حالياً أو في المستقبل.
7. إعلام المستخدمين المحتملين حول القيود التنظيمية المطبقة وجودة الماء المحتملة المتوفرة بمستويات مختلفة من المعالجة، والتكاليف المستقبلية ونوعية المياه العذبة.

المصدر: Assano and Mills, 1988

جدول د-2

سوق المياه المستصلحة : موجز التقييم / تقرير الجدوى

1. خصائص منطقة الدراسة: مستجمعات الأمطار والمياه السطحية واستخدام الأراضي والنمو السكاني.
2. خصائص إمدادات المياه والمرافق: سلطات المؤسسة ومصادر ونوعية الإمدادات ووصف المرافق الرئيسية، واتجاهات استخدام المياه واحتياجات المرافق المستقبلية، وإدارة المياه الجوفية ومشاكلهاو التكاليف الحالية والمستقبلية والدعم (الإعانات) وأسعار المستهلك.
3. خصائص مياه الفضلات والمرافق: سلطات الوكالة، ووصف المرافق الرئيسة، وكمية ونوعية مياه الفضلات المعالجة، واحتياجات المرافق المستقبلية، ووصف إعادة الاستخدام القائم (المستخدمون والكميات و الاتفاقيات التعاقدية والتسعيرية).
4. احتياجات المعالجة لتصريف وإعادة الاستعمال وتقييدات أخرى: المتطلبات المرتبطة بالصحة وجودة الماء، ومتطلبات مستخدم المياه من ناحية نوعية المياه المحددة وضبط منطقة الاستخدام.
5. المستفيدين المحتملين لإعادة الاستخدام: تحديد مستخدمي المياه المستصلحة المحتملين ونتائج مسح المستخدمين.
6. استصلاح المياه الأولي وبدائل إعادة الاستخدام: الاستعراض الأولي للبدائل (الاقتصاد والجاذبية المالية وقابلية التسويق للمياه المستصلحة والإشكاليات المحتملة)، واختيار أحد البدائل لمراجعة أكثر تفصيلاً، والتحليل المالي.
7. تحليل الجدوى الأولي: المقارنة بين استصلاح المياه وإعادة الاستخدام بالمياه العذبة مع الاستجابة للتعليمات واحتياجات المستخدم.
8. التوصية باستمرار الدراسة: القرار حول الاستمرار والتوصية بتعديل خطة الدراسة، وتحديد قضايا الدراسة المستقبلية.

المصدر: Asano & Mills, 1988.

جدول د-3

موجز خطة لاستصلاح المياه العادمة ومرافق إعادة الاستخدام

1. خصائص منطقة الدراسة: قارن مع جدول د-2.
2. خصائص إمدادات المياه والمرافق: قارن مع جدول د-2.
3. خصائص مياه الفضلات والمرافق: التدفق الموسمي بالساعة واختلافات الجودة والحاجة إلى ضبط المكونات الضارة المؤثرة على إعادة الاستخدام قارن مع جدول د-2.
4. احتياجات المعالجة للتصريف وإعادة الاستخدام وتقيدات أخرى قارن مع جدول د-2.
5. المستفيدون المحتملون لإعادة استخدام المياه: وصف اجراءات تحليل السوق قارن مع جدول رقم د-2.
6. تحليل بديل المشروع: تكاليف رأس المال والتشغيل والصيانة والجدوى الهندسية والتحليل الاقتصادي، والتحليل المالي وتحليل الطاقة وتأثيرات جودة الماء، وقبول السوق وتأثيرات حقوق المياه والأثر البيئي والاجتماعي، والمقارنة بين البدائل والاختيار.
   أ) بدائل المعالجة.
   ب) الأسواق البديلة: على أساس مستويات مختلفة من المعالجة ومناطق الخدمة.
   ج) بدائل مسار خطوط المواسير.
   د) بدائل اختيار المواقع وخيارات تخزين المياه المستصلحة.
   هـ) بدائل المياه العذبة.
   و) بدائل مكافحة تلوث المياه.
   ز) بديل لا مشروع.
7. الخطة الموصى بها: وصف المرافق المقترحة، ومعايير التصاميم الأولية والتكاليف المقدرة ووضع قائمة بالمستخدمين المحتملين، والتزاماتهم وكمية الطلب على المياه المستصلحة واختلاف ذلك الطلب، وعلاقة ذلك بالإمدادات والاعتماد على الإمدادات المتوفره، والحاجة إلى إمدادات المياه التكميلية أو دعم المياه، وخطة التنفيذ وخطة التشغيل.
8. خطة تمويل الإنشاءات وبرنامج الإيرادات: مصادر وتوقيت التمويل للتصميم والإنشاء، سياسة تسعير المياه المستصلحة وتوزيع التكاليف بين إمدادات المياه وأغراض مكافحة التلوث، وتقدير الاستخدام المستقبلي للمياه المستصلحة، وسعر المياه العذبة، وتكاليف مشروع الاستصلاح، وتكاليف وحدة الإنتاج وسعر وحدة الإنتاج، والإيرادات الكلية والإعانات المالية وتكاليف الهبوط، وكلفة المديونية وتحليل الحساسية.

