

ملوثات الصرف الصحي "من مخلفات إلى موارد"

د. عبدالمجيد الهادي ختريش
قسم الهندسة المدنية - كلية الهندسة
جامعة صبراتة

الملخص:

تعتبر مياه الصرف الصحي إحدى المصادر الرئيسية لتلوث البيئة، ومع تزايد السكان والتوسع العمراني السريع في البلدان النامية، ومع ضعف القدرات والتخطيط والتمويل اللازمة لإقامة شبكة الصرف الصحي و محطات المعالجة بهذه الدول تزداد كميات الملوثات التي تؤثر في الهواء، والمياه، والتربة.

تأتي أهمية هذه الورقة في التعرف على التقنيات الفعالة والمبتكرة المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي ودراسة مدى نجاح تغيير نماذج معالجة مياه الصرف الصحي على نحو آمن ومستدام والجعل من مياه الصرف الصحي كإحدى مصادر المياه والغذاء والطاقة وتحويلها "من مخلفات إلى موارد".

حيث أستخدم المنهج الوصفي التحليلي في دراسة النظم الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي وبعض التجارب المحلية و الدولية مثل احواض التثبيت بمدينة الخرطوم بالسودان، الزراعة المعتمدة على مياه الصرف الصحي بالمكسيك، و المنهج الاستراتيجي ذو الخطوات الثلاث الذي يشمل (منع التلوث أو تقليل المخلفات لأدنى حد، المعالجة من أجل إعادة الإستخدام، التخلص من النتائج وتحفيز التنقية الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: ملوثات الصرف الصحي، نظام المعالجة، تنمية مستدامة،

1. مقدمة:

تعد مشكلة ملوثات مياه الصرف الصحي إحدى المشكلات البيئية الكبيرة ليس فقط لأثارها الضارة على الصحة العامة والبيئة وتشويهها للوجه الحضاري، بل وأثارها الاجتماعية والاقتصادية الباهظة الذي تتكبده الدول إنفاقاً كان في وسعها أن توفره أو فاقداً كان يمكنها أن تتجنبه. ومع ازدياد عدد السكان وارتفاع مستوى المعيشة والتقدم الصناعي والتقني السريع تنوعت وازدادت كميات الملوثات الناتجة عن الأنشطة البشرية المختلفة، وأصبحت عملية التخلص منها من أبرز المشاكل التي تواجه المدن والتجمعات البشرية نظراً لما تشكله هذه النفايات من أخطار على البيئة ومواردها الطبيعية وعلى صحة الإنسان وسلامته. وعليه فإن وضع نظام إدارة متكامل لرصد والتخلص من ملوثات مياه الصرف الصحي وإيجاد أساليب إدارية وفنية وتقنية واقتصادية تضمن القيام بمختلف العمليات الجمع والتخلص والمعالجة واستخدام الأساليب والتقنيات الحديثة والطرق المبتكرة والتي تتوافق مع البيئة والادارات المحلية بالدول النامية في هذه المجالات أصبح من أهم عناصر استراتيجيات إدارة المياه والصرف الصحي وذلك من خلال الدراسة والتخطيط السليم.

2. ملوثات مياه الصرف الصحي وأثارها البيئية :

على الرغم من إن نسبة الملوثات والشوائب المختلفة الموجودة في مياه الصرف الصحي لأتشكل أكثر من 1% من إجمالي هذه المياه إلا إنها تعتبر مصدر هاماً للتلوث البيئي [4].
جدول 1، يوضح نظرة عامة على التأثيرات المحتملة لمكونات مياه الصرف الصحي على البيئة، ومن هنا وجب التخلص من هذه المياه الملوثة بنقلها بعيداً عن التجمعات السكانية ثم معالجتها ضمن محطات المعالجة لإزالة التلوث العضوي والجرثومي للحصول على مياه يمكن إعادة استعمالها مرة أخرى.

جدول 1: الملوثات الرئيسية في مياه الصرف الصحي، تأثيراتها على البيئة

مادة المسببة للتلوث	التأثير على البيئة	معايير القياس
المواد الصلبة العالقة	تزيد المخلفات الصلبة العالقة عكارة المياه، وتقلل الضوء المتاح للكائنات التي تعتمد على الضوء وعندما تنترسب المواد الصلبة العالقة فهي تغطي الكائنات التي تعيش في أعماق البحر	إجمالي المواد الصلبة TSS
العضويات القابلة للتحليل الحيوي	زيادة الأوكسجين الحيوي الممتص هوائية، هذا لظروف الالهوائية والروائح الكريهة (كالأمونيا وكبريتيد الهيدروجين)	الأوكسجين الحيوي الممتص BOD
العناصر الغذائية	بالرغم من ضرورتها للإنتاج الأساسي فإن زيادة العناصر الغذائية سيشأ عن زيادة التعفن العضوي. وتؤدي زيادة التعفن العضوي والنمو الطحالي مما ينتج عنها إنتاج قوبل الأوكسجين أثناء النهار والتنفس أثناء الليل مع تحلل الطحالب الميتة سيؤدي بالظروف حياة لاهوائية. وزيادة التعفن العضوي أيضاً تزيد من نمو الطحالب السامة والضارة.	محتوى النيتروجين ومحتوى الفوسفور
المركبات السامة	يمكن أن تتركز في القواقع البحرية وأنسجة لحوم الأسماك مما ينتج عنها تركيز عالية غير مقبولة لدى المستهلك (مثل تلوث ثباليك الزئبق)	احتياجات نشاط الكائنات التي

معيار القياس	التأثير على البيئة	المادة المسببة للتلوث
تأثيرها	ويمكن أيضاً أن تتعارض هذه المركبات السامة مع العمليات البيولوجية في محطات معالجة الصرف الصحي	
البكتيريا القولونية الفيروسات وبعض الديدان	الأمراض المنقولة من خلال الماء (النزلات المعوية - التيفود - التهاب الكبد الوبائي - الكوليرا) (تعد من أهم المشاكل الصحية في العالم ويمكنها أن تؤثر مباشرة على الإنسان إذا حدث المرض وربما الموت عادة ما يكون التلوث بالتلامس مع المياه أو من خلال الطعام مثل لزراعات المروية أو القواقع / الأسماك)	مسببات الأمراض

المصدر: Veenstra, S. Wastewater treatment – Part 1. Lecture notes IHE Delft, The Netherlands. 2000.

3. أنظمة و اختيار أسلوب معالجة مياه الصرف الصحي:

إن أسلوب المعالجة المختار ونوع المنشآت وطريقة الاستثمار يؤثر كثير على سلامة البيئة المحيطة بالمحطة^[4]، خصوصاً عندما يتم اختيار نظام أو أسلوب غير مناسب للمكان أو البيئة السكانية والاجتماعية ويمكن تصنيف أنظمة معالجة الصرف الصحي من حيث الخصائص إلى مايلي :

نظم المعالجة الميكانيكية : وهي الأنظمة التي تستخدم في المدن والتجمعات السكانية الكبيرة وهي تمتاز باستهلاك عالي للطاقة بالإضافة إلى احتياجها للمعدات الميكانيكية والأحواض الخرسانية في عملها وعادة هذه الأنظمة تنشأ على مساحات أرض صغيرة حيث أن صغر حجم هذه الأنظمة يكون نتيجة أنها تعتمد على أمداد البكتيريا بالطاقة العالية (الأكسجين) اللازمة للتسريع من عمليات المعالجة. يقع تحت هذه الأنظمة: الحمأة المنشطة وكافة تطبيقاتها، المرشحات البيولوجية الحجرية، قنوات الأكسدة.

نظم المعالجة الطبيعية: على عكس أنظمة المعالجة ذات الاستهلاك العالي للطاقة فإن هذا النوع من المعالجة الطبيعية يعتمد على الظروف الطبيعية (كالشمس والرياح) للحصول على المعالجة المطلوبة لمياه الصرف الصحي وذلك بدون الاحتياج إلى تدخل خارجي كأعطاء طاقة للمساعدة في إتمام المعالجة أو بدون الاستعانة باستهلاك ضخم من الطاقة أو المواد الكيماوية [1]. إن نظام المعالجة الطبيعي قد يتضمن مضخات ومواسير لنقل المخلفات ولكنه لا يعتمد بصورة كاملة على مصادر الطاقة الخارجية لضمان استمرار عملية التنقية^[6]، وهذا النوع من الأنظمة يحتاج إلى مساحات كبيرة من الأراضي للإنشاء مما يجعله غير مناسب للاستخدام في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية أو عندما يكون سعر الأرض غالي، كما يمتاز هذا النوع بأنه ذو تكلفة بناء قليلة نسبياً (عند توفر الأرض) وبسهولة التشغيل و الصيانة المحدودة. وعادة فإن هذا النوع من المعالجة الطبيعية يكون أكثر كفاءة في إزالة الجراثيم الممرضة عن أنظمة المعالجة الميكانيكية. ويقع تحت هذه الأنظمة: بحيرات الأكسدة الطبيعية، البرك اللاهوائية أو المفاعلات اللاهوائية عالية المعدل، الأراضي الرطبة المنشأة، المعالجة عن طريق التصريف من خلال الأرض.

أن الطرق الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي تتبع منطق الطبيعة، ففي الطبيعة يتم تدوير الموارد ومن ثم ربما يكون المفيد أن يستبدل الاتجاه "الخطي" للنظام الصرف الصحي (بمعنى: التجميع - النقل - المعالجة المركزية والتخلص النهائي)، باتجاه آخر "حلقي" أو "دائري" في هذا المنهج الدائري تتم رؤية المخلفات كمورد.

4. الحاجة إلى مناهج بديلة في إدارة الصرف الصحي بالدول النامية :

يبين الجدول 2، الملامح الرئيسية للبنية الأساسية للمياه والصرف الصحي في الدول المتقدمة، حيث أن مستوى خدمة إمداد المياه القياسي في تلك الدول يتكون من مياه ذات جودة عالية في خطوط وشبكات عليها توصيلات متعددة لكل منزل، وهذا المفهوم ينتج عنه استهلاك عالي للمياه ويخرج أحجاماً كبيرة من مياه الصرف الصحي المخففة التي تحتاج لتجميعها خلال نظام صرف صحي مكثف يعالج في النهاية في محطات معالجة حديثة مركزية، ومنذ إدخال الإمداد المركزي للمياه بصورة كبيرة وكذلك البنية الأساسية للصرف الصحي أصبحت المدن في الدول ذات الدخل القومي المرتفع خالية من الأمراض المنقولة بالماء بصورة أساسية.

إن الاتجاه في الدول الصناعية ينحو إلى مزيد من التطوير والتحسين في هذه النظم التقليدية، وهذا يحتاج إلى عمالة ذات مهارة عالية، ورؤوس أموال كبيرة وظروف اجتماعية واقتصادية مستقرة فيما يختص بالتمويل وتوريد الكيماويات... الخ. وبالرغم من أن هذا المنهج التقليدي هو المستوى القياسي في الدول الصناعية، فإن تطبيقه كحل قياسي للدول النامية يعتبر غير واقعي و يصعب أن نجد أي بيئة أساسية للمعالجة الفعالة لمياه الصرف الصحي، ففي معظم الحالات في المدن فإن خدمة مياه الصرف الصحي والتوسع في معالجة مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي ليسا كافيين. وعندما يكون هناك شبكة لمياه الصرف الصحي في مكان ما يكون مدى تغطية الخدمة عادة غير مكتمل ومستوى المعالجة غير كاف، وحتى عندما تتواجد منشآت المعالجة، فإن سوء أعمال التشغيل والصيانة عادة ما ينتج عنها فشل عملية المعالجة، وبهذا تزداد مخاطر الإصابة التي تنتشر بالمياه في الدول النامية كنتيجة لإدخال نظم تقليدية لمعاملة مياه الصرف الصحي لأنها عادة لا يصاحبها معالجة فعالة في نهاية الخطوط أنالمنهاجالتقليديةفيإدارةالصرفالصحيبالدولالناميةتدعوالوجوبإعادةالنظرفيالمنهاجالتقليديبالدولالمتقدمة،فالمتغيراتفيدالدولالصناعيةستكونبطيئةنتيجةللاستثماراتالاستثنائيةالموجودةفيالبنيةالأساسيةالحاليةلإمدادالمياه

هو تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي في هذا الدول، بالإضافة إلى المصالح التجارية الضخمة للشركات التي أنشئت في مجال الإمداد بالتقنيات اللازمة.