المصدر: Assano and Mills, 1988.

جدول د-4

المعوقات المحتملة لتأمين الالتزامات من مستخدمي المياه المستصلحة

1. اهتمام المستخدمين لتأثيرات المياه على العمليات الصناعية والمناظر الجمالية، أو المحاصيل.
2. المستخدم يملك إمدادات مياه، وبكلفة أقل من إمدادات مياه الشرب البلدية، أو السعر المقدم للمياه المستصلحة.
3. عدم الاتفاق حول قبول سعر للمياه المستصلحة.
4. المستخدم غير راغب أو غير قادر على دفع تكاليف إضافية لخطوط المواسير، أو تعديلات نظام المياه في الموقع.
5. يقع المستخدم خارج حدود المشروع المقترح، ويحتاج إلى مفاوضات مع دائرة اختصاص مفوضة .
6. عدم موافقة مديرية الصحة المحلية أو الحكومية العامة.

المصدر: Assano and Mills, 1988

جدول د-5

الشروط المستحبه لعقود مستخدمي المياه المستصلحة

1. فترة العقد، ومدة (أجل) العقد، وشروط الانتهاء.
2. خصائص المياه المستصلحة: المصدر والجودة والضغط.
3. الكمية واختلافات التدفق.
4. الاعتماد على الإمدادات والهبوط المحتمل في الإمداد وشروط الإمدادات الداعمة.
5. بدء الاستخدام: المستخدم ومتى يتمكن أو يكون جاهزاً لبدء الاستخدام.
6. الترتيبات المالية: تسعير المياه المستصلحة، ودفع (قيمة) المرافق.
7. ملكية المرافق وحقوق المرور (الطريق) ومسؤولية التشغيل والصيانة.
8. متفرقات: المسؤولية القانونية والقيود على الاستخدام وحق المورد بالكشف على الموقع.

المصدر: Assano and Mills, 1988.

المصطلحات العلمية

A	
Accumulation	التركيم
Acidity	الحموضة
Activated Sludge	الحمأة المنشطة
Adsorption	الامتزاز/الادمصاص
Aerated Lagoons	البحيرات المهواة
Amoebiasis	داء الأميبيات
Anaerobic treatment	المعالجة اللاهوائية
Animal Excreta	مفرغات الحيوان
Aquaculture	لزراعة المائية
Artificial recharge	الحقن الاصطناعي
Ascariasis	داء الصفر،داء الاسكاريس
Ascaris	الصفر
A. lumbricoides	الصفر الخراطيني
Assimilative capacity	الوسع التمثيلي
Ancylostoma duodenale	الانكلستوما العفجية
B	
B. Infections	العدوى الجرثومية
Bar Screens	المناخل ذات القضبان
Benefits	المنافع
Bioaccumulation	التركيم الحيوي
Biodegradation	التدرّك الحيوي
Biological disks	الأقراص البيولوجية
B. Filtration	الترشيح الحيوي
B. Oxidation	الأكسدة البيولوجية
Back flow	الدفق المرتد/الجريان العكسي
Bacteria	الجراثيم
Bacterial diarrheas	الإسهالات الجرثومية
B. Enteritis	الالتهابات المعوية الجرثومية