جدول (2): يوضح الملامح الرئيسية وعيوب البنية الأساسية للمياه في الدول الصناعية

البنية	اللامح و العيوب
إمداد المياه	التغطية العالية مطلوبة وأمن الصناعات هي أهم ما رئيسي، وهجز من مستوى المعيشة وهناك أساساً لتعداد لدفع التعريفات. النظم مورثة من العقود الزمنية السابقة (مياه ذات جودة عالية تستخدم لأكلا لأغراض). مرونة محدودة، والبنية الأساسية موجودة، وأيتغيير يحتاج 15 - 20 عاماً (فترة إعادة الإنشاء).
الصرف الصحي	آفاق واسعة للتخطيط وعمر افتراضياً طول - التخطيط صعب بسبب تقديرات التدفقات المستقبلية (غير الموثوق بها) مكلفة جداً من حيث الاستثمارات مقارنة بالأموال المتحصلة. وأدائياً تنقل الملوثات (السوائل). وتبدأ كمجاريل للصرف الصحي حيال المنزل لي بعدها تدخل مياه الصرف الصحي في مرآح أخرى، كذلك مياه الأمطار، كما ترتبط بإنشاء الطرق. تتطلب استهلاك المياه والصنابير للمساعدة في منع الانسداد الناتج عن استخدام كميات كبيرة من المياه الملوثة، كذلك الاعتماد الكبير على الطاقة المكلفة لتشغيل محطات الرفع.
المعالجة	المعالجة تسود المحطات الكبيرة المركزية، غالباً باستخدام الحمأة المنشطة وأنماطها المتقدمة، تحديث متزايد دائماً (في التشغيل) - إدارة الحمأة. الاعتماد الكبير على الطاقة المكلفة والمواد الكيميائية و العاملين ذوي المهارة العالية لإدارة التشغيل والصيانة

المصدر: 1997: Varis, O., Somlyody, L. Global urbanization and urban water

5. تطبيق نظم المعالجة الطبيعية وتحديد قيمة المخلفات :

أن النتيجة النهائية التي يتم الحصول عليها بعد معالجة الصرف الصحي لا يتم تمييزها والاعتراف بها بسهولة كمنتج ذو قيمة (عكس المياه التي تعالج لإمداد مياه الشرب على سبيل المثال)^[3]. وربما يشرح ذلك أن العديد من نظم معالجة مياه الصرف الصحي منخفضة القيمة تعاني من سوء أعمال الصيانة ثم تصبح في النهاية متوقفة. فإذا أمكن أن تولد عملية المعالجة نفسها، بالإضافة إلى المياه الخارجة المعالجة (المنقاة) منتجات ثانوية ذات قيمة فقد يصبح هذا حافزاً هاماً لتشجيع التشغيل الأمثل والصيانة الأفضل في محطة المعالجة، ويتحقق الاستخدام الأمثل للموارد من خلال إعادة تدوير المخلفات والذي يهدف إلى استرداد قيمة وإعادة استخدام الطاقة والعناصر الأساسية وربما المكونات الأخرى، وترتب عمليات تحويل مختلف موارد المخلفات بحيث تكون مدخلات الطاقة الخارجية والمواد الخام المطلوبة عند أدنى حد لها مع تحقيق أقصى حد من الاكتفاء الذاتي. فمثلاً إعادة استخدام مياه الصرف الصحي والمخلفات البشرية في المزارع المائية يعد ممارسة تقليدية في الصين والهند واندونيسيا وفيتنام. ففي الصين هناك مزارع ضخمة تتمتع بالاكتفاء الذاتي الكلي تقريباً فيما يختص بالطاقة والعناصر الغذائية بسبب إعادة التدوير الفعالة لتدفقات مخلفاتها^[2].

أن إنشاء نظم معالجة مياه الصرف الصحي طبيعياً مثل برك التثبيت و برك النباتات العالقة السطحية، تعتبر كلها تطبيقات متميزة ولكنها جميعاً تشترك في عيب وهو أنها تتطلب مساحات من الأرض أكبر من الطرق التقليدية للمعالجة مثل الحمأة المنشطة^[10]، ويجب أن تعطى الأهمية لإنشاء نظم طبيعية عالية الأداء قليلة الاحتياج للصيانة والتي تنتج طاقة وبروتين نباتي عالي القيمة ومياه معالجة خارجة عالية الجودة لإعادة الاستخدام في الزراعة بتكلفة منخفضة واحتياجات أقل من مساحة الأرض. ومن الملاحظ أن معظم التقنيات الطبيعية للمعالجة توفر تنقية كافة فيما يتعلق بإزالة المادة العضوية ولكن بعضها فشل في إزالة العناصر الغذائية، ولكن في

بعض المناطق ذات الدخل المنخفض فإن إزالة العناصر الغذائية والمعالجة المتقدمة ليسا مطلوبين بصورة عامة، فالأحجام القليلة لمياه الصرف الصحي ينتج عنها تخفيف كاف عند صرفها على المجاري والقنوات المائية السطحية، اما التخلص من كميات كبيرة من المياه الخارجة من معالجة الصرف الصحي في المناطق كثيفة السكان الى المصبات المائية مثل الأنهار ذات الحساسية لزيادة النمو الطحلي قد يحتاج إلى عملية إزالة العناصر الغذائية. وفي المناطق الحضرية التي بها إدارة فعالة وعمالة ذات كفاءة ومهارة بالغة فإن التقنيات كثيفة الاستخدام للطاقة والممكنة تقليدياً يمكن أن تكون مناسبة خاصة عندما يكون توافر الأرض لإنشاء نظم طبيعية مكلف جداً.

وهناك العديد من الأمثلة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي على نطاق كبير والتي تعطى عوائد اقتصادية هامة خاصة في المزارع المائية وإنتاج المحاصيل، وقد تم توضيح موجزاً لأكبر الأمثلة في العالم المعتمدة على مياه الصرف الصحي (فالي مزكوتال-المكسيك)^[8] ومثال آخر لتطبيق التقنية الذاتية واستخدام النظم البيئية الطبيعية لمعالجة مياه الصرف الصحي (احواضالتثبيت- الخرطوم، السودان) على النحو التالي:

○ الزراعة المعتمدة على مياه الصرف الصحي . فالي مزكوتال . المكسيك

تمثل منطقة فالي مزكوتال أكبر مساحة زراعية في العالم تروى بمياه الصرف الصحي. ويقع الوادي على الهضبة العالية بالمكسيك، على ارتفاع بين 1700 . 2100 م فوق سطح البحر وعلى بعد 60 كم شمال ميكسكو سيتي. يقدر تعداد السكان بالوادي بأكمله بحوالي 500,000 نسمة، أغلبهما يعمل في الأنشطة الزراعية. والوادي يمثل مثال متفرد للري بمياه الصرف الصحي بسبب مساحته الكثيفة المزروعة (83000 هكتار) وتاريخه الطويل (تقريباً 100 عام) والمساحة تروى باستخدام مياه صرف صحي خام من منطقة العاصمة مكسيكو سيتي (حوالي 1900 مليون م³/عام) وهذه المياه لم تتلق إي معالجة تقليدية ويتم توصيلها في قنوات إلى منطقة الوادي

بواسطة الجاذبية من خلال قناة صرف ضخمة. والمحاصيل الرئيسية المزروعة هي البرسيم والذرة والبقول والشوفان والبطاطم والفلفل والبنجر، وبالرغم من الحظر القانوني فإن هناك بعض المحاصيل الممنوعة يتم إنتاجها مثل الخس والكرنب والجزر والسبانخ والفجل. ومياه الصرف الصحي لها قيمة عالية لدى المزارعين بسبب مميزاتا في تحسين التربة وما تحمله من عناصر غذائية، ويمكن بيان الأهمية الاقتصادية للزراعة المعتمدة على مياه الصرف الصحي في جدول 3، فقد كان إجمالي قيمة الإنتاج لعام 1994 مقدراً بحوالي 100 مليون دولار أمريكي ويمكن أيضاً بيان أهمية الزراعة المعتمدة على الصرف الصحي في هذه المنطقة بمقارنة بيانات الإنتاج مع تلك الخاصة بمناطق أخرى في المكسيك جدول 4.

جدول (3): يوضح بيانات الري لمنطقة فالي مزكوتال للفترة (1994. 93)

منطقة الري	المساحة المخدمة (هكتار)	المساحة المزروعة ⁽¹⁾ (هكتار)	عدد المستخدمين	حجم المياه (مليون متر مكعب)	قيمة الإنتاج (2) مليون دولار
المنطقة 3	45,200	55.300	27900	1100	255
المنطقة 100	23,100	22.400	17000	651	85
وحدات خاصة	5,400	5.500	4000	96	.
إجمالي	82,700	83.180	48900	1900	340

المصدر: Romero, H. 1997. The Mezquital Valley, Mexico. In: Helmer, R., Hespanol, I. (eds.)

(1) تشمل مساحات تزرع أكثر من محصول في العام

(2) سعر العملة 1 دولار = 3.5 دولار مكسيكي

جدول 4: يوضح الإنتاجية الزراعية طن / هكتار / عام (المنطقة فالي مزكوتال مقارنة بالمناطق المروية بغير مياه الصرف الصحي)

نوع المحصول	فالى مزكوتال	المتوسط القومي	ولاية هيدالجو	المنطقة المروية بالأمطار
الذرة	5,2	3,7	3,6	1,1
الفاصوليا	1,8	1,4	1,3	0,5
الشوفان	3,2	4,7	3,6	1,7
الشعير	22	10,8	15,5	13,5
البرسيم	95,5	66,3	78,8	0

المصدر: Romero, H. 1997. The Mezquital Valley, Mexico. In: Helmer, R., Hespagnol, I. (eds.)

وبالرغم من كل هذا الفوائد فإن تجربة الريبمياها الصرفة الصحيفة بالمزكوتال تقابلها التقدم وجهة نظر الصحة العامة. فمياها الصرفة الصحية تتجمن مصادر سكنية وصناعية ولهذا فهي تحتو على مسببات أمراض كيميائية وبيئية تتسبب في أمراض صحية خطيرة. كما أن تدهور البيئات الموثوق بها عن حجم مسببات الأمراض ومدتها وصدقها الكيميائية وبيئية السامة وقد أظهرت تحاليل بكتيريا القولون وفي الخزانات بالوادي قيميًّا أبلغ 100 إلى 400 عددًا محتملًا للبكتيريا القولونية / 100 ملم ما يعد علمنا القيم المسموح بها في إرشاد منظمة الصحة العالمية لإعادة استخدام المياه. الأطفال المنسن 1 إلى 14 سنة تبلغ 10 إلى 20 ضعفًا علمًا مقارنة بالمناطق المروية بمياها الأمطار.^[8]

○ أحواض التثبيت - الخرطوم السودان

تقوم محطة معالجة (سوبا) بـ الخرطوم - السودان بمعالجة مياه الفضلات السائلة الواصلة إليها عبر شبكة الصرف الصحي من عشرة محطات رفع وخطوط، وهي تعمل بطريقة أحواض الأكسدة الطبيعية المصممة على تدفق مقدار حوالي 31420 م³/يوم وتخدم حوالي 7% من المواطنين في الخرطوم^[6]، وتتكون المحطة من منظومة متتالية من الأحواض ذات مواصفات تصميمية موضحة بالجدول 5، كل 1، ومنذ بداية تشغيلها في المحطة 1993 موخلاف فترة مكوناتها 21

يوتمتصفيها المياه المعالجة لخصائص فيزيائية كيميائية محددة نظريا لأشجار الغابية بمنطقة الحزام الأخضر فقط فقد تم تحقيق المواصفات التصميمية لكفاءة المحطة.