C	
Catchments Areas	مُستَجمعات الأمطار
CEHA	مركز أنشطة صحة البيئة
Cesspools	الحفر الامتصاصية
Cestodes	الشريطيات
Charges	الرسوم
Chemical Oxygen demand	متطلبات الأوكسجين الكيميائية
Chemicals	الكيماويات
Chlorinated Compounds	المركبات المكلورة
Chlorination	الكلورة
Chlorine	الكلور
Coagulation/flocculation	التخثر والتندف
Coliforms	القولونيات
Collecting sewers	مجارير التجمع
Communities	المجتمعات
Composting	التدمين
Consumers	المستهلك
Cost benefit analysis	تحليل مردود الكلفة
Cost savings	الوفورات في الكلفة
Crop production	انتاج المحاصيل
C W L	منشأة الأراضي المبللة أو المناقع
D	
Decision making	صنع القرار
denitrification	إزالة النيتروجين
Design criteria	معايير التصميم
Detention period	فترة الحجز
Diarrhea diseases	أمراض الإسهال
Disinfections	التطهير
Disposal	التخلص
E, F	
Enteric infection:	الأخماج المعوية

Enteritis	**التهاب الأمعاء**
E.coli	**الإيشريكة القولونية**
Enteroviruses	**الفيروسات المعوية**
Epidemics	**الأوبئة**
Evapotranspiration	**البخر الكلي**
Excreta	**المفرغات**
Facultative lagoons	**البحيرات الاختيارية**
F A O	**منظمة الأغذية والزراعة**
Flumes	**مفيض**
Flush toilets	**أكنفة الرحض**
Flow	**جريان**
G, H	
Green belts	**الأحزمة الخضراء**
Grit removal	**إزالة الحصباء**
Groundwater	**المياه الجوفية**
G.protection	**حماية المياه الجوفية**
Hazardous waste	**النفايات الخطرة**
Headwork	**أعمال المنشآت الأولية**
Health care	**الرعاية الصحية**
H.impact	**الأثر الصحي**
H.education	**التثقيف الصحي**
Helminthes	**الديدان**
Hepatitis A virus:	**التهاب الكبد الألفي**
Household hygiene:	**صحة الأسرة**
Humic substance	**المواد الدبالية**
Hygiene	**علم الصحة**
I, L	
Industrial waste	**النفايات الصناعية**
I. Wastewater	**مياه الفضلات الصناعية**
Insect control	**مكافحة الحشرات**
Land application	**الاستخدام على الأراضي**

Land use	**استخدام الأراضي**
Leakage	**التسرب**
Legislation	**التشريعات**
M	
Markets	**الأسواق**
Maturation ponds	**برك الإنضاج**
Mixing	**الخلط**
N	
National parks	**المنتزهات الوطنية**
Nematodes	**الممسودات**
Nitrates	**النترات**
Nitrification	**النترتة**
O	
On-site disposal	**التخلص في الموقع**
Organic wastes	**الفضلات العضوية**
Oxidation ditches:	**خنادق الأكسدة**
Oxygen demand	**متطلبات الاكسجين**
P	
Parasites	**الطفيليات**
Protozoa	**الأولى**
Pesticides	**مبيدات الهوام**
Pest control	**مكافحة الهوام**
pH	**الأس الهيدروجيني**
Pipelines	**خطوط المواسير**
Pollution	**التلوث**
p.control	**مكافحة التلوث**
p.mointering	**رصد التلوث**
Pressure	**الضغط**
Public health	**الصحة العامة**
R, S	
recharge:	**الحقن**