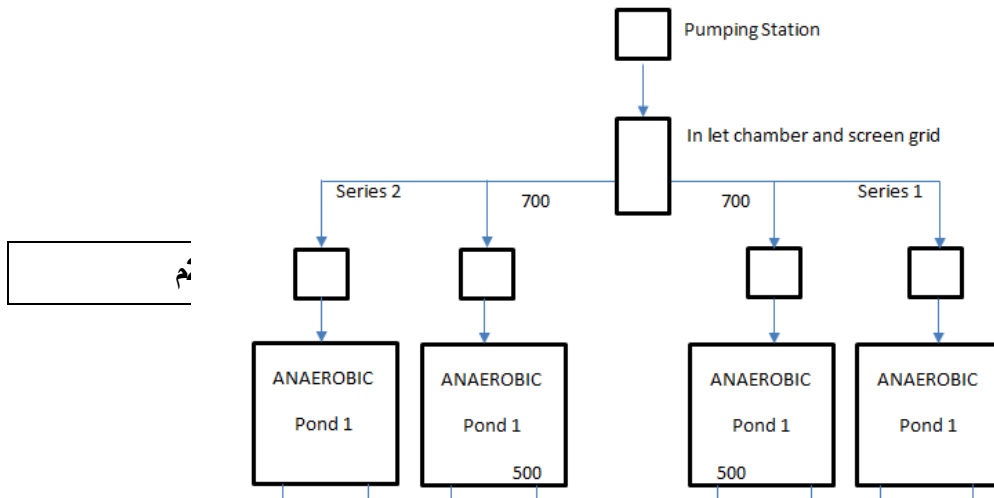
وتوضح نتائج دراسة سنة 2009/2008 ملخص الكفاءة الكلية للأحواض ——— جدول

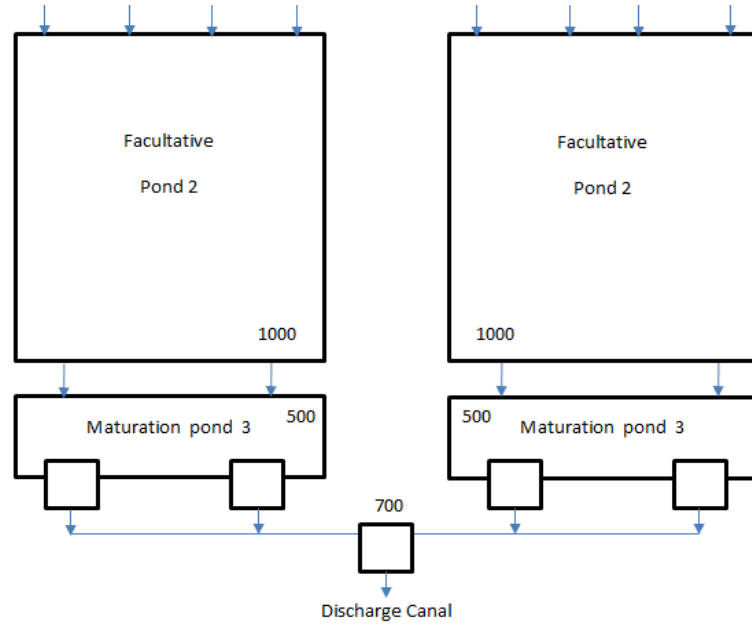
6، شكل 2، حيث وصلت نسبة إزالة الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5 إلى 83 %، وإزالة المواد الصلبة العالقة SS 80 % ونسبة إزالة البكتيريا القولونية إلى 97 %.

جدول 5: يوضح المواصفات التصميمية لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي (سويا) الخرطوم، أحواض التثبيت

التصنيف	الأحواض اللاهوائية	الأحواض الاختيارية	أحواض النضوج
معدل التدفق اليومي م ³ /يوم	31420	31420	31420
حجم الحوض (م)	3 * 100 * 174	1.2 * 685 * 240	1.2 * 220 * 240
عدد الاحواض	2	1	1
زمن المكوث (يوم)	3.3	14.4	4
التدفق الداخل BOD_5 (ملجم /لتر)، 300	150		45
معدل إزالة BOD_5 (ملجم /لتر)،	50%		70%
التدفق الداخل SS (ملجم/لتر)، 350	105		75
معدل إزالة SS %	70%		85%
البكتيريا $2 * 10^7$ (TC) /100			4400/100ml
معدل الإزالة للبكتيريا الضارة			99.9%

المصدر : Reed, S.C., E.J.. Natural systems for waste management and treatment, 1995





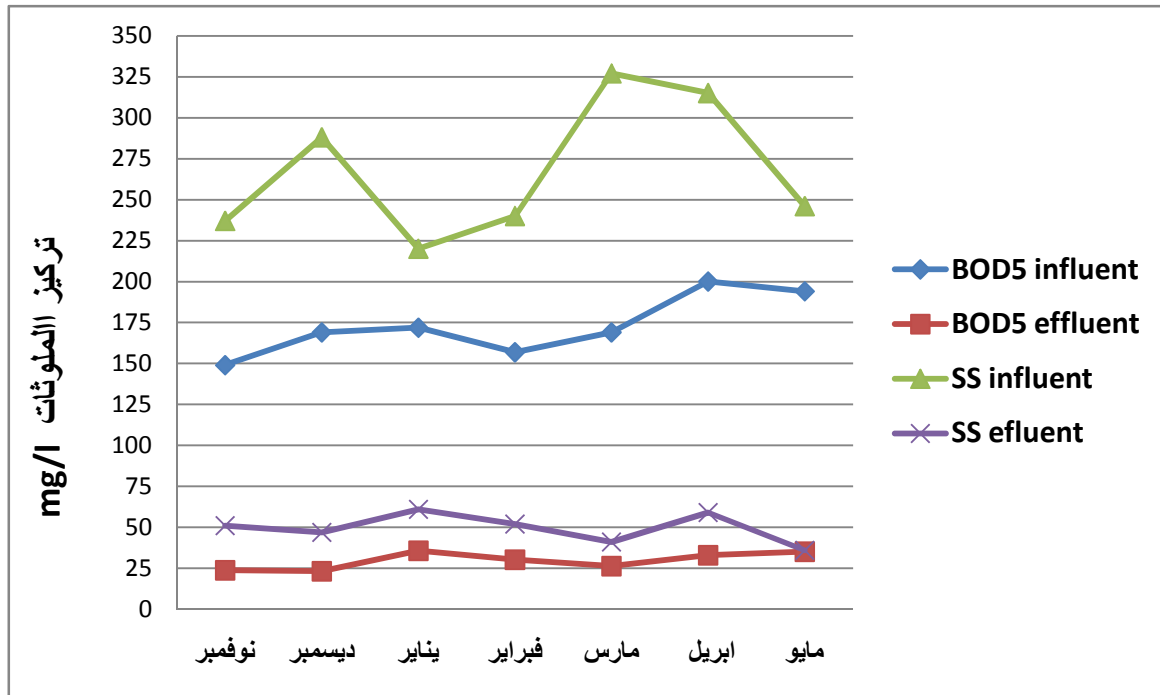
شكل (1): يوضح مخطط محطة معالجة مياه الصرف الصحي سوبا بالخرطوم - احواض التثبيت