raw water:	المياه الخام
reclaimed water:	المياه المستصلحة
revenue:	العائدات
river basins:	أحواض الأنهار
R.intakes:	مآخذ الأنهار
Runoff:	الجريان السطحي
Rural area:	المناطق الريفية
R.communites:	المجتمعات الريفية
R, S	
Salinity	الملوحة
Salmonella	السالمونيلا
S.typhi	السالمونيلا التيفية
Sanitation	الإصحاح
Schlstosoma	المنشقة، البلهارسية
Sedimentation	الترسيب
Seepage	النز
Semi-arid zone	المناطق شبه الجافة
Sewage	مياه المجاري
Sewers	المجارير
Shigelia	الشيغلية
Social aspects	الجوانب الاجتماعية
Socioeconomic Impact	المردود الاقتصادي والاجتماعي
Sprinkler irrigation	الري بالرش
Standards	المواصفات
Storage tanks	خزانات التخزين
Stream flow	جريان الجداول
Sub-surface irrigation	الري تحت السطحي
Surface irrigation	الري السطحي
T	
Taeniasis	داء الشريطيات

Taps	**الحنفيات/ الصنابير**
Tariff	**التعرفة**
Technical	**التقني**
Technology	**تكنولوجيا**
Tertiary treatment	**المعالجة الثالثية**
Toxicity	**السمية**
Trace Elements	**العناصر الزهيدة المقدار**
Trematodes	**المثقوبات**
Trickle irrigation	**الري بالتنقيط**
Turbidity	**الكدورة/ العكورة**
UNDP	**البرنامج الإنمائي للأمم المتحدة**
UNEP	**برنامج الأمم المتحدة للبيئة**
Trichuris trichiura	**المسلكة دقيقة الذيل**
U, V	
Urban area	**المناطق الحضرية**
Use of Facilities	**استخدام المرافق**
Vandalism	**التخريب المتعمد**
Vibrio Cholera	**الضمة الكوليرية**
Viral Diarrheas	**الإسهال الفيروسي**
W	
Wastage	**الضائع**
Wastewater	**مياه الفضلات**
W.w collection	**تجميع مياه الفضلات**
W.w.recycling	**تدوير مياه الفضلات**
W.w treatment	**معالجة مياه الفضلات**
Water	**المياه**
W.authorities	**سلطات المياه**
W.collection system	**شبكات تجميع المياه**
W.pollution	**تلوث المياه**
W.pollution control	**مكافحة تلوث المياه**
W.quality	**جودة الماء**

W.quality monitoring	**رصد جودة الماء**
W.quantity	**كمية المياه**
Water Resources	**الموارد المائية**
Water reuse	**إعادة استعمال المياه**
Water sources	**مصادر المياه**
Water supply	**إمدادات المياه**
Water yield	**الإنتاجية المائية**
Wetlands	**الأراضي الرطبة**
WHO	**منظمة الصحة العالمية**

References المراجع

- Ali, I. 1987. Wastewater criteria for irrigation in arid regions. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 113:173-183.
- Ambrose, W. A., and P. Lynn. 1986. Groundwater recharge: enhancing Arizona's aquifers. *AWWA Journal* 78:85-90.
- Arthur, JP. 1983. *Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries.* World Bank Teclmical Paper Number 7. Washington, DC: The World Bank.
- ASaII, T., and R. A. Mills. 1988. Planning successful water reuse projects. In *Implementing Water Reuse, Proceedings of Water Reuse Symposium IV,* Denver, Cob.: AWWA Research Foundation.
- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1985. "Water Quality for Agriculture." Irrigation and Drainage Paper no. 29, Rev. 1. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Ayres, R., D. Lee, and D. Mara. 1989. The enumeration of human intestinal nematode eggs in raw and treated wastewaters. *Tropical Public Health Engineering.* Research Scheme R4336 - Final Report. Dept. of Civil Eng. Leeds, U.K.: Leeds Univ.
- Bartone, C. R., and S. A. Arlosoroff. 1987. Irrigation reuse of pond effluent in developing countries. *Water Science and Technology* 19:289-297.
- BioCycle. 1984. Managing sludge by composting. Emmaus, Pa.: The 3. (3. Press. Biswas, A. K., and A. Arar, eds. 1988. Treatment and Reuse of Wastewater. London: Butterworths.
- Blumenthal, U. 1988. Generalized model of the reduction in health risk associated with different control measures for the use of human wastes. *IRCWD News* 24/25:13-18.
- Bouwer, H., and E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 113:516-535.
- Bruvold, W. H. 1988. Public opinion on water reuse options. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 60(no. *1):45-49.*
- Council of the European Communities. 1986. Directive on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. *Official Journal of the European Communities* no. L181/6-10.y
- Engineering-Science. 1987. "Monterey Wastewater Reclamation Study for Agriculture." Final Reports Prepared for Monterey Regional Pollution Control Agency, Berkeley, Calif.
- Feachem, R., D. Bradley, H. Garelick, and D. Mara. 1983. Health Aspects of Excreta and Sullage Management. Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation Series, vol. 3. Washington, DC: The World Bank.
- Gerba, d. P., C. Wallis, and 3. C. Melnick. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in the soil. *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE* 28:987-991. .7
- Haddadin,. M., and M Suleiman. 1988. "Wastewater Reclamation and Reuse in the EMENA Countries." Report to The World Bank, Washington, DC. .
- Idclovitch, B. 1988. "Technical and Economic Aspects of Sewage Reuse in Irrigation: The Case of Santiago, Chile." Paper presented at the Annual World Bank "Water Week" Seminar, 13-15 December, Baltimore, Md.
- Idelovitch, E., and M. Michail.. 1984. Soil-aquifer treatment: A new approach to an old method of wastewater reuse. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 56:936-943~ ~