جدول 6: خصائص مياه الصرف الصحي الداخلة والمعالجة بمحطة معالجة (سوبا) الخرطوم، احواض التثبيت

الموقع	الخاصية
--------	---------

الكفاءة %	أحواض الإند ضاج	الأحواض الاختيارية	الأحواض اللاهوائية	المياه الداخلة	
83	28.9	36.6	77.5	170.8	الأكسجين الحيوي الممتص BOD ₅ (ملجم/لتر)
71	103	98	164	361	الأكسجين الكيميائي الممتص COD ₅ (ملجم/لتر)
80	51.6	48.6	99.25	268.3	المواد الصلبة العالقة SS (ملجم/لتر)
97	1.368	5.5	9.83	44.4	البكتريا القولونية TC/100*10 ⁴

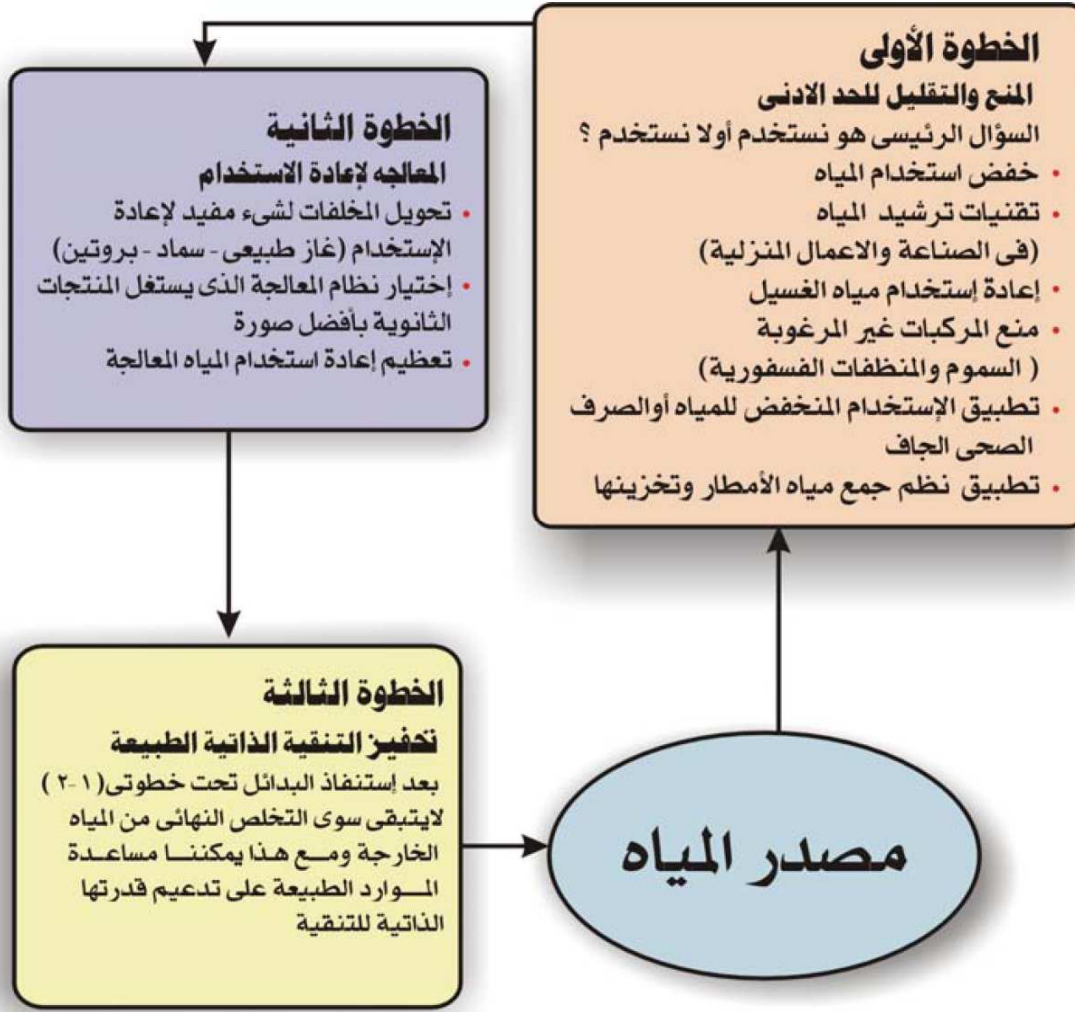
المصدر : Reed, S.C., E.J.. Natural systems for waste management and treatment, 1995



شكل 2 : يوضح تركيز الاكسجين الحيوى الممتص والمواد الصلبة العالقة للمياه الداخلة والخارجة من احواض الاكسدة - محطة سوبا الخرطوم

6. المنهج الاستراتيجي ذو الخطوات الثلاث لمعالجة مياه الصرف الصحي:

عند وضع المستوى المنخفض بمعالجة مياه الصرف الصحي في الاعتبار وكذلك الزيادة السريعة في تلويث مصادر المياه على مستوى العالم، فإنه من الواضح أن الأمر يتطلب إجراءات طارئة. والمشاكل خاصة في مدن الدول النامية لها أبعاد كثيرة بحيث لا يتوقع معها أن تحل كل مشاكل الصرف الصحي في وقت قصير. حيث أن مشكلة الصرف الصحي معقدة للغاية والحلول تحتاج لأن يتم (تفصيلها) تبعاً للملامح الخاصة للمشكلة في كل دولة أو محافظة أو بلدية صغيرة وهذه المهام تدعو إلى وضع خطة عمل استراتيجي للإدارة المستقرة والدائمة للصرف الصحي (في المناطق الحضرية) وفي مناطق التجميع الداخلية فيها. وبتطبيق "مبادئ الإنتاج الأنظف" على قطاع المياه والصرف الصحي نتج عنه منهجاً جديداً لإدارة المياه المستدامة في البلديات أو المدن مبيّن بالشكل 3، هذا المنهج يركز بقوة على إدارة الصرف الصحي ولكنه أيضاً يضع في الاعتبار إمدادات المياه واستخدام العناصر الأولية وتدفقات المواد الأخرى المرتبطة بدورة المياه في المناطق الحضرية، هذا المنهج يتضمن ثلاثة خطوات وهي المنع، المعالجة لإعادة الاستخدام والتخلص المخطط من المياه المعالجة مع تحفيز القدرة على التنقية الذاتية. ان هذه الخطوات يجب أن تطبق في ترتيب زمني مع ضرورة الاستنفاد التام لأي مداخلات محتملة قبل المضي قدماً نحو الخطوة التالية وهذه الخطوات هي [9]:



شكل 3: يوضح المنهج الاستراتيجي ذو الخطوات الثلاثة لإدارة المياه بالمناطق الحضرية : نقلا عن،

Gijzen, H.J. in press 2003. A 3-step strategic approach to sewage management

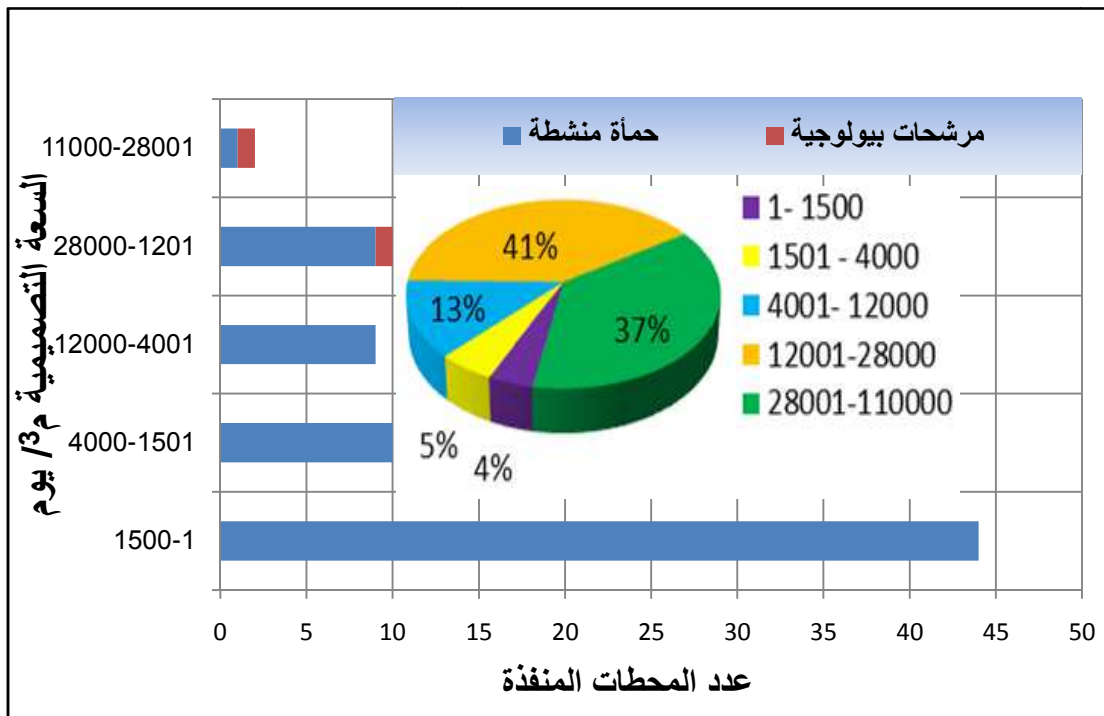
7: تقنيات و نظم معالجة مياه الصرف الصحي في ليبيا:

لقد صممت معظم محطات معالجة مياه الصرف الصحي في ليبيا بخبرات غير محلية^[2]، وقد استخدمت تقنية الحماة المنشطة في تشغيل معظم هذه المحطات ماعدا استخدام تقنية المرشحات البيولوجية في الجيل الأول من المحطات المنفذة خلال الستينات، ومن خلال البيانات بالجدول 4 والشكل 4، فقد تم تقسيم تقنيات المعالجة المستخدمة في تشغيل محطات المعالجة إلى المرشحات البيولوجية بسعة 27300 م³ / يوم بمحطة القوراشة بينغازي وسعة 27500 م³ / يوم بمحطة الهضبة بطرابلس، وتقنية الحماة المنشطة (بتطبيقاتها المختلفة) بسعات تتراوح من 128 - 110,000 م³ / يوم بباقي المحطات وفي مختلف المناطق الساحلية والجبلية والصحراوية. ومن المؤشرات العامة لتصميم محطات المعالجة عدم وجود أسس تصميم أو مواصفات أو معايير محلية يمكن الاعتماد عليها، حيث اعتمدت معظم المكاتب الاستشارية المصممة لهذه المحطات على خبرات خاصة بها في هذا المجال مما جعل بعض من هذه التصاميم غير ملائمة ولم تؤدي الهدف الأساسي من انجازها، كما ان بعض العوامل الأخرى مثل (كفاءة أو مستوى إزالة الملوثات الممكن تحقيقه، تكاليف الأرض المخصصة لمحطة المعالجة ومرافقها، تكاليف وسهولة التشغيل والصيانة، مجالات أو صلاحيات استخدام المياه المعالجة، عدم الاستفادة من التجارب الأخرى ببعض البلدان المشابهة) جميعها عوامل ساهمت في عدم الوصول إلى تصاميم أكثر ملائمة للظروف المحلية وبلوغ الأهداف المطلوبة لمعالجة مياه الصرف الصحي وخاصة في المدن الداخلية والصحراوية.