- IRCWD. *1985.. Health Aspects of Wasiewater and Excreta Use in Agriculture and Aquaculture--The Engelberg Report.* Dübendorf, Switzerland: International Reference centre for Waste Disposal.
- Loehr, R. C., and M. R. Overcash. 1985. . Land treatment of wastes: Concepts and general design. *Journal of lThvironnzental Engineering* 111:141-160.
- Maas, E. V. 1984. "Salt Tolerance of Plants." In *Handbook of Plant Science in Agriculture,* ed. B. R. Christie. Boca Raton, Eta.:~ CRC Press.
- Mara, D., and S. Cairncross. 1989. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection.* Geneva: United.Nations Environmental Programme/World Health Organization.
- Mara, D., H. W. Pearson, and S. A. Silva. 1983. Brazilian stabilization pond research suggests low-cost urban application. *World Water* 6:20-24.
- Pettygrove, .G. S., and T. Asano, eds. 1985. *Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater--A Guidance Manual.* Chelsea, Mich.: Lewis Publishers.
- Reed, S. C., B. 3. Middlebrooks, and R. W. Crites. 1988. *Natural Systems for Waste Management and Treatment.* New York: McGraw-Hill.
- Shende, G. B. 1985. "Status of Wastewater Treatment and Agricultural Reuse with Special Reference to Indian Experience and Research and Development Needs." Paper presented at the FAQ Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation, 7-9 October, Nicosia.
- Shuval, H. I., A. Adin, B. Fattal, B. Rawitz, and P. Yekutiel. 1986. *Wastewater Irrigation in Developing Countries: Health Effects and Technical Solutions.* World Bank Technical Paper Number 51. Washington, DC: The World Bank.
- Simpson-Hebert, M. 1983. *Methods of Gathering Sociocultural Data for Water Supply and Sanitation Projects.* Technical Advisory Group Note No. 1. UNDP-World. Bank Water and Sanitation Program, Washington, DC
- Strauss, M., and U. 1. Blumenthal. .1990. *Human Waste Use in Agriculture and Aquaculture, Utilization Practices and Health Perspectives.* IRCWD Report No. 08/89. Dilbendorf, Switzerland: International Reference Centre for Waste Disposal.
- Trad Rais, M. In Process. *Surveillance Bacteriologique et Parasitologique des Eaux Usees Brutes et Traitees de la Vile de Tunis.* Tunis: Centre de Recherche du Genie Rural.
- WHO. 1973. "Reuse of Effluent: Methods of Wastewater Treatment and Health Safeguards." Report of a Meeting of Experts. Geneva: World Health Organization.
- WHO. 1989. "Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture." WHO Technical Report Series, no. 778. Report of a Scientific Group. Geneva: World Health Organization.