جدول 5: تصنيف محطات المعالجة حسب النوع والسعة والتقنيات المستخدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي

الإجمالي	-28001 110000	-12001 28000	-4001 12000	- 1501 4000	-1 1500	
75	2	10	9	10	44	عدد المحطات
73	1	9	9	10	44	حماة منشطة
2	1	1	0	0	0	مرشحات بيولوجية
515128	191300	208000	68050	26500	21278	السعة التصميمية م ³ / اليوم
100	37.13	40.40	13.2	5.14	4.13	النسبة حسب السعة %

المصدر. الشركة العامة للمياه والصرف الصحي - ليبيا - 2010.



شكل (4): يوضح العدد والسعة التصميمية والتقنيات المستخدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي في ليبيا، نقلاً

عن: الشركة العامة للمياه والصرف الصحي - ليبيا - 2010.

الاستنتاجات:

1. مياه الصرف الصحي تمثل مصدراً آمناً لمصادر تلوث البيئة حيث تلجأ معظم المدن والتجمعات السكانية إلى التخلص من هذه المياه الملوثة بطرحها في البحار والمحيطات أو الأنهار التي تطل عليها سواء كانت معالجة أم غير تامة المعالجة، ولا شك أن لقاء هذه المياه الملوثة بمختلف الملوثات والمواد العضوية كثيرًا ما تفسد البيئة (الماء، الهواء، التربة)، وتؤدي إلى إلحاق أضرار بمواطن الحياة البرية والثروات السمكية وصحة البشر والحيوانات.
2. إن التطبيق الناجح للبدائل واسعة المجال سيؤدي إلى أحجام أقل من مياه الصرف الصحي المركزة الواصلة إلى منشآت المعالجة وهذا يؤدي إلى معالجة فعالة لمياه الصرف الصحي تجعل من استرداد الموارد أمراً ممكناً.
3. إن الاعتماد على منظومات تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي التقليدية أو المركزية كخيار وحيد مقبول لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي بالدول النامية يعرقل أو يبطئ من انتشار الخدمة نتيجة التكاليف العالية المطلوبة، و يلزم التوجه الجدي نحو نماذج مبتكرة وتقنيات أكثر فاعلية في استرداد الموارد كالمياه والغذاء والطاقة من مياه الصرف الصحي لنحو آمن ومستدام. والاستفادة من التجارب الدولية بهذا المجال.
4. إن خيارات المعالجة المقترحة في ليبيا كانت ضحلة و باتجاه وحيد نحو طريقة الحمأة المنشطة بنسبة 97%، وإن مجموعة من الاقتراحات الأخرى كترك الأكسدة الطبيعية و المهواة و خنادق الأكسدة.. الخ. يمكن أن تكون خيار أفضل لبعض المناطق لم يؤخذ بها إجمالاً أثناء التنفيذ الفعلي للمحطات.

التوصيات:

يخلص البحث إلى التوصيات الآتية :

1. تعميم تجربة نظم المعالجة الطبيعية بطريقة برك الأكسدة الطبيعية في جميع المناطق التي تتوفر فيها المساحات الضرورية وحيث تكون الحاجة إلى المياه المعالجة كبيرة أو ماسة بغرض الاستفادة من هذه المياه للأغراض الزراعية وغيرها، وذلك لاقتصاديتها وسهولة تشغيلها وصيانتها، ولتوفر المساحات الضرورية والشروط المناخية الملائمة.
2. وضع بدائل مختلفة ومبتكرة لطرق المعالجة بحيث تكون سهلة التنفيذ و بسيطة التشغيل تناسب وضع كل منطقة (مدن أو ريف) من حيث غياب الخبرة التشغيلية المحترفة أو ضاع الطاقة، وصعوبة توفير القطع الميكانيكية للمحطات و استيراد المواد الكيميائية المستخدمة بالمعالجة.
3. ان الملوثات ينبغي النظر في مواردها وإدارتها فهي تشكل جزءاً مكملًا للموارد المائية، وتدفق المواد الغذائية وعمليات إدارة المخلفات، و ينبغي النظر عند تحسين النظام القديم أو تصميم نظام جديد في معايير الاستدامة التي تشمل الصحة، البيئة، والموارد الطبيعية، التكنولوجيا و سهولة التشغيل، المسائل المالية والاقتصادية، الثقافة الاجتماعية والجوانب المؤسسية.
4. رصد التغيرات وقياسها حتى يمكن الإلزام بالقوانين لمنع التلوث من مصادر الملوثات بجميع أنواعها لحماية نوعية الموارد المائية والتي تتطلب تحديد مصادر وكمية التلوث، ومن ثم تطوير الأدوات والمعايير، والتراخيص، الإلزام بالقوانين وتفعيلها للحد من التلوث.

المراجع:

1. معهد علوم المياه بهولندا (UNESCO-IHE) نوفمبر 2000، تحسين إدارة مياه الصرف الصحي في المدن الساحلية، برنامج العمل العالمي لحماية البيئة البحرية من أنشطة اليابسة التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP/GPA).
2. الشركة العامة للمياه والصرف الصحي - ليبيا - 2010.
3. إمداد المياه والصرف الصحي في المدن في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا 2000، مجموعة تنمية البنية الأساسية، البنك الدولي.
4. *Metcalf & Eddy Inc, 2003, Waste Water Engineering Treatment & Disposal , And Reuse. McGraw-Hill , 3rd Edition , New York.*
5. *Veenstra, S. 2000. Wastewater treatment – Part 1. Lecture notes IHE Delft, The Netherlands.*
6. *Reed, S.C., Crites R.W., Middlebrooks E.J. 1995. Natural systems for waste management and treatment, Second Edition, McGraw-Hill, Inc.*
7. *Varis, O., Somlyódy, L. 1997. Global urbanization and urban water: can sustainability be afforded? Water Sci. Technol. 35, 21-32.*
8. *Romero, H. 1997. The Mezquital Valley, Mexico. In: Helmer, R., Hespanol, I. (eds.) Water Pollution Control, a guide to the use of water quality management principles, E & FNSpon, London, 397- 408.*
9. *Gijzen, H.J. in press 2003. A 3-step strategic approach to sewage management for sustainable water resources protection. Asian Water Quality.*

10.Arthur,JP.1983.Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries, World Bank Technical Paper Number 7. Washington, DC, The World Bank.